

**O`ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIY VA O`RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI**

K.X. Gafurov, N.R. Barakayev, X.F. Djurayev, Sh.R. Ibragimov

“MEXATRONIKA”

I-qism

*O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligi tomonidan darslk
sifatida tavsiya etilgan*

(Нашриёт номи, шаҳар ва йил ёзилади)

Mualliflar:

Gafurov Karim Xakimovich
Barakayev Nusratillo Rajabovich
Djurayev Xayrullo Fayziyevich
Ibragimov Shohruh Ramazon o'g'li

Taqrizchilar:

D.R.Ubaydullaeva - Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti Buxoro filiali "Texnologik jarayonlarni va ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va boshqaruv" kafedrasida dotsenti, t.f.n.

K.Z.Abidov - Buxoro muhandislik-texnologiya instituti "Texnologik jarayonlarni boshqarishning axborot-kommunikatsiya tizimlari" kafedrasida dotsenti, t.f.n.

"Mexatronika" fanidan darslik 5321700-"Texnologik jarayonlarni boshqarishning axborot-kommunikatsiya tizimlari" bakalavr ta'lim yo'nalishi uchun mo'ljallangan bo'lib, unda mexatronikaning asosiy printsiplari sifatida mexanik, elektron va axborotni boshqarish komponentlarini yagona modul va tizimlarga integratsiyalashning kontseptual masalalari yoritilgan, ishlab chiqarishning turli sohalarida va turmushda mexatronika tizimlarning qo'llanilishi, mexatronika tizimlari yuritmalari va uzatish moslamalari, mexatronikada harakat modullari va mexatronika tizimlarini boshqarish usullari ko'rib chiqilgan. Darslik 5 ta moduldan iborat bo'lib, har bir modul oxirida amaliy va tajriba mashg'ulotlari, test savollari berilgan. mavzularda kerakli texnik ma'lumotlar, asosiy tayanch so'z va iboralar, asosiy tayanch tushunchalar, takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar, o'quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar hamda darslik oxirida test savollariga javoblar, fan bo'yicha glossariy hamda tavsiya qilinadigan adabiyotlar ro'yxati keltirilgan.

Mexatronika (I-qism) (o'liy o'quv yurtlari uchun darslik)/ K.X. Gafurov, N.R. Barakayev, X.F. Djurayev, Sh.R. Ibragimov – **шаҳар, нашриёт номи, йил. – бетлар сони**

ISBN _____

KIRISH

Oxirgi yuz yillikning umumilmiy va texnikasi rivojiga ilmlar integratsiyasi, dekompozitsiyalash tamoyilini yengish, tizimli yondoshishga intilish kabilar asosiy rol egallaydi. Buning guvohi sifatida kibernetika, bionika, sistemotexnika va nihoyat mexatronika kabi yangi ilmiy-texnik yo`nalishlarning paydo bo`lishini kuzatishimiz mumkin. Ayniqsa mexatronika kontseptsiyasi texnik tizimlarning barcha funktsiyaonal komponentlarini global integratsiyasini ko`rsatib berib, texnikaning umumiy masalalarini yechishda zamonaviy avtomatik va avtomatlashtirilgan tizimlar va ularning kompleksi yagona konstruktsiyalarini jipslashtirishda aks etilishi mumkin bo`ldi.

Mexatronik tizimni bir necha qismga bo`lish mumkin:

- ishchi organlarning harakatini ta'minlovchi mexanik qismi;
- mikroprosessorlar yoki mantiqiy moslamalar asosida qurilgan boshqaruv qismi;
- sensorlardan mikroprosessorlarga va mikroprosessorlardan aktuatorlarga signallarni uzatishni ta'minlovchi elektron qismi;
- berilgan boshqarish algoritmlarini amalga oshiruvchi dastur qismi.

Mexatronika kontseptsiyasi texnikaning ikkita umumiy rivojlanish muammosini - *miniatyurizatsiyalashtirish* va *intellektuallashtirish* muammolarini hal qilish asosida texnik tizimlar barcha funktsional tashkil etuvchilarining global integratsiyalash tendentsiyasini to`liq aks ettiradi.

Mexatronikaning shiori "*intellektlashtirishni miniatyuralashtirish*" hisoblanadi.

O`zbekiston Respublikasi Prezidentining 2017 yil 27 iyuldagi PQ-3151 sonli Qarorini bajarish maqsadida Shvetsiya Qirollik texnologiya instituti, Lyoven katolik universiteti (Belgiya) va Lints universiteti (Avstriya) tajribalari o`rganilib, "Mexatronika" fani mutaxassislik fani sifatida 5321700-"Texnologik jarayonlarni boshqarishning axborot-kommunikatsiya tizimlari" ta`lim yo`nalishi bakalavr talabalari uchun o`quv rejasiga kiritildi.

O`quv rejasi bo`yicha "Mexatronika" fani VI va VII-mavsumlarda o`qitiladi. VI-mavsumda 36 soat ma`ruza va 20 soat amaliy darslari hamda 16 soat tajriba mashg`ulotlari, VII-mavsumda 28 soat ma`ruza va 16 soat amaliy darslari hamda 12 soat tajriba mashg`ulotlari o`tkazish rejalashtirilgan. Ushbu darslik umumiy "Mexatronika" darsligining birinchi qismi bo`lib VI-mavsum o`quv darslarini olib borish uchun mo`ljallangan.

Ushbu darslikning maqsadi - talabalarni mexatronik tizimlarni yaratish va qo'llashning zamonaviy texnologiyalari bilan tanishtirish. Asosiy e'tibor mexatronikaning asosiy printsipi sifatida mexanik, elektron va axborotni boshqarish komponentlarini yagona modul va tizimlarga integratsiyalashning kontseptual masalalariga qaratilgan (I-modul), ishlab chiqarish turli sohalarida va turmushda mexatronik tizimlarning qo'llanilishi (II-modul), mexatronika tizimlari yuritmalari va uzatish moslamalari (III-modul), mexatronikada harakat modullari (IV-modul) va mexatronika tizimlarini boshqarish usullari (V-modul) batafsil ko'rib chiqilgan.

I-MODUL. “MEXATRONIKA” FANIGA KIRISH

§1.1. MEXATRONIKAGA TA’RIF

1.1.1. “Mexatronika” nima? Mexatronikaning rivojlanish tarixi.

“Mexatronika” fanining asosiy maqsad va vazifalari

Mashinalar, umumiy qilib aytganda, mexanik ishlarni bajaruvchi qurilmalardir. Yoki boshqacha aytganda, mashina energiya yoki materialni o`zgartirish uchun mexanik harakatni bajaruvchi qurilmadir.

Har qanday mashina mexanik va yuritma qismidan (asosan, elektrmexanik yuritmadan), hamda boshqarish sistemasidan iborat. Mexanik qismining asosiy elementlari quyidagilar hisoblanadi:

- foydali mexanik ishni bajaruvchi ishchi organ (masalan, yukni ko`taruvchi kran lebyodkasi, suyuqlikni haydovchi nasosning ishchi g`altagi, detalga mexanik ishlov beruvchi metall kesish stanogining frezasi va h.k.);
- harakat tezligini yoki xarakterini (masalan, aylanma harakatni ilgarilanma harakatga) o`zgartiruvchi mexanik uzatma.

Mashina yuritma qismining vazifasi elektr energiyasini yoki boshqa energiyani (gidravlik yoki pnevmatik energiyani) mexanik energiyaga aylantirish va mashinaning ishchi organlarini harakatga keltirishdir. Elektrmexanik yuritma elektrdvigateldan va elektr kuchli o`zgartirgichdan iborat. U manbadan (elektr ta`minlash sistemasidan) olinadigan elektrenergiyasini dvigatel o`ramasini ta`minlovchi ko`rinishga keltiradi. Ana shu o`zgartirgich dvigatel vali holati, kuchi va tezligini boshqaradi. Elektr kuchli o`zgartirgichlar bu kuchli tranzistorlar, bipolyar tranzistorlar, teristorlar va intellektual kuchli modullardir.

Kuchli o`zgartirgichlardan harakatni boshqarish tizimida, qurilmalarni himoyalashda, avariya rejimlarda va nosozliklar diagnostikasida foydaniladi. Yangi kuchli o`zgartirgichlar yarim o`tkazgichli asboblarning asosida yaratiladi. Bu o`zgartirgichlar ijrochi dvigatellar va boshqaruvchi kompyuterlar orasidagi oraliq zveno bo`lib xizmat qiladi.

Oxirgi vaqtda yangi avlod mashinalarini yaratayotganda mexanik qismlarning funktsiyalarini mashina boshqarish sistemasi tarkib topgan intellektual (elektron, kompyuterli va axborot) qismlarga o'tkazish tendentsiyasi kuzatilmoqda. Intellektual qismlar yangi topshiriqqa mos ravishda oson qayta dasturlanadi. Bu esa mashinaning imkoniyatlarini oshiradi. Shu bilan birga, texnika rivojlanishi bilan mashinaning har xil fizik shaklga ega bo'lgan (mexanik, elektromexanik, elektron va axborot) qismlari konstruktiv yaxlit bir butunlikka birlashtirilmoqda. Ana shunday "aqlli" mashinalar *mexatronik* deb ataladi.

Sobiq Sovet Ittifoqida, Germaniyada va boshqa davlatlarda elektr energiyani ishchi organlarni (ijrochi mexanizmlarni) harakatga keltiradigan mexanik energiyaga aylantiradigan qurilmalar o'tgan asrning 30-yillaridan boshlab "elektr yuritma" deb atala boshladi. Lekin bu atama Yaponiya va AQSh davlatlarida qo'llanilmadi, shuning uchun uning o'rniga "mexatronika" atamasi ishlatildi va asta-sekin Evropa davlatlari va Rossiyada joriy etildi.

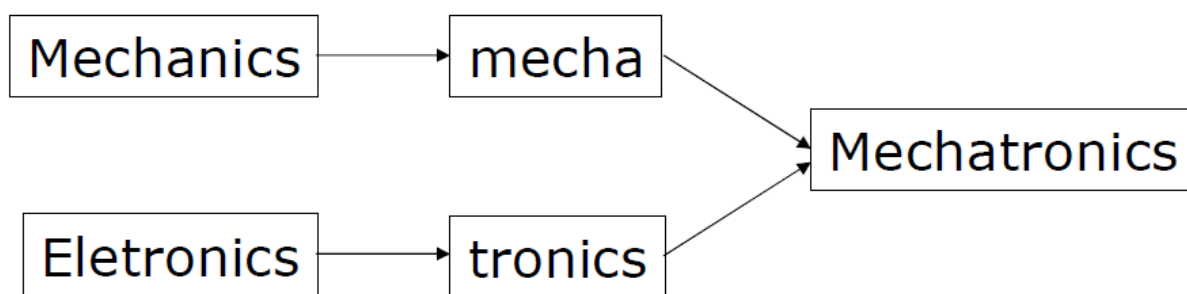
"Mexatronika" atamasi 1969 yilda Yaponiyada paydo bo'ldi. Atama muallifi - *Tetsuro Mori* "*Yaskawa Electric*" kompaniyasining katta muhandisi.¹

Yaponiyada bu vaqtda dasturli boshqariladigan stanoklar va markazlar uchun pretsizion (ingl. *precision* - aniqlik) elektrdvigatellar tayyorlanayotgan edi. Bu atama mashina va agregatlar ishchi organlarini elektron yarim o'tkazgichli o'zgartgichlar bilan boshqariladigan elektromexanik uskunalar elektrodvigatellarini belgilash uchun ishlatilgan edi. Atama 1972 yilda "*Yaskawa Electric*" kompaniyasining savdo belgisi qilib ro'yxatdan o'tkazilgan.

Mexatronika atamasi "*Mexanika*" va "*Elektronika*" so'zlari birlashuvidan paydo bo'lgan «*MEXAnika*» va «*elekTRONIKA*» (1.1.1-rasm).

Bunday birlashuv texnikaning yangi avlodlarini yaratilishi va uskunalarining yangi ko'rinishlarini ishlab chiqish, ilm-fan va texnika jabhalardagi bilimlarni integratsiyasini anglatadi.

¹ T.Mori, "Mechatronics," Yaskawa Internal Trademark Application Memo, 21.131.01, July 12, 1969.



1.1.1-rasm. Mexatronika atamasi²

Mexatronika bo'yicha birlamchi ilmiy maqolalar 1970-yillar oxirlarida Yaponiyada chop qilina boshlandi. Bu maqolalar asosan kompyuter yordamida boshqariladigan avtomatikaning aniq ishlaydigan sistemalari haqida edi. 1983 yildan xalqaro "Mexatronika" jurnali chop etila boshlandi.

Dunyoda boshqariladigan va aniq ishlaydigan elektrdvigatellar ishlab chiqarish rivojlanib borgani sabab, 1982 yilda "Yaskawa Electric" kompaniyasi "Mexatronika" savdo belgisidan voz kechadi va bu atama cheklovlarsiz qo'llanvera boshladi.

1984 yilda Yaponiyaning muhandis-mexaniklari jamiyati (*Nixon Kikay akkay*) tomonidan "Gixodo" nashriyotida etti tomlik mexatronikaga bag'ishlangan nashr chiqardi.³ Shundan keyin "Mexatronika" ilmiy hamjamiyatda fan sohasi sifatida tan olindi.

1985 yilda AQShda Kaliforniya Universitetida mexatronika ilmiy markazi ochildi. Bu markazga 20 taga yaqin istiqbolli ilmiy ishlanmalar bilan shug'ullanayotgan kompaniyalar a'zo bo'ldi.

Rossiyada va hozirgi hamdo'stlik mamlakatlarida mexatronika bo'yicha ishlar 1980-yillardan boshlab, asosan, koinot va harbiy maqsadlarda olib borildi.

Mexatronika yaratilish bosqichida, bugungi kunda uning bazaviy terminologiyasi hali oxirigacha yaratilmagan. Shuning uchun mexatronika fanining

² Intro to Mechatronics, p.2

³ Мехатроника: Пер. с япон. / Исин Т., Симояма И., Иноуэ Х. и др. – М.:Мир, 1988. – 318 с.

maqsadini keng va tor (maxsus) ma'noda ko'rib chiqish maqsadiga muvofiq. Quyida mutaxassislar tomonidan "mexatronika" atamasiga berilgan ba'zi bir ta'riflarni ko'rib chiqamiz:

Atama muallafi T. Mori Mexatronikaga quyidagicha ta'rif beradi⁴:

- *"The word, mechatronics is composed of "mecha" from mechanics and "tronics" from electronics. In other words, technologies and developed products will be incorporating electronics more and more into mechanisms, intimately and organically, and making it impossible to tell where one ends and the other begins."*

"Mexatronika" so'zi "Mexa" mexanikadan va "Tronika" elektronika so'zlari yig'masidan iborat. Boshqacha qilib, aytganda, ishlab chiqiladigan texnologiyalar va mahsulotlarda elektronika mexanizmlarda organik ravishda mukammal qo'llaniladi va qaysi biri qayerda tugashi va boshqasi boshlanishini aniqlash mumkin bo'lmay qoladi.

F. Harshama, M. Tomizuka va T. Fukudalar mexatronikaga bag'ishlangan maqolasida quyidagi ta'rifni berishgan⁵:

- *"Synergistic integration of mechanical engineering with electronics and intelligent computer control in the design and manufacturing of industrial products and processes."*

Sanoat jarayonlari va mahsulotlarini loyihalash va ishlab chiqarishda mashinosozlikni elektronika va intellektual kompyuter nazorati bilan sinergetik⁶ integratsiyalash.

Oxford Illustrated Encyclopedia quyidagi ta'rifni taklif etdi:⁷

Mexatronika – yapon atama so'zi bo'lib, elektrotexnika, mashinosozlik va dasturiy ta'minot kesishmasida paydo bo'lgan texnologiyani izohlash uchun ishlatiladi.

Loyihalash va ishlab chiqarish masalalarini, hamda "aqlli", ya'ni oldindan belgilangan dastur asosida ishlaydigan mashinalarning funksiyalarini o'rganadi.

Vikipediya quyidagi ta'rif berilgan:⁸

Mexatronika - bu fan va texnika sohasi bo'lib, funksional harakatlari intellektual boshqariladigan yangi sifatli modullar, mashinalar va tizimlarni loyihalash va ishlab chiqarish maqsadida aniq mexanika elektronika, elektronika va kompyuterli boshqarish komponentlari bilan sinergetik birlashtirish masalalarini o'rganadi.

⁴ T.Mori, "Mechatronics," Yaskawa Internal Trademark Application Memo, 21.131.01, July 12, 1969

⁵ F. Harshama, M. Tomizuka, and T. Fukuda, "Mechatronics-what is it, why, and how?-and editorial," IEEE/ASME Trans. on Mechatronics, 1(1), 1-4, 1996.

⁶ "Sinergiya" yunon. – "hamkorlik, ko'maklashish, yordam" ma'nosini anglatadi.

⁷ Oxford Illustrated Science Encyclopedia by Dawkins, Richard, Kerrod, Robin (2001)

⁸ <https://ru.wikipedia.org/wiki/Мехатроника>

Biz uchun Mexatronikaning ishchi ta'rif:

Mechatronics: Working Definition for us⁹

Mechatronics is the synergistic integration of sensors, actuators, signal conditioning, power electronics, decision and control algorithms, and computer hardware and software to manage complexity, uncertainty, and communication in engineered systems.

Mexatronika - bu murakkab muhandislik tizimlarini boshqarish uchun sensorlarning (datchiklarning), aktuatorlarning (ijrochi mexanizmlarning), signallarning, elektronikaning, qaror qabul qilish va boshqaruv algoritmlarining hamda kompyuter texnikasi va dasturlarining sinergetik birlashuvidir.

Ta'rifga berilgan izohlar:

1. Mexatronika yangi sifatli xususiyatlarga ega bo'lgan mashinalarni yaratilishidagi yangi metodologik yondoshishni o'rganadi. Bu yondoshish juda universal bo'lib, har xil jabhalardagi mashina va tizimlar uchun ishlatilishi mumkin.

2. Ta'rifda mexatron ob'ektlaridagi tarkibiy elementlarning integratsiyasi (birlashuvi) sinergetik xarakterga ega ekanligiga e'tibor berilgan.

Sinergiya (yunoncha) bu - hamjihat harakat, umumiy bir maqsadga yo'naltirilgan degan ma'nolarni anglatadi.

Bunda, elementlar bir – birini to'ldiribgina qolmay, bu tarzda birlashib hosil bo'lgan tizim yangi xususiyatlarga ega bo'ladi.

Mexatronikada barcha energetik va axborot oqimlari yagona maqsadga erishish uchun yo'naltirilgan bo'ladi, bu maqsad – mexanik harakatni aniq qonuniyat bo'yicha boshqarishni ta'minlashdir.

3. Birlashtirilgan (integratsiyalangan) mexatronika elementlari loyihalashtiruvchi tomonidan loyihalanishi bosqichida tanlanadi, so'ng mashina ishlab chiqarishda zarur bo'lgan muhandis va texnologik yechimlar bilan boyitiladi.

Mexatronika mashinalarining bor bo'lgan mashinalardan asosiy farqi shundaki, bor bo'lgan mashinalarni ishlatganda ko'pincha foydalanuvchi har xil

⁹ Intro to Mechatronics. p.5

ishlab chiqaruvchilarning mexanik, elektrik va axborot-boshqaruv uskunalari bir tizimga shaxsan birlashtirishiga majbur edi. Shuning uchun ko'p murakkab natijalar (masalan: mashinasozlikdagi ba'zi –bir ishlab chiqarish tizimlari) amaliyotda yuqori bo'lmagan texnik –iqtisodiy samaradorlikni ko'rsatadi.

4. Mexatronik tizimlarning metodologik asosini parallel loyihalash usullari tashkil etadi. Kompyuter boshqaruvli mashinalarni an'anaviy loyihalashda ketma–ketlik usuli qo'llaniladi, ya'ni birinchi tizimning mexanik, elektron, sensorli va kompyuter qismlari ketma–ket loyihalashtiriladi, so'ng interfeys bloklar tanlanadi. Parallel loyihalashning paradigmasi (modeli) –tizimning barcha komponentlari bir-biri bilan o'zaro bog'langan holda bir vaqtning o'zida loyihalashtiriladi.

5. Mexatronikani o'rganishdagi ba'zaviy ob'ektlari *mexatron modullar* hisoblanadi. Mexatronik modullar boshqariladigan bitta koordinata bo'ylab harakatlanadigan ob'ektlardir. Bu modullardan xuddi funktsional kubiklardan yig'gandek, modulli arxitekturaning murakkab tizimlari yig'iladi.

6. Mexatronik tizimlar (MT), ta'rifida aytib o'tilganidek, berilgan harakatni amalga oshirish uchun qo'llaniladi. MTlarning sifat mezoni konkret amaliy vazifasini bajarish talabidan kelib chiqadi. Avtomatlashtirilgan texnologik jarayonnining asosiy vazifasi mashinaning chiquvchi zvenosi, ya'ni ishchi organi harakatini amalga oshirish hisoblanadi (masalan mashinasozlikda – mexanik ishlov beruvchi asbob). Bunda boshqa tashqi jarayonlarni boshqarish bilan MTning atrof-muhitdagi harakatini muvofiqlashtirish kerak. *Bunday muvofiqlashtirilgan MTlarning harakatini funktsional harakat deb ataymiz.*

MT uchun tashqi muhit bo'lib tarkibida asosiy va yordamchi jihozlar, texnologik uskunalar va jarayonlar ob'ekti bo'lgan texnologik muhit xizmat qiladi. Berilgan *funktsional harakatni* amalga oshirishda bu tashqi muhit ishchi organga g'alayonni ta'sir ko'rsatadi. *Masalan, detallarga mexanik ishlov berishda kesish kuchlari.*

Tashqi muhitlarni ikkita katta sinfga bo'lish mumkin: *determinik* va *stoxastik (ehtimolli)* muhitlar.

Determinik muhitlarda ta'sir etuvchi g'alayonlar parametrlari va ishlar ob'ekting xossalari oldindan MTni loyihalashtirish uchun yetarli darajasigacha aniqlangan bo'ldi.

Stoxastik muhitda ta'sir etuvchi omillar va muhitning holati avvalgi parametrlarga qarab ehtimollik darajasida aniqlanadi. Bunday muhitlarga misol: eksterimal suvosti, yerosti va h.k. muhitlar. Texnologik muhitlar xossalari analitik - eksperimental izlanishlar va kompyuter modellash usullari bilan aniqlanadi.

7. Zamonaviy MTlarda murakkab va aniq harakatlarini yuqori sifatli darajada ta'minlash uchun intellektual boshqarish usullari ishlatiladi. Bu usullar guruhi boshqarish nazariyasining yangi fikrlariga hamda hisoblash texnikasining dasturiy ta'minotlariga va zamonaviy qurilmalariga tayanadi.

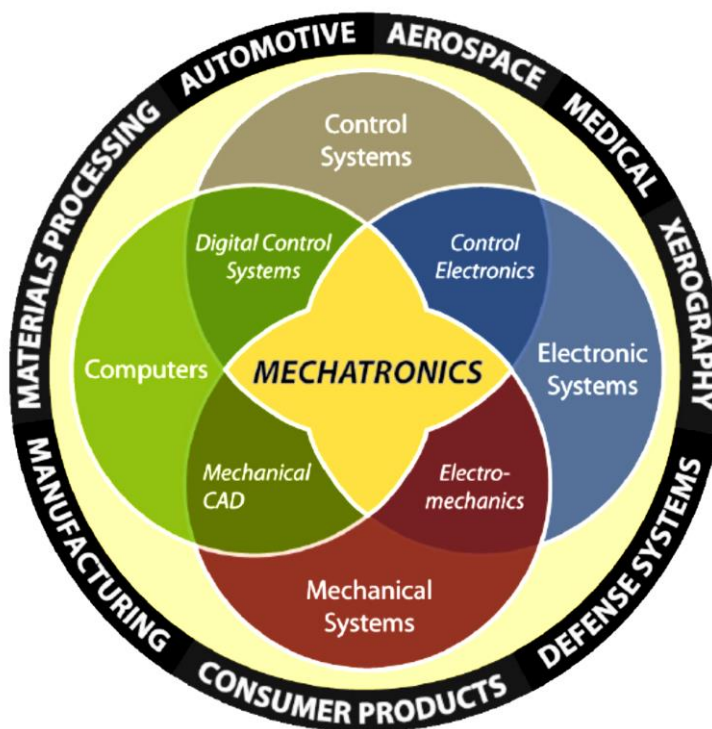
Ilmiy-texnik fan sifatida mexatronikaning asosiy maqsadi –harakatchan mashina va tizimlarning asosi bo'lib xizmat qiladigan harakat funktsiyalarni amalga oshiruvchi yangi turdagi blok, modul va qismlarni ishlab chiqishdir.

Bundan kelib chiqib, *mexatronikaning predmeti* – kerakli harakat funktsionalini amalga oshirishni ta'minlovchi mashina va tizimlarni loyihalash va ishlab chiqarish jarayonidir.

Mexatronikaning asosiy vazifasi (fan sifatida)– murakkab dinamik ob'ektlarni o'ta aniq, o'ta ishonchli va ko'p funktsiyali boshqarish sistemalarini ishlab chiqish va yaratishdir.

MTning asosiy vazifasi (texnika sohasi sifatida)– bu boshqaruv tizimining yuqori bosqichidan keladigan boshqarish maqsadi haqidagi axborotni tesqari aloqa boshqaruvi printsipi asosida tizimning maqsadga yo'naltirilgan funktsional harakatiga aylantirishdir.

Renssleyer politexnika instituti (*Rensselaer Polytechnic Institute, USA*) veb-saytidagi diagramma (1.1.2-rasm) mexatronikaning keng tarqalgan grafik simvoli (belgisi) bo'ldi.



Mexatronikaning shiori: *“Intellektuallashtirishni miniatyurazatsiyalash”*.

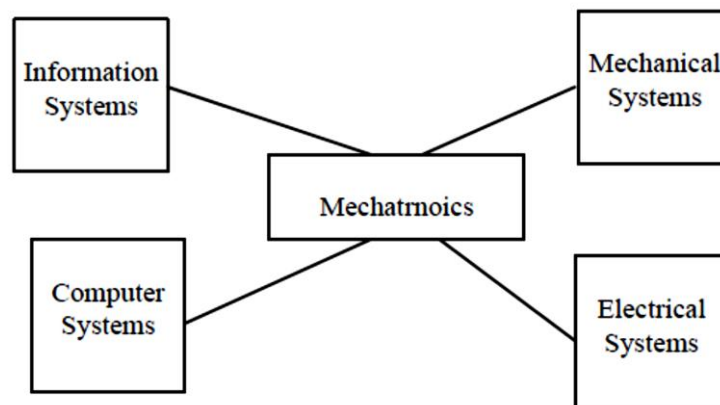
1.1.2-rasm. Renssleyer politexnika instituti (Rensselaer Polytechnic Institute, USA) veb saytidagi diagramma

Rasmdan ko`rinib turibdiki, mexatronika nafaqat mexanika va elektronika yutuqlaridan, balkim zamonaviy raqamli boshqarish sistemalari va avtomatlashtirilgan loyihalash (CAD) sohalarini ham qamrab oladi.

Tashqi aylanada (1.1.2-rasm) mexatronika qo`llanadigan sohalar ko`rsatilgan. Bular: aviatsiya va kosmik sanoati, harbiy sanoat, materiallarga ishlov berish, energetika, avtomobilsozlik, tibbiyot, mashinasozlik va qayta ishlash sanoati, iste`mol tovarlari ishlab chiqarish.

Hozirgi vaqtda ofis texnikasida (kseroks, faks), maishiy xizmat texnikasida, noan`anaviy transportlarda (elektrvelosipedlar, elektrroller va b.), foto-kino-video texnikasida, o`lchov-nazorat qurilmalarida, trenajyorlarda, kompyuter tashqi qurilmalarida (diskovod, printer, plotter)da mexatronika elementlari ishlatiladi.

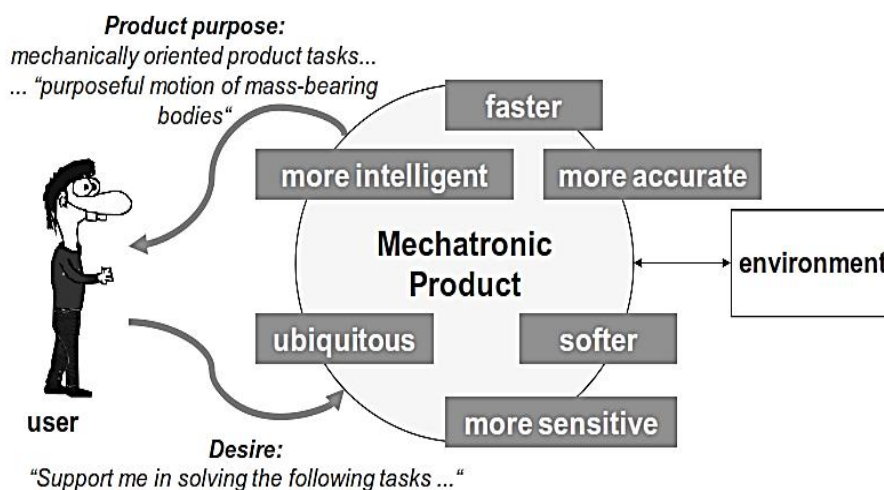
1.1.3-rasmda mexatronika mexanika, elektrotexnika (elektronika), kompyuter va axborot boshqaruv tizimlari fanlarining sinergetik integratsiyasi natijasi ekanligi yaqqol ko`rsatilgan.



1.1.3-rasm. Mexatronikaning fan asoslari
(Disciplinary Foundations of Mechatronics)¹⁰

Mexatronika mahsulotlari har qanday dinamik xossaga ega boʻlgan mexanik organlarni maqsadli harakatga yoʻnaltirish vazifalarini barcha sharoitlarda “aqlliroq”, “tezroq”, “aniqroq”, “yumshoqroq”, “sezgirroq” amalga oshiradi (1.1.4-rasm).

Mahsulot maqsadi: Mahsulotning mexanik yoʻnaltirilgan vazifasi ... “Jismlarni maqsadga muvofiq harakatlantirish”.



Istagimiz:
“Quyidagi vazifalarni hal etishda qoʻllab-quvvatlang”

1.1.4-rasm. Mexatron tizimlar gʻaroyib xossali mahsulot sifatida¹¹

¹⁰ Intro to Mechatronics. p.7

¹¹ Klaus Janschek. Mechatronic Systems Design. Methods, Models, Concepts. c 2012 Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p.4.

1.1.2. Mexatronika ob'ektlariga ta'rif

«Mexatronika ob'ekti» deganda raqamli boshqariladigan va biror maqsadli harakatni amalga oshiruvchi qandaydir predmet (mahsulot) tushuniladi. U uchta darajada bo'lishi mumkin: mexatronik modul; mexatronik agregat (mashina); mexatronik tizim.

Birinchi darajaga mexatronik modul kiradi.

Mexatronik modul (MM) – bir nechta integrallashgan elementlardan iborat bo'lib, konstruktiv ravishda mustaqil mahsulot shaklida bo'ladi va mexatron qurilmalarda ma'lum bir operatsiyani bajaradi.

Mexatronik modul – qoida bo'yicha, birta koordinata bo'yicha harakatni amalga oshirishga mo'ljallangan, avtonom hujjatlar majmuasiga ega bo'lgan unifikatsiyalangan mexatronik ob'ektidir. Bularga misol bo'lib *dvigatel, reduktor* va b. xizmat qiladi. Biroz murakabroq modullarga (avtonom yuritmalar) *motor-reduktor, motor-g'altak, motor-baraban* va *aylanuvchi stollar* kiradi.

Ikkinchi daraja – *mexatronik agregat (mashina)* bo'lib, u tashqi muhit bilan o'zaro ta'sirlashgan holda kerakli harakatlarni amalga oshirishga mo'ljallangan va bir nechta modullardan tuzilgan. Bularga misol bo'lib *sanoat robotlari, raqamli boshqariladigan stanoklar* va b. xizmat qiladi.

Uchinchi daraja – *mexatronik tizim (MT)*. Ma'lumki, tizim – bu bir butun bo'lib faoliyat ko'rsatadigan va ma'lum maqsadni amalga oshirishga mo'ljallangan, ma'lum bir qonuniyatga bo'ysunadigan va bir-biri bilan ma'lum bir munosabat bilan bog'langan komponentlar majmuasidir. Mexatronik tizim ushbu ta'rifga to'la mos kelib, mexanik, elektron va boshqaruv komponentlarining sinergetik birligidir va u bir butun bo'lib faoliyatini amalga oshiradi.

U bir nechta yoki birta agregat (mashina)dan va bir qator alohida modullardan, ya'ni bir xil yoki har xil quyi pog'ona ob'ektlaridan tashkil topgan bo'ladi. Bularga misol bo'lib *moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlari, zamonaviy avtomobillar* va b. xizmat qiladi.

Ijrochi mexanizm – mexatronik ob'ektning funktsional qismi bo'lib, boshqarish sistemasidan keladigan signallarga asosan mexanik harakatni amalga oshiradi.

Ishchi organ – ob’ektning texnologik maqsadini amalga oshiruvchi qurilma.

Asosiy tayanch soʻz va iboralar

Mexatronika; aniq mexanika va elektrotexnika; kompyuterli boshqarish; sinergiya; mexatronik modul; funktsional harakat; determinik va stoxastik muhit; mexatronik agregat (mashina); mexatronik tizim

Asosiy tayanch tushunchalar

* “Mexatronika” atamasi 1969 yilda Yaponiyada paydo boʻldi. Atama muallifi - *Tetsuro Mori* “*Yaskawa Electric*” kompaniyasining katta muhandisi.

* Mexatronika atamasi “Mexanika” va “Elektronika” soʻzlari birlashuvidan paydo boʻlgan - «**MEXAnika**» va «**elekTRONIKA**».

* Biz uchun Mexatronikaning ishchi taʼrifi: *Mexatronika - bu murakkab muhandislik tizimlarini boshqarish uchun sensorlarning (datchiklarning), aktuatorlarning (ijrochi mexanizmlarning), signallarning, elektronikaning, qaror qabul qilish va boshqaruv algoritmlarining hamda kompyuter texnikasi va dasturlarining sinergetik birlashuvidir.*

* Mexatronikada barcha energetik va axborot oqimlari yagona maqsadga erishish uchun yoʻnaltirilgan boʻladi, bu maqsad – mexanik harakatni aniq qonuniyat boʻyicha boshqarishni taʼminlashdir.

* Mexatronikaning predmeti – kerakli harakat funktsionalini amalga oshirishni taʼminlovchi mashina va tizimlarni loyihalash va ishlab chiqarish jarayonidir.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Mashina yuritma qismining vazifasi nima?
2. «Mexatronika» atamasi qaysi soʻzlar birlashuvidan paydo boʻlgan?
3. «Mexatronika» atamasining muallifi kim?
4. «Mexatronika» atamasiga taʼrif bering.
5. Qaysi davlatda mexatronikaga bagʻishlangan 7-tomlik nashr

chiqarildi?

6. Mexatron tizimlarning yaratilish asosi qaysi printsiplarga tayanadi?
7. “Sinergiya” soʻzining lugʻaviy maʼnosi nima?
8. Harakatni kompyuterli boshqarishli mashinalarning tarkibiy qismlari qanaqa qurilmalardan iborat?
9. Loyihalashda mexatron yoʻndashish mohiyatini tushuntiring.
10. «Mexatron obʼekt» tushunchasiga nimalar kiradi?

Oʻquv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch soʻz va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu boʻyicha asosiy rasm va illyustratsiyalar.

§1.2. MEXATRONIKA TIZIMLARINING STRUKTURASI

1.2.1. Mexatronika va odatdagi elektryuritmalar tizimlari orasidagi umumiy xususiyatlar va farqlar

Uslubiyot nuqtai-nazaridan mexatronika va odatdagi elektryuritmalar tizimlari orasidagi umumiy xususiyatlar va farqlarni koʻrib chiqish maqsadga muvofiqdir. Buning uchun elektryuritma va MTning funktsional sxemalarini koʻrib chiqamiz (1.2.1-rasm).

1.2.1a-rasmda elektryuritma sxemasi keltirilgan. Bu sxema taʼrifi boʻyicha elektromexanik tizim boʻlib, asosiy vazifasi elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirib, texnologik jarayon talablari boʻyicha ishchi organ (ijrochi mexanizm) harakatlarini boshqarishdir.

Elektr yuritma quyidagi elementlardan iborat:

- **elektrdvigatel (ED)**. Elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirib beradi. Bu ishni har xil elektrdvigatellar bajaradi;

- **kuchli o'zgartgichli qurilma (KO`Q)**. EEM- elektr energiyasi manbaidan olayotgan elektr energiya parametrlarini: tok kuchi, kuchlanishi, chastotasini ED iste'mol qiladigan qiymatlarga o'zgartiradi. Zamonaviy elektryuritmalarda KO`Qni yarim o'tkazgichli asboblari – tiristorlar¹² va tranzistorlar¹³ asosida yasaydilar.

- **uzatuvchi mexanizm (UM)**. EDDan chiqadigan mexanik harakatni mashina yoki agregatning ishchi organi (ijrochi mexanizmi) harakatlanishi uchun kerak bo'lgan harakat turiga (aylanma, ilgariylanma) va kerakli qiymatga (aylantiruvchi moment, kuch, aylanish chastotasi, tezlik) aylantirib beradi;

- **parametr datchiklari (D1-D3)**. Elektr yuritmaning joriy holati haqida ma'lumot beradi. Bu ma'lumot texnologik va texnik talablarga mos keladigan boshqarishning teskari aloqasini shakllantirish uchun kerak. O'lchash koordinatalari bo'lib tok kuchi, kuchlanish, harakatlantiruvchi momentlar, tezlik, burchakli va chiziqli harakat va b. xizmat qiladi;

- **boshqaruvchi qurilma (BQ)**. U-signal beruvchi va teskari aloqadagi datchiklardan kelayotgan signallar asosida KO`Qga boshqaruvchi signallarni shakllantiradi. BQ mantiqiy va kuchaytiruvchi releli va tranzistorli sxemalar hamda regulyatorlardan zamonaviy mikroprotsessorlarga rivojlanish yo'lini bosib o'tdi.

Boshqaruvchi signal texnologik jarayonni nazorat qilib boruvchi operator yoki yuqori darajadagi kompyuter sistemasidan keladi.

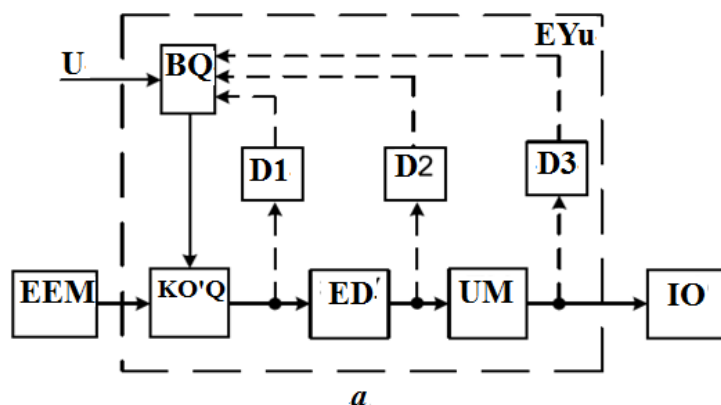
1.2.1 b-rasmda keltirilgan MT ning funktsional sxemasini ko'rib chiqamiz.

Bu sxemada:

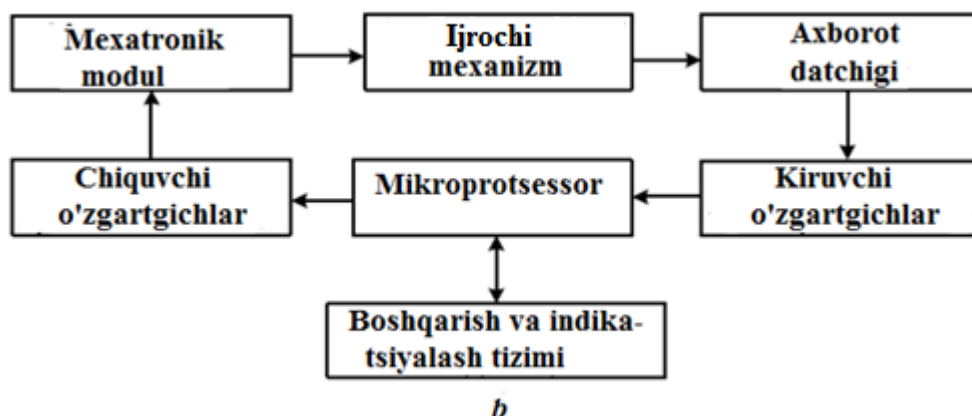
- mikroprotsessor boshqarish qurilmasi vazifasini bajaradi. Bunda u boshqarish va indikatsiyalash tizimidan keladigan topshiriq va axborot datchigidan kiruvchi o'zgartgichlar orqali kirayotgan signallar asosida raqamli chiquvchi signallarni shakllantiradi;

¹² Tiristor (yun. *thyra* — eshik, kirish va *rezistor*) — elektrik ventil xossasiga ega bo'lgan kremniy monokristall asosidagi yarimo'tkazgichli asbob. Ishlash prinsipi kremniy monokristallning elektronteshikli o'tish (elektron *p* o'tkazuvchanlikdan teshikli *r* o'tkazuvchanlikka o'tish) xossasiga asoslanadi.

¹³ Tranzistor (ing. *transfer* — ko'chirmoq va *rezistor*) — elektr tebranishlarni kuchaytirish, generatsiyalash (hosil qilish) va o'zgartirish uchun mo'ljallangan 3 elektrodli yarimo'tkazgichli asbob.



EYu-*elektr yuritma*;
 ED- *elektr dvigatel*;
 KO`Q- *kuchli o`zgartgichli qurilma*;
 EEM- *elektr energiyasi manbai*;
 UM – *uzatuvchi mexanizm*;
 D1-D3- *parametr datchiklari*;
 BQ- *boshqaruvchi qurilma*;
 U- *signal beruvchi*;
 IO – *Ishchi organ*.



1.2.1-rasm. Funktsional sxemalar:¹⁴

a– elektr yuritmalı tizim; b– mexatronika tizimi

- axborot datchiklari ijrochi mexanizm harakatining joriy koordinatalari ko`rsatgichlarini elektr signallari shaklida belgilab boradi;
- kiruvchi o`zgartgichlar bu elektr signallarni mikroprotsessor tushunadigan raqamli shakllarga aylantiradi;
- chiquvchi o`zgartgichlar mikroprotsessordan chiqadigan raqamli signallarni mexatronik modulni boshqaradigan elektr signalga aylantiradi;
- mexatronik modul esa ta`minot manbaining elektr energiyasini ijrochi mexanizm ishlashi uchun kerak bo`lgan aylantiruvchi moment va tezlikka ega bo`lgan mexanik energiyaga aylantirishni ta`minlaydi.

¹⁴ Введение в мехатронику/ А.И. Грабченко, В.Б. Клепиков, В.Л. Доброскок и др. – Х.: НТУ «ХПИ», 2014. – с.6.

“Elektryuritma” va “mexatronika” atamalarini amalda *sinonim* soʻzlar deb qabul qilish mumkin. Bu ikkita tizim orasidagi asosiy oʻxshashlik shundan iboratki, ularning ikkisi ham elektromexanik tizim boʻlib, asosiy vazifalari elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirib, texnologik jarayon talablari boʻyicha ishchi organ (ijrochi mexanizm) harakatlarini boshqarishdir. Bundan kelib chiqadiki, bu ikkita tizim elektrmexanik tizimlar sinfiga kiradi.

1.2.1 *b*-rasmda koʻrsatilgan MT nisbatan murakkabroq MTning tarqibiy qismi boʻlishi mumkin. Bunga oʻxshash, bir-biri bilan bogʻliq koʻp dvigatelli elektryuritmalar ham mavjud.

Endi funktsional sxemalarni qiyoslab, ular orasidagi farqlarni koʻrib chiqamiz:

MT da boshqaruvchi rolini mikroprotsessor oʻynaydi, elektryuritmada esa bu boshqa qurilmalar, shu jumladan analogli qurilmalar ham boʻlishi mumkin.

MTning funktsional sxemasida KOʻQ, ED va UM bloklari yoʻq. Ularning funktsiyalari mexatron modullarda mujassamlangan.

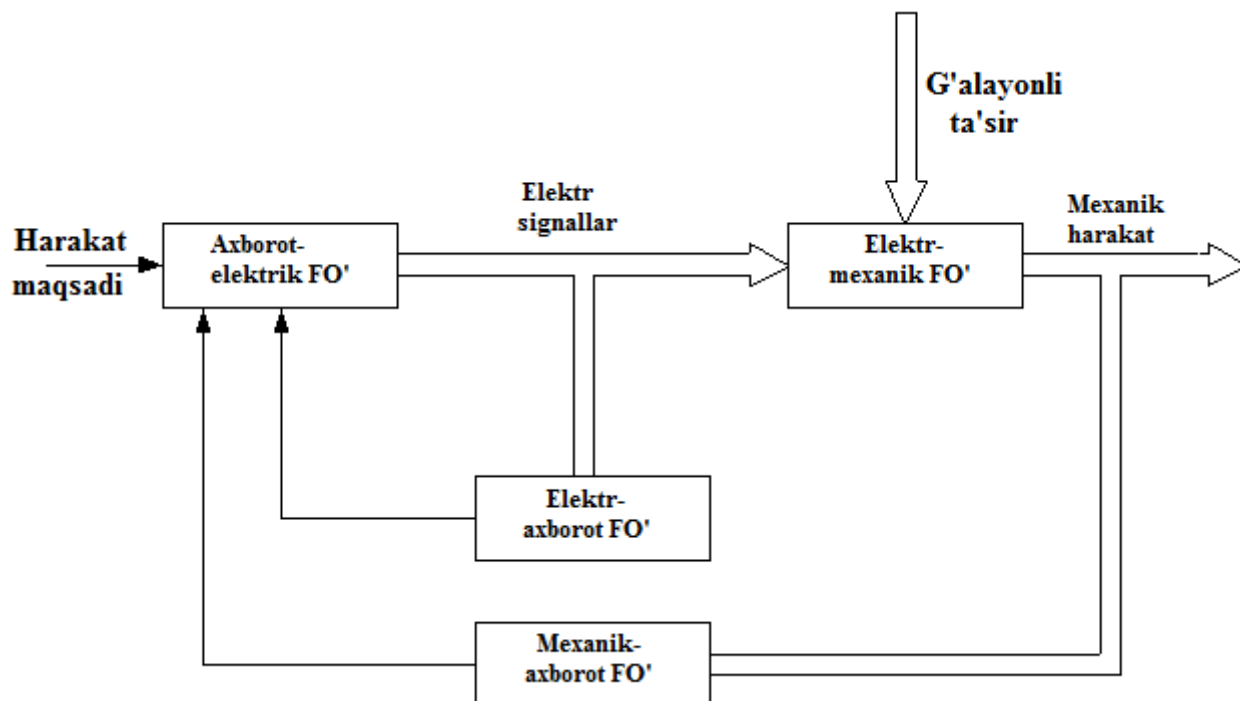
1.2.2. Mexatronika tizimlarining strukturasi

Oldingi mavzuda aytib oʻtilganidek, MTning asosiy vazifasi (texnika sohasi sifatida)– bu boshqaruv tizimining yuqori bosqichidan keladigan boshqarish maqsadi haqidagi axborotni tesqari aloqa boshqaruvi printsipi asosida tizimning maqsadga yoʻnaltirilgan funktsional harakatiga aylantirishdir.

1.2.2-rasmda mexatronik tizimlardagi energetik va axborot oqimlarining oqish yoʻllari blok-sxemasi koʻrsatilgan.

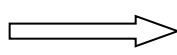
Zamonaviy tizimlarida elektr energiyasidan oraliq energiya shaklida foydaniladi. Shunday qilib, mexatronik tizimni ishlab chiqish uchun nazariy jihatdan 4 ta asosiy funktsional blok kerak boʻladi: toʻgʻri zanjir orqali bogʻlangan axborot-elektrik va elektrmexanik energiya oʻzgartirgichlari hamda teskari aloqa zanjiridagi elektr-axborot va mexanik-axborot oʻzgartirgichlari.

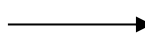
Agar elektr energiyasi o`rniga gidravlik, pnevmatik yoki kombinatsiyalashgan (misol uchun, elektrgidravlik) energiya manbasi ishlatilsa, demak ularga to`g`ri keladigan o`zgartirgichlar va datchiklar qo`llaniladi.



1.2.2-rasm. Mexatronik tizimdagi axborot va energetik oqimlar.

FO' - funktsional o`zgartirgich

 *energetik oqim*

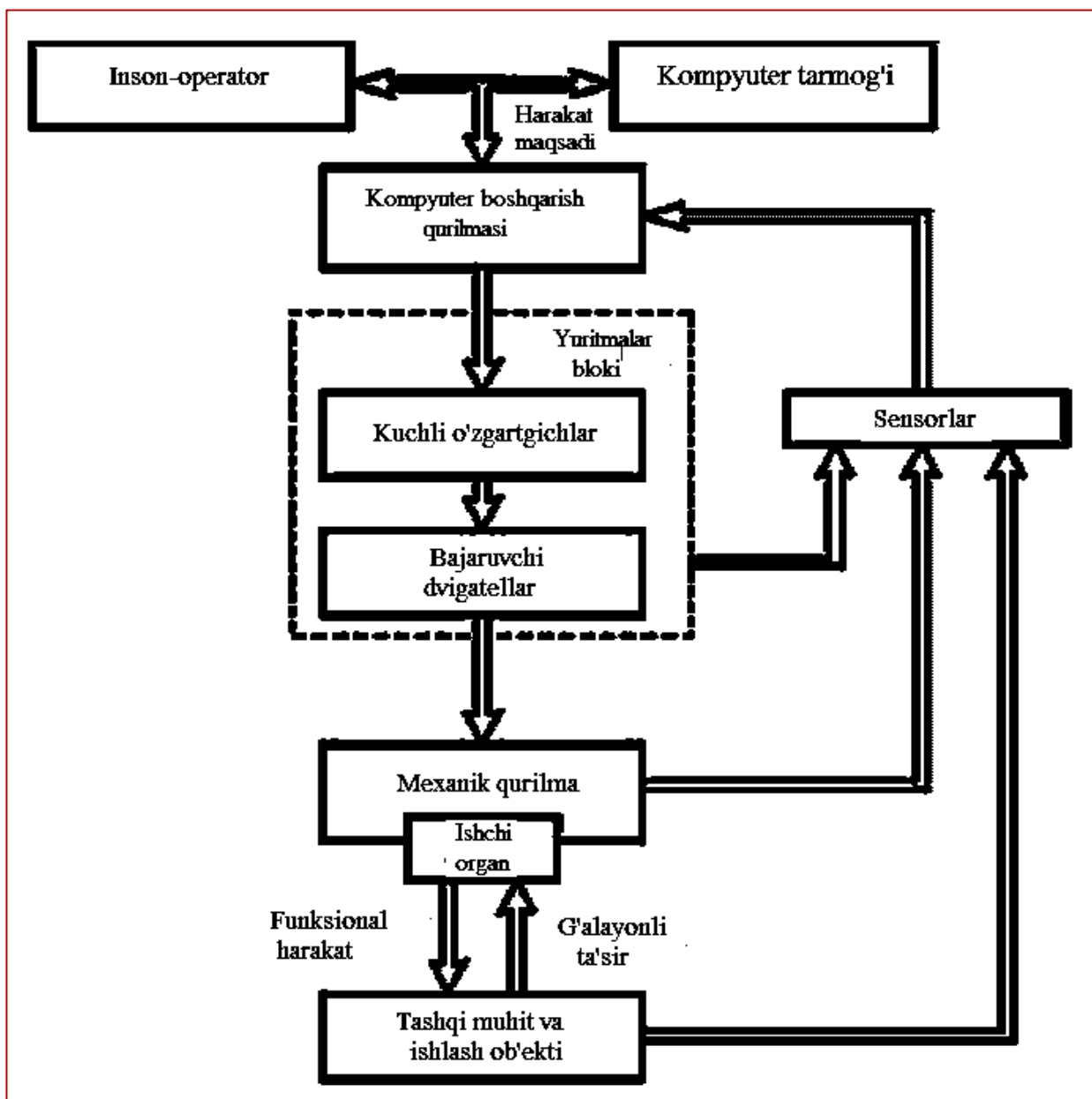
 *axborot oqimi*

1.2.3-rasmda harakati kompyuterli boshqariladigan mashinaning umumiy strukturasi ko`rsatilgan.

Harakati kompyuterli boshqariladigan mashinaning umumiy strukturasi quyidagicha (1.2.3-rasm):

- oxirgi zvenosi ishchi organ bo`lgan mexanik qurilma;
- kuchli o`zgartirgichlar va bajaruvchi dvigatellardan tarkib topgan yuritmalar bloki;
- yuqori darajasi inson-operator yoki kompyuter tarmog`idagi boshqa EHM bo`lgan kompyuter boshqarish qurilmasi;

- ishchi organ harakati va mashinaning haqiqiy holati haqidagi axborotni boshqarish qurilmasiga yetkazuvchi sensorlar.



1.2.3-rasm. Harakati kompyuterli boshqariladigan mashinaning umumiy strukturasi

Mexanik qurilmaning harakati jarayonida ishchi organ ishlov berilayotgan ob'ektga bevosita ta'sir qiladi va amalga oshirilayotgan avtomatlashtirilgan opertsiyaning sifat ko'rsatgichlarini ta'minlaydi.

Shunday qilib, MTlarda mexanik qismi boshqariladigan ob'ekt hisoblanadi. MT tomonidan funktsional harakat amalga oshirish jarayonida mexanik qismining oxirgi zvenosi bo'lgan ishchi organga tashqi ob'ektlar g'alayonli ta'sir etadi. Bu ta'sirlarga misol bo'lib mexanik ishlov berish operatsiyalarida kesish kuchlari, shakllantirish va yig'ish operatsiyalarida kontakt kuchlari va kuch momentlari xizmat qiladi.

Demak, MTlarning yuritmalar blokini, kompyuterli boshqarish sistemasini va sensorlarni loyihalash jarayoni MTlarning qanday texnologik operatsiyani bajarishiga asoslangan mexanik qismini boshqariladigan ob'ekt sifatida tahlil qilish va g'alayonlarni ta'sirlarni hisoblashdan boshlanadi.

Asosiy tayanch so'z va iboralar

Elektr yuritmalı tizim; mexatronik tizim; elektrdvigatel; kuchli o'zgartgichli qurılma; uzatuvchi mexanizm; parametr datchiklari; boshqaruvchi qurılma; axborot va energetik oqimlar

Asosiy tayanch tushunchalar

* Elektrdvigatel elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirib beradi. Bu ishni har xil elektrdvigatellar bajaradi

* Kuchli o'zgartgichli qurılma elektr energiyasi manбайдan olayotgan elektr energiya parametrlarini: tok kuchi, kuchlanishi, chastotasini elektrdvigatel iste'mol qiladigan qiymatlargacha o'zgartiradi.

* Uzatuvchi mexanizm elektrdvigateldan chiqadigan mexanik harakatni mashina yoki agregatning ishchi organi (ijrochi mexanizmi) harakatlanishi uchun kerak bo'lgan harakat turiga (aylanma, ilgarilanma) va kerakli qiymatga (aylantiruvchi moment, kuch, aylanish chastotasi, tezlik) aylantirib beradi.

* Parametr datchiklari elektr yuritmaning joriy holati haqida ma'lumot beradi. Bu ma'lumot texnologik va texnik talablarga mos keladigan boshqarishning teskari aloqasini shakllantirish uchun kerak.

* Boshqaruvchi qurilma signal beruvchi va teskari aloqadagi datchiklardan kelayotgan signallar asosida kuchli o`zgartgichli qurilmaga boshqaruvchi signallarni shakllantiradi.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Elektromexanik tizimning asosiy vazifasi nima?
2. Kuchli o`zgartgichli qurilma nima ishni bajaradi?
3. Uzatuvchi mexanizmning vazifasi nima?
4. Mikroprotsessorning vazifasi nima?
5. Odatdagi elektryuritmal tizimlar va mexatronika tizimlari o`rtasidagi umumiylikni aniqlang.
6. Odatdagi elektryuritmal tizimlar va mexatronika tizimlari o`rtasidagi farqlarni tushuntiring.
7. Harakati kompyuterli boshqariladigan mashinaning umumiy strukturasini tushuntiring.
8. Ishchi organga tashqi ob`ektlar qanday ta'sir etadi?

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

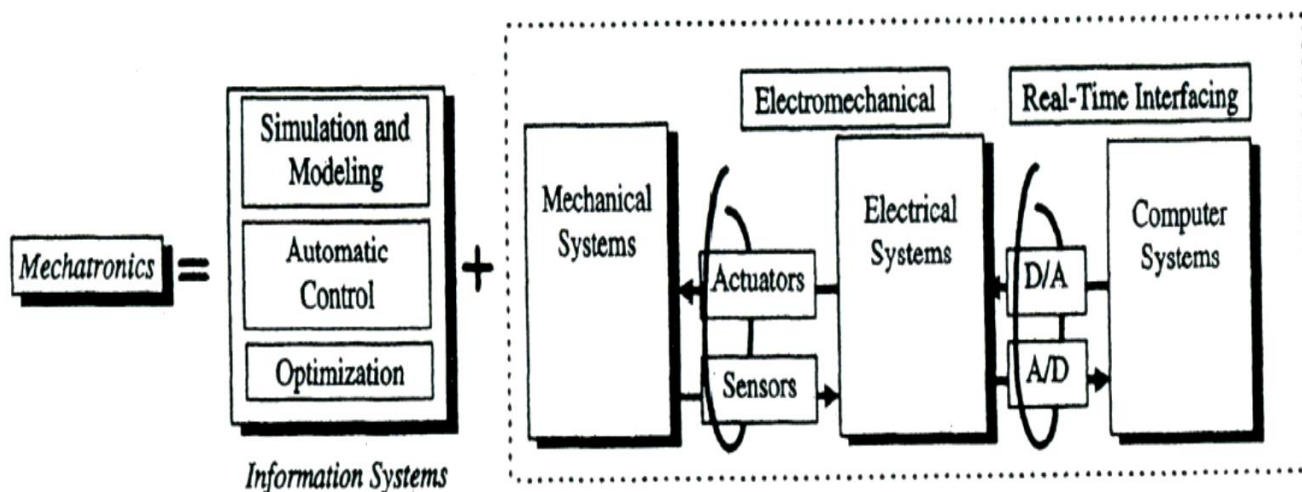
§1.3. MEXATRONIKA TIZIMLARINING TARKIBI VA YARATISH PRINSIPLARI

1.3.1. Mexatronika tizimlarining tarkibi

Mexatronika tizimlari quyidagi tarkibdan iborat (1.3.1 va 1.3.2-rasmlar):

1. Mexatronika elementlari – *mexanika qismi*;
2. Mexatronikaning *elektromexanik elementlari*;

3. Mexatronika elementlari- *elektr / elektron*;
4. Mexatronikaning *boshqarish interfeysi /hisoblash texnikasi elementlari*;
5. Mexatronika-Kompyuter / Axborot tizimi elementlarida *apparat ta'minoti* va dasturiy ta'minot.



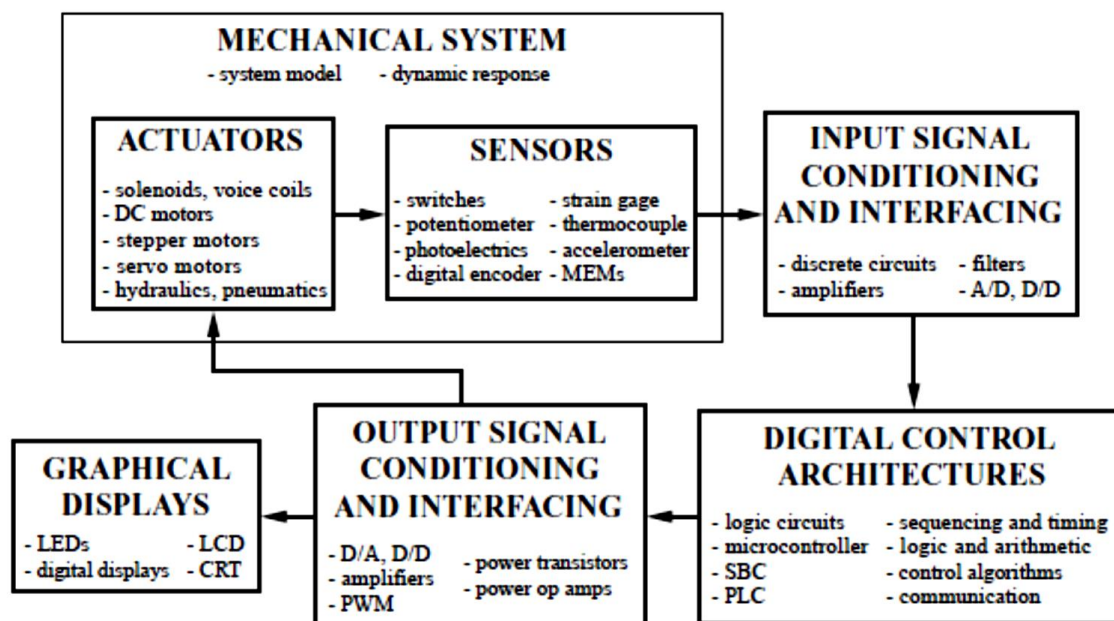
1.3.1-rasm. Mexatronikaning asosiy elementlari

(Key Elements of Mechatronics)¹⁵

1. Mexatronika elementlari – mexanika qismi: har xil mexanizmlar, gidro- va pnevmatik moslamalar va h.k. kiradi (1.3.3-rasm).

Mexanik element statik va dinamik vazifalarni bajarishi mumkin; ular maqsadga muvofiq atrof muhitga ta'sir qiladi; mexanik element harakatlanishi yoki kuch ishlatishi uchun energiya talab qiladi.

¹⁵ Introduction to mechatronics and measurement systems / David G. Alciatore.— Published by McGraw-Hill,. Copyright © 2012, 4th ed. -p.3.



1.3.2-rasm. Mexatron tizimlarning qismlari elementlari

(Machine Components: Basic Elements) ¹⁶

2. **Mexatronikaning elektromexanik elementlari** mexanik qurilma zvenolari harakatini ishchi organning zarur harakatlariga aylantirishga mo'ljallangan (1.3.4-rasm).

Elektromexanik elementlar quyidagilardan iborat:

-Aktuatorlar (ijrochi mexanizmlar):

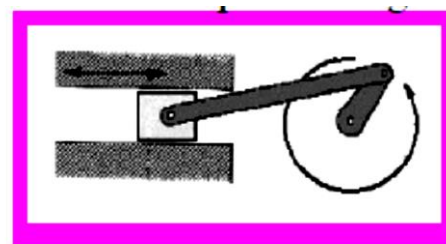
- servodvigatel, qadamli dvigatel, rele, dinamik, svetodiod (*LED*), elektromagnit, tormoz, mufta mexanik jarayonlarni bajarish uchun xizmat qiladi.

- Datchiklar (Sensorlar):

- fizik o'zgaruvchilarni datchiklar yordamida o'lchash mumkin, masalan, yorug'likni fotorezistorlar bilan, sath va siljishni potentsiometr bilan, harakat/og'ishni magnitli datchik bilan, ovozni mikrofon yordamida, kuchlanish va bosimni tenzodatchik bilan, temperaturani termistor bilan, namlikni vlagomer bilan va h.k.

¹⁶ Introduction to mechatronics and measurement systems / David G. Alciatore.— Published by McGraw-Hill,. Copyright © 2012, 4th ed. -p.16.

Gear, rack, pinion, etc.

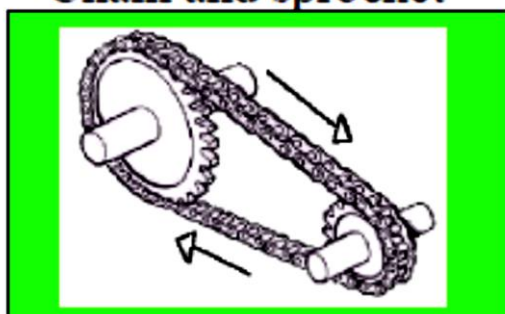


Slider-Crank

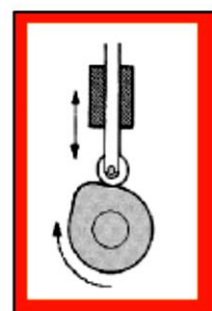
Krivoship-shatunli mexanizm

Tishli uzatma, stoyka, shesternya

Chain and sprocket



Zanjir va yulduzcha



Cam and Follower

Kulachokli mexanizm

1.3.3-rasm. Mexatronika tizimining mexanika qismi elementlari



Flexiforce Sensor
Egiluvchan Sensor



DC Motor
O'zgarmas tokli motor



Pneumatic Cylinder
Pnevmatik Silindr

1.3.4-rasm. Mexatronikaning elektromexanik elementlari

- sensorlar tashqi muhit va ishlar ob'ekti hamda mexanik qurilmalar va yuritmalar haqidagi haqiqiy ma'lumotlarni yig'ish va ularni kompyuter boshqarish tizimiga yuborish uchun xizmat qiladi.

3. Mexatronika elementlari- elektr / elektron

- Elektr elementlari quyidagilardan iborat (1.3.5-rasm):

- elektr komponentlar (masalan, rezistor (R), kondensator (C), induktor (L), transformator, va boshqalar), sxemalar va analog signallar.

- Elektron elementlar quyidagilardan iborat:

- analog / raqamli elektronika, transistorlar, tiristorlar, opto izolyatorlar, operatsion kuchaytirgichlar, kuchlanishli elektronika va signalni sozlash moslamalari.

Elektr / elektron elementlar elektrmexanik qismidagi datchiklar va ijrochi mexanizmlarni boshqarish/hisoblash interfeysiga ulash uchun xizmat qiladi.

4. Mexatronikaning boshqarish interfeysi /hisoblash texnikasi elementlari.

Boshqaruv interfeysi / hisoblash apparat elementlari quyidagilardan iborat:

- analog-raqamli (A/D) konverter, raqamli-analog (D/A) konverter, raqamli kirish / chiqish (I/O), schyotchiklar, taymerlar, mikroprosessor, mikrokontrollerlar, ma'lumotlarni yig'ish va boshqarish platasi (DAC), signalni qayta ishlash (DSP) platasi (1.3.6 va 1.3.7-rasmlar).

Boshqaruv interfeysining apparat ta'minoti analog / raqamli ulanishni ta'minlaydi, ya'ni datchik va boshqaruv kompyuteri orasidagi aloqani va boshqaruv kompyuteridan ijrochi yuritmaga boshqaruv buyruq'ini yuboradi.

Boshqaruv qurilmasi boshqarish algoritmini amalga oshiradi. Bunda u datchiklardan kelgan signallarni qayta ishlab, algoritm bilan solishtirib, ijrochi yuritmalarga ijro buyruq'ini yuboradi.



Rezistorlar



Kondensatorlar



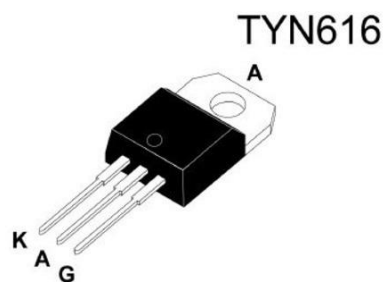
Induktivli katushka



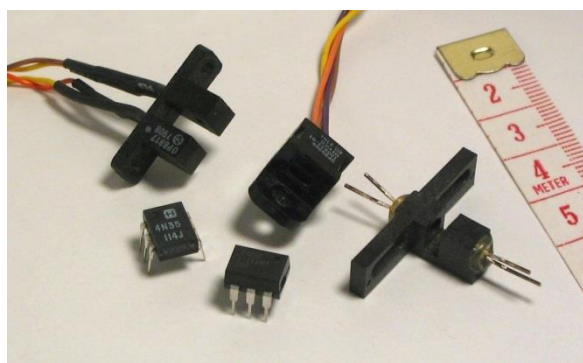
Transformator



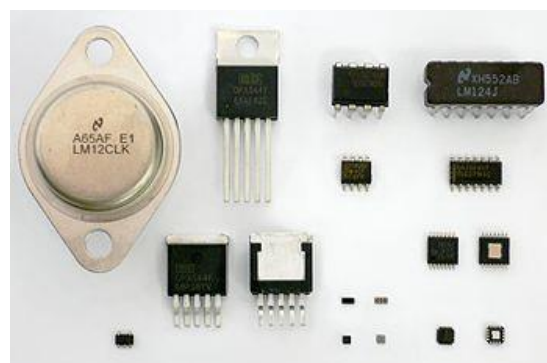
Tranzistor (ingl. transistor)



Tiristor

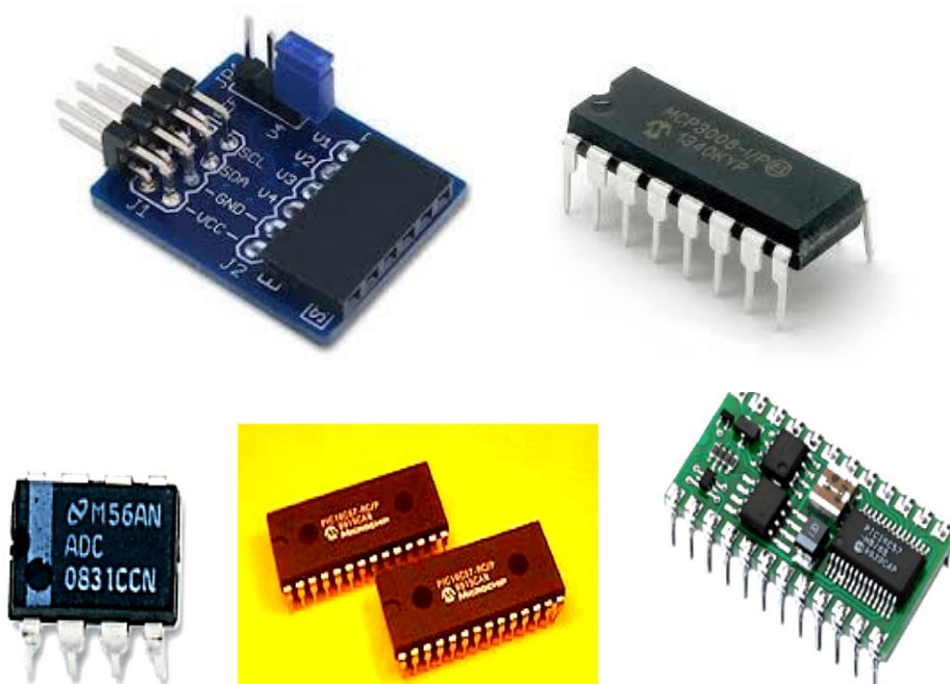


Optopara yoki optron



**Operatsion kuchaytirgich
(ingl. operational amplifier, OpAmp) .**

1.3.5-rasm. Mexatronikaning elektr / elektron elementlari



1.3.6-rasm. Mexatronikaning boshqarish interfeysi /hisoblash texnikasi elementlari

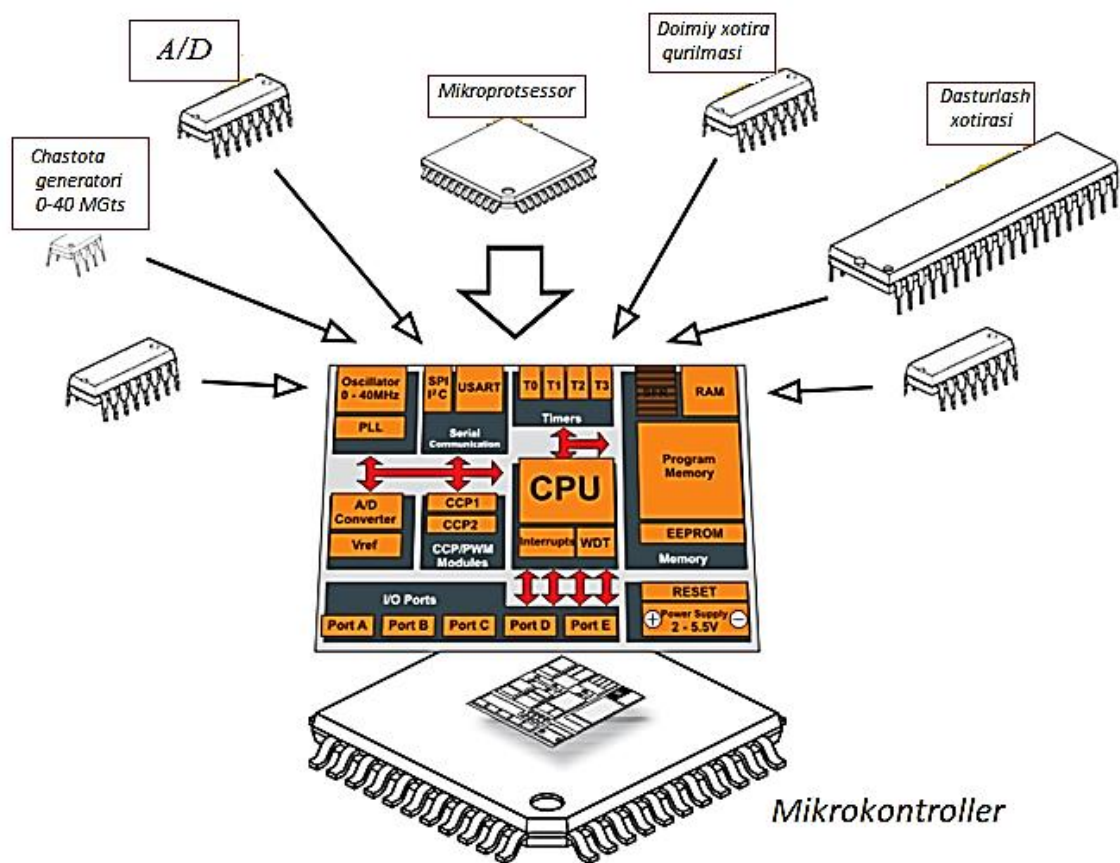
5. Mexatronika-Kompyuter / Axborot tizimi elementlariga apparat ta`minoti va dasturiy ta`minot kiradi.

