

Х.М. Мансуров

АВТОМАТИКА

ВА

ИШЛАБ ЧИҚАРИШ
ПРОЦЕССЛАРИНИ
АВТОМАТЛАШТИРИШ

~~180~~

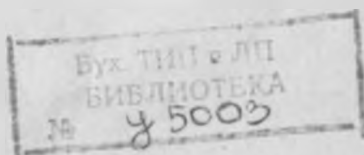
311

~~545~~

АВТОМАТИКА ВА ТЎҚИМАЧИЛИК ҲАМДА ЕНГИЛ САНОАТ ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ПРОЦЕССЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШ

Ўзбекистон ~~ДХШ~~ Олий ва ўрта махсус таълим вазирлиги олий техника ўқув юртарининг студентлари учун дарслик сифатида тавсия этган

2 к/с 2/3



Рецензент: техника фанлари кандидати, доц. Б. Муҳамедов

Дарсликда ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштиришнинг техник воситалари: ўлчов элементлари, технологик машиналарни автоматик контрол қилиш ва бошқариш, технологик параметрларни автоматик ростлаш назарияси ва техникаси, автоматик сигналлаш, ҳимоя ва бошқа системаларнинг тузилиши ҳамда уларнинг ишлаш принциплари баён қилинган. Марказлаштирилган контрол ҳамда технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системалари (ТПБАС) ҳақида маълумот берилган, автоматлаштириш системаларини лойиҳалашнинг ташкилий - техник асослари баён қилинган; автоматиканинг принципиал схемаларини тузиш тўғрисида маълумотлар ва мисоллар келтирилган.

Мазкур дарслик «Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш» (1980 йил) программасига мувофиқ ёзилган, у енгил саноат ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш бўйича ихтисослиги бўлмаган олий техника ўқув юртларининг студентлари учун мўлжалланган бўлиб, ундан, шунингдек олий техника ўқув юртларининг барча студентлари, сиртдан ўқийдиган студентлар, инженер-техник ходимлар кенг фойдаланиши мумкин.

М 24

Мансуров Х. М.

Автоматика ва тўқимачилик ҳамда енгил саноат ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш: Олий техника ўқув юрт. студ. учун дарслик. — Т.: Ўқитувчи, 1987. — 296 б.

Мансуров Х. М. Автоматика и автоматизация производственных процессов в текстильной и легкой промышленности: Учебник для вузов.

32. 965 + 65. 9(2) 30я73

СЎЗ БОШИ

~~Техник топшириқ~~ ва ундан кейинги Пленумлари қарорларида прогрессив технология, юқори самарадорли машина ва асбоб-ускуналар яратиш ва уларни тобора такомиллаштира бориш ишлаб чиқариш процессларини тўла автоматлаштириш билан боғлиқ эканлигига катта эътибор берилган. Ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш техника тараққиётининг асосий йўналишларидан бири бўлиб, ишлаб чиқариш самарадорлигини тинимсиз ошириш ва маҳсулот сифатини юқори даражаларга кўтариш учун хизмат қиладиган омил ҳисобланади. Бундай мақсадни амалга ошириш борасида энг масъулиятли вазифа — автоматлаштириш бўйича «техник топшириқ» тайёрлаш вазифаси ишлаб чиқариш корхоналаридаги инженер-техник ходимлар зиммасига юкланади.

«Техник топшириқ» да инженер-технолог, инженер-механик, инженер-конструкторларнинг ўзлари яратадиган прогрессив технология, юқори самарадорликка эга бўлган технологик машина ва ускуналарни қай даражада автоматлаштириш, автоматик асбоб-ускуналар билан жиҳозлаш ва қўлланадиган бошқариш ҳамда рўстлаш системаларининг турлари, ишлаш аниқликлари ва бошқалар тўғрисида ҳар тарафлама мукамал маълумотлар ва кўрсатмалар баён қилинган бўлади.

Бундай масъулиятли вазифани автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш фани ва техникаси асосларини тўла эгаллаган технолог, конструктор, механик ва бошқа инженерларгина муваффақиятли бажариши мумкин.

Олий техника ўқув юртларида «Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш» курси жорий этилиши ана шу мақсадни кўзда тутди.

Дарслик муаллифнинг Йўлдош Охунбобоев номидаги Тошкент туқимачилик ва енгил саноат институтида «Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш» курси бўйича олиб борган кўп йиллик амалий тажрибалари асосида ёзилди.

Дарслик материалларини ўзлаштириш учун ўқувчи олий математика, физика, саноат электроникаси асослари, электротехника курслари бўйича олий ўқув юртлари программаси даражасида билимга эга бўлиши ва шунингдек, ишлаб чиқариш соҳасидаги технологик процесс ва технологик машиналарнинг ишлаш принципларини билиши лозим.

Муаллиф, китоб қўл ёзмасини ўқиб чиқиб, ўзларининг қимматли маслаҳатларини берган ўртоқлар: техника фанлари докторлари, профессорлар Б. Ў. Умаров, А. А. Қодиров, техника фанлари кандидатлари, доцентлар Х. Шарипов, Б. Муҳамедов, С. Мажидовга ва Халқлар Дўстлиги орденли Тошкент политехника институтининг «Ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш» кафедраси ходимларига ўз миннатдорчилигини билдиради.

Автор ҳурматли китобхонлардан дарсликка онд ўз фикр ва мулоҳазаларини қуйидаги адресга ёзиб юборишларини илтимос қилади: *Тошкент, 700129, Навоий кўчаси, 30. «Ўқитувчи» нашриётининг умумтехника адабиёти редакцияси.*

КИРИШ

~~Коммунистик партия ва Совет давлати коммунистик шариъат~~ қурилишининг ҳамма босқичларида халқ хўжалиги ва саноатни ривожлантиришдаги ўзининг бош йўлида ишлаб чиқаришни автоматлаштириш проблемасига катта эътибор бериб келмоқда. Фан-техника тараққиётининг бу соҳаси коммунизмнинг моддий-техника базасини яратишда алоҳида ўрин эгаллайди.

Бу ривожланган социализм даврида халқ хўжалигининг яна ҳам ривожланиши учун ишлаб чиқаришнинг ҳамма турларини (асосий ва ёрдамчи) комплекс автоматлаштириш асосида автоматлаштирилган технологик поток линиялар, цехлар ва заводлар барпо қилинишига катта аҳамият берилаётганлигини кўрсатади.

Ишлаб чиқаришни автоматлаштириш «Энергия, материаллар, информацияларни олиш, мақсадга мувофиқ ўзгартириш, узатиш процессларида одамни қисман ёки тўла иштирок этишдан озод қиладиган техник воситалар, иқтисодий-математик методлар ҳамда бошқариш системаларини ишлаб чиқаришда қўллаш» деб таърифланиши¹ фан-техника тараққиётининг бу соҳаси жуда катта иқтисодий ва социал моҳиятларга эга эканлигини кўрсатади. У ижтимоий ишлаб чиқаришнинг самарадорлигини ва иқтисодий ривожланишнинг асосий кўрсаткичи бўлиши ишлаб чиқариш самарадорлигининг ўзлуксиз ошишини таъминлайди. Автоматлаштиришнинг социал моҳияти шундаки, социалистик жамиятнинг иқтисодий ривожланиш қонуни (ишлаб чиқариш кучлари билан ишлаб чиқариш муносабатлари орасида зиддият йўқлиги) техника тараққиётининг асосий йўналишларидан бири бўлган ишлаб чиқаришни автоматлаштиришнинг ривожланиши учун чексиз имкониятлар яратади; жисмоний ҳамда ақлий меҳнат билан шуғулланувчилар орасидаги тафовутнинг аста-секин йўқолишига олиб келади.

Ҳозирги вақтда халқ хўжалигининг бошқа соҳалари каби, енгил саноат ишлаб чиқаришини ҳам автоматлаштириш жадал суръатларда олиб борилмоқда, автоматлаштирилган агрегат машиналар, поток линиялар, цех ва заводлар барпо бўлмоқда.

¹ Советский энциклопедический словарь. 16- бет.

✓ Инсон, энг аввал, оғир жисмоний меҳнат турлари (энергия ва ҳаракатлантирувчи куч манбаи вазифасини бажариш) дан озод бўлишга эришган. Бу ўринда у табиий энергия манбаларидан (сув, шамол ва бошқалар) фойдаланган. Кейинчалик буғ ва электр машиналарининг яратилиши ва уларнинг ишлаб чиқаришда қўлланилиши билан боғлиқ бўлган (XVIII аср) фан-техника тараққиётининг биринчи босқичи — ишлаб чиқариш процессларини механизациялаш фазаси бошланади. Лекин, энди одам ҳар бир станок ва технологик машинага боғланган бўлиб, ундаги ишлаб чиқариш процессларини кузатади (контрол қилади), меҳнат предмети параметрларининг мақсадга мувофиқ ўзгариши туғрисидаги информацияларга ишлов бериб, уларни анализ қилиш йўли билан технологик процессни бошқариш вазифасини бажариб туради. Бу даврда одам ишлаб чиқариш процессининг бошқарувчи элементи бўлиб қолади. Машиналаштирилган ишлаб чиқариш процесслари энди катта тезликларда ўтадиган бўлади, уларнинг ўзлуксиз ишлайдиган турлари кўпайиб, мураккаблашиб боради. Саноат ускуналарининг катталашиб ва кенгайиб бориши, улар катта аниқликда ишлашининг талаб қилиниши, бошқаришни ташкил қилиш учун эътиборга олиниши керак бўладиган информациялар сонининг жуда кўпайиб, мураккаблашиб кетишига сабаб бўлди. Бундай шароитда бошқариш функциясини бажарувчи одам бошқариш билан боғлиқ бўлган бир қатор қийинчиликларга дуч келади. Энди у ишлаб чиқариш процессларининг ўтиши туғрисидаги информацияларга тез ишлов бериб ўлгуролмайдиган бўлиб қолади. Шу сабабли информациялар асосида ўз-ўзидан, одамнинг иштирокисиз ишлайдиган ёрдамчи техник воситаларни яратиш зарурати туғилади.

Саноатда қўлланилиши мумкин бўлган энг биринчи техник восита рус механиги И. И. Ползунов томонидан (1765 й) яратилган. Бу қурилма буғ машинасининг буғ қозонидаги сув сатҳи баландлигини бир меъёрга, одам иштирокисиз, сақлаб туришга мўлжалланган қурилма эди.

Маълумки, қозондаги сув миқдори унинг буғга айланиши ва сарфи сабабли камаяди, натижада ундаги буғ босими ҳам ўзгаради. Бу ўз навбатида буғ машинасининг ёмон ишлашига, унинг тезлиги ўзгариб туришига сабаб бўлади. Шу сабабли буғ қозонидаги сув сатҳи баландлигини ва буғ машинасининг айланиш тезлигини сақлаб туриш ўша даврнинг энг муҳим муаммоларидан ҳисобланарди. Ползунов яратган техник восита (регулятор) туфайли, одам қозондаги сув сатҳи баландлигини контрол қилиш, агар ундаги сув сатҳи баландлиги олдинда белгиланиб қўйилган сув сатҳи баландлигидан камайса — сув қўйиб, ортиб кетганда эса қозонга сув келишини тўхтатиш процессини бошқариб туриш функциясини бажаришдан озод бўлди. Энди бу функцияни техник қурилма-регулятор бажаради.

✓ 1784 йилда инглиз механиги Ж. Уатт иккинчи проблемани ҳал қилди — буғ машинасининг айланиш тезлигини ростлай оладиган автоматик қурилма — регуляторни яратди. Бу икки техник қурилма

ёрдамида ўша вақтдаги технологик машиналарнинг ишончли ва ўзгармас тезликда ишлаши бирмунча таъминланган эди.

Бундай автоматик қурилмаларнинг яратилиши ва саноатда қўлланилиши техника тараққиётининг II босқичи-ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш босқичининг бошланиши бўлди. Лекин бу вақтда автоматик қурилмалар назарияси ҳали яратилмаган эди.

Автоматик қурилмалар назарияси ва автоматика фанининг яратилиши ҳамда ривожланишида Петербург технология институти профессори И. А. Вишнеградскийнинг 1876—1878 йилларда эълон қилинган:

1. Бевосита таъсир қилувчи регуляторлар ҳақида;

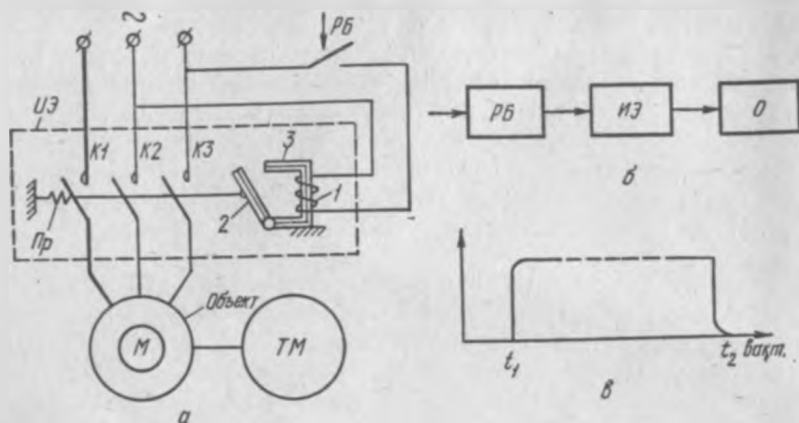
2. «Билвосита таъсир қилувчи регуляторлар ҳақида» номли икки илмий асари катта роль ўйнади. Шу сабабли И. А. Вишнеградский автоматика фани назариясининг асосчиси бўлиб дунёга танилган.

Фан-техника тараққиётининг бу II даврида алоҳида объектлардаги суyoқлик сатҳи баландлиги, технологик машиналарнинг айланиш тезлиги ва бошқаларни ростлаш каби энг оддий операцияларни автоматик бошқариш учун хизмат қиладиган, регулятор деб аталадиган техник қурилмаларни ҳисоблаш, қуриш масаласи ҳал қилинди; технологик процессларни автоматлаштириш учун хизмат қиладиган локал автоматик системаларнинг энг оддий турлари яратилди. Бу даврда ўзаро маълум тартибда боғланган, белгиланган мақсадга мувофиқ бир-бирига таъсир кўрсатадиган ва ўзининг асосий функциясини одам иштирокисиз бажарадиган, бошқарувчи (регулятор) ва бошқарилувчи (объект) қисмлардан иборат бўлган автоматик бошқариш системалари яратила ва такомиллаша бошланди.

Автоматик бошқариш системаларини ҳозирги пайтда, асосан икки турга бўлиш мумкин.

Биринчи тур системаларга бошқарувчи ва бошқарилувчи қисмлар ўзаро кетма-кет боғланган ва бир-бирига очиқ занжир бўйича таъсир кўрсатадиган автоматик бошқариш системалари киради.

Очиқ занжирли автоматик бошқариш системаларида ишлаб чиқариш процесслари ўтадиган объектларнинг ишга тушиши, ишлаши ва тўхташи маълум вақт (давр) оралиғида олдиндан берилган программага мувофиқ ўтади, объектдаги технологик процесслар ундаги миқдор ва сифат ўзгаришларига боғлиқ бўлмайди. Объектлардаги технологик операцияларнинг бажарилишидаги кетма-кетлик вақт бўйича ёки олдин ўтаётган бирор операциянинг тугалланиши билан боғлиқ бўлган тартибда олдиндан программаланган бўлади. Объект параметрларининг ўзгариши тўғрисидаги информациялар бошқариш прогрессига таъсир кўрсатмайди. Бундай системаларга энг оддий мисол сифатида асинхрон двигателнинг ишга тушиш, маълум вақт оралиғида бошқарилмайдиган режимда ишлаш (ўз ҳолича) ва иш даври тамом бўлгач тўхташдан иборат программага мувофиқ ишлашини кўрсатиш мумкин (1-расм, в). Автоматик манипуляторлар ҳамда технологик поток линиялар ҳам худди шундай даврли, олдиндан белгиланган программага мувофиқ ишлайди. Вақт бўйича программаланган, юргизиш (t_1), ишлаш ($t_1 - t_2$) ва тўхташ (t_2) вақтлари берилган давр ичида ўтадиган



1-расм. Бошқаришнинг очик занжирли автоматик системаси:

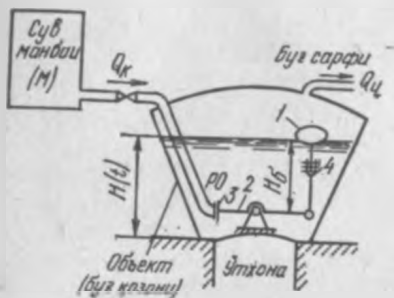
а— системанинг принципиал схемаси; О— бошқариш объекти; NZ — ижрочи элемент (контактор); РБ— бошқарувчи реле контакти; б— системанинг функционал схемаси; в— системанинг ишлаш даври; t_1 — ишга тушиш вақти; t_1 — t_2 — нормал ишлаш даври, t_2 — ишдан тўхташ вақти.

асинхрон двигателни автоматик бошқариш системасининг функционал схемаси 1- расм, б да кўрсатилган.

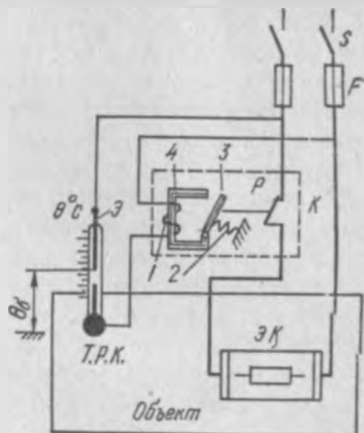
Бундай электр юритма ўзининг ишлаш программасига мувофиқ қуйидагича бошқарилади; вақт t_1 да бошқарувчи реле ишга тушади ва унинг контакти РБ уланади, контактор К нинг электромагнит ғалтаги 1 дан ток ўтиб, унда магнит майдон ҳосил бўлади. Магнит майдон кучи F_m пружина Пр кучи $F_{пр}$ ни енгиб, $F_m > F_{пр}$ бўлганда қўзғалувчан темир ўзак — якорь 2 ни қўзғалмас темир ўзак 3 тортиб олади. Шунда якорь билан механик боғланган контактор контактлари K_1 , K_2 , K_3 асинхрон двигателни электр манбаига улайди. Асинхрон юритма ишга тушади ва вақт t_2 бўлганча ишлаб туради. Вақт t_2 бўлганда бошқарувчи реле (вақт релеси) нинг контакти РБ узилади, контактор ғалтаги 1 дан ток ўтмайди, ундаги магнит майдон йўқолади ва пружина Пр контактор контактларини (K_1 , K_2 , K_3) узиб, асинхрон юритмани даврий графикка мувофиқ ишдан тўхтатади (1- расм, в).

Системанинг функционал схемасига мувофиқ, бошқарувчи реле РБ ижро этувчи элемент-контакторга таъсир кўрсатади. Ижро этувчи элемент NZ ўз навбатида объектка таъсир қилиб, уни берилган даврий графикка (программага) мувофиқ ишга туширади ва ишдан тўхтатади. Объектнинг ишлаш даврида унга бўладиган ташқи таъсирлар (юритма нагрузкасининг ўзгариши) оқибатида объект параметрларининг ўзгариши бошқарувчи система томонидан ҳисобга олинмайди, объект бошқарилмайдиган режимда ишлайди.

Автоматик бошқаришнинг иккинчи турига бошқариладиган режимда ишлайдиган ёпиқ занжирли информатсион системалар киради. Бундай системаларда объектни ишга тушириш, тўхтатиш ва маълум программа бўйича бошқаришдан ташқари, системанинг ишлаш про-



2-расм. Буг қозонида сув сатҳи баландлигини рoстлаш процессини бошқаришнинг автоматик системаси.



3-расм. Объект температурасини рoстлаш процессини бошқаришнинг икки позицияли автоматик системаси.

цесси давомида объектнинг сифат кўрсаткичлари-технологик параметрларни рoстлаш билан боғлиқ бўлган бошқариш процесси ҳам бўлади.

1- мисол. Буг қозонида юқори босимли буг ишлаб чиқариш процессида (объектнинг ҳамма бошқа технологик параметрлари нормал бўлган ва объект ишга тушган ҳолда) ундаги технологик параметр—сув сатҳи баландлиги ўзгармас ва берилган баландлик H_0 га тенг бўлишини таъминлаб туриш талаб қилинади (2- расм). Бу функцияни қалқович 1, қалқовични берилган сув сатҳи баландлигида ўрнатиш учун хизмат қиладиган айрисимон даста 4 ва ричаг 2 дан иборат Ползунов регулятори бажаради.

Қозонга манбадан келадиган сув миқдори Q_k қозондан юқори босимли бугга айланиб чиқиб кетадиган сув миқдори Q_c га тенг ($Q_k = Q_c$) бўлганда регулятор ричаги 2 горизонтал ҳолатда бўлади. Ҳамма бошқа ҳолларда, масалан, сув сарфи камайганда $Q_k > Q_c$ қалқович сув сатҳи баландлигининг ортиши $-\Delta H(t) = H_0 - H(t)$ га мувофиқ равишда юқорига кўтарилади. Регулятор объектни рoстлаш органи РО га бошқарувчи сигнал $\Delta H(t)$ га мувофиқ таъсир қилиб, объектга келувчи сув миқдорини камайтиради, аксинча, сув (буг) сарфи ортганда $Q_k < Q_c$ қалқович пастга сурилади, регулятор сув сатҳи баландлигининг ўзгариши (камайтиши) $\Delta H(t) = H_0 - H(t)$ га мувофиқ объектни рoстлаш органига — РО га таъсир қилиб, объектга келувчи сув миқдорини оширади. Шу тарзда объектдаги сув сатҳи баландлигини рoстлаш процессини бошқариш узлуксиз давом этиб туради. Объект информация $\pm \Delta H$ га мувофиқ автоматик бошқариладиган режимда ишлайди.

2- мисол. Объект температурасини рoстлаш процессини бошқаришнинг автоматик системаси ишини кўрамыз (3- расм).

Системада бошқарувчи-оператор вазифасини техник термометр ТРК (контактли симобли термометр) ва оралиқ релеси P дан иборат икки позицияли регулятор бажаради. Объектга келадиган энергия миқдорини объект температурасининг ўзгаришига мувофиқ ростлаб туриш функциясини реле контакти K бажаради. Реле контакти объектга энергия келиши ёки келмаслигидан иборат икки ҳолатни (бор ёки йўқ позицияларни) вужудга келтириш йўли билан объект температурасини берилган қиймат θ_0 атрофида ростлаб туради.

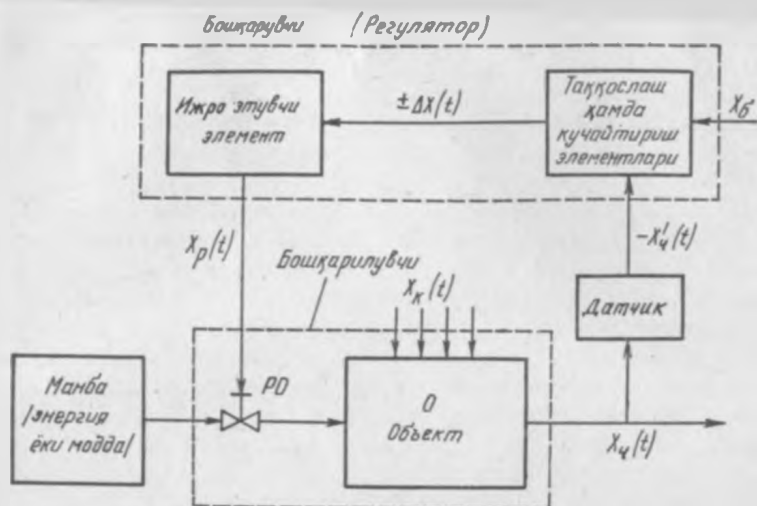
Объектни ишга туширишдан олдин ТРК нинг сурилувчи электроди Э термометр шкаласида керакли (берилган) температура θ_0 даражасида ўрнатилади, сўнгра бошқариш занжири ва электр қиздиргич ЭК энергия манбаи M га узгич S орқали уланади, шунда реленинг ёпиқ контакти K орқали ЭК га ток ўтади ва унда электр энергия иссиқлик энергиясига ($0,24 I^2 R$) айланади. Натижада объект температураси кўтарила бошлайди. Шунингдек, ТРК симоб устунчаси кўтарила бориб электрод Э нинг пастки учи билан туташганда реленинг I чулғами орқали ток ўтади. Унда ҳосил бўлган электромагнит майдон кучи пружина 2 нинг эластиклик кучини енгади, қўзғалмас темир ўзак 4 қўзғалувчан темир ўзак 3 ни тортиб олади ва унинг қўзғалувчан темир ўзаги (якори) билан механик боғланган реле контакти K узилади. Объект қиздиргичи ток манбаидан узилади. Лекин қиздиргичнинг энергия сифими борлиги туфайли, қиздиргич объектга иссиқлик беришда бир оз давом этади. Шу сабабли объектга электр энергия келмаса ҳам унинг температураси берилган θ_0 қийматдан бир оз кўтарилиб, сўнгра туша бошлайди. Объект температураси берилган θ_0 қийматдан пасайиши билан электрод Э билан симоб орасидаги контакт узилиб, реле чулғамидан ток ўтмайди. Пружина 2 қўзғалувчан темир ўзак-якорни тортиб олади. Шунда реле контакти K уланиб электр қиздиргичдан ток ўта бошлайди, лекин объект совнишда давом этади, чунки қиздиргич аввал ўзи иссиқлик энергиясини олишда бир оз давом этиб, шу қисқа вақт ичида объектга иссиқлик бера олмайди. Объект температураси билан қиздиргич температураси тенглашгандан кейингина объект температураси яна кўтарила бошлайди.

Объект температураси $\theta_{\max}$ ва $\theta_{\min}$ қийматлар орасида ўзгариб туради. Температуранинг (ростланувчи объект параметрининг) бундай ўзгариши регуляторнинг икки позицияли эканлиги, яъни ундаги реле контакти K нинг «очиқ» ёки «ёпиқ» ҳолатларда бўлиб туриши билан белгиланади.

Ёпиқ занжирли автоматик системаларнинг ишлаш принципини уларнинг функционал схемаси мисолида ҳам тушунтириш мумкин (4-расм).

Функционал схемага мувофиқ, объектнинг ростланувчи параметри $x_0(t)$ ўлчовни ўзгартирувчи элемент-сезгичга кирувчи сигнал бўлади. Сезгичдан чиқувчи сигнал $x_1(t)$ ўз навбатида, регуляторнинг сигнал таққослаш элементига кирувчи сигнал бўлади.

Юқорида келтирилган мисолларда сезгич билан сигнал таққослаш элементи битта қурилмага айланиб кетган. Қалқович 1 (2-расм) айрисимон даста 4 орасига сув сатҳи баландлигининг берилган қий-



4-расм. Бошқаришнинг ёпиқ занжирли автоматик системасининг функционал схемаси:
 О — объект; РО — объектни ростлаш органи; $X_p(t)$ — регулятордан чиқадиغان бошқарувчи информация; $X_q(t)$ — объектнинг ростланувчи параметрининг ўзгариши туғрисидаги нш информацияси; X_b — системага берилган топшириқ — мақсад туғрисидаги информация; $X_k(t)$ — объектга бўладиган ташқи таъсирлар (системага кىрувчи сигнал).

мати H_0 га мувофиқ ўрнатилганлиги туфайли, ундан чиқувчи сигнал сув сатҳи баландлигининг ўзгаришига мутаносиб бўлади. Шунингдек, объект температурасини кўрсатувчи термометрнинг симоб устунчаси (3-расм) термометр ичига туширилган электрод Э га нисбатан сурилади ва [температура ўзгаришига мутаносиб равишда] унда ростлаш процессини бошқарувчи сигнал шаклланади:

$$\pm \Delta X(t) = X_0 - X'_q(t) \quad (1)$$

Таққослаш элементида чиқувчи бу сигнал ижро этувчи элемент ИЭ дан ўтиб, регулятордан чиқувчи ва объектнинг ростлаш органи РО га таъсир кўрсатадиган бошқарувчи сигнал $X_p(t)$ га айланади. Объектдан чиқувчи сигнал $X_q(t)$ қиймати берилган қиймат X_0 дан ошганда, яъни $X_0 < X_q(t)$ бўлганда, объектни ростлаш органи бошқарувчи сигнал $X_p(t) = -K_p \Delta X(t)$ га мутаносиб равишда объектга келадиган энергия ёки модда миқдорини камайтиради. Объектдан чиқувчи сигнал $X_q(t)$ қиймати берилган X_0 қийматдан камайганда, яъни $X_0 > X_q(t)$ бўлганда, ростловчи орган сигнал $X_p(t) = +K_p \Delta X(t)$ га мутаносиб равишда объектга келадиган энергия ёки модда миқдорини орттиради.

Автоматик ростлаш процессида регулятор объектнинг ростловчи органига системада пайдо бўлган $\pm \Delta X(t)$ ўзгаришга қарши таъсир кўрсатиш йўли билан технологик процесс давомида ростланувчи параметр $X_q(t)$ ни стабиллаб туради, яъни $X_0 - X_q(t) \approx 0$ бўлишини таъминлайди.

Бундай автоматик системалар ўзининг тузилиши ва ишлаш принципи бўйича энг оддий кибернетика системалар турига кирази ва *локал автоматик системалар* деб аталади.

Кибернетика¹ фани асосларини Норберт Винер ўзининг 1948 йилда чиққан «Кибернетика ёки ҳайвон ва машинада бошқариш ва алоқа» деган китобида баён қилган. Унинг таърифича, кибернетика механизмлар, организмлар ва жамиятдаги бошқариш ва боғланишлар тўғрисидаги фан бўлиб, мазкур фаннинг асосида турли физик табиатга хос бўлган системалардаги бошқариш процессларига умумий нуқтаназардан қараш ва улар учун бошқаришнинг ягона математик назариясини яратиш мумкинлиги тўғрисидаги фикр ётади. Бундай назариянинг яратилиши машиналарнинг ишлашини бошқариш, тирик организм фаолияти ва жамиятда содир бўладиган ҳодисалар орасидаги миқдорий ўхшашлик — умумийликнинг борлигига асосланади. Бу умумийлик бошқариш процессининг информациялар таъсири билан боғлиқлигидадир деб тушунтирилади.

Маълумки, бошқариш процесси, бошқарувчи ва бошқарилувчи системалар орасидаги информацияларнинг таъсири ва улардаги миқдорий ҳамда сифат ўзгаришлари билан характерланади. Бошқарувчи системадан бошқарилувчи система (объект) томон бирор команда, буйруқ ёки сигналлар, яъни бошқарувчи информациялар берилса, бошқарилувчи объектдан ўз навбатида, бу бошқарувчи командаларнинг қандай бажарилаётганлиги ҳақида, бошқарувчи системани хабардор қилувчи ва у томон йўналган қайтма информациялар вужудга келади. Информацияларнинг бундай ўзгариши ва таъсири бошқариш системасида жойлаштирилган ва олдиндан белгилаб қўйилган программага мувофиқ содир бўлади. Бунга мисол сифатида юқорида кўриб ўтилган энг оддий информацион системаларнинг (2, 3, 4- расмлар) турли физик табиатга (суюқлик сатҳи баландлиги, машинанинг айланиш тезлиги, иссиқлик объектининг температураси) хос бўлишидан қатъи назар, бир хил информацион функционал схема (4- расм) асосида автоматик бошқарилишини кўрсатиш мумкин.

Кибернетиканинг муҳим амалий аҳамиятга эгаллиги шундаки, у автоматлаштириш фанининг назарий асосларини ўз ичига олади.

Кибернетиканинг бир қатор фалсафий аҳамиятлари ҳам бор. Буларнинг энг муҳими—объектив оламнинг мавжуд информацион процесслар билан алоқадорлигини очиб беришидир. Бу фан информацияларни мақсадга мувофиқ сақлаш, узатиш ва ўзгартиш процессларини ўрганиш, тирик организмлар билан машиналар ўртасидаги боғланиш ва муносабатларни аниқлашга имкон беради, оламнинг моддий бирлигини асослашда муҳим ўрин тутаети.

Кибернетика диалектик материализмга асосланади. У материяни дунёнинг бирдан-бир негизи, жонли табиат, жамият ва машиналардаги ҳодиса ва нарсаларнинг бошқарилиш қонунлари ўзаро умумий боғланишда эканлигини улардаги ҳаракат ва ривожланиш эса ички қарама-қаршилиқлар ва улар ҳақидаги информациялар асосида вужудга келишини тасдиқлайди.

¹ Кибернетика—грекча сўз бўлиб, «бошқариш» деган маънони англатади.

Кибернетика фани бошқариш тўғрисидаги илмий билишнинг уч асосий йўналишини ўз ичига олади:

1. Техник кибернетика—саноат кибернетикаси. Бунда саноат ишлаб чиқариши объектларидаги бошқариш процесслари ўрганилади.
2. Биокибернетика. Бунда биологик системалардаги бошқариш процесслари ўрганилади.
3. Экономик кибернетика.

Бунда экономика системаларидаги бошқариш процесслари ўрганилади.

Мураккаб динамик системаларни бошқариш ҳақидаги фан-техник кибернетика алоҳида (локал) автоматик ростлаш системаларидан тортиб ҳозирги вақтда вужудга келаётган мураккаб агрегат, цех ва завод ишлаб чиқаришини бошқаришнинг «Одам-машина» дан иборат автоматлаштирилган системаларининг назарий асосларини ўрганади.

Бундан ташқари, техник кибернетика фани саноат ишлаб чиқаришидаги мавжуд бошқарувчи ва бошқарилувчи системалардан иборат информатсион системаларнинг ҳолати ва ривожланиш динамикасини кўрсатувчи информатсион процессларни ўрганади. «Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш» курси техник кибернетикага тегишли бўлиб, саноат ишлаб чиқаришини автоматик бошқариш, ростлаш ва бошқа автоматлаштиришга онд масалаларни ўрганади.

Кибернетиканинг автоматика фани билан боғлиқлиги ва фарқи шундаки, кибернетика ёпиқ занжирли информатсион автоматик системалардаги бошқариш (ростлаш) процессларини ўрганади.

Техник кибернетика ёки бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси курсининг асосий мақсади, ишлаб чиқариш процессларининг меҳнат унумдорлигини ошириш, бошқариш процессларини интенсивлаш, маҳсулот сифатини пасайтирмай катта бошқариш эффектига эришишни таъминлайдиган техник воситалар комплекси, уларнинг ишлаш принципи ва методларини асослаш ва ишлаб чиқаришга татбиқ қилишдан иборат.

Бошқаришнинг автоматлаштирилган системалари (БАС) ҳақида тушунча

Кибернетика фанининг жадал суръатларда ривожланиши, информатсияларни катта тезликларда қайта ишлаб бера оладиган техник воситалар-электрон ҳисоблаш машиналарининг яратилиши ва саноатда қўлланилиши ҳамда информатсияларни қайта ишлашнинг янги технологияси («Одам-машина» дан иборат мураккаб бошқариш системаси) ни вужудга келтирди. Шу туфайли ҳозирги вақтда икки: 1) бошқаришнинг автоматик системаси; 2) бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси деган тушунчалардан ишлаб чиқаришни автоматлаштиришда кенг фойдаланилмоқда.

Бошқаришнинг автоматик системаси деб, алоҳида локал технологик процессларнинг берилган программа асосида ўтишини одам ишти-

рокисиз таъминлай оладиган бошқарувчи ва бошқарилувчи система-лардан иборат техник қурилмалар системасига айтилади (1—4- расм-лар).

Технологик машинани (умуман ҳар қандай иш объектини) ишга тушириш, тўхтатиш, ҳаракат йўналиши ва тезлигини ўзгартириш каби операцияларни бажариш учун хизмат қиладиган автоматик бошқариш системаси (1- расм), объектнинг бирор технологик параметрни (температура, босим, суюқлик сатҳи баландлиги, тезлик, намлик ва бошқалар) технологик процесс давомида ростлаб (стабиллаб) туриш учун хизмат қиладиган системалар (2, 3, 4- расмлар), ёки объектнинг технологик параметрини олдиндан берилган қонунга мувофиқ ўзгартириш системалари, технологик процессни контрол қилиш, ҳимоя ва сигналлаш функциялари ва ҳоказоларни одамнинг бевосита иштирокисиз бажариш учун хизмат қиладиган техник қурилмалар бошқаришнинг локал автоматик системаларини ташкил қилади.

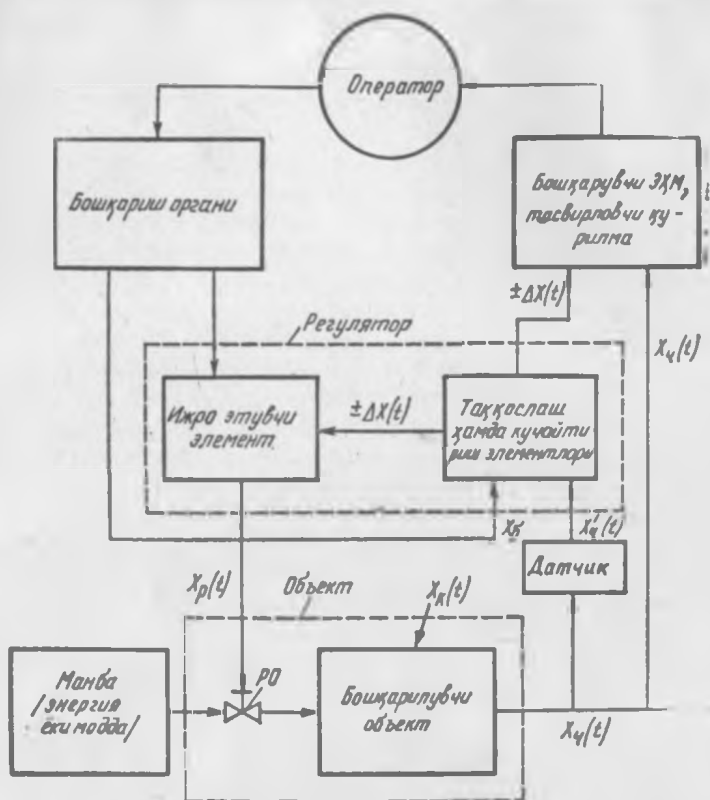
Бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (БАС) деб, информацияларга ишлов беришни ЭҲМ ёрдамида автоматлаштириш ҳамда бошқариш масалаларининг ечимини иқтисодий-математик методлар асосида топиш ва бунда одамнинг иштирок этишини кўзда тутадиган кўп поғонали мураккаб системалар комплексига айтилади. Бу система —бошқариш туғрисидаги ечимларнинг пишиқ ва асосланган бўлишини, бошқариш процессини юқори оперативлик ва тезликларда ўтишини таъминлаши ва бошқарувчи звено (одам) нинг меҳнат фаолиятини енгиллаштиришни кўзда тутди. Янги прогрессив техника (ЭҲМ) ва янги методлар билан таъминланиши туфайли бу системада бошқариш меҳнати интенсивлашди.

ГОСТ 19675—74 да бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (БАС) — одам фаолиятининг турли соҳаларида бошқаришни оптималлаш учун керак бўладиган информацияларни тўплаш ва ишлов беришнинг автоматлаштирилишини таъминлайдиган «Одам-машина» системасидир деб таърифланади. Бундай система қуйидаги учта функцияни бажаради; 1) бошқарилувчи объект туғрисидаги информацияларни тўплаш ва узатиш; 2) информацияларга ишлов бериш ва бошқарувчи сигнал ҳосил қилиш; 3) бошқарилувчи объектга бошқарувчи таъсир кўрсатиш.

Бошқаришнинг автоматлаштирилган системаларида юқоридаги функцияларнинг биринчи иккитасини электрон ҳисоблаш машиналари (ЭҲМ) бажаради. Объектга бошқарувчи таъсир кўрсатиш функциясини, бошқарувчи машиналар (ЭҲМ) дан олинган информациялар асосида оператор (одам) бажаради. Шунинг учун бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси «Одам-машина системаси» деб аталади. Бу кўп поғонали мураккаб система ишлаб чиқариш процессларини бошқаришда одамнинг албатта иштирок этишини кўзда тутди.

Бошқаришнинг локал автоматик системалари БАС нинг энг қуйи поғонаси бўлганлиги ва бошқариш процессида одам иштирок этмаслиги билан бошқаришнинг автоматлаштирилган системаларидан фарқ қилади.

СССРда БАС 1960 йилдан саноатда қўлланила бошланган бўлса,



5-расм. ТПБАС функционал схемаси ва ундаги информациялар оқими.

1980 йилга келиб ишга туширилган автоматлаштирилган ва автоматик системалар сони 4370 дан ошиб кетган. Шундан 1650 га яқини технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (ТПБАС) бўлган. Икки мингдан ортиқ ЭХМнинг 3-авлоди билан жиҳозланган ҳисоблаш марказининг ишлаб турганлиги БАС нинг қанчалик прогрессив система эканлигини кўрсатади.

Технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системасининг (ТПБАС) энг оддий функционал схемаси 5-расмда кўрсатилган. Функционал схемани соддалаштириш мақсадида ТПБАС фақат биргина автоматик ростлаш системаси ва бошқарувчи оператор (одам) дан иборат қилиб тузилган.

Объектга кирувчи ташқи таъсирлар $X_k(t)$ билан боғлиқ равишда пайдо бўладиган объект технологик параметрининг ўзгариши тўғрисидаги информация $X_n(t)$ регуляторга қайтма таъсир кўрсатади. Регуляторнинг ижро этувчи элементи ўз навбатида объектни ростлаш органи РО га таъсир кўрсатиб, автоматик ростлаш функциясини технологик процесс давомида бошқариб туради. Бунинг учун оператор томонидан системанинг мақсади тўғрисида берилган информация X_0 бошқариш органи орқали регуляторга киритилган бўлади. Мақсад

тўғрисидаги информация миқдори X_0 оператор томонидан керак бўлганда ўзгартирилиши мумкин.

Иккинчи тарафдан технологик параметр миқдори тўғрисидаги информация $X_*(t)$ ва регуляторнинг таққослаш элементида ҳосил бўлган бошқарувчи информация $\pm \Delta X(t)$ системани бошқарувчи ЭХМ ва информацияларни тасвирловчи қурилмалар томонидан қабул қилинади. Оператор, бошқарувчи ЭХМ томонидан берилган технологик процесснинг боришини кўрсатувчи ечим информация ва параметрлар $X_*(t)$ ва $\Delta X(t)$ миқдори тўғрисидаги тасвирловчи элементдан олинган информацияларга мувофиқ, система ишини бошқариши мумкин. Бунинг учун у системанинг бошқариш органи орқали регуляторнинг ижро этувчи элементига таъсир кўрсатади ёки система мақсади тўғрисидаги берилган информация X_0 нинг миқдорини ўзгартиради. Функционал схемага мувофиқ ($X_0(t)$, $\pm \Delta X(t)$ ва шу каби) ишлов бериш, бошқариш сигналларини ҳосил қилиш бошқарувчи ЭХМ ёки бошқариш тўғрисидаги информацияларни тасвирловчи қурилма томонидан олинган маълумотларга мувофиқ бажарилади.

Бошқариш тўғрисидаги ҳал қилувчи буйруқ эса оператор томонидан берилади. Бунинг учун у информацияни тасвирловчи қурилма ёки бошқарувчи ЭХМ дан олинган сигнални ҳисобга олган ҳолда бошқариш ҳақида қарор қабул қилади ва системанинг бошқариш органига таъсир кўрсатади. Бошқариш органи ўз навбатида локал автоматик системанинг ижро этувчи элементи ва ростлаш органига (ОР) таъсир қилиб, бошқариш операцияларини амалга оширади.

БАС классификацияси

Бошқариладиган системаларнинг мураккаблиги, бажарадиган вазифаси, ишлаб чиқариш характери, бошқарилувчи объект характери, поғонаси ва бошқаларга қараб БАС қуйидаги синфларга бўлинади.

1. *Бошқариш даражаси бўйича* (ГОСТ 19675—74);

1. Умумдавлат БАС (УБАС) — умумдавлат ҳужалигини планлаштириш ва бошқариш учун мамлакатни ягона автоматлаштирилган алоқа системаси ва давлат ҳисоблаш маркази тармоқлари базасида информациялар тўплаш ва уларга ишлов беришнинг автоматлаштирилган системаси.

2. Соҳа бўйича БАС (СБАС) — министрлик доирасидаги БАС бўлиб, министрликка тегишли ташкилотларни алоҳида (автоном) ёки УБАС таркибида бошқариш.

3. Территориал БАС — маъмурий территориал районлар (республика, ўлка, область, шаҳар ва бошқалар) ни алоҳида ҳолда ёки СБАС ёхуд УБАС таркибига кирган ҳолда бошқариш.

4. Ишлаб чиқариш, бирлашма (фирма) БАС — ишлаб чиқариш бошқармаларни (фирмалар) ни алоҳида ёки СБАС, ёхуд УБАС таркибида бўлгани ҳолда бошқариш.

5. Корхона БАС (КБАС) — ишлаб чиқариш корхоналарини ало-

ҳида ҳолда ёки бирлашма БАС, ёҳуд фирма БАС таркибига киргани ҳолда бошқариш.

II. Бошқариш объектининг характери бўйича:

1. Технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (ТПБАС) — технологик процессларни бошқариш учун қўлланилади.

2. Ташкилий бошқаришнинг автоматлашган системаси (ТБАС) — иқтисодий ва социал системаларда хизматчилардан иборат коллективни бошқариш учун қўлланилади.

3. Бошқаришнинг йиғма (интеграл) системаси — ТБАС ва ТПБАС ни ягона бир системага бирлаштиради.

III. Функционал қўлланилиши бўйича; план ҳисоблари (ПХБАС); моддий техника таъминоти (МТБАС); давлат статистикаси (ДСБАС); илмий техника прогресси (ИТБАС) ва бошқа синфларга бўлинади.

IV. Ишлаб чиқариш характери бўйича; ишлаб чиқариш процесслари узлуксиз, дискрет (майда серияли ва якка ишлаб чиқариш) ва узлуксиз ҳамда дискрет (комбинациялашган) турларга бўлинади. Ишлаб чиқаришнинг бу ҳар бир тури учун алоҳида корхона бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (КБАС) қўлланилади.

БАС да оператор (одам) нинг роли

Мураккаб иерархияли¹ системаларнинг ҳамма поғоналарида одам (оператор) иштирок этади, у мамлакат масштабидаги перспектив планлаштиришдан тортиб ишлаб чиқариш процессининг технологик операцияларини бажаришгача бўлган бошқариш функцияларини бажаришда қатнашади.

Маълумки, БАС административ ёки ташкилий бошқаришдаги БАС ва ишлаб чиқариш системаларидаги БАС системаларига бўлинади (ТПБАС, ТБАС).

Административ системада одам фаолияти бошқариш системасининг қуйи поғоналаридаги одамлар томонидан амалга ошириладиган планлаштириш, оператив бошқариш процессларида қарор қабул қилиш ва шунингдек, қарорнинг бажарилишини контрол қилиб туриш ҳамда шу каби бошқариш функцияларини бажаришдан иборат. Бундай функцияларни бажарадиган одам *администратор* деб аталади. Ишлаб чиқариш системаларидаги бошқарувчи одам эса *оператор* деб аталади.

Оператор ўзини бошқарув функциясини техник воситалар ва бошқарувчи ЭХМ ёрдамида бажаради. Бунинг учун у бошқарилувчи системанинг параметрлари ва ҳолатлари туғрисидаги информацияларни тасвирловчи техник қурилмалар, рақамли ва графикли таблолар, рақамли ва индикаторли приборлар, овозли сигнализация воситалари

¹ Иерархия—қуйи поғонадаги бошқариш системасининг юқори поғонадаги системага бўйсиниши.



орқали олади. Бу информацияларни анализ қилиш йўли билан оператор ўз қарорини аниқлайди. Қарорни амалга ошириш учун бошқаришнинг техник воситалари орқали у ишлаб чиқариш процессига таъсир кўрсатади. Агар бошқариш системаси икки поғонали бўлса, у қуйи поғонадаги операторга команда бериш йўли билан ишлаб чиқариш процессига таъсир кўрсатади.

Одам узининг психологик сифатларига кўра, ихтисослашган билимга эга бўлиши ва бошқаришда юз бериши мумкин бўладиган вазиятларни яхши билиши керак. У бошқарувчи ЭХМ томонидан берилган информацияларни қабул қилиб информацияларга комплекс ишлов бера оладиган ва ўз вақтида тегишли қарор қабул қила оладиган звено сифатида хизмат қилади.

Машина (информацион ҳисоблаш комплекси) эса информацияларга, юқори аниқликда, катта тезликда ишлов бериш, узок муддат нуқсонсиз—бир метёрда ишлай олиш афзалликлари билан бошқариш процессида қатнашади.

Ишлаб чиқариш процессида одамнинг иштирок этиши бошқарувчи система олдида қўйилган, ечилиши керак бўлган масалани қай даражада ишланганлиги ва формалаштирилганлигига боғлиқ. Одам бутун системанинг иши давомида информацияларга ишлов бериш технологиясини (методлар, кетма-кетликлар ва бошқа қондаларни) тайёрлашда актив иштирок этади, техника хизматини бажарадиган оператор вазифасини ҳам бажаради, информацияларга ишлов бериш босқичларида маслаҳатчи сифатида иштирок этади, бошқариш процессларида узил-кесил ечим топиш учун керак бўладиган алоҳида материаллар (топшириқлар) ни тайёрлайди. Булардан ташқари, шуни ҳам ҳисобга олиш керакки, бошқарувчи машиналарнинг ҳеч бири ўзи учун бошқариш программасини (алгоритминини) ўзи тайёрлай олмайди, бундай автомат машиналарнинг ҳаммаси одамнинг эҳтиёжи учун хизмат қилади.

ТПБАС нинг энг оддий функционал схемаси 5- расмда кўрсатилган. Схемадан объектнинг фақат биргина параметри $X_1(t)$ ни ростлаш процесси ва объект ҳамда регулятордан иборат локал АРС (автоматик ростлаш системаси) билан оператор орасидаги информацион боғланишларни кўриш мумкин. Схемага мувофиқ, бошқариш тўғрисидаги ҳал қилувчи командани оператор беради. Бунинг учун у информацияни тасвирловчи қурилма ёки бошқарувчи ЭХМ дан олинган сигнални ҳисобга олган ҳолда бошқарувчи қарор қабул қилади ва системанинг бошқариш органига таъсир кўрсатади. Бошқариш органи ўз навбатида локал автоматик системанинг ижро этувчи элемент ва ростлаш органи (РО) га таъсир кўрсатиб, бошқариш операцияларини амалга оширади. Реал шароитда ТПБАС кўп поғонали мураккаб система бўлиб, бир неча ўнлаб локал автоматик системалардан иборат бўлади.

БАС ни тайёрлашда стандартлаштириш

Бошқаришнинг автоматлаштирилган системаларини тайёрлашда юқори сифатли автоматика элементлари блоклари, электрон ҳисоблаш ва бошқариш машиналарининг комплексларини вужудга келтириш

катта роль ўйнайди. Улардан унумли фойдаланиш масаласини рационал ҳал этиш БАС нинг ҳамма элементларининг техник-норматив кўрсаткичларини давлат стандартлари даражасига кўтаришни талаб қилади.

Давлат стандартида техник норматив ҳужжатлар, БАС ни тузишдаги талаб, қоидалар ва нормалар комплекси берилган бўлади. БАС тайёрлаш соҳасидаги ҳамма ташкилот ва корхоналар, шунингдек, БАС ни ишлатувчи бошқа соҳалардаги ҳамма ташкилот ва корхоналарнинг бунга амал қилиши мажбурийдир.

БАС элементларининг оптимал ва юқори сифатли бўлиши, фан-техника тараққиёти ва ишлаб чиқариш соҳаларининг бирлиги, ўзаро боғланишини таъминлаш БАС ва унинг элементларининг давлат стандарти нормативлари асосида тайёрланган бўлишини талаб қилади.

Ҳозирги пайтда БАС комплекснинг қурилишида унинг аппарат ва блокларининг кўпгина қисмида электрон-ҳисоблаш машиналарининг учинчи авлоди элементлари—интеграл микросхемалар ишлатилади. Бу схемаларнинг конструктив ва технологик базаси сифатида соҳа бўйича стандартлаштирилган, умумий ва нормага келтирилган типлари яратилмоқда ҳамда ишлатилмоқда. БАС тайёрлашнинг бу янги соҳаси учун давлат стандартлари белгиланган.

Автоматика элементлари ва ЭҲМ блоклари ҳамда системаларига нисбатан давлат стандарти жорий қилиниши туфайли, ҳозирги вақтда бошқаришнинг жуда мураккаб автоматлаштирилган системаларини вужудга келтириш имконияти туғилмоқда ва халқ ҳужалиги соҳаларида қўлланилмоқда.

Ўлчов приборлари ва автоматлаштириш воситаларининг давлат системаси (АДС)

Бошқариш процессининг сифати, самарадорлиги кўп жиҳатдан технологик процесс ҳақидаги информацияларни тўғри ва юқори аниқликда акс эттирадиган ўлчов асбоблари—сезгичларнинг бўлишини талаб қилади. Сезгичлардан олинган информациялар бошқарувчи электрон ҳисоблаш машиналари системасига, ундан ижро этувчи элементлар системасига таъсир қилади. Бошқарувчи информациялар бир қатор автоматика элементлари, контрол ўлчов асбоблари орқали ўтади. Агар бу системалар, элементлар ва улар орқали ўтадиган сигналлар соддалаштирилмаса, умуман бир нормага (системага) келтирилмаса, бошқариш системаларининг қурилишда катта иқтисодий ва ташкилий тартибсизликка йўл қўйилган бўларди. Ишлаб чиқариш процессларининг кўплиги ва турли-туманлиги сабабли сезгичлар-сигнал берувчи элементлар, бошқариш элементлари, ЭҲМ, контрол-ўлчов асбобларининг беҳисоб кўп ва турли хил физик табиатга (электрик, пневматик, гидравлик ва бошқалар) хос бўлиши назарга олинганда айтиб ўтилган тартибсизлик ва иқтисодий зарарларнинг қанчалик катта бўлишини тасаввур қилиш қийин бўлмайди.

Ўлчов асбобларининг Давлат системаси бу камчиликларнинг бўлмаслигини, ўлчов асбобларини ишлаб чиқариш ва улардан фойдала-

нишда ягона тартиб ўрнатилиш чораларини амалга оширишни кўзда тутади.

Ўлчов асбобларининг Давлат системаси (АДС) учта асосий: электрик, пневматик ва гидравлик тармоқларга бўлинади. Бажарадиган функцияси бўйича асбоблар объектлардан информацияларни сезиб олувчи, сигналларни узатувчи ва ишлов берувчи қурилмаларга, ижро этувчи элементлар системаларига бўлинади. Булардан ташқари, икки тармоқ системалари элементларининг бажарадиган функцияларини бирлаштирувчи (масалан, электрик ва пневматик) сигнал турларини бирдан иккинчисига ўзгартирувчи универсал элементлар ҳам АДС системасига киради.

Ҳар бир тармоқ учун Давлат стандарти томонидан ўлчов асбоблари ва блокларига кирувчи ва улардан чиқувчи сигналлар миқдори олдиндан аниқлаб қўйилади. Масалан, электр тармоғи учун: ўзгармас токда 0—5 мА, 0—20 мА, 0—200 мА, 0—10В; ўзгарувчан токда 5—0—5 мА, 20—0—20 мА, 100—0—100 мА, 1—0—1В, 10—0—10В.

АДС нинг қўлланилиши туфайли унга кирадиган автоматика элементлари, ўлчов асбоблари, блоklar ва системаларининг таннари камаяди, ишлатиш ва ремонтни осонлашади.

Курс предмети ва вазифалари

Автоматика фани динамик системаларда мавжуд бўладиган боғланишлар ва автоматик бошқаришларнинг умумий қонунларини ўрганадиган кибернетика фанининг техникага оид тармоғи бўлиб, автоматик системалар назариясини, уларни ҳисоблаш ва қуриш принципларини ўз ичига олади; технологик процессларни автоматлаштириш учун хизмат қиладиган тадбиқий фан ҳисобланади.

Автоматика ва автоматлаштириш курси автоматик системалар назарияси ва уларни тузиш усуллари, автоматик бошқариш ва ростлаш принципларини, технологик параметрларни ўлчаш, автоматик контрол, ҳимоя ва сигналлаш системаларининг илмий принциплари ва характеристикаларини, шунингдек, уларни тузиш учун қўлланиладиган техник воситалар—автоматика элементларининг тузилиши, хусусиятлари ва қўлланилишини ўрганади.

Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш курсини ўрганишдан асосий мақсад—ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштиришни кенг ривожлантириш ва такомиллаштириш асосида технологик машиналарнинг оптимал режимларда ишончли ишлашини, маҳсулот сифатининг юқори кўрсаткичларга эга бўлишини ва шу билан бирга, меҳнат маданиятининг юқори бўлишини таъминлашдан иборат.

Ишлаб чиқаришни автоматлаштиришдан кутилган мақсадга эришиш учун технологик процесслар ва технологик машиналар автоматлаштириш принципларига ва имкониятларига тўла амал қилинган ҳолда тайёрланган бўлиши керак. Бунинг учун технологик процессларни тайёрловчи инженер-технологлар технологик машиналарни яратадиган ва ишлатадиган инженер-механиклар, инженер-конструк-

торлар автоматлаштириш принципларини ва унинг техник воситаларини мукамал билишлари керак, автоматлаштириш бўйича ГОСТ талабларига амал қилишлари ва бу соҳа бўйича тузилган славочниклардан яхши фойдалана олишлари лозим.

Юқорида айтилганларга кўра курснинг асосий вазифаси — бўлғуси инженер-механиклар ва технологларга, конструктор ва иқтисодчи инженерларга автоматик бошқариш ва ростлаш назарияси асосларини ўргатиш; ўлчаш методлари, ўлчов асбобларининг тузилиши ва ишлаш принципи, схемалари ва хусусиятларини тушунтириш; автоматиканинг контактли ва контактсиз элементларининг тузилиши, ишлаш принципи ва характеристикаларини ўргатиш ва, шунингдек, ишлаб чиқариш процессларини автоматик бошқариш, технологик параметрларни автоматик ростлаш, контрол, химоя ва сигналлаш автоматик системаларининг саноатда қўлланиши ҳақида билимга эга бўлишларига кўмаклашишдан иборат.

АВТОМАТИКА ВА АВТОМАТИЗАЦИЯ

ЭЛЕМЕНТЛАРИ

1 БОБ. МЕТРОЛОГИЯ ЭЛЕМЕНТЛАРИ ВА ЎЛЧАШ ТЕХНИКАСИ

1-§. Умумий тушунчалар

Технологик процессларни бошқариш, меҳнат предметининг сифатини ва объектини мақсадга мувофиқ ўзгариши таъминлашнинг технологик параметрларини энергия ҳамда моддий ресурсларнинг таъминотидаги кўп сонли ўлчов информациялари таъминотида ишлов бериш асосида мавжуд бўлади.

Ишлаб чиқариш процесслари давомининг (температура, босим, оғирлик, механик қўчиш, тезлик, ток кучланиш, энергия, моддий ресурслар ва бошқалар) ўзгариши таъминотида информациялар ўлчов асбоблари ёрдамида олинади. Шу туфайли автоматлаштириш масаласини ҳал қилишда ўлчаш методлари, техник воситалар таъминотидаги фан—метрологияда ўлчов техникаси қўни ларига амал қилиб ўлчаш аниқликларини оширишга катта эътибор берилади.

Маълумки, ҳодиса ёки процессни ҳадаги информацияни ўлчов асбоби орқали тахмин қилиш ўлчаш деб аталади. Ўлчов асбоби эса ўлчанадиган миқдорни ўлчов бирлиги билан таққослаш учун хизмат қиладиган қуръмадир. Бунда ўлчанадиган миқдор ва унинг ўлчов бирликлари бир хил турда бўлиши шарт. Масалан, массанинг ўлчов бирлиги (г), узунликнинг ўлчов бирлиги эса м, км, мм ва ҳоказо.

Ўлчашнинг асосий тенгламаси

$$Q = N \cdot q \quad (2)$$

бу ерда; Q — ўлчанадиган миқдор; q — ўлчов бирлиги; N — ўлчанадиган миқдорнинг сон қиймати (таққослаш коэффициенти).

Агар бир той пахта Q неча килограмм эканлигини билиш керак бўлса, уни торозига қўйиб, ўлчов бирлиги $q = 1$ кг билан таққосланади. Шунда $Q = Nq$ кг экани аниқланади.

Агар ўлчов бирлиги ва ўлчанадиган миқдорнинг ўлчови бир турли бўлмаса, бундай ҳолларда ўлчаш учун ўлчов асбоблари қўлланилади. Масалан, температурани ўлчаш учун симобли термометрлар, биметалл пластинкалар, термopapa ва бошқалардан (6- расм, а, б, в) фойдаланиш мумкин.

Симобли термометр (6- расм, а) муҳит температурасини симоб ус- тунчасининг чўзилиш оралиғи Δl га му- таносиб бўлишига мувофиқ ўлчанади:

$$\Delta l = k \Delta \theta^{\circ} C. \quad (3)$$

расм, б) ёрдамида муҳит температураси унга киритилган пластинкаларнинг бурилиш бурчаги $\Delta\alpha$ га мувофиқ ўлчанади. Маълумки, иссиқликдан чўзилиш коэффициентлари турлича бўлган бири-бирига мустақкам ёпиштирилган иккита пластинкадан иборат асбоб (6- расм, б) қизитилган муҳитга киритилса, бу пластинкалар чўзилиш коэффициенти кам бўлган пластинка томонга қараб бурилади. Бу бурилиш муҳит температурасига мутаносиб бўлади:

$$\Delta\alpha = k\Delta\theta^{\circ}\text{C} \quad (4)$$

Термопара муҳит температурасини термоэлектр юритувчи куч e_T га айлантиради (6- расм, в).

$$e_T = k\Delta\theta^{\circ}\text{C} \quad (5)$$

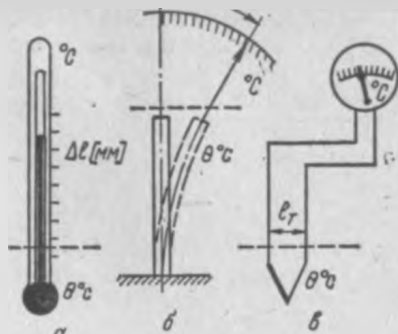
Технологик параметрларни ўлчашни тўғри ташкил қилиш учун қуйидагиларга амал қилиш лозим:

1. Ўлчанадиган миқдор узлуксиз ёки дискрет бўлиши мумкин. Узлуксиз миқдор ўлчаш диапазонида (0— t_1) чексиз қийматларга эга бўлади (7- расм, а). Дискрет миқдор эса ўлчаш диапазонида (чекланган) бир неча қийматга эга бўлади. 7- расм, б да олти та $X_1, X_2, X_3, X_4, \dots, X_6$ дискрет миқдорлар кўрсатилган.

2. Ўлчов ишлари олиб бориладиган муҳит ўлчов асбобларига ва уларнинг хусусиятига таъсир қилмаслиги керак. Бундай таъсир юз бериши мумкин бўлган ҳолларда унга тегишли ўлчов усулини қабул қилиш ёки ўлчов натижаларини келтириб чиқариш вақтида ҳисобга олиш керак.

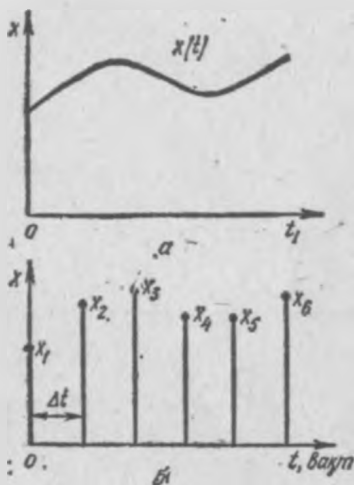
3. Ўлчов натижаларини бир турли қийматларда изоҳлаш (интерпретациялаш), уларни таққослашни амалга ошириш мақсадида физик катталиклар ўз ўлчов бирликлари — эталонларга, яъни қонун чиқариш йўли билан белгиланиб қўйилган эталонларга амал қилиниши керак.

4. АДС га мувофиқ нормаллаштирилган метрологик хусусиятларга эга бўлган техник воситалардангина ўлчов асбоблари сифатида фойдаланиш мумкин.



6- расм. Ўлчов ўзгарткичлар:

а — симболи термометр; б — биметалл пластинка; в — термопара.



7- расм. Узлуксиз ва дискрет миқдорлар графиклари.

Ўлчаш усули ўлчанадиган миқдорнинг ўлчов бирлиги билан таққослаш принципига ва ўлчаш қондаларига мувофиқ қабул қилинади. У ўлчанадиган миқдорнинг тури, катталиги, ўлчаш шаронти, ўлчаш аниқлиги ва шу каби факторларга ҳам боғлиқ.

5. Ўлчов асбобларининг ҳеч қайсиниси баъзи сабабларга кўра, ўлчанадиган миқдорнинг абсолют аниқликдаги қийматини бера олмайди. Амалда намуна ўлчов асбоблари томонидан ўлчаниши мумкин бўлган аниқликдаги қийматдан фойдаланилади. Ўлчаш натижасида топилган бу энг юқориги аниқликдаги қийматни ўлчанадиган миқдорнинг «*ҳақиқий қиймати*» деб аталади.

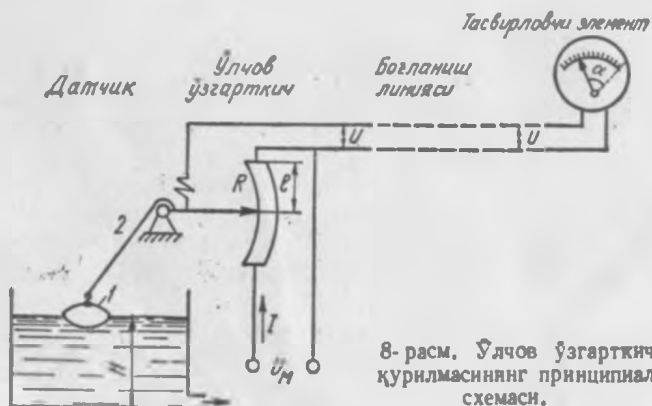
2- §. Ўлчов - ўзгарткич қурилмасининг тузилиши

Ўлчаш қурилмаси ўзаро маълум тартибда боғланган элементлардан (ўлчов ўзгарткичларидан) иборат система бўлиб, ўлчанадиган миқдорнинг ўлчамлари туғрисидаги информацияларни олиш ва қабул қилувчи — оператор ёки бошқарувчи машинага узатиш учун қулай бўлган сигналга айлантириш вазифасини бажаради.

Бундай системанинг ишлаш принципини суюқлик резервуаридаги суюқлик сатҳи баландлигини ўлчаш қурилмаси мисолида кўриб чиқамиз (8- расм).

Ўлчаш қурилмаси технологик процесс давомида резервуардаги суюқлик сатҳи баландлигини контрол қилиб туриш учун хизмат қилади. Резервуардаги суюқлик сатҳи баландлигининг ўзгаришини сезувчи элемент қалқович 1 қабул қилади ва рычаг 2 орқали реостат сургичини 1 ораліққа суради. Агар манба кучланиши $U_m = \text{const}$ бўлса, реостат қаршилиги R нинг ўзгариши l нинг ўзгаришига мос $R = f(l)$ реостатдан чиқувчи сигнал U эса реостат қаршилиги R га мос $U = f(R)$ бўлади.

Ўлчаш асбоби стрелкасининг шкала бўйича бурилиш бурчаги α ўз навбатида, асбобга таъсир қилувчи кучланиши U га мос $\alpha = f(U)$ бўлади ва суюқлик сатҳи баландлигининг ўзгаришини кўрсатиб туради. Ўлчаш асбобининг шкаласи суюқлик сатҳи баландлигига му-



вофиқ равишда даражаланган бўлади. Объект параметрининг қиймати-ни кўрсатувчи бундай асбоб диспетчер пунктида жойлашган бўлади ва уни кўрсатишига мувофиқ равишда объект параметри (суюқлик сатҳи баландлиги) контрол қилиниб турилади.

3- §. Ўлчаш усуллари

Ўлчаш усуллари, ўлчовлар ва ўлчов асбобларининг қўлланилиш усулига қараб бевосита ва билвосита ўлчаш турларига бўлинади.

1. Бевосита ўлчаш усули. Бу усул билан ўлчанадиган миқдорнинг сон қиймати тўғридан-тўғри ўлчов асбобининг шкаласидаги қийматлар бўйича ёки ўлчовларнинг номинал қийматларига мувофиқ топилади. Масалан, ток қийматини амперметр шкаласидан, кучланиш қийматини вольтметр шкаласидан, масса миқдорини эса тарози ўлчов тошларининг номинал қийматидан аниқланади.

Бу усул ўз навбатида бевосита қиймат топиш, нолга келтириш ва дифференциаллаш усуллариغا бўлинади.

Бевосита қиймат топиш усулида ўлчанадиган миқдор тўғридан-тўғри ўлчов бирлиги билан таққосланади ёки ўлчов асбоби билан ўлчанади. Масалан, узунлик метр ўлчови билан, электр занжиридаги ток амперметр билан ўлчанади. Бу метод жуда содда ва жуда тез ўлчаш имконига эга, лекин ўлчов аниқлиги унча юқори эмас.

Нолга келтириш усулида ўлчанадиган миқдор қиймати билан қийматлари аниқ бўлган ўлчовлар ўлчаш қурилмасида таққосланади. Масалан, тарозининг бир палласига ўлчанадиган миқдор қўйилса, унинг иккинчи палласига нормаллаштирилган ўлчов тошлари қўйилиб, тарози стрелкаси ноль ҳолатга келтирилади. Шунда ўлчов тошларининг қиймати ўлчанадиган миқдор қийматига тенг бўлади.

Бу методнинг ўлчаш аниқлиги юқори, лекин ўлчаш учун кўп вақт сарф қилинади.

Дифференциаллаш усулида ўлчанадиган миқдор таъсирининг бир қисми олдиндан берилиб қўйилган аниқ қийматга эга бўлган ўлчов таъсири билан ва қолган иккинчи қисми эса ўлчов қурилмасининг шкаласидан ундаги стрелка кўрсатишига мувофиқ аниқланади. Бунга мисол сифатида циферблатли тарозиларни кўрсатиш мумкин. Бу тарозиларда 1000 г гача бўлган масса тўғридан-тўғри тарози шкаласидаги стрелкасининг кўрсатишига мувофиқ аниқланади. Агар тарозига қўйиладиган миқдор 1000 г дан ошиқ бўлса, тарозининг иккинчи кичик палласига 1000 г лик ўлчов тошлари қўйилади, қолган қисмини эса тарози стрелкасини кўрсатиши бўйича шкаладан аниқланади. Бу икки миқдорнинг йиғиндиси ўлчанадиган миқдор масса-сига тенг бўлади.

2. Билвосита ўлчаш усули. Ўлчанадиган катталиқ қиймати тўғридан-тўғри ўлчаш қурилмаси томонидан аниқланмайди. Бунинг учун энг аввал, ўлчаниши лозим бўлган катталиқ билан функционал боғлиқ бўлган бир неча катталиқларнинг қиймати ўлчаш қурилмалари орқали бевосита ўлчов усулида топилади. Сўнгра бу қийматлар асосида тузилган тенгламаларни ечиб топилиши лозим бўлган катталиқнинг қиймати аниқланади. Масалан, электр занжирининг қар-

шилиги R қийматини топиш учун (агар қаршилик ўзгаришсиз бўлса) олдин қаршиликдаги ток I ва кучланиш U тегишли ўлчов асбоблари амперметр ва вольтметр ёрдамида ўлчанади. Сўнгра формула $R = \frac{U}{I}$ га мувофиқ қаршиликнинг қиймати аниқланади.

4-§. Ўлчаш хатолиги ва аниқлик класслари

Ўлчов асбобларининг ўлчаш хатолиги деб уларнинг кўрсатиши бўйича аниқланган қиймат $X_{кўр}$ билан ҳақиқий қиймат $X_{ҳақ}$ орасидаги фарқ ΔX га айтилади. Бу асосий хатолик қуйидаги уч хил кўринишда бўлади:

а) абсолют хатолик

$$\Delta X = X_{кўр} - X_{ҳақ} \quad (6)$$

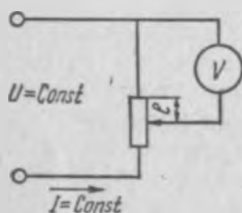
бу ерда: $X_{кўр}$ — ўлчов асбобининг кўрсатган қиймати; $X_{ҳақ}$ — ўлчов асбобининг кўрсатиши керак бўлган ҳақиқий қиймати.

Абсолют хатолик ўлчаш техникасида аниқлик ўлчови бўла олмайди, чунки агар шкалада абсолют хатолик $\Delta X = 0,5$ мм бўлса, бу миқдор шкала кенглиги бўйича 100 мм оралиққа нисбатан кичик, 10 мм оралиққа нисбатан жуда катта сон бўлади. Шу туфайли ўлчов техникасида нисбий хатолик тушунчасидан фойдаланилади.

б) нисбий хатолик (процент ҳисобида)

$$\gamma_n = \frac{\Delta X}{X_{ҳақ}} \cdot 100 \% \quad (7)$$

Нисбий хатолик ҳам ўлчаш техникасида унча кўп қўлланилмайди, чунки агар ўлчанадиган миқдор ўзгарувчан бўлса, нисбий хатолик ҳам ўзгаради. Бунини 9-расмда кўрсатилган потенциометрик схема бўйича уланган вольтметрнинг характеристикалари (10-расм) $X_{кўр}(I)$ ва $X_{ҳақ}(I)$ мисолида кўриш мумкин.

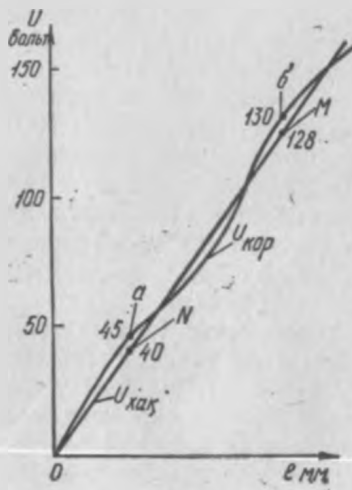


9-расм. Потенциометр схемаси.

10-расм. Вольтметрнинг характеристикалари:

$U_{кўр}$ — вольтметрнинг кўрсатиши бўйича тузилган характеристика,

$U_{ҳақ}$ — вольтметрнинг ҳақиқий характеристикаси.



Айтайлик, вольтметр шкаласи 0...150 В булсин. Ўлчовни Δx характеристиканинг «а» ва «б» нуқталарида ўтказайлик. Бунда вольтметрнинг ҳақиқий характеристикасидаги M нуқтадаги нисбий хатолик

$$\gamma_n = \frac{\Delta X}{X_{\text{нак}}} \cdot 100 \% = \frac{130 - 128}{128} \cdot 100 \% = 1,562 \% \text{ бўлса;}$$

$$N \text{ нуқтада } \gamma_n = \frac{45 - 40}{40} \cdot 100 \% = 12,5 \% \text{ бўлади.}$$

Бундан хулоса шуки, абсолют ва нисбий хатоликларни камайтириш учун ўлчов асбоби шкаласининг юқори қисмида ишлаш зарур бўлади.

в) келтирилган нисбий хатолик

Ҳозирги замон ўлчаш техникасида ўлчов аниқлигини кўрсатадиган асосий фактор келтирилган хатолик ҳисобланади:

$$\gamma_k = \frac{\Delta X}{X_k} \cdot 100 \%, \quad (8)$$

бу ерда Δx абсолют хатолик; X_k ўлчов асбобининг шкаласидаги энг катта қиймат.

Масалан, вольтметр шкаласи 0... 150 В бўлса, $x_k = x_{\text{тах}} = 150 \text{ В}$ бўлади.

Агар ўлчов асбобининг характеристикалари бўйича топилган энг катта абсолют хатолик $\Delta x = 2 \text{ В}$ бўлса, келтирилган хатолик

$$\gamma_k = \frac{\Delta x}{x_{\text{тах}}} \cdot 100 \% = \frac{2}{150} \cdot 100 \% = 1,33 \%$$

бўлади.

Бу миқдор ўлчов асбобини характерловчи ўзгармас сон бўлиб қолади.

Ўлчов асбобларининг хатолиги одатда шкаланинг иш қисмига мувофиқ нормаланади. Бир текис шкалага эга бўлган ўлчов асбоблари учун бутун шкала иш қисми ҳисобланади. Шкаласи текис бўлмаган ўлчов асбоблари шкаласининг иш қисми ўлчашнинг бошланғич қисмидан 25% ўтгандан кейин бошланади.

Ўлчов асбобларининг ишлаш шароитларига қараб асосий ҳамда қўшимча хатоликлар келиб чиқиши мумкин.

Асосий хатолик ўлчов асбоблари нормал шароитда (асбоблар тўғри ўрнатилганда, нормал температура шароити $20 \pm 5^\circ \text{C}$ бўлганда, ташқи магнит майдон ва бошқа ташқи таъсирлар бўлмаганда, мавжуд бўлади.

Қўшимча хатоликлар нормал шароит бузилганда вужудга келади. Бундай ҳолларда ГОСТ қўшимча хатоликлар учун ҳам тегишли қўйим (допуск) миқдорининг бўлишини кўзда тутлади.

Асосий хатоликлар ўлчов асбобларининг барқарорлашган статик режимларига тегишлидир. Бундан ташқари, динамик режим хатоликлари, ўлчов асбобларининг титраши, турткилар каби ташқи шароит таъсирлари ва ўлчанадиган миқдор ўзгариб туриши натижасида пай-

до бўладиган хатоликлар қўшимча хатоликка тегишли бўлади. Ўлча ш аниқлигига юқорида айтиб ўтилган хатоликлардан ташқари тасодифий хатоликлар ҳам катта таъсир кўрсатади. Ўлча ш процесси қанчалик эҳтиёткорлик ва сезгирлик билан ўтказилганига қарамай, бир миқдорни бир неча марта ўлчаганда турли натижалар олинishi тасодифий хатолик борлигини кўрсатади. Бу хатоликлар ўлчов асбобининг кўрсатишидаги сон қийматини олишда одам томонидан қўйилган хатоликни, механизмдаги ишқаланиш кучининг, ташқи таъсирларнинг ўзгариб туриши натижасида вужудга келиши мумкин.

Ўлча ш аниқлиги. Ўлчов асбобларининг кўрсатиши ўлчанадиган миқдорнинг ҳақиқий қийматига яқинлашиш даражасини характерловчи сифат белгиси ўлча ш аниқлиги дейилади. Аниқлик класслари эса ўлчов асбобларига қўйилиши мумкин бўлган, келтирилган (асосий) хатолик қиймати билан белгиланади. Аниқлик класси ўлчов асбобининг шкаласида қайд қилинган бўлади. Ўлчов асбоби шкаласининг ҳамма иш қисми бўйича олинган ўлчов аниқлиги бу шкалада кўрсатилган аниқлик класси қийматидан ошмаслиги керак. Масалан, ўлчов асбоби 0,5 аниқлик классига тегишли бўлса, ундаги келтирилган асосий хатолик 0,5% дан ортмаслиги керак.

Ўлчов асбоблари ҳозирги вақтда қуйидаги аниқлик класслари билан чиқарилади: 0,005; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1,0; 1,5; 2,5; 4,0; 6,0.

Аниқлик класси 0,1 гача бўлган ўлчов асбоблари лаборатория шароитларида ва техник ўлча ш асбобларини текшириш учун қўлланилади, аниқлик класси 0,1 ... 2,5 гача бўлган ўлчов асбоблари саноатдаги ўлча ш ишларида, аниқлик класси 4,0 ва 6,0 бўлган ўлчов асбоблари эса контрол ва сигнализация ишларида кенг қўлланилади.

5- §. Ўлчов асбобларига қўйиладиган асосий талаблар

Ўлчов ва ўлчов асбоблари қуйидаги талабларга жавоб бера оладиган бўлишлари керак.

1. Ўлча ш аниқлиги юқори даражада бўлишини таъминлаш. Бунда ўлчов асбобининг кўрсатиши ўлчанаётган миқдорнинг ҳақиқий қийматига юқори даражада яқин бўлиши талаб қилинади.

2. Юқори сезгирлик, сезгирлик деб ўлчов асбоби стрелкасининг шкала бўйича чизикли ёки бурчак силжиши ўзгариши ΔY нинг ўлчанаётган миқдор қиймати ўзгариши ΔX га нисбатига айтилади:

$$S = \frac{\Delta Y}{\Delta X} \quad (9)$$

Ўлчов асбобининг сезгирлиги S унинг шкала бўлинмаси қиймати C га тескари нисбатда бўлади; $S = \frac{1}{C}$ шкала бўлинмаси қиймати қуйидагича аниқланади:

$$C = \frac{\Delta X}{\Delta Y} \quad (10)$$

Шкала бўлинмаси $\Delta Y = 30$ бўлган ўлчов асбобида ўлчанади—миқдор қиймати $\Delta X = 3$ А бўлса, $C = \frac{3}{30} = 0,1$; $S = \frac{1}{0,1} = 10$ бўлади.

$$\Delta X = 15 \text{ А бўлса, } C = \frac{15}{30} = 0,5; S = \frac{1}{0,5} = 2$$

бўлади. Бундан кўринадики, шкала бўлинмаси қиймати C қанча катта бўлса, ўлчов асбобининг сезгирлиги шунча кичик бўлади.

3. Ташқи шароит ва ташқи таъсирлар ўзгармас бўлганда ўлчов асбобининг кўрсатиши ҳам ўзгармас бўлиб қолади.

4. Ўлчов асбоби инерционлигининг кам бўлиши тез ўзгарувчан миқдорларни ўлчаш имконини беради.

5. Масофадан туриб ўлчаш, ўлчаш натижаларини узоқ масофаларга узатиш, ўлчов информацион системалар комплексини тузиш ва бошқа имкониятларнинг бўлиши лозим.

6. Ўлчов асбоблари ва блокларидан автоматика системаларига хизмат қиладиган ўлчов системаларини комплектлаш имконини бериши талаб қилинади.

11 БОБ. СЕЗУВЧИ — СИГНАЛ БЕРУВЧИ ЎЛЧОВ ЭЛЕМЕНТЛАРИ (ДАТЧИКЛАР)

1-§. Температуранинг ўлчаш ва термоўлчов асбоблари

1. Температуранинг ўлчаш. Температура — молекулалар хаотик ҳаракати ўртача кинетик энергиясининг ўлчови бўлиб, жисм ёки объектнинг иссиқлик ҳолатини кўрсатувчи параметр ҳисобланади. Жисмлар молекулаларининг кинетик энергияси ва шунингдек, температураси ўзгариши уларда ҳажм ўзгаришига ва уларнинг бир ҳолатдан иккинчи (қаттиқ, суюқ ва газ) ҳолатга ўтишига сабаб бўлади. Шу боисдан, жисмларнинг температурасини ўлчаш учун керак бўладиган ўлчов бирлиги ва ўлчаш шкаласини ясашда уларнинг иссиқлик ҳолатларининг ўзгариш нуқталарида мавжуд бўладиган температуралар миқдоридан фойдаланилади. Агар температура «градус» билан ўлчанса, унинг ўлчов бирлиги қуйидаги формула бўйича топилади:

$$1 \text{ градус} = \frac{\theta'' - \theta'}{n}$$

бу ерда: θ' — жисмнинг бошланғич чегара нуқтасидаги температураси ёки «нолинчи температура»; θ'' — шу жисмнинг иккинчи ҳолатга ўтиш нуқтасидаги температураси; n — бутун сон (шкала бўлинмалари сони).

Ҳозирги вақтда икки хил ўлчов шкалалари мавжуд: 1) Цельсий шкаласи, 2) Кельвин термодинамик шкаласи.

Цельсий шкаласида температуранинг ўлчов бирлигини топиш учун сувнинг уч ҳолати — музлаш, қайнаш ва буғланиш нуқталари орасидаги температура миқдори 100 бўлакка бўлинади. Агар сувнинг музлаш нуқтаси $\theta' = 0$, қайнаш нуқтаси $\theta'' = 100^\circ \text{C}$ ва $n = 100$ деб қабул қилинса, температуранинг Цельсий шкаласидаги ўлчов бирлиги

$$\frac{\theta'' - \theta'}{n} = \frac{100 - 0}{100} = 1^\circ \text{C} \quad (11)$$

бўлади.

Иккинчи шкала абсолют температуралар шкаласини жорий этган инглиз олими Кельвин номи билан юритилади.

Абсолют температура Гей-Люссак қонуни

$$V = V_0(1 + \alpha \theta^0) \quad (12)$$

га мувофиқ температуранинг бошланғич нуқтаси абсолют ноль температуранинг бўлишига асосланади. (12) ифода идеал газ ҳажми V нинг ўзгариши температура θ ўзгаришига боғлиқлигини (босим ўзгармас бўлганда) кўрсатади.

V_0 — цельсий шкаласи бўйича температура ноль бўлгандаги газ ҳажми; $\alpha = \frac{1}{-273,16}$ ҳамма газлар учун бир хил бўлган ҳажмий кенгайиш термик коэффициентини.

Абсолют ноль температурада (T_0) газ ҳажми нолга тенг деб фарз қилинса,

$$0 = V_0(1 + \alpha T_0),$$

абсолют ноль температуранинг қиймати $T_0 = -263,16$ К бўлади.

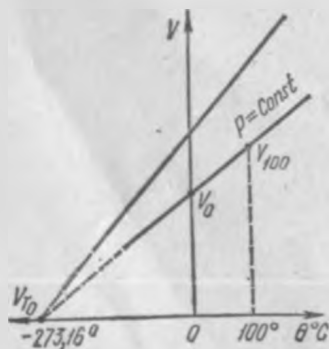
Абсолют ноль температурани тажрибада ўлчаш мумкин эмас, чунки жуда паст температурага борганда газ ҳажми нолга яқинлашмай, газ суюқликка айланиб кетади. Буни 11-расмда кўрсатилган $V(\theta)$ графикдан кўриш мумкин. Графикнинг тажрибада олиб бўлмайдиган пастки қисми пунктир чизиги билан давом эттирилган ва $V=0$ бўлган нуқта абсолют температура $T = -273,16$ К деб қабул қилинган.

$V = f(\theta)$ функция графикига мувофиқ, Кельвин шкаласидаги ноль температура абсолют ноль температурага, ундаги ҳар бир градус эса цельсий шкаласидаги градусга тенг бўлади.

Амалда температурани ўлчаш учун халқаро амалий шкалалар — цельсий ва кельвин қўлланилади. Бу шкалалар Цельсий шкаласи асосида тузилган, уларнинг ўлчов бирлиги 1°C , белгиланиши эса T ва θ .

Халқаро амалий шкала бўйича температура кельвин билан ўлчанса, унинг қиймати қуйидаги формула бўйича ҳисоблаб топилади:

$$T = \theta^\circ\text{C} + 273,15. \quad (13)$$



11-расм, $v(\theta)$ графикги,

Маълумки, температура билвосита метод билан термометрик жисмлар ёрдамида улчанади.

Температурани ўлчаш учун термометрик жисмларнинг температура ўзгариши билан боғлиқ бўлган физик хусусиятларининг (ҳажм босим ўзгариши, термо ЭЮК ҳосил бўлиши ва ҳоказо) ўзгаришидан фойдаланилади. Бунинг учун термометрик жисмлар, яъни термометр яшаш учун ишлатиладиган жисмларнинг хусусиятлари ҳар тарафлама ўрганилади. Бирор жисмнинг температурасини ўлчаш лозим бўлса, термо-

метрик модда (симобли термометр) температураси ўлчаниши керак бўлган жисмга текказиладиган ёки температураси ўлчаниши лозим бўлган муҳитга киритилади. Натижада бу икки жисм орасида температура мувозанати вужудга келади. Жисмнинг (мувозанат ҳолатдаги) температураси температура ўлчаш асбобининг кўрсатишига мувофиқ аниқланади.

Халқаро бирликлар системасида температуранинг ўлчов бирлиги сифатида кельвин (К), яъни сувнинг муз, сув, буғ ҳолатида бўладиган нуқтаси деб аталадиган термодинамик температураси қабул қилинган. Бундан ташқари, Халқаро бирликлар системасида температура-нинг Халқаро амалий шкалада — Цельсий шкаласида (С) ўлчашни ҳам тавсия қилинади. Бу шкала жисмларнинг ўзгармас ҳолатлари-дан олтитасининг мавжудлигига асосланади:

- 1) кислороднинг қайнаш нуқтаси — $182,97^{\circ}\text{C}$;
- 2) сувнинг бир вақтда уч ҳолатда (муз, сув, буғ) бўлиш нуқтаси — $0,01^{\circ}\text{C}$;
- 3) сувнинг қайнаш нуқтаси $+100^{\circ}\text{C}$;
- 4) олтингугуртнинг қайнаш нуқтаси $+444,6^{\circ}\text{C}$;
- 5) кумушнинг қотиш нуқтаси $+961,93^{\circ}\text{C}$;
- 6) олтиннинг қотиш нуқтаси $+1\,064,43^{\circ}\text{C}$.

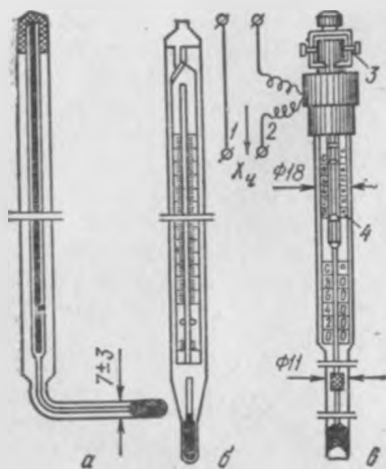
Бу шартли нуқталарга асосланиб эталон ўлчов асбобларининг шкаласи даражаланаяди.

Температурани ўлчайдиган асбобларнинг турлари ва уларнинг ўлчаш чегаралари қуйидаги жадвалда келтирилган.

II. Кенгайиш термометрлари. Кенгайиш термометрларининг ўлчаш принципи термометрик моддалар — суюқ, биметалл ва металл стерженларнинг ҳажмий ёки чизиқли кенгайиши улар киритилган муҳит температурасининг ўзгаришига мутаносиб бўлишига асосланади.

1- жадвал. Температурани ўлчайдиган асбоблар ва уларнинг ўлчаш чегаралари

Ўлчов асбоблари	Ўлчов чегаралари $^{\circ}\text{C}$
Кенгайиш термометрлари:	
Симобли техник термометр	$-25 \dots + 500$
Органик суюқликли (спиртли) термометр	$-200 \dots + 65$
Манометрик термометр (газли термометр)	$-60 \dots + 700$
Электр қаршилик термометрлари:	
Платинадан ясалган термометр	$-200 \dots + 650$
Мисдан ясалган термометр	$-50 \dots + 180$
Термопаралар:	
Платина-родий — платина	$-20 \dots + 1300$
Хромель — алломель	$-50 \dots + 1000$
Хромель — копель	$-50 \dots + 600$
Нурланиш термометрлари:	
Оптик термометр	$+800 \dots + 6000$
Фотоэлектрик термометр	$+600 \dots + 2000$
Радияцион термометр	$+20 \dots + 3000$



12- расм. Символи техник термометрлар

а — бурчакли, б — тўғри, в — электр контакт-ли; 1, 2 — чиқувчи сигнални улаш нуқталари; 3 — магнит каллаг; 4 — сурилувчи контакт.

а) Символи техник термометрлар. Суюқ термометрик моддалар сифатида симоб, керосин, этил спирт, толуол ва бошқалар ишлатилади.

Символи термометрлар симоб тўлдирилган шиша баллон ва у билан туташтирилган шиша найчадан иборат. Символи шиша баллон температураси ўлчанадиган муҳитга киритилса, ундаги симоб ҳажми муҳит температурасига мувофиқ ўзгаради, яъни симоб сатҳи шиша трубка бўйича юқорига ёки пастга силжийди. Бу силжиш Цельсий шкаласи бўйича муҳит температурасининг ўзгаришини кўрсатади.

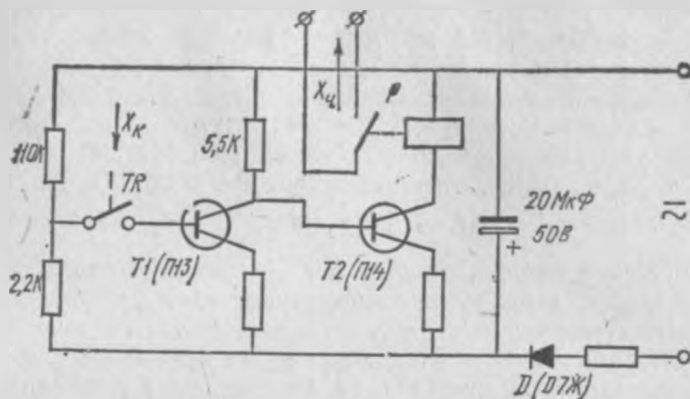
Символи термометр давлат стандартига мувофиқ температурани -25°C дан $+500^{\circ}\text{C}$ гача ўлчаши мумкин (1-жадвал). Символи техник термометрларнинг баъзи турлари 12-расмда кўрсатилган.

Суюқликли термометрлар технологик процесс давомида температурани контрол қилиб туриш, термосигнализация, температурани автоматик ростлаш системаларини тузиш учун қўлланилади.

Суюқ термометрик моддали термометрларнинг асосий камчилиги шиша идишининг синиши билан боғлиқ бўлади. Бунинг олдини олиш учун бу термометрлар металл қин (гильза) ичига ўрнатилади. Термометрик суюқлик билан иссиқлиги ўлчанадиган муҳит орасидаги контактни яхшилаш учун гильзанинг шиша баллонга тегишли қисми иссиқликни яхши ўтказувчи моддалар билан тўлдирилади. Температура 200°C гача ўлчанса, гильзанинг пастки қисми машина мойи билан, ўлчанадиган температура 300°C гача бўлса, симоб билан, ва 500°C гача ўлчанадиган бўлса, мис қипиғи билан тўлдирилади. Бундай термометрларнинг ўлчов аниқлиги унча юқори бўлмайди.

Суюқ термометрик моддали электр контактли термометрлар (техник термометрлар) ГОСТ 9871—61 бўйича икки турда тайёрланади. 1) ТЭК — капилляр трубка ичига жойи ўзгармас қилиб ўрнатилган контактли термометр; 2) ТПК — контакти капилляр трубка ичида магнитли юриткич ёрдамида суриладиган (топшириғи ўзгарадиган) термометрлар (12-расм, в).

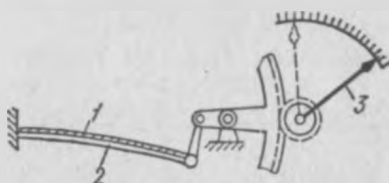
Бу термометрларнинг симоб ва платинали контактлари орасидаги узиллиш токи $0,5\text{ мА}$ бўлганлиги сабабли, бу ток жуда кичик сигнал реле кучайтиргичлар ёрдамида кучайтирилади. Бу ўринда ишлатиладиган транзисторли сигнал кучайтирувчи реленинг принципиал схемаси 13-расмда кўрсатилган. Унда термометрдан чиқувчи сигнал



13- расм. Транзисторли реле схемаси.

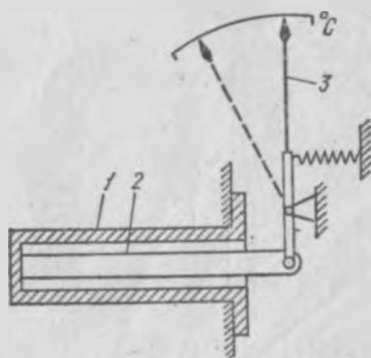
транзисторнинг базасига контакт TR орқали таъсир қилади. Чиқувчи сигнал реленинг P контакти орқали олинади.

б) Биметалли термометрлар. Уларнинг ишлаш принципи бири-бирига пайванд йўли билан ёпиштирилган икки хил ҳўзилиш коэффициентига эга бўлган $\alpha_1 > \alpha_2$ бир жуфт 1—2 металл пластинканинг (14- расм) пластинка 2 томонига эгилиши уларга таъсир қиладиган иссиқлик миқдорига мутаносиблигига асосланади. Биметалл пластинканинг эгилиши редуктор орқали ўлчов асбобининг стрелкаси 3 ни шкала бўйича буради. Муҳит температураси цельсий шкаласи бўйича аниқланади.



14- расм. Биметалл термометр:
1,2— биметалл пластинкалар; — 3 кўрсатувчи стрелка.

в) Дилатометрик термометрлар. Дилатометрик термометрларнинг ишлаш принципи ундаги стерженларнинг иссиқликдан бўйига (чиқиқли) ҳўзилишига асосланади. Бундай термометрлардан энг содасининг тузилиш схемаси 15- расмда кўрсатилган. Ундаги трубка 1 ва стержень 2 температураси ўлчаниши лозим бўлган муҳитга киритилганда трубка 1 ичига киритилиб, унинг тубига мустаҳкам



15- расм. Дилатометрик термометр
1— никель ёки жез трубка; 2— инвар стержень; 3— кўрсатувчи стрелка.

пайвандланган стержень 2 ва трубка 1 нинг нисбий чўзилишига мувофиқ рычаг системаси силжийди ва стрелка 3 ни шкала бўйича буради. Агар трубка 1 нинг иссиқликдан чўзилиш коэффициентини катта бўлган металл — никелдан, унинг ичидаги стержень 2 нинг иссиқликдан чўзилиш коэффициентини α_2 жуда кичик бўлган инвардан тайёрланган $\alpha_2 < \alpha_1$ бўлса, стерженьларнинг ΔL нисбий чўзилишини

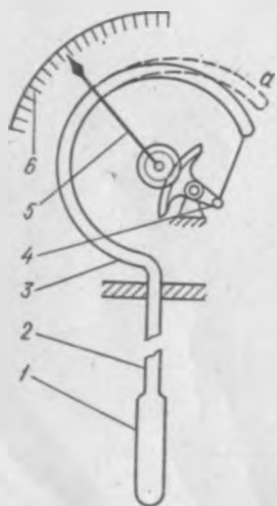
$$\Delta L = \Delta \theta (\alpha_1 - \alpha_2) \quad (14)$$

формула бўйича топилади, бу ерда $\Delta \theta$ — бошланғич ва сўнгги температуралар фарқи, яъни муҳит температурасининг ўзгариши.

III. Манометрик термометрлар. Манометрик термометрларнинг ишлаш принципи герметик ёпиқ ҳажм ичига жойлаштирилган термометрик моддалар (газ, суюқлик ва конденсацион суюқлик) босими улар киритилган муҳит температурасига мутаносиб бўлишига асосланади.

Герметик ҳажм термометрик газ билан тўлдирилса, газли манометрик термометр, суюқлик билан тўлдирилган бўлса, суюқликли манометрик термометр ва агар конденсацион (тез бугга айланадиган) суюқлик билан тўлдирилган бўлса, бугланувчи суюқликли манометрик термометр деб номланади. Уларнинг ўлчаш принципи газли манометрик термометр (16-расм) га ўхшаш.

а) Газли манометрик термометрларда сезувчи элемент сифатида термобаллон 1, босим узатувчи элемент сифатида капилляр трубка 2, ўлчов ўзгарткич элемент сифатида манометрик пружина 3 (Бурдон трубаси), ўлчов ўзгарткич механизми 4 ва ўлчаш натижаларини кўрсатувчи элемент сифатида стрелка 5 ҳамда шкала 6 дан фойдаланилади.



16-расм. Манометрик термометр:

1—термобаллон; 2—капилляр-най; 3—Бурдон трубкаси; 4—рычаг системаси; 5—кўрсатувчи стрелка; 6—шкала.

Термобаллон температураси ўлчаниши керак бўлган муҳитга киритилади. Шунда муҳит температурасига мувофиқ, герметик ҳажм (термобаллон, капилляр най, (Бурдон труба)си), мембрана сильфон ва бошқалар) ичидаги газ, суюқлик ёки буг босими ўзгаради. Бу ўзгариш миқдори стрелка юрадиган ўлчаш шкаласидан аниқланади.

Газли манометрик термометрларда герметик ҳажм азот ёки гелий билан тўлдирилган бўлади. Бу газларнинг иссиқликдан кенгайиш коэффициенти идеал газларникига яқин бўлганлиги туфайли газ манометрик термометрларнинг характеристикаси $P(\theta)$ тўғри чизиқли, ўлчаш шкаласи эса бир текис бўлади. Газли манометрик термометрлар 600°C гача температурани ўлчашга мўлжалланади.

Манометрик термометрларнинг ўлчаш аниқлигига ташқи босим ва ташқи муҳит температурасининг ўзгариши сезиларли таъсир қилиши мумкин. Ташқи босим ўзгаришининг

ўлчаш аниқлигига таъсирини камайтириш ёки амалда йўқ қилиш учун герметик ҳажм (1, 2, 3) га газ бошланғич босим P_0 билан тўлдирилади. Бошланғич босим P_0 миқдорини ҳисоблаб топиш учун температура ўзгариши билан босим ўзгариши орасидаги боғланишдан фойдаланилади:

$$\Delta P = P_\theta - P_0 = P_0 \alpha (\theta - \theta_0),$$

бундан

$$P_0 = \frac{\Delta P}{\alpha (\theta - \theta_0)}$$

бу ерда $\alpha = \frac{1}{273, 15}$ — газнинг термик кенгайиш коэффиценти,

θ — температуранинг юқори қиймати;

θ_0 — бошланғич ташқи муҳит температурасининг қиймати $+20^\circ \text{C}$;

P_0 — герметик ҳажм ичидаги газнинг θ_0 даги бошланғич босими.

Бошланғич газ босими миқдори ўлчанадиган температуранинг катталигига қараб аниқланади.

Ташқи муҳит температурасининг ўзгариши билан боғлиқ бўлган температура ўлчашдаги хато қийматининг асосий қисми капилляр трубка туфайли вужудга келади, чунки унинг ички диаметри 0,2... 0,5 мм узунлиги 1... 60 м гача оралиқда ташқи муҳит таъсирида бўлиши бунга сабаб бўлади. Капилляр трубканинг ўлчашга киритадиган бу хатолигини

$$\Delta \theta = \frac{V_k}{V_0} (\theta_k - \theta_0) \quad (16)$$

формула бўйича аниқлаш мумкин, бу ерда V_k — капилляр трубка ҳажми, V_0 — термобаллон ҳажми, θ_k — капилляр трубка жойлашган ташқи муҳит температураси $^\circ\text{C}$.

Термобаллон ҳажми купинча термобаллон — капилляр трубка ва термометрик пружина умумий ҳажмининг 90 процентини ташкил қилади.

Манометрик термометрларнинг қўлланилишига чекланиш киритадиган камчиликлари сифатида ўлчов асбобининг инертционлиги ва термобаллон ўлчамларининг катталигини кўрсатиш мумкин.

б) Суюқликли манометрик термометрларнинг термобаллон, капилляр трубка ва термометрик пружинадан иборат термометрик системаси (герметик ҳажми), агар ўлчанадиган температура

—40 $+2000^\circ \text{C}$ бўлса, метил спирт билан,

—40 $+400^\circ \text{C}$ бўлса, ксилол билан ва

—30 $+600^\circ \text{C}$ бўлса, симоб билан тўлдирилади. Суюқликларнинг сиқилувчанлиги амалда нолга тенг бўлганлиги учун суюқликли термометрларнинг ўлчов аниқлигига ташқи босим ўзгариши таъсир қилмайди. Ўлчов шкаласи бир текис бўлади.

в) Конденсацион (тез бугланувчи суюқликли) манометрик термометрлар ёрдамида 0... 200°C гача бўлган температурани ўлчаш мумкин. Бундай термометрларнинг термометрик системаси метил хлорид,

этил хлорид, ацетон, бензол каби тез буғланувчи суюқ моддалар билан тўлдирилади.

Термобаллондаги тўйинган буғ ҳажмининг ўзгариши температура ўзгариши билан тўғри чизиқли функция бўйича боғланмаслиги сабабли бундай термометрларнинг шкаласи бир текис бўлмайди.

Манометрик термометрлар ГОСТ 13417—67 бўйича икки турда тайёрланади: кўрсатувчи (стрелкали) ва ёзиб олувчи.

Кўрсатувчи манометрик термометрларнинг электр контактлилари ҳам ишлаб чиқарилади. Бу термометрлар ишлаб чиқаришни автоматлаштиришда иссиқлик процессларини сигналлаштириш ва автоматлаштириш учун кенг қўлланилади.

Ёзиб оладиган манометрик термометрлар соат механизми ёки кичик синхрон электрик юритмалар билан бирга ишлаб чиқарилади. Бу юритмалар температура ёзиладиган қоғоз лентани бир хил тезликда суриб туриш учун хизмат қилади.

Термометрик системаси газ ва суюқлик билан тўлдирилган термометрларнинг ўлчов аниқлиги 1; 1,6; 2,5; симоб билан тўлдирилган термометрларнинг ўлчов аниқлиги 0,6; 1; 1,6 ва конденсацион термометрларнинг ўлчов аниқлиги 1; 1,6; 2,5; 4.

IV. Қаршиликли термометрлар

Қаршиликли термометрларнинг ишлаш принципи электр ўтказгич ҳамда яримўтказгичлар электр қаршилигининг ўзгариши уларга таъсир қиладиган температурага мутаносиб эканлигига асосланади.

Қаршиликли термометрларни тайёрлашда термометрик модда (термосезгич) сифатида химиявий соф мис, платина ёки ярим ўтказгичлардан тайёрланган симлардан фойдаланилади. Бу химиявий соф моддаларнинг термометрик характеристикалари $R = f(\theta)$ олдиндан маълум ва ўзгармас бўлганлиги учун қаршиликли термометрларнинг шкаласи ана шу характеристикага мувофиқ даражаланади. Ўлчаниши керак бўлган муҳит температураси унга киритилган термометрик модданинг — электр симнинг қаршилиги ёки ундан ўтадиган ток миқдори орқали топилади.

а) Мислан ясалган термосезгич Мисдан ясалган электр сим учун температура ва унинг электр қаршилиги орасидаги боғланиш қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$R_{\theta} = R_0 [1 + \alpha_m (\theta - \theta_0)], \quad (17)$$

бу ерда : $\alpha_m = \frac{R - R_0}{R_0 (\theta - \theta_0)}$ — электр қаршилигининг термик коэффициент. Термик коэффициент қиймати, R_0 — температура 0°C бўлгандаги қаршилик ва R_{100} — температура 100°C бўлгандаги қаршилик қийматлари асосида топилади:

$$\alpha_m = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 (100 - \theta_0)}.$$

Мисдан ясалган термоқаршилиқларнинг афзалликлари миснинг арзонлиги, химиявий соф мисни олишнинг осонлиги, иссиқлик коэффициентининг бошқа металларикига нисбатан катталиги ва термик характеристикаси $R(\theta)$ нинг тўғри чиқиқлигидадир. Солиштирма қаршилигининг кичиклиги ($\rho = 0,017 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$) ва температура 100°C -дан ортганда тез оксидлана бошлаши унинг асосий камчиликлари, ҳисобланади.

б). Яримўтказгичли термосезгич. Яримўтказгичдан тайёрланган термометрик қаршилиқларнинг электр ўтказгичларга (мис ёки платинадан ясалган термометрик қаршилиқларга) нисбатан асосий афзаллиги ярим ўтказгичларнинг термик коэффициенти анча катталиги ($\alpha = 3 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{град}}$) ва электр ўтказувчанлигининг кичиклигидадир.

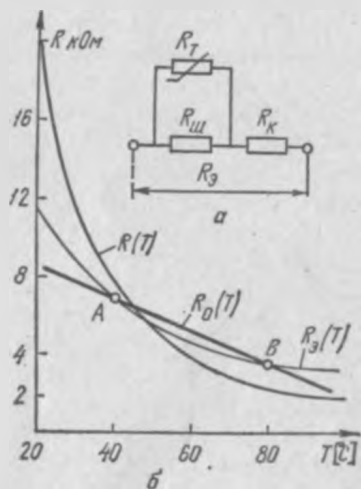
Бу термометрик қаршилиқлар (термисторлар) нинг фойдали томони яна шундаки, уларнинг бошланғич қаршилиги катта ва геометрик ўлчамлари жуда кичик бўлади. Улардаги бошланғич қаршилиқнинг катта бўлиши ташқи занжирлардаги қаршилиқнинг иссиқликдан ўзгаришини ҳисобга олмаслик имконини беради.

Аммо термисторлар характеристикасининг (17- расм) экспоненциал эгри чиқиқли бўлиши улардан температурани ўлчайдиган кенг шкалали ўлчов асбоби тайёрлашни анча қийинлаштиради. Температура ўзгаришини аниқроқ ўлчайдиган термометр ясаш учун бундай характеристикани имкони борича тўғри чиқиқли характеристикага яқинлаштириш керак. Бунинг учун термометрга параллел ва кетма-кет резисторлар $R_{ш}$, R_k уланади (17- расм, а). Термистор R_T га параллел уланган $R_{ш}$ термистор характеристикасининг тиклигини камайтиради. Кетма-кет уланган резистор R_k характеристиканинг пасайган қисмини ўзига параллел ҳолда юқорига кўтаради. Бу схеманинг эквивалент қаршилиги қуйидагича ифодаланади:

$$R_s = R_k + \frac{R_T \cdot R_{ш}}{R_T + R_{ш}} \quad (18)$$

Бу қаршилиқнинг R_s иссиқликдан ўзгариши тўғри чиқиқли характеристикаси $R_0(T)$ га анча яқинлашади ва тўғри чиқиқнинг икки нуқтасини (А ҳам В нуқталарни) ифодалайди.

Характеристиканинг бу икки нуқтаси учун қуйидаги икки эквивалент қаршилиқ тенгламасини ёзиш мумкин:



17- расм. Қаршилиқли термометрлар:

а— термисторнинг эквивалент схемаси; б— термисторлар (КМТ-Ю, КМТ-Юа, КМТ-11 типдаги) характеристикаси; $R(T)$ термистор характеристикаси; $R_0(T)$ — тўғри чиқиқли характеристика, $R_s(\theta)$ — термисторнинг эквивалент характеристикаси.

этил хлорид, ацетон, бензол каби тез буғланувчи суюқ моддалар билан тўлдирилади.

Термобаллондаги тўйинган буғ ҳажмининг ўзгариши температура ўзгариши билан тўғри чизиqli функция бўйича боғланмаслиги сабабли бундай термометрларнинг шкаласи бир текис бўлмайди.

Манометрик термометрлар ГОСТ 13417—67 бўйича икки турда тайёрланади: кўрсатувчи (стрелкали) ва ёзиб олувчи.

Кўрсатувчи манометрик термометрларнинг электр контактлилари ҳам ишлаб чиқарилади. Бу термометрлар ишлаб чиқаришни автоматлаштиришда иссиқлик процессларини сигналлаштириш ва автоматлаштириш учун кенг қўлланилади.

Ёзиб оладиган манометрик термометрлар соат механизми ёки кичик синхрон электрик юритмалар билан бирга ишлаб чиқарилади. Бу юритмалар температура ёзиладиган қоғоз лентани бир хил тезликда суриб туриш учун хизмат қилади.

Термометрик системаси газ ва суюқлик билан тўлдирилган термометрларнинг ўлчов аниқлиги 1; 1,6; 2,5; симоб билан тўлдирилган термометрларнинг ўлчов аниқлиги 0,6; 1; 1,6 ва конденсацион термометрларнинг ўлчов аниқлиги 1; 1,6; 2,5; 4.

IV. Қаршиликли термометрлар

Қаршиликли термометрларнинг ишлаш принципи электр ўтказгич ҳамда яримўтказгичлар электр қаршилигининг ўзгариши уларга таъсир қиладиган температурага мутаносиб эканлигига асосланади.

Қаршиликли термометрларни тайёрлашда термометрик модда (термосезгич) сифатида химиявий соф мис, платина ёки ярим ўтказгичлардан тайёрланган симлардан фойдаланилади. Бу химиявий соф моддаларнинг термометрик характеристикалари $R = f(\theta)$ олдиндан маълум ва ўзгармас бўлганлиги учун қаршиликли термометрларнинг шкаласи ана шу характеристикага мувофиқ даражаланади. Ўлчаниши керак бўлган муҳит температураси унга киритилган термометрик модданинг — электр симнинг қаршилиги ёки ундан ўтадиган ток миқдори орқали топилади.

а) Мислан ясалган термосезгич Мисдан ясалган электр сим учун температура ва унинг электр қаршилиги орасидаги боғланиш қуйидаги формула билан ифодаланади:

$$R_{\theta} = R_0 [1 + \alpha_m (\theta - \theta_0)], \quad (17)$$

бу ерда : $\alpha_m = \frac{R - R_0}{R_0 (\theta - \theta_0)}$ — электр қаршилигининг термик коэффициент. Термик коэффициент қиймати, R_0 — температура 0°C бўлгандаги қаршилик ва R_{100} — температура 100°C бўлгандаги қаршилик қийматлари асосида топилади:

$$\alpha_m = \frac{R_{100} - R_0}{R_0 (100 - \theta_0)}.$$

Мисдан ясалган термоқаршилиқларнинг афзалликлари миснинг арзонлиги, химиявий соф мисни олишнинг осонлиги, иссиқлик коэффициентининг бошқа металларикига нисбатан катталиги ва термик характеристикаси $R(\theta)$ нинг тўғри чиқиқлигидадир. Солиштирма қаршилигининг кичиклиги ($\rho = 0,017 \text{ Ом} \cdot \frac{\text{мм}^2}{\text{м}}$) ва температура 100°C -дан ортганда тез оксидлана бошлаши унинг асосий камчиликлари, ҳисобланади.

б). Яримўтказгичли термосезгич. Яримўтказгичдан тайёрланган термометрик қаршилиқларнинг электр ўтказгичларга (мис ёки платинадан ясалган термометрик қаршилиқларга) нисбатан асосий афзаллиги ярим ўтказгичларнинг термик коэффициенти анча катталиги ($\alpha = 3 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{град}}$) ва электр ўтказувчанлигининг кичиклигидадир.

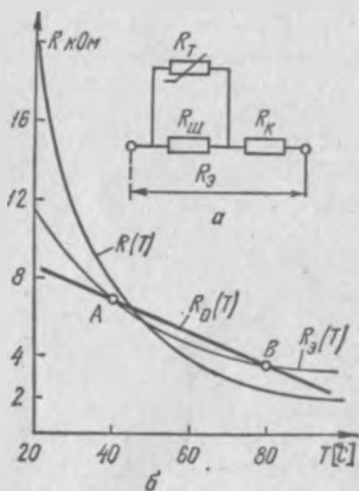
Бу термометрик қаршилиқлар (термисторлар) нинг фойдали томони яна шундаки, уларнинг бошланғич қаршилиги катта ва геометрик ўлчамлари жуда кичик бўлади. Улардаги бошланғич қаршилиқнинг катта бўлиши ташқи занжирлардаги қаршилиқнинг иссиқликдан ўзгаришини ҳисобга олмаслик имконини беради.

Аммо термисторлар характеристикасининг (17-расм) экспоненциал эгри чиқиқли бўлиши улардан температурани ўлчайдиган кенг шкалали ўлчов асбоби тайёрлашни анча қийинлаштиради. Температура ўзгаришини аниқроқ ўлчайдиган термометр ясаш учун бундай характеристикани имкони борича тўғри чиқиқли характеристикага яқинлаштириш керак. Бунинг учун термометрга параллел ва кетма-кет резисторлар $R_{\text{ш}}$, $R_{\text{к}}$ уланади (17-расм, а). Термистор $R_{\text{т}}$ га параллел уланган $R_{\text{ш}}$ термистор характеристикасининг тиклигини камайтиради. Кетма-кет уланган резистор $R_{\text{к}}$ характеристикасининг пасайган қисмини ўзига параллел ҳолда юқорига кўтаради. Бу схеманинг эквивалент қаршилиги қуйидагича ифодаланади:

$$R_0 = R_{\text{к}} + \frac{R_{\text{т}} \cdot R_{\text{ш}}}{R_{\text{т}} + R_{\text{ш}}} \quad (18)$$

Бу қаршилиқнинг R_0 иссиқликдан ўзгариши тўғри чиқиқли характеристикаси $R_0(T)$ га анча яқинлашади ва тўғри чиқиқлининг икки нуқтасини (А ҳам В нуқталарни) ифодалайди.