Ular quyidagi vazifalarni bajarishga mo`ljallangan:

- avtomatlashtirilgan dinamik sistemalarni tahlil qilish; ularni modellashtirish, optimallashtirish va loyihalash;
- sistemalarni virtuallashtirish;
- tezkor boshqaruvni ta`minlash;
- simulyatsiyali modellashtirish.

Va shu asosda inson-operator bilan inson-mashina interfeysi (*HMI*) orqali dasturlash rejimlarida MTlarning harakatlanish jarayonida o`zaro aloqada bo`ladi va tashqi (periferiyadagi) qurilmalar bilan ma`lumotlarni almashinadi.

MTlarning kompyuter boshqarish tizimi odatga boshqarish tizimining yuqori bosqichiga kiradi.



1.3.7-rasm. Mikrokontroller tuzilishi

Shunday qilib, tarkibida uchta zaruriy qismi boʻlgan va energetik hamda axborot oqimlar bilan bogʻlangan - mexanika (aniqrogʻi elektromexanika), elektron va kompyuterli qismlar MTlarning boshqa tizimlardan farq qiluvchi birlamchi xususiyati hisoblanadi.

Bu komponentlar interfeyslar bilan bir-biriga ulangan.

Interfeys (ing. *interface* – ajratish yuzasi, toʻsin) – ikkita tizim, qurilma va dasturlarni bir-biri bilan hamkorlik qilish usul va uslublari hamda imkoniyatlaridir. Masalan, *USB*, *CAN*, *Ethernet* va h.k.

USB (ing. *Universal Serial Bus* – universal ketma-ket shina) hisoblash texnikasi atrofidagi qurilmalardan oʻrta va kichik tezlikda axborotlarni uzatish uchun ketma-ket interfeys.

Ethernet ([ˈiːθə nɛt] inglizchadan *ether* [ˈiːθər] «efir») – kompyuter tarmoqlari uchun axborotni paket shaklida uzatish texnologiyasi.

O'tgan asrning 80-yillarida *BOSCH* kompaniyasi tomonidan tarmoq interfeysining yangi kontsepsiyasi *CAN – (Controller Area Network)* taklif qilindi.

CAN – shina bir vaqtning o'zida raqamli axborotlarni qabul qiluvchi va etkazib beruvchi har qanday qurilmalarni ulashni ta'minlab beradi. Bunday shinalar yuqori tezlikda axborotni etkazib bera oladi.

1.3.2. Mexatronika tizimlarining yaratish prinsiplari

Mexatronik qurilmasi quyidagi xususiy yaratish prinsiplari belgilariga ega:

1. Axborot va energiya o'zgartirishni minimallashtirish (masalan, reduktorsiz dvigatellardan foydalanish) – *harakatni o'zgartirishni minimallashtirish printsiplari*.

2. Bir nechta funktsiyalarni bajarish uchun bitta mexatron elementidan foydalanish – *funktsiyalarni birlashtirish printsiplari*.

3. Mexatron elementlarni bir korpusga joylashtirish – *korpuslarni birlashtirish printsiplari*.

4. Elementlarni mustahkam montaj qilish.

Loyihalashda mexatronik yondoshishning ma'nosi – bu hattoki har xil fizik mohiyatga ega bo'lgan 2 va undan ortiq elementlarni yagona funktsional modulga birlashtirish hisoblanadi. Boshqacha qilib aytganda, loyihalash jarayonida mashinaning odatdagi strukturasidan separat qurilma sifatida hech bo'lmasa bitta interfeys uning bajaradigan ishining fizik mohiyatini saqlagan holda olib tashlanadi.

Mexatronik tizimlarni loyihalashtirish va yaratish uchun odatda bilimlar bazasi quyidagilardan iborat:

- aniq mexanika;
- dinamik tizimlarni modellashtirish va tahlil qilish, bu tizimlar elektrik, gidravlik, kimyoviy, biologik va h.k. bo'lishi mumkin;
- qaror qabul qilish va boshqaruv nazariyasi;
- sensor va signallarni sozlash;
- aktuatorlar va kuchli elektronika;

- ma'lumotlarni to'plash;
- A/D , D/A o'zgartirgichlar, raqamli I/O va boshqalar;
- apparat ta'minoti interfeysi;
- jarayonlarni nazorat qilish va boshqarish;
- dasturiy ta'minot.

An'anaviy avtomatlashtirish vositalari bilan taqqoslaganda mexatronik tizimlarning asosiy afzalliklari:

- barcha elementlar va interfeyslarni yuqori darajada integratsiyalash, unifikatsiyalash va standartlashtirish natijasida tannarxning pastligi;
- intellektual boshqarish metodlarini qo'llash natijasida murakkab va aniq harakatlarni amalga oshirishning yuqori sifatiga erishish;
- yuqori ishonchlilik, uzoq chidamlilik va jarayonga xalaqit qiluvchi ta'sirlardan himoyaning yuqoriligi;
- kinematik zanjirlarning soddalashtirilishi natijasida mashinaning massasi va gabaritlarini hamda dinamik xossalarini yaxshilash;
- modullar konstruktsiyalarini mujamsamlashtirish (kompaktlash) (mikromashinalar ishlab chiqish).

Bugungi kunda MTlarning 3 ta avlodlari mavjud.

- I-dasturlashtirilgan mexatron tizimlar;
- II-adaptiv mexatron tizimlar;
- III- intellektual mexatron tizimlar.

I-avlod dasturlashtirilgan mexatron tizimlar. Ularning harakati dastur almashtirilishi bilan o'zgartiriladi. Tashqi muhit holati o'zgarishi haqidagi axborot faqat dastur almashtirish paytida tizimga kiritiladi. Inson aralashuvisiz birinchi avlod mexatronik tizimlar yangi dasturlarni ishlatish va tashqi muhit o'zgarishiga moslasha olmaydi. Hozirgi vaqtda sanoat ishlab chiqarishda foydaladigan mexatronik tizimlarning asosini ushbu tizimlar tashkil qiladi.

II-avlod MTlar tashqi muhit o'zgarishiga moslasha oladi va shuning uchun ***adaptiv*** deb ataladi. Ular tashqi muhit haqidagi axborotni qabul qilish tizimiga ega, bu axborotni real vaqt sharoitida boshqarish signallariga o'zgartira oladi. Bu MTlar

mikroprotsessor bazasidagi quvvatli hisoblash sistemasiga va juda katta funktsional imkoniyatlar va ishlatish samaradorligiga ega. Hozirgi vaqtda bunday MTlar ishlab chiqarilmoqda va ulardan foydalanish o`lib bormoqda.

III-avlod MTlar – intellektual tizimlar. Bu tizimlar xuddi birinchi va ikkinchi avlod tizimlar kabi ishlaydi, ya`ni tashqi muhit o`zgarishini sezadi va shunga qarab o`zining harakatini belgilaydi. Boshqa avlod tizimlardan farqi shundaki, ular o`zining harakatini belgilangan mezonlarni baholab, ushbu chegaralar ichida ko`plab yechimlardan eng optimalini aniqlab, ushbu optimal variant asosida vazifasini hal qiladi. Bunday tizimlar yaratilib, endi ishlab chiqarishga qo`yilmoqda.

Asosiy tayanch so`z va iboralar

Mexatronika elementlari – mexanika qismi; elektromexanik elementlari; elektr / elektron qismlari; boshqarish interfeysi /hisoblash texnikasi elementlari; kompyuter/ axborot tizimi; apparat ta`minoti va dasturiy ta`minot

Asosiy tayanch tushunchalar

* Mexanik element statik va dinamik vazifalarni bajarishi mumkin; ular maqsadga muvofiq atrof muhitga ta`sir qiladi; mexanik element harakatlanishi yoki kuch ishlatishi uchun energiya talab qiladi.

* Mexatronikaning elektromexanik elementlari mexanik qurilma zvenolari harakatini ishchi organning zarur harakatlariga aylantirishga mo`ljallangan.

* Sensorlar tashqi muhit va ishlar ob`ekti hamda mexanik qurilmalar va yuritmalar haqidagi haqiqiy ma`lumotlarni yig`ish va ularni kompyuter boshqarish tizimiga yuborish uchun xizmat qiladi.

* Elektr / elektron elementlar elektrmexanik qismidagi datchiklar va ijrochi mexanizmlarni boshqarish/hisoblash interfeysiga ulash uchun xizmat qiladi.

* Boshqaruv interfeysining apparat ta`minoti analog / raqamli ulanishni ta`minlaydi, ya`ni datchik va boshqaruv kompyuteri orasidagi aloqani va boshqaruv kompyuteridan ijrochi yuritmaga boshqaruv buyruq`ini yuboradi.

* Tarkibida uchta zaruriy qismi bo'lgan va energetik hamda axborot oqimlar bilan bog'langan - mexanika (aniqrog'i elektromexanika), elektron va kompyuterli qismlar MTlarning boshqa tizimlardan farq qiluvchi birlamchi xususiyati hisoblanadi.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Mexatron tizimning tarkibi.
2. Mexatron tizimning elektrmexanik va elektron qismlari qanaqa funktsiyalarni bajaradi?
3. Mexatron tizimning kompyuterli boshqarish qurilmasi qanaqa funktsiyalarni bajaradi?
4. Mexatronika tizimlarining yaratish prinsiplarini tushuntiring.
5. Mexatronik tizimlarni loyihalashtirish va yaratish uchun odatda bilimlar bazasi nimalardan iborat?
6. Mexatronika tizimlarining xususiyatlarini ayting.
7. Bugungi kunda MTlarning nechta avlodlari mavjud?
8. An'anaviy avtomatlashtirish vositalari bilan taqqoslaganda mexatronik tizimlarning asosiy afzalliklari nima?

O'quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so'z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo'yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

I-MODUL BO`YICHA AMALIY MASHG`ULOTLAR

AMALIY MASHG`ULOT №1

Elektron sxemani maket (breadboard)da qurish

**Mashg`ulotning maqsadi:** *Talabalarda mexatronika moduli uchun oddiy elektron sxemalarni qurish amaliy ko`nimalarni shakllantirish.*

Bu amaliy mashg`ulotda talabalar juda oddiy elektron sxemani yaratishni o`rganishadi. Bu sxema yorug`lik chiqaruvchi diod *LED*ni yoqishni amalga oshiradi. Talabalar quyidagilar haqida ma`lumotga ega bo`lishadi:

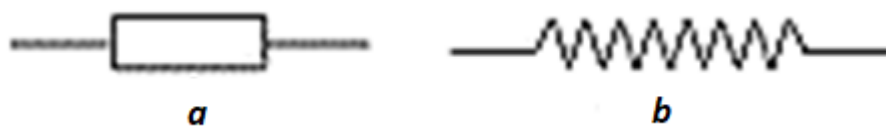
- rezistorlar haqida;
- svetodiodlar (yoruhlik diodlari);

Talabalar quyidagilarni o`rganadi:

- elektr sxemani o`qish tartibini;
- maketda elektr sxemani qurish tartibini.

Qisqa nazariy ma`lumotlar

Rezistor (ingl. *resistor*, lotin. *resisto* – qarshilik ko`rsataman) – elektrik zanjirning passiv elementi bo`lib, elektr qarshilikni aniq va o`zgaruvchan qiymatiga ega, tok kuchini chiziqli ravishda kuchlanishga aylantirishga va kuchlanishni tok kuchiga aylantirish, tokni cheklash, elektr energiyani yutish va hokazolar uchun mo`ljallangan.



a) Yevropa va Rossiyada qabul qilingan belgilanish

b) AQSHda qabul qilingan belgilanishi

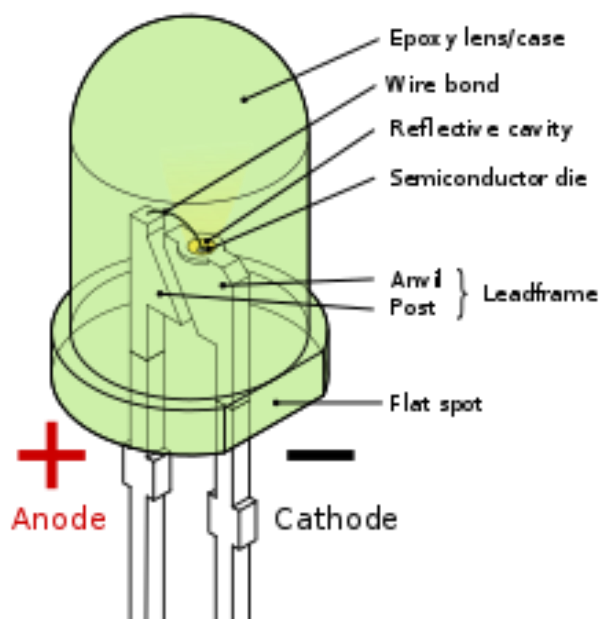
Rezistorlarni ketma-ket ulaganda ularning qarshiliklari qiymati yig`indisi olinadi

$$R_{um} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

Rezistorlarni paralell ulaganda esa teskari qarshiliklar yig`iladi (ya`ni $1/R_{um}$ umumiy qarshilik $1/R_i$ har bir qarshilik o`tkazuvchanligi yig`indisidan iborat bo`ladi)

$$\frac{1}{R_{um}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Svetodiod (yorug`lik diodi) yoki **yorug`lik tarqatuvchi diod** (ingl. *Light-Emitting Diode, LED*) – elektron-tirqishli o`tishlarga ega yarim o`tkazgichli element bo`lib, unda to`g`ri yo`nalishda elektr tokini o`tkazilishi paytida optik nurlanish paydo bo`ladi.



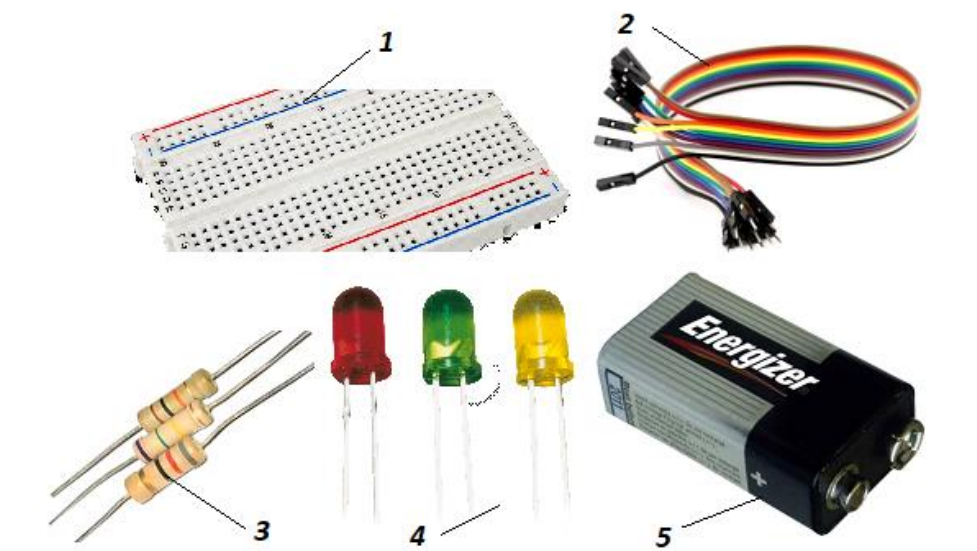
Ixtirochilar - *Oleg Losev* (1927),
Nik Xolon`yak (1962)



belgilanishi

1.1-rasm. Element – Svetodiod

Sxema komponentlari: Sxemani tashkil etish uchun quyidagilar kerak bo`ladi:

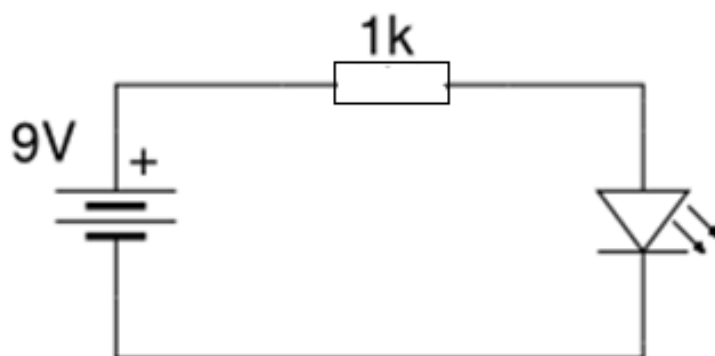


1-Maket (Breadboard); 2-Maketda ulash uchun o`tkazgich simlari (Wire Link);
3 - 1 kOm qarshilikli rezistor; 4 - 5 mmli LED; 5 - 9Vli batareya yoki boshqa
elektr energiya manbai.

Printsipial sxemani o`qish

LEDni ulash printsipial sxemasi (smexatik diagramma sifatida ham ma`lum)

1.2-rasmda ko`rsatilgan:

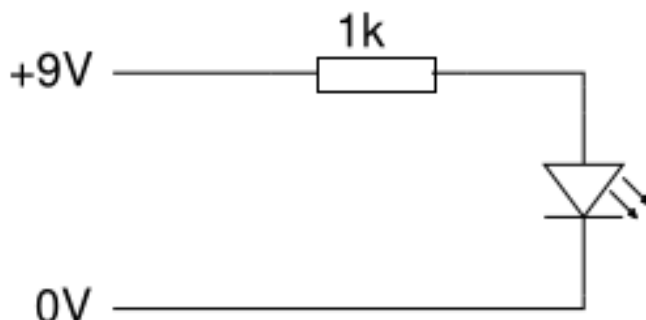


1.2-rasm. LEDni ulash printsipial sxemasi

Bu sxema bo`yicha (batareyadan soat strelkasi bo`yicha) akkumlyatorli batareyaning musbat chiqishini (qora ulash o`tkazgichi) 1 kOm rezistorga ulaymiz. Rezistorning boshqa uchini esa yorug`lik diodning anod uchiga ulaymiz. Yorug`lik

diodning katod uchini esa akkumlyatorli batareyaning manfiy ulagichiga (qizil ulash o`tkazgichi) ulaymiz.

Ko`pincha batareya yoki boshqa elektr manbani sxemada ko`rsatilmaydi. Bunday alternativ sxema qanday qilib kuchlanish zanjirda bog`lanishini ko`rsatib beradi. 1.3-rasmda alternativ sxemani ko`rishimiz mumkin:

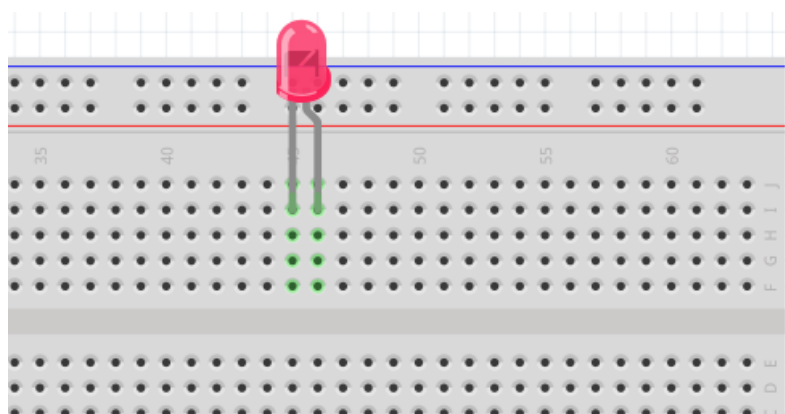


1.3-rasm. LEDni ulash sxemasi

Zanjirni qurish

1-qadam: Indikator (svetodiod) ni maketda joylashtirish.

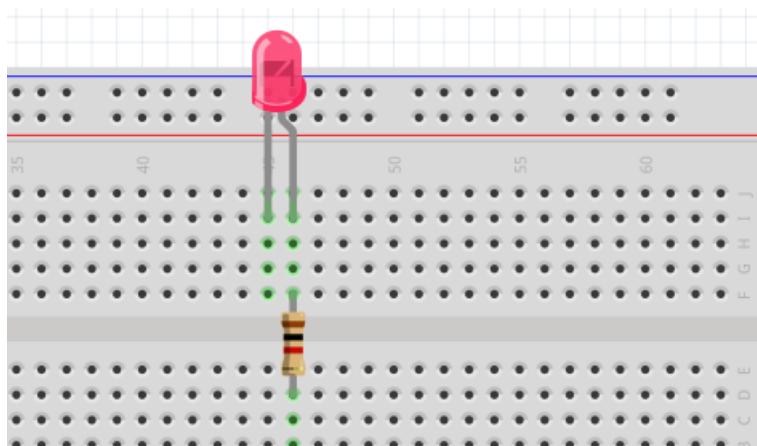
Yorug`lik diodning uzun (anod) o`tkazgichini maketning quyi relsiga joylashtiramiz, boshqa qo`rg`oshin o`tkazgichini esa rasmda ko`rsatilganidek maketning asosiy qismiga joylashtiramiz:



2-qadam: Rezistorni maketga joylashtirish.

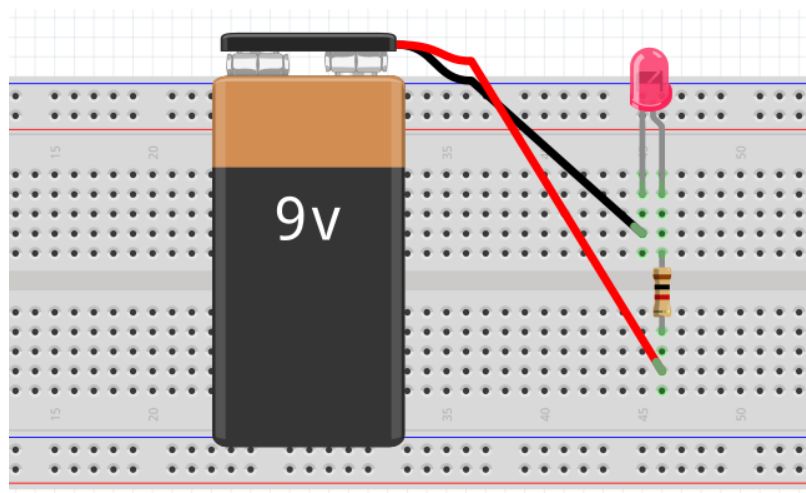
Rezistor o`tkazgichlarini quyi rasmda ko`rsatilganidek qatlab qo`ying. Rezistorning bir uchini yorug`lik diodning anod chiqishi ustida to`g`ri chizig`ida

ulang, qo`rg`oshinli uchini esa maketning o`rta kanalidan pastga joylashtiring. Bu *LED* anodini rezistorning bir uchiga ulash imkonini beradi. Platada rezistor atrofida qanday yo`l bo`lishi muhim emas.



3-qadam: Batareya qisqichlarini maketga joylashtirish.

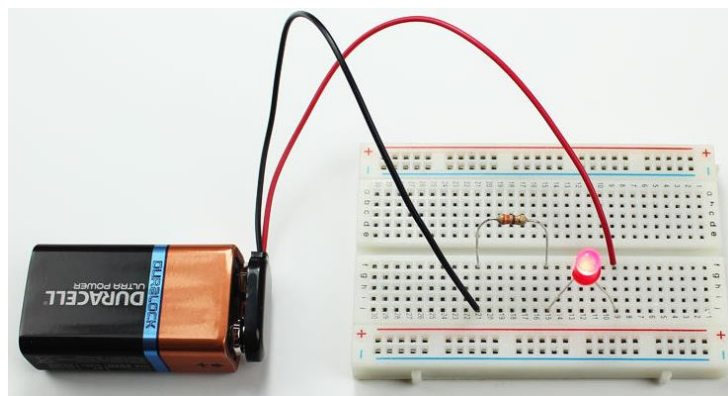
Batareya qora qisqichi ulagichini maketning yuqori relsiga ulang. Batareya qizil qisqichi ulagichini maketning pastki relsiga ulang.



4-qadam: Batareyani batareya qisqichiga ulash.

Va nihoyat zanjirga manba berish va yorug`lik diodni yoqish uchun batareya qisqichiga joylashtiring.

Quyidagi rasm bu amaliy mashg`ulotimizda qurilgan sxemani ko`rsatib berib, unda maketda ulanish chiziqlarini ko`rsatadi. Bu chiziqlar ko`k rangda keltirilgan.



Ishni bajarish tartibi

1. Talabalar o`qituvchi tomonidan berilgan ma`lumotlar asosida 1 ta maketda elektron sxemani yig`adi.
2. Talaba bajargan ishlari bo`yicha o`qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Takrorlash uchun savollar:

1. Ishning maqsadi nima?
2. Rezistor va svetodiod haqida tushuncha bering.
3. Yig`iladigan sxema komponentlarini sanab o`ting.
4. Prinsipial sxemani chizib tushuntiring.

AMALIY MASHG`ULOT №2

“Arduino Uno” qurilmasini ishga tushirish

**Mashg`ulotning maqsadi:** Talabalarga “Arduino Uno” qurilmasi bilan ishlash amaliy ko`nikmalarni hosil qilish.

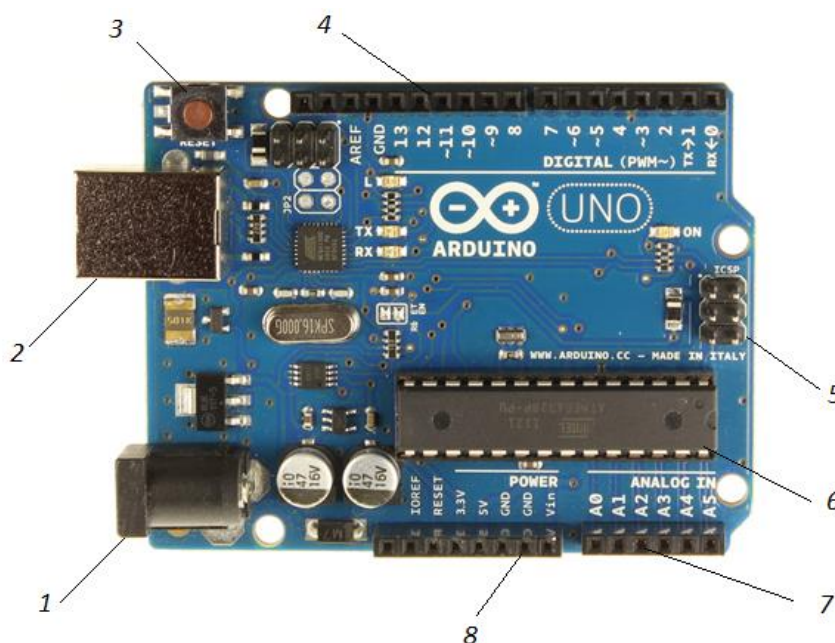
Mashg`ulot jarayonida talablar quyidagilarni o`rganishadi:

- “Arduino Uno”ni o`rnatish va unda dasturlash usulini;
- “Arduino Uno” bilan interfeys orqali o`zaro bog`lanishni.

Qisqa nazariy ma'lumotlar

Arduino — noprofessional foydalanuvchilar uchun mo'ljallangan oddiy avtomatika va robototexnika tizimlarini qurish apparat-dasturiy vositalarining savdo markasi hisoblanadi. Uning dasturiy ta'minoti bepul dasturiy qobiq (*IDE*)dan iborat bo'lib, dasturlarni yaratish va apparaturani dasturlash uchun mo'ljallangan. *Arduino* ning apparat ta'minoti pechatlab o'rnatilgan plata bo'lib, rasmiy ishlab chiquvchi va boshqa ishlab chiquvchilar tomonidan sotiladi.

Arduino Uno (2.1-rasm) – *ATmega328* mikrokontrolleri asosida ishlangan qurilma hisoblanadi. Uning tarkibida mikrokontroller bilan ishlash uchun zarur barcha tarkibiy qismlar mavjud.



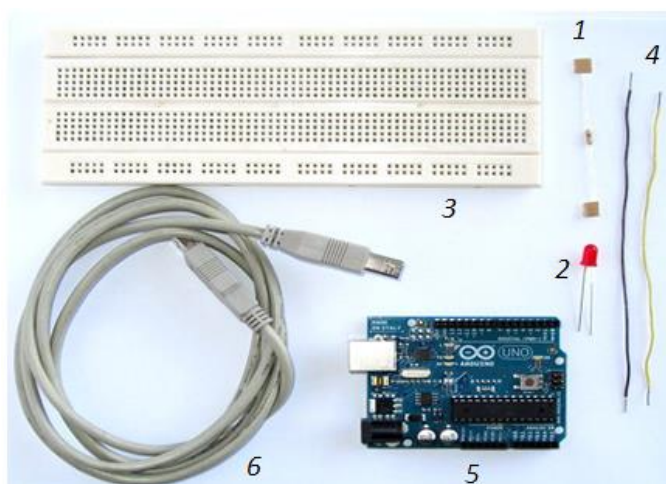
2.1-rasm. *Arduino Uno* qurilmasi

1-elektr manba ulanish porti; 2-USB interfeys; 3-tashlab yuborish tugmasi; 4-14 ta raqamli kirish/chiqish portlari, ulardan 6 tasi KIM (keng impul'sli modulyatsiya)-chiqish porti sifatida ishlatilishi mumkin; 5-ichki sxemalarni dasturlash uchun ulanish (ICSP); 6-16 MGts li kvartslı rezonator; 7-6 ta analogli kirish porti; 8- GND – ground (заземление).

Qurilma bilan ishlashdan oldin uni AC/DC-adapteri yoki elektr batareyaga manbasiga yoki USB-kabel orqali kompyuterga ulash zarur.

Ishni bajarish uchun komponentlar

Amaliy mashg'ulotni bajarish uchun quyidagilar kerak bo'ladi (2.2-rasm):



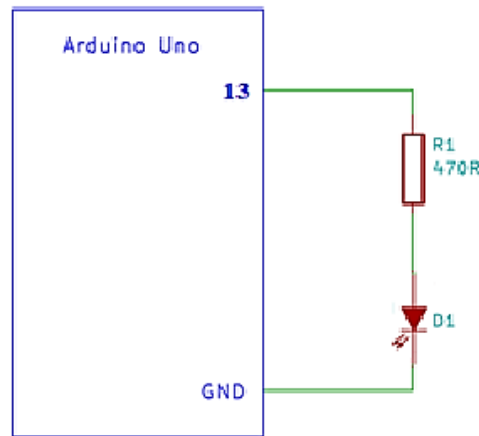
2.2-rasm. Ishni bajarish uchun komponentlar

1-470 Om qarshilikka ega rezistor (elektr sxemada R1 belgili); 2-LED (elektr sxemada D1 belgili); 3-maket (breadboard); 4-maket platalasi uchun o'tkazgichlar; 5-“Arduino Uno” qurilmasi; 6-USB standart kabeli.

Arduino Uno qurilmasiga LEDni ulash printsiptial elektr sxemasi

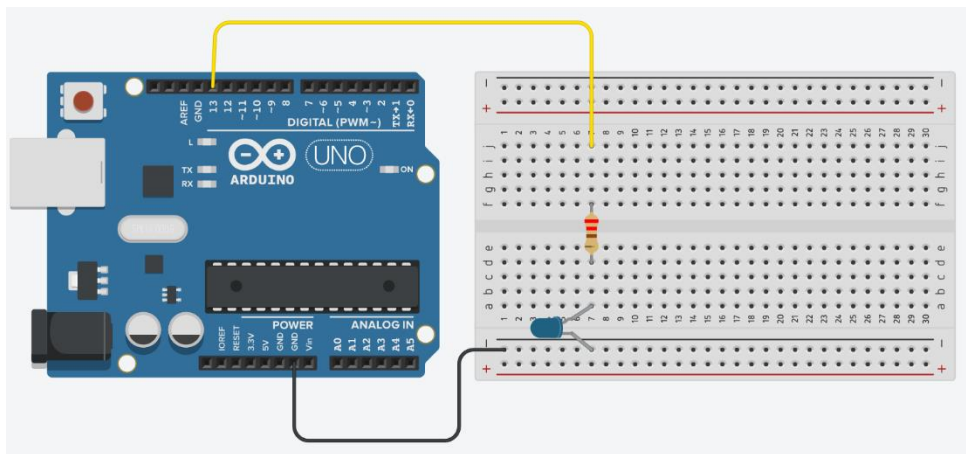
Biz birinchi elektron sxemani tashkil etamiz va uni “Arduino Uno” platasiga ulaymiz.

LED katodi rezistor bilan bog'lanadi va boshqa chiqishi esa Arduino platasining GND kontakti bilan ulanishi kerak. So'ngra Arduino platasining 13-raqamli chiqishi bilan printsiptial sxemadagi rezistorning anod tomoni ulanishi zarur, ya'ni rezistorning ikkinchi uchi.



2.3-rasm. *Arduino Uno* qurilmasiga *LED*ni ulash printsiplial elektr sxemasi

Yig`ilgan sxema taxminan quyidagi rasmga o`xshash bo`lishi kerak:



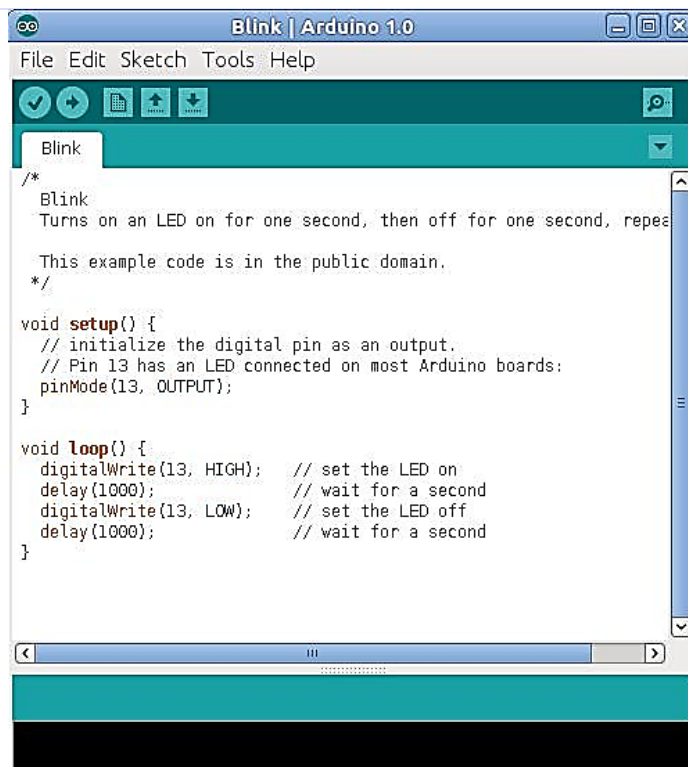
“*Arduino*” dasturiy ta’minotini o`rnatish

Biz kompyuterimizga *Arduino IDE* dasturiy ta’minotini o`rnatishimiz zarur.

Bu amaliy mashg`ulotimizda biz tayyor dasturdan foydalanamiz, qaysiki bu dastur *Arduino IDE* dasturlash tizimida kiritilgan (o`zi mavjud) bo`ladi. Bu tayyor dastur elektrik sxemadagi *LED* lampochkani o`chirish/yoqish buyrug`ini amalga oshiradi va lampochkani o`chiradi/yoqadi.

Arduino platani kompyuterga ulaymiz va *Arduino IDE* dasturlash tizimida quyidagi mavjud tayyor dasturni ochamiz:

1. *USB* kabelni *Arduino USB* portiga ulaymiz va boshqa uchini esa kompyuterning *USB* portiga ulaymiz (bu kompyuterda *Arduino IDE* dasturiy ta'minoti o'rnatilgan bo'lishi kerak).
2. *Arduino IDE* dasturlash tizimini ishga tushiramiz.
3. Dasturlash tizimida *Arduino* platasi uchun mos portni tanlaganingizga iqrar bo'lamiz.
4. Dasturlash tizimining eng yuqori asosiy menyusida quyidagi buyruqni tanlaymiz: "*Fayl → Primeri → 1.Basics → Blink*"
5. 2.4-rasmda ko'rsatilganidek tayyor dastur kodli yangi oyna paydo bo'ladi.



2.4-rasm. *Blink* tayyor dasturning *Arduino IDE* dagi oynasi

Plataga *Arduino* dasturini yuklaymiz:

1. Dasturni *Arduino* yuklash uchun asosiy instrumentlar panelidagi *Zagruzka* tugmani tanlaymiz (2.5-rasmda qizil chiziq bilan belgilangan).



2.5-rasm. Yuklash tugmasi

2. Dastur plataga yuklanishi zarur va so`ngra ishlashni boshlashi kerak. Dastur ishini boshlaganda siz *LED* lampochkasini yonish/o`chishini ko`rishingiz mumkin.

Ishni bajarish tartibi

1. Talabalar o`qituvchi tomonidan berilgan ma`lumotlar asosida “*Arduino Uno*” qurilmasini ishga tushirib beradi.

2. Talaba bajargan ishlari bo`yicha o`qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Topshiriqlar:

1. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida uning 2 raqamli chiqish nuqtasidan bitta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* ning 2 sekund yonish va 3 sekund o`chish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.

2. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida uning 4 raqamli chiqish nuqtasidan bitta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* ning 3 sekund yonish va 2 sekund o`chish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.

3. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida uning 7 raqamli chiqish nuqtasidan bitta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* ning 4 sekund yonish va 3 sekund o`chish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.

4. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida uning 8 raqamli chiqish nuqtasidan bitta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* ning 1 sekund yonish va 2 sekund o`chish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.

5. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida uning 12 raqamli chiqish nuqtasidan bitta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* ning 3 sekund yonish va 3 sekund o`chish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.

6. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida uning 13 raqamli chiqish nuqtasidan bitta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* ning 4 sekund yonish va 3 sekund o`chish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.

Takrorlash uchun savollar

1. *Arduino* savdo markasiga tushuncha bering.
2. *Arduino Uno* platasining tuzilishini aytib bering.
3. Ishni bajarish uhcun komponentlarni ayting.
4. *Arduino Uno* qurilmasiga *LED*ni ulash printsiptial elektr sxemasini chizib tushuntiring.
5. Plataga *Arduino* dasturini yuklash tartibini aytib bering.

AMALIY MASHG'ULOT №3

“Arduino Uno” ga yorug`lik diodlarni ulash

**Mashg`ulotning maqsadi:** Talabalarda *Arduino* ga yorug`lik diodlarni ulash va ularning yonish ketma-ketligini boshqarish ko`nikmalarini shakllantirish.

Amaliy mashg`ulot jarayonida talabalar quyidagilarni bilib olishadi:

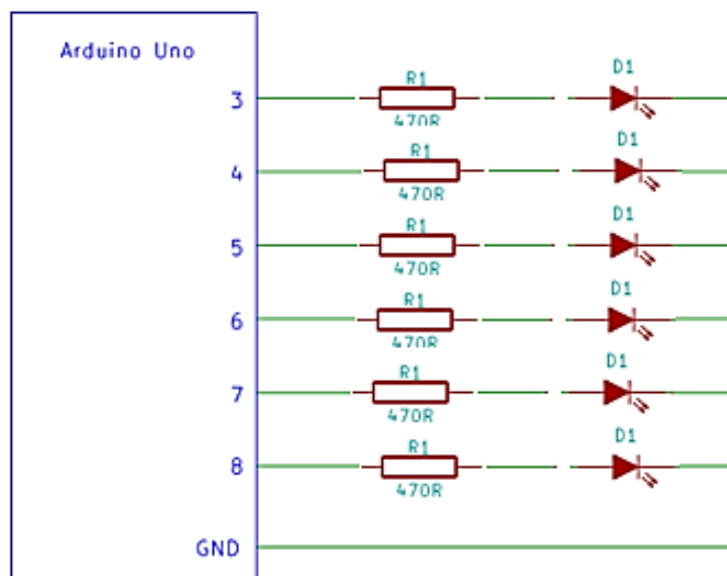
- Yorug`lik diodlarni ulash uchun dastur tuzishni;
- Yorug`lik diodlarni yonish/o`chishini ketma-ketligini boshqarish uchun *Arduino* interfeysi bilan o`zaro muloqot qilishni.

Ishni bajarish uchun kerakli jihozlar:

1. Rezistor 470 Om - belgilanishi *R1*;
2. *LED* – belgilanishi *D1*;
3. Maket platasi;
4. Maket platasi uchun o`tkazgichlar;
5. *Arduino* platasi;
6. *USB* standart kabeli.

Yorug`lik diodlarni *Arduinoga* ulash printsipial elektr sxemasi

Printsipial elektr sxemasi 3.1-rasmda ko`rsatilgan. Bu juda oddiy bo`lib, olti dona yorug`lik diodi *Arduino* bilan 3-raqamli portdan to 8 – portgacha chiqish portlari orqali ulangan.



3.1-rasm. Yorug`lik diodlarni *Arduinoga* ulash printsiptial elektr sxemasi

Zanjirni qurish

Svetodiodlarni bir-biriga yaqin holatda maketga shunday joylashtiringki anod (uzun oyoqlari) maketning chap tomonida joylashgan bo`lsin (maketni vertikal joylashuviga ko`ra), katod oyoqchalari esa maketning o`ng tomonida joylashgan bo`lsin.

470 Om rezistorlarni bir tomonini svetodiodning anod tomonida ulash zarur, ikkinchi tomonini esa o`tkazgichlar yordamida 3-raqamli portdan boshlab 8-raqamli portgacha *Arduino* ga ulab chiqing.

Zanjirni ulash ishi tugagach *Arduino* platasini *USB* kabel yordamida kompyuterga ulang.

Dasturni yuklash

Yorug`lik diodlarni ketma-ket boshqarish dasturi *Knight Rider* birlamchi kodi quyida keltirilgan. Ushbu kodni nusxalang va *Arduino IDE* ga joylashtiring.

/*

Knight Rider

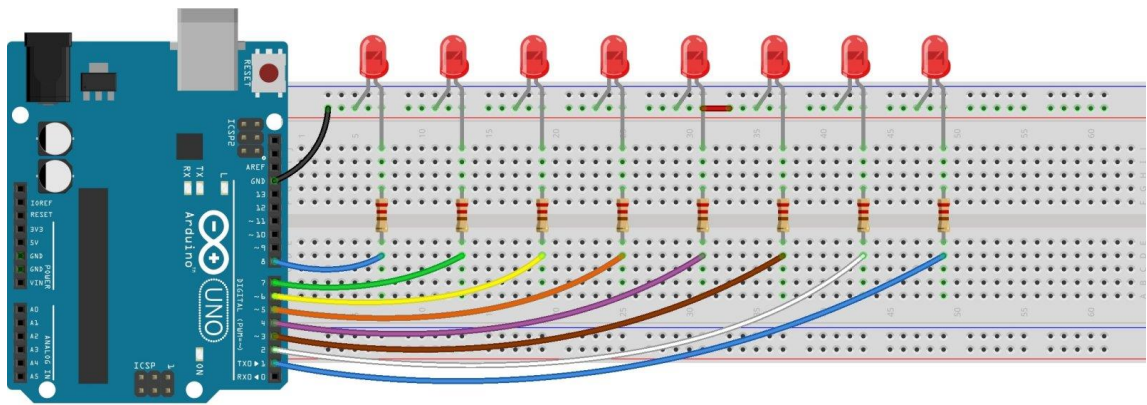
```

Knight Rider display on 6 LEDs
*/
void setup() {
  // set up pins 3 to 8 as outputs
  for (int i = 3; i <= 8; i++) {
    pinMode(i, OUTPUT);
  }
}
// function to switch all LEDs off
void allLEDsOff(void)
{
  for (int i = 3; i <= 8; i++) {
    digitalWrite(i, LOW);
  }
}
void loop() {
  // move on LED to the right
  for (int i = 3; i <= 8; i++) {
    allLEDsOff();
    digitalWrite(i, HIGH);
    delay(200);
  }
  // move on LED to the left
  for (int i = 8; i > 2; i--) {
    allLEDsOff();
    digitalWrite(i, HIGH);
    delay(200);
  }
}

```

Dasturni *Arduino* ga yuklang va agar tuzilgan zanjir to`g`ri bo`lsa ushbu dastur ishini boshlaydi va yorug`lik diodlari ketma-ket yonib-o`chishni boshlaydi.

Shuni ham aytish mumkinki, dastur kodini o`zgartirish orqali yorug`lik diodlarni yonib-o`chish ketma-ketliklarini boshqarish mumkin.



fritzing

3.2-rasm. Yorug`lik diodlari ketma-ket yonib-o`chishi

Ishni bajarish tartibi

1. Talabalar o`qituvchi tomonidan berilgan ma`lumotlar asosida 1 ta “*Arduino Uno*”ga yorug`lik diodlarini ulab yig`adi.
2. Talaba bajargan ishlari bo`yicha o`qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Topshiriqlar:

1. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida 4 ta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* larning yonib o`chish ketma-ketligini kontrollerning 3 raqamli chiqishidan boshlab amalga oshiring, 1 sekund farq asosida o`chib yonish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.
2. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida 5 ta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* larning yonib o`chish ketma-ketligini kontrollerning 4 raqamli chiqishidan boshlab amalga oshiring, 2 sekund farq asosida o`chib yonish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.
3. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida 6 ta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* larning yonib o`chish ketma-ketligini kontrollerning 2 raqamli chiqishidan boshlab amalga oshiring, 0,5 sekund farq asosida o`chib yonish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.

4. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida 4 ta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* larning yonib o`chish ketma-ketligini kontrollerning 4 raqamli chiqishidan boshlab amalga oshiring, 0,4 sekund farq asosida o`chib yonish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.

5. *Arduino UNO* kontrolleri yordamida 5 ta *LED* asosida mexatronik modulni yig`ing va ushbu *LED* larning yonib o`chish ketma-ketligini kontrollerning 2 raqamli chiqishidan boshlab amalga oshiring, 1 sekund farq asosida o`chib yonish dasturini tuzing hamda yuqoridagilar asosida yozma hisobot tayyorlang.

Takrorlash uchun savollar

1. Mashg`ulotning maqsadini ayting.
2. Ishni bajarish uchun kerakli jihozlarni sanab o`ting.
3. Yorug`lik diodlarni *Arduinoga* ulash printsiplial elektr sxemasi zanjirini yig`ishni tushuntiring.
4. Dasturni yuklash tartibini tushuntiring.

I-MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI

1.Mexatronika atamasi qaysi so`zlar birlashmasidan tarkib topgan?

- A) Mexanika va Elektronika
- B) Mexanika va Kibernetika
- C) Mexanika va Robototexnika
- D) Mexanika va Bionika

2.Mexatronika atamasi qachon paydo bo`ldi?

- A)1970 yilda
- B)1969 yilda
- C)1962 yilda
- D)1966 yilda

3.Mexatronika atamasi qayerda paydo bo`ldi?

- A) Angliyada
- B) AQShda
- C) Yaponiyada
- D) Germaniyada

4.Qaysi mulohaza tog`ri bayon etilgan?

- A) Mexatronika – bitta sohaga asoslangan tizimli texnik loyihalash bo`lib, sohalar bo`yicha alohida loyihalash bajariladi.
- B) Mexatronika – tizimsiz texnik loyihalash bo`lib, sohalar bo`yicha alohida loyihalash ko`zga tutilmaydi.
- C) Mexatronika – texnik loyihalash bo`lib, sohalar bo`yicha alohida loyihalash amalga oshiriladi.
- D) Mexatronika – sohalararo tizimli texnik loyihalash bo`lib, sohalar bo`yicha alohida loyihalash ko`zga tutilmaydi.

5. Quyidagi mulohazadagi huqtalar o`rniga to`g`ri so`zni qo`ying. Mexatronik tizimlarning metodologik asosini loyihalash usullari tashkil etadi.

- A) to`g`ri

- B) parallel
- C) bo`ylama
- D) ayqash

6. Quyidagi mulohazadagi huqtalar o`rniga to`g`ri so`zni qo`ying. Mexatronik modullar boshqaridadigan bitta ..... bo`ylab harakatlanadigan ob`ektlardir.

- A) koordinata
- B) yo`l
- C) chiziq
- D) aylana

7. Mexatron tizimlar tarkibiga qaysi asosiy komponentlar kiradi?

- A) Mexanik qurilma; yuritmalar bloki; kompyuter boshqarish qurilmasi; axborotni boshqarish qurilmasiga yetkazuvchi sensorlar.
- B) Mexanik qurilma; yuritmalar bloki; tashqi blok; axborotni boshqarish qurilmasiga yetkazuvchi sensorlar.
- C) Mexanik qurilma; kuchaytirgichlar; kompyuter; axborotni boshqarish qurilmasiga yetkazuvchi sensorlar.
- D) Elektrik qurilma; yuritmalar bloki; kompyuter boshqarish qurilmasi; axborotni boshqarish qurilmasiga yetkazuvchi sensorlar.

8. Mexatronika ob`ekti atamasiga nimalar kiradi?

- A) Uzel, agregat, tizim
- B) Uzel, mashina, tizim;
- C) Modul, agregat, tizim;
- D) Agregat, mashina, tizim;

9. «Interfeys» tushunchasiga izoh bering.

- A) Interfeys – bir nechta tizim, qurilma va dasturlarni bir-biri bilan hamkorlik qilish usul va uslublari hamda imkoniyatlaridir, shu jumladan, ular orasida axborot almashinish orqali;
- B) Interfeys – uchta tizim, qurilma va dasturlarni bir-biri bilan hamkorlik qilish usul va uslublari hamda imkoniyatlaridir, shu jumladan, ular orasida axborot almashinish orqali;

C) Interfeys – ikkita tizim, qurilma va dasturlarni bir-biri bilan hamkorlik qilish usul va uslublari hamda imkoniyatlaridir, shu jumladan, ular orasida axborot almashinish orqali;

D) Interfeys – ikkita tizim, qurilma va dasturlarni bir-biri bilan elektr toki bilan almashinish imkoniyati.

10. Mexatron tizimlar va odatdagi elektryuritmalar tizimlari orasidagi umumiy xususiyatni ko`rsating

A) Ikkovi ham mexanik tizimlar sinfiga kiradi

B) Ikkovi ham raqamli boshqarish qurilmasi bilan ishlaydi

C) Ikkovi ham analogli boshqarish qurilmasi bilan ishlaydi

D) Ikkovi ham elektrmexanik tizimlar sinfiga kiradi

11. Mexatron tizimlar va odatdagi elektryuritmalar tizimlari orasidagi farqni ko`rsating?

A) Mexatron tizimlarda kuchli o`zgartirgichlar, dvigatellar, uzatmalar mexanika qismida mujassamlangan.

B) Mexatron tizimlarda kuchli o`zgartirgichlar, dvigatellar, uzatmalar elektr dvigatellar blokida mujassamlangan.

C) Mexatron tizimlarda kuchli o`zgartirgichlar, dvigatellar, uzatmalar boshqarish blokida mujassamlangan.

D) Mexatron tizimlarda kuchli o`zgartirgichlar, dvigatellar, uzatmalar mexatron modulda mujassamlangan.

12. Mexatronika atamasi muallifi kim?

A) Tetsuro Mori

B) Godfri Xaunsfield

C) Allan Kormak

D) Nik Xolon'yak

13. Mexatronika atamasi 1982 yilgacha qaysi kompaniyaning savdo belgisi bo`lgan

A) Soni

B) Yaskawa Electric

C) Mitsubishi

D) Toyota

14. Sinergetik birlashuv deganda nimani tushunasiz?

A) Sinergetik birlashuv – bu elementlarning strukturaviy birlashuvi

B) Sinergetik birlashuvda elementlar birlashganda energiya bir turdan ikkinchisiga o`zgartiriladi

C) Sinergetik birlashuvda elementlar bir – birini to`ldiribgina qolmay, bu tarzda birlashib hosil bo`lgan tizim yangi xususiyatlarga ega bo`ladi

D) Sinergetik birlashuv – bu tor xususiyatli elementlarning birlashuvi

15. USB (Universal Serial Bus) nima?

A) Kompyuter tarmoqlari uchun axborotni paket shaklida uzatish texnologiyasi

B) Kompyuter tarmoqlari uchun axborotni global tarmoq orqali uzatish texnologiyasi

C) Hisoblash texnikasi atrofidagi qurilmalardan katta tezlikda axborotlarni uzatish uchun interfeys.

D) Hisoblash texnikasi atrofidagi qurilmalardan o`rta va kichik tezlikda axborotlarni uzatish uchun ketma-ket interfeys.

16. Arduino Uno mikrokontrollerining nechta porti raqamli signallarini qabul qiladi?

A) 13

B) 16

C) 14

D) 15

17. Arduino Uno mikrokontrollerining nechta porti analogli signallarni qabul qiladi?

A) 5

B) 6

C) 7

D) 8

18. Arduino Uno qurilmasining maqomi nima?

- A) Rezistor
- B) Tranzistor
- C) Mikrokontroller
- D) Tok o`zgartirgichi

19. Mexatronikaning shiori nima?

- A) Intellektuallashtirishni qo`llash
- B) Intellektuallashtirishni miniatyurazatsiyalash
- C) Intellektuallashtirishni sistemallashtirish
- D) Intellektuallashtirishni boshqarish

20. Mexatronika tizimining qaysi qismi ishchi organ bilan bevosita bog`langan?

- A) Dvigatel qismi
- B) Mexanik qismi
- C) Boshqarish bloki
- D) Inson-operator

II-MODUL. MEXATRONIKANING AMALIY QO`LLANILISHI

§ 2.1. AVTOMATLASHTIRILGAN TEXNOLOGIK KOMPLEKSLARDA MEXATRONIK TIZIMLARNI QO`LLASH

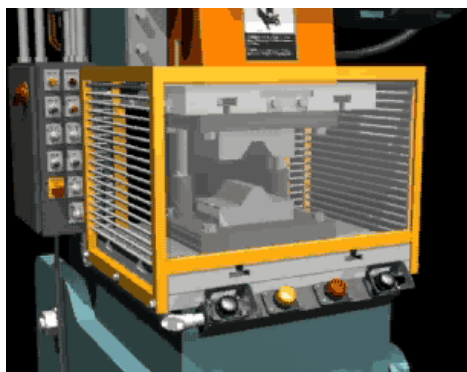
2.1.1. Mexatronik tizimlarini yig`ish operatsiyalarida qo`llash

Mexatronik tizim (MT)larni qo`llash sohalari yildan-yilga kengayib bormoqda. Bu sohalardan biri sanoatning mashinasozlik va asbobsozlik sohasidir. Bu sohalarda birinchi avtomatik boshqarish vositalari qo`llanilgan va hozir bu sohalarda umumjahon robototexnik vositalar parkining 80 %-i mujassamlangan.

MTlarni sanoatda qo`llash masalalarini ko`rayotganda asosan texnologik jarayon turini aniqlash kerak (masalan, detallarga mexanik ishlov berish, sovuq shtampovkalash, plastmassalarni presslash, xom ashyoga termik ishlov berish, payvandlash, transport sohasi, nazorat va sinovdan o`tkazish va h.k.).

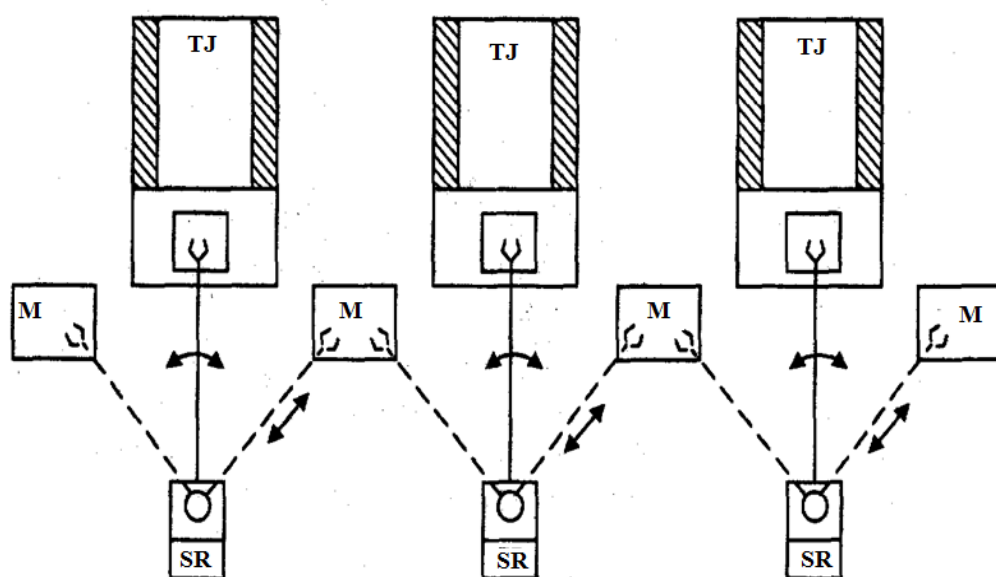
Shtampovkalash — materialni shaklini va o`lchamini o`zgartirish uchun uni plastik deformatsiyalash jarayonidir. Asosan metallardan va plastmassadan yasalgan detallar shtampovkalanadi. Agar shtampovkalash materialni qizdirmasdan bajarilsa, bu *sovuq shtampovkalash* deyiladi. 2.1.1-rasmda shtampovkalash pressining rasmlari keltirilgan.

2.1.2-rasmda bir oqimli robotlashtirilgan sovuq shtampovkalash texnologik tizimiga misol ko`rsatilgan.



2.1.1-rasm. Shtampovkalash presslari

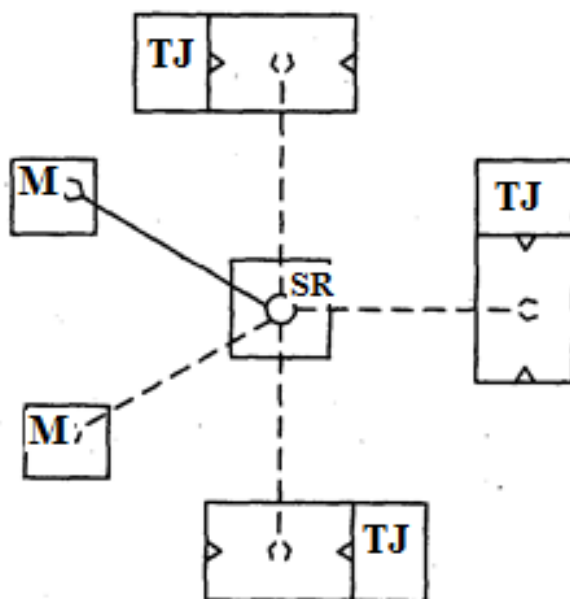
Bu yerda tizimni tashkil etuvchi yacheykalar bir-biri bilan bevosita bogʻlangan. Shuning uchun bu tizimda operatsiyalararo transport tizimi ishlatilmagan, predmetlar bir yacheykadan ikkinchisiga yordamchi sanoat robotlari yordamida uzatiladi. Bunday tizimlar juda ham sodda, lekin bu yerda asosiy texnologik jihozlar orasidagi masofa juda ham aniq boʻlishi lozim.



2.1.2.-rasm. Chizigʻli komponovkalangan sovuq shtampovkalash bir oqimli robotlashtirilgan texnologik tizim sxemasi

TJ – asosiy texnologik jihoz; SR-sanoat roboti; M-zagotovkalarni donalab berish magazini

Bunday komponovkalash texnologik jihozlarda detallarga ishlov berishning kichik davrli jarayonlari uchun qoʻllaniladi (birlik detallar, 10 soniyali). Bunda misol qilib sovuq yupqa listli shtampovkalashni aytish mumkin. Texnologik jihozlarda koʻproq ishlov berish vaqti talab qilinadigan jarayonlar uchun boshqa turda tashkil etilgan komplekslar ishlatiladi, bunda bitta SR bir nechta texnologik jihozga xizmat koʻrsatadi. 2.1.3-rasmda xuddi shunday komplekslardan biri koʻrsatilgan. Bunda 3 ta texnologik jihoz doira shakli boʻylab joylashtirilgan boʻlib, ularga oralarida turgan faqat 1 ta SR xizmat koʻrsatadi.



**2.1.3-rasm. Detallarga mexanik ishlov berishning doiraviy
komponovkalangan robotlashtirilgan texnologik tizim sxemasi**

MTlarning rivojlanishi natijasida SRLarning asosiy texnologik jarayonlarda qo'llash ulushi ham ortib bormoqda. Bunda kapital xarajat ko'proq bo'lsa ham, baribir ishchi o'rinlari bo'shalishi va ish sifatining oshishi natijasida samaradorlik oshadi. Bundan tashqari, inson uchun zararli bo'lgan operatsiyalarni (bo'yash, payvandlash va h.k.) larni, hamda monoton operatsiyalarni (konveyerda yig'ish jarayoni) MT bajarishi natijasida ijtimoiy samaraga erishiladi.

Yig'uvchi robototexnik komplekslar. Bunday komplekslar ahamiyatligi jihatidan alohida o'rinda turadi, chunki mashinasozlikda yig'ish operatsiyalari umumiy operatsiyalarning 40 % gacha, asbobsozlikda – 50-60 % ni tashkil qiladi.

Yig'ish operatsiyalariga mexanik yig'ish, elektrmontaj ishlari, mikroelektron yig'ish va boshqalar kiradi.

Mexanik yig'ish jarayoni quyidagi ketma-ket keladigan va o'zaro bog'liq operatsiyalardan iborat:

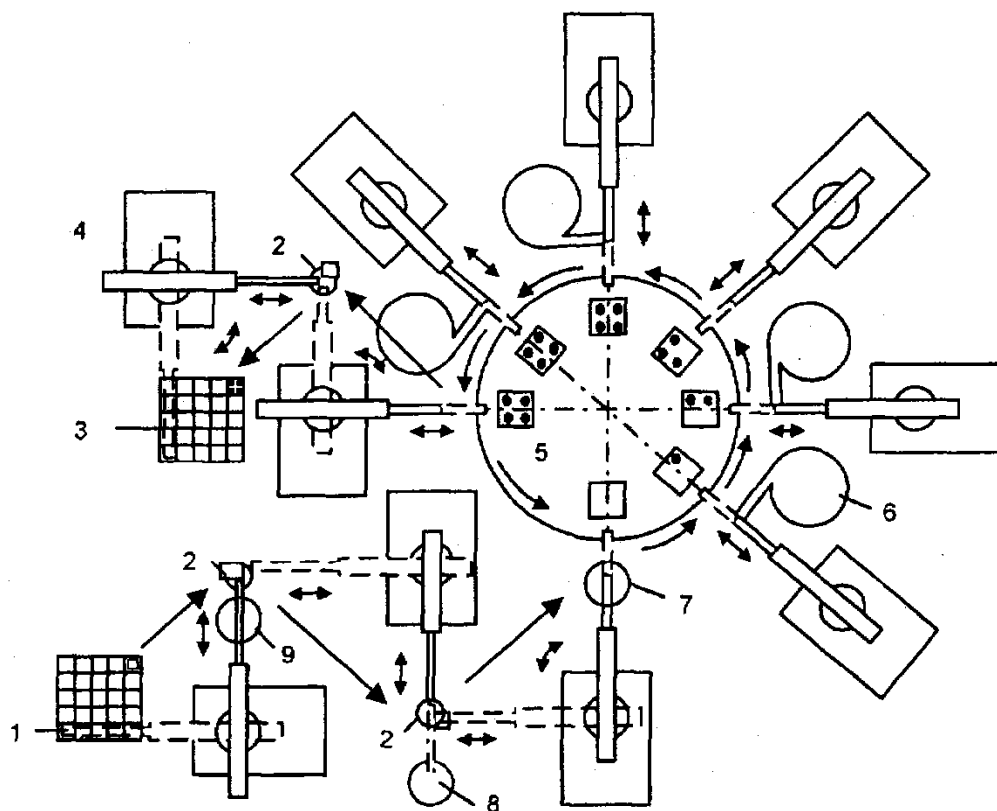
- yig'iladigan detallarni yuklovchi qurilmaga yuklash;
- detallarni yig'ish joyiga harakatlantirish;

- kelgusi yig`ish pozitsiyasiga moslashtirilgan holda detallarni aniq pozitsiyaga joylashtirish;
- yig`ish operatsiyasi, ya`ni detallarni bir-biriga bog`lagan va kerak bo`lganda mahkamlagan holda yig`ish;
- yig`ish davrida o`lchov-nazorat ishlari;
- yig`ilgan uzellarni yig`ish joyidan boshqa operatsiyalarni amalga oshiruvchi joyga yuborish.

2.1.4-rasmda universal SR asosida qurilgan yig`uvchi robototexnik komplekslarga misol ko`rsatilgan. Kompleks quyidagilarni o`z ichida oladi: ko`taruvchi rama; aylanuvchi stol; yuklovchi va yo`naltiruvchi qurilmalar; mahkamlash vositalari; kabel uzellar; kompleksni boshqarish qurilmasi; muvofiqlashtirish bloklari va EHM bilan bog`lanish qurilmasi.

Bu kompleksda *MII-9C* tipidagi universal pnevmatik SR qo`llanilgan. Kompleks radiopriyomniklar kontur katushkalrini yig`ish uchun mo`ljallangan. U quyidagi operatsiyalarni bajaradi:

- kassetadan katushka karkaslarini olish;
- o`ram (cho`lg`am)lar chiqish joyini flyuslash;
- chiqish joylarini kavsharlash;
- chiqish joylarini yuvish;
- karkaslarni aylanuvchi stol maxsus joylariga joylashtirish;
- karkasga xalqa kiydirish;
- serdechnikni aylantirib o`rnatish;
- ekranni kiydirish;
- katushkani markirovkalash;
- kassetaga tayyor kontur katushkani joylashtirish.



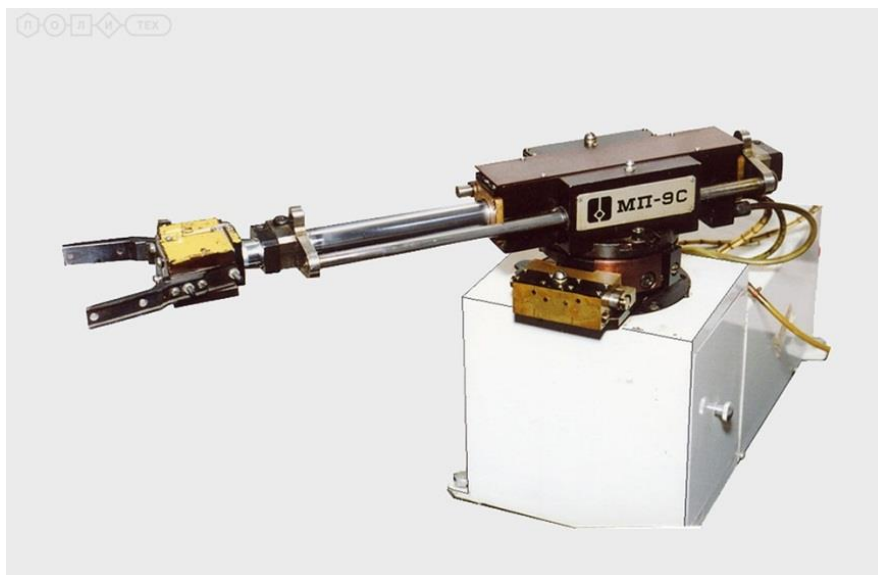
2.1.4-rasm. Radiopriyomniklar kontur katushkalrini yig`ish uchun robototexnik kompleks

1-yuklovchi qurilma; 2-oraliq joy; 3-yuksizlantiruvchi qurilma; 4-guruhli boshqarish qurilmasi; 5-rotorli stol; 6-yuklovchi qurilma; 7-tozalash uchun vanna; 8-kavsharlash uchun vanna; 9-flyuslash uchun vanna

Bir ish davrida barcha texnologik operatsiyalar parallel-ketma-ket yig`ish printsipli asosida bajariladi.

Kompleksning bir davr ishlash vaqti - 10 s.

Bunday komplekslarni qo`llash ish unumdorligini 10 barobar oshadi, ishlab chiqarish maydonlari qisqaradi, butun yig`ish jarayonini avtomatlashtirishga olib keladi. Bunday komplekslarni boshqa detallar uchun qayta sozlash mumkin. Buning uchun ishchi organlar va boshqaruvchi dasturlar almashtiriladi.



2.1.5-rasm. Sanoat roboti *MII-9C*

2.1.2. Moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlari

Sanoatda qo`llaniladigan mexatronik qurilmalarni *moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlari* asosi deb qarash mumkin.

Moslashuvchan ishlab chiqarishni quyidagicha tushunish mumkin: texnologik tizimni tez va uncha ko`p mehnat va boshqa xarajatlar talab qilmasdan yangi yoki modernizatsiyalangan mahsulot ishlab chiqarish uchun yoki yangi texnologik jarayonlarni amalga oshirish uchun qayta tashkil etish xususiyati tushuniladi. Shu bilan birga ishlab chiqaradigan mahsulotning sifatini va uni ishlatishdagi ishonchliligini oshirish masalasi ham ijobiy hal etilishi kerak.

Moslashuvchan ishlab chiqarish tizimi ko`p bosqichli ierarxik strukturaga ega.

Pastki bosqichi ayrim ob`ektlarning - ma`lumotni tahlil qilish va boshqarish mikroprotsessorlari bilan ta`minlangan texnologik tizimning bajarish moslamalari (masalan, stanok), hamda ob`ektning holati va texnologik operatsiya parametrlarini o`lchaydigan datchikni dasturiy boshqarishdan iborat.

Tahlil qilish va boshqarish uchun ma`lumotlar mikroprotsessorga yetkaziladi.

Bundan tashqari, bu ma'lumotlar (yoki ularning bir qismi) keyingi bosqichga, ya'ni, bir nechta stanoklar, robotlar va yordamchi mexatronik jihozlarni o'z ichiga olgan moslashuvchan ishlab chiqarish moduliga (MICHM) yuboriladi.

MICHM ning mikroEHMi modulning har bir ob'ektidan ma'lumotlarni oladi, ularni hamkorlikdagi faoliyatini muvofiqlashtiradi, har biri uchun alohida boshqarish tizimini shakllantiradi hamda texnologik jarayonlarning borishi to'g'risida kerakli ma'lumotlarni tizimning keyingi bosqichiga yetkazadi (2.1.6-rasm).

Ba'zi bir modullar moslashuvchan avtomatlashtirilgan uchastkalar (MAU) va moslashuvchan avtomatlashtirilgan texnologik tizimlarga (MATT) birlashtiriladi. Uchastka va tizim pastki bosqichdan ma'lumotlarni, yuqori bosqichdan esa topshiriqlarni olib, ularni o'zining EHM yordamida avtomatlashgan tarzda solishtiradi hamda moslashuvchan ishlab chiqarish sistemasining quyi bosqichlariga topshiriq beradi. Texnologik jarayon uchun topshiriqlar EHM xotirasiga avvaldan kiritib qo'yilgan bo'lib, ular tayyorlanadigan mahsulot turiga qarab o'zgartirishga moslashtirilgan.

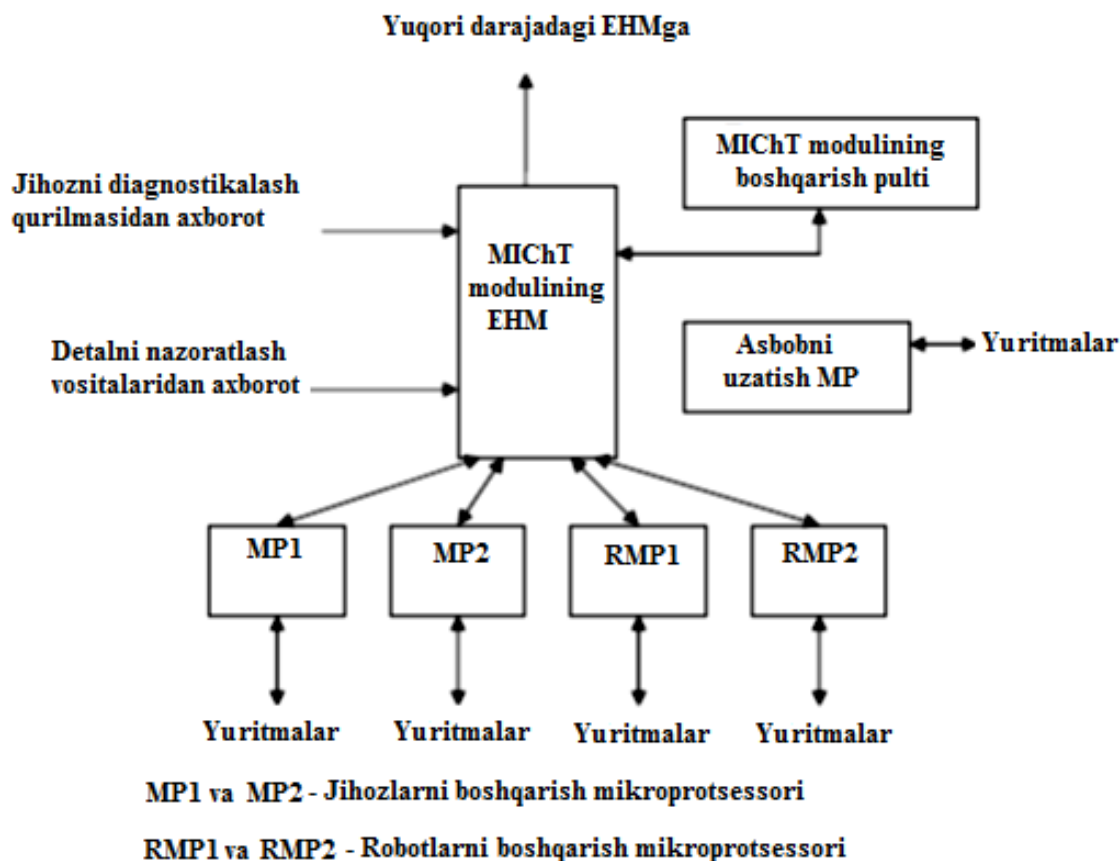
MAU va MATT tarkibiga ishlab chiqariladigan mahsulot sifatini va qo'shimcha texnologik parametrlarni nazorat qilish uchun avtomatlashtirilgan uskunalari kiritilgan, bunda EHM barcha modullarning berilgan parametrlar va algoritmlar bo'yicha hamkorlikdagi ishini muvofiqlashtiradi.

MAU va MATTdan tashqari sexning moslashuvchan ishlab chiqarish sistemasi avtomatlashtirilgan tayyor mahsulotlar, detallar, asboblari va sexning tayyor mahsulotlari uchun omborxona, sex ichida yuradigan avtomatlashtirilgan transport, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimi, sex texnologik xizmati, dispetcherlik xizmati, mahsulotni texnik nazorat qilish bo'linmalari va h.k.ni o'z ichiga oladi. Bunda ularning barchasi maxsus dastur bilan ta'minlangan va qayta moslashtirishga mo'ljallangan EHM bilan boshqariladi.

Ishlab chiqarishda o'zida o'lchov-nazorat va diagnostik apparaturani hamda axborotni qayta ishlash mikroprotessorli vositalarni mujassamlantirgan

komplekslarni birlashtirgan texnik nazoratlash va jihozlarni har qanday darajada diagnostikalash muhim rol o'ynaydi.