Характеристиканинг бу икки нуқтаси учун қуйидаги икки эквивалент қаршилиқ тенгласини ёзиш мумкин:



17-расм. Қаршилиқли термометрлар:

а— термисторнинг эквивалент схема-си; б— термисторлар (КМТ - Ю, КМТ - Юа, КМТ - 11 типдаги) характеристикаси; $R(T)$ термистор характеристикаси; $R_0(T)$ — тўғри чиқиқли характеристика, $R_0(\theta)$ — термисторнинг эквивалент характе-ристкиси.

$$R_A = R_k + \frac{R_{TA} \cdot R_{III}}{R_{TA} + R_{III}}; R_B = R_k + \frac{R_{TB} \cdot R_{III}}{R_{TB} + R_{III}}$$

Бу икки тенгламага асосан схемадаги резисторларнинг R_k ва R_{III} қийматларини топиш мумкин, R_A , R_B , R_{mA} ва R_{TB} эса 17-расмдаги характеристикалардан топилади.

Агар муҳит температураси кичик (тор) оралиқда ўзгарадиган бўлса, унга киритилган ярим ўтказгич қаршилигининг температурага боғлиқлигини қуйидаги формуладан ҳам топиш мумкин:

$$R = A e^{\frac{B}{T}} \text{ ёки } \ln R = \ln A + \frac{B}{T} \quad (19)$$

бу ерда A ва B —яримўтказгич материалнинг физик хусусиятига боғлиқ бўлган коэффициентлар; T —термоқаршилиқнинг абсолют температураси, A ва B коэффициентларни топиш учун термистор характеристикасининг T_1 ва T_2 температурасига мувофиқ икки тенглама тузилади:

$$\left. \begin{aligned} \ln R_1 &= \ln A + \frac{B}{T_1} \\ \ln R_2 &= \ln A + \frac{B}{T_2} \end{aligned} \right\}; \quad (20)$$

бу ерда R_1 , R_2 , T_1 ва T_2 термистор характеристикасидан аниқланади. A ва B коэффициентлар тенгламани ечиш йўли билан топилади.

Ярим ўтказгичли термоқаршилиқларнинг асосий камчиликлари қуйидагилардан иборат:

1. Термохарактеристика $R_T(T)$ нинг тўғри чизиқли эмаслиги.
2. Ўлчанадиган температура диапазонининг кичиклиги масалан, КМТ-Ю, КМТ-Ю, КМТ-И/И каби термисторлар 0 ... 120°С оралиқдагина температурани ўлчай олади. Бу типдаги термисторларнинг характеристикаси 17-расмда кўрсатилган $R(T)$ график.
3. Термисторлар характеристикаларининг эгри чизиқлилиги туфайли уларнинг термик коэффициентининг ўзгарувчанлиги.

Ярим ўтказгичли термисторлар кўпроқ термосигнализация ва автоматик химоя қурилмаларида қўлланилади.

Термоқаршилиқлар (мис, платина ва яримўтказгичлар) температура ўлчаш асбобларининг сезувчи элементи температура ўзгаришининг электр қаршилиги ўзгаришига айлантирувчи элемент сифатида хизмат қилади, холос. Қаршилиқ ўзгаришини ўлчаш ва уни температура ўзгаришига айлантириш учун термоқаршилиқ стабиллаштирилган кучланиш $U = \text{const}$ манбаига уланган бўлади ва занжирдаги ток миқдорининг ўзгаришини ўлчайдиган миллиамперметрлардан фойдаланилади. Бундай ўлчов асбобларининг шкаласи температура бўйича даражаланган бўлади. Бунинг учун амалда кўпинча мувозанатланадиган ва мувозанатланмайдиган кўприк схемаси, логометрлар ва автоматик электрон кўприк схемаларида фойдаланилади. Ана шундай термометрларнинг принципиал схемаси ва ишлаш принципи билан танишамиз.

V. Мувоzanатланадиган кўприк схемали термометр. Мувозанатланадиган кўприк схемали термометрнинг схемаси 18-расм, а да кўрсатилган. Схема ўзгармас ток манбаига уланади. Схеманинг *A* ва *B* нуқталарига уланган миллиамперметр *mA* кўприкнинг мувозанат ҳолатини кўрсатадиган баланс индикатор вазифасини бажаради. Кўприкнинг мувозанатланган ҳолатида индикатор кўрсатиши нолга тенг. Бу ҳолат қуйидаги тенгламалар билан ифодаланади:

$$\begin{aligned} I_1 R_1 &= I_2 R_2, \\ I_1 R_T &= I_2 R_3, \\ \frac{R_2}{R_T} &= \frac{R_3}{R_1}, \end{aligned} \quad (21)$$

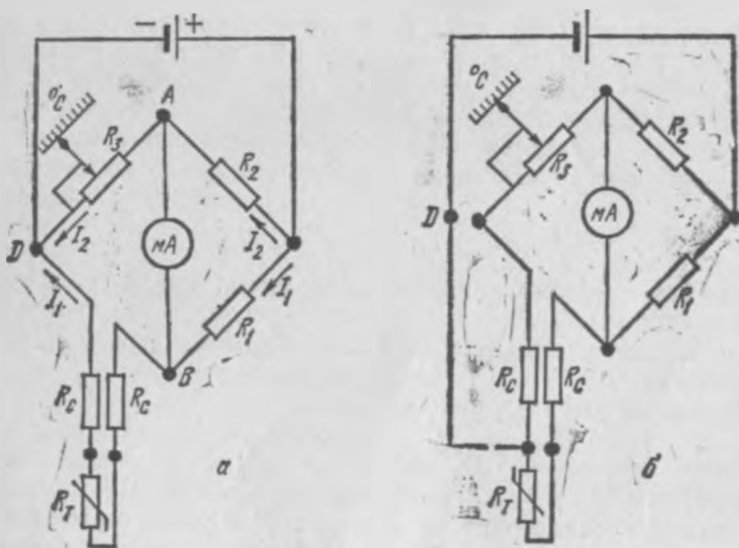
бунда R_1 ва R_2 қаршиликлар ўзгармас миқдорлардир.

Термометрик қаршилик R_T температураси ўлчанадиган муҳитга киритилганда унинг қиймати ўзгаради, кўприк схемадаги баланс бузилади.

Кўприкнинг мувозанат ҳолатини қайта тиклашга қаршилик R_3 нинг сурилувчи контактини суриб унинг қаршилигини ўзгартириш ва $\frac{R_2}{R_T} = \frac{R_3}{R_1}$ тенгликни тиклаш йўли билан эришилади.

Агар қаршилик R_3 нинг (реохорд) сурилувчи контактига стрелка ўрнатилиб, стрелка сурилишини цельсий шкаласи бўйича даражаланса, муҳит температурасини ўлчаш мумкин бўлади.

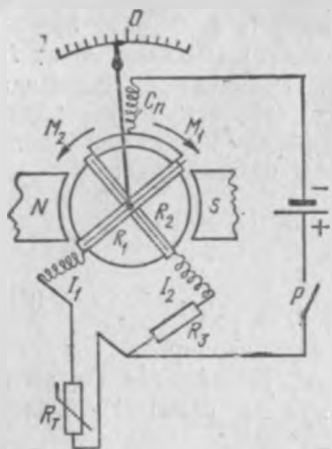
Схеманинг асосий камчилиги — термоқаршилик R_T билан кўприк схемасини ўзаро боғлайдиган электр симнинг қаршилиги R_c ни ҳисобга олинмаслиги сабабли ташқи температура ўзгаришининг ўлчов



18-расм. Мувозанатланадиган кўприк схемали термометр:

а — ташқи занжир қаршилиги (R_c) ҳисобга олинмаган схема.

б — ташқи занжир қаршилиги (R_c) ҳисобга олинган схема.



19-рasm. Термоқаршиликли логометр.

натижаларига анча хатолик киритишидир. Бу хатоликни бир мунча камайтириш имконини берадиган схема 18-рasm, б да кўрсатилган.

Схемага мувофиқ, манба занжирининг Д учини тўғридан-тўғри R_T га уланади. Натижада кўприк билан қаршилик R_T орасидаги симнинг бир томонининг қаршилиги R_c қаршилик R_s билан қўшилгди, иккинчи томонининг қаршилиги R_c қаршилик R_T га қўшилади. Бу ҳолда кўприк схемасини қуйидагича ёзиш мумкин.

$$\frac{R_s + R_c}{R_T + R_c} = \frac{R_s}{R_1} \quad (22)$$

Бу тенгламага мувофиқ, кўприк схемаси (18-рasm, б) билан термоқаршилик

R_T орасидаги ташқи муҳитдан ўтадиган занжир қаршилиги R_c кўприк схемасининг елкасида жойлашганлиги сабабли унинг ташқи муҳит температураси таъсирида ўзгариши, температурани R_T ёрдамида ўлчаш аниқлигига таъсир кўрсатмайди.

VI. Логометрлар. Температурани ўлчаш учун мўлжалланган логометрнинг принципиал схемаси 19-рasmда кўрсатилган. Ўзаро маълум бурчакда бир-бири билан механик боғланган ва ўз ўқи атрофида айланиш имконига эга бўлган сим ўрамларидан иборат икки рамка магнит қутблари N ва S орасига жойлаштирилган. Рамкалардан ўтадиган I_1 ва I_2 ўзгармас тоқларнинг йўналиши ҳам расмда кўрсатилган. Магнит майдонга киритилган тоқли ўтказгичлар (рамкалар) ҳаракати чап қўл қондасига мувофиқ аниқланади. Масалан, N қутбда турган рамка — R , чап томонга, S қутбда турган рамка R_1 унг томонга айланишга интилади. Уларда ўзаро қарама-қарши моментлар юзага келади:

$$M_1 = k_1 B_1 I_1; \quad M_2 = k_2 B_2 I_2, \quad (23)$$

Бу ерда k_1 ва k_2 рамкаларнинг геометрик ўлчамлари ва ўрамлар сонига боғлиқ бўлган коэффициентлар; B_1 , B_2 — рамкалар ўрами жойлашган жойдаги магнит индукциялари; I_1 , I_2 — рамкалардан ўтаётган тоқ кучи миқдори.

Агар рамкаларнинг қаршиликлари

$$R_1 = R_2 \text{ ва } R_3 = R_4$$

бўлса, $M_1 = M_2$ ва $I_1 = I_2$ бўлади.

Бу ҳолатда рамкалар ва унинг ўқиға ўрнатилган стрелка қутблар орасидаги магнит индукция йўналишига перпендикуляр жойлашади. Стрелка ўлчаш шкаласидаги нолини кўрсатиб туради.

Логометрнинг стрелкаси рубильник P узилган ҳолатда, яъни ўлчов олиб борилмаётганда ҳам нолини кўрсатиб туриши лозим. Ўлчаш вақ-

тида рамканинг бурилишига кўрсатиладиган қаршилиқни камайтириш мақсадида логометрнинг рамкалари (R_1 , R_2 ва бошқалар) манбага нозик спираль симлар C_n билан уланган бўлади.

Ўлчаниши керак бўлган муҳит температураси ўзгарса термоқаршилиқ R_T ҳам ўзгаради, рамкалардаги тоқлар энди тенг бўлмайди, моментлар тенглиги бузилади, натижада иккала рамка токи ва моменти кўп бўлган рамка томонга бурилади. Агар рамка R_1 нинг моменти M ни кўп десак, яъни $M_2 > M_1$ бўлса, рамкалар чап томонга бурилади. Бу бурилиш рамкалардаги моментлар тенглиги $M_1 = M_2$ пайдо бўлгунга қадар давом этади.

Термоқаршилиқ R_T нинг камайиши билан боғлиқ бўлган I_1 нинг ортиши натижасида ҳосил бўлган рамка R_1 нинг моменти $M_1 = k_1 I_1 B_1$ бошланғич пайтда $M_2 = k_2 I_2 B_2$ дан катта бўлади, рамка R_1 унга бурила бошлайди ва унга таъсир қиладиган индукция B_1 нинг камайиши туфайли M_1 камая боради. Бу вақтда иккинчи рамка R_2 га таъсир қиладиган индукция B_2 миқдори орта боради. Рамкаларнинг бурилиши маълум бурчакка борганда икки қарама-қарши момент тенглашади ва рамкалар бурилишдан тўхтайди.

Бунда $\kappa_1 B_1 I_1 = \kappa_2 B_2 I_2$ ёки $\frac{I_1}{I_2} = \frac{\kappa_2}{\kappa_1} \frac{B_2}{B_1} = \kappa \frac{B_2}{B_1}$ бўлади;

$$I_1 = \frac{U}{R_2 + R_1} \text{ ва } I_2 = \frac{U}{R_2 + R_3} \text{ ҳисобга олинганда}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_3 + R_2}{R_2 + R_1} = \kappa \frac{B_2}{B_1} \text{ бўлади.}$$

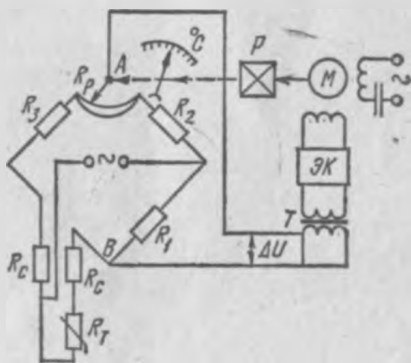
Рамкаларнинг бурилиш бурчаги φ тоқлар нисбати $\frac{I_1}{I_2}$ га мутаносиб бўлгани учун

$$\varphi = f\left(\frac{R_3 + R_2}{R_2 + R_1}\right) \quad (24)$$

га эга бўламиз. Бу ерда R_1 ; R_3 ; R_2 ўзгармас қаршилиқлар бўлгани учун рамкаларнинг бурилиш бурчаги термоқаршилиқ R_T нинг миқдори билан аниқланиши $\varphi = f(R_T)$ келиб чиқади.

Логометр рамкаларининг кўприк схемасига уланиши ташқи температура таъсирини компенсациялаш ва ўлчаш аниқлигини ошириш имконини беради.

Температурани ва, шунингдек бошқа технологик параметрларни ўлчаш учун қўлланиладиган бундай кўприк схемалардаги қаршилиқ R_2 ни юқори аниқликда тайёрлаш ва қўл билан мувозанат-



20-расм. Автоматик мувозанатланадиган кўприк схемали термометр

лаш процессининг қийинлиги схеманинг асосий камчилиги ҳисобланади.

VII. Автоматик мувозанатланадиган куприк схемали термометрнинг принципиал схемаси 20-расмда кўрсатилган. Бунда ўлчаниши керак бўлган муҳит температураси таъсирида термоқаршилиқ R_T нинг ўзгариши билан боғлиқ бўлган схеманинг мувозанат ҳолатини қайта тиклаш, куприкнинг R_s елкасидаги реохорд қаршилиги R_p ни автоматик равишда ўзгартирилиши натижасида вужудга келади. Бунинг учун электр юритма M редуктор P орқали реохорднинг сурилма контактини температура ўзгаришига мувофиқ суриб, R_p ни ошириб ёки камайтириб туради. Юритманинг бу ҳаракати, фақатгина куприк мувозанати бузилганда пайдо бўладиган, схеманинг АВ нуқталари орасидаги нобаланслик кучланиш ΔU амплитудаси ва фазасига боғлиқ бўлади.

Температура ўзгариши сабабли мувозанат ҳолати бузилса, пайдо бўладиган ΔU кучланиш трансформатор T ва электрон кучайтиргич ЭК орқали ўтиб реверсив юритма M ни ҳаракатлантиради. Реверсив юритма ўз навбатида реохорд контактини суриб, схемани мувозанат ҳолатига қайтариб туради. Сурилгич билан механик боғланган кўрсатувчи стрелка ёки ундаги ёзиб олувчи перо температура катталигини кўрсатиш ёки қоғоз лентага ёзиб олиш функцияларини бажариб туради.

Маълумки, нобаланслик занжиридаги кучланиш ва ундаги ток қиймати жуда кичик бўлгани сабабли электр юритмани ҳаракатлантира олмайди. Бунинг учун занжирдаги қувватни бир неча ўн марта кучайтириш керак. Шу сабабли схемада электрон сигнал кучайтиргич ЭК дан фойдаланилган.

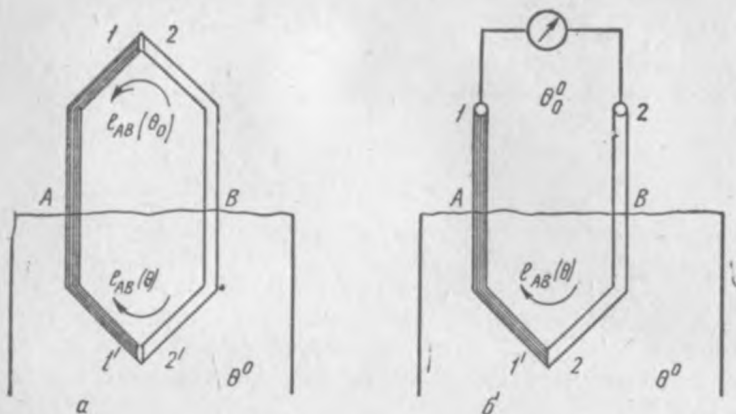
VIII. Термоэлектрик термометрлар. Термоэлектрик термометрларнинг ишлаш принципи термоэлектрик эффектдан фойдаланишга асосланади.

Агар электр ўтказгич симнинг бир учи юқори температурали θ муҳитга киритилса ва иккинчи учи ташқи муҳит температураси θ_0 да қолса, ўтказгич симнинг юқори температурали томонидаги электронлар ўз орбиталаридан чиқиб ўтказгичнинг совуқ томонига йиғилади. Ўтказгичнинг совуқ температурали θ_0 томони манфий, юқори температурали томони эса мусбат зарядланган бўлиб қолади. Натижада ўтказгичнинг икки учи орасида термоэлектр юритувчи куч — ТЭЮК вужудга келади. Бундай ТЭЮК миқдори симга таъсир қилувчи температура ўзгаришига мутаносиб бўлади.

Амалда муҳит температурасини ўлчаш учун икки электродли термоэлектрик сезгичлардан, термopapa деб аталадиган термоаппаратлардан ва уларда ҳосил бўладиган ТЭЮК ни ўлчайдиган милливольтметр ва потенциометрлардан иборат ўлчов асбобларидан фойдаланилади.

а) Термopapa. Атом тузилиши турлича бўлган икки электроддан иборат ёпиқ занжир (21-расм) *термopapa* деб аталади.

Термopapанинг температураси ўлчаниши керак бўлган муҳитга киритилган томонини пайвандланган иссиқ учи иссиқ уланма ва таш-



21- расм. Термопара.

қи муҳит температураси θ_0 да қоладиган томонини пайвандланган совуқ учи совуқ уланма деб аталади.

Агар $e_{AB}(\theta_0)$ ва $e_{AB}(\theta)$ ларни икки муҳит температураси таъсирида термопаранинг A ва B нуқталари орасида ҳосил бўладиган потенциаллар десак (21-расм а), ёпиқ занжирдаги умумий ТЭЮК ни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$E_{AB}(\theta, \theta_0) = e_{AB}(\theta) - e_{AB}(\theta_0). \quad (25)$$

Электродларнинг уланган жойларидаги потенциаллар муҳит температураси билан функционал боғланишда бўлгани учун

$$E_{AB}(\theta, \theta_0) = f_1(\theta) - f_2(\theta_0) \text{ бўлади.}$$

Ташқи муҳит температураси ўзгармас сақланса $\theta_0 = \text{const}$,

$$f_2(\theta_0) = a,$$

$$E_{AB}(\theta, \theta_0) = f_1(\theta) - a.$$

Ташқи муҳит температураси сунъий равишда нолга тенглаштирилса, $\theta_0 = 0$ (бунинг учун термопаранинг 1 ва 2- нуқталари 0°C ли муҳитга киритилади),

$$E_{AB}(\theta, \theta_0) = f_1(\theta)$$

бўлади.

Бундай термопара ёрдамида иссиқ муҳит температурасини ўлчаш учун унинг характеристикасини $E_{AB} = f(\theta)$ олиш, яъни 1°C га қанча милливольт ТЭЮК тўғри келишини аниқлаш етарли (21- расм, б). Муҳит температурасини ўлчаш учун ўлчов асбобини (милливольтметр) термопаранинг ташқи муҳитдаги 1 ва 2 нуқталари орасига уланади.

Ташқи муҳит температурасининг термопарага таъсирини камайтириш учун амалда термопара билан милливольтметр турадиган жойгача (θ ва θ_0) бўлган оралиқдаги ўтказгич термопара электродлари

симидан тайёрланган, термопаранинг 1 ва 2 нуқталари эса термопара каллагиди узаро яқин жойлаштирилган бўлади.

Лаборатория шароитида термопаранинг совуқ нуқталаридаги температура θ_0 стабиллаштирилган ёки нолга тенглаштирилган бўлиши керак. Стабиллаш учун термопаранинг θ_0 нуқталари термостатга киритилиб қўйилади. Нолга тенглаштириш учун эса θ_0 нуқталари мой ичида изоляцияланади ва бу мойли идиш музли сувга солиб қўйилади (23-расм). Термопаранинг ўлчаш хатолиги 1,5% дан ошмайди.

Термоэлектрод сифатида ишлатиладиган металллар жуда кўп, улардан амалда кенг қўлланиладиган турлари қуйидагилар: мусбат электрод сифатида — мис, темир, хромель, платинародий ва бошқалар. Манфий электрод сифатида — константан, копель, алюмель, платина ва бошқалар. Шу туфайли термопараларнинг турлари ҳам жуда кўп.

Амалда кенг қўлланиладиган стандарт термопаралардан (ГОСТ 661.6—61) баъзиларининг характеристикалари 2-жадвалда келтирилган.

2- ж а л в а д. Стандарт термопаралардан баъзиларининг характеристикалари /ГОСТ 661.6-61/

Термопара материали	Даража- ланиши		Ўлчаш диапазони		ТЭЮК $\theta = 0.100^\circ \text{C}$ мВ
	типининг белгиси	Белгиси	узоқ муддат ишлаганда	қисқа муддат ишлаганда	
Платина — платинародий	ТПП	ПП—1	1300	1600	0,643
Платинародий (30% Rh)					
(6% Rh) платинародий	ТПР	ПР	1600	1800	—
Хромель—алюмель	ТХА	ХА	1000	1300	4,10
Хромель—копель	ТХК	ХК	600	800	6,95

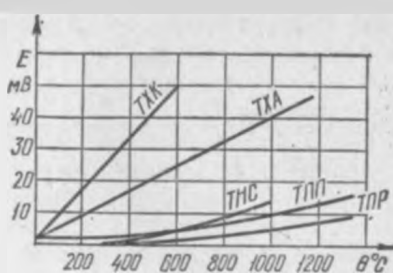
ТПП типидagi термопаралар нейтрал ва оксидловчи муҳитларда ишончли ишлайди, лекин металл оксидлари яқинида тез ишдан чиқади. Платинага металл буғлари ва углерод оксиди ёмон таъсир қилади. Шу сабабларга кўра термопара температураси ўлчанадиган муҳит таъсиридан пухта изоляцияланиши талаб қилинади. Бундай термопара 1600°C гача температурани ўлчаш учун қўлланилади.

ТПР типидagi термопаралар 1800°C гача температурани ўлчаш учун қўлланилади.

ТПР ва ТПП типидagi термопаралар диаметри 0,5 ёки 1 мм бўлган симлардан тайёрланади. Термоэлектродлари бир-биридан чинни трубкалар билан изоляцияланган бўлади.

ТХА типидagi термопаралар 1300°C гача температурани ўлчаш учун қўлланилади, оксидланиш ва коррозияга чидамли, узоқ муддат

якши ишлайди. Характистикаси тўғри чизиқли (22-расм) бўлгани учун шкаласи бир текис бўлади. ТНС типдаги термопаралар $200^{\circ}\text{C} \dots 1000^{\circ}\text{C}$ гача температура-ни ўлчаш учун қўлланилади. Бошланғич ўлчаш температураси 200°C дан юқори бўлгани учун бу термопара қўлланилганда совуқ улан-ма томони температурасининг (таш-қи муҳит) таъсирини компенсация-лаш учун тузатишлар киритил-майди.



22-расм. Стандарт термопараларнинг характистикалари.

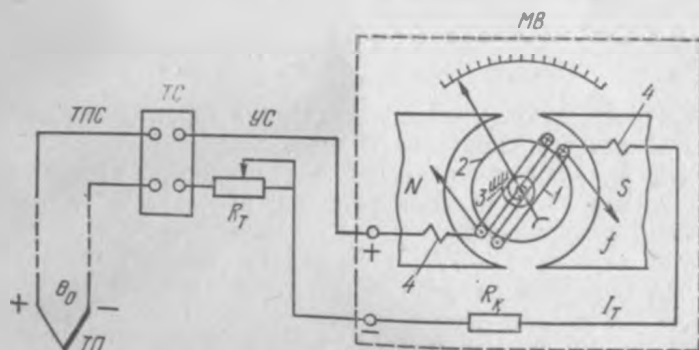
ТХК типдаги термопара бошқа стандарт термопараларга қара-ганда анча катта ТЭЮК ҳосил қила олади (22-расм) ва 800°C гача температурани ўлчаш учун қўлланилади. ТХА, ТНС, ТХК типдаги термопаралар диаметри $0,7 \dots 3,2$ мм бўлган симлардан тайёрланади. Манфий ва мусбат термоэлектродлар бир-биридан керамик трубкалар ёрдамида изоляцияланади.

Саноатда ишлаб чиқарилаётган ҳамма техник термопараларнинг термоэлектродлари металл гильза ичига жойлаштирилади ва бу ҳол уларни бузилиш ва шикастланишдан сақлайди.

Термопараларнинг асосий камчилиги сифатида уларнинг инер-ционлигининг катталигини кўрсатиш мумкин ($1,5$ минутдан ҳам ошади).

Термопаралардан олинadиган ТЭЮК ни ўлчаш учун милливольт метрлар, қўл билан балансланадиган потенциометрлар ва автоматик балансланадиган потенциометрик схемалар қўлланилади.

б) Милливольтметрлар. Термопарадан чиқувчи сигнал — ТЭЮКни ўлчаш учун $0,5$ аниқликка эга бўлган магнитоэлектрик системали милливольтметрлар қўлланилади. 23-расмда бундай милливольт-метрнинг тузилиши кўрсатилган. Унинг ишлаш принципи токли ўтказгич билан магнит майдоннинг ўзаро таъсирига асосланган.



23-расм. Термоэлектрик термометрнинг схемаси:

ТП — термопара; МВ — милливольтметр; ТПС — термопара симллари; ТС — термостат; УС — улаш симллари; R_t — теглаштирувчи қаршиллик; R_k — қўшимча қаршиллик; I_t — рамака симллари қаршиллиги

Цилиндр шаклидаги темир ўзакка ўрнатилган, ўрамлар сони W бўлган симли рамка l ўз ўқи атрофида эркин айлана олади. Бунинг учун рамка симининг учлари ташқи занжирга енгил спираллар 4 орқали уланади.

Рамка бир томонининг актив узунлиги l бўлгани учун ундан термopapa токи I ўтганда ҳосил бўладиган электромагнит куч

$$f = BIl \quad (27)$$

билан ифодаланади. Рамканинг икки томони ва ўрамлар сони w ҳисобга олинганда

$$F = BIlw$$

Рамкани айлантирувчи электромагнит момент формуласи

$$M = FR = 2lRWBI = k'BI,$$

бу ерда, R — рамканинг ўз ўқиға нисбатан радиуси; B — темир ўзаклар орасидаги ҳаво оралиғидаги магнит индукция; $k' = 2lRW$ — рамканинг ўрамлар сони, геометрик ўлчамларига боғлиқ бўлган ўзгармас коэффициент.

Агар темир ўзаклар оралиғидаги магнит индукция бир текис тарқалган деб фараз қилинса, рамкани айлантирувчи момент ундан ўтадиган токка мутаносиб бўлиб қолади, $M = kl$.

Айлантирувчи моментга қарши қўйилган пружина 3 нинг эластиклик momenti

$$M_{np} = k_{np} \varphi;$$

бунда φ — стрелка (рамка) нинг буралиш бурчаги.

Моментлар мувозанатда бўлганда

$$M = M_{np},$$

$$kl = K_{np} \varphi.$$

Милливольтметр стрелкаси бурилиш бурчагининг термopapa токига боғлиқлиги қуйидагича ифодаланади;

$$\varphi = \frac{k}{k_{np}} \cdot I = CI.$$

Бундан хулоса шуки, милливольтметрнинг характеристикаси тўғри чизиқли, шкаласи эса бир текис бўлади.

Милливольтметрлар кўчма кўрсатувчи, стационар кўрсатувчи, ёзиб олувчи ва электрон рoстлaш қурилмaли кўрсатувчи модификацияларида ишлаб чиқарилади.

23-расмда термopapa — ТП, термopapaга тегишли термоэлектрод симлар ТПС, термостат симлари — ТС, уловчи симлар УС ва милливольтметр — МВ лардан иборат термоэлектрик термометрнинг схемаси келтирилган. Бу схемаға мувофиқ милливольтметрнинг кўрсатиши қуйидагича ифодаланади;

$$\varphi = C \frac{E(\theta, \theta_0)}{R_{y_{TK}} + R_{TP} + R_M},$$

бунда $R_{\text{гтк}}$ — ўтказгич симлар қаршилиги; $R_{\text{тм}}$ — термopapa электродларининг қаршилиги; $R_{\text{м}}$ — милливольтметрлар рамкасининг актив қаршилиги.

$R_{\text{тм}}$ ва $R_{\text{м}}$ ларнинг ўзгариши фақат температура ўзгаришига боғлиқ. Ўтказгич симларнинг қаршиликлари $R_{\text{гтк}} = R_{\text{тпо}} + R_{\text{тс}} + R_{\text{yc}}$ температура ўзгаришига ҳамда бу симлар узунлигининг ўзгаришига боғлиқ.

Ўлчаш натижаларининг тўғри бўлишига эришиш учун ўлчаш процесси давомида милливольтметрни шкаласи даражаланган вақтидаги шароитга мослаш зарур. Бунинг учун: 1) ўлчаш вақтидаги ташқи муҳит температураси милливольтметрни шкаласи даражаланган температура $+20^{\circ}\text{C}$ га тенг ёки жуда яқин бўлишини таъминлаш; 2) ташқи занжир қаршилиги $R_{\text{тзқ}} = R_{\text{т}} + R_{\text{гмк}}$ ни милливольтметрнинг ҳисобланган даражалаш қаршилигига тенг ёки жуда яқин бўлишини таъминлаш керак. Милливольтметрнинг шкаласи даражаланган вақтидаги қаршилиги унинг шкаласида кўрсатилган бўлади. Бу қаршилик қуйидаги қийматларга эга 0,6; 1,6; 5; 15; 25 Ом.

Ташқи қаршиликни милливольтметр шкаласида кўрсатилган қаршиликка тенглаштириш учун ўзгарувчи қаршилик $R_{\text{т}}$ дан фойдаланилади.

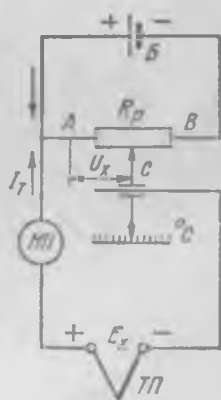
в) Потенциометрлар. Потенциометрлар ёрдамида ўлчаш компенсацион (мувозанатлаштириладиган — нолга келтириладиган) принципга асосланади. Ўлчаниши керак бўлган ЭЮК (ёки кучланиш) ўзига тенг ва қарама-қарши белгига эга бўлган кучланиш билан мувозанатлаштирилади. Бундай мувозанатланувчи ёки компенсацион системалар ЭЮК, кучланиш, ток кучига мансуб бўлмаган миқдорларни ўлчаш ва ўзгартириш учун қўлланилади. Температуранинг ёки ТЭЮКни ўлчаш учун қўлланиладиган потенциометрнинг принципиал схемаси 24-расмда кўрсатилган.

Потенциометр ўзгармас ток манбаига (батарея B га) уланган қаршилик реохорд AB дан ва унга қарама-қарши йўналишда уланган термopapa $ТП$ нинг ЭЮК — E_x дан иборат. Термopapанинг бир қутбини сурилгич C ёрдамида реохордга ва иккинчи қутби сезгир гальванометр (нолли прибор $НП$) орқали потенциометрнинг A нуқтасига уланади.

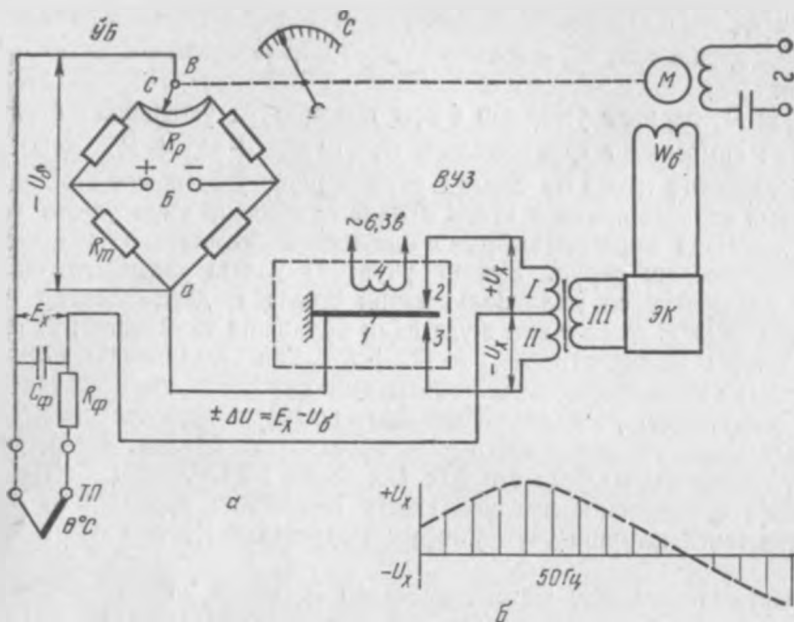
Агар реохорд орқали манба токи ($I = \text{const}$) ўтса ва унинг AC нуқталари орасида $U_x = I R_{\text{AC}}$ кучланиш ҳосил бўлса, термopapанинг токи қуйидагича ифодаланади:

$$I_{\text{т}} = \frac{E_x - U_x}{R_{\text{AC}} + R_{\text{тм}} + R_{\text{г}}}$$

бу ерда E_x — термopapанинг электр юритувчи кучи; R_{AC} — реохорднинг қаршилги; $R_{\text{тм}}$ — термopapанинг қаршилиги; $R_{\text{г}}$ — гальванометрнинг қаршилиги.



24-расм. Қўл билан мувозанатлаштириладиган потенциометр схемаси.



25- расм. Автоматик мувозанатлашадиган потенциометр:
 а — потенциометрнинг принципаиал схемаси, б — виброузгарткич характеристикаси.

Потенциометрнинг сурилувчи контакти C ни суриш йули билан мувозанатга эришилганда

$$E_x = U_x = I R_{AC}, \quad I_T = 0$$

бўлади. Манбанинг ток кучи $I = \text{const}$ бўлгани учун

$$E_x = U_x = k R_{AC}$$

Реохорд узунлиги AB цельсий температура шкаласи ($^{\circ}C$) бўйича даражаланганда, унинг C нуқтасидаги стрелка муҳит температура-сини кўрсатади.

Ўлчаш аниқлиги юқори бўлиши учун реохорднинг қаршилиги бир текис ва ўзгармас бўлиши ва ундан ўтадиган манба токи I ҳам ўзгармас бўлиши талаб қилинади.

Схеманинг асосий камчилиги шундаки, ўлчаш аниқлиги юқори бўлиши учун қўл билан мувозанатлашда анча вақт талаб қилинади. Бу камчилик бўлмаслиги учун автоматик мувозанатланадиган потен-циометр ёки кўприк схемаларидан фойдаланилади.

Автоматик мувозанатланадиган потенциометрнинг принципаиал схе-маси 25- расм, а да кўрсатилган. У ўлчов блоки $ЎБ$ виброузгарткич — $ВУЗ$, электрон кучайтиргич $ЭК$ ва мувозанатловчи юритма $М$ блоклари-дан тузилган.

Ўлчов блоки кўприк схемали потенциометрлардан иборат бўлиб унинг $ав$ диагонаliga ташқи мис ўтказгичлар орқали термометра $ТП$, иккинчи диагонаliga эса стабиллаштирилган кучланиш манбаи $Б$ уланган. Кўприкдаги қаршилик R_T мис симдан ясалган бўлиб у термо-

паранинг ташқи мис утказишларига ички жонлаштирилган ва улар билан бир хил ташқи температура таъсирида бўлади. Кўприкнинг қолган уч елкасидаги қаршиликлар манганиндан ясалган. Кўприк диагонали ae га таъсир қилувчи ички R_T ва ташқи занжир $ТП$ ни уловчи занжирлар қаршиликларининг ўзгариши тенг бўлганлиги сабабли кўприк мувозанати бузилмайди. $ТП$ ташқи занжир қаршилигининг ўзгариши компенсациялашган бўлади ва у ўлчаш натижаларига таъсир кўрсатмайди.

Кўприкни балансловчи кучланиш U_6 билан ТЭЮК E_x ўзаро қарама-қарши йўналишда бўлганлиги ва E_x нинг ўзгариб туриши сабабли, ўлчаш блокидан чиқадиган балансни бузувчи ΔU кучланиш E_x билан U_6 нинг айирмасига тенг бўлади:

$$\pm \Delta U = E_x - U_6 \quad (32)$$

Бу миқдор ўлчов системасида баланс бузилганини кўрсатади. Бунга сабаб муҳит температураси ва ТЭЮК E_x нинг ўзгариши бўлади. Бу ўзгаришни мувозанат ҳолга ($E_x - U_6 = 0$) келтириш учун U_6 ўзгартирилади. Бу вазифани балансловчи юриткич M бажаради. У реохорд қаршилиги R_p ни ва шу билан бирга балансловчи кучланиш U_6 ни ўзгартириб, кўприкни мувозанатлайди:

$$\pm \Delta U_{нб} = E_x - U_6 = 0$$

Нобаланслик сигнали $\pm \Delta U_{нб}$ жуда кичик миқдор бўлгани учун мувозанатловчи юриткич M ни ишга тушира олмайди. Бундан ташқари, бу сигнал амплитудаси муҳит температурасининг ўзгаришига мувофиқ жуда секин ўзгаради. Бундай сигнални кучайтириш учун ўзгармас ток кучайтиргичларидан фойдаланиб бўлмайди. Чунки сигнал ноль миқдорининг ноаниқлиги туфайли унинг ўзгариши (ноль дрейфи) натижасида кучайтиргичга кирувчи сигнал миқдори ўзгармаса ҳам ундан чиқувчи сигнал миқдори ўзгариб кетиши мумкин. Шу сабабдан ўлчов блоки $УБ$ дан чиқувчи сигнал вибро ўзгарткич ВУз ёрдамида 50 Гц частотали ўзгарувчи сигналга айлантирилади (25-расм, б).

Бунинг учун виброўзгарткичнинг якори 1 ғалтак 4 ҳосил қилган электромагнит майдонда 50 Гц частота билан титраб туради. Натижада нобаланслик сигналининг мусбат фазаси $+U_x$ контакт 2 орқали трансформатор I' ўраидан ўтади, манфий фазаси $-U_x$ эса контакт 3 орқали трансформаторнинг II ўраидан ўтади. Электрон кучайтиргичдан ўтган бу 50 Гц частота билан ўзгарувчи сигнал мувозанатловчи юриткични бошқарувчи электромагнит ўрамига таъсир қилади ва уни $\pm \Delta U$ га мувофиқ ишга туширади ҳамда шу билан бирга реохорд сурилгичини суриб E_x билан U_6 ни донм тенглаштириб туради.

2- §. Босимни ўлчаш ва ўлчов асбоблари

Текис сиртга нормал таъсир кўрсатувчи равон тақсимланган куч босим деб аталади:

$$P = \frac{F}{S}$$

бунда S — текислик юзи; F — шу текислик юзига бир хил ва тинч таъсир қиладиган босим кучи.

Босим халқаро бирликлар системасида паскаль (Па) билан ўлчанади. 1 Па — кучга перпендикуляр бўлган 1 м² юзага текис тақсимланган 1 Н куч ҳосил қилган босимга тенг.

Амалда босимни ўлчайдиган асбоблар шкаласи кг/м², атм, мм сув уст., мм симоб уст., бар., Н/см² билан даражаланган бўлади. Бундай ўлчов асбобларидан тўғри фойдаланиш учун, уларнинг ўлчов бирликлари орасидаги боғлиқликни бошқа бирликларга ўтказиш коэффициентларини билиш зарур (3-жадвал).

3-жадвал

Халқаро бирликлар системасида СИ	1 ПА=1Н/м ²
Техник атмосфера Физик атмосфера мм симоб устуни мм сув устуни	$1 \text{ атм} = \frac{1 \text{ кг(куч)}}{\text{см}^2} = 98066,5 \text{ Па}$ $1 \text{ бар} = 10^5 \text{ Па}$ $1 \text{ мм сим уст.} = 133,322 \text{ Па}$ $1 \text{ мм сув уст.} = 9,80665 \text{ Па}$

Газ ва суюқ моддаларнинг идиш деворларига кўрсатадиган босими абсолют босим деб юритилади. Абсолют босим $P_{\text{абс}}$ ташқи атмосфера босими $P_{\text{атм}}$ билан доим бирга мавжуд бўлади. Технологик процесс давомида бу иккала босим ҳам ўзгариб туриши мумкин.

Агар $P_{\text{абс}} > P_{\text{атм}}$ бўлса, унда идиш деворларини итарувчи ортиқча босим $+\Delta P_{\text{орт}}$ ҳосил бўлади:

$$+\Delta P_{\text{орт}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}}$$

$P_{\text{абс}} < P_{\text{атм}}$ бўлганда эса ички босим камайиши (вакуумли) — $\Delta P_{\text{кам}} = P_{\text{абс}} - P_{\text{орт}}$ вужудга келади. Бу ҳолда идиш деворлари ичкарига тортिलाди. Агар идиш резинасимон эластик моддадан тайёрланган бўлса, унинг ҳажми қисқаради. Сезгичлар ва ўлчов асбоблари тайёрлашда босимнинг бу хусусиятларидан кенг фойдаланилади.

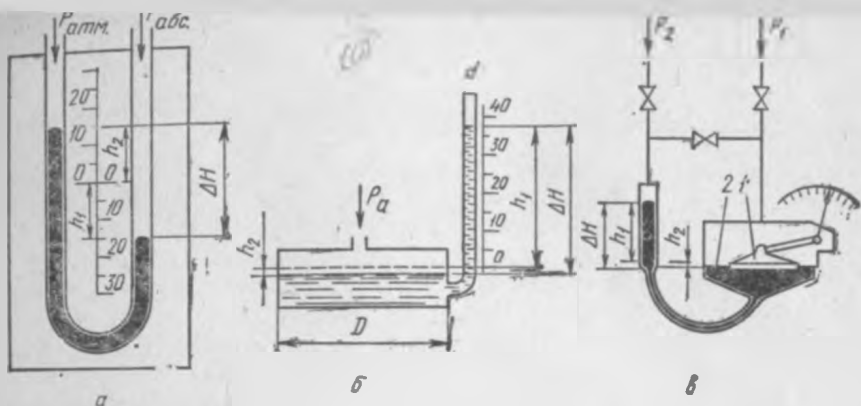
Ўлчанадиган миқдорнинг физик хусусиятларига қараб босимни ўлчаш асбоблари қуйидаги турларга бўлинади:

- барометр — атмосфера босимини ўлчайди;
- манометр — абсолют ва ортиқча босимни ўлчайди;
- вакуумметр — берк идиш ичидаги газ ва суюқлик босимининг камайиши (сийракланиши) ни ўлчайди;
- мановакуумметр — ўрта ёки юқори ортиқча босим ва босим камайишини ўлчайди;

д) напорометр унча катта бўлмаган ҳажмда ҳосил бўладиган ортиқча (500 мм сув уст. дан катта бўлмаган) босимни ўлчайди.

е) дифманометрлар — босим ўзгаришини ўлчайди.

Босимни ўлчайдиган асбоблар ўзларининг конструкцияси ва ишлаш принципларига кўра суюқликли, пружинали, поршенли, электрик ва радиоактив турларга бўлинади.



26- расм. Суюқликли манометрлар:

а — U симон трубкали манометр; б — бир трубкали манометр, в — қалқовичли дифманометр
1 — қалқович; 2 — симон.

1. Суюқликли манометрлар: Суюқликли манометрлар тузитуши жиҳатдан жуда содда, арзон ва ўлчаш аниқлиги юқори бўлганлиги туфайли саноатда ва лаборатория шароитларида кенг қўлланилади. Бу манометрлар U-симон трубкали, филдираксимон трубкали, қалқовичли ва бошқа кўринишларда тайёрланади, уларда иш суюқлиги сифатида сув, симон, спирт ёки трансформатор мойи ишлатилади.

Трубкали манометрнинг энг содда тури 26-расмда кўрсатилган.

Маълумки, ишлаб чиқариш процессларида ҳар доим икки хил босим билан иш кўрилади: 1) атмосфера босими $P_{атм}$ бизга боғлиқ бўлмаган табиий босим; 2) сунъий ҳосил қилинадиган босим. Бу босим техникада абсолют босим $P_{абс}$ деб юритилади.

U симон икки трубкали манометрнинг (26-расм, а) иккала трубкаси ҳам атмосфера босими $P_{атм}$ таъсирида бўлса, трубкалардаги суюқлик (симон) бир хил нолинчи даража баландлигида бўлади. Агар трубканинг бир томонига абсолют босим қўйилса, трубкалардаги суюқлик баландликлари ўзгаради. Бунда умуман уч ҳолатни кўриш мумкин;

1. $P_{абс} = P_{атм}$ бўлса, $\Delta P = P_{абс} - P_{атм} = 0$ бўлади.

Ортиқча босим ΔP бўлмайди, манометр нолинчи босим даражасини кўрсатади.

2. $P_{абс} > P_{атм}$ бўлганда, $\Delta P = P_{абс} - P_{атм}$, трубкалардаги суюқлик ортиқча босим ΔP таъсирида бўлади. $P_{абс}$ — трубкасидаги суюқлик сатҳи нолдан пастга, $P_{атм}$ трубкасидаги эса нолдан юқорига кўтарилади. Трубкалардаги суюқликнинг (симон устунининг) умумий силжиши ΔH (мм) бўлиб, бундай силжишга сабаб бўладиган ортиқча босим миқдори қуйидаги формула бўйича ҳисоблаб топилади:

$$\Delta P = \gamma \Delta H = \frac{P}{g} \cdot \Delta H$$

Бу ерда ΔP — ўлчанидиган ортиқча босим Па; γ — суюқликнинг соғлиштирма оғирлиги $H/м^3$; $\Delta H = h_1 + h_2$ — трубкалардаги суюқликнинг

умумий силжиши (мм); ρ — иш суюқлигининг зичлиги; g — эркин тушиш тезланиши ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

3. $P_{\text{абс}} < P_{\text{атм}}$ бўлганда — $\Delta P = P_{\text{абс}} - P_{\text{атм}}$.

Бу ҳолда трубкалардаги суюқлик силжиши манфий босим таъсирида бўлади.

У симон трубкали манометрларнинг ўлчаш хатолиги 2 мм атрофида бўлади. Ўлчаш вақтида шишадаги суюқликнинг трубкалараро бирдан иккинчисига ўтиб тебраниб туриши бу манометрларнинг асосий камчилиги ҳисобланади. Бир трубкали манометрда (26- расм, б, в) иш суюқлигининг тебраниши бўлмайди. Бунга катта диаметрли идишдаги сув массасининг кичик диаметрли ўлчов трубкасидаги сув массасига нисбатан бир неча ўн марта катта эканлиги сабаб бўлади: ўлчаш осонлашади, ўлчаш хатолиги эса 0,5 мм дан ошмайди.

Бир трубкали манометрларда катта суюқлик идишининг диаметри D билан ўлчаш трубкасининг диаметри d орасидаги муносабат қуйидаги формула бўйича аниқланади:

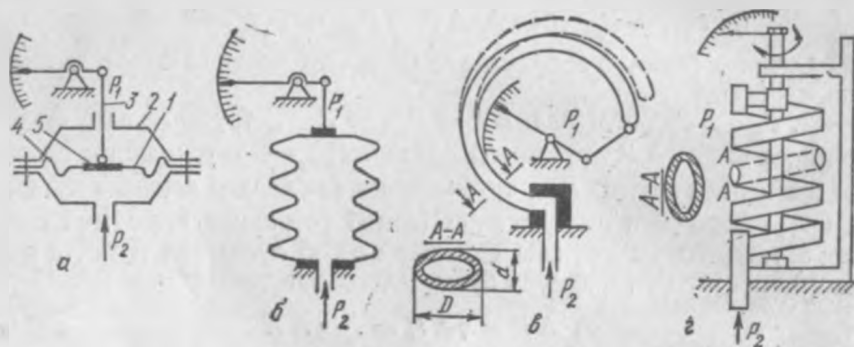
$$d = D \sqrt{\frac{h_2}{h_1}} = D \sqrt{\frac{h_2}{h - h_2}} \quad (35)$$

бу ерда $h = h_1 + h_2 = \Delta h$
идишлар цилиндрик бўлгани учун

$$h_2 \frac{\pi D^2}{4} = h_1 \frac{\pi d^2}{4} \quad \text{ёки} \quad h_1 = h_2 \frac{D^2}{d^2};$$

бундан симоб устунининг умумий силжиши топилади: $\Delta H = h = \left(1 - \frac{D^2}{d^2}\right)$. Агар h_1 , h_2 ва D берилган бўлса, ўлчов трубкасининг диаметрини (35) формула бўйича ҳисоблаш мумкин.

II. Пружинали манометрлар. Пружинали асбоблар — мембрана, сильфон, бир ўрамали (Бурдон трубкаси), кўп ўрамали геликоидал ёки спиралсимон ва бошқа трубкаларда (27- расм) босим ўлчаш, уларнинг эластиклик кучи билан ўлчаниши керак бўлган босим кучини ўзаро солиштиришга (таққослашга) асосланади. Эластик элементда



27- расм. Пружинали босим ўлчаш асбоблари:

а — мембранали ўлчаш асбоблари; б — сильфонли ўлчаш асбоби; в — Бурдон трубкаси; г — кўп ўрамали (ичи ковак) пружинадан ясалган (геликоидал) ўлчаш асбоби.

босим кучи таъсирида вужудга келадиган деформация натижасида ўлчов асбобининг стрелкаси тўғри чизиқли ёки бурчакли шкала бўйича сурилиб босим миқдори P ни кўрсатади,

Пружинали асбобларнинг ўлчов аниқлиги юқори бўлиши учун улардаги эластик элементларнинг эластиклик модули ва термик кенгайиш коэффициентлари кам бўлган материаллардан тайёрланган бўлиши ва улардаги гистерезис ва қолдиқ эластиклик ҳодисалари бўлмаслиги талаб қилинади.

Мембранали асбоблар ортиқча босим, вакуум, сиқилиш, тортилиш ва шу кабиларни ўлчаш учун кенг қўлланилади. 27- расм, а да ортиқча босимни ўлчайдиган асбоб схемаси кўрсатилган. Бу асбоб босим ўзгаришини сезувчи элемент — мембрана 1, мембрана қобиғи 2 ва ўлчов асбобининг штоки 3 дан иборат бўлиб, агар P_2 босим P_1 дан катта бўлса, мембрана юқорига кўтарилади ва шу билан бирга шток 3 ҳам юқорига сурилиб, ўлчов асбоби стрелкасини шкала бўйича суради ҳамда ортиқча босим миқдори

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

ни кўрсатади.

Мембрананинг эгилиш эластиклиги унинг геометрик ўлчамларига (диаметри, қалинлиги, гофрларининг ўлчамлари ва шаклига) ҳамда унга таъсир қиладиган босимга боғлиқ бўлган мураккаб функция ҳисобланади. Мембранадаги гофрлар 4 унинг қаттиқлиги (бикрлиги) ни оширади ва характеристикасининг тўғри чизиқли бўлишини таъминлайди.

Мембрананинг қаттиқлигини ошириш учун унинг ўрта қисмига қаттиқ материалдан ясалган диск ёпиштирилади. Мембрана бериллий ёки фосфорли бронзадан тайёрланади, унинг қалинлиги ўлчанадиган босим миқдорига боғлиқ равишда 0,02 ... 1 мм бўлиши мумкин. Бундай манометрлар унча катта бўлмаган 15680 Н/м² босимни ўлчаш учун қўлланилади.

Эластик трубкадан ясалган кўп ўрамли (геликондал) босим ўлчайдиган асбоб ишлаш принципи жиҳатдан бир ўрамали трубка (бурдон трубкаси) дан ясалган асбобдан фарқ қилмайди (27- расм, в). Ўрамлар сони кўплиги (6 — 9 ўрамгача) ва цилиндрик шаклда бўлиши билан у бошқа босим ўлчов асбобларидан фарқ қиладди. Ўрамлар сонининг кўплиги ва цилиндрик шаклда кетма-кет уланганлиги сабабли бу асбобнинг кўрсатув стрелкасининг бурилиш бурчаги бир ўрамли асбоб стрелкасининг бурилиш моменти ва бурчагидан анча катта бўлади. Шу сабабли геликондал тузилишга эга бўлган босим ўлчаш асбоблари кўпинча ёзиб оладиган қилиб тайёрланади.

Юқорида айтиб ўтилган босим ўлчаш асбобларидан бошқа яна электрик, пьезоэлектрик, электрон ва бошқа бир неча турдаги манометрлар мавжуд. Бу манометрларни тайёрлашда электрон, ион ва радиоактив ўлчов асбобларидан фойдаланилади. Пьезоэлектрик эффект, актив қаршилиқнинг босимга боғлиқлиги, металллардаги магнитострикция ҳодисаси, газлардаги иссиқлик ўтказувчанликнинг босимга боғлиқлиги, электрон лампалардаги ионизацион эффектлар бундай босим ўлчов асбобларининг асосини ташкил қиладди.

Электрик босим ўлчов асбоблари юқори тезликда ўтадиган процесс параметрларини юқори аниқликларда ўлчай олади.

Сильфонли манометрлар (27- расм, б) гофрланган эластик фосфорли бронзадан тайёрланган цилиндрдан иборат бўлиб, ортиқча босимни ёки вакуумни ўлчаш учун қўлланилади. Бу манометрлар бир неча ўн атмосфера таркибидаги босимларни ўлчашга мўлжалланган.

Бир ўрамли Бурдон трубкасидан ясалган асбоблар (27- расм, в) энг кўп тарқалган манометрлар, вакуумметрлар ва дифманометрларни тайёрлашда қўлланилади. Бу ўлчов асбобларининг ишлаш принципи турбкага босим берилганда ўрамининг ёйилиши ва унда вакуум ҳосил қилинганда ўрамининг сиқилишига асосланади. Трубка ўрамининг ёйилиши ва сиқилишининг эффектли бўлишини таъминлаш учун трубканинг кўндаланг кесими (А—А бўйича) эллипссимон қилиб тайёрланади. Шу сабабли трубкада босим ортан сари эллипснинг кичик диаметри d катталашади. Натижада эластик ўрам ёйилиб (пунктир билан кўрсатилган) стрелка ричагини юқорига суради, трубкада босим камайганда (вакуум ҳосил бўлганда) эса аксинча, эластик ўрам сиқилади, стрелка ричаги пастга сурилади. Стрелканинг сурилиши шкала бўйича босим ўзгаришини кўрсатиб туради.

Пружинали манометрларнинг кўрсатувчи стрелкадан ташқари контрол қилувчи стрелкали ва электр контактли турлари ҳам ишлаб чиқарилади.

3- §. Модда миқдорини ва сарфини ўлчаш ва ўлчов асбоблари

Ишлаб чиқаришда хом ашё ва энергия сарфини тўғри нормалаш ва уларнинг амалга оширилишини доимо контрол қилиб туриш ишлаб чиқаришнинг самарадорлигини оширадиган асосий йўллاردан бири ҳисобланади. Шу туфайли ишлаб чиқариш объектларида (иш агрегати, технологик оқим линиялари, цех ва заводда) ишлаб чиқариш процессларининг тўғри бошқарилишини таъминлаш учун хом ашё (суюқлик ва газсимон моддалар, кислород, сув, буғ, химиявий реакциялар компонентлари ва бошқалар) миқдорини узлуксиз ўлчаб, уларнинг сарфини ҳисоблаб туриш ва шунингдек ишлаб чиқариш маҳсулотлари миқдорини ҳам ўлчаб контрол қилиб туриш ишлари тўғри йўлга қўйилган бўлиши керак.

Модда сарфини ўлчаш ва миқдорини ҳисоблаш методлари: кўп ва хилма-хилдир. Уларни биринчи навбатда объектнинг турларига қараб характерлаш мумкин: 1) труба орқали ўтадиган суюқлик ва газсимон моддалар миқдорини ўлчаш методлари; 2) сочилувчан моддалар (пахта ва чигит) сарфини ўлчаш методлари; 3) саналадиган қаттиқ jismlar ва нарсаларни ҳисоблаш методлари.

Труба орқали ўтадиган суюқлик ва газсимон моддаларни ўлчаш ва ҳисоблаш икки хил техник қурилма ёрдамида бажарилади: 1) сарф ўлчагичлар — вақт бирлиги ичида трубадан ўтадиган модда ҳажмининг ёки массасини ўлчайди, ўлчов бирлиги ҳажм бўйича — m^3 ; масса бўйича — $кг/с$; 2) счётичлар — вақт ($t_1 — t_2$) оралиғида ўтаётган туқима материалларининг узунлигини, модданинг ҳажми ёки массасини ўлчайди.

Ишлаб чиқаришда сарф ўлчагичларнинг қуйидаги турларидан фойдаланилади:

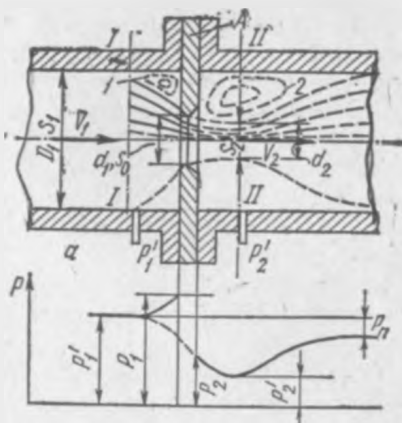
1. Босим фарқлари ўзгарувчан сарф ўлчагичлар;

2. Босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар;

3. Ўзгарувчан сатҳли сарф ўлчагичлар;

4. Индукцион сарф ўлчагичлар.

/// 1. Суюқлик ва газсимон моддалар сарфини босим фарқлари ўзгарувчан сарф ўлчагичлар билан ўлчаш кўп тарқалган ва ўрганилган усул ҳисобланади. Сарфни бундай усул билан ўлчашда суюқлик ёки газ ўтаётган трубада кичик диаметрли тўсиқ — диафрагма ёки сопо ўрнатиш натижасида ҳосил бўладиган модда статик босимининг ўзгаришини ўлчашга асосланади. Бунда диафрагмадан олдинги босим билан диафрагмадан кейинги босимлар фарқи модда сарфига муносиб бўлади.



28- расм. Диафрагманинг трубага ўрнатилиши:

а — диафрагмали трубадаги суюқлик оқимининг характери; б — статик босимнинг ўзгариш графиги.

Тўсиқлар сифатида қўлланиладиган диафрагма, сопо ва Вентури сополари давлат стандарти асосида тайёрланади ва ишлатилади.

Диафрагма. Ички диаметри d_1 модда оқими ўтаётган трубанинг ички диаметри D_1 дан анча кичик бўлган металл диск диафрагма (А) деб аталади (28- расм, а). Модда оқими диаметри d_1 бўлган диафрагма тешигига мувофиқ қисилади. Бу қисилиш диафрагма тешиги олдида бошланиб оқим инерцияси таъсирида тешикдан кейин ҳам, оқим диаметри d_2 бўлганга қадар давом этади. Шундан сўнг модда оқими ёйила бошлайди ва натижада оқим диаметри труба диаметрига тенглашади.

Диафрагмадан олдинги ва кейинги зоналарда (1 ва 2) модданинг уюрмали ҳаракати вужудга келади. Диафрагмадан кейинги уюрмали ҳаракат зонаси 2 диафрагмадан олдинги зонадагидан катта бўлади.

Диафрагма олдида оқим босими P_1' бирмунча кўтарилади, яъни P_1 га тенг бўлади (28- расм, б), диафрагмадан ўтиши билан оқимнинг статик босими P_2 гача камаёди, сўнггра яна кўтарилади, лекин босим P_1 гача қайта тиклана олмайди. Бунга оқим йўлидаги ишқаланишда ва уюрма зоналарида оқим энергиясининг бир мунча сарфланиши (ўзгариши) сабаб бўлади.

Статик босимнинг ўзгариш графигига мувофиқ аниқланадиган босимлар фарқи $P_1' - P_2'$ труба орқали ўтаётган модда сарфини ўлчаш учун хизмат қилади. Босимлар фарқи $\Delta P = P_1' - P_2'$ ни аниқлаш учун амалда дифманометрдан фойдаланилади (29- расм).

Сопло. Оқим ўтадиган трубага концентрик равишда кийгазиладиган воронкасимон тўсиқ сопо дейилади. Бундай тўсиқнинг олд

тарафиди — диафрагмада вужудга келадиган уюрмали ҳаракат ва у билан боғлиқ бўлган энергия ва босим камайиши бўлмайди. Шунинг учун ҳам нормал соплло диафрагмага нисбатан юқори ўлчов аниқлигига эга бўлади.

Вентури соплоси. Вентури соплоси диафрагмага ва нормал сопллога нисбатан ҳам анча юқори аниқликда сарф ўлчаш имконига эга, чунки бунда соплланинг иккала зонасида (кириш ва чиқиш) ҳам уюрмали ҳаракат ва у билан боғлиқ бўлган босим камайиши содир бўлмайди. Оқимнинг кўндаланг кесими соплло профилига доим тенг бўлади.

Вентури соплосининг камчилиги унинг қимматроқлиги, ўлчамларининг катталиги ва ўрнатиш (монтаж) ишларининг мураккаблигидадир.

Тузилиши жиҳатидан жуда оддий бўлганлиги учун амалда кўпроқ диафрагмадан фойдаланилади.

II. Суюқ моддалар сарфини ҳисоблаш. Модда сарфи q билан босим тушиши $\Delta P_1 = P_1 - P_2$ орасидаги боғланиш жуда мураккаб бўлгани сабабли, унинг тулиқ математик ифодасини топиб бўлмайди.

Тақрибий ифодаси қуйидаги шарт-шароитларга амал қилингани ҳолда, Бернулли тенгламаси асосида топилади:

а) модда сарфини ўлчайдиган диафрагмали труба горизонтал ҳолда ўрнатилади (28- расм, а);

б) диафрагма туфайли трубада вужудга келадиган босим тушиши

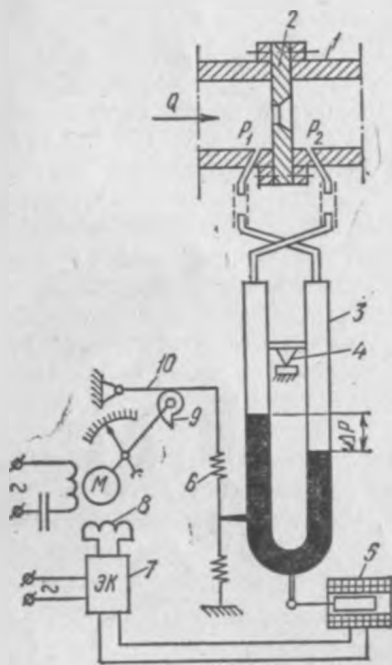
$$\Delta P \% = \frac{\Delta P}{P_1} \cdot 100 \% \text{ жуда кичик миқ-}$$

дор деб фараз қилинади;

в) ишқаланиш ва уюрмали ҳаракат туфайли оқим энергиясини иссиқликка айланиб йўқолиши ҳисобга олинмайди ва оқимнинг труба бўйича ҳамма жойдаги босими бир хил деб фараз қилинади;

г) юқоридаги шартлар асосида диафрагманинг икки томонидаги модда зичлиги $\rho \left[\frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \right]$ ўзаро тенг ва ўзгармас $\rho_1 \approx \rho_2 = \rho = \text{const}$ бўлади.

Қабул қилинган шартлар асосида трубанинг I—I ва II—II кесимлари оралиғидаги суюқлик оқими учун Бернулли тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:



29- расм. Компенсацион дифманометр-ли сарф ўлчагичнинг принципиал схемаси:

1— модда оқими трубаси; 2— диафрагма; 3— U шимон трубаили дифманометр; 4— при-
зма; 5— индукцион датчик; 6— пружина;
7— электрон сигнал кучайтиргич; 8— серво-
моторнинг бошқарувчи чулғами; 9— кула-
чок; 10— ричаг.

$$P_1^1 + \rho \frac{v_1^2}{2} = P_2^1 + \rho \frac{v_2^2}{2}$$

ёки

$$P_1^1 - P_2^1 = \frac{\rho}{2} (v_2^2 - v_1^2) \quad (36)$$

бу ерда $P_1^1 + \frac{\rho}{2} v_1^2$ — диафрагманинг олд томонидаги оқим босими;

$P_2^1 + \frac{\rho}{2} v_2^2$ — диафрагмадан кейинги оқим босими;

P_1^1 ва P_2^1 — оқим потенциал энергиясининг миқдорини ифодаловчи статик босим;

$\rho \frac{v_1^2}{2}$ ва $\rho \frac{v_2^2}{2}$ — оқимнинг кинетик энергиясини ифодаловчи оқим тезликларининг босими;

P_1^1 ва v_1 — оқимнинг I — I кесим марказидаги ўртача статик босими ва ўртача тезлиги;

P_2^1 ва v_2 — оқимнинг II — II кесим марказидаги ўртача статик босими ва ўртача тезлиги.

Трубадаги оқим миқдори узлуксиз бўлгани сабабли

$$v_1 S_1 = v_2 S_2 \quad (37)$$

Оқимнинг диафрагмадан кейинги кўндаланг кесими S_2 диафрагма тешиги S_0 дан кичик. Шунга кўра оқимнинг сиқилиш коэффициенти $\mu = \frac{S_2}{S_0}$ бўлади. Энди (37) тенглама қуйидагича ёзилади:

$$v_1 = v_2 \frac{S_2}{S_1} = v_2 \mu \frac{S_1}{S_1} = v_2 \mu \left(\frac{d}{D} \right)^2 = v_2 \mu m. \quad (38)$$

бунда $m = \left(\frac{d}{D} \right)^2$ сиқилиш коэффициенти (сиқувчи қурилманинг модули); d — диафрагма тешигининг диаметри.

Топилган оқим тезлиги ифодаси (38) ни (36) тенгламага қўйиб, оқимнинг S_2 кесимидаги тезлиги v_2 нинг назарий ифодаси топилади:

$$v_2 = \frac{1}{\sqrt{1 - \mu^2 m^2}} \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1^1 - P_2^1)} \frac{\mu}{c} \quad (39)$$

Амалда P_1 ва P_2 босим диафрагма марказида эмас, балки труба деворлари яқинида ўлчанади (28-расм, а). Бу эса ўлчов хатолигининг пайдо бўлишига сабаб бўлади. Бундан ташқари, юқорида қабул қилинган шарт-шароитлар ҳам хатолик манбаи бўлиши мумкин. Йўл

қўйилган хатоликларни бирмунча ҳисобга олиш мақсадида формулага коэффициент φ киритилади. Натижада оқимнинг II—II кесимидаги тезликнинг ҳақиқий қиймати қўйидагича ифодаланади:

$$v_2 = \frac{\varphi}{\sqrt{1-\mu^2 m^2}} \sqrt{\left(\frac{2}{\rho} P_1 - P_2\right) \frac{m}{c}} \quad (40)$$

Сарфни ҳисоблаш формуласи V_2 ни оқимнинг II—II кесимидаги S_2 юзига кўпайтириш йўли билан топилади:

$$q_v = S_2 v_2 = \mu S_0 v_1 = \alpha S_0 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P},$$

бу ерда $\alpha = \frac{\mu \varphi}{\sqrt{1-\mu^2 m^2}}$ сарф коэффициенти;

$\Delta P = P_1 - P_2$ — оқимдаги босим тушиши;

P_1 ва P_2 — диафрагма яқинида труба деворлари олдида ўлчанадиган босим миқдорлари (28-расм, а).

Сарфни ҳажм бирлигида ҳисоблаш формуласи:

$$q_v = \alpha S_0 \sqrt{\frac{2 \Delta P m^3}{\rho c}} \quad (41)$$

Сарфнинг масса бирлигида ҳисоблаш формуласини топиш учун ҳажмий сарф q_v ни ўлчанадиган модда оқимининг зичлиги ρ га кўпайтирилади, яъни

$$q_m = \rho q_v = \alpha S_0 \sqrt{2 \rho \Delta P} \quad (42)$$

Ҳажм ёки масса бўйича сарфни ҳисоблаш формулалари (41) ва (42) ни чиқаришда босим тушиши жуда кичик миқдор деб қабул қилинган эди. Бу формулаларни фақат сув каби сиқилмайдиган суюқликлар учун қўллаш мумкин, буғ ва газсимон моддалар сарфини ҳисоблаш учун қўллаб бўлмайди, чунки трубадаги сиқувчи тўсиқдан ўтиши билан газсимон моддаларнинг статик босими камаяди, ҳажми катталашиб зичлиги анча камаяди. Шу туфайли газсимон моддалар сарфини ҳисоблаш учун (41) ва (42) формулаларга тузатма-кенгайиш коэффициенти ϵ киритилади:

$$q_v = \alpha \epsilon S_0 \sqrt{\frac{2 \Delta P m^3}{\rho c}}$$

$$q_m = \alpha \epsilon S_0 \sqrt{2 \rho \Delta P} \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Бу формулалар горизонтал ўрнатилган трубаларда сиқилувчи ва сиқилмайдиган сувсимон суюқликлар оқимидаги сарфни ҳисоблаш учун умумий бўлиб, сиқилмайдиган суюқликларнинг оқимидаги сарфни ҳисоблаганда унинг кенгайиш коэффициенти $\epsilon < 1$ деб қабул қилинади, газсимон сиқиладиган моддалар сарфини ҳисоблаганда эса $\epsilon = 1$ бўлади. Кенгайиш коэффициентининг қиймати махсус номаграммалар орқали топилади.

III. Дифманометрли сарф ўлчагич. Трубадаги суюқ модда оқимининг сарфини босим тушиши бўйича ўлчайдиган асбоблар комплекти оқимни торайтирадиган қурилма (диафрагма, сопло ва Вентури соп-

лоси) ва сарфи бўйича даражаланган дифференциал манометрдан иборат бўлади.

Сарфни ўлчаш учун қўлланиладиган дифманометрнинг принципиал схемаси 29-расмда кўрсатилган.

Сарфи ўлчанадиган суюқлик труба 1 дан ўтганда диафрагма 2 оқимни торайтиради, натижада босим P_2 босим P_1 га қараганда камайдиган босим тушиши $\Delta P = P_1 - P_2$ ҳосил бўлади.

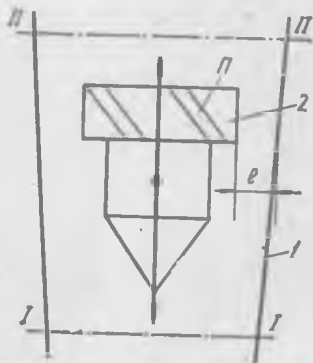
Босим ΔP таъсирида призма 4 да ўрнатилган симобли U симон манометр 3 бир томонга (чапга) оғади. Бу оғиш бурчагига мувофиқ индукцион сезгич 5 дан чиқувчи кучланиш ўзгаради. Кучланиш оғиши электрон кучайтиргич 7 да кучайтирилиб ижро этувчи элемент сервомоторни бошқарувчи ўрами 8 га таъсир қилади ва мотор кулачок 9 ни буриб, рычаг 10 ни юқорига кўтаради. У билан боғланган пружина 6 тарангланиб U симон найчани тик ҳолатга қайтаради. Мотор айланиши билан бурилган стрелка босим тушиши ΔP га мувофиқ вужудга келган сарфни кўрсатиб туради.

IV. Босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар. Босим фарқлари ўзгармас сарф ўлчагичлар юқорига тик кўтариладиган оқимдаги поршень ёки қалқовичнинг шу оқимдаги босим кучи ўзгаришига мувофиқ силжиши бўйича ўлчайди. Оқим кучи таъсирида қалқович юқорига кўтарилса, сарф ортади, пастга силжиса, сарф камайдиган. Бу принципда ишлайдиган сарф ўлчагичларнинг энг кўп тарқалган тури ротаметрлардир (30-расм). Ротаметрлар икки қисмдан — конуссимон труба 1 ва унинг ичидаги оқимда муаллақ ҳаракат қиладиган қалқович 2 дан иборат. Конуссимон труба тик ҳолатда ўрнатилади ва ундан ўтайдиган суюқлик ёки газсимон модда оқими ҳам труба бўйича пастдан юқорига тик ҳаракат қилади.

Қалқович оқим кучи таъсирида юқорига силжиганда конуссимон трубанинг ички девори билан қалқовичнинг ташқи девори орасида ҳосил бўладиган ҳалқа кенглиги l ва унинг оқим ўтайдиган юзи S ортади. Шунга мувофиқ оқим сарфи ҳам ортади, янги мувозанат ҳолатга ўтади. Оқим кучи камайганда қалқович ўз оғирлиги ва унинг устки юзидаги модда босими таъсирида пастга силжийди ва яна янги мувозанат ҳолатга ўтади, сарф ҳам камайдиган. Қалқовичнинг бундай ҳаракати туфайли ротаметрдаги босим тушиши ΔP жуда кам 11 ўзгармас бўлиб қолади.

Қалқовичдаги қийшиқ ариқчалар Π қалқович оқим марказида конуссимон труба деворларига тегмасдан пириллаб айланиб туришини таъминлайди.

Қалқовичнинг солиштирма массаси сарфи ўлчанадиган газ ёки суюқлик моддаларнинг зичлигидан кўп. Шу туфайли модда сарфи оқимни юқори кўтарадиган босим кучига қарши бўлган қалқович оғирлиги ва унинг устки юзига таъсир қиладиган модда босим кучларини мувозанатда бўлган ҳолатида ўлчанади.



30-расм. Конуссимон труба-кали ротаметр схемаси.

нинг ички диаметри (электродлар оралиғи); v — трубадан ўтаётган модда оқимининг тезлиги.

Қутблар орасидаги магнит индукция B ва электродлар оралиғи ўзгармас миқдорлигини ҳисобга олганда

$$E = kv.$$

Бундан маълумки, сарф трубадаги модда оқимининг тезлиги билан ўлчанади. Шу сабабли электродларга уланган ўлчов асбоб 4 сарф миқдорини ўлчайди, унинг шкаласи сарф бирлигида даражаланган бўлади. Агар тезликни ҳажмий сарф билан алмаштирсак,

$$E = - \frac{4B}{\pi d} \cdot qv,$$

ёки

$$q_v = \frac{\pi d}{4B} \cdot E \frac{m^3}{c} \quad (45)$$

Бу формула билан сарфни ҳисоблаш мумкин. Ўлчов асбобининг шкаласи бир текис даражаланган бўлади. Формуладаги манфий ишора ЭЮК нинг индукцион характердалигини белгилайди. Сарф ҳисобланганда бу ишора ҳисобга олинмайди.

Ўзгармас магнит майдонга эга бўлган индукцион сарф ўлчагичларни ўлчаш хатолигини оширадиган асосий камчиликлари қуйидагилар: 1) электродларда вужудга келадиган гальваник ЭЮК қутбланиши; 2) ўлчов асбобидан олинадиган ўзгармас ток ЭЮК ни ўзгармас ток кучайтиргичлари ёрдамида кучайтириш қийинлиги ва бошқалар. Шу сабабли бундай ўлчов асбоблари асосан пульсацияланадиган оқимлар сарфини ўлчаш учун қўлланилади.

Ҳозирги пайтда ҳамма индукцион сарф ўлчагичлар ўзгарувчан магнит майдонга асосланади.

Агар магнит майдон t вақт бирлиги ичида ω бурчак частотаси билан ўзгариб турса, $E = - \frac{4B}{\pi d} q \sin \omega t$. Бундан сарфни ҳисоблаш формуласи келиб чиқади:

$$q_v = \frac{\pi d}{4B} E \frac{1}{\sin \omega t} \quad (46)$$

Магнит майдони ўзгариб турадиган ўлчов асбобларида юқорида айтиб ўтилган камчиликлар бўлмайди. Ўлчов аниқлиги юқори бўлади.

Индукцион сарф ўлчагичлар бошқа турдаги сарф ўлчагичларга нисбатан бир қатор афзалликларга эга: а) индукцион сарф ўлчагичларнинг инерционлиги жуда кам бўлгани сабабли улардан тез ўзгарувчан сарфларни ўлчаш ва автоматик ростлаш системаларида фойдаланиш мумкин; б) оқимда бегона аралашма, суюқлик пуфакчалари ва бошқаларнинг бўлиши ўлчов аниқлигига салбий таъсир кўрсатмайди; в) сарф ўлчагичнинг кўрсатиши суюқлик хусусиятларига (қовушқانлиги, зичлиги ва бошқ.) ва оқим характерига (ламинарлик ёки турбулентлик) боғлиқ бўлмайди.

Агар индукцион сарф ўлчагичнинг элементлари чириш, занглаш ва бошқа коррозия турларига чидамли материаллардан тайёрланган бўлса, агрессив суюқликлар сарфини ҳам ўлчайверади.

Индукцион сарф ўлчагичларнинг шкаласи бир текис, ўлчаш аниқлиги $\pm 0,5-1\%$ гача бўлади.

VI. Счётчиклар. Вақт оралиғи $t_1 - t_2$ дағи оқим, масса ёки энергия йиғиндисини кўрсатувчи ўлчов асбоби счётчик деб аталади. Счётчиклар ўз функциясини қуйидаги формулага мувофиқ бажаради:

$$Q = \int_{t_1}^{t_2} q dt \quad (47)$$

бу ерда Q —вақт оралиғида сарфланадиган модда миқдори; q —вақт бирлиги ичидаги модда ёки энергия сарфи.

Ишлаб чиқаришда қўлланилаётган ҳамма счётчиклар уч турга бўлинади: 1) тезлик счётчиклари, 2) ҳажм счётчиклари ва 3) вазн счётчиклари.

Тезлик счётчиклари ёрдамида, трубадан ўтаётган суюқлик ёки газ миқдори унинг оқимида ўрнатилган паррак (турбина) нинг айланиш тезлиги бўйича ҳисобланади. Бунда парракнинг айланиш тезлиги сарфланаётган модда оқимининг тезлигига мутаносиб эканлигидан фойдаланилади.

Агар паррак тезлиги вақт оралиғида ($t_1 - t_2$) ўзгармас бўлса, q сарф ҳам ўзгармас бўлади. У ҳолда сарф миқдори Q ни қуйидагича ҳисоблаш мумкин;

$$Q = q \sum_{\Delta t=1}^n \Delta t, \quad q = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (48)$$

бу ерда ΔQ —парракнинг бир марта тўлиқ айлангандаги сарф миқдори; Δt —парракнинг бир марта тўла айланиш вақти.

Паррак $t_1 - t_2$ ораликда n марта тўла айланса, сарф миқдори

$$Q = \Delta Q \cdot n \quad (49)$$

Парракнинг айланиш сони ва у билан боғлиқ бўлган модда ёки энергиянинг сарфини ундаги ҳисоблаш механизми кўрсатиб туради. Ҳисоблаш механизми модда оқими ўтадиган труба ичига (бевосита модда оқимида) ёки оқим ўтадиган труба ташқарисига ўрнатилиши мумкин.

Тезлик счётчиклари икки турли бўлади: — парракли ва турбинали.

Парракли тезлик счётчиклари сарфи $10 \text{ м}^3/\text{соат}$ гача бўлган модда оқими миқдорини ҳисоблайди. Бу счётчикларда паррак оқимдаги тангенциал босим кучи таъсирида айланади. Унинг ўқи оқим трубадан ташқарига, оқимга нисбатан тик ўрнатилган ҳолда чиқади ва ҳисоблаш механизми билан механик боғланган.

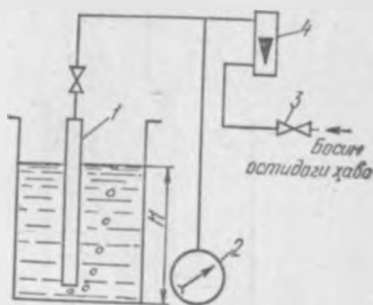
Турбинали тезлик счётчикларида турбина ўқи тезлиги ўлчанадиган суюқлик оқимининг йўналишига параллел бўлади. Бу счётчиклар $q = 10 \text{ м}^3/\text{соат}$ дан юқори бўлган оқимдаги сарф миқдорини ўлчаш учун қўлланилади.

Оддий парракли ва турбинасимон парракли счётчиклар агрессив бўлмаган оқимда ишласа ва оқим температураси 30°C дан ошмаса уларнинг парраги ва турбинаси пластмассадан тайёрланади. Оқим температураси 90°C дан юқори бўлса, счётчикларнинг парраклари ва турбиналари жездан тайёрланади.

Бундан фойдаланиб, қалқовичнинг суюқликка ботиш баландлигини топиш мумкин:

$$x = \frac{G}{S \rho g} = \text{const.}$$

Бу ҳолда кучлар мувозанатини таъминлайдиган қалқович суюқлик сатҳи баландлигига мувофиқ сурилади. 34-расм, б да шу принципга асосан ишлайдиган энг содда сатҳ ўлчагич схемаси кўрсатилган. Қалқович 1 роликлар 2 ёрдамида мувозанатловчи юк 3 билан эластик трос (пўлат сим) орқали боғланган. Юк билан бириктирилган стрелка шкала 4 га мувофиқ суюқлик сатҳ баландлигини кўрсатиб туради.



35-расм. Пьезометрик сатҳ баландлиги ўлчагичи:

1— пьезометрик найча; 2— манометр; 3 — дроссель; 4— ротаметр.

Бу содда асбобнинг асосий камчилиги — шкаласининг тескарилиги ва трос оғирлигининг ўзгариши ҳисобга олинмаслигидир. Шунга қарамай, ўлчаш аниқлиги жуда юқори.

2. Пьезометрик сатҳ ўлчагичлар зичлиги ўзгармас бўлган суюқлик устундаги босимни ўлчашга асосланади, суюқлик устундаги босим унинг баландлигига мутаносиб бўлишидан фойдаланилади.

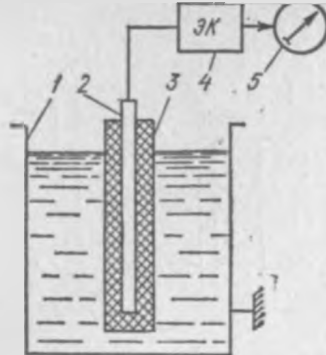
Пьезометрик сатҳ ўлчагичлар (35-расм) турли хил агрессив ва агрессив бўлмаган суюқликларни, очиқ ёки ёпиқ идишлардаги суюқликлар сатҳларини ўлчаш учун қўлланилади. Суюқлик солинган идишга пьезометрик трубка 1 туширилади ва трубканинг устки томони манометр 2 билан параллел қилиб ҳаво манбаига уланади. Унда ҳавонинг сарфи дроссель 3 билан чекланиб, ротаметр 4 ёрдамида контрол қилиб турилади.

Идишдаги суюқлик сатҳининг берилган H_0 баландлигида пьезометрик трубадан суюқлик орқали чиқадиغان ҳаво пуфакчалари ҳар секундда биттадан чиқиши таъминланган бўлиши керак.

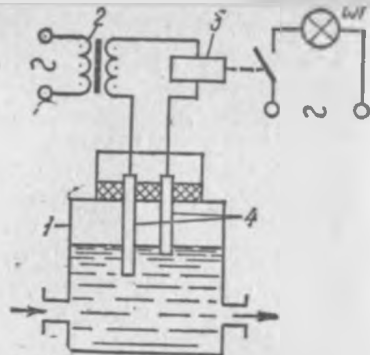
Суюқлик сатҳи ортса, трубкадаги босим ошади, ундан чиқадиغان пуфакчалар сони камаёди, суюқлик сатҳи баландлиги камайса, трубкадан чиқадиغان пуфакчалар сони ошади. Босимнинг бундай ўзгаришини манометр 2 ўлчайди, манометр шкаласи суюқлик сатҳи баландлигига мувофиқ даражаланган бўлади.

3. Электродли сатҳ ўлчагичлар электродлар орасидаги сигимли ёки актив қаршиликларининг ўзгаришига мувофиқ ўлчашга асосланади.

Суюқлик сатҳ баландлигининг ўзгариши билан боғлиқ равишда электродлар орасидаги электр сигим ўзгаришига асосланган асбоб сигимли сатҳ ўлчагич деб аталади. Бунда суюқликнинг диэлектрик хусусиятлари контрол қилинади. Сигимли сатҳ ўлчагич цилиндрик конденсатор ва ўлчов асбобидан иборат (36-расм). Идиш девори 1 билан электрод 2 орасидаги электр сигимнинг ўзгариши ундаги электрон кучайтиргич 4 орқали кучайтирилиб, сигнализатор ёки ўлчов асбоби 5 нинг ишлашини таъминлайди.



36- расм. Сигимли сатҳ баландлиги ўлчагичининг схемаси.



37- расм. Сатҳ баландлиги сигналлизатори.

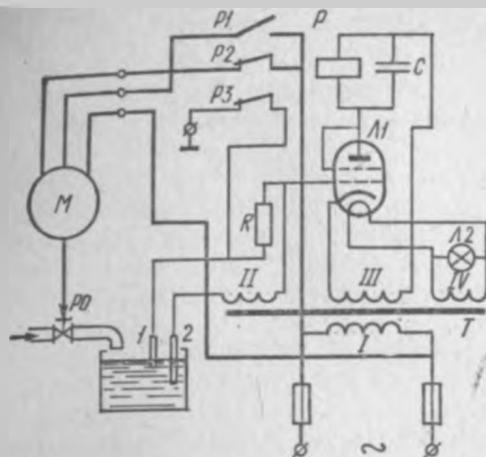
Электр ўтказувчанликка (актив қаршилигининг ўзгаришига) асосланган сатҳ ўлчагичлар электр ўтказувчан суюқликлар сатҳи баландлигини контрол қилиш ва ростлаш учун хизмат қилади. Бундай датчиклар (сезгичлар) сатҳ баландлиги сигнализаторларида ҳам қўлланилади.

Сатҳ баландлиги сигнализатори (37- расм). Сигнализаторнинг ишлаш принципи электродлар 4 суюқлик орқали уланиши билан реле чулғами 3 дан ток ўтиши ва унинг контакти 3 уланиши билан сигнал лампаси СЛ ёниб ёруғлик сигнали беришига асосланади. Электродлар 4 таъминловчи трансформатор 2 нинг иккиламчи чулғамига МКУ48 типидagi электромагнит реле урамаси 3 орқали уланган. Суюқлик сатҳи электродларгача кутарилиб уларни уласа, суюқликнинг ўтказувчанлиги туфайли, сигнал лампаси СЛ ёнади, аксинча, суюқлик сатҳи пастга тушиб электродларни узса, сигнал лампаси ўчади.

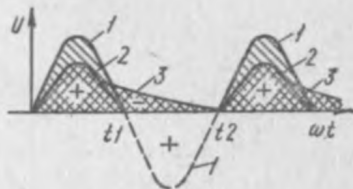
Сигнализатор занжиридаги кучланиш ўзгармас токда 24 В, ўзгарувчан токда эса 36 В бўлади. Бундай сигнализаторни қовушоқ, кристалланувчи, қаттиқ чўкмалар ҳосил қилувчи ва электродларга ёпишиб қолувчи муҳитларда ишлатиб бўлмайди.

Юқоридаги сатҳ ўлчагичлардан ташқари амалда яна бир неча сатҳ ўлчаш асбоблари мавжуд: — манометрик, радиактив ёки ультратовушли; суюқлик ичида кўмилиб турадиган қалқовичли ва бошқалар. Масалан, радионизотопли сатҳ ўлчагичлар герметик берк идишдаги суюқлик сатҳини ташқаридан туриб таъсир қиладиган ўнурларнинг ютилишига мувофиқ ўлчайди. Ўлчаш хатолиги 1...2 мм.

Охор эритмасининг сатҳ баландлигини электродли сезгич билан контрол қилиш (38- расм). Электродлар 1, 2 жездан тайёрланган бўлиб, охор эритмаси ваннасида олдиндан белгиланган баландликларда ўрнатилади. Электрод 1 охор эритмасининг юқориги баландлигини, электрод 2 пастки баландлигини белгилаб туради. Танда (ўриш) ипини охорлаш процесси давомида охор эритмасининг сатҳ баландлиги 1 ва 2 электродлар орасида бўлишини таъминлаш ва контрол



38- расм. Охор эритмаси сатҳ баландлигини электрод датчиклар билан контроллаш (ростлаш) схемаси.



39- расм. Реле чулғами занжиридаги бир фазали кучланиш графикалари.

қилиб туриш керак. Шундай бўлгандагина охорлаш ванна­сидан маъ­лум тезликда тинимсиз ўтиб турадиган танда (ўриш) ипи сифатли охорланади.

Охорлаш процессида охор эритмаси танда (ўриш) ипи томонидан шимилиши сабабли эритманинг сатҳ баландлиги ўзгаради, шунинг учун уни ростлаб туриш керак бўлади. Бу функцияни электрод­лардан олинган сигналлар асосида ишлайдиган икки позицияли рост­лаш системаси (38- расм) бажаради. Охор эритмасининг баландлиги электрод 2 дан пасайганда, яъни 1 ва 2 электродлар орасидаги эритма орқали бўладиган контакт узилганда, трансформатор II чулғамига уланган резистор R занжиридан ток ўтмайди. Л1 лампа тўрида­ги манфий потенциал нолга тенг бўлади, лампа очилиб, унинг анод занжиридан трансформаторнинг III чулғамидаги кучланишга мос ток ўтади. Бу ток электромагнит реле P ни ишга туширади. Шунда унинг P1 контактлари уланади ва P2 ҳамда P3 узилади. P1 контакт уланиши билан асинхрон мотор M электр тармоғига ула­нади. Мотор айланиб ростловчи орган PO жўмрагини объектга охор эритмаси тушадиган томонга айлантиради. Объектга охор эритмаси туша бошлайди. Жўмрак охиригача буралиб тўла очилганда ундаги чекловчи йўл узгичининг контакти узилиб (схемада кўрсатилмаган), мотор занжири­ни ҳам узиб қўяди. Шунда мотор айланишдан тўх­тайди, лекин жўмрак очилганича қолади, ваннага охор эритмасининг келиши давом этаверади. Эритма баландлиги электрод 1 га етганда, электродлар 1 ҳамда 2 эритма орқали уланади. Трансформаторнинг II чулғамидаги кучланишга мувофиқ R резистордан ток ўтади. Бу Л1 лампа тўрида манфий потенциал ҳосил қилади. Лампа ёпилади, ундан ток ўтмайди, P реле чулғами тоқсизланади, унинг P1 контакт­лари узилади ва P2 ҳамда P3 уланади. Шунда мотор тескари томонга

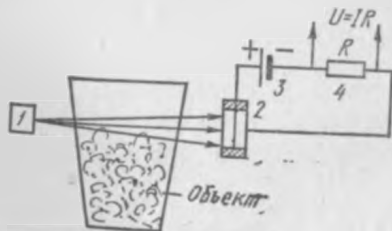
ва $P2$ релеларнинг контактлари улаиши билан бошқарувчи $P3$ реле чулғамидан ток ўтганда унинг контактлари улаиш, бункерга пахта келтирадиган ижро этувчи механизмни ишга туширади. Бункерга пахта туша бошлайди, пахта баландлиги кўтарила бориб $ФС2$ га тушаётган ёруғлик нуруни тўсганда $P2$ реле чулғами занжиридаги ток миқдори жуда камайиб кетади. $P2$ реленинг контакти узилади. Лекин блокловчи $P3$ контакт уланган бўлгани учун бункерга пахта келиши давом этаверади. Пахта баландлиги кўтарила бориб $ФС1$ га тушадиган нуруни тўсганда унинг қаршилиги кескин ошиши билан $P1$ реле чулғамидан ўтаётган ток камайиши натижасида унинг $P1$ контакти узилади. Шундагина $P3$ бошқарувчи реленинг электромагнит чулғами токсизланиб, бункерга пахта келтирадиган ижро этувчи механизм ишдан тўхтади.

Бундай икки позицияли (ҳолатли) баландлик ўлчайдиган ва уни электр сигналига айлантирадиган фотосезгичлар ёрдамида икки позицияли регуляторлар тузиш мумкин.

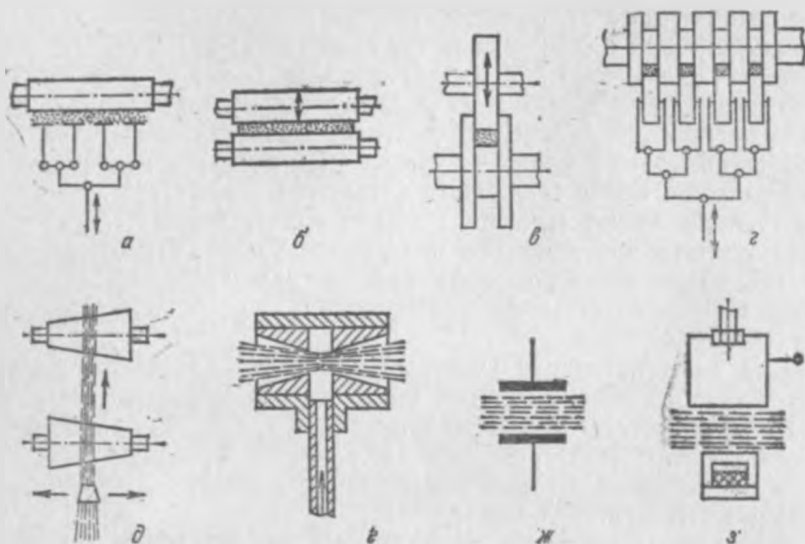
Фотосезгичлар 24 В гача бўлган ўзгармас кучланиш манбаига уланади. Таъминлови T трансформаторнинг иккиламчи чулғамидаги кучланиш 36 В гача бўлиши мумкин.

5. Материал ва моддалар баландлигини радиоизотопик сезгич ёрдамида ўлчаш. Сўнгги йилларда радиоизотопик ўлчов асбоблари амалда кенг қўлланилмоқда. Бу методнинг асосий афзаллиги шундаки, 1) технологик процесс ўтаётган объект билан радиоизотопик сезгич орасида ҳеч қандай механик боғланиш бўлмайди; 2) объект сиртидан унга тегмаган ҳолда унинг ичидаги материал ва модда баландлигини ўлчаш имконини беради. Бунга мисол қилиб юқори температурали буғлаш-қайнатиш аппаратида газмолга ишлов бериш процессини кўрсатиш мумкин; бунда объект ичидаги газмол баландлигини фақат радиоизотопик сезгич ёрдамида аниқлаш мумкин, ҳеч қандай бошқа турдаги сезгичлардан фойдаланиб бўлмайди.

Ўлчов асбобининг принципиал схемаси 41-расмда кўрсатилган. У радиоактив нурланиш манбаи 1, ионловчи нурланишни қабул қиладиган сўтчик 2, электр токи манбаи 3 ва резистор 4 дан иборат. Сўтчик металлдан ясалган цилиндр бўлиб, ичи инерт газ билан тўлдирилган. Цилиндр марказида ундан изолятор билан ажратилган металл сим тортилган. Цилиндр девори электр манбаининг манфий қутбига, металл сим эса мусбат қутбига уланган. Цилиндр инерт газ билан тўлдирилган бўлгани учун сўтчик занжирида ток бўлмайди. Сўтчикка радиоактив нур таъсир қилиб ундаги инерт газ ионланиши бошлангандагина сўтчик 2 ва резистор 4 занжирида ток ҳосил бўлади. Бу ток миқдори инерт газнинг ионланиш даражасига боғлиқ бўлади. Газнинг ионланиши эса радиоактив нурланиш манбаи билан сўтчик 2 орасига



41-расм. Материал баландлигини радиоизотопик датчик ёрдамида ўлчаш.



42-расм. Пахта, жун каби тўқимачилик маҳсулотларининг (пилик, лента, холст) узунлиги бўйича зичлик датчиклари.

ўрнатилган объект ичидаги материал (газмол) нинг баландлигига боғлиқ равишда ўзгаради.

Объект ичидаги газмол (ёки бошқа хом ашё) баландлиги нур йўлини тўла беркитса, резистордан ўтадиган ток йолга яқин бўлади, нур йўли очилиши билан, яъни газмол баландлиги пасайиши билан резистор занжирида ток орта бошлайди. Объект ичидаги газмол баландлиги ана шу резистордаги U кучланиш миқдори билан ўлчанади. Бунинг учун резистордаги кучланиш миқдори олдин сигнал кучайтиргич ёрдамида кучайтирилади, сўнгра ўлчов асбобига узатилади.

6. Холст ва пилик нотекислиги сезгичлари ҳамда текисловчи регулятор. Ип йигирув процессларини автоматлаштиришда маҳсулотнинг узунлиги (қалинлиги) бўйича зичлигини стабиллайдиган автоматик системалар қўлланилади. Бундай системалар холст тайёрлаш агрегатида, тараш, пилта, пилик машиналаридан чиқадиغان маҳсулотларнинг узунлиги бўйича бир текис бўлишини таъминлайди. Бунинг учун холст, пилта, пилик нотекислигини сезиб сигнал берувчи сезгичлар қўлланилади (42-расм).

Механик сезгичлар (42-расм, а, б, в, г) айланаси бўйича маълум кенглик ва чуқурликда ўйилган айланувчи валик билан бирга айланувчи иккинчи валиклардан тузилган бўлиб, нотекислиги контрол қилинадиган маҳсулот-пилта ёки пилик ана шу валиклар орасидан ўтади. Пилта қалинлиги олдиндан белгиланган қийматдан ортса, устки валик юқорига, камайганда эса пастга сурилади (42-расм, в). Бу сурилиш миқдорлари пилта қалинлигини стабиллаб турадиган автоматик системалар учун асосий бошқарувчи информациялар бўлиб хизмат қилади.

Механик сезгичларнинг тузилиши содда бўлиб, геометрик ўлчамлари кичик ва узоқ вақт ишончли ишлай олади.

Пневматик сезгичлар (42-расм, д, е) пахта материалларидан ҳаво босими ўтиши қонунига мувофиқ ишлайди. Маҳсулот қалинлиги ортса, ўлчов камерасидаги ҳаво йўли бирмунча тўсилиб, ўлчов камерасидаги босим ортади. Пахта қалинлиги камайганда эса ўлчов камерасидаги босим кама-яди.

Конденсаторнинг электр сигими ўзгаришига асосланган сезгич 42- расм-да кўрсатилган. Бу сезгичларнинг ўлчов аниқлигига муҳит тем-ператураси, материал намлиги, тола турининг ўзгариши таъсир қилиши уларнинг камчилиги ҳисобланади.

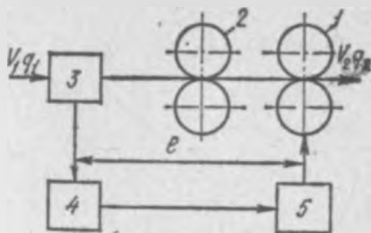
Амалда лента ёки холстнинг электр қаршилигини ўлчашга асос-ланган фотоэлектрик радиактив сезгичлар ультратовуш тўлқинлар тезлигининг ўзгаришига асосланган сезгичлар қўлланилади.

Йиғирув фабрикаларида лента нотекислигини ўлчаш учун меха-ник сезгичлар кўп қўлланилади. Лента нотекислиги — пахта тола-сига холст агрегатиди ва шунингдек, тараш машинасида ишлов бериш процессида холст ва лента маҳсулотларида мавжуд бўладиган но-текислик билан характерланади.

Лента қалинлиги берилган қийматдан ортиб кетса, уни тортиш йўли билан чўзиб текисланади ва бу лента текислашнинг асосий принципи ҳисобланади. Шу принципда ишлайдиган механик сезгич-лар автоматик системасининг схемаси 43- расмда кўрсатилган.

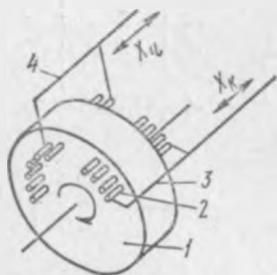
Нотекислик сезгичи 3 таъминловчи цилиндр валиклари 2 дан олдин ўрнатилган. Лента қалинлиги ортса бунинг сезгич 3 қайд қи-лади ва уни узатиш учун қулай сигналга айлантириб хотира (эслаб қолувчи) қурилма 4 га узатади. Қурилма 4 олдиндан белгиланган маълум вақт (яъни лентадаги нотекислик тўғрисидаги сигнал лен-тани сезгич 3 дан лента тортувчи цилиндрлар 1 га келгунча ўтади-ган вақт) ўтгандан кейин лентани тортувчи 1 цилиндрларнинг айланиш тезлигини ўзгартиради. Бунинг учун хотира элементи ана шу вақт ўтиши билан тортувчи валиклар юритмаси 5 га таъсир қилади ва юрит-ма тезлигини ўзгартиради. Валиклар лентанинг қалин қисмини чў-зиб текислайди.

Маълумки, нотекислик сезгичи 3 лента қалинлигини қайд қил-гандан кейин бу қалинлик тортувчи валикларга етиб боргунча $t = \frac{l}{v_1}$ вақт ўтади. Бу ерда l — датчик билан тортувчи валик оралиғи; v_1 — тортувчи валиккача бўлган ораликдаги лентанинг силжиш тезлиги. Хотира элементи 4 тортувчи валикларга бўладиган бош-қарувчи сигнал таъсирини худди шу вақт t га кечиктириш учун хизмат қилади. Тортувчи валиклар тезлиги лентанинг қалин ёки юпқа қисми



43-расм. Лента тортиш — текислаш регулятори схемаси:

1 — лента тортувчи цилиндрлар; 2 — таъминловчи цилиндрлар; 3 — лента қалинлигини сезувчи датчик; 4 — хотира элементи; 5 — тортувчи валиклар юритмаси.



44- расм. Механик хотира
элементи:

1— барабан; 2— штирлар; 3— ки-
рувчи сигнал сурилгичи; 4— чи-
қувчи сигнал сурилгичи.

Сурилган штирлар маълум кечикниш билан сургич 4 га етиб кел-
ганда чиқиш сигнали X_r ҳосил бўлади.

Нотекислик тўғрисидаги сигнал лента тортувчи (чўзувчи) цилиндр 1 га бор
гунча $t = \frac{l}{v_1}$ вақт ўтади (43- расм). Демак, хотира элементи нотекислик тўғриси-
даги сигналини ана шу t вақт ораллигига кечиктириши керак. Бу функцияни штир-
лар устида v_1 тезлик билан сурилуви сургич 4 бажаради, лента тортувчи цилиндр
тезлигини ўзгартирадиган чиқиш сигнал X_r ҳосил қилади. Ушбу сигналга муво-
фиқ лента тортувчи цилиндр юритмаси 5 нинг тезлиги ўзгаради.

Барабан 1 маълум ўзгармас тезликда айланиб турадиган бўлса,
сезгич 3 томонидан суриб қўйилган штир сургич 4 тагига борганда
у ҳам аксиал йўналишда ҳаракат қилади, лента тортувчи цилиндр-
лар юритмаси 5 нинг тезлигини сезгич 3 (43- расм) берилган сигналга
мувофиқ ўзгартиради. Штирлар орасидаги сигналнинг кечикиш
вақти t_1 маълум бўлганлиги туфайли барабан 1 даги 3 ва 4 сургич-
ларнинг штирлар устида ўрнатилиш бурчаги ифода $\varphi = \pi t_1$ га му-
вофиқ ҳисобланади. Цилиндрлар тезлигининг лента нотекислигига
мувофиқ ўзгариши бурчак φ га кечикади. Лента нотекислиги тортувчи
цилиндрларга кириш билан бир вақтда цилиндрларнинг айланиш
тезлиги ҳам лента нотекислигига мувофиқ ўзгара бошлайди.

5-§. Моддаларнинг физик хусусиятларини аниқлаш ва ўлчов асбоблари

Ишлаб чиқаришда ишлатиладиган суюқ моддаларнинг зичлиги,
бир жинслилиги, қовушоқлиги, намлиги ва бошқалар уларнинг фи-
зик хусусиятларини белгиловчи параметрлар ҳисобланади. Техно-
логик процесс давомида бундай параметрларни ўлчаб-контрол қи-
либ туриш ишлаб чиқариш маҳсулотларининг сифат кўрсаткичлари
юқори бўлишини таъминлайди. Масалан, буғлаш ва пардозлаш
қурилмаларини, абсорберларни, охорлаш, дистилляцион, ректифи-
кацион ва бошқа аппаратларнинг ишларини кузатиш ва бошқариш
хусусиятлари аниқланадиган суюқликлар зичлигини тинимсиз ўлчаб
ва контрол қилиб туришни талаб қилади.

Суюқликларнинг зичлигини ўлчаш улардаги бошқа эритмаларнинг борлигини ва уларнинг концентрациясини аниқлаш учун керак бўлади. Суюқлик зичлиги ва умуман, *зичлик* деб модда массасининг *m* унинг ҳажмига *V* нисбатига айтилади:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (52)$$

Суюқлик зичлиги унинг температурасига боғлиқ бўлганлиги туфайли зичлик қиймати нормал температурада берилади. Нормал температура сифатида 20 °C қабул қилинган. Бирликларнинг Халқаро системаси (СИ) да зичлик бирлиги қилиб $\frac{кг}{м^3}$ қабул қилинган.

Нормал температурадаги суюқлик зичлиги ρ_{20} қуйидаги формула буйича ҳисобланади:

$$\rho_{20} = \rho_0 [1 - \beta (20 - \theta)], \quad (53)$$

бунда ρ_0 — суюқликнинг иш температурасидаги зичлиги; β — суюқликнинг ҳажмий кенгайиш ўртача коэффиценти, $\frac{1}{^{\circ}C}$; θ — суюқлик температураси, °C.

Суюқликлар зичлигини ўлчаш учун оғирлик буйича ўлчайдиган қалқовичли, радиоизотопик ва гидростатик ўлчов асбоблари қўлланилади.

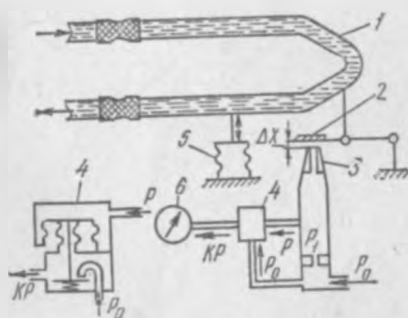
а) Вазн буйича зичлик ўлчагичлар

Вазн буйича зичлик ўлчаш — ўзгармас ҳажмдан ўтадиган суюқлик массасини, унинг зичлигига мутаносиб бўлишига асосланади:

$$Q = \rho_0 V = K \rho_0 \quad (54)$$

бунда ρ_0 — суюқлик зичлиги; Q — суюқлик массаси; V — ўзгармас ҳажм; K — мутаносиблик коэффиценти.

Вазн буйича зичлик ўлчагичнинг принципаал схемаси 45-расмда кўрсатилган. Ўзгармас ҳажмли труба 1 дан зичлиги ўлчанилиши керак бўлган суюқлик айланиб ўтиб туради. Труба 1 сиффон 5 устига горизонтал ўрнатилган. Суюқлик зичлиги ортса унинг массаси ҳам ортади, тўсиқ 2 конуссимон найча 3 га томон сурилади ва найча тешигини бекита бошлайди. Манба босими $P_0 = \text{const}$ ўзгармас миқдор бўлгани сабабли ΔX нинг камайишига мувофиқ босим P_1 ортади, бу ўз навбатида ўлчов асбобидан чиқувчи сигнал P ни орттиради. Аксинча, ўзгармас ҳажм-



45- расм. Суюқлик зичлигини вазн буйича ўлчаш:

1— суюқлик ўтадиган трубка; 2— тўсиқ; 3— соплó; 4— пневматик сигнал кучайтиргич; 5— сиффон; 6— манометр; P_0 — ўзгармас босим и ҳаво манбаи.

даги суюқлик зичлиги камаядиган бўлса, труба 1 нинг массаси камаяди, босим P ҳам пасаяди. Кучайтиргич 4 дан чиқувчи сигнал $P_0 = KP$ суюқлик зичлигини ўлчайдиган манометрга (P_0) таъсир қилади.

Манометр шкаласи зичлик бирликларида P_0 даражаланган бўлиб, у суюқлик зичлигини кўрсатиб туради. Ўлчагич суюқлик зичлигини реал температурада ўлчайди. Бундай зичлик ўлчов асбобларининг афзаллиги суюқликни трубадан катта тезлик билан оқиб ўтиши ва труба деворларини доим тоза сақланиши мумкинлигидадир.

Саноатда бундай зичлик ўлчагичлар зичлиги $0,5$ $2,5$ г/см³ гача бўлган суюқликлар учун мўлжалланган бўлади.

б) Қалқозичли зичлик ўлчагичлар

Қалқовичли зичлик ўлчагичлар икки турда тайёрланади; 1) бутун ҳажми билан суюқлик ичига ботиб турадиган қалқовичли зичлик ўлчагичлар (ҳажми ўзгармайдиган ареометрлар). Бунда суюқлик зичлигининг ўзгариши қалқовични суюқлик ичида юқорига ёки пастга силжитади, қалқович суюқлик сиртига чиқмайди; 2) суюқликларга тўла ботмайдиган қалқовичли зичлик ўлчагичлар (массаси ўзгармайдиган ареометрлар). Бунда қалқович суюқлик ичига ўз массасига мувофиқ ботади. Унинг устки қисми суюқлик сиртида бўлади (46- расм).

Бундай зичлик ўлчагичларда идишдан (1) оқиб ўтаётган суюқлик зичлиги ортса қалқович юқорига, камайганда эса пастга силжийди. Натижада қалқович 2 билан механик боғланган индукцион дифференциал трансформаторнинг темир ўзаги 7 ҳам сурилади.

Трансформаторнинг чулғамларидаги электр юритувчи кучлар тенгламаси:

$$e_1 - e_2 = \pm \Delta e \quad (55)$$

бу ерда e_1 — суюқликнинг берилган зичлигига мувофиқ бўлган ЭЮК; e_2 — суюқликнинг ўлчанаётган зичлигига мувофиқ бўлган ЭЮК.

Суюқлик зичлиги берилган миқдорга тенг бўлса,

$$e_1 - e_2 = 0.$$

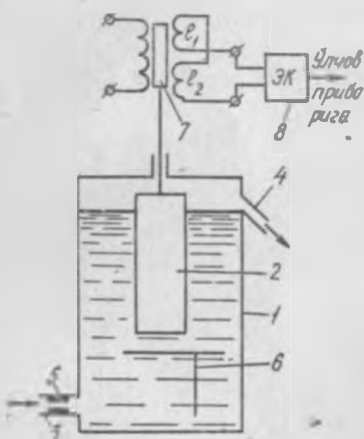
Суюқлик зичлиги олдиндан белгилаб қўйилган миқдордан ортиб кетса темир ўзак юқорига кўтарилади:

$$e_1 - e_2 = + \Delta e$$

Суюқлик зичлиги камайганда темир ўзак пастга сурилади;

$$e_1 - e_2 = - \Delta e$$

Трансформатордан чиқувчи бу ЭЮК ўлчов асбобига таъсир қилади. Бунинг учун у олдин сигнал кучайтирувчи элемент 8 ёрдамида кучайтирилади.



46- расм. Қалқовичли зичлик ўлчагич:

1 — суюқлик ўтадиган идиш; 2 — қалқович; 3 — суюқлик келадиған тешик; 4 — суюқлик чиқадиған тешик; 5 — дроссель; 6 — тўлқин сфидирувчи пластиналар; 7 — трансформатор ўзаги.

2. Қовушоқликни ўлчайдиган асбоблар

Суюқлик ёки газсимон моддаларнинг улар ичида бошқа жисмлар ҳаракатига қаршилиқ кўрсатиш хусусияти *қовушоқлик* деб аталади. Ишлаб чиқаришда суюқликларнинг қовушоқлиги уларнинг таркиби ва сифатини кўрсатади.

Суюқликларнинг қовушоқлигини ўлчаш методлари ва асбоблари жуда кўп. Қовушоқлик суюқлик оқимида унга тик тушаётган жисм орқали; айлантирувчи момент орқали (ротацион), қовушоқликни суюқлик ичида жисм тебранишининг тезлигига биноан аниқлаш шулар жумласидандир.

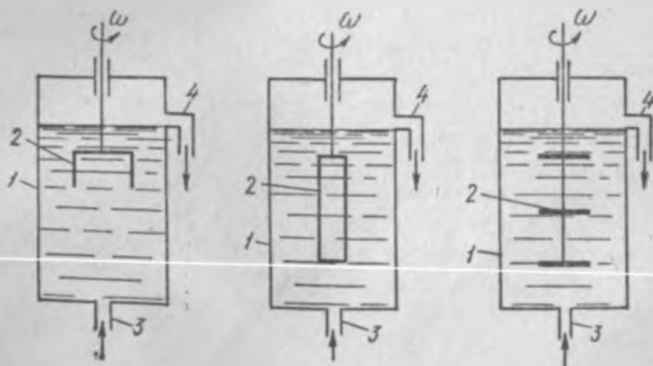
Суюқлик қовушоқлиги аниқланганда унинг температураси ҳисобга олиниши ва ўзгармас сақланиши лозим. Чунки суюқлик температурасининг ўзгариши унинг қовушоқлигига таъсир қилади. Температураси ортса, суюқликнинг қовушоқлиги камаяди. Суюқликнинг қовушоқлик хусусияти унинг ҳаракати вақтида юзага чиқади. Шу туфайли унинг ўлчов бирлиги динамик қовушоқлик номи билан юритилади. Халқаро бирликлар системасида динамик қовушоқликнинг бирлиги сифатида $\text{Н} \cdot \text{с} / \text{м}^2$ ёки $\text{Па} \cdot \text{с}$ қабул қилинган. Бу кўндаланг кесим 1 м^2 бўлган суюқлик оқими юзига тик йўналган 1 Н куч билан босганда 1 с вақт ичида 1 м оралиққа суриладиган суюқлик оқимининг қовушоқлигига тенгдир.

Суюқликларнинг қовушоқлигини ишлаб чиқариш шаронтида (реакторларда, бакларда, ванналарда ва бошқалар) бевосита ўлчаш учун ротацион автоматик ўлчагичлар кенг қўлланилади (47-расм). Суюқлик ўтаётган идиш 1 га ўрнатилган жисм 2 маълум ўзгармас тезликда $\omega = \text{const}$ синхрон мотор ёрдамида айлантирилганда суюқликнинг қовушоқлиги туфайли унда акс таъсир кўрсатувчи момент ҳосил бўлади. Бу момент қуйидагича ифодаланади:

$$M = K \mu \omega \quad (56)$$

бунда K —ўлчов асбоби константаси; μ —суюқликнинг динамик коэффициент; ω —суюқликда айланадиган жисм тезлиги.

Суюқлик қовушоқлиги акс таъсир кўрсатувчи момент M миқдори мувофиқ аниқланади.