Dasturlar orqali boshqaraladigan o'lchov moslamalari qayta aloqa vazifasini bajaradi, bunda moslamalar texnologik jarayondan chiquvchi o'lchov natijalarini sifat nazorati talablariga mos holda jarayonni muvofiqlashtirish uchun qayta yuboradi.



2.1.6-rasm. Moslashuvchan ishlab chiqarish moduli sxemasi

Moslashuvchan ishlab chiqarish sistemasi (2.1.7-rasm) ichida qurilgan va tizim elementlarini hamda ishlov berish asboblarning avtomatlashgan diagnostikasini amalga oshiradigan qurilma texnologik jarayon borish vaqtida avtomatik ravishda sozlash ishlarini bajaradi yoki zarur hollarda operatorning aralashuvi uchun unga signal beradi.

E-BOT 720 robotlashtirilgan yacheyka (2.1.8-pacm) inson ishtirokisiz uzoq vaqt ishlash rejimida faoliyat ko`rsatishga mo`ljallangan. Bu sistema ishchi kuchini kamaytirib, avtomatlashtirishni kuchaytirish holatlarida ayniqsa samarador bo`ladi.

INTEGREX, **INTEGREX-e** va **VARIAXIS** seriyali stanoklarda qo`llanilganda 720 soat (24 soat x 30 kun) uzluksiz ishlatish mumkin.



2.1.7-rasm. Moslashuvchan ishlab chiqarish jihozi

Manba: http://www.victor-cnc.ru/images/stlit/vt_20_001.jpg

2.1.3. Raqamli dasturli boshqariladigan stanoklar

Raqamli dasturli boshqariladigan stanoklar tipik mexatron tizimlar hisoblanadi. Ular metallardan, yog`ochdan, plastmassadan ishlangan mahsulotlarga mexanik ishlov berish uchun ishlatiladi. Harakat modullari ishini dastlab dastur yuklangan stanokning raqamli sistemasi boshqaradi (2.1.9-rasm).



2.1.8-rasm. E-BOT 720 robotlashtirilgan yacheyka

Manba: <http://www.macros-ht.ru/gibkie-modulnie-sistemi-mazak>



a



b

2.1.9-rasm. Raqamli dasturli boshqariladigan stanoklar

(a – tokarli; b – frezer-gravyuralash stanogi)

Iqtisodiy va texnik sabablarga ko`ra sarflov materiallar narxining oshib borishi, mavjud tizimlarning ma`naviy va moddiy eskirishi, ishlab chiqarish stanoklarining samaradorligi, aniqligi va ishonchligini oshishi sababli eski raqamli dasturli boshqariladigan tizimlarning zamonaviylariga almashtirish bugungi kunda ko`pgina korxonalar uchun muhim bo`lib hisoblanadi.

Raqamli dasturli boshqariladigan (RDB) tizimlarining tahlili ularning iqtisodiy muvofiqligi va mikrokontrollerlar asosida yaratilgan RDB tizimlariga o`tishga sabab bo`ladi. *AtmelATmegal 28* mikrokontroller asosida yaratilgan RDB tizimi tuzilishini ko`ramiz:

Mikrokontrollerning afzalliklari:

- Nisbatan yuqori chastotaga egaligi (16 MGts);
- *CISC*-arxitekturadan¹⁷ farqli o`laroq bir sikl sinxronizatsiya natijasida topshiriqlarni ajratib olish imkoniyatiga ega bo`lgan va nisbatan yuqori ishlab chiqarish quvvatiga ega bo`lgan *RISC*-arxitektura<sup>18</sup> bilan ta`minlanganligi;
- Flash-xotiraga ega bo`lishi, uning kengaytirish imkoniyati mavjudligi. U RDB dasturini binar tizimda saqlash jarayonida uning quvvati 20 ming operatsiyani bajarish imkoniyatini beradi.

Tizim arxitekturasi. RDB tizimi mikroprotsessori qismining apparat ta`minoti quyidagilardan iborat: dasturga ishlov beruvchi asosiy modul (AM), klaviatura moduli (KM), raqamli-analog o`zgartirgichli va signal kuchaytirgichli chiqish moduli (ChM), asosiy modulda boshqarish dasturlarini yozib borishda foydalaniladigan dasturlashning avtonom moduli (DAM) (2.1.10-rasm).

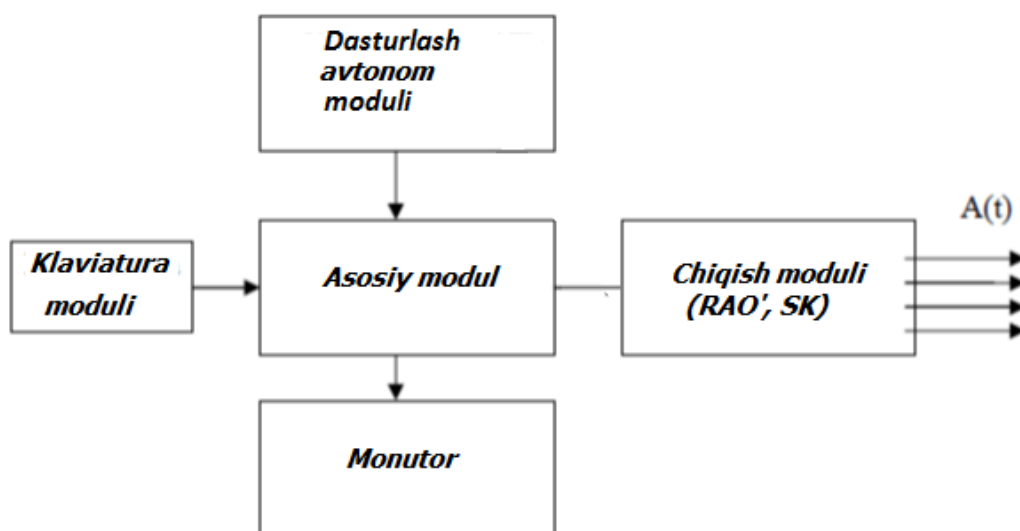
¹⁷ CISC (ingl. *complex instruction set computer*) — quyidagi xususiyatlar to'plami bilan tavsiflanadigan protsessor arxitekturasining turi: komanda uzunligining belgilanmagan qiymati; arifmetik amallar bitta komandada kodlanadi; har biri qat'iy belgilangan funktsiyani bajaradigan oz sonli registrlarga ega.

¹⁸ RISC (ingl. *reduced instruction set computer*) — qisqa (sodda, tezkor ko'rsatmalar to'plamiga ega kompyuter) - protsessor arxitekturasi bo'lib, unda ko'rsatmalar soddalashtirilganligi sababli tezligi oshadi, shuning uchun ularni dekodlashtirish osonroq va ijro muddati qisqaroq bo'ladi.

Asosiy modul foydalanuvchi bilan hamkorlikda ishlash (klaviatura va monitordan foydalangan holda interfeysni ta'minlash) funksiyasini, tahlil qilish, dasturni tayyorlash va interpolyatsiyalash vazifasini bajaradi.

U *Atmel ATmega128* mikrokontroller, *EEPROM*¹⁹ xotira va *Flash*²⁰ kengaytirilgan xotiradan iborat. RDB tizimining bir yoki bir nechta dasturlari DAM yordamida mikrokontrollerning *Flash* xotirasiga yozib olinadi va u yerdan ijro etish uchun yuboriladi. Yuborilgan topshiriq (dastur) noto'g'ri topshiriqlar berilishi yoki belgilangan xarakteristikasidan oshirishi (masalan, tezlikni maksimal belgilangandan oshirish) oldini olish maqsadida qayta o'rganib chiqiladi.

Menyu tizimi ish parametrlarini moslashtirib sozlash va qo'shimcha xizmat ko'rsatish funksiyalarini bajarishga imkoniyat beradi. 2 kGts chastotada ishlovchi taymer fazani boshqaruvchi signalni chiqish moduliga berishni ta'minlaydi. Ushbu taymer parallel ravishda boshqa vazifalarni ham bajarishga yordam beradi: klaviatura kontrolleriga so'rov o'tkazish, displeyga ishlov beruvchini chaqirish (interpolyatsiya jarayonida o'zgaruvchan ma'lumotlarni displeyga chiqarish uchun).



2.1.10-rasm. *Atmel* mikrokontrolleri bazasidagi RDB tizimining modulli strukturasi

¹⁹ EEPROM (ingl. *Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory*) — Elektr orqali o'chirilishi mumkin bo'lgan qayta dasteulanadigan doimiy xotira (ROM).

²⁰ Flash-xotira (ingl. *flash memory*) — yarimo'tkazgichli texnologiyali elektr qayta dasturlashtiriladigan xotiraning bir turi (EEPROM).

Taymer bo'yicha bajariladigan qo'shimcha topshiriqlarning chiqish signalining kechishiga olib kelmasligi uchun *interpolyatsiya*²¹ signali jamlanmalarini buferlash ishlatiladi. Bu ayrim vazifalarni bajarish vaqti, masalan, ma'lumotlarni displeyga kiritish operatsiyasi, interpolyatsiya davridan ko'pligi bilan bog'liq.

Chiqish moduli AMdan chiqadigan raqamli signallarni stanokni boshqaradigan analogli signallarga o'zgartiradigan RAO` jamlanmasidan va kuchlanishni bo'luvchidan (KB) iborat. Bunday tuzilish ham eski rusumdagi ham yangi boshqaruv tizimidagi stanoklarni ishlatish imkoniyatini beradi.

Interpolyatsiya topshiriqlarini bajarish jarayonida asosiy mikrokontrollerni ishini maksimal yengillashtirish uchun klaviaturali modul oddiy topshiriqlarni bajarishga mo'ljallangan alohida mikrokontrollerga ega. Bu mikrokontroller vaqt vaqti bilan klaviaturani sozlashni so'rab turadi, va bu o'z navbatida bir nechta klavishalardan bir vaqtning o'zida foydalanish imkoniyatini beradi (bu foydali xususiyat instrumentlarni qo'lda harakatlantirishda ishlatiladi) va klavishalarning tebranishi oldini oladi.

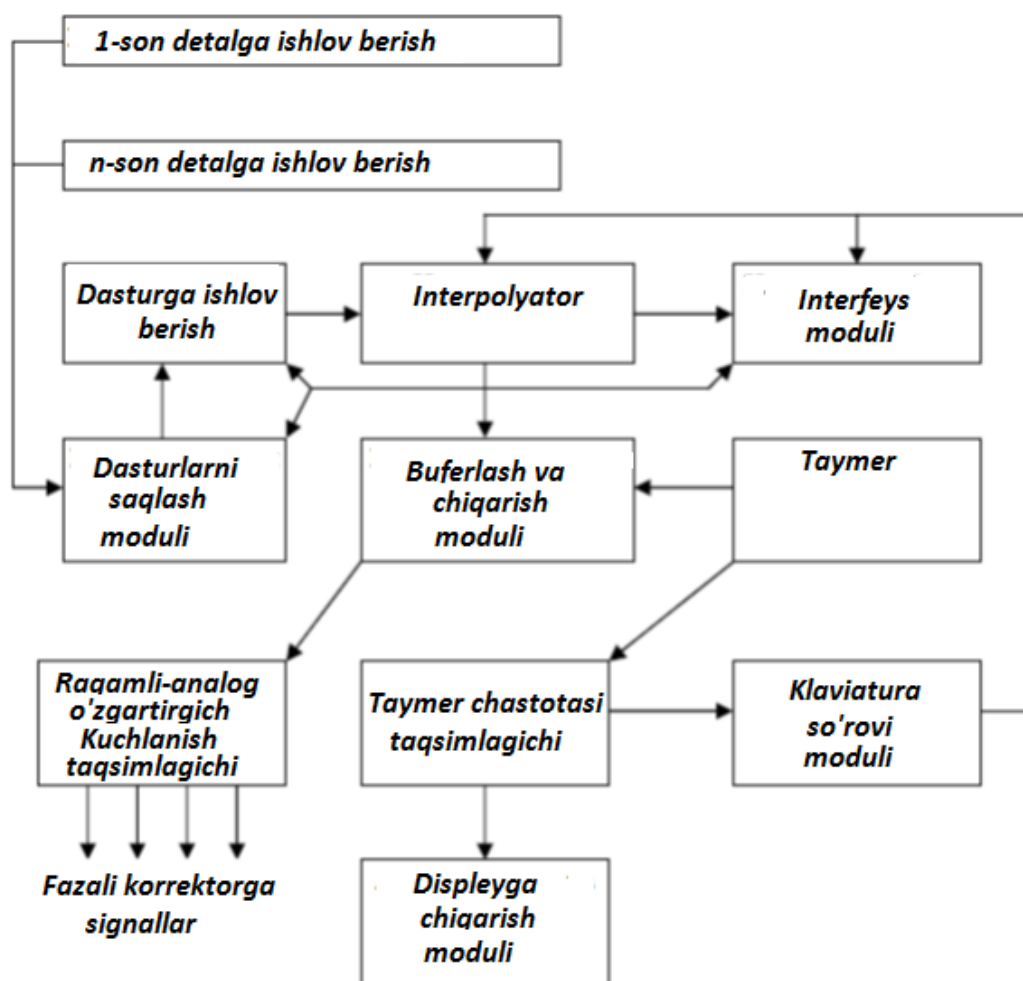
Dasturlash moduli *Intel 80486* protsessori asosida qurilgan. Dasturlash moduli avtonom modul bo'lib bir yoki undan ortiq dasturlarni tashqi xotiralardan (disketa, flesh-kartadan) yozib olish imkonini beradi. Yozuv RS-232 porti orqali amalga oshiriladi.

RDB tizimining dasturlash strukturasi ushbu sistemaning apparat va dasturiy ta'minoti bilan o'zaro muloqot qilishi uchun ma'lumotlar strukturasi va ish olib borish usullariga ega bo'lgan xususiy modullar to'plamidan iborat.

Mikrokontroller ishga tushganda asosiy modulga boshqarish beriladi. U dasturlar bilan ishlash (barcha dasturlarni o'chirish, yangi dasturlarni qo'shish) va dasturni ishga tushirish imkonini yaratadi. 2.1.11-rasmda asosiy modulning faqat

²¹ Interpolyatsiya (lotincha *interpolis*dan - "tekislangan, yangilangan, o'zgartirilgan") - hisoblash matematikasida ma'lum bo'lgan ma'lum diskret to'plamdan miqdorning oraliq qiymatini topish usuli.

dasturni ishga tushirish va servis vazifalarni bajaruvchi qismi ko`rsatilgan, asosiy modulning o`zi ko`rsatilmagan.



2.1.11-rasm. RDB sistemasining dasturlash strukturasi

Dasturga ishlov beruvchi dastur manzilini *Flash*- xotirasidan va uning nomini esa dasturni saqlash modulidan oladi. Dastur o`qiladi va chegaraviy xarakteristikalar to`g`riligi tekshiriladi. Agar chegaraviy xarakteristika qiymatidan ortgan bo`lsa, ogohlantirish xabarini beradi. Shundan so`ng interpolyatsiya davri boshlanadi.

Dasturga ishlov beruvchi navbatdagi topshiriqni olib, kadrning avvalgi va oxirgi tezliklarini (oldingi va keyingi kadrlarning tezligini inobatga olib) hisoblab chiqadi, va interpolyatorning tegishli topshirig`ini chaqiradi. Interpolyator tegishli

hisoblash ishlarini amalga oshiradi va interpolyatsiyani boshlaydi. Buferlash modulida buferning o`lchamlari shunday tanlab olinadiki, bunda dastlabki hisoblash ishlarini olib borish vaqti to`ldirilmay qolgan buferdan tanlab olingan ma`lumotlarni chiqarish vaqtidan oshmasligi kerak. “Ilgarilanma harakat”, “aylanma harakat” va “to`xtab qolish” buyruqlari ishlatiladi.

Dasturga ishlov beruvchi quyidagi tezlik rejimlarini ta`minlaydi:

- zagotovkani uzatish tezligini o`zgartirish;
- ko`rsatilgan tezlikkacha tormozlash.

Shu bilan birga dasturga ishlov beruvchi joriy koordinatalarni aniqlash va instrumentni berilgan kadrning boshlanish nuqtasigacha qaytarish kabi servis funktsiyalarni ham bajaradi.

Ma`lumotlarni displeyga chiqarish moduli va klaviaturaning so`rov moduli ishi shunday tuzilganki, interpolyator va boshqa modullarning ishi ularni ishi bilan parallel ravishda olib boriladi. Bunga ichiga o`rnatilgan taymer orqali erishiladi.

Ma`lumotlarni displeyga chiqarish moduli joriy chiqarish topshirig`ini tekshiradi va agar shunday topshiriq berilgan bo`lsa, ma`lumotni chiqarib olish uchun uni chaqiradi. Shunday qilib, har bir modul displey bilan aloqa qilmagan holda o`zining ma`lumot yuborish vazifasini bajaradi. Bu o`z navbatida dastur strukturasini oddiylashtirishda va qo`shimcha afzalliklarga (masalan, ma`lumotlarni tez chiqarishda ekranning yonib o`chmasligiga) yordam beradi.

Klaviatura moduli qo`shimcha vazifalarni ham bajaradi- tugmachalar holatini tekshirish funktsiyasi, ma`lum bir tugmacha bosilganda kutib turish va boshqalar.

Buferlash moduli interpolyatordan ma`lumotlar jamlanmasini oladi va bufer ichida yig`ib turadi.

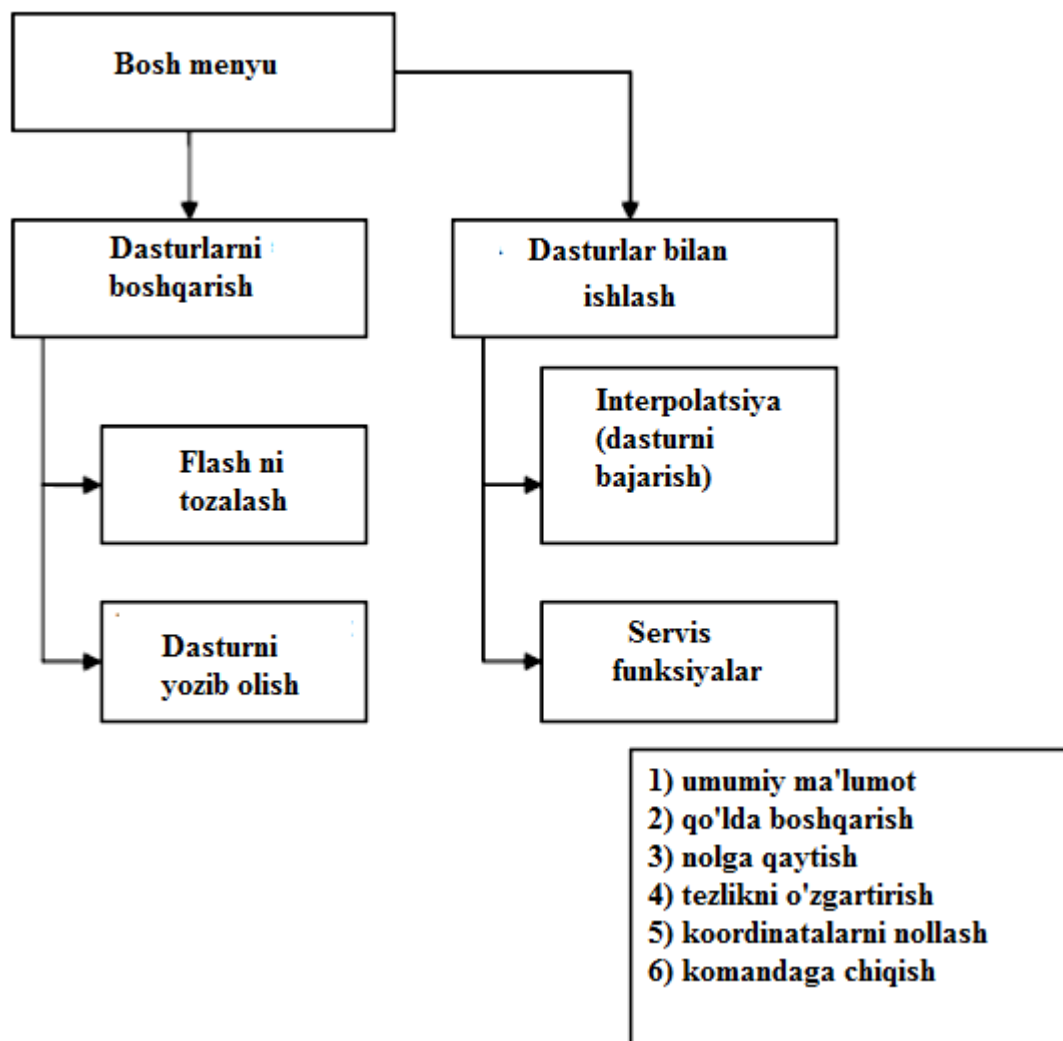
Buferga bo`lgan asosiy talablar: interpolyatsiya davriga (ikkita ketma-ket ma`lumotlar jamlanmasi orasidagi vaqtga) ko`paytirilgan bufer o`lchami hisoblashlar o`tkazilgan uzun uchastka vaqtidan katta bo`lishi kerak. Bu eksperimental tarzda hisoblanadi.

RDB tizim dasturini boshqarish 2.1.12-rasmda ko`rsatilgan. Boshqarish ishga tushirilganda asosiy modul olinadi (“bosh menyu” ochiladi). Bu yerdan operator dasturlash moduli bilan ishlashi (dasturni yuklash, xotirani tozalash) hamda RDB tizimini boshqarishi yoki uning servis funksiyalarini bajarishi mumkin.

Mikrokontroller dasturiy ta`minoti tomonidan vazifani bajarish algoritmi yechilishi sababli, bunday ishni tashkil etish sistemani universal bo`lishini va keng miqyosligini ta`minlaydi. Endilikda tizimning ko`pgina o`zgarishlari (masalan, yangi koordinatalarning kiritilishi, yangi tipdagi interpolyatsiya, sozlash, qayta aloqa tizimining qo`shilishi) apparat tizimini o`zgartirmasdan erishish mumkin.

Ishni bunday amalga oshirish tizimning servis funksiyasini kengaytirib stanoklarning iqtisodiy va texnik samaradorligini oshirishga imkon beradi. Servis funksiyalar ichida quyidagilar alohida ahamiyatga ega:

- stanokni vaqtincha to`xtatish va to`xtatilgan joydan yoki dasturdagi boshqa buyruqlardan ishni davom ettirish instrumentlarni almashtirish uchun texnologik pauza yaratish imkoni yaratiladi;
- eng kichik trayektoriya bo`yicha asbobni qo`l yordamida olib kelish imkonining mavjudligi, bunda instrumentni kerakli nuqtaga etib kelish uchun barcha pozitsiyalarni qayta bosib o`tish zaruriyati yo`qotiladi;
- tezlikni sozlash funksiyasi, bunda ishlov berilayotgan yuza sifatiga ziyon etkazmasan turib tezlikni dinamik ravishda oshirish yoki kamaytirish imkoniyatining mavjudligi;
- asbobni almashtirish uchun “nol” ga qaytarish va to`xtagan joydan davom ettirish funksiyasi;
- tezlik va koordinatalarni nazorat qilish funksiyasi, bu texnologik xatoliklar oldini olish, tezlik maksimal belgilangandan oshgan paytda xabar berish yoki instrumentning koordinatalar nol qiymatiga qaytmasligi xaqida xabar berishi.



2.1.12-rasm. RDB tizimining boshqarish oqimlari

Asosiy tayanch soʻz va iboralar

Yigʻish operatsiyalari; robotlashtirilgan texnologik tizim; yigʻuvchi robototexnik komplekslar; moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlari; raqamli dasturli boshqariladigan stanoklar

Asosiy tayanch tushunchalar

* MTlarning rivojlanishi natijasida SRLarning asosiy texnologik jarayonlarda qoʻllash ulushi ham ortib bormoqda. Bunda kapital xarajat koʻproq boʻlsa ham, baribir ishchi oʻrinlari boʻshalishi va ish sifatining oshishi natijasida samaradorlik

oshadi. Bundan tashqari, inson uchun zararli bo'lgan operatsiyalarni (bo'yash, payvandlash va h.k.) larni, hamda monoton operatsiyalarni (konveyerda yig'ish jarayoni) MT bajarishi natijasida ijtimoiy samaraga erishiladi.

* Sanoatda qo'llaniladigan mexatronik qurilmalarni moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlari asosi deb qarash mumkin. Moslashuvchan ishlab chiqarishni quyidagicha tushunish mumkin: texnologik tizimni tez va uncha ko'p mehnat va boshqa xarajatlar talab qilmasdan yangi yoki modernizatsiyalangan mahsulot ishlab chiqarish uchun yoki yangi texnologik jarayonlarni amalga oshirish uchun qayta tashkil etish xususiyati tushuniladi.

* Dasturlar orqali boshqaraladigan o'lchov moslamalari qayta aloqa vazifasini bajaradi, bunda moslamalar texnologik jarayondan chiquvchi o'lchov natijalarini sifat nazorati talablariga mos holda jarayonni muvofiqlashtirish uchun qayta yuboradi.

* Raqamli dasturli boshqariladigan stanoklar tipik mexatron tizimlar hisoblanadi. Ular metallardan, yog'ochdan, plastmassadan ishlangan mahsulotlarga mexanik ishlov berish uchun ishlatiladi. Harakat modullari ishini dastlab dastur yuklangan stanokning raqamli sistemasi boshqaradi.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Qaysi sohalarda birinchi bo'lib avtomatik boshqarish vositalari qo'llanilgan?
2. Sanoat robotlarini ishlab chiqarishga qo'llash qanaqa samara beradi?
3. Yig'ish operatsiyalari mashinasozlikda umumiy ishlarning necha foizini tashkil qiladi?
4. Mexanik yig'ish jarayoni qanday ketma-ketlikda amalga oshiriladi?
5. Moslashuvchan ishlab chiqarish tizimining ko'p bosqichli ierarxik strukturasini tushuntiring.
6. *AtmelATmegal 28* mikrokontrolleri afzalliklarini aytib bering.
7. RDB tizimining boshqarish oqimlarini tushuntiring.

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

§2.2. ISHLAB CHIQRISH VA MOBIL (OMMABOP) ROBOTLAR

2.2.1. Robotlar haqida tushuncha. Robototexnikaning rivojlanish tarixi

Robot (chesh. “*robot, robota* – majburiy mehnat” yoki “*rob – qul*” degani) – tirik organizm printsipli asosida yaratilgan avtomatik qurilma, vosita.

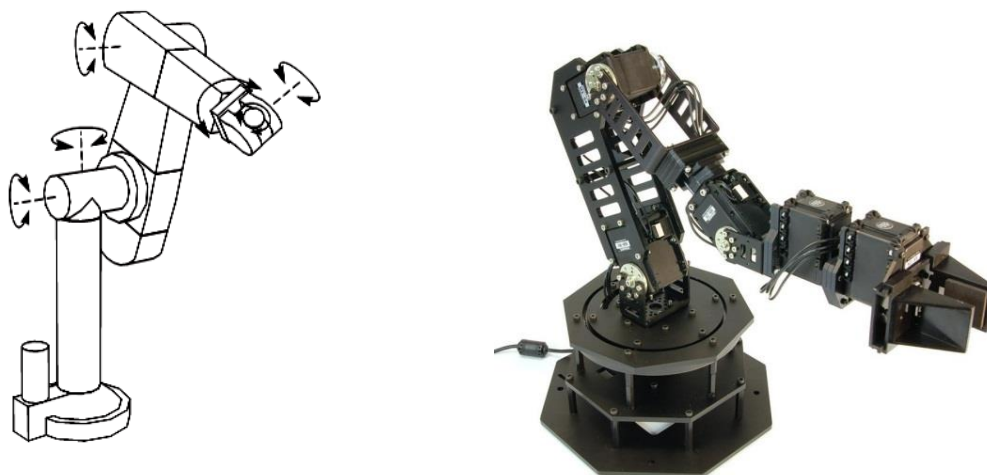
«Robot» so`zi chex yozuvchisi Karel Chapek va uning ukasi Yozef tomonidan o`ylab topilgan hamda birinchi marta 1920-yilda Chapekning «R. U. R.» («Rossum universal robotlari») p`yesasida tilga olingan.

Oldindan joylashtirilgan dastur bo`yicha va (tirik organizmlar sezish organlariga o`xshash bo`lgan) datchiklardan kelayotgan axborot asosida robot mustaqil ravishda ishlab chiqarish yoki boshqa operatsiyalarni amalga oshiradi. Bunda robot operator bilan aloqaga ega bo`lishi yoki avtonom harakat qilishi mumkin.

Robotlarning tashqi ko`rinishi va konstruksiyasi juda ham har xil bo`lishi mumkin. Hozirgi vaqtda ishlab chiqarish va boshqa sohalarda (texnik va iqtisodiy sabablarga ko`ra) inson tashqi ko`rinishidan juda ham farq qiladigan tashqi ko`rinishga ega bo`lgan robot ishlatilib kelinmoqda.

Robototexnikaning rivojlanish tarixi. Tarixan zamonaviy robotlarning oldingi vakillari bo`lib ob`ektlarni masofadan turib boshqarishga mo`ljallangan uskunalar xizmat qiladi. Bunday inson qo`li va panjalari harakatini takrorlovchi uskunalar *manipulyator* deb ataladi (2.2.1-rasm). Bu uskunalar inson uchun zararli moddalar bilan ishlashda qo`llaniladi (m.: zaharli, radioaktiv va h.k. muhitlar).

Robot deganda manipulyatorga (inson qo`lining mexanik analogiga) va manipulyatorni boshqarish sistemasiga ega avtomatik qurilmaga tushuniladi. Ushbu ikkita tashkiliy qism har xil tarkibga ega bo`lishi mumkin – eng oddiydan eng murakkabgacha. Inson qo`li suyaklardan tuzilib va suyaklar bo`g`inlar orqali bog`langandek manipulyator bir-biri bilan sharnirli birikkan qismlardan tuzilgan. Bu qismlar inson qo`l kaftiga o`xshash ishchi organ bilan tugaydi.



2.2.1-rasm. Robot-manipulyator

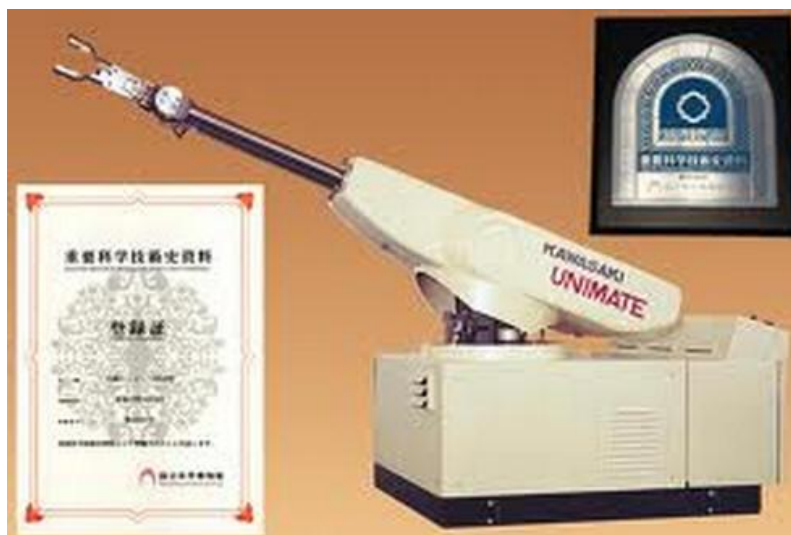
Manipulyatorlar qo`l bilan boshqariladigan va avtomatlashtirilgan bo`ladi.

Birinchi paydo bo`lgan manipulyatorlar passiv, ya`ni mexanizmlari yuritmasiz bo`lib, inson qo`li harakatlarini masofadan turib takrorlash uchun mo`ljallangan edi. Bu harakat faqat inson mushagi kuchi evaziga amalga oshirilgan.

Keyinroq yuritmal va inson tomonidan boshqariladigan manipulyatorlar yaratildi. Birinchi marta bunday manipulyatorlar 1940-1950 yillarda atom tadqiqotlari uchun, keyinroq atom energiyasi sanoati uchun yaratildi.

Birinchi to`liq avtomatlashtirilgan manipulyatorlar 1960-1961 yillarda AQShda ishlab chiqildi. 1961 yilda kontaktli va fotoelektrik datchikli ushlab olish qurilmasiga ega va EHM bilan boshqariladigan manipulyator yaratildi. Bu manipulyator *MN-1* muallifi nomi bilan “*Ernst qo`li*” (*Heinrich Ernst*) deb ataldi. “*Ernst qo`li*” stol ustida sochilib yotgan kubiklarni yig`ib yashikka terib qo`yardi. Eng birinchi sanoat robotlari 1962 yilda AQShda yaratildi. Bular "*Unimation*

Incorporated” firmasining "*Unimate*" sanoat robotlari edi.²² Bu robotlar ishlash jarayonida o'zgarmaydigan dasturlar asosida harakatlangan va holati o'zgarmas muhitlarda uncha murakkab bo'lmagan operatsiyalarni avtomatlashtirish uchun foydalanilgan.



2.2.2-rasm. “Unimate” birinchi sanoat roboti

Manba http://robotoved.ru/george_devol_unimate/

Bunaqa robotlar uchun boshqarish qurilmasi sifatida, misol uchun, “dasturlanadigan baraban” xizmat qilishi mumkin. Ishlash printsipi quyidagicha: elektrodvigatel yordamida aylanadigan silindrda manipulyator yuritmalarning kontaktlari joylashtirilgan. Baraban atrofida tok o'tkazuvchi metall plastinkalar o'rnatilgan. Silindr kontaktlari baraban plastinkalariga tekkanda kontakt yopiladi. Kontaktlar joylashuvi shunday bajarilganki, baraban aylanganda manipulyator yuritmasi kerakli paytda yoqiladi va robot dasturlangan operatsiyalarni kerakli ketma-ketlikda bajaradi. Xuddi shunday perfokarta yoki magnit lentasi yordamida boshqarish amalga oshiriladi. *Unimate* roboti avtomobil kuzovlarini kontaktli nuqtali payvandlash jarayonini avtomatlashtirish uchun yaratilgan edi.

Robotlar ishlab chiqarishning rivojlanish xronologiyasi quyidagicha:

²² <https://en.wikipedia.org/wiki/Unimate>

- 1967 y. AQSh litsenziyasi bilan Angliyada va GFRda robotlar ishlab chiqarish yo`lga qo`yildi;
- 1968 y. Shvetsiya va Yaponiyada robotlar ishlab chiqarish yo`lga qo`yildi (AQSh litsenziyasi bilan);
- 1972 y. Frantsiyada;
- 1973 y. Italiyada.

XX asrda dunyoda robotlar ishlab chiqarish dinamikasi: robotlar ishlab chiqarish yiliga o`rtacha 20-30% ga ortib bordi va 1998 yilda 1 mln. taga yetdi. XX asrning oxirgi o`n yilida sanoat robotlarining narxi 5 barobarga tushdi, ularning texnik xarakteristikalarini esa yaxshilandi. Buning natijasida robotlardan foydalanish samaradorligi oshdi.

Hozirgi vaqtda dunyoda robot ishlab chiqarish bo`yicha birinchi o`rinni Yaponiya egallagan. Bu yerda dunyo robot parkining ko`p qismi mujassamlangan.

Keyingi o`rinlarni AQSh, Italiya, Frantsiya va Shvetsiya egallaydi. Robotlar parkining ko`p qismi sanoatda ishlatiladi. Shularning yarmisidan ko`pi murakkab robotlar kerak bo`lgan asosiy texnologik operatsiyalarni bajaradi.

Robotlar ishlab chiqarish rivojlanishining texnik progressi asosan ularni boshqarish tizimlarini mukammallashtirishga qaratilgan.

Birinchi sanoat robotlaridagi boshqarish dasturlari raqamli dasturli boshqariladigan stanoklarnikiday edi. Bu robotlar *birinchi avlod robotlari* deb ataldi. *Ikkinchi avlod robotlar* – bu hissiyotga ega robotlar, ya`ni ular sensor sistemalari bilan qurollangan edi. Ularning asosiysi – texnik ko`rish sistemasi edi.

Birinchi sensorli va mikroprotssessorli boshqariladigan robotlar bozorda 1980-1981 yillarda paydo bo`lishdi. Ular asosan yig`ish operatsiyalarida, elektr-yoy payvandlashda, mahsulot sifatini konveyerda tekshirish va nosifatlarini konveyerdan olishda ishlatildi. Bularga misol, texnik ko`rish sistemasiga ega “Puma”, «Yunimeyt», «Auto-plyus», «Sintsinnati milakron» robotlari, “Hitachi”, «Vestingauz» («Apas» sistemasi), «Djeneral motors» («Konsayt» sistemasi) kompaniyalarining yig`uvchi robototexnik sistemalari. Dasturli boshqariladigan robotlarga nisbatan narxi baland va ishlatish murakkabliliga qaramay bunday

robotlarning umumiy robotlar ichidagi ulushi ortib bormoqda. Chunki bunday robotlarning funktsional imkoniyatlari va qo'llash darajasi juda ham katta bo'lgani uchun ular xarajatlarini qoplaydi.

XXI asr bo'sag'asida robototexnika keyingi rivojlanish bosqichiga yetdi – intellektual robotlar yaratish bosqichi.

Intellektual robot – bu konkret maqsadda ishlatiladigan robot bo'lib, funktsional sistemalarida sun'iy intellekt metodlaridan foydalaniladi. Bu esa robot texnikasidan foydalanish doirasini kengaytirib, inson faoliyatining har qaysi sohasida ishlatiladi.

Shu bilan birga robototexnikaning yana bir yangi maxsus sohasida ishlar olib borildi. Bu ishlar inson oyoq va qo'li faoliyatiga o'xshash qadamlab yuruvchi mashinalarni yaratish bilan bog'liq. Bu mashinalar printsiptial yangi turdagi transport turi bo'lib, oddiy mashina o'ta olmaydigan joylarda yura oladi. To'rt va olti oyoqli transport vositalari yaratilyapti. Bundan tashqari inson qo'li va oyog'i protezlari (ekzoskeletlar) ishlab chiqilyapti. Bular haqida pastroqda tanishib olamiz.

XX asr oxirida *robot-androidlarga* qiziqish kuchaydi. Hozirgi robot-androidlar zinapoyaga chiqa oladi, boshqa to'siqlardan o'ta oladi, murakkab manipulyatsiyalarni bajaradi va hattoki, inson bilan dialog qila oladi. Ular uy ishlarini bajara oladi, gid yoki ekskursovod vazifasini bajaradi va h.k.

Robototexnikani intellektuallashtirish bilan birga uning rivojlanishining boshqa yo'nalishi mavjud. Bu robotlarni miniatyurlashtirishdir. Bu ikkita yo'nalish mexatronikaning rivojlanish yo'nalishi bilan bog'liq. Miniatyurlashtirish mikroelektronika bazasida axborot-boshqaruv sistemalarini qo'llashdan boshlandi. Keyinroq XXI asr boshida sensorli va ijrochi (kuchli) sistemalarni mikro-elektromexanik sistemalari bazasida miniatyurlashtirish boshlandi. Robototexnikada bu tendentsiya mikrorobotlar yaratishda ko'rinyapti.

2.2.2. Robotlar boshqaruviga inson aralashuvi darajasi bo'yicha klassifikatsiyasilash

Robotlar asosan boshqaruviga inson aralashuvi darajasi bo'yicha, bajarayotgan vazifasiga ko'ra, konstruktiv tuzilishiga ko'ra, tezkorligi va harakatining aniqligi va boshqalar bo'yicha klassifikatsiyalanadi. Bizlar robotlarning birinchi 2 ta xususiyatiga ko'ra sinflanishini ko'rib chiqamiz.

1. *Robot boshqaruviga inson aralashuvi darajasi bo'yicha 2 turdagi robotlar ajratiladi:*

- biotexnik;
- avtonom (yoki avtomatik).

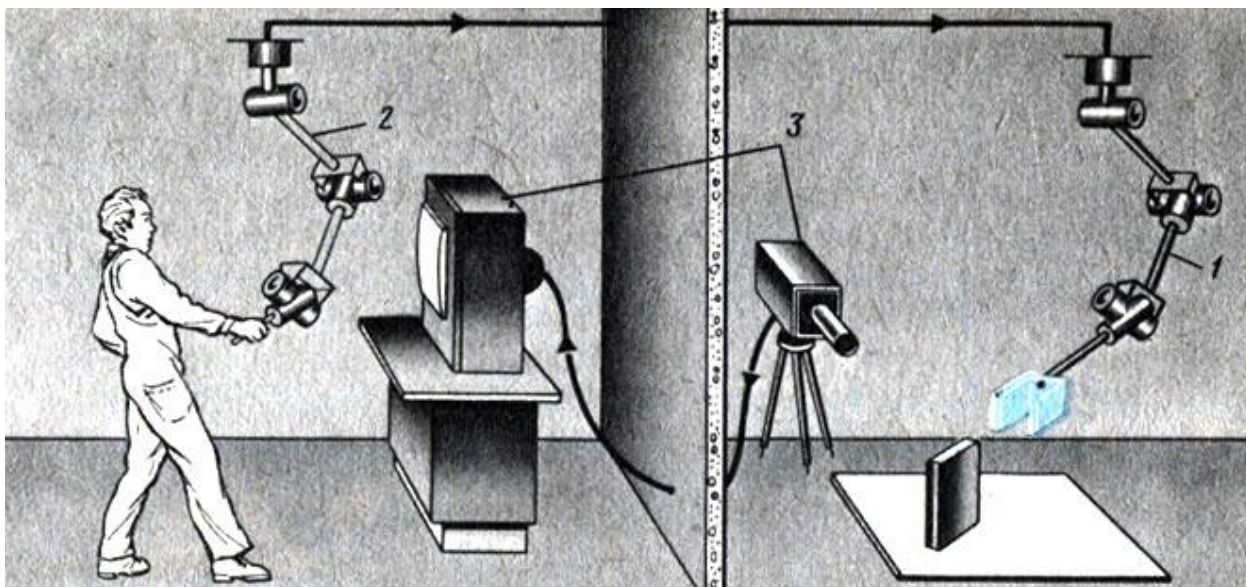
Biotexnik robotlar:

- masofadan turib boshqariladigan (harakatni takrorlovchi) barcha robotlar;
- ekzoskeletlar;
- inson tomonidan boshqarish pulti orqali boshqariladigan robotlar;
- yarimavtomatik robotlar.

Harakatni takrorlovchi robotlar quyidagi boshqarish strukturasiga ega:

- ijrochi mexanizmga o'lchami va ishlatadigan kuchi bo'yicha masshabli o'xshashs organ (odatda, manipulyator);
- to'g'ri va teskari aloqa signallarini etkazish vositalari;
- robot faoliyat ko'rsatadigan muhitni operatorga ko'rsatuvchi vosita.

Operator tomonidan ishlab chiqilgan harakat ijrochi organ tomonidan ikki tomonlama nazorat tizimlari yordamida masshtabli koeffitsiyent aniqligida takrorlanadi (2.2.3 va 2.2.4-rasmlar).



2.2.3-rasm. Harakatni takrorlovchi robotlarni boshqarish tizimi

1 - manipulyator, 2 – operator boshqaradigan manipulyator nusxasi, 3 - manipulyator faoliyatini operatorga ko`rsatuvchi tizim.

Manba: <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z00000003/st026.shtml>



2.2.4-rasm. “Telerobot” (Italiya) firmasining Maskot harakatni takrorlovchi manipulyatori

Manba: <https://studfiles.net/preview/396110/page:2/>

Ekzoskeletlar (unon. *έξω* — *tashqi* va *σκελετος* — *skelet*)– bu antropomorf konstruktsiyalar boʻlib, ularni inson qoʻliga, oyogʻiga yoki tanasiga “kiyib”, inson harakatini masshtab koeffitsiyentini hisobga olgan holda takrorlash uchun qoʻllaniladi. Ekzoskeletlar koʻpincha bir necha oʻnlik harakat erkinligiga ega boʻladi. Takrorlovchi robotlar singari ikki tomonlama nazorat tizimlari orqali boshqariladi ²³.

Mexanikada erkinlik darajasi — bu tizim yoki jismlarning muhitdagi vaziyati va ularning mustaqil harakatlanish (aylanish) koordinatlari toʻplamidir.

Ekzoskelet «*HAL 9000*» inson qoʻli va oyoqlarini “simulyatsiyalovchi” vazifasini bajaradi va inson yurganda va biror ishni bajarganda paydo boʻladigan zoʻriqishlarni oʻz zimmasiga oladi. Komplekt ogʻirligi 40 kg , lekin bu ogʻirlikni va ichidagi inson ogʻirligini ekzoskelet oʻzi koʻtaradi. *HAL-9000* ichidagi insonlarga hech qanaqa jismoniy ishni bajarish kerak emas, barcha boshqaruv ishlari maxsus pultlar yordamida bajariladi (2.2.5-rasm).

Ishlanma 3 toifa guruhlariga moʻljallangan:

- ogʻir jarohat olgan insonlar salomatligini tiklash uchun;
- qari insonlarning jismoniy ishlarni bajarishi uchun;
- ogʻir jismoniy ishlarni bajaruvchi insonlar uchun.

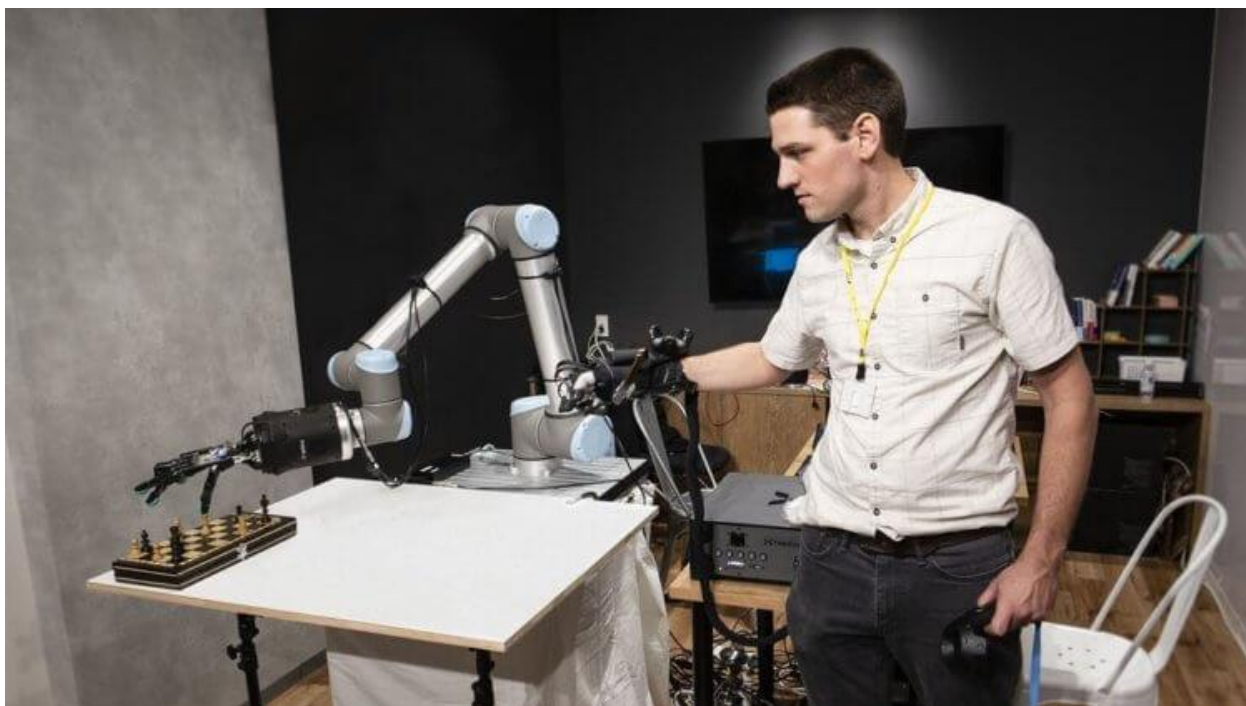
Shadow Robot Company (Buyuk Britaniya) tomonidan yaratilgan mexanik qoʻl “*Dexterous Hand*” deb nomlanadi, qurilma 24 erkinlik darajasiga ega, “barmoqlari” uchida teskari aloqasi boʻlgan maxsus sensorlari bor. Bu “qoʻl” sunʼiy intellekt bilan emas, balki qoʻlga kiyilgan maxsus qoʻlqop yordamida inson tomonidan boshqariladi (2.2.6-rasm).

²³ <https://habr.com/ru/company/asus/blog/126752/>



2.2.5-rasm. Ekzoskelet «HAL 9000» ichidagi inson

Manba: <https://i-future.livejournal.com/634988.html>



2.2.6-rasm. Shadow Robot Company (Buyuk Britaniya) tomonidan yaratilgan mexanik qo'l

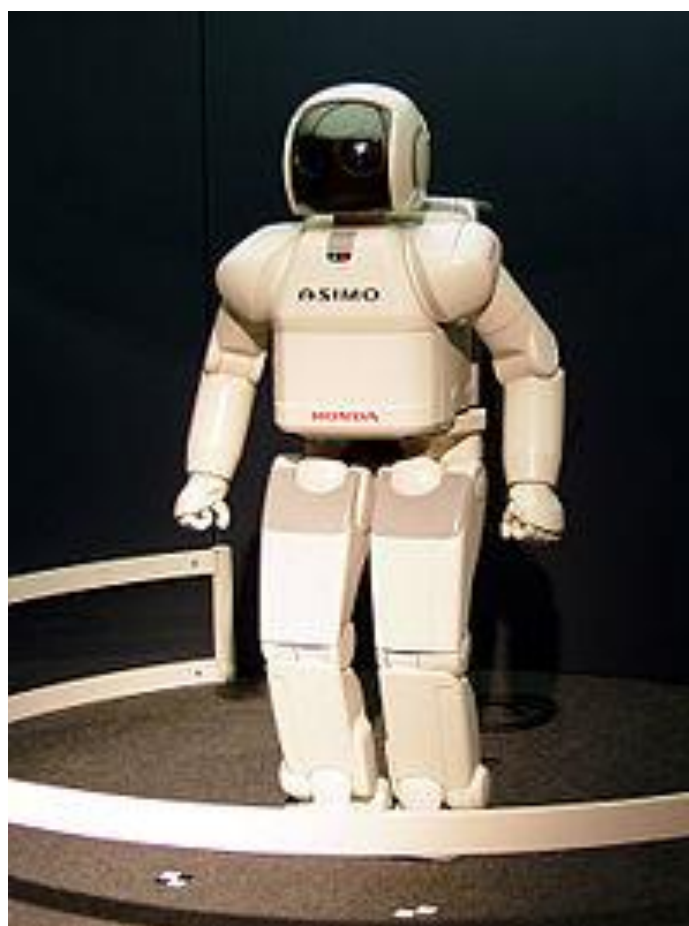
Manba: <https://hi-news.ru/technology/taktilnaya-svyaz-na-tysyachi-kilometrov.html>

Inson tomonidan pult orqali boshqariladigan robotlar. Pultda klavishalar yoki dastaklar tizimi va axborotni ko`rsatish vositalari mavjud.

Robot uchun harakatga da`vat inson tomonidan boshqarish pultidan ijrochi yuritmalar tizimi orqali beriladi.

Yarimavtomatik robotlarda qo`l yordamida va avtomatik boshqarish birgalikda olib boriladi. Bunday robotlar sun`iy intellekt qo`llanishi maqsadga muvofiq bo`lmaganda yoki mumkin bo`lmaganda ishlatiladi.

Avtonom (yoki avtomatik) boshqariladigan robotlar. Bunday robotlar maxsus ravishda sozlangandan keyin inson boshqaruvisiz ham faoliyat ko`rsatadi. Bunga misol – sun`iy intellekt elementlariga ega robotlar, *androidlar* (2.2.6-rasm).



**2.2.6-rasm. Robot-android ASIMO (Advanced Step in Innovative Mobility),
“Honda” (Yaponiya) da ishlab chiqarilgan**

Manba: <http://asimo.honda.com/>

2.2.3. Bajarayotgan vazifasi turi bo'yicha robotlar klassifikatsiyasi

Bajarayotgan vazifasi turi bo'yicha robotlar 2 sinfga bo'linadi:

- ishlab chiqarish robotlari;
- tadqiqot robotlari.

Ishlab chiqarish robotlari. Jismonan og'ir, zaharli va xavfli hamda monoton ishlarni bajarish uchun mo'ljallangan. Bu robotlar uchun avtomatik ijrochi qurilmalarning (inson qo'li harakatini takrorlovchi manipulyatorlar, har turdagi shassiga ega o'ziyurar telejkalalar va h.k. larning) bo'lishi xarakterlidir.

Ishlab chiqarish robotlari, o'z navbatida, bir necha turlarga bo'linadi:

- sanoat;
- qurilish;
- qishloq xo'jalik;
- transport;
- turmushda ishlatiladigan;
- harbiy.

Sanoat robotlari asosan qo'l mehnatini va transport operatsiyalarni avtomatizatsiyalash uchun har xil sanoat sohalarida qo'llaniladi. Asosan ular mashinasozlik va asbobsozlikda, tog'-kon sanoatida, avtomobilsozlikda, neft va kimyo sohasida, metallurgiya, atom sanoati va h.k.larda ishlatiladi.

Masalan, avtomobilsozlikda robottexnik komplekslar elektrkontaktli payvandlashda keng qo'llaniladi. 2.2.7-rasmda Sank-Peterburgdagi avtomobil yig'ish zavodida *Hyundai Solaris* kuzovini payvandlash sexi ko'rsatilgan.



2.2.7-rasm. Avtomobil yig`ish zavodida avtomobil kuzovini payvandlash sexi

Bajaradigan operatsiyalari turi bo`yicha barcha sanoat robotlari *texnologik* va *yordamchi* robotlar turiga bo`linadi.

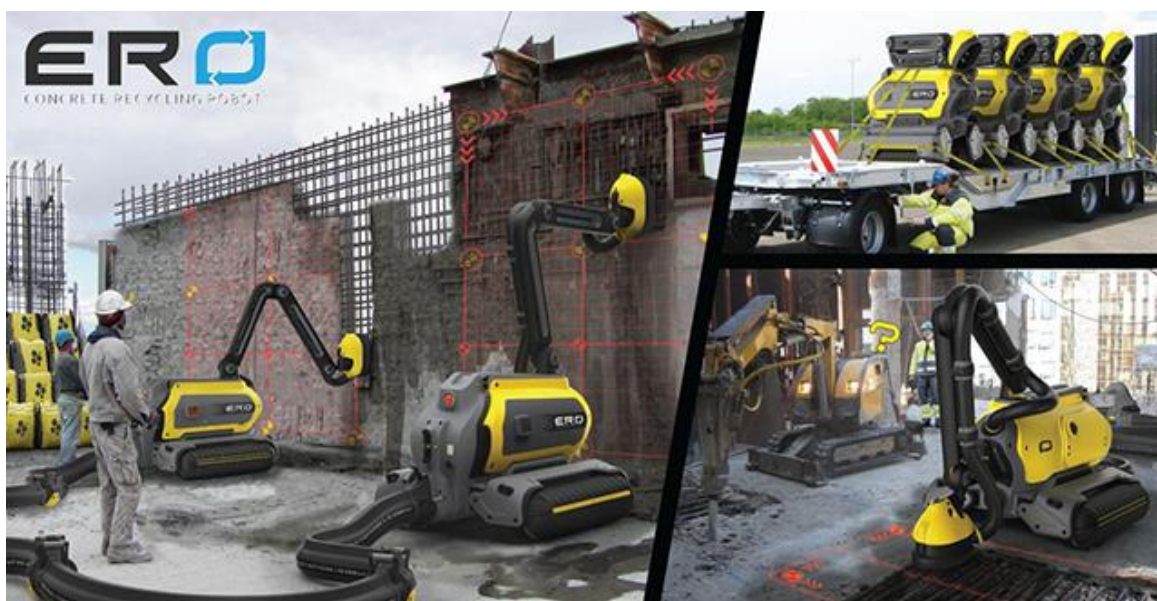
Texnologik robotlar asosiy texnologik operatsiyalarni bajaradi, yordamchilari esa asosiy texnologik jihozlarga xizmat ko`rsatish ishlarini bajaradi. Yordamchi robotlarni avtomatlashtirish vositalariga kiritadilar.

Operatsiyalarni bajarish imkoniyatiga qarab sanoat robotlari *maxsus*, *maxsuslashtirilgan* va *universal* turlarga bo`linadi. Maxsus SRLari bitta konkret vazifani bajaradi (m., payvandlash, ma`lum yig`ish operatsiyasi yoki bo`yash va h.k.). Maxsuslashtirilgan SRLari bir nechta bir-biriga o`xshash ishlarni bajaradi (m., ishchi asboblari almashtiriladigan yig`ish robotlari, ma`lum turdagi texnologik jihozlarga xizmat ko`rsatish robotlari va h.k.). Universal robotlar o`zlarining texnik imkoniyatlari darajasida har xil asosiy va yordamchi operatsiyalarni bajaradi.

Qurilish robotlari qo`l me`natini va og`ir ishlarni avtomatlashtirishda ishlatiladi. Hozir bu juda dolzarb masala hisoblanadi.

Robot *ERO Concrete Recycling Robot* (betonni qayta ishlash roboti) beton inshootlarni tez va samador demontaj qilish uchun yaratilgan (2.2.8-rasm).

O`zining unikal texnologik yechimlari evaziga robot bu ishni chiqindisiz, changitmasdan bajaradi, ajratib olingan ko`pgina materiallarni ikkinchi marta uy qurish uchun ishlatish mumkin. Betonni buzish katta bosim ostidagi suv oqimi ta`sirida bajariladi. Shu vaqtda vakuum sistemasi hosil bo`lgan substantsiyani so`rib yig`ib oladi. Robot separatori sement, suv va boshqa chiqindini ajratadi. Shunday qilib, ho`l beton qorishmasi germetik taraga upakovkalanadi, suv filtrdan o`tib, qaytib sistemaga beriladi, chiqindilar maxsus qoplarga solinadi (2.2.9-rasm).



2.2.8-rasm. ERO Concrete Recycling Robot demontaj ishini bajaryapti

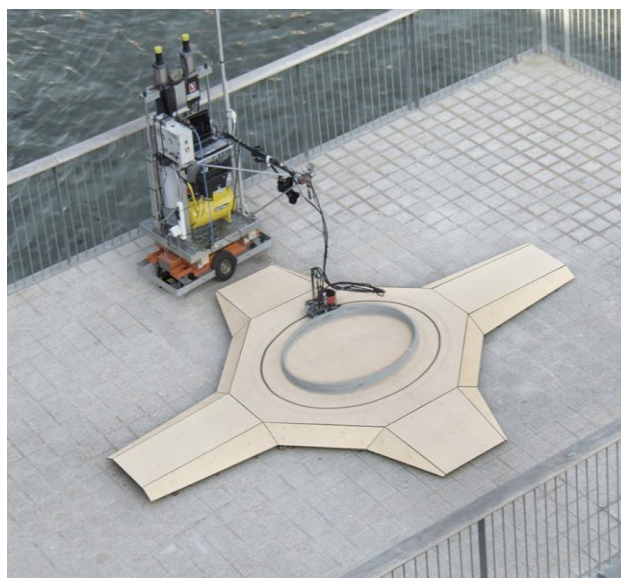
Manba: <https://robocatz.com/ero-recycling.htm>

Olimlarning ta`kidlashicha, yaqin orada uy-inshootlarni 3D-printerida yasash imkoniyati bo`ladi: oldingan dasturlangan arxitektura plani bo`yicha kompyuter bilan boshqariladigan mashina uy inshootini quradi (2.2.10-rasm).

Lekin katta uyni qurish uchun juda ham katta o`lchamdagi “printer” kerak bo`ladi. Shuning uchun hozir uyni o`zini emas, balkim uning elementlari “pechat” qilinyapti. Misol uchun, hozirgi vaqtda Kataloniyadagi zamonaviy arxitektura instituti (IAAC) tadqiqotchilari mobil «Minibuilder» («Mini-quruvchi») 3D-printerini ishlab chiqishdi. Bu printer uyni bosqichma-bosqich “pechat” qila oladi.



2.2.9-rasm. Robot *ERO* maxsus qoplarga chiqindilarni solyapti



2.2.10-rasm. 3D-printerda qurilish inshootlarini yasash

Manba: <https://robots.iaac.net/>

Harbiy robotlar. *Quinetiq* kompaniyasi harbiy robotlashtirilgan *MAARS* (*Modular Advanced Armed Robotic System*) qurolli robot tizimini yaratdi. Uning elektrodvigatel yuritmalı zanjirli platformasi 7 km/soatgacha tezlikni ta'minlaydi va og'irligi 165 kg.



2.2.11-rasm. *Quinetiq* kompaniyasining *MAARS* harbiy-transportli roboti

Manba:https://en.wikipedia.org/wiki/Modular_Advanced_Armed_Robotic_System

U kichkina harbiy mashina bo'lib, 7,62 mm kalibrli *M240B* pulemyot va 40mm li granatomyot bilan jihozlangan. Uning minorasi 360⁰ga 155⁰/sek tezlik bilan aylana oladi. Optik-elektron stantsiyasi 360⁰ga aylana bo'yicha ko'rishni ta'minlaydi. Tunda va og'ir tabiat sharoitlarida ham to'g'ri otishni ta'minlaydigan optik kameralari va lazerli dalnomeri mavjud.

Tadqiqot robotlari. Tadqiqot ob'yektlari haqida axborotni qidirish, yig'ish, qayta ishlash va uzatish vazifalarini bajaradi. Ob'yekt bo'lib koinot, planetalar yuzasi, suvosti havzalari, yerosti qavatları (g'or, shaxtalar), Arktika va Antarktika, cho'llar, zaharlangan va boshqa odam faoliyat ko'rsatishi qiyin bo'lgan hududlar.

Robot-dasturlar, ularni odatda *Bot* deyishadi, bir xil ko'p hajmli ishlarni avtomatlashtirish uchun mo'ljallangan va ko'proq Internetda ishlatiladi: qidiruv

robotlari, chat-botlar va h.k.

Asosiy tayanch soʻz va iboralar

Robot; robot-manipulyator; "Unimate" sanoat roboti; biotexnik va avtonom robotlar; ekzoskeletlar; yarimavtomatik robotlar; robot-android; ishlab chiqarish robotlari; tadqiqot robotlari

Asosiy tayanch tushunchalar

* Robot (chesh. “robot, robota – majburiy mehnat” yoki “rob – qul” degani) – tirik organizm printsipli asosida yaratilgan avtomatik qurilma, vosita.

* Robotlarning tashqi koʻrinishi va konstruksiyasi juda ham har xil boʻlishi mumkin. Hozirgi vaqtda ishlab chiqarish va boshqa sohalarda (texnik va iqtisodiy sabablarga koʻra) inson tashqi koʻrinishidan juda ham farq qiladigan tashqi koʻrinishga ega boʻlgan robot ishlatilib kelinmoqda.

* Birinchi toʻliq avtomatlashtirilgan manipulyatorlar 1960-1961 yillarda AQShda ishlab chiqildi. 1961 yilda kontaktli va fotoelektrik datchikli ushlab olish qurilmasiga ega va EHM bilan boshqariladigan manipulyator yaratildi.

* Hozirgi vaqtda dunyoda robot ishlab chiqarish boʻyicha birinchi oʻrinni Yaponiya egallagan. Bu yerda dunyo robot parkining koʻp qismi mujassamlangan.

* **Ekzoskeletlar** (yunon. *έξω* — tashqi va *σκελετος* — *skelet*)– bu antropomorf konstruksiyalar boʻlib, ularni inson qoʻliga, oyogʻiga yoki tanasiga “kiyib”, inson harakatini masshtab koʻeffitsiyentini hisobga olgan holda takrorlash uchun qoʻllaniladi.

* **Yarimavtomatik robotlarda** qoʻl yordamida va avtomatik boshqarish birgalikda olib boriladi. Bunday robotlar sunʼiy intellekt qoʻllanishi maqsadga muvofiq boʻlmaganda yoki mumkin boʻlmaganda ishlatiladi.

* **Avtonom (yoki avtomatik) boshqariladigan robotlar.** Bunday robotlar maxsus ravishda sozlangandan keyin inson boshqaruvisiz ham faoliyat koʻrsatadi. Bunga misol – sunʼiy intellekt elementlariga ega robotlar, *androidlar*.

*** *Ishlab chiqarish robotlari*** jismonan og'ir, zaharli va xavfli hamda monoton ishlarni bajarish uchun mo'ljallangan. Bu robotlar uchun avtomatik ijrochi qurilmalarning (inson qo'li harakatini takrorlovchi manipulyatorlar, har turdagi shassiga ega o'ziyurar telejkalar va h.k. larning) bo'lishi xarakterlidir.

*** *Tadqiqot robotlari.*** Tadqiqot ob'yektlari haqida axborotni qidirish, yig'ish, qayta ishlash va uzatish vazifalarini bajaradi. Ob'jekt bo'lib koinot, planetalar yuzasi, suvosti havzalari, yerosti qavatlari (g'or, shaxtalar), Arktika va Antarktika, cho'llar, zaharlangan va boshqa odam faoliyat ko'rsatishi qiyin bo'lgan hududlar.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. «Robot» so'zining lug'aviy ma'nosi nima?
2. «Manipulyator» tushunchasiga ta'rif bering?
3. Birinchi to'liq avtomatlashtirilgan manipulyatorlar qachon va qayerda ishlab chiqilgan?
4. “Unimate” birinchi sanoat robotining ishlash prinsipini tushuntiring.
5. Robotlar ishlab chiqarishning rivojlanish xronologiyasini aytib bering.
6. Robot boshqaruviga inson aralashuvi darajasi bo'yicha qaysi guruhlarga bo'linadi?
7. Bajarayotgan vazifasi turi bo'yicha robotlar qaysi guruhlarga bo'linadi?
8. *Eksoskeletlar* nima vazifani bajarishga mo'ljallangan?
9. *Shadow Robot Company* (Buyuk Britaniya) tomonidan yaratilgan mexanik qo'l “*Dexterous Hand*” nechta erkinlik darajasiga ega?
10. Ishlab chiqarish robotlari turlarini aytib bering.
11. Tadqiqot robotlarining asosiy vazifasi nima?

O'quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so'z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.

- Mavzu bo'yicha asosiy rasm va illyustratsiyalar

§2.3. MEXATRONIK TIZIMLARNI TRANSPORT VOSITALARDA QO`LLASH

2.3.1. Mexatronika tizimlarni avtomobil transportida qo'llash

Yerusti transport vositalari ichida eng kompyuterlashgani bu avtomobil transportidir (transportlovchi robotlar bu yerga kirmaydi).

Avtomobil (yunon. *autos* - o'zim va lot. *mobilis* - harakatchan) o'z dvigateli bilan oson harakatlanadigan g'ildirakli yoki yarim gusenitsali relssiz transport mashinasidir²⁴.

Hozirgi vaqtda yengil avtomobilning 40% narxini elektron komponentlar va dasturiy ta'minot egallaydi. Avtomobillarda texnik yangiliklar kiritishning 90% ni elektron sistemalar tashkil qiladi. Premiyum klassdagi yengil mashinalarda 70 tagacha protsessorlar mavjud, elektron tizimining 50 dan 70% xarajatini dasturiy ta'minot tashkil qiladi. Amalda zamonaviy avtomobil - bu kompyuter, faqat g'ildirakli. Ana shu elektron tizimlarning asosini mexatronika tizimlari (MT) ташкил қилади.

Avtomobil bozorida kuchli raqobat mutaxassislarni yangi zamonaviy texnologiyalarni qo'llashga majbur etadi.

Zamonaviy avtomobil MTlari quyidagi funktsiyalarni bajaradi:

- dvigatelni boshqarish;
- uzatmalar korobkasini boshqarish;
- harakat xavfsizligini ta'minlash (tormoz, diagnostika, xavfsizlik podushkalari, kruiz-kontrol, navigatsiya tizimi va h.k.)
- qulaylikni yaratish (klimat-kontrol, audio- va videotizimlarni avtomatik boshqarish) va h.k.

²⁴ Малкин В. С. Основы эксплуатации и ремонта автомобилей. — Ростов н/Д: Феникс, 2007. — 431 с.

Lekin, avtomobillarga asosiy qo'yiladigan talab – ularning xavfsizligidir. Shuning uchun, quyida avtomobillarning xavfsizlik sistemalarini ko'rib chiqamiz.

Hozirgi vaqtda avtomobil ixtirochi-olimlarning asosiy maqsadi *yo'l-transport hodisalar (YTH)* ni kamaytiruvchi “aqlli” elektron qurilmalarni ishlab chiqarish hisoblanadi. Bu ishlarning natijasi - *avtomobilni xavfsiz boshqarish tizimi (AXB)*ning yaratilgani bo'ldi. Inglizchada (*AVSM -Advanced vehicle safety management*)²⁵. Bu tizim avtomatik ravishda mashinalar orasidagi kerakli oraliqni saqlay oladi, mashinani sfoforning qizil signalida to'xtatadi, haydovchiga burilish uchastkasida mashina tezligining katta ekanligi haqida xabar beradi va h.k. Hatto, yangi tizimlar to'qnashish bo'lganda maxsus datchiklarning radiosignalizatori yordamida tez yordam mashinasi chaqirish imkoniyatiga ega.

Avtomobilni xavfsiz boshqarish tizimining 2 ta turi mavjud.

1. Avtomobilning aktiv xavfsizlik tizimi.
2. Avtomobilning passiv xavfsizlik tizimi.

Avtomobilning aktiv xavfsizlik tizimi (AAXT) –YTHni oldini olish va avtomobilning konstruktiv xossalriga bog'liq holda ular kelib chiqish sabablarini yo'qotishga qaratilgan avtomobilning konstruktiv va ishlatish xususiyatlari yig'indisidir. Boshqacha qilib aytganda AAXT – avariya sodir bo'lish sabablarini yo'qotib, avtomobilni xavfsiz ishlatishga qaratilgan barcha tizimlari yig'indisidir²⁶.

Eng ko'p ma'lum bo'lgan va eng ko'p qo'llanidigan aktiv xavfsizlik tizimlari quyidagilar:

- tormozni antiblokirovkalash tizimi (TAT) - *antilock braking system (ABS)*;
- yetakchi g'ildiraklarni probuksovkalashdan himoyalash tizimi - *anti-slip system (ASS)*;
- favqulodda tormozlash tizimi - *emergency braking system (EBS)* va boshqalar.

Yuqorida keltirilgan tizimlar avtomobilning tormozlash va dvigatelni boshqarish tizimlari bilan konstruktiv bog'langan, ular bilan birga o'zaro aloqada

²⁵ <http://www.geeks4thewin.com/Topics/advanced-vehicle-safety-management/>

²⁶ <http://systemsauto.ru/active/active.html>

bo`ladi. Bu esa ushbu tizimlarning samadorligini oshirishga imkon beradi.

Bundan tashqari zamonaviy avtomobillarda quyidagi aktiv xavfsizlik tizimlari o`rnatilmoqda:

- adaptiv kruiz-kontrol ;
- avtomatik parkovkalash tizimi;
- aylana bo`yicha nazorat qilish tizimi va b.

Avtomobilning passiv xavfsizlik tizimi (APXT)– YTHsi ro`y berganda, haydovchi va passajirlarning shikastlanishidan himoyalashga qaratilgan avtomobilning konstruktiv va ishlatish xususiyatlari yig`indisidir²⁷.

Ular qatoriga quyidagilar kiradi:

- xavfsizlik kamarlari - *seat belts*;
- xavfsizlik podushkalari - *airbags*;
- xavfsizlik kamarlarini tarang tortish qurilmasi - *seat belt tensioners* va b.

2.3.2. Avtomobillarning aktiv xavfsizlik tizimi

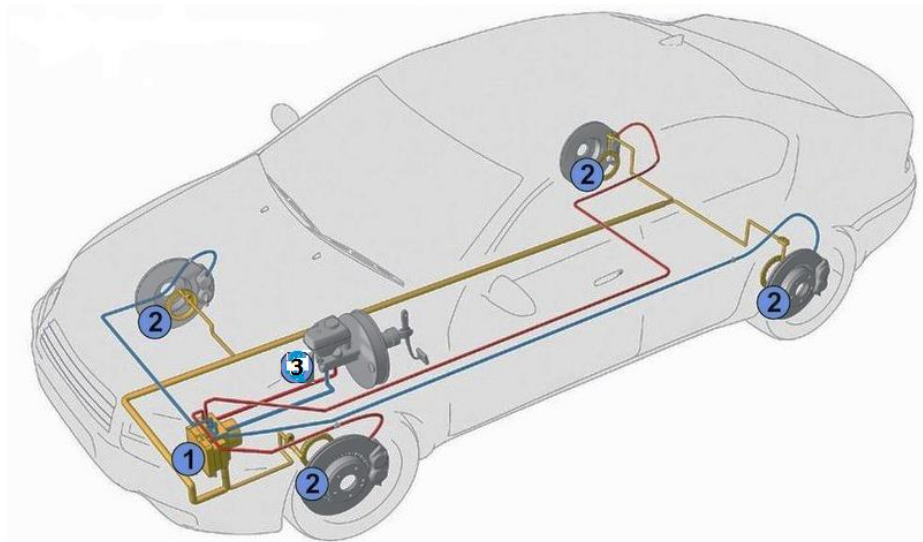
AAXTning asosiy vazifasi avariya vaziyatlarning oldini olish hisoblanadi. Boshqacha qilib aytganda, AAXTning vazifasi xavfli vaziyatlarni “his qilish” va to`qnashuvlarning oldini olish, yoki, minimum, tezlikni kamaytirishdir.

AAXTning asosini **tormozni antiblokirovkalash tizimi (ABS)** tashkil qiladi. Yangi avtopilotlar qo`llanilayotgan bir paytda ABS juda oddiy bo`lib va uning himoyalash xususiyati juda past bo`lib ko`rinishi mumkin. Lekin bu xato fikr hisoblanadi. Shu kunlarda ABSning boshqarish tizimi va datchiklari boshqa elektron tizimlarning asosi bo`lib kelmoqda. Yillar bo`yicha ABS yangi qo`shimcha modullar bilan ta`minlanib kelinmoqda, chunki aktiv xavfsizlik ABSdan boshlanadi.