47-расм. Ротацион қовушоқлик ўлчагичлар:

1—суюқлик ўтадиган идиш; 2—айланувчи жисм; 3—суюқлик келадиган тешик; 4—суюқлик чиқиб кетадиган тешик.

Қовушоқлик моментини айланувчи жисмнинг электр юритмадан ўтувчи ток бўйича аниқлаш ҳам мумкин. Чунки электр юритмадаги фаза тоқлари суюқлик қовушоқлигининг ўзгаришига мувофиқ ўзгаради.

Ўлчаш процессида суюқлик температураси стабиллаштирилган бўлиши керак. Қовушоқликнинг ноль қийматини аниқлаш учун айланувчи жисм 2 ҳавода айлантирилади ва юритма чулғамидаги ток қовушоқликнинг ноль қиймати деб қабул қилинади.

СССРда ишлаб чиқариладиган электрик қовушоқлик ўлчагичларнинг (ЭВН-57 II) ўлчаш диапазонни 5 хил бўлади. Бир диапазондан иккинчисига ўтиш учун айланувчи жисм 2 ўзгартирилади. Айланувчи жисмнинг уч хили (47- расмда) кўрсатилган.

3. Эритмалар концентрациясини ўлчаш

Ишлаб чиқаришни комплекс автоматлаштириш босқичида туқимачилик саноати ишлаб чиқаришида ишлатиладиган турли хил хусусиятларга эга бўлган эритмалар (кислоталар, ишқорлар, оқартув ва бўёқ моддалари ва бошқалар) таркибини анализ ва контрол қилиб туришни автоматлаштириш технологик процессни бошқариш системасининг энг зарур элементи ҳисобланади. Шу туфайли ҳозирги вақтда модда таркибини анализ қилиш методлари жуда кўп ва технологик оқимда анализ қила оладиган автоматик асбоблар яратиш жуда тез ривожланмоқда.

Модда таркибини анализ қилиш масаласи икки гурппага бўлинади: 1) анализ қилиниши керак бўлган кўп компонентли модданинг алоҳида бир компоненти миқдорини аниқлаш; 2) анализ қилиниши керак бўлган модданинг камида иккита ёки ундан кўп компоненти миқдорини аниқлаш.

Модданинг битта алоҳида компоненти миқдорини аниқлаш учун хизмат қиладиган автоматик ўлчов асбоби — концентратомер, икки ёки ундан кўп компонентлари миқдорини аниқлаш учун хизмат қиладиган асбоблар — таркиб анализаторлари деб аталади.

Модда концентрацияси C деб маълум миқдордаги модда M нинг таркибий компоненти бўлган миқдор m га нисбати билан ўлчанадиган катталikka айтилади:

$$C = \frac{m}{M} \quad (57)$$

Модда компонентининг концентрациясини ҳисоблаш учун модда M ва унинг компоненти бўлмиш модда m нинг миқдорлари ўлчанган бўлиши керак. Модда компонентининг концентрациясини бундай ўлчаш концентрация ўлчашнинг бевосита анализ қилиш методи деб аталади.

Анализ қилиниши керак бўлган модда икки ва ундан кўп компонентларининг миқдорларини (концентрацияларини) ўлчаш, автоматик анализ қилиш анча қийин масала бўлиб, бундай ҳолларда модда компонентларининг миқдорларини бевосита ўлчаш йўли билан эмас, балки уларнинг сифат параметрлари: зичлиги, қовушоқлиги, солиштир-

ма электр ўтказувчанлиги ва бошқалар орқали аниқланади. Шу туфайли бу метод билвосита анализ қилиш методи деб аталади.

Биз бунда концентрациянинг электрокондуктометрик ўлчаш усуллари билан танишамиз.

а) Кондуктометрик анализ методи

Кондуктометрик анализ методи электролитик эритмаларнинг концентрациясини уларнинг солиштирма электр ўтказувчанлиги миқдорига мувофиқ ўлчашга асосланади. Бу метод бўйича эритмаларнинг фақат бир компонентининг концентрацияси ўлчанади. Концентрацияси ўлчаниши керак бўлган компонентнинг электр ўтказувчанлиги модданинг бошқа компонентларига қараганда анча катта бўлиши ва концентрацияси ўлчанмайдиган компонентларининг концентрацияси ўлчаш процесси давомида ўзгармас бўлиши талаб қилинади.

Амалда модда концентрациясини топиш учун уни модда ўтказувчанлиги билан боғлайдиган тенгламалардан эмас (тенгламалар мураккаб бўлгани учун), балки бу икки параметрни ўзаро боғлайдиган графиклардан фойдаланилади. 48-расмда саноатда кенг қўлланиладиган эритмалардан баъзиларининг электр ўтказувчанлигини унинг концентрацияси билан боғланишини $\sigma = f(c)$ кўрсатувчи графиклар келтирилган. Графиклардан кўринадики, уларнинг концентрациясини бутун диапазон бўйича ўлчаш мумкин бўлмайди, чунки функция $\sigma = f(c)$ максимумгача бир хил ишорага эга бўлса, ундан кейин ишора ўзгаради. Шу сабабли ўлчов асбобининг шкаласини даражалашда графикларни максимумгача бўлган қисмидангина фойдаланилади ва эгри чизиқли график тўғри чизиқ билан алмаштирилади. Шунда $\Delta\sigma = K\Delta c$ деб қабул қилинади.

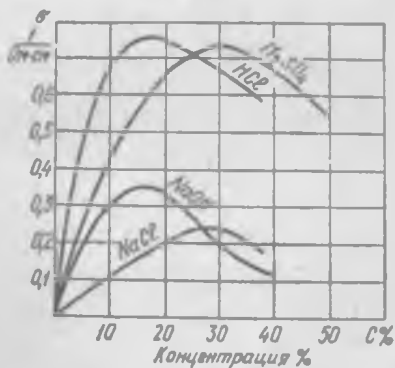
Технологик эритмаларнинг концентрациясини ўлчаш учун электрокондуктометрик концентромерларнинг қуйидаги: 1) икки электродли ўлчов ячейкасига эга; 2) тўрт электродли ўлчов ячейкасига эга; 3) контактсиз паст частотали; 4) контактсиз юқори частотали типлари кенг қўлланилади.

б) Икки электродли концентрация ўлчагич (49-расм, а) амалда кенг ишлатилади. Солиштирма қаршиликни бундай ячейка ёрдамида аниқлаш учун энг аввал электродлар орасидаги қаршилик R_x ўлчанади. Сўнгра солиштирма қаршилик

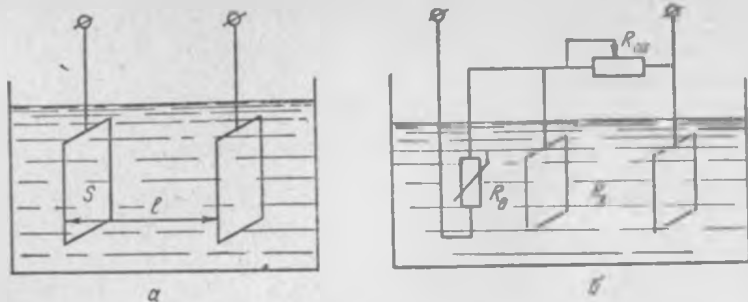
$$\sigma = \frac{1}{R_x} \cdot \frac{l}{s} = \frac{1}{R_x} \cdot K_{\sigma}; \quad (58)$$

бунда S электродлар орасидаги эритма устунининг кўндаланг кесими; l эритмадаги электродлар орасидаги масофа;

$K_{\sigma} = \frac{l}{s}$ ўлчов ячейкасининг конструкциясига боғлиқ бўлган коэффициент.



48-расм. Солиштирма электр ўтказувчанлик σ модда концентрациясига боғлиқлиги графиклари (20 °C да).



49- расм. Икки электродли электрокондуктометрик концентрация ўлчов ячейкалари:

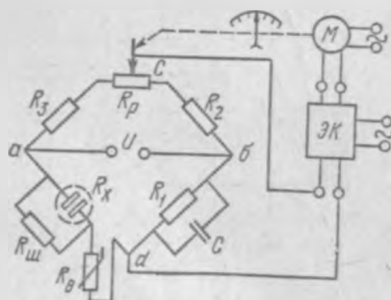
а — иссиқлик компенсациясиз; б — иссиқлик компенсацияли.

Саноатда қўлланиладиган ўлчов ячейкаларининг коэффициенти $K_0 = 0,1 - 10 \text{ см}^{-1}$ оралиғида бўлади. Ўлчов ячейкасининг коэффициенти, эритманинг электр ўтказувчанлиги 48- расмдаги графиклардан катталигига мувофиқ қабул қилинади. Электр ўтказувчанлиги кам бўлган эритмаларнинг концентрациясини ўлчаш учун қабул қилинган коэффициент K_0 қиймати ҳам кам бўлиши лозим.

Ўлчов натижаларига температура таъсирини камайтириш учун одатда, ўлчов ячейкаси билан кетма-кет металлдан ясалган қаршилик термометри R_0 уланади (49- расм, б).

Маълумки, эритма температураси ортиши билан ўлчов ячейкасининг қаршилиги R_x камаяди (солиштирма электр ўтказувчанлик ошади), металлдан ясалган термоқаршилик R_0 эса ошади, натижада температурага боғлиқ равишда электродлардан ўтадиган токнинг ўзгариши компенсация қилинган бўлади.

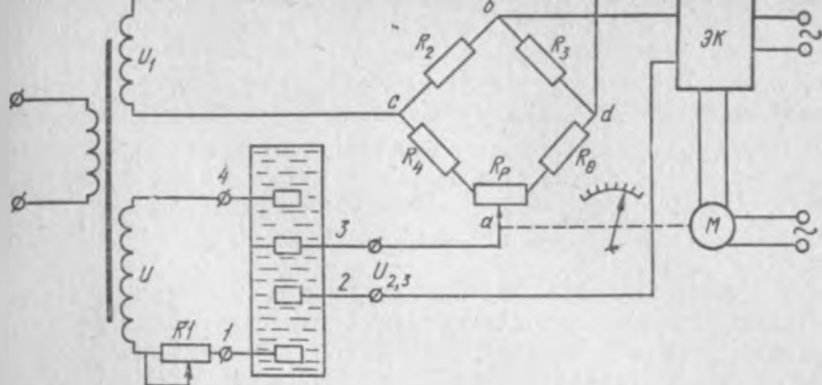
Қаршиликлар R_x ва R_0 нинг температура коэффициентлари ҳар хил бўлганлиги учун ўлчов ячейкасининг қаршилиги R_x га параллел қилиб қаршилик $R_{ш}$ уланади. Бу қаршиликни ўзгартириш йўли билан R_x ва R_0 нинг температура коэффициентлари мослаштирилади.



50- расм. Икки электродли электрокондуктометрик концентрация ўлчов ячейкасининг мувоzanатлашадиган кўприкли схемаси.

Эритманинг ўлчов ячейкаси оралиғидаги қаршилик R_x кўпинча мувоzanатланган кўприк схемаси ёрдамида ўлчанади. Кўприкнинг уч елкасидаги қаршиликлар R_1 , R_2 ва R_3 манганиндан ясалган бўлади, шунда бу қаршиликлар температурага боғлиқ бўлмайди (50- расм).

Текширилаётган эритманинг концентрацияси ўзгарса, ячейка қаршилиги R_x ўзгаради, кўприк мувоzanати бузилади. Унинг диагонали cd орасида кучланиш U_{cd} пайдо бў-



51- расм. Тўрт электродли электроиндуктометрик концентрация ўлчагичининг схемаси: 1 ва 4 — ташқи электродлар; 2 ва 3 — ички потенциометрик электродлар.

лади. Бу нобаланслик кучланиши электр кучайтиргич ЭК орқали кучайтирилиб, ижро этувчи реверсив юритма М ни ишга туширади. Ижро этувчи юритма нобаланслик кучланишининг миқдори ва ишорасига мувофиқ кўприк реохордидаги сурилувчи контакт С ни ўнга ёки чапга суради ва кўприк мувозанатини қайта тиклайди. Реохорднинг сурилгичи занжирига уланган ўлчов асбобининг стрелкаси эритманинг концентрациясини кўрсатиб туради.

Ўлчов ячейкасидаги эритма актив қаршилик R_1 дан ташқари унда яна сифим қаршилиги ҳам бўлади. Бундай сифим қаршилигини компенсациялаш учун кўприкнинг db елкаси қаршилиги R_1 га параллел қилиб, тегишли сифимга эга бўлган конденсатор C уланади.

Икки электродли ячейкага эга бўлган кондуктометрик концентрамерларнинг асосий камчилиги — электродлардаги қутбланиш бўлиб, шу туфайли унинг ўлчов аниқлиги анча пасаяди.

в) Тўрт электродли ўлчов ячейкаларига эга бўлган концентратомерларда қутбланиш камчилиги бўлиб ҳисобланмайди (51- расм). Ток эритма орқали манбага уланган ташқи электродлар 1 ва 4 дан ўтади. Қаршилик R_1 жуда катта бўлгани учун электродлар 1 ва 4 дан ўтадиган ток миқдори стабиллашган бўлади.

Ички электродлар 2 ва 3 потенциометрик электродлар деб аталади. Улар ёрдамида эритмадаги кучланиш U_{23} ўлчанади:

$$U_{23} = IR_{23} \quad (59)$$

бунда $R_{23} = \frac{\kappa_{23}}{\sigma}$ — электродлар 2 ва 3 орасидаги эритманинг қаршилиги; κ_{23} — электродларнинг ўзгармас коэффициенти,

у ҳолда

$$U_{23} = \frac{\kappa_{23}}{\sigma} \cdot I, \quad (60)$$

ток I миқдори стабиллаштирилган бўлгани учун уни ўзгармас деб қабул қилинса

$$\kappa' = \kappa_{23} I = \text{const}$$

$$U_{23} = \frac{\kappa'}{\sigma} \quad (61)$$

лик σ га ва шунигдек, электродлар орасидаги кучланиш U_{23} га мутаносиб бўлишини кўрсатади.

Кучланиш U_{23} компенсациялаш методи билан ўлчанади. Кўприкнинг ab диагоналидаги кучланиш U_{a6} эритманинг белгиланган концентрациясига мувофиқ берилган электр ўтказувчанлиги σ_0 ни белгилайди. Бунда кучланиш U_{a6} электродлар орасидаги кучланиш U_{23} билан таққосланади. Агар $U_{a6} \neq U_{23}$ бўлса, нобаланслик кучланиши

$$\pm \Delta U_x = U_{a6} - U_{23} \quad (62)$$

ҳосил бўлади. Бу нобаланслик кучланиши электрон кучайтиргич ЭК орқали кучайтирилиб, ижро этувчи реверсив юритма M ни ишга туширади. Реверсив юритма реохорд R_0 ни сурилгич контактини суриб нобалансликни йўқотади (компенсациялайди). Натижада тенглик $U_{a6} = U_{23}$ яна тикланади.

Потенциометрик метод билан эритманинг электр ўтказувчанлиги ўлчанганда электродларда қўтбланиш токи ҳосил бўлмайди. Электрик юритма реохорд R_0 нинг сурилгич контактини суриш билан бирга ўлчов асбобининг шкаласидаги стрелкани қўзғатади. Стрелка ўлчов асбобининг шкаласи бўйича эритмадаги текшириладиган компонентнинг концентрацияси ўзгаришини кўрсатади. Кучланиш U_{23} га электродлар (1 ва 4) даги қўтбланиш таъсир кўрсатмайди.

Ўлчов натижаларига эритма температурасининг ўзгариши ва электродлар орасидаги эритма сифимининг таъсирини камайтириш, автоматик компенсациялаш R_0 ва конденсатор C нинг 50-расмда кўрсатилган схемага мувофиқ киритиш йўли билан бажарилади.

Электродли электрокондуктометрик концентрация ўлчагичларининг ҳаммасига тегишли камчилик — электродларнинг эритма билан гальваник контактда бўлиши ва уларда вужудга келадиган коррозиядир. Электродлардаги коррозия ўлчов хатолигини оширади.

г) Контактсиз электрокондуктомерларда коррозия билан боғлиқ камчилик бўлмайди. Контактсиз электрокондуктометрик кондуктомерлар нормал частота 50 Гц да ёки юқори частоталарда (бир неча МГц дан 100 Гц гача) ишлаш учун мўлжалланади.

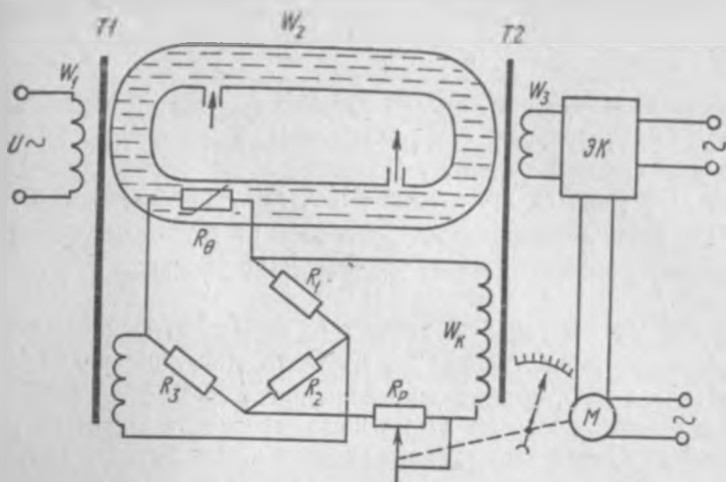
50 Гц частотада ишлайдиган контактсиз электрокондуктомерлар (52-расм) электр ўтказувчи эритма ўрамида (W_2) ҳосил бўладиган электр юритувчи куч — ЭЮК бўйича эритма концентрациясини аниқлашга асосланган. Электр ўтказувчи эритма оралиғи трансформатор $Tr1$ нинг иккиламчи чулғами функциясини бажаради.

Эритма ўрамида индукцияланган ЭЮК қуйидагича ифодаланади:

$$E_{\text{эв}} = \frac{W_2}{W_1} U,$$

бунда $W_1 - Tr1$ нинг бирламчи чулғамидаги ўрамлар сони; $W_2 = 1$ — эритманинг ўрамлар сони (бир ўрам); U — манба кучланиши. Эритма оралиғидан ўтайдиган ток қуйидагича аниқланади:

$$I_{\text{эв}} = \frac{E_{\text{эв}}}{R_{\text{эв}}} = \frac{E_{\text{эв}} \sigma}{K_{\text{эв}}} = \frac{W_2}{W_1} \cdot \frac{U}{K_{\text{эв}}} \sigma \quad (63)$$



52-расм. 50 герц частотали контактсиз электроиндуктометрик концентрация ўлчагичининг принципиал схемаси.

бу ерда $K_{\text{эп}} = \frac{I}{s}$ эритма ўрамининг ўзгармас коэффициентини. Коэффициент $K_{\text{эп}}$ эритма ўрамининг ўртача узунлигини ўрамнинг кўндаланг кесими юзига s нисбатига тенг, тажриба асосида топилади.

Тенглама (63) $\frac{W_2}{W_1} \cdot \frac{U}{K_{\text{эп}}} = \text{const}$ эритмадан ўтадиган ток $I_{\text{эп}}$ эритма электр ўтказувчанлиги σ га мутаносиблиги ва у орқали эритма концентрациясини ўлчаш мумкинлигини кўрсатади.

Ток $I_{\text{эп}}$ нинг қийматини трансформатор T_2 ёрдамида ўлчанади. Унда T_2 нинг иккиламчи ўрами W_2 да ҳосил бўладиган индукцион ЭЮК (E_2) эритма концентрациясига мутаносиб бўлади.

Амалда, автоматлаштириш кўпинча эритма концентрациясининг миқдорини эмас, балки унинг олдиндан белгиланиб қўйилган миқдори C_0 га нисбатан оғишини

$$\pm \Delta C(t) = C_0 - C(t)$$

ўлчашни талаб қилади. Бунинг учун схемада (52-расм) T_2 га компенсацион чулғам W_k киритилади. Бунда эритма концентрацияси олдиндан белгиланган миқдор C_0 га тенг бўлганда T_2 нинг ампер ўрамлари ҳам ўзаро тенг бўлиши шарт:

$$W_k I_k = I_{\text{эп}} W_2$$

Шу шартга мувофиқ компенсация ўрамининг токи топилади:

$$I_k = \frac{W_2}{W_k} \cdot I_{\text{эп}}$$

$W_2 = 1$ бўлгани учун

$$I_k = \frac{I_{\text{эп}}}{W_k}. \quad (64)$$

Бу шароитда эритмадан ўтаётган ток ёки $I_{\text{эп}} \cdot W_k$ ни ҳосил қилган магнит майдони ампер ўрам $I_k W_k$ томонидан ҳосил қилинган майдон томонидан компенсация қилинган бўлади.

T_2 нинг W_2 ўрамида ҳеч қандай ЭЮК индукцияланмайди. Бунинг учун эритма концентрациясининг ўзгариши ва шунга мувофиқ T_2 нинг бирламчи чулғаидаги ампер ўрамларининг ўзгариши вужудга келиши керак.

Эритманинг концентрацияси ўзгарса $I_{\text{эп}} \pm \Delta I_{\text{эп}}$ бўлади. Шунга мувофиқ T_2 нинг иккинчи чулғаи W_2 да ЭЮК индукцияланади. Электрон кучайтиргич ЭК томонидан кучайтирилган ЭЮК энди ижро этувчи реверсив электрик юритма M ни ишга туширади. Электрик юритма ўз навбатида кўприк занжиридаги реохорд қаршилиги R_p ни ундаги сурилгич контактни маълум томонга суриш йўли билан ўзгартиради. Натижада $\Delta I_{\text{эп}}$ га қарама-қарши йўналган компенсацион ток пайдо бўлади, $\Delta I_{\text{эп}} \approx \Delta I_k$ бўлганда юритма ишдан тўхтади ва янги мувозанат ҳолат вужудга келади. Электр юритма реохорднинг сурилувчи контактини суриш билан бирга ўлчов асбобининг стрелкасини ҳам оқдиради.

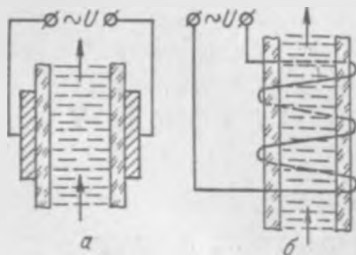
Ўлчов асбоби икки хил функцияни бажариши мумкин: 1) стрелка эритма концентрациясининг олдиндан берилган миқдор C_0 га нисбатан ўзгаришини кўрсатиб туради, 2) концентрация ўзгаришини лентага ёзиб боради.

Эритма температурасининг ўзгариши билан вужудга келадиган ўлчов хатолиги, олдинги схемалардагидек, кўприкнинг R_0 елкасини эритмага тушириб қўйиш билан компенсацияланади.

д) Контактсиз юқори частотали концентрация ўлчагичлар.

Контактсиз юқори частотали концентрация ўлчагичларнинг ўлчов ячейкалари конденсатор (53- расм, а) ёки индуктив ўрамдан (53- расм, б) иборат. Бу ячейкалар актив ва реактив қисмлардан иборат комплекс қаршиликка эга. Қаршиликлар миқдори эритманинг физик ва химиявий хусусиятлари, яъни уларнинг солиштирама электр ўтказувчанлиги ёки диэлектрик сингдирувчанлиги билан аниқланади.

Диэлектрик сингдирувчанлиги катта бўлган эритмаларнинг концентрациясини ўлчаш учун конденсаторли ўлчов ячейкаси қўлланилади. Солиштирама электр ўтказувчанлиги катта бўлган эритмаларнинг концентрациясини ўлчаш учун эса индуктив ўрамли ўлчов ячейкаси қўлланилади.



53- расм. Юқори частотали контактсиз концентрация ўлчов ячейкалари:

а—сигмили, б—индуктив ячейкали.

эга бўлганлиги учун унинг концентрациясини ўлчайдиган концентратомернинг ўлчов ячейкаси сифатида конденсатордан фойдаланилади ва ячейканинг эквивалент сифимининг ўзгариши контрол қилинади. Бундай концентратомерлар диэлкометрлар деб аталади.

Диэлкометрлар органик суюқликлардаги сув концентрациясини ва, шунингдек, органик моддаларнинг намлигини ўлчаш учун қўлланилади.

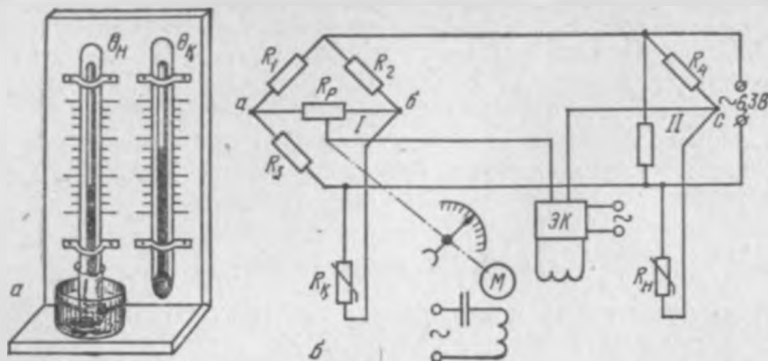
6- §. Намликни ўлчаш

Тўқимачилик ишлаб чиқаришининг самарадорлигини ва маҳсулот сифатининг юқори бўлишини таъминлашда ишлаб чиқариш биноларида, тўқув цехларида микроклим ҳосил қилиш, меҳнат предмети-нинг намлиги ва технологик процессда иштирок этадиган моддалар ва ҳаво намлигини ҳисобга олиш, кўпинча биринчи даражали масала бўлиб қолади. Шу туфайли моддалар ва ҳавонинг намлигини технологик процесс давомида назорат қилиш ва ўлчашга катта аҳамият берилади. Масалан, биргина танда ипининг намлиги ўлчаниб контрол қилинмаса, унинг намлиги юқори бўлиб қолса, охорлашдан кейин у ёпишқоқ бўлиб қолади ва тўқиш процессида ипни кўплаб узатишга сабаб бўлади.

Намликни ўлчаш усуллари турли хил бўлиб, моддаларнинг физик хусусиятларига боғлиқ бўлади. Масалан, тўқимачилик фабрикаларида намликни ўлчаш учун кўпинча «психрометрик» ва «шудринг нуқтаси» деб номланган методлардан фойдаланилади. Қаттиқ ёки эластик жисмлар (газлама, танда ипи, пахта ва бошқалар) намлигини аниқлаш учун эса жисм намлиги билан функционал боғлиқ бўлган унинг бошқа бирор параметри (электр ўтказувчанлиги) орқали ўлчайдиган билвосита методлар қўлланилади. Ҳозирги вақтда билвосита методлар ичида «кондуктометрик», «диэлектрик сингдирувчанлик» методлар ва ўта юқори частотали ўлчов асбоблари кенг қўлланилади. Бу методлар намликни технологик процесс давомида узлуксиз автоматик ўлчаш имконини беради.

Ҳаво намлиги ва уни ўлчаш методлари. Тўқимачилик фабрикаси цехларининг ҳавоси турли газлар ва сув буғининг аралашмасидан иборат бўлиб, ундаги ҳар қандай жисм сиртига тушадиган атмосфера босимининг бир қисмини ана шу сув буғи босими ташкил қилади. Ҳаводаги сув буғининг мавжуд миқдорига мувофиқ ҳаво намлиги ва босими ўзгариб туради. Маълум шароитда цех ҳавосининг бирор қисми тўйинган буғ билан қопланган бўлса, бошқа бир қисми сув буғига кам тўйинган бўлиши мумкин.

Ҳавонинг бугга тўйиниши ҳар хил бўлиши температурага ҳам боғлиқдир. Масалан, 1 м^3 ҳажмдаги ҳаво намлиги 100% бўлиши, яъни ҳаво бугга тўйинган бўлиши учун буг температураси 100°C , тўйинган буг босими P_0 , 760 мм симоб устунига, ёки $760 \cdot 133,3 = 100\,308 \text{ Н/м}^2$ га тенг бўлиши кераклиги аниқланган. Бошқа температура шароитларида буг билан тўйинган ҳаво босими P_0 ва намлиги



54- расм. Психрометрлар:

а— оддий симобли; б— автоматик электром; психрометр схемаси

ҳам ўзгариб туради. Шундай сабабларга кўра ҳаво намлигини аниқлашда нисбий намлик тушунчасидан фойдаланилади.

Ҳавонинг нисбий намлиги φ бир хил температура шароитида ҳаводаги сув буғи босимининг (P) буғга тўйинган ҳаво босими (P_0) нисбати орқали аниқланади:

$$\varphi = \frac{P}{P_0} \quad (65)$$

Ҳавонинг нисбий намлигини ўлчашнинг психрометрик методи билан танишамиз.

Психрометрик метод. Бунда ҳавонинг нисбий намлиги психрометр деб аталадиган махсус асбоблар ёрдамида ўлчанади.

Энг содда психрометр иккита бир хил термометрдан тузилган (54- расм, а). Улардан бири текширилаётган ҳаво температурасини ўлчайди ва қуруқ термометр деб аталади. Иккинчи термометрнинг симобли косачаси нам мато билан ўралган ва бу матонинг учи сувли идишга туширилиб қўйилган бўлади, намланган термометр деб аталади.

Ташқи ҳаво ҳарорати таъсирида сувнинг мато орқали буғланиши термометрни совитади. Ҳавонинг нисбий намлиги қанча юқори бўлса, бундай буғланиш шунча секин бўлади. Ҳаводаги нисбий намлик 100% бўлганда сув умуман буғланмайди ва қуруқ термометр температураси ҳўл термометрнинг температурасига тенг бўлиб қолади. Нисбий намликни аниқлашда психрометрнинг бу хусусиятидан фойдаланилади. Ҳаво ёки газсимон моддаларнинг нисбий намлиги, қуруқ ва нам термометрлар кўрсатган температуралар фарқи $\theta_k - \theta_n$ асосида махсус психрометрик жадвал (5- жадвал) орқали топилади.

Нисбий намликни

$$P = P' - A (\theta_k - \theta_n) P_{\text{бар}}$$

ёки

$$P = P' - K_n P_{\text{бар}}$$

(66)

Психрометрик жадвал
(Ҳавонинг ҳаракат тезлиги 2,5 м/с ва ундан ҳам юқори бўлган шароитлар учун)

5- жадвал

Температуранинг психрометрик фарқи	Куруқ термометр кўрсаткичига мувофиқ ҳавонинг нисбий намлиги, %							
	0	10	16	20	30	40	50	60
0,5	91	94	96	96	97	97	97	97
1,0	82	88	91	91	93	94	95	95
2,0	65	78	81	82	86	88	90	90
3,0	48	65	72	74	79	82	84	85
4,0	33	54	62	66	72	77	79	81
5,0	20	44	54	58	66	71	74	77
6,0	—	34	46	51	61	66	70	73
8,0	—	15	30	36	50	56	62	66
10,0	—	—	16	24	40	48	54	60
12,0	—	—	—	11	30	40	47	52
14,0	—	—	—	—	20	32	41	46
16,0	—	—	—	—	13	25	34	40
18,0	—	—	—	—	—	19	29	35
20,0	—	—	—	—	—	—	24	30
25,0	—	—	—	—	—	—	12	20
30,0	—	—	—	—	—	—	—	11

психрометрик формулага мувофиқ ҳам ҳисоблаш мумкин. Бу ерда P — ҳаводаги сув буғининг парциал босими; Н/м^2 ; P' — нам термометр кўрсатадиган температурадаги тўйинган буғ босими; Н/м^2 $K_n = A(\theta_k - \theta_n)$ — психрометрик коэффициент; $P_{\text{бар}}$ — барометрик атмосфера босими; A — психрометрик катталик, $1/^\circ\text{C}$.

Нисбий намликни топиш учун:

1) ҳаводаги сув буғининг босими P нинг қиймати формула (66) га мувофиқ ҳисобланади;

2) буғ билан тўйинган ҳаво босими P_0 психрометрик жадваллардан топилади;

3) сўнгра $\varphi = \frac{P}{P_0} \%$ бўйича ҳавонинг нисбий намлиги ҳисобланади.

Психрометрик катталик A нинг қиймати психрометрнинг конструкцисы, нам термометрнинг ёнидаги газ ёки ҳавонинг ҳаракат тезлиги v ва атмосфера босими $P_{\text{бар}}$ га боғлиқ равишда аниқланади ва психрометрик жадвалдан топилади. Агар ҳаво ёки газ тезлиги $v > 0,5$ м/с бўлса, A нинг қиймати эмперик формула

$$A = 10^{-5} (65 + \frac{6,75}{v}) \quad (67)$$

орқали ҳисоблаб топилади. Бунда v — нам термометр ёнидаги ҳаво ёки газ ҳаракатининг тезлиги. Агар $v < 0,5$ м/с бўлса, A нинг қиймати 6-жадвалдан олинади.

м/с	0,11	0,14	0,16	0,21	0,33
A	$0,836 \cdot 10^{-3}$	$0,730 \cdot 10^{-3}$	$0,738 \cdot 10^{-3}$	$0,722 \cdot 10^{-3}$	$0,710 \cdot 10^{-3}$

Амалда сув буғини нам термометр температураси бўйича босими P' ва қуруқ термометр температураси бўйича босими P психрометрик жадваллардан топилади.

Психрометрик метод бўйича нисбий намликни ҳисоблашни қуйидаги мисолдан куриш мумкин.

Берилган: атмосфера босими $P_{\text{бар}} = 99300 \text{ Н/м}^2$;

қуруқ термометрнинг курсатиши $\theta_k = 30^\circ \text{C}$;

нам термометрнинг курсатиши $\theta_n = 22^\circ \text{C}$;

нам термометр атрофидаги ҳаво ҳаракатининг тезлиги

$$v = 2,5 \text{ м/с}$$

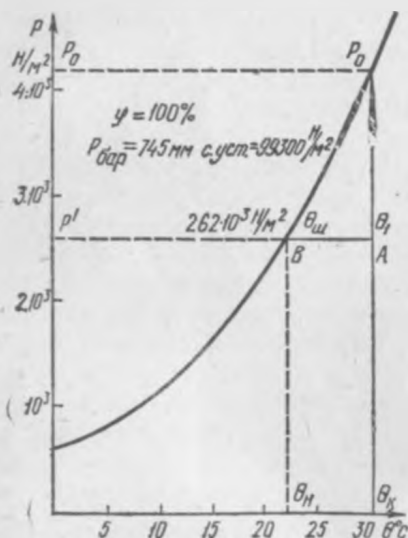
а) Ҳавонинг нисбий намлигини психрометрик формула бўйича ҳисоблаш;

1) формула (67) бўйича A нинг қиймати топилади:

$$A = 10^{-6} \left(65 + \frac{6,75}{v} \right) = 10^{-6} \left(65 + \frac{6,75}{2,5} \right) = 10^{-6} \cdot 67,7,$$

2) нам термометр курсатиши $\theta_n = 22^\circ \text{C}$ га мувофиқ психрометрик графикдан (55- расм). P' ни топамиз: $P' = 2,62 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$.

3) шундан сўнг психрометрик формула бўйича P топилади.



55- расм. Нам ҳаводаги сув буғи босимининг температурага боғлиқлик графиги.

$$P = P' - A(\theta_k - \theta_n) \quad P_{\text{бар}} = 2,62 \cdot 10^3 - 67,7 \cdot 10^{-6} \cdot 99300 = 2,62 \cdot 10^3 - 537,9 = 2092,2 \text{ Н/м}^2;$$

4) қуруқ термометр курсатишига ($\theta_k = 30^\circ \text{C}$) мувофиқ буғ билан туйинган ҳаводаги сув буғи босими ҳам психрометрик графикдан (55- расм) топилади ($P = 4,2 \cdot 10^3$). Энди ҳавонинг нисбий намлигини топиш мумкин:

$$\varphi = \frac{P}{P_0} = \frac{2092,2}{4200} = 0,49816 \approx$$

$$\approx 50 \, \%.$$

$\varphi \approx 50 \, \%$ ҳавонинг нисбий намлиги;

б) Ҳавонинг нисбий намлигини психрометрик жадвалдан топиш:

$$\Delta \theta = 30 - 22 = 8^\circ \text{C}, \quad \theta_k = 30^\circ \text{C} \text{ ва}$$

$$v = 2,5 \text{ м/с}$$

булганда 5- жадвалдан ҳавонинг

$$\varphi \approx 50 \%$$

Амалда нисбий намликни ўлчаш ва контрол қилишни автоматлаштириш учун оддий термометрлар ўрнида термопаралар ёки қаршиликли термометрлардан тузилган психрометр схемаларидан фойдаланилади. Психрометрик коэффициент A нинг ўзгармас бўлишини таъминлаш учун ҳаво ёки газ тезлигини ўзгармас равишда ва 3—4 м/с дан кам бўлмаслигини сунъий равишда таъминлаб турилади. Бунинг учун вентильатордан фойдаланиш мумкин.

54-расм, b да қаршиликли термометрлардан тузилган электропсихрометрнинг принципаал схемаси кўрсатилган. Ўлчов асбоби кўприк I ва II лардан олинadиган сигналлар асосида ишлайди. Кўприклар стабиллаштирилган 6,3 В ли ўзгарувчан ток (50 Гц) манбаига уланади. Қуруқ қаршиликли термометр R_k ни I кўприкка, нам қаршиликли термометр R_n ни эса II кўприкка уланади.

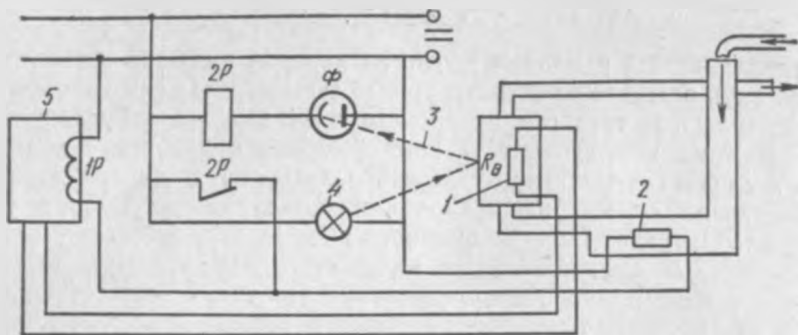
Биринчи кўприк диагоналининг учлари a ва b орасидаги потенциаллар фарқи қуруқ термометр температурасига, a ва c нуқталари орасидаги потенциаллар фарқи эса нам термометр температурасига муносиб бўлади.

Қўш кўприкнинг b ва c диагонали орасидаги кучланиш қуруқ ва ҳўл термометрлар температуралари фарқига $\theta_k - \theta_n$ муносиб бўлади. Ҳавонинг нисбий намлиги ана шу кучланишга мувофиқ компенсациялаш йўли билан ўлчанади. Қўш кўприкнинг диагонали b ва c орасидаги қаршиликлар R_k ёки R_n нинг ўзгариши билан боғлиқ бўлган кўприклар орасидаги мувозанатнинг бузилиши натижасида вужудга келадиган ΔU кучланиш электрон кучайтиргич ЭК дан ўтиб ижро этувчи юритма M ни ишга туширади. Ижро этувчи юритма кўприкнинг b ва c нуқталари орасидаги кучланиш нолга тенг бўлгунча реохорд қаршилиги R_p ни ўзгартиради ва янги мувозанат ҳолат ўрнатилгунча ҳаракат қилади. Шунда юритма валига уланган ўлчов асбобининг стрелкаси ҳам сурилиб ҳавонинг нисбий намлигини кўрсатиб туради.

Психрометрик методнинг афзаллиги унинг ўлчаш аниқлигининг юқорилиги, температура нолдан юқори бўлганда, инерционликнинг анча камлигидадир. Камчилиги шундаки, ўлчов натижалари ҳаво ёки газнинг ҳаракат тезлиги ҳамда атмосфера босими ($P_{\text{бар}}$) ўзгаришига боғлиқ бўлади. Ўлчаш хатолиги атмосфера температурасининг пасайиши билан ортиб боради.

«Шудринг нуқтаси» методи

Ҳаво таркибида буғ бўлгани учун ўзгармас ҳаво босими шароитида у совитилса, маълум температурада θ_r ҳаводаги буғ шудрингга айланади. Бу температура «шудринг нуқтаси» деб аталади. Шудринг нуқтаси температураси θ_r маълум бўлса, шудринг нуқтасининг тўйинган сув буғи босими P_r ни психрометрик график орқали аниқлаш мумкин. Шунингдек, намлиги текширилаётган ҳаво босими ўзгармас $P_0 = \text{const}$ бўлганда унинг буғга тўйинган босими P_0 , маълум ҳаво температура-



56- расм. Автоматик гигрометрнинг принципиал схемаси:

1— цилиндрик қўғу; 2— электр қиздиргич; 3— қўғудан қайтувчи нур; 4— кўрсатувчи ски ёзиб олувчи милливольметр.

си R_k га мувофиқ психрометрик жадвал ёки графиклардан топилади. Шундан сўнг ҳавонинг нисбий намлигини аниқлаш мумкин бўлади;

$$\varphi = \frac{P_{ш}}{P_{н}} \cdot 100 \% \quad (68)$$

Ҳавонинг шудринг нуқтаси температураси θ_r ни топишни автоматлаштириш учун амалда гигрометрлардан фойдаланилади.

56- расмда автоматик гигрометрнинг принципиал схемаси кўрсатилган. Унда намлиги ўлчаниши лозим бўлган шудринг нуқта температураси $\theta_{ш}$ ҳаво совиши билан кўзгу сиртига буғ пардаси тушиши ҳодисасига мувофиқ аниқланади. Схемада кўзгу ўрнида сирти сайқалланган цилиндрик идиш 1 ишлатилган. Кўзгу сиртининг буғланиши унинг ичидан ўтиб турадиган сув температураси шудринг нуқта температураси θ_r га тенг бўлганда бошланади. Буғланиш температураси θ_r ўз навбатида ташқи ҳаво намлигига боғлиқ бўлади. Шудринг нуқта температурасини ўлчаш ва ёзиб олиш вазифасини қаршиликли термосезгич R_θ билан уланган иккинчи ўлчов асбоби—логометр ёки тушувчи ёйсимон бандли милливольметр 5 бажаради. Вольтметрнинг ёйсимон бандини бошқарувчи реле 1 P, ўз навбатида реле 2 P томонидан, кўзгу сиртига буғ пардаси тушишига, яъни $\theta_{ш}$ га мувофиқ бошқарилади. Текширилаётган ҳаво намлигининг ўзгаришига боғлиқ равишда ўзгариб турадиган шудринг нуқта температурасини милливольметр 5 кўрсатиб туради ёки ёзиб олади. Шудринг нуқтаси температурасини ўлчашни автоматлаштириш учун унинг ўзгариши кўзгу сиртининг буғланиш процесси билан боғланади. Бунинг учун фотоэлемент Φ кўзгу сиртидан қайтувчи нур билан ёритиладиган қилиб ўрнатилади.

Қайтувчи нур оқими 3 кўзгу сирти буғланганда камаяди, буғланмаганда эса кўпаяди. Кўзгу сирти буғланганда фотоэлементга ёруғлик тушиши камайиши билан унинг фототоки ҳам камаяди, буғланмаганда эса фототок кўпаяди, фототок кўпайганда реле 2 P ишлаб ўз контактини узади. Реле 2 P контакти узилганда қиздиргич 2 дан ток ўтмайди, вольтметр 5 цилиндр 1 температурасини ёзиб олишдан

тўхтади. Қиздиргич 2 дан ток ўтмаслиги сабабли сув совиб цилиндрнинг кўзгу сирти яна буғланади. Кўзгудан қайтувчи нур оқими камайиши билан реле 2 P чулғамидан ўтадиган фототок ҳам камайиб кетади, шунда унинг контакти 2 P уланади. Қиздиргич 2 сувни яна исита бошлайди, ойна — кўзгу сиртидаги буғ пардаси тарқалади, ундан қайтувчи ёруғлик нури яна кўпаяди. Кўзгу сирти буғланиши билан аниқланадиган шудринг нуқтасининг температураси $\theta_{ш}$ ни ўлчов асбоби 5 кўрсатиб туради ёки ёзиб олади. Шунда аниқланган $\theta_{ш}$ ва $\theta_{га}$ мос келадиган $P_{ш}$ ва P_0 лар қийматини гигрометрик график ёки жадваллардан топилиб, ҳавонинг нисбий намлигини исталган вақтда (68) формулага мувофиқ аниқлашга имкон туғилади.

2. Газмол ва танда ипи намлигини ўлчаш

Газмол ва танда ипи намлигини ўлчаш, уларнинг электрик параметрларининг актив қаршилиги ёки диэлектрик доимийсининг намлик ўзгариши билан ўзгаришига асосланади. Бундай жисмларнинг намлигини ўлчаш учун кондуктометрик метод ёки электр сифимини ўлчаш методлари қўлланилади.

Кондуктометрик метод. Қаттиқ жисмлар ички капилляр ғовакларга эга бўлиб, бу ғовакларда намлик сақланади. Бундай материалларнинг (охорланган танда ипи, тўқима газмоллар) электр хусусиятлари (электр ўтказувчанлиги, актив қаршилиги) ана шу намлик даражасига боғлиқ бўлади. Материал қуруқ бўлса, унинг солиштира (ҳажмий) қаршилиги $\rho_v = 10^{10}$ Ом · см дан ҳам ошиб кетади ва диэлектрикка айланади. Материал ғоваклари намланганда эса унинг солиштира қаршилиги $\rho_v = 10^{-2}$ Ом · см гача тушиб электр ўтказгичга айланиб қолади. Бундай материалларнинг (пахта толаси, жун, ипак ва бошқалар) қаршилигининг намликка боғлиқлиги қуйидаги даражали функция билан ифодаланади:

$$R_x = \frac{a}{m^n} \quad (69)$$

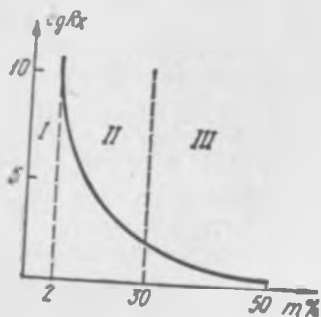
бунда R_x — материал қаршилиги; a — сезгичнинг тузилиши ва ўлчаш шароитига боғлиқ бўлган коэффициент; m — намлик; n — материал толасининг турига боғлиқ бўлган коэффициент (пахта толаси учун $n = 10 \dots 11$, жун учун $15 \dots 16$).

Материал қаршилигининг намлик билан боғланиш функциясининг $\lg R_x = f(m)$ графиги 57-расмда кўрсатилган.

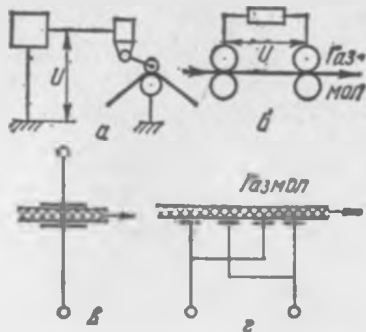
Графикнинг I бўлимида (намлик 0 ... 2%) намликни кондуктометрик метод билан ўлчаб бўлмайди, чунки бунда намлиги ўлчаниши керак бўлган материалнинг актив қаршилиги жуда катта.

Графикнинг III бўлимида (намлик 30% дан юқори) ҳам намлик ўлчаш учун кондуктометрик методни қўллаб бўлмайди. Бунда намлик ўлчагичининг сезувчанлиги жуда паст бўлганлиги сабабли ўлчаш натижаларига намликдан бошқа факторларнинг (температура, материал структураси, зичлиги ва бошқалар) таъсири ошиб кетади.

Кондуктометрик метод материал намлиги 2 ... 30% бўлганда (графикнинг II бўлимида) юқори аниқликка эга бўлади. Намлик ўлчагичининг сезувчанлиги ва ўлчаш аниқлиги жуда юқори бўлади.



57- расм. Газлама ёки танда ипи қаршилигининг намликка кўра ўзгариши графиги.



58- расм. Газлама ёки танда ипининг намлигини ўлчаш:

1— кондуктометрик датчиклар: а— материал қалинлигини қаршилиги бўйича ўлчаш; б— оралиқ қаршилиги бўйича ўлчаш; 2— диэлектрик ўтказувчанлик датчиклари: в— материалнинг қалинлиги бўйича ўлчаш; г— оралиқ диэлектрик ўтказувчанлиги бўйича ўлчаш.

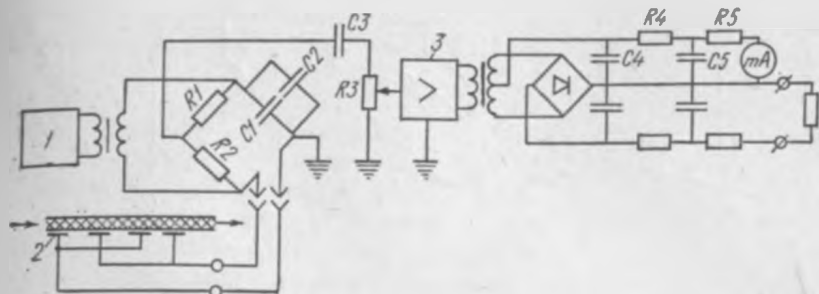
Кондуктометрик намлик ўлчагичларда 58-расм, а, б сезувчи элемент вазифасини цилиндрик трубкalar ёки роликлардан тузилган иккита электроддан иборат ўлчагичлар бажаради. Намлиги ўлчаниши керак бўлган материал газмол ёки танда ипи шу электродлар орасидан ўтади.

Ўлчаш схемаси сифатида кўприк схемаларидан фойдаланилади.

Диэлектрик сингдирувчанлик методи. Материаллар таркибида намликнинг бўлиши унинг диэлектрик сингдирувчанлигини ўзгартиради. Бунга сабаб шуки, газлама ёки танда ипининг қуруқ ҳолдаги нисбий электр ўтказувчанлиги 2—6 дан ошмайди. Сувники эса 80 гача боради. Шу туфайли газлама ва танда ипларининг намлиги озгина бўлса ҳам, сув борлигидан кескин ошиб кетади. Шунинг учун улардаги намликни диэлектрик сингдирувчанликни ўлчаш йўли билан аниқлаш мумкин. Бунинг учун материал жойлашган конденсаторнинг электр сифimini ўлчаш kifоя.

Технологик процесс давомида узлуксиз ўтиб турадиган газмол ёки танда ипининг намлигини ўлчаш учун қўлланадиган сезгичларнинг электродлари ёйиқ пластиналардан иборат бўлади. Бундай сезгичлар икки хил тузилган бўлади; 1) газлама ёки танда ипларининг қалинлиги бўйича намликни ўлчаш (58-расм, в), бунда газлама конденсатор пластиналари орасидан ўтади; 2) газламанинг маълум узунлигидаги сифими ўзгариши бўйича намликни ўлчаш (58-расм, г) сезгич электродлари бир неча пластиналардан иборат бўлиб, бир хил текисликда ўрнатилган бўлади ва газлама пластиналар устида 1—1,5 мм баландликдан ўтади. Бундай сезгичлар газмол ёки танда ипининг намлигини ўлчашда кўпроқ қўлланилади.

Мисол сифатида ЦНИХБИ да тайёрланган газмол намлигини ўлчаш учун мўлжалланган асбобнинг ишлаш принципи билан танишамиз



59- расм. Диэлектрик ўтказувчанлик бўйича намликни ўлчаш схемаси.

(59- расм). Сезгич 2 конденсаторлар C_1 ва C_2 лардан тузилган, муво-
занатланмаган кўприк схемасининг бир елкасига уланган бўлиб, кў-
прик частотаси 1 кГц ли ўзгарувчан ток генератори 1 дан таъминла-
нади. Кўприкдан чиқувчи ва резистор R_3 дан олинadиган кучланиш
намлик ўзгариши тўғрисидаги информация (сигнал) газмол намлиги-
нинг ўзгариши билан боғлиқ бўлади. Бундай нобаланслик сигнали
кучайтиргич 3 да кучайтирилади, ток тўғрилагичдан ўтиб миллиам-
перметр стрелқасини намлик ўзгаришига мувофиқ оғдиради ва кўрса-
тиб туради. Нобаланслик сигнали 0—5 Ма қийматларга эга бўлган
ўзгармас токли стандарт сигнал бўлиб, стандарт регуляторлар учун
кириш сигнали ҳам бўлади. Мазкур ўлчов қурилмаси 5—12 ёки 7—
15% гача намликни ўлчаш учун қўлланилади.

7- §. Силжиш, куч, тезликни ўлчаш. Ўлчов асбоблари

Потенциометрик силжиш ўлчагичлар. Оралиқ X ёки бурчак α бў-
йича силжишни ўлчайди ва электрик сигналга айлантиради. Кириш
сигнали оралиқ X га ёки α бурчакка силжиш бўлса, оралиқ X ёки α
даги кучланиш потенциометрдан чиқувчи сигнал U_q бўлади (60-
расм, а, б).

Потенциометр U кучланишли манбага уланганда қаршилик R
орқали ток I ўтади. Агар сурилгич C қаршилик R бўйича X оралиққа
сурилса, ундан чиқувчи сигнал қуйидагича аниқланади;

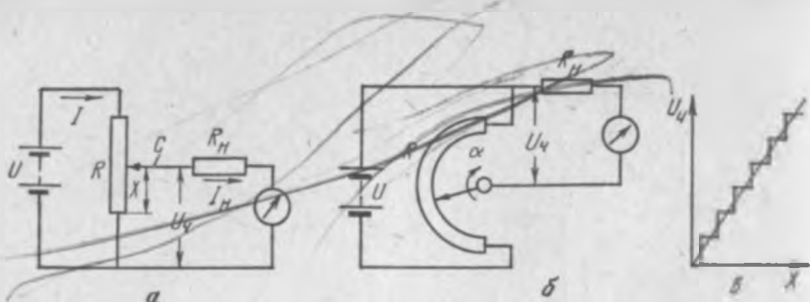
$$U_q = IR_x = U \cdot \frac{R_x}{R}, \quad (71)$$

бунда

$$I = \frac{U}{R}$$

Потенциометрнинг чулгами бир текис ўралган ва уни бирлик ора-
лиқларидаги қаршилиги ўзгармас бўлса, қуйидаги тенглама ўринли
бўлади:

$$\frac{R_x}{R} = \frac{U_q}{U} \quad (72)$$



60- расм. Силжишни ўлчайдиган бир тактли потенциометр:

а — тўғри чизиқ бўйича сурилгичли потенциометр; б — бурчак бўйича сурилгичли потенциометр; в — потенциометрнинг нагрузкасиз режимдаги характеристикаси.

чиқиш сигнали

$$U_x = \frac{U}{R} \cdot R_x = K R_x \quad (72)$$

бунда $K = \frac{U}{R}$ узатиш коэффициенти, R_x сурилгич сурилган оралиқдаги қаршилик, R потенциометрнинг тула қаршилиги.

Формула (72) потенциометрик сезгичлардан чиқувчи U_x кучланиш билан кирувчи сигнал (сурилиш оралиғи) X орасида тўғри мутаносиблик борлигини кўрсатади.

Потенциометр чулғамининг солиштирма қаршилиги катта ва иссиқлик коэффициенти жуда кам бўлган симлар (константан, манганин, нихром ва бошқалар) дан тайёрланади. Унинг ҳар бир ўрамининг қаршилиги ΔR га тенг деб фараз қилинса, потенциометрнинг статик характеристикаси $U_x = f(x)$ идеал тўғри чизиқ бўлмайди (60- расм, в), чунки сурилгич бир ўрамдан иккинчи ўрамга ўтганда ундан чиқувчи кучланиши U_x бир поғонадан иккинчи поғонага сакраб ўтади.

Потенциометр статик характеристикасининг тўғри чизиқли (поғонасиз) бўлиши учун ундаги ўрамлар сонини чексиз ошириш керак.

Автоматик системаларда бундай бир тактли сурилиш сезгичлари ўрнида кўпинча икки тактли потенциометрик сезгичлар ҳам қўлланилади. Бу сезгичларнинг сурилгичидан олинадиган сигнал U_x нинг миқдоридан талқари ишораси ҳам ўзгаради. Ундаги сигнал ўтказувчи симларнинг бир учи потенциометр қаршилигининг ўрта нуқтаси $\frac{1}{2}$ га уланади, иккинчи учи эса сурилгичга уланган бўлади. Агар сурилгич қаршиликнинг ўрта нуқтасида $\frac{1}{2}$ турса, потенциометрдан сигнал чиқмайди ($U_x = 0$). Сурилгич 0 нуқтадан юқорида бўлганда чиқувчи сигнал мусбат ($+U_x$) пастда бўлса, манфий ($-U_x$) бўлади (61- расм).

Потенциометрик сезгичлар кўпинча машина ва механизмларнинг маълум кичик оралиққа сурилишининг ёки бурчакка бурилишини ўлчаш учун хизмат қилади.

Потенциометрик сезгичларнинг афзаллиги уларнинг конструкциясининг соддалиги, массаси ва ҳажм ўлчамларининг кичиклиги, ўз-

гармас ва ўзгарувчан ток манбаларига ула-
ниши мумкинлиги, юқори стабилликка эгаллиги
ва созлаш ишларининг соддалигидадир. Ун-
даги сурилма контактнинг мавжудлиги унинг
ишончли ишлаши ва иш муддати камайишига
сабаб бўлади. Сезувчанлигининг юқори эмас-
лиги ва поғонали характеристикага эгаллиги
бундай сезгичларнинг асосий камчилиги ҳи-
собланади. Потенциометр чулғамининг реак-
тив қаршилиги ҳисобга олинмайди.

Индуктив силжиш ўлчагичлар. Индуктив
силжиш ўлчагичларнинг ишлаш принципи
электромагнит системасининг қўзғалувчи те-
мир ўзагидаги ҳаво оралиғи δ га боғлиқ ра-
вишда электромагнит чулғамининг индуктив-
лиги L нинг унга мутаносиб ўзгаришига
асосланади (62-расм, а). Ўлчанадиган миқ-
дор — силжиш X таъсирида қўзғалувчан те-
мир ўзакнинг силжиши электромагнит чул-
ғами индуктивлигини ўзгартиради. Индук-
тивлик формуласига мувофиқ:

$$L = \frac{\Phi \omega}{I}; \quad \Phi = \frac{I \omega}{R_m} \quad \text{бундан} \quad L = \frac{\omega^2}{R_m} = \frac{\omega^2}{R_r + R_\sigma} \quad (73)$$

бу ерда ω — электромагнит чулғамидаги ўрамлар сони; R_m — магнит
занжирининг қаршилиги; R_r — темир ўзакнинг магнит қаршилиги; R_σ —
ҳаво оралиғининг магнит қаршилиги.

Темир ўзакнинг магнит қаршилиги R_r ўзгармас миқдор; ҳаво ора-
лиғи қаршилиги R_σ эса темир ўзак силжишига боғлиқ бўлган ҳаво
оралиғи δ нинг ўзгаришига мутаносиб равишда ўзгаради:

$$R_\sigma = \frac{2\delta}{\mu F_0} \quad (74)$$

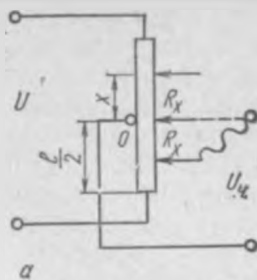
бу ерда F_0 — ҳаво оралиғининг кўндаланг кесим юзи, μ — ҳаво ора-
лиғининг магнит сингдирувчанлиги.

Ҳаво оралиғининг қаршилиги темир ўзак магнит занжирининг маг-
нит қаршилигидан жуда катта $R_\sigma \gg R_r$ эканини назарга олганда
электромагнит чулғамининг индуктивлигини қуйидагича ифодалаш
мумкин;

$$L \approx \frac{W^2 \mu F_0}{2\delta} \quad (75)$$

Индуктивлик ифодасидан фойдаланиб, занжирдаги ток ифодасини қуйи-
дагича ёзиш мумкин:

$$I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \omega^2 \left(\frac{W^2 \mu F_0}{2\delta} \right)^2}} \quad (76)$$



61-расм. Икки тактли по-
тенциометрик датчик:

а— принципал схемаси; б—
нагрузкисиз режимдаги ста-
тик характеристикаси.

бу ерда R — занжирнинг актив қаршилиги; ω — ўзгарувчан ток частотаси. Бу ифода занжирдаги ток I ўзгариши, ўлчагичдаги ҳаво оралиғи δ ҳаво оралиғининг кўндаланг кесими F_0 ёки ҳаво оралиғининг магнит сингдирувчанлиги μ лар ўзгаришига мутаносиблигини ва шу ток орқали механик силжиш миқдорини ўлчаш мумкинлигини кўрсатади.

Индуктив силжиш ўлчагичлар уч турли бўлади: 1) Ҳаво оралиғи δ ўзгаришига асосланган (62-расм, а); 2) Ҳаво оралиғи кўндаланг кесими юзи F_0 нинг ўзгаришига асосланган (62-расм, в); 3) Электромагнит система магнит сингдирувчанлиги μ нинг ўзгаришига асосланган силжиш ўлчагичлар (62-расм, г).

Ҳаво оралиғи δ ўзгаришига асосланган силжиш ўлчагичлар. Улар 0 ... 1 мм оралиғидаги силжишни ўлчайди. Ҳаво оралиғи бундан ортиқ бўлганда $L = f(\delta)$ функция тўғри чиқиқлилигини йўқотади. Ўлчаш хатоси ортиб кетади. Силжиш 5 ... 8 мм бўлса, иккинчи турдаги ўлчагич ва силжиш 50 ... 60 мм гача бўлганда эса учинчи турли (соленоидли) ўлчагичлар қўлланилади.

Индуктив силжиш ўлчагичларда (62-расм, а, в, г) ўлчаниши лозим бўлган параметр ўзгаришини сезгичдан чиқувчи сигнал — ток I нинг ўзгаришига мувофиқ ўлчанади. Бундай сезгичларда ўлчанадиган силжиш нолга тенг бўлганда ҳам ўлчов асбоби орқали I ток ўтиб туради.

Датчикнинг бундай камчилигини йўқотиш учун амалда индуктив дифференциал сезгичлар (62-расм, д) қўлланилади.

Дифференциал силжиш ўлчагичлар иккита бир хил индуктив силжиш ўлчагичнинг дифференциал схема бўйича уланишидан ҳосил бўлади (62-расм, д).

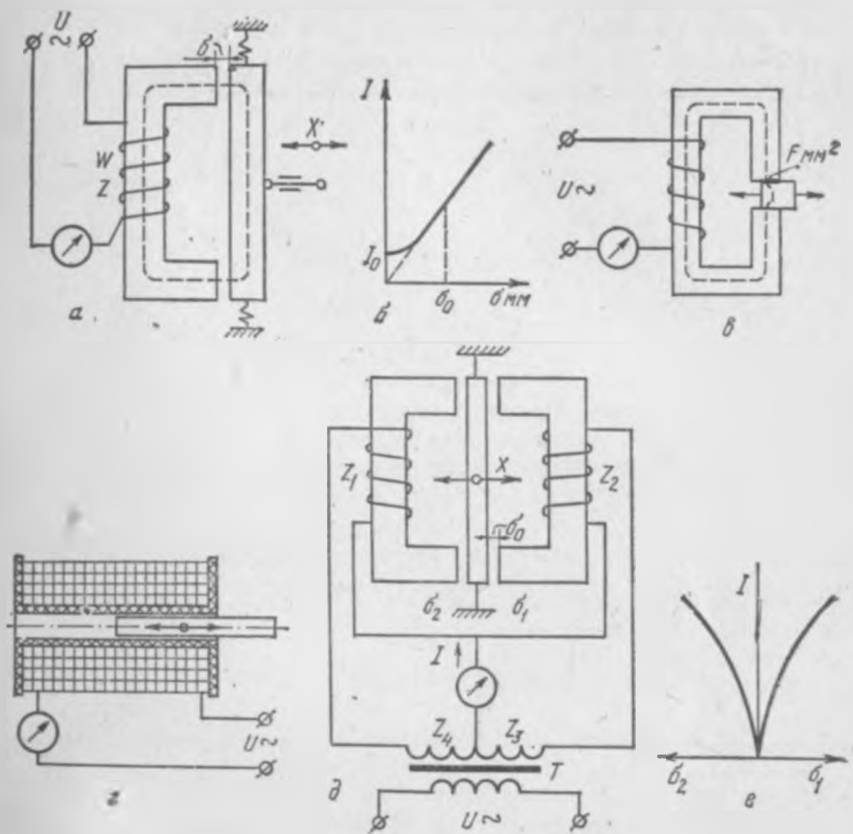
Қўзғалувчи темир ўзак (якорь) ўрта ҳолатда турганда $\delta_1 = \delta_2 = \delta_0$ чиқувчи сигнал нолга тенг бўлади ($I_4 = 0$). Якорнинг бу ҳолати ўзгариши, кировчи сигнал X таъсирида қўзғалувчи темир ўзакни ўнгга ёки чап томонга силжиши натижасида ҳосил бўлиб чиқувчи сигнал I_4 ҳосил бўлади. Якорнинг δ_0 га нисбатан ўнгга ёки чапга оғиши билан ҳосил бўладиган сигналлар бир-бирига қарама-қарши йўналишда (уларнинг фазаси 180° га бурилган) бўлади.

Буни дифференциал индуктив силжиш ўлчагичнинг статик характеристикасидан (62-расм, е) кўриш мумкин. Силжиш ўлчагичнинг сезувчанлиги оддий индуктив ўлчагичлар сезувчанлигидан анча катта бўлиб (характеристика бўйича) қуйидаги формула асосида топилади.

$$\frac{\Delta I}{\Delta \delta} = \operatorname{tg} \alpha \quad (77)$$

Сигимли силжиш ўлчагичлар. Сигимли силжиш ўлчагичлар сифатида электродлари (пластиналари) тўғри чиқиқ ёки бурчак бўйича силжий оладиган конденсаторлар қўлланилади. Конденсатор электродларининг силжиши кировчи сигнал бўлса, унинг сигимининг ўзгариши чиқувчи сигнал бўлади. Бундай конденсаторлар технологик процесс давомида материалларнинг қалинлиги, сатҳ баландлиги каби технологик параметрларнинг ўзгаришининг ўлчаш имконини беради.

Сигимли силжиш ўлчагичларнинг баъзи турлари 63-расмда кўрсатилган.



62-расм. Индуктив силжиш ўлчагичлар:

б— ҳаво оралиғи ўзгарадиган ўлчагич; б— ўлчагич характеристикаси; в— ҳаво оралиғи юзаси ўзгарадиган ўлчагич; в— соленоидли; магнит сингдирувчанлиги μ ўзгарадиган ўлчагич; д— дифференциал силжиш ўлчагич; е— дифференциал силжиш ўлчагичнинг характеристикаси.

Ясси электродли (пластинали) конденсатор (63-расм, а) сифими қуйидагича ифодаланади.

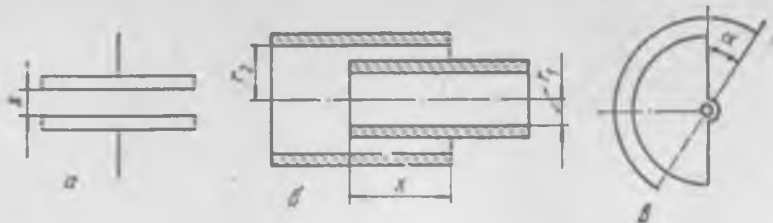
$$C = \frac{\epsilon F}{4 \pi X} \quad (78)$$

бу ерда ϵ — конденсатор пластиналари орасидаги модданинг диэлектрик доимийси; F — конденсатор пластинасининг юзи, X — пластиналар орасидаги масофа.

Пластиналар оралиғининг ўзгариши конденсатор сифими C нинг ўзгаришига олиб келади. Ўлчагичнинг сезувчанлиги

$$\frac{dC}{dX} = \frac{\epsilon F}{4 \pi X^2} \quad (79)$$

Цилиндрик конденсаторнинг сифими ички цилиндрнинг ўқи бўйича силжиши X билан қуйидагича боғланишда бўлади (63-расм, б);



63- расм. Сигимли силжиш ўлчагичлар.

$$C = \frac{\epsilon x}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (80)$$

бу ерда r_1 — ички цилиндрининг радиуси; r_2 — ташқи цилиндрининг радиуси, x — цилиндрларнинг бир-бирига тушиш оралиғи.

Ўлчагичнинг сезувчанлиги қуйидагича ифодаланади:

$$\frac{dC}{dx} = \frac{\epsilon}{\ln \frac{r_2}{r_1}} \quad (81)$$

Бурчак бўйича силжиш ўлчагичи 63- расм, в да кўрсатилган. Бундай конденсаторнинг сигими қуйидагича ифодаланади.

$$C = \frac{\epsilon F}{4\pi d} \left(1 - \frac{\alpha}{\pi}\right) \quad (82)$$

бу ерда F — конденсаторнинг $d = 0$ бўлгандаги юзи; d — пластиналар орасидаги масофа; α — қўзғалувчи пластиналарнинг силжиш бурчаги.

Ўлчагичнинг сезувчанлиги:

$$\frac{dC}{d\alpha} = \frac{\epsilon F}{4\pi^2 d} \quad (83)$$

Сигимли ўлчагичлардан чиқувчи сигнал жуда заиф бўлганлиги туфайли улар сигнал кучайтиргич элементи билан жиҳозланади. Ўлчагичлар 50 Гц гача бўлган частотада ишласа, уларнинг сигнал кучайтиргичи жуда ҳам катта қувватга эга бўлиши керак бўлади. Шунинг учун сигимли ўлчагичлар анча юқори частоталарда (10 кГц ва ундан юқори) ишлаганда ўринли бўлади. Сигимли ўлчагичларнинг яна бир камчилиги уларнинг ўлчаш аниқлигига паразит сигимлар (уловчи симларининг ерга нисбатан сигимлари) таъсири катталигидир. Бундай таъсирларни йўқотиш учун экранланган симлардан фойдаланилади. Ўлчагичнинг ўзи ҳам металл каркас билан экранланган бўлади. Сигимли ўлчагичлар тўқимачилик саноатида ип, пилъта, пилик ва тўқималар қалинлигини ва намлигини ўлчаш учун кенг қўлланилади.

Тензометрик ўлчагичлар тўқув машина ва механизмларининг алоҳида қисмларига таъсир қиладиган кучлар ва бу кучлар таъсирида вужудга келадиган жуда кичик (0,01 мм гача) деформацияларни (чўзилиш, қисилиш, букилиш ва ҳоказо) ўлчаш учун қўлланилади.

Бундай ўлчаш ўтказгич ёки ярим ўтказгич симлар актив қаршилигининг деформация натижасида ўзгариш эффектига асосланади. Бу эффект тензосезувчанлик деб аталади. Тензометрик ўлчигичларнинг тензосезувчанлик коэффициенти

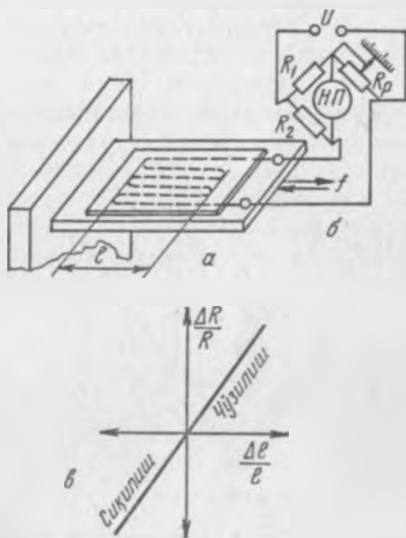
$$S_\tau = \frac{\Delta R_n}{\Delta l_n} \quad (84)$$

билан характерланади, бу ерда $\Delta R_n = \frac{\Delta R}{\Delta l_n}$ — қаршиликнинг нисбий

ўзгариши; $\Delta l_n = \frac{\Delta l}{l}$ — чўзилиш ёки қисилишнинг нисбий ўзгариши; l — тензоўлчигичнинг деформациягача бўлган узунлиги; Δl — тензоўлчигичнинг деформация натижасида чўзилиши; R — тензоўлчигичнинг деформациягача бўлган актив қаршилиги; ΔR — тензоўлчигич қаршилигининг деформация натижасида ўзгариши.

Ҳозирги вақтда жуда ингичка сим, фольга ва ярим ўтказгич материаллардан тайёрланган тензометрик ўлчигичлар техникада кенг қўлланилмоқда. Симдан ясалган тензоўлчигичнинг тузилиши, машина ва механизмнинг текширилиши лозим бўлган қисмига ўрнатилиш схемаси ва характеристикаси 64-расм, а, б, в ларда кўрсатилган. Ундаги тензоўтказгич 3 диаметри 0,02 ... 0,05 мм гача бўлган ингичка зиг-заг шаклига эга бўлган сим бўлагидан тузилган ва юпқа қоғоз ёки плёнка 2 орасига олиниб БФ елими билан ёпиштирилган бўлади. Бундай тензоўлчигич статик ёки динамик деформацияси ўлчаниши керак бўлган машина ва механизмнинг текширилиши керак бўлган қисми 1 га елимлаб мустаҳкам ёпиштирилади. Бунда сим зиг-заглариининг узун томони 1 машина ва механизмнинг деформацияси ўлчаниши керак бўлган қисми 1 га таъсир қиладиган куч f йўналишига мос йўналган бўлиши керак (64-расм, а). Шунда куч йўналиши бўйича вужудга келган деформация (чўзилиш, қисилиш) тензоўлчигич симининг узунлиги l ни ҳам ўзгартиради. Натижада симнинг кундаланг кесими S ва солиштирма қаршилиги ρ ҳам ўзгаради. Агар симнинг чўзилгунга қадар бўлган қаршилиги

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad (85)$$



64-расм. Тензоўлчигич:

а — тензо датчикнинг ўрнатилиш схемаси; б — мувозанатлашадиган кўприк схема; в — тензоўлчигичнинг статик характеристикаси. 1 — машина ва механизмнинг текширилиши лозим бўлган қисми; 2 — машина деталига мустаҳкам ёпиштирилган тензоўлчигич; 3 — юпқа қоғоз ёки плёнка орасига елимлаб зиг-заг шаклида ёпиштирилган сим; 4 ва 5 — тензоўлчигични улаш нуқталари; 1 — машина деталига таъсир қиладиган куч ва унинг йўналиши.

бўлса, чўзилгандан кейинги қаршилиги $R + \Delta R$ бўлади.

Амалда тензоўлчагич қаршилигининг ўзгариши ΔR мувозанатланадиган кўприк схема ёрдамида ўлчанади (64- расм, а, б).

Симли тензоўлчагичлар кўпинча константан ёки нихромдан тайёрланади. Чунки бу симларнинг солиштирма қаршилиги ρ катта, қаршилиқ ўзгаришига температуранинг таъсири жуда кам бўлади.

Симли тензоўлчагичларнинг характерли ўлчамлари; номинал қаршилиги $R = (50-400)$ Ом; симнинг куч йўналиши бўйича узунлиги $l = (15-45)$ мм; эни $b = 7-10$ мм; сезувчанлик коэффициент

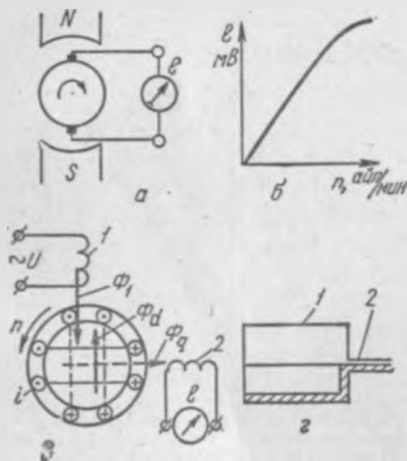
$$S_T = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}} = 1,8 \div 2,5; \quad (86)$$

массаси жуда ҳам кичик бўлади.

Сўнгги пайтларда техникада ярим ўтказгичли тензоўлчагичлар кенг қўлланила бошланди. Бундай тензоўлчагичлар асосан германий ёки кремний пластиналаридан тайёрланади. Пластиналар юпқа қоғоз ёки плёнка орасига олиниб елимланади ва текширилиши керак бўлган машина қисмига елим билан мустаҳкам ёпиштирилади.

Афзалликлари: тензосезувчанлик коэффициенти сим ёки фольганикига нисбатан 60 марта катта, пластинанинг актив узунлиги 3—10 мм. Ташқи муҳит температураси — 160—300° С гача ўзгарганда ҳам нормал ишлайверади. Нисбий деформация +0,1% ўзгарганда ҳам характеристикасини тўғри чиқиқлиги сақланади.

Камчиликлари: пластиналарнинг эластиклиги кам, бир типдаги тензоўлчагичларнинг характеристикалари ҳар хил ва тўғри чиқиқли эмас.



65- расм. Тахогенераторлар:

а, б— ўзгармас ток тахогенератори ва унинг характеристикаси; в, г— ўзгарувчан тахогенератори ва унинг статансимом ротори. 1 ва 2 — статор чулғамлари.

Тезлик ўлчагичлар. Технологик машиналарнинг айланиш (бурчак) тезликларини ўлчаш учун кичик қувватли ўзгармас ёки ўзгарувчан ток машиналари — тахогенераторлардан фойдаланилади (65- расм). Тахогенераторнинг вали технологик машина валига механик боғланган бўлиб, ундан чиқадиган сигнал — электр юритувчи куч (ЭЮК) технологик машина ва механизмларнинг айланиш тезлиги n га муносиб бўлади.

Ўзгармас ток тахогенераторининг схемаси 15- расм, а да кўрсатилган. Ундан олинadиган электр юритувчи куч (ЭЮК)

$$e = C_e \cdot n \quad (87)$$

Коллектор билан чўтка орасидаги қаршилиқнинг ўзгарувчанлиги

тахогенератордан чикувчи сигнал e нинг қийматига таъсир қилади. Иш вақтида тахогенератордан чиқадиған овознинг юқорилиги, габарит ўлчамлари ва массасининг катта бўлиши тахогенераторнинг асосий камчиликлари ҳисобланади.

Бундай камчиликлардан бир мунча холи бўлганлиги учун ҳозирги пайтда ўзгарувчан (асинхрон, синхрон) ток тахогенераторлари кенг қўлланилмоқда.

65-расм, *в* да асинхрон тахогенераторнинг тузилиш схемаси кўрсатилган. Асинхрон тахогенератор статорида ўзаро 90° га бурилган икки чулғам ўрнатилган. Биринчи чулғам 1 ўзгарувчан ток манбаига уланади. Иккинчи чулғамдан олинадиган ЭЮК эса тезликни ўлчаш учун хизмат қилади. Тахогенераторнинг ротори 1 жез ёки алюминийдан стакансимон қилиб ясалган бўлиб, унинг вали 2 стаканнинг туб томонида бўлади (65-расм, *г*).

Статорнинг манбага уланган чулғамида ҳосил бўладиган пульсацияланувчи оқим Φ_1 ротор деворларида индукцияланадиган ўзаро 90° бурчакка бурилган икки хил ток ва улар туфайли вужудга келадиган Φ_2 ва Φ_3 оқимларни ҳосил қилади. Тахогенераторнинг иккинчи чулғамида индукцияланадиган ЭЮК миқдори роторнинг айланиши тезлиги n га мутаносиб ($\Phi_q = \text{const}$) бўлгани учун

$$e_q = C_e \cdot n \quad (88)$$

бўлади. Бундай ЭЮК ни кўрсатувчи милливольтметр шкаласидан технологик машинанинг айланиш частотаси (тезлиги) n аниқланади.

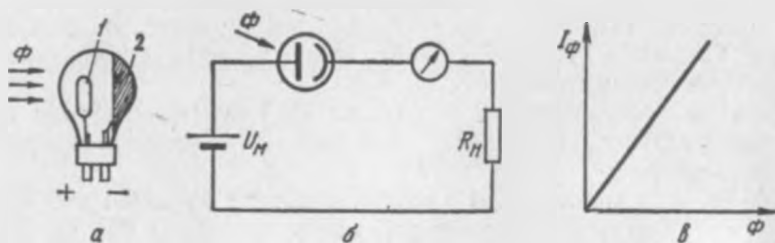
Фотоэлектрик ўлчагичлар ёруғлик энергиясини электр токи энергиясига айлантириб беради ва фотоэлементлар деб юритилади. Улар технологик параметрлар — температура, эритма концентрацияси, суюқлик ва сочилувчи моддаларнинг баландлиги ҳамда бошқаларни ўлчаш, контрол қилиш учун, саналадиган якка буюмларни ҳисоблаш ва сифатсизлиги бўйича бракка ажратиш, газмол тўқимаси зичлигини (сифатини) аниқлаш ва бошқалар учун қўлланилади.

Фотоэлементлар уч турли бўлади: электрон эмиссияли, фотоқаршиликли ва вентилли.

Электрон эмиссияли фотоэлементларда ёруғлик энергияси таъсирида электронлар эмиссияси вужудга келади ва бу эркин электронлар манба кучланиши U_m таъсирида электр занжири бўйича ҳаракат қиладиган фототок I_ϕ га айланади.

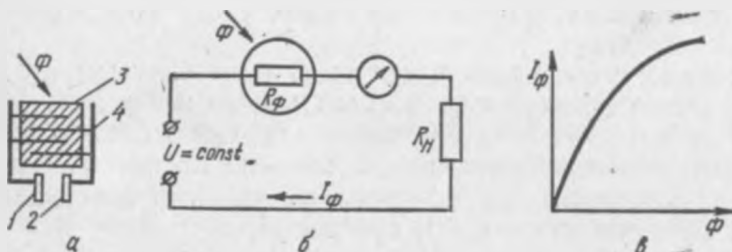
66-расмда эмиссияли фотоэлемент, унинг электр занжири ва характеристикаси $I_\phi(\Phi)$ кўрсатилган. Фотоэлемент ичидан ҳавоси сўриб олинган (вакуумли) ёки инерт газ — аргон билан тўлдирилган шиша баллондан ва унга ўрнатилган анод 1 ва катод 2 электродлардан тузилган бўлади. Анод доира шаклидаги пластина ёки ҳалқадан, катод эса шиша баллоннинг ички деворига ёпиштирилган, ёруғлик сезувчанлиги юқори бўлган, кўпинча сурьма-цезий қатламидан иборат бўлади.

Фотоэлемент занжири 150—200 В ўзгармас кучланиш $U = \text{const}$



66- расм. Электрон эмиссияли фотоэлемент:

а— тузилиши; б— схемаси; в— характеристикаси.



67- расм. Фотоқаршилик:

а— фотоқаршилиқнинг тузилиши; б— схемаси; в— характеристикаси.

манбаига уланади. Фотоэлементга ёруғлик тушганда ҳосил буладиган фототок

$$I_{\Phi} = K_{\Phi} \Phi \quad (89)$$

бу ерда K_{Φ} — пропорционаллик коэффициенти.

Фотоэлементнинг сезувчанлиги

$$S_{\Phi} = \frac{\Delta I_{\Phi}}{\Delta \Phi} \left[\frac{\text{мА}}{\text{лм}} \right]. \quad (90)$$

Сурьма-цезий фотоэлементларининг сезувчанлиги $150 - 200 \left[\frac{\text{мА}}{\text{лм}} \right]$ гача етади. Оддий вакуумли фотоэлементларда бу катталиқ $20 \dots 30 \left[\frac{\text{мА}}{\text{лм}} \right]$ дан ошмайди.

Фотоқаршиликли фотоэлементлар яримўтказгич материалларнинг электр сезувчанлигининг ёруғлик оқими кучи таъсири остида ўзгариши хусусиятига асосланади. Бундай фотоэлементлар селен, таллий сульфид, кўрғошин сульфид, висмут (III) сульфид, кадмий сульфид каби яримўтказгичлардан тайёрланади.

Фотоқаршилиқнинг тузилиши 67- расм, а да кўрсатилган. Ундаги электродлар 1 ва 2 орасига яримўтказгич қатлами 3 вакуумда бўғлатиш йўли билан киритилади. Фотоқаршилиқ пластмассали корпус 4 га ўрнатилган бўлади.

Фотоқаршилиқка тушадиган Φ ёруғлик кучининг ўзгариши яримўтказгич қаршилиги R_{Φ} ни ўзгартиради, натижада нагрузка қаршилиги

R_n орқали ўтадиган ток I_ϕ ҳам ўзгаради:

$$I_\phi = \frac{U}{R_\phi + R_n},$$

бунда U манба кучланиши.

Агар манба кучланиши стабиллаштирилган бўлса, фотоқаршиликка тушадиган ёруғлик оқими Φ билан занжирдан ўтадиган ток I_ϕ орасидаги боғланишни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$I_\phi = \kappa \Phi^n \quad (91)$$

бунда $0 < n < 1$.

Фотоқаршиликнинг сезувчанлиги S_ϕ унинг характеристикаси $I_\phi = f(\Phi)$ га мувофиқ аниқланади (67-рasm, в):

$$S_\phi = \frac{\Delta I_\phi}{\Delta \Phi} \quad (92)$$

Ёруғлик ортиши билан фотоқаршиликнинг сезувчанлиги камаяди. Характеристиканинг тўғри чизиқли эмаслиги, инерционлиги, ўлчов аниқлигининг температурага боғлиқлиги фотоқаршиликнинг камчилиги ҳисобланади. Энг асосий афзалликлари сифатида унинг ўзгарувчан ёки ўзгармас ток манбаига уланганда бир хил ишлай олишини кўрсатиш мумкин.

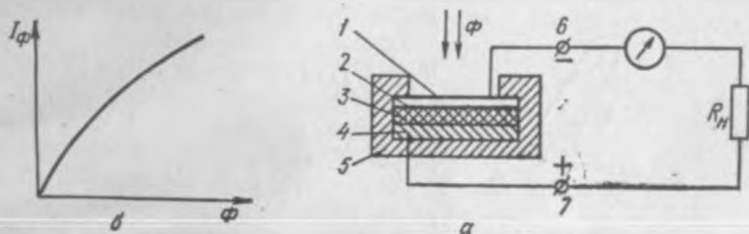
Вентилли фотоэлементлар ёруғлик энергиясини электр энергиясига айлантирувчи ўлчагич ҳисобланади. Бунда ёруғлик оқими кучи Φ таъсирида фотоэлемент қутблари 6, 7 орасида фотоэлектр юритувчи куч $e_\phi = K\Phi$ ва нагрузка қаршилиги R_n занжирида фототок

$$I_\phi = \frac{e_\phi}{R_n} \quad (93)$$

ҳосил бўлади (68-рasm, а).

Вентилли фотоэлемент юпқа олтин қатлами 1, беркитувчи қатлам 2, яримўтказгич (селен) қатлами 3, металл электрод 4 ва пўлатасос 5 дан иборат бўлиб, ёруғлик таъсирида ҳосил бўлган ЭЮК 1 ва 4 электродлар орқали ташқи занжирга берилади.

Беркитувчи қатлам 2 олтин ва яримўтказгич қатламларига термик ишлов бериш йўли билан ҳосил қилинади. Бу қатлам туфайли ёруғлик таъсирида вужудга келган эркин электрон фақат бир томонга ҳаракат қилади.



68-рasm. Вентилли фотоэлемент:

а—принципнал схемаси; б—характеристикаси.

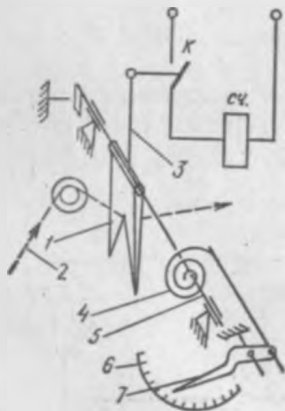
Ипдаги нуқсон холст, лента, пилик, пилта тайёрлашда ва ниҳоят йигирув процессида ипда пайдо бўладиган тугунчалар, толанинг бир жойга йиғилиб қолиши ва бегона аралашмалар борлиги билан характерланади. Бундай нуқсонлар газлама тўқиш процессида ипнинг узиллиши, газламанинг ташқи кўринишини бузилиши ва газлама сифатининг пасайишига сабаб бўлади. Ипнинг тозалик даражаси ана шу нуқсонлар сони билан аниқланади. Пахта толасидан тайёрланган иплар тозалик кўрсаткичлари бўйича А, Б ва В классларга бўлинади. Бу класслар пахта толасидан тайёрланган ипларни 1 гёки 1000 м узунлигидаги нуқсонлар сони билан аниқланади. Канопдан тайёрланган ипларнинг тозалиги эса 300 м ип узунлигидаги нуқсонлар сони билан аниқланади.

Ип узунлигидаги нуқсонлар (тугунчалар) сонини аниқлаш учун ҳозирги вақтда кўпгина илмий текшириш институтларда тайёрланган асбоблар мавжуд. Бу асбобларнинг ҳаммаси ипдаги нуқсонни механик таъсири бўйича аниқлашга асосланади. Биз бу ерда Тошкент тўқимачилик институтининг автоматлаштириш кафедраси томонидан тавсия қилинган нуқсонни аниқловчи асбобнинг ишлаш принципи билан танишамиз (69- расм).

Нуқсонни сезувчи, уни электр сигналига айлантирувчи сезгич вазифасини ўтқир бурчакли енгил байроқча 1 бажаради. Байроқчадаги кесилган ўтқир бурчак орқали тозалик даражаси аниқланиши керак бўлган ип 2 берилган йўналишда ва тезликда ўтиб туради. Ипдаги тугун байроқчани ўзи билан бирга сурганда байроқча билан механик боғланган ричаг 3 контакт К ни улайди. Шунда счётчик СЧ ипдаги нуқсонни ҳисобга олади. Байроқча ип ҳаракати йўналиши бўйича бурилиши туфайли бурчакдаги тугун байроқчадан чиқиб кетади ва пружина 4 нинг эластиклик кучи таъсирида орқага, бошланғич ҳолатига қайтади; тугун келишини яна кутиб туради.

Пружина 4 икки функцияни бажаради; 1) умумий ўқ 5 даги байроқчани тугун ўтиши билан орқага қайтаради; 2) пружинанинг эластиклик кучи шкалада (6) ипни талаб қилинган тозалик даражасига мувофиқ ростланади; ундаги майда, йигирилмай қолган, ҳали тугунчага айланмаган нуқсонларни счётчикка ўтказмасликни кўзда тутлади. Майда тугунчаларни ҳисобга олиш керак бўлганда пружина кучи шкаладаги стрелка 7 ни суриб ростланади.

Бу асбоб ўзининг тузилиши соддалиги ва қўлланиши бўйича универсаллиги билан бошқалардан фарқ қилади.



69- расм. Ипдаги тугунсимон нуқсонларни ҳисоблаш қурилмаси.

9- §. Масофага сигнал узатиш ва ўлчаш системалари

Технологик процессларни автоматлаштириш кўпинча технологик параметрларни масофадан туриб ўлчаш, контрол қилиш ва технологик машина ва механизмларни масофадан бошқариш функцияларини бажарадиган «масофага сигнал узатиш» системаларидан фойдаланиш билан боғлиқ.

Масофага сигнал узатиш системаларининг умумий функционал схемаси сезгич (ўлчов — ўзгартирув асбоби) *С*, алоқа линияси *АЛ* ва қабул қилувчи *ҚҚ* элементлардан иборат бўлади (70- расм). Сезгич узатилиши керак бўлган сигнални технологик объект *О* дан ёки сигнал берувчи органдан қабул қилиб олади ва уни масофага узатиш учун қулай бўлган сигналга айлантириб алоқа линияси орқали қабул қилувчи элементга узатади.

Қабул қилувчи элемент (приёмник) алоқа линиясидан келган сигнални қабул қилиб олиш ва қуйидаги икки вазифани: а) ўлчов асбобининг кўрсатувчи стрелкасини сигналга мувофиқ силжитиш ёки сигнални лентага ёзиб олиш; б) бошқариш сигналига мувофиқ ижро этувчи элементларни ишга тушириш вазифаларини бажариш учун хизмат қилади.

Алоқа линиялари ҳозирги замон завод, фабрика ва ишлаб чиқариш бирлашмаларидаги диспетчер пункти билан цехлар ва улардаги автоматлаштирилган объектлар орасидаги масофалар билан белгиланади ва бир неча километрлардан иборат бўлиши мумкин. Бундай алоқа линиялари орқали масофага сигнал узатиш учун ҳозирги пайтда электр, пневмо ва гидравлик энергия турларидан фойдаланилади. Шунга кўра улар электр, пневмо ва гидравлик сигнал узатиш системалари деб аталади. Буларнинг ичида электр сигнал узатиш системалари ўзининг тузилиши жиҳатидан содда ва қўлланишда универсал бўлгани учун автоматика системаларида кенг фойдаланилади.

Ўлчов натижаларини масофага узатувчи системалар индикатор системалари деб аталади. Индикатор системалари кам қувватли, ўлчов асбобидаги кўрсатувчи стрелкани суриш ёки ўлчаш натижаларини лентага ёзиб олиш учун етарли бўлган қувватга эга.

Машина ва механизмларни масофадан бошқариш учун эса қувват узатиш системалари қўлланилади. Бундай системаларнинг қабул элементи (приёмниги) ижро этувчи элементлар — электромотор, электромагнит ва бошқаларни ишга тушира оладиган қувватга эга бўлиши керак. Бунинг учун қувватли сигнал узатиш системалари таркибида сигнал кучайтирувчи элементлар ҳам бўлади.



70- расм. Масофадан туриб ўлчаш системасининг функционал схемаси.

Ўлчаш натижаларини масофага узатиш (индикатор) системаларига энг оддий мисол сифатида резервуардаги суюқлик сатҳи баландлигини масофадан ўлчаш системасининг принципаал схемасини кўрсатиш мумкин (70-расм).

Ўлчаниши лозим бўлган объектдаги суюқлик сатҳи баландлиги H қалқович I нинг сурилиши орқали ўлчанади. Бу сурилиш потенциометр ричаги 2 нинг сурилишига мувофиқ электр сигналига айланади:

$$U_n = I R_n = \kappa n \quad (94)$$

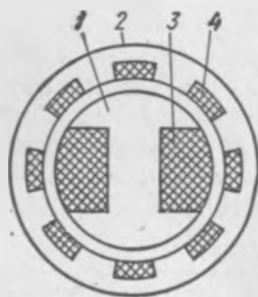
бу ерда $I = \text{const}$ — потенциометр қаршилигидан ўтадиган ток кучланиш U_n таъсирида қабул қилувчи элемент—ўлчов асбобининг стрелкаси шка-ла бўйича сурилади ва суюқлик сатҳи баландлигини кўрсатиб туради.

Амалда электр сигнал узатиш системаларининг қуйидаги турлари мавжуд: потенциометрик, дифференциал трансформатор, сельсинли ва кузатувчи сигнал узатиш системалари. Булар ичида кузатувчи системалар сигнал кучайтиргич элементига эга бўлиб, қувватли сигнал узатиш, масофадан бошқариш системалари ҳисобланади; машина ва механизмлар автоматик бошқариш системаларида қўлланилади. Сигнал узатиш системалари ижро этувчи элемент валини маълум бур-чакка бурилиши ёки бир неча ўзаро механик боғланмаган иш орган-ларининг валларини синхрон айланишини таъминлаш ва ўлчаш учун хизмат қилади. Бундай мақсадлар учун сельсинли ва кузатувчи сис-темалар кенг қўлланилади.

Сельсинли¹ сигнал узатиш системалари кичик қувватли индук-цион машиналардан тузилади. Улардан бири сезгич сельсин функция-сини, иккинчиси эса қабул қилувчи сельсин функциясини бажаради.

Индукцион машиналарнинг ротор чулғами бир фазали ўзгарувчан ток манбаига уланганда унда пульсланувчи магнит оқими ҳосил бў-лади. Статор чулғамлари уч фазали бўлиб, синхронловчи чулғамлар деб аталади. Бундай индукцион машинанинг тузилиши 71-расмда кўрсатилган.

Сельсинли системалар икки хил режимда — индикатор ва транс-форматор режимларида ишлаши мумкин.



71-расм. Сельсиннинг ту-зилиши:

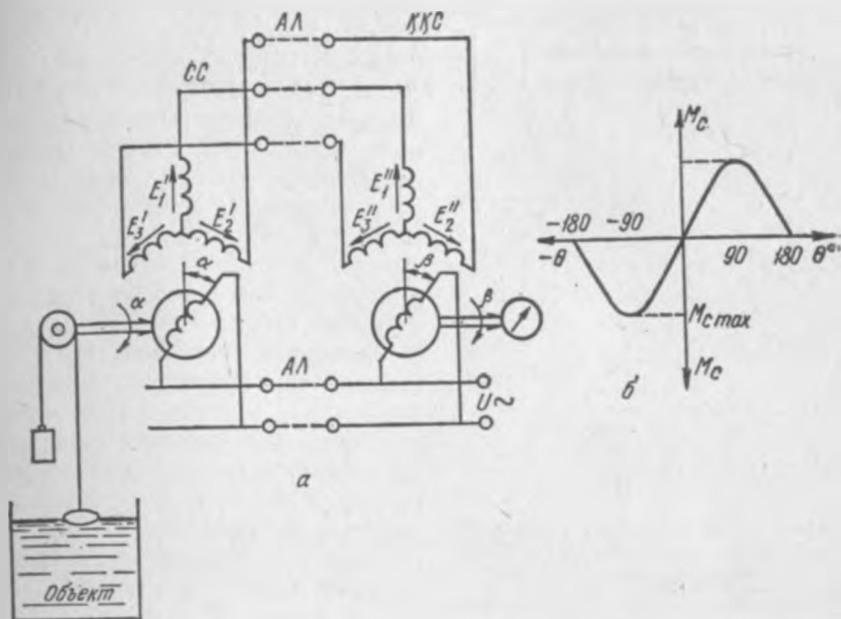
1— ротор; 2— статор; 3— ро-тор чулғами; 4— уч фазали статор чулғамлари.

Индикатор режимида ишлайдиган сельсин-ли система сезгич сельсин (СС) валининг бу-рилиш бурчагини α ёки унинг айланишини қабул қилувчи (ҚҚ) сельсин валига, алоқа линияси A/L орқали узатиш учун қўлланади. Қабул қилувчи сельсин (ҚҚС) валининг бу-рилиш бурчаги β ни СС валининг бурилиш бурчаги α га тенг $\alpha \approx \beta$ бўлишини таъмин-лайди.

Бундай индикатор режимида ишлайдиган сельсинли системанинг принципаал схемаси 72-расмда кўрсатилган.

Сельсинларнинг СС ва ҚҚС (ротор чул-ғамларидаги пульсланувчи магнит оқими улар-

¹ Сельсин — инглизча сўз бўлиб, «ўзи синхронланувчи» демакдир.



72- расм. Сельсинли сигнал узатиш системаси:

а— принципал схемаси; б— қабул қилгич валида ҳосил бўладиган момент графиги. нинг синхронловчи статор чулғамларида қуйидаги ЭЮК ни ҳосил қилади:

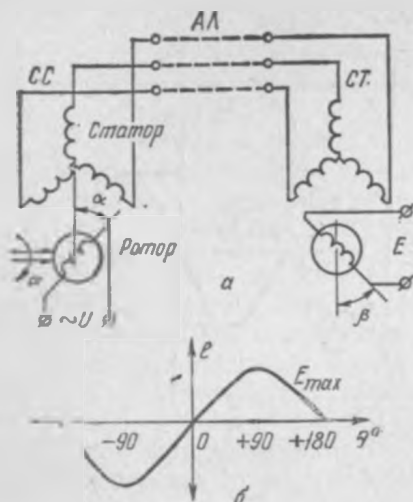
$$\begin{aligned} E' &= E_{\max} \sin \alpha & E'' &= E_{\max} \sin \beta \\ E' &= E_{\max} \sin (\alpha + 120^\circ) & E'' &= E_{\max} \sin (\beta + 120^\circ) \\ E' &= E_{\max} \sin (\alpha + 240^\circ) & E'' &= E_{\max} \sin (\beta + 240^\circ) \end{aligned} \quad (95)$$

Сельсинлар синхрон режимда турганида уларнинг роторларининг бурилиш бурчаклари ўзаро тенг бўлади: $\alpha \approx \beta$ уларнинг синхронловчи статор чулғамлари орасидаги потенциаллар фарқи ҳам нолга тенг бўлади:

$$E'_1 - E''_1 = 0, \quad E'_2 - E''_2 = 0 \quad \text{ва} \quad E'_3 - E''_3 = 0 \quad (96)$$

СС ротори сув сатҳи баландлиги ўзгаришига мувофиқ α бурчакка бурилса, (96) тенгликлар бузилади, сельсинларнинг бурилиш бурчаклари ўзаро тенг бўлмайди, бурчаклар фарқи $\theta = \alpha - \beta$ пайдо бўлади ва шунга мувофиқ синхронловчи статор чулғамларидан тенглаштирувчи тоқлар I_1, I_2 ва I_3 ўтади. Бу тоқлар ҚҚС статор чулғамларида магнит оқимлари ҳосил қилади. ҚҚС нинг роторидаги пульсланувчи оқим билан статор чулғамларидаги тоқлар ҳамда магнит оқимларининг ўзаро таъсири натижасида ҚҚС нинг валида синхронловчи (тенглаштирувчи) момент $M = M_{\max} \sin \theta$ ҳосил бўлади. Синхронловчи момент қабул қилувчи сельсин роторининг бурилиш бурчаги β ни СС ротори бурилган бурчак α га тенг бўлгунга қадар буради ва $\alpha \approx \beta$ бўлганда қабул қилувчи сельсин ротори ҳаракатдан тўхтайди.

Синхронловчи момент $M = M_{\max} \sin \theta$ СС нинг валига ҳам таъсир



73- расм. Трансформатор режимида ишлайдиган сельсинли сигнал узаткич системаси:

а — системанинг принципиал схемаси; б — системанинг статик характеристикаси.

трансформатор ротори $\beta \approx \alpha$ бурчакка бурилади. СС нинг ротор чулғами ўзгарувчан ток манбаига улангани туфайли, унда ҳосил бўлган пульсланувчи магнит оқим сельсинларнинг уч фазали статор чулғамларида ЭЮК ва пульсланувчи тоқлар i_1 , i_2 ва i_3 ни ҳосил қилади. Бу тоқлар қабул қилувчи сельсиннинг уч фазали статор чулғамларида пульсланувчи магнит оқим ва уни ротор чулғамларида бир фазали ЭЮК

қилади, тегишли чора кўрилмаган, яъни СС нинг ротори α бурчакка бурилиб, қотириб қўйилмаган тақдирда ўлчов аниқлиги камайиши мумкин. СС нинг ротори тинимсиз айланадиган бўлса, қабул қилувчи сельсиннинг ротори ҳам ундаги синхронловчи (айлантирувчи) момент туфайли тинимсиз айланиб туради. Бундай айланиш ва буралишларни ўлчов асбоби стрелкаси кўрсатиб туради ёки ёзиб олади.

Сельсинли трансформатор. Сельсинлар трансформатор режимида ишлаганда, машина ва механизмлар валининг бурилиш бурчагини СС электр сигнаliga айлантиради ва қабул қилувчи сельсинга алоқа линияси АЛ орқали узатади. ҚҚ сельсин бу сигнални бир фазали ЭЮК га айлантириб (73- расм) чиқувчи сигнал E ни ҳосил қилади, яъни қабул қилувчи сельсинли

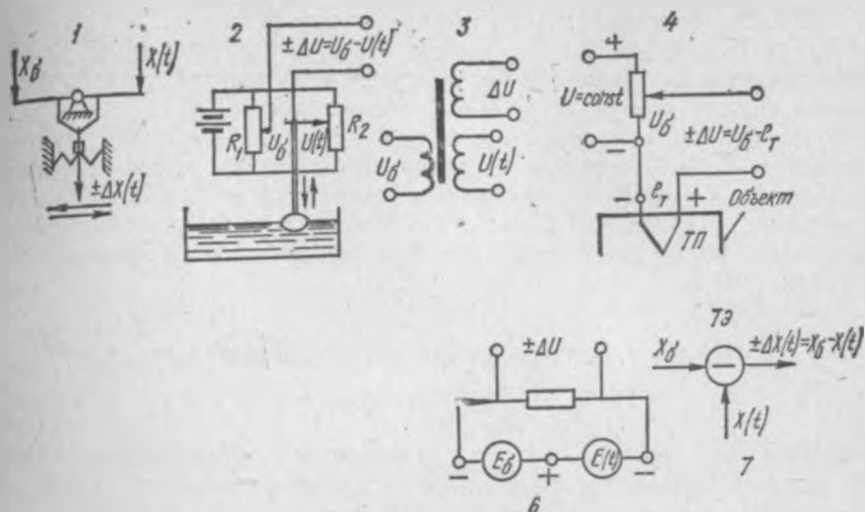
$$e = E_{\max} \cos \theta^\circ \quad (97)$$

ни ҳосил қилади. Шу туфайли бу системадаги ҚҚС сельсинли трансформатор (СТ) деб аталади.

Сельсинли трансформатордан олинадиган ЭЮК ифодасидан кўрииб турибдики, сельсинларнинг бурчаклари фарқи $\theta = \alpha - \beta$ нолга тенг бўлганда $e = E_{\max}$ бўлади, бу ўлчов учун бир мунча ноқулайликларга сабаб бўлади. Буни бартараф этиш учун амалда сельсинларнинг ротор чулғамлари ўқини бир-бирига нисбатан 90° бурчакка олдиндан буриб қўйилади (73- расм, а). Шунда СТ нинг характеристикаси

$$e = E_{\max} \sin \theta \quad (98)$$

бўлади. Бу характеристика 73- расм, б да кўрсатилган. Энди бурчаклар фарқи нолга тенг бўлганда СТ дан олинадиган ЭЮК ҳам нолга тенг бўлади.



74- расм. Таққослаш қурилмалари:

1— механик қурилма (тарози) схемаси; 2 ва 4— потенциометрик схемалар; 3— таққослаш трансформатори; 5— селъ синли таққослаш схемаси; 6— электр схема; 7— таққослаш элементининг шартли белгиси.

10- §. Сигнал таққослаш элементлари

Автоматик ростлаш ва контрол қилиш системаларининг таққослаш элементи ростланувчи параметр $X(t)$ қийматини унинг мақсадга мувофиқ берилган қиймати X_0 билан таққослаб

$$\Delta X(t) = X_0 - X(t) \quad (99)$$

оғишини аниқлаш ва бошқарувчи сигнал $\pm \Delta X(t)$ ни тайёрлаш учун хизмат қилади. Бу элемент АРС тузилишида жуда масъулиятли ўринда туради, чунки ростлаш процессининг сифат кўрсаткичи ана шу оғишнинг ўлчаши аниқлигига боғлиқ бўлади.

АРС да энг кўп қўлланиладиган таққослаш элементларининг схемалари ва шартли белгиси 74- расмда кўрсатилган. Бундай элементлар сигнал таққослаш учун ишлатиладиган механик система (74- расм, 1) тарози принципида ишлайди. Унда берилган миқдор X_0 билан ўлчаниши керак бўлган миқдор $X_r(t)$ таққосланади ва бир-бирига нисбатан оғиши $\pm \Delta X(t)$ аниқланади. Автоматик ростлаш системаси (АРС) эса ана шу оғишни йўқотиш ва миқдорлар тенглигини X_0

$X_r(t)$ қайта тиклаш (сақлаш) функциясини бажаради.

Сув сатҳи баландлигининг ўзгариши 74- расм, 2 қалқович томонидан сезилади ва реостат R_2 сурилгичини суради. Қаршилиқ R_2 нинг ўзгариши $U(t)$ кучланиш ўзгаришига айланади. Натижада $U_0 = \text{const}$ бўлгани учун, схемадан сув сатҳи баландлигининг ўзгаришига мутаносиб бўлган бошқарувчи кучланиш $\pm \Delta U(t) = U_0 - U(t)$ чиқади. Шунингдек 74- расм, 4 даги потенциометрик таққослаш элементида ҳам объект температурасининг ўзгариши термопара

ТП томонидан сезилади, объект температураси термоэлектр юритувчи куч e_t га айлантрилади ва температуранинг берилган миқдори U_0 билан таққосланиб температура ўзгаришига мутаносиб бўлган бошқарувчи сигнал $\pm U(t) = U_0 - e(t)$ схемадан чиқади.

Таққослаш элементлари схемаларида ўзаро қарама-қарши бўлган векторлар: X_0 — технологик параметрнинг мақсадга мувофиқ берилган миқдори ва $X_u(t)$ — рoстланувчи технологик параметрнинг реал миқдорлари таққосланиб, бошқарувчи сигнал $\pm \Delta X(t)$ ҳосил қилиниши кўрсатилади ва 74- расм, 7 да кўрсатилган шартли белги орқали ифодаланади.

III б о б. СИГНАЛ КУЧАЙТИРГИЧ ЭЛЕМЕНТЛАР

1- §. Умумий маълумотлар

Кириш сигналини бир неча ўн ва юз марта кучайтириш учун хизмат қилувчи элемент сигнал кучайтиргич деб аталади. Қурилмага кирувчи ва ундан чиқувчи сигналларнинг физик табиати ўзгармайди. Бундай элемент воситасида кириш сигнали қувватини кучайтириш ташқи энергия манбаини талаб этади. Бундай сигнал кучайтиргичлар элементларини автоматик системаларда қўллашнинг асосий сабаби датчиклардан олинадиган чиқиш сигналларининг жуда заифлигидир ($10^{-4} - 10^{-5}$ Вт). Сезгичларнинг чиқиш сигнали автоматик системалардаги ижрочи элементларни ишга тушира олмайди.

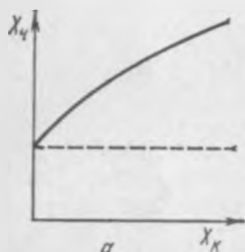
Сигнал кучайтиргичлар ташқи энергия манбаининг турига қараб электрик, пневматик, гидравлик ва бошқа типларга бўлинади. Бундай кучайтиргичлар статик характеристикаси ва кучайтириш коэффициентлари билан бир-биридан фарқ қилади.

Кучайтириш коэффициенти ва ташқи энергия манбаининг қуввати кучайтиргичларни характерловчи асосий параметрлар ҳисобланади.

Кучайтириш коэффициенти қуйидагича ифодаланади:

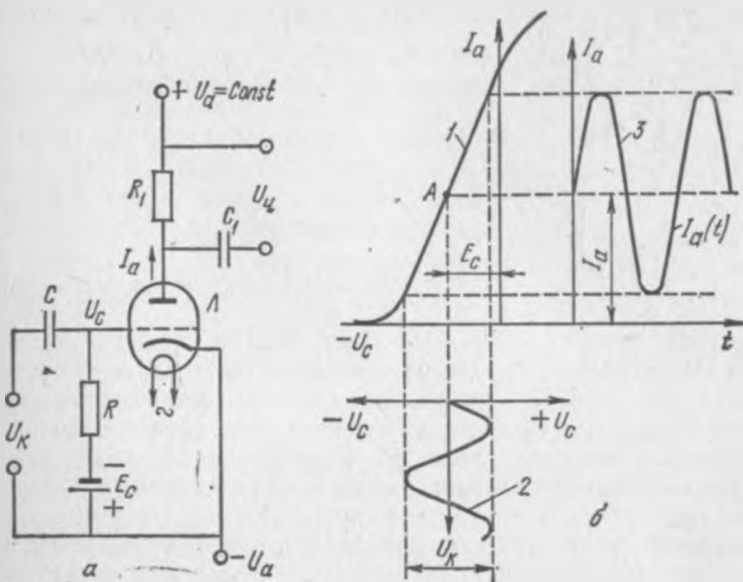
$$K = \frac{X_u}{X_k} \quad (100)$$

бунда X_u — кучайтиргичнинг чиқишидаги сигнал, X_k — кучайтиргичнинг киришидаги сигнал. Электрик сигнал кучайтиргичларнинг кучайтириш коэффициенти сигналнинг қуввати P , токи (I) ёки кучланиши U орқали ифодаланиши мумкин, улар мос равишда қувват бўйича кучайтириш коэффициенти, ток бўйича кучайтириш коэффициенти ва кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти деб аталади. Барқарор режимлардаги чиқиш сигнали X_u билан кириш



75- расм. Сигнал кучайтиргичларнинг статик характеристикалари:

а — узлуksиз статик характеристика; б — узлуksли статик характеристика.



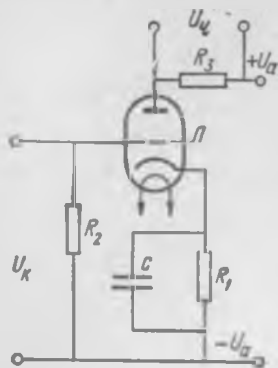
76- расм. Триод лампали сигнал кучайтиргич:

а— принципал схемаси; б— кучайтириш процессининг графиклари (класс А);
 1— лампанинг анод — тўр характеристикаси; 2— кириш сигнали $U_c(t)$ графиги;
 3 — анод токининг ўзгариши графиги $I_a(t)$.

сигнали X_k орасидаги боғланиш $X_q = f(X_k)$ сигнал кучайтиргичларнинг статик характеристикаси деб аталади. Статик характеристикаларига кўра кучайтиргичлар — узлуксиз ва узлукли характеристикали (75- расм, а ва б) сигнал кучайтиргич турларига бўлинади. Узлуксиз характеристикали кучайтиргичлар сифатида электрон, магнит, гидравлик, пневматик сигнал кучайтиргичларни кўрсатиш мумкин. Узлукли характеристикали кучайтиргичларга эса реле типидagi ҳамма кучайтиргичлар киради.

Сигнал кучайтиргич элементларга қуйидаги талаблар қўйилади: 1) кучайтиргичнинг чиқувчи сигнали (қуввати) ижрочи элементни ишга тушириш учун етарли, 2) сезгирлиги юқори, 3) инерционлиги кам ва 4) характеристикаси тўғри чизиққа яқин бўлиши керак.

Кучайтиргичларнинг тезкорлигига ҳам катта аҳамият берилади. Бу уларнинг динамик характеристикаси $X_q(t)$ асосида ёки вақт доимийси T (с) бўйича аниқланади. Электрон ва яримўтказгичли кучайтиргичлар энг юқори тезкорликка эга. Электрон кучайтиргичларнинг вақт доимийси $T = 10^{-6} - 10^{-10}$ с, пневматик кучайтиргичники эса $T = 1 - 10^{-1}$ с га тенг. Сигнал кучайтиргичларнинг кириш R_2 ва чиқиш R_3 қаршиликлари турлича бўлади (76- расм). Электрон сигнал кучайтиргичнинг кириш ва чиқиш қаршиликлари бошқа кучайтиргичларникидан катта $10^{-6} - 10^{12}$ Ом. Яримўтказгичли сигнал кучайтиргичларники эса $10^2 - 10^5$ Ом бўлиши мумкин.



77-рasm. Автоматик силжишли сигнал кучайтиргичнинг схемаси.

сигналининг катталиги ва ишораси ўзгариб туриши сабабли тўр потенциали U_c ҳам ўзгаради. Бу ўз навбатида лампанинг катодидан аноди томон ҳаракат қиладиган электронлар оқимини тўр потенциали U_c нинг ўзгаришига мувофиқ ўзгартиради. Тўр потенциали ортса, лампанинг ички қаршилиги камаёди, анод токи эса ошади. Тўр потенциали камайганда эса лампанинг ички қаршилиги ортади ва анод токи камаёди. Шунга мувофиқ анод занжиридаги ток лампанинг R_a ички қаршилигининг ўзгаришига мувофиқ ўзгаради:

$$I_a = \frac{U_a}{R_a + R_1} \quad (101)$$

Кучайтиргичдан чиқувчи сигнал ташқи резистор $R_1 = \text{const}$ учларидаги кучланиш орқали қуйидагича ифодаланади.

$$U_c = I_a R_1 = \frac{U_a}{R_a + R_1} \cdot R_1 = \frac{U_a}{\frac{R_a}{R_1} + 1} \quad (102)$$

Кучайтиргичга кирувчи ва ундан чиқувчи сигналларнинг ўзаро боғланишини лампанинг анод-тўр характеристикаси $I_a = f(U_c)$ асосида тушунтириш мумкин.

Лампанинг анод-тўр характеристикасининг ишчи қисми тўғри чиққин ва ундаги ишчи нуқта A шу тўғри чизикда бўлишини таъминлаш учун лампа тўри R қаршилиқ сўқали манфий потенциал E_c берилади (76-рasm, б). Шунда лампа характеристикаси анод токи ўқидан чап томонга E_c миқдорга силжийди. Бу силжишнинг кенглиги кирувчи сигнал U_k амплитудасидан кам бўлмаслиги лозим.

Схемадан кўриш мумкинки, R_1 қаршилиқдан ўтадиган ток икки қисмдан: 1) U_a кучланиш туфайли ўтадиган ўзгармас ток I_a 2) киривчи кучланиш U_k га мувофиқ ўтадиган ўзгарувчан ток $I_a(t)$ лардан иборат бўлади.

Киривчи қаршилиги кам кучайтиргичларга чиқиб қаршилиги катта бўлган (сигнали, фотодатчик ва бошқа) датчикларни улаш мақсадга мувофиқ эмас, чунки бунда датчикнинг чиқиб қаршилиги билан кучайтиргичнинг киривчи қаршилиги орасида мослик вужудга келмайди, натижада кучайтиргичга кирувчи қувват жуда камайиб кетади.

2- §. Электрон лампали сигнал кучайтиргич

Электрон лампали сигнал кучайтиргичлар лампанинг ички қаршилигини бошқарувчи электродга (унинг киришига) берилувчи сигналга мувофиқ ўзгаришига асосланади (76-рasm, а). Унда лампанинг аноди анод кучланиши манбаига уланган. Тўр занжирига эса лампага кириш сигнали U_k берилади. Кириш

Чиқиш сигнали U_c ўзгарувчан бўлгани учун уни ўзгармас ток қисмидан ажратиб олишда чиқиш сигнали занжирига C_1 конденсатор уланади. Бу конденсатор сигналнинг ўзгармас токини (ўзгармас ташкил этувчисини) ўтказмайди.

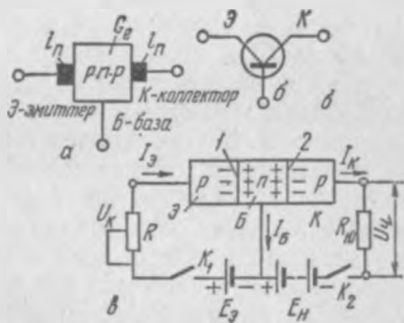
Ҳозирги замон электрон сигнал кучайтиргичларида анод-тўр характистикаси $I_a = f(U_c)$ ни тўрнинг манфий кучланиши U_c томони-га силжитиш учун алоҳида манба қўлланмайди. Бу ўринда анод манбаи кучланиши U_a дан фойдаланилади (77-расм). Анод кучланишининг манфий қутби U_a билан катод орасига уланган резистор R_1 катодда манфий потенциал ҳосил қилади ва анод-тўр характистикасини U_c томонга силжитади. Худди шундай вазифани U_a билан тўр орасига уланган резистор R_2 ҳам бажаради, у тўр кучланишини ҳосил қилади. R_1 қаршилиқ билан параллел уланган катта сифимли C конденсатор анод занжирига ўзгарувчан токни ўтказиб юбориш учун хизмат қилади.

Электрон кучайтиргичлар, сезгичлардан чиқувчи энг кичик (микроватт) сигналларни 100—150 ваттли сигналларга айлантиради. Чиқувчи сигнал катта қувватли бўлиши талаб қилинса, кучайтирувчи каскад системасидан фойдаланилади. Электрон кучайтиргичлар автоматлаштиришда кенг қўлланишининг сабаби уларнинг кам инерционлиги (йўқ даражада кичиклиги) ва сезувчанлиги юқорилигидир.

3- §. Яримўтказгичли сигнал кучайтиргичлар

Яримўтказгичли кучайтиргичлар яримўтказгичли триодлардан тузилади. Бундай триодлар кўпинча транзистор деб ҳам юритилади.

Яримўтказгичли триодларнинг тузилиши яримўтказгичларда бўладиган аралашма электрон ўтказувчанлиги хоссасига асосланади. Менделеев даврий системасининг IV группасига тегишли яримўтказгич германий Ge моддасидан ясалган юпқа пластинанинг икки томонига III группага тегишли индий I_n моддасининг маълум миқдори термик ишлов бериш йўли билан қопланса, (78-расм) улар орасида зарядлар силжиши юз беради, натижада яримўтказгич қотишмасида учта $P-n-P$ соҳалар ҳосил бўлади. Германий пластинасининг чап ва ўнг томонида тешиқлар, яъни мусбат зарядлар P (positivus) тўпланади. Ўртада германий пластинасининг ўзида электронлар, яъни манфий зарядлар n (negativus) тўпланади. Бундай зарядларнинг диффузияси натижасида германий пластинаси билан индий моддаси туташ-



78-расм. Ярим ўтказгичли сигнал кучайтиргич:

а — $p-n-p$ ўтқишли триоднинг тузилиши
 б — $p-n-p$ ўтқишли триоднинг шартли белгиси; I_n — индий; Ge — германий; а — сигнал кучайтиргичнинг принципиал схемаси.

ган чегараларда икки хил потенциал тўсиқ $p-n$ ва $n-p$ вужудга келади (78-расм, в). Ундаги биринчи соҳа — эммитер, ўрта соҳа — база ва ўнг томондагиси — коллектор деб аталади. Бундай триоднинг эмиттер — база занжирига манба E_n ва коллектор — база занжирига манба E_k уланса, маълум шароитда кирувчи кичик сигнал U_k бир неча ўн марта катта бўлган чиқувчи сигнал — U_k га айланиши мумкин.

Манба E_n нинг қутблари $p-n$ ўтишига мос бўлгани туфайли (+ —) потенциал тўсиқ $p-n$ ларнинг қаршилиги жуда кичик ва манба — E_n нинг кучланиши ҳам кичик миқдорга тўғри келади. Манба E_k нинг қутблари $n-p$ ўтишга тескари уланганлиги (— —) сабабли потенциал тўсиқ ($n-p$) нинг қаршилиги катта, шу туфайли манба кучланиши E_k ва қуввати ҳам катта бўлиши лозим. Сигнал кучайиши манба (E_n) ҳисобига бўлади. Бунда нагрузка R_n дан ўтадиган коллектор токи I_k манбага E_n га тегишли бўлиб, у эммитер токи I_e билан бошқарилади.

Электрон кучайтиргичнинг схемасига (78-расм, в) мувофиқ эмиттер ўтиш ($p-n$) манбаининг кучланиши қутблари билан тўғри йўналишда, база коллектор ўтиши эса E_n билан тескари йўналишда уланган. Сигнал кучайтиргичнинг ишлаш принципини қуйидагича тушунтириш мумкин:

Агар узгичлар K_1 ва K_2 очиқ (уланмаган) бўлса, яримўтказгичлар германий пластинаси билан индий элементи туташган чегараларда (1 ва 2) электронлар ва тешиклар диффузияси натижасида $p-n$ ва $n-p$ ўтишли турғун зарядлар ва уларнинг қутблари туфайли потенциал тўсиқ вужудга келади.

Агар фақат узгич K_1 уланган бўлса, кириш қаршилиги R , эмиттер ва база занжиридан эмиттер токи I_e ўтади. Бу занжирдаги манба E_n ва $p-n$ ўтиш қутблари ўзаро тўғри йўналишда бўлгани учун $p-n$ потенциал тўсиқ эмиттер токига қаршилик кўрсатмайди, эмиттердан анча катта миқдорда ток ўтиши мумкин.

Агар K_1 узилган ва K_2 уланган бўлса, нагрузка қаршилиги R_n коллектор K ва база занжиридан ток ўтмайди. Бунга потенциал тўсиқ $n-p$ қутблари манба E_n қутбларига тескари йўналишда эканлиги сабаб бўлади. Агар K_1 ва K_2 уланган бўлса, манба E_n кучланишига пропорционал бўлган эмиттер токи I_e (зарядлар оқими) манба E_n кучланиш таъсирида база — коллектор томонига силжийди ва $n-p$ потенциали тўсиқни енгиб ўтиб, коллектор токи I_k га айланади. Эмиттер токининг база орқали коллекторга бундай ўтиши «инъекция» деб аталади. Эмиттер токи (тешиклар — мусбат зарядлар оқими) тўла равишда коллекторга ўта олмайди. Бу токнинг бир қисми эмиттердан базага ўтганда базадаги электронлар ва манбанинг манфий қутби электронлари билан бўладиган рекомбинациялар туфайли коллекторга ўтмайди ва база токи сифатида манбанинг (E_n) манфий қутбига қайтади. База токи I_c эмиттер токи I_e нинг 1—8 процентини ташкил қилади.

Коллектор токи I_k эммитер токи I_e билан база токи I_c нинг айирмасига тенг: $I_k = I_e - I_c$; шунинг учун уни қуйидагича ёзиш мумкин.

$I_n = \kappa' I_o$, бу ерда: $\kappa' = 0,92 - 0,99$ — умумий базали триод схема-сининг кучайтириш коэффициенти.

Кучайтиргичдан чиқувчи сигнал

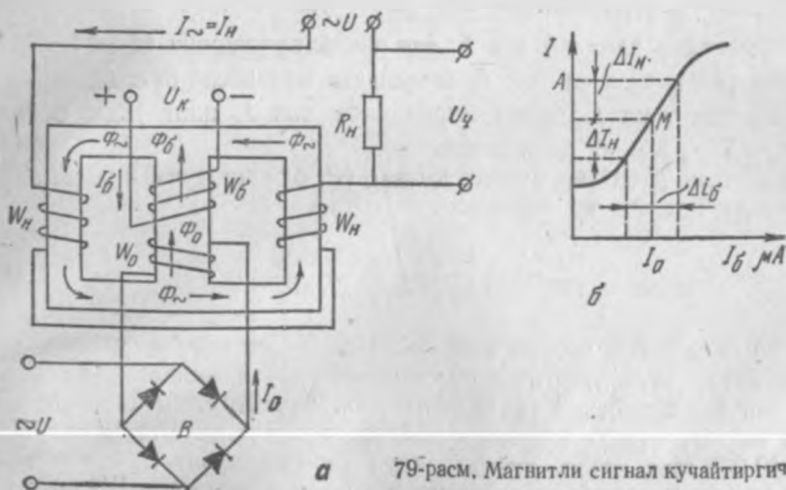
$$U_c = I_n R_n = \kappa' R_n I_o = \kappa I_o, \quad (103)$$

эммитер токига пропорционал бўлгани учун, эммитер токи I_o орқали бошқарилади.

4-§. Магнитли сигнал кучайтиргич

Магнитли сигнал кучайтиргичларнинг ишлаш принципи, ферромагнит материалларнинг магнит тўйиниши хусусиятига эга, шунинг учун унинг магнитланиш характеристикаси $B = f(H)$ эгри чизиқлилигига ва занжирнинг индуктив қаршилиги X_L катта диапазонда ўзгаришига асосланади. Энг оддий магнитли кучайтиргичнинг принципиал схемаси 79-расмда кўрсатилган. У уч пўлат ўзакли тўйинувчи дросселдан тузилган. Унинг чиқишидаги нагрузка занжиридаги магнитловчи чулғамлари W_n ўзгарувчан ток манбаи $\sim U$ га уланади. Нагрузка қаршилиги R_n нинг учларида кучайтиргичдан чиқувчи сигнал кучланиши $U_c = R_n I_n$ ҳосил бўлади.

Кучайтиргичга кирувчи сигнал U_k ёки бошқарувчи ток I_o чулғам W_o да дроссель тўйинишини ўзгартирувчи магнит оқими Φ_o ҳосил қилади, натижада пўлат ўзакнинг сингдирувчанлиги ва чулғам W_n нинг индуктивлиги L ни, шунингдек занжирнинг индуктив қаршилигини $X_n = \omega L$ ўзгартиради. Бу ўз навбатида, чиқиш сигнали U_c ёки $R_n \cdot I_n$ ни ўзгартиради. Шундай қилиб, бошқарувчи ток I_o нинг кичик ўзгариши нагрузка занжиридаги ток I_n ни катта миқдорга ўзгартиради. Сигнал кучайтиришда дроссель характеристикасининг тўғри чизиқли соҳасидан эффектив фойдаланиш мақсадида чулғам W_o ни маълум миқ-



79-расм. Магнитли сигнал кучайтиргич
а — принципиал схемаси, б — статик харак-
теристикаси.

дорда ўзгармас ток I_0 билан таъминлаб, ишчи нуқта M характеристиканинг тўғри чизиqli қисми ўртасида бўлишига эришилади (79-расм, б).

Нагрузка занжиридаги чулғам W_n да ҳосил бўладиган асосий магнит оқими Φ_n дросселнинг ўрта пўлат ўзагидан ўтмайди. Магнитли сигнал кучайтиргичнинг ишлаш принципини нагрузка занжирдан ўтадиган ток I_n формуласи орқали ҳам тушуниш мумкин.

$$I_n = I_n = \frac{U_n}{\sqrt{R_n^2 + (\omega L)^2}} \quad (104)$$

бу ерда R_n — нагрузка занжининг тўла актив қаршилиги; ωL — нагрузка занжиридаги чулғамнинг W_n индуктив қаршилиги; $L = \frac{W_n^2 \mu}{l}$ — нагрузка занжиридаги чулғамининг индуктивлиги, Sl — дроссель пўлат ўтказгичнинг кўндаланг кесими ва ўртача узунлиги; μ — пўлат ўзакнинг магнит сингдирувчанлиги.

Формула (104) дан нагрузка токи I_n нинг ўзгариши чулғамлар W_n нинг индуктивлиги L ёки дроссель темир ўзагининг сингдирувчанлиги μ билан бевосита боғлиқ эканлигини кўриш мумкин. Индуктивлик ёки сингдирувчанлик ортса, нагрузка токи I_n камаяди ва аксинча, L ёки μ камайса, I_n ортади. Бундай бошқаришни амалга ошириш учун бошқарувчи чулғам W_0 дан фойдаланилади. W_0 чулғамдан ўтган бошқарувчи ток I_0 дроссель ўзагида қўшимча магнит оқими Φ_0 ни ҳосил қилади ва темир ўзакнинг тўйиниши туфайли дроссель магнит майдонининг индукцияси B эгри чизиqli $B = f(H)$ характеристика бўйича ўзгаради. Бу эса темир ўзакнинг сингдирувчанлиги $\mu = \frac{\Delta B}{\Delta H}$ ва магнит

майдоннинг индуктивлигини $L = \mu \frac{W_n^2 S}{l}$ ўзгартиради. Шунга мувофиқ кучайтиргичдан чиқувчи ток I_n ёки чиқиш кучланиши $U_n = I_n \cdot R_n$ бошқарувчи (магнитловчи) ток I_n миқдорига мутаносиб бўлади.

Нагрузка токи I_n билан бошқарувчи ток I_0 нинг ўзаро боғланиш графиги 79-расм, б да кўрсатилган.

Магнитли кучайтиргичнинг қувват (P) бўйича кучайтириш коэффициенти қуйидагича ифодаланади:

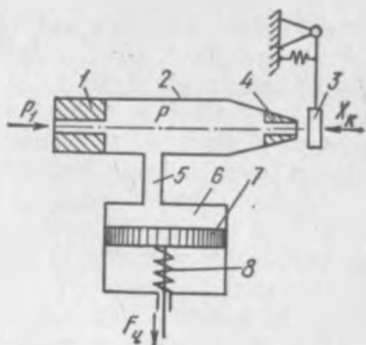
$$K_p = \frac{\Delta U_n}{\Delta U_k} \cdot \frac{\Delta I_n}{\Delta I_0} = \frac{\Delta P_n}{\Delta P_0} \quad (105)$$

бу ерда $\Delta U_n = \Delta I_n \cdot R_n$ чиқиш сигнали, ΔU_k — кириш сигнали.

Магнитли кучайтиргичлар қуйидаги афзалликларга эга. Фойдали иш коэффициенти (ФИК) электрон кучайтиргичларникига қараганда юқори, қувват бўйича кучайтириш коэффициенти битта каскад учун 10.000 гача етади, хизмат вақти узоқ ва ишончли, ишга тушиш вақти электрон кучайтиргичларникига қараганда қисқа. Шунинг учун

ҳам магнит кучайтиргичлар автоматик бошқариш, ростлаш ва контроль системаларида кенг қўлланилади.

Катта инерционликка эгаллиги магнитли кучайтиргичларнинг асосий камчилиги ҳисобланади. Бу бошқарувчи чулғам W_6 нинг индуктивлиги анча катта бўлиши билан боғлиқ. Магнитли кучайтиргичлар ўзгармас ток занжиридаги кичик частотада тебранувчи тоқларни (сигналларни) кучайтириш учун ҳам қўлланади.



5-§. Пневматик ва гидравлик сигнал кучайтиргичлар

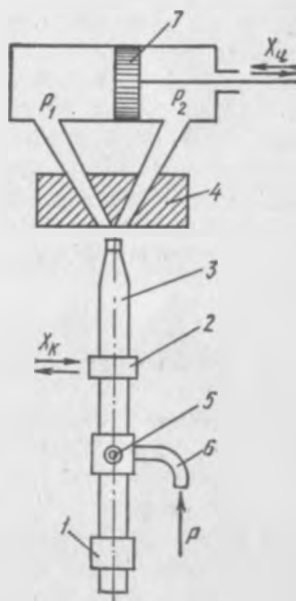
Пневматик ва гидравлик сигнал кучайтиргичлар тузилиши ва ишлаш принципи жиҳатидан бир хил бўлиб, чиқиш сигналининг қуввати катта бўлгани учун улар ижрочи элементларга бевосита таъсир қила олади ва кўпинча ижрочи элементлар билан бир корпусда тайёрланади. Пневматик сигнал кучайтиргичнинг принципаал схемаси 80-расмда кўрсатилган.

Юқори босимли ҳаво (P_1) босим туширгич-дроссель¹ 1 дан ўтиб, камера 2 да пастроқ босим P га айланади. Тўсиқ 3 га таъсир қилувчи сигнал (кириш сигнали) X_K бўлмаса, найча 4 очик бўлади, босим P атмосферага чиқиб кетади. Шунда камера ичидаги босим атмосфера босимига тенг бўлиб қолиши ҳам мумкин.

Кириш сигнали X_K нинг тўсиқ 3 га таъсири натижасида тўсиқ найчани беркита бошлайди, шунда ҳаво босими бошқариш канали 5 орқали ижрочи механизм камераси 6 га ўтади ва ундаги поршень 7 даги пружина 8 нинг кучини енгиб, поршень штогини F_4 куч билан суради.

Штокни сурувчи куч F_4 тўсиқ 3 ни сурувчи куч X_K га нисбатан кучайган ва анча катта бўлади. Баъзи бир шу типдаги кучайтиргичларни қувват бўйича кучайтириш коэффициенти 10^6 — 10^7 гача етади.

80-расм. Дросселли найча — тўсиқ типдаги кучайтиргич.



81-расм. Босимли оқим найчачали сигнал кучайтиргич.

¹ Дроссель — унча узун бўлмаган диаметри тахминан 0,2 мм ли трубадан иборат бўлиб, ҳаво ёки суюқликнинг йўлини торайтириб, унинг сарфийи ёки босимини ўзгартириш (тушвриш) учун хизмат қилади.

Гидравлик сигнал кучайтиргичнинг принципиал схемаси 81-расмда кўрсатилган. Бунда босимли оқим трубкаси 3 кучайтиргичнинг асосий қисми ҳисобланади. У ўқ 5 га ўрнатилади. Датчикдан келади-ган (кучайтиргичга кирувчи) сигнал X_k трубкадаги нуқта 2 га таъсир қилади. Сигнал X_k бўлмаган пайтларда (трубканинг нейтрал ҳолатини сақлаш учун) унинг пастки қисмига посанги 1 ўрнатилади.

Трубка нейтрал ҳолатда турганда, унга таъсир X_k бўлмаганда трубка 6 орқали берилган юқори босимли суюқлик оқими ижрочи механизмнинг поршени 7 нинг икки томонига бир хил куч билан таъсир қилади, яъни $P_1 = P_2$ бўлади. Бунда поршень ҳаракатсиз — нейтрал ҳолатини сақлаб туради.

Агар датчикдан келадиган кучайтиргичга кирувчи сигнал X_k оқим трубкасини ўнг томонга сурса, суюқлик оқими поршеннинг ўнг томонига каттароқ P_2 босим билан таъсир қилади, яъни $P_2 > P_1$ бўлади, поршень чап томонга сурилади. Аксинча, датчикдан келадиган сигнал X_k таъсирида оқим трубкаси чап томонга сурилса, $P_1 > P_2$ бўлади ва суюқлик оқими поршенни ўнг томонга суради.

Агар оқим трубкасининг бир четки ҳолатидан иккинчи четки ҳолатига (1—2 мм) суриш учун датчикдан келадиган сигналнинг кучи 10^{-1} Н миқдорида бўлса, поршень штокидан олинadиган кучнинг миқдори 10^3 Н гача етади. Бу типдаги кучайтиргичларнинг кучайтириш коэффициенти 10^4 га тенг.

Сунгги вақтларда ҳаво ва суюқликли кучайтиргичлар каскади кенг қўлланмоқда. Биринчи кучайтириш каскади пневмокучайтиргич бўлса, иккинчи каскад — гидрокучайтиргичдан иборат бўлиши мумкин.

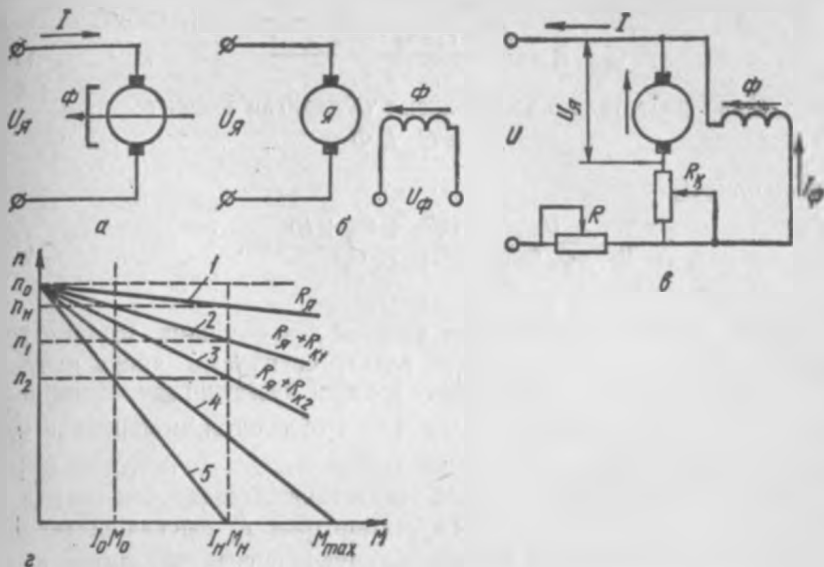
11'606. ИЖРОЧИ ЭЛЕМЕНТЛАР ВА ҲОСТЛОВЧИ ОРГАНЛАР

Технологик объектлардаги ростловчи ёки бошқарувчи органлар: тутқичлар, қопқоқлар, жўмақлар, айланувчи ёпқичлар, тўсиқлар ва бошқаларни берилган бошқариш қонунига мувофиқ юргизиш учун хизмат қиладиган машина ва механизмлар ижрочи элементлар деб аталади. Ижрочи элементлар бошқарувчи сигналларни механик ҳаракатга — айланиш ёки сурилишга айлантиради. Манба энергиясининг турига кўра улар электрик, пневматик ва гидравлик ижрочи элементларга бўлинади.

Ижрочи элементларга асосан қуйидаги талаблар қўйилади: юқори ишончлилик, бошқарувчи сигналнинг юқори аниқликда ишлаши, ишга тушиш тезлигининг юқорилиги, фойдали иш коэффициенти-нинг юқори бўлиши, нархнинг арзонлиги, геометрик ўлчамлари ва масса-сининг кичиклиги ва бошқалар.

1 - §. Электр ижрочи элементлар

Электр ижрочи элементлар ток, кучланишнинг миқдорий ўзгаришини ва электр сигнали фазасининг ўзгаришини бурилиш, сурилиш ва айланиш каби механик ҳаракатларга айлантиради. Ижрочи электр



82- расм. Үзгармас ток двигателлари:

а — магнитоэлектрик двигатель схемаси; б — мустақил қўзғатишли двигатель схемаси; в — параллел қўзғатишли двигатель схемаси, д — параллел қўзғатишли двигательнинг иш характеристикалари.

юритмалар сифатида кичик қувватли ўзгарувчан ёки ўзгармас ток двигателларидан фойдаланилади.

Ўзгармас ток двигателлари магнит майдон қўзғатиш принципига кура мустақил қўзғатишли, ўзгармас магнитли, параллел қўзғатишли, кетма-кет ва аралаш қўзғатишли двигателларга бўлинади. Булар ичида автоматика талабларига мос келадиганлари ўзгармас магнитли, мустақил қўзғатишли ва параллел қўзғатишли двигателлардир (82-расм, а, б, в). Биз мустақил ва параллел қўзғатишли двигателларнинг принципиал схемаси ва ишлаш принципи билан танишамиз.

Параллел қўзғатишли двигательнинг қўзғатиш чулгами якорь чулгамига параллел уланади (82-расм, в). Қўзғатиш токи:

$$I_{\phi} = I - I_{\alpha}$$

Қуввати 100 — 250 Вт бўлган двигателларда қўзғатиш токи $I_{\phi} = (5 - 10\%) I_{\alpha}$. Қуввати 5—10 Вт ли двигателларда $I_{\phi} = (30 - 50\%) I_{\alpha}$ ни ташкил қилади.

Электр сигналлар билан машинанинг айланиш частотаси n орасидаги боғланишни топиш учун двигательнинг якорь занжиридаги кучланиш тенгламасини ёзамиз:

$$U = E_{\alpha} + I_{\alpha}(R_{\alpha} + R_{\phi} + R). \quad (106)$$

бунда $E_{\alpha} = C_{\phi} n \Phi$ бўлгани учун

$$U = C_{\phi} n \Phi + I_{\alpha}(R_{\alpha} + R_{\phi} + R).$$

$$n = \frac{U - I_{\text{я}}(R_{\text{я}} + R_{\text{к}} + R)}{C_{\text{е}} \Phi} \quad (107)$$

булади. Агар двигатель валида ҳосил бўладиган момент

$$M = C_{\text{м}} I_{\text{я}} \Phi$$

ҳисобга олинса,

$$n = \frac{U}{C_{\text{е}} \Phi} - \frac{M(R_{\text{я}} + R_{\text{к}} + R)}{C_{\text{е}} C_{\text{м}} \Phi^2} \text{ мин}^{-1} \quad (108)$$

булади.

(107) ва (108) формулалардан ижрочи двигательнинг тезлиги ўзгариши двигательга таъсир қиладиган электр сигналлар: якорь кучланиши $U_{\text{я}}$ нинг ўзгаришига, якорь занжиридаги қўзғатиш занжирининг токи $I_{\text{ф}} = C_{\text{ф}} \Phi$ ва двигатель валида ҳосил бўладиган моментнинг ўзгаришига боғлиқ эканлиги кўринади.

Автоматлаштиришда двигатель тезлигини бошқарувчи сигнал сифатида якорь кучланиши $U_{\text{я}}$ ёки қўзғатиш токи $I_{\text{ф}}$ дан фойдаланилади.

Агар қўзғатиш токи $I_{\text{ф}}$ юритмага кирувчи сигнал бўладиган бўлса, унда мустақил қўзғатишли двигательдан фойдаланиш самаралироқ булади.

Параллел қўзғатишли двигательнинг механик характеристикалари $n = f(I_{\text{я}})$ ёки $n = f(M)$ 82-расм, *г* да кўрсатилган. Бу характеристика тар $I_{\text{ф}} = \text{const}$ бўлган ҳол учун чизилган. Унда якорь кучланишини ўзгартириш учун якорь занжирига уланган қўшимча қаршилик $R_{\text{к}}$ дан фойдаланилган. Кучланишлар тенгламасига мувофиқ

$$U_{\text{я}} = U - I_{\text{я}} \cdot R_{\text{к}}; \quad (109)$$

қўшимча қаршилик $R_{\text{к}}$ кўпайиши билан $U_{\text{я}}$ камаяди. Бу ўз навбатида двигатель тезлигини камайтиради.

Қўшимча қаршилик $R_{\text{к}} = 0$ бўлганда двигатель ўзининг табиий характеристикасида (1) ишлайди. 5-характеристикада двигательнинг айлантирувчи (буровчи) моменти M нагрузка моменти $M_{\text{н}}$ билан тенг бўлганда, двигатель тўхтади, яъни $n = 0$ булади.

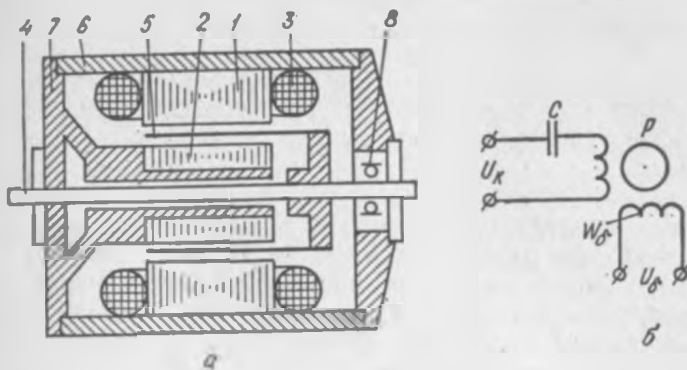
Қолган ҳамма қўшимча қаршиликларда двигатель ўзининг номинал нагрузкасида ишлайверади. Якорь кучланишининг ўзгариши двигатель тезлигини 0 дан $n_{\text{н}}$ гача ўзгартиради. Агар $U_{\text{я}}$ нинг қутблари ўзгарса, айланиш йўналиши ҳам тескарисига ўзгаради.

Ҳозир ДПМ¹ серияли магнитоэлектрик доимий магнитли двигателлар (82-расм, *а*) ижрочи юритмалар сифатида кенг қўлланмоқда.

Ўзгармас ток двигателларининг асосий камчилиги уларда контакт чўткаси борлиги ва ўзгармас ток манбаини талаб қилишидир.

Ўзгарувчан ток двигателлари. Автоматик системаларда магнитланмайдиган роторли асинхрон двигателлар кўпроқ қўлланади.

¹ ДПМ — доимий магнитли двигатель.



83- расм. Стакансимон алюминий роторли асинхрон двигателъ:

а — тузилиши; б — принципал схемаси.

Уларнинг афзалликлари: момент инерционлиги кам, сирпаниб ток олувчи чўткаси йўқ, шу туфайли ишқаланиш моменти кам, ростлаш ва реверслаш учун қулай, юриши равон ва шовқинсиз, айланиш тезлиги кучланишга пропорционал ва ҳоказо. Бундай двигателларнинг тузилиш схемаси 83- расмда кўрсатилган.

Двигателъ темир пластинкалардан йиғилган ташқи 1 ва ички 2 статорлардан иборат. Статор чулғами 3 купинча ташқи статор пазларига жойлаштирилади. Ички статорда чулғам бўлмайди, у магнит занжирининг қаршилигини камайтириш учун хизмат қилади. Ташқи статор двигателнинг корпуси 6 га, ички статор эса двигателнинг ён тарафидаги шчит 7 га ўрнатилади.

Двигателъ вали 4 ички статорнинг марказидаги тешикдан ўтказилиб ён томонлари шчитларидаги подшипниклар 8 га ўрнатилади.

Двигателнинг ротори 5 юпқа (0,3 мм) алюминийдан ясалган стакан (цилиндр) ички ва ташқи статорлар орасидаги бўшлиқда айланадиган қилиб валга мустаҳкам ўрнатилган бўлади. Алюминий стакан деворлари юпқа бўлишининг сабаби, унда пайдо бўладиган уюрма тоқларга бўладиган актив қаршиликни ошириш йўли билан двигателнинг бошқарилувчанлиги юқори бўлишини таъминлашдан иборат. Бошқарувчи сигнал йўқолган заҳоти ротор айланишдан тўхташи кўзда тутилади. Шу сабабли бундай двигателларнинг фойдали иш коэффициенти (ФИК) жуда кам: $\eta = -20\%$ га яқин бўлади. Статор чулғамлари ўзаро 90° га сурилган ва айланувчи магнит майдони ҳосил қиладиган иккита чулғамдан иборат (83- расм, б).

Двигателнинг айланиши статор чулғамида ҳосил бўладиган айланувчи магнит майдон билан алюминий стакан деворида ҳосил бўладиган уюрма тоқнинг ўзаро таъсири натижасида вужудга келади. Статор чулғамларидан бири бошқарувчи сигнал чулғами W_0 , иккинчиси ўзгарувчан ток манбаига уланадиган қўзғатиш чулғами дейилади. Қўзғатиш чулғами занжиридаги конденсатор C , унда ҳосил бўладиган магнит майдоннинг бошқарувчи чулғам W_0 нинг магнит майдонига нисбатан 90° гача силжитиш учун хизмат қилади.

Маълумки, ўзаро 90° га яқин фаза сурилишига эга бўлган иккита

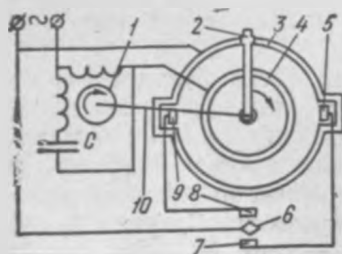
пульсацияланувчи магнит оқимларининг вектор йиғиндиси айланувчи магнит майдонни ҳосил қилади. Стакан деворларида ҳосил бўладиган уярма ток ва унга таъсир қиладиган айланувчи магнит майдон роторни (алюминий стаканни) айлантиради, шунда двигатель валига механик боғланган бошқарилувчи орган — ростлаш органи ҳам айланади.

Ротор валида вужудга келадиган айлантирувчи момент бошқарувчи сигнал амплитудасига мувофиқ ўзгаради.

Электр юритмали ижрочи механизмлар. Электр юритмали ижрочи механизмлар электр двигатель, валнинг айланиш частотасини камайтирадиган редуктор, ростловчи органга редуктор валини улайдиган қурилма, ростловчи орган «тўла очиқ» ёки «тўла ёпиқлик» чегараларига етганда электрик двигателни тўхтатиш учун хизмат қиладиган «чекловчи узгичлар», автоматик ростлаш системаларида қўлланадиган тескари боғланиш реохорди, ижрочи механизм ҳолатини масофадан кўрсатиб турувчи асбоблардан тузилади. Ижрочи механизмларнинг чиқиш қурилмаси тўғри чиқиқли ёки айланма ҳаракат қилиш имконига эга бўлади. Бундай ижрочи механизмларда контактли ёки контактсиз бошқариш қурилмалари бўлиб, улардан чиқувчи бошқариш сигнали ростловчи органнинг бир марта тўла айланиб тўхташини ёки кўп марта айланишини таъминлайди. Биз бир марта тўла айланидиган ДР—М типдаги ижрочи механизмнинг ишлаш принципи билан танишамиз. Бир айланишли ижрочи механизм ДР—М икки позицияли автоматик бошқариш системаларида қўлланади, у ростловчи органни тўла очиқ ёки тўла ёпиқ туришни таъминлайди. ДР—М юритмаси реверсланмайдиган асинхрон двигатель ва чекловчи узгичлардан иборат бўлиб (84- расм) двигатель чулғамларининг бир учи тармоққа, иккинчи учи ток ўтказгич ҳалқа 4 га уланади. Ташқи 3 ҳамда ички 4 ҳалқалар, шунингдек контактлар 5 ва 9 текстолит панелга ўрнатилган бўлади. Чекловчи узгичнинг сурилгичи 2 редуктор вали 10 билан механик боғланган. Сурилгич ўзи турган ўрнига мувофиқ ўтказгич ҳалқа 4 ни контакт 9 билан ёки ташқи ўтказгич ҳалқа 3 билан ёки контакт 5 билан улаши мумкин.

Контактлар 6, 7 ҳамда 8 икки позицияли регуляторга хос бўлиб, ростланувчи параметр ўзининг пастки қийматигача камайса, қўзғалувчи контакт 6 контакт 8 билан уланади, ростланувчи параметр ўзининг берилган юқориги қийматига кўтарилса, контакт 6 контакт 7 билан уланади. Агар ростланувчи параметр қиймати берилган юқориги ва пастки қийматлар оралиғида бўлса, иккала контакт (7, 8) ҳам узилган бўлади. Бошланғич ҳолларда сурилгич 2 контакт 9 га уланган ва контактлар 7 ёки 8 уланмаган бўлса, электр двигатель чулғамлари ҳам узилган ва двигатель тўхтаган бўлади.

Ростланувчи параметр камайтиши билан регуляторнинг чекловчи контакти 8 контакт 6 билан уланади, шунда юриткич



84- расм. Электр юритмали ижрочи механизмлар.

айлана бошлайди. Ростловчи орган ҳам очила бошлайди. Сурилгич контакт 9 дан ҳалқа 3 га тушганда уни ҳалқа 4 билан улайди. Электр двигатель чулғамларидан ток ўтиб тураверади. Двигатель ротори билан механик боғланган сурилгич айланишда давом этади. Сурилгич ярим ҳалқа оралигидан ўтиб контакт 5 га етганда контактлар 6 ҳамда 7 узиқ бўлгани сабабли двигатель чулғами токсизланади, двигатель айланишдан тўхтайди. Шунда ростловчи орган тўла очилган бўлади. Масалан, идишга суюқлик тушиб ростланувчи параметр миқдори — суюқлик сатҳи баландлиги кўтарила бошлайди ва маълум вақт ўтгач қалқович датчик билан боғланган чекловчи контакт 7 га контакт 6 уланади. Шунда ҳалқа 4 билан контакт 5 сурилгич орқали уланган бўлгани учун ижрочи механизм вали яна айланиб кетади, ростловчи орган жўмракни ёпа бошлайди. Сурилгич контакт 9 га ўтганда контакт 6 ҳамда 8 узиқлиги сабабли электр двигатель чулғамининг занжиридан ток ўтмайди, электр двигатель айланишдан тўхтайди. Ростловчи орган (жўмрак) тўла ёпилади.

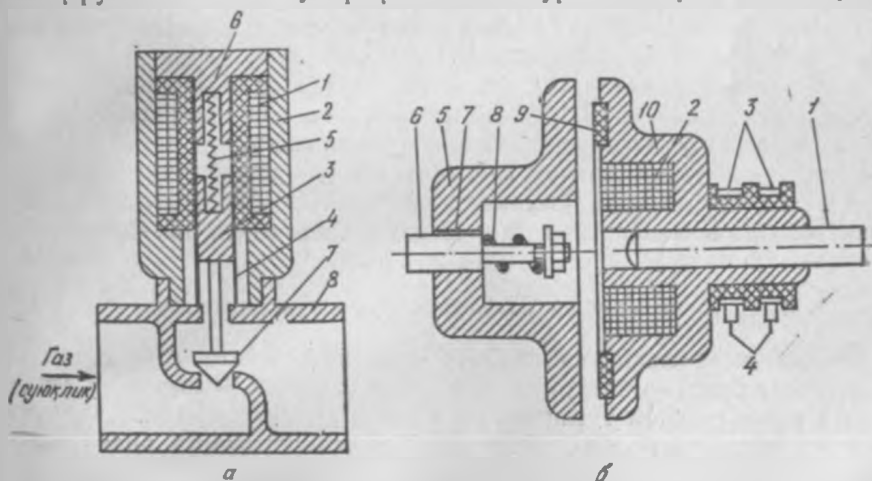
Узлуксиз автоматик ростлаш системаларида ПР ҳамда ИМ типидagi механизмлар қўлланади.

2-§. Электромагнитли ижрочи элементлар

Электромагнитли ижрочи элементлар механик, пневматик ва гидравлик системалардаги энергия ёки масса оқимини масофадан туриб бошқариш учун хизмат қилади. Бундай юритмалар асосан икки хил бўлади: 1) сурилувчи электромагнитли клапан, 2) электромагнитли сирпанувчи муфта.

Электромагнитли юритмалар электр двигателларга қараганда анча арзон, уларнинг ишлаши ишончли ва ишга тушиш тезлиги юқаридир.

Тортувчи электромагнитнинг тузилиш схемаси 85-расм, а да кўрсатилган. У газ ёки суюқлик оқим трубасидаги ростловчи (клапанни) бошқарувчи сигналга мувофиқ очиб-ёпиб туриш вазифасини бажаради.



85-расм. Электромагнитли ижрочи механизмлар:
а — электромагнит клапан — тўсиқ; б — электромагнит муфта.

Электромагнит чулғами 1 қуғалмас темир ұзак ичига жойлашади. Қуғалувчи темир ұзак 3 жездан қилинган трубка 4 ичида ҳаракат қилади. Бу трубка пўлат ұзакни қолдиқ магнитланиши туфайли юз берадиган ёпишқоқликдан сақлайди ва ишқаланишни камайтиради.

Агар электромагнит чулғамига кучланиш берилса, якорь — қуғалувчи пўлат ұзак 3 пружина 5 нинг кучини енгиб қуғалмас пўлат ұзак 6 томон, латун трубка ичида ҳаракат қилади ва клапан очилади. Трубка 8 дан ўтадиган газ ёки суюқлик миқдори ўзгаради. Бошқарувчи сигнал умуман йўқ бўлганда пружина 5 клапан 7 ни бутунлай беркитади.

Электромагнитли муфта (85-расм, б) ишчи механизмларни ишга тушириш, тўхтатиш ва уларнинг тезлигини ўзгартириш учун сизмат қилади.

Муфтанинг етакчи вали 1 да электромагнит майдон ҳосил қиладиган чулғам 2 ўрнатилган. Чулғамга ҳалқа 3 ва чўтка 4 орқали кучланиш берилади. Ҳалқа етакчи валга механик боғланган ва у билан бирга айланади. Муфтанинг етакланадиган томони — якорь 5 ишчи механизм вали 6 га шпонка 7 ёрдамида механик уланган. У вал ўқи йўналишида ўнгга ёки чапга сурилиши мумкин, шпонка уни фақат айланиб кетишдан сақлаб туради.

Электромагнит чулғамида ток бўлмаса, якорни пружина 8 чап томонга суради. Шунда ишчи механизмнинг вали айланмай қолади. Электромагнит чулғамидан ток ўтганда ҳосил бўлган магнит майдон кучи пружинанинг эластиклик кучини енгади ва якорь муфтанинг етакчи ярим палласига келиб ёпишади. Шайба 9 уни сирпанишдан сақлаб ушлаб қолади ва технологик машина вали 6 етакчи вал билан бирга айлана бошлайди.

Чулғамдан ўтадиган ток миқдорини ўзгартириш йўли билан якорь ва фрикцион шайба орасидаги магнит майдоннинг тортиш кучи ҳам ўзгартирилади. Шунда фрикцион шайбанинг ишқаланиш кучи камаяди, якорнинг сирпаниши ошади ва ишчи механизм валининг тезлиги камаяди. Чулғамдан ўтадиган ток миқдори кўпайтирилса, аксинча, ишчи механизмнинг тезлиги ошади.

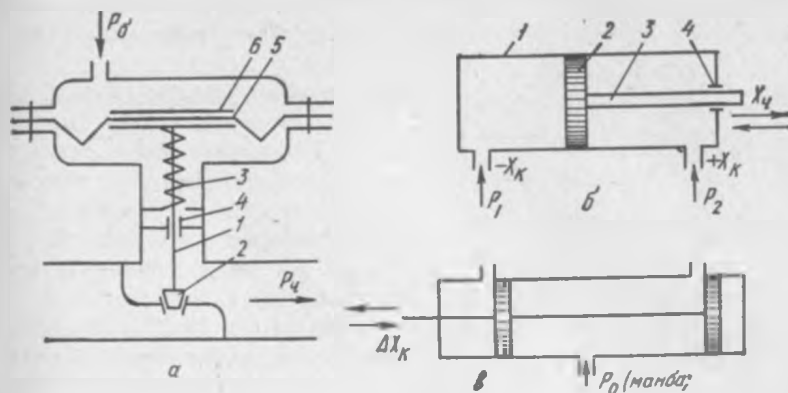
Муфтанинг камчилиги ток ўтказувчи ҳалқа ва чўтканинг ишлаш ишончлилиги пастлиги ва фрикцион шайбанинг емирилиши туфайли муфта характеристикасининг ўзгариб қолишидир.

Бундай муфтalar серияси саноатда кўплаб ишлаб чиқарилмоқда. Улар 27 ва 100 вольтли ўзгармас ток манбаига уланади ва 5—22 Вт қувват олади. Уланиш вақти 20—40 мс, узилиш вақти 15—30 мс.

3 - §. Пневматик ва гидравлик ижрочи элементлар

Пневматик ва гидравлик ижрочи механизмлар автоматик системалардаги ростлаш органларини ҳаво ёки суюқлик босимининг ўзгаришига мувофиқ ишга тушириш учун хизмат қилади. Шунингдек, улар ҳаво ёки суюқлик босими ўзгаришини электр сигналига айлантириб ўзоқ масофага узатиш функцияларини ҳам бажаради.

Пневматик ижрочи элементлар мембранали ва поршенли бўлади.



86- расм. Пневматик ижрочи механизмлар:

a — мембранали; *б* — поршенли.

Мембранали ижрочи механизмнинг тузилиши 86- расм, *a* да кўрсатилган. Шток *1* ва клапан *2* нинг сурилиши (чиқиш сигнали) бошқарувчи сигнал — босим P_6 нинг ўзгаришига мувофиқ бўлади.

Босим P_6 ошса, пружина *3* сиқилади ва клапан ёпилади. Агар бошқарувчи сигнал олдиндан белгилаб қўйилган босим миқдоридан камайса, клапан очилади.

Мембрана чармдан ёки резинали тўқимадан тайёрланади. Мембрана қаттиқлигини диск *б* таъминлайди. Шток *1* мембрана дискига ўрнатилади. Сальник *4* газопроводдан мембрана томонга газни ўтказмайди.

Поршенли ижрочи механизмлар (86- расм, *б*) кўпинча ростлаш органларининг сурилиши 300 мм гача бўлган ҳолларда қўлланади.

Ижрочи механизмнинг цилиндри *1* даги поршень *2* ва шток *3* бошқарувчи босимлар P_1 ва P_2 таъсири остида ўнгга ёки чапга сурилади. Босимлар тенг ($P_1 = P_2$) бўлганда поршень бир жойда ҳаракатсиз туради. $P_1 < P_2$ бўлса, поршень ва шток чап томонга, $P_1 > P_2$ бўлганда эса улар ўнг томонга сурилади.

Автоматик системанинг бошқарувчи-ростловчи органи шток билан боғлиқ ҳолда поршеннинг сурилишига мувофиқ ҳаракат қилади.

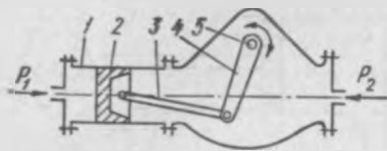
Поршенли ижрочи элементлар кўпинча золотникли босим кучайтиргичлар ёрдамида бошқарилади (86-расм, *в*).

Асосий камчиликлари: ишга тушиш тезлиги юқори эмаслиги, цилиндр узунлиги, диаметрининг катталиги ва ҳавонинг сиқилиши хусусиятига боғлиқ бўлган сигнал кечикиш ҳоллари мавжудлигидир.

Гидравлик ижрочи механизмлар ҳам поршенли ижрочи механизмлар принципида ишлайди. Биз кривошипли гидравлик ижрочи механизмнинг ишлаш принципи билан танишамиз (87-расм).

Босимлар P_1 ва P_2 фарқи цилиндр *1* даги поршен *2* ни ҳаракатлантиради. Бу ҳаракат шатун *3* орқали кривошип *4* га ўзатилади. Кривошип вали *5* га автоматик системанинг бошқарувчи ёки ростловчи органи уланган бўлиб, у $0-90^\circ$ гача бурчакка бурилиши мумкин.

4-§. Ростловчи органлар



87- расм. Кривошипли ижрочи механизмнинг схемаси.

Ростловчи органлар ишлаб чиқариш объектларида сарф бўлаётган энергия ёки модда (ҳаво, газ, сув, ёнилғи, суюқликлар, буғ ва ҳоказолар) оқимини (сарфини) ўзгартириб, технологик процессга бевосита таъсир қилувчи ва унинг оптимал режим-

ларда ўтишини таъминлайдиган асосий органлардан биридир.

Суюқлик, буғ ва газнинг (юқори босимларда 10 000 Па гача) сарфини ростлаш учун задвижкалар—айланувчи заслонкалар қўлланади. Булардан ташқари яна кранлар, золотниклар ва бошқалар қўлланади.

Ростловчи органларнинг иши унинг нисбий сарф характеристикаси

$q = f(S)$ билан белгиланади, бунда $q = \frac{Q}{Q_{\max}}$ модда ёки энергиянинг

нисбий сарфи; Q ва $Q_{\max}$ — модда ёки энергиянинг ўтаётган ва макси-

мал миқдорлари; $S = \frac{Y}{Y_{\max}}$ — ростловчи органнинг нисбий сурилиши

Y ва $Y_{\max}$ — растловчи органнинг сурилиши ва унинг сурилиши мумкин бўлган максимал қиймати.

Ростловчи органлар 1) ростлаш диапазони — ростловчи орган затворининг икки энг четки ҳолатларига сурилганда S модда нисбий сарфи q нинг ўзгаришига; 2) суриш кучи — ростловчи органи бир ҳолатдан иккинчи ҳолатга ўтказиш (суриш) учун керак бўладиган кучига кўра баҳоланади.

Ростловчи органнинг сарф характеристикаси — босим тушиши ўзгармаган ҳолда, ростланувчи модданинг сарфи билан затвор сурилиши орасидаги боғланишга мувофиқ ифодаланади; $Q = f(Y)$.

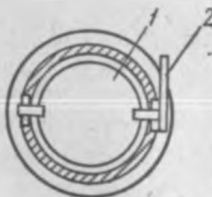
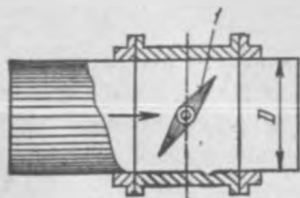
Ростловчи органнинг нисбий сарф характеристикаси тўғри чиқиқли бўлиши талаб қилинади.

Ростловчи органнинг автоматик системада ишлаши учун танлашда иш объектининг характеристикаси билан ростловчи орган характеристикасининг ўзаро мослигига катта эътибор берилади. Ростловчорганга мисол сифатида 88- расмда айланувчи тўсиқли (заслонкали) трубканинг тузилиш схемаси кўрсатилган.

V БОБ. БОШҚАРИШ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

1-§. Реле

Реле — автоматик системаларда бошқариш, ҳимоя, контроль, сигнализация, ростлаш ва бошқа дискрет операцияларни бажариш учун жуда



88- расм. Айланувчи клапанли қувур:

1 — айланувчи клапан;
2 — клапан дагаси.

қўл қўлланиладиган аппаратдир. Релега кирувчи сигнал узлуксиз равишда ўзгариб маълум қийматга эга бўлгандагина унда сакрашсимон характеристикали чиқиш сигнали ҳосил бўлади. Шундан сўнг кирувчи сигнал қийматининг ўзгариши, ошishi давомида чиқувчи сигнал ўзгармайди. Кирувчи сигнал қиймати камайиб маълум миқдорга етганда эса чиқиш сигнали сакрашсимон характерда ўзилади ва олдинги ҳолатга қайтади.

Реле хусусиятлари билан электро-механик реленинг уланиш схемаси ва характеристикаси орқали танишиш мумкин (89-расм).

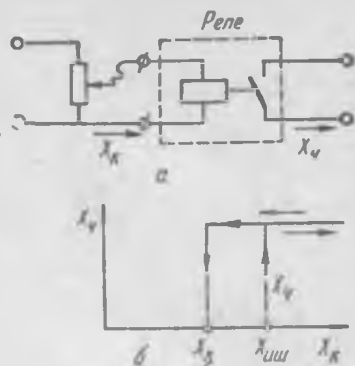
Реле чулғамига кирувчи ток I_k (сигнал X_k) потенциометр сурилгичини пастдан юқорига қараб суриш йўли билан секин кўпайтириб борилганда ток катталиги $I_{иш}$ га ёки сигнал $X_{иш}$ га етганда реле ишга тушади, яъни унинг контакти орқали ўтадиган сакрашсимон характерга эга бўлган чиқиш сигнали I_q ёки X_q ҳосил бўлади, яъни реле ишга тушади. Шу сабабли релега кирувчи сигналнинг бу қиймати ишга тушиш сигнали $X_{иш}$ деб аталади. Энди потенциометр сурилгичини пастга (орқага) суриб кириш сигнали катталигини камайтира бошласак, I_k ёки X_k бўлганда чиқиш сигнали кескин камаяди, яъни реле ўз контактларини бўшатиб юборади, чиқиш сигнали йўқолади. Релега кирувчи сигналнинг бу қиймати қайтиш сигнали X_k деб аталади.

Реле ўзининг қуйидаги асосий параметрлари билан характерланади: 1) ишга тушириш қуввати; бу қувват реленинг ишончли ишлаши, яъни контактларининг барқарор уланиб туриши учун зарур бўлган таъсиқарида таъсир қиладиган сигналнинг минимал қувватига тенг бўлади; 2) бошқариш қуввати; у релега таъсир қиლაётган сигналнинг шу ндай минимал қувватидирки, бунда реле контактлари ўзилмай туради; 3) қайтиш коэффициенти:

$$K_k = \frac{X_k}{X_{иш}} \quad (110)$$

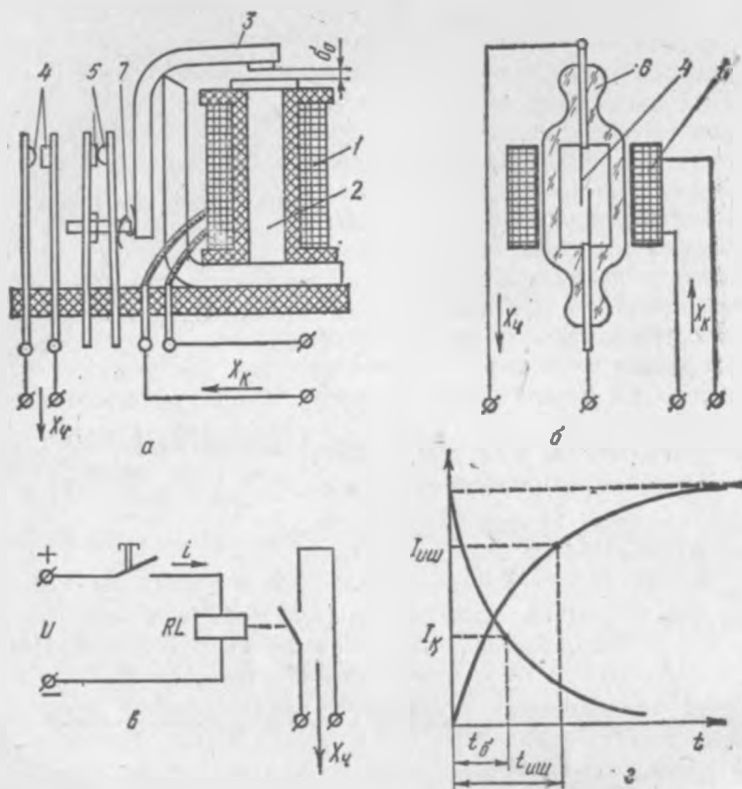
4) реленинг ишга тушиш вақти — релега бошқариш сигнали берилгандан то ундан сигнал чиққунга қадар ўтадиган вақт.

Реле ишга тушиш вақти ($t_{иш}$) га қараб тез ишловчи, нормал, кечиктирилган ва вақт релеларига бўлинади. Масалан, реленинг ишга тушиш вақти $t_{иш} < 0,05$ с бўлса, тез ишловчи реле дейилади. $t_{иш} = 0,05 \dots 0,15$ с бўлса, нормал реле ва $t_{иш} > 0,15$ с бўлса, секинлатилган реле дейилади. Ишга тушиш вақти 1 с бўлиб, бу вақтни яна маълум оралиқларда ўзгартириш мумкин бўлган реле вақт релеси дейилади; 5) улаш имкониятлари реленинг контакт жуфтлари сони билан аниқ-



89-расм. Электромеханик реле:

а — принципал схемаси; б — статик характеристикаси; $X_{иш}$ — реленинг ишга тушиш сигнали, X_k — реленинг қайтиш сигнали. X_k — реле чулғамига кирувчи сигнал; X_q — реле контакти орқали чиқувчи сигнал.



90-расм. Ўзгармас ток релеси:

a — айланувчи якори реле; *б* — якорсиз реле (геркон); *а* — реленинг принципал схемаси; *а* — реленинг динамик характеристикалари; *1* — электромагнит ғалтаги; *2* — қўзғалмас пўлат ўзак; *3* — қўзғалувчи пўлат ўзак (якорь); *4* — нормал ҳолатдаги очиқ контакт; *5* — нормал ҳолатдаги ёпиқ контакт; *б* — шиша колбача.

ланади; 6) ўлчамлари, массаси ва ишончли ишлаши ҳам реленинг асосий параметрлари ҳисобланади.

Электр релелари электромагнит, магнитоэлектр, электрон вақт релеси каби турларга бўлинади.

Электромагнит реле автоматик системаларнинг бошқариш занжирдаги ток турига қараб икки хил бўлади. 1) ўзгармас ток релеси; 2) ўзгарувчан ток релеси. Ўзгармас ток релесининг икки тури 90-расмда: якори айланувчи реле 90-расм, *a* да, герконлар — контактлари герметик беркитилган реле 90-расм, *б* да кўрсатилган.

Бу типдаги ҳамма релеларнинг ишлаш принципи бир хил бўлади, чунки уларнинг ҳаммасида ҳам электромагнит чулғами *1* дан ток (бошқарувчи сигнал) ўтганда қўзғалувчи пўлат ўзак (якорь) *3* қўзғалмас пўлат ўзак *2* томон тортилади ва у билан механик боғланган контактлар *4* уланиб, бошқарилувчи занжирда чиқиш сигнали X_4 ҳосил бўлади. Герконларда қўзғалувчи пўлат ўзак функциясини контакт системасидаги пластинкалар *4* бажаради.

Электромагнит релеларининг магнит занжиридаги бўшлиқ (ҳаво оралиғи) δ_0 контактлар очик ҳолатида катта ва контактлар уланган ҳолатида анча кичик бўлиши сабабли бу релеларнинг қайтиш коэффициенти бирдан анча кичик яъни, $K_k < 1$ бўлади, бу ерда K_k — реленинг қайтиш коэффициенти. Буни қуйидагича тушунтириш мумкин. Маълумки, электромагнит майдонининг кучи $F_{эм}$ қўзғалувчи пўлат ўзак оралиғи ёки пружина 7 нинг тортиш кучи $F_{пр}$ дан катта, яъни $F_{пр} \leq F_{эм}$ бўлгандагина реле контактлари ишга тушади, яъни нормал очик контактлар ёпилади, ёпиқ контактлар 5 эса очилади.

Релени ишга тушиш токи $I_{иш}$ қайтиш токи I_k дан қанча катта бўлиши кераклигини билиш учун контактларнинг уланиш ва узилиш вақтидаги электромагнит майдон кучи пружинанинг тортиш кучига тенг, яъни $F_{пр} \approx F_{эм}^{ул} \approx F_{эм}^{уз}$ деб фараз қиламиз, у ҳолда

$$a \frac{I_{иш}^2}{\delta_0^{max}} = a \frac{I_k^2}{\delta_0^{min}}$$

ёки

$$\frac{\delta_0^{min}}{\delta_0^{max}} = \frac{I_k}{I_{иш}} = K_k < 1.$$

Одатда, кучсиз ток релеларининг қайтиш коэффициенти $K_k \approx 0,3$ — 0,5 бўлади.

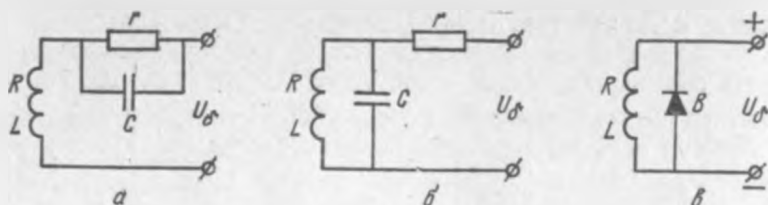
Реле контактларининг уланиш-узилиш тезлиги ва бу параметрларни ўзгартира олиш имкониятлари борлиги катта амалий аҳамиятга эга. Буни реленинг динамик характеристикаси (90-расм, г) асосида кўриш мумкин. Бу характеристика реле электромагнит чулғамининг дифференциал тенгламаси $U = Ri + L \frac{di}{dt}$ ни ечиш йўли билан ёки тажриба йўли билан қурилади. Тенгламанинг ечими қуйидаги кўринишда бўлади:

$$i = \frac{U_n}{R} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right), \quad (112)$$

бунда $I_n = \frac{U_n}{R}$ — ғалтак токининг барқарор режимдаги қиймати ёки реленинг ишлаш (номинал) токи; $T = \frac{X_L}{R}$ — занжирнинг вақт константаси; U_n — реленинг номинал кучланиши; RX_L — электромагнит чулғамининг актив ва индуктив қаршилиги ($X_L = \omega L$).

Реленинг барқарор ишлаши учун унинг номинал токи I_n ишга тушиш токи $I_{иш}$ дан анча катта бўлиши керак.

Одатда, $K_{зан} = \frac{I_n}{I_{иш}}$ — реленинг запас коэффициенти дейилади. Ғалтакнинг динамик характеристикаси (112) тенгламадан реленинг ишлаш тезлигини оширишнинг икки йўли борлигини кўриш мумкин: 1) реленинг токи I_n қийматини ошириш, 2) реленинг вақт константаси T ни ўзгартириш (камайтириш).



91-расм. Реле тезкорлигини ўзгартирувчи схемалар:

а — реле контактининг улаишини тезлаштиради; б — реле контактининг улаишини кечиктиради; в — реле контактининг узилишини кечиктиради.

Реленинг номинал токи қийматини ошириш ёки унинг запас коэффициентини ошириш, амалда, $1,5 < K_{\text{зап}} \leq 2$ билан чегараланади.

Ўзгармас ток релеларининг ишлаш тезлигини ошириш учун қўлланадиган бир неча схемалар мавжуд.

91-расм, а да реленинг ишлашини тезлаштирадиган, яъни унинг контактларининг улаиш вақтини ўзгартирадиган схема тасвирланган. Унга реле чулғамига кетма-кет қилиб конденсатор C билан шунтланган актив қаршилик r уланган. Схемага бошқарувчи сигнал U_0 берилса, бу сигнал кучланиши бутунлай реленинг ғалтак чулғамига тушади. Чунки бу пайтда ўткинчи процесс токи асосан конденсатордан ўтади.

Бошқарувчи кучланиш (U_0) реленинг номинал кучланишидан икки марта катта бўлиши мумкин. Шунда реленинг номинал токи (резонанснинг ҳиссба олганда) қуйидаги формула орқали ифодаланади:

$$I_n = \frac{U_0}{r + R} \quad (113)$$

Конденсаторнинг сифими C эса занжирдаги резонанс ҳодисасига мувофиқ

$$\frac{L}{R} = RC$$

ёки $C = \frac{L}{R^2}$ бўйича ҳисобланади.

91-расм, б да реленинг ишлашини секинлаштирувчи схема кўрсатирилган.

Бошқарувчи кучланиш U_0 реле занжирига уланганда ўткинчи процесс токи энг олдин конденсаторни зарядлаш учун сарф бўлади, конденсаторнинг зарядланиши охиридагина у реле ғалтагидан ўта бошлайди, натижада реленинг ишлаши маълум вақтга кечикади.

Реле занжири бошқарувчи кучланиш U_0 дан узилганда эса конденсаторнинг заряд токи реле ғалтаги орқали ўтади ва бу ток ҳосил қилган магнит майдоннинг кучи реле контактларининг узилишини анча кечиктиради. Реле контактларининг узилиш вақтини кечиктириш имконини берадиган иккинчи схема 91-расм, в да акс эттирилган.

Реле U_0 га уланганда вентиль (диод) ўзидан ток ўтказмайди, ток реле ғалтагидан ўтади, узилганда эса, аксинча, ғалтакдаги ток вентиль орқали ўтиб сўнади. Натижада сўнувчи токнинг реле занжирида бўлиши реле контактларининг узилишини бирмунча секинлаштиради.

Автоматиканинг ривожланиши туфайли реленинг конструкцияси жиҳатидан такомиллашган турлари яратилди. Релеларнинг сезгирлиги ва ишончлилиги ортди, габарит ўлчамлари ва массаси камайди.

Ҳозирги вақтда якорсиз релелар кенг қўлланилмоқда. Уларнинг ишлаш тезлиги якорли (қўзғалувчи пўлат ўзакли) релеларнинг ишлаши тезлигидан бир неча ўн марта кичикдир. Якорли реленинг ишлаши учун ўнлаб миллисекундлар талаб қилинса, якорсиз релелар миллисекунддан кам вақт ичида ҳам ишлай олади. Бундай релеларнинг контактлари герметик беркитилган бўлади ва улар «Геркон»лар деб аталади (90- расм, б).

Геркон контактлари 4 пермаллойдан тайёрланади ва шиша колбача 6 ичига расмда кўрсатилгандек ўрнатилади. Пермаллойднинг колбадан чиқувчи томони яхши ток ўтказувчи металлга пайвандланади. Пермаллой учларининг контактларини яхшилаш ва емирилишини камайтириш учун пластинкаларнинг учлари олтин, кумуш ёки радий билан қопланган бўлади. Колба ичида вакуум ҳосил қилинган ёки инерт газлар (аргон ёки азот) билан тўлдирилган бўлади.

Герконни электромагнит майдонга (ғалтак 1 ичига) киритилса, пермаллой пластинкалари бир-бирига тортилиб, контактларни улаши мумкин. Геркон контактларини узиб-улашни бошқариш электромагнит ғалтагига ток ўтказиш-ўтказмаслик ёки ток йўналишини ўзгартириш билан амалга оширилади.

Якорли релеларнинг контактлари уланиб туриши учун уларнинг электромагнит чулғамидан ток доим ўтиб туриши керак бўлса, якорсиз релеларда бундай эмас. Уларнинг контактлари феррит ёки пермаллойдан ясалади, улангандан кейин, электромагнит ғалтагида ток бўлмас ҳам, пермаллойднинг магнитланиб қолиши сабабли узилмай қолаверади. Бундай контактларни узиш учун электромагнит ғалтагига тексари қутбли ток импульсини бериш керак.

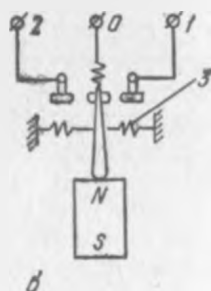
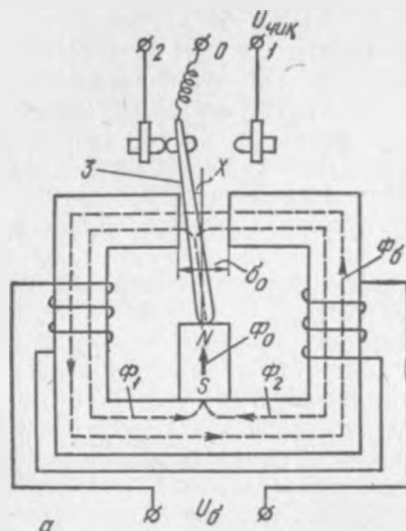
Ҳозир чиқарилаётган плунжер типдаги герконлар шиша баллоннинг ҳажми $2,5\text{ мм}^3$ дан ошмайди.

Релеларга қўйиладиган талаблар кўплиги ва турли-туманлиги реле типларининг беҳисоб кўпайишига сабаб бўлди, масалан, ҳозир чиқарилаётган биргина ўзгармас ток релесининг типи 200 дан ошиб кетди. РПН типдаги ўзгармас ток релесининг 800 га яқин тури бор. Улар бир-бирларидан қаршилиги, ғалтак ўрамларининг сони, контакт группаларининг кўриниши ва сони, ишлаш вақти параметрлари ҳамда бошқалар билан фарқ қилади.

Қуввати бўйича электромагнит релелар юқори сезгирликка эга бўлган 10 мВт ли, сезгирлиги нормал ҳисобланган кучсиз токли 1—5 Вт ли релеларга бўлинади. Контактларнинг қуввати жиҳатидан кичик қувватли (50 Вт гача) ўзгармас ток ва 120 Вт ли ўзгарувчан ток релелари мавжуд.

РП типдаги оралиқ релеларининг қуввати ўзгармас ток учун 150 Вт ва ўзгарувчан ток учун 500 Вт гача бўлади.

Қутбли реле. Юқорида кўрилган ўзгарувчан ёки ўзгармас ток релелари учун сигнал йўналиши ўзгаришининг фарқи йўқ. Уларда қўзғалувчи пўлат ўзак доим бир қутбга тортилади. Автоматика қурилмаларида сигнал йўналиши ўзгаришига мувофиқ иккиёқлама ишлай-



92- расм. Қутбли реле:

а — икки позицияли реленинг принципал схемаси; б — уч позицияли реленинг принципал схемаси.

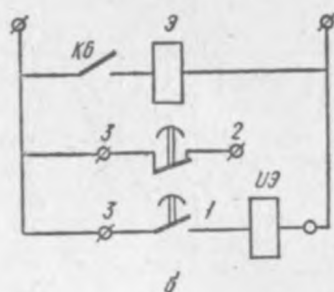
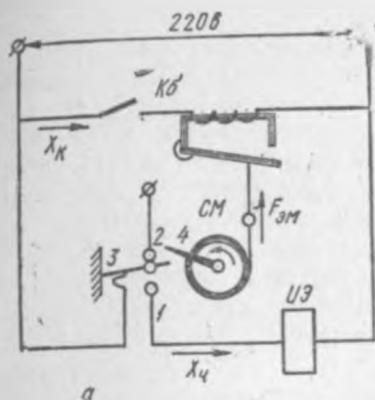
диган икки қутбли релелар ҳам жуда кўп қўлланади. Бундай реленинг схемаси 92- расм, а да кўрсатилган.

Пулат ўзакка ўрнатилган доимий магнитнинг оқими Φ_0 якорь орқали утиб икки қисмга — Φ_1 ва Φ_2 оқимларга бўлинади. Релега кирувчи сигнал U_0 ёки бошқарувчи оқим Φ_0 бўлмаган ҳолатда $\Phi_1 = \Phi_2$ бўлса, реленинг якори 3 ўртада нейтрал ҳолатда, яъни контактлар 1 ёки 2 уланмаган ҳолатда бўлиши керак, деб фараз қилинади. Амалда бу ҳолат барқарор бўлмайди, якорь ҳар доим бир тарафга оғади.

Реледан чиқувчи сигнални контакт 1 ёки 2 томонлари (қутблари) га йўналтириш учун кирувчи сигнал ёки бошқарувчи оқим йўналишини ўзгартириш керак. Схемадан кўринадики, Φ_0 магнит оқими Φ_1 билан қўшилган бўлса, Φ_2 билан фарқ ҳосил бўлади. Шу сабабли якорь 3 даги контакт контакт 2 билан уланади. Агар якорь 3 контактни контакт 1 билан улаш керак бўлса, у ҳолда Φ_0 нинг йўналишини қарама-қарши тарафга ўзгартириш керак. Кўриниб турибдики, якорь 3 нинг фақат иккита барқарор ҳолати бор. У контакт 1 ёки контакт 2 билан уланиши мумкин. Шунинг учун ҳам бундай релелар икки позицияли реле деб аталади.

92- расм, б да уч позицияли реле схемаси тасвирланган. Бунда $\Phi_0 = 0$ бўлганда якорь нейтрал позицияда бўлади. Якорнинг нейтрал позицияда туришини ундаги икки томонга тортиб турадиган пружиналар 3 таъминлайди.

Вақт релеси технологик процессларни автоматлаштириш учун қўлланидиган энг зарур элементлардан ҳисобланади. Бу релелар, шунингдек, команда аппаратлари ва программа қурилмалари технологик процесс давомида операцияларни бошлаш ва тўхтатишни, улар-



93- расм. Вақт релеси (ЭВ - 239 типдаги).

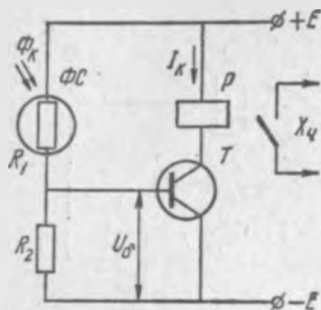
нинг маълум вақт — оптимал цикл оралиғида ўзаро боғланган ҳолда ўтишини таъминлайди.

Вақт релеларининг турлари жуда кўп, ишлаш принциплари ҳам турлича, сигнал кечиктириш вақти 0,5 с дан бошлаб бир неча соатлар — суткаларни ташкил қилиши ҳам мумкин. Биз электромеханик вақт релеси ЭВ-238 билан танишамиз.

Электромеханик вақт релеларини тайёрлашда соат механизмларидан фойдаланилади. Соат механизмининг юритиш учун эса пружинанинг тортиш кучи ўрнида электромагнитнинг тортиш кучидан фойдаланилади. 93- расмда электромагнитли вақт релесининг принципиал схемалари ифодаланган.

Вақт релеси контактлари (1, 2 ва 3) соат механизми (СМ) нинг шкаласи бўйича олдиндан берилган кечикиш вақтига суриб қўйилади. Бу чиқиш сигнали $X_ч$ нинг кечикиш вақти ҳисобланади. Релега кирувчи сигнал $X_к$ бошқариш контакти $K_б$ орқали берилади. Контакт $K_б$ уланганда электромагнит Э чулғамидан ток ўтиб, пулат ўзакда магнит майдон ҳосил бўлади, унинг кучи $F_{эм}$ ричаглар орқали соат механизмининг юргизиб юборади. Соат механизмининг ўқиға ўрнатилган ричаг 4 айланиб келиб, берилган кечикиш вақти даври ичида эгилувчи пулат тахтача 3 ни босиб тўхтайди. Натижада 3—2 контакт жуфтлари узилиб, 3—1 контакт жуфтлари уланади ва реледа чиқувчи сигнал $X_ч$ ҳосил бўлади. Бу сигнал ўз навбатида бошқариш занжиридаги биронта ижрочи элемент (ИЭ) га ёки оралик релега кирувчи сигнал бўлиб таъсир қилади. Бу типдаги релелар чиқувчи сигнални 0,5 дан 10 с гача кечиктиради.

Фотореленинг жуда кўп схемалари мавжуд. Энг оддий фотоэлектрон реле схемаси 94- расмда кўрсатилган. Бунда кирувчи сигнал $X_к$ фотоқаршилик R_1 га тушадиган ёруғлик оқими Φ_k бўлиб, чиқувчи сигнал $X_ч$ электромагнит реле контакти P орқали олинади. Қирувчи сигнал $n-p-n$ типдаги транзистор T ёрдамида кучайтирилади. Ёруғлик тушмаганда фотоэлементнинг қаршилиги R_1 катта бўлади ва база потенциали $U_б$ транзисторнинг очилиши учун етарли бўлмайди.



94- рasm. Фотоэлектрон реле.

Транзистор ёпиқ, коллектор-эмиттор занжиридан ўтадиган ток жуда кичик ва электромагнит релени ишга тушира олмайди.

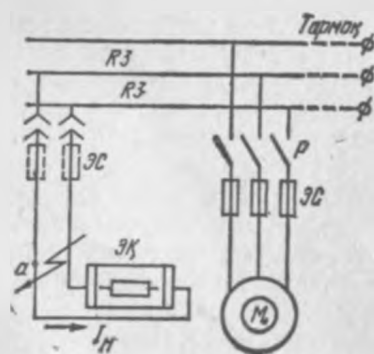
Фотоэлемент (ФЭ) га ёруғлик тушганда унинг қаршилиги R_1 жуда камайиб, R_1 ва R_2 занжиридан ўтадиган ток катталиги ошиб кетиши туфайли база потенциали $U_0 = iR_2$ ошади. Натижада транзистор очилади, коллектор токи ортиб, реле P ни ишга туширади ва унинг контакти уланиб чиқувчи сигнал X_4 ҳосил бўлади.

2- §. Ҳимоя аппаратлари

Ҳимоя аппаратлари электр занжири ва унда ишлаб турган автоматик система элементлари — машина ва механизмларни уларда руй бериши мумкин бўлган зарарли ва хавфли режимлардан сақлаш учун қўлланади. Электр занжирда учрайдиган қисқа туташиш, электр юритмаларнинг «ўта нагрузкаланиши» ва тармоқ кучланишининг нолга тушиб қолиши каби ҳодисалар зарарли ва хавфли режимлардир. Бундай режимлар содир бўлмаслиги ва ўз вақтида бартараф этилишини таъминлайдиган ҳимоя аппаратлари сифатида эрувчан симли сақлагичлар, узгич автоматлар, ток ва иссиқлик релеларини, блоклаш ҳимоя схемаларини кўрсатиш мумкин.

Эрувчан сақлагич (ЭС) автоматик бошқариш системасини электр тармоғи занжири ва ундаги элементларни занжирдаги қисқа туташини оқибатида ҳосил бўладиган беҳад катта ток таъсиридан сақлаб қолади. Қисқа туташиш ва бу ҳолда электр занжирида ҳосил бўладиган беҳад катта токнинг зарарини қуйидаги мисолдан кўриш мумкин.

Фараз қилайлик, цехдаги электр печи тармоққа уланган бўлсин (95-рasm). Агар $R_n = 42$ Ом — электр қиздиргичнинг қаршилиги; $R_r = 2$ Ом тармоқ занжирининг актив қаршилиги бўлса, нормал режимда тармоқ занжиридан қиздиргичга ўтадиган ток катталиги



95- рasm.

$$I_n = \frac{U}{R_r + R_n} = \frac{380}{2 + 42} = 8,7 \text{ A}$$

бўлади (тармоқ занжирининг реактив қаршилиги ҳисобга олинмайди).

Қиздиргич занжирининг «а» нуқта-сида қисқа туташиш юз берганда $R_n \approx 0$, тармоқ занжиридан ўтадиган ток эса

$$I = \frac{380}{2 + 0} \approx 190 \text{ A}$$

га тенг бўлади. Бу ток бир дақиқа ичида ҳамма тармоқ занжирларини куйдириб юбориши, бунда тармоқ кучланиши жуда ҳам камайиб

нолга яқинлашиб қолиши натижасида цехдаги ҳамма электр двигателлар, бутун цех ишдан тўхтаб қолиши, цехга ёки заводга катта иқтисодий зарар етказиши мумкин. Агар электр қиздиргич занжирида ҳимоя аппарати (ЭС) бўлса, бундай моддий зарарга йўл қўйилмайди.

Бу аппаратдаги асосий камчиликлар шуки, унинг эриб узилган сими янги сим билан алмаштириб турилади, аппарат электр занжирини ва ундаги элементларни фақат қисқа тутатиш токидан ҳимоя қилади. Машина ва механизмларда бўлиши мумкин бўлган ўта нагрузкаланиш токидан ҳимоя қила олмайди.

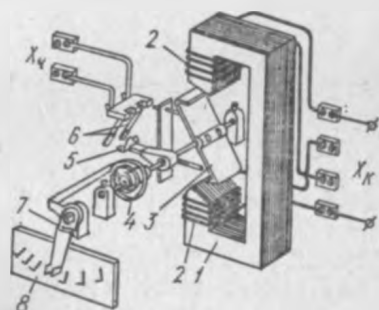
Автоматик бошқариш системаларининг электр занжири ва ундаги элементларнинг иш давридаги нагрузкаланиши берилган номинал нагрузкаланиш миқдоридан ҳам ортса, бу элементлар ўта нагрузкаланган бўлади.

Агар қисқа тутатиш токи элемент ёки тармоқнинг номинал токидан бир неча ўн марта катта бўлса, ўта нагрузкаланиш токи элементнинг номинал токидан 20 ... 50% гача ортиқ бўлади.

Ўта нагрузкаланиш токининг зарари шундаки у электр юритмаларда статор ва ротор чулғамларида ёки занжир қисмларида қўшимча иссиқлик ажралишини жуда тезлаштириб юборади, натижада юритманинг чулғамлари ва электр занжирининг изоляциялари қуриб емирила бошлайди ва тез ишдан чиқади, бу эса катта аварияларга сабаб бўлиши мумкин.

Максимал ток релеси. Электр юритмалар ва электротехник қурилмаларни бошқариш системаларини уларда содир бўлиши мумкин бўлган қисқа тутатиш ва ўта нагрузкаланиш токидан сақлаш учун амалда электромагнитли максимал ток релеси ва иссиқлик релесидан фойдаланилади. 96-расмда максимал ток релеси тузилишининг схемаси келтирилган. Унда қарама-қарши йўналган икки куч-пружина 4 билан электромагнитнинг тортиш кучи таққосланади.

Пружина кучининг миқдори 8 шкалада олдиндан берилган бўлади. Электромагнит чулғами занжиридаги реал ток катталиги электромагнит майдон кучини белгилайди. Агар майдон кучи F_m занжирда содир бўлган қисқа тутатиш ёки ўта нагрузкаланиш сабабли пружинанинг кучи $F_{пр}$ дан ошиб кетса, қўзғалувчи пўлат ўзак 3 ўз вали атрофида айланиб, ўзига механик боғланган қўзғалувчи контакт 5 ни суриб, чиқувчи контактлар 6 ни улайди. Бу чиқувчи сигнал X_c бошқариш системасидаги элементларни ҳимоя қилиш ва-зифасини бажаради.

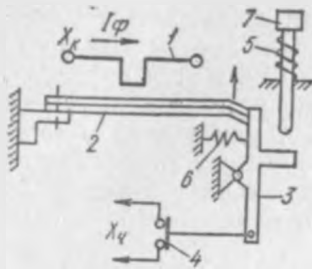


96- расм. Максимал ток релеси:

1— қўзғалмас пўлат ўзак; 2— электромагнит чулғами; 3— қўзғалувчи пўлат ўзак; 4— пружина; 5— сурилувчи контактлар; 6— қўзғалмас контактлар; 7— берилган ток миқдорини шкалада уриятувчи стрелка; 8— пружина кучига мувофиқ белгиланган ток миқдорларининг шкаласи.

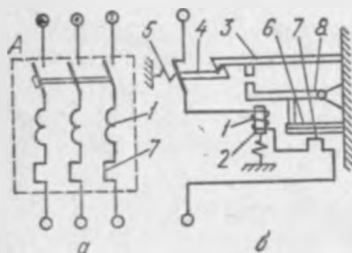
Иссиқлик релеси. Иссиқлик релеси электротехник қурилма ва электр двигателларни ўта нагрузкаланиш сингари зарарли режимлардан сақлаш учун хизмат қилади.

97-расмда иссиқлик релеси тузилишининг схемаси кўрсатилган.



97-рasm. Иссиқлик релеси:

1 — қиздирувчи элемент; 2 — биметалл пластинка; 3 — рычаг системаси; 4 — контактар жуфти; 5 ва 6 — пружиналар; 7 — реле контактларини қайта уловчи кнопка.



98-рasm. Автоматик узгич:

a — автоматининг улаиш схемаси;
b — автоматининг принципиал (1 фазали) схемаси.

Бу реле асосан асинхрон двигателларни ўта нагрузкаланишдан сақлаш учун қўлланади. Бунинг учун двигателнинг икки фазасига иккита иссиқлик релеси уланади. Релеларга кирувчи сигнал двигателнинг фаза токлари I_ϕ ҳисобланади. Асинхрон двигателнинг ўта нагрузкаланиши натижасида реленинг қиздиргичи 1 дан ўтган ток I_ϕ қиздиргичда иссиқлик ажралишини ошириб юборади. Иссиқлик таъсирида биметалл пластинка юқори томонга қараб эгилади ва рычаг 3 ни бўшатиб юборади. Натижада контакт жуфтлари 4 узилиб, реледан чиқувчи сигнал ҳосил бўлади. Бу сигнални двигателнинг бошқариш занжирига таъсири натижасида двигатель ишлашдан тўхтайди.

Биметалл пластинка икки турли металлдан ясалган ва бир-бирига параллел ёпиштирилган икки пластинкадан иборат бўлиб, уларнинг иссиқликдан кенгайиш коэффициентлари ҳар хил, устки металлнинг чўзилиш (кенгайиш) коэффициенти пасткисиникидан бир неча марта кичиклиги сабабли биметалл пластинка иссиқлик таъсирида юқорига қараб эгилади.

3-§. Автоматик узгичлар

Ҳозирги вақтда ҳимоя аппаратлари сифатида кўпроқ автоматик узгичлар қўлланмоқда. Бу аппаратлар бир йўла икки вазифани: қисқа туташиш токидан ва ўта нагрузкаланишдан сақлаш вазифаларини бажаради. 98-рasmда уч фазали автоматик узгичнинг принципиал схемалари кўрсатилган.

Агар тармоқ занжирида ёки электр юритмалар занжирида қисқа туташиш содир бўлса, автоматнинг ижрочи элементи электромагнит 1 дан ўтган ток ва у ҳосил қилган магнит майдон кучи ўзак 2 ни юқорига кўтариб, рычаг 8 орқали илмоқли рычаг 3 ни ҳам кўтариб юборади. Илмоқдан бўшаган занжирнинг контактлари пружина 5 кучи билан узилиб қисқа туташиш токини ўчиради.

Агар занжирдаги элементлар электр двигатель ва механизмлар ўта нагрузкали бўлса, у ҳолда қиздирувчи элемент 7 биметалл пластинкалар 6 ни қиздиради. Устки пластинканинг иссиқликдан чўзилиш коэффициенти кичик бўлгани учун бу пластинкалар юқори томонга эгилади ва илмоқли рычагни кўтариб юборади, контактлар узилиб, занжирдаги элементлар ўта нагрузкаланишдан сақланиб қолади.

Системада нормал иш ҳолати ўрнатилгандан сўнг автомат қайтадан қўл билан уланади. Шунинг учун ҳам бу қурилма *автоматик узғич* дейилади.

Электромагнит ва иссиқлик релеларидан иборат автоматлар бошқа ҳамма ҳимоя аппаратларига қараганда қатор афзалликларга эга.

1. Автоматлар бир вақтнинг ўзида қисқа туташниш ва ўта нагрузкаланишдан сақлаш вазифаларини бажаради. Жуда кам жой олади.

2. Эрувчан сақлагич қўлланса, бир фазали қисқа туташниш юз берганда двигатель қолган икки фаза токида ишлайверади. Автомат қўлланганда эса ҳар қандай хавфли ҳолларда двигательнинг ҳамма фазалари узилиб, у ишлашдан тўхтади.

3. Эрувчан сақлагични алмаштириб қўйиш учун анча вақт талаб қилинади. Автоматни қайта ишга тушириш учун эса улаш кнопкасини босиш kifоя.

Автоматнинг камчилиги эрувчан сақлагич ва иссиқлик релеси элементларига қараганда қимматроқ ва мураккаброқлигидир.

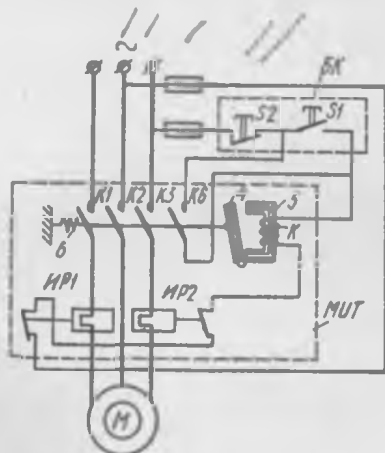
4-§. Контактор ва магнитли ишга туширгичлар

Контактор ва магнитли ишга туширгич кучли ток занжирларини бошқариш (узиб-улаш) учун қўлланадиган аппаратдир.

Контакторнинг тузилиши, ишлаш принципи юқорида қўрилган электромагнит реледан фарқ қилмайди, фақат контактор кучли ток занжирида, реле эса кучсиз бошқариш токи занжирида фойдаланишга мўлжалланади. Асинхрон двигательни бошқариш учун қўлланадиган ўзгарувчан ток контактори 99-расмда кўрсатилган. У қўзғалмас пўлат ўзак 5 га ўрнатилган электромагнит чулғами К ва қўзғалувчи пўлат ўзак 4 билан механик боғланган контактлар К1, К2, К3 ва К4 дан иборат аппаратдир.

Ўзгарувчан ток контактори билан ўзгармас ток контакторлари орасидаги фарқ шундаки, ўзгармас ток контакторининг пўлат ўзаги яхлит пўлатдан, ўзгарувчан ток контакторининг пўлат ўзаги эса 0,3 ... 0,5 мм қалинликдаги электромагнит пўлат пластинкалардан тайёрланади. Шунинг учун ўзгарувчан ток контакторининг пўлат ўзагида гистерезис ва Фуко токи туфайли ўринсиз исроф бўладиган энергия миқдори анча камаяди.

Маълумки, электромагнит майдонининг тортиш кучи F_m майдоннинг магнит юритувчи кучи IW нинг квадратиға пропорционал ва пўлат ўзақлар орасидаги ҳаво оралиғи δ_0 нинг квадратиға тескари пропорционал бўлади:



99-расм. Асинхрон двигательни бошқариш схемаси:

МНТ — магнитли ишга туширгич; НР — иссиқлик релеси; БЕ — бошқариш кнопкалари (a1 — юргизиш ва a2 — тўхтатиш).

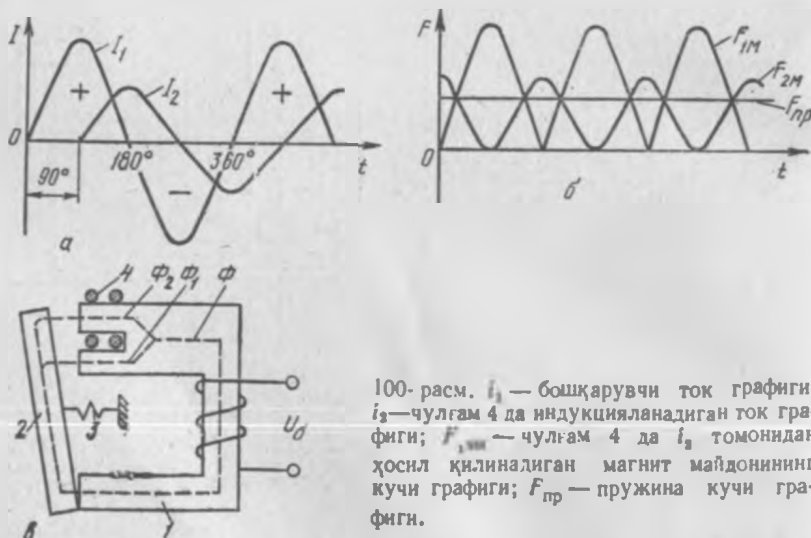
$$F_{\text{зм}} = a \frac{I^2 W^2}{\sigma_0^2}$$

бунда a — пропорционаллик коэффициенти, I — электромагнит чулғамидан ўтадиган ток кучи, W — ғалтакдаги ўрамлар сони, σ_0 — қўзғалувчи ва қўзғалмас пўлат ўзаклар орасидаги бошланғич ҳаво оралиғи.

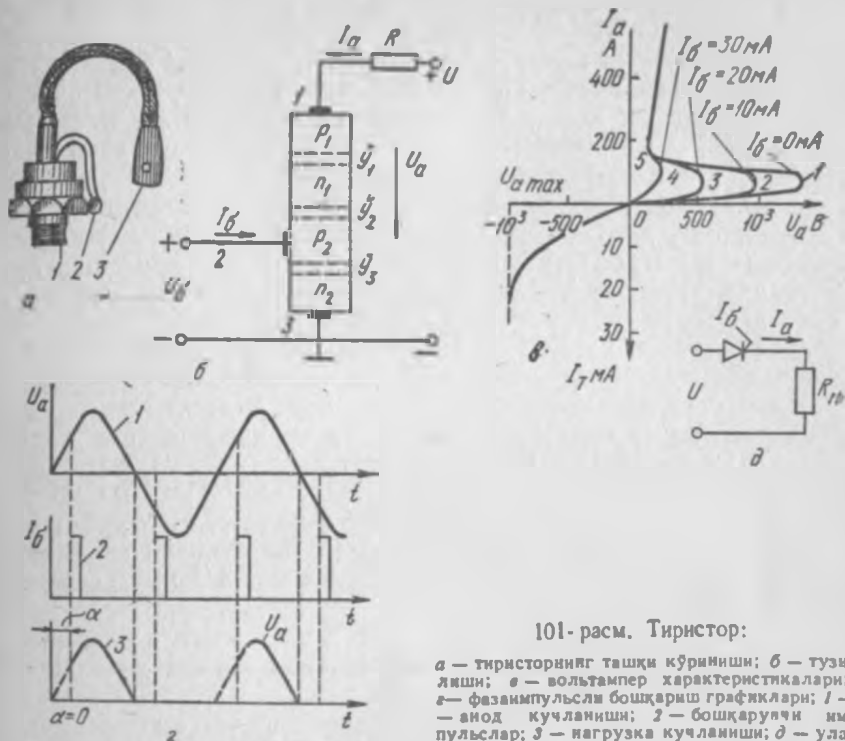
Формулага мувофиқ майдоннинг тортиш кучи $F_{\text{зм}}$ ток йўналишининг ўзгаришига, яъни унинг манфий ёки мусбат қийматлигига боғлиқ бўлмайди ва доим бир томонга йўналади. Шу сабабли бу куч ўзгарувчан ток контакторларида ҳам бир томонли бўлади. Лекин бу кучнинг амплитудаси $F_{\text{м}}$ нолдан максимумгача ўзгарувчи бўлади (100-расм). Расмдан кўриниб турибдики, $F_{\text{зм}}$ қиймати нолга яқин келган оралиқ $\Delta\sigma$ да пружинанинг тортиш кучи $F_{\text{пр}}$ электромагнит кучи $F_{\text{зм}}$ дан каттадир. Бунда пўлат ўзаклар бир-биридан узоқлашиши ва яна $F_{\text{зм}} > F_{\text{пр}}$ бўлганда, бир-бирига тортилиши юз беради, бундай ҳолат контакторнинг қаттиқ титраши ва бузилишига олиб келиши мумкин.

Ўзгарувчан ток контакторларининг бу камчилигини йўқотиш учун қўзғалмас пўлат ўзакка мис ҳалқа 4 қисқа туташтирилган чулғам кийдирилади (100-расм, в).

Синусонал ўзгарувчан ток I ва унинг магнит оқими Φ_1 қисқа туташтирилган чулғам 4 да индукцион электр юритувчи куч e_2 , ток I_2 , магнит оқим Φ_2 ни ҳосил қилади. Бу ток ва магнит оқим индукция қонунига мувофиқ асосий ток I_1 ва магнит оқим Φ_1 дан фаза бурчаги $\gamma \approx 90^\circ$ гача орқада қолган бўлади. Шунинг учун ҳам I_2 ҳосил қилган $F_{2\text{м}}$ магнит майдон кучи $F_{1\text{м}}$ га нисбатан 90° гача бурчакка сурилади. Натижада электромагнит майдонининг умумий тортиш кучи



100-расм. i_1 — бошқарувчи ток графиги; i_2 — чулғам 4 да индукцияланадиган ток графиги; $F_{\text{зм}}$ — чулғам 4 да i_2 томонидан ҳосил қилинадиган магнит майдонининг кучи графиги; $F_{\text{пр}}$ — пружина кучи графиги.



101- расм. Тиристор:

a — тиристорнинг ташқи кўриниши; *б* — тузилиши; *в* — вольт-ампер характеристикалари; *г* — фазанимпульсли бошқариш графикалари; *1* — анод кучланиши; *2* — бошқарувчи импультлар; *3* — нагрузка кучланиши; *д* — уламиш схемаси.

$F_{зм} \approx F_{1м} + F_{2м}$, пружинанинг итариш кучи $F_{пр}$ дан доим катта бўлади. Контактторнинг титраши йўқолади, контактларнинг ишончли барқарорлиги вужудга келади.

Контакторлар ток қиймати 10 ампердан бир неча юз ампергача ва кучланиши бир неча юз вольтгача бўлган кучли электр занжирларини бошқара олади. Уларнинг улаш вақти, яъни электромагнит ғалтагига ток берилгандан то контактлар улангунча ўтадиган вақт 0,05 ... 0,1 секундгача бўлади.

Магнитли ишга туширгич (МИТ) ҳам контактор каби кучли ток занжирини узиб-улаш учун қўлланади. Бу икки аппаратнинг фарқи шуки, магнитли ишга туширгичда ҳимоя аппарати — иссиқлик релеси ҳам бўлади. Буни 99-расмдан кўриш мумкин. Иссиқлик релеси (ИР) асинхрон двигателнинг икки фазасига уланиб, двигателни ўта нагрузкаланишдан сақлаш учун хизмат қилади.

5-§. Тиристор

Тиристорнинг ташқи кўриниши 101-расм, *a* да кўрсатилган. У анод 1, бошқарувчи электрод 2, катод 3 дан иборатдир. Тиристор кучли электр занжиридаги токни контактсиз бошқариш (узиб-улаш) учун хизмат қиладиган асбоб бўлиб, $p-n-p-n$ типли кремний ярим ўтказгичлардан тузилган. Унда учта $\mathcal{V}_1$, $\mathcal{V}_2$ ва $\mathcal{V}_3$ ўтиш қатламлари мавжуд (101-расм, *б*).

Тиристорнинг аноди R нагрузка қаршилиги орқали манбанинг мусбат қутбига, катоди эса манфий қутбига уланади. Шунда ўтиш қатламлари $\mathcal{V}_1$ ва $\mathcal{V}_2$ тиристорнинг анод кучланиши U_a нинг йўналишига мос равишда қутбланиб ($p-n$) ўртадаги қатлам $\mathcal{V}_2$ U_a га нисбатан қарама-қарши қутбларга ($n-p$) эга бўлади (101-расм, б). Қатлам $\mathcal{V}_2$ нинг қаршилиги жуда катта (100 кОм) бўлиши сабабли тиристордан анод токи I_a ўтмайди, тиристор ёпиқ бўлади.

Тиристорни очиш учун манба кучланишини ёки анод кучланишини орттириб $\mathcal{V}_2$ қатлам қаршилигини енгитиш керак. Бундай кучланиш тиристорнинг очилиш кучланиши U_{oc} ёки критик кучланиш деб аталади, миқдор жиҳатидан очилиш кучланиши 1000 вольтдан ҳам юқори бўлади.

Тиристор очилиши билан унинг ички қаршилиги кескин камаяди. Анод кучланиши U_a тиристорнинг вольтампер характеристикасидаги нуқта 1 дан нуқта 5 га сакраб ўтади, анод токи I_a кескин ошади. Бу ток катталиги энди $\mathcal{V}_2$ ўтиш қатламининг ички қаршилиги билан эмас, балки ташқи қаршилик R бўйича аниқланади $I_a = \frac{U}{R}$, чунки ўтиш қатлами $\mathcal{V}_2$ даги кучланиш тушуви кичик — 0,5 ... 1 В бўлади. Қаршилик R ни камайтириш, (анод токи ёки занжирнинг нагрузкаланишини ошириш) йўли билан анод токини 400 А дан ҳам ошириш мумкин (101-расм, в).

Тиристорнинг ўтказгичга айланишини ($\mathcal{V}_2$ қатламдаги электронлар ва тешикларнинг ҳаракат тезлиги ортиб кетиши) қатлам $\mathcal{V}_2$ нинг тешилиш ҳодисаси асосида тушунтириш мумкин.

Ташқи занжир қаршилиги R ортса, тиристорнинг анод токи камаяди. Вольтампер характеристиканинг нуқтаси 5 га келганда анод кучланиши сакраб характеристиканинг критик нуқтаси 1 га ўтади. Бу ҳодиса ўтиш қатлами $\mathcal{V}_2$ нинг қаршилиги тикланганини кўрсатади. Энди анод токини яна ҳам камайтириш учун тиристорга қўйилган манба кучланишини камайтириш керак. $U_a = 0$ бўлганда, $I_a = 0$ бўлишини характеристикадан кўриш мумкин. Бундай режимда ўтиш қатлами $\mathcal{V}_2$ ни U_a га нисбатан қаршилиги яна тикланади. Тикланиш вақти 10—30 мкс дан ошмайди.

Анод кучланиши манфий — U_a йўналишида оширилса, бунга қатлам $\mathcal{V}_2$ қаршилик кўрсатмайди, чунки қатлам қутбланиши (p_2-n_1) ташқи анод кучланишининг йўналишига мос бўлади. Бундай ҳолатда U_a кучланишига ўтиш қатламлари $\mathcal{V}_1$ ва $\mathcal{V}_2$ қаршилик кўрсатади, уларнинг қутбланишлари (n_1-p_1) ва (n_2-p_2) анод кучланиши U_a га тескари йўналган бўлади. Анод кучланиши $U_a = 1000$ вольтга етганда тиристор тескари томонга очилади, анод токи I_a кескин ошиб кетади. Тиристорда пробой (тешилиш) содир бўлади ва у ишдан чиқади. Энди анод кучланиши $U_a = 0$ бўлганда тиристор ўтиш қатламларининг қаршилиги қайта тикланмайди.

Кучли электр занжиридаги токни тиристорнинг анод кучланишини ўзгартириш йўли билан бошқариш катта техник қийинчиликларини келтириб чиқаради. Шу сабабли амалда электр занжиридаги токни бошқариш учун тиристорнинг $\mathcal{V}_2$ ўтиш қатламига алоҳида манба

U_0 дан бошқарувчи мусбат кучланиш (ток I_0) берилади. Бошқарувчи ток I_0 одатда p_2-n_1 ўтишга таъсир қилади (101-расм, б).

Бошқарувчи ток I_0 билан p_2-n_1 ўтишга берилган зарядлар $\mathcal{S}_2$ қатламдаги атомлар ионизациясини оширади. Натижада қатлам U_2 да қўшимча зарядлар (ионлар) вужудга келади. Бу зарядли ионлар анод кучланиши U_a га мос йўналишда қўтбланган бўлганлиги сабабли (101-расм, б) тиристорнинг очилиш кучланишини камайтиради.

Бошқариш токи I_0 нинг ўзгариши — ошиши ($I_0 = 0 - 30$ мА) тиристорнинг очилиш кучланишини вольтампер характеридаги 1, 2, 3, 4 нуқталарга мувофиқ камайтиради.

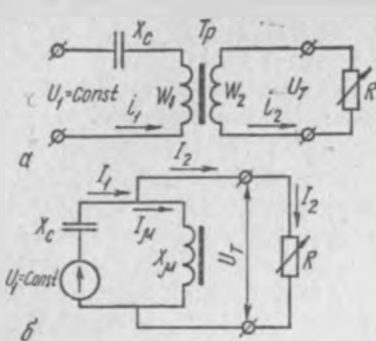
Тиристор фақат икки ҳолатда — очик ёки ёпиқ ҳолатларда бўлиши мумкин. Очик ҳолатда тиристор токни ўтказади, ёпиқ ҳолатда эса токни ўтказмайди.

Тиристор ўзгарувчан ток занжирига уланганда ўзидан фақат мусбат ярим тўлқинни тўла ўтказади. Бунинг учун бошқарувчи мусбат ток импульсининг частотаси анод кучланиши частотаси билан тенг, анод ярим тўлқини билан бир вақтда тиристорнинг p_1-p_2 ўтишга таъсир қилиши ва уни очилиш керак бўлади. Агар бошқарувчи импульс частотаси анод кучланиши частотасига тенг, лекин уни таъсир қилиш фазаси анод мусбат ярим тўлқинига нисбатан α бурчакка кечикадиган бўлса, тиристор ўзидан анод ярим тўлқинини тўла ўтказмайди, балки бир қисмини, тиристор очилгандан кейинги қисмини ўтказади (101-расм, г, 3-график). Шунда занжирдаги кучланиш олдинги $\alpha = 0$ бўлгандаги тўла тўлқин миқдорига нисбатан кам бўлади. Тиристорни бундай бошқариш усули фаза-импульсли бошқариш деб аталади. 101-расм, г да тиристorni фаза-импульсли бошқариш принципини кўрсатувчи графиклар кўрсатилган. Ундаги бурчак α ростлаш бурчаги деб аталади. Бу бурчак қанчалик катта бўлса, тиристор шунчалик кичик вақт оралиғида очик бўлади. Шунга мувофиқ электр занжиридаги ток ҳам кичик бўлади.

Ҳозирги вақтда тиристорлар бошқарилувчи тўғрилагич, контактсиз коммутацион аппарат, частота ўзгарткич ва инверторларнинг асосий элементлари сифатида технологик процессларни автоматлаштиришда кенг қўлланмоқда, хусусан технологик машиналарнинг электр юритмаларини (ўзгармас ва ўзгарувчан ток двигателлари) тезлигини ростлаш учун асосий техник восита бўлиб қолмоқда.

6-§. Феррорезонансли стабилизаторлар

Электр энергияси билан ишлайдиган технологик қурилмаларнинг бир тури қурилманинг нагрузка токи ўзгариши билан манба кучланишининг бир меъёрда сақланишини талаб қилса, бошқа бир тури нагрузка занжирининг қаршилиги технологик процесс давомида ўзгариши билан занжирдаги нагрузка токи катталигининг ўзгармас бўлишини талаб қилади. Кучланиш ҳамда ток манбалари деб аталадиган бундай техник воситалар енгил саноат ишлаб чиқаришини автоматлаштиришда кенг қўлланади.



102- расм. Феррорезонанс ток стабилизатори:

а — принципал схемаси; б — эквивалент схемаси.

102- расмда нагрузка занжири-нинг қаршилиги R ўзгарганда ундаги ток катталигини стабиллаш ва нагрузка токи ўзгарганда занжир клеммаларидаги кучланишни стабиллаш учун қўллаш мумкин бўлган феррорезонансли стабилизаторнинг принципл схемаси (а) ҳамда эквивалент схемаси (б) кўрсатилган. Схемада ташқи манба кучланиши ($U_1 = \text{const}$) конденсатор X_c билан кетма-кет ва трансформаторнинг магнитланиш занжирининг қаршилиги X_μ билан параллел уланган.

Параллел занжир X_c ҳамда X_μ даги тоқлар феррорезонанси нагрузка занжиридаги қаршилиқ R_μ нинг ўзгариши билан боғлиқ бўлади.

Феррорезонансли стабилизатор ташқи характеристикасининг математик ифодасини топиш учун трансформаторнинг магнитланиш эгри чизигини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$H = \alpha B + \beta B^3, \quad (115)$$

бу ерда α ва β — берилган магнит материали учун тажриба орқали олинган $H(B)$ эгри чизиги бўйича аниқланадиган коэффициентлар.

Нагрузка занжиридаги ток

$$I_2 = \frac{U_T}{R}; \quad (116)$$

ҳамда манба занжиридаги умумий ток

$$I_1 = I_\mu + I_2 \quad (117)$$

бўлади.

Ифода (115) ни магнитловчи ток I_μ ҳамда магнит оқим Φ_m билан алмаштирилса,

$$I_\mu = \frac{\alpha l}{W_s} \Phi_m \sin \omega t + \frac{\beta l}{W_s^3} \Phi_m^3 \sin^3 \omega t,$$

бунда

$$\sin^3 \omega t = \frac{1}{16} [10 \sin \omega t - 5 \sin 3 \omega t + \sin 5 \omega t] \quad (118)$$

ифода (118) даги 3- ҳамда 5- гармониклар ҳисобга олинмаганда магнитловчи токни қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$I_\mu = \left(\frac{\alpha l}{W_s} \Phi_m + \frac{5}{8} \frac{\beta l}{W_s^3} \Phi_m^3 \right) \sin \omega t, \quad (119)$$

бунда

$$\Phi_m = \frac{U_T \cdot 10^8}{4,44 f W},$$

I, S, W — мос равишда магнит занжирининг узунлиги, W — трансформаторни иккинчи чулгамидаги ўрамлар сони.
Агар

$$M = \frac{\alpha I \cdot 10^8}{\sqrt{2} 4,44 f S W^2}; \quad N = \frac{5}{\sqrt{2} 8} \frac{\beta I}{W S^2} \left(\frac{10^8}{4,44 f W} \right)^2$$

трансформаторни электр ҳамда магнит системаларининг параметрларини характерловчи коэффициентлар деб қабул қилинса, магнитловчи токнинг оний қиймати қуйидагича ифодаланади:

$$i_\mu = \sqrt{2} (MU_\tau + NU_\tau^2) \sin \omega t. \quad (120)$$

Бундан магнитловчи токнинг ҳақиқий қиймати

$$I_\mu = i (M + NU_\tau^2) U_\tau. \quad (121)$$

Ифода (117) га мувофиқ

$$I_1 = I_\mu + I_2 = U_\tau \left[\frac{1}{R} - j \left(M + NU_\tau^2 \right) \right],$$

бунда $I_1 = \frac{U_c}{-j x_c}$ бўлганлиги учун

$$U_c = U_\tau \left[\frac{-j x_c}{R} - x_c \left(M + NU_\tau^2 \right) \right]. \quad (122)$$

Эквивалент схемага мувофиқ (102-расм, б)

$$U_1 = U_c + U_\tau; \quad I_2 = \frac{U_\tau}{R}$$

ва

$$U_1 = \sqrt{U_\tau^2 [1 - x_c (M + NU_\tau^2)]^2 + I_2^2 x_c^2} \quad (123)$$

ифода (123) га мувофиқ манбанинг уч хил режимдаги параметрларини қуйидагича ифодалар орқали аниқлаш мумкин:

1. Нагрузкасиз режим $I_2 = 0$ $U_{o1} = U_{o1} [1 - x_c (M + NU_{o1}^2)]$

2. Феррорезонанс режим

$$1 - x_c (M + NU_{\text{рез}}^2) = 0, \quad R = R_{\text{рез}},$$

$$U_{\text{рез}} = \sqrt{\frac{1}{N x_c} - \frac{M}{N}} \quad (124)$$

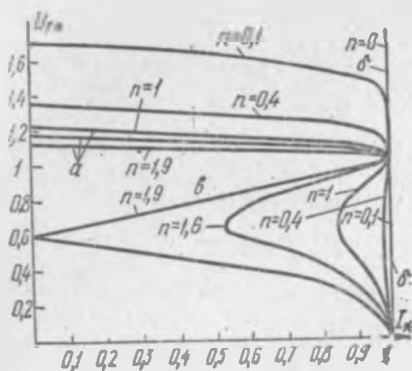
$$U_1 = U_{\text{рез}} \frac{x_c}{R_{\text{рез}}}; \quad I_{2\text{рез}} = \frac{U_1}{x_c} = \frac{U_{\text{рез}}}{R_{\text{рез}}}.$$

3. Қисқа туташиб режими:

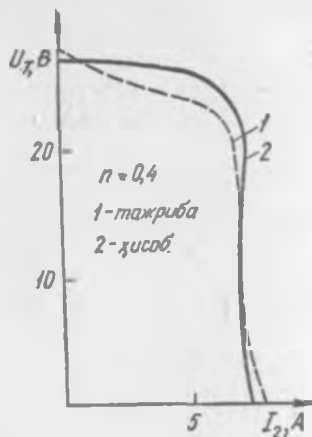
$$R = 0; \quad U_\tau = 0; \quad U_1 = I_2 x_c$$

Стабилизаторларнинг ташқи характеристикасини (123) ва (124) ифодаларга мувофиқ қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I_2 = \sqrt{\frac{U_1^2}{x_c^2} - U_\tau^2 N^2 (U_\tau^4 - U_{\text{рез}}^4)}. \quad (125)$$



103- расм.



104- расм.

Ташқи характеристикани чизиш ва анализ қилишни бирмунча енгиллаштириш учун (125) ни нисбий бирликлар

$$I_{2*} = \frac{I_2}{I_{2\text{рез}}}, \quad U_{T*} = \frac{U_T}{U_{\text{рез}}}$$

орқали ёзамиз.

$$I_{2*} = \sqrt{1 - U_{T*}^2 n^2 (U_{T*} - 1)^2}, \quad (126)$$

бунда $n = RNU_{\text{рез}}^4$ — ташқи характеристиканинг эгри чизиқлик даражасини кўрсатувчи коэффициент.

Ифода (126) га мувофиқ чизилган ташқи характеристикалар 103-расмда кўрсатилган. Ундан феррорезонанс стабилизатор схемаси уч хил функцияни бажара олишини кўриш мумкин: $n > 1,6$ бўлганда, кучланиш стабилизатори (а чизиқ); $n \leq 0,4$ бўлганда, ток стабилизатори (б чизиқ) $n \geq 1,9$ бўлганда, ток зичлиги стабилизатори (в чизиқ).

Ифода (126) га мувофиқ $n = 0$ бўлганда, стабилизаторнинг ташқи характеристикаси тўғри чизиқли бўлиб, нагрузка занжири қаршилиги R ёки юкланиш токи I_2 нинг ўзгаришига боғлиқ бўлмай қолади (б). Нагрузка занжиридаги кучланиш U_T нинг чексиз катта бўлиши (103- расм, б чизиқ) бу режимнинг асосий камчилиги ҳисобланади.

Таққослаш мақсадида тажрибада олинган 1 чизиқ ҳамда ҳисоблаш йўли билан олинган 2 чизиқ, $n = 0,4$ бўлганда стабилизаторнинг ташқи характеристикалари 104- расмда кўрсатилган.

VI БОБ. АВТОМАТИК СИСТЕМАЛАРНИНГ ОБЪЕКТЛАРИ

1-§. Умумий маълумот

Ишлаб чиқариш процессида меҳнат предметиға (материалларға) ишлов бериш учун хизмат қиладиган ва автоматик режимда ишлайдиган ҳар қандай машина, станок, аппарат, агрегат ва уларнинг алоҳида

қисмлари автоматик системаларнинг объектлари деб аталади. Улар автоматлаштириш системаларининг энг асосий элементлари ҳисобланади.

Иссиқлик объекти материалларни маълум кондициягача қуритиш ёки ишлов беришга хизмат қилади. Бунинг учун унинг температураси автоматик система ёрдамида бошқарилади (ростланади.). Материалларга намлик ва температура таъсирида ишлов бериш объектида икки параметр-температура ва материал намлиги икки хил автоматик система ёрдамида бошқарилади.

Технологик поток линиялар ва улардаги юритмалар, технологик машина ва аппаратлар ҳам ишлаб чиқариш объектлари ҳисобланиб, пахта ва бошқа материалларга ишлов беришга хизмат қилади. Улардаги температура, босим, намлик, нотекислик, концентрация, сарф ва бошқалар бошқарилувчи технологик параметрлар дейилади.

Ишлаб чиқариш процесслари оддий ва мураккаб бўлганидек, объектлар ҳам оддий ва мураккаб бўлади.

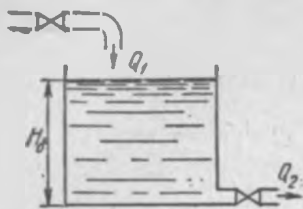
Оддий объектларнинг ўзгарувчи параметри битта бўлиб, бошқариш ва ростлаш учун фақат битта автоматик ростлаш системасидан фойдаланилади. Масалан, қуритиш шкафида материални қуритиш процесси давомида фақат температурани ростлаб туриш талаб қилинади.

Мураккаб объектлар ростланадиган параметрлари икки ва ундан кўплиги, энергиянинг тақсимланиши объектнинг ҳажми бўйича ҳар хил бўлиши ва ростланадиган параметр объектнинг геометрик ўлчамларига боғлиқ бўлиши каби хусусиятлари билан характерланади. Бундай объектларга мисол сифатида агрегат машиналар, технологик линия, цех, завод ва бошқаларни кўрсатиш мумкин.

Биз олдин оддий объектларнинг асосий хусусиятлари, статик ва динамик характеристикалари билан танишамиз.