Tormozlashda g`altaklarning blokirovkasi bilan 100 yil oldin kurashish boshlangandi. Bu muammoni boshlanishida temir yo`llarda sezdilar (g`altagi blokirovkalangan vagonlar relsdan tushib ketish holatlari bor edi). XX asr o`rtasida

²⁷ <http://systemsauto.ru/passive/passive.html>

tormozlashda g`altaklar blokirovkalashini oldini olish sistemalari aviatsiyada keng tarqaldi. Birinchi marta seriyali ishlab chiqarilgan elektronli ABSi bo`lgan avtomobil 1978 yilda S-klassdagi Mercedes (W116) avtomobili bo`ldi (2.3.1-rasm).



2.3.1-rasm. Mercedes (W116) avtomobilining tormozni antiblokirovkalash tizimi (ABS)

*1 – elektr yuritmalı gidravlik nasos; 2 – g`altaklar aylanish tezligi datchiklari;
3-boshqarish bloki*

ABS lar quyidagi komponentlardan iborat: g`altaklar aylanish tezligi (chastotasi) datchiklari, boshqarish bloki (elektron protsessor), servoklapanlar, elektr yuritmalı gidravlik nasos va bosim akkumulyatori (2.3.2-rasm).

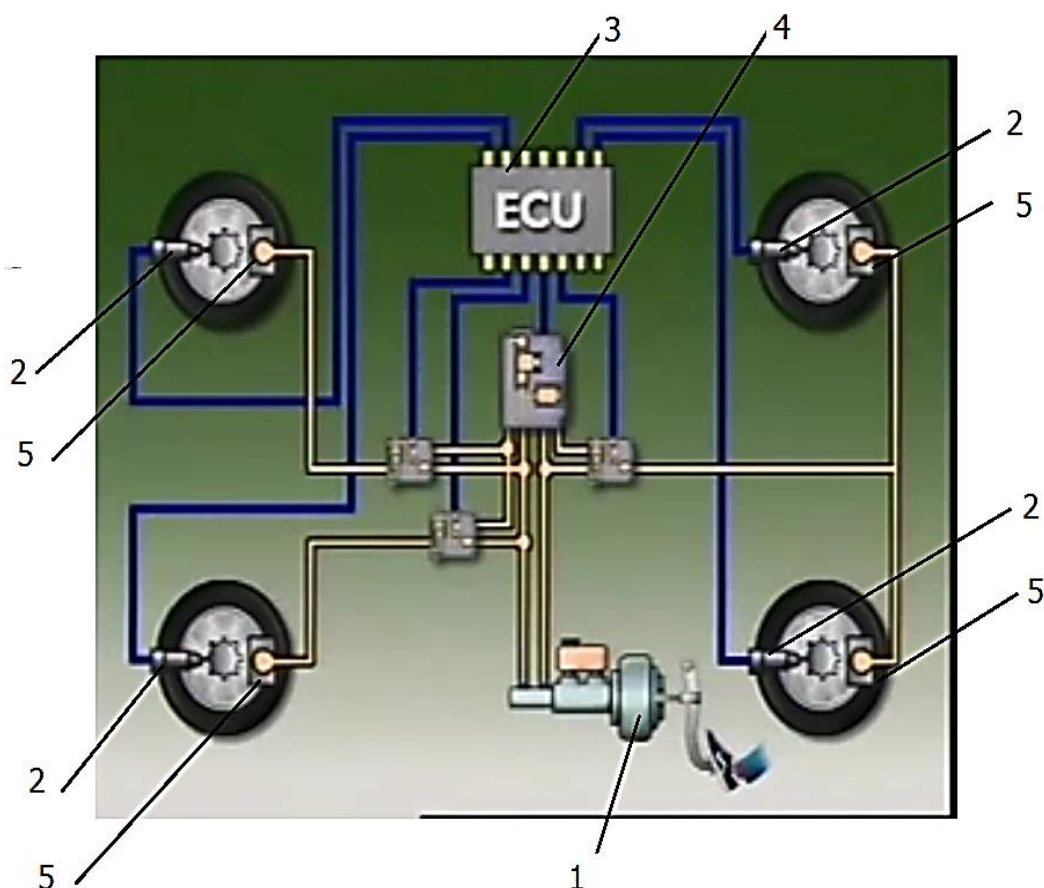
Intensiv tormozlashda g`altaklar aylanishdan to`xtaydi, avtomobil sirpana boshlaydi va rul bilan boshqarish imkoniyati bo`lmaydi, tormoz yo`li uzunligi esa bunda juda o`sishi mumkin. Bu quyidagicha ro`y beradi: g`altak aylanayotganida protektor va yo`l orasidagi kontaktda qovushqoqlik ishqalanishi (*трение сцепления*) paydo bo`ladi, uning kuchi blokirovkada paydo bo`ladigan sirpanish ishqalanishi (*трение скольжения*) kuchidan katta bo`ladi. Qovushqoqlik ishqalanishisiz g`altaklar yon tomon kuchlanishlarni qabul qilolmaydi, shuning uchun avtomobil inertsiya ta`sirida sirpanishni davom ettiradi: bunda to`siqlarni

aylanib o'tish yoki burilishga qaytish mumkin bo'lmaydi.

ABS bunday vaziyatga yo'l qo'ymaydi (2.3.2-rasm): g'ildirakdagi datchiklar 2 aylanish tezligini sekundiga 10 marta o'lchab boshqarish bloki 3 ga axborotni yuboradi. G'ildiraklar blokirovkalanganda g'altaklarning yana aylanishini ta'minlash uchun boshqarish bloki 3 bir yoki bir nechta tormoz magistrallarida bosim akkumulyatori 4 yordamida bosimni rostlaydi va servoklapanlar 5 vaziyatga qarab ochilib-yopiladi hamda bu bilan g'altaklarning blokirovkasi yoqotiladi.

Barcha zamonaviy ABS lar to'rt kanalli hisoblanadi, ya'ni elektronika har bir g'altakni alohida boshqaradi.

Bunday holatda haydovchida tormozlashda ham to'siqlarni aylanib o'tish imkoniyati paydo bo'ladi (2.3.3-rasm).



2.3.2-rasm. Avtomobilning tormozni antiblokirovkalash tizimi sxemasi

1 – elektr yuritmalı gidravlik nasos; 2 – g'altaklar aylanish tezligi datchiklari;
3-boshqarish bloki; 4-bosim akkumulyatori; 5-servoklapan

Zamonaviy avtomobillarda asosan konstruktsiyasi sezgir element va uzatish

elementlaridan tashkil topgan *magnitrezistorli aylanish chastotasi datchiklari* va *Xoll datchiklari* qoʻllaniladi (2.3.4-rasm). Magnitrezistorli datchiklarda magnit maydoni oʻzgarishi natijasida qarshilik oʻzgaradi. Xoll datchiklarida magnit maydoni oʻzgarishi natijasida kuchlanish oʻzgaradi. Bu oʻz navbatida, tok qarshiligining oʻzgarisiga olib keladi. Bunday signalni apparat yoki dasturiy usulda qayta ishlangandan keyin gʻaltaklar aylanish chastotasini hisoblab topish mumkin.



2.3.3-rasm. ABSning samaradorligini koʻrsatuvchi foto



2.3.4-rasm. Aylanish chastotasi datchigini oʻrnatish joyi

Adaptiv (moslashuvchan) kruiz-kontrol tizimi - *Adaptive Cruise Control (ACC)*. Harakat paytida oldingi mashina orasidagi distantsiyani nazorat qiladigan tizimlar 90-yillar o`rtasida paydo bo`ldi: 1995 yilda *Mitsubishi sedan “Diamante”* ni bozorga olib chiqdi. 1999 yilda S-klassdagi *Mercedes W220* da ABS bilan birga ishlovchi distantsiyani boshqaruvchi *Distronic* tizimi yaratildi. Shundan keyin bu tizim yildan yilga rivojlanib ketmoqda. Bu tizimning asosiy funktsiyalari 2.3.5-rasmda ko`rsatilgan.

ACC tizimi tarkibiga masofa datchiklari, boshqarish bloki va ijro qurilmalari kiradi. Masofa datchiklari oldinda harakatlanayotgan avtomobilning tezligi va ungacha bo`lgan masofani o`lchash uchun xizmat qiladi. Masofa datchiklari sifatida *radar* va *lidarlar* ishlatiladi.

Radar (ingl. *Radar, Radio Detection and Ranging* – radioaniqlash va masofani o`lchash)<sup>28</sup> – ob`ektga elektrmagnit to`lqinlarni yuboradi va qaytish signali - aks-sado (exo)ni qabul qilib oladi. Oldinga ketayotgan avtomobilning tezligi qaytgan to`lqinning chastotasi o`zgarishi bo`yicha, avtomobilgacha masofa esa - signal qaytish vaqti bo`yicha aniqlanadi. Olingan parametrlar elektrik signalga o`zgartiriladi va boshqarish blokida yuboriladi.

Lidarda (ingl. *Lidar, Light Identification Detection and Ranging* –nur yordamida masofani aniqlash va o`lchash)<sup>29</sup> infraqizil lazer nurlaridan foydalaniladi. Ular ishlash printsipi radarga o`xshash va radarga nisbatan arzon turadi, lekin ish faoliyati aniqligi ob-havo sharoitiga bog`liq, shuning uchun premium-klass avtomobillarda radarlar ishlatiladi. Masofa datchiklari asosan oldingi bamperda yoki radiator panjarasida o`rnatiladi. Faoliyat radiusi 150 m ni tashkil qiladi.

²⁸ Bowen, Edward George. *Radar Days*. — CRC Press, 1998.

²⁹ Middleton, W. E. K, and Spilhaus, A. F., *Meteorological instruments*, University of Toronto, 3rd ed.-2002, 402 p.



Haydovchi tomonidan belgilangan tezlikda harakatlanish.



Bir xil distantsiyani saqlagan holda oldingi avtomobil tezligi bo'yicha harakatlanish.



Oldindagi avtomobil to'xtaganda berilgan distantsiyani saqlagan holda avtomatik to'xtash



Oldingi mashina yurganidan 3 sek o'tgandan keyin harakatlanish.



Harakat paytida orqa va yon tomondagi "o'lik" zonalarini nazorat qilish

2.3.5-rasm. Adaptiv kruiz-kontrol tizimining asosiy vazifalari

Parkovkani nazorat qilish –*Parking distance control (PDC)*³⁰. Akustik parkovkalash tizimi ultratovushli datchikli tizim bo`lib, asosiy maqsadi parkovka vaqtida avtomobil va to`siqlar orasidagi distantsiyasini nazorat qilishdir. Ultratovushli datchiklar mashina va yaqin turgan to`siqlar orasidagi distantsiyani o`lchaydi va bu distantsiya kamayishi bilan akustik signallar xarakteri o`zgaradi va displayda haydovchi uchun ogohlantirish signali paydo bo`ladi.

2003 yilda parallel parkovkalash imkoniyatiga ega avtomobil chiqdi. Birinchi bo`lib bu ishni *Toyota Prius* uddaladi.

Zamonaviy avtomobillarda avtomatik parkovkalash tizimlari mavjud. Ular quyidagicha ishlaydi (2.3.6-rasm):

1) ultratovushli datchiklar (*ultrasonic sensor*) mashina perimetri bo`ylab joylashtiriladi. Ular soni qancha ko`p bo`lsa, shuncha yaxshi. Ular atrof-muhit haqidagi vaziyatni skanerlab boshqaruv blokiga signalni etkazishadi. Faoliyat masofasi o`rtacha 4 m dan ko`proq.

Elektr energiyani ultratovush to`lqinlariga (chastotasi 20 kGts dan ortiq bo`lgan mexanik tebranishlarga) o`zgartirib beruvchi sensorli qurilma *ultratovushli datchik* deyiladi. Uning ishlash printsipi radarga o`xshash;

2) sistemaning “bosh miyasi” bo`lgan boshqarish bloki ultratovushli datchiklardan signallarni qabul qilib olib, qayta ishlaydi va samarali parkovkalash uchun kerakli barcha boshqa boshqaruv tizim va modullarni ishga tushiradi;

3) mashinaning kurs bo`yicha barqarorlik sistemasi avtoparkovka rejimida boshqarish blokidan nazorat qilinadi va mashinani berilgan trayektoriyada saqlab turish uchun javob beradi;

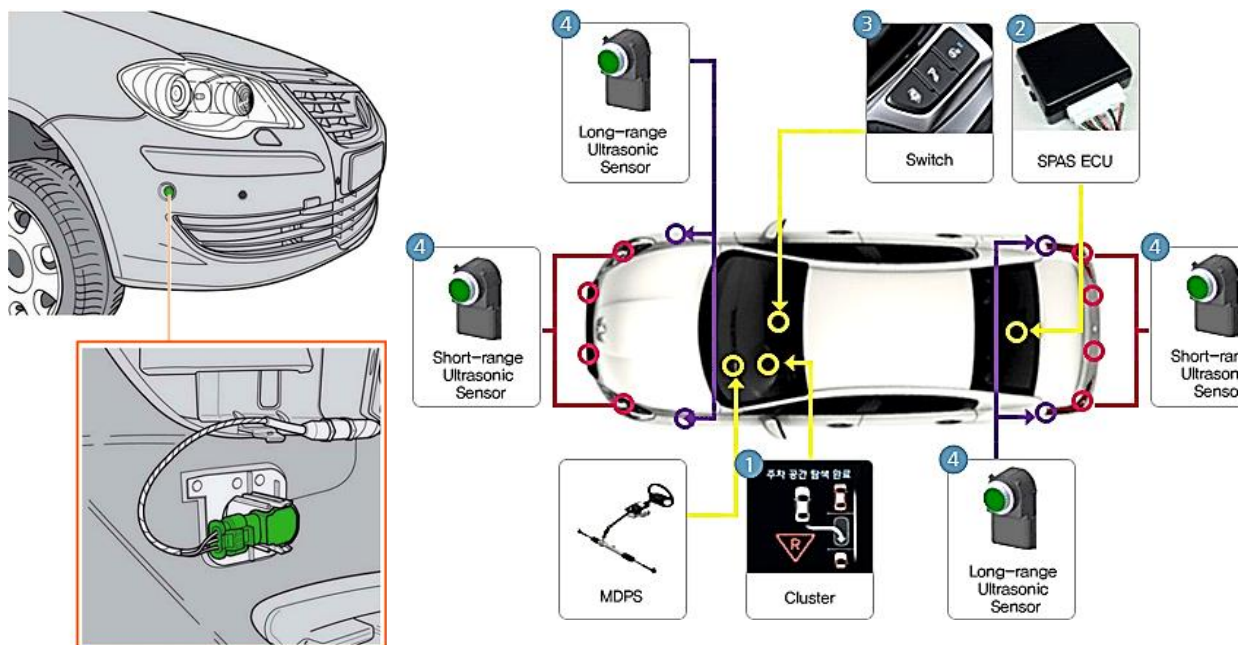
4) dvigatel to`liq avtoparkovka rejimi nazoratiga o`tadi. Bunda aylanishlar soni rostlanib, yonilg`i berish jadalligi nazorat qilinadi;

5) rul boshqaruvi – rul g`altagi aylanishi ultratovushli datchiklardan olingan signallar asosida amalga oshiriladi. Uning aylanish jadalligi real vaqt rejimidagi avtoparkovka sistemasi tomonidan boshqariladi. Haydovchi ishtiroki

³⁰ <https://www.privatefleet.com.au/glossary/what-is-park-distance-control/>

kerak bo'lmaydi.

6) uzatmalarni avtomatik korobkasi avtoparkovka nazoratiga olinadi. “parking” va “to drive” rejimlarini o'zaro almashtirish elektronika boshqaruvi bilan bajariladi.



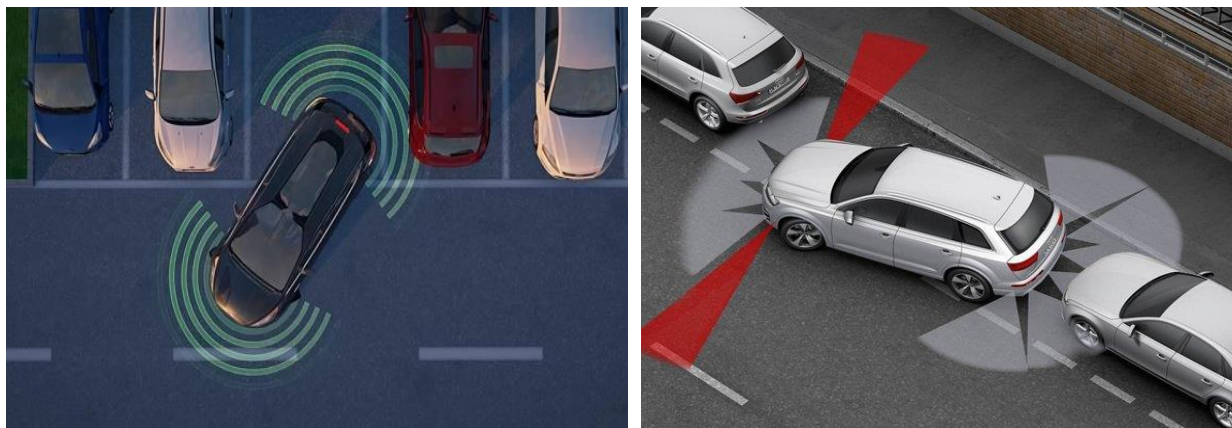
2.3.6-rasm. Ultratovushli datchiklarni o'rnatish sxemasi

Xavfsizlik va avariya holatini yo'qotish maqsadida haydovchi xoxlagan vaqtida parkovkalashni o'z qo'liga olish imkoniyatiga ega. Lekin oxirgi yillardagi ko'plab testlar bu tizimni ishonchli ekanligini ko'rsatdi. Bu tizimlar xavfsiz va ishlatish uchun qulaydir.

Keyingi qadam – avtomobilni butunlay avtonom boshqarish sistemasiga o'tish. 2015 yil kuzida *Tesla* kompaniyasi *Autopilot* dasturiy ta'minotini yaratdi. Bu butunlay pilotsiz harakatlanish bo'lmagan, balki rivojlangan kruiz-kontroldir (adaptiv kruiz-kontrol). Bunday ishlarni *Volvo S90 Pilot Assist* sistemasini bilan va E-klassdagi yangi *Mercedes Drive Pilot* jihozi bilan birga bajardi.

Avtomobilni boshqarish uchun har tomonga qarab turuvchi ko'proq “ko'rish organlari” – radarlar va datchiklar kerak bo'ladi. Bu asboblardan kelayotgan

ma'lumotlarni "sun'iy intellekt" qabul qilib, harakat yo'lidagi barcha ob'ektlarni, yo'l chiziqlarini, burilishlarni, yo'l belgilarni "ko'ra oladi", va bu ma'lumotlar asosida elektronika yo'l marshruti va rejimlarini belgilaydi hamda ularni bajarish uchun ijro mexanizimlariga buyruq beradi (2.3.7-rasm).

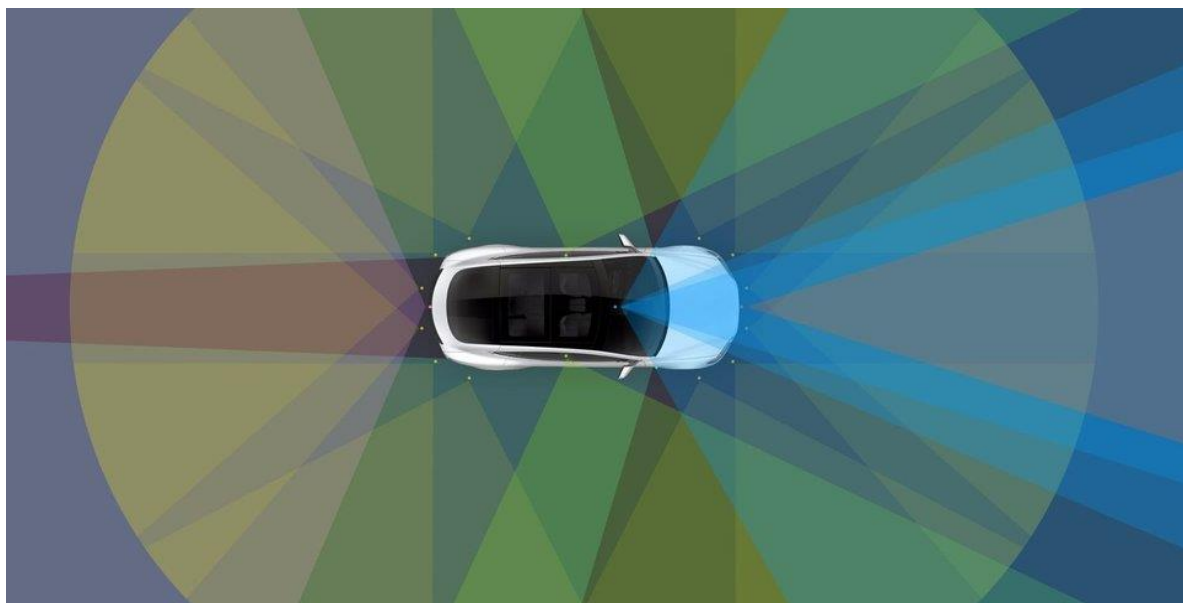


2.3.7-rasm. Avtomatik parkovkalash sxemalari

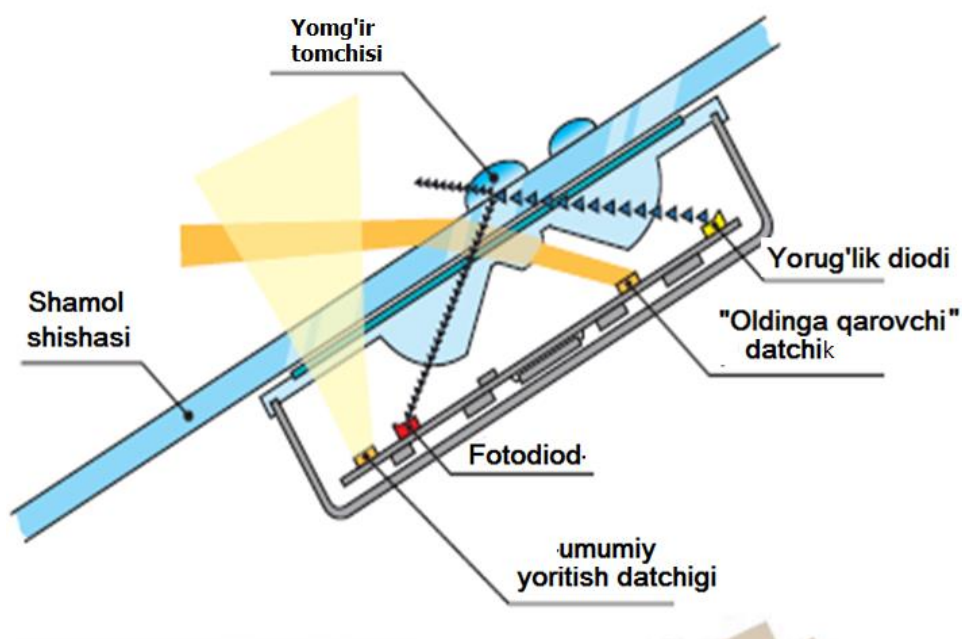
Xo'sh avtomobilda ideal holatda qancha "ko'rish organlari" bo'lishi kerak? Eng rivojlangan tizim hozircha *Tesla* avtomobillarida mavjud (2.3.8 -rasm). Unda aylana bo'yicha ko'rish uchun 8 ta videokamera (uchtasi oldinga qaraydi: asosiysi mashinadan 150 m masofani ko'radi, ikkinchisi – 250 m ni va uchinchi katta burchakni ko'radigan kamera 60 m ni ko'ra oladi). Yon va orqa tomonlarda yana 5 ta kamera joylashgan. Bundan tashqari 160 m masofani ko'ra biladigan asosiy radar va mashina atrofi bo'yicha joylashgan 12 ta ultratovushli datchiklar bor.

2.3.9-rasmda "*Bosh*" firmasining **ob-havo datchigi** ko'rsatilgan. Mashina modeli turiga qarab ichkarida bitta infra qizil yorug'lik diodi va 1-3 ta foto qabul qiluvchi joylashtiriladi. Yorug'lik diodi ko'z ko'rmas nurni mashina shamol shishasi yuzasiga nisbatan o'tkir burchak ostida tarqatadi. Agar ob- havo quruq bo'lsa barcha nurlar tesqariga qaytarilib foto qabul qiluvchiga tushadi (shunday optik tizim ishlangan). Nurlar impuls shaklida berilganligi sabab datchik boshqa nurga reaksiya qilmaydi. Agar shamol shishasi yuzasiga tomchi yoki suv qatlami bo'lsa, nurlarning shishadan qaytish sharoiti buziladi va nurning bir qismi atrof-muhitga tarqaladi. Buni sensor sezadi va kontroller shisha yuvuvchi uchun ishlash rejimini tanlab, uni

ishga tushiradi. Agar kerak bo`lsa, bu qurilma mashina tomidagi elektrolyukni ham yopadi, eshiklardagi shishalarni ko`taradi. Yana 2 ta fotodiod bu tizimda mavjud. Ulardan biri faralarni avtomatik tarzda yoqadi (kech tushganda yoki mashina tunnelga kirganda), ikkinchisi “dalniy” va “blijniy” faralarni o`zgartirib turadi. Bu funktsiyalarning ishlashi mashina modeliga bog`liq.



2.3.8-rasm. Tesla avtomobilining atrofni “ko`rish” imkoniyati

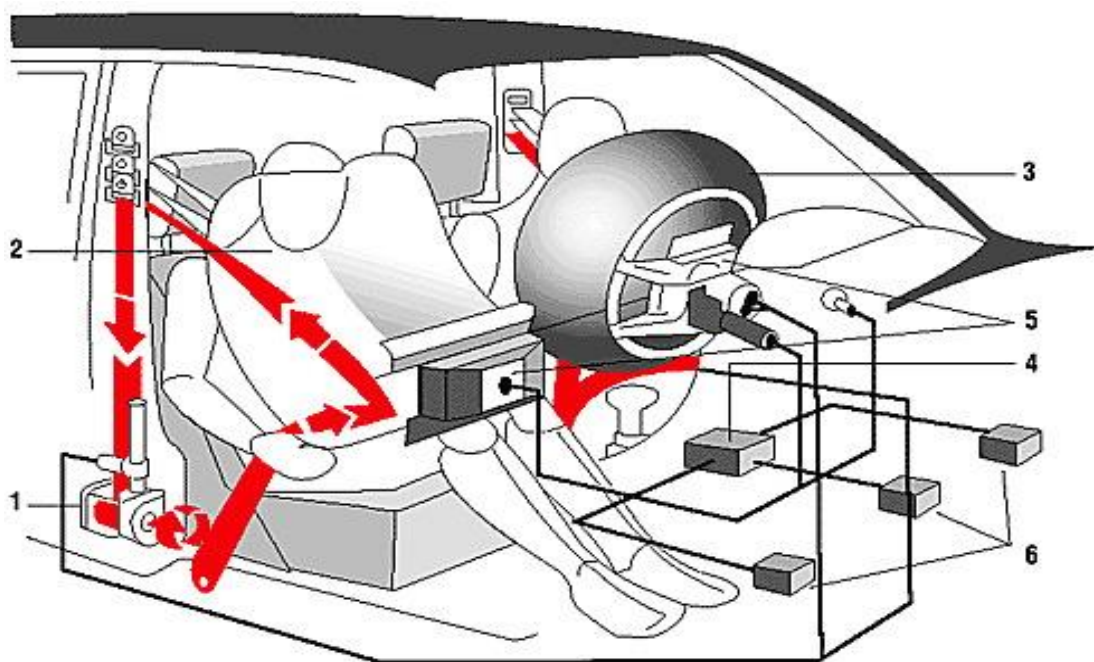


2.3.9-rasm. "Bosh" firmasi ob- havo datchigining ishlash printsiipi

2.3.3. Avtomobilning passiv xavfsizlik tizimlari

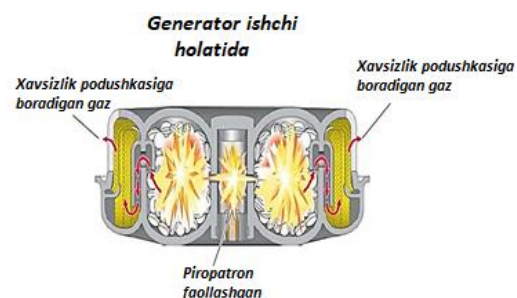
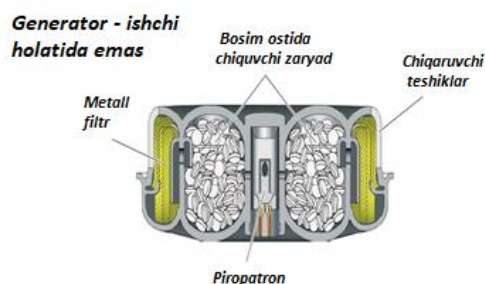
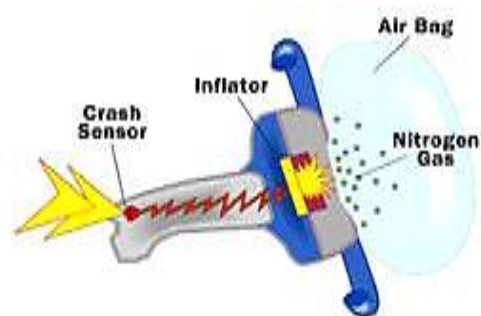
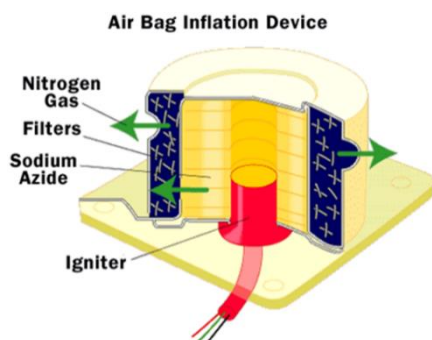
Avtomobil xavfsizlik podushkasi (airbag). Uning elementlari: inertsiya datchiklar mashina modeliga qarab, mashina bamperida, motor to'sig'i oldida, haydovchi tirsak osti joyida joylashgan bo'lib, avariya paytida boshqarishning elektron blokiga signallarni yuboradi (2.3.10-rasm). Zamonaviy AXBT da frontal datchiklar 50 km/soat dan yuqori tezlikdan paydo bo'lgan zarbada ishlaydi. Yon tomondagilar bundan kichikroq zarbada ishlaydi.

Elektron blokdan signal gazogenerator bilan ulangan asosiy modulga uzatiladi. Asosiy modul diametri 10 sm va balandligi 1 sm li tabletka shaklida bo'lib, azot generatsiyalovchi moddadan iborat. Elektr impuls tabletkaning patronini yondiradi va kristallar portlash tezligida gazga aylanadi. Ana shu jarayon juda tez amalga oshiriladi va podushka 25 ms ichida gazga to'ladi (2.3.11-rasm). Keyin podushka 200-300 km/soat tezlikda insonning ko'kragi tomon o'tilib keladi.



2.3.10-rasm. Avtomobil xavfsizlik podushkasi.

1 - xavfsizlik kamarini tarang tortish qurilmasi; 2 – yo'lovchi uchun xavfsizlik podushkasi; 3 - haydovchi uchun xavfsizlik podushkasi; 4 - boshqarish bloki va markaziy datchik; 5 - ijrochi modul; 6 - inertsiya datchiklari.



2.3.11-rasm. Gazogeneratorning ishlash printsipti

Asosiy tayanch soʻz va iboralar

Avtomobil; avtomobilni xavfsiz boshqarish tizimi (AVSM); aktiv va passiv xavfsizlik tizimi; tormozni antiblokirovkalash tizimi (ABS); intellektual kruiz-kontrol tizimi (ICCS); ob- havo datchigi; avtomobil xavfsizlik podushkasi (airbag)

Asosiy tayanch tushunchalar

* Avtomobil (yunon. *autos* - oʻzim va lot. *mobilis* - harakatchan) oʻz dvigateli bilan oson harakatlanadigan gʻildirakli yoki yarim gusenitsali relssiz transport mashinasidir.

* Hozirgi vaqtda avtomobil ixtirochi-olimlarning asosiy maqsadi *yoʻl-transport hodisalar (YTH) ni kamaytiruvchi* “aqli” elektron qurilmalarni ishlab chiqarish hisoblanadi. Bu ishlarning natijasi - *avtomobilni xavfsiz boshqarish tizimi (AXBT)*ning yaratilgani boʻldi. Inglizchada (*AVSM -Advanced vehicle safety management*).

* *Avtomobilning aktiv xavfsizlik tizimi (AAXT)* –YTHni oldini olish va avtomobilning konstruktiv xossalariga bogʻliq holda ular kelib chiqish sabablarini

yo`qotishga qaratilgan avtomobilning konstruktiv va ishlatish xususiyatlari yig`indisidir. Boshqacha qilib aytganda AAXT – avariya sodir bo`lish sabablarini yo`qotib, avtomobilni xavfsiz ishlatishga qaratilgan barcha tizimlari yig`indisidir.

* *Avtomobilning passiv xavfsizlik tizimi* – YTHsi ro`y berganda, haydovchi va passajirlarning shikastlanishidan himoyalashga qaratilgan avtomobilning konstruktiv va ishlatish xususiyatlari yig`indisidir.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Avtomobilni xavfsiz boshqarish tizimiga tushuncha bering.
2. Avtomobilning aktiv xavfsizlik tizimining xususiyatini tushuntiring.
3. Avtomobilning passiv xavfsizlik tizimi nima?
4. Tormozni antiblokirovkalash tizimi (ABS)ning ishlash printsipini tishintiring.
5. Adaptiv kruiz-kontrol haqida tushuncha bering.
6. Parkovkani nazorat qilish tizimini tushuntiring.
7. Ob- havo datchigi tizimining ishlash printsipini ayting.
8. Avtomobil xavfsizlik podushkasi ishlashining asosiy xususiyatlari nima?

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

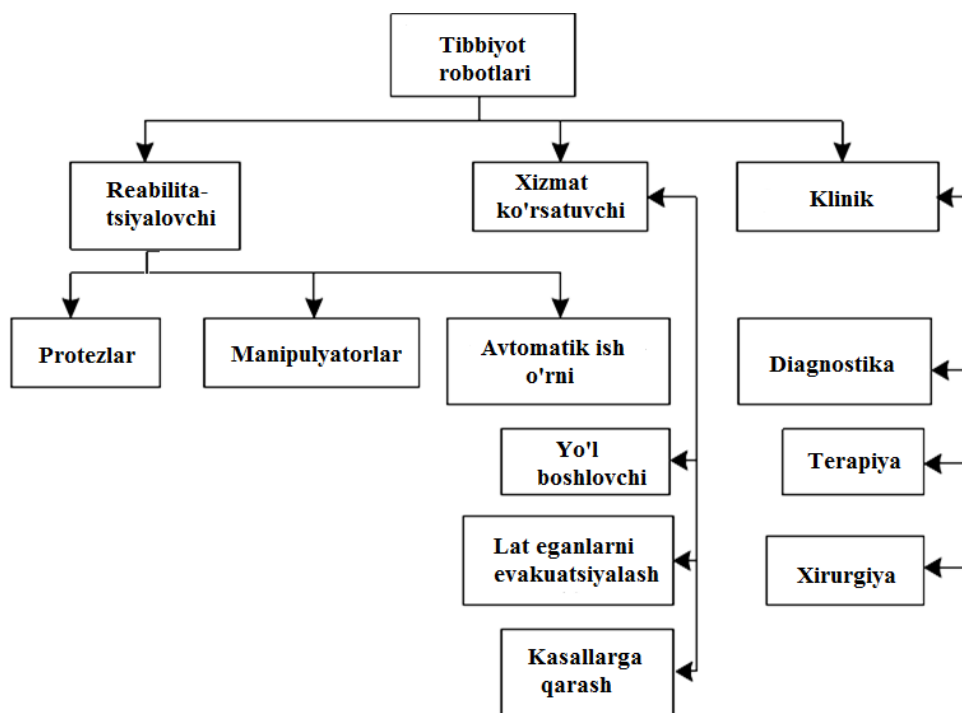
§2.4. MEXATRONIKA TIZIMLARINI QO`LLASH AMALIYOTI

2.4.1. Mexatronika tizimlarini tibbiyotda qo`llanishi

Hozirgi vaqtda tibbiy yuqori texnologiyalar shiddat bilan rivojlanmoqda. Ko`p davlatlarda tibbiyot sohasida ishlatiladigan mexatronik qurilmalarni ishlab chiqarish borasida izlanishlar olib borilmoqda. Tibbiy mexatronikaning asosiy yo`nalishlari –bu nogironlar reabilitatsiyasi uchun qurilmalar, servis operatsiyalarni bajarish, hamda klinik jarayonlarda qo`llash. Tibbiy mexatronika rivojlanishining asosiy yo`nalishlari 2.4.1- rasmda aks ettirilgan.

Nogironlar reabilitatsiyasi uchun robotlar. Tibbiy reabilitatsiya uchun robotlar ikkita vazifani bajarish uchun mo`ljallangan: *yo`qotilgan oyoq va qo`llar funksiyasini bajarish* hamda *to`shakda qolgan nogironlar (ko`zi ojizlar, tayanch tizimi yoki boshqa og`ir xastaliklar natijasida yotib qolganlar) hayot tarzini yaxshilash.*

Protezlash tarixi bir necha yuz yilliklarga ega, ammo mexatronika kuchaytirilgan protezlar bilan ishlaydi. Zamonaviy avtomatlashtirilgan protezlar konstruktsiyasining qiyinligi va ishlatish samarasining pastligi sababli keng miqyosda qo`llash imkoniyatini bermaydi. Bugungi kunlarda protezlar konstruktsiyasiga yangi materiallar va elementlarni kiritish orqali ularning xarakteristikasini yaxshilash borasida qator ishlar olib borilmoqda (masalan, plyonkali tenzodatchiklar yordamida qo`l protezlarida barmoqlar harakatini yaxshilash, ko`z orqali qo`l protezini boshqaradigan ko`zoynakka biriktirilgan elektron-optik datchiklar va b.).



2.4.1-rasm. Tibbiy mexatronika rivojlanishining asosiy yo`nalishlari

Yaponiya davlatida olti erkinlik darajasiga va boshqarish tizimiga ega bo`lgan mexanik qo`l yaratilgan (2.4.2-rasm).

Oksfordda (Buyuk Britaniya) oldindan dasturga kiritilmagan topshiriqlarni bajarishga mo`ljallangan protez uchun ishlatiladigan manipulyatorlarga mo`ljallangan boshqaruv tizimi yaratilgan. Ular sensorni, jumladan, nutqni aniqlash tizimini amalga oshiradi.

Oyoq va qo`lsiz qolgan bemorlar uchun boshqaruv signallarini tashkil qilish muammo bo`lib hisoblanadi. Ikki yoki to`rt oyoq-qo`li amputatsiya qilingan, falajga uchragan bemorlar uchun bosh mushaklarining qisqarishi hisobidan elektrik signal beruvchi moslamalar mavjud. Bosh yoki qoshlarning harakatiga reaksiya qiladigan va mikroprotsessorga beradigan signal hamda manipulyatorning ijrochi organlariga boshqaruv signallarini yetkazadigan bemorning boshiga o`rnatilgan datchiklar bilan jihozlangan mexanik qo`l konstruktsiyasi yaratilgan (2.4.3-rasm).



2.4.2-rasm. Robotlashtirilgan “qoʻl”



2.4.3-rasm. Oldindan dasturga kiritilmagan topshiriqlarni bajarishga moʻljallangan protez uchun ishlatiladigan manipulyator

Toʻshakda yotib qolgan bemorning hayot tarzini yaxshilash maqsadida turli xildagi robotlashtirilgan tizimlar yaratilgan. Nogironlik aravachasiga oʻrnatilgan va EHM orqali boshqariladigan manipulator - antropomorf qoʻl sifat jihatdan yangi konstruktiv yechim boʻlib hisoblanadi. Bu tizim qoʻl-manipulyator yordamida fiziologik ehtiyojlarni qondirish, telefonni ishlatish kabi boshqa vazifalarni bajarishga yordam beradi.

Nutq buyruqlari yordamida topshiriqni shakllantiradigan, markaziy nazorat posti yoki boshqaruv uskunalari yordamida oʻz funksiyasini amalga oshiradigan tibbiyot robotlashtirilgan komplekslar maʼlum. Bu tizim manipulyator –

antropomorf qo`l, boshqaruv apparaturasi, topshiriqlar uskunasi, televizion monitor hamda avtomatlashtirilgan transport telejkani o`z ichiga oladi. Bemor xohishiga ko`ra televizor va radioni, yoritish lampalarini yoqib-o`chirishi, to`shakdagi o`z holatini o`zgartirishi, manipulyatorni ishga solishi mumkin.

Yaponiyada ko`zi ojizlar uchun *Meldog* yo`lboshlovchi mobil robot ishlab chiqarilgan bo`lib, u texnik ko`rish va EHM bilan ta`minlangan boshqaruv tizimiga ega to`rt g`ildirakli aravachadan iborat (2.4.4-rasm). EHM xotirasiga ma`lum hudud bo`yicha harakat yo`nalishi kiritilgan. Bir datchiklar bino devorlari va tanlangan nuqtalarga asoslanib ko`cha chorrahalarini belgilab bersa, ikkinchisi yo`ldagi to`siqlar to`g`risida ma`lumot beradi. Datchiklarning signaliga qarab robotdagi EHM to`siqlarni o`tish strategiyasini ishlab chiqadi.

Yo`l boshlovchi robot ko`zi ojiz bemorning beliga bog`langan kamarda o`rnatilgan aloqa elementlari bilan boshqariladi. Ushbu kamardan chiqadigan impulslar robotni chapga, o`ngga yoki to`xtatishga topshiriq beradi. Robot bemor tezligini nazorat qiladi, va bemordan 1-2 m oldinda to`xtaydi. Kelajakda mazkur robotlarni ehtimollik mantig`i printsiplarga asoslangan boshqarish tizimlar bilan jihozlangan variantlarini ham ishlab chiqarish rejalashtirilgan.

Helpmate tibbiy roboti texnik ko`rik tizimi bilan jihozlangan bo`lib, bir nechta rangli TV kamera, akustik lokatorlar hamda yo`ldagi to`siqlarni ajrata biladigan, to`siqqacha bo`lgan masofani o`lchaydigan va yo`nalishni belgilab beradigan kontaktsiz datchiklardan iborat (2.2.5-rasm). Robotning old qismida shoshilinch to`xtatish uchun elektr o`chirgich (orqa devorda ham qo`shimcha ravishda o`rnatilgan), signal chiroq va burilish signallari joylashtirilgan.



2.4.4 –rasm. Yoʻl boshlovchi robot

Manba: <https://tachilab.org/projects/meldog.html>

Robotning orqa devoriga hududning xaritasini oʻqish moslamasi – klavishli panel, ovqat uchun lotoklar va akkumulyator uchun tokcha oʻrnatilgan.

Hududdagi toʻsiqlarni aylanib oʻtish strategiyasi EHM yordamida hal etiladi. Olingan birlamchi maʼlumotlar mantiqan oʻrganib chiqiladi va xaritagajoylashtiriladi. Robotning oldidagi datchiklar yoʻlni oʻrganadi, toʻsiqni aniqlaydi, robot EHMi esa toʻsiq agar harakat qilayotgan boʻlsa, uning uzoqlashishini kutadi, agar harakatsiz boʻlsa, uni aylanib oʻtish yoʻlini belgilab beradi. Barcha harakatlar va amallar mashina xotirasiga yozib olinadi. Agar xatoliklar aniqlansa, barcha amallar va turli xil variantlar qayta koʻrib chiqiladi va boshqaruv tizimida korrektsiya qilinadi. Mobil robotni avtonom rejimda harakatlanishini oʻrgatish muddati marshrutning murakkabligi, shifoxona eshiklari va yoʻlaklari kengligiga bogʻliq.



2.4.5-rasm. *HelpMate* tibbiy roboti

Tirsak bo`g`imi uchun bilak bilan yoki bilakni qo`shmagan holda passiv harakatini avtomatik korrektsiyalashga mo`ljallangan *Kinetec 6080 elbow CPM* trenajyori (2.4.6-rasm). Bu trenajyor ishlatish uchun yengil va qulay bo`lib, krovatda ham, kresloda o`tirgan vaqtda ham ishlatish mumkin. Trenajyor operatsiyadan keyingi bo`g`im harakatlarining cheklanishi oldini oladi.

Klinik robotlar. Klinik robotlar asosiy uchta masalani yechishga mo`ljallangan: *kasalliklarni tashhishlash, terapevtik va jarrohlik davolash*. EHM bilan boshqariladigan turli xil tibbiy uskunalarning ommaviy ishlab chiqarilishi vrachlik amaliyotiga katta ta`sir ko`rsatdi.

Ekranida tekshirilayotgan inson organini ko`rsatib turuvchi (masalan: EHM bilan boshqariladigan tomografli) diagnostik tizimlarda mexatronika va robotexnika elementlari ishlatilib kelinmoqda.

Ichki organlar tasvirini olish uchun ishlatiladigan energiya turiga qarab kompyuter tomograflarning bir necha xil turlari mavjud. Quyida rentgenli tomograf ishini ko`rib chiqamiz.



2.4.6-rasm. Kinetec 6080 elbow CPM trenajyori

Manba:<https://kinetecuk.com/treatment-areas/elbow/continuous-passive-motion-cpm/kinetec-6080-elbow-cpm>

Kompyuter tomografiyasi 1972 yilda *Godfri Xaunsfild* va *Allan Kormak* tomonidan taklif qilingan va bu ishlanma uchun Nobel mukofotiga sazovor bo`lgan.



2.4.7-rasm. Kompyuter tomografiyasi

Tomograf bemor atrofida aylanayotgan rentgen trubkasidan chiqayotgan nurlarning tanadan o'tayotgan miqdorini raqamli tarzda ifoda etadi. Ob'ektdagi yoysimon o'tayotgan rentgen nurlarining yutish koeffitsiyenti bir necha yuz yoki bir necha ming qattiq kristalli rentgen detektorlari yordamida o'lchanadi. Detektorlar har bir proektsiyadan ma'lumotlarni yig'ib, raqamli shaklga keltiradi va kompyuter yordamida tahlil qilinadi. Olingan ma'lumotlar asosida kompyuter organing ko'ndalang kesimini konstruksiyalaydi. Bu o'z navbatida oddiy rentgen ma'lumotlaridan ko'ra afzalroq bo'lib, organ yoki to'qimaning xoxlagan proektsiyadagi rasmini olish hamda past kontrastli ob'ektlar to'g'risida ma'lumotlar berish imkonini beradi.

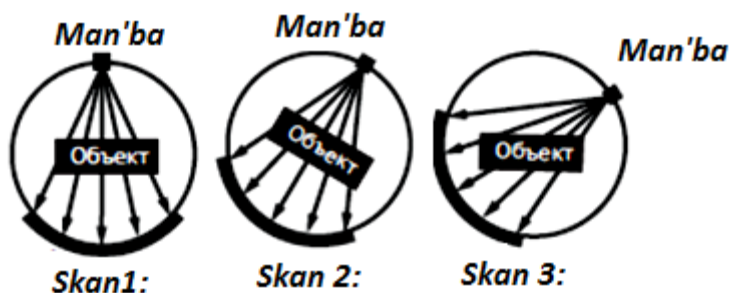
Rentgen tomograflar quyidagi asosiy qismlardan iborat: *skanerlaydigan moslama, rentgen tizimi, rentgen trubkasini aylantirish moslamasi, boshqarish pulti va EHM*.

Skanerlaydigan uskuna aylana ramadan iborat bo'lib, o'z ichiga aylanadigan rentgen trubkasi va bir qancha qabul qiluvchi detektorlarni oladi. Bir joyda turgan ob'ektni tomografiya qilish jarayonida maxsus yuritma yordamida rentgen trubkasi rama ichida aylanma harakat qiladi, bunda rentgen nurlarining tebranayotgan dastasi turli burchaklar ostida ob'ekt ichidan o'tadi. Yumshoq to'qimalardan o'tgan rentgen nurlari qabul qiluvchi datchiklar tomonidan qabul qilinadi va ma'lumotlar tahlil uchun EHMga yuboriladi. Bunda har bir kesim nuqtasidan o'tgan rentgen nurlarining singish koeffitsiyenti hisoblanadi. Murakkab matematik hisoblashlar natijasida tekshirilayotgan organ kesimining yassi ko'rinishi olinadi. Rentgen tizimi trubka va generatoridan iborat. Rentgen trubkasi 50 Gts impulsli rejimda va 100-130 kV kuchlanishda ishlaydi.

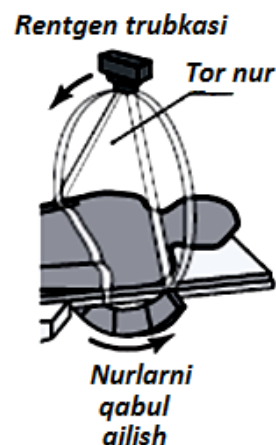
Trubka ikkita sovitgich tizimiga ega: trubkaning o'zi moy bilan sovitiladi, moyning o'zi esa suv yoki ventilyator yordamida sovitiladi. Trubka impulsli rejimda ishlaydigan yuqori voltli generator orqali tok bilan ta'minlanadi.

Rentgen kompyuterli tomografiyalah jarayonida yuborilgan rentgen nurlari ob'ekt orasidan o'tadi, nurning so'nishi bir vaqtning o'zida priyomnikda qayd etiladi (2.4.8-rasm). Shundan so'ng tizim bemor atrofida bir necha gradusga aylanadi va

yangi skanerlash jarayonini olib boradi. Bu ish barcha talab qilingan burchaklar qamrab olguncha bir necha marta qaytariladi (2.4.9-rasm).



**2.4.8-rasm. Rentgen nurlarining ob'yeckdan
o'tish sxemasi**



**2.4.9-rasm. Rentgen
tomografiyasida
nurlarning tarqalishi**

Boshqaruv pulti kompyuter tomografning asosiy qismi bo'lib hisoblanadi. U skanerlash tizimi va EHM bilan bevosita bog'liqdir. Boshqaruv pulti tarkibiga ikkita videomonitor kiradi: biri matnli, ikkinchisi esa kesimlarni ko'rsatishga mo'ljallangan. Skanerlash dasturi kesimlar qalinligi va sonini, skanerlash tezligi va tomograf qadamini, suratlar sonini belgilab beradi. Yorug'lik nuri yordamida vrach raqamlar sifatida o'rganilayotgan ob'ektning optik zichligi to'g'risida ma'lumot oladi, patologiya hajmi yoki organ o'lchamlari to'g'risida berilgan nuqtalar orasidagi masofani aniqlaydi.

Yuqori malaka va tajribaga ega bo'lgan jarrohlarning kamligi ayrim yuqori aniqlik bilan bajarilishi talab qiladigan operatsiyalarni bajarilmasligiga sabab bo'ladi. Masalan: ko'z mikroxirurgiyasida yaqinni ko'ra bilmaslik holatlarida ko'z fokusini yaxshilash maqsadida ko'z shoh pardasidagi radial kesishlarni amalga oshirish. Bunda shoh parda kesish chuqurligi 20 mkm dan oshmasligi kerak, malakali mutaxassis esa 100 mkm dan kamni kesish chuqurligini amalga oshira olmaydi. Kanadada tibbiy robototexnik kompleks yaratilgan bo'lib, bu uskuna ko'z

shoh pardasida yuqori aniqlikda kerak bo'lgan chuqurlik va qiyalikda kesimlarni amalga oshirish imkoniyatiga ega.

Yana bir misol qilib mikroneyroxiyurgiya sohasini olish mumkin. Buyuk Britaniyada miyada mikrojarrohlik operatsiyalarni bajarish uchun tibbiy robotlar yaratilgan (2.4.10-rasm).



2.4.10-rasm. Robot ishtirokida jarrohlik operatsiyasi

Robotlashtirilgan tibbiyotning bir kamchiligi, bu jonli aloqa yo'qligidir, xirurg asbobning qanchalik kuch bilan ishlatishni nazorat qila olmaydi. Bu muammoni yechish uchun Eyndxoven Texnologiyalar Universiteti (*Eindhoven University of Technology*) mutaxassisi *Linda van den Bedem* tomonidan yangi *SOFIE* (*Surgeon's Operating Force-feedback Interface Eindhoven*) tizimi yaratilgan.

SOFIE nazorat panelida joylashtirilgan joystiklar yordamida boshqariladi, asbobga berilgan kuch orqali to'qimalarga beriladigan kuch muvofiqlashtiriladi. Bu tizim manipulyatorning ipni tortish kuchini nazorati qilishi tufayli, operatsiyadan keyingi choklarni qo'yishda juda qo'l keladi (2.4.11- rasm).



2.4.11-rasm. Innovatsion robot-jarroh SOFIE

Manba: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sofie_\(surgical_robot\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Sofie_(surgical_robot))

Gollandiya olimi tomonidan yaratilgan SOFIE boshqa robotlarga nisbatan oʻlchamlarining kichikligi va operatsiya stolida oʻrnatilishi bilan ajralib turadi. Bu oʻz navbatida stol balandligi yoki qiyaligini oʻzgartirganda, “jarrohni” qayta moslashtirish zaruriyati tugʻilmaydi.

Sunʼiy yurak – inson yashashi uchun lozim boʻlgan geodinamika parametrlarini taʼminlab beruvchi texnologik qurilma.

Bugungi kunda mavjud donor yuraklar zarur boʻlgan ehtiyojni qondira olmaydi, shuning uchun avtonom, implantatsiya qilinadigan “sunʼiy yurak” kabi portativ uskunalarni yaratish juda muhim boʻlib hisoblanadi. Bu uskunalar taʼminot manbasi, ishchi yoki ijrochi organga energiyani etkazib beruvchi harakat oʻzgartirgich, kompyuterli boshqaruv tizimidan iborat.

Bugungi kunda sunʼiy yurak oʻz ichiga ikki guruh texnik moslamalarni oladi.

Birinchisi – gemooksigenatorlar (sunʼiy qon aylanish apparatlari) Arterial nasos «*CardioWest*» (2.4.12-rasm). Ular qonni tortib oladigan arterial nasos va

qonni kislorod bilan to'yintiradigan oksigenator blokidan tashkil topgan. Bu apparatlar kardioxirurgiyada yurakda operatsiya qilish jarayonida keng qo'llaniladi.

Ikkinchi guruhga kardioprotezlar, ya'ni, odam organizmiga yurak mushagini o'zgartirish, bemorning hayot tarzini yaxshilash maqsadida implantatsiya qilinadigan uskunalar. Bugungi kunda bu kabi protezlar eksperimental ravishda klinik sinovlardan o'tkazilmoqda.

AbioCor (2.4.13-rasm)– og'ir yurak etishmovchiliklarida qo'llaniladigan sun'iy yurak apparati bo'lib hisoblanadi. AbioCor Massachusettsning Abiomed kompaniyasi tomonidan yaratilgan. Apparat odam organizmining ichida to'liq joylashtiriladi, tashqi tomondan teri orqali zaryad oladigan ichki akkumulyatori bor, bu bemorga turli xil o'tkazgich simlarni ulash oldini oladi, shu bilan infeksiyalar bilan zararlanishdan xalos etadi.

AbioCor faqat ma'lum vazn va bo'yga ega bo'lgan bemorlarda ishlatilishi sababli, klinik sinovlar davrida faqat erkaklarda qo'llanilgan. Apparatning ishlash davomiyligi 18 oyni tashkil qiladi. AQSHda dori va oziq-ovqat vositalari boshqarmasi (FDA) tomonidan apparatga 2006 yilda ruxsat berilgan.

Boshqa an'anaviy mexatronik sohalariga nisbatan tibbiy mexatronika sohasi shiddat bilan rivojlanmoqda. Shu bilan birga tibbiy mexatronikani qo'llashni saqlab turuvchi faktorlarni ham eslab o'tish lozim. Psixologik faktor ular orasida eng asosiysi bo'lib, u bemor va tibbiyot xodimlari orasidagi munosabatlarga bog'liq. Psixologik faktor mexatronikani odam organizmi uchun muhim bo'lib hisoblangan aralashuvga ishonchsizlikka olib keladi. Bu munosabatlarni o'zgartirish uchun, mexatronikani tibbiyot instrumenti, vrachning aralashuvi deb qabul qilish kerak, bemorga mexatronikaning ahamiyati va zararsizligini tushuntirish lozim.



2.4.12-rasm. Arterial nasos

«CardioWest»

Manba:

https://ru.wikipedia.org/wiki/CardioWest/A2_temporary_Total_Artificial_Heart.jpg



2.4.13-rasm. “AbioCor” sun’iy yurak qurilmasi

Manba: <https://ru.wikipedia.org/wiki/AbioCor>

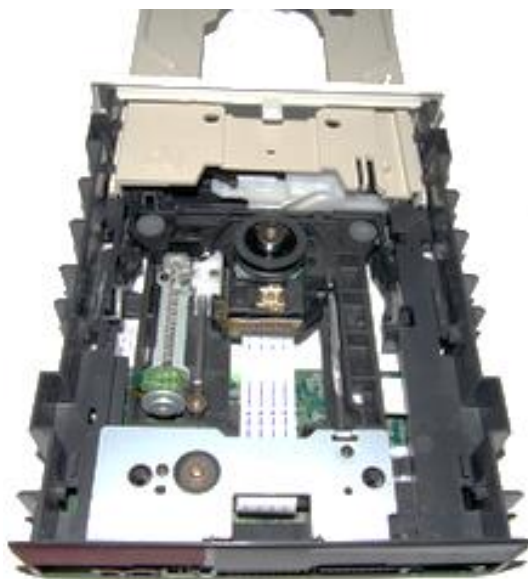
Texnika va tibbiyot sohasidagi mutaxassislarning o`zaro fikrlashlari va bu boradagi kelishmovchiliklar yana bir faktor bo`lib hisoblanadi. Bu holat nafaqat muhandislik bilimlari, balki tibbiyot texnologiyalari bilan ham tanish bo`lgan yangi soha mutaxassislarni tayyorlashni talab qiladi. Bugungi kunda biotexnik metodologiyaga tizimli yondoshadigan mexatron tibbiy tizimlarni loyihalashtirish yo`nalishi hali yaratilmagan.

2.4.2. Kompyuterning tashqi qurilmalari mexatron ob’ekt sifatida

Kompyuterning tashqi (periferik) moslamalari deb EHM yordamida tahlil uchun ma`lumotlarni kiritish, oraliq va yakuniy ma`lumotlarni inson uchun tushunarli tarzda chiqarib berish va ob’ektni boshqarish uchun belgilangan moslamalarga aytiladi.

Bu moslamalar protsessordan tashqarida turgan bloklardir. Ayrim tashqi moslamalar faqat elektron uzal va uning komponentlaridan (monitor, modem, ovozli kartalar, operativ xotira uchun qo`shimcha bloklar, boshqarish uchun interfeyslar) iborat. Ayrimlari elektron uzaldan tashqari oddiy mexanik uzallarni (klaviatura, sichqoncha) o`z ichiga oladi, yana boshqalari esa mikroprotsessorli boshqaruvga ega bo`lgan murakkab mexanik tizimdan (printerlar, plotterlar, disk moslamalari, optik diskli ma`lumot to`plagich) tashkil topgan. Oxirgilari mexanik uzallarning tez va aniq ishlashi uchun analogli va raqamli datchiklar va aqlli boshqaruv tizimlari bilan ta`minlangan. *Bu uskunalarning hammasi tipik mexatron ob`ektlar bo`lib hisoblanadi.*

Kompyuterning tashqi qurilmalari ichida murakkablaridan biri bu *CD (DVD)* diskovod bo`lib, u mexatron ob`ekka misol bo`la oladi. Diskovod elektronika platasidan, shpildelli dvigateldan, optik o`qiydigan qurilmaniing mexanik tizimi va diskni yuklash mexanizmidan iborat (2.4.14-rasm).



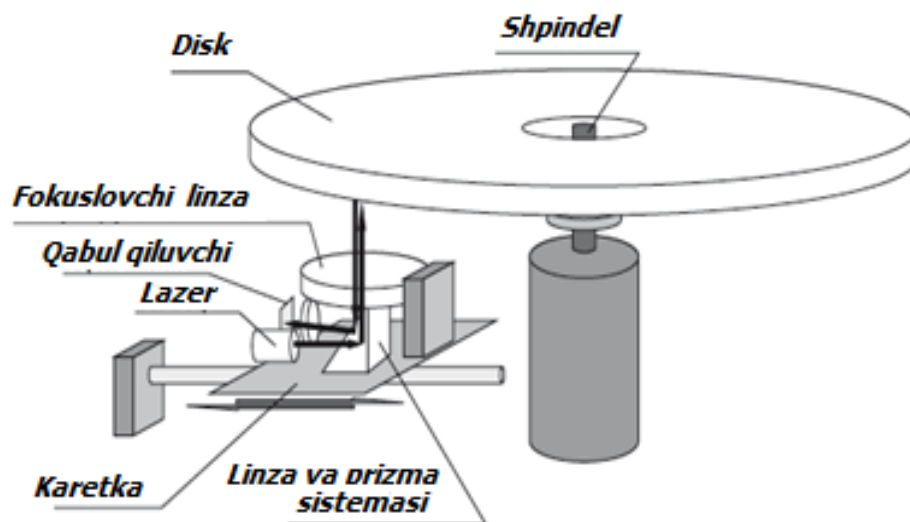
2.4.14-rasm. Kompakt-disklar yuritmasining ichki tuzilishi

Elektron platada diskovodni boshqaruvchi barcha sxemalar –interfeys kontroller bilan, interfeys raz'yomlari va tovushli signal chiqish joyining ikki kontaktli raz'yomi joylashgan (2.4.15-rasm).

Shpindelli dvigatel doimiy yoki o'zgaruvchan chiziqli tezlik bilan diskni aylantirishga mo'ljallangan. Doimiy chiziqli tezlikni saqlab turish uchun optik golovkaning holatiga qarab diskning aylanish burchak tezligini o'zgartirish talab qilinadi.

Fragmentlarni qidirish jarayonida optik golovka fragmentlarni o'qishga nisbatan tezroq aylanadi, shuning uchun dvigatel yuqori dinamik xarakteristikaga ega.

Shpindel o'qiga ferromagnit taglik o'rnatilgan bo'lib, uning yuzi kompakt-disk siljib ketmasligi uchun rezina yoki yumshoq plastik bilan qoplangan. Disk o'rnatilgandan so'ng, u yuqorida joylashgan doimiy magnitli shayba yordamida taglikka qistiriladi.



2.4.15-rasm. CD-ROM diskovodning ishlash printsipti.

Optik golovka sistemasi tarkibiga golovkaning o'zi va uni harakatlantiradigan mexanizm kiradi. Golovkada infraqizil lazerli svetodiod asosida ishlangan nurlagich, fokuslash uchun moslama, fotopriyomnik va dastlabki kuchaytirgich joylashtirilgan. Fokuslash uchun moslama bo'lib elektromagnit

g`altak yordamida harakatlantiriladigan linza xizmat qiladi. Magnit maydoni kuchlanishi o`zgarishi bilan linza harakatlanadi va lazer nurining fokusi o`zgaradi. Kam inertsial bo`lganligi sababli bu tizim diskning vertikal urilishlarini samarali kuzatib boradi. Fokuslash aniqligi ± 1 mkm (nur dog`i diametri 0,9 mkm bo`ladi).

Optik golovkani harakatlantirish mexanizmining o`z dvigateli bor, u karetkani tishli yoki chervyakli uzatma orqali harakatlantiradi. Lyuft oldini olish maqsadida oldingi kuchlanish bilan bog`langan (chervyakli uzatma uchun bu ergashuvchi shesternyaning prujinalari bo`lib hisoblanadi). Treking koordinatasi bo`yicha harakatlantirish aniqligi (radius bo`yicha) -0,1 mkm.

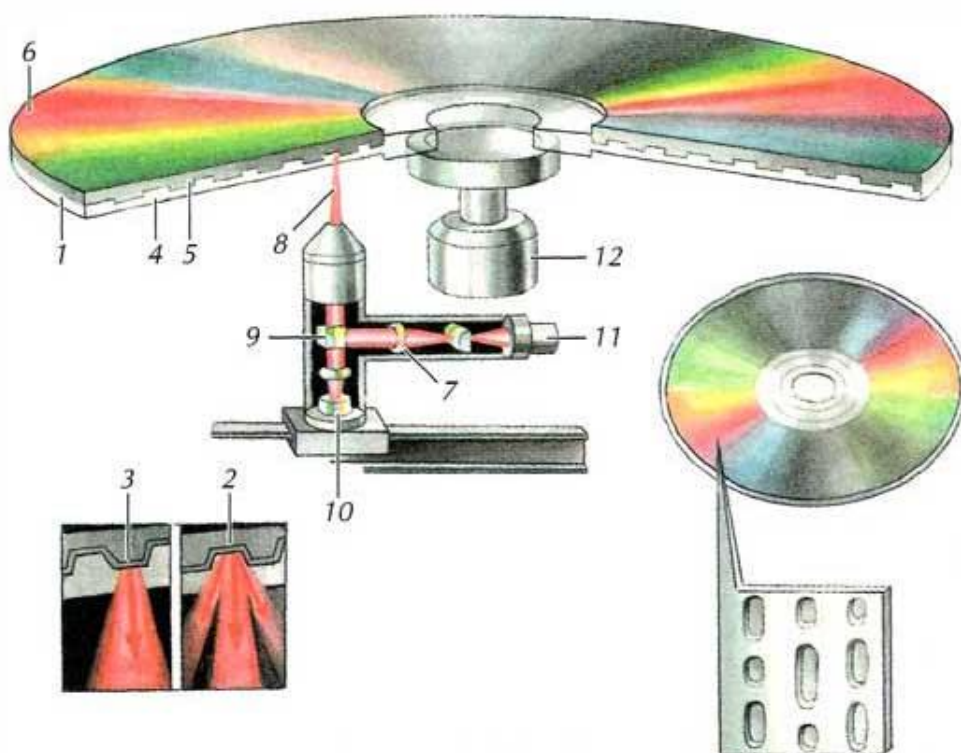
Diskni kiritish moslamasi o`zi yurar lotok yordamida amalga oshiriladi, nakopitelning qabul qilish tirqishiga to`g`ridan-to`g`ri o`rnatish bilan ham amalga oshirish mumkin. Barcha hollarda nakopitel lotokni kiritish-chiqarish dvigateliga hamda ramani harakatlantiruvchi moslamaga ega. Bu ramada shpindel va optik golovkaning yuritmasi bilan mexanik qism o`rnatilgan, disk joyiga tushganda u ishchi holatga keltiriladi.

Boshqarish tizimi bir kristalli mikro EHM asosida yaratilgan bo`lib, *CD-ROM* ning barcha qismlari ishini muvofiqlashtiradi, oldingi operatsiya to`liq bajarilgandan so`ng, yangi topshiriqni bajarish buyruq`ini beradi.

Kompakt disklarning yuritmasida bir nechta asosiy elementlarni ajratish mumkin (2.4.16-rasm): lazerli diod, servomotor, optik tizim (nur tarqatuvchi prizmasi bilan) va fotodetektor. Kompakt diskdagi ma`lumotlarni o`qish va unga yozib olish lazer nur orqali olib boriladi. Optik diskning yuzasi lazer golovkaga nisbatan o`zgarmas chiziqli tezlikda aylanadi, burchak tezlik esa golovkaning radial joylashuviga qarab o`zgarib boradi. Shunday qilib, tashqi yo`lakchalardagi ma`lumotlarni o`qish kattaroq, ichki yo`lakchalardagi ma`lumotlarni o`qish esa kichikroq aylanishlar soni bilan amalga oshiriladi. Aynan shu xossa kompakt diskdagi ma`lumotlarni vinchesterlarga nisbatan past tezlikda o`qishga sabab bo`ladi. Servomotor ichki protsessorning topshirig`iga asosan nur qaytaruvchi oynani siljishiga olib keladi. Bu lazer nurni aynan kerakli yo`lakchaga yo`naltirishga

imkon beradi. Nur plastikning himoya qobig`idan o`tib, disk yuzasidagi alyuminiy, kumush yoki oltin yugurtirilgan qavatiga yetib keladi.

Nur qavariqlikka kelib tushsa, detektorda akslanadi, prizmadan o`tib yorug`likka ta`sirchan diodga kelib tushadi. Agar nur botiqlikka (pitga) kelib tushsa, u tarqaladi va kam qismi qaytarilib svetodiodgacha yetib keladi. Diodda yorug`lik impulslari elektr impulslariga o`zgartiriladi: yorqin nurlar birga, past nurlar esa zaiflashib – nolga aylanadi. Shunday qilib, botiqliklar diskovod tomonidan *mantiqan nol* deb, tekis yuza esa *mantiqan bir* deb qabul qilinadi. Lazer nurlar bilan tashkil qilingan pitlar o`lchamlari juda ham kichik, 30-40 pitlar odam sochi qalinligiga teng (taxminan 50 mkm).



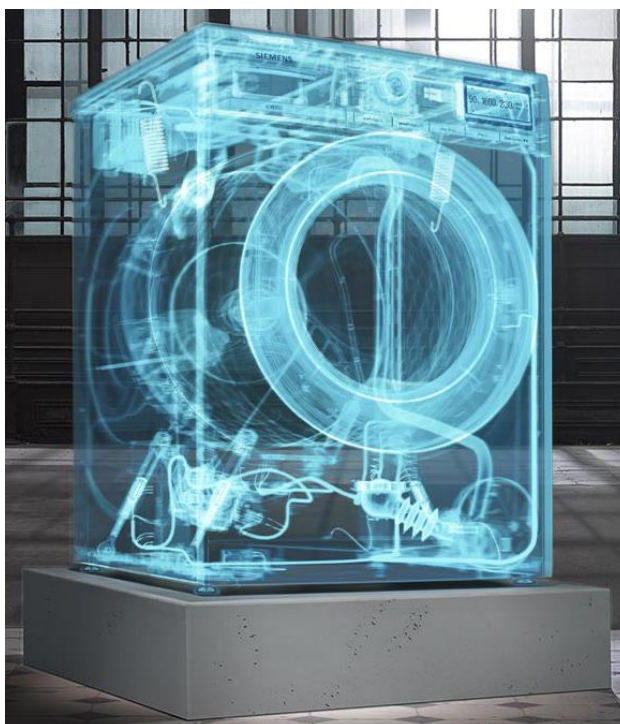
2.4.16-rasm. Kompakt-diskdan ma`lumotni o`qish

1-kompakt-disk; 2-botiqlik; 3-orolcha; 4-CD-diskdagi axborotni himoya qiluvchi yorug`lik o`tkazuvchi qatlam; 5-qaytaruvchi qatlam (yozuvchi yuza); 6-himoya qatlami; 7-fokuslovchi ob`ektiv; 8-lazer nuri; 9-nurni sindiruvchi prizma; 10-fotodetektor; 11-lazer qurilmasi; 12-diskni aylaytiruvchi dvigatel

2.4.3. Maishiy turmushda ishlatiladigan mexatronik tizimlar

Maishiy turmushda ishlatiladigan mexatronik tizimlar odamning kundalik hayotida hamda xizmatlar ko`rsatish sohasida ishlatiladi. Bu tizimlar odamning ma`naviy ozuqa olishi uchun kundalik ishlarini yengillashtirish uchun mo`ljallangan.

Maishiy turmushda ishlatiladigan tizimlar –murakkab va ilmiy muhandislik masalasidir, chunki bu hollarda intellekt elementiga va inson sezgi organlariday sezish sensorlariga ega bo`lgan robotlardan tashkil topgan universal tizimlardan foydalaniladi. Ular o`zi ayrim yengil ko`ringan, lekin ma`lum bir reglamentlarga ega bo`lmagan uy yumushlarini, masalan, ovqat pishirish, uylarni tozalash, kiyimlarni tikish va ta`mirlash, bolalarga qarab turish va boshqalarni bajarishi lozim. Uy xavfsizligi va nazoratini olib borish uchun mo`ljallangan (“aqlli uy”) robototexnik va kibernetik tizimlar muhim ahamiyatga ega.



2.4.18-rasm. “Aqlli” kir yuvish mashinasi strukturasi

Yaxshi ishlangan va bizning hayot tarzimizga kirib kelgan mexatron tizimlardan biri – bu mikroprotsessorli kir yuvish mashinalaridir. Ular tahlillar natijasida yuviladigan narsalarning kirlik darajasiga qarab yuvish rejimini o`zi belgilaydi.

Maishiy mexatronik qurilmalarga turli xil servis xizmatlarga ega bo`lgan musiqa markazlari, kun davomida rejimni xonadagi odamlar soni, ko`chadagi harorat va sutkaning vaqtiga qarab o`zi belgilaydigan mantiqiy konditsionerlar, zamonaviy fotoapparatlar ham misol bo`la oladi.

Asosiy tayanch so`z va iboralar

Tibbiyot robotlari: rehabilitatsiyalovchi, xizmat ko`rsatuvchi, klinik; robotlashtirilgan “qo`l”; yo`lboshlovchi mobil robot; kompyuter tomografiyasi; robot-jarroh; sun`iy yurak; kompyuterning periferik (tashqi) moslamalari; kompakt-disklar yuritmasi

Asosiy tayanch tushunchalar

* Tibbiy mexatronikaning asosiy yo`nalishlari –bu nogironlar rehabilitatsiyasi uchun qurilmalar, servis operatsiyalarni bajarish, hamda klinik jarayonlarda qo`llash.

* Tibbiy rehabilitatsiya uchun robotlar ikkita vazifani bajarish uchun mo`ljallangan: yo`qotilgan oyoq va qo`llar funksiyasini bajarish hamda to`shakda qolgan nogironlar (ko`zi ojizlar, tayanch tizimi yoki boshqa og`ir xastaliklar natijasida yotib qolganlar) hayot tarzini yaxshilash.

* Klinik robotlar asosiy uchta masalani yechishga mo`ljallangan: *kasalliklarni tashhishlash, terapevtik va jarrohlik davolash*. EHM bilan boshqariladigan turli xil tibbiy uskunalarning ommaviy ishlab chiqarilishi vrachlik amaliyotiga katta ta`sir ko`rsatdi.

* Kompyuter tomografiyasi 1972 yilda *Godfri Xaunsfeld* va *Allan Kormak* tomonidan taklif qilingan va bu ishlanma uchun Nobel mukofotiga sazovor bo`lgan.