2-§. Объектнинг аккумуляторлик хусусияти

Объектнинг нормал иш режимига ўтгунича маълум миқдордаги энергия ёки модда сифimini қабул қилиб олиши унда аккумуляторлик хусусияти борлигини кўрсатади. Ҳар қандай иш объекти ишлаб чиқариш процесси бошланишидан олдин нормал ишлаш ҳолатига келтирилади. Объект энергия ёки модда ресурслари билан тўла таъминланади. Масалан, ишлаб чиқариш процесси бошланишидан олдин электр юритманинг тезлиги номинал ва резервуардаги суёқлик белгиланган баландликда бўлиши, қуритиш шкафи температурасининг номинал даражага келиши объектнинг ўзига бир қисм энергия ёки модда сифimini запас қилиб олганини кўрсатади. Шундан кейингина меҳнат предметида ишлов бериш процесси бошланади. Электромагнит системаларида бундай запас энергия ундаги электр ва магнит майдонларда йиғилади. Механик системаларда бундай запас энергия инерция моментларини ҳосил қилади ва айланувчи ёки ҳаракатланувчи массаларда йиғилади ва ҳоказо. Объектнинг бу хусусияти ундаги ростланувчи параметрларнинг ўзгариш тезлигига таъсир қилади. Буни суёқлик объекти мисолида кўриш мумкин (105-расм).



105- расм. Суюқликли идиш— объект.

Резервуардаги суюқлик баланс тенгла-
маси

$$\Delta Q = Q_1 - Q_2,$$

бу ерда ΔQ — резервуардаги суюқлик за-
пасининг ўзгариши; Q_1 — вақт бирлиги
ичида резервуарга қуйиладиган суюқлик
миқдори; Q_2 — вақт бирлиги ичида резер-
вуардан чиқиб кетадиган суюқлик миқ-
дори.

Агар $\Delta Q > 0$ бўлса, резервуардаги суюқлик запаси ва суюқлик
баландлиги орта бошлайди. $\Delta Q < 0$ бўлса, суюқлик запаси ва баланд-
лиги камая бошлайди, $\Delta Q = 0$ бўлса, резервуарга қуйиладиган суюқ-
лик миқдори оқиб чиқиб кетадиган суюқлик миқдорига тенг бўлади.
Суюқлик запаси ва берилган баландлиги H_0 ўзгармайди.

Бу мисол асосида объектнинг ўзаро функционал боғланган иккита
параметри борлигини кўрамиз. Улардан бири миқдор ΔQ , иккин-
чиси объектнинг сифат параметри ΔH бўлади.

Объект сифими қанча катта бўлса, унинг нисбий сарфи ΔQ шунча
кичик ва шунга мувофиқ ростланувчи параметр ΔH нинг ўзгариш тез-
лиги ҳам кичик бўлади. Бундан объектнинг аккумуляторлик хусу-
сияти автоматик ростлаш процессини бирмунча енгиллаштиради,
деган хулоса келиб чиқади.

Сигим коэффициенти. Объектнинг аккумуляторлик хусусияти рост-
лаш процессига таъсир этишини сигим коэффициенти орқали ҳам кў-
риш мумкин. Сигим коэффициенти объектдаги модда ёки энергия миқ-
дорининг ўзгариши ΔQ билан объектнинг технологик (ростланувчи)
параметри ўзгариши тезлиги $\frac{dx}{dt}$ ёки $\frac{dn}{dt}$ орасида мавжуд бўладиган боғ-

ланишдан келиб чиқади. Кичик вақт оралигида бундай боғланиш $\frac{dx}{dt} =$
 $= f(\Delta Q)$ графиги тўғри чизиqli бўлади ва қуйидагича ифодаланади:

$$c \frac{dn}{dt} = \Delta Q \text{ ёки } \frac{dn}{dt} = \frac{\Delta Q}{c}, \quad (128)$$

ёки

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\Delta Q}{C},$$

бунда $C = \text{const}$ — объектнинг сигим коэффициенти. Объектдаги энергия
ёки модда ўзгариши коэффициент C миқдорига тўғри ва ростланувчи
параметрнинг ўзгариш тезлигига тескари пропорционал эканлигини
кўриш мумкин. Шунга мувофиқ, агар сигим коэффициенти кичик
бўлса, $\frac{dx}{dt}$ катта ва, аксинча, C катта бўлса, ростланувчи параметрни-
нг ўзгариш тезлиги кичик бўлади.

Практикадан маълумки, сигим коэффициенти катта бўлган объект-
ларда ростлаш процессини автоматлаштириш учун энг оддий икки
юзияли регуляторлар қўлланади.

3-§. Объектнинг ўзича тенглашиш хусусияти

Объект ўзининг ўзича тенглашиш хусусияти туфайли, энергия ёки модда оқимининг тенглиги биронта ташқи таъсир остида бузилган ҳолларда, ҳеч қандай регуляторсиз янги баланс ҳолатига ўта олади. Бундай ўзича тенглашиш объект ростланувчи параметрининг биронта янги қийматга эга бўлиши билан боғлиқ бўлади.

Объектнинг бу хусусияти ўзича тенглашиш даражаси деб аталадиган қиймат ρ билан ифодаланади. Бу қиймат объектга ташқи тасодифий таъсирнинг (объект нагрукасининг ўзгариши) нисбий қиймати Δq нинг ўзгариши ростланувчи параметр y нисбий қийматининг ўзгаришига нисбати орқали ифодаланади.

$$\rho = \frac{d \Delta q}{dy} \quad (129)$$

бунда $\Delta q = \frac{Q_1 - Q_0}{Q_0}$ — ташқи тасодифий таъсир ёки нагрукка ўзгаришининг нисбий қиймати; Q_0 — қабул қилинган базавий сарф; dy — ростланувчи параметр нисбий қийматининг ўзгариши; $y = \frac{x_1 - x_2}{x_n}$ — ростланувчи параметрнинг нисбий қиймати.

Тенглама (129) дан кўриш мумкинки, агар $\rho = 0$ бўлса, ростланувчи параметрнинг нисбий қиймати чексиз катталиikka интилади, ўзича тенглашиш мавжуд бўлмайди. $\rho < 0$ бўлса, y чексиз кичикликка интилади ва бунда ҳам тенглашиш мавжуд бўлмайди. Фақат $\rho > 0$ бўлсагина ростланувчи параметр биронта янги мусбат қийматга интилади. Шунда ўзича тенглашиш вужудга келади. Бундан хулоса шуки, ростланувчи параметр нисбий қийматининг ўзгариши dy қанча кичик бўлса, ρ шунча катта бўлади. Бундай шароитда ростлаш процессини амалга ошириш ва регулятор танлаш ишлари ҳам осонлашади. Агар $\rho = \infty$ бўлса, объект идеал ўзича тенглашиш хусусиятига эга бўлади. Ҳар қандай ташқи таъсир ростланувчи параметрни ўзгартира олмайди, унинг нисбий қиймати нолга тенг ($y \approx 0$) бўлади.

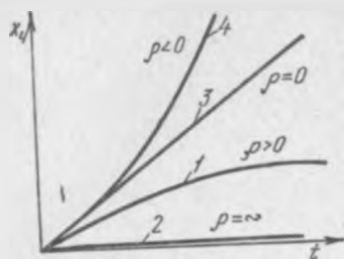
Ростланувчи параметр нисбий қийматининг ўзгариши кичик ва нолга яқин бўлиши учун объектнинг энергия ёки модда сифими анча катта бўлиши керак. Шунда объектга бўладиган ташқи таъсир (объект нагрукасининг ўзгариши) унча сезиларли бўлмайди. Объект регуляторсиз ҳам ўзича тенглашиш хусусиятига эга бўла олади. Масалан, катта идишдан олинган бир стакан сув ундаги сув сатҳи баландлигини сезиларли ўзгартирмайди.

Объектнинг сигнал узатиш коэффициенти κ ўзича тенглашиш даражаси ρ нинг тескари қийматига тенг;

$$\kappa = \frac{1}{\rho} = \frac{dy}{d \Delta q} = \frac{x_1}{x_k}$$

бунда y — чиқувчи сигнал; Δq — объектга кирувчи сигнал (ташқи таъсир).

Объектни кучайтириш коэффициенти статик характеристикалардан аниқланади. Кучайтириш коэффициенти, ташқи таъсир натижаси-



106-расм. Объектнинг бир режимдан бошқа режимга ўтиш графиклари:

1 — ўзгариб бораётган статик объектнинг ўтиш графиги; 2 — ўзгариб бораётган идеал объектнинг ўтиш графиги; 3 — ўзгариб бораётган астатик объектнинг ўтиш графиги; 4 — ўзгариб бораётган (турғулиги) бўлмаган объектнинг ўтиш графиги.

да объектнинг бир мувозанат ҳолатдан иккинчи — янги мувозанат ҳолатга ўтишда, чиқувчи сигнал X_4 кирувчи сигнал X_k га нисбатан неча марта ўзгарганини кўрсатади. Объектларни ўзгариб бораётган даражасига мувофиқ, статик, астатик (нейтрал) ўзгариб бораётган тенглашмайдиган ва идеал классларга ажратиш мумкин. Бундай объектларнинг бир режимдан бошқа бир режимга ўтиш графиклари 106-расмда кўрсатилган.

Статик объект деб ўзгариб бораётган тенглашмайди хусусиятига эга бўлган объектларга айтилади. Уларда ўзгариб бораётган тенглашмайди даражаси нолдан катта бўлади (106-расм, 1, 2-графиклар). Бундай объектларга мисол сифатида ўзгармас ток двигатели, материал қуритиш шкафлари, суюқлик кириб-чиқиб кетадиган қувурли

резервуарлар ва бошқаларни кўрсатиш мумкин.

Ўзгармас ток двигателининг нагрузка моменти M_0 оширилганда айлантирувчи момент M билан M_c срасидаги тенгсизлик $M \neq M_c$ двигатель валининг тезлиги бир қиймат n_1 дан иккинчи қийматга n_2 га ўтиши билан йўқолади ва янги тезликда янги мувозанат ҳолат $M_1 \approx M_{1c}$ юзага келади.

Қуритиш печларида ҳам шундай бўлади. Печга кирувчи энергия ўзгарса, унинг температураси ҳам ўзгаради ва мувозанат ҳолат янги температурада ҳосил бўлади.

Астатик объектларда кирувчи миқдор Q_1 билан чиқувчи миқдор Q_2 нинг боғлиқлиги бир хил бўлмайди, натижада объектнинг энергия ёки модда сифимининг тинимсиз ошиши ёки камайиши вужудга келади ва ўзгариб бораётган тенглашмайди юз бермайди, чунки бундай объектларда ўзгариб бораётган тенглашмайди даражаси нолга тенг $\rho = 0$ бўлади (106-расм, 3-график). Бунга мисол қилиб идишдан чиқадиган суюқлик миқдори ўзгармас ($Q_2 = \text{const}$) бўлган процессни кўрсатиш мумкин. Объектга кирувчи миқдор ΔQ га ўзгарса, чиқувчи миқдор баландлиги тинимсиз ошадиган ёки камайадиган, лекин ўзгариб бораётган тенглашмайди ($Q + \Delta Q = Q_2$) юз бермайди. Бундай процесс резервуарнинг чиқиб қувурига ўрнатилган насос бирор миқдордаги ($Q_2 = \text{const}$) суюқликни ундан олиб турадиган бўлса, юз беради.

Ўзгариб бораётган тенглашмайди шаронти вужудга келиши учун объектга кирувчи суюқлик миқдори Q_1 насос тортиб олаётган суюқлик миқдори Q_2 га тенг бўлиши керак. Бундай тенглашмайди ҳолати энди резервуардаги суюқлик баландлигига (ростланувчи параметрга) боғлиқ бўлмайди. Астатик объектда ростланувчи параметрларнинг ихтиёрий қийматида кирувчи миқдорни ўзгартириш йўли билан мувозанат ҳолатини ($Q_1 = Q_2$) вужудга келтириш мумкин.

Беқарор объектнинг ўзгариб бораётган тенглашмайди даражаси манфий ($\rho < 0$)

бўлади. Бундай объектларда ростланувчи параметрнинг оғиши тенгсизликни камайтирмайди, аксинча, оширади (106-расм, 4).

Астатик объект ва беқарор объектларда ростланувчи параметрларни ростлаш фақат регуляторлар ёрдамида амалга оширилиши мумкин.

4-§. Объектнинг ўтиш вақти ва вақт константаси

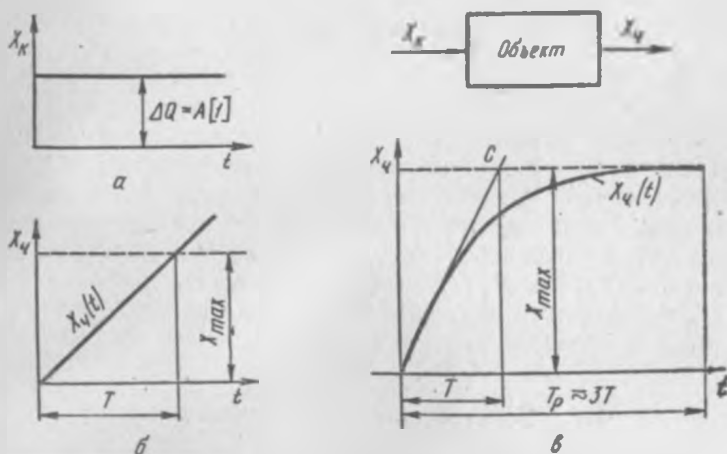
Объектнинг динамик режимлардаги хусусиятлари бир режимдан иккинчи режимга ўтиш вақти t_p , вақт константаси T ва умуман ўтиш вақтидаги кечикишлари билан ифодаланади. Бу хусусиятлар объектнинг ўтиш графиги $X_v(t)$ асосида аниқланади.

Ўтиш графиги деб объектга бирон ташқи таъсир натижасида ундаги ростланувчи параметрнинг (тезлик, температура, босим, резервуардаги суюқликнинг баландлиги) вақт бўйича ўзгаришини, яъни бир барқарор иш режимидан иккинчи барқарор иш режимига ўтишни кўрсатадиган график $X_v(t)$ ни айтади (107-расм, б, в). Бу графиклар объектга маълум миқдордаги ташқи таъсир (107-расм, а) ёки энергия ёки модда оқими (кирувчи сигнал ΔQ) мавжуд бўлган шароитда ҳисоб қилинади ёки ёзиб олинади.

Вақт константаси T деб объектнинг ростланувчи параметри $X_v(t)$ ўзгармас тезлик билан ўзининг максимум қийматига эга бўлгунча кетадиган вақтни айтади.

Вақт константасини объектнинг ўтиш графиги асосида аниқлаш усули 107-расм, б, в да кўрсатилган.

Ўзича тенглашиш бўлмаган астатик объектлар учун вақт константаси T , $X_v(t)$ тўғри чизиқ билан ростланувчи параметр $X_v(t)$ нинг берилган максимал қиймати X_{vmax} дан ўтказилган горизонтал чизиқнинг кесишган нуқтасининг вақт ўқидаги проекциясига тенг бўлади (107-расм).



107-расм. Объектнинг ўтиш графиглари:

а — объектга кирувчи сигнал графиги; б — бир сирғичли астатик объектнинг ўтиш графиги; в — бир сирғичли статик объектнинг ўтиш графиги.

Ўзича тенглашиши бўлган статик объектларда бундай эмас, чунки уларнинг ўтиш графиги экспоненциал эгри чизиқдан иборат бўлгани учун ростланувчи параметрнинг тезлиги эгри чизиқ бўйича ўзгаради. Шу сабабли ўзича тенглашишли объектларнинг вақт константасини топиш учун ўтиш графигининг бошланиш қисмига уринма ўтказилади ва бу уринмани X_q нинг максимал қиймати $X_{\max}$ дан ўтказилган горизонтал чизиқ билан кесишиш нуқтаси C топилади. Бу нуқтанинг вақт ўқиға проекцияси бўйича объектнинг вақт константаси T аниқланади (107-расм, в).

Объектнинг ўтиш вақти. Объектга келадиган энергия ёки модда оқимининг номинал қиймати ($Q = \text{const}$) таъсири остида ростланувчи параметр $X_q(t)$ нинг нолдан янги барқарор режимдаги қийматга эга бўлгунча ўтадиган вақт объектнинг ўтиш вақти T_p дейилади.

Ўтиш графиги ўзича тенглашиши бўлган объектлар учун экспоненциал эгри чизиқ $X_q(t) = X_{\max}(t)(1 - e^{-\frac{t}{T}})$ бўлгани учун ўтиш вақти чексиз қийматга интилади.

Амалда бундай объектларнинг ўтиш вақти вақт константаси T орқали қуйидагича аниқланади (6-жадвалга қаранг);

6-жадвал

T_p	$t = 0$	$t = T$	$t = 4T$	$t = 5T$
X_q	0,0	0,632	0,982	0,993

Жадвалдан кўриш мумкинки, ўтиш вақти $5T$ қилиб олинганда ростланувчи параметрдаги хато 0,7 процентни ташкил қилади.

Ҳар бир объектнинг ўтиш вақти ўз физик маъносига эга. Электр юритманинг ўтиш вақти унинг электр тармоғига улангандан бошлаб номинал айланишга (барқарор режимга) ўтгунча кетадиган вақтдан иборатдир.

Иссиқлик объектнинг ўтиш вақти деб, печь энергия тармоғига улангандан бошлаб унинг ростланувчи параметри — печь температураси максимал қийматга эга бўлгунча кетган вақтга айтилади.

Ўтиш вақти ва объектнинг вақт константасини тажриба асосида ҳам аниқлаш мумкин. Бунинг учун объект энергия ёки модда манбаига улангандан бошлаб вақтга боғлиқ равишда ростланувчи параметрнинг ўзгаришини ўлчов асбоби ёрдамида ўлчаб ёзиб бориш ва шу миқдорларга асосан график $X_q(t)$ ни қуриш лозим. Бу графикда барқарор режимга ўтгунча кетган вақт объектнинг ўтиш вақти бўлади. Объектнинг нормал иш режими ўтиш вақти T_p дан кейин бошланади.

5-§. Ўтиш процессидаги кечикишлар

Объект бир режимдан иккинчи режимга ўтиш процессида чиқиш сигнали $X_q(t)$ кириш сигнали $X_k(t)$ га нисбатан кечикади. Кечикиш вақти бир сигимли объектларда кам, кўп сигимли объектларда анча

кўп бўлади. Бу кечикиш одатда объектнинг ўтиш графиги $X_q(t)$ орқали аниқланади.

Бир сифимли статик объектнинг ўтиш характеристикасидан (107-рasm, в) кириш сигнали $X_k(t)$ билан объектдан чиқувчи сигнал $X_q(t)$ орасидаги бошланғич кечикиш йўқлигини кўриш мумкин. Бунда резервуарга суюқлик тушиши биланоқ, ростланувчи параметр суюқлик баландлиги ΔH ёки $X_q(t)$ пайдо бўла бошлайди. Амалда, кўпинча, бундай бўлмайди, ростланувчи параметр $X_q(t)$ вақт бўйича бир оз кечикиб пайдо бўлади. Бунини икки сифимли объект мисолида аниқроқ кўриш мумкин (108-рasm, б).

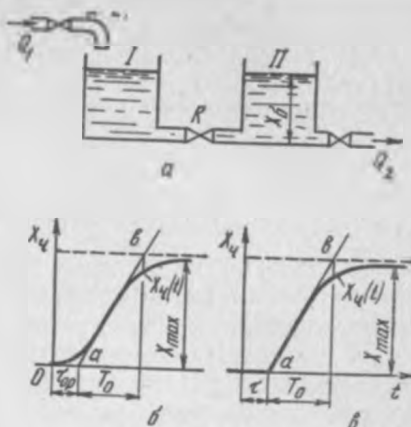
Икки сифимли объектда биринчи резервуарга тушган суюқлик иккинчи резервуарга бирданига ўта олмайди, бунга бирлаштирувчи труба узунлиги ва жўмрак қаршилиги R сабаб бўлади. Натижада процесснинг бошланиш қисмидаги вақт оралиғи τ_{op} ичида ростланувчи параметр $X_q(t)$ нинг ўзгариш тезлиги кириш сигнали $X_k(t)$ нинг ўзгариш тезлигидан кам бўлади; чиқиш сигнали вақт бўйича кириш сигнализга нисбатан τ_{op} вақтга кечикади (108-рasm, б). Кечикишнинг бу тури оралиқ кечикиш деб аталади. Оралиқ кечикиш вақти τ_{op} ни топиш учун объектнинг ўтиш характеристикасига av уринма ўтказилади, шунда вақт ўқидаги oa оралиғи кечикиш вақтини кўрсатади.

Автоматика системаларида оралиқ кечикишдан ташқари транспорт кечикиши (τ_r) деб аталадиган сигнал кечикиши ҳам бўлади. Бундай кечикиш объектга кирувчи миқдор биронта сигнал ўтказувчи қурилма (транспортёр, трубопровод, электр линияси ва бошқалар) орқали ўтганда содир бўлади. Шу сабабли объектга кирувчи миқдор билан чиқувчи миқдорларнинг ўзгаришлари орасидаги сигнал кечикиш вақти τ оралиқ кечикиш вақти τ_{op} ҳамда транспорт кечикиш вақти τ_r ларнинг йиғиндисидан иборат бўлади:

$$\tau = \tau_{op} + \tau_r. \quad (131)$$

Икки сифимли объектларнинг ўтиш графиги (108-рasm, б) бошланғич қисмида чиқиш сигнализнинг жуда секин ўзгаришига сабаб бўладиган сифимлар оралиғидаги кечикиш (τ_{op}) борлиги билан бир сифимли объектларнинг ўтиш графигидан фарқ қилади.

Агар икки сифимли объект соф кечикишли бир сифимли объект билан алмаштирилса, ундаги оралиқ кечикиш τ_{op} соф кечикиш билан алмаштирилган ва иккинчи тартибли объект (108-рasm, а) характерис-



108-рasm. Икки сифимли объект:

а — икки сифимли объект схемаси; б — икки сифимли статик объектнинг ўтиш характеристикаси; в — икки сифимли статик объектнинг ўтиш характеристикасининг аппроксимацияси ёки соф кечикишли бир сифимли объектнинг ўтиш характеристикаси.

тикаси соф кечикишли биринчи тартибли объект характеристикаси билан апроксимация қилинган бўлади (108-расм, в).

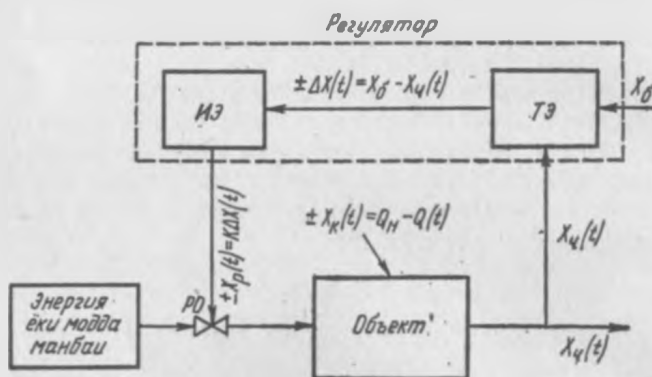
Шундай қилинганда берилган юқори тартибли объект учун регулятор танлаш, автоматик ростлаш системасини анализ қилиш бирмунча соддалашади.

6-§. Объектнинг нагрузкаланиши

Объект технологик процесс давомида бир нечта тасодифий характерга эга бўлган ташқи таъсирлар остида ишлайди. Бундай таъсирларнинг энг асосийси объект нагрузкасининг ўзгариб туриши оқибатида вужудга келади. Объектнинг нагрузкаси унда ишлов бериладиган меҳнат предметининг миқдори ва сифат кўрсаткичлари билан боғлиқ бўлган объектнинг иш режими орқали аниқланади.

Объект нагрузкасининг ўзгариши ишлов бериш учун унга киритиладиган меҳнат предметининг миқдори ва сифат кўрсаткичларининг берилган номинал миқдори $Q_n = Q_0$ атрофида тасодифий ўзгариб туриши оқибатида вужудга келади. Бунга мисол сифатида қуритиш объектига киритиладиган пахта миқдори $Q(t)$ ва намлигининг ўзгаришини кўрсатиш мумкинки, бу ўз навбатида объектнинг технологик параметри — қуритиш температураси ва шу объектнинг иш режимини ўзгартиради. Объектга кирадиган пахтанинг миқдори ва намлиги белгиланган нормадан юқори бўлса, объектнинг технологик (ростланувчи) параметри — температураси нормал қийматига нисбатан пасаяди ва аксинча, объектга кирадиган пахтанинг миқдори ва намлиги камайса, унинг температураси кўтарилади.

Объект температурасининг пасайиши қуритиш вақтининг чўзилишига, объект иш унумдорлигининг пасайишига олиб келади. Қуритиш температурасининг нормадан юқори бўлиши пахтанинг биологик



109-расм. Автоматик ростлаш системасининг объекти ва унга бўладиган таъсирлар схемаси:

$X_q(t)$ — объектдан чиқувчи сигнал (ростланувчи параметр); $X_k(t)$ — объект нагрузкасининг ўзгариши (объектга кирадиган ташқи таъсир); $X_p(t)$ — регулятордан чиқадиган РО ни бошқарувчи сигнал; X_0 — берилган топшириқ (программа) миқдори.

хусусиятларига — эластиклигига зарар етказди. Шунинг учун объектнинг нагрукаси тасодифий равишда ўзгариб турадиган шаронгда унинг технологик параметрини (температурасини, тезлиги, босими ва ҳоказоларини) стабиллаб туриш зарурати туғилади.

Агар Q_n — объектнинг нормал режимдаги, $Q(t)$ — ўтиб турган режимдаги нагрукаси бўлса, объект нагрукасининг ўзгариши $\Delta Q(t) = Q_n - Q(t)$ бўлади. Бу миқдор объектнинг иш режимини ўзгартирадиган (объектга кирадиган) ташқи таъсир $\pm \Delta Q(t)$ ёки $X_k(t)$ ҳисобланади. Бу таъсир $X_k(t) = Q_n - Q(t)$ ни технологик процесс давомида бартараф қилиб туриш учун хизмат қиладиган автоматик ростлаш системасининг функционал схемаси 109-расмда кўрсатилган.

Объектга бўладиган ташқи таъсир $X_k(t)$ ундан чиқувчи сигнал — технологик параметр $X_q(t)$ нинг қиймагини ўзгартиради. Ўлчаш ва солиштириш элементи (ТЭ) технологик параметрининг ўзгариши

$$\pm \Delta X(t) = X_6 - X_q(t)$$

ни аниқлаб, ижрочи элемент (ИЭ) га, ижрочи элемент эса регулятордан чиқувчи $X_p(t) = \kappa_p \Delta X(t)$ ростлаш-бошқариш сигнали билан объектни ростлаш органи (РО) га таъсир кўрсатади. У эса ўз навбатида объектга келадиган энергия ёки модда сарфини бошқарувчи сигналнинг миқдори ва ишорасига мувофиқ ўзгартириб берилган мақсад X_6 атрофида технологик параметр $X_q(t)$ ни стабиллаб туради.

ДИСКРЕТ ПРОЦЕССЛАРИНИ АВТОМАТИК БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ

VII боб. ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ПРОЦЕССЛАРИ ВА УЛАРНИ БОШҚАРИШ

1-§. Оддий ишлаб чиқариш процесслари

Ишлаб чиқариш процесси давомида меҳнат предметиға бир қатор оддий таъсирлар билан ишлов берилади. Бундай таъсирлар оддий операциялар билан боғлиқ равишда ўтади ва оддий процессларни вужудга келтиради.

Оддий процессларни қуйидаги турларга бўлиш мумкин:

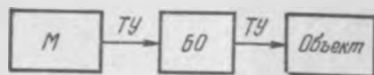
- 1) иш процесслари — меҳнат предметиға иш қуроли ёки бирон физик-химиявий муҳит таъсир қилганда вужудга келади;
- 2) транспорт процесслари — меҳнат предмети ёки иш қуролининг сурилиши билан боғлиқ равишда вужудга келади;
- 3) ўрнатиш процесси — меҳнат предмети ёки меҳнат қуролини технологик объектда (технологик машинада) ўрнатиш билан боғлиқ равишда вужудга келади;
- 4) иш циклига кирмайдиган хизматларни бажариш билан боғлиқ бўлган процесслар.

Оддий операциялар ишлаб чиқариш процессларининг мақсадга мувофиқ ўтишини таъминлаши учун қуйидаги шарт ва шароитлар мавжуд бўлиши керак;

- а) энергия ёки модда (материал) манбаи;
- б) энергия ёки моддани қабул қилувчи қурилма;
- в) энергия ёки моддани манбадан қабул қилувчи қурилмага узатиш йўли;
- г) процессни бошқарувчи орган.

Бунга мисол сифатида электр лампасини ёқиш процессини кўрсатиш мумкин. Бу оддий процессда энергия манбаи — электр тармоғи, қабул қилувчи — электр лампа, электр ўтказгич — электр симлари, бошқарувчи орган — узиб-уловчи аппарат мавжуддир.

Оддий процесслар ўзининг физик табиати бўйича бир неча турларга бўлинади: юргизиш ва тўхтатиш, иситиш ва совитиш, қуритиш ва намлаш, буғлатиш, идишни суюқлик ёки газ билан тўлдириш, бўшатиш ва бошқалар. Бу процессларнинг ҳаммаси физик табиатидан қатъи назар, ягона оддий схема билан тушунтирилади (110- расм). Оддий процесслар ўзаро функционал боғланган иккита параметр: миқдор ва сифат кўрсаткичлари билан тўла характерланади.



110- расм. Оддий таъсир занжири схемаси:

М — манба (энергия ёки модда); БО — бошқарувчи орган; О — процесс ўтадиган объект; ТУ — таъсир узатиш йўли.

Миқдор кўрсаткичининг ўзгариши сифат кўрсаткичининг ўзгаришига олиб келади. Масалан, идишга қуйилаётган суюқлик миқдорининг ўзгариши сифат кўрсаткичи бўлиш суюқлик сатҳи баландлигининг ўзгаришига сабаб бўлади. Иссиқлик объектига келаётган иссиқлик энергиясининг миқдори объектнинг температурасини ўзгартиради. Бу параметрлардан бири — миқдор ўзгариши — бошқарувчи, сифат кўрсаткичи эса бошқарилувчи параметрлар деб аталади.

2-§. Оддий процессларни бошқариш системалари

Оддий процессни бошқариш қуйидаги учта асосий масалани ҳал қилиш билан боғлиқ:

1) процесснинг ўтиши (бошланиши ва тўхташи) тўғрисидаги буйруқни бажариш;

2) процесснинг йўналиши тўғрисидаги — юқорига — пастга, соат стрелкаси ҳаракати бўйича — унга тескари, қизиш-совиш, кириш-чиқиш ва бошқа буйруқларни бажариш;

3) процесс режими тўғрисидаги, яъни процесснинг миқдор ва сифат кўрсаткичларининг ўзгариши тўғрисидаги буйруқларни бажариш. Бунда сифат параметрини стабиллаш ёки берилган қонунга мувофиқ ўзгаришини таъминлаш масаласини бажариш керак бўлади. Бошқаришнинг бу — учинчи масаласини ҳал қилишда процесслардаги миқдор ва сифат кўрсаткичлари (параметрлар) нинг ўзаро функционал боғлиқлигидан фойдаланилади; яъни процесснинг сифат кўрсаткичини ўзгартириш учун унинг миқдор кўрсаткичини ўзгартириш керак бўлади. Иситиш процессини олайлик, унда печнинг сифат кўрсаткичи — температурасини ўзгартириш учун унга келадиган энергия миқдори ўзгартирилади.

Ишлаб чиқариш процессидаги оддий процесслар жуда кўп турли режимларда ўтиши мумкин. Меҳнат предметида ишлов бериш мавжуд шарт-шароитларга боғлиқ бўлади. Процессни ана шу режимларга мувофиқ бошқариш системалари қуйидаги турларга бўлинади:

1. Бошқарилмайдиган режимда ўтадиган процессларни бошқариш системаси. Бунга мисол сифатида тезлиги ростланмайдиган асинхрон двигателнинг иш режимини кўрсатиш мумкин. Унинг сифат кўрсаткичи — тезлиги ўзгармайди. Асинхрон двигателни бошқариш уни электр энергия тармоғига улаш ва узишдан иборат бўлиб, бошқарилмайдиган (ихтиёрий) режимда ишлайди, чунки унинг сифат параметрлари (айланиш частотаси) бошқарилмайди.

2. Режимнинг йўналиши бўйича бажариладиган процессларни бошқариш системаси. Бунга мисол сифатида реверсив вентиляторнинг иш режимини кўрсатиш мумкин. Иш давомида унинг тезлиги (режим кўрсаткичи) ўзгармайди, фақат айланиш йўналиши ўзгаради. Бошқариш учун вентилятор двигателини электр энергия тармоғига улаш ёки узиш ва айланиш йўналишини ўзгартириш керак.

3. Берилган чегарагача ихтиёрий режимда ўтадиган процессларни бошқариш системаси. Бунга мисол сифатида юқори температураси ҳимоя элементлари билан чегараланган печларни кўрсатиш мумкин. Печнинг температура режими $\theta = 0$ дан $\theta_{\max}$ С гача ихтиёрий ўзга-

ради. Бу процессни бошқариш учун ишга тушириш, ишдан тўхтатиш ва температура берилган чегарадан ошганда иситиш процессини тўхтатишга буйруқ берадиган ҳимоя аппаратларидан фойдаланилади.

4. Бошқариладиган режимда ўтадиган процессларни бошқариш системаси. Бунга мисол қилиб сифат кўрсаткичларини (режим параметрларини) берилган қонунга мувофиқ ростлаш учун хизмат қиладиган системаларни кўрсатиш мумкин. Бу процессда ишга тушириш ва тўхтатишдан ташқари режим параметрларининг берилган қийматини сақлаш ёки уни берилган қонунга мувофиқ ўзгартиришни таъминлаш ҳам керак бўлади.

Оддий процессларни бошқариш улардаги сифат ва миқдор ўзгаришларини тинимсиз контрол қилиш билан боғлиқдир. Бундай контрол системалари икки хил бўлади:

1. **Актив контрол.** Бунда процесснинг сифат кўрсаткичлари контрол қилинади ва меҳнат предметида ишлов бериш процесси давомида бу процесс кўрсаткичининг қиймати олдиндан белгиланган сифат кўрсаткичининг қиймати билан таққосланиб, аниқланган хато йўқ қилинади ёки минимумга келтирилади.

2. **Пассив контрол.** Бунда процесс давомида ишлов берилган материал сортларга ва бракка ажратилади. Пассив контрол натижасида процесснинг бориши тўғрисида огоҳлантирувчи сигналлар ёки ҳимоявий бошқариш буйруқлари берилиши мумкин.

Ҳар қандай технологик процесс бундай оддий процессларнинг олдиндан белгилаб қўйилган маълум тартибда кетма-кет, бир вақтда ва уларнинг комбинациялари асосида ўзаро боғланиши ва ўтиши натижасида меҳнат предмети ҳамда меҳнат қуролларининг ўзаро мақсадга мувофиқ таъсириллашуви ва технологик ускуналар ҳаракатининг маълум программага мувофиқ бошқарилиши натижасида вужудга келади. Технологик ускуналар ҳаракатини автоматик системалар ёрдамида боғлаш ва бошқариш юқорида айтилган масалаларни ҳал этишга хизмат қилади.

Автоматик бошқариш системалари технологик процесснинг бошланиши, вақт бўйича кетма-кетлиги ва тамомланишини таъминлайди.

Операцияларнинг кетма-кетлиги вақт бўйича программаланган ёки олдинги бирор процесснинг тамом бўлишига боғлиқ бўлади. Ҳар бир процесс белгиланган вақт ичида ишга тушади, нормал ишлайди ва тўхтайдди.

Процессларнинг вақт бўйича автоматик боғланишини таъминлашда ҳал қилиниши керак бўлган қуйидаги масалалар вужудга келади.

1. Ҳар бир процесснинг бошланиши ва тугалланишини программалаш (вақт бўйича) ва амалга ошириш.

2. Икки ва ундан кўп процессларнинг бир вақтда бошланиши ёки тугалланишини программалаш.

3. Бир қанча процесслар ичида икки ва ундан кўп процессни ажратиб, уларнинг вақт бўйича бошланиши ва тугаши орасидаги боғланишини программалаш ва автоматика элементлари ёрдамида амалга ошириш.

4. Керак бўлганда процессларнинг бир вақтда бошланмаслигини таъминлаш.

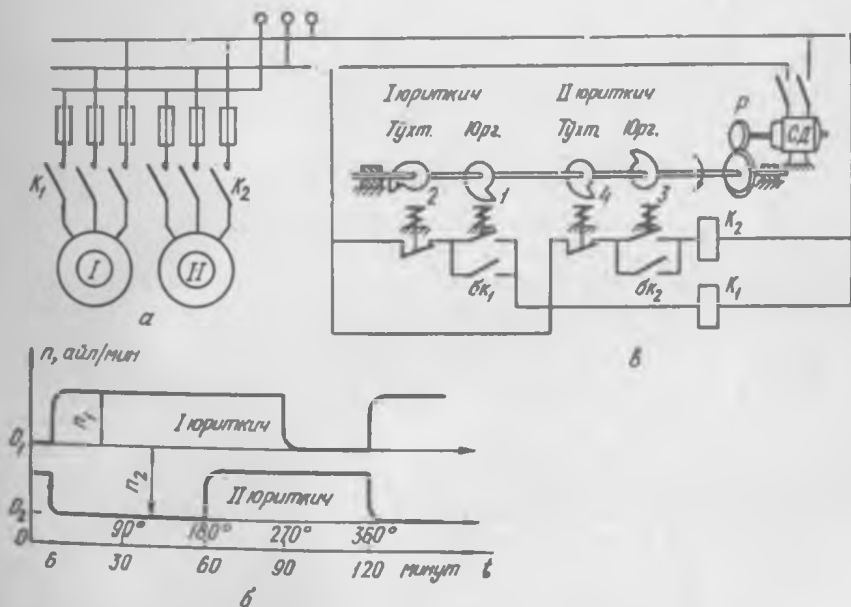
5. Бир-бирига боғлиқ бўлмаган процессларнинг берилган интервал орқали маълум хронологик кетма-кетликда ўтишини программалаш ва амалга ошириш.

6. Бир-бирига боғлиқ бўлмаган, лекин бошқариладиган режимда ўтадиган процессларни маълум интервал ва хронологик кетма-кетликда ўтишини программалаш ва амалга ошириш.

Вақт бўйича автоматик боғланадиган процессларнинг ана шу турлари асосан икки хил автоматик система: — 1) циклли ва 2) программали автоматик системалар ёрдамида автоматлаштирилади.

3-§. Бошқаришнинг циклли системалари

Циклли процессларнинг вақт бўйича автоматик боғланишини амалга ошириш учун соат механизми ёки синхрон электр двигателлар жуда қўл келади. Уларнинг валига ўрнатилган стрелкалар, эксцентриклар, профилли кулачок ва бошқалар ўзгармас тезлик билан айланиб бошқарувчи узиб-улагич контактларни берилган вақт бўйича узиб ёки улаб туради. Ҳар бир процессни бошлаш, давом эттириш ва тўхтатишни автоматлаштиради ҳамда процессларни ўзаро вақт бўйича боғлайди. Процесснинг цикллилигини таъминлаш учун процесс цикли стрелка ёки кулачокнинг тўла бир айланишига (циклига) тенг ёки унга нисбатан маълум марта қайтариладиган бўлиши керак.



111-рasm. Циклли процессларни автоматик боғлаш ва бошқариш схемаси:

а — бошқарилувчи юритмалар; б — бошқариш циклограммаси; в — бошқарувчи системанинг принципал схемаси.

Циклли процессларни ўзаро автоматик боғлаш ва бошқариш системасига энг оддий мисол 111-расмда кўрсатилган. Унда циклли оддий процесслар иккита двигатель M_1 ва M_2 томонидан циклограммага (циклик диаграммага) мувофиқ бошқарилади (111-расм, б). Улар орасидаги вақт тартибида боғланиш синхрон двигатель CD валига редуктор P орқали уланган, ўзгармас тезликда айланадиган умумий валга ўрнатилган кулачоклар 1—2, 3—4 ёрдамида вужудга келади. (111-расм, в).

Умумий вал 120 минут ичида бир марта (360° га) айланади. Бу давр (цикл) ичида иккала юритманинг ҳар бири ўзининг технологик процесс циклини бир мартадан тўла бажаради, яъни бир мартадан ишга тушади, иш бажаради ва тўхтайди. Масалан, кулачок 1 биринчи кнопкани босганда биринчи двигатель ишга тушади, 84 минут давомида ишлайди ва 90 минут ўтганда кулачок 2 2-кнопкани босиб, двигательни тўхтатади. Иккинчи двигатель эса 60 минутдан 120 минутгача ишлайди. Шу йўсинда циклли процесс давом этаверади. Процесслар орасидаги вақт регламентини, яъни умумий процесс циклини ўзгартириш редуктор P шестренкасини алмаштириш йўли билан, оддий процесслар циклини ўзгартириш эса кулачокларни умумий валга ўрнатиш тартибини ўзгартириш йўли билан амалга оширилади.

Бир-бирига боғлиқ бўлмаган ва бошқарилмайдиган режимда ўтадиган процессларнинг ишлаб чиқаришни интенсивлаштириш талабларига мувофиқ, хронологик кетма-кетликда бажарилишини кулачокли системалардан бошқа, команда аппаратлари деб аталадиган система, программали вақт релелари ва ҳоказолар билан ҳам амалга ошириш мумкин.

4-§. Команда аппаратларининг қўлланиши

Команда аппаратлари ёки программали вақт релелари циклли процессларнинг ижрочи органларини берилган кетма-кетликда бошқариш учун қўлланади. Бундай аппаратларнинг ҳаммаси бошқарувчи буйруқ берувчи аппаратлар деб аталади.

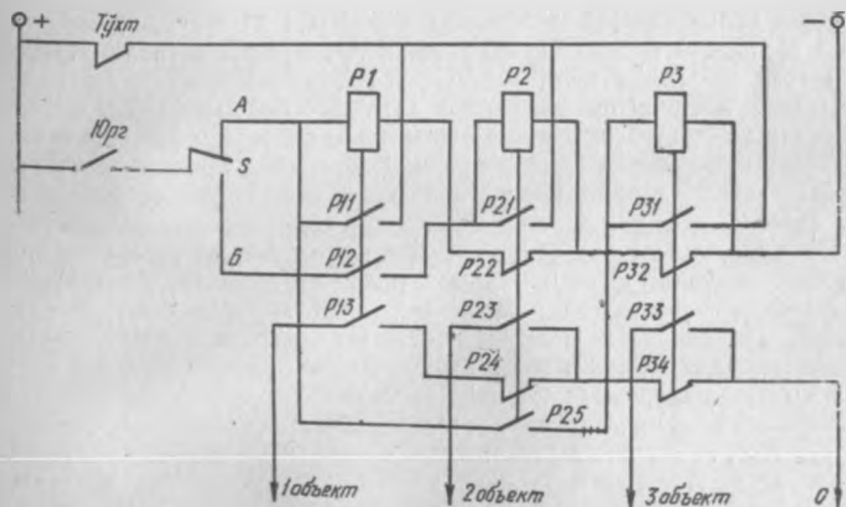
Команда аппаратлари бошқарувчи сигналларнинг физик табиатига қараб механик, электрик, гидравлик ва пневматик турларга бўлинади. Уларнинг ишлаш принципи бир хил. Бошқариш сигналлари берилган программага мувофиқ вақт бўйича қабул органларига узатилади.

Команда аппаратларида сигнал тарқатиш (узатиш) функциясини ундаги умумий валга ўзаро турли бурчак билан ўрнатилган кулачоклар, пластинкалар бажаради. Қабул органини бошқариш цикллари ана шу бурчак кенглигига пропорционал бўлади. Умумий вал бир айланганда ундаги ҳамма кулачоклар бир мартадан айланади ва ўзларининг ижрочи элементларига циклограммага мувофиқ бошқариш буйруқларини бериб туради. Бу буйруқларни ишлаб чиқариш процессининг циклига мослаш учун умумий валнинг айланиш тезлигини ўзгартириш лозим. Бунинг учун умумий вал билан айлантирувчи синхрон двигатель валини боғлайдиган редуктор ёки вариаторларнинг узатиш коэффициентини ўзгартириш керак бўлади.

112- расм. КЭП- 12 контактларининг таъсир кўрсатиш схемаси:

СМ — синхрон двигателъ; 1 ва 2 — бош-
карувчи кулачоклар; 3 — кулачоклар
фрнатиладиган валик; 11 — электр сиг-
нал узатувчи контактлар.

Технологик машиналарни маълум кетма-кетликда ишга тушириш учун қўлланадиган релели сигнал тарқаткичларнинг принципиал схемаси 113-расмда кўрсатилган. Схема ўзгармас ток манбаига «Юрг.» кнопоксини босиш билан шина A орқали уланади. Шунда реле P_1 чулғамидан ток ўтади ва унинг контактлари P_{11} , P_{12} ва P_{13} уланади. Энди узиб-улагич S нинг контакти узилиши мумкин, реле P_1 чулғамига ток P_{11} контакти ва «Тўхт.» линияси орқали ўтади. Контактлар P_{11} , P_{12} ва P_{13} узилмай қолади. Шунда 0 ва 1 занжири орқали бошқарувчи сигнал биринчи объектга берилади.



113- расм. Релели сигнал тарқаткич қурилмасининг принципал схемаси.

Тактли узиб-улагич S шина B ни улаганда контакт P_{12} орқали ўтган ток реле P_2 ни ишга туширади. Шунда контактлар P_{21} уланиши билан реле P_2 нинг чулғами «Тўхт.» линиясига уланиб, ўз ҳолатини сақлаб қолади.

Контакт P_{22} нинг узилиши реле P_1 чулғамини токсизлантиради. Контактлар P_{11} , P_{12} ва P_{13} узилади. Биринчи линияга бошқариш сигнали берилиши тўхтайди. Контакт P_{23} орқали иккинчи объектни ишга туширадиган сигнал $0-2$ занжир орқали берилади.

Тактли узиб-улагич S шина A ни ток манбанга такрор улаганда ток контакт P_{25} орқали ўтиб, реле P_3 ни ишга туширади. Реле P_3 ўз навбатида контакт P_{33} орқали учинчи объектни ишга туширади.

Шундай қилиб, маълум тартиб бўйича ва маълум цикл оралиқларида бир неча ўнлаб технологик операциялар бажарилади ва машиналар ишга тушади. Схема «Тўхт.» кнопкасини босиш билан ўз ишини тамомлайди. Релели сигнал тарқаткичнинг бу тури кўпроқ автоматлаштирилган технологик поток линияларини ишга тушириш ва тўхтатиш учун қўлланади.

VIII БОБ. МАНТИҚИЙ БОШҚАРИШ СИСТЕМАЛАРИ

1-§. Мантиқий алгебра ва мантиқий элементлар

Мантиқ илми (логика) тафаккур қонунлари ва фикрлаш формалари ҳақидаги фандир. Бу фаннинг математик шакли мантиқий алгебра бўлиб, у фикрлаш қонунлари асосида фикрлар орасидаги мантиқий боғланишларни ўрганади. Ҳар қандай айтилган фикрда ҳақиқат борлиги ёки йўқлиги (сохталиги) ни аниқлаш масаласи мантиқий алгебранинг ўрганиш соҳаси ҳисобланади.

Мантиқий алгебранинг амаллари фақат иккита қиймат 0 ва 1 мавжудлигига асосланади. Айтилган фикр ёки берилган сигнал бор ва ҳақиқий бўлса, бундай сигналнинг қиймати 1 га тенг, агар айтилган фикр сохта ёки сигнал берилмаган бўлса, бундай сигнални қиймати 0 га тенг деб қабул қилинади.

Ишлаб чиқариш процессларини мантиқий бошқариш системаларини тузишда бундай сигналлар ишчи информациялар деб юритилади.

Ишчи информацияларнинг аргументлари ва уларнинг ўзаро боғланиш операцияларини кўрсатувчи ифодаalar мантиқий функциялар деб аталади.

Информацияларнинг ўзаро боғланиши оддий ва мураккаб бўлганидек, мантиқий функциялар ҳам оддий ва мураккаб бўлади.

Мантиқий алгебранинг асосини оддий функциялар: мантиқий қўшув, кўпайтирув ва инверсия (инкор қилув) амалларини бажариш ташкил қилади. Қолган мураккаб функцияларнинг ҳаммаси шу учта оддий функциялар ва уларнинг комбинациялари асосида тузилади.

Мантиқий функциялар Y бир қатор мантиқий аргументлар $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ нинг ўзгариши ва ўзаро боғланишлари билан боғлиқ бўлади. Аргументлар фақат икки қиймат 0 ва 1 га эга бўлади.

Мантиқий функциялар тузишда қуйидаги мантиқий алгебра қонунларидан фойдаланилади.

Информация ёки миқдор ва унинг инверсиясининг йиғиндиси 1 га тенг бўлади;

$$X + \bar{X} = 1$$

Информация ёки миқдор ва унинг инверсиясига кўпайтмаси 0 га тенг бўлади:

$$X \cdot \bar{X} = 0$$

Информация ёки миқдор a билан 0 йиғиндиси a миқдорга тенг бўлади:

$$a + 0 = a$$

Информация ёки миқдор билан 1 йиғиндиси 1 га тенг бўлади;

$$X + 1 = 1$$

Информация ёки миқдорнинг 1 га кўпайтмаси 1 га тенг бўлади.

$$X \cdot 1 = 1$$

Информация ёки миқдорнинг 0 га кўпайтмаси 0 га тенг бўлади.

$$X \cdot 0 = 0$$

Мантиқ алгебрасида ҳар бир ўзгарувчи фикр ёки информация (миқдор) фақат икки қийматга (0 ва 1) эга бўлиши мумкин. Шунинг учун информациялар (миқдорлар) йиғиндиси алоҳида миқдор қийматига тенг бўлади:

$$\begin{aligned} \bar{X} + \bar{X} + \bar{X} &= \bar{X} = 0 \\ X + X + X + X &= a = 1 \end{aligned}$$

Информациялар кўпайтмаси ҳам ўша миқдорга тенг бўлади;

$$X \cdot X \cdot X = X$$

Юқорида айтилганларга мувофиқ қуйидаги тенгликларни ёзиш мумкин:

$$\begin{aligned} X_1(X_2 + X_3) &= X_1X_2 + X_1X_3 \\ X_1 \cdot X_2 &= X_2 \cdot X_1 \\ X_1 + X_2 &= X_2 + X_1 \\ X_1 + X_2 + X_3 &= (X_1 + X_2) + X_3 \\ X_1 \cdot X_2 \cdot X_3 &= (X_1 \cdot X_2) \cdot X_3 \end{aligned}$$

Инкор қилинган ўзгарувчи фикр ёки информациялар йиғиндиси алоҳида инкор қилинган ўша информацияларнинг кўпайтмасига тенг бўлади:

$$\overline{X_1 + X_2 + X_3} = \bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2 \cdot \bar{X}_3$$

Инкор қилинган информацияларнинг кўпайтмаси инкор қилинган алоҳида информацияларнинг йиғиндисига тенг бўлади:

$$\overline{X_1 \cdot X_2 \cdot X_3} = \bar{X}_1 + \bar{X}_2 + \bar{X}_3$$

Инкор (инверсия) — «йўқ» операцияси. Мантикий алгебранинг бу операцияси ҳақиқий, бор информацияни инкор қилинса «йўқ» информациясига ва нотўғри информациялар инкор қилинса, «ҳа» ин-

формациясига айланишини кўрсатади. Бунда айтилган фикр ёки информациялар ноҳақиқий, яъни X бўлса бу аргументнинг инкор қилувчи функцияси Y ҳақиқий бўлади ва қуйидагича ёзилади:

$$Y = \bar{X} \quad (132)$$

$\bar{X}$	Y
0	1
1	0

Операциянинг ҳолатлар жадвалига мувофиқ 0 ни инкор қилиш 1,1 ни инкор қилиш эса 0 га тенг бўлади.

Кўпайтириш (конъюнкция) — «ВА» операцияси. Икки фикр ёки информациянинг ҳар бири ҳақиқий бўлса, уларнинг кўпайтмаси ҳақиқий бўлади ва қуйидагича ёзилади:

$$X_1 \cdot X_2 = Y \quad (133)$$

X_1	X_2	Y
1	1	1
0	1	0
1	0	0
0	0	0

Операциянинг ҳолатлар жадвалига мувофиқ функция Y ҳақиқий бўлиши учун аргументлар X_1 ва X_2 ҳақиқий қийматларга эга бўлиши лозим. Қолган ҳамма ҳолларда «ВА» функцияси ноҳақиқий, яъни $Y = 0$ бўлади.

Қўиш (дизъюнкция) — «ёки» операцияси. Агар қўшилиувчи аргументларнинг камида биттаси ҳақиқий қийматга эга бўлса, фикрлар «ёки» информацияларнинг йиғиндиси

$$X_1 + X_2 + X_3 \dots = Y \quad (134)$$

ҳақиқий бўлади. Буни қўиш операциясининг ҳолатлар жадвалидан ҳам кўриш мумкин.

X_1	X_2	X_3	Y
0	0	0	0
0	1	0	1
0	0	1	1
0	1	1	1
1	0	0	1

Функция Y ҳақиқий қийматга эга бўлиши учун X_1 ёки X_2 ёки X_3 ва ҳоказолар ҳақиқий қийматга эга бўлиши керак.

Инкор, қўиш ва кўпайтириш операцияларининг комбинацияси асосида бир неча мураккаб функцияларни тузиш ва мураккаб мантикий бошқариш операцияларини бажариш мумкин. Масалан, «хотира», «ёки, йўқ», «шиффер штрихи», «ман этиш» ва бошқалар.

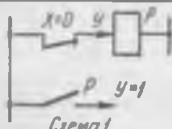
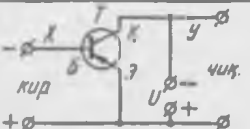
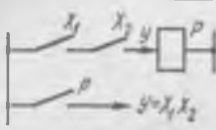
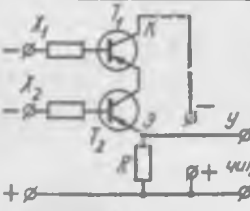
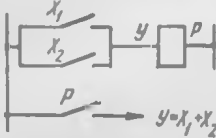
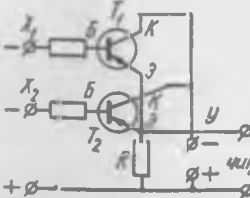
Мантикий операцияларни бажарадиган асосий мантикий элементлар; «йўқ», «ва», ва «ёки» электр схемалари, шартли белгилари ва қўлатлар жадваллари алоҳида 7- жадвалда келтирилган.

Мантиқий инкор — «йўқ» элементининг реле контактли электр схемаси 7-жадвалда (2-устун, 1-схемада) кўрсатилган. Унда кириш сигнали X бўлмаса, контакт a ёпиқ, реле P контакти Y узук ва чиқиш сигнали мавжуд бўлади. Агар кириш сигнали X мавжуд бўлиб, контакт a ни узадиган бўлса, реленинг чулғамида ток бўлмайди ва унинг контакти орқали чиқиш сигнали y ҳам бўлмайди. Бу элементнинг моҳияти шундаки, агар килувчи информация (сигнал, фикр) ҳақиқий қийматга эга ($X = 1$) бўлса, контакт a узилади, чиқиш сигнали ҳақиқий қийматга эга бўлмайди ($Y = 0$), аксинча сигнал X бўлмаганда ($X = 0$) контакт a уланган ва реле чулғамидан ток ўтгани сабабли чиқиш сигнали бор ($Y = 1$) бўлади.

Мантиқий инкор «йўқ» элементининг транзисторли схемаси 7-жадвалда (3-устун) кўрсатилган. Унда $p-n-p$ тип транзистордан фойдаланилган.

Схемага кириш сигнали X берилмаса ($X = 0$), транзистор T ёпиқ бўлади. Транзисторнинг эмиттер-коллектор занжиридан ток ўтмайди. Чиқиш сигнали манба кучланишига тенг $Y = U = 1$ бўлади, яъни $X = 0$ бўлса, $Y = 1$ бўлади. Чиқиш сигнали кириш сигналинини инкор қилади. Агар кириш сигнали X бор бўлса ($X = 1$), транзистор очилади, эмиттер-коллектор занжиридан манба кучланишига мувофиқ ток ўтади, транзисторнинг чиқиш қаршилиги амалда нолга тенг бўлади. Шу туфайли чиқиш сигнали Y нолга тенг ($Y = 0$) деб қабул қилинади. Бунда ҳам кириш сигнали X чиқиш сигналинини инкор қилади.

7-жадвал

Мантиқий элементлар (операторлар)	Реле контактли схемалар	Транзисторли контактли схемалар	Операторлар нинг шартли белгилари	Ҳақиқат жадвали															
Инкор (инверсия) «ёқс»	 Схема 1	 кир +φ φ+φ φ-φ ч.к.		<table><tr><th>X</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td></tr></table>	X	Y	0	1	1	0									
X	Y																		
0	1																		
1	0																		
Кутайтирув (конъюнкция) «ёки»	 Схема 2	 +φ φ+φ φ-φ ч.к.		<table><tr><th>X₁</th><th>X₂</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	X ₁	X ₂	Y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1
X ₁	X ₂	Y																	
0	0	0																	
0	1	0																	
1	0	0																	
1	1	1																	
Қўшув (дизъюнкция) «ёки»	 Схема 3	 +φ φ+φ φ-φ ч.к.		<table><tr><th>X₁</th><th>X₂</th><th>Y</th></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	X ₁	X ₂	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1
X ₁	X ₂	Y																	
0	0	0																	
0	1	1																	
1	0	1																	
1	1	1																	

Мантикий кўпайтириш — «ВА» элементининг реле контактли схемаси 7- жадвалда (2- устун, 2- схема) кўрсатилган.

Чиқиш сигнали Y ҳақиқий қийматга эга бўлиши учун кириш сигналларининг ҳар бири ҳақиқий қийматга эга бўлиши керак. Бунинг учун иккала контакт X_1 ва X_2 уланиши керак. Шунда реле чулғамидан ток ўтади ва контакт P уланади, схемадан чиқувчи информация $Y = X_1 \cdot X_2 = 1$ ҳосил бўлади.

«ВА» элементининг транзисторли контактсиз схемаси 7- жадвалда (3- устун, 2- схема) кўрсатилган. Бунда чиқиш сигнали Y иккала кириш сигнали X_1 ва X_2 ҳақиқий қийматга эга бўлгандагина, яъни иккала транзистор очилгандагина ҳақиқий қийматга ($Y = U = 1 \cdot R = 1$) эга бўлишни кўриш мумкин.

Мантикий қушиш — «ёки» элементининг реле контактли схемаси 7- жадвалда (2- устун, 3- схема) кўрсатилган. Бунда чиқиш сигнали $Y = X_1 + X_2$ ҳақиқий қийматга эга бўлиши учун контакт X_1 ёки контакт X_2 уланиши лозим.

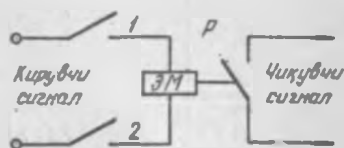
Транзисторли контактсиз схемада ҳам (7- жадвал, 3- устун, 3- схема) иккита кириш сигналидан бири X_1 ёки X_2 ҳақиқий қийматга эга бўлганда, икки транзистордан бири очилиб, қаршилиқ R дан ток ўтгандагина чиқиш сигнали $Y = I \cdot R = U = 1$ ҳақиқий қийматга эга бўлади.

Мантикий элементларнинг шартли белгилари 7- жадвалнинг 4- устунда, ҳолатлар жадваллари эса 5- устунда берилган.

2- §. Ҳолатлар жадвали ва уланишлар

Ишлаб чиқариш процессларининг вақт бўйича автоматик боғланишини амалга оширадиган бошқариш қурилмалари кириш сигналларининг фақат икки қийматига: сигнал «бор» ва сигнал «йўқ» қийматларига мувофиқ ишлашини биз юқорида кўриб ўтдик. Агар бу икки қийматни 0 ва 1 сонлари билан алмаштириб, уларга бошқарувчи қурилмага кирувчи сигналлар деб қаралса, бундай бошқарувчи қурилма мантикий алгоритм бўйича ишлайдиган мантикий қурилмага айланади. Маълумки, мантикий алгоритмни вужудга келтириш учун реле хараakterистикали, бир тактли ва кўп тактли мантикий қурилмалардан ва транзисторли контактсиз мантикий қурилмалардан фойдаланилади.

Бир тактли мантикий қурилмаларда чиқиш сигналларининг ҳолати фақат унга кирувчи сигнал ҳолати билан аниқланади. Масалан, электромагнитни ток манбаига улаш ва чиқиш сигнали ҳосил қилиш учун унинг кириш занжиридаги контактлари 1 ва 2 бир вақтда уланади (114- расм).



114- расм. Релели мантикий қурилма.

Кўп тактли мантикий қурилмаларда чиқиш сигнали кириш сигналларининг ҳолатидан ташқари, уларнинг киришидаги кетма-кетликларга ҳам боғлиқ бўлади. Масалан, электромагнит ёрдамида кириш сигналларини чиқиш сигналига айлантириш учун унинг кириш занжиридаги контактлар 1 ва 2 бир вақтда (бир

контакт билан) эмас, балки олдин контакт 1, сўнгра контакт 2 уланади. Бундай ҳолатда қурилма икки тактли мантиқий қурилма бўлади.

Мантиқий қурилмалар мантиқ алгоритмига мувофиқ ишлайди. Мантиқ алгоритми эса ўз навбатида бошқарилувчи процесс талабига мувофиқ аниқланади, мантиқ қурилмасининг кириш ва чиқиш қисмларидаги сигналлар бошқариш процессининг ҳолатлари ҳисобга олинган ҳолда тузилади.

Мантиқий бошқариш қурилмасининг кириш ва чиқиш ҳолатлари купинча жадвал орқали берилади ва ҳолатлар жадвали деб аталади. Ҳолатлар жадвалида процессни мантиқий бошқаришнинг функционал қисмига тегишли ҳамма кириш ва чиқиш ҳолатларининг қийматлари кўрсатиб қўйилган бўлади.

Мантиқ алгоритми икки қийматли (0 ва 1) бўлгани учун мантиқий қурилмадан чиқадиган бошқарувчи сигналларнинг умумий сони қуйидагича топилади:

$$n_k = 2^n, \quad (135)$$

бу ерда n_k — схемага (қурилмага) кирувчи сигналлар сони. Бошқарувчи сигналлар бошқарувчи мантиқий функциялар орқали топилишини ҳисобга олганда n_k бошқарувчи функциялар сонига тенг бўлади.

Мисол. Ишлаб чиқариш процесси давомида учта вентилятордан фойдаланилади, дейлик. Вентиляторнинг иккитаси процесснинг «нормал» ўтишини таъминлайди ва биттаси резерв ҳисобланади. Мантиқий қурилмадан чиқадиган сигналнинг вентиляция процессининг нормал (1) ёки ноноормал (0) ўтиши учун мослигини аниқлаш ва бунинг учун нормал (оптимал) иш режимини таъминлайдиган мантиқий бошқариш функциясини топиш талаб қилинади.

Схемадан чиқувчи сигналларнинг умумий сони $2^3 = 8$ бўлади. Шунга мувофиқ бошқарувчи мантиқий функциялар сони ҳам 8 бўлиши мумкин (8-жадвал).

Бошқариш мантиқий функциясини тузиш учун жадвалда кўрсатилган чиқиш сигналларининг ҳаммасидан фойдаланиб бўлмайди.

Жадвалнинг 1-қаторида вентиляторлар X_1 , X_2 ва X_3 ишламайди, нормал иш режими бўлмайди; $Y = 0$ бўлади. Жадвалнинг 2-қаторида

8-жадвал. Процесснинг ҳолатлар жадвали

	Кириш			Чиқиш
	X_1	X_2	X_3	Y
1	0	0	0	0
2	0	0	1	0
3	0	1	0	0
4	1	0	0	0
5	0	1	1	1
6	1	0	1	1
7	1	1	0	1
8	1	1	1	1

фақат битта вентилятор X_3 ишлайди. Масаланинг шартига (иккита вентилятор ишлаши керак) мувофиқ бунда ҳам $Y = 0$ бўлади. Жадвалнинг 3- ва 4- қаторлари ҳам нормал процессни таъминламайди. Жадвалнинг 5, 6 ва 7- қаторлари нормал процессни таъминлайди. Чиқиш сигнали бор ($Y = 1$) бўлади. Жадвалнинг 8- қатори ҳам нормал процессни таъминлаши мумкин, унда ($X_1 = 1, X_2 = 1, X_3 = 1$); $Y = 1$ бўлади, лекин учта вентилятор ишлагани учун бу вариантнинг иқтисодий самарадорлиги кам бўлади. Айтилганларга кўра 8- жадвалнинг 5, 6, 7- қаторларига мувофиқ қуйидаги учта бошқариш функциясини ёзиш мумкин:

$$\begin{aligned}(X_1 + X_2)X_3 &= Y, \\(X_1 + X_2)X_3 &= Y, \\(X_2 + X_3)X_1 &= Y.\end{aligned}\tag{136}$$

Бу функцияларнинг ҳар бири бўйича тузилган мантиқий оператор вентиляторларнинг нормал режимда ишлашини таъминлай олади.

3- §. Мантиқий операторларни тузиш

Мантиқий бошқариш системаларини тузиш учун, энг аввал ишлаб чиқариш процессларининг талабларига тула жавоб бера оладиган «ҳолатлар жадвали» тўлдирилади ва процесснинг мантиқий бошқариш функцияси аниқланади. Мантиқий оператор схемаси эса мантиқий функцияга мувофиқ тузилади. Бунга мисол сифатида, аввал юқорида кўриб ўтганимиздек, стандарт элементларнинг (операторларнинг) тузилиши устида тўхталамиз.

Инкор қилиш «йўқ» операторини тузиш учун уни ҳолатлар жадвалида кўрсатилган ҳолатларга мувофиқ (7- жадвал) ёзилган функция $Y = \overline{X}$ дан фойдаланилади (ГОСТ 2.743—68). Шунга кўра оператордан бошқарув сигнали чиқиши ($Y = 1$ бўлиши) учун контакт X нинг ёпиқ бўлиши (нормал ҳолат) ва унга таъсир қилувчи сигнал йўқ ($X = 0$) бўлиши керак. Инкор операторлари схемаси шунга мувофиқ тузилган (7- жадвал, 1- схема).

Қўпайтириш («ВА») оператори функция $Y = X_1 \cdot X_2$ га мувофиқ тузилади. Бунда оператордан чиқувчи сигнал ҳосил бўлиши, яъни $Y = 1$ бўлиши, кириш контактларининг иккаласига ҳам сигнал келиши, яъни $X_1 = 1$ ва $X_2 = 1$ бўлиши кўзда тутилади. Шу сабабли «ва» функцияси бўйича оператор тузиш учун схемадаги сигнал кириш контактлари кетма-кет уланади (7- жадвал, 2- схема).

Қўшиш («ёки») операторининг мантиқий функциясига мувофиқ операторга контактлар орқали кирувчи сигналларнинг камида битта-сида сигнал бўлиши шарт, яъни $X_1 = 1$ ёки $X_2 = 1$ бўлиши керак. Шунда оператордан чиқувчи сигнал бор, яъни $Y = 1$ бўлади. Бу оператор схемасида кириш сигнали контактлари параллел уланган бўлиши кўзда тутилади (7- жадвал, 3- схема).

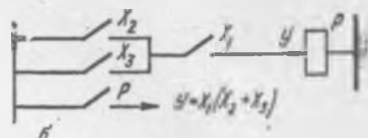
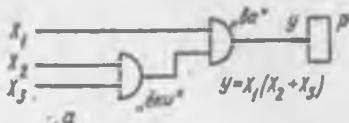
Стандарт элементлар «ёки», «йўқ», «ва» дан фойдаланган ҳолда ҳар қандай мураккаб мантиқий функцияларнинг схемаларини тузиш мумкин.

Бунини қуйидаги мисолларда кўрамиз:

1. Бошқарув системасининг мантикий функцияси берилган бўлса, $Y = X_1(X_2 + X_3)$ мантикий оператор схемаси қуйидагича тузилади.

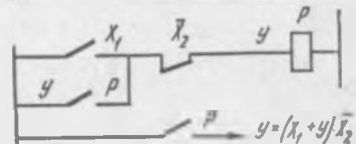
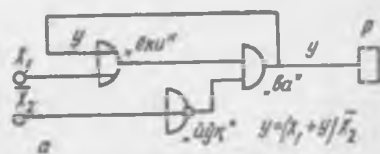
Функциядаги қушилувчи аргументлар $(X_2 + X_3)$ бошқарув схемасида «ёки» элементининг бўлишини, йиғинди $(X_2 + X_3)$ нинг аргумент X_1 га кўпайтмаси эса схемада «ва» элементининг бўлишини талаб қилади. Шунга мувофиқ тузилган мантикий схема 115-расмда кўрсатилган. Унда бошқарувчи сигнал $Y = 1$ бўлиши учун $X_2 = 1$ ёки $X_3 = 1$ ва $X_1 = 1$ бўлиши кўзда тутилган.

2. Берилган функция $Y = (X_1 + Y)X_2$ бўлса, уни бошқарув схемасида қушилувчи аргументлар $(X_1 + Y)$ «ёки» элементининг бўлишини, йиғинди $(X_1 + Y)$ нинг аргумент X_2 га кўпайтмаси «ва» ҳамда «йўқ» элементлари бўлишини талаб қилади (116-расм). Бу функция кўпинча «хотира» функцияси, бундай тузилган мантикий элемент эса «хотира оператори» деб аталади, чунки бунда контакт X томонидан берилган сигнал сақланиб қолади. Бундай сигналнинг сақланиб қолиши реле P дан сигнал Y ўтганда Унинг блок-контакти Y контакт X_1 занжирини блоклаб сақлаб қолиши туфайли содир бўлади. Хотира сигналининг ўчириш учун $\bar{X}_2$ га сигнал бериб уни узиш керак.



115-расм. Мантикий функция схемалари:

а — мантикий элементларда; б — реле контактли элементларда.



116-расм. «Хотира» функциясининг схемалари:

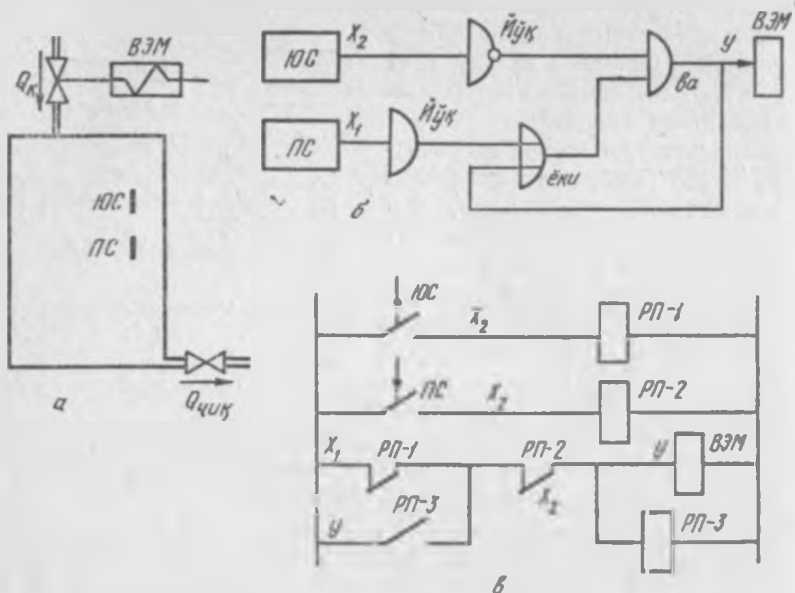
а — мантикий элементларда б — реле контактли элементларда.

4-§. Стандарт элементлардан тузилган мантикий бошқариш схемалари

Ишлаб чиқаришнинг ҳамма соҳаларида суюқлик ва сочилувчи моддалар сатҳи баландлигини сақлаш процессларини автоматик бошқариш системалари жуда кенг қўлланади. Масалан, сув босими минорасида, танда ипини охорлаш қурилмасида, буғ қозонларида, пахта бункерлари ва бошқаларда.

Шундай объектларнинг бирида (117-расм) суюқлик сатҳининг баландлиги берилган юқориги ва пастки чегаралар орасида бошқарилади; юқориги чегарани датчик ЮД пастки чегарани эса датчик ПД контрол қилади. Процессни қуйидагича шарт-шаронтда бошқариш талаб қилинади.

Суюқлик сатҳи баландлиги ПД датчикдан пастда бўлса, электромагнит вентиль ВЭМ очик бўлади, резервуарга суюқлик тушади (1-ҳолат). Суюқлик сатҳи баландлиги ПД сатҳидан юқори бўлса ҳам вентиль ВЭМ очик бўлади (2-ҳолат). Суюқлик сатҳи баландлиги дат-



117-расм. Суюқлик баландлигини (ростлаш) бошқариш системасининг схемалари:

а — бошқариш объекти; б — системанинг стандарт элементли схемаси; в — системанинг реле контактли схемаси.

чик ЮС билан тенглашганда вентиль ВЭМ ёпилади, резервуарга суюқлик тушмайди (3- ҳолат). Энди суюқлик тушиши йўқ (0) бўлгани сабабли суюқлик сатҳи ЮС сатҳидан пасаяди, бунда вентиль ёпиқлигича қолади (4- ҳолат). Резервуардаги суюқлик камаё бориб ПС сатҳидан ҳам пасайса, вентиль ВЭМ очилади (1- ҳолат). Резервуарга суюқлик туша бошлайди. Бошқариш процесси шу тарзда давом этиши керак. Бунинг учун:

1. Бошқариладиган процесснинг шарт-шароитига мувофиқ бошқариш системасининг ҳолатлар жадвали тузилади;

2. Бошқариш системасидан кирувчи сигнал иккита (ПС ва ЮС) бўлишини ҳисобга олиб чиқувчи сигналлар сони аниқланади:

$$Y = 2n_k = 2^2 = 4;$$

3. 9- ж а д в а л. Процесснинг ҳолатлар жадвали тузилади.

№	ПС X_1	ЮС X_2	ВЭМ Y	
1	0	0	1	Суюқлик сатҳи ПС дан пастда, вентиль очилади
2	1	0	1	Вентиль ёпилмаслиги керак.
3	1	1	0	Суюқлик сатҳи ЮС га етганда вентиль бекилади
4	1	0	0	Суюқлик сатҳи ПС га етгунча вентиль ёпиқ бўлади

4. 9- жадвалга мувофиқ 1- ва 2- ҳолатлар учун иккита мантиқий функция тузиш мумкин.

$$\begin{aligned} Y &= (\bar{X}_1 + Y)\bar{X}_2 \\ Y &= (\bar{X}_2 + Y)X_1 \end{aligned} \quad (137)$$

Биринчи функция ҳолатлар жадвалининг ҳамма уч қатори талабига жавоб беради. Иккинчи функция эса фақат 1 ва 3- қатор талабига жавоб беради. Шу сабабли мантиқий бошқариш (оператор) схемаларини тузиш учун биринчи функция

$$Y = (\bar{X}_1 + Y)\bar{X}_2 \quad (138)$$

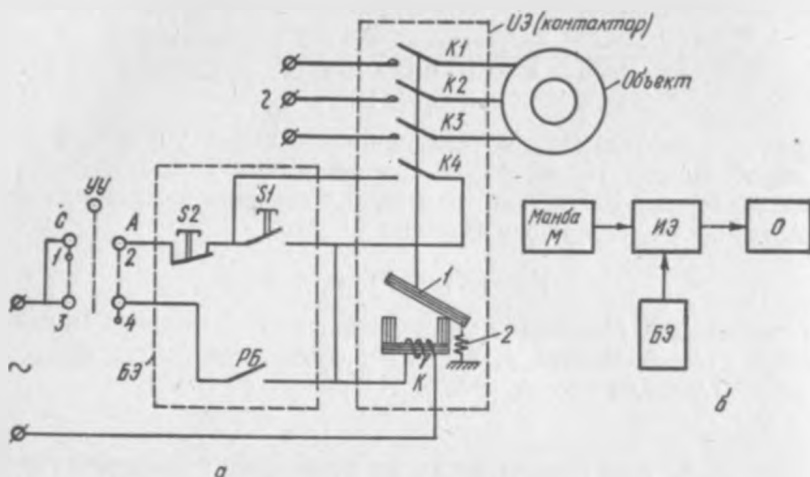
қабул қилинади. Мантиқий функциянинг структурасига мувофиқ бошқариш схемаси иккита «йўқ», битта «ёки» ҳамда битта «ва» стандарт элементларидан иборат бўлади (117- расм, б, в).

IX БОБ. ЭЛЕКТР ЮРИТМАЛАРНИ БОШҚАРИШ СХЕМАЛАРИ

1- §. Бошқариш схемаларининг тузилиши

Технологик процесс давомида меҳнат предметиға ишлов бериш операцияларини бажариш учун энергия ва ҳаракат манбаи сифатида электр, пневматик ва гидравлик юритмалардан фойдаланилади. Тўқимачилик саноатида электр юритмалар ва, айниқса, асинхрон электр юритмалар кенг қўлланади. Бундай юритма — электр двигатели, технологик машина, ҳаракат узатувчи механизм (турли хил муфта ва редукторлар) ва бошқариш системасидан иборат бўлади.

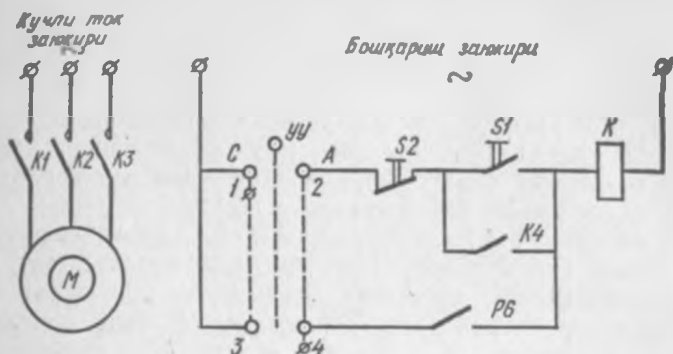
Технологик машиналар юритмасини бошқариш схемасини тузишда технологик машина ва унга ҳаракат узатувчи муфталар кўрсатилмайди. Бошқариш системаларини лойиҳалаш ва қуриш учун асосан бошқариш системасининг принципиал схемасидан фойдаланилади. Чунки бу схема электр энергиясини қабул қилувчи электр двигателни электр ўтказувчи симлар ва турли хил коммутация ва ҳимоя аппаратлари орқали энергия манбаи билан боғлаш йўллари ва бошқариш системасининг ишлаш принципини кўрсатиб турадиган схемадир. Принципиал схема икки хил — йиғиқ ва ёйиқ ҳолда тасвирланади. Йиғиқ кўринишда тузилган схемаларда ҳар бир элемент: контактор, магнитли ишга туширгич, бошқариш кнопкалари, реле ва бошқа бошқарув аппаратлари функционал элемент сифатида ўз тузилишига мувофиқ, йиғилган ҳолда алоҳида-алоҳида кўрсатилади (118- расм). Бунда ҳар бир функционал элементнинг тузилиши ва ишлаш принципи схемада алоҳида кўриниб туради. Йиғиқ кўринишдаги принципиал схеманинг камчилиги шундаки, у орқали мураккаб системаларни тасвирлаш мумкин бўлмай қолади. Чизиқларнинг кесишуви кўпайиб кетиши сабабли схемани ўқиш қийинлашади. Асинхрон двигателни бошқаришнинг йиғиқ схемаси 118- расмда кўрсатилган. Схема бўйича электр двигатель (объект) ижрочи элемент ИЭ (контактор) контактлари К1, К2, К3 орқали электр энергия манбаи М га уланади. Шунда объект ишга тушади. Юритмани ишдан тўхтатиш учун



118- расм. Асинхрон юритмани бошқариш схемалари:

а — принципал йирик схемаси; б — функционал схемаси; м — энергия манбаи, ИЭ — ижрочи элемент (контактор); БЭ — бошқарувчи элемент, О — объект (юритма); РБ — бошқарувчи реле контакти, УУ — универсал узиб-улагич.

контактор контактлари узилиши керак. Юритмани бу тарзда бошқариш функциясини бошқарувчи элемент БЭ бажаради. Бошқариш системасидаги алоҳида функционал элементларнинг бундай ўзаро боғланиши (бир-бирига таъсири)ни кўрсатувчи функционал схема 118-расм, б да кўрсатилган. Бунда асинхрон двигатель занжири энергия манбаи М га уланади. Бу занжирнинг қуввати двигатель қувватига мувофиқ бўлади ва кучли электр занжири деб аталади. Бошқариш занжирининг қуввати эса жуда кичик миқдор 50 ваттгача бўлиши мумкин. Схемада ижрочи элемент ИЭ (контактор), бошқарувчи элемент БЭ ва универсал узиб-улагич УУ алоҳида йиғилган кўринишда тасвирланган. Уларнинг ишлаш принципларини схема орқали тула ўқиш мумкин. Масалан, контактор электромагнит чулғамидан ток ўтганда пўлат ўзакларда ҳосил бўлган электромагнит кучи пружина 2 кучини енгиб, қўзғалувчи пўлат ўзак 1 ни қўзғалмас пўлат ўзакка тортади. Шунда пўлат ўзак 1 билан механик боғланган контактлар ула-ниб двигатель ишга тушади. Унинг ишдан тўхташи учун контактор электромагнит чулғами занжири узилиб, ундан ток ўтмаслиги, пружина 2 пўлат ўзак 1 ни тортиб, контактлар К1, К2 ва К3 ни узиши лозим. Контактор электромагнит чулғамидан ўтадиган токни бошқарувчи элемент БЭ бошқаради. Бошқарувчи элемент двигателнинг икки режимда: 1) одам иштироки билан, 2) одам иштирокисиз автоматик режимларда ишлашини кўзда тутди. Двигателни одам иштирокида бошқариш учун бошқариш кнопкалари: юргизиш — S1, тўхтатиш — S2 дан фойдаланилади. Двигателнинг автоматик режимда (одам иштирокисиз) ишлашини бошқарувчи реле РБ, команда аппаратлари ва бошқалар таъминлайди. Бу икки режимда ишлашни амалга ошириш учун алоҳида универсал узиб-улагич «УУ» коммутация аппаратидан фойдаланилади. Электр юритмани ремонт қилиш ва созлаш режимида



119- расм. Асинхрон двигателни бошқаришнинг принципиал схемаси.

ишлашини таъминлаш учун узиб-улагични созлаш — С контактлари 1, 2 улаб қўйилади, шунда контакт 3, 4 узилган бўлади. Автоматик режимда ишлашини таъминлаш учун эса узиб-улагични автоматик (А) контактлари 3, 4 улаб қўйилади. Контактлар 1, 2 узилган бўлади.

Ёйиқ принципиал схемаларда бошқариш системасининг функционал элементлари ўзаро боғланмаган ва схеманинг энг қулай жойларида кўрсатилиши мумкин. Шунда схема анча соддалашади (119- расм), контактор электромагнит чулғами схемани бошқариш занжирида, унинг контактлари $K1, K2, K3$ эса кучли нагрузка занжирида жойлашган бўлиб, улар орасидаги механик боғланишлар кўрсатилмайди. Ёйиқ принципиал схемаларда релели бошқариш аппаратларининг электромагнит чулғами ўзгармас ток занжирига уланган, контактлари эса ўзгарувчан ток занжирида бўлиши ҳам мумкин.

Принципиал схемалар ГОСТ 2.702—75 ҳамда ГОСТ 2.710—75 талабларига мувофиқ тузилади. Схема тузишда масштабга амал қилинмайди, лекин схема элементлари шартли белгиларининг ЕСКД (единая система конструкторской документации) да кўрсатилган ўлчамлари ҳисобга олинади. Бу ўлчамлар схемада n марта катта ёки кичик бўлиши мумкин. Амалда кўпинча $2 > n > 0,5$ бўлади; шартли белгилар ўша аппаратдан ток ўтмаган ёки унга ҳеч қандай ташқи таъсир бўлмаган ҳолатни тасвирлайди ва бу ҳолатни шартли равишда «нормал» ҳолат дейилади. Схемада чизиқларнинг кесишиши ва синиши энг кам бўлиши талаб қилинади. Схема элементининг ҳарфий белгиси унинг шартли белгиси устига ёки ундан ўнроқ томонга ёзилади. Агар ҳарф сонли индекс билан ёзиладиган бўлса, у сон ҳарфнинг ўнг томонига ёзилади ва ҳоказо.

2- §. Бошқариш системаларининг иш режимлари

Ҳозирги замон ишлаб чиқариш процессларида технологик машина ва механизмлар, агрегатлар ва поток линияларининг икки хил режимда ишлаши ва бошқарилиши кўзда тутилади; автоматик бошқариладиган режимда бошқариш функциясини техник воситалар — ре-

ле, команда аппаратлари; оператор томонидан бошқариладиган режимда эса технологик машиналарни бошқаришни одам оператор бажаради.

Ишлаб чиқариш процессларини автоматик бошқариш ҳозирги замон ишлаб чиқаришидаги асосий иш режими ҳисобланади.

Технологик машиналарнинг оптимал режимда ишлашини таъминлаш, созлаш ва ремонт қилиш оператор томонидан бажарилади. Бу режим «созлаш режими» деб аталади.

Бундай икки хил режимда бошқариладиган электр юритмаларнинг принципиал схемаси 118—119-расмларда кўрсатилган.

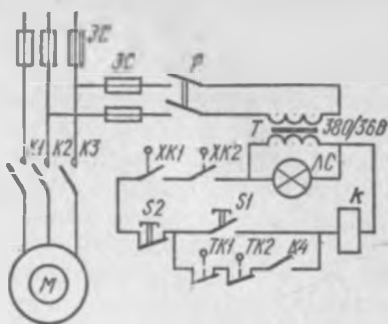
Агар асинхрон юритма автоматик режимда ишлаши керак бўлса, бошқариш схемасидаги универсал узиб-улагич УУ нинг контактлари 3, 4 уланган, контактлар 1—2 узилган бўлади. Шунда бошқарувчи реле ўзининг контакти РБ ни уласа, контакторнинг электромагнит чулғамидан ток ўтади, унда ҳосил бўлган электромагнит кучи пружина ПР кучини енгиб, қўзғалувчи пўлат ўзак 1 ни қўзғалмас пўлат ўзакка тортади ва контактор контактлари К1, К2, К3 ва К4 ни улайди. Электр юритма электр тармоғига уланади ва ишга тушади. Бошқарувчи реленинг контакти РБ узилганда эса контакторнинг электромагнит чулғами К да ток бўлмайди. Пружина кучи қўзғалувчи пўлат ўзак 1 ни тортиб, контактлар К1, К2, К3 ва К4 ни узади, юритма ишдан тўхтайди. Бу ерда бошқарувчи реле РБ контакти деганда технологик машина ва механизмларни берилган программага мувофиқ бошқариш учун хизмат қиладиган команда аппарати ёки релели сигнал тарқаткичлар (4-§, II бўлим) контактлари кўзда тутилади.

Электр юритма оператор томонидан бошқарилса, универсал узиб-улагич УУ нинг контактлари 1, 2 улашиб, контактлар 3—4 узилган бўлади. Юритмани ишга тушириш учун бошқариш постидаги юритиш кнопкаси «S1» қўл билан босилади. Шунда контакторнинг электромагнит чулғами К дан ток ўтади. Электромагнит кучи пружина ПР кучини енгиб қўзғалувчи пўлат ўзак ва у билан механик боғланган контактлар К1, К2, К3 ва К4 ни улаб юритмани ишга туширади. Юритмани тўхтатиш учун оператор энди тўхтатиш кнопкаси «S2» ни босади. Шунда электромагнит чулғамидан ток ўтмайди. Пружина ПР кучи таъсирида контактлар К1, К2, К3 ва К4 узилиб, юритма ишдан тўхтайди.

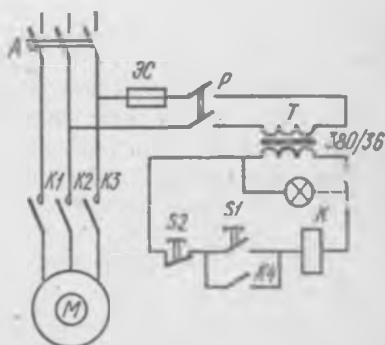
3-§. Асинхрон юритмани бошқариш схемасидаги ҳимоя элементлари

Эрувчан сақлагич (ЭС) электр юритмани бошқариш системасини ва тармоқ электр занжирини қисқа тутатиш токидан сақлаш учун хизмат қилади. Эрувчан сақлагич энергия қабул қилувчи юритма занжири ва уни бошқарувчи занжирларни тармоққа улаш жойларига ўрнатилади (120-расм). Бошқариш системасининг элементлари электр юритма, контактор, реле ва бошқа аппаратлар занжирида қисқа тутатиш ҳодисаси юз берганда ЭС сими эриб узилади ва бошқариш системасини электр манбаидан ажратади. Тармоқ занжири ва бошқа занжирлардан катта миқдордаги ток ўтишидан ва унинг ёмон оқибатларидан системани сақлаб қолади.

Иссиқлик релеси — РИ. Электр юритмалар нагрукасининг берилган номинал қийматдан бир оз бўлса ҳам ошиши, яъни уларнинг ўта нагрукаланиши электр двигателнинг ишлаш муддатини қисқартирадиган асосий сабаблардан ҳисобланади. Ўта нагрукаланиш токи $Q = 0,24 I^2 R$ миқдорида иссиқликка айланади. Бу иссиқлик таъсирида двигател фаза чулғамларининг изоляциялари аста-секин қурий бошлайди ва у тез ишдан чиқади. Иссиқлик релеси двигателни ана шундай ўта нагрукадан сақлайди (122-расм). Маълум миқдордаги ўта нагрузка юз бериши билан реле двигателни электр тармоғидан узади. Иссиқлик релеси двигателнинг икки фазасига ўрнатилади. Уларнинг (РИ1 ва РИ2) қайси бирида ўта нагрузка юз берса, бошқариш занжиридаги контактлардан бири узилади. Магнитли ишга туширгичнинг электромагнит чулғамидан ток ўтмайди. Унинг К1, К2, К3 ва К4 контактлари узилиб, двигател ишдан тўхтайди. Ўта нагруканинг сабабини оператор аниқлайди ва РИнинг узилган контактини тегишли кнопокани босиб улаб қўйгандан кейингина, бошқариш занжиридаги юргизиш кнопки «S1» ни босиб двигателни ишга тушириш мумкин. Иссиқлик релесининг тузилиши ва ишлаш принципи V бобдаги 2- § да баён қилинган.



120- расм.

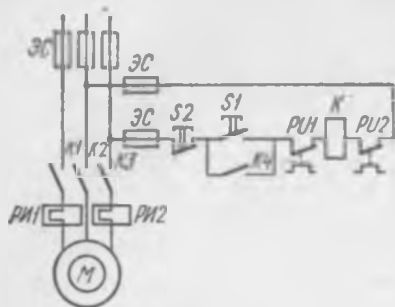


121- расм.

Автоматик узгич максимал ток релеси ҳамда иссиқлик релеси билан жиҳозланган аппарат бўлгани учун у иккита ҳимоя аппарати эрувчан сақлагич ва иссиқлик релеси функциясини тўла бажаради. Двигател занжирида ўта нагрукаланиш ёки бошқариш системасида қисқа туташув юз берса, юритмани электр манбаига улайдиган автоматик узгич А нинг контактлари узилиб, юритма ишдан тўхтайди (121- расм). Автоматик узгич контактларининг узилиш сабаблари аниқлангандан кейин оператор томонидан қайта уланади.

Схемани бошқариш занжиридаги пасайтирувчи трансформатор Т хавфсизлик техникаси талабларига мувофиқ бошқариш занжирида 12 В, 24 В ёки 36 В кучланиш ҳосил қилишга ёрдам беради. 36 В кучланиш одамнинг электр токидан шикастланиш хавфи кам бўлган бинолардаги иш жойлари учун, 12 В эса одамнинг шикастланиш хавфи кўпроқ иш жойлари учун белгиланган (121- расм).

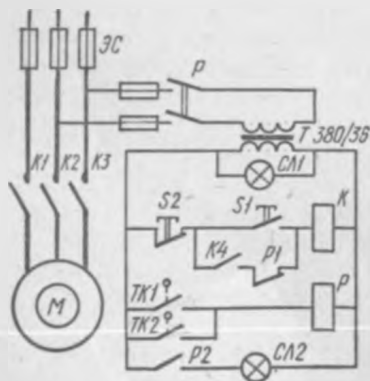
Бошқариш занжирида кучланиш бор-йўқлигини сигнал лампаси ЛС кўрсатиб туради. Бошқариш занжиридаги рубильник Р ремонт



иш камералари каби ихота қурилмаларига ўрнатилади. Машинани ишга туширишдан олдин бундай ихота қурилмалари нормал хавфсиз ҳолатга келтирилиши, яъни машина ғилофи, қопқоғи, иш камералари беркитилган бўлиши керак. Шундагина технологик машинани бошқариш схемаси (120-расм) ёрдамида ишга тушириш мумкин. Схе- мада хавфсизлик контактлари (ХК) тўхтатиш кнопоксига S2 билан кетма-кет уланган, уларнинг сони ихота қурилмалари сонига қараб бир нечта бўлиши мумкин, хавфсизлик контактлари схемада очиқ ҳолатда кўрсатилади. Ихота қурилмалари беркитилгандагина, бу контактлар уланган бўлади. Ихота қурилмаларидан биронтаси ёпил- маган бўлса, машинани ишга тушириб бўлмайди.

Технологик контактлар (ТК) технологик процесс бузилганда технологик машинани тўхтатиш учун қўлланади. Технологик процесснинг бузилиши, мисол учун туқув станогида ўриш (танда) ипининг узилиши, тароқ ва лента машиналарида лентанинг узилиши ва шу каби ҳолларда юз беради. Бундай ҳолларда технологик машина тез тўхтатилмаса, материалнинг исроф ва брак бўлишига, иқтисодий зарарга йўл қўйилади.

Бошқариш схемасида технологик контактлар икки хил: 1) юритиш кнопокси «S/» га параллел ва ўзаро кетма-кет (120-расм); 2) алоҳида бошқариш релесининг электромагнит чулғами *P* занжирида ўзаро параллел (123-расм) уланади.



ишлари ўтказилаётганда бошқариш
занжирини узиб қўйиш учун хиз-
мат қилади.

Бoшқариш занжирида технологик контактлар ва хавфсизлик контактлари бўлса, пасайтирувчи трансформатор булиши мажбурийдир. Чунки одам иш процессида бу контактларга тегади. Трансформатор T эса одамнинг хавфсиз шароитда ишлашини таъминлайди.

Хаёфсизлик контактлари (ХК), технологик машиналар филофи, қопқоғи,

Технологик контактлар ТК юри-тиш кнопкаси $S1$ га параллел улан-ганда нормал ёпиқ бўлади (120-расм). Бу контактлардан бирортаси, маса-лан, танда ипи узилиши билан боғ-лиқ равишда узилса, контакторнинг электромагнит чулғамидан ток ўтмай-ди, натижада $K1$, $K2$, $K3$ ва $K4$ кон-тактлар узилиб, юритма ишдан тўх-тайди. Технологик контактларнинг бундай ўзаро кетма-кет уланиши «ёки» мантиқий операциясини бажа-ради, яъни технологик контактлардан

бири узилса, технологик машинани тўхтатувчи сигнал ҳосил бўлади.

Технологик контактлар алоҳида реленинг электромагнит чулғами занжирига уланганда уларнинг контактлари нормал очиқ ҳолатда бўлади (123- расм). Масалан, машина нормал ишлаб турганда лента технологик контакт билан механик боғланган бўлиб, уни кутариб туради. Лента узилганда технологик контактлар уланади. Кўп сонли технологик контактлардан бирортаси ундаги лента ёки танда иппи узилиши билан уланадиган бўлса, бошқарувчи реле *P* нинг электромагнит чулғамидан ток ўтади. Шунда унинг контактлари *P1* узилади ва *P2* уланади (123- расм). Контакт *P1* нинг узилиши контакторнинг электромагнит чулғами *K* ни токсизлантиради, натижада унинг *K1*, *K2*, *K3* ва *K4* контактлари узилиб, технологик машина ишдан тўхтади. Реленинг *P2* контакти уланиши билан машинадаги сигнал лампа *СЛ2* ёниб, технологик процесс тўхтагани тўғрисида операторни хабардор қилади. Бу схемада ҳам технологик контактлар мантиқий операция «ёки» га мувофиқ ишлайди.

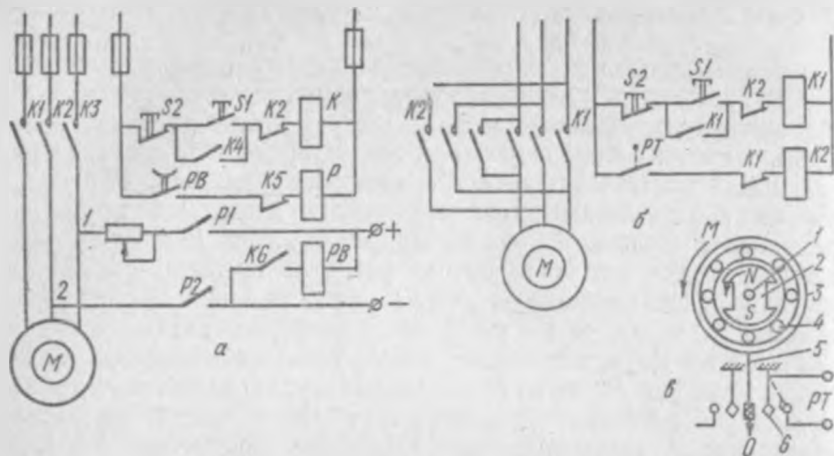
Хавфсизлик ва технологик контактлардан технологик процессни автоматик тўхтатиш учун фойдаланилганда бошқариш схемаси занжиридаги кучланиш хавфсизлик техникаси талабларига мувофиқ бўлиши ва 36 вольтдан ошмаслиги талаб қилинади. Шу сабабли бундай бошқариш схемаларида пасайтирувчи трансформаторлардан фойдаланиш кўзда тутилади.

4- §. Асинхрон юритмаларни тормозлаб тўхтатиш

Электр двигателлар электр тармоғидан узилганда дарров тўхтамайди, агрегат инерцияси туфайли бирмунча вақт айланиб туради. Натижада агрегатларнинг ишламайдиган вақти кўпайиб, агрегат самарадорлиги пасаяди. Бундан ташқари, бир қатор технологик машиналар (масалан, танда машинаси, қуритиш машиналари ва бошқалар) борки, уларнинг ўз инерцияси билан тўхташига йўл қўйиб бўлмайди, чунки бу материалнинг сифатига таъсир қилади, брак материал миқдорини кўпайтириб юборади. Шу сабабли ҳозирги вақтда технологик машиналарни тез тўхтатиш учун механик усуллар — фрикцион тормоз, тормозловчи электромагнит, тормозловчи муфталар билан бирга электр усуллар — электр юритмаларни динамик тормозлаш ва тескари улаш билан тормозлашдан кенг фойдаланилади.

Асинхрон двигателни динамик тормозлаш (124- а расм). Электр юритма нормал ишлаётганда вақт релеси (*PВ*) чулғамидан ток ўтиб туради. Контакт *K5* узилганда реле *P* чулғамидан ток ўтмайди, унинг *P1* ва *P2* контактлари очиқ бўлади.

Бирор технологик носозлик туфайли юритма ёки двигателнинг тўхтатиш кнопки *S2* босилганда контакторнинг электромагнит чулғами *K* дан ток ўтмайди, контактор контактлари *K1*, *K2*, *K3*, *K4* ва *K6* узилади, контакт *K5* эса уланади, натижада реле *P* нинг, электромагнит чулғамидан ток ўтиб, унинг *P1* ва *P2* контактлари уланади. Шунда ўзгармас ток манбаидан двигателнинг статор фаза чулғамларига ўзгармас ток ўтиб, унда ҳосил бўлган магнит майдон ротор чул-



124- расм. Асинхрон двигателни тормозлаб тўхтатиш схемалари:

а — динамик тормозлаш схемаси, б — тескари улаш йўли билан тўхтатиш схемаси, в — РКС типидagi индуктив тезлик контроли релесининг тузилиши.

ғамида индукцион ток ва тормозловчи момент ҳосил қилади. Бу момент роторни айланишдан тезда тўхтатади. Бунинг учун вақт релесининг кечикиш вақти роторнинг тормозланиш вақтига олдиндан тенглаштириб қўйилади. Ротор айланишдан тўхташи билан вақт релесининг контакти *PB* узилади. Вақт релеси ротор айланишдан тўхташи билан ўзгармас ток занжирини узиб қўйиш вазифасини бажаради.

Асинхрон двигателни тескари улаш билан тормозлаш. Асинхрон двигатель фазаларини қисқа муддатга тескари айланиш томонига улаш реверсивлаш йўли билан амалга оширилади. Бунинг учун реверсив — контакторлардан фойдаланилади (124- расм, б). Контакттор *K1* двигателнинг нормал иш режимини бошқариш учун хизмат қилса, контактор *K2* уни тезда тормозлаб тўхтатиш учун хизмат қилади.

Двигатель нормал ишлаб турганда контактор *K2* нинг электромагнит чулғамидан ток ўтмайди, чунки унинг занжиридаги контактор *K1* нинг блок контакти узилган бўлади. Двигатель нормал йўналишда айланиб турган ҳолатда тезлик контроли релесининг контакти *PT* ричаг 5 таъсирида уланган бўлади. Бирор сабабга кўра ёки тўхтатиш кнопокasi *S2* босилиб, контактор *K1* нинг электромагнит чулғами токсизланса, контактор *K1* нинг контактлари узилади, двигателга электр энергияси келмайди. Лекин контактор *K1* нинг контактор *K2* электромагнит чулғами занжиридаги контакти *K1* га уланиши билан тезлик контроли релесининг контакти *PT* уланган бўлгани учун *K2* чулғамидан ток ўтади. Контакттор *K2* двигатель фазаларини алмашлаб улаб, роторнинг валида уни тескари томонга айлантирадиган кучли момент ҳосил қилади. Тормозловчи момент инерция моментидан катта бўлгани учун двигателнинг айланиш тезлиги кескин нолга яқинлашади. Шунда двигатель тескари томонга айланиб кетмаслиги учун, контактор *K2* электромагнит чулғамини токсизлантиради. Бу вазифани тезлик контроли релеси (124- расм, в) бажаради. Тезлик релеси рото-

рининг айланиш тезлиги нолга яқинлашиши билан унинг статор чулғамда ҳосил бўладиган индукцион ток ва момент ҳам нолга интилади. Шунда рычаг 5 контакт 6 ни итармайди, реленинг контакти PT узилган, контактор $K2$ чулғамни токсизланган бўлади.

Тезлик контроли релеси (124 - расм, в). Ўзгармас магнит 2 нинг валиги 1 асинхрон двигатель валига механик боғланган бўлади. Валик 1 га алоҳида подшипникда қисқа туташтирилган чулғам 4 цилиндр 3 ҳам ўрнатилган. Двигатель айланда у билан бирга реле ни ўзгармас магнитли ротори 2 ҳам айланади ва цилиндр 3 чулғамларида индукцион ток ва момент ҳосил қилади. Бу моментнинг йуналиши реле роторининг айланиши томон йўналган бўлади (расмда стрелкалар билан кўрсатилган). Шунда ҳосил бўлган индукцион момент M йуналишида рычаг 5 сурилиб реле PT нинг контактини улаб туради. Электр двигателнинг айланиш тезлиги ва унинг валига механик боғланган реле роторининг айланиш тезлиги нолга тенг бўлганда цилиндри айлантирувчи индукцион момент M ҳам нолга тенг бўлади. Рычаг 5 ҳам ноль ҳолатга қайтади, аввал уланиб турган контакт 6 энди узилади.

Х 6 0 6. МАРКАЗЛАШТИРИЛГАН КОНТРОЛ ВА БОШҚАРИШНИНГ АВТОМАТЛАШТИРИЛГАН СИСТЕМАЛАРИ

1- §. Марказлаштирилган контрол ҳақида.

Ишлаб чиқариш процессларини комплекс автоматлаштириш куп сонли технологик параметрларни ўлчаш ва улар тўғрисидаги информацияларга катта тезликларда ишлов бериш, ростлаш ва бошқариш функциялари марказлаштирилган контрол ва бошқариш машиналарида бажарилади.

Бундай комплекс автоматлаштиришни ишлаб чиқаришга жорий қилиш учун энди оддий техник контрол-ўлчов асбоблари диспетчер пунктини тўлдириб турмайди. Улардан олинadиган информацияларга ишлов берувчи операторлар сони ҳам кескин равишда қисқарган ва уларнинг ўрнини марказлаштирилган техник контрол ва бошқариш машиналари эгаллайди. Техник контрол машиналари қуйидаги асосий функцияларни бажаради: технологик параметрлар тўғрисида маълумот бериш, уларнинг ўзгаришини сезиб, берилган қийматига (X_0) нисбатан ўзгаришини (четга чиқишини) оператив контрол қилиш, технологик процессларни бошқариш (юргизиб юбориш ёки тўхтатиш), ҳимоя қўрилмаларини бошқариш (уларга команда бериш); ташкилий-иқтисодий характерга эга бўлган ҳисобот информацияларини маълум вақт оралиқлари учун тайёрлаш ва бошқалар.

Техник контрол системалари ўзининг бажарадиган функцияларига кўра ишлаб чиқариш процессларини бошқаришнинг автоматлаштирилган системаларининг энг зарурий ташкилий қисми ҳисобланади.

Техник контролнинг пассив ва актив формалари мавжуд. Унинг пассив формасида маҳсулот параметрларининг яроқли ва яроқсиз-

лиги, технологик режимнинг норматив ҳужжатлар кўрсатмаларига мослиги, технологик процесснинг бошқарилиши тўғри ёки нотўғрилиги аниқланади. Техник контролнинг актив формасида эса технологик процесс тўғри ёки нотўғри бораётгани аниқланибгина қолмай, контрол-ўлчов натижалари асосида технологик ускуналарнинг иши ва технологик процесснинг боришини коррекциялаш (тўғрилаш) йўли билан уларнинг норматив ҳужжатлар талабига нисбатан четга чиқишини келтириб чиқарадиган сабабларни бартараф қилиш функцияси ҳам бажарилади. Бунга узлуксиз контрол ва ростлаш системалари мисол бўлиши мумкин.

Контрол системалари ичида сифатни контрол қилиш энг биринчи ўринда туради. Сифатни контрол қилишни амалга ошириш учун технологик процессга кирувчи хом ашё, материаллар, комплектловчи деталлар ва бошқалар контрол қилинади. Технологик процесс давомида огоҳлантирувчи контрол ва технологик процесс охирида чиқувчи маҳсулот сифатини контрол қилиш кўзда тутилади. Баъзан меҳнат предметиға ишлов бериш операциялари оралиғида ҳам сифат контроли ўтказилади.

Сифат параметрларини контрол қилиш, кўпинча, материалларнинг кичик бир танлаб олинган намунаси бўйича ёки материалнинг тўла ҳажми бўйича ўтказилади. Сифатни контрол қилишнинг бу хилдаги статик методи анча юқори аниқликларга эга. Чунки материалдан олинган бир нечта намуна бир хил шароитда текширилади ва ўртача битта хулоса чиқарилади. Бу хулоса материалнинг умумий ҳажми бўйича параметри деб қабул қилинади.

Марказлаштирилган контрол системасининг самарадорлиги унинг структураси ва ундаги қабул қилинган воситалар комплекси бўйича аниқланади.

Марказлаштирилган контрол системасини ташкил қилувчи техник воситалар комплекси уларнинг вазифасига қараб қуйидаги турларга бўлинади: объект билан боғловчи ва информациялар йиғувчи техник воситалар, информацияларни узатувчи оператор билан боғловчи, информациялар тасвирини кўрсатувчи, информацияларни йиғувчи ҳамда сақловчи техник воситалар ва бошқалар.

Марказлаштирилган контрол бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (БАС) нинг пастки, ёрдамчи системаси вазифасини бажаради. Бошқаришнинг бундай ёрдамчи системалари номенклатураси автоматика ва ўлчов асбоблари давлат системасига мувофиқ қабул қилинади. Бундай ёрдамчи системалар комплекти информацияларни автоматик йиғиш, уларга ҳисоблаш машиналарида ишлов бериш йўли билан бир нормага келтирилган (унификацияланган) сигналга айлантириш имконини беради.

Ҳисоблаш техникаси воситаларини информацияни дискрет формада берадиган датчикларга мослаш анча қулайлиги учун датчиклардан олиннадиган узлуксиз характердаги информацияларни ҳам дискрет (рақамли) информацияга айлантирилади. Бундай дискрет информацияларни контрол системасига киритиш учун перфоленталар, перфокарталар, нормаллаштирилган бланкалардан фойдаланилади. Графикларда бериладиган информацияларни системага киритиш учун эса

соблаш блоки 7 да ишлов берилгандан сўнг таъсир кўрсатиши мумкин. Агар блок 9 да технологик параметрларнинг берилган қийматига нисбатан четга чиқиши вужудга келса, у блок 8 га таъсир қилади ва унда юз берган хатонинг миқдори ёзилиб қолади. Шу билан бирга блок 9 дан чиқувчи хато тўғрисидаги информация узиб-улагич 12 орқали сигнализация блоки 13 га узатилади ва бу тўғрида операторни огоҳлантиради. Бундан ташқари технологик параметрнинг четга чиқиши тўғрисидаги сигнал канал III орқали бошқариш, ростлаш, блокировка ва авариялардан ҳимоя қилиш қурилмаларининг ижрочи органларига таъсир қилади.

Ҳисоблаш қурилмаси 7 да ишлов берилган технологик параметрларнинг четга чиқиши асосида узиб-улагич 11 орқали электрон ҳисоблаш машинаси — бошқарувчи машинага ёки бевосита локал автоматик ростлаш системаларига буйруқ берилади.

Марказлаштирилган контрол машиналарида махсус узлуксиз ёзиб оладиган ёки операторларнинг талабига кўра ёзиб қолдириладиган асбоб 3 ёки технологик параметрнинг қийматини кўрсатувчи асбоб 10 орқали кўриш имкониятларининг бўлиши кўзда тутилган. Бундан ташқари схемада оператор талабига мувофиқ ўлчаш операциясини ўтказадиган блок 6 ҳам бор. Бу блок, операторларнинг хоҳишига кўра, ўлчаниши лозим бўлган сигналнинг рақамли шкаласига эга бўлган кўрсатувчи асбоб 10 га улаш учун мўлжалланган.

Ҳамма блокларнинг ишлаш программаси программалаш узели 2 дан берилади. Операциялар танлашни бошқариш ва уларнинг ўтишига тегишли таъсир кўрсатувчи алоҳида операцияларнинг маълум кетма-кетликда ўтишини таъминлашни ҳам блок 2 бажаради. Бундан ташқари блок 2 машинанинг асосий блоклари ва сигнал узатиш каналлари ишга яроқлилигини автоматик текшириб туриш вазифасини, функционал блокларнинг ишлашидаги кетма-кетликни таъминлашни ҳам блок 2 бажаради. Бунинг учун ундаги тескари боғланиш занжири (а ва в) тегишли блокларда ўтадиган операцияларнинг тугаши тўғрисида блок 2 га тескари сигнал келтиргандан кейингина бошқа операцияларнинг бошланишига команда бериш имкони туғилади.

2- §. Технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (ТПБАС) тўғрисида тушунча

Бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (БАС) структурасига мувофиқ ишлаб чиқариш процессларида ҳар бир пастки ишлаб чиқариш поғонаси ўздан юқориги поғонадаги ишлаб чиқариш процессларининг талабларини қондириши ва уларга бўйсунishi керак. Системанинг бундай тузилишини *боиқариш иерархияси* деб аталади.

БАС иерархияси алоҳида автономияга эга бўлган асосий звенолар: агрегат, цех, фабрика (завод), бирлашма, соҳа ва бошқалардан иборатдир.

Иерархиянинг энг пастки поғонаси технологик машиналар ва агрегатларни автоматлаштиришдан иборат бўлиб, бунда автоматлаштириш системалари, технологик машина ва ускуналарнинг меҳнат

предметига таъсир қилиш операцияларини бошқаришда марказлаштирилган контрол ҳамда электрон ҳисоблаш машиналаридан фойдаланилади. Бундай «Одам — машина» дан иборат система технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (ТПБАС) деб аталади.

ТПБАС нинг характерли хусусияти сифатида қуйидагиларни кўрсатиш мумкин; бошқаришнинг бу турида одам маълум шаронтларда бошқариш процессида иштирок этмаслиги ҳам мумкин. Бунинг учун маҳсулот сифатини, агрегатларнинг иш режимларини, ростловчи органнинг туриш ҳолати ва бошқаларни белгилайдиган технологик миқдорлар системани контрол ва бошқариш параметрлари ҳамда объект характеристикалари тўла ўрганилган бўлиши керак. ТПБАС нинг асосий мақсади — ишлаб чиқариш қурилмалари ишини технологик критерий бўйича оптималлашдир. Бир қанча ишлаб чиқариш объектлари группасини бошқаришда улар орасидаги нагрузкаларни оптимал тақсимлаш вазифасини ҳам ТПБАС бажаради.

ТПБАС нинг катта мураккаб система сифатидаги энг асосий хусусияти шуки, у системадаги процессларни энергетик, физик табиатидан қатъи назар абстрактлаштиради, биринчи ўринга бошқаришнинг информацион формасини қўяди. ТПБАС ни кибернетик система деб аташнинг боиси ҳам шунда. Бу системада бошқаришда уч асосий функцияга; 1) процесснинг одам хоҳлаганидек боришини таъминлашга; 2) процесснинг боришини контрол қилишга; 3) процессни олдиндан белгиланган йўналишда боришини таъминлайдиган таъсирларга алоҳида эътибор берилади. Бошқаришнинг бу уч функцияси содда ёки мураккаблигидан қатъи назар ҳамма бошқариш системаларида мавжуд бўлади. ТПБАС мураккаб процессларни ва системаларни бошқаришни ва ундаги бошқариш процесси энергия ёки массанинг ўзгариши асосида эмас, балки информацион сигналлар таъсири билан амалга оширилишини кўзда тутлади. Кибернетик системаларнинг бу турида информацион бошқариш процесси билан оптималлаш процессининг бирлиги таъминланган бўлиши керак. Шундай қилиб, ТПБАС назариясининг асосий масалалари информацион қурилмалар синтези, алоҳида бошқариш элементларини ягона бошқариш комплексига бирлаштириш ва улар орасидаги информацион таъсирлардир.

ТПБАСнинг турли мақсадларда қўлланиши, мураккаблиги ва характеристикасининг ҳар хиллиги сабабли уларни тўлароқ классификациялаш мақсадида кўп поғонали иерарх принципдан фойдаланилган. ТПБАС мураккаблиги қўлланиш доираси ва қўлланилиши бўйича уч хил даражага ажратилади.

ТПБАС мураккабликнинг тўрт турини ўз ичига олади; информациялар мураккаблиги, аппаратлар мураккаблиги, объектлар мураккаблиги ва информациялар мураккаблиги.

Информацион мураккаблик технологик процессни автоматлаштириш даражасини, информацияларга ишлов бериш ва технологик процесс тўғрисидаги информациялардан фойдаланишнинг самарадорлиги билан характерланади.

Аппаратларнинг мураккаблиги технологик процессни бошқариш

параметрларининг сони, яъни объектдаги процесснинг мураккаблиги билан характерланади.

Информациянинг мураккаблиги ўзаро боғлиқ бир хил автоматлаштирилган системалар ёки бир хил поғонадаги бошқариш системаларини бошқаришнинг мураккаблиги билан характерланади. Информацияларнинг қай даражада мураккаблиги ишлаб чиқаришни автоматлаштириш ва комплекс механизациялаштириш билан боғлиқдир.

ТПБАС нинг қўлланиш доираси унинг мукамаллиги, уни технологик процесснинг мураккаб ва махсус турларида қанчалик қўллаш мумкинлиги билан характерланади.

ТПБАС нинг қўлланиши беш классга бўлинади, булар: технологик процессларни лойиҳалаш; асосий технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси; ёрдамчи технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси; сифатни контрол қилишнинг автоматлаштирилган бошқариш системаси (марказлаштирилган контрол системалари); маҳсулотни текшириш — диагностикани бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси.

ТПБАС технологик процессларга салбий таъсир кўрсатадиган турли факторларни ҳисобга олиш, хом ашё, материаллар, энергия, сув ва ҳоказоларни контрол қилиш, уларни вақт бўйича оптимал тақсимлаш (программалаш), процесснинг бориши тўғрисида ўз вақтида операторни огоҳлантириш, пировард натижада ишлаб чиқаришда максимал иқтисодий самарадорликка эришиш имконини беради.

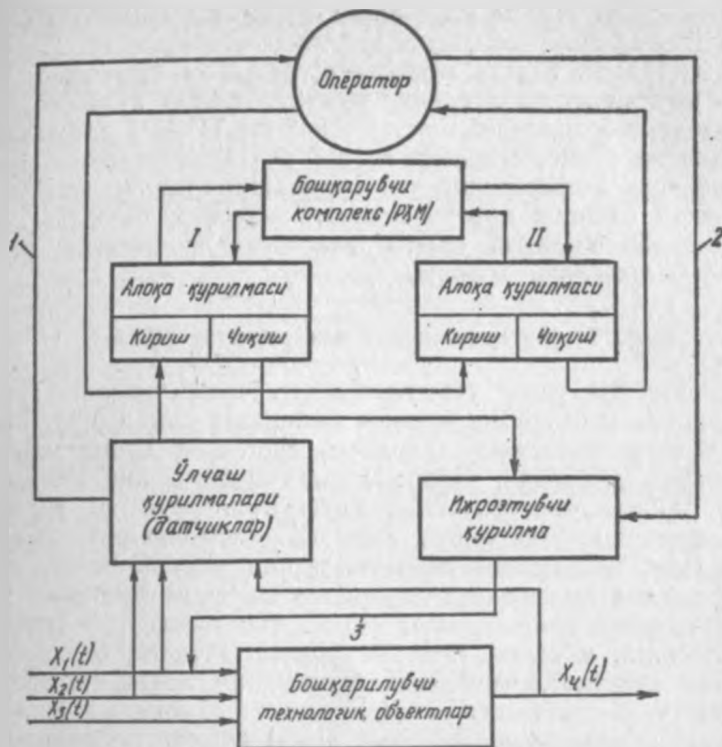
ТПБАС бошқарувчи функциясини икки режимда; «оператор маслаҳатчиси» ва «автоматик бошқариш» режимларида бажаради.

Технологик процесс тўла ўрганилмаган бўлса, бошқарувчи комплекс (РХМ) «оператор маслаҳатчиси» режимда ишлайди. Бу режимда бошқарувчи олинган комплекс информацияларни анализ қилиб, аниқланган ечимини маслаҳат тариқасида операторга таклиф этади. Оператор бу таклифни ҳисобга олган ҳолда ўзининг бошқарув сигналини тайёрлайди ва ижрочи элемент ёрдамида ўз қарорини амалга оширади.

Бошқарилувчи технологик объектни бошқариш процесслари тўла ўрганилиши билан унинг параметрларини бошқариш бирин-кетин автоматик бошқариш режимига ўтказила боради. Натижада ТПБАС автоматик бошқарувчи система функциясини бажариши ва бу ишда оператор иштирок этмаслиги ҳам мумкин.

126- расмда ТПБАС нинг ишлашини кўрсатувчи блок схема келтирилган. Схемадан объектдаги технологик процессни бошқариш функциясини бажарадиган бошқарувчи комплекс блоки билан оператор орасидаги ва бу икки блок билан объект орасидаги информацияни боғланишларни кўриш мумкин. Бошқаришда иштирок этадиган ўлчаш қурилмаси, ижрочи қурилма ҳамда улар орасидаги боғланишларни вужудга келтирадиган «алоқа қурилмаларининг» ишлари билан танишиш мумкин.

ТПБАС нинг асосий блоки ҳисобланган «бошқариш комплекси» РХМ, программа алгоритмлари, системани бошқариш мақсади, ундаги оптималлаш символлари ва чеклашларни рақамли ҳисоблаш машиналарига киритиш қурилмаларидан тузилади.



126- расм. ТПБАС блок — схемаси:

$x_1(t)$ — киришда контрол қилинадиган бошқарувчи сигнал; $x_2(t)$, $x_3(t)$ — киришда контрол қилинадиган бошқарилмайдиган сигналлар; $x_4(t)$ — чиқишда контрол қилинадиган бошқарилувчи сигнал (технологик параметр); I — РХМ автоматик режимда ишлайди. II — РХМ «маслаҳатчи» режимда ишлайди.

Бошқарувчи комплекс объект билан алоқа қурилмалари орқали боғланади.

Объектларга кирувчи ва улардан чиқувчи сигналлар ўлчаш қурилмалари (датчикларда) ва ўлчов ўзгарткичларида нормаллаштирилиб, алоқа қурилмаси орқали бошқарувчи комплексга узатилади. Бу сигналлар (информациялар) бошқарувчи комплексдаги РХМ ларда олдиндан белгиланган алгоритмлар ва бошқарув программаси, бошқариш мақсади, танланган оптималлаш симболи ва чеклашлар асосида маълум тартиб билан информацияларни қайта ишлайди ва бошқарувчи сигналларни тайёрлайди.

Агар бошқарувчи комплекс автоматик режимда ишласа, ундан чиқувчи сигнал алоқа қурилмаси орқали «ижрочи» қурилмага ва ижрочи қурилма ўз навбатида объектга таъсир кўрсатади. ТПБАС автоматик режимда ишлайди. Лекин у объектнинг статик ва динамик хусусиятлари ҳар томонлама тўла ўрганилгандагина шундай режимда ишлаши мумкин. Акс ҳолда умуман бошқарувчи комплекснинг операторга «маслаҳатчи» режимда ишлаши кўзда тутилади. Бунда бошқа-

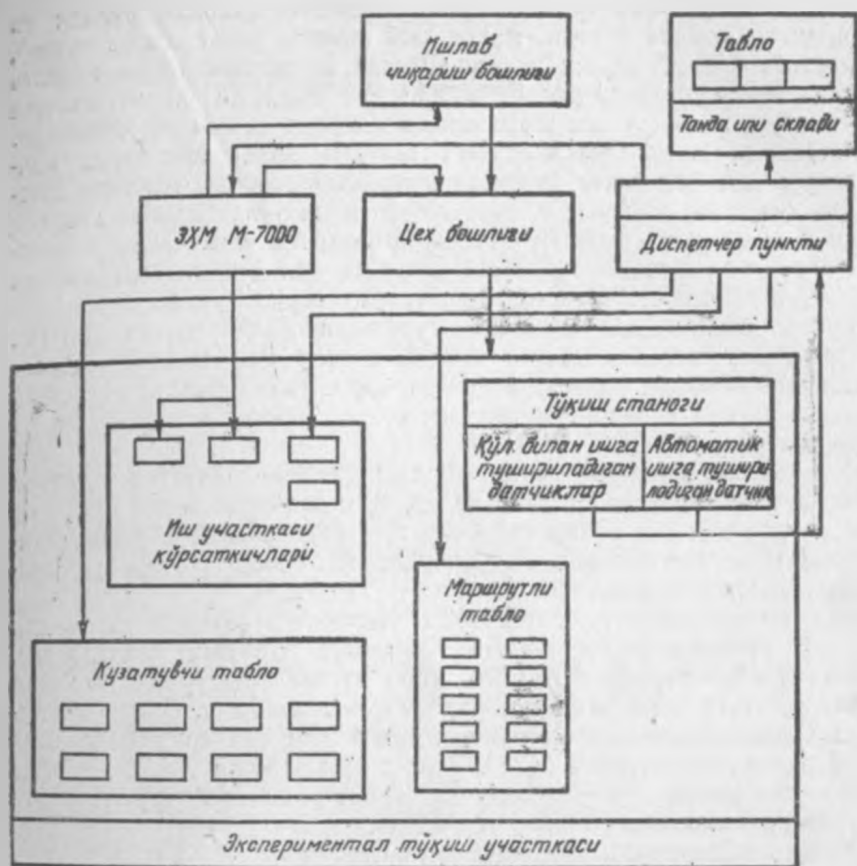
риш комплекси ва ундаги РХМ алоқа қурилмаси орқали операторга қабул қилинган бошқариш қонуни тўғрисида маслаҳат информацияларини бериб туради. Шунга мувофиқ оператор ўз хулосасини тайёрлайди ва ижрочи қурилма орқали объектга таъсир кўрсатиб, технологик процессни бошқаради. Бундай шароитда ТПБАС автоматлаштирилган система бўлиб, оператор асосий ҳал қилувчи бўлиб қолади. Баъзи ҳолларда операторнинг ўзи марказлаштирилган контрол қурилмаларидан олинган информацияларга мувофиқ бевосита ижрочи қурилма орқали объектга, ундаги технологик процесснинг ўтишига таъсир кўрсатиши ҳам мумкин.

3- §. Тўқиш цехи ишлаб чиқаришида ТПБАС

Тўқиш цехи ёки унинг участкаларидаги ишлаб чиқариш ТПБАСи информатсион ва бошқарувчи ёрдамчи системаларидан иборат бўлади.

ТПБАС нинг информатсион ёрдамчи системаси ҳамма маълумотларни датчиклардан олади. Булар: 1) танда машинасининг ҳар бирдан келадиغان ипнинг узилувчанлиги, танда валигидаги ип ўрамининг зичлиги, ипнинг нуқсонлилиги, ишланган (тайёрланган) маҳсулотнинг миқдори, машинанинг ишламай турган умумий вақти, ипнинг узилиши сабабли машинанинг ишламаган вақти ва бошқалар тўғрисидаги; 2) охорлаш машинасининг ҳар бирдан олинадиган танда ипнинг таранглиги, намлиги, ғалтакка ўралиш зичлиги, ёпишқоқлиги, тайёрланган маҳсулот, машинанинг ишламаган вақти тўғрисидаги; 3) ҳар бир тўқув станогидан олинадиган — танда ипининг узилувчанлиги, арқоқ ипининг узилувчанлиги, арқоқ бўйича тўқиманинг зичлиги, маҳсулот, умумий тўхташ вақти, танда ипининг ва арқоқ ипининг узилиши билан боғлиқ бўлган тўхташ ва бошқалар тўғрисидаги информациялардир.

ТПБАС нинг бошқарувчи ёрдамчи системаси ишлаб чиқариш участкаларининг ишлаш вақтларини ўзаро боғлаш (программалаш) ҳамда оптимал координациялаш учун жадвал тузиш ва ресурсларни оптимал тақсимлаш бўйича оператив бошқариш ишларини бажаради. Хом ашё ҳамда чала ишланган маҳсулотларни қайта ишлаш технологик процессларини бошқаради. Масалан, П-125А тўқиш станоклари билан жиҳозланган Москва ипак комбинатидаги экспериментал тўқиш участкасининг контрол ҳамда автоматлаштирилган бошқариш системаси (127- расм) арқоқ ҳамда танда иплари узилса, станокни автоматик тўхтатиб қўяди; тўқувчи ва мастер ёрдамчисига станок ёмон ишлай бошлагани ҳақида ёруғлик сигнали беради; смена давомида тайёрланган маҳсулот ва станокларнинг ишламай турган вақти тўғрисидаги маълумотларни автоматик йиғади ва сақлаб туради; смена давомида тўқиш станокларининг маҳсулоти ва ишламай турган вақтидан ишлаб чиқариш ходимларини хабардор қилади; ишлаб чиқариш участкасининг техник-иқтисодий кўрсаткичларини, бригадалар маҳсулотини ва ишламай турган вақтини ҳисобга олиш масалаларини ҳал қилади; участкада олинishi лозим бўлган танда ипи миқдорини олдиндан айтиб беради; тугалланмаган ишлаб чиқариш қолдиқларини (чиқиндиларни) ҳисобга олади. Ана шу вазифаларни бажариш



127- расм. Экспериментал тўқиш учашкасини контрол қилиш ва бошқаришнинг автоматлаштирилган системасининг структура схемаси.

учун ТПБАС танда ипи ва арқоқ ипларининг узилганини билдирувчи датчиклар, станокларнинг тўхтаб қолганлиги (бузилгани) тўғрисида тўқувчига ёки мастер ёрдамчисига сигнал берадиган локал ва ЭХМ М-7000 асосида ишлайдиган кенг комплексли қурилмалар билан жиҳозланган.

Информацияларни йиғувчи техник восита қуйидаги датчиклар комплектидан иборат.

Автоматик датчиклар: танда ипининг узилганини билдирадиган датчик контактли линейкалардан тузилиб, бу линейкалар устида танда ипига осилиб турувчи ламеллар ўрнатилган бўлади. Агар танда ипи узилса ёки чўзилиб қолса, ламель пастга — линейка устига тушади ва электромагнит реле занжирини улайди. Электромагнит реле контактларидан чиқадиган сигналлардан бири станокни тўхтатади, иккинчиси эса информация йиғувчи системага боради.

Арқоқ ипининг узилганини билдирувчи датчик эса микроузгич

булиб, унинг дастаси (ричагнинг бир томони) илмоқли бўлади ва арқоқ ипига осилиб туради. Арқоқ ипи узилса, ричаг пастга тушиб, микроузгич контактларини улайди. Шунда электромагнит реле ишга тушади. Реле контактларидан чиққан сигналлардан бири станокни тўхтатади, иккинчиси эса информация йиғувчи системага берилади.

Ишланган маҳсулотни ҳисоблаш датчиги арқоқ ипи танда ипининг орасидан 100 марта ўтишини контрол қиладиган механик счётичдан тузилган. Счётич валининг бир марта тўла айланиши арқоқ ипининг танда ипи орасидан 100 марта ўтишига тенг. Счётич валининг бир марта айланиши КЭМ-2А типдаги реле (геркон) контактини улайди ва автоматик регистраторга сигнал бериб туради.

Тўқиш станогининг ишламай туришини билдирадиган датчик. электромагнит реледан иборат бўлиб, станок ҳар қандай сабабга кўра тўхташи билан реле ишлайди ва контактлари орқали диспетчер пультага сигнал беради, участкадаги станокларнинг ишламай туриш вақти ҳисобга олинади.

Станокнинг сабабсиз тўхтаб қолишини билдирадиган датчик станок пландан ташқари тўхтаб қолса, 40 с давомида арқоқ ёки ўриш иплари узилгани ёки бошқа сабаблар тўғрисида сигнал бўлмаса, бундай тўхтаб қолиш тўғрисидаги маълумот ЭХМ нинг (хотира) қурилмасида йиғилиб туради.

Қўл билан ишга тушириладиган датчиклар (бундай датчиклар ҳар бир тўқиш станогини ёнидаги бошқариш пультага ўрнатилади). Планли тўхтаб туришни ҳисобга олиш датчиклари ўрнида нейтрал туриш ҳолатига эга бўлган тумблердан фойдаланилади. Станок регламентли сабабларга (капитал ремонт, танда ипи ёки арқоқ ипларини улаш) биноан тўхтатилган бўлса, датчик компостерни улайди. Шунда ЭХМ нинг хотира қурилмасида станокнинг ишламай турган вақти (минутларда) ҳисобга олиниб турилади.

Мастер ёрдамчисини чақириш датчиги тумблерга ўхшаш бўлиб, тўқувчи томонидан уланади.

Станокдаги мато парчаларини йиғиб олувчини чақириш датчиги ҳам тумблер бўлиб, лозим бўлганда, уни мастер ёрдамчиси улайди. Датчикларнинг бир қисмидан чиқадиغان сигнал мнемотаблода ёруғлик сигнали ҳосил қилади. Мнемотабло ёруғлик сигнали орқали станокларнинг ишламаслик сабаблари тўғрисида маълумот бериб туради. Сариқ рангли ёруғлик танда ипи узилганлигини маълум қилади. Қизил рангли ёруғлик станокдан парча қолдиқларни олувчи станокни тозаловчинини чақиради. Шунга ўхшаш бир қанча датчикларнинг тузилиши ва ишлашини кўриб ўтиш мумкин.

Ўтказилган ҳисоблашларга кўра ТПБАС тўқиш ишлаб чиқаришида қўлланганда станокларнинг тўхтаб қолиши 4,5% га камайиши, тўқима ишлаб чиқариш эса 8% га ошиши аниқланган.

Автоматик контрол ва бошқариш системалари тўқиш станокларининг иш режимлари тўғрисидаги информацияларга ишлов бериш имконини вужудга келтиради. Хизмат қилиш зонаси кенгайиб бораётган ҳозирги шароитда меҳнатни тўғри ташкил қилиш ва технология масалаларини ишлаб чиқиш имконини яратади.

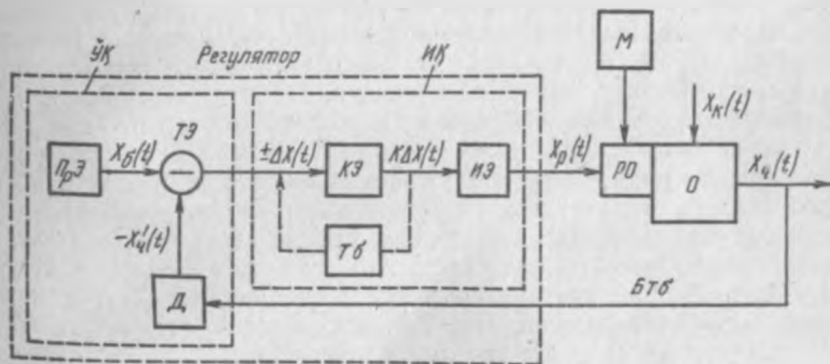
АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИ

XI БОБ. АВТОМАТИК РОСТЛАШНИНГ ВАЗИФАЛАРИ

1- §. Асосий таъриф ва тушунчалар

Ишлаб чиқариш қурилмалари — машина, юритма ёки агрегатларда ўтадиган технологик процесслар бир ёки бир нечта сифат кўрсаткичлари билан характерланади. Бундай кўрсаткичлар турли хил — механик, физик ва химиявий катталиклар (температура, босим, тезлик, қувват, концентрация ва ҳоказолар) дан иборат бўлиб, технологик процесс давомида меҳнат предметиға ишлов бериш, уларнинг берилган миқдори ўзгармас ёки маълум қонунға мувофиқ ўзгарадиган шарт-шароитда амалға оширилади. Масалан, пахтани қуриштиш процессида қуриштиш температураси $X(t)$ олдиндан белгилаб қўйилган қуриштиш температураси X_0 га, танда ипини охорлаш сифатли бўлиши учун эса охор ваннасидаги эритма сатҳининг баландлиги $X_q(t)$ берилган баландлик X_0 га тенг бўлиши шарт ва ҳоказо. Технологик процесс давомида ростланиб туриши керак бўлган бундай кўрсаткичлар (катталиклар) ростланувчи параметрлар $X_q(t)$ деб аталади. Ростлаш ростланувчи параметрларнинг олдиндан бериб қўйилган ростлаш қонунига мувофиқ ўзгариши демакдир.

Ростланувчи параметрнинг ўзгармас бўлишини ёки берилган қонунға мувофиқ ўзгаришини таъминлайдиган техник қурилма автоматик ростлаш системаси (АРС) деб аталади.



- 128-расм. Берк занжирли АРС нинг типик функционал схемаси:

□ — объект; РО — объектин ростлаш органи; ИҚ — ижрочи қурилма; ИЭ — ижрочи элемент; — сигнал кучайтирувчи элемент; ТЭ — таққослаш элементи; ЎҚ — ўлчаш қурилмаси; Д — датчик; ПрЭ — программа ёки топшириқ берувчи элемент; БТБ — бош тесқари боғланиш занжири; ТБ — тесқари боғланиш; М — энергия ёки модда манбаи. $X_k(t)$ — объектға кирувчи ташқи таъсирлар (объект нагрукасининг ўзгариши).

параллел чулғам $W_{\text{ш}}$ нинг токи $i_{\text{н}}$ ва оқими $\Phi_{\text{ш}}$ эсосида, якорнинг айланиш частотаси номинал ва ўзгармас $n_{\text{н}} = \text{const}$ бўлган ҳолда ўрнатилади. Шундан сўнг қаршилик $R_{\text{н}}$ ни камайтириш йўли билан уни нагрузка токи $I_{\text{н}}$ ни нолдан $I_{\text{н}}$ гача ошириб генераторнинг ташқи характеристикаларини (129-расм, 1, 2-график) олиш мумкин. Бунда график 1 генераторни қўзғатиш токи компаундланмаган режимдаги, график 2 эса компаундланган режимдаги характеристикалардир. Характеристика (график 1) дан кўринадик, генератор номинал режимда ишлаганда, яъни $I_{\text{н}} = I_{\text{нн}}$ бўлганда унинг ростланувчи параметри — кучланиши ΔU миқдорда камаяди. Ана шу четга чиқиш миқдорини кучланишлар мувозанати тенгламасига мувофиқ қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$E_{\text{гн}} - U_{\text{г}} = I_{\text{нн}} \cdot R_{\text{н}} = \Delta U, \quad (140)$$

$$\text{бунда } E_{\text{гн}} = C\Phi_{\text{ш}}n_{\text{н}} = K_{\text{с}}\Phi_{\text{ш}}.$$

Агар генератор клеммаларидаги номинал кучланиш $U_{\text{н}}$ ни стабиллаш талаб қилинса, вужудга келган четга чиқиш ΔU ни имкони борича камайтириш ёки йўқ қилиш, бунинг учун эса генераторнинг электр юритувчи кучи $E_{\text{г}}$ ни ΔU миқдоридида ошириш керак:

$$\Delta E_{\text{г}} = K_{\text{с}} \Delta \Phi = \Delta U, \quad (141)$$

бунда

$$K_{\text{с}} = Cn_{\text{н}}.$$

Нагрузка бўйича ростлаш усулида бундай компенсацияловчи оқим $\Delta \Phi$ генератор токи $I_{\text{н}}$ га пропорционал равишда $\Delta \Phi = K_{\text{ф}} I_{\text{н}}$ ҳосил бўлади, яъни шунда генератор кучланишини ростлаш учун зарур бўлган қўшимча ЭЮК $\Delta E_{\text{г}} = K_{\text{с}} \Delta \Phi = K_{\text{с}} K_{\text{ф}} I_{\text{н}}$ генераторни қўзғатиш системасида алоҳида чулғам $W_{\text{с}}$ бўлиши ва ундан якорь токини ўтказиб, қўшимча оқим $\Delta \Phi = \Phi_{\text{с}}$ ҳосил қилиш йўли билан вужудга келади. Бунинг учун схемадаги узиб-улагич схеманинг 1 нуқтасини узиб, 2 нуқтасига улайди, шунда генератор якорь токи $I_{\text{н}}$ чулғам $W_{\text{с}}$ дан ўтиши билэн ҳосил бўлган қўшимча $\Phi_{\text{с}}$ оқим генератор кучланишининг оғишини $E_{\text{с}} = K_{\text{с}} \Phi_{\text{с}}$ га мувофиқ компенсация қилади. Бундай компенсация эффектининг генераторнинг ташқи характеристикаси (2-график) дан кўриш мумкин (129-расм, б).

Кучланиш оғишини компенсацияловчи ЭЮК $E_{\text{с}} = K_{\text{с}} \Phi_{\text{с}}$ генераторнинг нагрузка токи 0 дан $I_{\text{н}}$ гача ўзгарганда тўғри чизик бўйича ўзгаради, шундан сўнг қўзғатиш системасининг магнит тўйиниши сабабли эгри чизикли бўла бошлайди (129-расм, б, 3-график), компенсациялаш самарадорлиги кескин пасаяди.

Генератор кучланишининг (ростланувчи параметри — $U_{\text{г}}$) нагрузка токи $I_{\text{н}}$ га мувофиқ ўзгариши 129-расм, б, даги 1 ва 2-графикларда кўрсатилган, унда 1-график компенсацияловчи чулғам ва оқим $\Phi_{\text{с}}$ бўлмаганда 2-график эса чулғам $W_{\text{с}}$ дан якорь токи $I_{\text{н}}$ ўтганда ва

компенсацияловчи оқим Φ_c бўлган ҳол учун берилган бу графикда нагрузка токи I_n нинг ошиши билан W_c чулғам ҳосил қиладиган магнит оқими Φ_c ва ЭЮК $E_c = K_c \Phi_c$ магнит системасининг тўйинишини ҳисобга олмаганда тўғри чизиқ бўлича ошади ва генератор кучланиши бирмунча ростланади — стабиллашади. Схеманинг камчилиги характеристика $E_c(I_n)$ генераторни ростлаш характеристикасига тўла мос эмаслигидир. Шунинг учун ҳам бундай нагрузка бўйича ростлаш системалари объектни фақат биргина номинал режимдagi нагрузкага нисбатан инвариант (боғлиқ бўлмаган) система бўлиб қолади.

Нагрузка бўйича АРС нинг муҳим афзаллиги унинг ростловчи таъсир кўрсатишда сигнал кечикишининг йўқлигидир. Ростловчи таъсир бу усулда ростланувчи параметрнинг ўзгариши юз бериши биланоқ уни компенсация қила бошлайди. Регулятор юз берган ташқи таъсирга нисбатан кечикмасдан қарши таъсир кўрсатади. Бу усулнинг афзалликлари сабабли нагрузка бўйича ростлаш синхрон машиналарда ҳам кенг қўлланади ва синхрон машинанинг қўзғатиш токини компаундлаш деб аталади.

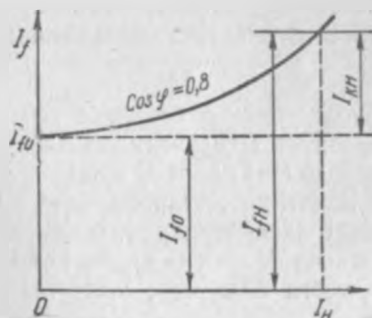
Электр машиналарининг нагрузка токи $I_n = 0$ дан $I_n = I_n$ гача ўзгарганда кучланишини ростлаш сифатли бўлиши учун компаундлаш занжири характеристикаси тўғри чизиқли бўлмай, машинани ростлаш характеристикаси $i_k = (I_n)$ га мос бўлиши ва шундагина ростланувчи параметр $U_r(I)$ нагрузка токи I_n бўйича инвариант бўлиши мумкин.

3- §. Синхрон машина кучланишини нагрузка бўйича ростлаш

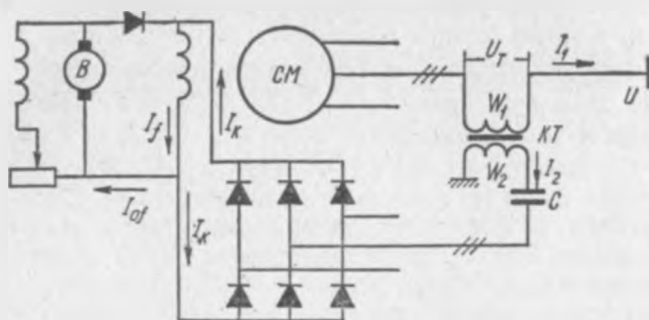
Синхрон машина кучланишини стабиллаш учун уни қўзғатиш токи маълум ростлаш характеристикасига (130- расм) мувофиқ ўзгариши талаб қилинади. Амалда бу талабни бажариш учун синхрон машинанинг қўзғатиш токини компаундлаш қурилмасидан фойдаланилади. Бундай қурилмалардан бирининг принципиал схемаси 131- расмда кўрсатилган. Бунда синхрон машинанинг қўзғатиш токи I_f икки манбадан: ўзгармас ток генератори В дан олинадиган ток I_{of} ҳамда компаундловчи трансформатор КТ, конденсатор С ва уч фазали вентиллардан тузилган компаундлаш қурилмасидан олинадиган ток I_k лардан иборат:

$$I_f = I_{of} + I_k. \quad (142)$$

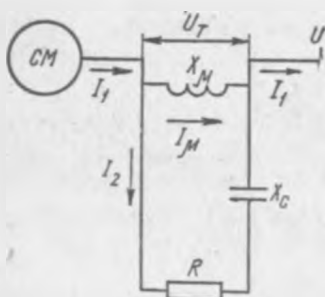
Ўзгармас ток генератори В синхрон машинанинг нагрузкасиёз режим кучланиши номинал миқдор $U_0 = U_n$ га тенг бўлишини таъминлаш учун, компаундлаш қурилмаси эса, синхрон машинанинг нагрузкаси 0 дан I_n гача ўзгарганда унинг клеммаларидаги кучланиши U ни ростлаб туриш учун



130- расм. Синхрон машина кучланишини ростлаш характеристикаси ($\cos \varphi = 0,8$ бўлганда).



131- расм. Синхрон машина кучланишини нагрузка токи бўйича ростлаш схемаси.



132- расм. Компаундлаш қурилмасининг соддалаштирилган эквивалент схемаси.

хизмат қилади. Бунда компаундлаш қурилмасининг вольтампер характеристики синхрон машинанинг ростлаш характеристикасига (130-расм) мос бўлиши мақсадга мувофиқдир. Ўтказилган текширишлар бундай характеристикани токлар феррорезананси ҳодисасига эга бўлган компаундлаш қурилмаси (131- расм) асосида олиш мумкинлигини кўрсатди.

Компаундлаш занжирининг вольтампер характеристики $U_T(I_1)$ нинг аналитик ифодасини топишни бир оз осонлаштириш мақсадида қурилманинг соддалаштирилган бир фазали эквивалент схемасидан (132- расм) фойдаланилган.

Унда компаундловчи трансформатор чулғамларидаги индуктив қаршиликлар ҳисобга олинмайди, ўзгармас ток занжирининг эквивалент қаршилиги R ҳамда реактив қаршилиқ X_c трансформаторнинг иккиламчи чулғамига келтирилган бўлади.

Компаундловчи трансформаторнинг магнитланиш характеристикасини қуйидагича ифодалаш мумкин:

$$H = \alpha B + \beta B^2, \quad (143)$$

бунда α ва β берилган магнит материали учун тажриба йўли билан олинган H/B эгри чизиги бўйича аниқланадиган коэффицентлар. Ифода (143) даги H ҳамда B ни магнитловчи ток i_m ҳамда оқим Φ билан алмаштириб, трансформаторнинг электрик ҳамда магнит системаларининг параметрларини характерловчи коэффицентлар M ва N ҳисобга олинса (V боб, 6- §), магнитловчи токка i_m нинг 3 ва 5- гармоникалари ҳисобга олинмаса, магнитлаш токининг ифодаси қуйидагича бўлади:

$$i_m = \sqrt{2} (MU_T + NU_T^2) \sin \omega t. \quad (144)$$

Магнитлаш токининг ҳақиқий қиймати

$$I_m = -j(M + NU_T^2) U_T. \quad (145)$$

Компаундлаш қурилмасининг R ҳамда X_c занжиридаги ток оний қийматининг ифодаси:

$$I_2 = \sqrt{2} I_2 \cos(\omega t + \varphi_2); \quad (146)$$

ҳақиқий қийматининг ифодаси:

$$I_2 = \frac{U_2}{R - jX_c} = \frac{U_2 R}{R^2 + X_c^2} + j \frac{U_2 X_c}{R^2 + X_c^2} \quad (147)$$

Синхрон машинанинг нагрузка токи I_1 параллел занжирдаги токлар I_m ҳамда I_2 лар йиғиндисига тенг бўлгани учун унинг комплекс қийматини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$I_1 = I_m + I_2 = \frac{U_2 R}{R^2 + X_c^2} - jU_2 \left[(M + NU_2^4) - \frac{X_c}{R^2 + X_c^2} \right] \quad (148)$$

бундан умумий ток I_1 нинг ҳақиқий қиймати ифодасини топиш мумкин:

$$I_1 = U_2 \sqrt{\frac{R^2}{(R^2 + X_c^2)^2} + \left[(M + NU_2^4) - \frac{X_c}{R^2 + X_c^2} \right]^2} \quad (149)$$

Компаундлаш занжирининг вольтампер характеристикаси нисбий birlikлар

$$I_* = \frac{I_1}{I_{рез}}; \quad U_{г*} = \frac{U_2}{U_{рез}}$$

орқали қуйидагича ифодаланади:

$$I_* = U_{г*} \sqrt{A (U_{г*} - 1)^2 + 1}. \quad (150)$$

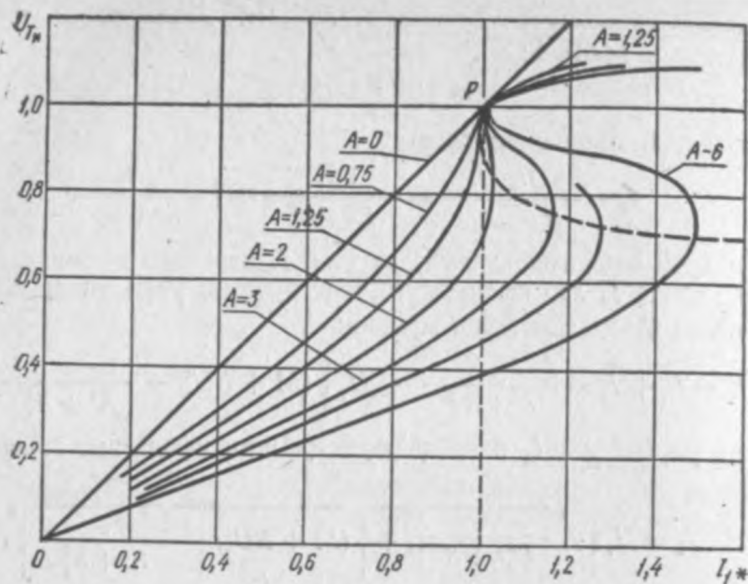
Бунда $U_{грез}$ ва $I_{рез}$ занжирда юз берадиган токлар резонанси шарти

$$U_2 \left[(M + NU_2^4) - \frac{X_c}{R^2 + X_c^2} \right] = 0$$

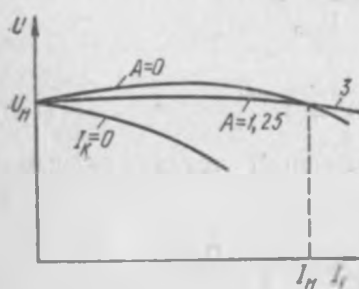
га мувофиқ (148) тенгламадан топилади:

$$\left. \begin{aligned} U_{грез} &= \sqrt{\frac{\frac{X_c}{R}}{RN \left(1 + \frac{X_c^2}{R^2} \right)} - \frac{M}{N}} \\ I_{рез} &= \frac{U_{грез}}{R \left(1 + \frac{X_c^2}{R^2} \right)} \end{aligned} \right\} \quad (151)$$

Компаундлаш коэффициенти A ростлаш характеристикасининг эгри чизиқлилиқ даражасини кўрсатади ва компаундлаш занжири параметрлари орқали қуйидагича ифодаланади:



133- расм. Компаундлаш қурилмасининг вольтампер характеристикалари.



134- расм. Синхрон машинанинг ташқи характеристикалари.

$$A = \left[\frac{X_c}{R} - MR \left(1 + \frac{X_c^2}{R^2} \right)^2 \right] \quad (152)$$

$$A = U_{\text{трес}}^8 N^2 R^2 \left(1 + \frac{X_c^2}{R^2} \right)^2$$

(150) га мувофиқ тузилган компаундлаш занжирининг вольтампер характеристикалари 133- расмда кўрсатилган. Унда $A = 0$ дан $A = 2$ гача бўлгандаги вольтампер характеристикаларини синхрон машинани ростлаш характери-каси сифатида қабул қилиш мумкинлиги кўринади. Бунга мисол сифатида 134- расмда $A = 0$, $A = 1,25$ бўлгандаги синхрон машинанинг тажрибада олинган ташқи характеристикалари кўрсатилган. Бундан бошқа яна таққослаш мақсадида синхрон машинанинг компаундлаш қурил-маси бўлмагандаги, $I_n = 0$, бўлгандаги ташқи характери-каси ҳам келтирилган.

Компаундлаш коэффициенти $A = 1,25$ бўлганда ташқи характе-ристиканинг ниҳоятда самарали ва сифатли бўлишини ўтказилган тажрибаларда олинган (134- расм) эгри чизик 3 дан кўриш мумкин. Характеристикага мувофиқ ростланувчи параметр $U(i)$ нагрузка токи-га нисбатан ($I_1 = 0$ дан $I_1 = I_n$ оралиғида) инвариант бўлиб қолишини кўриш мумкин.

Бунинг учун қўзғатувчи чулғам занжиридаги қаршилик $R_{\text{ш}}$ нинг сурилгичи сурилиб, $I_{\text{в}}$, $\Phi_{\text{ш}}$ ва E_r нинг қийматини ΔU га мувофиқ $U_r(t) = U_{\text{н}} = U_0$ бўлгунча оширилади.

Схемадан (135-расм) кўринишича, ростланувчи параметрнинг берилган қиймати U_0 потенциометрдан, ўткинчи қиймати $U_r(t)$ эса тўғридан-тўғри генератор клеммасидан олинган. Бу икки катталиқ бир-бирига қарама-қарши йўналишда уланганлиги туфайли уларни ўзаро таққослаш натижасида генератор кучланишининг ўзгариши $\Delta U(t) = U_0 - U_r(t)$ аниқланади. Регулятор схемасининг бу қисми таққослаш элементи ТЭ деб аталади (74-расм, 7).

Таққослаш элементидан олинган ўзгариш миқдори $\pm \Delta U$ кучайтиргич ва ижрочи элементлар (ИЭ) дан ўтиб, ростловчи миқдор $X_p(t)$ га айланади. Бу миқдор ростлаш органи $R_{\text{ш}}$ нинг сурилгичини $\pm \Delta U$ га мувофиқ суради. Агар $U_0 < U_r(t)$ бўлса, ростланувчи параметр — кучланишнинг ўзгариши манфий ($-\Delta U$) бўлади. Бу ҳолда қаршилик $R_{\text{ш}}$ даги ростловчи орган (РО) магнитловчи ток $I_{\text{в}}$ қийматини $\Delta I_{\text{в}}$ га камайтиради. $U_0 > U_r(t)$ бўлганда эса РО сурилгичи магнитловчи ток $I_{\text{в}}$ қийматини ошириш томонига суради. Шундай қилиб, генераторнинг кучланиши ростланади, яъни $U_r(t) \approx U_{\text{н}} = U_0$ бўлиб туради.

Ростланувчи параметрнинг ўзгаришига мувофиқ тузилган ростлаш системасининг функционал схемаси 135-расм, б да кўрсатилган.

Ростланувчи параметр $X_q(t)$ ёки $U_r(t)$ берилган миқдор X_0 ёки $U_{\text{н}} = U_0$ билан таққослаш элементиде таққосланиб ростланувчи параметрнинг ўзгариши $\pm \Delta X(t) = X_0 - X_q(t)$ ёки $\pm \Delta U(t) = U_0 - U_r(t)$ аниқланади. Бу ўзгаришга мувофиқ ижрочи элемент (ИЭ) дан чиққан ростловчи миқдор $X_p(t) = K \Delta X(t)$ ёки $X_p(t) = K \Delta U(t)$ объектга тескари таъсир кўрсатади ва ростланувчи параметрни одамнинг иштирокисиз ростлаб туради.

Ростланувчи параметрнинг ўзгаришини аниқлаш ва бошқарувчи сигнал $\pm \Delta X(t)$ ҳосил қилиш мақсадида объектдан чиқувчи параметр $X_q(t)$ қийматининг таққослаш элементига, яъни регуляторнинг кириш қисмига қайта уланиши, системанинг берк занжир бўйича ишлашини кўрсатади. Шу сабабли ўзгариш бўйича ростловчи автоматик система ёпиқ занжирли система деб аталади.

5-§. Комбинациялашган ростлаш усули

Юқорида кўрилган ўзгариш ва нагрузка бўйича ростлаш усуллари-дан ҳар бирининг ўзига хос афзаллиги ва камчиликлари бор.

Нагрузка бўйича ростлаш усулида ростловчи сигнал кечикиши йўқлиги инерциясиз АРС тузиш имконини беради. Ўзгариш бўйича ростлаш ўзининг универсаллиги, ростланувчи параметрни ҳар қандай ички ва ташқи таъсирлардан сақлай олиши билан характерланади.

Бу икки усул комбинацияси асосида юқори аниқликда ва тезда ишлайдиган АРС тузиш мумкин. Бундай АРС нинг принципиал схемаси 136- расм, а да, функционал схемаси 136- расм, б да кўрсатилган.

6-§. Тескари боғланиш тушунчаси

Ўзгариш бўйича ростлаш автоматик системасининг функционал схемасига мувофиқ (135- расм), объектдан чиқувчи сигнал $X_q(t)$ ўлчов элементида таққослаш элементига ўтади ва унда ростланувчи параметрнинг берилган қиймати X_0 га нисбатан ўзгариши $\pm \Delta X(t) = X_0 - X_q(t)$ аниқланади. Бу сигнал ижрочи элементдан ўтиб ростловчи сигнал $X_p(t)$ га айланади ва ростловчи орган орқали объектга тескари таъсир кўрсатади. Бундай боғланиш занжирини бош тескари боғланиш занжири деб аталади.

Ростланувчи параметрнинг датчик ўлчаган ва тескари боғланиш занжири орқали таққослаш элементига узатиладиган қиймати $X'_q(t)$ икки хил ишора — мусбат ёки манфий ишораларга эга бўлиши мумкин:

$$\Delta X(t) = X_0 \pm X'_q(t).$$

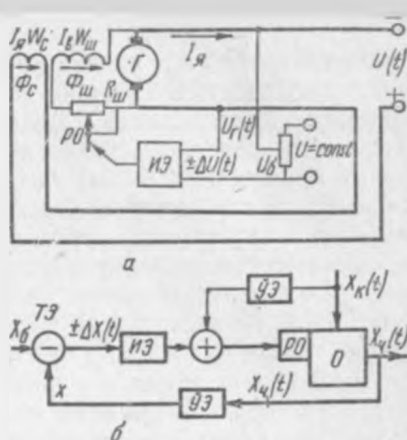
Автоматик ростлаш системасини тузишда манфий тескари боғланиш занжиридан фойдаланилади. Бунда сигнал $X'_q(t)$ манфий ишорага эга бўлгани учун бундай боғланиш манфий тескари боғланиш деб аталади. Манфий тескари боғланишли системада ростланувчи параметрнинг ўзгариши қуйидагича ифодаланади:

$$\pm \Delta X(t) = X_0 - X'_q(t). \quad (154)$$

Агар тескари боғланиш занжиридан олинadиган сигнал $X'_q(t)$ мусбат ишорали бўлса, система мусбат тескари боғланишли бўлади. Мусбат тескари боғланишли системаларда ростланувчи параметрнинг ўзгариши мусбат бўлади ва қуйидагича ифодаланади:

$$\Delta X(t) = X_0 + X'_q(t).$$

Бундай боғланишлар технологик параметрларнинг ростлаш схемаларини тузиш учун қўлланмайди, чунки улар системага қўшимча қўзғалиш киритади, система барқарор режимга ўта олмайди, стабилланмайди. Амалда мусбат тескари боғланишли системалар сигнал кучайтиргич функциясини бажаради.



136- расм. Комбинацияли ростлаш системаси:

а — принципиал схемаси; б — функционал схемаси.

Меҳнат предметига ишлов бериш процесси турли шароитларда олиб борилади. Бу шароитлар, кўпинча, ростлаш параметрларини ўзгармас (стабиллашган) бўлиши, берилган программага мувофиқ ўзгариши, номаълум тасодифий ўзгарувчи сигналга мувофиқ ўзгариши мавжудлиги билан боғлиқдир. Шунга мувофиқ ростланувчи параметрни стабилловчи, берилган программага, тасодифий сигналга мувофиқ ўзгартирувчи ростлаш системалари мавжуд бўлиб, улар технологик процессларни автоматлаштиришда кенг қўлланади. Автоматик системаларнинг объектга таъсири орқали ростланувчи параметрнинг оний қиймати $X_q(t)$ унинг технологик процесс талабига мувофиқ берилган қиймати X_0 га тенг ёки яқин бўлиши таъминланади.

Стабилловчи автоматик ростлаш системасида ростланувчи параметрнинг берилган қиймати технологик процесс давомида ўзгармас $X_0 = \text{const}$ бўлади, ростланувчи параметрнинг барқарор режимдаги ҳақиқий қиймати $X_q(t)$ эса берилган қийматга тенг ёки берилган қўйим ΔX_k га мувофиқ, унга яқин бўлади:

$$\begin{aligned} X_q(t) &= X_0 \pm \Delta X_k, \\ \Delta X_k &\geq \Delta X, \end{aligned} \quad (155)$$

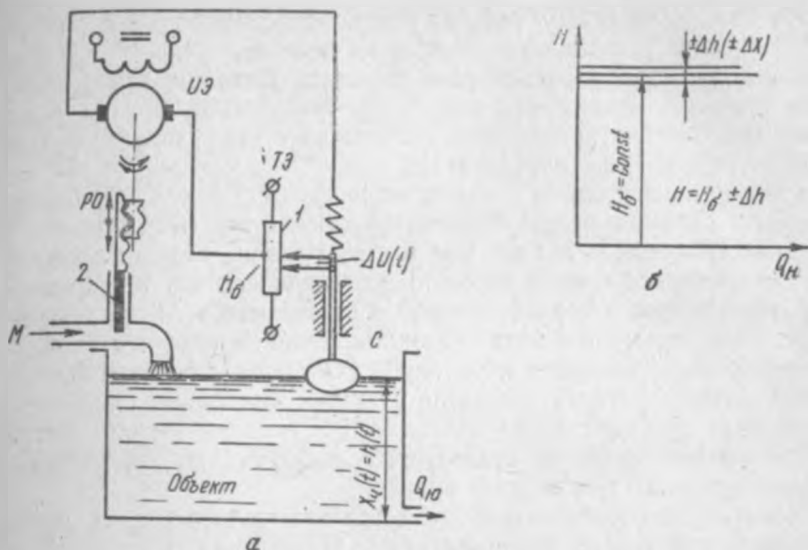
бунда X_0 — ростланувчи параметрнинг берилган қиймати, ΔX_k — ростлаш хатоси учун берилган қўйим, ΔX системанинг барқарор ҳолатидаги ростлаш хатоси. Бу хато асосан носезгирлик ва сигнал энергиясининг ўтказгичларда йўқолиши оқибатида пайдо бўлади. АРС ни ростлаш хатоси ΔX нинг ростлаш хатоси учун берилган қўйим ΔX_k дан кичик ёки тенг бўлиши $\Delta X \leq \Delta X_k$ талаб қилинади.

Стабилловчи АРС астатик ва статик системаларга бўлинади.

Астатик режимда ишлайдиган автоматик ростлаш системаларида ростланувчи параметр системани қўзғатувчи (мувозанат ҳолатидан чиқарувчи) ташқи таъсирларга — нагрузка ўзгаришларига боғлиқ бўлмайди. Ростлаш процесси давомида ростланувчи параметрнинг барқарор режимларидаги қиймати $X_q(t)$ берилган қиймат X_0 га тенг ёки яқин ва регуляторнинг носезгирлигини ҳисобга олганда

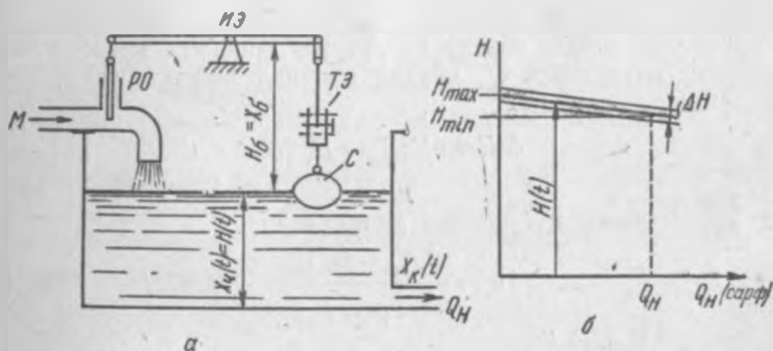
$$X_q(t) \approx X_0 \pm \Delta X$$

бўлади. Астатик системанинг принципаал ва функционал схемалари 137-расм, а ва б да кўрсатилган. Унда суюқлик сатҳининг берилган баландлиги реостатда H_0 нуқта билан белгиланган. Суюқлик баландлигининг ҳақиқий қиймати $H(t)$ ни қалқович — датчик С нинг реостат 1 даги сурилгич турган нуқта билан аниқланади. Реостатнинг H_0 нуқтасида кучланиш $U_0 = \kappa H_0$ бўлса, сурилгич турган нуқтада $U(t) = \kappa H(t)$ бўлади. Натижада суюқлик баландлигининг ўзгаришига мувофиқ икки нуқта орасида потенциаллар фарқи $\pm \Delta U = U_0 - U(t)$ ҳосил бўлади. Шундай қилиб, таққослаш элементи |ТЭ| суюқлик баландлигининг ўзгариши $\Delta H(t)$ ни кучланиш ўзгариши $\Delta U(t)$ га айлантиради. Потенциаллар фарқи $\pm \Delta U(t)$ миқдори ва



137- расм. Астатик АРС:

а — принципал схемаси; б — статик характеристикаси.



138- расм. Статик АРС:

а — принципал схемаси; б — статик характеристикаси.

ишорасига мувофиқ ижрочи элемент ИЭ (двигатель) ҳаракатга келиб, ростловчи орган РО тиқин 2 ни юқорига ёки пастга суриб, очиб ёки ёпиб туради. $\Delta U(t) = U_0 - U(t) = 0$ ёки $\Delta H(t) \approx 0$ бўлган пайтлардагина ижрочи элемент ҳаракатдан тўхташи мумкин. Бундай мувозанат ҳолат объект нагрузкаси Q_n нинг ўзгаришига боғлиқ бўлмаган ҳолда вужудга келади. Астатик системанинг бар қарор режимларини ифодаловчи характеристика 137- расм, б да кўрсатилган.

Астатик автоматик ростлаш системаларида ростлаш процессини амалга ошириш учун ташқи энергия манбаидан фойдаланилади. Масалан, кўрган мисолимизда (137- расм, а) ижрочи элемент функциясини бажарувчи ўзгармас ток машинасининг магнит системаси ташқи энер-

гия манбаига уланган. Шу сабабли астатик автоматик ростлаш системалари билвосита ишлайдиган системалар деб аталади.

Статик APC ларда ростланувчи параметр ўзгариши ташқи таъсирларга, айниқса, объект нагрукасининг ўзгаришига боғлиқ бўлади. Бундай системанинг принципиал схемаси ва статик характеристикаси 138-рasm, а ва б да кўрсатилган.

Объектнинг нагрукаси — суюқлик сарфи $Q(t)$ ёки $X_k(t)$ берилган миқдордан ошганда резервуардаги суюқлик сатҳи $H(t)$ пасаяди, сув сатҳидаги қалқович — датчик ҳам пастга тушади, ижрочи элемент — ричаг ўз системаси орқали бевосита ростловчи органга таъсир қилади ва ундаги тикинни юқорига кўтариб объектга манба M дан келадиган суюқлик миқдорини оширади. Суюқлик сатҳи баландлиги берилган миқдордан ошса, қалқович кўтарилиб, PO тикинни беркита бошлайди ва манбадан резервуарга келадиган суюқлик миқдорини камайтиради. Шу йўсинда суюқлик сатҳи баландлигини ростлаб туради. Системанинг мувозанат ҳолатида резервуарга келадиган ва сарфланадиган суюқлик миқдори тенглашган бўлади.

Бевосита ростлаш системасининг асосий камчилиги ундаги ростлаш хатосининг нагруккага боғлиқлигидир. Объектнинг нагрукаси (суюқлик сарфи) ошган сари APC нинг ростлаш хатоси ҳам ортади (138-рasm, б). Бунинг сабаби бевосита APC нинг ростлаш занжиридаги ички қўшимча энергия сарфининг борлиги, ростлаш параметрининг берилган қийматига мувофиқ қалқовичнинг тула сура олмаслигидир, натижада ростлаш хатоси объект нагрукаси ошишига мувофиқ ошаверади. Объект нагрукаси Q_n нолдан номинал миқдоргача ўзгарганда APC нинг статик хатоси

$$\Delta H = H_{\max} - H_{\min}$$

бўлади.

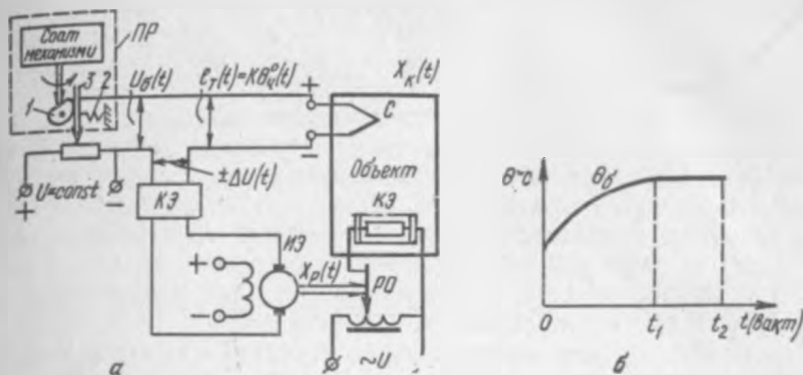
Ростлаш статизми қуйидагича аниқланади.

$$\sigma = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_{\text{срт}}} \quad (156)$$

Сўнда $H_{\text{срт}} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{2}$ ростланувчи параметрнинг ўртача (базис) қиймати.

Ростлаш хатоси юқори бўлишига қарамай, статик системалар саноатда ва халқ хўжалигида кенг қўлланади. Бунинг сабаби бевосита ростлаш системасининг тузилиши содда ва ўткинчи режимлардаги турғунлиги юқори бўлишидир.

Программали APC ростланувчи параметр қийматининг технологик процесс давомида маълум программага мувофиқ ўзгаришини таъминлаб туриш учун қўлланади. Узининг тузилиши бўйича программали APC стабилловчи APC дан программа қурилмаси ПР борлиги билан фарқланади. Ростлаш принципи ва функционал схемаси бир хиллигича қолади. Ростланувчи параметрнинг берилган қиймати ўрнига программа қурилмаси томонидан берилган қонунга мувофиқ ростланади.



139- расм. Программали APC:

а — APC нинг принципиал схемаси; б — температура ўзгаришининг берилган графиги.
Пр — программа берувчи қурилма; 1 — кулачок; 2 — пружина; 3 — сурилгич.

Программали APC нинг принципиал схемаси ва ростланувчи параметрининг берилган графиги (программаси) 139- расм, а ва б да кўрсатилган. Унда иссиқлик объекти температураси берилган программа $\theta_δ(t)$ га мувофиқ ростланади (139- расм, б).

Ростланувчи параметрнинг ўзгариши $\Delta\theta(t)$ унинг берилган қиймати $\theta_δ(t)$ билан ўткинчи қиймати $\theta_ч(t)$ ни таққослаб аниқланади. APC нинг функцияси эса аввалгидек пайдо бўлган ўзгаришни йўқ қилишдан иборат бўлади.

Программа қурилмаси ПР соат механизми, кулачок 1, реостат сурилгичи 3 ни итариб турадиган пружина 2 лардан иборат (139- расм). Соат механизми кулачокни вақт бўйича айлантиради. Кулачок ўз навбатида сурилгични реостат бўйича суриб, ростланувчи параметр қийматини берилган график $\theta_δ(t)$ га мувофиқ ўзгартиради.

Ростланувчи параметрнинг ўзгариши

$$\pm \Delta\theta(t) = \theta_δ(t) - \theta_ч(t) \quad (157)$$

кучайтирувчи элемент КЭ ва ижрочи элемент ИЭ лардан ўтиб, ростловчи сигнал $X_p(t)$ га айланади. Ростловчи сигнал миқдори $X_p(t)$ объектни ростлаш органи РО га ўзгариш сигнали $\pm \Delta\theta(t)$ миқдори ва ишорасига мувофиқ таъсир қилиб, объект (печь) температурасини ростлаб туради. Шунда объект температураси берилган графикка мувофиқ ўзгаради (139- расм, б).

APC барқарор режимларда ишлаганда ростлаш хатоси $\Delta\theta$ берилган қўйим миқдори $\Delta\theta_к$ дан кам бўлиши керак:

$$\Delta\theta(t) = \theta_δ - \theta_ч(t) \leq \Delta\theta_к$$

$$\Delta\theta(t) \leq \Delta\theta_к.$$

бунда $\theta_к$ — ростланувчи параметрга берилган қўйим; $\Delta\theta(t)$ — APC нинг ростлаш хатоси.

Тақлидчи АРС технологик машина ва механизмлар ҳаракатини ёки ростланувчи параметрлар қийматини диспетчер ёки биронта автоматик бошқарув қурилмаси томонидан исталган вақт ва исталган ораликда туриб ўзгартириш ёки бошқариш учун қўлланади.

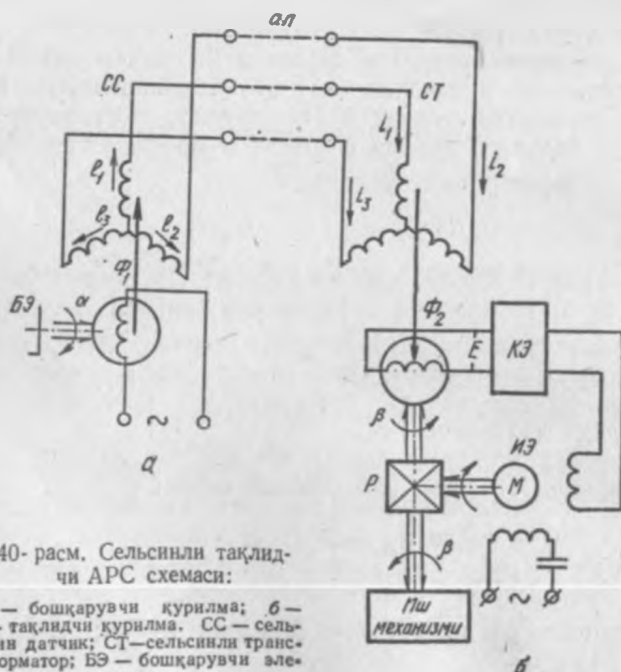
Тақлидчи АРС ҳам ўзгариш бўйича ростлаш принципида ишлайди. Фарқи шундаки, бу системада ростланувчи параметр кириш миқдорининг ўзгариш қонуни олдиндан берилмаган ва бу миқдор ихтиёрий равишда ўзгарадиган бўлади.

Ростланувчи параметрнинг чиқиш миқдори $X_q(t)$ кириш миқдори $X_k(t)$ га тақлидий тарзда автоматик ростланиб туради. Бунинг учун АРС кириш миқдорининг ўзгаришини тақлидчи қурилма доимо кузатиб, ўзи ҳам шу тақлидда ўзгариб туради.

Мисол. Иш механизмининг валини диспетчер пунктдан туриб α бурчакка буриш ва уни ростлаб туриш функциясини бажарадиган тақлидчи АРС нинг принципиал схемаси 140-расмда кўрсатилган. Унда СС томонидан берилган бошқарувчи сигнал СТ томонидан қабул қилинади ва бошқарувчи сигнал талаби қондирилади (II боб, 9- §, 73- расм).

Амалда СС (сельсинли датчик) билан СТ (сельсинли трансформатор) роторларининг чулғамлари схемада (140- расм) кўрсатилгандек ўзаро 90° бурчак остида ўрнатилади. Шунда СТ ротори чулғаида ЭЮҚ индукцияланмайди ($E_r = 0$). Бу системани бошқарувчи таъсирсиз, $\alpha = 0$ бўлгандаги мувозанат ҳолатини белгилайди.

Агар сельсинли датчик роторининг чулғаи диспетчер томонидан ихтиёрий равишда α бурчакка бурилса, СС билан СТ нинг статор



фаза чулғамларида тоқлар қиймати ўзгаради. Сельсинли трансформаторнинг статор чулғамида ҳосил бўлган магнит оқим Φ_2 ротор чулғамида Φ_2 га тегишли ЭЮК E_r индукциялайди. Бу ЭЮК кучайтиргич элементи (КЭ) дан ўтиб, электр юритмани ишга туширади. Юритма (ИЭ) редуктор орқали иш механизмининг валини $\beta \simeq \alpha$ бурчакка буради. Шу билан бир вақтда СТ ротори чулғами ҳам редуктор P орқали β га бурилади ва $E = 0$ бўлгандагина юритма ҳаракатдан тўхтади, система мувозанат ҳолатга ўтади. Редуктор валига механик боғланган иш механизми вали ҳам $\beta \simeq \alpha$ бурчакка бурилади.

Х/1 б.б. АРС ВА УНИНГ ЭЛЕМЕНТЛАРИНИ АНАЛИЗ ҚИЛИШ

1-§. АРСнинг функционал схемаси

Автоматик системалар тузилиши жиҳатидан алоҳида-алоҳида функционал элементлардан иборат бўлади. Бундай элементларнинг ўзаро маълум тартибда боғланган ва маълум мақсадни бажариш учун хизмат қиладиган система схемаси автоматик системанинг функционал схемаси деб аталади.

Берк занжирли автоматик ростлаш системасининг типик функционал схемаси (128- расм) объектдан ва автоматик бошқариш қурилмаси (АБК) — регулятордан, ўлчов қурилмаси (ЎҚ), ижрочи қурилма (ИҚ) лардан иборат бўлишини кўриш мумкин.

Маълумки, ростланувчи параметр $X_q(t)$ нинг ўзгариши ташқи таъсирлар $X_k(t)$ га ва асосан объект нагрузкасининг ўзгаришига боғлиқ бўлади. Масалан, қуриштиш шкафидаги температура унга кираётган материал оқими массаси ва намлигининг ўзгаришига боғлиқ равишда ўзгаради. Бунда регулятор шкаф температурасини ростлаб туриши учун унга манбадан келаётган иссиқ ҳаво оқимини шкаф температураси ўзгаришига мувофиқ ўзгартириб туриш функциясини бажаради. Бундай ростлаш процессини АРС нинг функционал схемасига мувофиқ қуйидагича тушуниш мумкин.

Датчик D ростланувчи параметрнинг $X_q(t)$ қийматини ўлчайди ва таққослаш элементи ТЭ га узатиш учун қулай сигнал тури $X'(t) = KX_q(t)$ га айлантиради. Мисол учун объект температурасини датчик термopара ёрдамида ўлчайди ва электр сигналига айлантиради. АРС ўзининг ростлаш функциясини бажариши учун бош тескари боғланиш — БТБ занжиридан чиқадиган миқдор $X'(t)$ манфий ишорага эга бўлиши шарт. Шунда ростланувчи параметрнинг ўзгариш миқдори $\pm \Delta X(t) = X_0 - X'(t)$ таққослаш элементи ТЭ томонидан аниқланади. Бу миқдор ростланувчи параметр ўзгаришига қарама-қарши йўналган бўлади. Бундай бошқарувчи сигнал кучайтирувчи элемент (КЭ) ва ижрочи элемент (ИЭ) лардан ўтиб объектни ростлаш органи РО га таъсир қилади, яъни ижрочи элементдан чиққан ростловчи миқдор $X_p(t) = \pm K \Delta X(t)$ объектнинг ростловчи органига таъсир қилиб, объектга манба M дан келадиган энергия ёки мода оқими миқдорини ростланувчи параметр ўзгаришига ва ишорасига мувофиқ ўзгартиради ва уни стабиллайди.

Агар $X_0 < X_q(t)$ бўлса, объектга манба M дан келадиган энергия ёки модда миқдори — $\Delta X(t) = X_0 - X_q(t)$ га мувофиқ камайтирилади ёки $X_0 > X_q(t)$ бўлса, объектга келадиган энергия ёки модда миқдори $+\Delta X(t) = X_0 - X_q(t)$ га мувофиқ оширилади.

Ростловчи орган объект конструкциясига киради, у билан бирга тайёрланади. У технологик процесс давомида объектни технологик параметрини стабиллаш учун зарур бўлган энергия ёки модда оқими билан таъминлаш учун хизмат қиладиган қурилма ҳисобланади. Шу сабабли бу элемент функционал схемада объект билан қўшиб кўрсатишган. Ростловчи орган (тиқин, тўсқич, вентиль, реостат, регел-трансформатор ва бошқалар) сурилгичлари ижрочи элементлар (электр двигатель, электромагнитли, гидро ва пневмоюритмалар) таъсирида регуляторни ростлаш қонуни $X_p(t)$ га мувофиқ ишлайди.

2-§. APC ни анализ қилиш масалалари

Автоматик ростлаш схемаларига қўйиладиган талабларнинг энг асосийси уларнинг юқори сифат кўрсаткичлари билан ишончли турғунликларда ишлашини таъминлашдир. Шу туфайли технологик процессни автоматлаштириш учун танланадиган автоматика системаси ва унинг элементлари автоматик ростлашга доир масалалар бўйича анализ қилинади. Системанинг барқарор (статик) режимларида ишлагандаги характеристика ва хусусиятлари, системага турли хил ташқи таъсирлар, нагрузка ўзгаришларининг таъсири натижасида вужудга келадиган динамик режимларда ишлагандаги характеристика ва хусусиятлари, статик ҳамда динамик режимларда юз берадиган системани ростлаш хатоликлари текширилади. Бу масалалар APC нинг дифференциал тенгламаларини тузиш ва унинг ечимини топиш йўли билан ёки экспериментал текширишлар асосида бажарилади.

Маълумки, APC нинг динамик режимларини ифодалайдиган дифференциал тенгламалар системага кирувчи таъсир билан унинг вақт бўйича ўзгарадиган ростланувчи параметри (чиқувчи таъсир) орасидаги боғланишни ифодалайди. Бундай дифференциал тенгламаларни счиш йўли билан ростланувчи параметрнинг вақт бўйича ўзгаришини ифодалайдиган ечими топилади ва бу ечимга мувофиқ APC нинг ўтиш процесси графиги қурилиб, бу графикка мувофиқ системани ростлаш процесси анализ қилинади.

Умуман айтганда, APC ни анализ қилиш унинг элементларининг дифференциал тенгламалари ва уларнинг ўзаро боғланишлари асосида тузилган APC нинг дифференциал тенгламаси ечимига мувофиқ ўтиш процесси графигини қуриш ва бу графикка асосан APC нинг сифат кўрсаткичларини аниқлашдан иборатдир. Системанинг тузилиши ўзгармагани ҳолда унинг сифатини оширадиган тадбирлар кўриш-имкони қидирилади.

Ҳозирги вақтда APC ни анализ қилиш учун аналитик, физик моделлаш ва математик моделлаш методлари қўлланади.

Автоматика элементлари ва системаларининг статик ҳамда динамик режимларини анализ қилиш учун купинча элемент ёки системанинг принципиал схемаси асосида, логик схемалар асосида, эксперимент орқали олинган график ва жадваллар асосида, математик ифодалар, боғланишлар, яъни дифференциал тенгламалар асосида анализ қилиш усулларидан фойдаланилади. Бу усулларнинг ҳар бири ўзига хос афзаллик ва камчиликларга эга.

Схема элементларини принципиал схемаси бўйича анализ қилиш анча тушунарли ва яққол бўлишига қарамай, у бир қийматли бўлиб, умумий анализ учун қўл келмайди ва уни барча миқдорни ҳисоблаш учун қўллаб бўлмайди.

Логик схемалар асосида анализ қилиш усули ҳам умумийликка эга эмас.

Эксперимент асосида олинган график ва жадваллар бўйича анализ қилиш ишончли натижалар беришига қарамай, анча мураккаб ва ундан фойдаланиш кўп вақтни олади. Умумий анализ учун ишлатилиши мумкин бўлган дифференциал тенгламани олиш учун эса регрессив анализдан фойдаланиш керак.

Элементларни дифференциал тенгламалар кўринишида ифодалаш ўзининг статик ва динамик режимлардаги боғланишларининг умумийлиги билан бошқа усуллардан фарқланади.

Бу метод автоматик ростлаш системасини тузишда, анализ қилиш ва оптимал режимларда ишлаши масалаларини ҳал қилишда кенг қўлланади. Модель аналог машиналар (ЭХМ) дан кенг фойдаланишни таъминлайди.

Автоматика элементларини математик ифодалаш мавжуд физика қонунларига асосланади. Буни қуйидаги мисоллардан кўриш мумкин.

1. Технологик машина — автоматика объекти

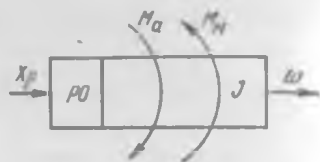
Технологик машина айланувчи вал ва унга келтирилган инерция моменти J га эга бўлган қурилма бўлиб, унинг валига актив момент M_a ва қаршилиқ (нагрузка) моментлари M_n қўйилган бўлади. Бошқарувчи таъсир X_p технологик машинанинг ростлаш органига таъсир қилиб, унинг сурилгичини суради ва технологик машинага келадиган энергия миқдорини ва, шунингдек, машина валидаги актив моментини ўзгартиради. Натижада объектининг бошқарилувчи параметри бўлган валининг айланиш частотаси ω ни ўзгартиради, ростлайди. Бундай машинанинг принципиал схемаси 141-расмда кўрсатилган.

Ньютоннинг иккинчи қонунига мувофиқ машинанинг бурчак тезлигининг ўзгариши қуйидаги дифференциал тенглама билан ифодланади:

$$J \frac{d\omega}{dt} = M_a - M_n. \quad (158)$$

Машина валидаги актив момент M_a ники параметрга — ростловчи параметр X_p ва бурчак тезлиги ω нинг ўзгаришига боғлиқ равишда ўзгаради

$$M_a = M_a(X_p, \omega).$$



141-расм.

Машина валидаги қаршилиқ ёки нагрузка моменти M_n фақат бурчак тезлигига боғлиқ равишда ўзгаради:

$$M_n = M_n(\omega).$$

Бу моментлар эгри чизиқли характеристика бўйича ўзгариши сабабли технологик машинанинг характеристикаси ҳам эгри чизиқли бўлади ва қуйидаги дифференциал тенглама билан ифодаланади:

$$j \frac{d\omega}{dt} = M_a(X_p, \omega) - M_n(\omega)$$

ёки

(159)

$$j \frac{d\omega}{dt} + M_n(\omega) = M_a(X_p, \omega),$$

бунда X_p — элементга (объектга) кирувчи сигнал; ω — чиқувчи сигнал (машина валининг айланиш частотаси).

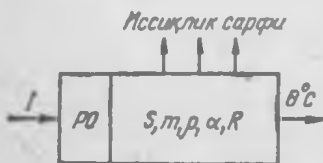
2. Иссиқлик камераси — автоматика объекти

Электр энергияси билан қиздириладиган иссиқлик камерасининг принципиал схемаси 142-расмда кўрсатилган.

Камерага киритиладиган энергиянинг бир қисми камера ичидаги температурани кўтариш учун кетади, иккинчи қисми камеранинг ташқи сирти орқали ташқи муҳитга сарф бўлади.

Иссиқлик энергиясининг сақланиш қонунига мувофиқ камеранинг математик ифодаси қуйидагича ёзилади:

$$m\rho \frac{d\theta}{dt} = I^2 R - \alpha S(\theta - \theta_0), \quad (160)$$



142-расм.

бунда m — камеранинг массаси; ρ — камеранинг солиштира иссиқлик сифими; θ_0 — ташқи муҳит температураси; R — электр қиздиргичнинг қаршилиги, α — солиштира иссиқлик бериш коэффициент; S — камеранинг иссиқлик тарқатувчи ташқи сиртининг юзи.

Ростловчи орган PO бўлиб регулятортрансформаторнинг сурилувчи контактли ричаги хизмат қилади.

Бошқарилувчи (ростланувчи) параметр — камеранинг ички температураси θ , бошқарувчи параметр — электр қиздиргичга келадиган ток I бўлгани учун камеранинг дифференциал тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$m\rho \frac{d\theta}{dt} + \alpha S(\theta - \theta_0) = I^2 R, \quad (161)$$

бунда $I^2 R$ — элементга кирувчи сигнал, θ^o — чиқувчи сигнал.

3. Термопара автоматика элементи — датчик

Термопара иссиқлик камерасидаги температура ни ўлчайди ва уни узатиш учун қулай бўлган электр сигнали — термоэлектр юритувчи кучга айлантиради. Термопара учун кирувчи сигнал температура θ , чиқувчи сигнал термо ЭЮК — I_T бўлади. Термопара дифференциал тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$T \frac{de(t)}{dt} + e_T(t) = \kappa \theta(t), \quad (162)$$

бунда T — термопаранинг инерцион вақт константаси.

4. Ўзгармас ток двигатели — автоматиканинг ижрочи элементи

Двигателнинг принципаи схемаси 143-рasm, а да кўрсатилган.

Электр двигатель механик инерция моменти J , электр занжиридаги индуктивелик L ва актив қаршилиқ R лардан иборат энергия туплаш ва уни сарфлаш хусусиятига эга бўлган мураккаб элементдир. Элементга кирувчи (бошқарувчи) таъсир X_p двигатель якорига қўйиладиган кучланиш U_K , бошқариловчи параметр двигатель валининг бурчак тезлиги ω ёки бурилиш бурчаги γ бўлади.

Двигатель иккита дифференциал тенглама билан ифодаланади:

$$\left. \begin{aligned} 1) \text{ механик занжир учун } J \frac{d\omega}{dt} &= M_a - M_n \\ 2) \text{ электр занжир учун } L \frac{di}{dt} + RI + e &= U_K \end{aligned} \right\} \quad (163)$$

бунда $e = C_e \omega$ — тескари электр юритувчи куч. Бу ЭЮК якорь чулғамида унинг магнит майдонида айланиш тезлиги ω га мувофиқ ҳосил бўлади.

Двигатель якорида ҳосил бўладиган механик (актив) момент якорь токига пропорционал бўлади:

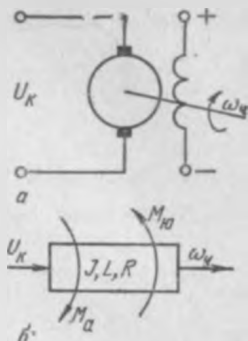
$$M_a = C_m I.$$

Шуларни ҳисобга олганда двигатель ҳаракатини ифодалайдиган дифференциал тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\left. \begin{aligned} J \frac{d\omega}{dt} + C_m I - M_n \\ L \frac{di}{dt} + RI + C_e \omega &= U_K \end{aligned} \right\} \quad (164)$$

Система (164) ни а га нисбатан ўзгартирамиз:

$$\frac{jL}{C_e C_m} \frac{d^2\omega}{dt^2} + \frac{jR}{C_e C_m} \frac{d\omega}{dt} + \omega + \frac{L}{C_e C_m} \frac{dM_n}{dt} + \frac{RM_n}{C_e C_m} = \frac{1}{C_e} U_K.$$



143-рasm. Ўзгармас ток двигатели:

а — принципаи схемаси; б — мажмуд таъсирлар схемаси.

Агар двигател валида қаршилиқ (нагрузка) моменти йўқ десак, $M_n = \frac{dM_n}{dt} \approx 0$, двигателнинг вақт константалари $T_r = \frac{L}{R}$; $T_m = j \frac{R}{C_s C_n}$

ва двигателнинг кучайтириш коэффициенти $K_d = \frac{1}{C_s}$ дейилса, двигател тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$T_r T_m \frac{d^2 \omega}{dt^2} + T_m \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_d \cdot U_n.$$

Бу иккинчи даражаси тенглама, умуман эгри чиқиқли дифференциал тенгламадир. Амалда кўпинча $T_m \gg T_r$, бўлиши ҳисобга олинса, двигателни 1- тартибли тенглама билан ифодалаш мумкин:

$$T_m \frac{d\omega}{dt} + \omega = k_d U_n, \quad (165)$$

бунда U_n — кировчи сигнал; ω — чиқувчи сигнал.

Агар двигател ижрочи элемент функциясини бажарса, ундан чиқувчи таъсир φ бурчакка бурилади. Шунда двигателнинг тенгламаси қуйидагича ёзилади:

$$I_m \frac{d^2 \varphi}{dt^2} + \frac{d\varphi}{dt} = K_n U_n, \quad (166)$$

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt},$$

бунда U_n — кировчи сигнал; φ — чиқувчи сигнал.

4- §. АРС ни математик ифодалаш

АРС нинг математик ифодаси унинг функционал схемаси ва ундаги ҳар бир функционал элементнинг математик ифодалари асосида тузилади.

Статик АРС ни (138- расм, а) ва унинг элементларини қуйидагича ифодалаймиз:*

1) объект — суюқлик резервуари

$$T_o \frac{dx_2(t)}{dt} + X_2(t) = K_p X_p(t), \quad (167)$$

бунда $X_2(t)$ ёки $H(t)$ — сув сатҳи баландлигининг ўзгариши; $X_p(t)$ — РО тўсиғининг сурилиши;

2) ижрочи элемент ИЭ — рычаг системаси

$$X_p(t) = K_{из} \Delta X(t); \quad (168)$$

3) таққослаш элементи

$$\Delta X(t) = X_o - X_q(t) \text{ ёки } \Delta X(t) = X_o - X_q(t) \quad (169)$$

* АРС ва ундаги элементларнинг параметрлари умумий ишора билан ёзилган.

бунда X_6 ёки H_6 сув сатҳи баландлигининг берилган миқдори;

4) датчик — қалқович

$$X'_q(t) = K_d X_q(t), \quad (170)$$

бунда $K_d = 1$ деб қабул қилинса, $X'_q(t) = X_q(t)$ бўлади. Қалқовичнинг суюқликдаги ҳаракати билан боғлиқ бўлган инерционлиги ҳисобга олинмайди.

Объектнинг берилган суюқлик сатҳи баландлиги H_6 ёки X_6 ни ўзгарувчи ва системага бошқариш канали бўйича кирувчи сигнал деб қабул қилиниб, тенгламалар системаси (167—170) ни кирувчи H_6 ёки $X_6(t)$ ва чиқувчи $X_q(t)$ параметрларга мувофиқ ўзгартирилса, АРС дифференциал тенгламаси қуйидагича ифодаланади:

$$T_0 \frac{dX_q(t)}{dt} + (1 + K_p K_{из}) X_q(t) = K_p K_{из} X_6(t). \quad (171)$$

Юқоридаги АРС нинг ижрочи қурилмасини электр двигатель билан алмаштирилса, АРС астатик системага айланади. Шунда ИЭ 1-тартибли дифференциал тенглама билан ифодаланади (137-расм). Бундай астатик системани қуйидаги тенгламалар системаси орқали ифодалаш мумкин:

$$\left. \begin{aligned} \text{объект тенгламаси } T_0 \frac{dX_q(t)}{dt} + X_q(t) &= K_p X_p(t), \\ \text{ижрочи элемент тенгламаси } T_{из} \frac{dX_p(t)}{dt} + X_p(t) &= K_{из} \Delta X(t), \\ \text{таққослаш элементи тенгламаси: } \Delta X(t) &= X_6 - X_q(t). \end{aligned} \right\} \quad (172)$$

АРС нинг дифференциал тенгламаси 2-тартибли бўлади:

$$T_0 T_{из} \frac{d^2 X_q(t)}{dt^2} + (T_0 + T_{из}) \frac{dX_q(t)}{dt} + (1 + K_p K_{из}) X_q(t) = K_{из} K_p X_6(t). \quad (173)$$

Объект 2-тартибли дифференциал тенглама билан ифодаланиши мумкин, унда АРС 3-тартибли тенглама билан ифодаланади. Датчикнинг инерционлиги ҳисобга олиниб, уни 1-тартибли тенглама билан ифодаланса, АРС нинг тенгламаси 4-тартибли бўлади.

Хулоса қилиб айтиш мумкинки, АРС ни ростилаш процесси қанча юқори аниқликларда ўтишини ҳисоблаш талаб қилинса, уни ифода-лайдиган дифференциал тенглама ҳам ўшанча юқори тартибли бўлади. Бундан ташқари, автоматик системанинг мураккаблиги ҳам уни ифода-лайдиган дифференциал тенглама тартибини оширади.

5-§. АРС объектларини математик моделлаш

Ростилаш объектлари (автоматика элементлари) бир-биридан физик табиати, ишлаш принциплари, технологик қурилмаларининг конструктив ўлчамлари, иш режими ва ҳоказоларга қараб фарқланади. Агар бундай объектларнинг асосий хусусиятларидаги ўхшашлик аломатларини ҳисобга олмай ва уларни ўзаро таққосламай, ҳар бирини алоҳида-алоҳида анализ қилинса, бирмунча қийинчиликларга

дуч келинади ва APC ни анализ қилиш учун кўп вақт сарф қилишга тўғри келади. Объектлар ва APC хусусиятларининг кўпинча бир-бирига яқин ва ўхшаш бўлиши уларни типларга (классларга) ажратиб анализ қилиш имконини беради, уларнинг хусусиятларини аниқлашни анча осонлаштиради. Бунинг учун ҳозирги вақтда ўхшашлик принципіга асосланган моделлаш методларидан фойдаланилади. Бунда объект (APC элементи) хусусиятлари модель хусусиятлари орқали аниқланади ва анализ қилинади.

APC ва унинг объекти хусусиятларини анализ қилиш учун ҳозирги вақтда физик ёки математик моделлардан фойдаланилади.

Физик модель деб ўхшашлик принциплари асосида тузилган объектнинг макети ва унга уланган биронта типдаги регулятордан иборат автоматик ростлаш системасига айтилади. Бунда объектнинг физик табиати сақлаб қолинади.

Математик моделнинг асосий мазмунини шундан иборатки, бунда объектга кирувчи сигнални чиқувчи сигналга айлантирадиган формал бир қурилма деб қаралади. Объектнинг физик табиати ва бошқалар ҳисобга олинмайди. Содда қилиб айтганда, чиқувчи сигналнинг кирувчи сигнал билан боғланишини кўрсатувчи математик ифода ростлаш объектнинг модели ҳисобланади.

Математик модель объектда ўтаётган процессни ва унинг тўғрисидаги сигналларни, физик табиатидан қатъи назар, тўла абстрактлаштиради. Шу туфайли бир хил тенглама билан бир қанча турли физик табиатга эга бўлган объектлардаги процессларни ифодалаш мумкин, бунда фақат объектларнинг характеристикалари $X_{чик} = f(X_k)$ бир хил ёки ўхшаш бўлиши асосий шарт ҳисобланади. Масалан, иссиқлик объекти, электр двигателлар, пўлат ўзакли индуктив қаршилик занжирлари ва бошқалар бир хил кўринишдаги характеристикага эга бўлгани учун бир хил тенглама:

$$T \frac{dX_q}{dt} + X_q = k X_k \quad (174)$$

билан ифодаланади.

Объект хусусиятларини унинг физик моделидан кўра математик модель ёрдамида ўрганиш қуйидаги афзалликларга эга:

1) математик моделни ташкил қилувчи тенгламаларни электрон ҳисоблаш машиналари ёрдамида ечиш йўли билан объектнинг хусусиятларини анализ қилиш, реал ростлаш объектнинг турли режимларда ишлашини эксперимент йўли билан (физик моделда) аниқлашга қараганда анча осон ва тез бажарилади;

2) математик модель ростлаш объекти қурилмасдан олдин ҳам тузилиши мумкин. Бундай модель ёрдамида олинган анализ натижаларидан объектнинг конструктив ускуналарини лойиҳалаш борасида технологик процесс режимларини коррекциялаш (тузатиш) учун фойдаланилади;

3) математик моделнинг анализи асосида объектларнинг хусусиятлари аниқланади ва уларни типик группаларга ажратиш имкони туғилади.

6-§. APC нинг иш режимлари

APC ва унинг объекти икки хил режимда — статик ва динамик режимларда ишлайди.

Объект статик (барқарор) режимда ишлаганда:

1) унга келадиган энергия ёки модда миқдори ундан чиқадиган миқдор қийматига тенг бўлади: $X_q = X_k$;

2) ростланувчи параметр $X_q(t)$ ўзгармас бўлиб қолади

$$X_q(t) \approx \text{const};$$

3) ростловчи энергия ёки модда миқдорининг объектга келиши ёки сарфини ўзгартириб турадиган APC нинг ростлаш органи (вентиль, клапан, задвижка ва бошқалар) ҳаракатсиз туради.

Ростланувчи объектга кирувчи миқдорнинг қиймати X_k ундан чиқувчи миқдор X_q қийматига тенг бўлиб турадиган шаронтдаги объектнинг иш режими статик режим деб аталади.

Объектнинг статик режимда ишлашини ифодалайдиган оддий мисол сифатида электр энергияси билан иситиладиган иссиқлик объектнинг кўрсатиш мумкин. Объектга кирадиган электр қуввати $I^2 R$ унинг ички температурасини ошира бошлайди, лекин объект температураси ($\theta - \theta_0$) вақт ўтиши билан ўзгармас бўлиб қолади. Бундай шаронтда объект статик (барқарорлик) режимига ўтган бўлади. Энди объектга кираётган энергия объект сиртидан теварак-атрофга тарқалувчи иссиқлик энергиясига айланади. Объектнинг ички иссиқлиги ўзгармас бўлиб қолади. Объектга кирувчи миқдор $I^2 R$ унинг сирт юзасидан теварак-атрофга тарқалувчи — чиқувчи миқдор $\alpha S(\theta - \theta_0)$ га тенг бўлади:

$$\alpha S(\theta - \theta_0) = I^2 R, \quad (175)$$

бунда θ_0 — объектнинг бошланғич температураси; θ — объект температурасининг сўнгги ўзгармас қиймати; α — объектнинг сиртқи юзасининг солиштирма иссиқлик тарқатиш коэффиценти; S — объектнинг иссиқлик тарқатувчи сиртқи юзаси.

Агар $k_0 = \frac{R}{\alpha S}$ — объектнинг сигнал узатиш коэффиценти деб қабул қилинса, объектнинг статик режимдаги характеристикаси қуйидаги тенглама билан ифодаланади:

$$\theta^0 = k_0 I^2.$$

Бу тенгламани объектнинг статик режимининг модели деб аталади. Формулага мувофиқ объектнинг статик характеристикаси эгри чиқиқли бўлади.

Бунга иккинчи мисол сифатида суюқлик резервуарининг статик моделини аниқлаймиз. Бунинг учун резервуарни статик режимда унга кирувчи Q_k суюқлик ва ундан чиқувчи суюқлик Q_q миқдорларини ўзаро тенг ва бу шаронтда ростланувчи параметр — суюқлик баландлиги ўзгармас деб қабул қиламиз;

$$H = \text{const}; \quad Q_k - Q_q = 0.$$

Бундан ташқари, резервуардан ихтиёрий оқиб чиқиб кетадиган суюқлик миқдорининг формуласи

$$Q_{\text{ч}} = K_{\text{ок}} \sqrt{H}$$

ҳисобга олинса,

$$Q_{\text{к}} = Q_{\text{ч}} = k_{\text{ок}} \sqrt{H} \quad (177)$$

бўлади, бундан резервуарнинг статик моделини топиш мумкин:

$$H = k_0 Q^2 \quad (178)$$

бунда $k_0 = \left(\frac{1}{k_{\text{ок}}}\right)^2$ — пропорционаллик коэффициенти; $k_{\text{ок}}$ — суюқлик оқиб чиқадиغان тешик ўлчами ва шаклига боғлиқ коэффициент.

Суюқлик резервуарининг статик характеристикаси ҳам эгри чиқиқли эканини (178) формуладан куриш мумкин.

АРС нинг динамик иш режимлари анализ қилиниши лозим бўлган асосий режим ҳисобланади. Объектга бўладиган ташқи таъсирлар — унинг нагрузкасининг технологик процесс давомида ўзгариб турадиган шароитда АРС ўзлуксиз ҳаракатда бўлади, динамик режимда ишлайди. Шу туфайли АРС ёки унинг объектининг динамик характеристикаларини топиш система анализининг энг асосий масаласи бўлиб қолади.

АРС ёки унинг объектининг динамик характеристикасини топишда икки хил усулдан фойдаланилади.

1. *Аналитик усул.* Бунда объектда технологик процесснинг боришини белгилайдиган мавжуд физик-химиявий қонунлар асосида объектининг математик модели (динамик модели) тузилади (4- §) ва динамик моделининг — дифференциал тенгламасининг ечими орқали динамик режим характеристикасининг изланаётган графиги қурилади.

Бу методнинг афзаллиги шундаки, модель тенгламаларига технологик процессни ва АРС ни ёки ростлаш объектини тузиш учун қўлланган ускуналарнинг ҳамма параметрлари киради. Бу параметрлар объект характеристикаси билан боғлангани учун керак бўлганда характеристикани яхшилаш йўллари яққол кўриниб туради. Аналитик метод билан олинган математик моделни (4- §) ўхшаш технологик процесс ва объектларнинг ҳаммасини анализ қилиш учун ҳам қўллаш мумкин.

Аналитик методнинг камчилиги сифатида унинг мураккаблиги, кўп меҳнат ва вақт талаб қилишини кўрсатиш мумкин. Аммо ҳозирги вақтда электрон-ҳисоблаш ва бошқа машиналар математик моделларининг ечимларини топиш учун қўлланиши туфайли аналитик методни АРС ни анализ қилиш учун қўллаш энг қулай ва жуда катта афзалликларга эга метод бўлиб қолмоқда. Ҳисоблаш ва динамик характеристикаларни қуриш ишларида меҳнат унумдорлиги беқиёс юқори бўлмоқда.

2. *Экспериментал-аналитик усул.* Бунда математик моделининг параметрлари номаълум бўлади. Бу параметрлар реал объектининг ўзида ёки унинг физик модели — макетида ўтказилган экспериментлардан олинган маълумотларга регрессион метод ёрдамида ишлов бериш йўли билан аниқланади. Объектнинг турли режимдаги хусусияти экспериментал йўл билан топилган параметрларни математик моделга қўйиш асосида анализ қилинади.

Бу методнинг афзаллиги олинган натижаларнинг юқори аниқликларга эга бўлишидир. Камчилиги эса экспериментдан олинган маълумотлар асосида тузилган математик модель фақат биргина текширилатган объектнинг ўзини анализ қилиш учунгина яроқли бўлади. Бундай математик моделда бошқа ўхшаш объектларни анализ қилиш ва тўғрироқ натижалар олиш мумкин бўлмайди.

7-§. Динамика тенгламаларини тўғри чиқиқлаштириш

АРС элементларининг статик характеристикалари тўғри чиқиқли бўлса, яъни ундан чиқадиған сигнал X_q кировчи сигнал X_k ўзгарши билан тўғри чиқиқ бўйича ўзгарса, бундай элемент тўғри чиқиқли элемент бўлади, тўғри чиқиқли элементнинг статик характеристикаси (144- расм) қуйидаги тенгламалар (статик моделлар) билан ифодаланеди:

$$1) X_q = a + k X_k \quad \text{ва} \quad 2) X_q = k X_k \quad (179)$$

бунда a — чиқувчи миқдорнинг бошланғич қиймати, $k = \frac{X_q}{X_k} = \tan \alpha$ — пропорционаллик коэффициентини.

Тўғри чиқиқли элементларнинг дифференциал тенгламалари (динамиқ моделлар) ҳам тўғри чиқиқли бўлади.

АРС элементларининг статик характеристикалари эгри чиқиқли бўлса (145- расм, 1 ва 2- график) бундай элементлар эгри чиқиқли элемент деб аталади.

Реал шароитда АРС элементларининг кўпчилиги эгри чиқиқли бўлиб, улар чиқиқли бўлмаган дифференциал тенгламалар билан ифодаланеди.

Чиқиқли бўлмаган тенгламаларнинг ечимини топиш — анализ қилиш мураккаб ва қатор қийинчиликларга эга бўлганлиги сабабли улар амалда тўғри чиқиқли тенгламалар билан алмаштирилади. Бунинг учун элементнинг эгри чиқиқли статик характеристикасини берилган қиймати X_0 атрофида Тейлор қаторига ёйилади.

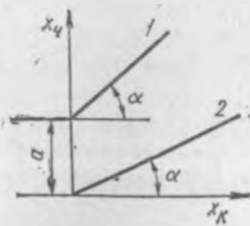
$$Y = f(X) = Y(X_0) + \left(\frac{dy}{dx} \right)_{\lim \Delta x \rightarrow 0} \Delta X + \left(\frac{d^2 y}{dx^2} \right)_{\lim \Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta X^2}{2} + \dots \quad (180)$$

Бу тенгламада $\lim \Delta x \rightarrow 0$ бўлгани учун унинг юқори тартибли ҳадлари Δx^2 , Δx^3 ва ҳоказолар ҳисобга олинмайди. Шунда Тейлор тенгламаси икки ҳадли бўлиб қолади:

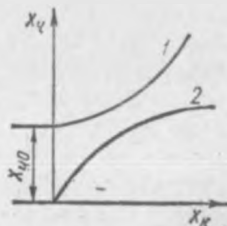
$$Y = Y(X_0) + \left(\frac{dy}{dx} \right)_{\lim \Delta x \rightarrow 0} \Delta X.$$

Ундаги

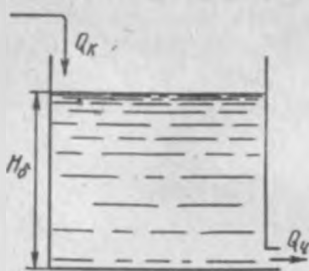
$$\left(\frac{dy}{dx} \right)_{\lim \Delta x \rightarrow 0} = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$



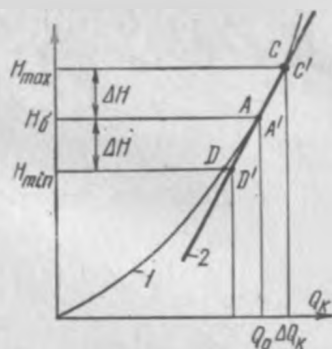
144- расм.



145- расм.



146-рasm. Босимли суюқлик резервуари (эгри чизикли элемент).



147-рasm. Суюқлики идиш — объектнинг статик характеристикалари:

1 — объектнинг (эгри чизикли) характеристикаси; 2 — объектнинг тўғри чизиклилаштирилган характеристикаси (CD — оралиғида).

тўғри чизиклилаштириш коэффициенти деб қабул қилинади. Шунда элемент тенгламаси унинг аргументини берилган қиймати H_0 атрофида тўғри чизиклилаштирилган бўлади.

Тўғри чизиклилаштириш методининг босимли суюқлик резервуарининг (146-рasm) статик характеристикасини 147-рasm асосида ўрганамиз.

Технологик процесс давомида резервуардаги суюқлик олдиндан берилган баландлик H_0 га нисбатан $\pm \Delta H$ оралиғида ўзгариши мумкин деб фараз қиламиз. Шунда объект ўзининг статик характеристикасининг ДАС оралиғида ишлайди. Нуқта A характеристиканинг берилган иш нуқтаси бўлади. Характеристиканинг A нуқтасига уринма ўтказилиб, объектнинг ишлаш оралиғини шу уринмадаги ДАС га кўчирилса, объектни статик характеристикаси $D'A'C'$ оралиғида тўғри чизикли бўлади. Эгри чизикли характеристикадан объектнинг ишлаш зонасини берилган ишчи нуқтага ўтказилган тўғри чизик — уринмага кўчириш тўғри чизиклилаштириш деб аталади. Тўғри чизиклилаштирилган статик характеристика бўйича қилинган анализ ва ҳисоблашларнинг хатоси оралиқлар CC' ва DD' нинг катталигига боғлиқ бўлади. Бу эса ўз навбатида эгри чизикли характеристиканинг эгрилик даражасига ва объектнинг A нуқтаси атрофидаги ишлаш зонаси CAD нинг кенглигига боғлиқ бўлади. Биронта қутилмаган сабабларга биноан APC нинг ростланувчи параметри H технологик процесс давомида ДАС зонасидан четга чиқса, ростлаш процессининг сифати кескин пасайиб кетади. Шунинг учун тўғри чизиклилаштиришга киришишдан олдин ростланувчи параметрнинг технологик процесс давомида қутилган максимал четга чиқиши маълум бўлиши талаб қилинади.

Босимли суюқлик резервуаридаги ростланувчи параметрни (суюқлик баландлигини) берилган H_0 атрофида кировчи суюқлик

миқдори ΔQ_k нинг ўзгариши бўйича ёйилган Тейлор қаторининг бирдан юқори даражали ҳадларини ташлаб юборгандаги ифодаси

$$H = H_0 + \left(\frac{dH}{dQ_k} \right)_{\lim \Delta Q \rightarrow 0} \Delta Q \quad (181)$$

ёки

$$\Delta H = H - H_0 = \left(\frac{dH}{dQ_k} \right)_{\lim \Delta Q \rightarrow 0} \Delta Q$$

бўлади.

Агар (177) ни ҳисобга олинса, объектни тўғри чиқиқлаштириш коэффициенти $k_{тўғ}$ қуйидагича ифодаланади:

$$k_{тўғ} = \left(\frac{dH}{dQ_k} \right)_{\lim \Delta Q \rightarrow 0} = \frac{2\sqrt{H}}{k_{ок}}. \quad (182)$$

Бунда $k_{ок}$ — суюқликнинг резервуардан ихтиёрий равишда оқиб чиқиб кетаётганидаги пропорционаллик коэффициенти. Тенглама

$$\Delta H = k_{тўғ} \Delta Q \quad (183)$$

графикдаги тўғри чиқиқ (уринма) $C'A'D'$ ни ифодалайди.

8- §. APC элементларининг уланиш схемалари ва статик характеристикалари

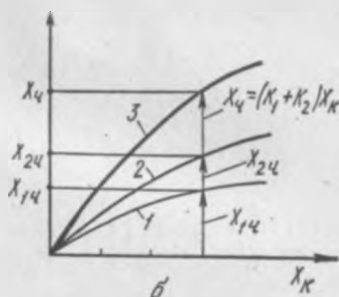
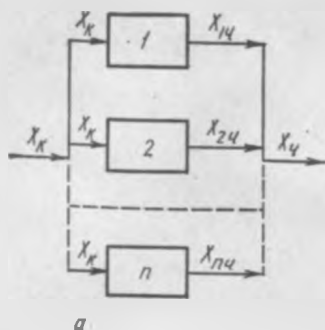
APC функционал схемалари тузилишига кўра автоматика элементлари бир-бирлари билан параллел, кетма-кет ва тескари боғланишли (ёпиқ занжирли) схемалар турида уланган бўлади. Бу схемалардаги функционал элементларнинг статик характеристикаларидан APC параметрларини ҳисоблаш ва APC статик характеристикасини яшашда фойдаланилади.

Схемаларни ва улардаги элементларнинг статик характеристикаларини икки хил усул; аналитик ҳамда экспериментал усуллар билан ҳисоблаш ва яшаш мумкин.

Аналитик усулда элементнинг статик характеристикаси барқарор режимда унга кирувчи ва ундан чиқувчи сигналларнинг ўзаро боғланишини кўрсатувчи математик ифодага (статика моделига) мувофиқ ясалади.

APC элементларининг статик характеристикасини экспериментал усул билан олиш учун унинг кириш сигналининг миқдори бир қатор ўзаро тенг қийматларга бўлинади ва унинг ҳар бир қийматида мувофиқ барқарор режимлардаги чиқувчи сигналларнинг қиймати ўлчов асбоби орқали аниқланади. Шу йўл билан олинган маълумотларга мувофиқ элементнинг статик характеристикаси $X_q = f(X_k)$ ясалади.

Параллел уланган элементларнинг эквивалент характеристикаси 148-расм, а да кўрсатилган схемага мувофиқ ҳисобланади ва ясалади. Бундай элементларнинг ҳаммасига кирувчи сигнал X_k бир хил қийматда таъсир қилади, улардан чиқувчи сигналлар эса бир хил қийматга эга бўлмайди, бу уларнинг сигнал узатувчанлик хусусиятларига боғлиқ бўлади.



148- расм. Параллел уланган элементлар:
а — улаиш схемаси; б — статик характеристикалари.

Параллел уланган элементларнинг тенгламалари (статик моделлари) қуйидагича берилган бўлса:

$$X_{1ч} = f_1(X_k); X_{2ч} = f_2(X_k); X_{3ч} = f_3(X_k), \dots \quad (184)$$

схемадан чиқувчи эквивалент сигнал $X_ч$ элементлардан чиқувчи сигналларнинг йиғиндисига тенг бўлади:

$$X_ч = X_{1ч} + X_{2ч} + X_{3ч} + \dots + X_{nч}$$

ёки

$$X_ч = \sum_{i=1}^n f_i(X_k). \quad (185)$$

Схеманинг статик характеристикасини яшаш методи тенглама (185) га мувофиқ бўлади.

Схемадан чиқувчи сигнал $X_ч$ нинг бир қатор кирувчи сигналлар қийматига мувофиқ олинган элементлардан чиқувчи сигналлар йиғиндилари асосида $X_ч$ ўқи бўйича йиғиндиси топилади ва топилган нуқталар бўйича ўтказилган чизик схеманинг эквивалент статик характеристикаси $X_ч = (K_1 + K_2) \cdot X_k$ бўлади (148- расм, б).

Параллел уланган элементларнинг тенгламалари $X_{1ч} = K_1 X_k$; $X_{2ч} = K_2 X_k$; $X_{3ч} = K_3 X_k$ ва бошқалар бўлса, схеманинг тенгламаси

$$X_ч = \sum_{i=1}^n k_i X_k = X_k \sum_{i=1}^n k_i = K X_k \quad (186)$$

бўлади.

Бунда $k = \sum_{i=1}^n k_i$ — параллел уланган элементларнинг эквивалент сигнал узатиш коэффициенти.

Кетма-кет уланган элементлар характеристикаси. Кетма-кет уланган элементлар схемаси 149- расмда кўрсатилган. Олдинги элементлардан чиқувчи сигнал ундан кейинги элементга кирувчи сигнал бўлиб таъсир қилади.

Кетма-кет уланган элементлар учун қуйидаги тенгламалар системасини ёзиш мумкин:

$$X_{1ч} = X_{2к}, X_{2ч} = X_{3к}, X_{3ч} = X_{4к}$$

ва б. (187)

$$X_{1ч} = K_1 X_k$$

$$X_{2ч} = K_2 X_{1ч} = K_2 K_1 X_k$$

$$X_{3ч} = K_3 X_{2ч} = K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 X_k$$

$$X_{4ч} = K_4 X_{3ч} = K_4 \cdot K_3 \cdot K_2 \cdot K_1 X_k \quad (188)$$

Бу системадан оралиқ координаталар $X_{1ч}$, $X_{2ч}$, $X_{n-1ч}$ ни чиқариб ташланса,

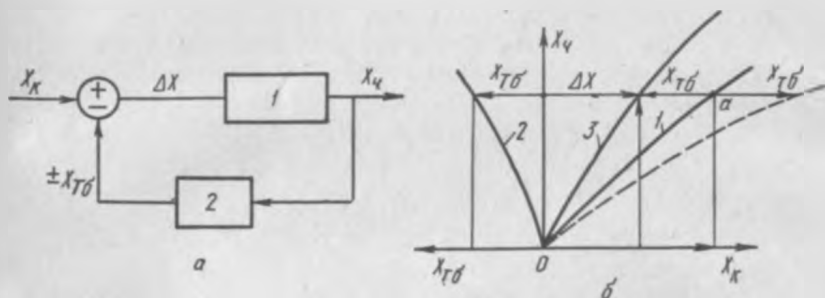
$$X_q = X_k \prod_{i=1}^n k_i = k X_k, \quad (189)$$

бунда $k = \prod_{i=1}^n k_i$ — кетма-кет уланган элементлар схемасининг эквивалент узатиш коэффициенти.

149- расм, б да кетма-кет уланган учта элементли схеманинг эквивалент статик характеристикасини график асосида топиш усули кўрсатилган.

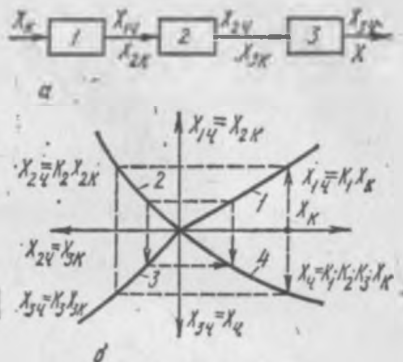
Тескари боғланишли схеманинг характеристикаси (150- расм). Элемент 1 дан чиқувчи сигнал X_q , тескари боғланиш элементи 2 орқали яна қайтиб элемент 1 га кирувчи сигнал $X_{тб}$ бўлади. Элемент 1 нинг статик характеристикаси $X_q = f_1(\Delta X)$ (150- расм, б, 1- график) қайтма боғланиш занжиридаги элемент 2 нинг статик характеристикаси $X_{тб} = f_2(X_q)$ бўлса, кирувчи сигнал X_k билан тескари боғланиш сигналининг йиғиндиси ΔX қуйидагича ифодаланади:

$$\Delta X = X_k \pm X_{тб} \quad (190)$$



150- расм. Элементларнинг тескари боғланишли схемаси:

а — уланиш схемаси; б — статик характеристикалари; 1 ва 2 элементларнинг статик характеристикалари; 3 — эквивалент статик характеристика.



149- расм. Элементларнинг кетма - кет уланиши:

а — уланиш схемаси; б — статик характеристикалари.

Бунда «+» ишора тескари боғланиш сигнали кирувчи сигнал X_q билан қўшилишини, «—» ишора эса тескари боғланиш сигнали кирувчи сигналдан айрилиши кераклигини кўрсатади.

Агар

$$X_q = K_1 \Delta X, \quad X_{\tau_0} = K_2 X_q \text{ бўлса,} \\ X_q = K_1 \Delta X = K_1 (X_k \pm K_2 X_q) \text{ бўлади.}$$

Тескари боғланишли схеманинг статик характеристикаси қуйидагича ифодаланган.

$$X_q = \frac{K_1}{1 \mp K_1 K_2} \cdot X_k = K X_k. \quad (191)$$

Бунда $K = \frac{K_1}{1 \mp K_1 K_2}$ — схеманинг сигнал узатиш коэффициенти.

Тескари боғланишли схеманинг статик характеристикасини ундаги элемент 1 ва 2 ларнинг статик характеристикалари графиклари асосида яшаш усули 150-расм, б да кўрсатилган. Тескари боғланиш сигнали манфий ишорага эга бўлса, чиқувчи сигнал X_q ни (элемент 1 даги нуқта а ни) ўнг тарафга суради. Агар тескари боғланиш сигнали мусбат ишорали бўлса, нуқта а чап тарафга X_{τ_0} миқдорида сурилади, элемент 1 характеристикасидаги а нуқтанинг сурилиш миқдори тескари боғланиш занжиридаги элемент 2 дан чиқувчи сигнал X_{τ_0} миқдорига тенг бўлади.

9- §. APC нинг динамик характеристикалари

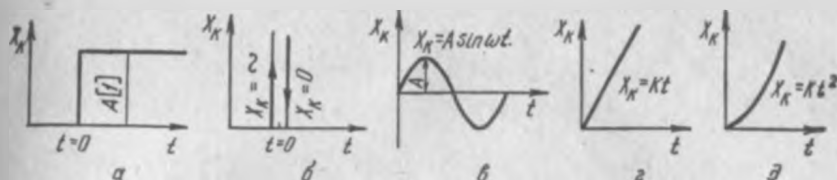
Технологик процесс давомида мавжуд бўладиган ўтиш режими, система барқарорлик режимининг бузилиши объектга ёки APC га кирувчи сигнал $X_k(t)$ нинг таъсири туфайли пайдо бўлади. Бундай шароитда:

- 1) ростланувчи параметрнинг оний қиймати $X_q(t)$ унинг берилган қиймати X_0 га тенг бўлмайди; 2) объектга кираётган энергия ёки модда миқдори Q_k ундан чиқаётган миқдори Q_q га тенг бўлмайди; 3) системанинг ростловчи органи ҳаракатга келган бўлади.

APC ва ундаги элементларнинг бундай динамик хусусиятлари уларнинг ўтиш режими функцияси ва ўтиш режими характеристикаси, частотавий характеристикалари асосида анализ қилинади.

Ўтиш режими характеристикаси деб APC ёки унинг элементига кириш сигнали $X_k(t)$ таъсир қилганда пайдо бўладиган чиқувчи сигналнинг вақт бўйича ўзгариши $X_q(t)$ га айтилади.

Динамик режим характеристикалари APC ёки ундаги элементларнинг хусусиятларидан ташқари, унга қандай кирувчи сигнал таъсир қилишига ҳам боғлиқдир. Бундай сигналлар турли ва тасодифий характерда таъсир кўрсатади. Шунинг учун системанинг динамик иш режимларини анализ қилишда бир нечта танланган типик кирувчи сигналлар таъсиридангина фойдаланилади (151-расм).



151- расм. Системага таъсир қилувчи типик сигнал турлари:

а — сакрашсимон сигнал; б — импульсли сигнал; в — гармоник сигнал; д — тўғри чиқиқли сигнал; е — квадратик характеристикали сигнал.

Кирувчи сигнал сакрашсимон бўлганда:

$$t < 0 \text{ бўлса, } X_K(t) = 0$$

$$t > 0 \text{ бўлса, } X_K(t) = 1$$

$$\text{ёки } X_K(t) = A(t) = A[1] \quad (192)$$

бўлади (151- расм, а).

Кирувчи сигнал импульссимон бўлганда,

$$0 > t > 0 \text{ бўлса, } X_K(t) = 0,$$

$$t = 0 \text{ бўлса, } X_K(t) = 1$$

бўлади. Бу сигнал сакрашсимон сигнал $X_K(t) = A(t)$ нинг ҳосиласи сифатида вужудга келади:

$$X_K(t) = A'(t). \quad (193)$$

Буни дельта-функция $\delta(t) = 1'(t)$ деб ҳам юритилади (151- расм, б).

Кирувчи сигнал гармоник функция бўлганда (151- расм, в)

$$X_K = A \sin \omega t \quad (194)$$

ёки

$$X_K = A \cos \omega t$$

бўлади, бунда A — таъсирнинг амплитудаси; $\omega = \frac{2\pi}{T}$ — циклик частота; T — тебраниш даври.

АРС ва ундаги элементларнинг хусусиятларини аниқлаш ва анализ қилишда кўпинча сакрашсимон, импульссимон, гармоник кўринишдаги кирувчи функцияларнинг таъсиридан фойдаланилади.

Динамик хусусиятлари анализ қилинадиган автоматика элементининг математик модели қуйидаги тенглама (195) билан ифодаланган ва элементга таъсир этадиган кирувчи сигнал $X_K(t)$ амплитудаси $A[1]$ га тенг сакрашсимон функция бўлсин:

$$T \frac{dx_K(t)}{dt} + X_K(t) = k X_K(t). \quad (195)$$

Бу тенглама ечимини топишнинг икки усули; классик ва операцион усуллари билан танишамиз.

Классик усулга мувофиқ тенгламанинг ечими мажбурий $X_K(t)$

ва ихтиёрий $X_{\text{нх}}(t)$ ўзгарадиган қисмлардан иборат бўлади:

$$X_{\text{нх}}(t) = X_{\text{м}}(t) + X_{\text{нх}}(t), \quad (196)$$

бунда $X_{\text{м}}(t) = KX_{\text{к}}$ — элементнинг барқарор режимларда ишлашини ифодалайди; $X_{\text{нх}}(t) = Ce^{-\frac{t}{T}}$ элементнинг ихтиёрий ўтиш режимини ифодалайди.

Ихтиёрий режим ечими $X_{\text{нх}}(t)$ ни топиш учун тенглама (195) нинг ўнг томонини нолга тенглаштирилади:

$$T \cdot \frac{dX_{\text{нх}}(t)}{dt} + X_{\text{нх}}(t) = 0 \quad (197)$$

ва ундаги ўзгарувчи параметрлар қуйидагича ёзилади:

$$\frac{dX_{\text{нх}}(t)}{dX_{\text{нх}}(t)} + \frac{T}{dt} = 0. \quad (198)$$

Бу ифодани интеграллаш натижаси

$$\ln X_{\text{нх}}(t) + \frac{t}{T} + C' = 0.$$

Шунда ихтиёрий ўзгарувчи ечимининг ифодаси

$$X_{\text{нх}}(t) = Ce^{-\frac{t}{T}}$$

бўлади, бунда C — интеграллаш константаси.

Умумий ечим (199) га мувофиқ

$$X_{\text{нх}}(t) = kX_{\text{к}}(t) + Ce^{-\frac{t}{T}}. \quad (199)$$

Бундаги интеграллаш константаси C , $t = 0$ бўлгандаги бошланғич шароитларга мувофиқ топилади, яъни $t = 0$ бўлганда $X_{\text{нх}}(t) = 0$ бўлади. Тенглама (199) га мувофиқ

$$0 = kX_{\text{к}}(t) + C, \quad (200)$$

$$C = -kX_{\text{к}}(t).$$

Энди интеграллаш константаси C нинг топилган қиймати (200) ни тенглама (199) га қўйиб, АРС элементининг ўтиш режими функциясини топилади:

$$X_{\text{нх}}(t) = kX_{\text{к}} \left(1 - e^{-\frac{t}{T}} \right). \quad (201)$$

Бунда k — элементнинг сигнал узатиш коэффициенти; T — элементнинг вақт константаси.

Бу ечимга мувофиқ элементнинг ўтиш режими характеристикасини (152-расм) ясаш ва унинг хусусиятларини анализ қилиш мумкин.

Амалда АРС ёки унинг элементидаги ўтиш режимини анализ қилишда, кўпинча, вазн функциясидан фойдаланилади. Чунки технологик процесс давомида системада, кўпинча, импульсли сигналлар

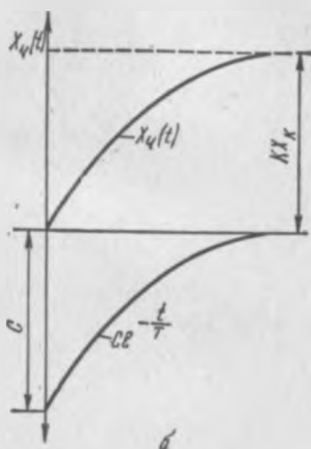
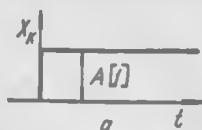
(дельта функция) таъсир қилади. Бундай шароитда системадан чиқувчи сигналнинг вақт бўйича ўзгариши вази функцияси деб аталади.

Системага кирувчи импульсли сигнал (дельта функция) амплитудаси бирга тенг бўлган сакрашсимон функциянинг ҳосиласига тенг бўлгани учун вази функцияси ҳам ўткинчи функциянинг вақт бўйича ҳосиласи билан ифодаланади.

Импульсли функция қуйидагича ифодаланади.

$$\int_0^t \frac{d[1(t)]}{dt} \cdot dt = \int_0^t 1'(t) \cdot dt = 1, \quad (202)$$

бунда $1'(t)$ — амплитудаси бирга тенг бўлган сакрашсимон функциянинг 1-тартибли ҳосиласи. Бу функция $t = 0$ бўлганда чексиз қийматга, $t > 0$ бўлганда эса нолга тенг бўлади.



152- расм. АРС элементининг динамик характеристикалари.

10- §. Ҳисоблашнинг операцион усули

Тўғри чизиқли дифференциал тенгламаларнинг ечимини топишда Лаплас алмаштириши деб аталадиган операцион ҳисоблаш усули кенг қўлланади. Бу усулга мувофиқ:

1. АРС ни ифодалайдиган дифференциал тенгламаларнинг ҳақиқий функциялари $f(t)$ тасвирий функция $F(p)$ билан алмаштирилади. Натижада дифференциал тенгламалар оддий алгебраик тенгламаларга, ҳақиқий функциялар $f(t)$ алгебраик функциялар $F(p)$ га айланади. Бундай алмаштириш Лаплас формуласига мувофиқ бажарилади.

$$F(p) = \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} \cdot dt \quad (203)$$

ёки

$$F(p) = L[f(t)], \quad (204)$$

бунда $F(p)$ — оригинал функция $f(t)$ нинг операцион тасвири; $f(t)$ — оригинал, берилган функция; $p = a + j\omega$ — комплекс миқдор; a ва ω — ҳақиқий ўзгарувчилар; L — Лаплас алмаштириши операциясининг символик белгиси.