* Gollandiya olimi tomonidan yaratilgan SOFIE boshqa robotlarga nisbatan oʻlchamlarining kichikligi va operatsiya stolida oʻrnatilishi bilan ajralib turadi. Bu oʻz navbatida stol balandligi yoki qiyaligini oʻzgartirganda, “jarrohni” qayta moslashtirish zaruriyati tugʻilmaydi.

* *Sunʼiy yurak* – inson yashashi uchun lozim boʻlgan geodinamika parametrlarini taʼminlab beruvchi texnologik qurilma.

* *Kompyuterning tashqi (periferik) moslamalari* deb EHM yordamida tahlil uchun maʼlumotlarni kiritish, oraliq va yakuniy maʼlumotlarni inson uchun tushunarli tarzda chiqarib berish va obʼektni boshqarish uchun belgilangan moslamalarga aytiladi.

* Nur qavariqlikka kelib tushsa, detektorda akslanadi, prizmadan oʻtib yorugʻlikka taʼsirchan diodga kelib tushadi. Agar nur botiqlikka (pitga) kelib tushsa, u tarqaladi va kam qismi qaytarilib svetodiodgacha etib keladi. Diodda yorugʻlik impulslari elektr impulslariga oʻzgartiriladi: yorqin nurlar birga, past nurlar esa zaiflashib – nolga aylanadi. Shunday qilib, botiqliklar diskovod tomonidan mantiqan nol deb, tekis yuza esa mantiqan bir deb qabul qilinadi. Lazer nurlar bilan tashkil qilingan pitlar oʻlchamlari juda ham kichik, 30-40 pitlar odam sochi qalinligiga teng (taxminan 50 mkm).

* Maishaiy turmushda ishlatiladigan tizimlar –murakkab va ilmiy muhandislik masalasidir, chunki bu hollarda intellekt elementiga va inson sezgi organlariday sezish sensorlariga ega boʻlgan robotlardan tashkil topgan universal tizimlardan foydalaniladi.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Tibbiyotda mexatronikaning qoʻllanishi.
2. Nogironlar reabilitatsiyasi uchun robotlar qanaqa vazifani bajarish uchun moʻljallangan?
3. Klinik robotlar qanaqa vazifani bajaradi?
4. Kompyuter tomografiyasi qachon va kim tomonidan ixtiro qilingan?
5. Kompyuter tomogrofaning ishlash printsipini tushuntiring.

6. Sun'iy yurakning ishlash printsipini aytib bering.
7. Kompyuterning tashqi qurilmalarini mexatron ob'ekti sifatida tushuntiring.
8. CD-ROM ning tuzilishi va ishlash printsipini ayting.
9. Turmushda ishlatiladigan mexatronik tizimlarni tushuntiring.

O'quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so'z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo'yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

II-MODUL BO`YICHA AMALIY VA TAJRIBA MASHG`ULOTLARI

AMALIY MASHG`ULOT №4

«Arduino Uno» qurilmasi yordamida temperaturani o`lchash jarayonini o`rganish

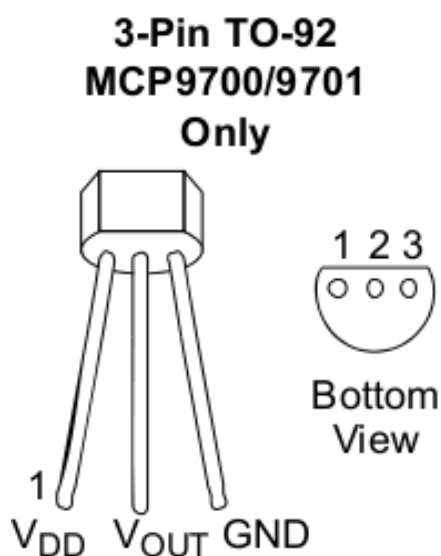
**Mashg`ulotning maqsadi:** Talabalarda «Arduino Uno» mikrokontroller platasi va harorat datchigi yordamida haroratni o`lchash va boshqarish ko`nikmalarini shakllantirish.

Amaliy mashg`ulotni bajarish davomida quyidagilar o`rganiladi:

- MCP 9700 harorat datchigining tuzilishi va ishlash printsiptini;
- datchikni mikrokontrollerga ulashni;
- datchikni ishlatuvchi dasturni tuzishni;
- datchik yordamida haroratni o`lchashni.

Qisqa nazariy ma`lumotlar

MCP 9700 harorat datchigi (4.1-rasm) hech qanday qo`shimcha qurilmalarni ulamasdan bevosita haroratni o`lchash imkonini beruvchi datchik hisoblanadi. Datchik quyidagi xarakteristikalariga ega (4.1-jadval):



4.1.-rasm. MCP 9700 datchigi

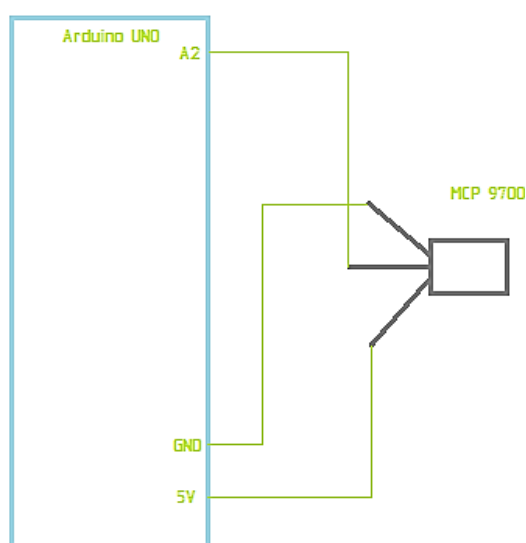
4.1-jadval. MCP 9700 datchik xarakteristikasi

Xarakteristika nomi	Qiymati
Kuchlanishga nisbatan haroratning o'zgarishi	10mV/°C
0°C dan +70°C gacha bo'lgan oraliqda asbobning aniqligi	± 4 °C
-40°C dan +150°C gacha bo'lgan oraliqda asbobning aniqligi	-4°C/+6°C
Iste'mol kuchlanishi	2.3 V dan 5.5 V gacha
O'lchash chegarasi	-40°C ÷ +150°C

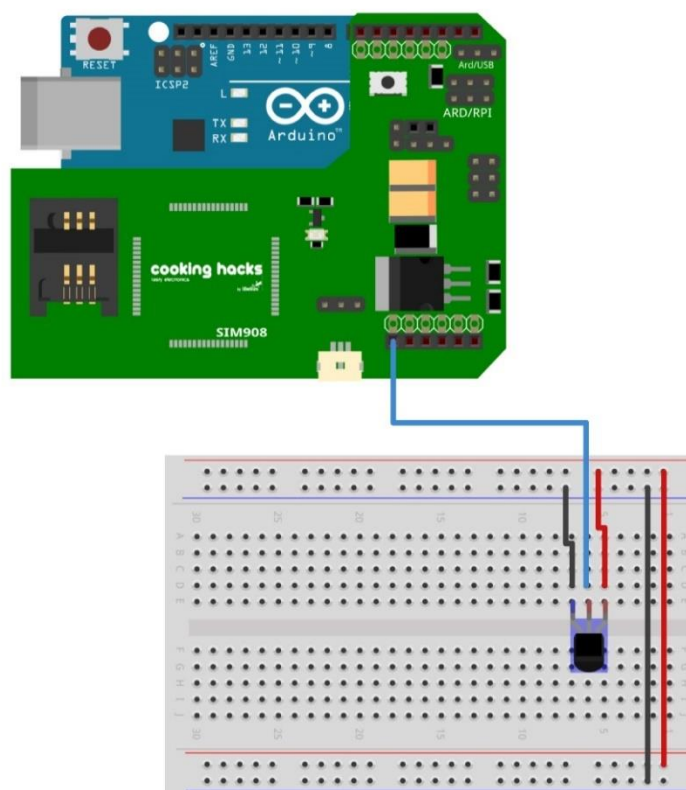
Ishni bajarish tartibi: MCP 9700 datchigi 3 ta kontaktdan iborat bo'lib, ularning har biri mikrokontrollerning tegishli nuqtalariga ulanishi kerak:

- datchikning birinchi kontakti iste'mol kuchlanishi beriladigan nuqtaga ulanadi (3.5 V yoki 5 V);
- ikkinchi kontakti analogli chiqish nuqtasiga ulanadi (A0...A5);
- uchinchi kontakt esa *GND* -ground (заземление) nuqtasiga ulanadi.

Ulanish sxemasi quyida keltirilgan



4.2-rasm. “Arduino Uno” va MCP 9700 datchigi ulash sxemasi



4.3-rasm. “*Arduino Uno*” va *MCP 9700* datchigini ulashning umumiy ko`rinishi

Endi datchikni ishlatadigan mikrokontroller dasturini yozamiz:

```
float temp;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
};
void loop () {
  temp = analogRead(2)*5/1024.0;
  temp = temp - 0.5;
  temp = temp / 0.01;
  Serial.println(temp);
  delay(500);
};
```

Bu dastur datchikdan keladigan signalni qabul qiladi va biz harorat haqida tasavvurga ega bo`lishimiz uchun uni raqamlarga aylantirib *Arduino* dasturining maxsus oynasiga ko`rsatadi (*Ctrl+Shift+M*). Endi tushunarliroq bo`lishi uchun dasturni bosqichma – bosqich ko`rib chiqamiz:

Shuni esda tutish kerakki, siz temperaturani o`lchash datchigini 2.7V dan to 5.5V gacha manbaga ulab o`lchash imkoniyatiga egasiz. Bizning misolda sizga 5V manba portiga datchigni ulab temperaturani o`lchashni ko`rib o`tamiz, lekin shuni inobatga olingki siz 3.3V manbaga datchikni ulab ham hisoblash imkoniga egasiz.

Agar siz *Arduino* platasining 5V portiga datchikni to`g`ridan-to`g`ri ulab ishlatadigan bo`lsangiz, siz quyidagi formuladan foydalanib analog port orqali o`qilayotgan 10 bitli ma`lumotni aniqlashingiz mumkin:

$$\text{Voltage at pin in milliVolts} = (\text{reading from ADC}) * (5000/1024)$$

Ushbu formula 0-1023 bo`lgan qiymatni 0-5000mV (= 5V) kuchlanish qiymatiga aylantirib beradi.

Agar siz *Arduino* da 3.3V portni ishlatadigan bo`lsangiz, siz quyidagi formuladan foydalanishingiz mumkin:

$$\text{Voltage at pin in milliVolts} = (\text{reading from ADC}) * (3300/1024)$$

Ushbu formula 0-1023 bo`lgan sonli qiymatnin 0-3300mV (= 3.3V) bo`lgan kuchlanish qiymatiga aylantirib beradi.

Keyinchalik, millivoltni temperaturaga aylantirish kerak, bunda quyidagi formuladan foydalanamiz:

$$\text{Centigrade temperature} = [(\text{analog voltage in mV}) - 0,5] / 0,01$$

1. temp = analogRead(2)*5/1024.0; - analog kirish sonli qiymat signalini kuchlanish signaliga aylantiradi.
2. temp = temp - 0.5; va temp = temp / 0.01; - millivolt qiymatini temperatura qiymatiga aylantirib beradi.

Ishni bajarish tartibi

1.Talabalar o`qituvchi tomonidan berilgan ma`lumotlar asosida “*Arduino Uno*” yordamida atrof-muhit temperaturasini o`lchaydi.

2.Talaba bajargan ishlari bo`yicha o`qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Topshiriqlar

1. *Arduino UNO* kontrollerining 3,3 V porti va “A0” analog porti orqali temperatura datchigini ulanish sxemasini ishlab chiqing va temperaturani o`lchash uchun *Arduino* bazasida dastur tuzing hamda yozma hisobot tayyorlang.
2. *Arduino UNO* kontrollerining 3,3 V porti va “A1” analog porti orqali temperatura datchigini ulanish sxemasini ishlab chiqing va temperaturani o`lchash uchun *Arduino* bazasida dastur tuzing hamda yozma hisobot tayyorlang.
3. *Arduino UNO* kontrollerining 3,3 V porti va “A2” analog porti orqali temperatura datchigini ulanish sxemasini ishlab chiqing va temperaturani o`lchash uchun *Arduino* bazasida dastur tuzing hamda yozma hisobot tayyorlang.
4. *Arduino UNO* kontrollerining 3,3 V porti va “A3” analog porti orqali temperatura datchigini ulanish sxemasini ishlab chiqing va temperaturani o`lchash uchun *Arduino* bazasida dastur tuzing hamda yozma hisobot tayyorlang.
5. *Arduino UNO* kontrollerining 3,3 V porti va “A4” analog porti orqali temperatura datchigini ulanish sxemasini ishlab chiqing va temperaturani o`lchash uchun *Arduino* bazasida dastur tuzing hamda yozma hisobot tayyorlang.

Takrorlash uchun savollar

1. Amaliy mashg`ulotni bajarish davomida nimalar o`rganiladi?
2. *MCP 9700* harorat datchigi haqida ma'lumot bering.
3. Ishni bajarish tartibini ayting.
4. Datchikni ishlatadigan mikrokontroller uchun dasturni tushuntiring.

AMALIY MASHG'ULOT №5

“Robot qo'li” ish printsipini o'rganish

Mashg'ulot maqsadi: *Talabalarda «Arduino Uno» mikrokontroller qurilmasi yordamida “Robot qo'li”ni boshqarish tizimi ko'nikmalarini shakllantirish.*

Amaliy mashg'ulotni bajarish davomida quyidagilar o'rganiladi:

- Robot qo'lini mexanik tuzilishi;
- Robot qo'lining elektron sxemasini o'rganadi;
- Robot qo'li va *Arduino UNO* kontrollerining ulanish sxemasi va dasturiy ta'minotini;

Amaliy mashg'ulotni bajarish mobaynida kerakli jihozlar:

Arduino UNO mikrokontrolleri, maket *Breadboard*, o'tkazgichlar, motor, rele, batareya.

Qisqa nazariy ma'lumotlar

Robotlarning tashqi ko'rinishi va konstruksiyasi juda ham har xil bo'lishi mumkin. Hozirgi vaqtda ishlab chiqarish va boshqa sohalarda (texnik va iqtisodiy sabablarga ko'ra) inson tashqi ko'rinishidan juda ham farq qiladigan tashqi ko'rinishga ega bo'lgan robot ishlatilib kelinmoqda.

Robot deganda manipulyatorga (inson qo'lining mexanik analogiga) va manipulyatorni boshqarish sistemasiga ega avtomatik qurilma tushuniladi. Ushbu ikkita tashkiliy qism har xil tarkibga ega bo'lishi mumkin – eng oddiydan eng murakkabgacha. Inson qo'li suyaklardan tuzilib va suyaklar bo'g'inlar orqali bog'langandek manipulyator bir-biri bilan sharnirli birikkan qismlardan tuzilgan. Bu qismlar inson qo'l kaftiga o'xshash ishchi organ bilan tugaydi.

Inson qo'li va panjalari harakatini takrorlovchi uskunalar.

Bu uskunalar inson qo'li uchun zararli moddalar bilan ishlashda qo'llaniladi (m.: zaharli, radioaktiv va h.k. muhitlar)



5.1-rasm. Robot-manipulyator

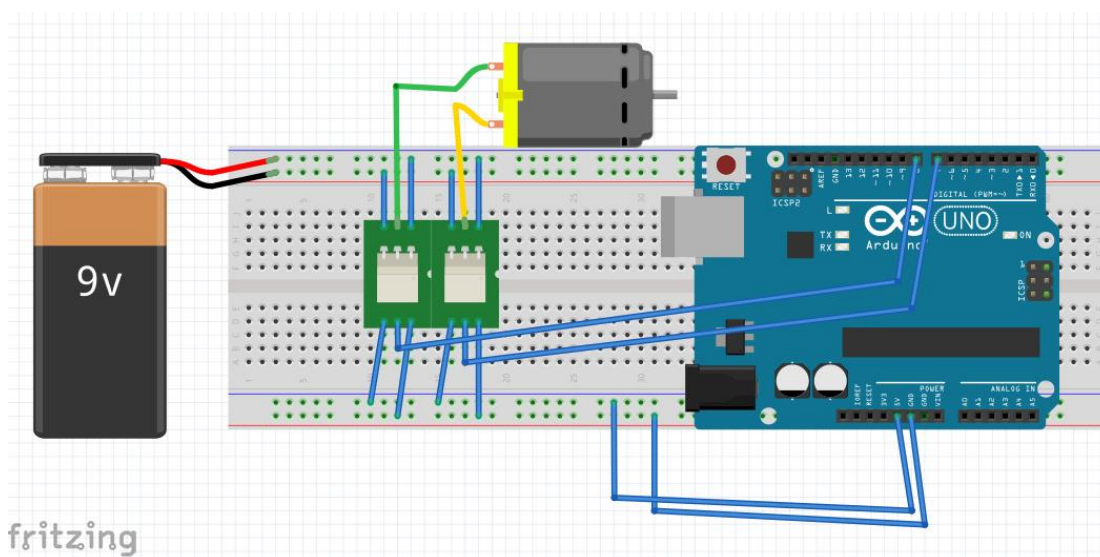
Manipulyatorlar qoʻl bilan boshqariladigan va avtomatlashtirilgan boʻladi.

Birinchi paydo boʻlgan manipulyatorlar passiv, yaʼni mexanizmlari yuritmasiz boʻlib, inson qoʻli harakatlarini masofadan turib takrorlash uchun moʻljallangan edi. Bu harakat faqat inson mushagi kuchi evaziga amalga oshirilgan. Keyinroq yuritmal va inson tomonidan boshqariladigan manipulyatorlar yaratildi.

Ishni bajarish tartibi

Ishni bajarish mobaynida maket *Breadboard* ga *Arduino UNO* qurilmasini oʻrnatamiz. Bunda *Arduino UNO* mikrokontrollerining doimiy kuchlanish manbai 5V va *GND* portlaridan oʻtkazgichlar orqali relening belgilangan kirish qismlari (*Vcc* va *GND*) ga ulaymiz va uning doimiy ishlashi taminlanadi. Ushbu relelarning ulab uzish oraligʻini amalga oshirish uchun relelarning *IN1* va *IN2* portlariga *Arduino UNO* qurilmasining chiqish portlari 7 va 8 nuqtalaridan qabul qilib olamiz va ulaymiz. Shundan soʻng relelarning chiqish qismlaridan motorni harakatga keltirish uchun doimiy manba 9V qiymatga teng batareyaning ikki chiqish qismidan (-/+) mos ravishda relelarning *NC1*, *NC2* va *NO1*, *NO2* kirish portlariga ulaymiz. Motorning 2 tomonlama harakatlanishini taʼminlash uchun relening *COM1* va

COM2 portlari orqali o'tkazgichlar orqali natijlarni chiqaramiz va motorning belgilangan qismlariga ulaymiz.



5.2 – rasm. Manipulyatorning bitta qismining ikki tomonga harakatlanishini ulanishining printsipl sxemasi

Endi “Robot qo’li” ni ishlatadigan mikrokontroller dasturini yozamiz:

```

/// harakatlantirish ...
const int Bir    = 8;

/// teskariga harakatlantirish ...
const int not_Bir = 7;

void setup()      ;

void GO(int, int, bool) ;
void Stop(int, int)    ;

void BirRight(int)    ;
void BirLeft(int)     ;

void loop()        ;

/// Asosiy qisim ...
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  while (!Serial) {}
  for (int i = not_Bir ; i <= Bir ; i ++ )
  {

```

```

    pinMode(i, OUTPUT);
    digitalWrite(i, false);
}
};
void GO(int i, int j, bool b)
{
    digitalWrite(i, true);
    digitalWrite(j, false);
    if (b) {
        digitalWrite(i, false);
        digitalWrite(j, true);
    }
};
void Stop(int i, int j)
{
    digitalWrite(j, false);
    digitalWrite(i, false);
};
void BirRight(int t)
{
    GO(Bir, not_Bir, false);
    delay(t);
    Stop(Bir, not_Bir);
};
void BirLeft(int t)
{
    GO(Bir, not_Bir, true);
    delay(t);
    Stop(Bir, not_Bir);
};
void loop() {
    if (Serial.available()>0)
    {
        int data_com= Serial.parseInt ();
        Serial.println (data_com);
        if (data_com == 7) {
            BirRight(1000);
        }
        if (data_com == 8) {

            BirLeft(1000);
        }
    }
}

```

};

Topshiriq

Manipulyatorning ikkita qismini harakatga keltirish uchun ulanish sxemasini tayyorlang va shu sxema asosida *Arduino UNO* mikrokontrolleri bazasida dasturini tuzing va yozma hisobot tayyorlang.

Takrorlash uchun savollar

1. Amaliy mashg`ulotni bajarish davomida nimalar o`rganiladi?
2. Manipulyator haqida ma'lumot bering.
3. Ishni bajarish tartibini ayting.
4. "Robot qo`li" ni harakatga keltirish uchun mikrokontroller bazasida tuzilgan dasturni tushuntiring.

TAJIRIBA MASHG`ULOTI №1

Tuproq namligini mikrokontroller yordamida boshqarish

***Mashg`ulotning maqsadi:*** Talabalarda YL-69 turidagi namlikni o`lchovchi datchik yordamida tuproq namligini boshqarish tizimi ko`nikmalarini shakllantirish.

Tajriba mashg`uloti jarayonida talabalar quyidagilarni bilib olishadi:

- Datchikni *Arduino UNO* qurilmasiga ulash sxemasini;
- *Arduino UNO* mikrokontrolleri bazasida dastur tuzishni.

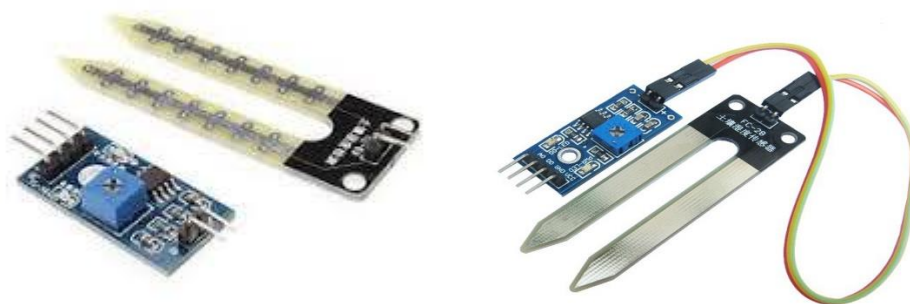
Ishni bajarish uchun kerakli jihozlar va vositalar:

1. *Arduino UNO* mikrokontrolleri;
2. YL-69 turidagi namlikni o`lchovchi datchik;
3. Maket platasi;
4. Maket platasi uchun o`tkazgichlar;
5. USB standart kabeli;
6. Rele.

Nazariy ma'lumotlar

Namlikni o'lchash uchun mo'ljallangan asboblarni namlik o'lchagichlar deyiladi. Namlik o'lchagichlarning ishlashi turli usullarga asoslangan: psixrometrik, gigrometrik, elektrik, shudring nuqtasi, kimyoviy va boshqalar. Foydalaniladigan usullariga ko'ra asboblarni ham turlicha bo'ladi: psixrometrlar, gigrometrlar, namlik o'lchagichlar (elektrik, tarozili va boshqalar). Avtomatlashtirish sxemalarida esa psixrometrlar, elektr namlik o'lchagichlar (konduktometrik, sig'imli) ko'p qo'llaniladi.

Ushbu amaliy mashg'ulotda YL-69 turidagi namlikni o'lchovchi datchik bo'yicha tuproq namligini o'lchash va reglament asosidagi qiymatlarga tayangan holda uni boshqarish tizimi ko'rib chiqiladi. Ishchi kuchlanishi 3,3 - 5 V oralig'ida bo'lishi talab etiladi. O'lchov asbobining ikkita elektrodi orasida kuchlanish hosil bo'ladi. Agar tuproq quruq bo'lsa qarshilik kichik bo'lib tok maksimal qiymatda bo'ladi. Aksincha bo'lsa tok kamroq qarshilik ko'proq bo'ladi. Yakuniy analog signalga qarab namlik darajasini aniqlasa bo'ladi. Datchikning yuza qismi oltin bilan qoplangan bo'lib, o'chov asbobining korroziyaga uchrashini oldini oladi. Elektr toki yoqilganda korroziyadan qutilish qiyin shuning uchun uni faqat namlik o'lchash zarur bo'lganda ishga tushirish zarur.



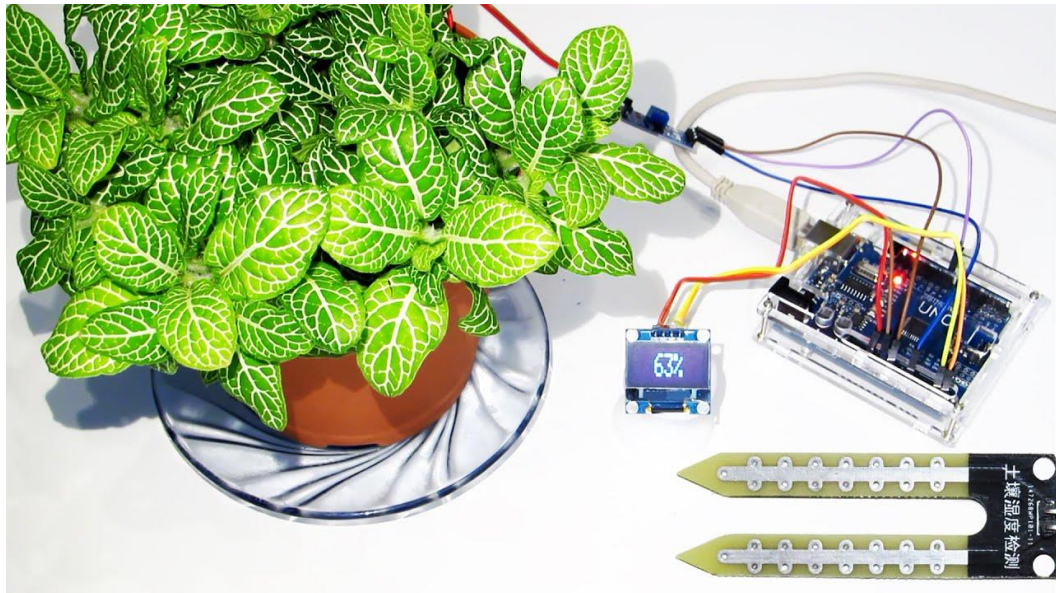
1.1-rasm. Namlik o'lchov asbobi

Datchik istemol qiladigan kuchlanishi 3,31–5 V, tok kuchi esa 4,43–4,9 mA oralig'ida. 5 V quvvatlanganda qaytadigan signal 0,6-5 V.


```

void loop() {
  sensorValue=analogRead(sensorPin);
  sensorValuefoiz=map(sensorValue,0,1023,0,100);
  Serial.print(100-sensorValuefoiz);
  Serial.println("%");
  delay(1000);
}

```



1.3-rasm. Jarayonning vizual ko`rinishi

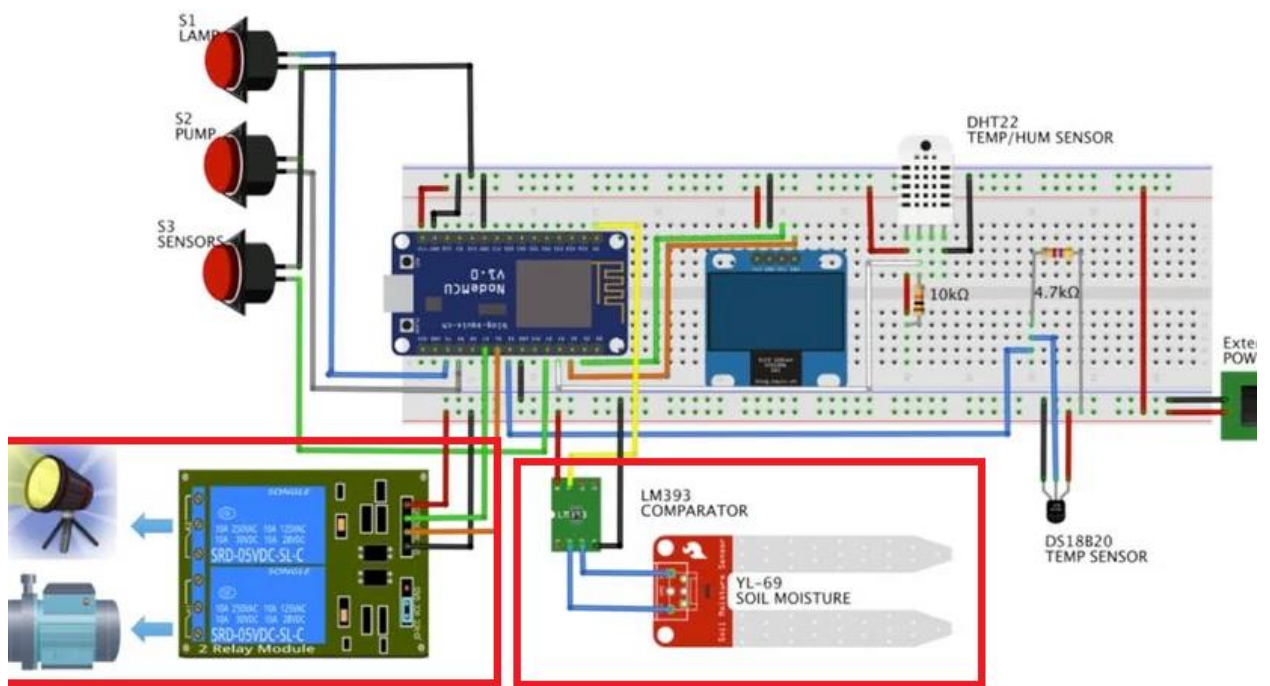
Ishni bajarish tartibi

1.Talabalar o`qituvchi tomonidan berilgan ma`lumotlar asosida “*Arduino Uno*” mikrokontrolleriga namlikni o`lchash tizimini o`rganadi.

2.Talaba bajargan ishlari bo`yicha o`qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Topshiriq:

1.4- rasmda keltirilgan sxemaning belgilangan qismi bo`yicha *Arduino UNO* mikrokontrolleri yordamida tuproq namligini o`lchash hamda reglament qiymat asosida boshqarish tizimini mexatronik modulni yig`ing va ushbu modul bo`yicha boshqaruv dasturini tuzing hamda yozma hisobot tayyorlang.



1.4- rasm. Topshiriq uchun sxema

Takrorlash uchun savollar

1. Mashg`ulotning maqsadini ayting.
2. Ishni bajarish uchun kerakli jihozlarni sanab o`ting.
3. Namlikni o`lchovchi datchikni *Arduinoga* ulash printsiplial elektr sxemasini yig`ishni tushuntiring.
4. Dasturni yuklash tartibini tushuntiring.

II-MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI

1. Raqamli dasturli boshqariladigan stanoklar qaysi tizimlarga mansub?

- A) Tipik mexatron tizimlar
- B) Tipik mexanik tizimlar
- C) Tipik elektrik tizimlar
- D) Tipik kibernetik tizimlar

2. «Robot» so`zini kim o`ylab topgan?

- A) Karel Chapek
- B) Tettsuro Mori
- C) Godfri Xaunsfild
- D) Allan Kormak

3. Birinchi sanoat robotlari xususiyati nima?

- A) Dasturli boshqariladigan robotlar
- B) Mexanik boshqariladigan robotlar
- C) Tashqi signal asosida boshqariladigan robotlar
- D) Hissiyotga ega robotlar

4. Ikkinchi avlod sanoat robotlari xususiyati nima?

- A) Hissiyotga ega robotlar
- B) Dasturli boshqariladigan robotlar
- C) Mexanik boshqariladigan robotlar
- D) Tashqi signal asosida boshqariladigan robotlar

5. Uchinchi avlod sanoat robotlari xususiyati nima?

- A) Dasturli boshqariladigan robotlar
- B) Mexanik boshqariladigan robotlar
- C) Tashqi signal asosida boshqariladigan robotlar
- D) Intellektual robotlar

6. Ekzoskeletlar nima?

- A) Masofadan turib inson harakatini masshtab koeffitsiyentini hisobga olgan holda takrorlash uchun qo`llaniladi

- B) Bu antropomorf konstruktsiyalar bo`lib, ularni inson qo`liga, oyog`iga yoki tanasiga “kiyib”, inson harakatini masshtab koeffitsiyentini hisobga olgan holda takrorlash uchun qo`llaniladi
- C) Bu antropomorf konstruktsiyalar bo`lib, ularni pult orqali mashinalar harakatini masshtab koeffitsiyentini hisobga olgan holda takrorlash uchun qo`llaniladi
- D) Bu antropomorf konstruktsiyalar bo`lib, ularni kompyuter orqali inson harakatini masshtab koeffitsiyentini hisobga olgan holda takrorlash uchun qo`llaniladi

7. Avtomatik boshqariladigan intellektual robotlar bu.....

- A) Ekzoskeletlar
- B) Androidlar
- C) Dronlar
- D) Botlar

8. Radarlar masofani aniqlashda qanaqa signalni yuboradi?

- A) Ultratovushni
- B) Infraqizil nurlarni
- C) Elektrmagnit to`lqinlarni
- D) Elektr kuchlanishni

9. Lidarlar masofani aniqlashda qanaqa signalni yuboradi?

- A) Ultratovushni
- B) Elektr chastotasini
- C) Elektr kuchlanishni
- D) Infraqizil lazer nurlarini

10. Avtomobillarni akustik parkovkalash tizimida qanaqa datchiklardan foydalanadi?

- A) Xoll datchiklari
- B) Ultratovushli datchiklar
- C) Magnitrezistorli datchiklar
- D) Infraqizil diodlar

11. Avtomobillar tormozlarini avtiblokirovkalash tizimda qanaqa datchiklardan foydalanadi?

- A) Magnitrezistorli va Xoll datchiklari
- B) Ultratovushli va magnitrezistorli datchiklar
- C) Ultratovushli va Xoll datchiklari
- D) Ultratovushli datchiklar

12. Tibbiyotda mexatronika tizimlarining qo'llash yo'nalishlari

- A) Xizmat ko'rsatuvchi, klinik
- B) Reabilitatsiyalovchi, yo'l ko'rsatuvchi va klinik
- C) Reabilitatsiyalovchi, xizmat ko'rsatuvchi va klinik
- D) Protezlovchi, xizmat ko'rsatuvchi va klinik

13. Klinik robotlar nechta masalani yechishga mo'ljallangan?

- A) 2
- B) 4
- C) 5
- D) 3

14. Kompyuter tomografiyasi nima?

- A) Ob'yekning ichki strukturasini to'qimalarni yemirmasdan o'rganadigan usul
- B) Ob'yekning ichki strukturasini to'qimalarni jarrohlik usulida o'rganadigan usul
- C) Ob'yekning ichki strukturasini to'qimalarni yemirmasdan qavatma-qavat o'rganadigan usul
- D) Ob'yekning ichki strukturasini to'qimalarni yaxlit o'rganadigan usul

15. Shtampovkalash jarayoniga ta'rif bering

- A) Materialni shaklini va o'lchamini o'zgartirish uchun uni elektr ishlov berish jarayonidir
- B) Materialni shaklini va o'lchamini o'zgartirish uchun uni mexanik ishlov berish jarayonidir
- C) Materialni ichki parametrlarini o'zgartirish uchun uni plastik deformatsiyalash jarayonidir

D) Materialni shaklini va o'lchamini o'zgartirish uchun uni plastik deformatsiyalash jarayonidir

16. Radiopriyomniklar kontur katushkalrini yig`ish uchun robototexnik kompleksini bir davr ishlash vaqti?

A) 20 sek

B) 10 sek

C) 15 sek

D) 9 sek

17. Moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlari xususiyatini ko`rsating.

A) Texnologik tizimni tez va uncha ko`p mehnat va boshqa xarajatlar talab qilmasdan yangi yoki modernizatsiyalangan mahsulot ishlab chiqarish

B) Texnologik tizimni tez va uncha ko`p mehnat va boshqa xarajatlar talab qilmasdan yangi yoki modernizatsiyalangan mahsulot ishlab chiqarish yoki yangi texnologik jarayonlarni amalga oshirish uchun qayta tashkil etish xususiyati

C) Texnologik jihozni tez va uncha ko`p mehnat va boshqa xarajatlar talab qilmasdan yangi yoki modernizatsiyalangan mahsulot ishlab chiqarish yoki yangi texnologik jarayonlarni amalga oshirish uchun qayta tashkil etish xususiyati

D) Texnologik tizimni ko`p mehnat va boshqa xarajatlar evaziga yangi yoki modernizatsiyalangan mahsulot ishlab chiqarish yoki yangi texnologik jarayonlarni amalga oshirish uchun qayta tashkil etish xususiyati

18. Birinchi to`liq avtomatlashtirilgan manipulyatorlar birinchi marta nechanchi yillarda ishlab chiqilgan?

A) 1960-1961

B) 1970-1971

C) 1955-1956

D) 1961-1962

19. Birinchi to`liq avtomatlashtirilgan manipulyatorlar birinchi marta qayerda ishlab chiqilgan?

A) Yaponiya

B) AQSH

C) Shvetsiya

D) Italiya

20. Birinchi sanoat robotlari qachon yaratilgan?

A) 1962 yilda

B) 1952 yilda

C) 1963 yilda

D) 1958 yilda

III-MODUL. MEXATRONIKA TIZIMLARI YURITMALARI VA UZATISH MOSLAMALARI

§3.1. MEXATRONIKA TIZIMLARDA QO`LLANILADIGAN YURITMALAR. MEXATRONIKA ELEKTRYURITMALARI

Yuritma, asosan dvigatel, harakatni o`zgartiruvchi va uzatuvchi mexainzmlar hamda uni boshqaruvchi qurilmadan tuzilgan.

Yuritmalarni mexatron tizimlarning “muskuli” deyish mumkin. Ular boshqarish buyruqlarini (asosan elektr signallarni) boshqaruv qurilmasidan olib, fizik qismida o`zgartirish kiritadilar va ishchi organda kuch va harakat hosil qiladilar. Harakatni o`zgartiruvchi va uzatuvchi mexainzmlar dvigatel va ishchi organ orasidagi interfeys sifatida amal qiladi. Ular tarkibiga reduktorlar, tishli, tasmali, reykali va h.k. uzatmalar, tormozlar va muftalar kiradi.

MT lar kuchli modullarida barcha mavjud yuritmalar amalda qo`llaniladi:

- elektrik;
- gidravlik;
- pnevmatik;
- p`yezoelektrik;
- kombinatsiyalashgan (elektrgidravlik, elektrpnevmatik va h.k.).

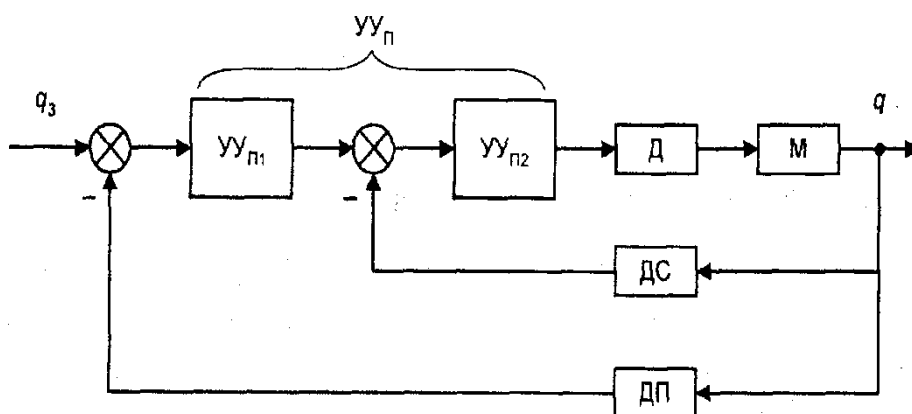
MTlarda qo`llaniladigan yuritmalarga maxsus talablar qo`yiladi:

- ular massasi va gabarit o`lchamlari minimal bo`lishi;
- tezharakatchan va aniq ishlashi;
- turg`un bo`lmagan rejimda ishlashiga qaramay o`tish jarayonlari amalda tebranishsiz bo`lishi;
- ishonchli, arzon va ishlatishga qulay bo`lishi kerak.

Gabarit o`lchamlarini kichik bo`lishi ularni manipulyator va boshqa harakat tizimlari tarkibida bo`lishidan kelib chiqadi. Harakatning aniqlik darajasi yuritmalarning chiqish vallarida tezlik bir necha ulushdan bir necha m/s bo`lishiga qaramay bir necha millimetr ulushiga teng bo`lishi kerak.

Bunday yuritmalar ilgarilanma yoki aylanma harakatlanuvchi, rostlanuvchi va rostlanmaydigan, yopiq (teskari aloqali) va ochiq, uzluksiz yoki diskret harakatlanuvchi bo'lishi mumkin.

3.1.1-rasmda manipulyator yuritmasining tipik sxemasi keltirilgan. Bu sxemada holat haqidagi axborotni yetkazish bilan birga tezlik haqidagi tesqari aloqalar ham mavjud. Boshqarish qurilmasi releli, impulsli va raqamli bo'lishi mumkin.



3.1.1-rasm. Manipulyator yuritmalarining tipik sxemasi:

Д — dvigatel; М — harakatni o'zgartirish va uzatish mexanizmi; ДП, ДС — holat va tezlik datchiklari; YY_{n1} , YY_{n2} — YY_n boshqarish qurilmasining tarkibiy qismlari

Elektryuritmalar yosh yuritmalar turiga kiradi, u XIX asrning ikkinchi yarmida elektrdvigatel yaratilgandan bir necha o'n yil o'tgandan keyin paydo bo'ldi. Bunday yuritmalar dvigatel valining aylanma harakatini ijrochi mexanizmning ilgarilanma-qaytarma harakatiga o'zgartirib beradi.

Elektryuritmalar faqat harakat qilgan vaqtda energiya iste'mol qiladi, bu esa uni ayniqsa kam xarajatli qiladi.

juda tez rivojlanib ketdi;

- kompakt, boshqa yuritmalar bilan komplekt yuritmalar yaratishga imkon beradi.

Kamchiliklari: yong`inga va portlashga xavfli zonalarda hamda nam joylarda ishlatishning qiyinligi, bu kamchilik himoyalangan yuritmani ishlatish bilan yo`qotiladi; narxining qimmatligi; ko`p vaqt uzluksiz ishlatganda dvigatelning isib ketishi va ishqalanadigan detallarning yeyilishi; yonidan o`tdigan boshqa boshqarish tarmog`lariga elektromagnit maydon g`alayon hosil qiladi; gidravlik va pnevmatik yuritmalarga nisbatan yomon massogabarit xarakteristikalariga ega.

Hozirgi vaqtda mexatronikada elektryuritmalarni qo`llash sohalari:

- juda sifatli boshqariluvchi yengil MTlar;
- kichik massali (10-100 kg li) og`irlik ko`taruvchi qurilmalar;
- mobil robotlar.

Hozirgi vaqtda elektrdvigatellarning juda ko`p turi mavjud (3.1.4-rasm).

Bular: *o`zgarmas tok dvigatellari; o`zgaruvchan tok dvigatellari; qadamli dvigatellar; servodvigatellar* va h.k.

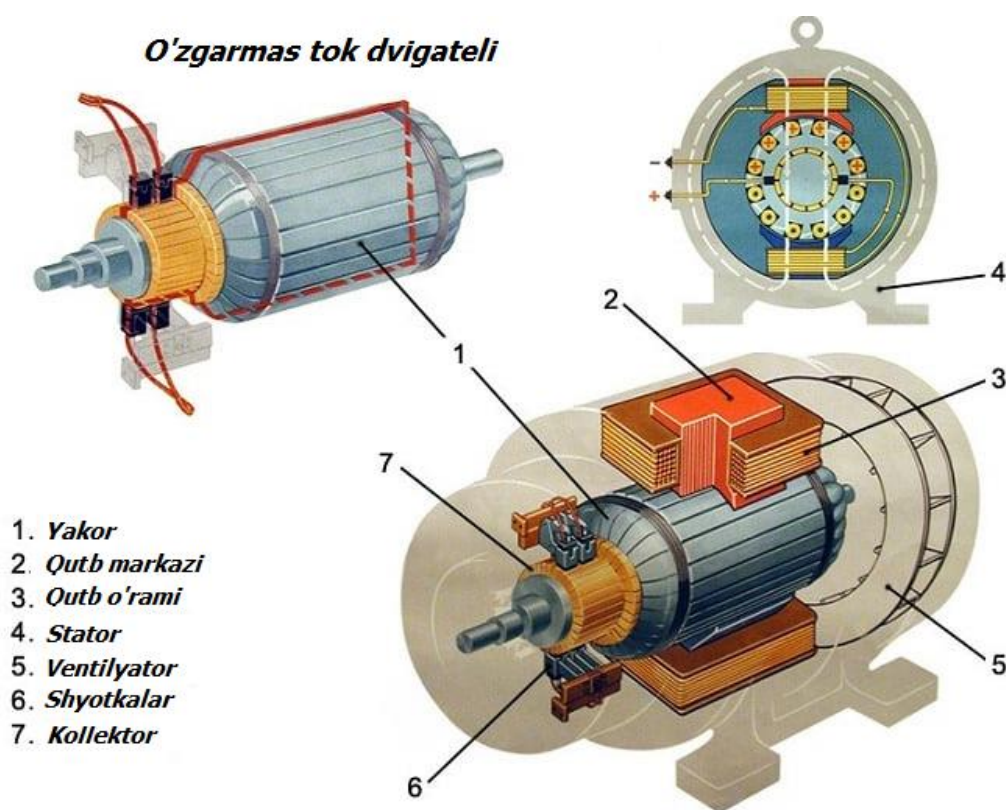


3.1.4-rasm. Har xil quvvatli elektrdvigatellar

*750 Vt, 250 Vt, CD-pleyer dvigateli, o`yinchoq dvigateli, diskovod dvigateli
(batareya "krona" o`lchamni taqqoslash uchun ko`rsatilgan)*

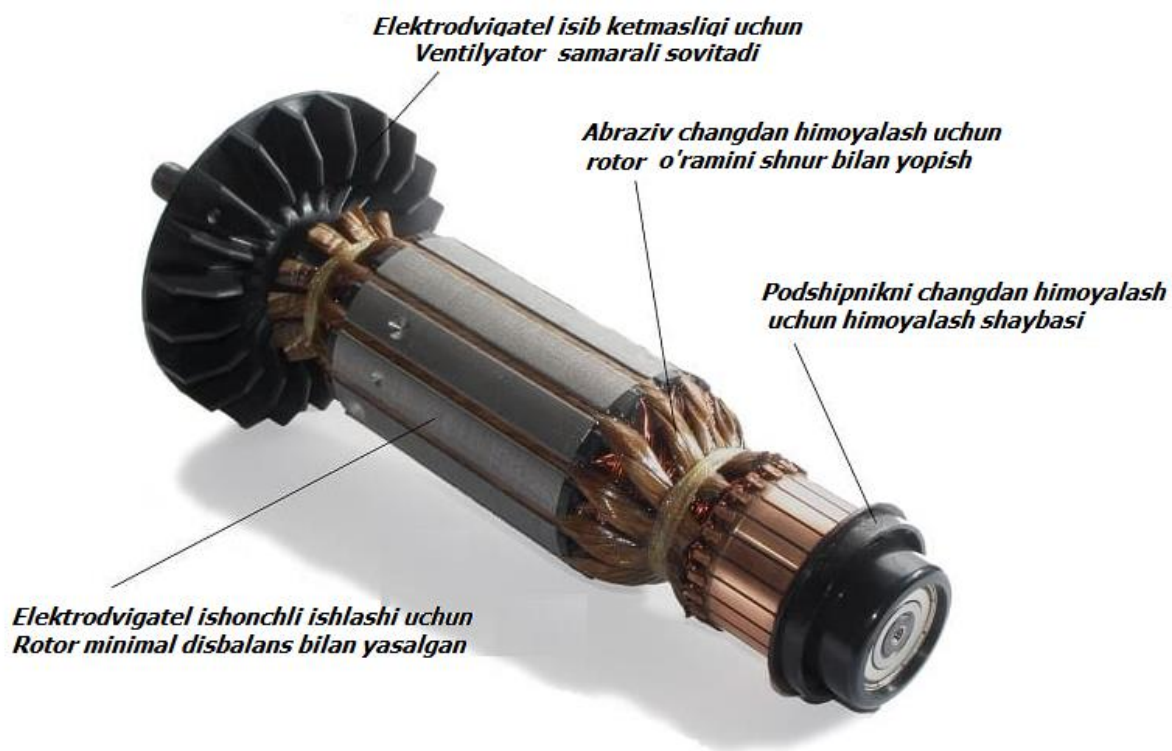
O'zgarmas tok elektrdvigatellari. Elektrdvigatellarda serdechniklarda o'ralgan katushkalar ko'rinishidagi stator (induktor)lar ishlatiladi. Elektr zanjir berkitilganda paydo bo'ladigan elektrmagnit induktsiyasi ta'sirida magnit maydoni chiziqlari paydo bo'ladi.

Rotorlar sim o'ramlar bilan o'ralgan bo'lib, magnit kuchlari ta'sirida aylanma harakatga keladi. 3.1.5-rasmda elektrdvigatel tuzilishi ko'rsatilgan. Kuchli elektrdvigatellarda ko'p o'ramli rotor ishlatiladi. Shunday rotor 3.1.6-rasmda ko'rsatilgan.



3.1.5-rasm. Elektrdvigatel tuzilishi

Manba: <https://www.youtube.com/watch?v=kYuowXDTQDU>



3.1.6-rasm. Ko'p o'ramli rotor

Agar rotor o'ramlari chiqish joyida o'zgarmas tok manbai ulansa, rotor yarim aylanib, to'xtab qoladi. Aylanishni davom ettirish uchun tokning qutubini o'zgartirish kerak bo'ladi. O'ramlar chiqish joyidagi tok qutbini o'zgartiruvchi moslama *kollektor* deb ataladi.

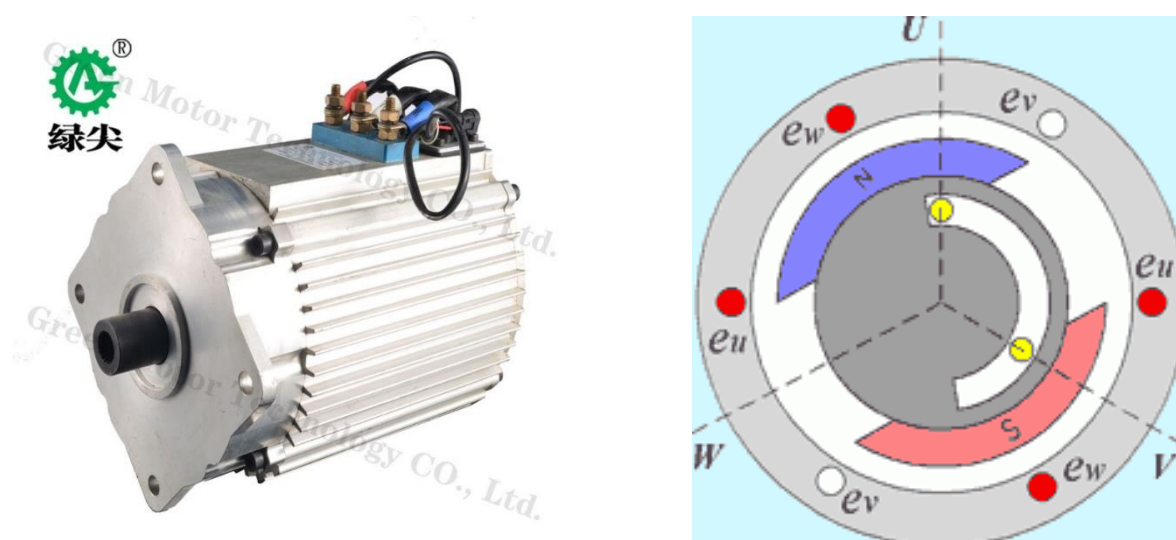
Qo'llanilishi: sanoat va maishiy xizmat elektr asboblari; avtomobilsozlikda oynako'targichlar, ventilyatorlar va boshqa avtomatika; tramvay, trolleybus, elektrkara, ko'tarish kranlari va tortish kuchi katta bo'lgan mexanizmlar va h.k.

Afzalliklari: boshqarishni osonlashtiradigan o'zgarmas tok elektrodvigatellari xarakteristikalarining chiziqli bog'liqligi; aylanish chastotasining oson rostlanishi; yaxshi ishga tushirish xarakteristikalari; kompakt o'lchamlari.

Kamchiliklari: kollektor va shyotkalarining cheklangan resursi; asosan o'zgaruvchan tok tarmog'idan foydalanishimiz uchun, uni to'g'rilash kerakligi; rotorlarni yasash qimmatligi.

Ventilli elektrdivigatel (VD) (3.1.7-rasm) - o'zgarmas tok elektrdivigateling bir turi bo'lib, unda shyotkali-kollektorli uzal rotor holati datchigi yordamida boshqariladigan yarim o'tkazgichli kommutator bilan

almashtirilgan. Bu “Ventilli”, “kuchli tayanchlar (ventillar) yordamida boshqariladi” deganini anglatadi. Uning tok fazalari sinusoidal shaklga ega. Kuchaytirgich vazifasini keng-impulsli modulyatsiyali (*широотно-импульсная модуляция ШИМ*) avtonom kuchlanish invertori bajaradi.



3.1.7-rasm. Ventilli elektrdvigatel

**O`zgaruvchan tok elektrdvigatellari.** O`zgarmas tok dvigatellariga nisbatan ko`proq ishlatiladi. Chunki ularni ishlab chiqarish arzonroq, konstruksiyasi soddaroq va ishonchliroq, ulardan foydalanish osonroq. Amalda barcha uyda ishlatiladigan maishiy texnika o`zgaruvchan tok elektrdvigatellari bilan jihozlangan: yuvish mashinalari, oshxona vityajkalari va h.k. Sanoatda stanokli jihozlarda, lebyodkalarda, kompressorlarda, gidravlik va pnevmatik nasoslarda va ventilyatorlarda qo`llaniladi.

Ularning 2 turi mavjud: *sinxron* va *asinxron dvigatellar*.

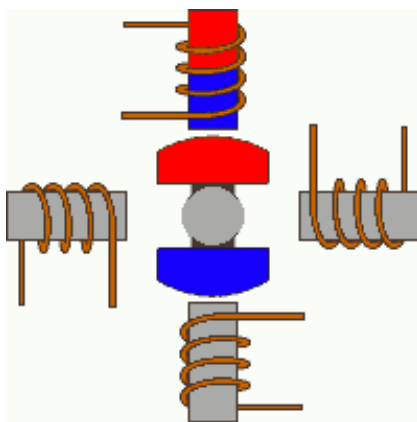
Sinxron dvigatellarda rotorlarning aylanish chastotasi magnit maydonning aylanish chastotasiga teng (sinxron). Ularning aylanish tezligi o`zgarmas bo`lganligi sabab kompressorlarda, katta ventilyatorlarda, nasoslarda va o`zgarmas tok generatorlarida ishlatiladi.

Asinxron dvigatellarda rotorlarning aylanish chastotasi stator o`rami hosil

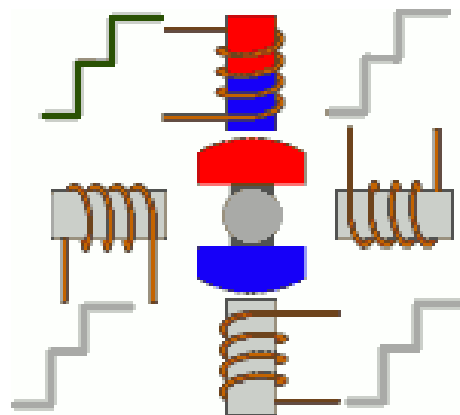
qiladigan magnit maydonning aylanish chastotasidan farq qiladi (asinxron). Ular qisqa ulangan rotorli va fazali rotorli bo`ladi. Bular konstruksiyasi bir xil, orasidagi farq ularning o`rash usulidadir. Asosan uch fazali asinxron dvigatellar ko`p tarqalgan: stanok va jihozlarda, avtomatikada, telemexanika va h.k.larda ishlatiladi.

Qadamli elektrdvigatellar. Elektr impulslarni diskret xarakterdagi mexanik harakatga o`zgartirish printsipi asosida amal qiladi. Ko`pchilik ofis va kompyuter texnikasi ushbu dvigatellar bilan jihozlangan. Ular o`lchami kichik va yuqori samaradorli hisoblanadi.

Boshqa dvigatellardan farqi shundaki, ularning rotorli uzlukli qadam bo`yicha aylanadi. Har qaysi qadam to`liq aylanishning bir qismini tashkil qiladi. Qadamlar kattaligi motorning mexanik tuzilishiga va motorni boshqarish usuliga bog`liq bo`ladi. Bu turdagi dvigatellar rotorida doimiy magnit o`rnatilgan, stator tarkibiga katushkalar (o`ramlar) kiradi. Umumiy holda qadamli dvigatellarning sxemasi 3.1.8-rasmda ko`rsatilgan ko`rinishda bo`ladi.



**3.1.8-rasm. To`liq qadamda
ishlaydigan dvigatel o`ramlarini
ulash sxemasi**



**3.1.9-rasm. Mikroqadamda
ishlaydigan dvigatel o`ramlarini
ulash sxemasi**

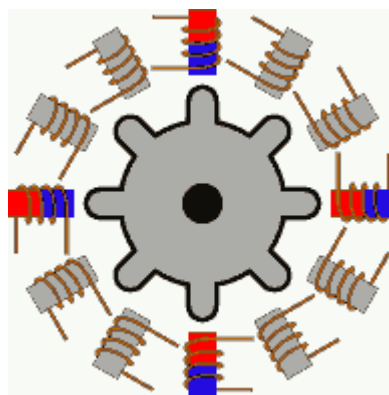
Bu yerda biz bir-biriga nisbatan 90° ostida joylashgan 4 ta o`ramni ko`ramiz. O`ramlarni ulash usuliga qarab elektrdvigatel vali to`liq qadam bilan, yarim qadam bilan va mikroqadam bilan aylanishi mumkin. To`liq qadamda o`ramlar birgalikda ulanmaydi. O`ramlarda birin-ketin aylana bo`yicha tok o`tadi. Katushkalardan har

tok o'tganda dvigatel vali 90^0 ga to'liq aylanadi. Yuqorilagi sxemada o'ramlardan tok har 1 sekda o'tadi (3.1.8-rasm).

Yarim qadam rejimida o'ramlarda juft holda bir vaqtda tok beriladi. Bu natijasida rotor yarim qadamga 45^0 ga aylanadi.

Mikroqadamda ishlaydigan dvigatellar ko'p qo'llaniladi (masalan, raqamli dasturli boshqariladigan stanoklarda). Bu rejimda o'ramlarga tok impuls bilan emas, balkim sinusoidaga o'xshagan shaklda uzatiladi (3.1.9-rasm). Bunda rotorning pozitsiyalangan aylanishi silliq, zarbasiz bo'ladi.

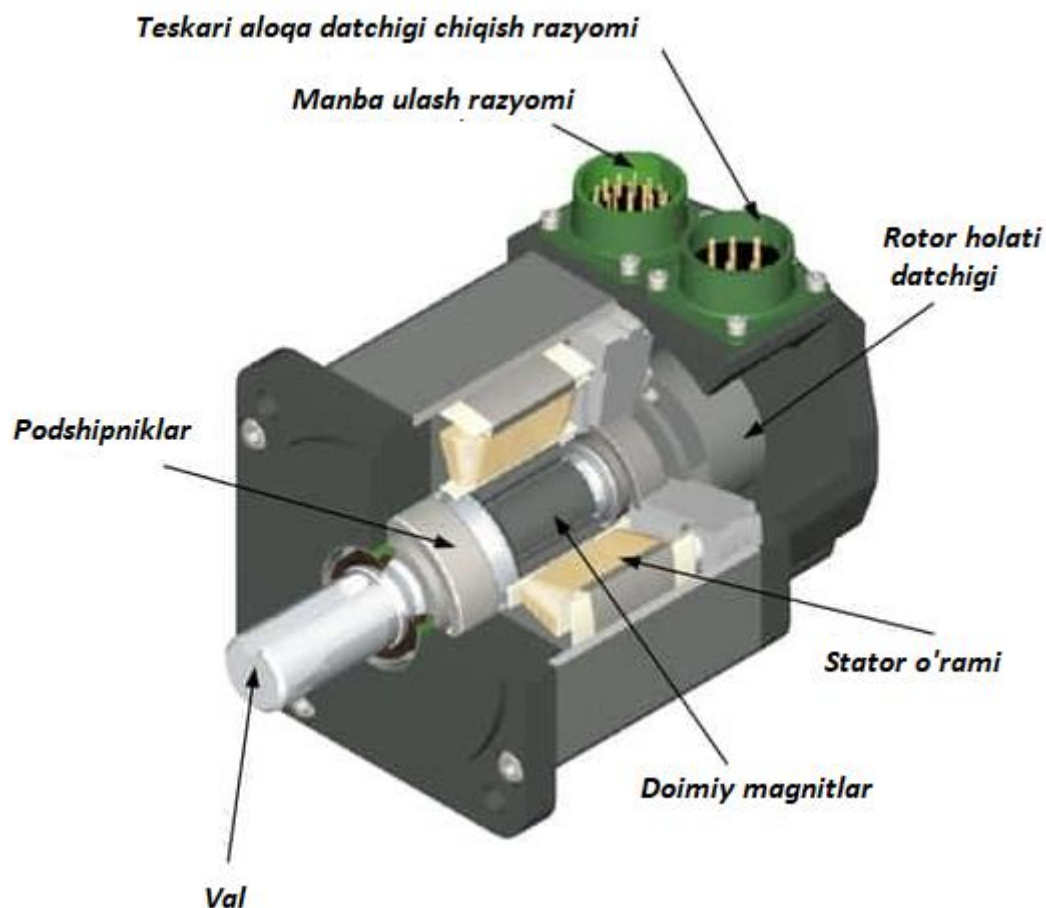
O'zgaruvchan magnitli qarshilikli qadamli dvigatel. Bu turdagi dvigatellarda rotorlarida doimiy magnit yo'q. Buning o'rniga rotor shesternyaga o'xshagan tishli disk shaklidagi magnit ta'sir qiluvchi metall dan yasalgan bo'ladi. Bunaqa materialga toza temir yoki uning nikel va kobalt bilan qorishmasi misol bo'la oladi. Stator 4 tadan ko'p o'ramga ega. O'ramlarga qarama-qarshi juftliklarda tok beriladi va ular rotorni tortadi va rotor tishlar bo'yicha aylanadi (3.1.10-rasm).



3.1.10-rasm. O'zgaruvchan magnitli qarshilikli qadamli dvigatel o'ramlarini ulash sxemasi

Servoyuritma (lot. *servus* – yordamchi, qul) – tashqaridan berilgan parametrlarga asosan o'zining ichki manfiy (salbiy) teskari aloqasi bo'yicha holatini avtomatik rostlaydigan mexanik yuritmadir (3.1.11-rasm).

Manfiy teskari aloqa – aloqa turi bo'lib, sistemaga kirish signali birlamchi ta'sirini kamaytirishga olib keladigan chiqish signalining o'zgarishidir.



3.1.11-rasm. Servoyuritmaning tarkibiy tuzilishi

Boshqacha qilib aytganda, servoyuritmada real vaqt rejimida kirishda boshqaruv parametrlarini qabul qilib olib, “oʻzining kuchi bilan” (datchiklari koʻrsatgichlariga asoslanib) ijrochi elementning kerakli chiqish parametrlarini taʼminlaydi. Uning tarkibida holat va tezlik datchiklari kiradi. Servodvigatelni boshqarish chastotani oʻzgartiruvchi inventar yordamida amalga oshiriladi.

Boshqa yuritmalardan farqi shundaki, uni tezlik, moment va holat boʻyicha boshqarib boʻladi. Shuning uchun uni pozitsiyalash, boshqarish masalalarida ishlatish mumkin. Bunday yuritmalar harakatning silliqqligini, vibratsiyaning va akustik shovqinning kamligini taʼminlaydi.

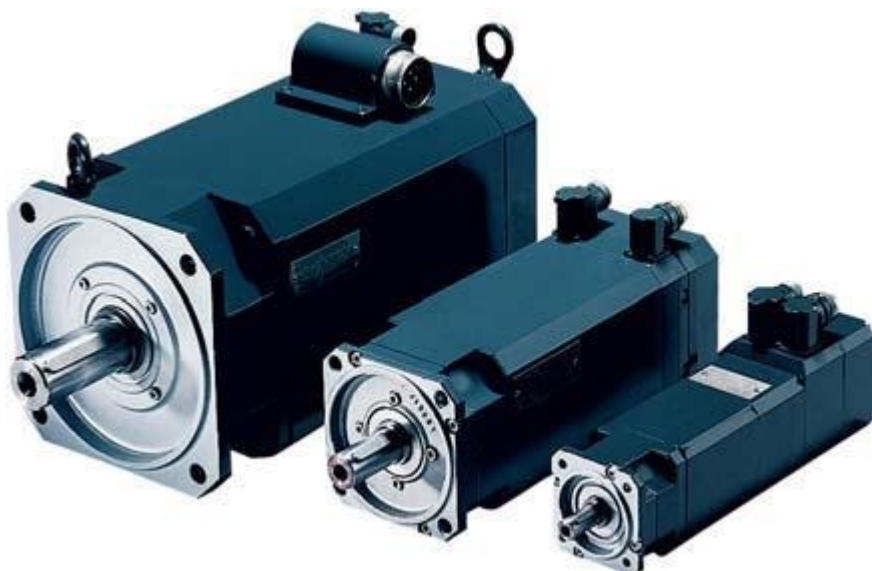
Servodvigatellarning asosan quyidagi turlari koʻp ishlatiladi: *asinxron*, *sinxron*, *oʻzgarmas tokda ishlaydigan* (3.1.12-rasm).

Asinxron servodvigatellar metallurgiyada, ekstruderlarda, plastmassalarni bosim ostida quyuvchi mashinalarda, oziq-ovqat sanoatida, ichimliklarni quyishda,

avtomobilsozlikda va b. ishlatiladi.

Sinxron servodvigatellar dasturli boshqariladigan stanoklarning tez harakatchan sistemalarida ishlatiladi.

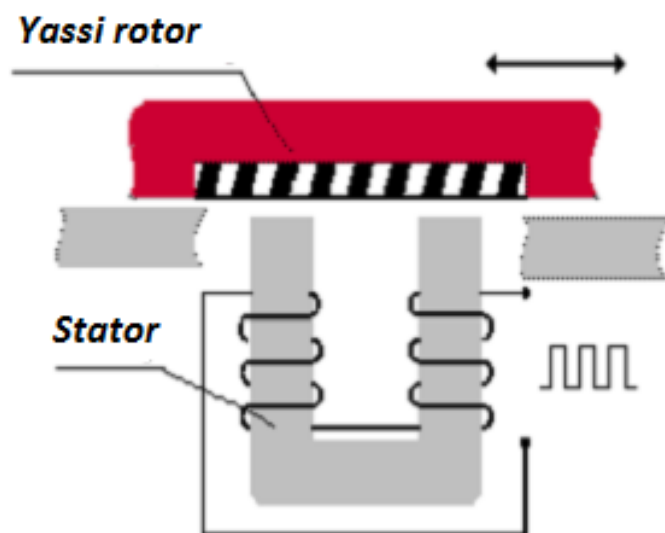
O'zgarmas tok servoyuritmalari juda kam ishlatiladi, chunki ularga doim texnik ko'rsatishni talab qiladi va avtomatizatsiyalash darajasi past.



3.1.12-rasm. Har xil quvvatli servodvigatellar

Manba: <http://www.servotechnica.ru/catalog/type/index.pl?id=104>

Chiziqli elektrdvigatellar stator va rotorning bir-biriga nisbatan to'g'ri chiziqli harakatlantirish xususiyatiga ega. Standart elektrdvigatellarda rotor va stator xalqa shaklida bo'ladi, chiziqlisida esa – ular polosa shaklida ishlangan. Dvigatelning qo'zg'almas qismi – stator uzunligi cheklangan ochiq magnit o'tkazgich bo'lib, uning o'ramlariga navbatma-navbat tok beriladi va “yuradigan” magnit maydoni hosil qilinadi. Uning ustida ferromagnit plastinadan va ko'p fazali o'ramlardan tuzilgan yassi rotor joylashgan. Rotor statordagi magnit oqimini yopadi va yo'naltiruvchi bo'yicha ilgarilanma harakat qiladi (3.1.13-rasm).

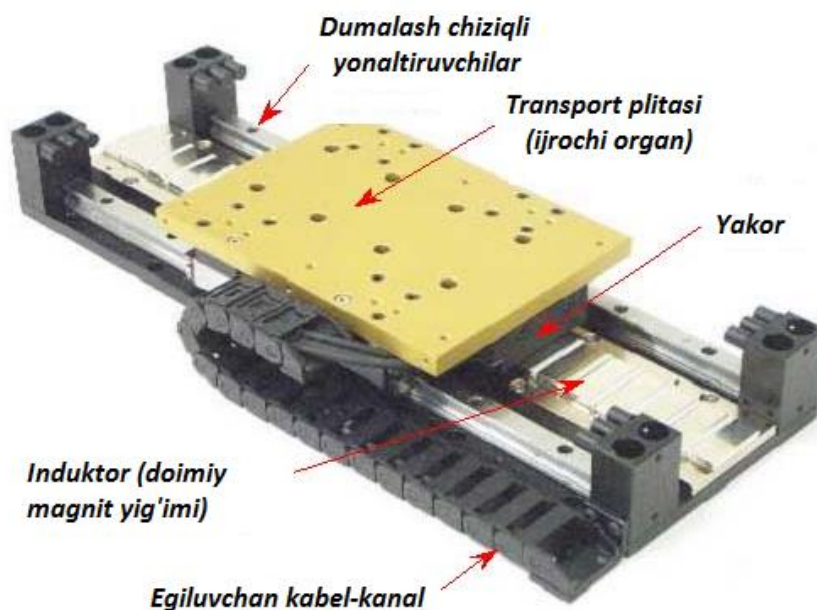


3.1.13-rasm. Chiziqli elektrdvigatelning ishlash sxemasi

Ana shunday dvigatel 3.1.14-rasmda ko`rsatilgan. Stator (induktor) doimiy magnitli polosa shaklida, rotor (yakor) shu korpusda ferromagnit plastinalar shaklida ishlangan. Rotor chiziqli yo`naltiruvchilar bo`yicha ilgarilanma-qaytarma harakatlanadigan transportlovchi plastinada (ijrochi organda) qotirilgan. Rasmda ijrochi organda o`rnatilgan harakat datchigi ko`rsatilmagan. Egiluvchan kabel-kanal orqali yakor o`ramlari va datchiklar uchun tok ta`minoti keltiriladi.

Bunday dvigatellarning ajraluvchan xususiyati - harakatchan qismi tezligini rostdashning soddaligidadir.

Elektrdvigatel quvvatini hisoblash. Dvigatelning quvvatini aniqlash yoki uni energetik hisoblash MM ni konstruksiyasini ishlash jarayonida muhim bo`lib hisoblanadi va bu ratsional ravishda dvigatelni tanlash, uni o`zgartirishga yo`naltiriladi, hamda chiqish zvenosining harakatining berilgan qonuniyatlariga rioya qilishga yordam beradi. Bunda, yuritma modulning energetik xususiyatlari, uning kinematik va dinamik xossalarini belgilaydi, lekin yuritma qimmat hamda energiya va material xarajatli hisoblanadi. Shuning uchun, MM ni loyilashtirishda uning xarakteristikallari bilan narxi, quvvati va og`irligini minimallashtirishga erishish lozim.



3.1.14-rasm. Ferromagnet yakorli chiziqli elektrdvigatel

MM ning energetik hisobini olib borish berilgan harakat rejimi va yuklama parametrlari to`g`risidagi ma`lumotlar asosida olib boriladi. Bu nuqtai nazardan muhandislik amaliyotida MMni hisoblashni ikkita asosiy varianti mavjud.

Birinchi variantda, mexatron tizimning bir qismi qilib maxsuslashtirilgan MM loyihalashtiriladi. Bunda konstruktor maxsus hisoblashlar asosida ob`ekt to`g`risida to`liq ma`lumotni oladi: uning vaqt ichidagi harakat qonuni, yuklama xarakteristikasi (uning tarkibiy qismlarini ham inobatga olib), ob`ektning massagabarit o`lchamlari, ishlatish sharoiti va boshqalar. Ma`lumotlarning to`liqligi yuklama parametrlarni optimallashtirishga olib keladi.

Ikkinchi variant funksional ravishda mustaqil bo`lgan *universal* MMni yaratishni nazarda tutadi, va bu o`z navbatida turli xil mexatronik tizimlar va konstruktsiyalashda qo`llaniladi. Bunda konstruktor ob`ektning vaqt ichidagi yuklamasi va harakat qonuniyati to`g`risida to`liq ma`lumotga ega emas. Modulning chiqish zvenosi tipik chiqish harakati uchun chegaraviy yuklama, tezlik va harakat tezlanish qiymatlari asosida energetik hisoblash ishlari olib boriladi.

Universal MM uchun energetik hisoblash ishlarini qo`yida o`rganamiz.

*Unchalik katta bo`lmagan dinamik yuklamada ishlaydigan universal mexatron modul uchun energetik hisoblash.* MMga ta'sir etuvchi inertsia kuchlari unga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlardan ancha kichik holat uchun universal MMni hisoblashni ko`ramiz. Bunda asosiy dastlabki ma'lumotlar bo`lib quyidagilar olinadi:

- mexatron modulning strukturali sxemasi;
- ta'sir etuvchi tashqi yuklama (kuch F_N yoki aylantiruvchi moment T_N);
- chiqish zvenosining talab qilingan tezligi (chiziqli v_{ch} yoki burchak ω_{ch}).

Ilgarilanma harakat qiluvchi MM uchun dvigatel quvvati, P , quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$P = F_N \cdot v_{ch} \cdot K_{din}/\eta, \quad (3.1)$$

bu yerda, F_N — chiqish zvenosidagi qarshilik yuklamasi; N ; v_{ch} — chiqish zvenosining chiziqli tezligi, m/s ; η — harakat o`zgartiruvchining F.I.K.; $K_{din}=1,1\dots1,3$ — ishga tushirish jarayonidani dinamik yuklamalarning ta'sirini etiborga oluvchi zahira koeffitsiyenti.