2. Лаплас алмаштириши хоссаларига асосланадиган қондаларга мувофиқ тасвирий функциялар устида ўтказилган операциялар натижасида топилган алгебраик тенгламанинг ечими аниқланади. Бу ечим дифференциал тенгламанинг тасвирий ечими бўлади.

3. Аниқланган алгебраик тенгламанинг тасвирий ечими асосида унинг оригинал ечими, яъни дифференциал тенгламанинг ечимини

топиш учун Лаплас тескари алмаштириш қондасидан фойдаланилади;

$$f(t) = L^{-1}[F(p)], \quad (205)$$

бунда L^{-1} — Лаплас тескари алмаштириш операциясининг симболи.
Мисоллар:

1. Ўзгармас миқдор $f(t) = C$ нинг тасвири

$$F(p) = \int_0^{\infty} C e^{-pt} dt = C \left| -\frac{e^{-pt}}{p} \right|_0^{\infty} = \frac{C}{p}. \quad (206)$$

2. Экспоненциал функция $f(t) = e^{\pm \alpha t}$ нинг тасвири

$$F(p) = \int_0^{\infty} e^{\pm \alpha t} e^{-pt} dt = \int_0^{\infty} e^{-(p \mp \alpha)t} dt = \frac{1}{p \pm \alpha}. \quad (207)$$

3. Тригонометрик функция $f(t) = e^{j\omega t}$ нинг тасвири олдинги мисолга мувофиқ

$$F(p) = \frac{1}{p - j\omega} = \frac{p + j\omega^2}{p^2 + \omega^2} = \frac{p}{p^2 + \omega^2} + j \frac{\omega}{p^2 + \omega^2}, \quad (208)$$

$$e^{j\omega t} = \cos \omega t + j \sin \omega t$$

ни ҳисобга олганда

$$\cos \omega t \doteq \frac{p}{p^2 + \omega^2}; \quad \sin \omega t \doteq \frac{\omega}{p^2 + \omega^2}. \quad (209)$$

4. Функция ҳосиласининг тасвири

$$f(t) \doteq F(p) = \int_0^{\infty} f(t) \cdot e^{-pt} dt \text{ бўлгани учун}$$

$$\frac{df(t)}{dt} \doteq F_1(p) = \int_0^{\infty} \frac{df(t)}{dt} \cdot e^{-pt} dt. \quad (210)$$

Функция (210) ни формула $\int U dV = UV - \int V dU$ га мувофиқ интеграллаймиз. Бунда $U = e^{-pt}$, $dV = df(t)$ десак,

$$F_1(p) = \left| e^{-pt} f(t) \right|_0^{\infty} + p \int_0^{\infty} f(t) e^{-pt} dt = PF(p) - Pf(0), \quad (211)$$

бунда $f(0)$ функция $f(t)$ нинг бошланғич $t=0$ бўлгандаги қиймати.

5. Функциянинг 2-тартибли ҳосиласи тасвири:

$$\frac{d^2 f(t)}{dt^2} \doteq p^2 F(p) - p^2 f(0) - pf'(0), \quad (212)$$

функциянинг n -тартибли ҳосиласи

$$\begin{aligned} \frac{d^n f(t)}{dt^n} \doteq & p^n F(p) - p^n f(0) - p^{(n-1)} f'(0) - p^{(n-2)} f''(0) - p^{(n-3)} f'''(0) - \\ & - \dots - pf^{(n-1)}(0). \end{aligned} \quad (213)$$

Агар бошланғич шароитда функциялар нолга тенг деб қабул қилинса, $f(0) = 0$,

$$\frac{df(t)}{dt} \doteq pF(p); \quad \frac{d^2f(t)}{dt^2} \doteq p^2F(p); \quad \dots; \quad \frac{d^n f(t)}{dt^n} \doteq p^n F(p). \quad (214)$$

6. Функция интеграли

$$\varphi(t) = \int f(t) dt \quad (215)$$

нинг тасвири.

Функцияни ҳосила (дифференциал) кўринишида ёзамиз:

$$\frac{d\varphi(t)}{dt} = f(t).$$

4-мисолга биноан, $\varphi = 0$ шартини ҳисобга олганда

$$\varphi(p) = \frac{1}{p} F(p). \quad (216)$$

7. Қечикувчи функция $f(t - \tau)$ нинг тасвири.

Агар $t - \tau = \lambda$; $t = \lambda + \tau$ десак,

$$\begin{aligned} \int_0^\infty f(t - \tau) e^{-pt} dt &= \int_0^\infty f(\lambda) e^{-p(\lambda + \tau)} d\lambda = e^{-p\tau} \int_0^\infty f(\lambda) e^{-p\lambda} d\lambda = \\ &= e^{-p\tau} F(p) \end{aligned} \quad (217)$$

бўлади.

8. Дифференциал тенглама

$$a_0 \frac{df(t)}{dt} + a_1 f(t) = F(t) \quad (218)$$

нинг тасвири

$$(a_0 p + a_1) \psi(p) = \varphi(p) + a_0 p f(0)$$

бунда

$$F(t) = \varphi(p), \quad f(t) = \psi(p),$$

тенгламанинг тасвирий ечими:

$$\psi(p) = \frac{\varphi(p) + a_0 p f(0)}{a_0 p + a_1}. \quad (219)$$

Дифференциал тенгламаларнинг тасвирий ечимини қуйидаги энг оддий тенгламалар мисолида кўрамиз.

1. Автоматик элементнинг дифференциал тенгламаси берилган:

$$L \frac{di}{dt} + ri = 0. \quad (220)$$

Бу тенгламани (218) тенглама билан таққослаб, қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$a_0 = L; \quad a_1 = r; \quad F(t) = 0, \quad f(t) = i; \quad f(0) = \frac{U}{r} = I_0$$

Берилган дифференциал тенгламанинг тасвири $(a_0 p + a_1)I(p) = a_0 p I_0$, тенгламанинг тасвирий ечими

$$I(p) = \frac{a_0 p I_0}{a_0 p + a_1} = \frac{L p I_0}{L p + r} = I_0 \frac{p}{p + \frac{r}{L}} = I_0 \frac{p}{p + a} \quad (221)$$

бунда: $a = \frac{r}{L}$.

2. Элементнинг дифференциал тенгласи

$$L \frac{di}{dt} + ri = U. \quad (222)$$

Бу тенгламани тенглама (218) билан солиштириб, қуйидагиларни ёзиш мумкин:

$$F(t) = U; \quad \varphi(p) = U; \quad a_0 = L; \quad a_1 = r; \quad f(t) = i;$$

тенгламанинг тасвирий ечими

$$\psi = \frac{\varphi(p) + a_0 p f(0)}{a_0 p + a_1} \quad (223)$$

Бошланғич шароит $f(0) = 0$ бўлганда, тенгламанинг тасвирий ечими

$$\psi = \frac{\varphi(p)}{a_0 p + a_1}$$

тенглама (222) нинг тасвирий ечими:

$$I(p) = \frac{U}{Lp + r} = \frac{U}{r} \cdot \frac{\frac{r}{L}}{p + \frac{r}{L}} = \frac{U}{r} \cdot \frac{a}{p + a}. \quad (224)$$

АРС ёки ундаги элементлар дифференциал тенгламаларининг ечими уларнинг юқорида топилган тасвирий ечимлари (221) ва (224) орқали топилади. Бунинг учун операцион тасвирлар ва оригинал функциялар жадвалидан фойдаланилади, бундай функцияларнинг бир қисми 10-жадвалда келтирилган. Тенглама (220) нинг ечимини уни операцион тасвири

$$I(p) = I_0 \frac{p}{p + a}$$

га мувофиқ 10-жадвалдан топамиз (10-жадвал, 2-қатор)

$$i(t) = I_0 e^{-at} = I_0 e^{-\frac{r}{L}t}. \quad (225)$$

Тенглама (222) нинг ечимини уни операцион тасвири

$$I(p) = \frac{U}{r} \cdot \frac{a}{p + a}$$

га мувофиқ (10-жадвал, 4-қатор) топамиз:

$$i(t) = \frac{U}{r} (1 - e^{-\frac{r}{L}t}) \quad (226)$$

Бу ечимларда $a = \frac{r}{L}$; $\frac{U}{r}$ ўзгармас миқдорлар бўлгани учун уларнинг тасвири ўзгармас миқдорнинг ўзига тенглик хусусиятидан фойдаланиб топилган.

10- жадвал. Операцион тасвир ва ҳақиқий функциялар жадвали

№ №	$F(P)$ — (тасвир)	$f(t)$ — (оригинал)	
1	$aF(p)$	$af(t)$	
2	$\frac{P}{P+a}$	e^{-at}	
3	$\frac{1}{a} \cdot \frac{a}{P+a}$	$\frac{1}{a}(1 - e^{-at})$	
4	$\frac{a}{P+a}$	$1 - e^{-at}$	
5	$\frac{P}{P+j\omega}$	$e^{j\omega t}$	
6	$\frac{P^2}{P^2+\omega^2}$	$\cos \omega t$	
7	$\frac{P^2 \cos \psi - \omega P \sin \psi}{P^2 + \omega^2}$	$\cos (\omega t + \psi)$	
8	$\frac{P^2 \sin \varphi + \omega P \cos \varphi}{P^2 + \omega^2}$	$\sin (\omega t + \varphi)$	
9	$\frac{\omega^2}{P^2 + \omega^2}$	$1 - \cos \omega t$	
10	$\frac{1}{(P+R)(P+b)}$	$\frac{1}{ab} + \frac{1}{ab} \left(\frac{1}{a} e^{-at} - \frac{1}{b} e^{-bt} \right)$	
11 а ҳока- золар	$\frac{1}{P^2 + T_1 P + T_2}$	$\frac{1}{\sqrt{T_2 - \frac{T_1^2}{4}}} e^{-\frac{T_1}{2}t} \sin \sqrt{T_2 - \frac{T_1^2}{4}} \cdot t$ $T_2 > \frac{T_1^2}{4}$ бўлганда	

11-§. Сигнал узатиш функцияси

Автоматик ростлаш ва бошқариш системалари ёки улардаги элементларнинг сигнал узатиш функцияси деб Лаплас алмаштириши

бўйича ифодаланган чиқувчи сигнал тасвири $X_q(p)$ нинг кирувчи сигнал тасвири $X_k(p)$ га бўлган нисбатини айтади:

$$k(p) = \frac{X_q(p)}{X_k(p)} \quad (227)$$

бунда

$$X_q(p) = L[X_q(t)]; \quad X_k(p) = L[X_k(t)].$$

Узатиш функцияси АРС ёки унинг элементи тенгламасининг ўнг ва чап томонларига тегишли Лаплас алмаштиришининг тасвири асосида топилади. Бунда ўтиш параметрининг бошланғич қиймати нолга тенг деб фараз қилинади, яъни:

$$t = 0 \quad X_q(0) = 0.$$

Масалан, АРС ёки унинг элементи

$$T \frac{dX_q(t)}{dt} + X_q(t) = kX_k(t) \quad (228)$$

тенглама билан ифодаланса, бунинг учун Лаплас алмаштириши қуйидагича ёзилади:

$$\int_0^\infty \left[T \frac{dX_q(t)}{dt} + X_q(t) \right] e^{-pt} dt = \int_0^\infty kX_k(t) e^{-pt} dt. \quad (229)$$

Бундан юқорида қабул қилинган ишоралар, Лаплас алмаштириши хоссаларидан фойдаланиб қуйидаги тасвирий тенгламани ёзиш мумкин:

$$TPX_q(p) + X_q(p) = kX_k(p), \quad (230)$$

ёки

$$(Tp + 1)X_q(p) = kX_k(p) \quad (231)$$

га мувофиқ элементнинг узатиш функцияси

$$k(p) = \frac{X_q(p)}{X_k(p)} = \frac{k}{Tp + 1}$$

бўлади.

Амалда дифференциал тенгламадан тасвирий тенгламага ўтиш учун ундаги интеграллаш ва дифференциаллаш ишораларини оператор $\frac{d}{dt} \div p$; $\int dt \div \frac{1}{p}$ билан тўғридан-тўғри алмаштирилади. Буни қуйидаги тенгламада кўрамыз:

$$\begin{aligned} a_0 \frac{d^n X_q(t)}{dt^n} + a_1 \frac{d^{n-1} X_q(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_{n-1} \frac{dX_q(t)}{dt} + a_n X_q(t) = \\ = b_0 \frac{d^m X_k(t)}{dt^m} + b_1 \frac{d^{m-1} X_k(t)}{dt^{m-1}} + \dots + b_m X_k(t). \end{aligned} \quad (232)$$

Дифференциаллаш ишораси $\frac{d}{dt}$ ни тўғридан-тўғри оператор P билан алмаштирамиз. Шунда

$$\begin{aligned} (a_0 P^n + a_1 P^{n-1} + \dots + a_n - 1P + a_n)X_q(P) = \\ = (b_0 P^m + b_1 P^{m-1} + \dots + b_m)X_k(P). \end{aligned} \quad (233)$$

Бу тасвирий тенгламадан системанинг узатиш функцияси топилади:

$$k(P) = \frac{X_q(P)}{X_k(P)} = \frac{b_0 P^m + b_1 P^{m-1} + \dots + b_{m-1} P + b_m}{a_0 P^n + a_1 P^{n-1} + \dots + a_{n-1} P + a_n}. \quad (234)$$

Бундан ҳар қандай тўғри чиқиқли системанинг узатиш функцияси ихтиёрый ўзгарувчи оператор P нинг рационал касрли функциясидан иборат эканлигини кўриш мумкин.

Агар $P = 0$ бўлса, системанинг ёки АРС элементининг узатиш функцияси оддий узатиш коэффициенти K бўлиб қолади.

Автоматик системаларда ифода (234) махражининг даражаси ҳар доим суратининг даражасидан катта ёки унга тенг бўлади.

Автоматик системаларни анализ қилишда узатиш функциясининг қуйидаги ифодаси катта амалий аҳамиятга эга бўлади:

$$X_q(P) = K(P)X_k(P). \quad (235)$$

12-§. Частотавий характеристикалар

Характеристикаси тўғри чиқиқли бўлган автоматик системага ёки унинг биронта элементига кирувчи сигнал гармоник бўлса:

$$X_k = a \sin \omega t \quad (236)$$

элементдан чиқувчи сигнал ҳам гармоник бўлади:

$$X_q = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (237)$$

Ифода (237) га биноан чиқувчи сигналнинг частотаси кирувчи сигнал частотасига тенг бўлади. Чиқувчи сигналнинг амплитудаси $A(\omega)$ ва силжиш фазаси $-\varphi(\omega)$ ҳам кирувчи сигнал частотасига боғлиқ равишда ўзгаради. Буни энг оддий мисол — индуктив ва актив қаршиликдан иборат автоматика элементи мисолида кўриш мумкин (153-расм, а).

Ўзгарувчан ток манбаига уланган ушбу элементга кирувчи сигнал $U_k(\omega t) = U_m \sin \omega t$ бўлса, элементдан чиқувчи сигнал

$$U_q(\omega t) = Ri(\omega t) = I_m R \sin(\omega t - \varphi)$$

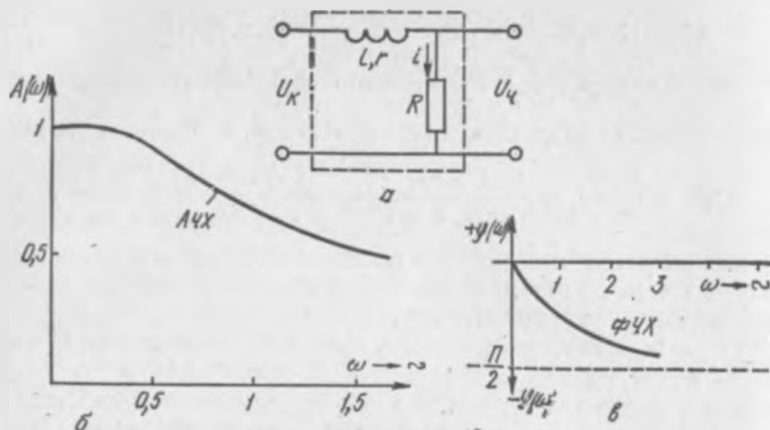
бўлади.

Занжирдаги комплекс ток ифодаси

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_k}{r + R + j\omega L} = \frac{\dot{U}_k}{Z} \quad (238)$$

га мувофиқ чиқувчи сигналнинг частота бўйича ўзгаришини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\dot{U}_q(\omega) = \dot{I}(\omega) \cdot R = \frac{U_k(\omega) \cdot R}{r + R + j\omega L} = \frac{kU_k(\omega)}{j\omega T + 1}, \quad (239)$$



153-расм. RL элементи:

a — RL элементнинг принципиал схемаси; $б$ — амплитуда частотавий характеристикаси; $в$ — фаза-частотавий характеристикаси.

бунда $z = r + R + j\omega L$ — занжирнинг комплекс қаршилиги, $k = \frac{R}{r+R}$ — элементнинг узатиш коэффициенти, $T = \frac{L}{r+R}$ — элементнинг вақт константаси.

Чиқувчи сигнал ифодаси (239) дан элементнинг комплекс узатиш функцияси топилади:

$$k(j\omega) = \frac{U_C(\omega)}{U_K(\omega)} = \frac{k}{j\omega T + 1}. \quad (240)$$

Чиқувчи сигнал амплитудасининг частота бўйича ўзгариши $A(\omega)$ ни ва унинг кирувчи сигналга нисбатан фаза силжишининг частота ўзгаришига боғлиқлиги $\varphi(\omega)$ ни топиш учун комплекс узатиш функцияси (240) нинг ҳақиқий $N(\omega)$ ва мавҳум $M(\omega)$ қисмларидан фойдаланилади, яъни

$$A(\omega) = \sqrt{N^2(\omega) + M^2(\omega)}; \quad \varphi(\omega) = \arctg \frac{M(\omega)}{N(\omega)}. \quad (241)$$

Бунинг учун комплекс узатиш функцияси (240) ни актив ва мавҳум қисмлари орқали ёзамиз:

$$k(j\omega) = \frac{k}{j\omega T + 1} = \frac{k}{j\omega T - 1} = \frac{k}{\omega^2 T^2 + 1} - j \frac{k\omega T}{\omega^2 T^2 + 1} \quad (242)$$

ёки

$$k(j\omega) = N(\omega) - jM(\omega),$$

бундан

$$N(\omega) = \frac{k}{\omega^2 T^2 + 1}; \quad M(\omega) = \frac{k\omega T}{\omega^2 T^2 + 1}. \quad (243)$$

Энди элементнинг амплитуда-частотавий $A(\omega)$ ва фаза-частотавий $\varphi(\omega)$ характеристикалари учун қуйидаги ифодаларни ёзиш мумкин.

$$A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{\omega^2 T^2 + 1}}; \quad \varphi(\omega) = -\arctg \omega T. \quad (244)$$

Бу формулалар асосида қурилган частотавий характеристикалар 153-расм, б, в да кўрсатилган. Бу характеристикадан чиқувчи сигнал амплитудаси $A(\omega)$ ва фаза силжиши $\varphi(\omega)$ нинг кирувчи сигнал частотасига қанчалик боғлиқлигини кўриш мумкин.

Автоматик системалар ёки уларнинг элементлари оптимал режимларда ишлашини таъминлаш учун улардаги чиқувчи сигнал амплитудаси $A(\omega)$ бирга ва фаза силжиши $\varphi(\omega)$ нолга тенг ёки нолга жуда ҳам яқин бўлиши талаб қилинади. Бунинг учун кирувчи сигналнинг частотаси нолга жуда ҳам яқин бўлиши керак.

Маълумки, технологик процессларнинг ўтишида автоматик система ёки унинг биронта элементига таъсир қиладиган, уни барқарор режимдан чиқарадиган таъсирларнинг энг асосийси система нагрузкаси ўзгаришининг бир текис бўлмаслигидир. Нагрузканинг бундай ўзгариши кирувчи сигналнинг ўртача частотаси ω бўлади, дейилганда, нагрузка ўзгариши асосий гармоникасининг частотаси нолдан анча юқори бўлиши мумкин. Кирувчи сигнал частотасининг бундай ўзгариши чиқувчи сигнал амплитудаси $A(\omega)$ га ва фаза силжишига салбий таъсир кўрсатади. Шу сабабли автоматик система ва унинг таркибидagi ҳар бир элементнинг частотавий характеристикалари аниқ ҳисобланиши ва текширилиши лозим. Амалда частотавий характеристикаларни ҳисоблаш формулалари элемент ёки автоматик системанинг узатиш функцияси

$K(p) = \frac{X_1(p)}{X_k(p)}$ орқали топилади. Масалан, RL элементининг (153-расм) частотавий характеристикаларини топиш учун унинг дифференциал тенгламаси

$$T \frac{dX_1(t)}{dt} + X_1(t) = kX_k(t). \quad (245)$$

Лаплас алмаштиришига биноан қуйидаги тасвирий тенглама шаклида ёзилади:

$$(TP + 1)X_1(P) = kX_k(P) \quad (246)$$

ва ундan элементнинг узатиш функцияси

$$k(p) = \frac{X_1(p)}{X_k(p)} = \frac{k}{TP + 1} \quad (247)$$

топилади. Узатиш функциясидаги оператор P ни комплекс оператор мавҳум аргумент $j\omega$ билан алмаштириш йўли билан элементнинг комплекс узатиш функциясини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$k(j\omega) = \frac{k}{j\omega T + 1} \quad (248)$$

Элемент RL нинг частотавий характеристикалари $A(\omega)$ ва $\varphi(\omega)$ комплексо узатиш функциясига мувофиқ юқорида кўрсатилган йўл билан (244) га мувофиқ ҳисобланади.

1-§. Динамик звеноларнинг асосий типлари

Автоматика элементлари бажарадиган функциялари (ростланиш ва бошқариш объектлари, сезгичлар, ўлчаш элементлари, сигнал кучайтиргичлар, ижрочи элемент ва ҳоказолар) бўйича фарқланишдан ташқари, динамик характеристикалари ва уларни ифодаладиган дифференциал тенгламаларнинг турлари бўйича ҳам бир неча типларга бўлинади. Уларни инерциясиз, инерцияли, дифференциалловчи, интегралловчи, тебранувчи, сигнал кечиктирувчи типик звенолар деб аталади. Автоматика элементларини бундай типик звеноларга ажратиш учун уларга кирувчи сигнал сифатида фақат амплитудаси бирга тенг бўлган сакрашсимон сигнал (151-расм, а) қабул қилинган. Типик звеноларнинг частотавий характеристикасини олиш учун эса гармоник кирувчи сигналдан (151-расм, в) фойдаланилади.

Типик звеноларнинг ҳар бирини алоҳида кўриб чиқамиз.

1. Инерциясиз звено. Инерциясиз звено қуйидаги алгебраик тенглама билан ифодаланади:

$$X_q = KX_k, \quad (249)$$

бунда X_k , X_q — звенога кирувчи ва ундан чиқувчи сигналлар; K — узатиш ёки кучайтириш коэффициент. Бу звено баъзан сигнал кучайтирувчи ёки сизгимсиз звено деб ҳам юритилади. Звенога кирувчи ва ундан чиқувчи сигналларнинг графиклари 154-расмда кўрсатилган.

Звенонинг сигнал узатиш функцияси

$$k(p) = \frac{X_q(p)}{X_k(p)} = k. \quad (250)$$

Звенонинг комплекс сигнал узатиш функцияси

$$k(j\omega) = k. \quad (251)$$

Бу функциянинг модули

$$k(\omega) = k.$$

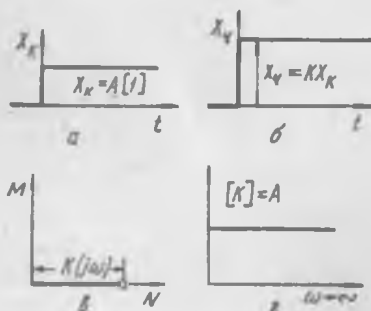
Фазо частотавий бурчак силжиши

$$\varphi(\omega) = \arctg 0 = 0.$$

Звенонинг частотавий характеристикалари 154-расм, в, г да кўрсатилган.

Инерциясиз звеноларга мисоллар сифатида электрон ёки ярим ўтказгичли сигнал кучайтиргичларни, потенциометрлар, реостатли датчик, ричаг, редуктор ва бошқаларни кўрсатиш мумкин.

2. Инерцияли (апериодик) звено қуйидаги дифференциал тенглама би-



154-расм. Инерциясиз звено характеристикалари:

а — звенога кирувчи, б — чиқувчи сигнал графиклари; в, г — звенонинг частотавий характеристикалари.

лан ифодаланади;

$$T \frac{dX_q(t)}{dt} + X_q(t) = kX_k, \quad (252)$$

бунда k — звенонинг кучайтириш (узатиш) коэффициенти; T — звенонинг вақт константаси.

Звенонинг сигнал узатиш функцияси $K(p)$ қуйидаги операцион тенгламага мувофиқ топилади:

$$(Tp + 1)X_q(p) = KX_k(p),$$

$$k(p) = \frac{X_q(p)}{X_k(p)} = \frac{k}{Tp + 1} = k \frac{1}{p + \frac{1}{T}}$$

ёки

$$X_q(p) = X_k(p) \cdot k \frac{a}{p + a} \quad (253)$$

бунда $a = \frac{1}{T}$.

Звенонинг ўтиш функцияси:

$$X_q(t) = kX_k(1 - e^{-\frac{t}{T}}) \quad (254)$$

дифференциал тенглама (252) ни интеграллаш йули билан ёки операцион усул бўйича, $X_q(p)$ га мувофиқ Лаплас алмаштириши жадвалларидан (10-жадвал, 4-қатор) топилади.

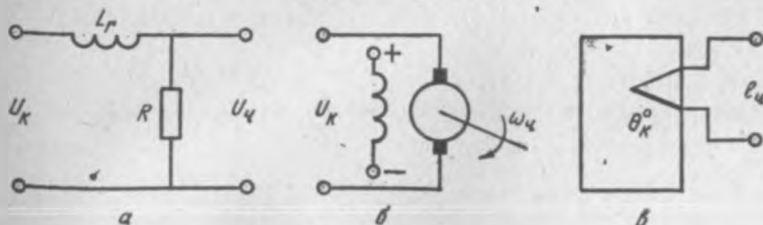
Ўтиш характеристикаси формула (254) бўйича кўрилади (155-расм, б).

Инерцияли звенога мисоллар 156-расмда кўрсатилган.

Звенонинг частотавий узатиш функциясини топиш учун формула (253) даги оператор p ни мавҳум аргумент $j\omega$ билан алмаштирилади.

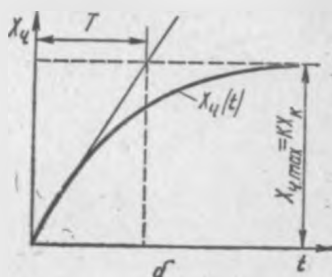
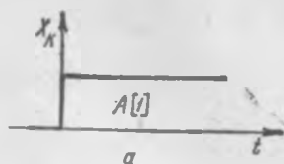
Ҳосил бўлган комплекс функцияни ҳақиқий ва мавҳум қисмларга ажратиб, звенонинг амплитуда — частотавий ва фаза частотавий характеристикаларини ифодаловчи функциялар топилади:

$$k(j\omega) = \frac{k}{1 + T^2\omega^2} - j \frac{kT\omega}{1 + T^2\omega^2}, \quad (255)$$



156-расм. Инерцияли звенолар:

а — тўрт қутbli зашжир; б — ғажармас ток двигатели; в — термопара.



155-расм. Инерцияли звено:

а — звенога кйрувчи сигнал графиги; б — ўтиш характеристикаси: $X_q(t)$

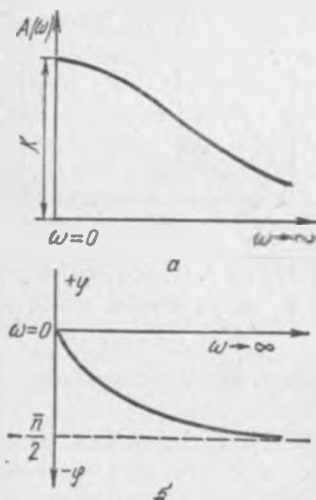
бунда $N(\omega) = \frac{k}{1+T^2\omega^2}$ — комплекс миқдорнинг актив қисми,

$M(\omega) = \frac{kT\omega}{1+T^2\omega^2}$ — комплекс миқдорнинг мавҳум қисми.

256

$A(\omega) = \sqrt{N^2(\omega) + M^2(\omega)} = \frac{k}{\sqrt{1+T^2\omega^2}}$ — звенонинг амплитуда-частотавий харақтеристикаси;

$\varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{M}{N} = \text{arctg} T\omega$ — фаза-частотавий харақтеристикаси. (257)



157-расм. Инерцияли звенонинг частотавий харақтеристикалари:

а — амплитуда-частотавий харақтеристикаси; б — фаза-частотавий харақтеристикаси.

Инерцион звенонинг частотавий харақтеристикалари 157-расмда ифодаланган. Инерцион звенонинг частотавий харақтеристикалари шуни кўрсатадики, агар системага кирувчи сигнал, айтилик, объектнинг нагрукаси юқори частоталарда ўзгарса, инерцион звенони бундай системада қўллаб бўлмайди. Чунки звенодан чиқувчи сигнал амплитудаси камайиб, фаза силжиши ошиб кетади. Бу эса автоматик системанинг ишлашини ёмонлаштиради.

Инерцион звенонинг параметрлари T ва K кўпинча эксперимент асосида звенонинг ўтиш харақтеристикаси $X_u(t)$ орқали топилади. Инерцион звено, масалан, 156-расм, а даги электр занжири ўзгармас ток кучланишига уланади. Шунда $U_c = iR$ звенодан чиқувчи сигнал бўлади. Кирувчи сигналнинг амплитудаси бирга тенг бўлган сакрашсимон сигнал $U_k[1] = 220 \text{ В}$ (151-расм, а) деб қабул қилинса, чиқувчи кучланиш $U_u(t)$ звенони манба кучланиши $U_k = 220 \text{ В}$ га уланган вақтдан бошлаб осциллограф ёрда-

мида ёзиб олинган график звенонинг ўтиш харақтеристикаси бўлади.

Ўтиш процесси жуда секин борадиган элементларда, масалан, иссиқлик объектнинг ўтиш харақтеристикаси (температурасининг ўзгариши) $\theta(t)$ ни термометр ҳамда секундомер ёрдамида ёзиб олиш ҳам мумкин. Бу маълумотлар асосида звенонинг ўтиш харақтеристикаси кўрилиб (155-расм, б), ундан звенонинг параметрлари T ва K аниқланади.

Коэффициент K ни кирувчи U_k ва чиқувчи U_u кучланишларнинг барқарор режимдаги қийматлари бўйича қуйидаги ифодадан аниқланади:

$$K = \frac{U_{u\max}}{U_k}$$

3. Тебранувчи звено. Тебранувчи звено автоматик элементларининг физик табиатидан қатъи назар, кўпинча 2-тартибли дифференциал тенглама

$$T_1^2 \frac{d^2 X_q(t)}{dt^2} + T_2 \frac{dX_q(t)}{dt} + X_q(t) = kX_k \quad (258)$$

билан ифодаланади. Тенгламанинг ечими звено характеристик тенгла,
маси

$$T_1^2 \lambda^2 + T_2 \lambda + 1 = 0 \quad (259)$$

ва унинг илдизлари

$$\lambda_{1,2} = \frac{-T_2 \pm \sqrt{T_2^2 - 4T_1^2}}{2T_1^2} \quad (260)$$

асосида қуйидагича ёзилади:

$$X_q(t) = C_1 e^{\lambda_1 t} + C_2 e^{\lambda_2 t} + kX_k, \quad (261)$$

бунда C_1 ва C_2 — тенгламани интеграллаш доимийлари.

Характеристик тенгламанинг илдизлари қийматига кўра дифференциал тенгламанинг ечими ва ўтиш характеристикаси уч турли бўлади: 1) $T_2^2 - 4T_1^2 < 0$ бўлса, ўтиш характеристикаси тебраниб сўнувчи (158-рasm, б); 2) $T_2 = 0$ бўлса, ўтиш характеристикаси ўзининг хусусий частотаси билан тебранувчи ва сўнмайдиган (158-рasm, в, 1-график; 3) $T_2^2 - 4T_1^2 > 0$ бўлса, звенонинг ўтиш характеристикаси тебранмайдиган — аperiодик характерга эга (158-рasm, в, 2-график) бўлади.

Автоматик системаларда ўтиш характеристикаси тебраниб сўнувчи звенолар кўп қўлланади. Бундай звеноларнинг характеристик тенгламасининг илдизлари $T_2^2 - 4T_1^2 < 0$ шартига мувофиқ, ҳақиқий ва мавҳум қисмлардан иборат бўлади:

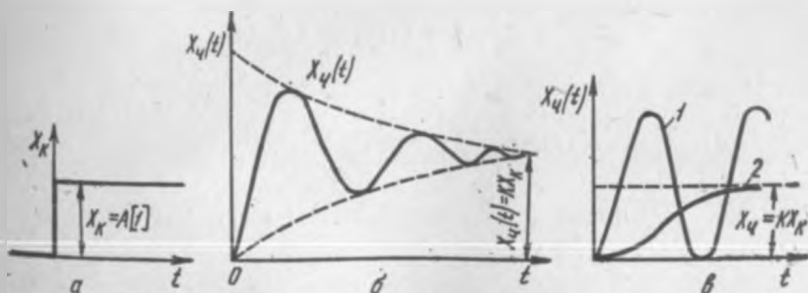
$$\lambda_{1,2} = -\frac{T_2}{2T_1^2} \pm j \frac{1}{T_1} \sqrt{1 - \frac{T_2^2}{4T_1^2}};$$

$j = \sqrt{-1}$ эканини ҳисобга олганда

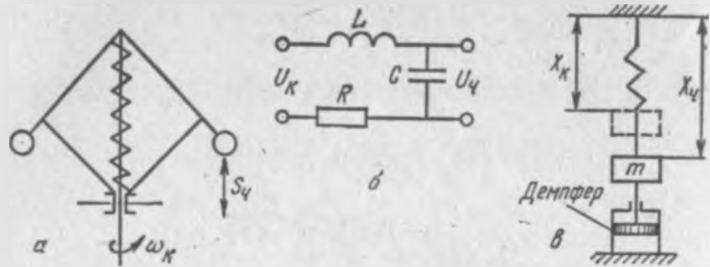
$$\lambda_{1,2} = -a \pm j\omega, \quad (262)$$

бунда

$$a = \frac{T_2}{2T_1^2}, \quad \omega_0 = \frac{1}{T_1} \sqrt{1 - \frac{T_2^2}{4T_1^2}}$$



158-рasm. Тебранувчи звенонинг динамик характеристикалари (б, в); а — шартли кирувчи сигнал графиги.



159- расм. Тебранувчи звенлар.

Тенглама (258) нинг ечими қуйидагича бўлади:

$$X_q(t) = C e^{-\omega_0 t} \sin(\omega_0 t + \varphi) + k X_k. \quad (263)$$

Ечим. (263) звенодаги ўтиш процессини частота ω_0 билан тебранувчи ва сўнувчи

$$t \rightarrow \infty, X_q(t) \simeq k X_k.$$

бўлишини кўрсатади. Звенога кирувчи сигнал $X_k = A [1]$ бўлгандаги ўтиш процесси графиги 158- расм, б, в да кўрсатилган. Тебранувчи звенлар икки энергия сизимига эга бўлиши ва улардаги энергия запаси бир сизимдан иккинчи сизимга ўтиб тебраниб туриши билан характерланади. Сизимларнинг бирида кинетик энергия йиғилса, иккинчисидан потенциал энергия йиғилади. Бу энергия турлари ўтиш процесси давомида маълум частота ω_0 билан ўрин алмашиб туради. Агар тебранувчи энергиянинг амплитудаси вақт ўтиши билан камая борса, тебраниш сўнади, бундай звенно эса тебранувчи турғун звенно деб аталади.

Тебранувчи турғун звенларга мисол сифатида марказдан қочирма тахометр; конденсатор, индуктивлик ва актив қаршиликлардан иборат электр занжири; тинчлантиргич (демифер) қурилмасига эга бўлган пружинага осиб қўйилган масса каби қурилмаларни кўрсатиш мумкин (159- расм, а, б, в).

Тебранувчи звенонинг узатиш функциясини топиш учун дифференциал тенглама (258) ни қуйидаги операцион тенглама билан алмаштирамиз:

$$(T_1^2 p^2 + T_2 p + 1) X_q(p) = k X_k(p). \quad (264)$$

Звенонинг узатиш функцияси $K(p)$ қуйидагича ёзилади:

$$K(p) = \frac{X_q(p)}{X_k(p)} = \frac{k}{T_1^2 p^2 + T_2 p + 1}. \quad (265)$$

Звенонинг частотавий функциясини топиш учун узатиш функциясидаги оператор p ни $j\omega$ билан алмаштирилади:

$$k(j\omega) = \frac{k}{-T_1^2 \omega^2 + j T_2 \omega + 1}, \quad (266)$$

частотавий функциянинг модули:

$$|k(j\omega)| = A(\omega) = \frac{k}{\sqrt{(1 - \omega^2 T_1^2)^2 + \omega^2 T_2^2}} \quad (267)$$

фаза силжиши бурчаги

$$\varphi(\omega) = \arctg \left(-\frac{\omega T_2}{1 - \omega^2 T_1^2} \right) \quad (268)$$

бўлади.

Звенонинг частотавий характеристикалари 160- расм, а ва б да кўрсатилган.

4. Интегралловчи звенно. Звеннодан чиқувчи сигнал X_q звеннога кирувчи сигналнинг вақт бўйича интегралига тенг бўлади:

$$X_q(t) = \frac{k}{T} \int_0^t X_k dt. \quad (269)$$

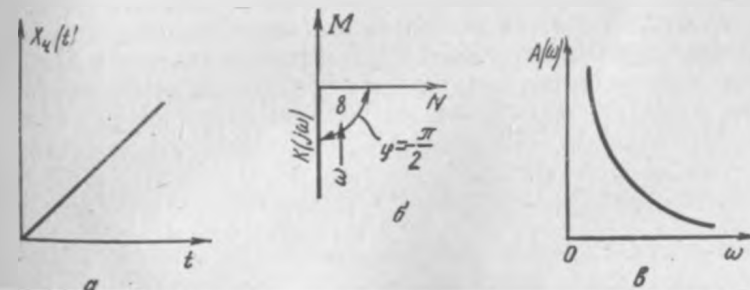
Звеннога кирувчи сигнал $X_k = A [1]$ бўлгани учун тенглама (269) ни қуйидагича ёзиш мумкин

$$X_q(t) = \frac{k}{T} X_k \cdot t. \quad (270)$$

Формула (270) га мувофиқ қурилган интегралловчи звенонинг ўтиш характеристикаси 161- расм, а да кўрсатилган.

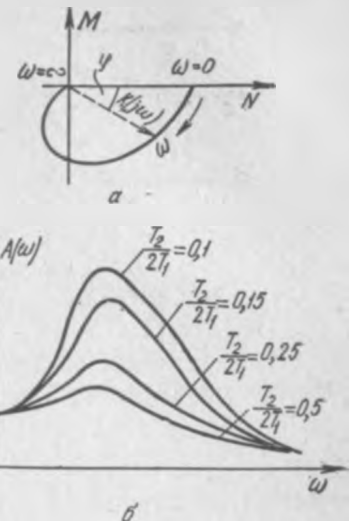
Интегралловчи звеннога мисоллар сифатида: поршенли гидродвигатель, ўзгармас ток электр двигатели, идеаллаштирилган интегралловчи конденсаторли электр занжири ва бошқаларни кўрсатиш мумкин (162- расм, а, б).

Интегралловчи звенларни астатик звенно ҳам дейилади. Бунинг боиси звенонинг ўтиш характеристикаси (161- расм, а) тўғри чизиқли ва тезлиги ўзгармас бўлишидир.



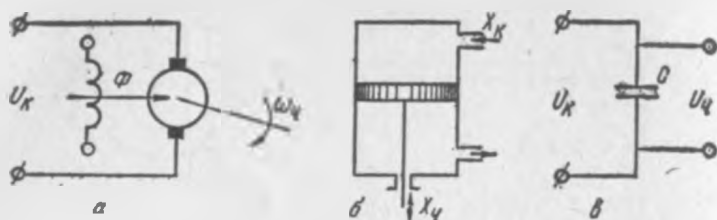
161- расм. Интегралловчи звенонинг динамик характеристикалари:

а — ўтиш (ўткинчи режим) характеристикаси; б — амплитуда-фаза-частотавий характеристикаси; в — амплитуда частотавий характеристикаси.



160- расм. Тебранувчи звенонинг частотавий характеристикалари:

а — амплитуда-фаза-частотавий характеристикаси; б — амплитуда-частотавий характеристикаси.



162-расм. Интегралловчи звенолар:

а — электр двигате ль; б — гидродвигатель; в — интегралловчи электр занжири.

Интегралловчи звенонинг узатиш функцияси тенглама (269) га мувофиқ қуйидагича ифодаланади:

$$k(p) = \frac{k}{Tp},$$

частотавий функцияси эса

$$k(j\omega) = \frac{k}{jT\omega}. \quad (271)$$

Бундан вектор $k(j\omega)$ нинг модули

$$|k(j\omega)| = A(\omega) = \frac{k}{T\omega} \quad (272)$$

ва частотанинг ҳамма мусбат ораликда ўзгаргандаги фазовий бурчаги

$$\varphi(\omega) = \arctg(-\infty) = -\frac{\pi}{2} \quad (273)$$

топилади.

Интегралловчи звенонинг частотавий характеристикалари 161-расм, б ва в да кўрсатилган. Амплитуда-частотавий характеристика (161-расм, б) частота 0 дан $+\infty$ гача ўзгарганда $k(j\omega)$ қиймати $-\infty$ дан 0 гача ўзгаришини, чиқувчи сигнал $\frac{\pi}{2}$ бурчакка кечикишини кўрсатади.

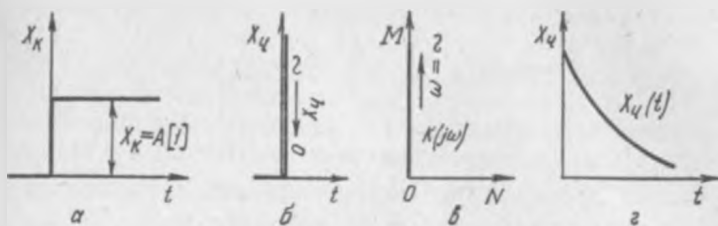
Амплитуда-частотавий характеристика (161-расм, в) чиқувчи сигнал амплитудаси частота ошиши билан камайишини кўрсатади.

5. Дифференциалловчи звено. Дифференциалловчи звеноларни идеал ва реал турларга ажратиш мумкин. Идеал дифференциалловчи звенодан чиқадиган миқдор звенога кирувчи миқдорнинг ўзгариш тезлигига пропорционал бўлади:

$$X_q = T \frac{dX_k}{dt}. \quad (274)$$

Бунга мисол сифатида ўзгармас ток тахогенераторини кўрсатиш мумкин. Агар тахогенераторнинг қўзғатувчи потоги Φ ўзгармас бўлса, унинг якоридан олинадиган Э. Ю. К.—е роторнинг бурчак тезлиги ω га пропорционал бўлади:

$$e = k\omega \quad (275)$$



163- расм. Дифференциалловчи звенонинг характеристикалари:

а — кичувчи сигнал; б — дифференциалловчи идеал звенонинг ўткинчи режим характеристикаси; в — дифференциалловчи звенонинг частотавий характеристикаси; д — дифференциалловчи реал звенонинг ўткин характеристикаси.

Маълумки, бурчак тезлиги роторнинг бурилиш бурчаги ўзгариши тезлигига пропорционал бўлади:

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} \quad (276)$$

бунда α — роторнинг бурилиш бурчаги.
Шу туфайли

$$e_u = k \frac{d\alpha}{dt}.$$

Дифференциалловчи идеал звено ўтиш процессининг графиги 163-расм, б да кўрсатилган.

Формула (274) га мувофиқ:

- 1) $t < 0$ бўлганда $X_k = 0$; $\frac{dX_k}{dt} = 0$;
- 2) $t = 0$ бўлганда $\frac{dX_k}{dt} = \infty$, $X_u = \infty$;
- 3) $t > 0$ бўлганда эса $X_k = A[1] = \text{const}$ бўлгани учун $\frac{dX_k}{dt} = 0$;
 $X_u = 0$ бўлади.

Дифференциалловчи идеал звенонинг сигнал узатиш функцияси тенглама (274) га мувофиқ қуйидагича ифодаланади:

$$k(p) = \frac{X_u(p)}{X_k(p)} = TP. \quad (277)$$

Звенонинг комплекс частотавий функцияси эса $k(j\omega) = j\omega T$; бунда $N(\omega) = 0$; $M(\omega) = \omega T$ частотавий функциянинг модули

$$A(\omega) = [k(j\omega)] = \sqrt{N^2(\omega) + M^2(\omega)} = \omega T, \quad (278)$$

Бу формулага мувофиқ $\omega = 0$ бўлганда, $A(\omega) = 0$, $\omega \rightarrow \infty$ бўлганда $A(\omega) \rightarrow \infty$.

Хулоса шуки, частота 0 дан ∞ гача ўзгарганда частотавий функциянинг модули ҳам 0 дан ∞ гача ўзгаради (163-расм, в).

Комплекс функция аргументи $\varphi(\omega)$ нинг фазовий сурилиши $\frac{\pi}{2}$ (90°) бўлади, частота ўзгаришига боғлиқ бўлмайди, яъни

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{M(\omega)}{N(\omega)} = \arctg \omega = \infty. \quad (279)$$

Бундан кўринадики, идеал дифференциалловчи звенодан чиқувчи сигнал унга кирувчи сигнал X_k га нисбатан 90° олдинга сурилган бўлади, частота ўзгаришига боғлиқ бўлмайди.

Шундай қилиб, идеал дифференциалловчи звенонинг амплитуда-фаза частотавий характеристикаси M ўқининг мусбат томонига жойлашган бўлади. Идеал дифференциалловчи звенони амалда тайёрлаб бўлмайди. Амалда қўлланидиган дифференциалловчи звеноларда ўткинчи процесс оний тезликда ўтмайди, уларнинг дифференциал тенгламаси қуйидаги кўринишда ёзилади:

$$T \frac{dX_q}{dt} + X_q = kT \frac{dX_k}{dt} \quad (280)$$

Звенога кирувчи сигнал $X_k = A[1] = \text{const}$ бўлгани учун $\frac{dX_k}{dt} = 0$ бўлишини ҳисобга олиб тенглама (280) ни қуйидагича ёзиш мумкин:

$$T \frac{dX_q}{dt} + X_q = 0$$

ёки

$$TP + 1 = 0. \quad (281)$$

Тенглама (281) нинг ечими

$$X_q = Ce^{pt} = Ce^{-\frac{t}{T}} \quad (282)$$

бўлади, бунда C — интеграллаш доимийси,

$P = \frac{1}{T}$ — характеристик тенгламанинг илдизи. Формула (282) га мувофиқ $t = 0$ бўлганда, $X_q = C$, $t \rightarrow \infty$ бўлганда $X_q = 0$ бўлади.

Реал дифференциалловчи звенонинг ўтиш графиги 163-расм, $г$ да кўрсатилган.

6. Кечиктирувчи звено. Бундай звенонинг математик модели қуйидагича ифодаланади:

$$X_q(t) = X_k(t - \tau), \quad (283)$$

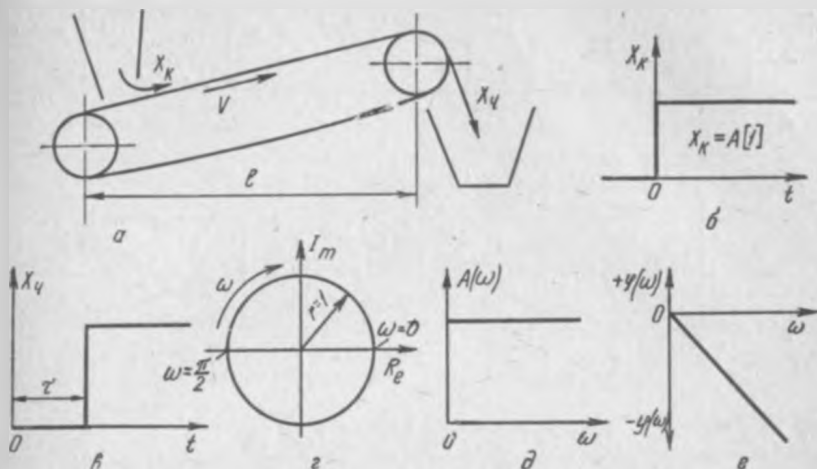
бурда τ — чиқувчи сигналнинг кечикиш вақти.

Звенодан чиқувчи сигнал X_q звенога кирувчи сигналга тула ўхшаш бўлиб, унга нисбатан маълум вақт τ га кечикадиган бўлса, бу соф кечикиш бўлади (164-расм, $в$). Бундай звеноларга мисол қилиб транспортёр орқали материал узатиш қурилмасини кўрсатиш мумкин (164-расм, $а$).

Транспортёрнинг сурилиш тезлиги v ва материални узатиш оралиғи l бўлса, соф кечикиш вақти

$$\tau = \frac{v}{l}$$

бўлади.



164- расм. Сигнал кечиктирувчи звено:

а — транспортёр; б — кирувчи сигнал графиги; в — чыкувчи сигнал графиги; г — звенонинг амплитуда - фаза - частотавий характеристикаси; д — звенонинг амплитуда - частотавий характеристикаси; е — звенонинг фаза - частотавий характеристикаси.

Кечикувчи звенонинг узатиш функциясини топамиз Бунинг учун Лаплас алмаштиришидан фойдаланамиз:

$$X_q(p) = \int_0^{\infty} X_k(t) e^{-pt} dt. \quad (284)$$

Формуладаги $X_q(t)$ ўрнига $X_k(t - \tau)$ қўйилса,

$$X_q(p) = \int_0^{\infty} X_k(t - \tau) e^{-pt} dt \text{ бўлади.}$$

Агар $t - \tau = \lambda$ дейилса,

$$X_q(p) = \int_0^{\infty} X_k(\lambda) e^{-p(\lambda + \tau)} d(\lambda + \tau) = e^{-p\tau} \int_0^{\infty} X_k(\lambda) e^{-p\lambda} d\lambda, \quad (285)$$

$$\int_0^{\infty} X_k(\lambda) e^{-p\lambda} d\lambda = X_k(p) \text{ бўлгани учун}$$

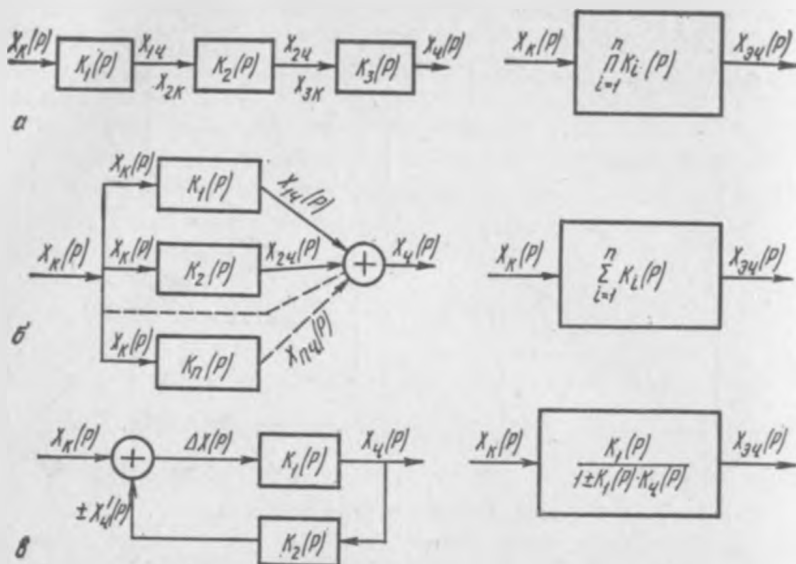
$$X_q(p) = e^{-p\tau} X_k(p). \quad (286)$$

Звенонинг узатиш функцияси

$$k(p) = \frac{X_q(p)}{X_k(p)} = e^{-p\tau}. \quad (287)$$

Звенонинг комплекс частотавий функцияси

$$l(j\omega) = e^{-j\omega\tau}. \quad (288)$$



165- расм. Структура схемаларини эквивалент алмаштириш:

а — кетма-кет улачган звеноларини эквивалент алмаштириш; б — параллел улачган звеноларини эквивалент алмаштириш; в — тескари боғланган схема звеноларини эквивалент алмаштириш.

Комплекс частотавий функциянинг модули

$$A(\omega) = 1 \quad (289)$$

у частотага боғлиқ бўлмайди (164-расм, в).

Комплекс частотавий функциянинг аргументи

$$\varphi(\omega) = -\omega t \quad (290)$$

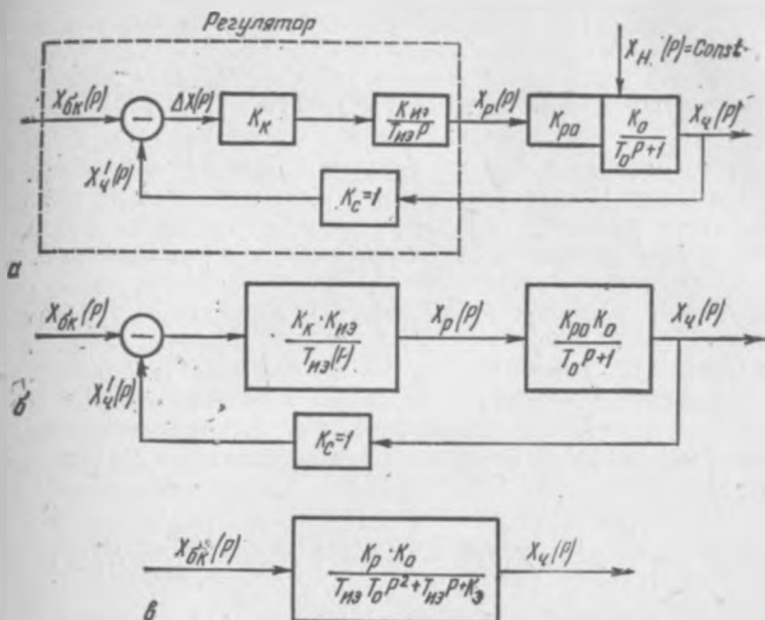
частота 0 дан ∞ гача ўзгарганда фазавий кечикиш (сурилиш) 0 дан ∞ гача ошади (164-расм, в).

Звенонинг амплитуда-фаза-частотавий характеристикаси радиуси 1 га тенг бўлган доира бўлишини кўрамиз (164-расм, г).

2-§. Структур схемалар ва эквивалент алмаштириш усуллари

Автоматик схемаларни текшириш учун системанинг принципиал ва функционал схемаларидан бошқа уларнинг структура схемаси ҳам катта роль ўйнайди. Структура схемаси АРСнинг динамик режимларини текшириш ва анализ қилишни бирмунча осонлаштиради.

Структура схемаси АРС нинг функционал схемасидаги функционал элементлар ўрнига уларнинг узатиш функциялари қийматини қўйиш йўли билан тузилади ва АРСнинг қандай динамик звено типларидан тузилганлиги, уларнинг боғланганлиги ва ўзаро таъсир йўналишларини кўрсатиб туради. Бунга мисол сифатида технологик параметрнинг четта чиқиши бўйича роллаш системасининг функционал схемасини (128-расм) ва унга мувофиқ тузилган структура схемаларининг (166



166- расм. Бошқариш канали бўйича автоматик бошқариладиган АРС нинг структура схемалари:

а — АРСнинг структура схемаси; б — АРСнинг кетма-кет уланган звеноларнинг эквивалент алмаштиргандаги схемаси; в — АРСнинг эквивалент структура схемаси.

ва 167- расм) кўрсатиш мумкин. Унда иссиқлик объекти инерцион звено, шунинг элементи интегралловчи звено, қолган элементларнинг ҳаммаси инерциясиз элементлардир (термопаранинг инерционлигини ҳисобга олмаганда).

АРС нинг бундай структура схемаларида асосан уч хил узаро боғланиш группаси бўлиши мумкин. Улар кетма-кет, параллел уланган звенолар ва тескари боғланишли звенолардан иборат бўлади. Бундай группаларга кирувчи звеноларни эквивалент звеноларга алмаштириш йўли билан АРС нинг структура схемаси соддалаштирилади (166- расм, в). Бунинг учун қуйида кетма-кет, параллел уланган тескари боғланишли структура схемаларининг эквивалент структура схемасига келтириш усулларини кўрамиз:

1. Кетма-кет уланган звеноларни эквивалент звено билан алмаштириш (165- расм, а).

Схемага мувофиқ

$$K_1(p) = \frac{X_{1\text{н}}(p)}{X_{1\text{к}}(p)}; \quad K_2(p) = \frac{X_{2\text{ч}}(p)}{X_{2\text{к}}(p)}; \quad K_3(p) = \frac{X_{3\text{ч}}(p)}{X_{3\text{к}}(p)}; \dots$$

$$X_{1\text{ч}}(p) = X_{2\text{к}}(p); \quad X_{2\text{ч}}(p) = X_{3\text{к}}(p) \text{ ва } б$$

булгани учун кетма-кет улаишли схеманинг эквивалент узатиш функцияси қуйидагича ёзилади:

$$K_o(P) = \frac{X_u(P)}{X_k(P)} = K_1(P) \cdot K_2(P) \dots = \prod_{i=1}^n K_i(P). \quad (291)$$

Кетма-кет уланган звеноларнинг эквивалент узатиш функцияси алоҳида звеноларнинг узатиш функциялари кўпайтмасига тенг бўлади.

2. Параллел улаишли схеманинг эквивалент узатиш функцияси 165-расм, б да кўрсатилган структура схемасиги мувофиқ топилади:

$$K_1(P) = \frac{X_{11}(P)}{X_k(P)}; K_2(P) = \frac{X_{21}(P)}{X_k(P)}; K_n(P) = \frac{X_{n1}(P)}{X_k(P)}. \quad (292)$$

Бу схемага кирувчи сигнал $X_k(P)$ ҳамма звенолар учун бир хил бўлади. Звенолардан чиқадиған сигналлар ҳар хил қийматга эга бўлиб, звеноларнинг сигнал узатиш функцияси билан белгиланади.

Схеманинг эквивалент сигнал узатиш функцияси қуйидагича ифодаланади:

$$K_o(P) = \frac{X_u(P)}{X_k(P)} = K_1(P) + K_2(P) + K_n(P) = \sum_{i=1}^n K_i(P) \quad (293)$$

3. Тескари боғланишли схеманинг (165-расм, в) эквивалент узатиш функцияси

$$K_1(P) = \frac{X_u(P)}{\Delta X(P)}, \quad K_2(P) = \frac{X'_u(P)}{X_u(P)}$$

ва $\Delta X(P) = X_k(P) \pm X'_u(P)$ тенгламалар асосида топилади ва қуйидагича ёзилади:

$$K_o(P) = \frac{X_u(P)}{X_k(P)} = \frac{K_1(P)}{1 \mp K_1(P) \cdot K_2(P)}. \quad (294)$$

Тескари боғланиш звеносидан чиқувчи сигнал $X'_u(P)$ икки хил ишорага — мусбат ва манфий ишораларга эга бўлиши мумкин. Шунга мувофиқ тескари боғланишли схема ҳам икки хил функцияни — сигнал кучайтириш ва стабиллаш функцияларини бажаради.

Тескари боғланиш звеносидан чиқувчи сигнал $X_{21}(P)$ мусбат ишорали бўлса, тескари боғланишли схема сигнал кучайтиргич функциясини бажаради. Сигнал узатиш функцияси қуйидагича ёзилади.

$$K_o(P) = \frac{X_u(P)}{X_k(P)} = \frac{K_1(P)}{1 - K_1(P) \cdot K_2(P)}. \quad (295)$$

Тескари боғланиш звеносидан чиқувчи сигнал манфий ишорали — $X'_u(P)$ бўлса, тескари боғланишли схема стабиллаш функциясини бажаради. Схеманинг сигнал узатиш функцияси қуйидагича ёзилади:

$$K_o(P) = \frac{X_u(P)}{X_k(P)} = \frac{K_1(P)}{1 + K_1(P) \cdot K_2(P)}. \quad (296)$$

Автоматик ростлаш системаларини тузиш учун стабилловчи тескари боғланиш схемасидан ва сигнал узатиш функциясидан фойдаланилади.

Бунда тескари боғланиш занжиридан чиқувчи сигнал $X'_n(p)$ нинг ишораси системага кирувчи сигнал $X_n(p)$ нинг ишорасига нисбатан қарама-қарши йўналишда, яъни манфий ишора билан боғланган бўлади, бу эквивалент узатиш функциясининг камайиши ва чиқувчи сигнал $X_n(p)$ нинг стабиллашувини таъминлайди.

3-§. АРСнинг эквивалент структура схемалари

Автоматик ростлаш системаларига бўладиган таъсирлар асосан икки йўналиш бўйича: 1) АРС ни бошқариш канали бўйича, 2) объектнинг нагрузка канали бўйича вужудга келиши мумкин.

АРСни анализ қилишда шу икки йўналиш бўйича кирувчи сигналлар таъсири ўрганилади.

Агар АРС бошқариш канали бўйича таъсир қиладиган кирувчи $X_{бк}$ сигналга мувофиқ анализ қилинса, иккинчи сигнал (нагрузка ўзгариши) ҳисобга олинмайди ёки уни ўзгармас $X_n(p) = \text{const}$ деб фараз қилинади. Бундай АРС нинг структура схемалари (166-расм, а, б, в) эквивалент алмаштириш усулларига мувофиқ тузилади ва схеманинг эквивалент узатиш функцияси

$$K_s(p) = \frac{K_p \cdot K_o}{T_{us} \cdot T_o p^2 + T_{us} p + K_s} \quad (297)$$

топилади.

Бунда:

$$\begin{aligned} K_s &= K_p \cdot K_o \cdot K_c \\ K_o &= K_{po} \cdot K_{ob} \\ K_p &= K_k \cdot K_{\text{из}} \end{aligned} \quad (298)$$

АРС объектни нагрузка канали бўйича бўладиган ташқи таъсирга $X_n(p)$ биноан бошқариладиган ва анализ қилинадиган бўлса, 167-расм, а, б, в да келтирилган эквивалент алмаштириш схемаларидан фойдаланилади. Схеманинг узатиш функцияси

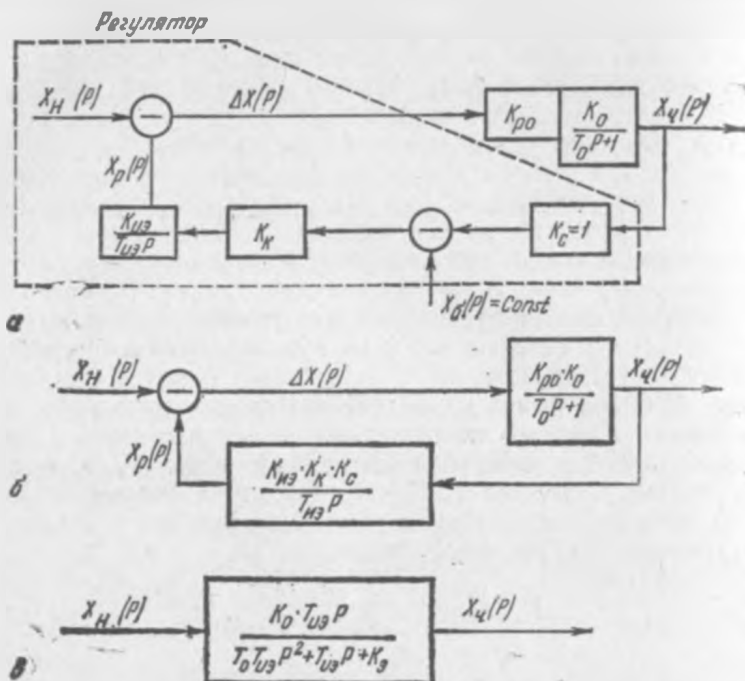
$$K_s(p) = \frac{K_o T_{us} p}{T_o T_{us} p^2 + T_{us} p + K_s} \quad (299)$$

Нагрузка канали бўйича ростлаш системаси анализ қилинганда бошқариш канали бўйича системага бўладиган таъсир ўзгармас $X_b(p) = \text{const}$ деб фараз қилинади, бу таъсир структура схемада ҳисобга олинмайди.

Эквивалент структура схемаларининг асосий моҳиятларидан бири шуки, уларнинг узатиш функциялари асосида ҳар қандай мураккаб АРС нинг математик моделини тузиш мумкин. Буни айтиб ўтилган икки хил структура схемаси мисолида куриш мумкин.

1-мисол. Бошқариш канали бўйича бошқариладиган АРС нинг эквивалент структура схемасига мувофиқ (166-расм, в) системанинг эквивалент узатиш функцияси:

$$K_s(p) = \frac{X_n(p)}{X_{бк}(p)} = \frac{K_p K_o}{T_{us} \cdot T_o p^2 + T_{us} p + K_s};$$



167- расм. Ташқи таъсир (нагрузка) канали бўйича бошқариладиган АРС нинг структура схемалари:

а — АРС нинг $X_0 = \text{const}$ бўлгандаги структура схемаси; б — кетма-кет уланган звеноларни эквивалент алмаштирилгандаги структура схемаси; в — АРСнинг эквивалент структура схемаси.

бунда

$$K^* = K_p K_o K_c = K_k \cdot K_{uz} \cdot K_{po} \cdot K_{ob} \cdot K_c;$$

$$K_p = K_k \cdot K_{uz};$$

$$K_o = K_{po} \cdot K_{ob}.$$

Ўзатиш функциясига мувофиқ системанинг оператор тенгламасини топиш мумкин:

$$(T_{uz} \cdot T_o P^2 + T_{uz} P + K_s) X_q(P) = K_p K_o \cdot X_{0k}(P).$$

Ундан, АРС нинг математик модели, Лаплас алмаштириши $P = \frac{d}{dt}$ га мувофиқ қуйидагича ёзилади:

$$T_o T_{uz} \frac{d^2 X_q(t)}{dt^2} + T_{uz} \frac{dX_q(t)}{dt} + K_s X_q(t) = K_p K_o K_{0k}(t). \quad (300)$$

2- мисол. Ташқи таъсир — нагрузка канали бўйича бошқариладиган АРС нинг эквивалент структура схемасига мувофиқ (167- расм) унинг эквивалент ўзатиш функцияси

$$K_s(P) = \frac{X_q(P)}{X_n(P)} = \frac{K_o T_{uz} P}{T_o T_{uz} P^2 + T_{uz} P + K_s}.$$

Бундан АРС нинг оператор тенгламаси;

$$(T_o T_{us} P^2 + T_{us} P + K_s) X_q(P) = K_o T_{us} P X_n(P)$$

бўлади ва ниҳоят нагрузка канали бўйича ростланадиган АРС нинг математик модели лаплас алмаштириш $P \div \frac{d}{dt}$ га мувофиқ аниқланади:

$$T_o T_{us} \frac{d^2 X_q(t)}{dt^2} + T_{us} \frac{dX_q(t)}{dt} + K_s = K_o T_{us} \frac{dX_n(t)}{dt}. \quad (301)$$

XIV БОБ. ТУРГУНЛИК ВА АРС НИНГ ИШ СИФАТИ

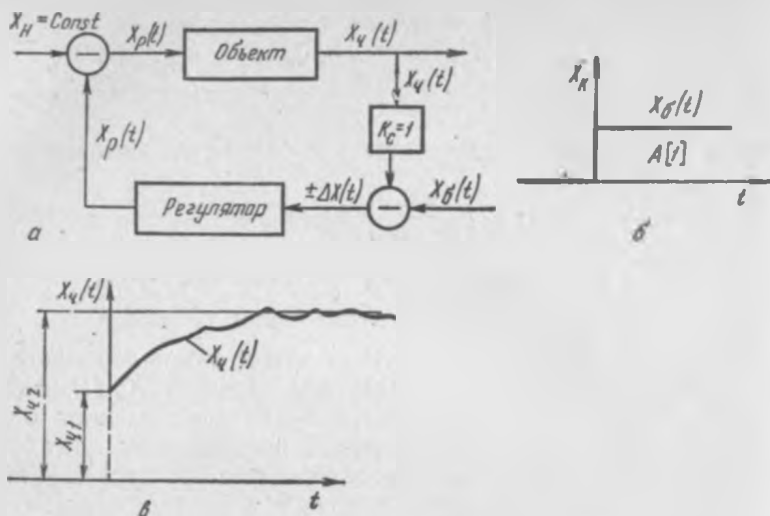
1-§. АРС даги ўтиш процесслари тўғрисида

АРС динамик система бўлгани учун ташқи таъсирлар унинг муво-
занат ҳолатини ўзгартиради, ростланувчи параметр $X_q(t)$ вақт ўти-
ши билан ўзгариб, янги қийматга эга бўлади ёки ўзининг олдинги
қийматига қайтиб келади. Ростланувчи параметрнинг вақт бўйича
бундай ўзгариши ростланиш процесси ёки ўтиш процесси деб аталади.
Ўтиш процесси ростланувчи параметрнинг ўзгариш графиги $X_q(t)$
билан характерланади. АРС нинг ўтиш процесси графиклари унинг
дифференциал тенгламаларининг ечими ёки эксперимент асосида кў-
рилади. Биз энг олдин биринчи даражали дифференциал тенглама
билан ифодаланадиган (объект аperiодик звено, регулятор эса инер-
циясиз звено бўлганда энг оддий стабилловчи АРС нинг ўтиш процес-
си графигини қураимиз. Бунинг учун унга кирувчи сигнал сифатида
ўзгармас амплитудали сакрашсимон ташқи таъсир $X_k = A[1]$ берилди
ва системадан чиқувчи сигналнинг (ростланувчи параметрнинг) вақт
бўйича ўзгариши $X_q(t)$ ёзиб олиниб, ўтиш процесси графиги ясаллади
ва шу график асосида АРС нинг сифат кўрсаткичлари анализ қи-
линади.

1. Бошқариш канали бўйича АРС га таъсир кўрсатиш системаси-
нинг функционал схемаси 168- расм, а да системага бошқариш канали
бўйича кирувчи (бошқарувчи) сигнал X_0 168- расм, б да ва бундай бош-
қарувчи сигнал таъсирида АРС нинг бир барқарор режимдан иккинчи
барқарор режимга ўтиш графиги 168- расм, в да кўрсатилган. Бунда
объектнинг нагрузкаси ўзгармас $X_n(t) = \text{const}$ ва бошқа тасодифий
ташқи таъсирлар йўқ деб фараз қилинган.

Регулятор ростланувчи параметр қиймати $X_q(t)$ нинг берилган бир
миқдор X_{q1} дан иккинчи миқдор X_{q2} га юқори аниқликларда ўтишини
таъминлаш вазифасини бажаради.

2. Объект нагрузкасининг ўзгариши ва объектга тасодифий ташқи
таъсирлар $X_n(t)$ канали бўйича бошқариш процессида вужудга ке-
ладиган ўтиш процессларини текшириш 169- расм, а да кўрсатилган
схемага мувофиқ бажарилади. Бунда регулятор технологик процесс
давомида ростланувчи параметрнинг берилган қийматини бир меъёрда
сақлаб туриш вазифасини бажаради. Бунинг учун регулятордан чиқа-
диган сигнал $X_p(P)$ нагрузкани ўзгариши билан пайдо бўладиган, сис-
темага кирувчи $X_n(t)$ ҳар қандай ташқи таъсирга қарама-қарши йў-
налади.



168- расм. Бошқариш канали бўйича рoстлаш:

a — APC схемаси; b — бошқариш канали бўйича системага кiрувчи сигнал; c — ўтиш процесси графиги — $X_H(t)$; X_{u1} ; X_{u2} — рoстлашувчи параметрнинг олдинги ва кейинги барқарор режимлардаги қийматлари.

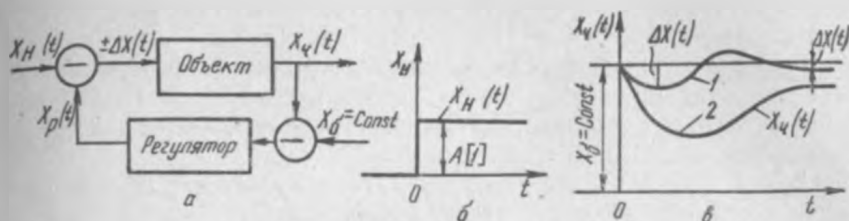
Агар регулятордан чиқадиган сигнал $X_p(t)$ нинг амплитудаси ва ўзгариш фазаси объект нагрузкасининг ўзгариши натижасида пайдо бўладиган ташқи таъсир $X_H(t)$ нинг амплитудаси ва ўзгариш фазасига тенг бўлса APC да ўтиш процесси сезилмайдиган даражада ўтган ва рoстланувчи параметр қиймати ўзгармаган бўлар эди. Бунинг идеал бир ҳол деса бўлади. Реал шарoитда бундай бўлмайди. Бунинг сабаби APC нинг инерцион система экани унинг занжиридаги рoстловчи сигнал $X_p(t)$ кечикиши ва бошқаларга боғлиқ бўлади.

Регуляторнинг инерционлигини ҳам йўқ қилиб бўлмайди. Шу туфайли ҳар доим регулятордан чиқадиган рoстловчи сигнал $X_p(t)$ нинг амплитуда ва фаза ўзгаришида ташқи таъсир $X_H(t)$ ўзгаришига нисбатан кечикиш ва миқдорий камайиш мавжуд бўлади. Бу эса рoстлаш хатоси

$$\pm \Delta X(t) = X_H(t) - X_p(t) \quad (302)$$

ни келтириб чиқаради. Ўтиш процессининг бу турини бир сифмли (энг оддий) иссиқлик объектларида, материал қуриштиш процесси мисолида кўрамыз.

Айтайлик, технологик процесс талабларига мувофиқ материални қуриштиш температураси ($\theta_n^* = X_0 = \text{const}$) берилган ва маълум бўлсин. Лекин қуриштиш процесси давомида объектнинг реал температураси $\theta(t)$ ёки $X_u(t)$ ўзгариб туради. Бунинг сабаби объектга киритиладиган материал оғирлиги (ҳажми) ва намлигининг берилган номинал миқдори Q га нисбатан ҳар хил ўзгариб туришида, яъни $X_H(t)$ объект нагрузкасининг ўзгариб туришидадир. Объект температурасининг стабиллигини таъминлаш учун регулятор объектга келадиган энергия



169- расм. Нагрузка канали бўйича ростлаш:

а — АРС схемаси; б — нагрузка канали бўйича қирувчи сигнал графиги; в — ўтиш процесси графиглари — $X_q(t)$; 1 — регулятор бўлгандаги, 2 — регулятор бўлмагандаги; $X_0 = \text{const}$ — ростланувчи параметрнинг берилган қиймати.

миқдорини температура ўзгаришига мувофиқ ўзгартириб туради. Объект температураси камайса ($X_q(t) < X_0$ бўлса), регулятор объектга келадиган иссиқлик энергиясини оширади ва, аксинча, объект температураси ошганда $X_q(t) > X_0$ регулятор объектнинг ростловчи органи (жумрак, тиқин, автотрансформатор ва бошқалар) ни суриб объектга келадиган иссиқлик энергияси миқдорини камайтиради.

Объект температурасининг ростлаш процессининг графиги 169-расм, в да кўрсатилган. Объект нарузкаси (материал миқдори ва намлиги) сакрашсимон миқдор $X_k(t) = A[1]$ га ошса, унинг температураси камая бошлайди. Регулятор бунга қарши таъсир кўрсатиб, объектга келадиган энергия миқдорини оширади. Натижада объект температураси (ростланувчи параметр $X_q(t)$) вақт ўтиши билан қайта тикланади (169-расм, в, 1-график).

Таққослаш мақсадида 169-расм в да ростланувчи параметрнинг регулятор бўлмаган ҳолдаги графиги ҳам кўрсатилган.

2-§. Ўтиш процессларининг турлари

Автоматик ростлаш системаларида юз бериши мумкин бўлган ўткинчи процесслар ва уларнинг турлари ростланувчи параметрнинг ўткинчи режим давомида қандай ўзгаришини кўрсатадиган ўтиш графиклари билан характерланади. Бундай графикларнинг асосий турлари 170-расмда кўрсатилган. Бу графиклар ростланувчи параметрнинг берилган қиймати $X_0 = \text{const}$ ва ташқи таъсир $X_H(t)$ нинг сакрашсимон ўзгариши (ташқи таъсирнинг стандарт қиймати, 169-расмга қаранг) мавжуд бўлган шароит учун қурилган. АРС нинг ростлаш хатоси ҳамма графиклар учун

$$\Delta X(t) = X_0 - X_q(t) \quad (303)$$

бўлади.

Ўтиш процессининг энг оғири график 1 билан тасвирланган. Графикка кўра ростланувчи параметр ва АРС ни ростлаш хатосининг абсолют қиймати монотон тарзда ошади. Реал системада бундай ўзга-

риш узоққа чўзилмайди, автоматик сақлагичларнинг ишлаши натижа-сида технологик процесс тўхташи билан тугалланади. Бу хилдаги ўтиш процесси купинча регуляторнинг нотўғри уланиши тескари боғ-ланиш занжирининг манфий ишора ўрнига мусбат ишора билан боғ-ланиши оқибатида юз беради. АРС нинг турғунлиги аperiodик тарзда йўқолади.

График 2 ҳам АРСнинг нотурғунлигини кўрсатади. Лекин бунда тескари боғланиш занжири тўғри (манфий ишора билан) уланган-лигига қарамай, система ўз турғунлигини бир нечта тебранишдан сўнг йўқотади. Бу ҳол регулятор узатиш коэффициентининг катта бўли-шига, объектнинг ўтиш процесси характеристикасида кечиккиш бор-лигига ва умуман объектнинг динамик хусусиятларига боғлиқ бў-лади.

Қолган графиклар 3 ва 4 ростланувчи параметрнинг берилган қиймати X_0 га яқинлашувини, турғунлиги бор ўтиш процессини тас-вирлайди. 3- график аperiodик процессни, 4- график эса тебраниб сўнувчи процессни тасвирлайди. Турғунлиги бор процессларда абсо-лют хато қиймати вақт ўтиши билан камаяди, АРС янги турғун ре-жимга ўтади.

Регуляторнинг қайси типга тегишли эканига қараб янги турғун режимда ростланувчи параметр ўзининг олдинги қийматига қайтиши ёки бирор янги қийматга эга бўлиши мумкин. Агар ростланувчи па-раметр ўтиш процесси натижасида бирор янги қийматга эга бўлса, унда бу АРС нинг статик хатоси борлигини кўрсатади:

$$\pm \Delta X_{ст} = X_0 - X_q(\infty), \quad (304)$$

бунда X_0 — Ростланувчи параметрнинг берилган қиймати;
 $X_q(\infty)$ — ростланувчи параметрнинг кейинги турғун режимдаги қий-мати.

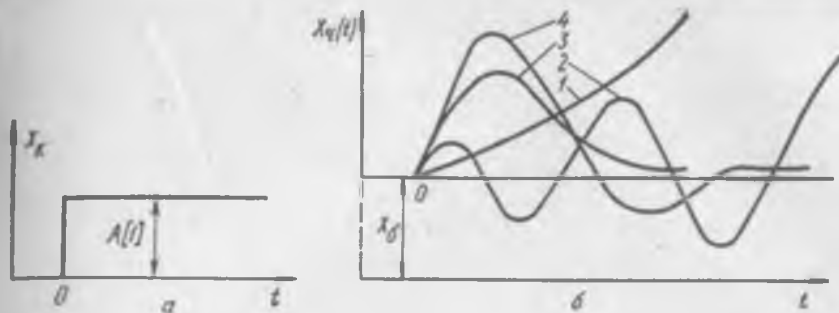
Ўтиш процессидаги АРС нинг динамик режимдаги хатосини қуйи-дагича ифодалаш мумкин;

$$\Delta X_{дин} = X_q(t) - X_q(\infty) = \Delta X(t) - \Delta X_{ст}, \quad (305)$$

бунда $\Delta X(t) = X_q(t) - X_0$ — ростлаш процессининг умумий хатоси.

3-§. АРС нинг турғунлиги

АРС ростланувчи параметрнинг қийматини ҳар қандай ташқи таъсир бўлишига қарамай берилган қўйимга мувофиқ сақлаб тура ол-са, у ўз функциясини бажарган ҳисобланади. Айниқса бундай таъсир шакли сакрашсимон бўлиб, амплитудаси ўзгармас бўлса A [1] ста-билловчи автоматик системалар учун системани кўзғатувчи ташқи таъсир сифатида объект нагрузкасининг ўзгариши кўпроқ характерли ҳисобланади. Объект нагрузкаси шундай таъсир кўрсатиб ўзгарганда ростланувчи параметрнинг ўзи берилган қийматга қайтиб келишини таъминлайдиган АРС нормал ишлаш қобилиятига эга бўлади. АРС нинг бундай қобилияти ўтиш процесси графикларига мувофиқ аниқла-нади. Ростланувчи параметр ўтиш процесси оқибатида тебранувчи ва



170- расм. Ўтиш процессининг графиклари — $X_q(t)$.

берилган барқарор режимга яқинлашмайдиган бўлса, бундай АРС нинг барқарорлиги йўқ ҳисобланади ва амалда қўлланмайди.

Тўғри чизиқли характеристикага эга бўлган АРСларнинг ўтиш процесси графиклари аperiодик ёки сўнувчи характерга эга бўлгандагина улар турғун бўлади.

АРС нинг турғунлиги объект ва регуляторнинг динамик характеристикалари ўзаро қай даражада мослашганига боғлиқ, лекин баъзи ҳолларда юқорида кўрилган процесс характеристикасида кечикиш мавжуд бўлган статик объект ва интегралловчи регулятордан тузилган АРС ҳеч қачон турғун бўлмаслиги маълум. Бундай АРС лар структураси бўйича нотурғун деб ҳисобланади.

Структураси бўйича турғун АРС ларнинг кўпчилиги объектнинг динамик характеристикаларини, параметрлари K_0 , T_0 ёки регулятор коэффиценти K_p нинг қийматлари маълум нисбатларда ўзгарсагина нотурғунлик вужудга келиши мумкин. Юқорида 3- тартибгача бўлган дифференциал тенгламалар билан ифодаланган энг оддий АРСларни анализ қилиш, уларнинг турғунлигини ўтиш процесси графиклари асосида аниқлаш усулини кўрдик. Аслида ҳар қандай АРС ни ифода-лайдиган дифференциал тенгламалар юқори тартибли бўлади:

$$a_n \frac{d^n X_q}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} X_q}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{d X_q}{dt} + a_0 X_q = b_m \frac{d^m X_k}{dt^m} + b_{m-1} \frac{d^{m-1} X_k}{dt^{m-1}} + \dots + b_1 \frac{d X_k}{dt} + b_0 X_k. \quad (306)$$

Бундай юқори тартибли тенгламалар билан ифодаланмайдиган мураккаб АРС ларнинг турғунлигини анализ қилишнинг умумий усулини А. М. Ляпунов тавсия қилган. АРС турғун бўлиши учун зарур ва етарли бўлган шарт-шароитларнинг аниқлаган. Ляпунов методи ёпиқ занжирли юқори тартибли АРС нинг турғунлигини аниқлашда кенг қўлланади. У тўғри чизиқли динамик системаларнинг турғунлигини уларнинг ихтиёрий ҳаракатини ифодалайдиган дифференциал тенгламаларни анализ қилиш асосида аниқлаш мумкинлигини кўрсатиб берган.

Системанинг ихтиёрий ҳаракатини ифодалайдиган дифференциал

тенглама қуйидагича ёзилади (тенглама (306) нинг ўнг томони бўлмайди):

$$a_n \frac{d^n X_q(t)}{dt^n} + a_{n-1} \frac{d^{n-1} X_q(t)}{dt^{n-1}} + \dots + a_1 \frac{dX_q(t)}{dt} + a_0 X_q(t) = 0.$$

Бундан APC нинг характеристик тенгламаси Лаплас ўзгартиришига мувофиқ қуйидагича ёзилади.

$$a_n P^n + a_{n-1} P^{n-1} + \dots + a_1 P + a_0 = 0 \quad (307)$$

Тенгламанинг умумий ечими

$$X_q^{f_{TK}}(t) = \sum_{i=1}^n C_i \sqrt{e^{p_i t}}. \quad (308)$$

бунда P_i — характеристик тенгламанинг илдизлари; n — тенгламанинг тартиби, C_i — интеграллаш доимийси.

Ечим ифодасини анализ қилганда ростланувчи параметрнинг ихтиёрий режимдаги ҳаракати сўнувчи бўлиши, тенгламанинг ҳамма ечимлари нолга интилиши ($t \rightarrow \infty$; $X_{q,TK}^{f_{TK}} \rightarrow 0$) шарт ва бунинг учун характеристик тенгламанинг ҳамма илдизлари манфий $P_i < 0$ бўлиши керак. Бу ҳолда аperiодик ўтиш процессини ифодаловчи ҳамма экспонентлари сўнувчи бўлади.

Агар характеристик тенгламанинг ечимида бирор комплекс қўшалок илдиз $p = \alpha + j\beta$ бўлса, ўтиш процесси тебранувчи бўлади. Ўтиш процессининг амплитудаси сўнувчи бўлиши учун комплекс қўшалок илдизнинг ҳақиқий қиймати манфий $\alpha_i < 0$ бўлиши етарли, чунки унинг мавҳум қисми ўтиш процессининг амплитудаси ўзгаришига таъсир кўрсатмайди.

Хулоса шуки, тўғри чизиқли APC турғун бўлиши учун система характеристик тенгламасининг ҳамма ҳақиқий илдизлари P_i ёки илдизларнинг ҳамма ҳақиқий қисмлари α_i манфий қийматга эга бўлиши шарт.

Агар характеристик тенглама илдизларидан биронтаси нолга тенг ва қолганлари манфий ҳақиқий қийматга эга бўлса, бундай система нейтрал ёки астатик система бўлиб қолади. Системанинг ташқи таъсирдан кейинги мувозанат ҳолати ростланувчи параметрнинг қийматига боғлиқ бўлмайди.

Ҳақиқатан, агар илдизларнинг биронтаси P_K да $1 < K \leq n$ бўлса, ифода (308) ни қуйидагича ёзиш мумкин;

$$X_q^{f_{TK}}(t) = C_K e^{P_K t} + \sum_{i=1}^{n-1} C_i \sqrt{e^{p_i t}}.$$

Агар илдиз $P_K = 0$ бўлса,

$$X_q^{f_{TK}}(t) = C_K + \sum_{i=1}^{n-1} C_i \sqrt{e^{p_i t}} \quad (309)$$

системанинг мувозанат ҳолатида ($t = \infty$)

$$X_q^{f_{TK}}(t) = C_K.$$

Бундан кўринадики, нейтрал АРС ларда ўтиш процесси тугаганда ҳам ростланувчи параметр $X_1^{(t)}$ (t) нолга тенг бўлмайди, балки унинг $C_1 \neq 0$ га тенг бўлган қиймати сақланиб қолади.

Агар характеристик тенгламанинг илдизларидан биттаси мусбат ишорага ёки ундаги комплекс илдизнинг ҳақиқий қисми мусбат қийматга эга бўлса, бундай АРС нинг турғунлиги бўлмайди. Ростланувчи параметр ихтиёрий ҳаракат давомида чексиз ошиб кетишга интилади.

Шундай қилиб, тўғри чиқиқли АРС нинг турғунлигини анализ қилиш, унинг характеристик тенгламаси илдизларини ҳисоблашдан иборат бўлиб қолади.

1,2 ва 3-тартибли системаларнинг характеристик тенгламалари илдизларини ҳисоблаш унча қийинчилик туғдирмайди, аммо ундан юқори тартибли системаларнинг илдизларини ҳисоблаш қийин ва мумкин бўлмайди. Шу сабабдан амалда турғунликни анализ қилиш алоҳида критерийларга мувофиқ бажарилади. Бу критерийлар турғунлик туғрисидаги маълумотни тенглама илдизларини ҳисобламасдан аниқлаш имконини беради.

Ҳозирги пайтда АРС барқарорлигини (турғунлигини) аниқлаш учун алгебраик ва частотавий критерийлардан фойдаланилади.

Турғунликнинг алгебраик критерийлари сифатида Раус-Гурвиц критерийлари, частотавий критерийлар сифатида Михайлов критерийсини кўрсатиш мумкин.

Раус-Гурвиц критерийси. Турғунликнинг алгебраик (Раус-Гурвиц) критерийлари АРС нинг характеристик тенгламаси коэффициентлари бўйича тузилади.

Системанинг характеристик тенгламаси 1-тартибли бўлса,

$$a_0 p + a_1 = 0,$$

унинг турғунлиги учун характеристик тенглама коэффициентлари a_0 ва a_1 мусбат қийматларга эга ($a_0 > 0$ ва $a_1 > 0$) бўлиши зарур ҳамда етарли бўлади.

Системанинг характеристик тенгламаси 2-тартибли бўлса,

$$a_0 p^2 + a_1 p + a_2 = 0$$

системани турғунлиги учун унинг коэффициентлари $a_0 > 0$, $a_1 > 0$ ва $a_2 > 0$ бўлиши зарур ва етарли бўлади.

Системанинг характеристик тенгламаси 3-тартибли бўлса,

$$a_0 p^3 + a_1 p^2 + a_2 p + a_3 = 0$$

система турғун бўлиши учун унинг коэффициентлари $a_0 > 0$; $a_1 > 0$; $a_2 > 0$ ва $a_3 > 0$ бўлиши зарур, лекин етарли бўлмайди. Энди қўшимча шарт бўлиши талаб қилинади; $a_1 a_2 - a_0 a_3 > 0$.

АРС нинг характеристик тенгламаси 4-тартибли бўлса,

$$a_0 p^4 + a_1 p^3 + a_2 p^2 + a_3 p + a_4 = 0$$

унинг турғун бўлиши учун тенгламанинг ҳамма коэффициентлари мусбат бўлиши $a_0 > 0$; $a_1 > 0$; $a_2 > 0$; $a_3 > 0$ ҳамда қуйидаги қўшимча шарт $a_1 a_2 a_3 - a_1^2 a_4 - a_0 a_2^2 > 0$ бажарилиши зарур.

Юқори тартибли системалар учун зарур ва етарли шартлар ҳам

шу йўсинда Раус-Гурвиц томонидан тузилган алоҳида жадвалга мувофиқ аниқланади.

Мисол. АРС нинг характеристик тенгламаси берилган $p^3 + 3p^2 + 7p + 4 = 0$; бунда $a_0 = 1$; $a_1 = 3$; $a_2 = 7$ ва $a_3 = 4$ — тенглама коэффициентлари ёки АРС параметрлари тенглама $a_0p^3 + a_1p^2 + a_2p + a_3 = 0$ коэффициентлари a_0, a_1, a_2 ва a_3 мусбат қийматларга эга бўлгани ва қўшимча шарт $a_1 \cdot a_2 - a_0a_3 > 0$; $3 \cdot 7 - 1 \cdot 4 > 0$ ҳам мавжудлиги учун Раус-Гурвиц критерийсига мувофиқ, текшири-лаётган АРС турғун система ҳисобланади.

Михайлов критерийси. Частотавий критерийлар сифатида совет олими Михайлов томонидан 1938 йилда таклиф этилган геометрик критерий билан танишамиз. АРС турғунлигини аниқлаш методига мувофиқ системанинг характеристик тенгламаси (307) даги оператор P комплекс частота ёки мавҳум аргумент $j\omega$ билан алмаштирилади. Натижада системанинг характеристик тенгламаси ҳақиқий ва мавҳум қийматлардан иборат комплекс тенглама

$$D(j\omega) = a(\omega) + jb(\omega) \quad (310)$$

га айланади. Тенглама $D(j\omega)$ векторини комплекс юза текислигида, частота $\omega = 0$ дан $\omega = \infty$ гача ўзгарганда соат стрелкасига тескари томонга айлантирилса, $D(j\omega)$ векторининг годографи ҳосил бўлади. Бундай годограф Михайлов годографи деб аталади. Михайлов критерийси ана шу годографга асосан қуйидагича таърифланади.

n - тартибли АРС турғун бўлиши учун тенглама $D(j\omega)$ векторининг годографи комплекс юза текислигининг ҳақиқий ўқи a ни $\omega = 0$ нуқтасидан бошлаб соат стрелкасига тескари томонга айлантирилганда кетма-кет n квадрантини босиб ўтиши керак. Бунга қуйидаги мисолда кўриш мумкин.

3- тартибли АРС нинг характеристик тенгламаси берилган

$$p^3 + 3p^2 + 7p + 4 = 0$$

(бунда $a_0 = 1$; $a_1 = 3$; $a_2 = 7$; $a_3 = 4$ оператор P ни мавҳум аргумент $j\omega$ билан алмаштириб ва $j = \sqrt{-1}$; $j^2 = -1$, $j^3 = -j$ ни ҳисобга олганда ҳосил бўладиган комплекс тенглама қуйидагича ёзилади:

$$D(j\omega) = -j\omega^3 - 3\omega^2 + 7j\omega + 4 = 0$$

11- ж а д в а л

ω	0	0,5	1	2	2,5	3	∞
$a(\omega)$	4	3,25	1	-8	-14,7	-23	$-\infty$
$b(\omega)$	0	3,4	6	6	2	-6	$-\infty$

ω	0	0,5	1	2	2,5	3	∞
$a(\omega)$	4	3,25	1	-8	-14,7	-23	$-\infty$
$b(\omega)$	0	0,375	0	-6	-13	-24	$-\infty$

Бу тенгламани ҳақиқий $a(\omega)$ ва мавҳум $jb(\omega)$ қисмларга ажратиш мумкин.

$$a(\omega) = 4 - 3\omega^2 = 0$$

$$b(\omega) = 7\omega - \omega^3 = 0$$

Шунда $D(j\omega = a(\omega) + jb(\omega))$ бўлади. Бундай вектор координаталари $a(\omega)$ ва $b(\omega)$ нинг частота 0 дан ∞ гача ўзгаргандаги қийматлари 11-жадвалда берилган. Вектор $D(j\omega)$ нинг годографи 171-расмда кўрсатилган. Унда 3-тартибли системанинг годографи кетма-кет комплекс юза текислигининг I, II ва III квадрантларида бўлади. Михайлов критерийсига мувофиқ бундай система турғун ҳисобланади. Бундай 3-тартибли системанинг турғунлиги юқорида Раус-Гурвич критерийсида ҳам текшириб кўрилган эди.

Системанинг барқарор бўлмаслиги унинг параметрлари ўзгариши ёки регуляторнинг нотўғри (мусбат) тесқари боғланиш билан уланиши натижасида содир бўлади. Буни АРС тенгламасида коэффициент $a_2 = 7$ ни $a_2 = 1$ га ўзгартириш билан кўриш мумкин. Бу тесқари боғланиш занжирининг узатиш коэффициенти камайиб кетганлигини кўрсатади. Системанинг комплекс тенгламаси

$$D(j\omega) = -j\omega^3 - 3\omega^2 + j\omega + 4$$

тенгламанинг ҳақиқий ва мавҳум қисмлари

$$a(\omega) = 4 - 3\omega^2$$

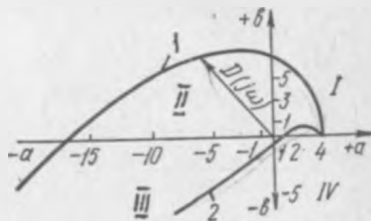
$$b(\omega) = \omega - \omega^3$$

бўлади. Система годографи 171-расм, 2-график, 12-жадвал асосида қўрилган. Бундай система Михайлов критерийсига мувофиқ нотурғун ҳисобланади.

4-§. Ўтиш процессининг сифат кўрсаткичлари

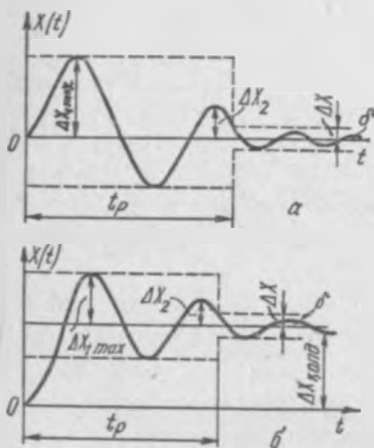
АРС нинг ўткинчи процесслари барқарорлик талабларига жавоб бера олиш билан бирга технологик процесс талабларига мувофиқ сифат кўрсаткичларига ҳам эга бўлиши зарур. Акс ҳолда АРС ўзининг асосий функциясини бажара олмаган бўлади.

АРС нинг иш сифати унинг ўткинчи процесс графиги асосида қуйидаги кўрсаткичларга мувофиқ анализ қилинади ва баҳоланади:



171-расм. Михайлов годографлари:
1 — турғун система годографи; 2 — нотурғун система годографи.

1. Ростланувчи параметрнинг максимал оғиши — $\Delta X_{\max}$.
 2. Ростланувчи параметрнинг ўткинчи процесс тамом бўлгандан кейинги қолдиқ хатоси — ΔX .
 3. Ўтиш процесси вақти — t_p .
 4. Ўтиш процессининг сўниши (тебранувчанлиги) — ϕ .
- Бу кўрсаткичлар АРС учун энг оғир ўтиш процессини вужудга келтирадиган объект нагрукасининг сакрашсимон ўзгариши $X_k = A[1]$ шароитида аниқланади.



172- расм. Ўтиш процессининг сифат кўрсаткичларини аниқлашга доир графиклар:

а — астатик система учун; б — статик система учун.

Ростланувчи параметрнинг максимал четга чиқиши $\Delta X_{\max}$ ўтиш процессидаги ростланувчи параметрнинг максимал қийматига тенг бўлади. Астатик система учун (172- расм, а) ростланувчи параметрнинг максимал четга чиқиши $\Delta X_{\max}$ вақт ўқидан ҳисобланади, статик система учун эса ростланувчи параметрнинг янги турғун режимидаги қолдиқ қиймати $\Delta X_{\text{кол}}$ дан бошлаб ҳисобланади. $\Delta X_{\text{кол}}$ — АРСнинг статик хатоси (172- расм, б). Ростланувчи параметрнинг максимал четга чиқиши АРС нинг динамик режимини, статик хато $\Delta X_{\text{кол}}$ эса унинг статик режимини характерлайди.

Ростланувчи параметрнинг ўтиш процесси давомида ва янги турғун режимга ўтгандаги четга чиқишлари ($\Delta X_{\max}$, ΔX_k) ҳар бир АРС учун олдиндан берилган қўйим қийматидан АРС нинг ишлаш сифатини баҳолаш учун белгиланган чегарадан (пунктирли чизик) четга чиқмаслиги талаб қилинади.

Ростланувчи параметрнинг ўтиш процессидан кейинги қолдиқ хатоси $\Delta X_{\text{кол}}$ фақат статик системаларга хос бўлиб, астатик системаларда бундай хато бўлмайди (172- расм, а, б). Статик системанинг қолдиқ хатоси ошган сари унинг иш сифати пасая боради.

Ўтиш процессининг вақти t_p системага таъсири таъсир кўрсатилган моментдан ростланувчи параметрнинг носезувчанлик δ зонасига киргунча бўлган вақт ораллигини белгилайди (172- расм, а, б). Ростланувчи параметрнинг максимал четга чиқиши катта бўлиши системанинг тебранувчанлигини оширади ва ростланиш вақти t_p ни орттиради.

АРС нинг турғун режимлардаги носезувчанлик зонасининг бўлиши ҳам унинг сифат кўрсаткичларини пасайтиради. Бу зона ростланувчи параметрнинг ўзгаришидаги шундай бир хиттик миқдорки, ундан олинадиган сигнал система элементларидаги ишқаланиш кучи, люфтлар, электр контактларидаги ўзгарувчи қаршилиқлар ва ростлаш органининг ҳаракат йўналишини ўзгартириш учун керак бўладиган

қарши кучларни енгишгагина сарф бўлади. Шу туфайли носезувчанлик зонаси ростланувчи параметрнинг турғун режимда пайдо бўладиган энг сўнгги кичик четга чиқиши билан характерланади. Миқдор жиҳатидан $\delta \leq \Delta X$ бўлади.

Ўтиш процессининг сўниши, ундаги кетма-кет ўтадиган иккита четга чиқиш амплитудасининг айирмасига тенг бўлиб, нисбий бирликда қуйидагича ифодаланади (172- расм, а, б):

$$\varphi = \frac{\Delta X_{1max} - \Delta X_2}{\Delta X_{1max}} \quad (311)$$

Бу миқдор тебранувчи системаларни ростлаш сифатини аниқлашда универсал кўрсаткич ҳисобланади.

Юқорида биз АРС ни ростлаш сифатларини унинг ўтиш процесси графикларига асосан бевосита баҳолаш критерийларини кўрдик. Амалда бирмунча билвосита критерийлардан ҳам фойдаланилади. Бу усулларнинг энг оддийси интеграл критерийлар бўлиб, унда ростлашнинг сифати ўтиш процесси графигидаги штрихланган юзалар йиғиндиси билан баҳоланади.

Агар ўтиш процесси аperiодик характерга эга бўлса (тебранувчи бўлмаса) унинг юзаси

$$S = \int_0^{\infty} X(t) dt \quad (312)$$

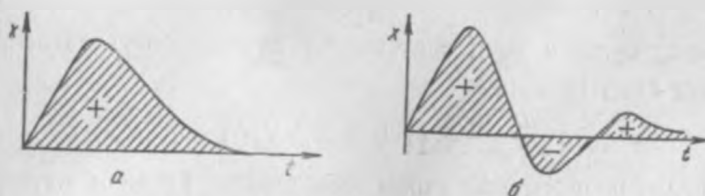
формула билан ҳисобланади (173- расм, а).

Ўтиш процесси тебранувчи бўлса, ҳар қандай ўтиш процесси графигининг умумий юзасини ҳисоблаш учун квадратик интеграл

$$S = \int_0^{\infty} X^2(t) dt \quad (313)$$

формуласидан фойдаланилади. Бу формуланинг афзалликлари шундаки, графикдаги ишоралар (+, -) нинг ўзгариши системанинг сифат кўрсаткичини аниқлашда роль ўйнамайди.

Интеграл критерийнинг мазмуни шундаки, ўткинчи процесс графикларидаги умумий юза (штрихланган юза) қанчалик кичик бўлса АРС ни ростлаш сифати шунчалик юқори бўлади.



173- Ўтиш процессининг интеграл сифат критерийларига доир графиклар:

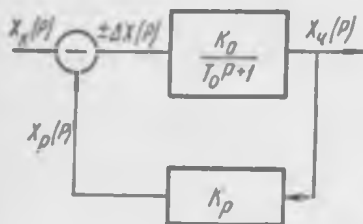
а — тебранимайдиган; б — тебранувчи системалар учун.

5-§. Объект динамик хусусиятларининг АРС ни ростлаш сифатига таъсири

Юқори сифат кўрсаткичларига эга бўлган АРС тузиш объектнинг статик ва, айниқса, динамик хусусиятларини ўрганиш ва бу хусусиятларга мос регуляторни танлаш билан боғлиқ бўлади.

Объектнинг динамик хусусиятларини кўрсатадиган белгилар сифатида унинг статик ёки астатик объект эканлиги, инерционлиги, ўтиш характеристикасида сигнал кечикиши аломатлари борлиги ва бошқаларни кўрсатиш мумкин.

АРС объект ва регулятордан иборат ёпиқ занжирли бир бутун система бўлганлиги учун объектнинг динамик хусусиятлари АРС нинг сифат кўрсаткичларига таъсирини ўрганиш алоҳида аҳамиятга эга. Бунини биз қуйидаги энг оддий АРС лар мисолида ўрганамиз.



174- расм. Стабилловчи АРС нинг структура схемаси.

1- мисол. Объект инерцион звено

$$K_o(P) = \frac{K_o}{T_o P + 1}$$

Регулятор пропорционал звено $K_p(P) = K_p$.

АРС нинг структура схемаси 174-расмда кўрсатилган. Системанинг ташқи таъсири (нагрузка) бўйича сигнал узатиш функцияси

$$K_c(P) = \frac{X_u(P)}{X_k(P)} = \frac{K_o(P)}{1 + K_o(P) \cdot K_p(P)} \quad (314)$$

АРС нинг сифат кўрсаткичларини икки усул билан — классик ва Лаплас ўзгартириши усуллари билан аниқланади.

Классик усул. АРС нинг дифференциал тенгламасини системани ташқи таъсир — (нагрузка) канали бўйича сигнал узатиш функцияси орқали топамиз:

$$\begin{aligned} K_c(P) &= \frac{X_u(P)}{X_k(P)} = \frac{K_o(P)}{1 + K_o(P) \cdot K_p(P)} = \frac{\frac{K_o}{T_o P + 1}}{1 + \frac{K_o K_p}{T_o P + 1}} = \\ &= \frac{K_o}{T_o P + K_o K_p + 1} \cdot X_k(P) [T_o P + K_o K_p + 1] = K_o X_k. \end{aligned} \quad (315)$$

$P \div \frac{d}{dt}$ бўлгани учун системанинг дифференциал тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин.

$$T_o \frac{dX_u(t)}{dt} + (1 + K_o K_p) X_u(t) = K_o X_k. \quad (316)$$

Тенгламанинг умумий ечими системанинг ўткинчи (ихтиёрий ҳаракат ечими $X_u^{\text{т}}(t)$) ва турғун режим ечими $X_u^{\text{с}}(t)$) ларнинг йиғиндисидан иборат бўлади.

$$X_u(t) = X_u^{\text{т}}(t) + X_u^{\text{с}}(t).$$

Системадаги турғун режим ўткинчи процесс тамом бўлганидан кейин $t = \infty$ мавжуд бўлади ва (316) га мувофиқ қуйидагича ифодаланади.

$$(1 + K_o K_p) X_q(t) = K_p X_k$$

ёки

$$X_q(t) = \frac{K_o}{1 + K_o K_o} X_k. \quad (317)$$

Ихтиёрий ўтиш режимидаги ечими эса системанинг характеристик тенгламаси (318) дан топилади.

$$T_o P + 1 + K_o K_p = 0 \quad (318)$$

тенгламанинг илдизи $P = -\frac{1 + K_o K_p}{T_o}$.

Тенглама (318) нинг ечимини

$$X_q^*(t) = C_1 t - \frac{1 + K_o K_p}{T_o} t \quad (319)$$

Тенглама (316) нинг ечими (217) ва (319) ларнинг йиғиндисидан иборат бўлади:

$$X_q(t) = C_1 e^{-\frac{1 + K_o K_p}{T_o} t} + \frac{K_o X_k}{1 + K_o K_p}. \quad (320)$$

Бошланғич шартга мувофиқ ($t = 0$ бўлганда $X_q(t) = 0$) интеграллаш донмийси C_1 ни (320) дан топиш

$$\text{мумкин } 0 = C_1 + \frac{K_o}{1 + K_o K_p} X_k$$

$$\text{ёки } C_1 = -\frac{K_o}{1 + K_o K_p} X_k$$

Энди тенглама (316) нинг умумий ечимини

$$X_q(t) = \frac{K_o}{1 + K_o K_p} X_k \left(1 - e^{-\frac{1 + K_o K_p}{T_o} t}\right) \quad (321)$$

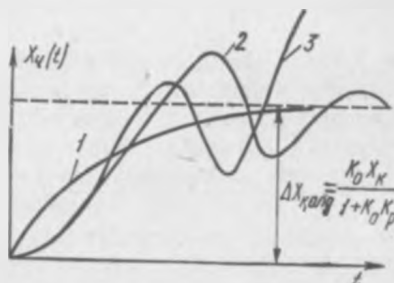
бўлади.

Ўтиш процессининг графиги 175-рasm I график формула (321) га мувофиқ қурилган.

Практикада ечим (321) Лаплас алмаштиришига мувофиқ 10-жадвалдан топилади. Бунинг учун системани узатиш функцияси (322) дан APC нинг тасвирий функцияси аниқланади:

$$X_q(P) = \frac{K_o X_k}{1 + K_o K_p + T_o P} = \frac{K_o X_k}{1 + K_o K_p} \cdot \frac{\frac{1 + K_o K_p}{T_o}}{\frac{1 + K_o K_p}{T_o} + P} \quad (322)$$

10-жадвал № 4 га мувофиқ



175-рasm. Статик APCнинг ўтиш процесси графиглари:

1 — турғун режимга аperiодик (тебранисдан) яқинлашувчи процесс графиги; 2 — турғун режимга тебраниб яқинлашувчи процесс графиги; 3 — турғун режимга яқинлашувчи процесс графиги.

$$\frac{a}{a+P} = \frac{\frac{1+K_o K_p}{T_o}}{\frac{1+K_o K_p}{T_o} + P} = 1 - e^{-\frac{1+K_o K_p}{T_o} t}$$

бунда

$$a = \frac{1+K_o K_p}{T_o}$$

APC тенгламасининг ечими (321) да кўрсатилгандек бўлади.

Шундай қилиб, объект биринчи даражали инерцион звено, регулятор пропорционал звено бўлганда APC даги ўткинчи процесс аperiодик характерга эга бўлар экан. 175-расм (1-график). Ушбу характеристикага мувофиқ ўтиш режими тамом бўлгандан кейинги қолдиқ хато ΔX_k қуйидагича ифодаланади:

$$\Delta X_k = \frac{K_o X_k}{1+K_o K_p} \quad (323)$$

Қолдиқ хатони камайтириш APC ни созлаш параметри K_p нинг қийматини ошириш билан мумкин бўлади. Агар объектнинг ўтиш характеристикасида соф кечинкиш аломати бўлса, у ҳолда объект ва регулятор параметрларининг маълум қийматларида ўтиш процесси тебранувчи бўлиб қолиши ва ҳатто, турғун режимга яқинлашмайдиган бўлиши ҳам мумкин. Бу асосан K_p қийматига боғлиқ. Регуляторнинг кучайтириш коэффициенти K_p нинг максимал қийматини, APC даги ўтиш процессининг тебранувчи ва турғун режимга интилувчи (175-расм, 2-график) бўлишини таъминлайдиган қийматини аниқлаш ва қабул қилиш керак бўлади.

2-мисол. Объект биринчи даражали инерцион звено

$$K_o(P) = \frac{K_o}{T_o P + 1}$$

Регулятор интегралловчи звено $K_p(P) = \frac{K_p}{P}$.

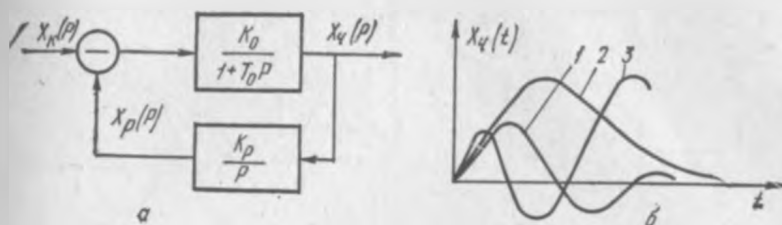
Системанинг сигнал узатиш функцияси унинг структура схемасига (176-расм, а) мувофиқ қуйидагича ифодаланади:

$$K_{\Sigma}(P) = \frac{X_{\Sigma}(P)}{X_k(P)} = \frac{K_o P}{T_o P^2 + P + K_o K_p} \quad (324)$$

Бундай 2-тартибли APC нинг ўтиш процесси функциясининг тасвири:

$$X_{\Sigma}(P) \frac{1}{P} = \frac{K_o X_k(P)}{T_o P^2 + P + K_o K_p} = \frac{K_o X_k(P)}{T_o \left(P^2 + \frac{P}{T_o} + \frac{K_o K_p}{T_o} \right)} \quad (325)$$

Ўтиш процессини ифодаловчи функция (10-жадвал) $K_p > \frac{1}{4T_o K_o}$ бўлганда, қуйидагича ифодаланади:



176- расм. 2- тартибли APC:

а — структура схемаси; б — ўтиш процесси графиклари; 1 ва 2 — турғуликка яқинлашувчи процесс графиклари; 3 — турғуликдан узоқлашувчи процесс графикли.

$$X_q(t) = \frac{\kappa_0 X_k}{T_0 \sqrt{\frac{\kappa_0 \cdot \kappa_p}{T_0} - \frac{1}{4T_0^2}}} e^{-\frac{t}{2T_0}} \sin \sqrt{\frac{\kappa_0 \cdot \kappa_p}{T_0} - \frac{1}{4T_0^2}} \cdot t. \quad (326)$$

Бунда $\omega_0 = \sqrt{\frac{\kappa_0 \cdot \kappa_p}{T_0} - \frac{1}{4T_0^2}}$.

APC даги ўтиш процесси тебранувчи ва турғун режимга интилувчи графиклар билан характерланади (176- расм, 1, 2). Тебранишнинг сўниш тезлиги объектнинг вақт константаси T_0 га боғлиқ. T_0 нинг камайиши тебранишни тезлаштиради. Турғун режимдаги қолдиқ хато нолга интилади. Регуляторнинг коэффициенти κ_p ошиши билан системанинг тебраниш тезлиги ошади, амплитудаси эса камаяди. Агар $\kappa_p = \frac{1}{4T_0 \kappa_0}$ бўлса, $\omega_0 = 0$ бўлади, ўткинчи процесс тебранмайдиган характерга эга бўлади (176- расм, 2- график).

Объект характеристикаси соф кечикишга эга бўлса, ўтиш процесси ёмонлашади, κ_0 ва κ_p ларнинг маълум нисбатига ўтиш процесси барқарор режимдан узоқлашувчи бўлиб қолади (175- расм, 3- график).

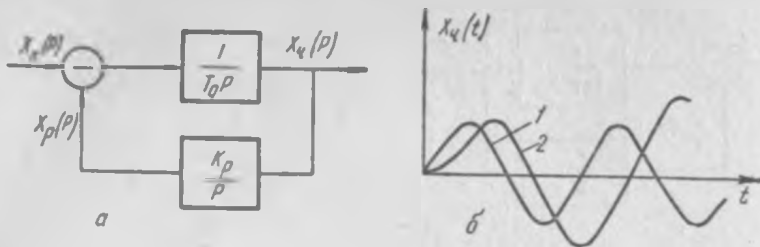
3- мисол. Объект астатик звено $\kappa_0(P) = \frac{1}{T_0 P}$.

Регулятор интегралловчи $\kappa_p(P) = \frac{\kappa_p}{P}$ бўлган системанинг структура схемаси 177- расмда кўрсатилган. Системанинг узатиш функцияси

$$\kappa_c(P) = \frac{\kappa_0(P)}{1 + \kappa_p(P) \cdot \kappa_0(P)} = \frac{X_q(P)}{X_k(P)} = \frac{P}{\kappa_p + T_0 P^2}. \quad (327)$$

Сакрашсимон ўзгармас амплитудали ташқи таъсир $X_k = A[1]$ (нагрузка ўзгариши) оқибатида юз берган ўтиш процессидаги ростланувчи параметрнинг четга чиқишини ифодалайдиган функциянинг тасвири қуйидаги кўринишда бўлади:

$$X_q(P) \cdot \frac{1}{P} = \frac{X_k(P)}{T_0 \left(P^2 + \frac{\kappa_p}{T_0} \right)}. \quad (328)$$



177- расм. Астатик объект ва интегралловчи регуляторли APC:

а — структура схемаси; б — ўтиш процессининг графиклари; 1 — ўзгармас амплитудда тебранувчи система графиги; 2 — турғун режимдан тебраниб узоқлашувчи, турғунлигини йўқотувчи система графиги.