Chiqish zvenosi aylanma harakat qiladigan MM uchun dvigatel quvvati, P , quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$P = T_N \cdot \omega_{ch} \cdot K_{din}/\eta, \quad (3.2)$$

bu yerda, T_N — chiqish zvenosidagi qarshilik momenti, $N \cdot m$; ω_{ch} — chiqish zvenosining burchak tezligi, s^{-1} .

Bir xil quvvatga ega bo`lgan dvigatellar turli nominal aylantiruvchi momentlarga  $T_{nom}$  egaligini nazarga olib, dvigatelning zarur bo`lgan momentini aniqlash kerak ($N \cdot m$):

$$T_{dv} = T_{nom}/(u \cdot \eta), \quad (3.3)$$

bu yerda u – yuritma harakatni uzatish mexanizmining uzatishlar soni.

Dvigatelning oxirgi tipi katalog orqali tanlab olinadi va quyidagi shartlarga rioya qilinadi:

$$P_{dv} \geq P \quad (3.4)$$

$$T_{nom} \geq T_{dv} \quad (3.5)$$

Asosiy tayanch soʻz va iboralar

Yuritma; elektryuritma; oʻzgarmas tok dvigatellari; oʻzgaruvchan tok dvigatellari; qadamli dvigatellar; servodvigatellar; chiziqli elektrdvigatellar

Asosiy tayanch tushunchalar

* Yuritma, asosan dvigatel, harakatni oʻzgartiruvchi va uzatuvchi mexainzmlar hamda uni boshqaruvchi qurilmadan tuzilgan.

* Yuritmalarni mexatron tizimlarning “muskuli” deyish mumkin. Ular boshqarish buyruqlarini (asosan elektr signallarni) boshqaruv qurilmasidan olib, fizik qismida oʻzgartirish kiritadilar va ishchi organda kuch va harakat hosil qiladilar. Harakatni oʻzgartiruvchi va uzatuvchi mexainzmlar dvigatel va ishchi organ orasidagi interfeys sifatida amal qiladi.

* Mexatronik tizimlarda qoʻllaniladigan yuritmalarga maxsus talablar qoʻyiladi: ular massasi va gabarit oʻlchamlari minimal boʻlishi; tezharakatchan va aniq ishlashi; turgʻun boʻlmagan rejimda ishlashiga qaramay oʻtish jarayonlari amalda tebranishsiz boʻlishi; ishonchli, arzon va ishlatishga qulay boʻlishi kerak.

* Elektryuritmalar elektrdvigatel valining aylanma harakatini ijrochi mexanizmning ilgarilanma-qaytarma harakatiga oʻzgartirib beradi.

* Hozirgi vaqtda mexatronikada elektryuritmalarni qoʻllash sohalari: juda sifatli boshqariluvchi yengil MTlar; kichik massali (10-100 kg li) ogʻirlik koʻtaruvchi qurilmalar; mobil robotlar.

* Ventilli elektrdvigatel - oʻzgarmas tok elektrdvigatelining bir turi boʻlib, unda shyotkali-kollektorli uzel rotor holati datchigi yordamida boshqariladigan yarim oʻtkazgichli kommutator bilan almashtirilgan.

* Qadamli elektrdvigatellar elektr impulslarni diskret xarakterdagi mexanik

harakatga o'zgartirish printsipli asosida amal qiladi. Ko'pchilik ofis va kompyuter texnikasi ushbu dvigatellar bilan jihozlangan. Ular o'lchami kichik va yuqori samaradorli hisoblanadi.

* Servoyuritma (lot. *servus* – yordamchi, qul) – tashqaridan berilgan parametrlarga asosan o'zining ichki manfiy (salbiy) teskari aloqasi bo'yicha holatini avtomatik rostlaydigan mexanik yuritmadir.

* Chiziqli elektrdvigatellar stator va rotorning bir-biriga nisbatan to'g'ri chiziqli harakatlantirish xususiyatiga ega. Standart elektrdvigatellarda rotor va stator xalqa shaklida bo'ladi, chiziqlisida esa – ular polosa shaklida ishlangan.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. “Yuritma” tushunchasiga izoh bering.
2. Mexatronika tizimlarida qo'llaniladigan yuritmalarni ayting.
3. Elektrik yuritmaning afzalliklarini tushuntiring.
4. Elektryuritmalarni mexatronika tizimlarida boshqa yuritmalarga nisbatan ko'proq qo'llashga sabab nima?
5. O'zgarmas tok elektrdvigatellari asosan qaysi jihozlarda ishlatiladi?
6. Ventilli elektrdvigatellarning ishlash prinsipini tushuntiring.
7. O'zgaruvchan tok elektrdvigatellari asosan qaysi jihozlarda ishlatiladi?
8. Qadamli elektrdvigatellarning mohiyatini tushuntiring.
9. Servoyuritmaning tarkibiy tuzilishini tushuntiring.
10. Elektrdvigatel quvvati qanday hisoblanadi?

O'quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so'z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo'yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

§3.2. MEXATRONIKA GIDRAVLIK VA PNEVMATIK YURITMALARI

3.2.1. Mexatronika gidravlik yuritmalari

Gidroyuritma – bu gidravlik energiya yordamida mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir.

Gidroyuritmaga yuritma dvigateli va mashina yoki mexanizm orasidagi qurilma deb qarash mumkin. U mexanik uzatmalar (reduktor, tasmali uzatma, krivoship-shatun mexanizmi va h.k.) funksiyasini bajaradi.

Gidroyuritmaning asosiy elementlari bu nasos va gidrodvigatel. Nasos gidravlik energiya manbai hisoblanadi, gidrodvigatel esa iste'molchi bo'lib, gidravlik energiyani mexanik energiyaga aylantiradi. Gidroyuritmalarda ijrochi organ harakati suyuqlik (odatda mineral moy) harakati yordamida amalga oshiriladi. Yana gidroyuritma tarkibiga gidroakkumulyator, bosim va sarfni rostlovchilar, boshqarish signallari quvvatini gidravlik kuchaytiruvchilari kirishi mumkin.

Gidrodvigatel chiquvchi zvenolari harakatini rostlovchi qurilmalar – drossel, gidroraspreditel va b.lar yordamida yoki gidrodvigatelning parametrlarini o'zgartirib boshqarish mumkin.

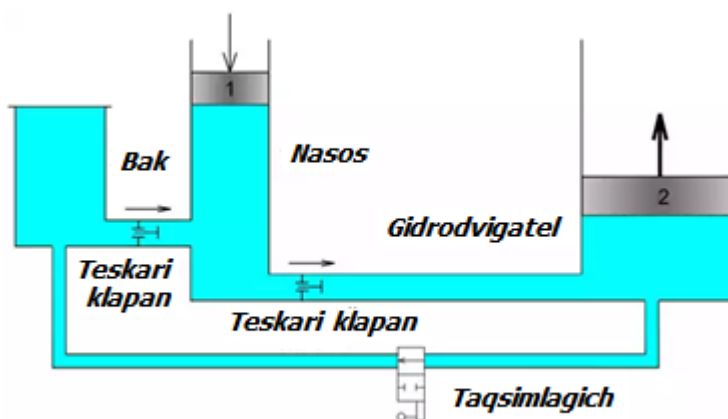
Ikkita guruh gidroyuritmalar bo'ladi: *gidrodinamik* va *hajmli*.

Birinchisida harakatlanayotgan suyuqlikning kinetik energiyasidan foydalaniladi va uning harakat tezligi hosil qilinayotgan quvvatga to'g'ri proporsional. Ikkinchisida bosim kuchi kerak, ishchi suyuqlikning harakat tezligi unchalik katta emas.

Hajmli gidroyuritmalar gidrodinamikka nisbatan kompaktli va yengil bo'lganligi va katta kuch hosil qila olishi uchun ko'p tarqalgan. Uning ishlashi birinchi va ikkinchi porshenlar maydoni va hajmlarining farqiga asoslangan gidravlik richag printsiptiga asoslangan (3.2.1-rasm). Qancha birinchi porshen kichik va ikkinchi porshen katta bo'lsa, shuncha kichik kuch ishlatib chiqish joyida katta kuch hosil qilish mumkin.

Birinchi porshen – bu bosim beruvchi nasos, ikkinchisi – harakatni amalga

oshiradigan gidrodvigatel. Aylanma harakatlanayotgan ishchi suyuqlik oqimi har xil yo`nalishga ega, oqimlar teskari klapan va gidrotarqatuvchilar yordamida ajratib yo`naltiriladi. Shuning evaziga gidroyuritmalar katta F.I.K.ka va kichik inertsiyaga ega hamda harakat yo`nalishini oson o`zgartirib bo`ladi.



3.2.1-rasm. Gidroyuritmaning ish printsipi sxemasi

Chiqish zvenosining harakat turiga qarab gidroyuritmalar quyidagilarga bo`linadi:

- gidrotsilindrlar (ilgarilanma-qaytarma harakat);
- gidromotorlar(aylanma harakat) ;
- gidrodvigatellar (zvenoni ma`lum burchakka aylantirish).

Afzillaklari:

1. Kompakt o`lchamlarga ega bo`lishiga qaramay katta quvvatlarni hosil qilish. Gidroyuritma o`lchami teng bo`lgan pnevnoyuritmaga nisbatan 25 marta ko`p quvvat hosil qiladi. Shuning uchun 500-1000 Vt va undan katta quvvatlarda samarador massagabarit xususiyatlarga ega;
2. Gidroyuritma va nasos stantsiyasi orasi katta bo`lishi mumkin (maksimal masofa 250-300 m);
3. Katta kuch hosil qilishda juda kam vaqt ketadi;
4. Silliqlik rostlash imkoniyati;
5. Katta ishlatish temperaturasi -50 dan +100°C gacha. Lekin shuni

narsani esda tutish kerakki, kichik temperaturalarda moyning qovushqoqligi oshadi, bu moy harakatini qiyinlashtiradi va sekinlashtiradi, katta temperaturalarda esa – moy qovushqoqligi kamayib, tirqishlardan oqib ketishi mumkin.

6. Katta F.I.K.ka ega, lekin elektrmexanik yuritmaga nisbatan past.

Kamchiliklari:

1. Katta bosim va temperaturalarda ishchi suyuqlikning tirqishlardan chiqib ketishi oshadi;

2. Yuritmaning narxi yuqori va unga xizmat ko`rsatish ham qimmatroq;

3. Ishlashi uchun nasos kerak.

4. Chiqish zvenosi harakatlanganda ham, harakat to`xtaganda ham energiya talab qilinadi;

5. Ishining aniqligini kuzatish qiyin, buning uchun qo`shimcha qurilma kerak.

Gidroyuritmalar elektr yoki pnevmatik yuritmalarga nisbatan murakkab va qimmatdir. Lekin 500-1000 Vt va undan katta quvvatlarda yaxshi massagabarit xususiyatlariga ega bo`lganligi va ularni boshqarish oson bo`lganligi uchun asosan og`ir va o`rta og`ir MT yuritmalari bo`lib xizmat qiladi.

Gidrotsilindr – hajmiy gidroyuritma toifasiga kirib, suyuqlik oqimi gidravlik energiyasini mexanik energiyasiga o`zgartiradi va chiqish zvenosini (shtok, plunjer, porshen) ilgarilanma-qaytarma harakatga keltiradi.

Shtok holati bo`yicha:

- ikki pozitsiyali;
- ko`p pozitsiyaliga bo`linadi.

Ishchi suyuqlik ta`sir yo`nalishi bo`yicha:

- bir tomonlama harakatlanadigan;
- ikki tomonlama harakatlanadigan.

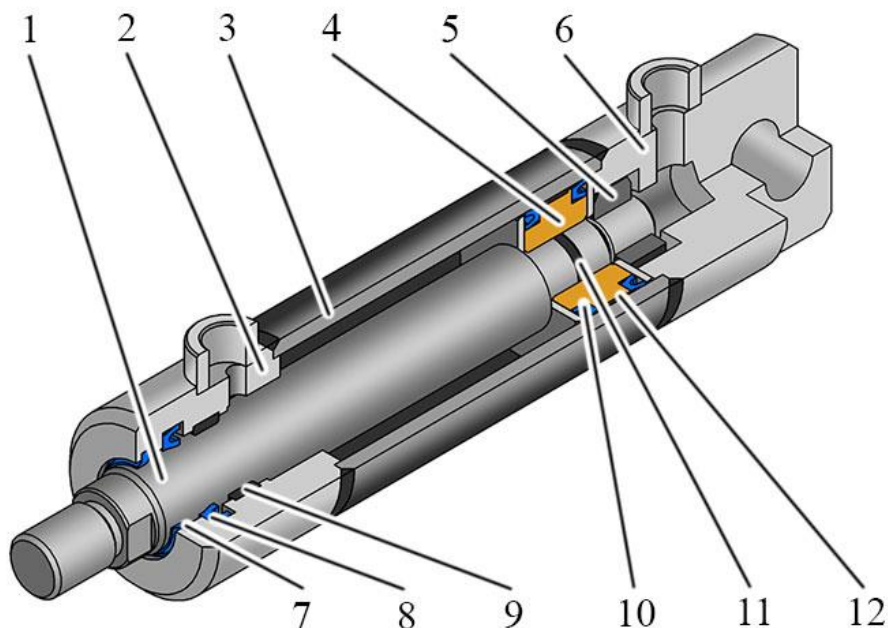
Ishchi zvenosi turi bo`yicha:

- membranali;
- silfonli;

- porshenli (plunjerli);
 - bir tomonlama shtokli;
 - ikki tomonlama shtokli.

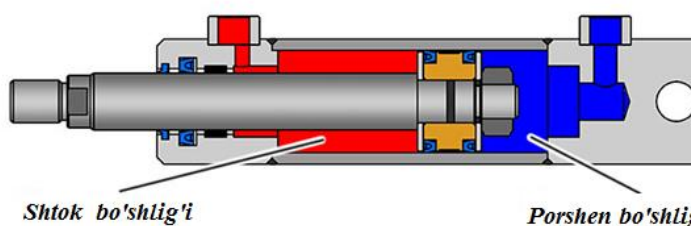
Bir tomonlama shtokli gidrotsilindr. Uning konstruksiyasi 3.2.2- rasmda ko`rsatilgan.

Ishchi kameralarning germetikligi porshen manjetli zichlagichlar yordamida amalga oshiriladi. Bunda suyuqlik shtok bo`shlig`idan porshen bo`shlig`iga o`tishiga yo`l qo`yilmaydi (3.2.3-rasm). Gidrotsilindr qopqog`ida o`rnatilgan manjet shtokning zichlanishini bajaradi. Chiqindi tozalovchi silindr bo`shlig`iga har xil chiqindi zarrachalarni kirishining oldini oladi.

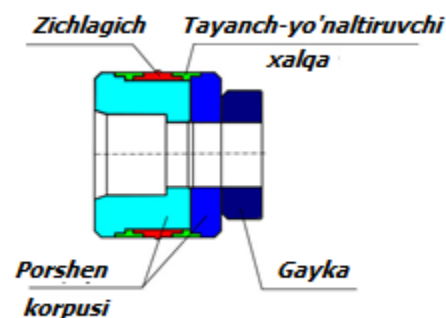


3.2.2-rasm. Bir tomonlama shtokli gidrotsilindr

1-shtok; 2-oldingi qopqoq; 3-gilza; 4-porshen; 5-gayka; 6-orqadagi qopqoq; 7-chiqindini tozalovchi; 8-shtok manjeti; 9-shtokni yo`naltiruvchi xalqa; 10-porshen manjeti; 11-rezina xalqa; 12-porshenni yo`naltiruvchi xalqa.

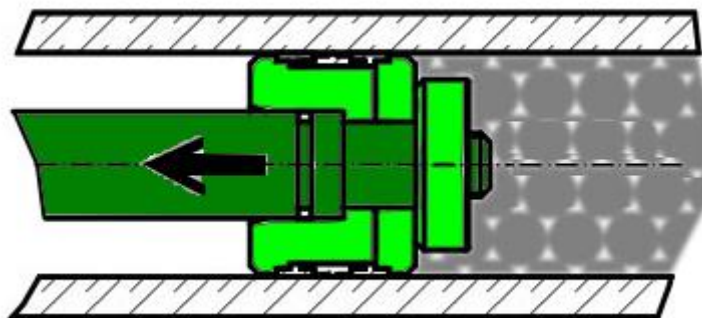


3.2.3-rasm. Hidrotsilindrning shtok va porshen bo'shlig'i



3.2.4-rasm. Porshenning tuzilishi

Gidravlik silindrdagi porshenning ishlash printsipi. Hidrotsilindr bo'shlig'iga kelgan suyuqlik porshen yuzasiga ta'sir qiladi. Porshen va gilza, porshen va shtok orasidagi chirqishlardan suyuqlik oqib o'tmasligini zichlagichlar ta'minlaydi. Porshen suyuqlik energiyasi ta'sirida gilza ichki yuzasi bo'ylab harakatlanadi, shunday qilib, gidravlik energiya mexanikka aylanadi. Porshen gidrotsilindrni 2 qismga: shtok va porshen bo'lig'iga bo'ladi (3.2.5-rasm).



3.2.5-rasm. Hidrotsilindr porsheni

Gidrotsilindrlarni hisoblash. Suyuqlik tomonidan porshen bo'lig'ida porshenga ta'sir qilganda paydo bo'ladigan kuch F suyuqlikning bosimi P ga va porshenning diametri D ga proportsional bo'ladi:

$$F = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Bunda porshenning shtok bilan harakat tezligi V suyuqlik oqimi sarfi Q va porshen diametriga bogʻliq:

$$V = Q \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

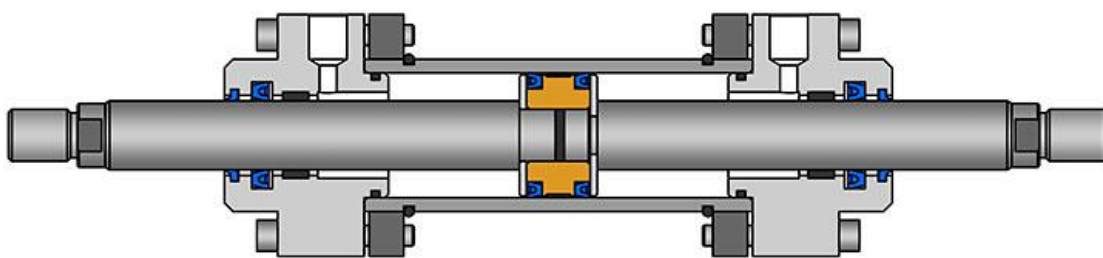
Suyuqliq gidrotsilindrning shtok boʻshligʻida berilganda bosim porshen D va shtokning d tashqi diametrlari orasidagi xalqali yuzaga taʼsir qiladi. Bunda hosil qilinadigan kuch quyidagicha hisoblanadi:

$$F = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

Bunda porshenning harakat tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$V = Q \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

Ikki shtokli gidrotsilindr. Bir shtokli gidrotsilindrda toʻgʻri va teskari harakatlanishda hosil qilinadigan kuch va tezliklar har xil boʻladi. Agar chiqish zvenosining kuchi va tezligini bir xilligini taʼminlash uchun ikki shtokli gidrotsilindr ishlatiladi. Bunda bitta porshen ikkita shtok bilan bogʻlangan (3.2.6-rasm).



3.2.6-rasm. Ikki shtokli gidrotsilindr

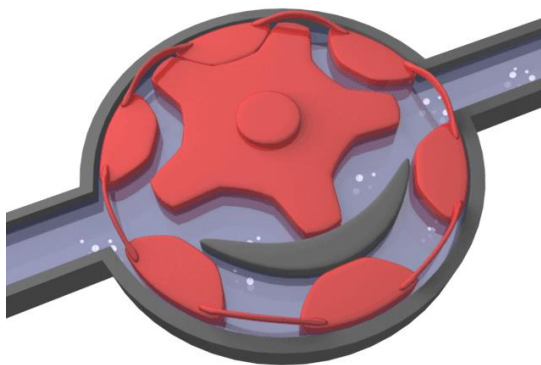
Gidromotor – chiqish zvenosiga cheklanmagan aylanma harakat berish uchun xizmat qiladi.

Hamma hajmli gidromashinalar kabi nasos rejimida ham, gidromotor rejimida ishlay oladi. Agar gidromashina valiga aylantiruvchi moment berilsa u nasos rejimida ishlaydi. Agar gidromashina kirish qismiga bosim ostida suyuqlik

berilsa valdan aylantiruvchi moment olinadi va u gidromotor rejimida ishlaydi.

Eng ko'p tarqalgan gilromotorlar: shesteryonkali, plastinkachali, aksional-plunjerli va radial-plunjerli.

Shesteryonkali gidromotor – hajmli gidravlik mashinaning bir turidir (3.2.7-rasm).



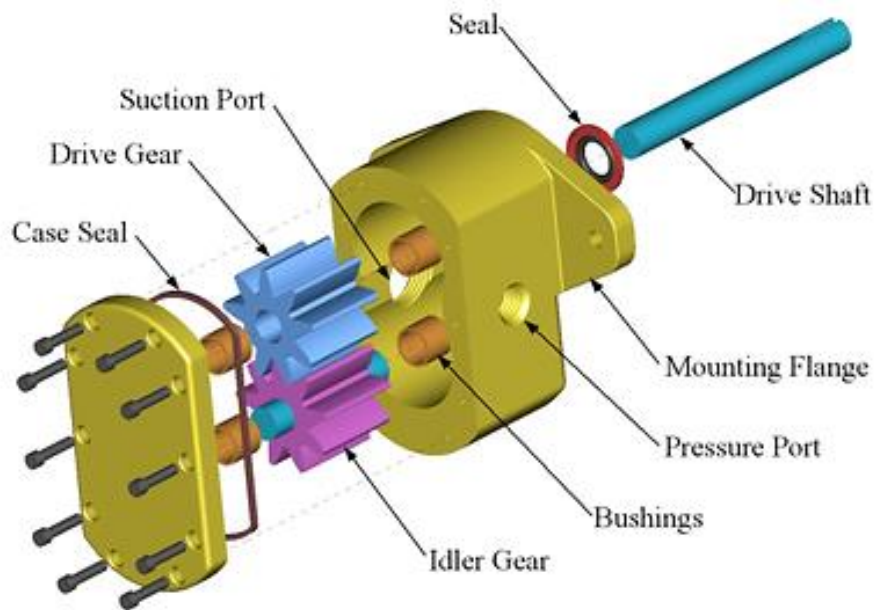
3.2.7-rasm. Bir shesteryonkali gidromotor

Uning ishlash printsipi quyidagicha: gidromotorning kirish patrubkasiga ishchi suyuqlik bosim ostida beriladi. Suyuqlik plastinalarga ta'sir qiladi, plastinalar rotorga mahkamlangan bo'lgani sabab rotni va u yordamida ishchi valni aylanma harakatlashga majbur qiladi hamda chiqish patrubkasidan chiqib ketadi.

Plastinali gidromashinalar 14 MPa bosimgacha ishlay oladi, tavsiya qilinadigan aylanish chastotasi 1000-1500 ayl/min.

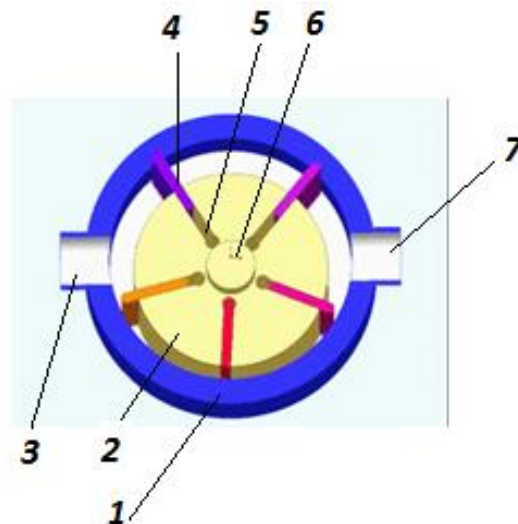
Plastinkali (shiberli) gidromotor- hajmli rotorli gidromashina bo'lib, suyuqlikni haydash uchun ikki yoki undan ko'p plastina (shiber) ishlatiladi (3.2.9-rasm).

Zvenoni ma'lum burchakka aylantiruvchi gidrodvigatellar – gidravlik energiyani mexanik energiyaga o'zgartiruvchi va ishchi organga burchagi 360⁰dan kam bo'lgan aylanma-qaytarma harakatga keltiradigan gidravlik mashinalar.



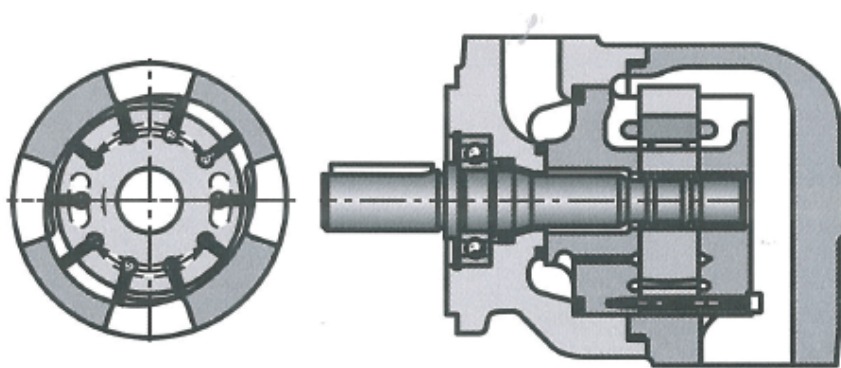
3.2.8-rasm. Ikki shesteryonkali gidromotor

Drive Gear — yetaklovchi shesternya; *Idler Gear* — yetaklanuvchi shesternya; *Seal* — zichlagich; *Drive Shaft*- yetaklovchi val; *Pressure Port* — katta bosim kiruvchi teshik; *Suction Port* — past bosim quvuri bilan bog`langan so`ruvchi teshik; *Mounting flange* – mahkamlaydigan flanets; *Bushings* – vtulklar; *Case seal*- zichlagich korpusi.



3.2.9-rasm. Plastinkali (shiberli) gidromotor sxemasi

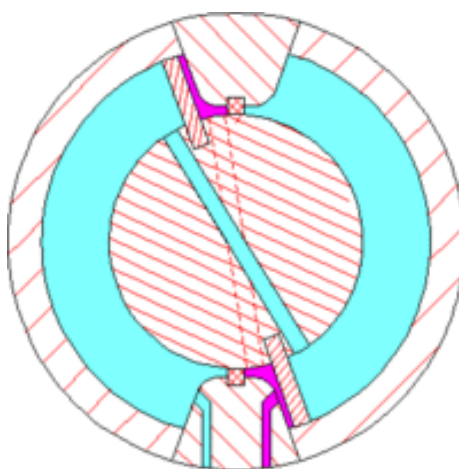
1-korpus; 2-rotor; 3-bosim ostida suyuqlik kirish patrubkasi; 4-plastinkalar; 5-prujinalar; 6-val; 7-suyuqlikning chiqish patrubkasi



3.2.10-rasm. Plastinali gidromashina

Qancha plastinalar soni ko`p bo`lsa shuncha valda aylanuvchi moment katta bo`ladi, lekin shuncha gidrodvigatelning aylanish burchagi va valning aylanma tezligi kichik bo`ladi.

Bir plastinali gidromotorning aylanish burchagi 270^0 , ikki plastinali uchun – 150^0 , uch plastinali uchun – 70^0 gacha.



3.2.11-rasm. Ikki plastinali aylanuvchi gidrodvigatel

Pushti rangda katta bosim bo`shlig`i, firuza rangda past bosim bo`shlig`i ko`rsatilgan.

3.2.2. Mexatronika pnevmatik yuritmalari

Pnevmoyuritma (yunon. *pnéuma*— havo, havo yurishi) - bu qisilgan havo energiyasini mexanik ishga o`zgartiruvchi va mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir.

Pnevmoyuritmaning asosiy vazifalariga, mexanik uzatmalarday, yuritma dvigatelining mexanik xarakteristikalarini ishchi organ harakatiga kerak bo`lgan parametrlarga aylantirish, va bundan tashqari, ijrochi mexanizmlarni boshqarish, o`ta yuklamadan himoyalash kiradi. Uning asosiy elementlari bo`lib kompressor (pnematik energiya generatori) va pnevmodvigatel xizmat qiladi.

Ularni MTlarda qo`llashga asosiy sabablar: arzonligi, soddaligi va ishonchliligidir. Lekin ularni boshqarish murakkab, shuning uchun pnevmoyuritmalarni davriy boshqariladigan tizimlarda ishlatiladi. Ular asosan 10 kg gacha yuk ko`taruvchi robotlarda qo`llaniladi.

Umumiy jihatdan pnevmoyuritmada energiya uzatilishi quyidagicha bo`ladi:

1. Kompressordan energiya ishchi gazga energiya etkazadi (gazga bosim berilib qisiladi);
2. Gaz pnevmoquvurlar orqali rostlovchi apparaturadan o`tib pnevmodvigatelga keladi va bu yerda siqilgan havo energiyasi mexanik energiyaga aylantiriladi.

Pnevmoyuritmalar gidroyuritmalarga o`xshab ishchi organi harakatiga qarab 3 turga bo`linadi:

- 1) pnevmotsilindrlar (ilgarilanma-qaytarma harakat) (3.2.12-rasm);
- 2) pnevmomtorlar (aylanma harakat) (3.2.13-rasm);
- 3) pnevmodvigatellar (zvenoni ma`lum burchakka aylantirish) (3.2.14-rasm).

Ular konstruktsiyasiga asosan porshenli, membranali va silfonlilarga bo`linadi. Ular ichida porshenlilari ko`p tarqalgan – *pnevmotsilindrlar*.

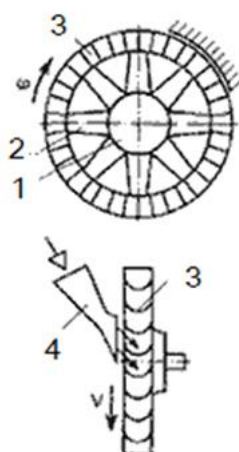
Ishchi organining harakat turiga asosan – aylanuvchi va ilgarilanma harakatlanuvchilarga bo`linadi. Ikkinchisi ko`proq tarqalgan.

Ishlash aniqligiga qarab ikki pozitsiyali va ko'p pozitsiyalilarga bo'linadi. Oxirgi konstruktsiyalarga pozitsionerlar ishlatiladi.

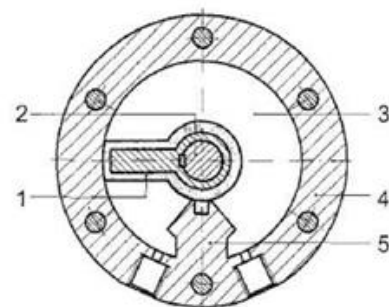
Porshenli pnevmatik yuritmalar. Ular katta diapazonda asosiy parametrlarga ega: porshen diametri: 2,5 - 320,0 mm; ishchi yurish o'lchami: 1 - 2000 mm; hosil qiladigan kuchi: 2 - 50 000 N; chiqish zvenosining harakat tezligi: 0,02 - 1,50 m/s.



3.2.12-rasm. 3D-formatdagi pnevmatik porshenli silindr qirqimi



3.2.13-rasm. Dinamik pnevmomotor sxemasi
1- stupitsa; 2- kurak; 3- pnevmomotor kuraklari bo'lgan aylana; 4-soplo



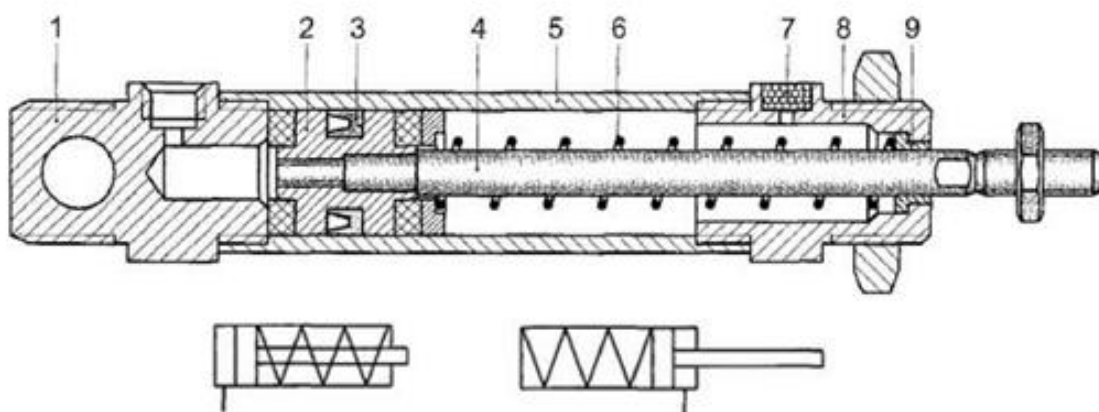
3.2.14-rasm. Plastinali aylantiruvchi pnevmodvigatel

1-plastina; 2-chiqish vali;
3-silindrik ichki yuza;
4-korpus; 5-cheklovki

Funksional imkoniyatlariga asosan ular bir tomonlama amal qiladigan va ikki tomonlama harakat qiladigan pnevmotsilindrlarga bo'linadi:

Bir tomonlama amal qiladigan pnevmotsilindrlarda qisilgan havo ishchi organning bir tomonlama harakatlanishi uchun beriladi, teskari harakat silindr ichida o'rnatilgan va porshenga mahkamlangan prujina birligi hisobidan amalga oshiriladi.

Bunday pnevmotsilindrlar (3.2.15-rasm) asosan himoyalash armaturalarida (yopuvchi klapanlarda) va vitalkivatellarda, qisish qurilmalarida (зажимные устройства) ishlatiladi.



3.2.15-rasm. Bir tomonlama amal qiluvchi pnevmoyuritma

Silindrik korpus 5 ikki tomondan qopqoqlar 1 va 8 bilan yopilgan. Orqa qopqoq 1 da havo beruvchi teshik, oldingi qopqoq 8 da filtrelement 7 o`rnatilgan dekompressiyalash teshik joylashgan. Porshen 2 korpus bo`shlig`ini ikki qismga bo`ladi: shtok va porshen qismlariga. Shtok 4 porshen bilan mahkam bog`langan. Bo`shliqlar zichlagich (manjet) 3 bilan zichlangan. Oldingi qopqoq 8 da tashqi ob`ektga kuchni yetkazayotgan shtok uchun sirpanish tayanchi bo`lib xizmat qiladigan vtulka 9 joylashgan. Qaytaruvchi prujina 6 porshenga mahkamlangan bo`lib, shtok sirti bo`ylab o`ralgan.

Pnevmotsilindrning ishchi yurishi porshen bo`shlig`iga qisilgan havo berilganda amalga oshiriladi; porshenning teskari harakati qisilgan prujinaning bikrligi hisobiga bajariladi.

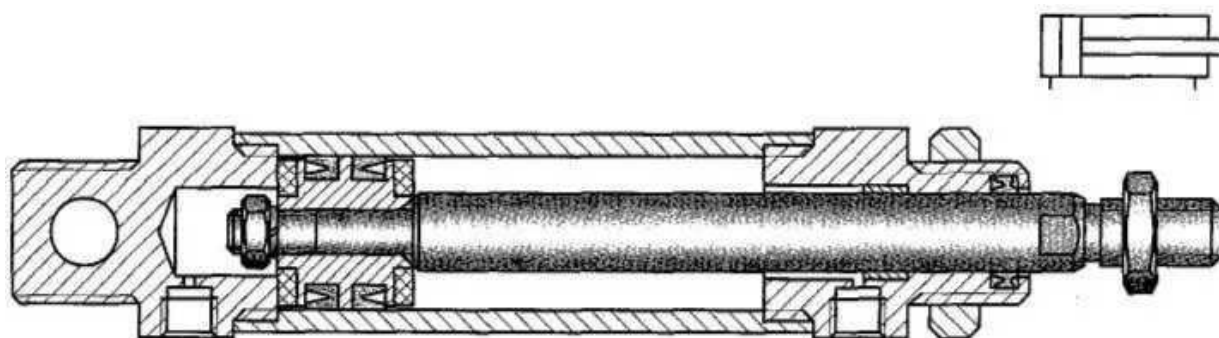
Ikki tomonlama amal qiluvchi pnevmotsilindrlarda foydali ish porshenning ham to`g`ri ham teskari yurishida amalga oshiriladi.

Bunday pnevmoyuritmalar ikki tomonlama chiziqli harakatlanishda kuch ishlatish kerak bo`lgan holatlarda qo`llaniladi, masalan, jihozlarning ishchi organlarini harakatlantirish, ko`tarish va tushirish hamda boshqa ishlab chiqarish texnologik operatsiyalarida qo`llaniladi.

Bunday pnevmotsilindrlarning yuqorida ko`rib chiqqanimizdan farqi shundaki, porshenning to`g`ri va teskari harakati silindr korpusining ikkita qismiga: porshen va shtok bo`shlig`ida navbatma-navbat qisilgan havo berish yo`li bilan

amalgama oshiriladi (3.2.16-rasm).

Bu yerda shtokning ikki tomonga harakati ham yuklama ostida bajariladi. Shtokning teskari harakatida ham u ortiqcha bosim ta'sirida bo'ladi, bu shtok bo'shlig'ida ham zichlagichlar ishlatishni talab etadi.

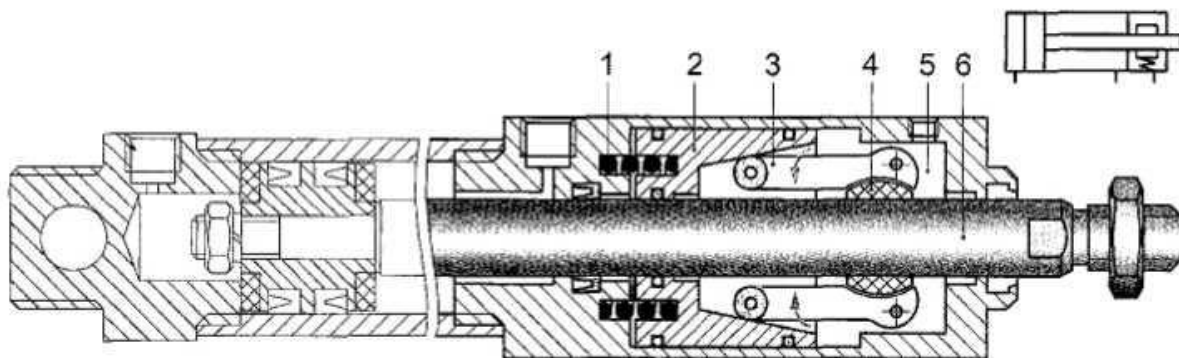


3.2.16-rasm. Ikki tomonlama amal qiluvchi pnevmotsilindr

Ko'p pozitsiyali pnevmotsilindrlar. Yuqorida ko'rib chiqqan pnevmotsilindrlar shtokning 2 ta pozitsiyasini ta'minlay oladi: shtok korpusdan chiqqan, shtok korpus ichida. Agar shtokni har xil pozitsiyalarida to'xtatish kerak bo'lsa har xil pnevmatik mexanizmlar ishlatiladi. Ularning tuzilish strukturasi, pozitsiyalash aniqligi har xil bo'ladi.

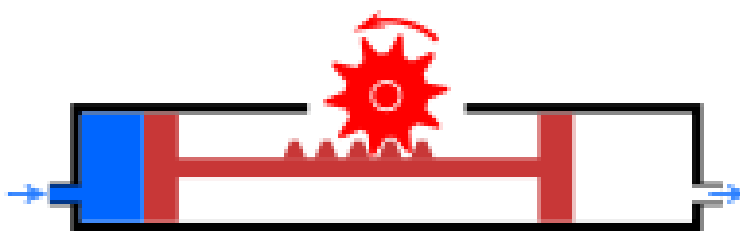
Shtokni fiksatsiyalash pnevmotsilindrini ko'rib chiqamiz.

3.2.17-rasmda shtok 6 korpus ichida o'rnatilgan prujina 1 ta'sirida harakatlanadigan tormoz bashmagi 4 yordamida to'xtatiladi. Bo'shliq 5 ga qisilgan havo berilganda porshen 2 prujina 1 ni qisadi va shtokni to'xtatib turgan tormoz bashmagi 4 ni bosib o'tirgan konstruktsiya 3 elementlarini ochadi va fiksator shtok 6ni blokirovkadan chiqaradi.



3.2.17-rasm. Shtokni fiksatsiyalash pnevmotsilindri

Aylantiruvchi pnevmodvigatellar. Texnologik jihozlarda chiqish zvenolarini 0 dan 360°gacha burchakka aylanishi talab etiladi. Buni amalga oshirish uchun shiberli-plastinali pnevmodvigatellar ishlatiladi (3.2.18-rasm).



3.2.18-rasm. Reykali-tishli uzatmali aylanuvchi ikki tomonlama amal qiluvchi pnevmoyuritma sxemasi

Reykali-tishli uzatmali aylanuvchi pnevmoyuritma (3.2.19-rasm) “Shesternya-reyka” uzatmasi bazasida ishlab chiqilgan. Shesternya 3 chiquvchi val 4 da o`rnatiladi. Shesternya shtok-reyka 2 bilan ilashadi. Shtok-reyka ikki tarafidan ikkita bir tomonlama amal qiluvchi pnevmotsilindr porshenlari 1 bilan mahkam bog`langan.

Qisilgan havo pnevmotsilindrlar bittasining ishchi bo`shlig`iga berilganda porshen shtok-reyka bilan birga to`g`ri chiziqli harakat qiladi. Bu harakat reyka-sherterniyali uzatma yordamida valning aylanma harakatiga aylanadi (valning bitta aylanishi chegarasida). Val esa kerakli burchakka aylanuvchi tashqi ob`ekt (m.: sanoat robotining ishchi qurilmasi) bilan bog`langan. Ikkinchi pnevmotsilindr

bo`shlig`iga qisilgan havo berilganda teskari harakat bajariladi.



3.2.19-rasm. Reykali-tishli uzatmali aylanuvchi pnevmoyuritmalar

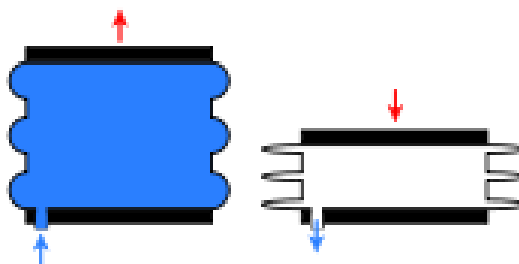
Bunday pnevmodvigatellar hosil qiladigan aylantiruvchi moment odatda $150\text{ N}\cdot\text{m}$ ni tashkil qiladi (porshen diametri 100 mm da).

Plastinali (shiberli) aylanuvchi pnevmodvigatel (3.2.20-rasm) shunday yasalganki, korpus ichiga yuborilgan qisilgan havo plastina (shiber) 1 ga ta`sirlashadi. Plastina silindr shakldagi korpus 4 o`rtasida joylashgan chiquvchi val 2 bilan mahkam bog`langan. Havo bo`shliq 3 ning plastina ajratib boradigan bir qismidan ikkinchisiga sizib o`tib ketmasligi uchun plastina rezinali yoki plastmassali qobiq bilan yasalgan. Plastinaning aylanish burchagi chegaralovchi 5 ning o`lchamlariga bog`liq bo`lib, standart konstruktsiyalarda 90° , 180° va 270° larda bo`ladi. Boshqa burchaklarga aylantirish uchun tashqi qurilmalar o`rnatiladi. Bunday pnevmodvigatellarning aylantiruvchi momenti $250\text{ N}\cdot\text{m}$ ni tashkil qiladi.



3.2.20-rasm. Plastinali (shiberli) aylanuvchi pnevmodvigatellar

Silfonli pnevmatik yuritmalar ish printsipli silfonni bosim ostida o'z uzunligini o'zgartirish xususiyatiga asoslangan (3.2.21-rasm).



3.2.21-rasm. Silfonli pnevmatik yuritma (cho'zilsh va qisilish holatida)

Silfonlarning kichik o'lchamlari va hosil qiladigan kuchining kichikligi ularni kichik o'lchamli armaturalar ishini boshqarishda (masalan: armaturani boshqaruvchi har xil relelarda, pozitsionerlarda) ishlatiladi. Agar silfon bosim qiymati oshishi bilan silfon uzunligi oshishi kerak bo'lsa, uning ichiga bosim beriladi, agar bosim oshishi bilan uning o'lchami kichraysa – silfonning tashqi qismiga ta'sir etuvchi bosim beriladi.

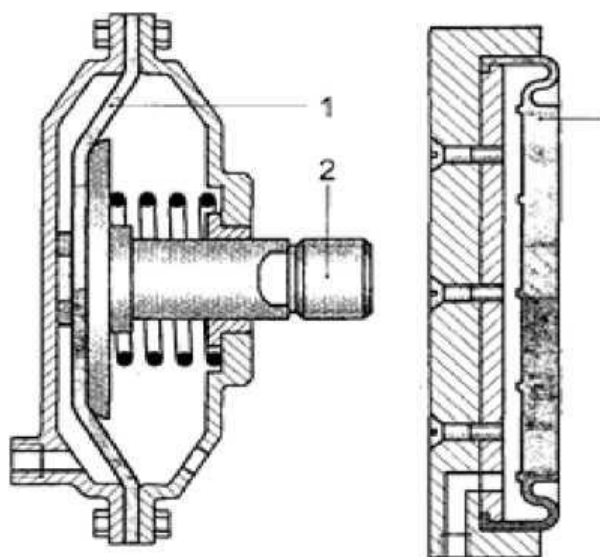
Bularga misol qilib termostatik kondensatootvodchikni olish mumkin. Silfoni ichida 100°C dan ortiq temperaturada bug'lanadigan suyuqlik solingan. Temperatura 100°C da yetganda suyuqlik bug'lanadi, bug' silfon ichida bosim paydo qiladi va silfon uzayadi. Bunda silfonga ulangan zolotnik kondensatootvotchikdagi teshikni yopadi.

Asosiy kamchiliklari: harakati yo'li kamligi, hosil qiladigan kuchning kamligi, silfonlarning ta'mirlanmasligi.

Membranali pnevmoyuritmaning (3.2.22-rasm) ish printsipli bir tomonlama amal qiladigan porshenli pnevmotsilindrda o'xshash. Konstruktiv farqi shundagi, bu yerda harakatchan porshen qattiq mahkamlangan elastik membrana 1 bilan almashtirilgan. Membrana 1 rezina, rezinali mato yoki plastikdan yasalgan. Membrananing katta maydoni evaziga bunday pnevmodvigatellar 25000 N gacha kuch hosil qiladi, lekin shtok 2 harakat yo'li chegaralangan.

Membranali pnevmodvigatel kichik o'lchamlari, montaj qilish oddiyligi,

narxining pastligi bilan xarakterlanadi, ularda harakatchan zichlagichlar ishlatilmaydi.



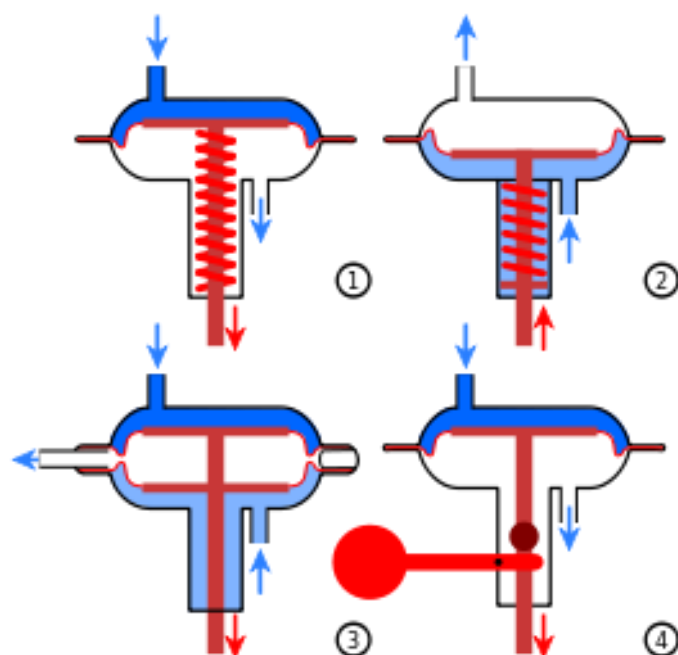
3.2.22-rasm. Membranali pnevmoyuritma

Membranali pnevmoyuritmalar sxemasi 3.2.23-rasmda ko`rsatilgan.

Richag-yukli yuritmalarda membranada hosil qilinadigan kuch yukning o`zgarmas og`irlik kuchi hisobidan, prujinali yuritmalarda esa shtok harakatiga proportsional o`zgaruvchan kuch bilan muvozanatlashtiriladi. Prujinasiz yuritmalarda membranaga ta'sir qiluvchi bosim ikki tomondan rostlanishi mumkin.

Quvur armaturasida rezinali yassi membrana ishlatiladi. Membranadan shtokka kuch tayanch disk orqali uzatiladi. Bu disk membrana uchun tayanch maydonchani hosil qiladi.

Rostlanadigan armaturalarda eng ko`p prijinali yuritmalar ishlatiladi. U yordamida tashqi buyruqqa mos ravishda plunjer kerakli qiymatgacha siljiriladi va kerakli holatda saqlab turiladi (3.2.24-rasm).



3.2.23-rasm. Membranali pnevmoyuritmalar sxemasi

1-to'g'ri amal qiluvchi prujinali yuritma; 2-teskari amal qiluvchi prujinali yuritma; 3-prujinasiz; 4-richag-yukli.



3.2.24-rasm. Rostlanadigan klapandagi membranali pnevmatik yuritma

Manba: <http://www.hydro-pnevmo.ru/topic.php?ID=41>

Asosiy tayanch soʻz va iboralar

Gidroyuritma; gidrotsilindr; gidromotor; gidrodvigatel; pnevmoyuritma; porshenli pnevmatik yuritmalar; pnevmomotor; pnevmodvigatel; silfonli pnevmatik yuritmalar; membranali pnevmoyuritmalar

Asosiy tayanch tushunchalar

* *Gidroyuritma* – bu gidravlik energiya yordamida mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir.

Gidroyuritmaga yuritma dvigateli va mashina yoki mexanizm orasidagi qurilma deb qarash mumkin. U mexanik uzatmalar (reduktor, tasmali uzatma, krivoship-shatun mexanizmi va h.k.) funksiyasini bajaradi.

* Ikkita guruh gidroyuritmalar boʻladi: *gidrodinamik* va *hajmli*.

Birinchisida harakatlanayotgan suyuqlikning kinetik energiyasidan foydalaniladi va uning harakat tezligi hosil qilinayotgan quvvatga toʻgʻri proporsional. Ikkinchisida bosim kuchi kerak, ishchi suyuqlikning harakat tezligi unchalik katta emas.

* Chiqish zvenosining harakat turiga qarab gidroyuritmalar quyidagilarga boʻlinadi: gidrotsilindrlar (ilgarilanma-qaytarma harakat); gidromotorlar (aylanma harakat); gidrodvigatellar (zvenoni maʼlum burchakka aylantirish).

* *Pnevmoyuritma* (yunon. *pnéuma*— havo, havo yurishi) - bu qisilgan havo energiyasini mexanik ishga oʻzgartiruvchi va mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir.

* Umumiy jihatdan pnevmoyuritmada energiya uzatilishi quyidagicha boʻladi: kompressordan energiya ishchi gazga energiya etkazadi (gazga bosim berilib qisiladi); gaz pnevmoquvurlar orqali rostlovchi apparaturadan oʻtib pnevmodvigatelga keladi va bu yerda siqilgan havo energiyasi mexanik energiyaga aylantiriladi.

* Pnevmoymuritmalar gidroyuritmalarga oʻxshab ishchi organi harakatiga qarab 3 turga boʻlinadi: pnevmotsilindrlar (ilgarilanma-qaytarma harakat);

pnevmomtorlar (aylanma harakat); pnevmodvigatellar (zvenoni ma`lum burchakka aylantirish).

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Hidravlik yuritmaga ta`rif bering.
2. Hidravlik yuritmalarni nechta guruhga bo`lish mumkin va bu qaysi guruhlar?
3. Chiqish zvenosining harakat turiga qarab gidroyuritmalar qanaqa turlarga bo`linadi?
4. Hidravlik silindrdagi porshenning ishlash printsipini tushuntiring.
5. Gidrotsilindrlarni hisoblash.
6. Pnevmo yuritmaga ta`rif bering.
7. Pnevmo yuritmaning asosiy vazifasi nima?
8. Porshenli pnevmatik yuritmalarning tuzilishini aytib bering.
9. Aylantiruvchi pnevmodvigatellarning ishlash prinsipini izohlang.

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

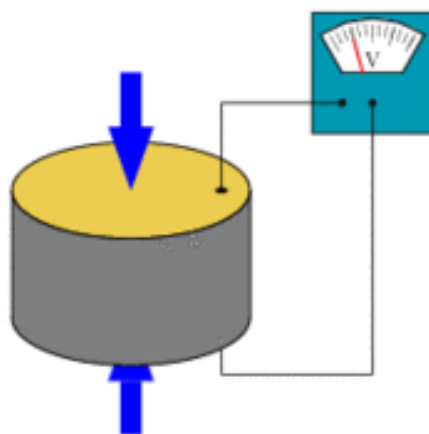
§3.3. P`YEZOELEKTRIK, BIONIK VA ELEKTRPNEVMATIK YURITMALAR

3.3.1. P`yezoelektrik yuritmalar

***P`yezoelektrik effekt*** (yunon. *piézō* ( $\pi\acute{\epsilon}\zeta\omega$ ) — *qisish, kuch ishlatish*) – mexanik kuch ishlatish natijasida dielektrikda qutblanish paydo bo`lish effekti (*to`g`ri p`yezoelektrik effekt*). *Teskari p`yezoelektrik effekt* ham mavjud – elektr

maydon ta'sirida mexanik deformatsiyalarning paydo bo'lishi. Boshqacha qilib aytganda, to'g'ri p'yezoeffektda p'yezoelektrik namunani deformatsiyalab ushbu predmet yuzalari orasida elektrik kuchlanish paydo qilinadi, teskari p'yezoeffektda ushbu namunaga tok ulansa, u deformatsiyaga uchraydi (shakli o'zgaradi yoki vibratsiyalanadi) (3.3.1-rasm).

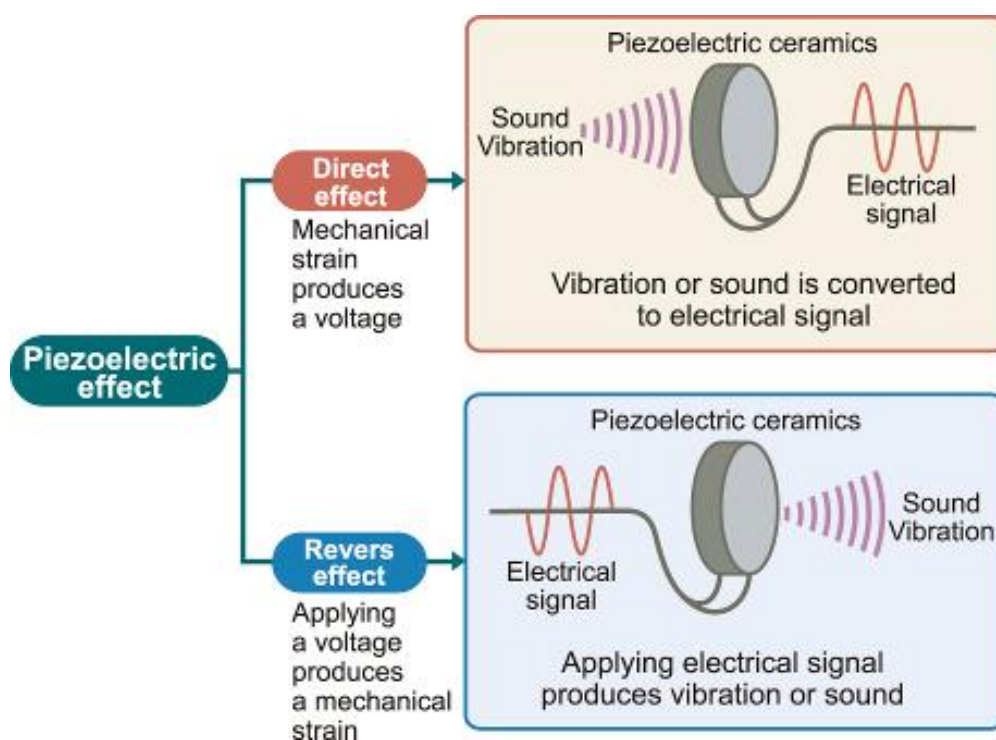
To'g'ri p'yezoeffekt 1880 yilda aka-uka *Jak* va *P'er Kyuri* tomonidan aniqlangan. Ular kvartsga bosim (kuch) ta'sir qilganda elektr zaryadlar paydo bo'lishini aniqlashgan. Teskari effekt 1881 yilda *Lippman* tomonidan termodinamik tahlil asosida nazariy aniqlangan. Shu yili aka-uka Kyurilar ushbu effektini eksperimental isbotladilar. Ular kvartsga elektr maydoni bilan ta'sirlashib, uni mexanik deformatsiyalanishiga olib kelindi (3.3.2-rasm).



3.3.1-rasm. P'yezoelektrik effekt sxemasi

P'yezoelektrik materiallarning asosiy xususiyati – bu ularga mexanik ta'sir qilganda (qisqanda) elektr energiyasining paydo bo'lishi, hamda ularga elektr toki bilan ta'sirlashga deformatsiyalanishi kerak.

Bunday materiallar ikkita guruhga ajratiladi: *kristallar* va *keramik mahsulotlar*. Bularga misol, tabiiy material – kvarts, sun'iy materiallar- qo'rg'oshin sirkonat-titanati, bariy titanati, litiy niobati.



3.3.2-rasm. P'yezoelektrik effektning ko`rinishlari

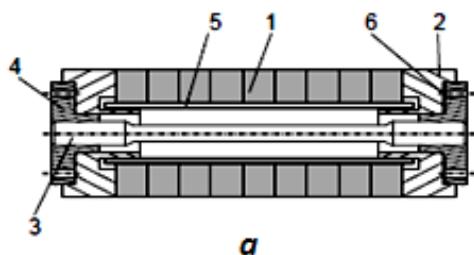
P'yezoelektrik dvigatellar (PED)ning ishlash printsiplari maxsus ishlov berilgan keramik materiallardagi teskari p'yezoelektrik effektga asoslangan.

PEDlar bazasida mikroharakatlarni amalga oshirish uchun yangi harakat modullari ishlab chiqilgan.

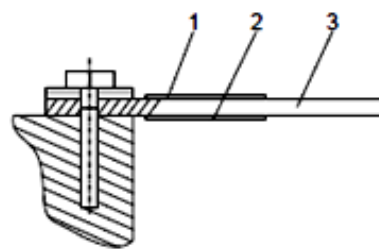
P'yezoelement – ma'lum shakl va kristallografik o`qlarga nisbatan orientatsiyasiga ega bo'lgan va p'yezoelektrik materiallardan tayyorlangan elektromexanik o`zgartirgichdir. U yordamida mexanik energiya elektrik energiyaga o`zgartiriladi (to'g'ri effekt), elektrik energiya mexanikka o`zgartiriladi (teskari effekt).

Konstruktiv jihatdan p'yezoelement elektrod o`rnatilgan p'yezokeramikadir. Uning shakli har xil bo'lishi mumkin: disk, xalqa, trubka, plastina, sfera va boshqa shakllarda. Vibrator va generatorlarda xarakteristikalarini yaxshilash uchun p'yezoelementlarning bir nechtasi ishlatiladi.

3.3.3-rasm (a)da ilgari tanilgan deformatsiya "cho`zilish-qisish" bilan ishlaydigan mikrop'yezoyuritmaning asosiy elementi sxemasi ko`rsatilgan.



**1-keramik shaybalar; 2-flanest;
3-shpilka; 4-gayka; 5-plastmassali
vtulka; 6-slyudyali shayba**



**1,2 - p'yezoelektrik plastinkalar;
3- metall reszorlar**

3.3.3-rasm. Mikroyuritmalarning p'yezoelektrik o'zgartirgichlari

Element p'yezokeramik shaybalar 1 ning paketidan tuzilgan bo'lib shaybalarining yon tomonida kumush elektrodlar o'rnatilgan. Bu elektrodلarga parallel ravishda elektr kuchlanish beriladi. Bunda berilgan kuchlanishning qutblanishiga qarab shaybalarining cho'zilishi yoki kichrayishi kuzatiladi.

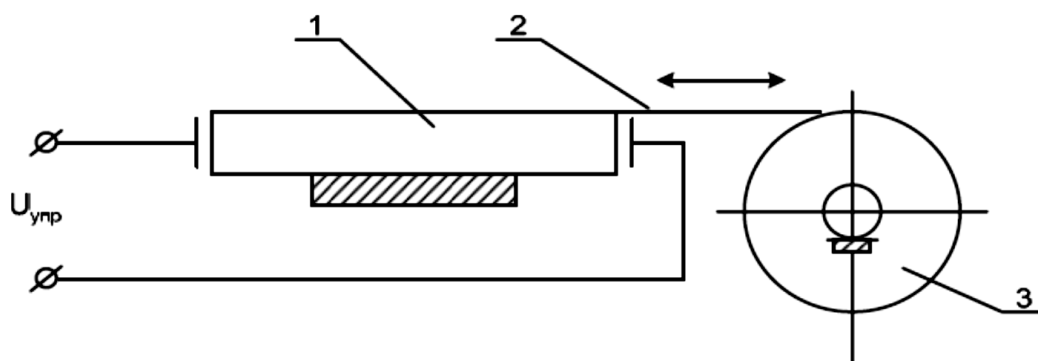
Boshqa turdagi o'zgartirgichlar 3.3.3-rasm (b) da ko'rsatilgan. Bu o'zgartirgichlarning ishi p'yezoelektrik va passiv metall yoki polimer qavatlardan tarkib topgan ko'pqavatli plastinaning egilish deformatsiyalariga asoslangan. Ular deformatsiya “cho'zish-qisish” larga asoslangan o'zgartirgichlarga nisbatan kattaroq ishchi yo'lga ega, lekin pastroq aniqlikka va kuch xarakteristikalariga ega.

Bunday elektrmexanik o'zgartirgichlarda chiqish harakati – mm ning o'ndan bir ulushigacha; tezligi – $1-2 m/s$ gacha; pozitsiyalashni boshqarish xatoligi – mkm ulushigacha; hosil qiladigan kuch – $yuz N$; quvvati – $o'n Vt$.

Bunday o'zgartirgichlardan uch darajali mikromanipulyatsion sistemalar yaratiladi. Ular o'ntalik mm li harakat yo'lga ega oddiy elektrmexanik manipulyatsion tizimlar bilan birga ishlatiladi. Bunda ketma-ket bog'langan qo'pol va aniq pozitsiyalash sistemasiga ega manipulyator hosil bo'ladi. Uning ishchi harakat yo'li birinchi sistema tomonidan, aniqligi – esa ikkinchi sistema tomonidan ta'minlanadi.

Xrapovik tipidagi PEDning ishlash printsipini ko'rsatuvchi sxema 3.3.4-

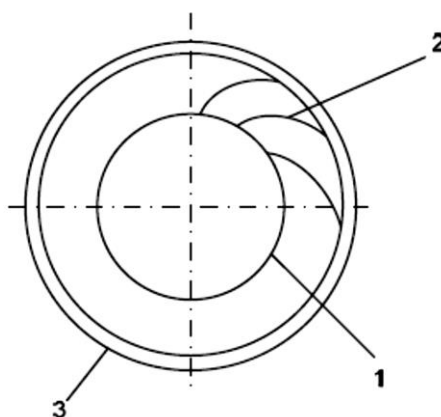
rasmda keltirilgan.



3.3.4-rasm. Xrapovik tipidagi PEDning strukturaviy sxemasi

Mikrotebranayotgan p'yezoelement 1 po'lat tolkatel 2 orqali kuchni rotor 3 ga yetkazadi. Tolkatelning to'g'ri va teskari harakatlanishida ishqalanish kuchi har xil bo'lganligi sabab tolkatel to'g'ri harakatlanishida rotorga kattaroq kuch bilan, teskari harakatlanishida kichikroq kuch bilan ta'sir o'tkazadi. Bu xrapovik aylanishiga o'xshash aylantiruvchi momentni hosil qiladi. Rezonans rejimida sistemaning eng samarador ishi kuzatiladi.

Aylanuvchi xrapovik tipidagi PED konstruktsiyasi 3.3.5-rasmda keltirilgan. P'yezoelement 1 xalqa shaklida ishlangan bo'lib, bu yerda mexanik tebranishlar generatsiyalanadi. Egiluvchan tolkatellar 2 rotor 3 ga tebranishlar kuchini yetkazadi va aylanuvchi moment hosil qilinadi.



3.3.5-rasm. Aylanuvchi xrapovik tipidagi PED konstruktsiyasi

Bunday konstruktsiya bir tomonlama aylanishni ta'minlaydi. Aylanishni reversiv bo'lishi uchun bitta korpusda ikkita har xil tomonga harakatlanadigan PED o'rnatiladi.

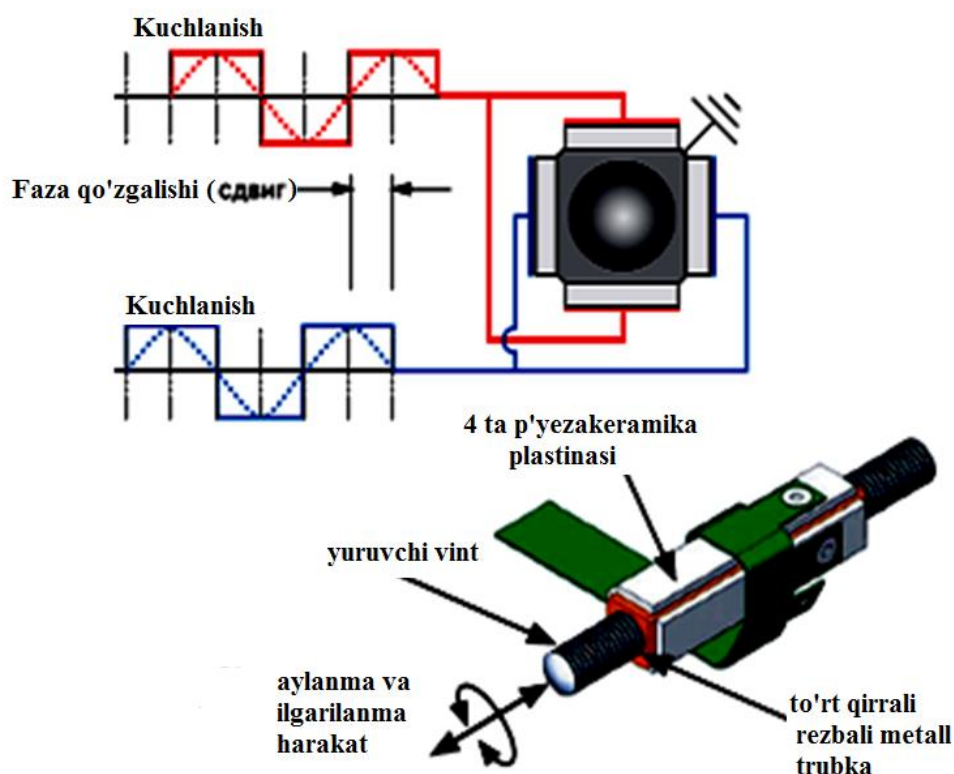
3.3.6-rasmda *New Scale Technologies* firmasining *SQUIGGLE* p'yezoyuritmasi konstruksiyasi va ishlash prinsipi ko'rsatilgan.

Yuritmaning asosi – ichki rezkali to'g'ri to'rtburchak kesim yuzali mufta va yuruvchi vint (chervyak). Metall mufta chegaralarida ijrochi qurilmalar (aktuatorlar)ning p'yezokeramik plastinalari o'rnatilgan. Bir juft p'yezoelektrik aktuatorlarga ikki fazali signal berilganda tebranish paydo bo'ladi. Bu tebranish muftaga uzatiladi. Elektr energiyani mexanik energiyaga aylantirish samaradorligini oshirish uchun aktuatorlar rezonans rejimda ishlashadi. Chastota qo'zg'alish chegarasi p'yezoyuritma o'lchamiga qarab 40-200 kGts chegarasida bo'ladi. Mufta va vint ishchi yuzalari chegarasida ta'sir qiluvchi mexanik tebranishlar obruch aylanishiga o'xshash aylantiruchi kuchni hosil qiladi. Natijaviy kuch chervyakni qo'zg'almas asos – muftaga nisbatan harakatini ta'minlaydi. Vint aylanishi natijasida aylanma harakat ilgarilanmaga aylanadi. Boshqaruvchi signallar fazalarini o'zgartirib vintning ham soat strelkasi bo'yicha va ham unga qarshi aylantirish mumkin.

Vint va muftalar uchun magnitlanmaydigan materiallar: bronza, zanglamaydigan po'lat, titan ishlatiladi. Mufta-chervyak juftligini moylash kerak emas.

P'yezoyuritmalar amalda inertsiasiz, harakat tezlanishi $10\text{-}g$ bo'lishiga qaramasdan shovqin diapazoni juda ham past ($30\text{ Gts} - 15\text{ kGts}$ atrofida). Pozitsiyalash aniqligini holat datchigisiz ham ta'minlanadi, chunki harakat sirpanishsiz amalga oshiriladi. Harakat aktuatorlar plastinalariga ta'sir qiluvchi impulsar signaliga to'g'ri proporsional. P'yezoyuritmalarning xizmat muddati amalda chegaralanmagan.

SQL mikromotorlari hozirgi kunda dunyoda seriyali ishlab chiqariladigan eng kichik elektrdvigatellar hisoblanadi.



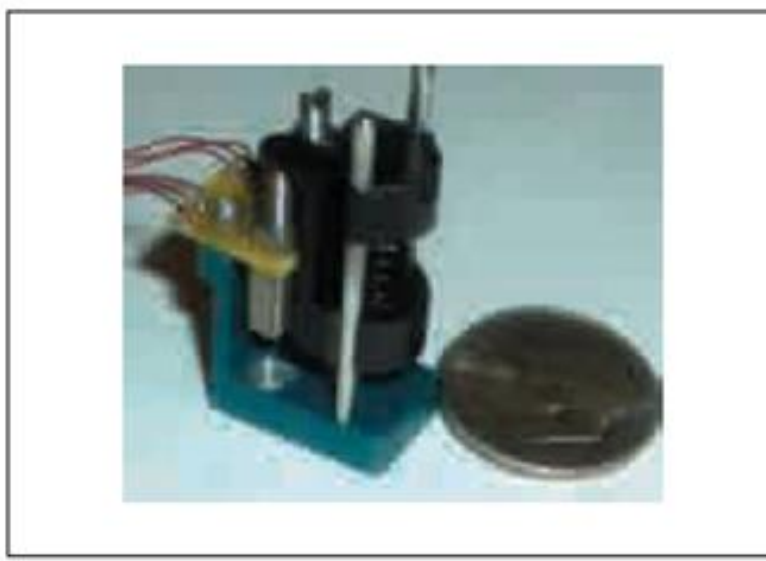
3.3.6-rasm. SQUIGGLE p'yezoyuritmasi konstruksiyasi va ishlash prinsipi

SQUIGGLE p'yezoyuritmaning asosiy xarakteristikalar:

- yuritmaning minimal gabaritlari 1,55 x 1,55 x 6 mm;
- konstruksiyasining oddiyligi (faqat 7 ta tashkil etuvchi qismdan iborat);
- narxining arzonligi;
- boshqa qo'shimcha mexanik uzatma talab etmaydigan to'g'ridan-to'g'ri chiziqli yuritma;
- yuritmaning pozitsiyalanishi aniqligi submikron chegarasida;
- ishining shovqinsizligi;
- ishchi temperaturasi kengligi (-30...+70°C).

SQUIGGLE p'yezoyuritmasining qo'llanilishi. Raqamli foto- va videokameralar ob'ekti uchun yuritmalar. Mikroyuritmalar ob'ektiv fokusirovkasini boshqarish va optik zum uchun ishlatiladi (3.3.7-rasm). 3.3.8-rasmda *SQUIGGLE* p'yezoyuritmasini uyali telefon fotokamerasida ishlatilishi

ko`rsatilgan. Yuritma yo`naltiruvchilar bo`yicha ikkita linzani pastga-yuqoriga harakatlantiradi va avtofokusiroykani (optika harakatlanish yo`li 2 mm) hamda zumni (linzalar harakat yo`li 8 mm gacha) ta`minlaydi.



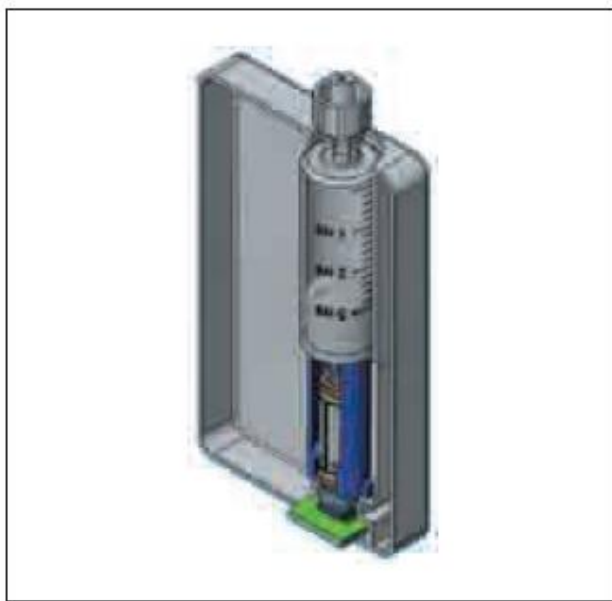
3.3.7-rasm. Raqamli fotokamera uchun optik zum yuritmasi



3.3.8-rasm. SQUIGGLE p'yezoyuritmasini uyali telefon fotokamerasida ishlatilishi

Tibbiy shprits-dozator (3.3.9-rasm). SQL p'yezoyuritmasi bazasida insulin inyeksiyalaydigan dasturlanadigan nasos-shprits bajarilgan. Dozator mikrokontrollerli boshqarish modulidan, preparat uchun sig`imdan, shpritsdan va boshqariladigan yuritmadan iborat. Dozatorni boshqarish mikrokontrollerli modul yordamida bajariladi. Energiya manbai bo`lib litiy batareyasi xizmat qiladi. Dozator

kasalning kiyimida (masalan: yengining ichida) o`rnatiladi. Doza berish vaqt intervali va dori dozasi miqdori har bir kasal uchun alohida dasturlanadi. Doza qiymati yuritma shtokining harakatlanish uzunligiga to`g`ri proporsional.