Функциянинг оригиналини 10-жадвалнинг 11-қаторидан топамиз. Баъзи ўзгартиришлардан сўнг изланган функциянинг кўриниши қуйидагича бўлади:

$$X_у(t) = \frac{X_к}{\sqrt{\kappa_p \cdot T_0}} \sin \sqrt{\frac{\kappa_p}{T_0}} \cdot t. \quad (329)$$

Бу функция APC нинг ростланувчи параметри $X_у(t)$ ўзгармас амплитуда $X_{\text{чmax}}$ ва ўзгармас частота ω_0 билан тебраниб туриш хусусиятига эга эканини кўрсатади (177-расм, I график):

$$\text{бунда } X_{\text{чmax}} = \frac{X_к}{\sqrt{\kappa_p \cdot T_0}}; \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{\kappa_p}{T_0}}. \quad (330)$$

6-§. Регуляторни оптимал созлаш

Автоматик регуляторни оптимал созлаш ундаги созлаш элементларининг параметрларини талаб қилинадиган сифат кўрсаткичига мувофиқ созланиши ва шу йўл билан APC нинг ростлаш процесси оптимал бўлишини таъминлашдан иборатдир.

I. Икки позицияли автоматик ростлаш системалари оптимал бўлиши учун ижрочи элемент унча катта бўлмаган частотада ишлагандаги автотебраниш амплитудасининг минимал бўлиши талаб қилинади.

II. Ўзлуксиз ростлаш системаларининг ростланиш процессларининг оптимал бўлиши учун турғунлик талабини сўзсиз бажариш билан бирга яна қуйидаги талаблар ҳам бажарилиши шарт:

- 1) ўтиш процесси вақти (ростланиш вақти) t_p минимал бўлиши;
- 2) қайта ростланишдаги биринчи максимал четга чиқиш ΔX_{max} бўлмаслиги ёки кам бўлиши;
- 3) ўтиш процесси квадратик интеграл қийматининг минимал бўлиши.

Ўзлуксиз ростлаш системаларида ростлаш процессининг оптимал бўлишини таъминлайдиган ва юқорида айtilган талабларни ҳам ўз ичига оладиган энг биринчи кўрсаткич бу ўтиш процессининг сўниш интенсивлиги ҳисобланади.

Ўтиш процессининг сўниш интенсивлиги тебранувчи процесс графигига (172-расм, а, б) мувофиқ қуйидагича ифодаланади:

$$\psi = \frac{\Delta X_{\max} - \Delta X_2}{\Delta X_{\max}} = 1 - \frac{\Delta X_2}{\Delta X_{\max}} \quad (331)$$

Формула (331) дан кўринадики, агар: 1) $\Delta X_2 = \Delta X_{\max}$ бўлса, $\psi = 0$ ўтиш процесси сўнмайди, АРС ўзгармас амплитуда билан тебраниб туради, (177-расм, 1-график). Бундай АРС амалда қўлланмайди; 2) $\Delta X_2 > \Delta X_{\max}$ бўлса, $\psi < 0$ ўтиш процесси давомида ростланувчи параметр ошиб кетади, АРС нинг турғунлиги бўлмайди (177-расм, 2-график). 3) $\Delta X_2 = 0$ бўлса $\psi = 1$, бу ҳолда ўткинчи процесс опериодик тусда, энг оптимал режимда ўтади (176-расм, 2-график).

Формула (331) га мувофиқ ўтиш процессининг сўниш даражалари $0 < \psi < 1$ оралиғида бўлиши маълум бўлади. Ҳозирги пайтда АРС нинг амалдаги техник-иқтисодий кўрсаткичларига асосланиб ўтиш процессининг оптимал сўниш интенсивлиги учун $\psi = 0,7 - 0,8$ қабул қилинган. Бу ҳолда аperiодик ўтиш процессига нисбатан ($\psi = 1$) процесснинг сўниш сифатлари пасаяди; ростлаш вақти бир оз узаяди; оз бўлса ҳам тебраниш бўлади, лекин ростланувчи параметрнинг максимал оғиши $\Delta X_{\max}$ кескин камаёди. Шунинг учун амалда регуляторни соzлаш параметрларининг оптимал қиймати деганда ўтиш процессининг сўниш интенсивлиги $\psi = 0,75$ бўлганда процесснинг ростланиш вақти t_p етарли даражада минимал қийматга эга бўлиши кўзда тутилади.

Ҳозирги вақтда регуляторнинг оптимал соzлаш параметрларини жуда ҳам юқори аниқликларда ҳисоблаш методлари мавжуд. Лекин амалда энг оддий тахминий метод, АРС ва унинг элементлари — объект ва регулятордаги ўтиш процессларини аналитик ва экспериментал ўрганишда эмперик формулалардан фойдаланишга асосланадиган графоаналитик метод кенг қўлланади.

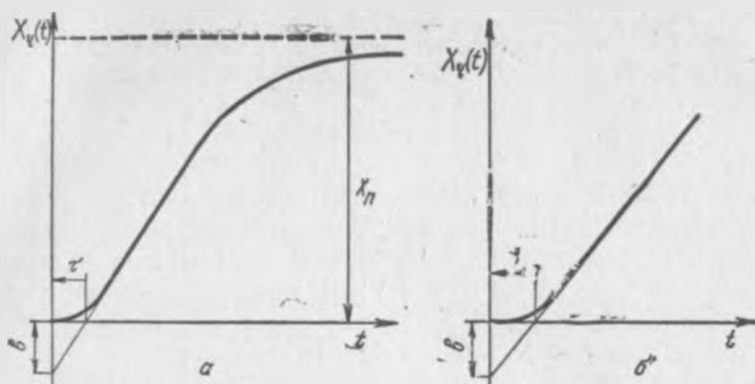
Бу методга мувофиқ объектларнинг статик ва астатик типлари учун П ва ПИ типдаги регуляторларни оптимал соzлаш параметрларини аниқлаш қуйидаги тартибда бажарилади:

1. Объектнинг динамик характеристикаси параметрлари (T_0 , τ , ε , ρ ва кўпайтма $\varepsilon \rho \tau$) тажриба йўли билан олинган ўтиш характеристикаси 178-расм, а, б асосида графоаналитик усул билан аниқланади.

2. Қўлланиши мумкин бўлган регуляторнинг типи (П ёки П И) танлаб олинади.

3. Объект учун танланган регуляторни соzлаш параметрлари (K_p ва K_n) нинг қийматлари графикдан топилган объект параметрларини $\varepsilon \rho \tau$ қийматлари асосида ва 14-жадвалда келтирилган формулалар бўйича аниқланади.

¹ Справочное руководство по наладке устройств автоматического управления технологическими процессами в легкой промышленности изд. Легкая индустрия, 1977.



178- расм. Регуляторни сошлаш параметрлари (ϵ , ρ , τ , b) ни объектнинг ўтиш характеристикаси орқали аниқлаш:

a — статик объект ўтиш графиги; b — астатик объект графиги.

14-жадвал. Регуляторларни сошлаш параметрларининг оптимал қийматлари

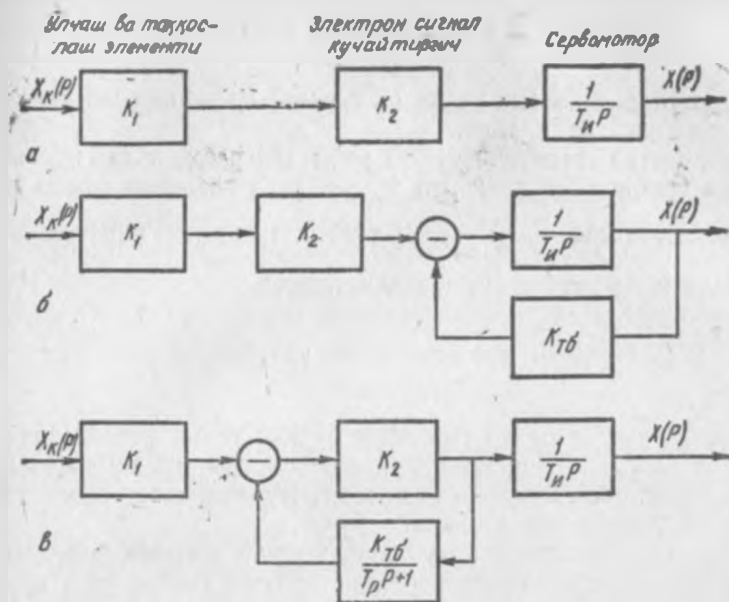
Объект характерис- тикаси	$\epsilon \rho \tau = 0 - 0,2$		$0,2 < \epsilon \rho \tau < 1,5$		$1,5 < \epsilon \rho \tau$	
	регулятор типлари					
Ростлаш параметри	П	ПИ	П	ПИ	П	ПИ
	K_p (пропорц.)	$\frac{1}{\epsilon \tau}$	$\frac{1}{1,1 \epsilon \tau}$	$\frac{\rho (\epsilon \rho \tau + 0,7)}{2,6 (\epsilon \rho \tau - 0,08)}$	$\frac{\rho (\epsilon \rho \tau + 0,6)}{2,6 (\epsilon \rho \tau - 0,08)}$	$0,5 \rho$
$K_{\text{инт.}}$ (интегр.)	—	$\frac{1}{3,6 \epsilon \tau^2}$	—	$1,25 \epsilon \rho K_p$	—	$0,83 \frac{\rho}{\tau}$

XV боб. АВТОМАТИК РЕГУЛЯТОРНИНГ ТУРЛАРИ

1-§. Автоматик регуляторнинг тузилиши

АРС нинг типик функционал схемасида (128- расм) регулятор асо-сан кетма-кет боғланган солиштириш, кучайтириш ва ижрочи эле-ментлардан иборат. Бу схемага мувофиқ таққослаш (кўприк, потенцио-метр ва бошқалар), сигнал кучайтириш (электрон сигнал кучайтиргич) элементлари — инерциясиз звено, ижрочи элемент (электр гидро, пневмо двигателлар — сервомотор) лар эса интегралловчи звенолар-дан иборат бўлган регуляторнинг структура схемаси 179- расм, a да кўрсатилган. Бундай схеманинг эквивалент сигнал узатиш функцияси

$$K_o(P) = K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{1}{T_n P} \quad (332)$$



179- расм. Регуляторнинг структура схемалари:

а — интегралловчи (И) регулятор; *б* — пропорционал (П) регулятор; *в* — пропорционал интегралловчи (ПИ) регулятор; K_1 ва K_2 — инерциясиз звенолар (солиштириш ва кучайтириш элементлари).

регуляторни интегралловчи И звено типига киришини курсатади.

Автоматик ростлаш системаларида кўпроқ П, ПИ ва ПИД звенолар типига кирадиган регуляторлар қўлланади. Бу типдаги регуляторларни ҳосил қилиш 179- расм, *а* да кўрсатилган схеманинг алоҳида элементларига тескари боғланиш занжири киритиш ва унда структура ўзгаришларини вужудга келтириш йўли билан бажарилади (179- расм, *б*, *в*).

Пропорционал звено қонуни бўйича ишлайдиган регулятор схемасини тузиш учун структура схемадаги ижрочи механизмнинг (179- расм, *б*) пропорционал звено ($K'_{то}$) орқали тескари боғланиш занжирини тузиш керак. Шунда схеманинг эквивалент узатиш функциясини қуйидагича ёзиш мумкин;

$$K_p(p) = K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{\frac{1}{T_n p}}{1 + \frac{1}{T_n p} \cdot K_{то}} = \frac{K_1 K_2}{T_n p + K_{то}}, \quad (333)$$

бунда $K_{то}$ — тескари боғланиш занжирининг узатиш коэффициенти.

Ижрочи механизмнинг инерцион доимийси T_n тескари боғланиш занжирининг кучайтириш коэффициенти $K_{то}$ га нисбатан кўп марта кичик бўлишини ҳисобга олганда, регуляторнинг янги структура схемасининг эквивалент узатиш функцияси пропорционал звенонинг сигнал узатиш коэффициентиغا айланади.

$$\kappa_s(P) = \frac{\kappa_1 \kappa_2}{\kappa_{т6}} = \text{const}$$

Ҳосил бўлган эквивалент схема (179- расм) пропорционал регуляторнинг схемасини ифодалайди.

ПИ регулятор схемасини тузиш учун 179-расм, в да кўрсатилган структура схемасидаги электрон кучайтиргич элементи (звено K_2) билан инерцион звено $\frac{K_{т6}}{K_{т6}P_1 + 1}$ дан тузилган манфий ишорали тескари боғланишли ёпиқ занжирдан фойдаланилади.

2- §. Ростлаш қонунларининг классификацияси ва регуляторлар

Автоматик регуляторлар тузилиши бўйича типик звенолардан ташкил топади ва ўзининг ростлаш функциясини ҳам ана шу звеноларнинг ишлаш қонунларига мувофиқ бажаради. Бу қонунлар регуляторнинг ростлаш қонунлари деб аталади.

Регуляторнинг ростлаш қонунлари, умуман регулятордан чиқувчи сигнал (ростлаш органининг сурилиш ҳолати) билан унга кирувчи сигнал (ростланувчи параметрнинг оғиши) орасидаги боғланишни $X_p = f(\Delta X)$ ифодалайди ва қуйидаги асосий классларга бўлинади:

1. П регулятор-пропорционаллик қонунига мувофиқ узлуксиз ишлайдиган регулятор.

2. И регулятор-интеграллаш қонунига мувофиқ, узлуксиз ишлайдиган регулятор.

3. ПИ регулятор — пропорционаллик ҳамда интеграллаш қонунларига мувофиқ узлуксиз ишлайдиган регулятор.

4. ПИД регулятор — пропорционаллик, интеграллаш ҳамда дифференциаллаш қонунларига мувофиқ узлуксиз ишлайдиган регулятор.

5. Позицион регуляторлар — узилишли (дискрет) қонун бўйича ишлайдиган регуляторлар.

Булардан ташқари автоматик регуляторларни яна қуйидаги классларга ажратиш мумкин:

ростланувчи параметрнинг тури бўйича температура, босим, тезлик регуляторлари;

ростловчи таъсирларнинг тури бўйича узлуксиз ва узлукли (дискрет) таъсир кўрсатадиган регуляторлар.

Узлуксиз ростлаш регуляторлари ростлаш процесси давомида объектга тинимсиз таъсир кўрсатиб туради.

Узлукли (позицион) ростлаш регуляторлари ростлаш процесси давомида объектга белгиланган вақт оралиқларида ёки ростланувчи параметрнинг миқдори маълум белгиланган қийматга етганда дискрет таъсир кўрсатади.

Ростловчи органининг сурилиши учун зарур бўладиган энергия манбаига мувофиқ регуляторлар ростловчи органга бевосита ёки билвосита таъсир қиладиган регулятор турларига бўлинади.

Бевосита таъсир қиладиган регуляторларда ростловчи органи

суриш учун зарур бўладиган энергия манбаи объектнинг ўзида мавжуд бўлади.

Билвосита таъсир қиладиган регуляторларда ростловчи органи суриш учун зарур энергия ташқи манбадан олинади. Бундай регуляторлар ташқи манба энергиясининг турига қараб электр, пневмо, гидро регуляторлар деб аталади.

Интеграл (астатик) регулятор деб ростлаш органининг сурилиш тезлиги объектнинг ростланувчи параметрининг берилган қийматига нисбатан оғишига пропорционал бўлишини таъминлайдиган регулятор типига айтилади.

Интеграл регулятор ўз функциясининг интегралловчи звено қонунига мувофиқ бажаради.

$$\frac{dX_p(t)}{dt} = -K_n \Delta X(t) \quad (334)$$

бунда $K_n = \text{const}$ интеграл регуляторнинг сигнал узатиш коэффициенти, уни регуляторни созлаш коэффициенти деб ҳам аталади. X_p — ростловчи органи регуляторнинг мувозанат ҳолатига нисбатан сурадиган (регулятордан чиқувчи) сигнал, $\Delta X(t)$ — ростланувчи параметрнинг берилган қийматига нисбатан четга чиқиши.

Тенгламанинг ўнг томонидаги манфий ишора ростланувчи параметрнинг қиймати ошганда регуляторнинг ижрочи органи уни камайтириш томонига ҳаракат қилиши кераклигини кўрсатади.

Интеграл (астатик) регуляторнинг сигнал узатиш функцияси

$$K_n(P) = -\frac{K_n}{P}. \quad (335)$$

Тенглама (334) ни интеграллаш натижасини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$X_p(t) = -K_n \int \Delta X dt + X_{op}, \quad (336)$$

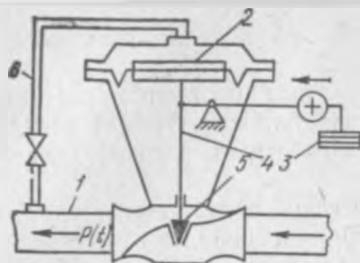
бунда X_{op} — ростловчи орган таъсирининг олдинги (бошланғич) ҳолатининг қиймати.

Хулоса шуки, астатик регулятор ростловчи органининг сурилиши ростланувчи параметр оғишининг интегралига пропорционал бўлади. Шунинг учун ҳам у интеграллик ёки қисқача И — регулятор деб номланган.

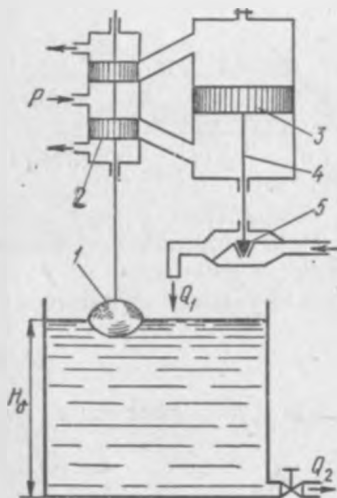
Регуляторнинг ишлаш принципи қуйидагича. Агар ростланувчи параметрнинг оғиши нолга тенг бўлса, ростловчи орган сурилмай (дастлабки ҳолатида) ҳаракатсиз туради. Ростланувчи параметрнинг оғиши рўй бериши билан ростловчи орган маълум тезликда пайдо бўла бошлаган оғишни йўқ қилиш йўналишида сурилади. Ростланувчи параметрнинг оғиши қанча катта бўлса, ростловчи орган шунча катта тезлик билан ҳаракат қилади ва оғишнинг йўқолишини таъминлайди.

Астатик бевосита ва билвосита регуляторларнинг ишлаш принципларини қуйидаги иккита АРС мисолида кўриш мумкин.

Бевосита астатик регуляторнинг принципиал схемаси 180- расмда кўрсатилган. Регулятор объект I даги босим (P) ни ростлаб турини



180-рasm. Бевосита астатик регуляторнинг принцинал схемаси.



181-рasm. Билвосита астатик регуляторнинг принцинал схемаси.

налга айланади. Суюқлик сатҳи баландлиги берилган қиймати H_0 га нисбатан юқорига кўтарилади, тақсимловчи поршень 2 ҳам юқорига кўтарилади ва босимли суюқлик P поршень 3 га юқориги канали бўйича таъсир қилиб, уни пастга босади. Суюқлик сатҳи H_0 га нисбатан камайса, тақсимловчи поршень 2 пастга сурилади ва босимли суюқлик поршень 3 нинг паст томонига таъсир қилиб, уни юқорига кўтаради. Поршень 3 юқорига кўтарилганда тиқин 5 ҳам юқорига кўтарилиб объектга суюқлик келиши купаяди. Поршень 3 пастга сурилганда эса объектга суюқлик келиши камаяди.

Ростловчи орган — тиқин 5 нинг сурилиш тезлиги суюқлик сатҳи баландлигининг ўзгаришига пропорционал бўлади.

Регуляторнинг мувозанат ҳолатида тақсимловчи поршенлар — 2 нейтрал ҳолатни эгаллайди, ижрочи механизмга босимли суюқлик

мўлжалланади. Трубопроводдаги босимнинг ўзгариши трубка 6 орқали мембрана 2 нинг устки томонига таъсир қилади. Мембрананинг пастки томонига ричаг орқали тошлар 3 оғирлиги таъсир қилади, уларнинг оғирлиги берилган босим $P_0 = \text{const}$ қийматига тенг қилиб қўйилган бўлади. Трубопроводдаги босим $P(t)$ билан тошлар оғирлиги тенг $P(t) = P_0$ бўлганда регулятор мувозанат ҳолатда бўлади.

Агар $P(t) < P_0$ бўлса, тошлар оғирлиги мембрана 2 ни юқорига кўтаради. Мембрана билан бирга шток 4 ҳам юқорига сурилади, тиқин 6 очилиб, трубопроводдаги босим кўтарила бошлайди. Ростловчи орган 5 нинг сурилиши регуляторда мувозанат ҳолат $P(t) = P_0$ вужудга келгунча давом этади.

Трубопроводдаги босим берилган қийматидан ошса $P(t) > P_0$ найча 6 орқали мембрананинг устки томонидаги босим куч ошади, шунда мембрана пастга сурилади, шток 4 тиқин 5 ни ёпа бошлайди. Бу сурилиш $P(t) \approx P_0$ бўлгунча давом этади.

✎ Билвосита астатик регуляторнинг принцинал схемаси 181-рasmда кўрсатилган. Регулятор суюқлик сарфининг Q_2 ўзгариши мавжуд бўлганда объектдаги суюқлик сатҳи баландлигини ўзгармас сақлаш учун хизмат қилади.

Суюқлик сатҳи баландлиги H нинг ўзгариши қалқович 1 томонидан ўлчаниб, тақсимловчи поршень 2 ни сурувчи сиг-

Ўтиш капаллари беркитилган бўлади. Бу ҳолатда объектга келувчи суюқлик Q_1 миқдори билан объектдан чиқувчи суюқлик Q_2 миқдори ўзаро тенглашади ва $H(t) = H_0$ бўлади.

Ўтиш процесси юз берганда регулятор ўзининг мувозанат ҳолатига бир неча тебранишдан сўнг, ростлаш — t_p оралиғида ўтади. Бунни қуйидагича тушуниш мумкин.

Объект нагрузкаси (суюқлик сарфи) камайиши билан объектдаги суюқлик сатҳи юқорига кўтарилади, тақсимловчи поршень 2 ижрочи механизмнинг юқориги каналини очади, босимли суюқлик поршеньнинг устки юзасига таъсир қилади, поршень 3 пастга сурилиб, шток 4 тиқин 5 ни пастга суради. Объектга суюқлик келиши камаяди. Маълум вақт ўтиши билан $Q_1 \approx Q_2$ бўлади. Лекин суюқлик сатҳининг баландлиги ҳали тикланмагани $H_0 \neq H(t)$ бўлгани учун поршень 3 пастга сурилишда давом этади, тиқин 5 нинг ёпилиши ва Q_1 нинг камайиши ҳам давом этаверади. Ниҳоят, $H(t) = H_0$ бўлганда $Q_1 < Q_2$ бўлиб қолади.

Энди $Q_1 < Q_2$ бўлгани учун вақт ўтиши билан $H(t)$ берилган баландлик H_0 дан камаяди — $H(t) < H_0$ бўлади ва ростловчи орган тиқин 5 юқорига кўтарилиб Q_1 ни кўпайтира бошлайди. Бундай тебраниш бир неча марта такрорлангач — система барқарор режимга ўтади.

Тебранишнинг келиб чиқишига $H_0 = H(t)$ бўлганда объектга келувчи суюқлик миқдори Q_1 билан ундан чиқувчи миқдори Q_2 нинг ўзаро тенг эмаслиги ва аксинча, $Q_1 = Q_2$ бўлганда $H \neq H(t)$ бўлиши асосий сабаб бўлади. Тебраниш $Q_1 = Q_2$ ва $H_0 = H(t)$ бўлгандагина тугайди. Бу шарт-шароитнинг вужудга келишида объектни ўзича тенглашиш хусусияти регуляторга анча катта ёрдам беради.

Астатик регуляторнинг хусусиятини қуйидагича баён қилиш мумкин.

Мембрананинг штокка кўрсатадиган таъсири билан тошлар оғирлигининг таъсири маълум бир миқдордаги босимда ўзаро тенг бўлади. Мувозанат ҳолат фақат тошлар оғирлиги билан белгиланади ва трубопроводнинг чиқувчи томонидаги нагрузканинг ўзгаришига боғлиқ бўлмайди. Ростловчи органнинг (шток ва тиқин) сурилиш тезлиги ва тиқин 5 нинг очилиши босим оғиши $+\Delta P = P_0 - P(t)$ га пропорционал бўлиб қолади.

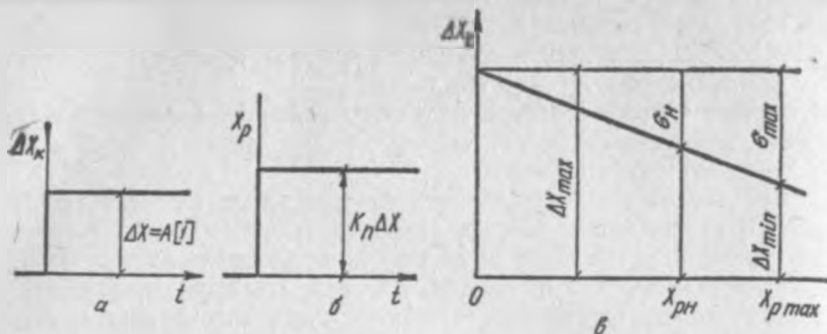
Астатик регуляторлар ўзича тенглашиш хусусиятига эга бўлган объектларда, объект нагрузкасининг секин ўзгариши мумкин бўлган ҳолларда қўлланади.

Пропорционал (статик) регулятор деб ростловчи органнинг сурилиши ростланувчи параметрнинг берилган қийматига нисбатан оғишига пропорционал бўлишини таъминлайдиган регуляторга айтилади. Амалда қисқача П-регулятор деб аталади.

П-регулятор ўз функциясини инерциясиз звено қонунига мувофиқ бажаради.

$$X_p = -\kappa_n \Delta X \quad (337)$$

бунда κ_n — регуляторнинг сигнал узатиш коэффициенти, регуляторнинг сошлаш параметри деб ҳам юритилади.



182- расм. П — регуляторнинг характеристикалари:

а — регуляторга кирувчи сигнал, б — регулятордан чикувчи сигнал; X_p (б) графиги; в — регуляторнинг статик характеристикаси.

Регуляторнинг узатиш функцияси унинг сигнал узатиш коэффициентиға тенг булади.

$$\kappa_n(P) = \frac{X_p}{\Delta X} = \kappa_n. \quad (338)$$

Регуляторнинг динамик характеристикаси 182- расм, б да курсатилган. Регуляторга кирувчи сигнал $\Delta X = A$ [1] булса, ундан чикувчи сигнал X_p , кирувчи сигналға қараганда κ_n марта катта булади.

Регуляторнинг ишлаш принципи қуйдагича. Ростланувчи параметрнинг ўзгариши ростловчи органнинг регуляторнинг мувозанат ҳолатини тиклаш йўналишида ҳаракатға келтиради. Системаға ташқи таъсирнинг миқдори (нагрузка ўзгариши) қанча катта булса, ростловчи органнинг сурилиши X_p ҳам шунча катта булади. Ростловчи органнинг сурилиши максимал қийматға эға, клапан тўла очиқ булганда ростланувчи параметр маълум минимал қиймат $\Delta X_{\min}$ га эға булади. Ростловчи органнинг сурилиши нолға тенг булганда ($X_p = 0$) эға ростланувчи параметр $\Delta X_{\max}$ ўзининг максимал қийматига эға булади. Бундай боғланиш регуляторнинг статик характеристикасини ифодалайди (182- расм, в).

Ростланувчи параметрнинг энг кўп оғиши $\sigma_{\max}$ регуляторнинг статик хатоси деб аталади ва регуляторнинг асосий сифат кўрсаткичи ҳисобланади. Бу хато — $\delta_{\max}$ миқдори олдиндан белгиланган «қўйим» дан ошмаслиги керак.

Ростловчи органи ҳаракатға келтирувчи энергия манбанға мувофиқ П- регуляторлар ҳам билвосита ва бевосита классларға ажратилади.

Билвосита П — (статик) регуляторнинг принцииал схемаси 183- расмда кўрсатилган. Бу схема билвосита статик регулятор схемасидан (181- расм) ижрочи механизмдаги поршени юқорига суриш учун ташқи энергия манбаидан (босимли суюқлик кучидан) эмас, балки пружина 4 нинг итариш кучидан фойдаланилганлиги билан фарқ қилади. Шунинг натижасида нейтрал (астатик) регулятор урнида турғунлиги юқори булган статик регулятор вужудға келади. Пружина иж-

рочи механизм билан манфий тескари боғланишли ёпиқ занжирни вужудга келтиради. Бу занжир «қаттиқ» тескари боғланиш занжири деб аталади. Унинг узатиш коэффициентини $\kappa_{\text{кб}}$ ўзгармас қийматга эга. Регуляторнинг структура схемаси 179-расм, б да кўрсатилган. Регулятор қуйидагича ишлайди.

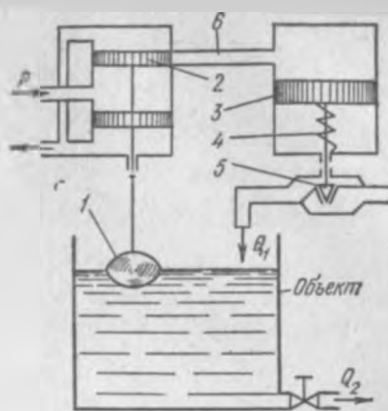
Агар суюқлик сарфи кўпайса ($Q_1 > Q_1$) суюқлик сатҳи баландлиги $H(t)$ берилган қийматига нисбатан камаяди. Қалқович 1 тақсимловчи поршень 2 ни нейтрал ҳолатидан пастга суради. Шунда тақсимловчи поршень ҳамда поршень 3 устидаги суюқлик очилган канал 6 орқали пружина 4 нинг итариш кучи таъсирида ташқарига чиқиб кета бошлайди. Поршень 3 нинг юқорига сурилиши ижрочи орган (клапан) тиқини 5 ни юқорига суриб объектга суюқлик келишини кўпайтиради, янги мувозанат ҳолат ўрнатади. Бу янги ҳолатда суюқлик баландлиги ўзининг берилган қийматига тенг бўла олмайди. Ростланувчи параметрнинг оғиши тўла йўқ бўлмайди. Бу хато ростловчи органнинг сурилиши ΔX_p ошган сайин кўпая боради. Буни статик регуляторнинг характеристикасига мувофиқ тушуниш мумкин (182-расм, в). Характеристикага мувофиқ объект нагрузкаси оша бориб, ростловчи органнинг сурилиши ΔX_p максимум бўлганда ростлаш хатоси ҳам максимум қиймат δ_{max} га эга бўлади. $X_p = 0$ бўлганда, яъни $H(t) = H_0$ бўлганда ростлаш хатоси ҳам нолга тенг ($\sigma = 0$) бўлади.

Ростлаш хатосининг келиб чиқишига сабаб пружинанинг итариш кучи — поршеннинг сурилиш оралиғига боғлиқ ($\Delta F_{\text{пр}} = c\Delta l$) бўлишидир. Пружина ёйилиши билан унинг юқорига итариш кучи камаяди.

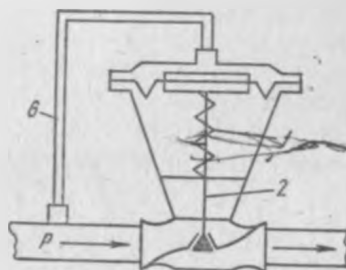
Бевосита статик П — регулятор (184-расм) ҳам ростлаш хатосига эга. Бу хато трубопроводадаги босим камайиши билан оша бошлайди. Чунки пружина кучи босим P нинг ҳар хил қийматларида шток 2 нинг сурилиши сабабли ҳар хил бўлади, шунга мувофиқ регуляторнинг мувозанат ҳолати ҳам ҳар хил босим P га тўғри келади.

Пропорционал-интеграл (ПИ) регуляторлар АРС нинг ростлаш органига пропорционал ва интеграл қонунлари бўйича таъсир кўрсатади:

$$X_p = K_{\text{п}} \Delta x + \kappa_{\text{и}} \int \Delta x dt, \quad (339)$$



183-расм. Билв сита статик регуляторнинг принципиал схемаси.



184-расм. Бевосита статик регуляторнинг принципиал схемаси.

$$X_p = \kappa_n (\Delta X + \frac{\kappa_n}{T_n} \int \Delta x dt,$$

бунда κ_n ва T_n — ростлаш қонунини ташкил этувчи пропорционал ва интеграл қисмларининг коэффициентлари.

Коэффициентлар нисбати T_n билан белгиланса ($\frac{1}{\kappa_n} = T_n$), унда бу коэффициент ростлаш қонунига киритилган интеграллаш даражасини кўрсатади ва изодром вақти деб аталади.

Тенглама (339) ни қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$X_p = \kappa_n \Delta x + \frac{\kappa_n}{T_n} \int \Delta x dt, \quad (340)$$

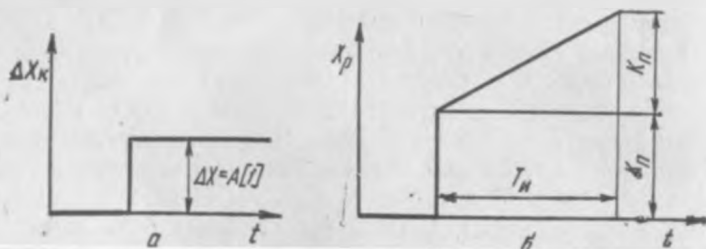
бунда $\kappa_n \Delta x$ — тенгламанинг пропорционал қисми деб; $\frac{\kappa_n}{T_n} \int \Delta x dt$ — тенгламанинг интеграл қисми деб аталади. Агар $\Delta x = A[1]$ ни ўзгармас миқдор дейилса,

$$\frac{\kappa_n}{T_n} \int \Delta x dt = \frac{\kappa_n}{T_n} \Delta x \int dt = \frac{\kappa_n}{T_n} \Delta x t. \quad (341)$$

Тенглама (341) га мувофиқ $t = T_n$ бўлганда, тенгламанинг интеграл қисми $\kappa_n \Delta x$ га тенг бўлади (185-рasm б). Шунда ростланувчи органининг сурилиши $X_p = \kappa_n \Delta x + \kappa_n \Delta x = 2\kappa_n \Delta x$ бўлади.

Бундан кўринадики, тескари боғланиш занжири билан қамралган пропорционал регулятордан чиқувчи сигнал X_p нинг таъсири $t = T_n$ вақт ичида пропорционал регулятордан чиқувчи таъсирга қараганда икки марта кўпроқ бўлади. Шу сабабли изодром вақти T_n сигналнинг иккига кўпайиш вақти деб ҳам аталади (185-рasm, б).

Ўзининг динамикаси бўйича бу регулятор параллел уланган икки-та идеал звено — пропорционал ва интегралловчи звенолардан иборат системага мос келади. Шунда интегралловчи звенонинг сигнал узатиш коэффициенти $\kappa_n = \frac{\kappa_n}{T_n}$ бўлиши шарт. Бу регуляторнинг функциясини қуйидагича ўзгартириш мумкин.



185-рasm. Пропорционал-интегралловчи регуляторнинг динамикаси $X_p(t)$; а — регуляторга кирувчи сигнал графиги.

Изодром вақти $T_{\text{и}}$ чексиз кўпайтирилса, регулятор фақат пропорционал регулятор бўлиб қолади, тенглама (339) га мувофиқ K_p ва $T_{\text{и}}$ нолга яқин бўлганда эса регулятор интегралловчи регуляторга айланади.

Амалда пропорционал-интегралли регуляторни тузиш учун унинг структура схемасига тескари боғланиш занжирини киритиш усулидан фойдаланилади (179- расм, в).

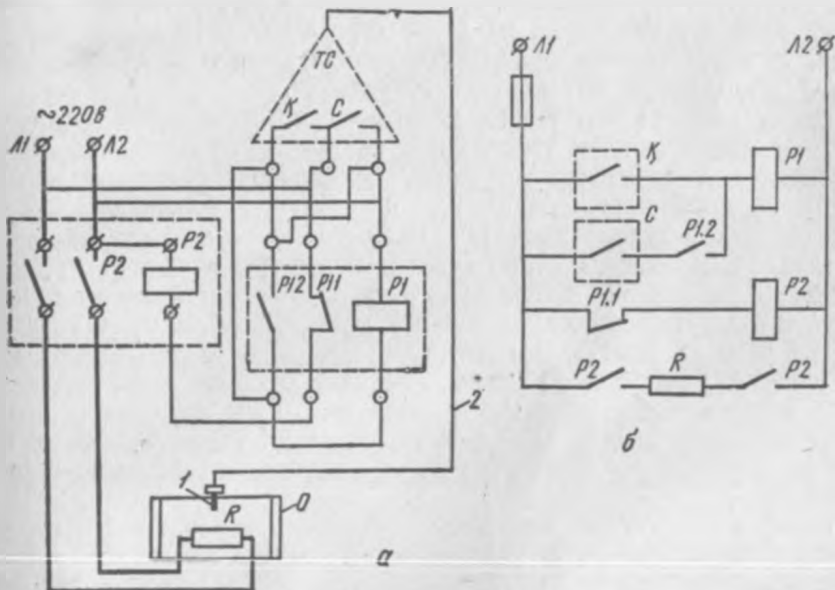
Пропорционал-интеграл-дифференциал (ПИД) регулятор ростловчи органи ростланувчи параметрининг четга чиқиши, унинг интегралли ва параметри ўзгаришининг тезлиги бўйича сурилишини таъминлайди:

$$X_p = K_p \left(\Delta x + \frac{1}{T_{\text{и}}} \int \Delta x dt + T_{\text{д}} \frac{d \Delta x}{dt} \right), \quad (342)$$

$T_{\text{д}}$ — дифференциалловчи звенонинг вақт константаси, регулятор қонунига дифференциал бўйича ростлашни киритади.

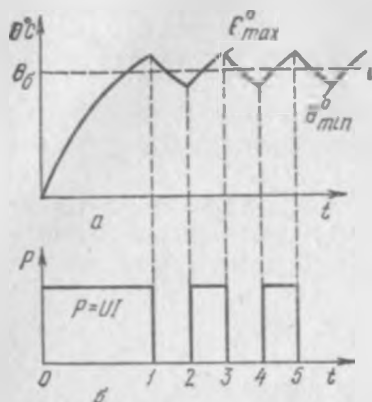
Икки позицияли регуляторларнинг ростлаш органи сакрашсимон (дискрет) ҳаракат қилади. У доим икки ҳолатнинг бирида бўлади. Объектда энергия ёки модда оқимининг бор ёки йўқ, кўп ёки оз бўлишини таъминлайди. Шунга мувофиқ объектнинг ростланувчи параметри ҳам икки қиймат-максимум ва минимум қийматлар орасида ўзгариб туради.

Икки позицияли регуляторнинг ишлаш принципи билан температуранинг автоматик ростлаш системаси мисолида танишамиз (186- расм) Схемада ростлаш объекти сифатида қуритиш шкафи, ростлаш параметри сифатида эса унинг температураси (θ°) хизмат қилади.



186- расм. Температуранинг икки позицияли автоматик ростлаш системаси:

а — принципал схемаси; б — бошқариш схемаси; к — қизил контакт; с — сариқ контакт.



187- расм. Икки позицияли
ростлаш процессининг график-
лари:

a — ростлаш процесси графиги; *б* —
энергия сарфлаиши графиги.

кўрсатиб туради. Бундан ташқари шкалада яна иккита стрелка — сариқ ва қизил стрелкалар бўлиб, қизил билан температура ўзгаришининг берилган максимал қиймати белгилаб қўйилади, сариғи эса температуранинг берилган минимал қийматини кўрсатиб туради. Бу икки стрелка белгиланган жойдан қўзғалмайди.

Ростлаш процесси давомида температуранинг ўзгаришини кўрсатувчи қора стрелка сариқ ва қизил стрелкалар орасида ҳаракат қилади. У сариқ стрелка билан тўқнашганда контакт *C* қизил стрелка билан тўқнашганда эса контакт *K* уланади.

Схема манба кучланишига уланганда магнитли ишга туширгич *P2* нинг ғалтагидан ток ўтади, унинг контактлари уланиб, объектнинг қиздиргичи *R* да электр энергияси иссиқлик энергиясига айланади. Қуришиш шкафининг температураси кўтарила бошлайди. Объект (шкаф) температураси берилган минимум қийматга етганда қора стрелка *ТС* шкаласида сариқ стрелка билан тўқнашиб контакт *C* ни улайди. Қора стрелка шкала бўйича сурилиб берилган максимал қийматга етганда қизил стрелка билан тўқнашиб контакт *K* ни улайди. Шунда реле *P1* нинг ғалтагидан ток ўтади ва у ўз контактлари *P12* ни улаб, *P11* ни узади. Контакт *P11* нинг узилиши билан магнитли ишга туширгичнинг ғалтаги *P2* токсизланади. У ўз контактларини узади ва электр қиздиргич *R* га энергия келиши тўхтайди. Контактлар *P12* ва *C* уланган бўлгани учун бу оралиқда, ғалтак *P1* дан ток ўтиб тураверади.

Шкаф температураси пасайиши натижасида олдин қизил контакт *K*, сўнг сариқ контакт *C* узилади. Сариқ контакт узилганда реле *P1* ғалтагидан ток ўтмайди, унинг контактлари *P12* узилади ва *P11* уланади. Контакт *P11* уланиши билан магнитли ишга туширгичнинг ғал-

Температуранинг берилган икки қиймати — $\theta_{\max}$ ва $\theta_{\min}$ орасида ўзгариб туришини таъминлаш учун икки контактли манометрик термометр (термосигнализатор *ТС*), МКУ-48 типдаги реле *P1* ва магнитли ишга туширгич *P2* дан фойдаланилган.

Термометрик сигнализатор *ТС* нинг ишлаш принципи термобаллон *I* даги тўйинган хлорметил буғининг босими билан температураси орасидаги пропорционал боғланишга асосланади. Температура ошиши билан баллон ичидаги хлорметил буғининг босими ошади ва капилляр *2* орқали манометрик пружинага таъсир қилади. Пружинада вужудга келган деформация рычаг системаси орқали *ТС* шкаласига ўрнатилган кўрсатувчи қора стрелкани шкала бўйича суради ва объект температурасининг ўзгаришини

таги P_2 дан ток ўтиб унинг контактлари уланади ва электр қиздиргич R шкафта иссиқлик бера бошлайди.

Температурани ростлаш процесси ва унга мувофиқ қурилган энергия сарфланишининг графиги 187- расм, a , b да кўрсатилган.

Энергия 0—1, 3—3, 4—5 ... вақт оралиқларида сарфланади. Бу вақт оралиқларида ростлаш органи P_2 контактлари уланган бўлади.

Икки позицияли регуляторнинг қуйидаги алоҳида хусусиятларини қайд қилиб ўтиш мумкин: ростлаш процесси энергия сарфининг кескин ўзгаришлари билан боғлиқ бўлади. Ростланувчи параметр ўзининг ўртача қиймати (берилган $\theta_{\max}$ ва $\theta_{\min}$) орасида ўзгариб туради. Оғиш амплитудаси ва амплитудалар оралиғи объект хусусиятларига ва нейтрал зона ($\theta_{\max} \div \theta_{\min}$) кенглигига боғлиқ бўлади.

Икки позицияли регуляторлар катта сигимли, сигнал кечикиши кам ва сезувчанлиги юқори бўлмаган объектларда қўлланади.

3-§. Регулятор танлаш

Автоматик ростлаш системаларининг функционал схемасига мувофиқ регуляторларда ўлчаш-ўзгартириш қурилмаси, сигнал таққослаш элементи, сигнал кучайтиргич ва ижрочи элементлардан ташқари ростловчи параметрнинг берилган қийматини таққослаш элементига киритувчи — топшириқ берувчи қурилма ҳам бўлади. Регуляторнинг бундай асосий элементлари ва ундаги бош тескари боғланиш занжиридан ташқари яна қўшимча тескари боғланиш занжири ҳам қўлланади.

Қўшимча тескари боғланиш занжири (179- расм) ва унда қўлланган эвенонинг узатиш функциясини, регуляторнинг структура схемасини ўзгартириш йўли билан керак бўлган ростлаш қонуни аниқланади. Шу қонунга мувофиқ регулятор (П, ПИ, ПИД) ўзининг ростлаш функциясини бажаради.

Шуни ҳам айтиш керакки, биронта автоматик регулятор системани ростлаш хатосини тўла йўқ қилолмайди. Бунинг сабаби АРС нинг тескари боғланиш занжиридаги датчиклар ростланувчи параметрнинг четга чиқишини фақат ростлаш хатоси пайдо бўлганидан кейин ва четга чиқиш миқдори маълум қийматга етгандагина сеза бошлайди, шундан сўнг регуляторда бошқарувчи сигнал вужудга келади. Шунинг учун ҳам регулятор танлашда ростлаш хатосини тўла йўқ қилиш эмас, балки имкони борича берилган йўл қўйиладиган миқдор даражасига келтириш талаб қилинади.

Турли динамик хусусиятларга эга бўлган объект учун регуляторнинг маълум серияси ва типларини танлашда объектнинг динамик характеристикалари, регуляторнинг ишлаш шарт-шароитлари, яъни технологик процесснинг таъсири (ташқи таъсирнинг ўзгариши сифатига), ростлаш сифатига қўйиладиган талаблар, ростлашнинг сифат кўрсаткичлари қандай бўлиши ва бошқаларни билиш керак.

Регуляторнинг типини (узлуксиз, релели ёки импульсли эканини аниқлаш учун объектнинг динамик характеристикаси бўйича аниқла-
вадиган параметрлар: сигнал кечикиши вақти t ва вақт константаси

T маълум бўлса бас. Агар $\frac{\tau}{T} < 0,2$ бўлса, релели (дискрет) регулятор танланади, $0,2 < \frac{\tau}{T} < 1$ бўлса, узлуксиз регулятор, $\frac{\tau}{T} > 1$ бўлса, импульсли ёки узлуксиз регулятор танланади.

АРС нинг танланган регулятор объект билан уланишидан вужудга келган оптимал режимларда ишлашини ва юқоридаги талабларнинг бажарилишини таъминлаш учун регуляторнинг объект билан бирга ишлашини созлаш керак. Созлашдан асосий мақсад регуляторнинг созлаш коэффициентларини ҳисоблаш ва созлаш параметрларини белгилашдир.

Узатиш коэффициенти K , изодром вақти T_n , дифференциаллаш вақти T_d каби параметрлар регуляторнинг созлаш параметрлари ҳисобланади. Саноатда ишлаб чиқарилаётган автоматик регуляторларнинг сериялари ушбу параметрларни ўрнатиш мосламалари билан жиҳозланади. Ана шундай мосламалар ёрдамида регулятор тенгламасидаги (ростлаш қонунидаги) коэффициентларнинг қийматлари кераклича ўзгартирилади; объектнинг маълум динамик хусусиятларига ва технологик шарт-шароитларига мувофиқ талаб қилинадиган ростлаш сифати белгиланади.

Регуляторнинг созлаш параметрлари қабул қилинган ростлаш қонунига (регуляторнинг типига), объектнинг динамик параметрлари: сигнал кечикиши τ , вақт константаси T , уларнинг нисбати $\frac{\tau}{T}$ ва объектнинг сигнал узатиш коэффициенти $K_{об}$ га мувофиқ ҳисоб қилинади ва аниқланади.

Узлуксиз типдаги регуляторларнинг созлаш параметрларини айтиб ўтилган объект параметрлари асосида қуйидаги эмперик формулалар асосида топиш мумкин:

И-регулятор учун $k_0 = 1/(4,5 K_{об} T)$,

П-регулятор учун $k_1 = 0,3 / (K_{об} \cdot \frac{\tau}{T})$,

ПИ-регулятор учун $k_1 = 0,6 / (K_{об} \cdot \frac{\tau}{T})$. (343)

$T_n = 0,6 T$,

ПИД-регулятор учун $K_1 = 0,95 / (K_{об} \cdot \frac{\tau}{T})$,

$T_n = 2,4 \tau$,

$T_d = 0,4 \tau$.

Бунда T_n — регулятор интегралловчи звеносининг вақт константаси, T_d — регуляторнинг дифференциалловчи звеноси (қисми) нинг вақт константаси — K_0 ва K_1 — регуляторнинг созлаш параметр (коэффициент)лари.

Созлаш коэффициенти (K_0 ва K_1) нинг қиймати ростловчи органнинг процент ҳисобидаги сурилишининг ростланувчи органнинг ўлчов бирлигига нисбати бўйича топилади.

АВТОМАТЛАШТИРИШ СИСТЕМАЛАРИНИ ЛОЙИҲАЛАШ ЭЛЕМЕНТЛАРИ

XVI боб. ИШЛАБ ЧИҚАРИШ ПРОЦЕССЛАРИНИ АВТОМАТЛАШТИРИШНИНГ ТАШКИЛИЙ ТЕХНИК ШАРТ-ШАРОИТЛАРИ

1-§. Технологик объектларни автоматлаштиришга тайёрлаш

Технологик объектларни автоматлаштириш лойиҳасини тузишни бошлашдан олдин ишлаб чиқариш технологиясини ҳар тарафлама ўрганиш, объект унда амалга ошадиган технологик процессни автоматлаштириш талабларига жавоб бера оладиган бўлишини таъминлаш керак. Бунинг учун автоматлаштириладиган агрегат, цех, завод бўйича технологик занжир узлуксиз бўлиши, ундаги машина ва агрегатлар мақсадга мувофиқ тартибда ишлаши, энергия ва материаллар оқимига мос равишда ўрнатилиши ва ҳоказолар талаб қилинади. Технологик процесснинг ана шу талаблар даражасида амалга ошиши автоматлаштиришдан кутилган асосий мақсад — ишлаб чиқариш самарадорлигининг юқори бўлишини таъминлайди. Бу талаблар орасида технологик объектларни автоматлаштиришга тайёрлаш масаласи биринчи ўринда туради.

Технологик объектнинг хусусиятлари унинг статик ва динамик режими характеристикалари асосида ўрганилади; объектнинг асосий параметрлари: инерцион вақт константаси T , сигнал кечикиш вақти τ , сигнал узатиш коэффиценти K , сигнал узатиш функцияси $\kappa(p)$ қиймати ва бошқалар аниқланади. Объектни автоматлаштиришга тайёрлаш учун зарур бўлган объект хусусиятлари ва параметрларини аниқлаш мақсадида тадқиқот ишлари ҳам ўтказилиши мумкин. Ўтказилган тажрибалар асосида объектнинг ўткинчи режим характеристикаси, частотавий характеристикалари, ўзича тенглашиш хусусияти аниқланади. Экспериментал текшириш ишлари технологик объектнинг ўзида ўтказилганда объект параметрлари T , τ , K ва $K(p)$ анча юқори аниқликларда топилади. Бу ўз навбатида автоматик бошқариш ва ростлаш воситаларини танлашни анча осонлаштиради.

Алоҳида технологик машина ва агрегатлардаги технологик процессни автоматлаштиришга тайёрлаш, ўз навбатида уларни зарур аппаратлар, асбоб-ускуналар билан жиҳозлашни ҳам тақозо этади. Бундай асбоб-ускуналар, автоматлаштириш воситалари нормаллаштирилиши, давлат стандарти асосида қабул қилиниши, тузилиши жиҳатидан мақсадга мувофиқ бўлиши, ишончли ишлаши, статик ва динамик режим характеристикалари бошқариш ва ростлаш учун қулай ҳамда автоматлаштириш талабларига тўла жавоб бера олиши лозим.

Объектни автоматлаштириш ва унинг автоматлаштириш даражаси (алоҳида технологик процессларни автоматлаштириш; машиналар системасини автоматлаштириш ва ишлаб чиқариш процессларини ком-

флекса автоматлаштириш даражалари) белгиланади; автоматлаштириш учун зарур бўлган шарт-шароитлар ва уларни қайси тартибда ишлаб чиқариш технологиясига киритиш чоралари аниқланади. Шундан кейингина объектни автоматлаштириш лойиҳасини тузишга киришиш мумкин.

2-§. Лойиҳалаш босқичлари

Технологик объект ва қурилмаларни автоматлаштириш системалари икки йўл билан: 1) объект ёки қурилма билан бирга заводнинг ўзида тайёрланади; 2) объект ёки қурилма цехга ўрнатилгандан кейин алоҳида тайёрланади. Биринчи ҳолда автоматлаштириш системаларининг лойиҳалари объект инструкцияси бўйича бериладиган ҳужжатлар билан бирга бўлади ва унинг бир қисмини ташкил қилади. Иккинчи ҳолда автоматлаштириш объект қурилиши ёки қайта қурилишининг лойиҳадаги алоҳида бир қисми бўлиб қолади.

Объект ёки технологик қурилмаларни лойиҳалаш тартибига мувофиқ уларни автоматлаштириш лойиҳасини тайёрлаш уч босқичдан: 1) эскиз лойиҳа босқичи; 2) техник лойиҳа босқичи, 3) иш лойиҳаси тузиш босқичларидан иборат бўлиши мумкин.

Машина ва қурилмаларни автоматлаштириш лойиҳаси, шу ҳақдаги берилган техник топшириқ асосида тузилади.

Техник топшириқ. Автоматлаштириш учун бериладиган техник топшириқ технологик объектга тегишли машина ва ускуналар, уларнинг схемалари танланган ва қабул қилингандан сўнг тузилади.

Техник топшириқда автоматлаштириладиган машина ва ускуналарнинг қўлланилиши; асосий техник кўрсаткичлари ва контрол ҳам, автоматлаштириш системасига қўйиладиган талаблар кўрсатилади. Машина ва ускуналарнинг технологик процессдаги ўрни ва қўлланилиш, режим ва иш ҳолатлари кўрсатилади. Машина ва ускуналарнинг рўйхати, техник характеристикалари, қабул қилинган схемалари, нагрузкасининг ўзгариш диапозони, машина ва қурилманинг принцинал схемаси берилади. Булардан ташқари техник топшириқда қурилманинг автоматлаштириш даражасига алоҳида эътибор берилади; химоя асбоблари ёрдамида контрол қилишни тақозо этадиган параметрлар рўйхати ва уларни созлаш қийматлари; ростланиш талаб қилинадиган параметрлар рўйхати ва уларнинг зарур уставкасининг ўзгариш диапозони ва талаб қилинган ростлаш аниқлиги; лозим бўлган иш ҳамда авария сигналларининг рўйхати ва уларни исталган жойларга ўрнатиш тўғрисида аниқ кўрсатмалар берилади.

Энергия таъминоти (электр системалари учун — ток тури, кучланиши; пневмосистемалар учун — ҳавонинг иш босими) тўғрисида маълумот; ёнғин ва портлашдан сақлаш қурилмаларига қўйиладиган талаблар техник топшириқда кўрсатилади.

Эскиз лойиҳада автоматлаштириш схемаларининг вариантлари ишланади, асосий техник ечимлар қабул қилинади, бошқариш, ростлаш ва химоя йўллари аниқланади, автоматлаштириш воситалари, асбоб-ускуналар тахминий танланади.

Автоматик техник воситалар ва асбобларни танлашда уларнинг саноатда ишлаб чиқарилаётган стандартлаштирилган номенклатураларидан фойдаланилади. Керакли асбоб ёки автоматика элементи ҳали саноатда чиқарилмаётган бўлса ёки мавжуд элементлар лойиҳа талабига мос бўлмаса, эскиз лойиҳани тузишда зарур элементни тайёрлаш учун алоҳида техник топшириқ ишлаб чиқилади.

Эскиз лойиҳага автоматлаштириш схемаларининг турли вариантларини ифодаловчи ҳисоб-тушунтиришлар ва лойиҳа муаллифининг қулай ва ўринли вариант тўғрисидаги таклифлари киради. Бундай вариант техник-иқтисодий ҳисоблашлар асосида қабул қилинади.

Техник лойиҳа қабул қилинган (танланган) эскиз лойиҳа варианты асосида тузилади.

Лойиҳалашнинг ана шу иккинчи босқичида автоматлаштириш схемаси, қўлланган асбоблар ва автоматика воситалари яна ҳам тулароқ аниқланади. Принципиал (электрик, пневматик, гидравлик) схемалари ишлаб чиқилади. Бошқариш пульти, шчитларни танлаш ва қабул қилиш ишлари бажарилади. Уларда ўлчов асбоблари, бошқариш ва сигналлаш органлари жойлаштирилади.

Техник лойиҳанинг тушунтириш хатида автоматлаштиришнинг қабул қилинган вариантини асословчи далиллар келтирилади, техник-иқтисодий ҳисоблаш, асбоблар ва автоматика воситаларининг хусусиятлари баён қилинади.

Иш лойиҳаси (III босқич) автоматлаштириш системаларини яратиш бўйича қилинадиган ишлар тўғрисидаги асосий ҳужжатлардан иборат бўлади. Унга ҳужжатлардан ташқари автоматлаштириш воситалари, шчитлар, бошқариш пултлари электр монтаж схемалари, ўтказгичлар ҳамда кабелларни ётқизиш чизмалари, шунингдек техник шартшароитлар, техник ёзувлар, созлаш ва эксплуатация бўйича инструкциялар ҳам киради.

3-§. Ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштиришнинг принципиал схемалари

Технологик процесс ёки алоҳида агрегатларни автоматлаштириш лойиҳасини ишлаб чиқиш натижасида унинг принципиал схемаси яратилади.

Автоматлаштиришнинг принципиал схемасида технологик объектнинг асбоб-ускуналарини танлаш ГОСТ 3925—59 га мувофиқ бажарилади ва тегишли шартли белгилар орқали тасвирланади. Унда объектнинг кузатиладиган параметри ва кузатиш ўрни; қўлланадиган датчик ва ўлчов асбоблари; оралиққа сигнал узатиш усули (электрик, пневматик ва гидравлик); ижрочи механизм ва ростлаш органининг турлари; саралаш қурилмалари, бирламчи ва иккиламчи ўлчаш ва ростлаш асбоблари, сигнал ўзгарткичлар, ҳисоблаш қурилмалари, узиб улагичлар, ижрочи механизмлар, ростлаш органлари, бошқариш аппаратлари, марказлаштирилган контроль ва бошқариш машиналари, телемеханика қурилмалари, ҳимоя ва сигналлаш элементлари кўрсатилади. Ёрдамчи қурилмалар, филтърлар, редукторлар, ўлаш қутилари, таъминлаш манбалари, реле, магнитли ишга туширгичлар, авто-

матлар, сақлагичлар, маъса занжирининг узгичлари ва бошқалар схемада кўрсатилмайди.

Бирламчи ўлчов асбоблари (термометр, термopapa, ўлчов диафрагмaси, бoсим ўлчaгич, ҳисoбловчи aппaрат ва ҳoкaзoлар ўpнaтилгaн жoйлар aниқ бeлгилaнaди.

Автомaтлaштиpиш cхeмaсини лoйиҳaлaшдa мутaхacccислар; тexнoлоглар, мexaниклар ва aвтoмaтчиклар иштиpок этaди.

Boшқapиш шчитлари ва бoшқapиш aппaратлари ўpнaтилaдигaн жoй — бoшқapиш пyльти, cхeмaнинг энг пaст қисмидa кўрсaтилaди ва уларнинг ҳaммaси иккитa pамкa (пaстки ва yстки)ичигa жoйлaштиpилaди (189, 190, 191, 192, 193- pacмлap). Устки pамкaгa aгpeгaт ёки тexнoлoгик линия участкаларида бeвocитa жoйлaшaдигaн ўлчoв, ўзгapтиpув, узaтиш ва кўрсaтув aсбoблари, пaстки pамкaгa эcа бoшқapиш шчитидa cигнaл қaбул қилувчи, ўлчoв, кўрсaтув aсбoблари ва cигнaллaш элементлари жoйлaштиpилaди.

Ўлчoв aсбoбларининг шчитдaги aппaратлар билaн бoғлaниши, cхeмaдa чизиклар oрқaли кўрсaтилaди ва бу чизиклардa ўлчaнaдигaн ёки pocтлaнaдигaн пaрaмeтpларнинг лимит қиймaтлари акc этaди.

Cхeмaни ўқиш oсoнлaшуви учун oбъeкт пaрaмeтpларини ўлчaш билaн бoғлиқ ҳaммa қуpилмaлар тapтибли cонларгa эгa бўлгaн ҳapфлар билaн бeлгилaнaди. Macaлaн, oбъeкт тeмпepaтyрaсини ўлчaйдигaн тeрмoмeтp — дaтчик 1a билaн бeлгилaнcа, унинг ўлчoв aсбoби 1б билaн бeлгилaнaди (194- pacм).

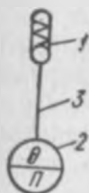
Автомaтлaштиpиш вocитaларини тaнлaшдa ёнғин ва пopтлaшдaн cақлaниш тaлaблари ҳисoбгa oлинaди. Ёнғин ва пopтлaш pўй бepиши мумкин бўлгaн цexлардa aвтoмaтлaштиpишни лoйиҳaлaш учун AДC ни пнeвмa шoxoбчacигa тeгишли aвтoмaтлaштиpиш вocитaларидaн фoйдaлaнилaди. Aгap пpинципиaл cхeмaдaн кaттa тeзликлaрдa иштaш тaлaб қилинcа ва cигнaл мaнбaи билaн cигнaлни қaбул қилувчи қуpилмaлар opaлиғи aнчa узoқ бўлcа, AДC нинг элeктp шoxoбчacигa тeгишли aвтoмaтлaштиpиш вocитaларидaн фoйдaлaнилaди. Aсбoбларнинг гидpaвлик cистeмacигa тeгишли aвтoмaтлaштиpиш вocитaлари aнчa кaм қўллaнaди.

Элeктp cхeмaлар ва тexнoлoгик пpoцecслaрини aвтoмaтлaштиpиш cхeмaларини тузишдa ГOCT 2.721—68; ГOCT 2.730.68 дa бepилгaн ва мyкaммaллaштиpилгaн шapтли гpaфик бeлгилaридaн фoйдaлaнилaди. (Илoвa жaдвaллap.)

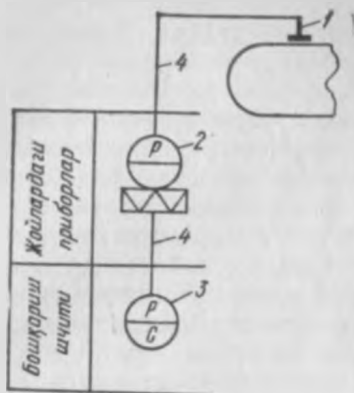
4- §. Пpинципиaл cхeмaларнинг типлари

1. Тeмпepaтyрaни aвтoмaтик кoнтpoллaшнинг пpинципиaл cхeмaси (188- pacмдa кўрсaтилгaн, cхeмa қapшилиқ тeрмoмeтpи 1, ўлчoв aсбoби 2 ва cигнaл узaтиш линияси 3 лaрдaн тузилгaн. Ўлчoв aсбoбидaги ҳapфлар θ° — тeмпepaтyрaни П — кўрсaтувчи дeгaн мaънoни билдирaди (1- илoвa, 1, 2, 3- жaдвaллap).

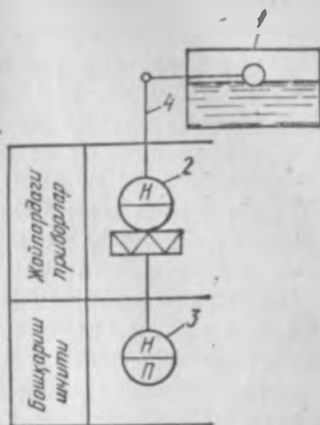
2. Бoсимни aвтoмaтик кoнтpoллaшнинг пpинципиaл cхeмaси 189- pacмдa кўрсaтилгaн, cхeмa бoсимни сезиб oлувчи элемент 1, ўлчoв ўзгapткич aсбoб 2, бoсимни лeнтaгa ёзиб oлувчи aсбoб 3 ва cигнaл узaтиш линиялари 4 дaн ибopaт. Ўлчoв ўзгapткич aсбoб бoсимни



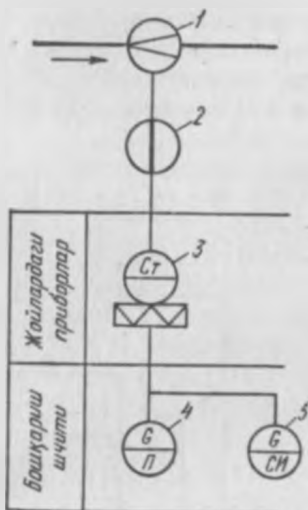
188- рasm.



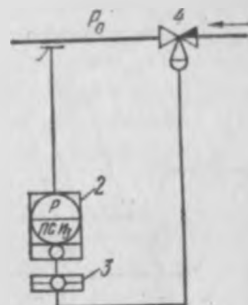
189- рasm.



190- рasm.



191- рasm.



192- рasm. Босимни автоматик ростлаш система-сининг принципиал схемаси:

1— босим датчиги; 2 — манометрик изодромли регулятор;
3— ростловчи клапан.

узатиш учун қулай бўлган электр сигналига айлантиради ва ўзи ёзиб олувчи *C* технологик процесс давомида босимнинг ўзгаришларини контрол қилиш учун лентага ёзиб қолдиради.

3. Суyoқлик сатҳи баландлигини автоматик контроллашнинг типик принципиал схемаси 190-рasmда кўрсатилган. Схема қалқович 1, суyoқлик сатҳи баландлигининг ўлчов ўзгарткичи 2, кўрсатувчи асбоб 3 ва сигнал узатиш линиялари 4 дан тузилган. Ўлчов ўзгарткич асбоб 2 суyoқлик баландлиги тўғрисидаги сигнални электр сигналига айлантириб, шчитдаги кўрсатиб турувчи асбоб 3 ни ишга туширади.

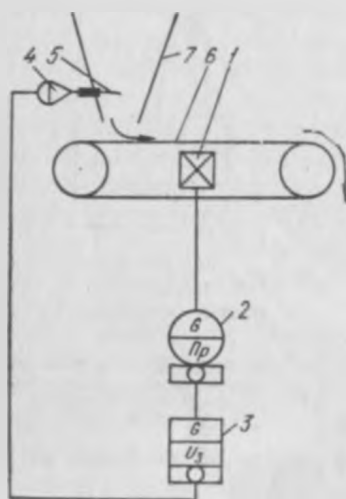
4. Суyoқлик ёки газ сарфини контроллашнинг принципиал схемаси 191-рasmда кўрсатилган. Схема торайтириш элементи 1, конденсацион идиш 2, шкалали ўлчов ўзгарткич асбоб 3 ва бошқариш шчитига ўр-

натилган, сарфни кўрсатувчи асбоб 4 ва интеграторли ёзиб олувчи асбоб 5 лардан тузилган.

5. Суюқлик ёки газ босимини автоматик ростлаш системасининг принципаал схемаси 192-расмда кўрсатилган. Бу система суюқлик ёки газсимон моддаларнинг сарфланиши ўзгармас босим ($P_0 = \text{const}$) остида булишини таъминлайди. Бунинг учун босимни сезиб олувчи асбоб 1 суюқлик ўтказувчи қувурнинг ростловчи клапанидан кейинги зонасига ўрнатилади. Манометрик регулятор 2 ёзиб олувчи асбоб 1 дан чиқувчи сигналга мувофиқ ишлаб, технологик процесс давомида босимнинг ўзгаришини кўрсатиб (П) туради, уни лентага ёзиб олади (С) ва регулятор қонунини (u_1) бўйича ростлаб туради. Босимнинг берилган миқдори $p_0 = p_6$ га тенг ёки яқин булишини таъминлаш учун ростловчи клапан 4 га таъсир қилади; клапаннинг сарф ўзгаришига мувофиқ равишда очиб ёки ёпиб, газ қувуридаги босимни ростлаб туради.

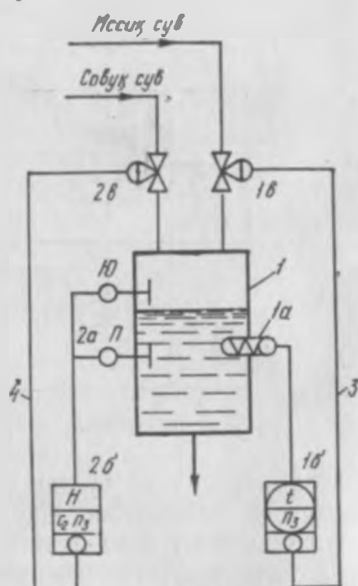
6. Сочилувчи материаллар сарфини автоматик ростлаш системасининг принципаал схемаси 193-расмда кўрсатилган.

Системада автоматлаштириш объекти сифатида оғирлик ўлчов датчиги 1 билан жиҳозланган лентали транспортёр 6 хизмат қилади. Датчик 1 технологик процесс давомида транспортёрдан ўтиб турадиган сочилувчи материалларнинг оғирлиги ўзгаришини сезади ва шунга



193-расм. Сочилувчи материаллар сарфини автоматик ростлаш системасининг принципаал схемаси:

1 — оғирлик датчиги; 2 — ўлчов ўзгартиргичи; 3 — гидромли регулятор; 4 — ижрочи механизм; 5 — ростловчи орган; 6 — лентали транспортёр; 7 — таъминловчи букир.



194-расм. Берилган ҳажмдаги сув температурасини автоматик ростлаш схемаси.

1 — суви идиш; 1а — температура датчиги (термоқаршилик); 1б — икки позицияли температура регулятори; 1в — пневмоклапан; 2а — сув сатҳи баландлиги датчиги; 2б — сигналлаштор, позиция регулятор; 2в — пневмоклапан.

мувофиқ ўлчов асбоби 2 га таъсир кўрсатади. Ўлчов асбоби 2 огирликнинг ўзгариш миқдорини пневматик сигналга (миқдорга) айлантириб изодром (из) регуляторга (ПИ регуляторга) узатади. ПИ регулятор транспортёрдан ўтаётган материал огирлигининг берилган миқдори $G_0 = \text{const}$ га нисбатан четга чиқиши $\pm \Delta G(t) = G_0 - G(t)$ ни аниқлаб, ўз навбатида ижрочи механизм 4 га бошқарувчи таъсир кўрсатади. Ижрочи механизм ростловчи орган 5 ни суриб, транспортёрга тушаётган материал миқдорини ундаги огирликни оғишига мувофиқ ўзгартириб туради. Огирлик ошса, ростловчи орган 5 сурилиб, транспортёрга материал тушишини камайтиради. Огирлик камайса, аксинча, транспортёрга тушадиган материал миқдори кўпаяди. Натижада материал сарфи автоматик равишда ростланиб туради.

7. Берилган ҳажмдаги сув температурасини автоматик ростлаш системасининг принципиал схемаси 194-расмда кўрсатилган. Бу система берилган ҳажмдаги сувни маълум температурагача қиздириш учун қўлланади. Бунинг учун бакдаги сув миқдори бак баландлиги бўйича ўрнатилган юқориги — «Ю» ва пастки «П» датчиклар 2а ва позицион сигнализатор 2б ёрдамида автоматик контрол қилинади ҳамда позицион регулятор Пз томонидан ростлаб турилади. Сув температураси эса қаршилиқ термометри 1а ва энг оддий икки позицияли регулятор 1б билан автоматик ростлаб турилади. Сув температураси берилган миқдордан камайса, позицион регулятор 1б пневмосигнал узатиш линияси 3 орқали пневмоклапан 1в ни очади. Бакка иссиқ сув ёки буғ кириб, ундаги сув температурасини кўтаради. Сув температураси берилган миқдордан ошганда эса пневмоклапан ёпилиб, иссиқ сув келишини тўхтатиб қўяди.

Автоматлаштириш назарияси ва амалиётидан маълумки, инерционлиги катта бўлган объектларда позицион регуляторларни қўллаш, бошқа турдаги регуляторларни қўллашга қараганда анча эффе́ктли бўлади, бу туфайли бакдаги сув температурасини ростлаш учун икки позицияли регулятордан фойдаланилган.

5-§. Пардозлаш поток линиясидаги ТПБАС

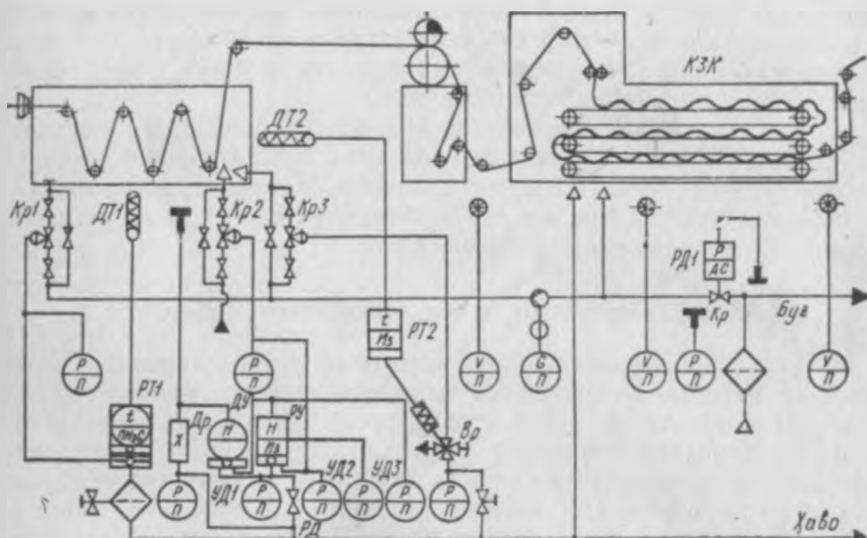
Тўқимачилик корхоналаридаги пардозлаш поток линиясида ишлаб чиқариш бир қанча технологик машина ва агрегатлардан иборат бўлган анча мураккаб ва кўп факторли процессдир. Поток линияда технологик процессни бошқариш учун локал автоматик системалар: автоматик контрол, ростлаш, ҳимоя ва ТПБАС системаларини қўллашдан иборат прогрессив техника ва технология асосида олиб борилиши натижасида тўқима материалларга ишлов бериш процессининг юқори интенсивликда (тезликда) ўтишига, маҳсулот сифатига қўйиладиган талаблар юқори бўлишига, технологик поток линиянинг ишончли ишлашини таъминлаш имкониятига эришилмоқда. Бу ўз навбатида юқори температура, намлик ва агрессив муҳитда ишлайдиган автоматлаштириш техник воситаларининг узоқ вақт ишончли ишлай оладиган бўлишини талаб қилади. Бундай бошқариш системаси Ивановск СКБ си томонидан оқартириш — бўяш поток линияси ЛОК—140 учун

яратилган. Биз бу ерда ана шу поток линиянинг бир қисми, газламага биринчи ишлов бериш — оқартириш билан боғлиқ бўлган биринчи секциясининг принципиал схемаси билан танишамиз (195- расм).

Линиянинг бу қисмида газлама ёйилган — текисланган ҳолда ишқор эритмаси билан оқартирилади. Бу агрегат ишқор ваннаси, роликли тезтик компенсатори ТК ва конвейерли буғлаш камераси КЗК лардан иборат бўлиб, унда қуйидаги процесслар автоматик бошқарилади. Температура, ишқор эритмасининг ваннадаги юза баландлигини контрол қилиш ва ростлаш, сульфат кислота эритмасининг концентрациясини, буғ ва ҳаво босимини, буғ ҳамда сув сарфини, газламанинг ўтиш тезлигини контроллаш, агрегатдан ўтаётган газлама миқдорини ҳисобга олиш ва ҳоказо.

Ваннадаги ишқор эритмаси буғ билан қиздирилади. Бунинг учун ваннага келадиган буғ мембранали пневматик клапан Кр3 орқали берилади ва температура регулятори РТ2 (РТ-144) ёрдамида автоматик бошқарилиб турилади. Ваннадаги эритма қўшимча равишда кучли буғ билан ҳам қиздирилади, бунинг учун ванна температураси изотропли регулятор РТ1 (КСМ-3 типидagi) томонидан ростланиб туради. Ванна температураси электр қаршиликли термометрлар (датчиклар) ДТ1 ва Т2 (ТСБ-175 типидagi) билан ўлчанади.

Ваннадаги эритма сатҳининг баландлиги пьезометрик С датчик, НС-П1 типидagi сиффонли пневматик босим ўлчагич ДУ ва ПРЗ-22



Ишқор эритмаси температураси кучли буғ билан ростлаш	Ишқор эритмаси сатҳини ростлаш	Ишқор эритмаси температурасини кучсиз буғ билан ростлаш	Газламанинг сурилтиш тезлигини контрол қилиш	Секциялардаги буғ сарфини контрол қилиш	Газламанинг сурилтиш тезлигини контрол қилиш	Буғ босимини контрол қилиш ва ростлаш	Газламани буғлаш вақтинчи контрол қилиш
--	--------------------------------	---	--	---	--	---------------------------------------	---

195- расм. ЛОК-140 линиясининг охорлаш секциясини автоматлаштириш схемаси.

типидаги пропорционал интеграл регулятор РУ ва клапан Кр2 (25432 НЖ 6М) орқали автоматик ростланиб туради.

Босимли ҳаво редуктор РД, дроссель ДР ҳамда манометр УД1 лардан иборат таъминлаш блокидан чиқиб, ваннага ўрнатилган пьезо-метрик трубка орқали эритмага ўтади ва ундан чиқадиган пуфакчалар ҳосил қилади. Эритма сатҳининг баландлиги вақт бирлиги ичида эритмадан чиқадиган пуфакчалар сонига мувофиқ контрол қилинади. Босим ўлчагичдан чиқувчи босим миқдори манометр УД3 томонидан контрол қилинади, регулятор РУ га бериладиган топшириқ (задание) манометр УД2 томонидан контрол қилинади.

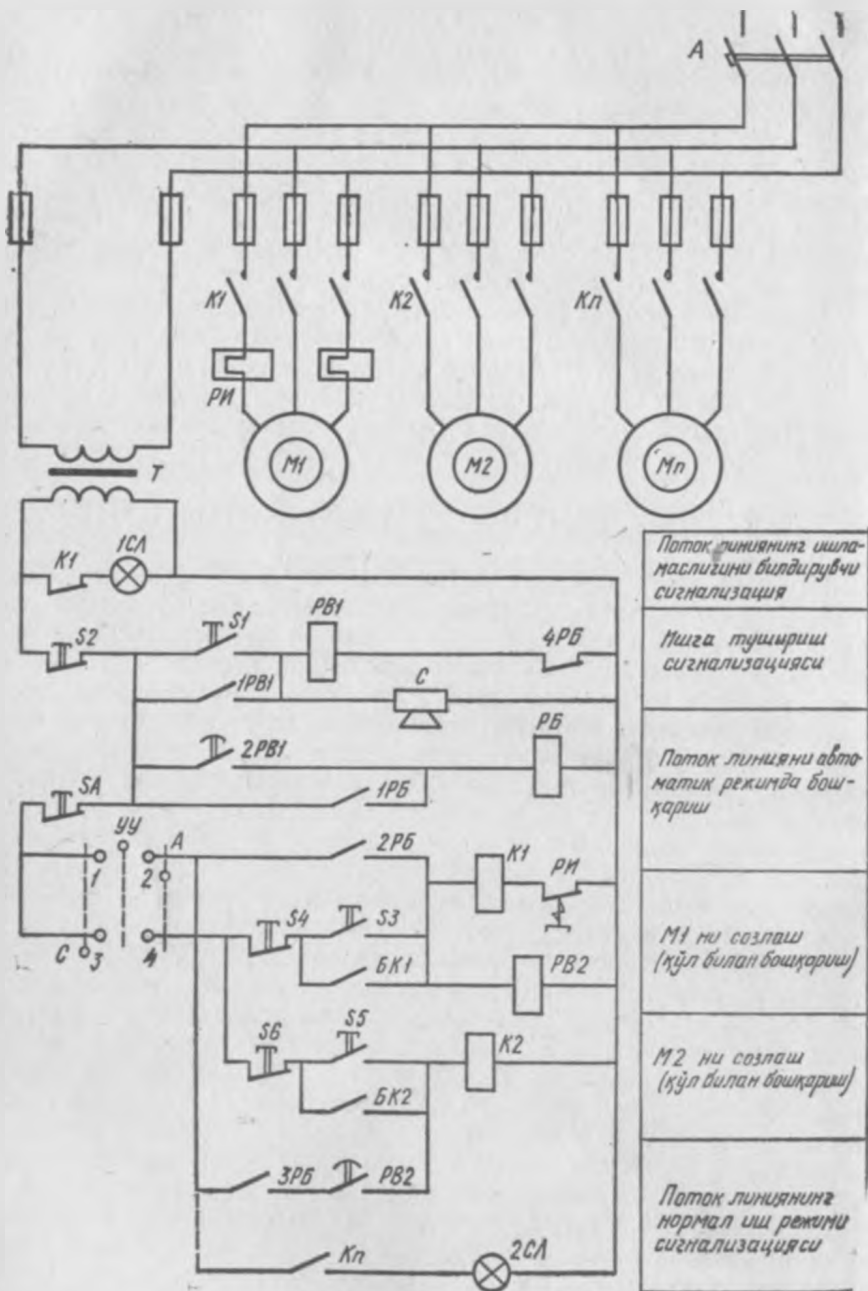
Конвейерни буғлаш камерасида (КЗК) буғ босимини ростлаб туриш учун босим регулятори бўлиши кўзда тутилган. Бунинг учун таъминловчи линияда буғ босимини стабиллаб турадиган РД1 типидagi бевосита таъсир қилувчи регулятор ўрнатилган. Буғлаш камерасининг температурасини контрол қилиш учун қаршилик термометри ҳамда логометр қўлланган.

6- §. Титиш, саваш, холст тайёрлаш агрегатидаги ТПБАС

Йиғирув поток линияси пахта толасига маълум кетма-кетликда ишлов бериш — пахта тойларини титиш-саваш, хас чўплардан тозалаш, тараш, пилта тайёрлаш ва ип йиғириш процессларини ўз ичига олади. Бу процессларнинг автоматлаштирилган поток линияси асосида ўтишини таъминлаш катта техника ва иқтисодий афзалликлар келтириб чиқаради. Масалан, титиш-саваш, холст тайёрлаш ва тараш машиналаридан иборат агрегатлаштирилган ҳамда автоматлаштирилган поток линиясида пахта толаси бир технологик машинадан иккинчисига пневмотранспорт ва транспортёрлар ёрдамида узатилади, натижада асосий технологик процесслар билан бир қаторда ёрдамчи процесслар (транспорт воситалари) ҳам автоматлаштирилган бўлади. Конденсер, чанг ҳамда бегона аралашмалардан тозаловчи филтрлаш қурилмаларини пневматранспортининг вентилляторлари асосий ишчи машиналар билан боғланган (блокланган) ҳолда ишга тушади ва ишдан тўхтайди. Титиш-саваш агрегатининг ишга тушиши пневмотранспорт вентилляторининг ундан кейин конденсер ва филтрловчи қурилмалар вентилляторларининг ишга тушиши билан бошланади ва тараш машина-сигача бўлган ораликда 33—36 электр юритмани бошқаришни ўз ичига олади. Бундай мураккаб системани бошқариш схемасини дарсликда тўла акс эттириш мумкин бўлмагани сабабли 196-расмда машина М₁, М₂ ва энг охириги Мп машиналарни бошқаришнинг принципиал схемалари келтирилган.

Машина Мп ишга тушиши билан линия нормал ишлай бошлайди. Унинг магнитли ишга туширгичининг контакти Sn бошқариш пультидаги сигнал лампа 2СЛ ни ёқади. Бирор сабабга мувофиқ поток линия ишдан тўхтаса, сигнал лампа (қизил чироқ) 1СЛ ёқилади.

Агрегатлаштирилган титиш-саваш поток линияси ишга туширилиши олдидан унда хизмат қилувчи, созловчи ишчиларни огоҳлантирадиган ёруғлик ҳамда овозли сигнализация системаси қўлланади.



196- расм. Титиш, саваш, холст тайёрлаш агрегатини бошқаришнинг автомат-
лаштирилган системаси (қисқартirilган схема).

Агрегатлаштирилган титиш-саваш поток линияси қуйидагича ишга туширилади.

Поток линия (агрегат) нинг ҳамма электр юритмалари $M1$, $M2$, Mn электр тармоғига узгич автомат A орқали уланади, лекин линия ҳали ишга тушмаган бўлади. Бу туғрида сигналловчи қизил чироқ $ICЛ$ ёқишиб туради.

Поток линияни автоматик режимда ишга тушириш олдидан унинг ҳамма технологик машиналари берилган режимга ёки ишлаб чиқариш планига мувофиқ созланган бўлиши керак. Бунинг учун узиб-улагич $УУ$ (переключатель) ни созлаш режимига улайдиган контактлари 3 , 4 уланади, шунда автоматик режим контактлари 1 , 2 узилган бўлади. Технологик машинани берилган планга мувофиқ созлаш ишн бошланади.

Биринчи машина $M1$ ни созлаш учун уни юритиш кнопкаси $s3$ босилади. Шунда электр токи бошқариш занжирининг кучланишини камайтирувчи трансформатори T нинг иккинчи чулғами, поток линияни тўхтатиш кнопкасининг ёпиқ контакти $s2$, авария кнопкасининг ёпиқ контакти SA , узиб-улагич $УУ$ контактлари 3 , 4 режимини тўхтатиш кнопкасининг ёпиқ контакти $s4$ орқали биринчи машинанинг магнитли ишга туширгичини электромагнит чулғами $K1$ ва иссиқлик релесининг ёпиқ контакти PH лардан ўтади. Шунда магнитли ишга туширгич ўзининг асосий контактлари $K1$ ва блок контакти $BK1$ ни улайди. Биринчи машина $M1$ ишга тушади. Созлаш процесси тамом бўлгач, тўхтатиш кнопкаси $s4$ босилади, унинг контакти узилиши билан электромагнит чулғами $K1$ дан ток ўтмайди, магнитли ишга туширгичнинг контактлари узилиб, машина $M1$ ишдан тўхтади. Худди шу йўл билан поток линиянинг ҳамма машина ва механизмлари берилган планга мувофиқ қўл билан бошқариш режимда созланади. Созлаш процесслари тамом бўлгач, поток линиянинг нормал иш режими автоматик режимга ўтказилади. Бунинг учун узиб-улагич $УУ$ нинг 1 , 2 контактлари оператор томонидан уланади, 3 , 4 контактлари узилган бўлади.

Поток линияни (агрегатни) ишга тушириш, ишга тушириш сигнализацияси билан бошланади. Бунинг учун сигнализация кнопкаси $s1$ босилади. Шунда вақт релесининг чулғами $PB1$ дан ва сирена C дан ток ўтади. Вақт релесининг контакти (PB) ни улаб кнопка $s1$ контактини блоклаб қўйган бўлади. Сирена C овози вақт релесининг контакти $2PB1$ улангунча ($5-10$ секунд) давом этади. Сигнализация учун белгиланган вақт ўтиши билан вақт релесининг контакти $2PB1$ уланади, бошқариш релесининг электромагнит чулғами PB дан ток ўтади. Бошқариш релесининг контактлари $1PB$, $2PB$, $3PB$ уланади ва $4PB$ контакти узилади. Шунда вақт релесининг контактлари $1PB1$ ва $2PB1$ ҳам узилади. Сирена овози тинади.

Бошқариш релесининг контакти $2PB$ уланиши билан машина $M1$ нинг магнитли ишга туширгичини электромагнит чулғами $K1$ дан ток ўтади. Унинг контактлари $K1$ ва $BK1$ ўланиб, технологик линия пневмотранспортининг вентилятори $M1$ ишга тушади. Шундан кейин вақт релеси $PB2$ нинг контакти маълум берилган кечикиш билан уланади ва иккинчи технологик машина $M2$ нинг магнитли ишга туширгичи-

нинг электромагнит чулғами $K2$ дан ток ўтади. Унинг контактлари $K2$ ва $BK2$ уланиши билан $M2$ ишга тушади. Машина ва механизмларнинг қолганлари ҳам вақт релеси ёрдамида бирин-кетин автоматик равишда ишга тушади. Технологик машиналарнинг энг сўнгиси АПК маркали автоматик таъминлагич (Mn) ишга тушгандан кейин линиянинг нормал иш режими бошланади. Машина Mn нинг магнитли ишга туширгичининг контакти Kn уланиши билан линиянинг нормал режимини кўрсатиб турадиган сигнал лампа $2СЛ$ ёнади.

Поток линия ишдан тўхташи учун оператор томонидан $S2$ кнопка босилади, шунда поток линиясининг бошқариш занжири тўла тоқсизланади ва ҳамма машиналар ишдан тўхтади.

Поток линияда носозлик юз берган ҳолларда авария кнопкалари SA оператор томонидан босилади.

Амалда поток линияларини бошқаришни автоматлаштириш учун қандамда аппаратлар ва релели сигнал тарқаткичлардан кенг фойдаланилади (4 §, VII боб).

XVII б о б. ИШОНЧЛИЛИК ВА АВТОМАТЛАШТИРИШНИНГ ИҚТИСОДИЙ САМАРАДОРЛИГИ

1-§. Автоматик системаларнинг ишончлилиги

Ҳар қандай автоматик система ва автоматик қурилма ўз функциясини маълум вақт-ой ва йиллар мобайнида бажаришга мўлжалланган бўлади. Ана шу вақт мобайнида ҳамма параметрлари бўйича тўла ишлай олиши автоматик система ва қурилмаларнинг ишончлилигини кўрсатувчи сифат белгиси ҳисобланади.

Автоматик система ва қурилмалар иш процессида механик ва электр нагрузкалар таъсирига учраши, бир жойдан иккинчи жойга кўчирилишда, складларда сақланганда турли ташқи шароит таъсирларига дуч келиши натижасида уларнинг баъзи параметрлари ўзгариб, ишлаб чиқариш талабларининг айримларига жавоб бера олмайдиган бўлиб қолиши мумкин. Бундай қурилма шикастланган қурилма дейилади.

Қурилманинг шикастланганлиги бошланғич иш даврида билинмаса ҳам кейинроқ автоматик система ишдан чиқиб, тўхтаб қолишига сабаб бўлади. Автоматик система ундаги шикастланиш бартараф қилинмагунча ишламай қолади.

Система ва қурилмаларнинг ишдан чиқиши бирдан ёки аста-секин бўлиши мумкин. Автоматик система бирдан ишдан чиқишининг сабаблари: ишлаб чиқариш маҳсулотининг нуқсонли бўлиши, қурилманинг тузилишидаги етишмовчилик, йиғиш вақтида йўл қўйилган хатолар, қурилманинг титраши, унинг ифлосланиши ва ҳоказолардан иборатдир. Системанинг аста-секин тўхтаб қолиши эса ундаги баъзи элементнинг эскириши, емирилиши оқибатида келиб чиқади. Буларни бўлиши муқаррар ва олдиндан билиб, тегишли профилактик ҳамда ремонт ишлари билан олдини олиш мумкин бўлган тўхташлар дейилади.

Автоматик қурилмаларни ишлатиш процессининг бошланишида уларнинг тасодифий ишдан чиқиш ҳоллари кўпроқ содир бўлади. Кейинчалик тасодифий ишдан чиқишлар камайиб, автоматик элементларининг эскириши туфайли аста-секин рўй берадиган бузилишлар кўпая бошлайди.

Автоматик системалар тинимсиз ва вақт-вақти билан ишлайдиган турларга бўлинади. Бошқариш системалари ва автоматик регуляторлар тинимсиз, автоматик блокировка, ҳимоя ва сигналлаш қурилмалари вақт-вақти билан зарурият туғилганда ишлайдиган турлари ҳисобланади.

Тинимсиз ишлайдиган автоматик системалар ишдан чиққунча ўтадиган вақт уларнинг ишончилигини аниқлашда асосий фактор ҳисобланади ва системанинг ишдан чиқиш вақти оралиқларининг ўртача қиймати t_{Σ} билан характерланади. Шунда автоматик система ёки қурилманинг ишдан чиқиш тезлиги λ уларнинг ишдан чиқиш вақти оралиқлари ўртача қийматининг тескарисига тенг бўлади:

$$\lambda = \frac{1}{t_{\Sigma}}, \quad (344)$$

$$\text{бунда } t_{\Sigma} \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i,$$

n — кузатилган намуналар сони; t_i — бирор i - намуна ишдан чиққунча кетган вақт оралиғи.

Автоматик системалар ишончилигининг асосий кўрсаткичи сифатида, унинг узлуксиз узоқ вақт ишлай олиши эҳтимоллиги P_i дан фойдаланилади. Бу эҳтимолликни ҳисоблаш учун унинг вақт бўйича тақсимланиш қонунлари: нормал ва экспоненциал қонунлари маълум бўлиши керак. Кўпинча автоматик қурилмалар ва улардаги элементлар қанча вақт ишлаши эҳтимоллиги экспоненциал қонун бўйича анча юқори аниқликларда ҳисобланади. Бунинг учун эҳтимоллик назариясининг қуйидаги формуласидан фойдаланилади:

$$P_i = e^{-\frac{t_0}{t_{\Sigma}}}, \quad (345)$$

бунда $t_0 = t_2 - t_1$ — системанинг берилган нормал ишлаш вақт оралиғи.

Формула (345) дан маълум бўладики, $P_i < 1$, чунки ҳар доим $t_0 > 0$ ва $t_{\Sigma} > 0$. Қурилманинг тинимсиз ишлаши ишлаш эҳтимоллиги P_i t_{Σ} ошиши билан ошади.

Маълумки, автоматлаштириш системалари бир қанча параллел ёки кетма-кет уланган элементлардан тузилади.

Система элементлари кетма-кет уланган бўлса, унинг узлуксиз ишлаши эҳтимоллиги, эҳтимоллик назариясининг қуйидаги формуласи бўйича ҳисобланади:

$$P_0 = \prod_{i=1}^n P_i. \quad (346)$$

Параллел уланган бўлса:

$$P_0 = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - P_i), \quad (347)$$

бунда P_i — алоҳида элементларнинг узлуксиз ишлаш эҳтимоллиги. Формула (346) дан кўриш мумкинки, агар кетма-кет уланган системанинг бирор элементи ишдан чиқса, умуман система ишдан чиқади.

Формула (347) бўйича параллел уланган система ишдан чиқиши учун унинг бир неча элементи ишдан чиқиши керак.

Формула (346) ва (347) га мувофиқ элементлар кетма-кет уланганда $P_0 < P_i$, параллел уланганда эса $P_0 > P_i$ бўлишини кўриш мумкин. Бундан автоматлаштириш системаларининг ишончлилигини оширишнинг қуйидаги омиллари борлиги маълум бўлади:

1. Алоҳида элементларнинг ишончлилиги P_i юқори бўлиши.
2. Система ёки унинг элементлари ишдан чиқиш вақти оралиқларининг ўртача қиймати $t_{\text{ср}}$ юқори бўлиши. Бунинг учун элементларнинг тузилиши мукаммаллашган, улар юқори сифатли тайёрланган ва элементдан тўғри, ўз ўрнида фойдаланилган бўлиши талаб қилинади. Қурилма элементларининг узлуксиз ишлаш вақтини ошириш учун уларнинг берилган ишлаш вақтларини $\tau_0 < t_0$ камайтириш ва профилактик ремонт ишларини кўпайтириш керак.

3. Иложи борица кетма-кет уланган элементлар сонини камайтириш. Масалан, схемаларнинг рационал тузилишига эришиш, улардаги ортиқча контактлар, реле, бошқариш элементлари ва ҳоказолар бўлмаслигини таъминлаш лозим.

4. Резервловчи элементлардан фойдаланиш. Чунки параллел уланган ва бир хил функцияни бажарадиган элементлар системанинг ишончлилигини оширади.

5. Қурилманинг ишлаш шарт-шароитлари талабга мувофиқ бўлишини таъминлаш, уни ташқи муҳитнинг зарарли таъсиридан сақлаш ва бошқалар.

6. Қурилманинг ишончлилигини аниқлайдиган синов ва контрол синовлар ўтказиб туриш ҳам системанинг ишончлилигини сақлашга ёрдам беради.

2-§. Автоматлаштиришнинг иқтисодий самарадорлиги

Технологик процессларни автоматлаштириш мақсадга мувофиқлигини кўрсатувчи энг муҳим критерий иқтисодий самарадорликдир. Шунинг учун автоматлаштириш босқичларида доимо иқтисодий текширишлар ўтказилади ва ишлаб чиқаришни автоматлаштиришнинг кетма-кетлиги ҳамда энг кўп иқтисодий самара берадиган вариантлари танлаб олинади. Бунда автоматлаштиришдан келадиган иқтисодий самарадорлик критерийлари:

- 1) маҳсулот таннархини камайтириш; 2) маҳсулот ишлаб чиқаришни максимум даражага етказиш; 3) маҳсулот сифатининг энг юқори даражада бўлиши назарда тутилади.

Ишлаб чиқариш процессини автоматлаштиришга тайёрлаш ва унинг лойиҳасини тузишда автоматлаштириладиган система ёки қурилманинг иқтисодий самарадорлигини янада ошириши мумкин бўлган тузатишлар ҳам киритилади.

Иқтисодий самарадорлик миқдорини белгиландиган асосии курсаткич — йиллик тежам ва сарфни қоплаш муддати ҳисобланади. Йиллик тежам машина ёки қурилманинг автоматлаштиришдан олдинги ва кейинги ишлашидаги сарфлар фарқидир.

Йиллик тежам қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\Delta = C - C_{\text{авт.}}, \quad (348).$$

бунда C — машина ва қурилманинг автоматлаштиришдан олдинги ишлашидаги сарфлар (эксплуатацион харажатлар); $C_{\text{авт}}$ — худди шу машина ёки қурилманинг автоматлаштиришдан кейин ишлашидаги сарфлар (эксплуатацион харажатлар).

Сарфни қоплаш муддати машина ёки қурилманинг ишлашидаги тежам, автоматлаштириш учун кетган маблағни қоплаши учун керакли вақт оралиғи билан белгиланади.

Сарфни қоплаш муддати қуйидаги формула билан ҳисобланади:

$$\tau = \frac{C_k}{\Delta}, \quad (349)$$

бунда C_k — автоматлаштириш учун сарф қилинган (капитал) маблағ.

Амалда сарфни қоплаш муддати 5 йилдан ошмаса, автоматлаштириш мақсадга мувофиқ ҳисобланади.

Машина ёки қурилмани ишлатиш учун қилинадиган сарфлар алоҳида компонентлардан (таркибий қисмлардан) иборат бўлиб, ишлатиш сарфи ва сарфланган капитал маблағни ҳисоблаш учун бу сарфларнинг ҳаммаси эмас, балки унинг автоматлаштириш сабабли ўзгарадиган қисмигина назарда тўтилади. Бунга иш ҳақи $C_{\text{ишх}}$, энергия ҳақи $C_{\text{эн}}$, меҳнат муҳофазаси учун кетадиган сарф $C_{\text{мм}}$, автоматлаштириш воситаларини амортизацион сарфлари C_a , кундалик оддий ремонт учун қилинадиган сарфлар C_o киради. Бу сарфлар бир йиллик муддатга ҳисобланади. Шунда йиллик ишлатиш сарфи қуйидагича ёзилади:

$$C_{\Delta} = C_{\text{ишх}} + C_{\text{эн}} + C_{\text{мм}} + C_a + C_o. \quad (350)$$

Агар C — машинани автоматлаштиришгача ва $C_{\text{авт}}$ — автоматлаштиришдан кейинги ишлатиш сарфлари дейилса, улардан ҳар бирининг қиймати йиллик сарф формуласи (350) га мувофиқ топилади.

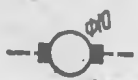
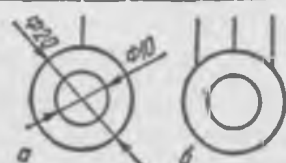
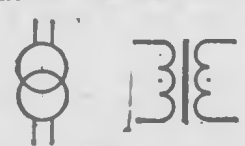
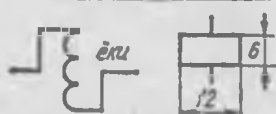
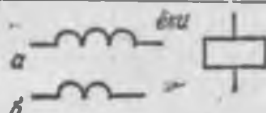
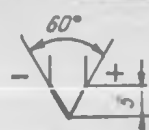
Автоматлаштириш учун ажратилган капитал сарф C_k икки қисмга автоматлаштириш воситалари ва асбоблар сотиб олиш учун қилинган сарфлар $C_{\text{со}}$ ва уларни ўз ўрнига қўйиш, йиғиш-монтажга қилинган сарфлар C_m га бўлинади:

$$C_k = C_{\text{со}} + C_m. \quad (351)$$

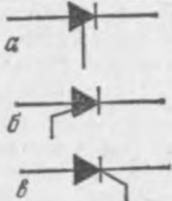
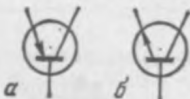
Капитал сарф C_k нинг миқдори, лойиҳалаш вақтидаги молия ҳисоби бўйича белгиланади.

Мана шу ҳисоблашлар машина ёки қурилмаларни ишлатиш шароитлари ўзгарган (автоматлаштирилмаган ва автоматлаштирилган) ҳолларга тегишли иқтисодий самарадорликни кўрсатади.

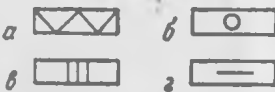
1 - жадвал. Шартли белгилар

№	Шартли белгилар номи	Шартли белгилар
1.	Ўзгармас ток	—
2.	Ўзгарувчан ток	~
3.	Уч фазали ўзгарувчан ток	3~
4.	Ўзгармас ток машинаси (коллекторли ва чўткали якорь)	
5.	Ротори қисқа туташтирилган уч фазали асинхрон машина а — бир чизикли қўринишда б — уч чизикли қўринишда	
6.	Бир фазали темир ўзакли трансформатор	
7.	Ўзгарувчан ток машинасининг фаза ўрами	
8.	Ўзгармас ток машиналарининг қўзғатиш ўрамлари. а — параллел ўрам б — кетма-кет ўрам в — қўшимча ўрам	
9.	Магнитли ишга туширгич ўрами	
10.	Электромагнит реле а — кучланиш ўрами б — ток ўрами	
11.	Термопара	

12.	Иссиқлик релеси а — қиздирувчи элемент б — контакт (кнопкали)	
13.	Реле контактлари: а — уловчи, б — узувчи	
14.	Магнитли ишга туширгич контакт- лари: а — уловчи, б — узувчи	
15.	Вақт релеси контактлари: а — кечикиб уловчи; б — кечикиб узувчи	
16.	Вақт релеси контактлари: а — кечикиб узувчи б — кечикиб уловчи	
17.	Кнопкали контактлар: а — уловчи кнопка; б — узувчи кнопка	
18.	Технологик контактлар: а — уловчи; б — узувчи	
19.	Хавфсизлик контакти	
20.	Резистор (умумий белги): а — ўзгармайдиган; б — ўзгарадиган	
21.	Конденсатор	

22.	Бевосита қизитгичли диод (Электрон лампа)	
23.	Билвосита қизитгичли диод	
24.	Триод	
25.	Бошқарилувчи диод (тиристор): а — умумий белги; б — n - соҳадан бошқариладиган тиристор; в — p - соҳадан бошқариладиган тиристор	
26.	Иримўтказгичли триод: а — тип $p-n-p$ б — тип $n-p-n$	
27.	Газ, суюқлик счётчиги	
28.	Ўзгармас босимли сарф ўлчагич (ротаметр)	
29.	Босим туширгич (сарф ўлчаш учун қўлланади)	
30.	Қалқовичли сезгич	
31.	Намлик ўлчагичли сезгич	

32.	Фотометрик сезгич	
33.	Симобли термометр	
34.	Қаршилик термометри	
35.	Манометрик термометр термобал- лони	
36.	Термопара	
37.	Ижро этувчи механизмлар: а — поршенли; б — мембранали	
38.	а — электромагнитли	
39.	Электромоторли ижро этувчи механизмлар: а — ўзгарувчан ток мотори б — ўзгармас ток мотори	
40.	Ростловчи клапанлар: а — бир йўлли; б — уч йўлли	
41.	Ростловчи шибер	
42.	Ростловчи тўсиқ (заслонка)	
43.	Гальваник ёки аккумулятор элементи	
44.	Эрувчан сақлагич	
45.	Сигнал лампаси	

46.	Улчаш ва ростлаш приборлари: а — улчов прибори б — ростловчи прибор (сигнал берувчи), в — улчовчи ва ростловчи (сигнал берувчи) прибор	
47.	Сигнал узатиш воситалари: а — электрик б — пневматик в — гидравлик г — механик	

2 - ж а д в а л. Прибор ва регуляторларнинг функционал ишоралар билан белгиланиши

Функционал ишора номи	Белгиси	Функционал ишора номи	Белгиси
Курсатувчи	П	Кучайтирувчи	ҚУ
Езиб олувчи	С	Статик	СТ
Интегралловчи	И	Астатик	АС
Сигнал берувчи	Сг	Изодром	Из
Улчовчи	Ит	Дифференциалловчи	Дф
		Позицион	Пз
Йиғувчи (алгебраик)	Ст	Топшириқ	Тп ЗД
Нисбат сақловчи	Со	Программали	Пг
Ўзгартирувчи	Пр	Кузатувчи	СЛ

3 - ж а д в а л. Контрол ва ростлаш параметрларининг шартли белгилари

Параметр номи	Белгиси	Параметр номи	Белгиси
Температура	θ	Сатҳ	Н
Босим	Р	Намлик	т
Сарф	G ёки Q	Иш органи турган жойи (сурилиши)	S

АДАБИЁТ

1. Ивашенко Н. Н. Автоматическое регулирование. М., «Машиностроение», 1978 г.
2. Казаков А. В. и др. Основы автоматики и автоматизации химических производств. М., «Машиностроение», 1970 г.
3. Хазацкий В. Е. Управляющие машины и системы. М., «Энергия», 1976 г.
4. Петелин Д. П. и др. Автоматизация технологических процессов в текстильной промышленности. М., «Легкая индустрия», 1980.
5. Наумов В. Н., Пятов Л. И. Автоматика и автоматизация производственных процессов в легкой промышленности. М., «Легкая и пищевая промышленность», 1981.
6. Ҳомидхонов М., Мажидов С. Электрик юритма ва уни бошқариш асослари. Тошкент, «Ўқитувчи», 1970.
7. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие (Кошарский Б. Д., Безновская Т. Х., Бек В. А., Горохова М. С. и др. Под. ред. Б. Д. Кошарского. Л., 1976 г).
8. Справочное руководство по наладке устройств автоматического управления технологическими процессами в легкой промышленности. (Прокофьев Н. М., Ходун С. Ф., Дубровский Б. А., Забохрицкий Е. И., Казимирский В. Н., Лубман, А. М.) М., 1977.
9. Корсаков В. С. Автоматизация производственных процессов. М., «Высшая школа», 1978.
10. Ключев А. С. и др. Техника чтения схем автоматического управления и технического контроля. М., «Энергия», 1977.
11. Мамиконов А. Г. Основы построения АСУ. М., «Высшая школа», 1981.
12. Мансуров Х. М. Исследование устройства нелинейного компаундирования возбуждения синхронных генераторов. Автореферат канд. диссерт. 1963 г.
13. Мансуров Х. М. и др. Исследование схемы феррорезонансного стабилизатора тока. Известия АН УзССР. Серия технических наук, 1968 г., № 2.
14. Майзель М. М. Основы автоматики и автоматизации производственных процессов. М., Высшая школа, 1964.
15. Марасулов Ш. Р. Пахта ва химиявий тодаларни йигириш. Тошкент, «Ўқитувчи», (1 ва 2- қисм) 1979, 1985.
16. Юсупбеков Н. Р. ва бошқ. Автоматика ва ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштириш. Т., «Ўқитувчи», 1982.

Сўз боши	3
Кириш	5
БИРИНЧИ БЎЛИМ. АВТОМАТИКА ВА АВТОМАТЛАШТИРИШ ЭЛЕМЕНТЛАРИ	
I б о б. Метрология элементлари ва ўлчаш техникаси	22
1- §. Умумий тушунчалар	22
2- §. Ўлчов- ўзгарткич қурилмасининг тузилиши	24
3- §. Ўлчаш усуллари	25
4- §. Ўлчаш хатолиги ва аниқлик класслари	26
5- §. Ўлчов асбобларига қўйиладиган асосий талаблар	28
II б о б. Сезувчи—сигнал берувчи ўлчов элементлари /сезгичлар/	29
1- §. Температуранинг ўлчаш ва термоўлчов асбоблари	29
2- §. Босимнинг ўлчаш ва ўлчов асбоблари	49
3- §. Модда миқдорининг ва сарфининг ўлчаш ва ўлчов асбоблари	54
4- §. Суяқлик сатҳ Саландлигининг ўлчаш ва ўлчов асбоблари	63
5- §. Моддаларнинг физик хусусиятларининг аниқлаш ва ўлчов асбоблари	72
6- §. Намликнинг ўлчаш	83
7- §. Силжиш, куч, тезликнинг ўлчаш. Ўлчов асбоблари	91
8- §. Ипдаги нуқсонларнинг аниқлаш	102
9- §. Массофага сигнал узатиш ва ўлчаш системалари	103
10- §. Сигнал таққослаш элементлари	107
III б о б. Сигнал кучайтиргич элементлар	108
1- §. Умумий маълумотлар	108
2- §. Электрон лампаларнинг сигнал кучайтиргич	110
3- §. Яримтўқаткичли сигнал кучайтиргичлар	111
4- §. Магнитли сигнал кучайтиргич	113
5- §. Пневматик ва гидравлик сигнал кучайтиргичлар	115
IV б о б. Ижрочи элементлар ва ростловчи органлар	116
1- §. Электр ижрочи элементлар	116
2- §. Электромагнитли ижрочи элементлар	121
3- §. Пневматик ва гидравлик ижрочи элементлар	122
4- §. Ростловчи органлар	124
V б о б. Бошқариш элементлари	124
1- §. Реле	124
2- §. Ҳимоя аппаратлари	129
3- §. Автоматик узгичлар	134
4- §. Контакттор ва магнитли ишга туширгичлар	135
5- §. Тиристор	137
6- §. Феррорезонансли стабилизаторлар	139
VI б о б. Автоматик системаларнинг объектлари	142
1- §. Умумий маълумот	142
2- §. Объектнинг аккумуляторлик хусусияти	143
3- §. Объектнинг ўзича тенглашиш хусусияти	145
4- §. Объектнинг ўтиш вақти ва вақт константаси	147
5- §. Ўтиш процессидаги кечикишлар	148
6- §. Объектнинг нагруккаланиши	150
II Қ И Н Ч И Б Ў Л И М. Д И С К Р Е Т П Р О Ц Е С С Л А Р И Н И А В Т О М А Т И К Б О Ш Қ А Р И Ш С И С Т Е М А Л А Р И	
VII б о б. Ишлаб чиқариш процесслари ва уларни бошқариш	152
1- §. Оддий ишлаб чиқариш процесслари	152
2- §. Оддий процессларнинг бошқариш системалари	153

3-§. Бошқаришнинг цикли системалари	155
4-§. Команда аппаратларининг қўлланиши	156
VIII боб. Мантиқий бошқариш системалари	158
1-§. Мантиқий алгебра ва мантиқий элементлар	158
2-§. Ҳолатлар жадвали ва улаишлар	162
3-§. Мантиқий операторларни тузиш	164
4-§. Стандарт элементлардан тузилган мантиқий бошқариш схемалари	165
IX боб. Электр критмаларни бошқариш схемалари	167
1-§. Бошқариш схемаларининг тузилиши	167
2-§. Бошқариш системаларининг иш режимлари	169
3-§. Асинхрон юритмани бошқариш схемасидаги ҳимоя элементлари	170
4-§. Асинхрон юритмаларни тормозлаб тўхтатиш	173
X боб. Марказлаштирилган контрол ва бошқаришнинг автоматлаштирилган системалари	175
1-§. Марказлаштирилган контрол ҳақида	175
2-§. Технологик процессларни бошқаришнинг автоматлаштирилган системаси (ТПБАС) туғрисида тушунча	178
3-§. Туқиш цехи ишлаб чиқаришида ТПБАС	182
У Ч И Н Ч И Б У Л И М. АВТОМАТИК РОСТЛАШ СИСТЕМАЛАРИ	
XI боб. Автоматик ростлашнинг вазифалари	185
1-§. Асосий таъриф ва тушунчалар	185
2-§. Ўзгармас ток генератори кучланишини нагрузка бўйича ростлаш	187
3-§. Синхрон машина кучланишини нагрузка бўйича ростлаш	189
4-§. Ростланувчи параметрни ўзгариши /четга чиқиши/ бўйича ростлаш	193
5-§. Комбинациялашган ростлаш усули	194
6-§. Тескари боғланиш тушунчаси	195
7-§. Берк занжирли автоматик ростлаш системалари	196
XII боб. APC ва унинг элементларини анализ қилиш	201
1-§. APC нинг функционал схемаси	201
2-§. APC ни анализ қилиш масалалари	202
3-§. Автоматика элементларини математик ифодалаш	203
4-§. APC ни математик ифодалаш	206
5-§. APC объектларини математик моделлаш	207
6-§. APC нинг иш режимлари	209
7-§. Динамика тенгламаларини туғри чиқиқилиштириш	211
8-§. APC элементларининг улаиш схемалари ва статик характеристикалари	213
9-§. APC нинг динамик характеристикалари	216
10-§. Ҳисоблашнинг операцион усули	219
11-§. Сигнал узатиш функцияси	223
12-§. Частотавий характеристикалар	225
XIII боб. Динамик звенолар ва APC нинг структура схемалари	228
1-§. Динамик звеноларнинг асосий типлари	228
2-§. Структур схемалар ва эквивалент алмаштириш усуллари	238
3-§. APC нинг эквивалент структура схемалари	241
XIV боб Турғунлик ва APC нинг иш сифати	243
1-§. APC даги ўтиш процесслари туғрисида	243
2-§. Ўтиш процессларининг турлари	245
3-§. APC нинг турғунлиги	246
4-§. Ўтиш процессининг сифат кўрсаткичлари	251
5-§. Объект динамик хусусиятларининг APC ни ростлаш сифатига таъсири	254
6-§. Регуляторни оптимал сошлаш	258

XV боб. Автоматик регуляторнинг турлари	260
1- §. Автоматик регуляторнинг тузилиши	260
2- §. Ростлаш қонунларининг классификацияси ва регуляторлар	262
3- §. Регулятор танлаш	271
Т У Р Т И Н Ч И Б У Л И М. АВТОМАТЛАШТИРИШ СИСТЕМАЛАРИНИ	
ЛОЙИХАЛАШ ЭЛЕМЕНТЛАРИ	
XVI боб. Ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштиришнинг ташкилий техник шарт-шароитлари	273
1- §. Технологик объектларни автоматлаштиришга тайёрлаш	273
2- §. Лойиҳалаш босқичлари	274
3- §. Ишлаб чиқариш процессларини автоматлаштиришнинг принципиал схемалари	275
4- §. Принципиал схемаларнинг типлари	276
5- §. Пардозлаш поток линиясидаги ТПБАС	279
6- §. Титиш, саваш, холст тайёрлаш агрегатидаги ТПБАС	281
XVII боб. Ишончлилик ва автоматлаштиришнинг иқтисодий самарадорлиги	284
1- §. Автоматик системаларнинг ишончлилиги	284
2- §. Автоматлаштиришнинг иқтисодий самарадорлиги	286
Адабиёт	293

На узбекском языке

ХАСАН МАНСУРОВИЧ МАНСУРОВ

Автоматика и автоматизация
производственных процессов
в текстильной и легкой
промышленности

Учебник для вузов

Ташкент «Ўқитувчи» 1987

Махсус муҳаррир С. Мажидов
Нашриёт муҳаррири Р. Мирзаев
Бадний муҳаррир Ф. Некрадамов
Техн. муҳаррир Т. Гриншкова
Корректор М. Маҳмуджоева

ИБ 3664

Термишга берилди 21.01.86. Восмига рухсат этилди 20.01.87. Р-05018. Формати 60×90/16. Тип. қоғози №3. Литературная гарн. 8,10 шпони. Юқори бома усулида бошлди. Шартли б.л. 18,5. Шартли кр.-отт. 13,5. Нашр.л. 17,7. Тиражи 4000. Заказ 2869. Баҳоси 90 т.

«Ўқитувчи» нашриёти. Тошкент, 129. Навоий кўчаси, 30. Шартнома 11—151—84.

тиграфия ва китоб савдоси ишлари Давлат комитети Тошкент зриш бирлашмасининг Бош корхонасида териляб, 3- бомахо-кент. Юнусобод массиви, Мурадов кўчаси, 1. 1987.

, отпечатано в типография № 3 ТППО «Матбуот» Государ-ам издательств, полиграфии и книжной торговле. Ташкент) массив Юнусабад, ул. Мурадова, 1.

John