3.3.9-rasm Tibbiy shprints-dozator

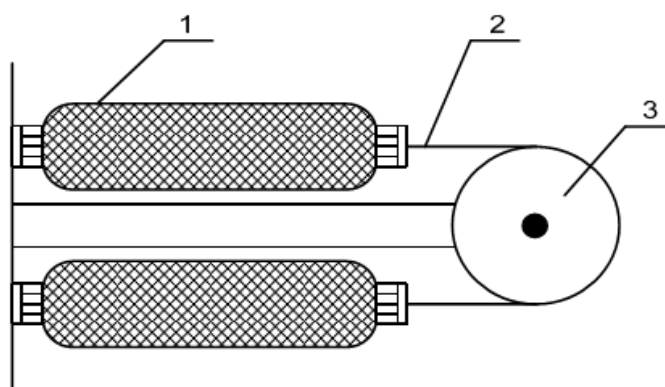
3.3.2. Bionik yuritmalar

Yuqorida aytib o`tilgan harakat modullari o`zining massogabarit parametrlari bo`yicha inson mushaklariga nisbatan past turadi. Bu fakt ana shunaqa mushaklarning texnik analogini yaratish muammosiga e`tiborni qaratish lozimligini anglatadi.

Birinchi bionik yuritmalar *sun`iy mushak* deb atalgan, ular porshenli silindri “*krest-nakrest*” yo`nalishida neylon o`ralgan elastik trubka (rezina, polimer) bilan almashtirilgan pnevmoyuritmadir. Trubkaga bosim ostida havo berilganda shishib balandligining 1/3 qismigacha qisqaradi. Bu odam mushagi ishlashiga o`xshash bo`ladi. Bunday yuritmalar xuddi shunday quvvatli pnevmatik yuritmalarga nisbatan 3-4 marta kam massaga ega bo`ladi. Qisilgan havo manbai bo`lib bir martalik ballonchalar xizmat qiladi.

3.3.10-rasmda «*Bridjestoun*» (Yaponiya) firmasining «*Softarm*» sanoat robotida qo`llanilgan bir yoqlama harakat qiladigan reversiv yuritma ko`rsatilgan.

Qurilma shunaqa ikkita yuritmadan iborat. Birta yuritmada bosim oshganida va ikkinchisida shuncha miqdorda bosim tushganida birinchi yuritma qisqaradi va ikkinchisi esa cho`ziladi. Buning natijasida tross orqali blok aylanma harakatga keladi. Blok manipulyator bilan bog`langanligi sabab manipulyator ham harakatga keladi. Aylanish burchagi yuritmalardagi bosimlar farqiga to`g`ri proportsional. 5 ta erkinlik darajasiga ega bo`lgan “Softarm” roboti yuk ko`tarish qobiliyati 3 kg, o`zining massasi 5,5 kg. Pozitsiyalash xatoligi – 1,5 mm.

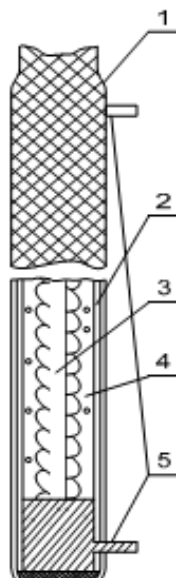


3.3.10-rasm. “Bridjestoun” firmasining reversli egiluvchan pnevmatik yuritmasi

3.3.11-rasmda pnevmatik (sorbtsion) sun`iy mushak varianti ko`rsatilgan. Termoelement 3 orqali elektr toki o`tganda maxsus to`ldiruvchi 4 isiydi va gaz chiqaradi. Buning natijasida trubka ichida bosim oshadi, u shishib bo`y bo`yicha qisiladi. Tok o`chirilgandan keyin to`ldiruvchi soviydi va gazni yutib oladi (sorbtsiya) va mushak birlamchi holatiga keladi.

Mushak uzunligi – 150-300 mm, diametri 3-5 mm. Qisqarish miqdori -10-15%. Hosil qiladigan kuch miqdori 1-3 N, mushak massasi – bir-necha gramm. Asosiy kamchiligi – harakat tezligi past: qisilish vaqti 30 sek, teskari harakati bundan 2-3 marta ko`p vaqtni egallaydi.

- 1-himoya to'ri;**
- 2-trubka;**
- 3-termoelement;**
- 4-to'ldiruvchi;**
- 5-kronshteyn.**

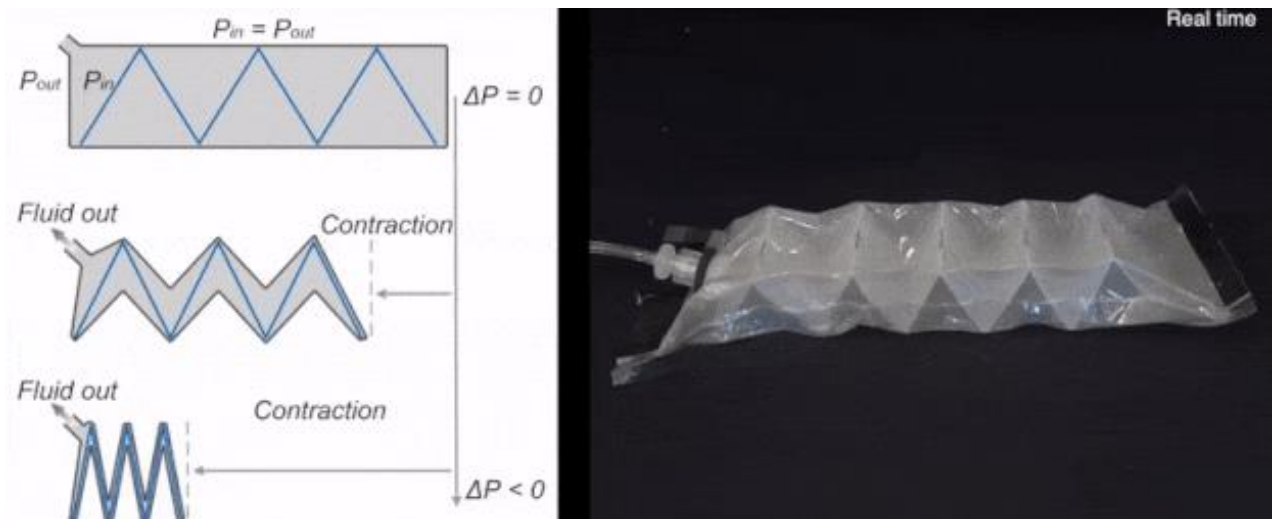


3.3.11-rasm. Sorbsion sun'iy mushak

Garvard universitetidan Robert Vud (*Robert Wood*)³¹ boshchiligidagi tadqiqotchilar sun'iy mushak yaratishning oddiy va arzon texnologiyasini ishlab chiqishdi (3.3.12-rasm). Bunday aktuatorlarning printsiptial sxemasi oddiy. Asos sifatida ma'lum shaklga ega bo'lgan karkas ishlatiladi. Bu karkas yig'ilishi va ochilishi kerak. Ushbu karkas tashqi ikki tomonidan polimerdan yoki boshqa havo o'tkazmaydigan va yomshoq materialdan tayyorlangan ikkita plyonka kleylanadi. Shunday qilib, ichida qattiq karkasga ega yomshoq kamera tayyorlanadi va bu kamera bosimlar farqi beradigan manbaga ulanadi.

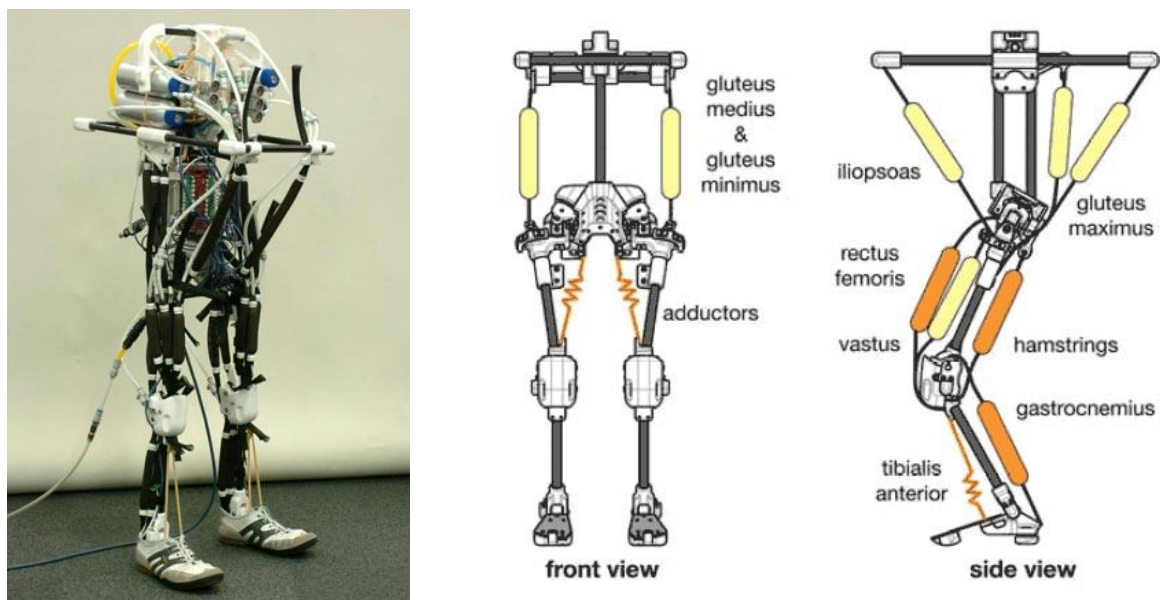
Inson va hayvonlar yugurishlari, sakrashlari uchun o'zlarining mushaklariga katta kuchni juda ham qisqa vaqt ichida berishlari kerak, ya'ni mushaklarini bir onda zo'r qitirib, qisqa "chaqnashdek" energiyani ishlatishlari kerak bo'ladi. Odatdagi elektrmexanik motorlar bilan ishlaydigan robotlar bu ishni bajara olishmaydi – ular motordan oladigan kinetik energiyalari vaqt ichida uzoq tarqalgan. Sun'iy mushakli robotlar bu ishni bajarishlari mumkin. Masalan, yapon tadqiqotchisi Ryuma Niiyama (*Ryuma Niiyama*) tomonidan yaratigan *Athlete* roboti (3.3.13-rasm).

³¹ [https://ru.qwertyu.wiki/wiki/Robert_Wood_\(roboticist\)](https://ru.qwertyu.wiki/wiki/Robert_Wood_(roboticist))



3.3.12-rasm. Garvard universiteti tadqiqotchilari tomonidan tayyorlangan sun'iy mushak

Athlete ning kuchli sistemasi elektr signalni havoning uzluksiz oqimiga transformatsiyalaydigan proportsional klapanlardan foydalaniladi. Robot og'irligi 10 kg, bo'yi 125 sm. Sun'iy mushaklar robotni yarim metr yuqoriga sakrashga va 1 m balandlikdan yerga sakrab o'z muvozanatini saqlay olishini ta'minlaydi.



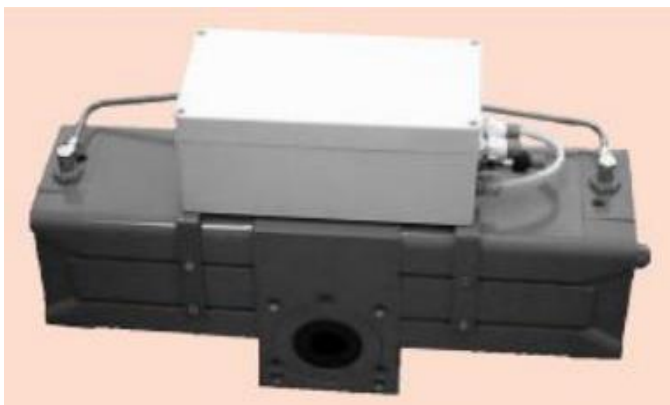
3.3.13-rasm. *Athlete* roboti

Manba: http://www.prorobot.ru/01/mishca_robota_obnova.php

3.3.3. Elektrpnevmatik yuritmalar

Hozirgi vaqtda elektrpnevmatik yuritmalarda ehtiyoj ortib bormoqda. Bu yuritmalar pnevmotsilindr shtoki bilan bog`langan mexanik boshqarish ob`ektini kerakli qonuniyat bilan harakatlantirishga va uni katta aniqlikda kerakli pozitsiyada to`xtatish qobiliyatiga ega. Bunday yuritmalar kompaktiligi, mexanik mustahkamligi, katta ishonchliligi va resursi bilan ajralib turadi, og`ir sharoitlarda ishlash qobiliyatiga va kimyoviy chidamlilikda ega. Bunday xossalar aniq pnevmomexanik va mikrokontrollerli elementlarni birlashtirish, zamonaviy axborot va hisoblash texnologiyalarni va avtomatik boshqaruv usullarini qo`llash hisobiga hosil qilingan.

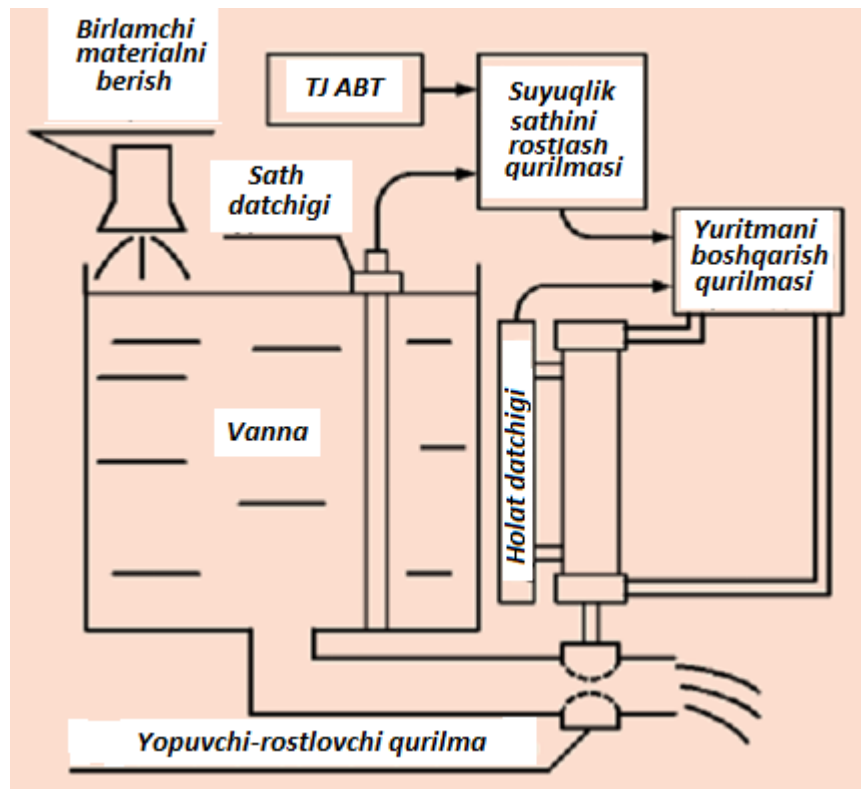
Misol tariqasida chiziqli harakatni hosil qiladigan pozitsion elektrpnevmatik yuritmani ko`rib chiqamiz (3.3.14-rasm).



3.3.14-rasm. Aylanuvchi pnevmosilindr bazasidagi elektrpnevmatik yuritma

Xususan, ular yopish-rostlash qurilmalarni aniq boshqarish bilan suyuq, gazsimon va sochiluvchan moddalarni me`yorlash uchun qo`llaniladi.

Flotatsiyalash qurilmasi tarkibida kiradigan suyuqlik sathini barqarorlashtirish uchun xizmat qiladigan tizim sxemasi 3.3.15-rasmda ko`rsatilgan. Bu tizim vannadagi yopish qurilmasi holatini proportsional rostlaydi.



3.3.15-rasm. Elektrpnevmatik yuritmalı suyuqlik sathini barqarorlashtirish tizimi

Boshqarishning maqsadi vannadagi suyuqlik sathini kirayotgan suyuqlik oqimi har xil boʻlganiga qaramay boshqarish tizimi signallari boʻyicha barqaror bir xil saqlashdir. Elektrpnevmatik yuritmaning vazifasi yopuvchi qurilma bilan bogʻliq porshen holatini aniq kerakli koordinata boʻyicha saqlab turishdir.

Asosiy tayanch soʻz va iboralar

Pʻyezoelektrik effect; pʻyezoelektrik materiallar; pʻyezoelektrik dvigatellar; sunʻiy mushak; bionik yuritmalar; elektrpnevmatik yuritmalar

Asosiy tayanch tushunchalar

* ***Pʻyezoelektrik effekt*** (yunon. *piézō* (πιέζω) — qisish, kuch ishlatish) — mexanik kuch ishlatish natijasida dielektrikda qutblanish paydo boʻlish effekti (toʻgʻri *pʻyezoelektrik effekt*). Teskari *pʻyezoelektrik effekt* ham mavjud – elektr

maydon ta'sirida mexanik deformatsiyalarning paydo bo'lishi.

* *P'yezoelektrik dvigatellar* (PED)ning ishi maxsus ishlov berilgan keramik materiallardagi teskari p'yezoelektrik effektga asoslangan. PEDlar bazasida mikroharakatlarni amalga oshirish uchun yangi harakat modullari ishlab chiqilgan.

* ***P'yezoelement*** – ma'lum shakl va kristallografik o'qlarga nisbatan orientatsiyasiga ega bo'lgan va p'yezoelektrik materiallardan tayyorlangan elektromexanik o'zgartirgichdir. U yordamida mexanik energiya elektrik energiyaga o'zgartiriladi (to'g'ri effekt), elektrik energiya mexanikka o'zgartiriladi (teskari effekt).

* Birinchi bionik yuritmalar *sun'iy mushak* deb atalgan, ular porshenli silindri “*krest-nakrest*” yo'nalishida neylon o'ralgan elastik trubka (rezina, polimer) bilan almashtirilgan pnevmoyuritmadir. Trubkaga bosim ostida havo berilganda shishib balandligining 1/3 qismigacha qisqaradi. Bu odam mushagi ishlashiga o'xshash bo'ladi. Bunday yuritmalar xuddi shunday quvvatli pnevmatik yuritmalarga nisbatan 3-4 marta kam massaga ega bo'ladi.

* Inson va hayvonlar yugurishlari, sakrashlari uchun o'zlarining mushaklariga katta kuchni juda ham qisqa vaqt ichida berishlari kerak, ya'ni mushaklarini bir onda zo'riqtirib, qisqa “chaqnashdek” energiyani ishlatishlari kerak bo'ladi. Odatdagi elektrmexanik motorlar bilan ishlaydigan robotlar bu ishni bajara olishmaydi – ular motordan oladigan kinetik energiyalari vaqt ichida uzoq tarqalgan. Sun'iy mushakli robotlar bu ishni bajarishlari mumkin. Masalan, yapon tadqiqotchisi Ryuma Niiyamia (*Ryuma Niiyama*) tomonidan yaratigan *Athlete* roboti.

* Hozirgi vaqtda elektrpnevmatik yuritmalarda ehtiyoj ortib bormoqda. Bu yuritmalar pnevmotsilindr shtoki bilan bog'langan mexanik boshqarish ob'ektini kerakli qonuniyat bilan harakatlantirishga va uni katta aniqlikda kerakli pozitsiyada to'xtatish qobiliyatiga ega.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. P'yezoelektrik effekt birinchi marta kim tomonidan kuzatilgan?

2. P'yezoelektrik yuritma konstruksiyasi va ishlash printsipini tushuntiring.
3. P'yezoelektrik materiallarning asosiy xususiyati nima?
4. “Sun’iy mushak” tushunchasini tushuntiring.
5. Bionik yuritmalarni tuzulishi va ishlash printsipini ayting. Ularning afzalliklari nimada?
6. Elektrpnevmatik yuritmalarning afzallik tomonlarini ayting.
7. Elektrpnevmatik yuritmalari suyuqlik sathini barqarorlashtirish tizimi ishini tushuntiring.

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy rasm va illyustratsiyalar.

§3.4. MEXATRONIKADA HARAKAT O`ZGARTIRGICHLARINI QO`LLASH

3.4.1. Bevosita kontaktli harakat o`zgartiruvchilari

Ma'lumki mexatronika va robototexnika tizimlarining asosiy vazifalaridan biri – manipulyator yoki mexatron modul zvenosining harakatini berilgan qonun bo`yicha boshqarishni amalga oshirishdir.

Dvigateldan mexatron modulning chiqish zvenosiga harakatni uzatish har xil harakat o`zgartiruvchilari (uzatmalar) yordamida ta`minlanadi. Bu uzatmalar strukturasi va konstruktiv xususiyatlari dvigatel turiga, chiqish zvenosi harakat turiga va uzatmalarning joylashish holati (komponovkasi)ga bog`liq. *Harakat o`zgartiruvchilari bir harakat turini boshqasiga o`zgartirish hamda dvigatel valining aylanish momentlari va tezliklarini chiqish zvenoning parametrlariga*

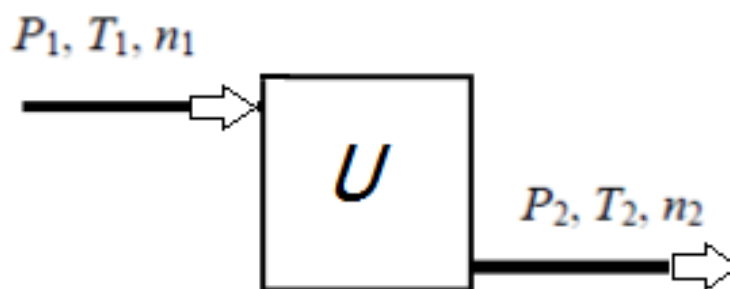
moslashtirish uchun qo'llaniladi. Bu uchun tishli, vintli, reykali, zanjirli, trosli va tishli kesim yuza tasmali uzatmalar, maltiyli mexanizmlar va b.lardan foydaniladi.

Elektrdvigatellar asosan katta tezlikda aylanuvchi valga ega bo'lib, mexatron modulning chiqish zvenosi esa nisbatan kichik aylanish chastotasiga ega. Aylanishlar chastotasini kamaytirish uchun silindrik, konusli, chervyakli, planetar va volnovoy reduktorlar ishlatiladi. Harakat o'zgartiruvchilarni to'g'ri tanlash mexatron modulning xarakteristikalariga katta ta'sir ko'rsatadi.

Mexanik uzatmalarni ilashish turiga qarab 2 ta guruhga bo'lish mumkin:

- *bevosita kontaktli uzatish moslamalari* – tishli, chervyakli, reykali, friksion.
- *egiluvchan uzatish moslamalari* – tasmali, trosli, zanjirli uzatmalar.

Mexanik uzatmada aylanma moment uzatadigan zvenosi *yetaklovchi*, aylanuvchi momentni qabul qiluvchi zvenosi *yetaklanuvchi* deb ataladi. Uzatishning parametrlari, agar ular yetaklovchi zvenoga tegishli bo'lsa “1” indeksi bilan, agar yetaklanuvchiga tegishli bo'lsa “2” indeksi bilan belgilanadi (3.4.1-rasm).



3.4.1-rasm. Mexanik uzatma asosiy parametrlari:

P_i – uzatma validagi quvvat, kVt ; T_i – vallarning aylantiruvchi momenti, $N \cdot m$;

n_i – vallarning aylanish chastotasi, ayl/min ; $i = 1, 2$

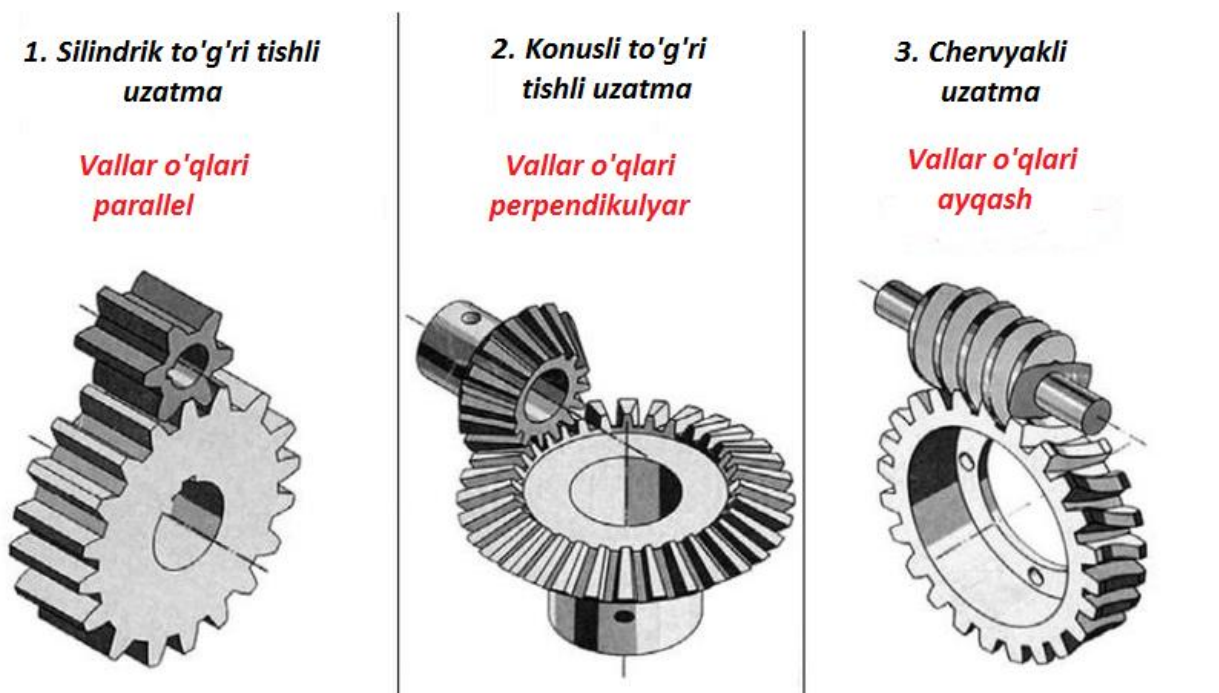
Uzatmaning asosiy mexanik xarakteristikalariga quyidagilar kiradi:

- chiqish validagi quvvat P_2 ;
- aylanish tezligi – chiqish valining burchag tezligi ω_2 yoki uning aylanish

chastotasi n_2 ;

- uzatishlar soni u – kuch oqimi yo`nalishi bo`yicha burchak tezliklarning yoki aylanish chastotalarining nisbati $u = \omega_1/\omega_2 = n_1/n_2$.

Tishli uzatmalar (3.4.2-rasm) tishli ilashish vositasida vallar o`rtasida aylanma harakatni burchak tezliklari va momentlarini o`zgartirgan holda uzatish hamda aylanma harakatni ilgarilanmaga yoki teskarisiga o`zgartirish vazifasini bajaradi.



3.4.2-rasm. Tishli uzatmalar

Bu uzatmalar juda ham ko`p tarqalgan.

Afzalliklari: ular ishonchli; uzatish sonini bir xilligini ta`minlaydi; F.I.K. katta; ishlatish oson va chidamli.

Kamchiliklari: yasash qiyinligi; montaj qilishda katta aniqliq talab etiladi; katta tezliklarda shovqin yuqori bo`ladi.

Tishli uzatmalarning kinematik va geometrik parametrlarining [ГОСТ 16530-83, ГОСТ 16531-83] bo`yicha belgilari 3.4.3-rasmda keltirilgan.

Tishli uzatmaning uzatishlar nisbati i (u) deb yetaklovchi tishli g`altak

burchak tezligining yetaklanuvchi g`altakning burchak tezligiga nisbatiga aytiladi [ГОСТ 16530]:

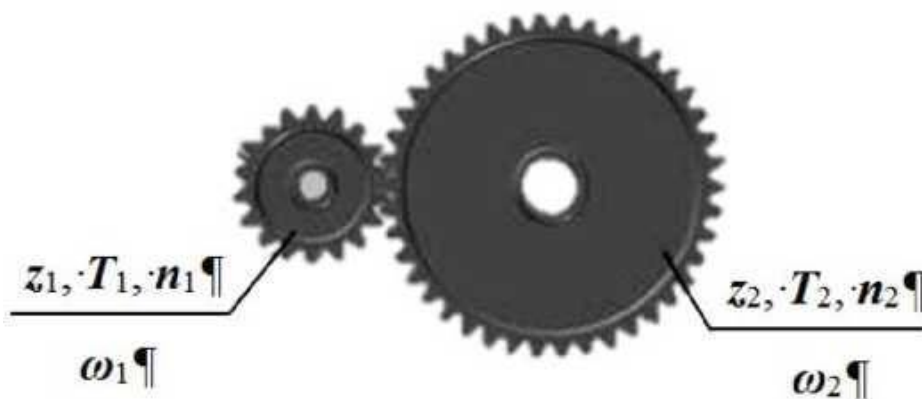
$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

Tishlarning aylanma (o`qli, normal) moduli  $m_t$  ( $m_x$ ,  $m_n$ ) – chiziqli qiymat bo`lib, tishlarning aylanma (o`qli, normal) qadamidan π marta kichik:

$$m = \frac{p}{\pi}$$

3.4.4-rasmda tishli uzatmalarning geometrik parametrlari ko`rsatilgan. To`g`ri tishli silindirik g`altaklar uchun ajratuvchi diametr quyidagicha aniqlanadi:

$$d = m \cdot z$$



3.4.3-rasm. [ГОСТ 16530-83, ГОСТ 16531-83] bo`yicha tishli uzatmalar parametrlarini belgilari

“1” indeksli parametrlar shesternyaga, “2” indeksli parametrlar g`altakka tegishli.  $z$  – tishli g`ildirak tishlari soni; T -tishli g`altakdagi aylantiruvchi moment,  $N \cdot m$ ;  $n$  – tishli g`altak aylanishlar chastotasi, ayl/min; ω – g`altakning burchak tezligi, rad/sek.

Tish choʻqqisi va botiqligi diametrlari:

$$d_a = d + 2m,$$

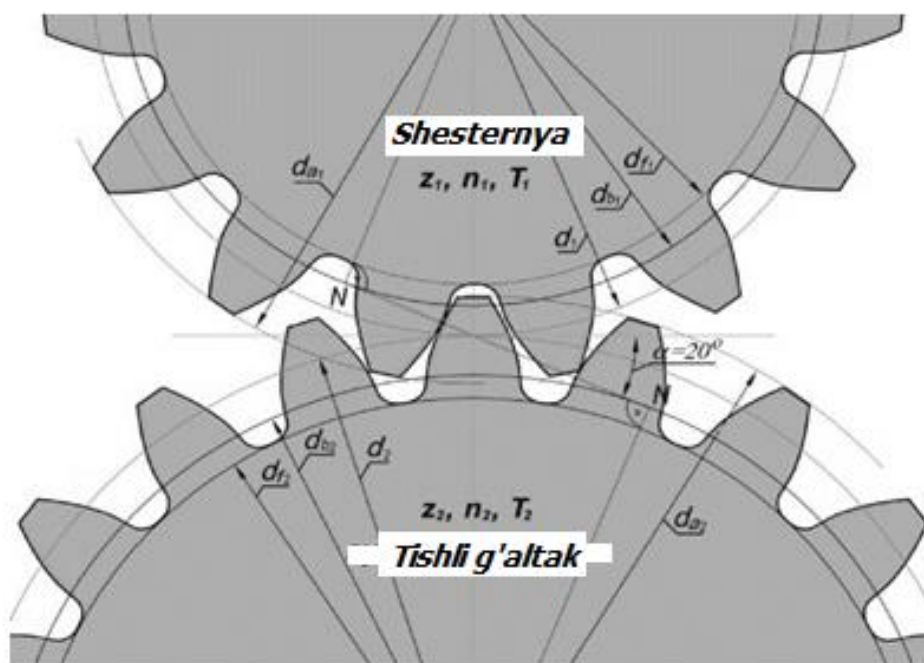
$$d_f = d - 2,5m$$

$d_b = d \cos \alpha$ – asosiy aylana diametri. $\alpha = 20^\circ$ - ilashish burchagi.

$h_a = m$ – tish kallagi balandligi.

$h_f = 1,25m$ – tish oyogʻi balandligi.

$h = h_a + h_f = 2,25m$ – tish balandligi.



3.4.4-rasm. Tishli uzatmalarning geometrik parametrlari

Tishli gʻaltak eni

$$b_2 = \psi_\alpha a$$

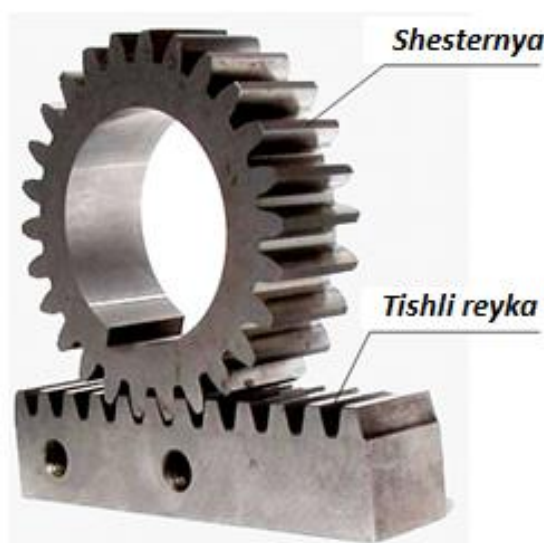
bu yerda ψ_α - en koefitsiyenti, gʻaltak tishlarining joylashuvi va ularning yuzalari qattiqligiga qarab tanlanadi.

Shestarnya eni $b_1 = 1,12b_2$.

Gʻaltaklar oʻqlari orasidagi masofa a quyidagicha aniqlanadi:

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}$$

Reykali uzatmalar shesternyaning aylanma harakatini reykaning ilgarilanma harakatiga va aksincha - reykaning ilgarilanma harakatini shesternyaning aylanma harakatiga aylantirish uchun kerak. Uzatmaning asosiy elementlari tishli reyka va shesternyadir (3.4.5-rasm).



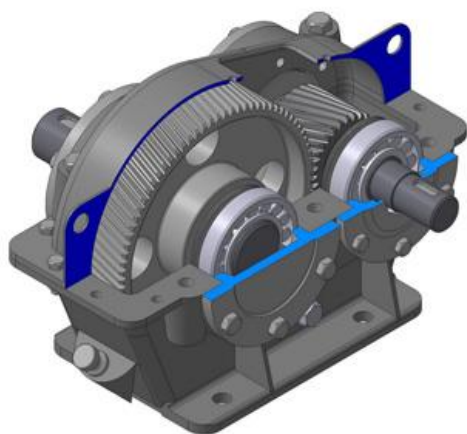
3.4.5-rasm. Reykali uzatma

Reduktorlar. “Reduktor” so`zining kelib chiqishi lotincha bo`lib - *reductor*, tarjimasi “teskari yurish”, “orqaga yo`naltirish” ma`nosini beradi.³²

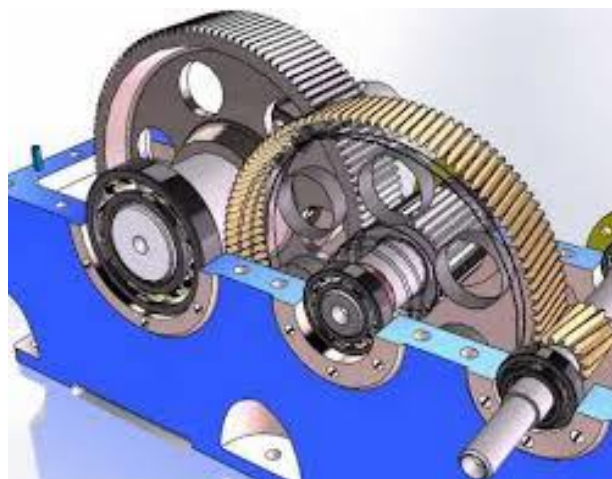
Burchak tezlikni (aylanish chastotasini) kamaytiruvchi uzatmani $u > 1$ *reduktor*, kattalashtiruvchisini $u < 1$ – *multiplikator* deb ataladi.

Reduktor (3.4.6-rasm) mashinalar yuritmasiga kiruvchi mexanizm bo`lib, yetaklanuvchi valning aylantiruvchi momentini kattalashtirish maqsadida uning burchak tezligini kamaytirish vazifasini bajaradi.

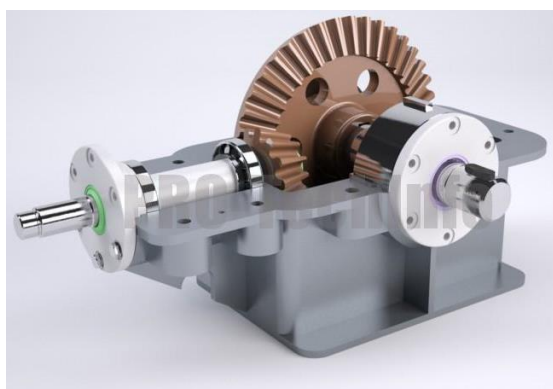
³² https://ru.wikipedia.org/wiki/Механический_редуктор



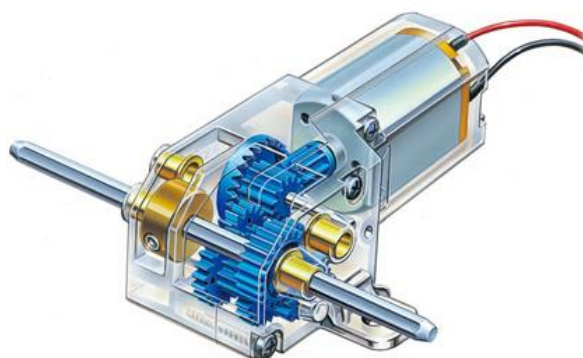
Bir bosqichli silindirik reduktor



Ikki bosqichli silindirik reduktor



Bir bosqichli konusli reduktor



Ko`p bosqichli mini-reduktor

3.4.6-rasm. Reduktorlar

Reduktorning asosiy xarakteristikasi: F.I.K., uzatish nisbati, uzatish quvvati, vallarning maksimal burchak tezliklari, uzatmalarning turi va soni, bosqichlarning soni.

Reduktorning uzatish nisbati deb g`altak tishlari sonining shesternya tishlari soniga nisbatiga aytiladi:

$$u = \frac{z_2}{z_1}$$

Agar reduktor ko`p bosqichli bo`lsa, uzatishlar soni har bir bosqichning uzatishlar soni ko`paytmasiga teng:

$$u = u_1 \cdot u_2$$

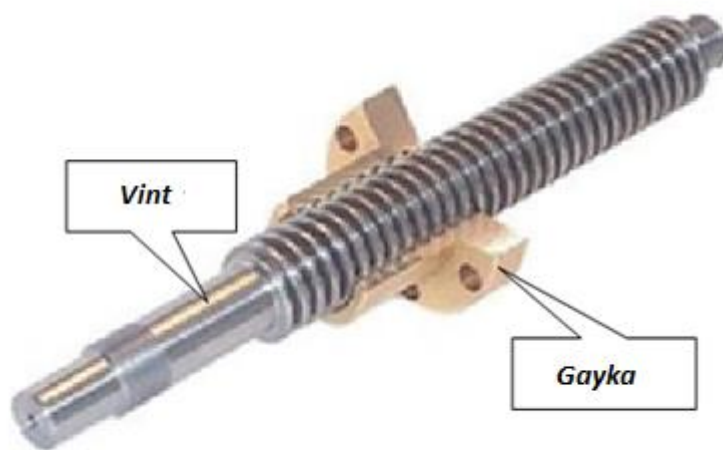
Reduktor F.I.K.:

$$\eta = P_r/P_a$$

bu yerda P_r – uzatilgan quvvat, kVt; P_a – ishlatilgan quvvat, kVt.

Reduktor korpusi (cho`yan, po`lat, alyuminiy) ichida vallar, tishli va chervyakli g`altaklar, podshipniklar va boshqalar joylashtirilgan. Ba`zilarida korpusi ichida ilashma va podshipniklarni moylash va sovitish uchun mexanizmlar bo`ladi. Moylash sifati reduktor uzatmalarining F.I.K oshiradi va yeyilishini kamaytiradi.

Sirpanish vint-gayka uzatmasi. Bu uzatma aylanma harakatni ilgarilanmaga aylantirib berish uchun, ba`zan ilgarilanma harakatni aylanmaga aylantirish uchun (ko`pzaxodli vint juftligidan foydanilganda) xizmat qiladi. Bu uzatma vint va gaykadan iborat (3.4.5-rasm).



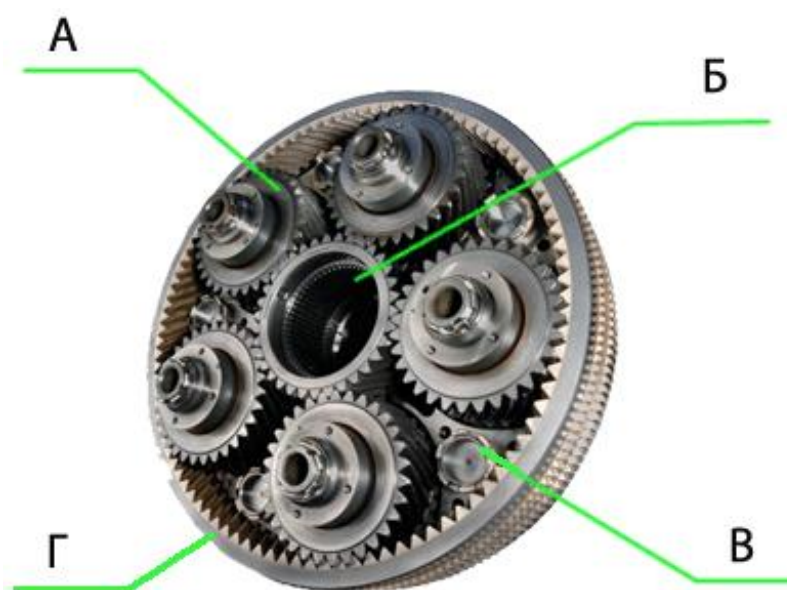
3.4.5-rasm. Sirpanish vint-gayka uzatmasi

Afzalliklari: uzatma konstruksiyasi oddiy va yasash oson, katta yuklama qobiliyati ega bo`lishiga qaramay ixcham, katta ishonchliliga ega, silliq va shovqinsiz ishlaydi, kuchdan yutish va katta aniqlikdagi harakatni ta`minlay oladi.

Kamchiliklari: tirqish (lyuft)larning mavjudligi, katta sirpanish ishqalanishi mavjudligi uchun rezbaning yeyilish darajasi kattaligi va F.I.K.ning pastligi.

3.4.2.Planetar uzatmalar

Planetar uzatmalarning *planetar* yoki *satellitli* deyilishiga sabab, uzatmadagi tishli g'altaklarning harakati planetalar harakatiga o'xshash. Bu g'altaklarning o'qlari qo'zg'aluvchan bo'ladi. Oddiy planetar uzatma tashqi tishli markaziy quyosh tishli g'altakdan, ichki tishli markaziy tojli g'altakdan, tashqi tishli satellitlardan va vodiladan iborat. Satellitlar bir vaqtning o'zida ham quyoshli ham tojli g'altaklar bilan ilashmaga kiradi, satellitlar o'qi esa vodiloda joylashgan (3.4.6-rasm).



A) satellitlar; Б) quyosh g'altagi; В) vodilo; Г) markaziy tojli g'alak

3.4.6-rasm. Planetar uzatma

Zamonaviy mexatron modullarda planetar uzatmalar juda keng ishlatiladi. *Ularning afzalliklari* ixcham (kompakt) va kichik massali, katta uzatish nisbatiga ega, tayanchlarga yuklama kichik, F.I.K. katta, yuqori kinematik aniqlikka, mustahkamlikka va ishonchlilikka ega.

Lekin kamchiliklarga ham ega: konstruktiv tuzilishi murakkab; yasash va o`rnatish ishlarida yuqori aniqlik talablari; uzatish nisbatining oshishi bilan F.I.K.ning pasayishi.

Uning ishlash printsiipi quyidagicha: tojli g`altakning qo`zg`almas holida ( $\omega_b=0$ ) quyosh tishli g`altakning aylanishi (ω_a) satellitning o`z o`qi atrofida ω_g tezlik bilan aylanishiga olib keladi. Satellitlarning tojli g`altak bo`yicha tebranma harakati uning o`qini harakatlantiradi va vodiloning  $\omega_h$  tezlik bilan aylanishini ta`minlaydi. Satellit vodiloga nisbatan ω tezlik bilan aylanma harakat qiladi.

Tojli g`altak qo`zg`almas bo`lganligi uchun $\omega_b = 0$, vodiloning burchak tezligi:

$$\omega_h = \omega_a / [1 + (z_b/z_a)].$$

bu yerda ω_a -quyosh sherternyasining burchak tezligi; z_a - quyosh sherternyasining tishlari soni; z_b - markaziy tojli g`alak tishlari soni

Ushbu planetar uzatmaning uzatish nisbati $i = \omega_a / \omega_h$,

yoki oxirgi variantda $i = 1 + z_b/z_a$.

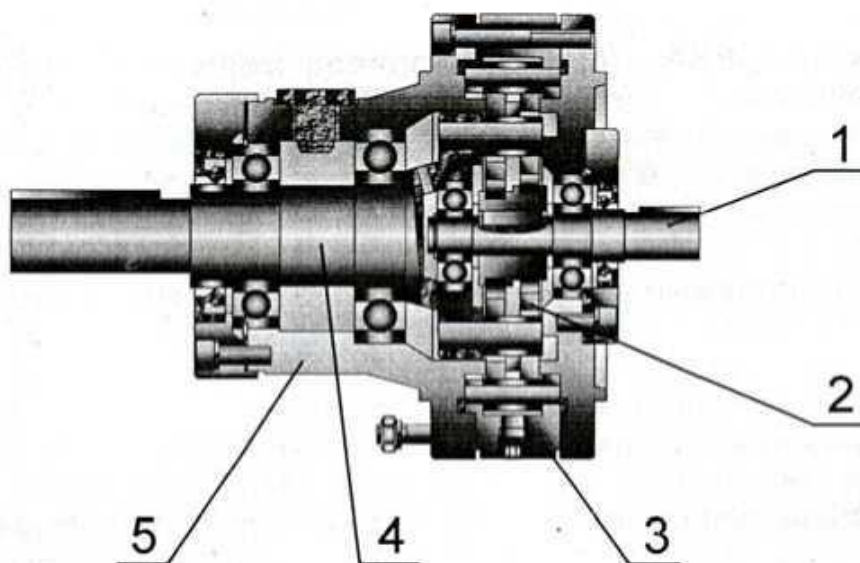
Misol tariqasida planetar uzatmani elektrdredlda ishlatilishini keltirish mumkin (3.4.7-rasm).



3.4.7-rasm. Planetar uzatmani elektrdredlda qo`llanishi

Sikloidal reduktor konstruktsiyasini ko`rib chiqamiz.

Sikloidal reduktor – bu sikloidal ilashmali planetar reduktor bo`lib, 3.4.8-rasm ko`rsatilgan qismlardan iborat.



3.4.8-rasm. Sikloidal reduktor tuzilishi

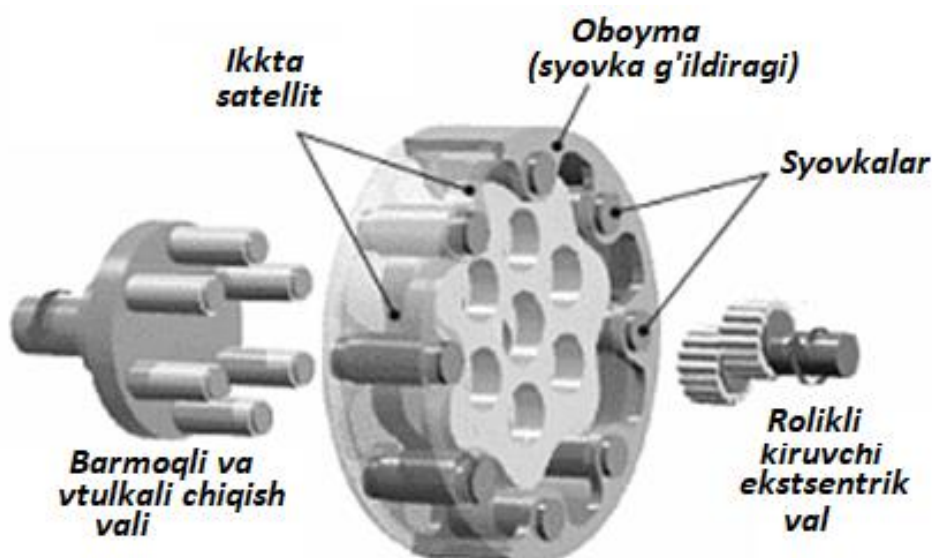
1-ekstsentrikli va rolikli kirish vali; 2-sikloidal profil tishli 2 ta satellit; 3-o`qli va vtulkali oboyma (aylanma syovkali g`altak); 4-barmoqli va vtulkali chiqish vali (vodilo); 5-reduktor korpusi.

3.4.9-rasmda sikloidal reduktor konstruktsiyasi ko`rsatilgan.



3.4.9-rasm. Sikloidal reduktor

Sikloidal reduktorning ishlash prinsipi 3.4.10-rasmda ko`rsatilgan: ikkita satellit kirish valida qarama-qarshi o`rnatilgan (satellitlar bir-biriga nisbatan 180° ga joylashtirilgan va ularning ekstsentrisitetlari diametral qarama-qarshi). Bu dinamik yuklamalarni muvozanatlashtirishni va eguvchi kuchlarning paydo bo`lishini oldini olishni ta`minlaydi. Kirish vali aylanganda harakat val o`qiga nisbatan qarama-qarshi tomonlarga yo`naltirilgan 2 ta rolikli podshipshikli ekstsentrik yordamida satellitlarga uzatiladi. Satellitlar oboymaning syovkalari (tishlari) bo`ylab sirpanib, kirish valiga nisbatan planetar harakatga keladi. Bunda kirish vali to`liq aylanganda satellitlarni valga nisbatan bitta tishga val aylanishi yo`nalishiga qarama-qarshi aylanishiga olib keladi. Satellitlarning qarshi aylanishi satellitlarning teshiklarida joylashgan chiqish valining barmoqlariga uzatiladi. Ishqalishni kamaytirish uchun chiqish valining barmoqlariga vtulkalar kiydirilgan. Chiqish valining podshipniklari korpusda o`rnatilgan.



Manba: https://studopedia.su/17_55959_tsikloidalniy-reduktor.html

3.4.10-rasm. Sikloidal reduktorning ishlash prinsipi

Sikloidal reduktorning xususiyatlari:

Quvvat uzatish samadorligi. Bir bosqichli reduktor F.I.K. 92,5% gacha,

ikki bosqichli reduktorniki – 85 % gacha.

Aylanish chastotasini o`zgartirish diapazoni kengligi va ixchamlilik. Bir bosqichli reduktor uchun uzatishlar nisbati 9 dan 119 gacha, ikki bosqichli reduktor uchun - 12257 gacha.

Yuqori yuklamali qobiliyati. Reduktor uzoq muddatda katta zarbali va o`zgarib turadigan eng yuqori yuklamalarga chidab beradi.

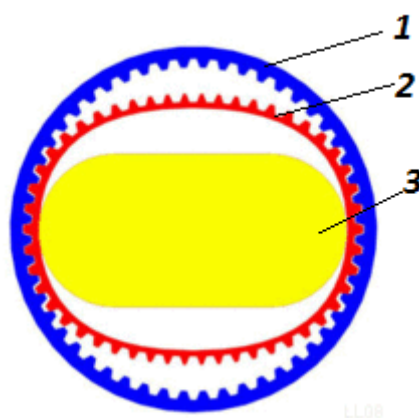
Ishonchlilik. Reduktor 90 % li inkorsiz ishlash ehtimolligi bilan 20000 soat uzluksiz ishlashga kafolat beradi. Bir smenali ishda reduktor ishlash muddati 15 yilga teng.

Kichik inertsiyalilik. Reduktorning katta uzatishlar soni yuritmaning keltirilgan moment inertsiyasining kichikligini ta`minlaydi.

Shovqin darajasining pastligi. Ilashmaning ko`p juftliligi yurishning silliqqligini, vibratsiyaning yo`qligini, shovqinning darajasini 62...70 dB bo`lishini ta`minlaydi.

3.4.3.To`lqinli (volnovoy) tishli uzatma

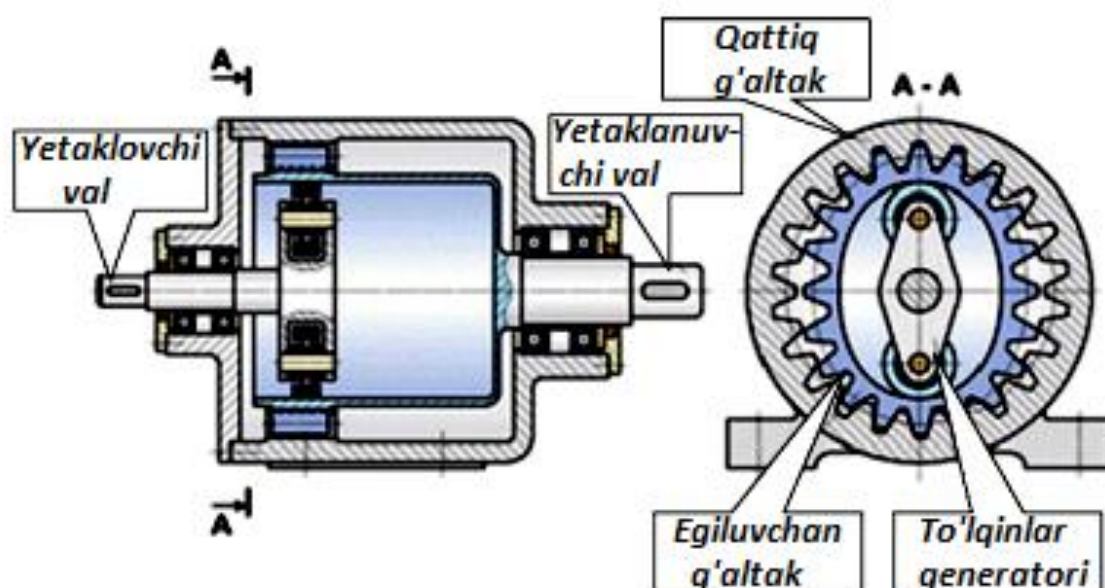
*To`lqinli (volnovoy) tishli uzatma* ichki tishlarga ega qattiq o`rnatilgan tishli g`altak 1 dan, tashqi tishlarga ega egiluvchan tishli g`altak 2 dan va to`lqinlar generatori 3 dan iborat (3.4.11-rasm).



3.4.11-rasm. To`lqinli tishli uzatma

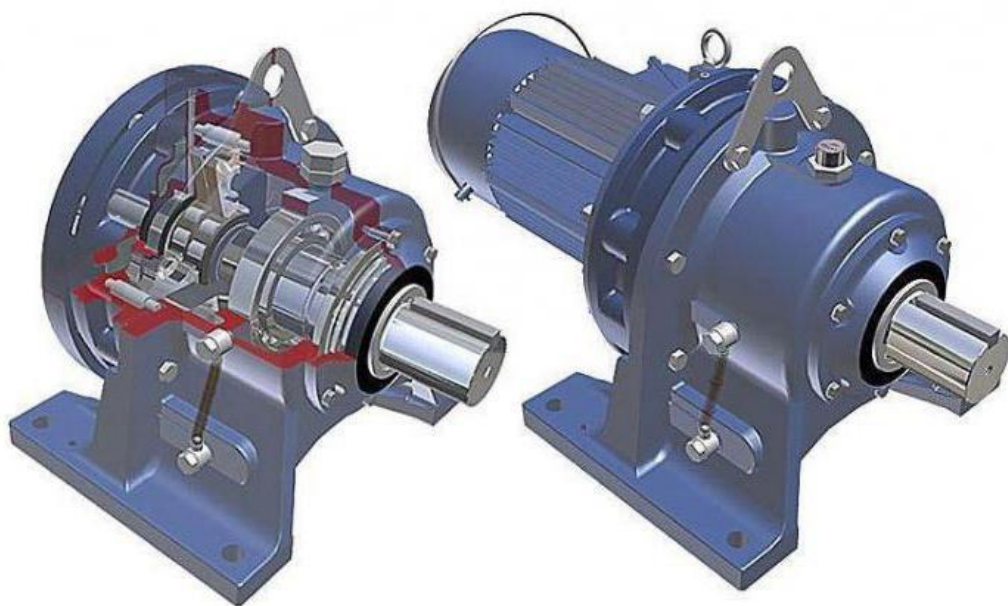
To'lqinli uzatma – egiluvchan elementlarda to'lqinlar deformatsiyasi davriy qo'zg'atish evaziga harakatni uzatuvchi mexanik uzatmadir. Harakatlar tishlar yordamida va vint printsipli hamda friktsiyali kontakt hisobida amalga oshiriladi (3.4.12-rasm). 1959 yilda amerikalik muhandis *U.Masser* tomonidan ixtiro qilingan.

Afzaliklari: to'lqinli tishli uzatmalar bitta bosqichda juda katta uzatishlar sonini ta'minlaydi. Ularnin F.I.K. planetar uzatmalariday katta.



3.4.12-rasm. To'lqinli reduktor (sxemasi)

Kamchiliklari: g'altakning katta o'lchamli diametrlarida to'lqinlar generatori yetaklovchi vali aylanish chastotasining chegaralanganligi; boshqa tishli uzatmalarga nisbatan egiluvchan g'altaning aylantirish xususiyatining pastligi.



3.4.13-rasm. To'liqinli reduktor



3.4.14-rasm. HanZhen kompaniyasining to'liqinli reduktori

Asosiy tayanch so'z va iboralar

Mexanik uzatmalar; egiluvchan uzatish moslamalari; bevosita kontaktli uzatish moslamalari; uzatma validagi quvvat; vallarning aylantiruvchi momenti; vallarning aylanish chastotasi; tishli uzatmalar; reduktorlar; planetar uzatmalar; to'liqinli (volnovoy) tishli uzatmalar

Asosiy tayanch tushunchalar

* *Harakat o'zgartiruvchilari bir harakat turini boshqasiga o'zgartirish hamda dvigatel valining aylanish momentlari va tezliklarini chiqish zvenoning parametrlariga moslashtirish uchun qo'llaniladi.* Bu uchun tishli, vintli, reykali, zanjirli, trosli va tishli kesim yuza tasmali uzatmalar, multiyli mexanizmlar va b.lardan foydaniladi.

* Mexanik uzatmalarni ilashish turiga qarab 2 ta guruhga bo'lish mumkin: bevosita kontaktli uzatish moslamalari – tishli, chervyakli, reykali, friksion; egiluvchan uzatish moslamalari – tasmali, trosli, zanjirli uzatmalar.

* Mexanik uzatmada aylanma moment uzatadigan zvenosi *yetaklovchi*, aylanuvchi momentni qabul qiluvchi zvenosi *yetaklanuvchi* deb ataladi.

* Uzatmaning asosiy mexanik xarakteristikalariga quyidagilar kiradi:

- chiqish validagi quvvat P_2 ;
- aylanish tezligi – chiqish valining burchag tezligi ω_2 yoki uning aylanish chastotasi n_2 ;
- uzatishlar soni u – kuch oqimi yo'nalishi bo'yicha burchak tezliklarning yoki aylanish chastotalarining nisbati $u = \omega_1/\omega_2 = n_1/n_2$.

* Reduktor mashinalar yuritmasiga kiruvchi mexanizm bo'lib, yetaklanuvchi valning aylantiruvchi momentini kattalashtirish maqsadida uning burchak tezligini kamaytirish vazifasini bajaradi.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Bevosita kontaktli harakat o'zgartiruvchilariga qanaqa uzatmalar kiradi?
2. Tishli uzatmalar turlarini ayting?
3. Tishli g'altak ajratuvchi diametri qanday hisoblanadi?
4. Planetar reduktorlarning tuzilishi va ishlash printsipini tushuntiring.
5. Sikloidal reduktor qanday ishlaydi?
6. To'lqinli (volnovoy) tishli uzatmaning ishlash tartibini tushuntiring.

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy formulalar, rasm va illyusrtatsiyalar.

§3.5. FRIKTSION UZATMALAR. MEXAYRONIKADA EGILUVCHAN UZATISH MOSLAMALARI

3.5.1. Friksion uzatmalar

Friksion uzatma (lot. *frictio*- *ishqalanish*) - mexanik energiyani uzatish uchun o'z orasidagi ishqalanish kuchidan foydalaniladigan kinematik juftlik.

Friksion uzatmada harakat yetaklovchi katokdan yetaklanuvchi katokka ular kontaktlashish joyida paydo bo'ladilagan ishqalanish kuchi ta'sirida uzatiladi. Rostlanmaydigan friksion uzatmalar asosan silliq va shovqinsiz ishlaydigan asboblarda ishlatiladi. Rostlanadigan friksion uzatmalar – *variatorlar* – 20 kVt quvvatgacha ega mashina yuritmalarida qo'llaniladi.

O'qlarni joylashishiga qarab friksion uzatmalar silindrik (o'qlar parallel), konusli (o'qlar perpendikulyar) va lobovoy (o'qlar ayqash)larga bo'linadi (3.5.1-rasm).

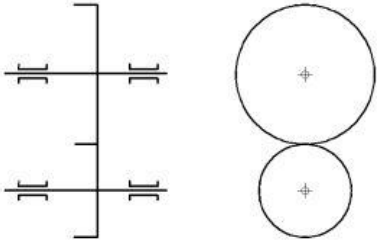
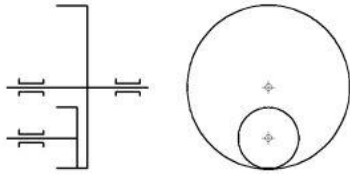
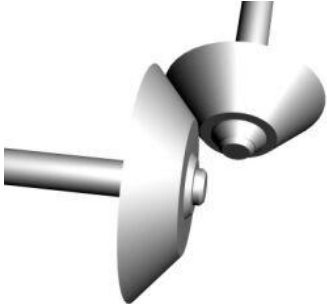
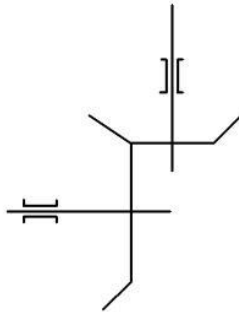
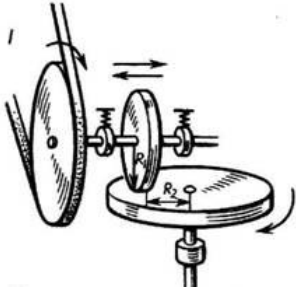
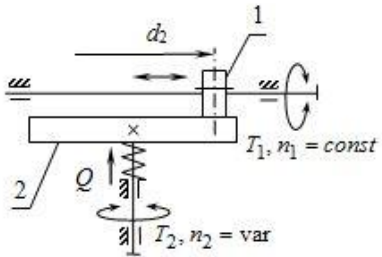
Afzalliklari: xizmat ko'rsatish va konstruktsiyasining soddaligi; aylanma harakatning bir xilligi va shovqinsizligi; uzatma aylanishini to'xtatmasdan uzatish nisbatini bosqichsiz rostlash imkoniyati.

Kamchilmklari: buksirovka paytida katoklar ishchi yuzalarining katta va har xil yeyilishi; bosish kuchi ta'sirida val va podshirniklarda katta yuklamaning hosil bo'lishi; katoklarning sirpanishi natijasida uzatish nisbatining doimiy bo'lmasligi.

Friksion uzatmalar ochiq va yopiq bo'ladi. Ochiq uzatmalarda ilashish quruq bo'ladi. Yopiq uzatmalarda ilashish moy muhitida amalga oshiriladi.

Friksion uzatmalarda yetaklovchi katok diametri D_1 ning yetaklanuvchi katok diametri D_2 ga nisbati uzatishlar nisbati deyiladi (3.5.2-rasm):

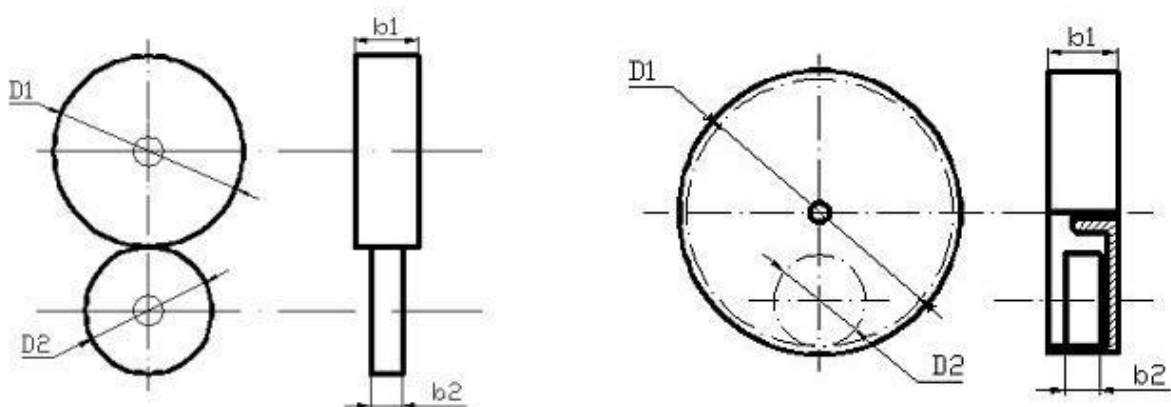
$$i = D_1/D_2$$

Uzatma turi	Kinematik sxemadagi tasviri
 Silindrik, tashqi. Katoklar aylanishi har tomonga bajariladi	
 Silindrik, ichki. Katoklar aylanishi bir tomonga bajariladi	
 Konusli. Aylanish yo`nalishini o`zgartiradi	
 Lobovoy uzatma	

3.5.1-rasm. Friksion uzatmalar turlari

Agar $i > 1$ bo`lsa, uzatma ko`paytiradigan bo`ladi, ya`ni D_2 g`altakning aylanishlar soni  $D_1$  g`altakning aylanishlar soniga nisbatan i qiymatga teng marta

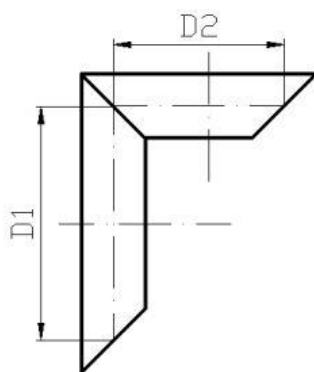
katta bo`ladi. Lekin quvvat kamayadi, ya`ni D_2 g`altakdagi quvvat  $D_1$  g`altakdagi quvvatga nisbatan taxminan i qiymatga teng marta kichik bo`ladi.



3.5.2-rasm. Silindrik friksion uzatma turlari

Agar $i < 1$ bo`lsa, uzatma kichraytiruchi bo`ladi, bunda D_2 g`altak yetaklovchi,  $D_1$  g`altak esa yetaklanuvchi bo`lishi kerak.

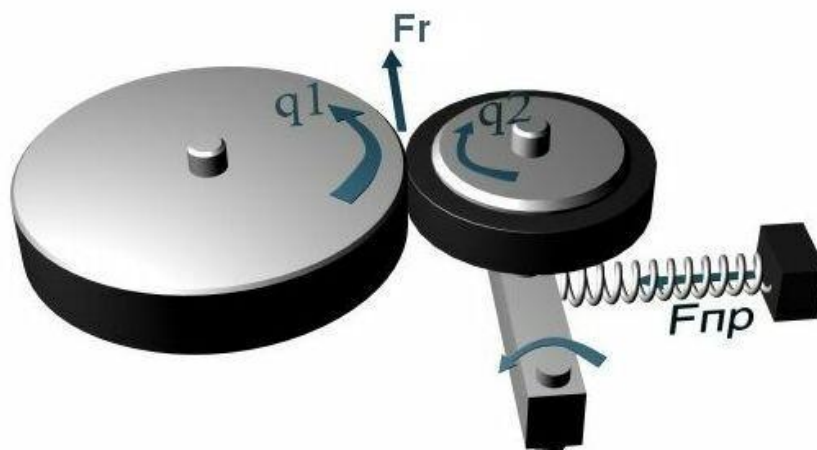
Friksion uzatmalarni hisoblashda, ko`pincha, burchak tezlik kattaligidan foydalanilashadi. Uning o`lchov birligi *radian / sekund*, ya`ni 1 sekundda g`altak 1 radian kattalikka aylanadi. $1 \text{ radian} = 57,2958 \text{ gradus}$. Bundan kelib chiqadiki 1 ayl/sek burchak tezlik 6,2832 rad/sek ga teng.



3.5.3-rasm. Konusli friksion uzatma

Konusli uzatmalarni hisoblashda geometrik diametr qiymatini qabul qilish g`altaklarning o`rtacha diametri D_1 va D_2 bo`yicha amalga oshiriladi (3.5.3-rasm).

Friktsion uzatmalarda katoklarni bir-biriga qisish kuchini yaratish kerak bo`ladi. Bu vazifani, ko`pincha, prujinalar bajarishadi.



3.5.4-rasm. Katoklarni prujina yordamida qisish

Katoklar bir-biriga F_{pr} kuch bilan qisilganda ular kontaklashadigan joyda ishqalanish kuchi F_f paydo bo`ladi, bu kuch aylantiruvchi kuch F_r ni hosil qiladi (3.5.4-rasm). Uzatma normal ishlashi uchun $F_f \geq F_r$ sharti bajarilishi kerak. Bu shartning bajarilmasligi uzatmani buksovkaga va katoklarni yeyilishiga olib keladi. Ishqalanish kuchi F_f qiymati aylantiruvchi kuch F_r dan ilashish zahira koeffitsiyenti B qiymatiga katta bo`lishi kerak.  $B = 1,25 \dots 2,0$ . Katoklar orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti  $f$  o`rtacha quyidagicha bo`ladi: po`lat yoki cho`yan charm teri yoki ferrodo bilan quruq  $f = 0,3$  (ferrodo- friktsion, issiqqa chidamli kompozit material); shuning o`zi moy muhitida $f = 0,1$; po`lat yoki cho`yan bilan quruq $f = 0,15$; shuning o`zi moy muhitida $f = 0,07$.

3.5.2. Tasmali uzatmalar

Tasmali uzatma egiluvchan uzatish moslamalariga kiradi. Yetaklovchi 1 va yetaklanuvchi 3 shkiylardan va ularni aylanib o`tuvchi tasma 2 dan iborat (3.5.5-rasm). Aylanish kuchi shkiy va tasma orasida paydo bo`ladigan ishqalanish kuchi evaziga paydo bo`ladi. Kerak bo`lgan ishqalanish kuchini hosil qilish uchun tasma tarang tortilgan bo`lishi lozim.

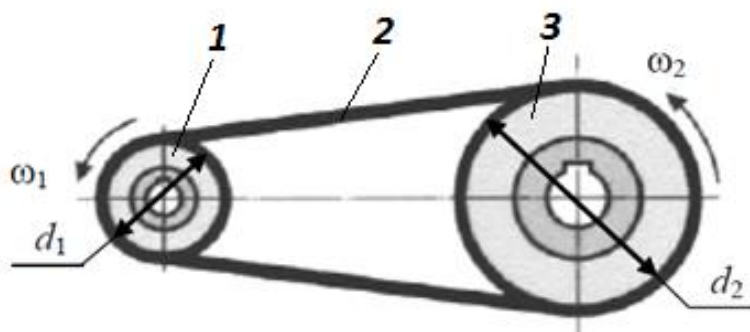
Tasmali uzatmaning quvvatni uzatish qiymati 50 kVt gacha, juda ham kam holatda 1500 kVt gacha bo`ladi. Tasmaning tezligi 5-50 m/s gacha, tezyurar uzatmalarda 100 m/s gacha yetadi.

Boshqa uzatmalar bilan birga tasmali uzatmani yuritmaning tezyurar bosqichida ishlatiladi.

Tasmali uzatmaning klassifikatsiyasi. Tasmaning ko`ndalang kesimi bo`yicha quyidagilarga bo`linadi:

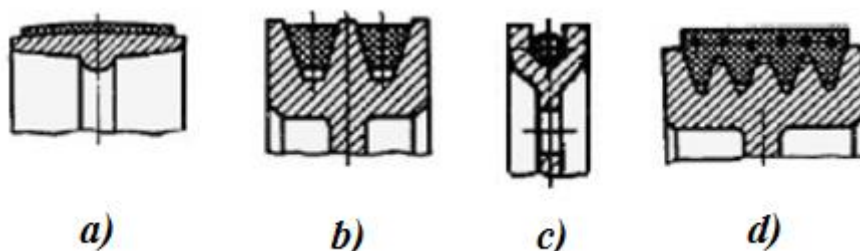
- yassi tasmali (3.5.6-rasm, a);
- parchin tasmali (3.5.6-rasm, b);
- aylana tasmali (3.5.6-rasm, c);
- poliparchin tasmali (3.5.6-rasm, d).

Zamonaviy mashinasozlikda va boshqa sohalarda parchin va poliparchin tasmali uzatmalar kengroq qo`llaniladi (3.5.7-rasm).



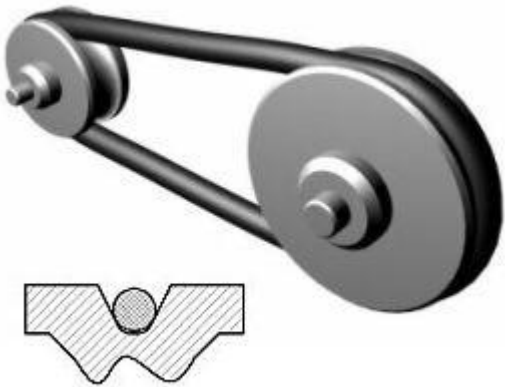
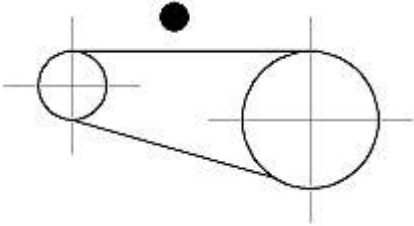
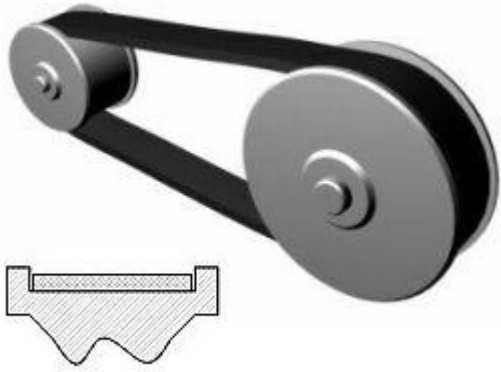
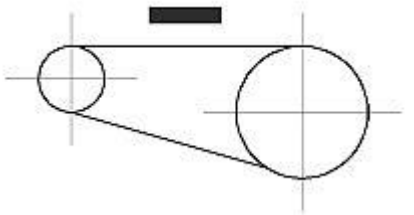
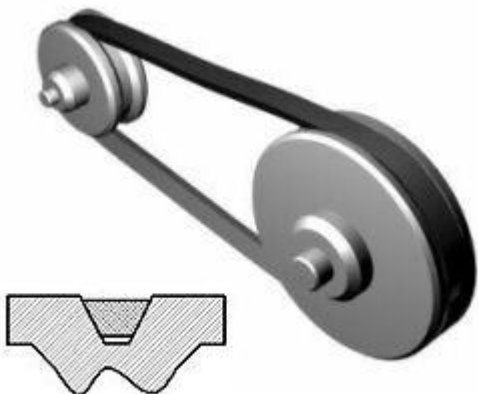
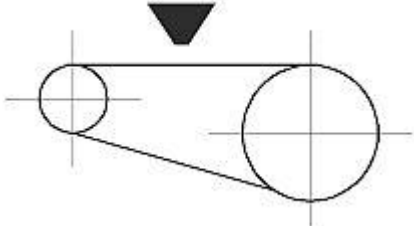
3.5.5-rasm. Tasmali uzatma.

d_1, d_2 –shkiqlar diametri; ω_1, ω_2 –shkiqlarning aylanish burchak tezligi



3.5.6-rasm. Tasmalarning ko`ngdalang kesimi

Oddiy tasmali uzatmalar

Tasviri	Belgilanishi
	 Aylana ko`ndalang kesimli tasma</b>  Tasmaning ko`ndalang kesimi va shkivning botiqligi bir-biriga to`g`ri kelgani uchun yaxshi ilashishni ta`minlaydi va shkivni enini kamaytiradi. Bunday uzatmalar, asosan, miniatyurali aniq ishlaydigan avtomatik qurilmalarda ishlatiladi (masalan, avtomatik rostdlash sistemalari). Tasmalar asosan rezinadan tayyorlanadi.
	 Yassi tasmali uzatma Tasmaning eni evaziga yaxshi ilashishni ta`minlaydi. Uzatma yasalishi sodda, lekin eni katta shkivlarni va shkiv o`qlarini paralleligini talab etadi.
	 Parchin ko`ngdalang kesimli tasma</b>  Parchin (trapetseidal) ko`ngdalang kesimli tasmali uzatma, uning profili 40⁰ burchak ostidagi trapetsiya shaklida bo`ladi. Bunday uzatmalar yuqori kuchlama bilan ishlaydigan qurilmalarda, m.: metall kesuvchi stanoklarda, konveyerlarda ishlatiladi.

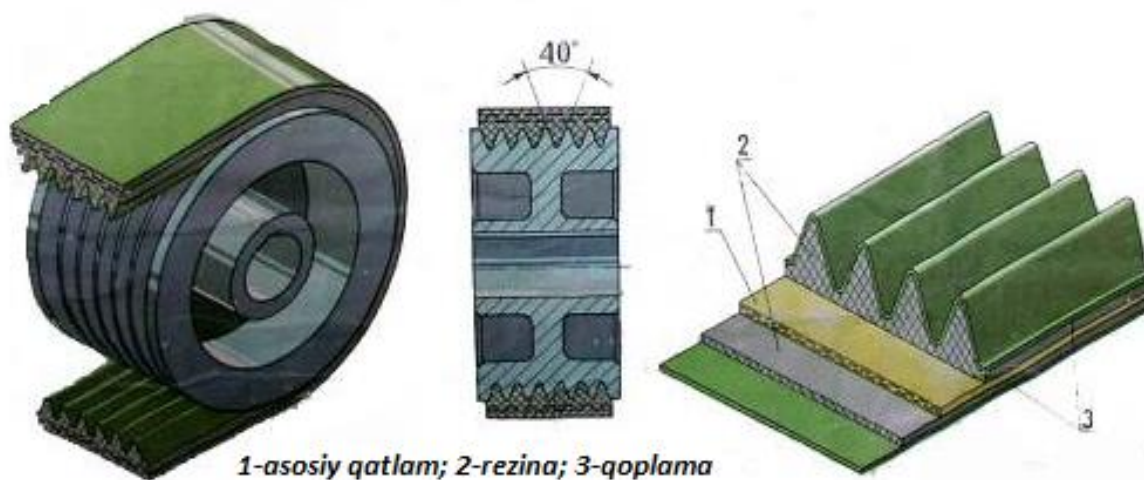
Vallarining fazoda joylashuvi bo`yicha tasmali uzatmalar quyidagilarga

bo`linadi:

- 1) parallel valli uzatmalar: ochiq (3.5.8-rasm, a), kesishmali (3.5.8-rasm, b);
- 2) yarim kesishgan uzatmalar (3.5.8-rasm, c);
- 3) val o`qlari bir-biriga perpendikulyar joylashgan uzatmalar (3.5.8-rasm, d).

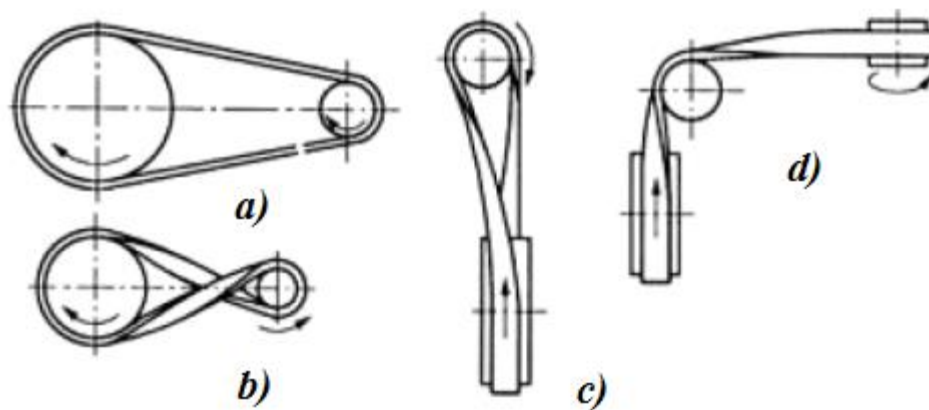


a) parchin tasmali uzatma;



b) poliparchin tasmali uzatma

3.5.7-rasm. Parchin va poliparchin tasmalar



3.5.8-rasm. Tasmali uzatmalarda vallarning joylashuvi

Tasma yasaladigan materiallarga quyidagi talablar qo'yiladi: har xil kuchlanishlarga mustahkamlik; yeyilishga qarshilik; shkiv bilan ishonchli ilashish; narxining arzonligi.

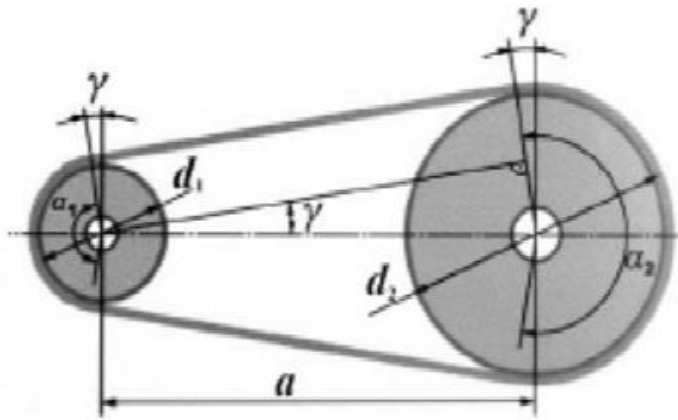
Eng ko'p tarqalgan tasmalar – prorezinali tasmalar. Ularning asosiy elementlari gazlama-rezinali va shnur-rezinali bo'ladi. Ular ichida shnurli tasmalarning F.I.K. katta, egiluvchanroq va uzoq xizmat qiladi.

Shkivlar cho'yandan, po'latdan, alyuminiy qorishmalaridan, plastmassadan va boshqalardan tayyorlanadi. Diametrlari standartlashtirilgan.

Afzalliklari: konstruktsiyasi sodda; katta masofalarga (15 m gacha) harakatni uzatish imkoniyati; katta aylanish chastotalarida ishlash imkoniyati; ishining silliqqligi va shovqinsizligi; vibratsiya va urilishlarni kamaytirish; tasmaning sirpanishi evaziga mexanizmlarni ortiqcha yuklamadan himoyalash.

Kamchiliklari: uzatmadagi shkivlarning radial o'lchamlari kattaligi; tasmalarning uzoq xizmat qila olmasligi; tasmalarning sirpanishi uchun doimiy uzatish nisbatini ta'minlay olmasligi; val va podshipgiklarda yuklamaning ko'pligi.

Tasmali uzatmalarning geometrik parametrlariga quyidagilar kiradi (3.5.9-rasm): shkivlar diametri d_1 va d_2 ; o'qlar orasidagi masofa a ; tasmaning hisoblangan uzunligi L_p ; tasmaning kichik shkivni o'rab olish burchagi α_1 .



3.5.9-rasm. Tasmali uzatmaning geometrik parametrlari

Tasmaning hisoblangan uzunligi quyidagicha aniqlanadi:

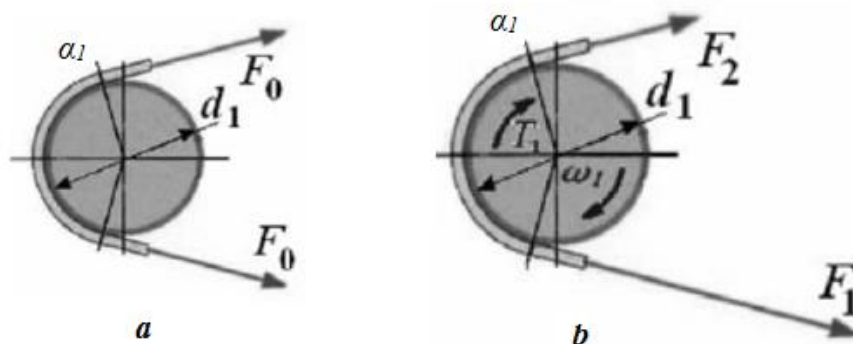
$$l = 2a + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}$$

Tasma uzunligini standart qatordan yuqorida aniqlangan qiymatga yaqin qiymat tanlab olinadi va o'qlar orasidagi masofa korrektsiyalanadi.

Tasmaning kichik shkivni o'rab olish burchagi α_1 quyidagicha aniqlanadi (3.5.10-rasm):

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ(d_2 - d_1)/a$$

- yassi tasmali uchun $\alpha_1 \geq 150^\circ$;
- parchin tasmali uchun $\alpha_1 \geq 120^\circ$.



3.5.10-rasm. Tasmaning ikkita tarmog'ida ta'sir qiluvchi kuchlar

Tasma va shkiv o`rtasida ishqalanish hosil qilish uchun tasmani oldindan  $F_0$  ga teng kuch bilan tarang tortish kerak (3.5.10-rasm, *a*). Qancha kuch  $F_0$  katta bo`lsa, shuncha uzatmaning tortish xususiyati katta bo`ladi. Uzatma ishlamaganda yoki salt holatda bo`lganda tasmaning 2 ta tarmog`ida faqat oldindan tortilgan  $F_0$  kuch ta`sirida bo`ladi. Foydali aylanuvchi moment  $T_1$  uzatila boshlaganda tasmaning tarmoqlarida tortish kuchi o`zgaradi. Yetaklovchi tarmog`ida tortish kuchi  $F_1$  gacha oshadi, yetaklanuvchi tarmog`ida esa F_2 gacha kamayadi (3.5.10-rasm, *b*).

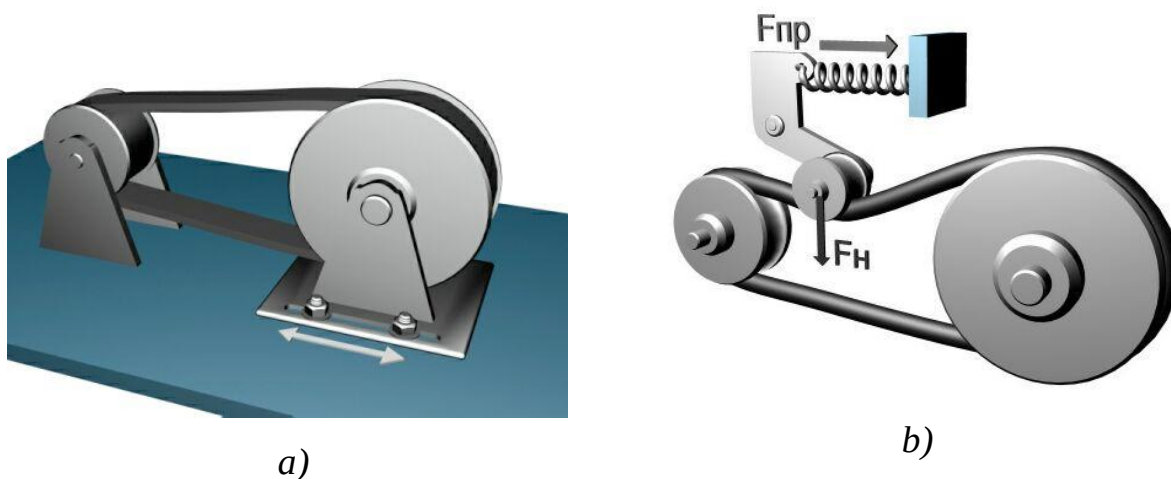
Tasmali uzatmada 2 ta sirpanish hosil bo`lishi mumkin: elastik va buksirovka. Uzatma normal ishlaganda elastik sirpanish hosil bo`ladi. Elastik sirpanish yetaklovchi va yetaklanuvchi tarmog`larda tortish kuchi har xilligi evaziga paydo bo`ladi. Elastik sirpanish koeffitsiyent ξ_t bilan xarakterlanadi. U shkivlardagi tezliklar farqini ifodalaydi:

$$\xi_t = \frac{v_1 - v_2}{v_1}$$

Shuning uchun tasmali uzatmalarda uzatish nisbati doimiy bo`lmaydi. Bundan kelib chiqib tasmali uzatmalarda uzatish soni quyidagicha aniqlanadi:

$$u = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1(1 - \xi_t)}$$

Tasma tarang tortilmagan bo`lsa u buksovklanadi, ya`ni tasma shkiv yuzasi bo`ylab ishqalanishsiz aylanadi. Tasmani tarang tortish uchun har xil moslamalar ishlatiladi. Masalan, bitta shkiv o`rnatilgan asos harakatchan bo`ladi (3.5.11-rasm, *a*), yoki prujinali rolik yordamida tasmani taranglash (3.5.11-rasm, *b*).



3.5.11-rasm. Tasmani tarang tortish usullari

3.5.3. Zanjirli uzatmalar

Zanjirli uzatmalar ham egiluvchan ilashish qurilmalariga kiradi. Zanjirli uzatmalar o`qlari parallel vallarga katta masofalarga, tishli uzatmani ishlata olmaydigan va tasmali uzatmaning ishonchliliigi past bo`lgan holatlarda, aylanma harakatni uzatish uchun qo`llaniladi. Zanjirli uzatmalar chiqish vallarida quvvat  $R \leq 120 \text{ kVt}$ , zanjir harakat tezligi  $V \leq 15 \text{ m/s}$  va uzatish nisbati  $i \leq 6$  bo`lganda asosan ishlatiladi. Zanjirli uzatma yetaklovchi va yetaklanuvchi yulduzchalardan hamda ularni aylanib o`tadigan zanjirdan iborat.

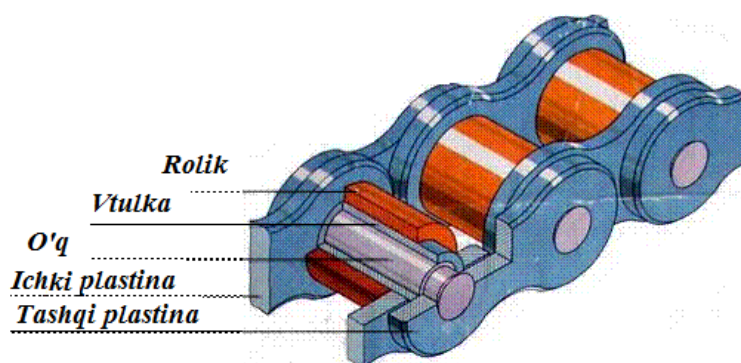
Ishlatiladigan zanjir turiga qarab ular quyidagilarga bo`linadi (3.5.12-rasm):

- 1) rolikli zanjirli;
- 2) vtulkali zanjirli;
- 3) tishli zanjirli.

Rolikli zanjirlar bir qatorli va ko`p qatorli bo`ladi. Vtulka presslangan ichki plastinadan va o`q presslangan tashqi plastinadan iborat. Vtulkaga roliklar o`rnatilgan bo`ladi. Vtulkali zanjirlarda roliklar bo`lmaydi. Tishli zanjirlar tish shakliga ega plastinalar majmuasidan iborat. Plastinalar sharnir yordamida bir-biri bilan bog`langan. Bitta qator yo`naltiruvchi plastinalarning botiq joyi bo`lmaydi.



3.5.12-rasm. Har xil zanjir turlari



3.5.13-rasm. Rolik vtulkali zanjir tuzilishi

Zanjir plastinalari o`rta uglerodli va legirlangan po`latlar 45, 50, 40X, 40XH, 30XH3A dan yasaladi. Po`latlar 40...50 HRC qattiqlikgacha toblanadi. O`qlar, roliklar va vtulkalar sementlangan po`lat 15, 20, 15X, 20X, 12XH3, 20XH3A dan tayyorlanadi va 55...65 HRC qattiqlikgacha toblanadi.

Yulduzchalar po`lat 40, 45, 40X, 50Γ2, 40XH dan yasaladi va qattiqligi 40...50 HRC bo`ladi.

Afzalliklari: uzoq masofalarga (8 m gacha) quvvatni uzatish; tasmali uzatmaga nisbatan vallarga kamroq yuklama; uzatadigan quvvat kattaroq va o'lchami kompaktroq; bitta zanjir yordamida bir nechta yulduzchalarga energiya uzatish imkoni.

Kamchiliklari: harakatining silliq emasligi; shovqin; sharnirlarning tez yeyilishi va zanjirning uzayishi.

Zanjirli uzatmalarning asosiy parametri – zanjirning qadami t (mm) hisoblanadi. Qadam qancha katta bo'lsa, shuncha zanjirning yuklama xususiyati ko'payadi. Zanjir qadamiga qarab boshqa geometrik xarakteristikalar aniqlanadi:

1. Yulduzchalar o'qlari orasidagi optimal masofa a (mm):

$$a = (30 \dots 50) \cdot t,$$

uzatishlar soni qancha katta bo'lsa, shuncha intervaldan katta qiymat olinadi.

2. Yulduzchalarning optimal tish soni:

$$z_1 = 31 - 2 \cdot u \geq 11, \text{ toq bo'lishi ma'qul;}$$

$$z_2 = z_1 \cdot u \leq 120, \text{ juft bo'lishi ma'qul.}$$

3. Yulduzchalarning ajratish diametri, mm:

$$d_{1(2)} = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z_{1(2)}}}$$

4. Yulduzchalarning tashqi diametri, mm:

$$D_{e1(2)} = t \cdot \left(K + ctg \frac{180^\circ}{z_{1(2)}} \right)$$

5. Zanjir zvenosi soni:

$$L_t = \frac{2a}{t} + \frac{z_1 + z_2}{2} + \left(\frac{z_2 - z_1}{2\pi} \right)^2 \frac{t}{a}$$

L_t qiymati juft songacha yaxlitlanadi.

Asosiy tayanch so'z va iboralar

Friktsion uzatma; tasmali uzatma; shkivlar; yassi va parchin kesimli tasma; zanjirli uzatma; rolikli, vtulkali, tishli zanjirlar

Asosiy tayanch tushunchalar

* Friksion uzatma (lot. *frictio*- *ishqalanish*) - mexanik energiyani uzatish uchun o'z orasidagi ishqalanish kuchidan foydalaniladigan kinematik juftlik.

* Friksion uzatmada harakat yetaklovchi katokdan yetaklanuvchi katokka ular kontaktlashish joyida paydo bo'ladilagan ishqalanish kuchi ta'sirida uzatiladi.

* Tasmali uzatma egiluvchan uzatish moslamalariga kiradi. Yetaklovchi va yetaklanuvchi shkivlardan va ularni aylanib o'tuvchi tasmadan iborat. Aylanish kuchi shkiv va tasma orasida paydo bo'ladigan ishqalanish kuchi evaziga paydo bo'ladi. Kerak bo'lgan ishqalanish kuchini hosil qilish uchun tasma tarang tortilgan bo'lishi lozim.

* Eng ko'p tarqalgan tasmalar – prorezinali tasmalar. Ularning asosiy elementlari gazlama-rezinali va shnur-rezinali bo'ladi. Ular ichida shnurli tasmalarning F.I.K. katta, egiluvchanroq va uzoq xizmat qiladi.

Shkivlar cho'yandan, po'latdan, alyuminiy qorishmalaridan, plastmassadan va boshqalardan tayyorlanadi. Diametrlari standartlashtirilgan.

* Zanjirli uzatmalar ham egiluvchan ilashish qurilmalariga kiradi. Zanjirli uzatmalar o'qlari parallel vallarga katta masofalarga, tishli uzatmani ishlata olmaydigan va tasmali uzatmaning ishonchliligi past bo'lgan holatlarda, aylanma harakatni uzatish uchun qo'llaniladi.

* Ishlatiladigan zanjir turiga qarab ular quyidagilarga bo'linadi: rolikli zanjirli; vtulkali zanjirli; tishli zanjirli.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Friksion uzatmaga tushuncha bering.
2. Rostlanadigan friksion uzatmalar nima?
3. Friksion uzatmalarning afzalliklarini ayting?
4. Tasmali uzatmaga tushuncha bering.
5. Tasmali uzatmaning klassifikatsiyasini ayting
6. Tasmali uzatmalarni hisoblash qanday amalga oshiriladi?
7. Zanjirli uzatmalarga tushuncha bering.

8. Ishlatiladigan zanjir turiga qarab ular qanaqa guruhlarga bo`linadi?

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy formulalar, rasm va illyusrtatsiyalar.

§3.6.MEXATRONIKADA TORMOZLARNI VA HARAKAT YO`NALTIRUVCHILARNI QO`LLASH

3.6.1. Tormozli qurilmalarning vazifasi va turlari

Tormozli qurilmalar deb mexatronik modullar harakatchan zvenolarining tezligini pasaytirish, ularni to`xtatish va qo`zg`almas holatda ma`lum vaqt ichida saqlash (fiksatsiyalash) funksiyalarini bajaruvchi qurilmalariga aytiladi.

Tormozlashda harakatchan massalarning tezlanish olayotgandagi kinetik energiyasi qayta tiklanadigan va tiklanmaydigan boshqa energiyaga (potentsial va issiqlik energiyalariga) o`tadi. Tormozli qurilmalar tormozlash uchastkasida manfiy ish bajaruvchi va harakat yo`nalishiga qarshi bo`lgan qo`shimcha kuch va qarshilik momentini hosil qiladilar.

Tormozlashda mexatronik modul zvenolarining kinetik energiyasi qisman yoki to`liq o`zgartiriladi (yutiladi yoki tarqatiladi). Bunda to`xtatish nuqtasiga yaqinlashgan sari harakatchan massalarning tezligi asta sekin kamaytiriladi, ularga ta`sir qiluvchi dinamik yuklama va zarbalar kamaytiriladi, bu ishchi organlarning tebranishi va sakrashi yo`qolishini ta`minlaydi.

*Mexatronik modullar tormozli qurilmalariga quyidagi asosiy talab qo`yiladi:* berilgan tormozlash qonunini ta`minlash; pozitsiyalash nuqtalarida harakatchan elementlarni fiksatsiyalash va to`xtatishni zarbasiz amalga oshirish; yuqori ishonchlilik va konsruktsiyasining uzoq muddatga chidashi;

konstruksiyasining soddaligi va kompaktligi; ishlash sharoiti o'zgarganda xarakteristikalarining stabilligi; temperatura, namlik, tormozlash massasi, tezlikning o'zgarishlariga kichik sezgirligi; rostlashning mumkinligi; ishlatish va ta'mirlash qulayligi; narxining arzonligi; minimal gabarit va massasi.

Unda qo'llaniladigan kuchga qarab tormozli qurilmalar *mexanik, elektrik, gidravlik, pnevmatik va kombinatsiyalashganlarga* bo'linadi.

Asosan mexanik va elektrik tormozli qurilmalar mexatronik modullarda kengroq ishlatiladi, shuning uchun ikkalasini batafsil ko'rib chiqamiz.

Mexanik tormozli qurilmalar *prujinali, rezinali, inertsiya va friksion* tormozli qurilmalarga bo'linadi.

Elektrik tormozli qurilmalar *elektromagnitli, induktiv va gisterezisli* hamda *kukunli tormoz* uskunalari bo'linadi.

3.6.2. Mexanik tormozli qurilmalar

Mexanik tormozli qurilmalarda qarshilik kuchi ishchi elementlarning deformatsiyalanishi natijasida (prujinali, rezinali qurilmalar) yoki ishqalanish natijasida (friksion qurilmalar) hosil qilinadi.

Elastik elementlar tarzida asosan, silindrik prujinalar hamda rezinali va rezina-metall elastik elementlar ishlatiladi.

Friksion tormozlarda asosiy ishchi elementlar – aylanma yoki ilgarilanma harakat qiluvchi ishqalanish juftliklaridir.

Oddiy tormozli qurilma funksional zveno va ular harakat o'qlariga parallel tayanchlar orasida o'rnatilgan bir yoki bir nechta silindrik prujinalardan tuzilgan yoki alohida konstruktiv uzal shaklida shakllantirilgan bo'ladi.

Prujaning qarshilik kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$F_{pr}=c x=c(x_0+x_q)=F_0+F_q \quad (3.6.1)$$

bu yerda x — prujinaning toʻliq deformatsiyasi; x_0 — prujinani boshlangʻich qisish deformatsiyasi; x_d — prujinaning qoʻshimcha deformatsiyasi; F_0 — prujinaning boshlangʻich qarshilik kuchi; F_q — prujinaning qoʻshimcha qarshilik kuchi; c — qattqlik (жесткость), (N/mm) silindrik oʻramli prujina uchun:

$$c = \frac{F}{x} = \frac{G d^4}{8 n D^3}$$

G — prujina materiali uchun 2-tur elastiklik moduli (poʻlat prujinalar uchun $G=(7,85...8) \cdot 10^4$ MPa); d — prujina simi diametri, mm; D — prujina oʻrami oʻrtacha diametri, mm; n — prujinaning ishchi oʻramlar soni.

Mexatronik harakatchan zvenoni toʻxtatish harakatchan zveno kinetik energiyasi va prujinaning elastik deformatsiyasi potentsial energiyasi bir-biriga teng boʻlganda sodir boʻladi:

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{cx^2}{2}$$



3.6.1-rasm. «Bavun» firmasining prujinali tormoz qurilmasi

KEB Combistop M firmasi prujinali tormozi (3.6.2-rasm) elektrmagnitli prujinali tormoz boʻlib, ikkita tormoz tekisligiga ega, va bu tekisliklarning tormoz

kuchi prujina orqali hosil qilinadi hamda elektrmagnit kuchi yordamida ko`paytiriladi.

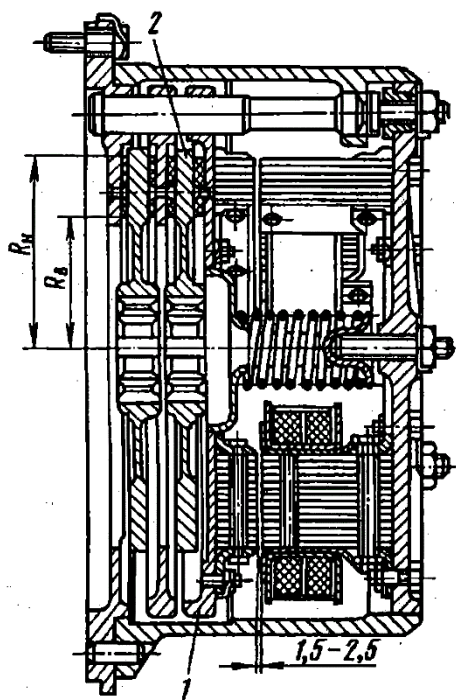


3.6.2-rasm. KEB Combistop M firmasi prujinali tormozi

Prujinali qurilmalarning afzalliklariga uning katta deformatsiyalarda ishlashi, uzoq muddatli statik yuklamalarga chidamliligi, harorat o`zgarishlariga chidamliligi kiradi. Shu bilan birga uning quyidagi *kamchiliklari* bor: kuch xarakteristikalarini rostlashning qiyinligi; prujinaning boshlang`ich qisish tormozlanadigan massasaga nisbatan yuklamaning ortishiga olib keladi.

O`q bo`yicha bosiladigan tormozlar. Bu turdagi tormozlarda tormozlovchi moment tormoz vali o`qi bo`yicha ta`sir qiladi. Bular diskli va konusli bo`ladi.

Diskli tormozlarda kerak bo`lgan ishqalanish momenti qo`zg`almas diskli 1 ni tormozlovchi val bilan birga aylanuvchi diskli 2 ga bosish yordamida hosil qilinadi (3.6.3-rasm). Yopuvchi oxirgi kuch sifatida prujina kuchi, yuk og`irligi yoki inson kuchi xizmat qilishi mumkin. Bu kuchlar richagli, gidravlik yoki pnevmatik tizimlar orqali yetkaziladi.



**3.6.3-rasm. Prujina kuchi
yordamida ishlovchi diskli
elektromagnit yuritmal diskli
tormoz**

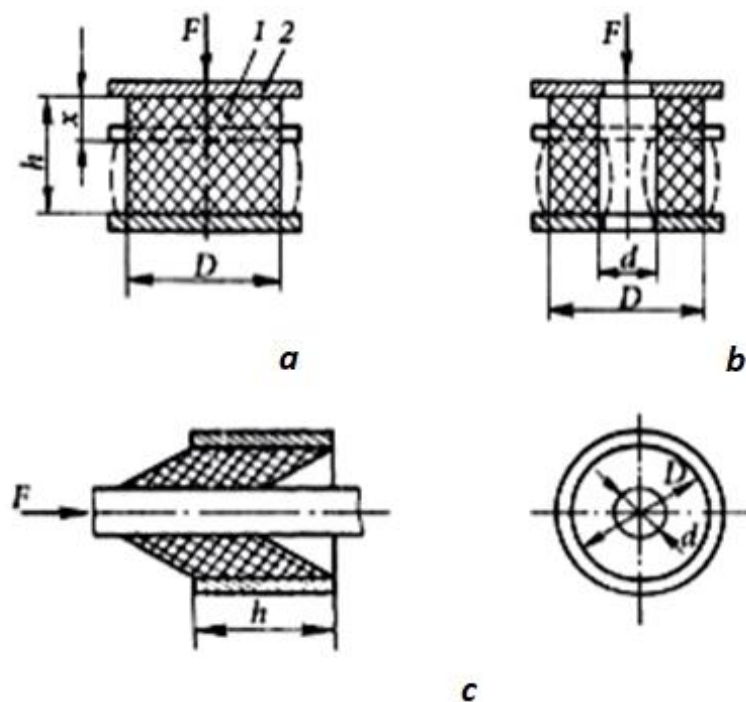
Rezinali tormozlovchi qurilmalar bir nechta ketma ket ulangan elementlarni oʻz ichiga oladi (3.6.4-rasm, a), hamda rezinali vtulka 1 va metall shaybalar 2dan tashkil topgan. Tormozlash qurilmalarning konstruksiyasiga qarab rezinali vtulkalar qisishga (3.6.4-rasm, a,b) yoki siljishga (3.6.4-rasm, c) moslab ishlaydi. Qisishga moslab ishlaydigan vtulkalar uncha katta boʻlmagan taʼsirchanlikka ega, ammo koʻproq yuk ostida ishlashga moʻljallangan, siljitish vtulkasi esa katta taʼsirchanlikka ega va uncha katta boʻlmagan kuch ostida ishlaydi.

Rezina uncha katta boʻlmagan kuchlanish ostida oʻz shaklini oʻzgartiradi. Yopiq muhitda oʻzini qisilmaydigan suyuqlik sifatida tutadi. Shuning uchun qisishga ishlaydigan rezinali elementlar uchun qisish oʻqiga nisbatan perpendikulyar ravishda deformatsiya boʻlishini taʼminlashni nazarda tutish lozim.

Muntazam koʻndalang kesimga ega boʻlgan (3.6.4-rasm, a,b) rezinali elementni bir oʻqli qisishda sodir boʻladigan elastik qarshilik kuchi quyidagiga teng:

$$F = \frac{chx}{h - x}$$

bu yerda c - rezinaning oʻq boʻyicha qattiqligi, N/mm.



3.6.4-rasm. Rezinali tormoz elementlari

$$c = \frac{BEA}{h}$$

bu yerda: E - rezinaning dinamik modul elastikligi, $E = (0,6 \dots 1,0) \cdot 10^{-8}$ MPa; A - rezinali elementning ko'ndalang kesimi sathi; h – deformatsiyaga uchramagan element balandligi; x — element deformatsiyasi kattaligi; B – qattiqlanish koeffitsiyenti, u quyidagiga teng:

$$B = 1 - (f \cdot K_f)$$

bu yerda: f -tayanch materiali va rezina orasidagi ishqalanish koeffitsiyenti (“rezina-po'lat” jufligidagi moylanmagan yuzalar uchun $f = 0,12 \dots 0,15$); K_f -shakl koeffitsiyenti (diametri D va balanligi h bo'lgan butun silindrik rezina elementlari uchun $K_f = D/4h$; tashqi diametri D va ichki diametri d bo'lgan rezinali vtulkalar uchun $K_f = (D-d)/4h$).

Rezinali vtulkani qisishda mustahkamlik sharti quyidagicha:

$$\sigma_q = \frac{F}{A} \leq [\sigma]_q$$

bu yerda $[\sigma]_q$ — ruxsat etilgan qisish kuchlanishi, o`rta qattiqlikdagi rezina uchun $[\sigma]_q = (2,5 \dots 5,0)$ MPa.

Siljishga ishlaydigan rezina elementi uchun (3.6.4-rasm, c) elastik qarshilik kuchi quyidagicha aniqlanadi:

$$F = c' x$$

bu yerda c' -rezinaning siljishga qattiqlik koefitsiyenti, N/mm:

$$c' = \frac{2\pi Gh}{\ln \frac{d}{D}}$$

Siljishga ishlaydigan rezinali vtulka uchun mustahkamlik sharti quyidagicha:

$$\tau_{max} = \frac{F}{\pi dh} \leq [\tau]$$

bu yerda $[\tau]$ - zarbali qisqa muddatli yuklamada rezina uchun ruxsat etilgan kuchlanish, o`rta qattiqlikdagi rezina uchun $[\tau] = (1 \dots 2)$ MPa.

Rezina vtulkaning ichki yuzasida siljishning maksimal kuchlanishi paydo bo`ladi.

Rezina metall qurilmalar yuqori ishonchlilik, ishlatishga qulaylilik va katta energiyahajmlilik xususiyatlariga ega, hamda konstruksiyasi va texnologiyasi oddiydir.

Ularning harorat va namlikning o'zgarishiga sezgirligi, texnik xarakteristikasining individualligi (ikkita bir xil o'lchamdagi elementlar turli qattiqlikka ega) kamchilik bo'lib hisoblanadi.

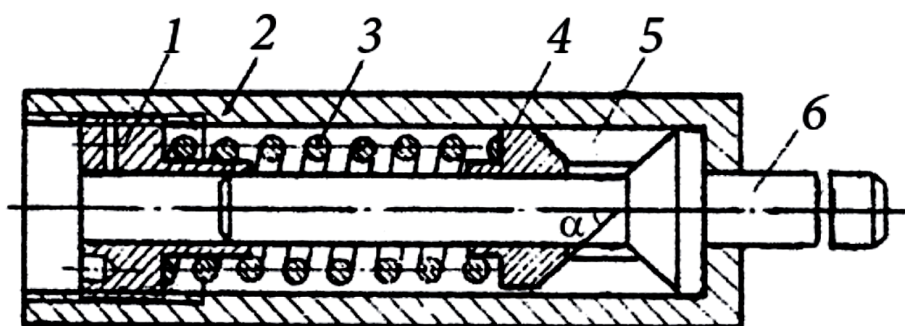
Friktsion tormozlovchi uskunalarni tormozlash va oraliq nuqtalarda pozitsiyalash uchun hamda zvenolarni ushlab turish (fiksatsiya qilish) uchun qo'llaniladi.

Friktsion qurilmalarning asosiy xususiyati - ularning kinetik energiyaning ko'p qismini issiqlik energiyasiga o'zgartirishi va bu issiqlikni atrof muhitga tarqatilishidir.

Elastik elementlardan tashkil topgan friktsion qurilmalar orqaga beruvchi kuch kattaligidagi potentsial energiyani bir qismini jamlab oladi, elastik elementlarsiz friktsion qurilmalar esa beriladigan hamma kinetik energiyani yutadi.

Friktsion tormozlovchi qurilmalar konstruksiyasi turli xil bo'ladi. Ular avtonom yoki dvigatel ichiga qurilgan, boshqariladigan yoki boshqarilmaygan, normal yopiq yoki ochiq, bir yoki ikki tomonli amal qiluvchi bo'lishi mumkin. Ammo turi va konstruksiyasidan qat'iy nazar, ular bir yoki bir nechta friktsion juftlikdan iborat bo'ladi. Juftliklarning harakati natijasida ishqalanish kuchi hosil bo'ladi. Odatda friktsion juftlikning bittasi qaysi korpus yoki boshqa uzalga nisbatan tormozlash amalga oshirilsa, o'sha korpusga yoki boshqa uzalga harakatsiz mahkamlangan bo'ladi.

Silindrik prujina va kesilgan konusli vtulka bilan jihozlangan elastik-friktsion tormozlash qurilmasi 3.6.5-rasmda ko'rsatilgan. Konus bortikli shtok 6 harakatlenganda segment 5 ichki silindrsimon yuza 2 bo'ylab silliq siljiydi va prujina 3ning qisishi natijasida oshib boradigan kuch bilan yuza 2ga yopishadi. Prujina konusssimon vtulka 4 va boshqariladigan vintli vtulka 1 orasida joylashgan.



3.6.5-rasm. Elastik-friktsion tormozli qurilma

Sterjenning harakatiga qarshilik qiladigan kuch quyidagicha hisoblanadi:

$$F_{qar} = F_{pr} + F_{s.k}$$

bu yerda: F_{pr} - prujinaning elastiklik kuchi (formula 3.6.1); $F_{s.k.}$ -segment va korpus orasidagi quruq ishqalanish kuchi.

$$F_{c.t} = F_N \cdot f = \frac{2F_{mp} \cdot f(1 - f_1 \cdot \operatorname{tg}\alpha)}{f_1 + \operatorname{tg}\alpha},$$

F_N — segment va korpus orasidagi normal bosim kuchi; f — segment va korpuslar orasidagi sirpanish koefitsiyenti; (3.6.1-jadval); f_1 — shtok 6, vtulka 4 va segmentlar 5 orasidagi sirpanish koefitsiyenti, (3.6.1-jadval); α — korpus va shtok o`qi orasidagi burchak.

Yuklanishni olgandan so`ng, shtokning qayta yurishi prujinalar elatik kuchi asosida amalga oshiriladi.

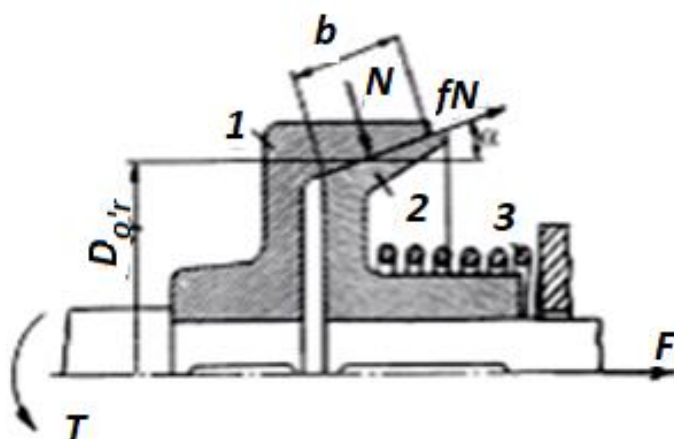
Friktsion konusli tormoz (3.6.6-rasm) ishchi zvenoli aylanib turuvchi konus 1, ilgarilama harakat qiluvchi konus 2 va prujinadan 3 iborat. Harakat qiluvchi zvenoni to`xtatish uchun prujinaga beriladigan kuch quyidagi formula asosida aniqlanadi:

$$F_{pr} = cx = \frac{2KT \sin \alpha}{D_{orr} f}$$

bu yerda $K = 1,25 \dots 1,5$ - ishlalish sharoitlarini hisobga oluvchi koeffitsiyent; T - konus 1dagi aylantiruvchi moment; f -konuslar materiallarining sirpanish koeffitsiyenti (3.6.1-rasm); α - konus hosil qiluvchi qiyalik burchagi, konuslarning tiqilib qolishini oldini olish maqsadida $\alpha > 12^\circ \dots 15^\circ$ sharti qabul qilinadi.

3.6.1-jalval. Ruxsat etilgan bosim va ishqalanish koeffitsiyenti

<i>Friksiya juftligi material</i>	<i>Konusli tormoz</i>		<i>Diskli tormoz</i>	
	$[q], \text{MPa}$	$f(f_1)$	$[q], \text{MPa}$	$f(f_1)$
<i>Toblangah po'lat</i>	—	—	2...4	0,1
<i>Po'lat-cho'yan</i>	3...4	0,15	2...3	0,15
<i>Po'lat-bronza</i>	5...6	0,05	4...5	0,05
<i>Po'lat-ferrodo</i>	1...2	0,3	2...2,5	0,3
<i>Po'lat-tekstolit</i>	4...5	0,2	5...6	0,2
<i>Po'lat-bronza</i>	3...4	0,05	4...5	0,05



3.6.6-rasm. Friksion konusli tormoz sxemasi

Ishqalanishga qarshilik ko`rsatish shartidan:

$$q = \frac{2KT}{\pi D_{orr}^3 f \psi} \leq [q]$$

Ishqalanish yuzasining o`rtacha diametri hisoblanadi:

$$D_{orr} \geq \sqrt[3]{\frac{2KT}{\pi [q] f \psi}}$$

bu yerda: q - konuslar orasidagi bosim; $[q]$ — konuslar orasidagi ruxsat etilgan bosim (3.6.1-jadval); ψ - disklarni ishchi kengligi koefitsiyenti, $\psi = b/D = 0,15 \dots 0,25$.

Ishqalanish yuzasining kengligi quyidagi formula asosida hisoblanadi:

$$b = \frac{2KT}{\pi D_{orr}^2 f [q]}$$

Boshqa tarafdin:

$$D_{or} = (D_1 + D_2)/2$$

bu yerda D_1 va D_2 — ishqalanish yuzasining eng kichik va eng katta diametri:

$$D_1 = D_{or} - b \sin \alpha;$$

$$D_2 = D_{or} + b \sin \alpha.$$

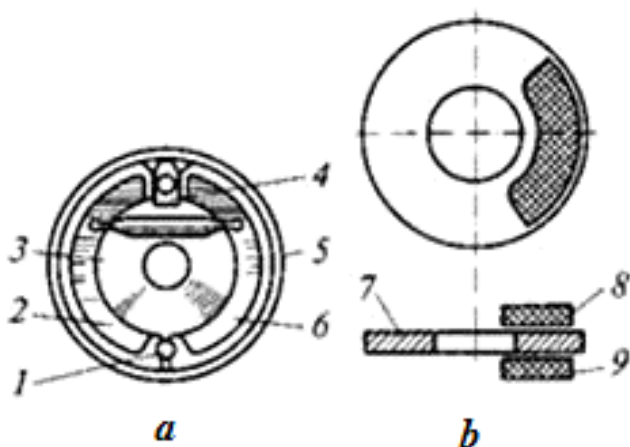
Tormozsizlantirish uchun $F > F_{np}$ kuch ishlatiladi.

3.6.7-rasmda barabanli va diskli friksion tozmozli mexanizmlar ko`rsatilgan.

Barabanli tormozda (3.6.7-rasm, a) baraban 5 avtomobil g`altagi bilan bog`langan va u bilan birga aylanadi. Friksion nakladkali tormoz kolodkalari 2 va 6 ostki qismlari bilan qo`zg`almas tormoz diski 3 da mahkamlangan o`q 1 da

o`rnatilgan. Kolodkalar o`q 1 da aylanishi mumkin. Kolodkalar ustki qismi orasida kulak 4 joylashgan. Tormozlanganda kulak 4 kolodkalar 2 va 6 ni ajratib ularni g`altak bilan aylanuvchi baraban 5 ga qisadi. G`altakni tormozlash kolodkalar friktsion nakladkalari va tormoz barabani orasida paydo bo`ladigan ishqalanish kuchi hisobiga amalga oshiriladi.

Diskli tormoz mexanizmidan (3.6.7-rasm, b) tormoz diski 7 avtomobil g`altagi bilan bog`langan va u bilan birga aylanadi. Tormoz diskining ikki tomonidan ikkita aylanmaydigan friktsion nakladkali kolodkalar 8 va 9 o`rnatilgan. Tormozlanganda kolodkalar diska qisiladi va g`altak aylanishiga to`sqinlik qiluvchi tormozlovchi moment hosil qilinadi.



3.6.7-rasm. Friktsion tormoz mexanizmlari

a-barabanli; b-diskli;

1-o`q; 2,6,8,9-kolodkalar;

3,7 -disklar; 4-kulak; 5-tormoz barabani

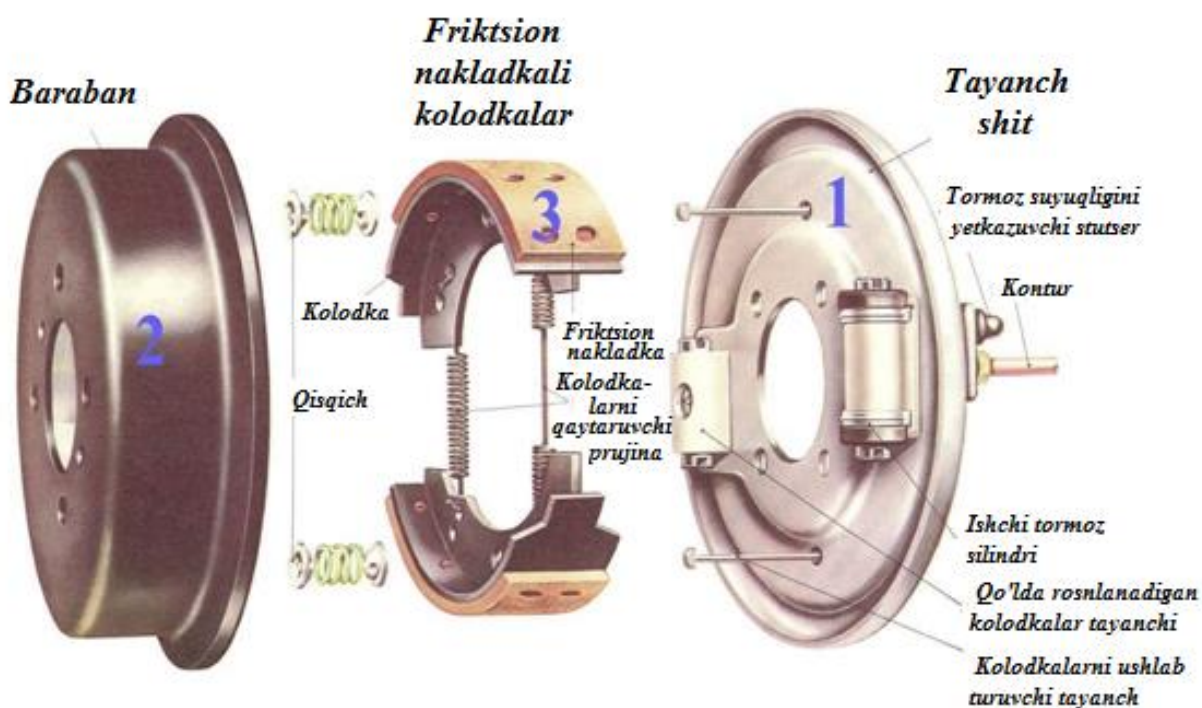
Barabanli tormoz qurilmasi detalirovkasi 3.6.8-rasmda keltirilgan. 1 va 3 qismlari qo`zg`aluvchan, 2 qismi – qo`zg`almas.

Barabanli tormozga konstruktiv quyidagi elementlar kiradi (3.6.8-rasm):

- g`altak stupitsasiga o`rnatilgan baraban;
- ishchi yuzasiga friktsion nakladka mahkamlangan tormoz kolodkalari;
- kuch hosil qiluvchi porshenli ishchi tormoz silindri;
- kolodkalarga mahkamlangan va ularni faol bo`lmagan vaqtida ushlab turuvchi prujinalar;
- stupitsaga o`rnatilgan tormoz shiti;
- tormoz kolodkalarning pastki tayanchi;

- tormoz kolodkalarini ushlovchi tayanch;
- tormozni to`xtatish mexanizmi.

Ishlash printsipi: haydovchi tormoz pedaliga bosishi bilan sistemada ishchi bosim hosil qilinadi. Suyuqlik ishchi silindr porshenlariga ta'sir qiladi. Porshenlar tortuvchi prujinalar kuchini yengib tormoz kolodkalarini harakatga keltiradi. Kolodkalar barabanning ishchi yuzasiga yopishib uning aylanishini sekinlashtiradi. Baraban ishchi yuzasi va kolodkalar orasida ishqalanish kuchi natijasida g`altakning tormozlanishi yuzaga keladi. Tormoz pedalini bosmaganda tortuvchi prujinalar kolodkalarni birlamchi holatiga qaytaradi.



3.6.8-rasm. Barabanli tormoz qurilmasi detalirovkasi

Dasturlangan to`xtatish nuqtalariga va chiqish zvenosi (porshen yoki silindr) tezligini rostlash imkoniga ega bo`lgan tormozlash qurilmalarini (pozitsionerlar) yaratish uchun dvigatel ichida o`rnatilgan friktsion mexanizmlar qo`llaniladi. Ular porshen yoki silindr ichida o`rnatilgan bo`lib, silindr, shtok yoki boshqa aylanma detallar bilan o`zaro ta'sirlashadi.

Pozitsionerning chiqish zvenosini dasturiy to'xtatish uchun boshqariladigan friksion qurilmalar ishlatiladi. Ular o'zining shaxsiy yuritmasiga ega va boshqaruv tizimi buyruq'iga muvofiq u tormozni yopadi yoki ochadi.

3.6.3. Elektromagnit tormozli qurilmalar

Harakatlanuvchi zvenolarni to'xtatish (tormozlash) uchun to'xtatuvchi moment va kuchni yuzaga keltiruvchi manba sifatida elektrmagnit maydonni ishlatadigan *elektrmagnitli tormoz qurilmalar* qo'llaniladi. Elektrmagnit maydoni harakatlanayotgan elementga bevosita ta'sir etadi (elektromagnit, induksion va gisterezis tormozlar) yoki kukunsimon quruq yoki suyuq to'ldiruvchi orqali bilvosita ta'sir etadi (kukunli elektromagnit va ferromagnit suyuqlikli tormozlar).

Induktsiyali va gisterezis tipidagi elektromagnit tormozlovchi qurilmalar ishlash printsiplari va tuzilishi rotor yoki statori qo'zg'almas bo'lgan elektr dvigatellarga o'xshaydi. Tormozning harakatlanuvchi va qo'zg'almas qismlarining o'zaro ta'siri boshqaruv g'altaki (qo'zg'alish) tomonidan yaratiladigan elektromagnit maydon orqali amalga oshiriladi.

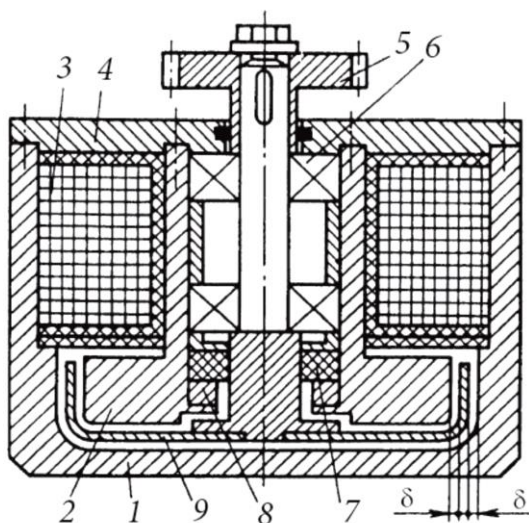
Kukunli va suyuq to'ldirgichli elektromagnit tormozlovchi qurilmalar ishlash printsiplari va tuzilishi bilan friksion tormozlar va drosselli rostlanadigan gidravlik tormozlovchi qurilmalarga o'xshaydi.

Friksion tipdagi kukunli elektromagnit tormozning ishlash printsiplari quruq yoki moyda muallaq ferromagnit kukunning magnit maydonida o'zining qovushqoqligi oshirishi hamda magnit tizim yuzasiga mustahkam yopishish xususiyatiga asoslangan.

Ishchi yuzalarning nisbatan siljishi natijasida magnitlangan kukun zarrachalarining o'zaro ishqalanishi sababli qarshilik paydo bo'ladi. Markazda joylashgan zarrachalar ko'proq siljishga uchraydi. Zarrachalarning yopishgan yuzasiga nisbatan siljishi kuzatilmasligi sabab ishchi sathlar siyqalaymaydi. Magnit paydon bo'lmagan paytda, kukun va muallaq zarrachalarning qarshiligi pasayadi va tormoz elementlari bir-biriga bog'liq bo'lmaydi.

Kremniyorganik yoki mineral moylarda joylashtirilgan ferromagnit kukunlar magnit maydonida o`zining qovushqoqligini o`zgartiradi, va shu sababli u drossellenganda o`zgaruvchan gidravlik qarshilik xususiyati paydo bo`ladi.

Kukunli elektromagnit tormozning ishlash printsipi va tuzilishini ko`rib chiqamiz (3.6.9-rasm). Uning korpusi 1, serdechniki 2 va qopqog`i 4 po`latdan yasalgan. Yupqadevorli kam inertsialiyali po`lat rotori 9 podshipniklar 6ga qotirilgan chiqish valiga ulangan. Serdechnikka qo`zg`alish cho`lg`ami 3 o`ralgan. Korpus va serdechnik oralig`idagi rotor joylashgan bo`shliq ferromagnit kukun bilan to`ldirilgan. Podshipniklar ichiga kukun kirib qolishini oldini olish uchun tiqin sifatida kremniyorganik suyuqligi bilan to`yintirilgan fetr xalqasi 7 va doimiy xalqa magniti 8 ishlatilgan. MMning harakatlanuvchi elementlari bilan tormoz shesternya 5 yordamida bog`langan.



3.6.9-rasm. Kukunli elektrmagnit tormozi

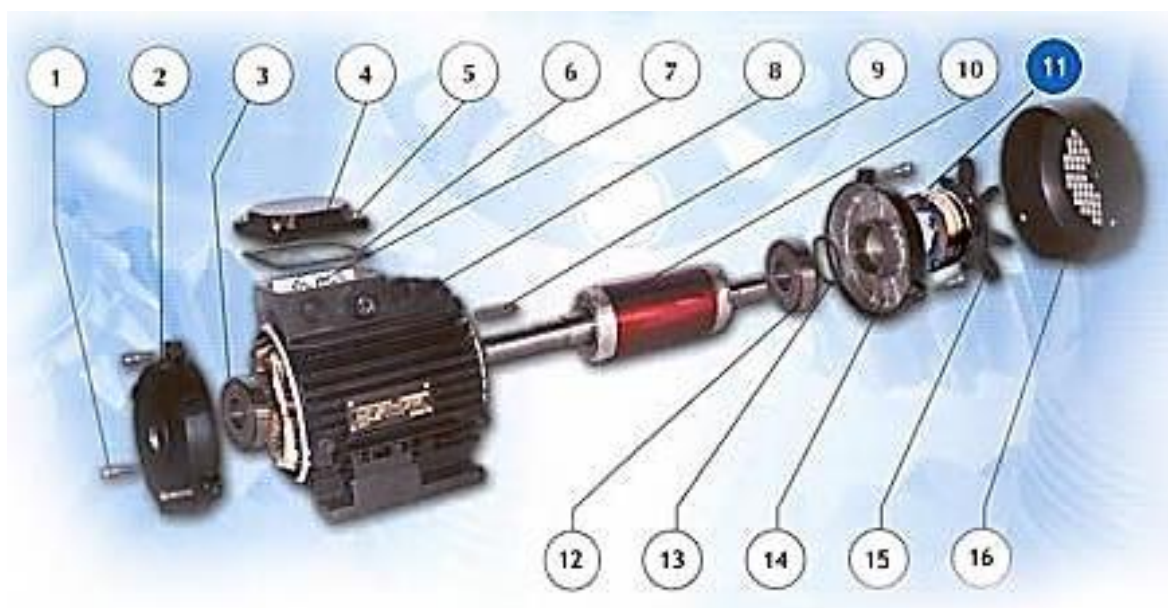
Boshqaruv katushkasi tomonidan beriladigan elektromagnit maydon ta`siri ostida tirqishlardagi kukun birlashib zichlashadi. Rotor yuzasining korpus devorlariga nisbatan siljishida magnitlangan kukun zarralarining ishqalanishi natijasida qarshilik paydo bo`ladi. Tormoz momentini aniqlaydigan siljishning solishtirma kuchi ishchi tirqishdagi magnit induktsiyasi kukun tarkibi va tormozning bir qator konstruktiv parametrlariga bog`liqdir.

Rivojlanadigan tormoz momenti boshqaruv tokiga to'g'ri proporsional bo'lib, sirpanish tezligiga kam bog'liq. Tashqi diametri 100 mm bo'lgan tormoz aylanma tezliklar 10...15 m/s bo'lganda 20 N·m ga teng tormoz momentini hosil qilishga qodir.

Tok boshqaruvi bo'lmagan taqdirda qoldiq moment nominal momentning 0,5% dan ko'p bo'lmaydi.

Diskli tormozli elektrodvigatellar (3.6.10-rasm) mashina aylanuvchi qismlarini tormozlash uchun ishlatiladi, ularning vazifasi quyidagilar:

- yuritma xavfsizlik funksiyasini ta'minlash uchun avariya tormozlash;
- pozitsiyalash funksiyasini ta'minlash uchun mashina ijrochi mexanizmlarini to'xtatish;
- elektr ta'minoti berilishi to'xtatilganda yuritmani to'xtatish vaqtini minimallashtirish.



3.6.10-rasm. Diskli tormozli elektrodvigatel

*1-podshipnik shitini mahkamlovchi vint; 2-oldingi podshipnik shiti; 3-oldingi podshipnik; 4-chiqish korobkasi qopqog'i; 5-qopqoqni mahkamlash vinti; 6-prokladka; 7-klemma kolodkasi; 8-stanina; 9-shponka; 10-rotor val bilan; 11-**elektromagnit tormozi**; 12-orqadagi podshipnik; 13-prujinali xalqa; 14- orqadagi podshipnik shiti; 15-ventilyator; 16-ventilyator g'iloifi.*

Elektrdvigatel ishsiz holatida tormozlangan bo`ladi, bunda prijinalar yakorga bosuvchi ta'sir qiladi, yakor o`z navbatida tormoz diskiga qisiladi, tormoz diski blokirovkalanadi va tormozlovchi moment hosil bo`ladi.

Elektrdvigatel elektrmagniti katushkasiga elektr kuchlanish berilganda elektrmagnit yakorni o`ziga tortadi va yakor tormoz ta'siridan chiqadi hamda yakor elektrdvigatel valini aylanma harakatga keltiradi.

3.6.4. Yo`naltiruvchilarning vazifasi va turlari

Mexanizm elementlariga berilgan nisbiy harakatni ta'minlab beruvchi qurilmalar **yo`naltiruvchilar** deb ataladi.

MM da asosan ilgarilanma harakat uchun yo`naltiruvchilar ishlatiladi. Ular bir detalni ikkinchi detalga nisbatan berilgan aniqlik bo'yicha siljitish uchun ishlatiladi. Yo`naltiruvchilarga quyidagi talablar belgilangan:

- harakatni turkkisiz amalga oshirish;
- ishqalanishning uncha katta bo`lmasligi;
- ishlash resursining kattaligi;
- siyqalanishga chidamli;
- haroratning keskin o`zgarishlarida ishlash qobiliyati.

Ishqalanish turiga qarab sirpanadigan va tebranadigan yo`naltiruvchilar tavsiflanadi. Yo`naltiruvchilar va konstruktiv sxemalar turi quyidani faktorlarga qarab tanlanadi: yo`naltiruvchilarning vazifasi, harakatning aniqligi, ruxsat etilgan yuklama, ishqalanish kuchi kattaligi, yaratish narxi, o`rnatish qiyinligi va xizmat ko`rsatish imkoniyatlariga qarab tanlanadi.

Sirpanish va tebranish yo`naltiruvchilari qabul qiladigan yukiga qarab ochiq va yopiq turlariga bo`linadi. Ochiq turlariga kuch zanjirini yopish uchun qo`shimcha kuchlar ishlatish (harakatlanuvchi detalning massasi, yassi yoki spiralsimon prujinaning va membrananing kuchi) zarur bo`lgan qurilmalar kiradi. Yopiq turlariga kuch zanjiri uning konstruktiv formalari yordamida amalga oshiriladi.

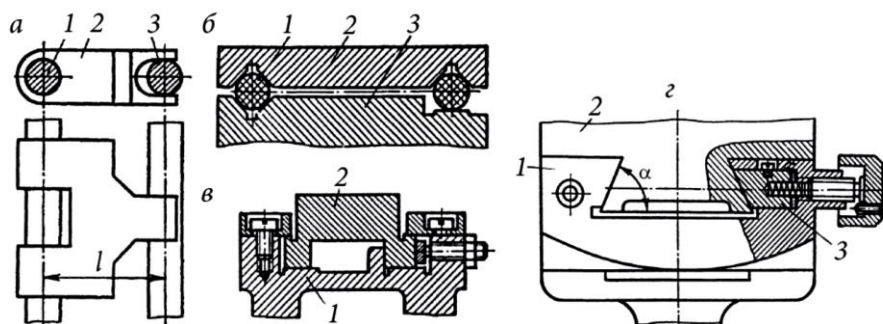
Ishchi yuzasining shakliga qarab yo`naltiruvchilar silindrsimon, prizmasimon, H-, II-, T-simon, shu bilan birga “qaldirg`och dumi”simon bo`lishi mumkin.

**Sirpanish yo`naltiruvchilari.** Sirpanish yo`naltiruvchilari konstruksiyasi tebranish yo`naltiruvchilaridan soddaroq hamda kichikroq gabarit o`lchamlarga ega. Material turiga qarab ular harorat o`zgarishlariga chidamli bo`lib hisoblanadi.

Ularning kamchiliklaran biri bu ishqalanishda energiya sarfining ko`pligi hisoblanadi.

Sirpanish juftligi 40, 50, Y8A markali po`lat CЧ12, CЧ15 markali cho`yan bilan, bronza БрОС10—2, БрОФ10—1, БрОТСС, latun bilan hosil qilinadi. Po`lat – bronza, po`lat –latun, po`lat-cho`yan juftliklari maqsadga muvofiqdir. Agar MM keskin harorat o`zgarishlarida ishlatilsa, unda chiziqli kengayish issiqlik koeffitsiyenti bir-biriga yaqin bo`lgan materiallarni ishlatish kerak.

Yopiq sirpanish yo`naltiruvchilarning konstruktiv sxemasi 3.6.11, a, б, в, hamda 3.6.12, a-б rasmlarda berilgan.



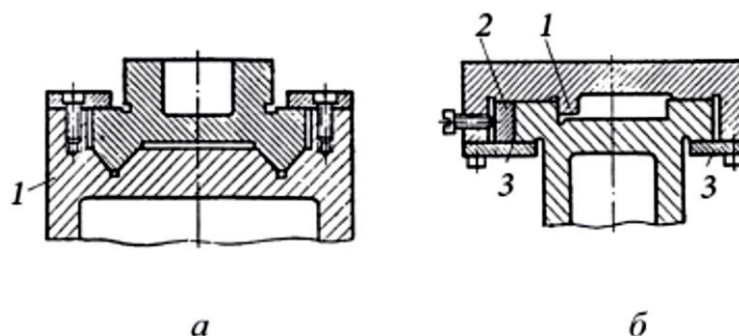
3.6.11-rasm. Sirpananish yonaltiruvchilar

3.6.11.a.- rasmdagi sxemada silindrik va yassi ishchi yuzali polzun 2 silindrsimon yo`naltiruvchilar 1 va 3 bo`ylab harakatlanadi, to`g`riburchakli prizmasimon yo`naltiruvchilar 1da II-simon prizma 2 (3.6.11- rasm б); prizmasimon yo`naltiruvchilar 1 bo`ylab burchakli “qaldirg`och dumi” profili α (odatda $\alpha = 60^\circ$) prizma 2 harakatlanadi. Aytib o`tish joizki, qaldirg`och dumi

tipdagi yo`naltiruvchilar sinchkovlik bilan yig`ilish va moslashtirishni talab qiladi, chunki detallarning bir oz o`rnidan siljishi yo`naltiruvchilarning to`xtatishiga sabab bo`ladi.

Ochiq tipdagi yo`naltiruvchi sxemasi 3.6.11-rasm, *b* da berilgan: turg`un asos 3da mahkamlangan silindrik sterjen 1 bo`yicha prizmasimon ishchi yuzali karetk 2 harakatlanadi.

Prizmatik yo`naltiruvchilarda trapetsiyasimon to`g`riburchakli yoki uchburchak kesimli prizmalar 1 ishlatiladi (3.6.12-rasm, *a*). Yo`naltiruvchilar tirqishini rostlash plankalar yoki “suxariklar” yordamida amalga oshiriladi. Sxemada (3.6.12-rasm, *b*) yo`naltiruvchilarni siljitish vistup 1 va plankalar 2 yordamida, vertikal siljitish esa ikkita plankalar 3 yordamida amalga oshiriladi.



3.6.12-rasm. Prizmali sirpanish yonaltirgichi

3.6.11-rasm, *z* da ko`rsatilgan yo`naltiruvchilarda tirqishni rostlash “suxariklar” 3 yordamida amalga oshiriladi. Tanlash to`g`riligi va detallar birikmasining aniqligini quyidagi formula asosida tekshiriladi:

$$\Delta = D_1[(1 \pm \alpha_1(t - t_0))] - D_2[(1 \pm \alpha_2(t - t_0))],$$

bu yerda Δ — berilgan haroratda minimal tirqish, mm; D_1 — detalni qamrab oluvchi berilgan dopusk bo`yicha eng kichik diametri (yoki chiziqli o`lchamlari) mm; D_2 — detalni qamrab oluvchi berilgan dopusk bo`yicha eng katta diametri (yoki chiziqli o`lchamlari, mm); t_0 va t — o`z o`rnida yo`naltiruvchilarning boshlang`ich va oxirgi haroratlari, $^{\circ}\text{C}$; α_1 va α_2 — bog`langan detallar materialining chiziqli kengayishi koeffitsiyenti (3.6.2. jadval).

“Plyus” belgisini $t > t_0$, «minus» belgisini esa $t < t_0$ bo`lganda olinadi.  $\Delta \geq 0$  bo`lganda posadka to`g`ri bo`lgan sanaladi, boshqa hollarda bo`sh posadkani (посадка с зазором) belgilash yoki chiziqli kengayishi koeffitsiyenti bir xil bo`lgan (farqi uncha ko`p bo`lmagan) materiallarni ishlatish kerak. Ayrim hollarda yo`naltiruvchilarning diametri va kengligini kamaytirish mumkin, ammo bunda konstruktsiyaning mustahkamligi va eskirishini inobatga olish lozim.

3.6.2-jadval. Materialining chiziqli kengayishi koeffitsiyenti α .

<i>Material</i>	<i>Koeffitsiyent $\alpha \times 10^{-6}$</i>
<i>Uglerodli po'lat legirlangan</i>	11,5...12 20
<i>Xrom</i>	9
<i>Cho'yan</i>	10,4
<i>Bronza</i>	17...18
<i>Latun</i>	18,5...19,8
<i>Mis</i>	17
<i>Kumush</i>	19...19,7
<i>Orgshisha</i>	13



3.6.13-rasm. GUDEL kompaniyasining chiziqli harakatlanish tizimi

Bu modullar 500 m/min tezlikni, 10 m/s² tezlanishni hamda ko'p harakat qaytarilishni <0,1 mm ni ta'minlaydi. Ishlash shovqini past va ishonchlilik darajasi baland.

Asosiy tayanch so'z va iboralar

Tormozli qurilmalar; prujinali va rezinali tormozlovchi qurilmalar; friksion tormozlovchi uskunalar; elektromagnit tormozli qurilmalar; harakat yo'naltiruvchilari

Asosiy tayanch tushunchalar

* **Tormozli qurilmalar** deb mexatronik modullar harakatchan zvenolarining tezligini pasaytirish, ularni to'xtatish va qo'zg'almas holatda ma'lum vaqt ichida saqlash (fiksatsiyalash) funksiyalarini bajaruvchi qurilmalariga aytiladi.

* Tormozlashda harakatchan massalarning tezlanish olayotgandagi kinetik energiyasi qayta tiklanadigan va tiklanmaydigan boshqa energiyaga (potentsial va issiqlik energiyalariga) o'tadi. Tormozli qurilmalar tormozlash uchastkasida manfiy ish bajaruvchi va harakat yo'nalishiga qarshi bo'lgan qo'shimcha kuch va qarshilik momentini hosil qiladilar.

* *Mexatronik modullar tormozli qurilmalariga quyidagi asosiy talab qo'yiladi:* berilgan tormozlash qonunini ta'minlash; pozitsiyalash nuqtalarida harakatchan elementlarni fiksatsiyalash va to'xtatishni zarbasiz amalga oshirish; yuqori ishonchlilik va konsruktsiyasining uzoqqa chidashi; konstruksiyasining soddaligi va kompaktligi; ishlash sharoiti o'zgarganda xarakteristikalarining stabilligi; temperatura, namlik, tormozlash massasi, tezlikning o'zgarishlariga kichik sezgirligi; rostdashning mumkinligi; ishlatish va ta'mirlash qulayligi; narxining arzonligi; minimal gabarit va massasi.

* Tormozli qurilmalarida qo'llaniladigan kuchga qarab ular *mexanik, elektrik, gidravlik, pnevmatik va kombinatsiyalashganlarga* bo'linadi.

* Mexanizm elementlariga berilgan nisbiy harakatni ta'minlab beruvchi qurilmalar **yo`naltiruvchilar** deb ataladi.

* Yo`naltiruvchilarga quyidagi talablar belgilangan: harakatni turkkisiz amalga oshirish; ishqalanishning uncha katta bo`lmasligi; ishlash resursining kattaligi; siyqalanishga chidamli; haroratning keskin o`zgarishlarida ishlash qobiliyati.

* Sirpanish va tebranish yo`naltiruvchilari qabul qiladigan yukiga qarab ochiq va yopiq turlariga bo`linadi. Ishchi yuzasining shakliga qarab yo`naltiruvchilar silindrsimon, prizmasimon, H-, II-, T-simon, shu bilan birga "qaldirg`och dumi"simon bo`lishi mumkin.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Tormozli qurilmalar deb nimaga aytiladi?
2. Mexatronik modullar tormozli qurilmalariga qanaqa asosiy talablar qo`yiladi?
3. Qo`llaniladigan kuchga qarab tormozli qurilmalar qaysi turlarga ajratiladi?
4. Mexanik tormozli qurilmalarnig qaysi turlari mexatronika tizimlarda ishlatiladi?
5. Friksion tormozlovchi uskunalar qanday ishlaydi?
6. Harakat yo`naltiruvchilarning vazifasi va turlarini ayting.

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy formulalar, rasm va illyusrtatsiyalar.

III-MODUL BO'YICHA AMALIY VA TAJRIBA MASHG'ULOTLARI

AMALIY MASHG'ULOT №6

Mexatronik elektryuritmalarning kinematik sxemasini loyihalash

Mashg'ulotning maqsadi: *Talabalarda mexatronik elektr yuritmalari uchun kerakli kinematik sxemani loyihalash amaliy ko'nimlarni shakllantirish.*

Elektryuritmalarning kinematik sxemasini qurish mexatronik tizim loyihalashning mas'ul bosqichi hisoblanadi. Kinematik sxema mexatronik tizimning mexanik qismi konstruksiyasini, shuningdek uning ishlatish sifatini belgilaydi.

Kinematik sxema mexatronik tizim mexanik qismining hamma zveno va mexanizmlarini bog'lanish tartibini tekislik yoki fazoviy tasvirda ko'rsatadi va energiya oqimining taqsimlanishi haqida, mexanik qismi elementlarining kinematik aloqasi haqida, asosiy zvenolarni bir-biriga nisbatan joylashish holati haqida ma'lumot beradi. U tizimning kinematik va kuchini hisoblash uchun asosiy hujjat hisoblanadi.

Sxema masshtabga amal qilmasdan bajariladi. Sxemaning hamma elementlari shartli grafik belgilar bilan yoki tashqi ko'rinishi soddalashtirilgan holda belgilanadi.

Kinematik sxemada yurutma dvigatelning quvvati, dvigatel valining va mashina barcha vallarining aylanma tezligi, shkvlar diametrlari, tasma uzunligi va turi, tishli g'ildirak, yulduzcha va xrapovik tishlari soni, tishli uzatma moduli, zanjirli uzatma qadami, ishchi organlar yurishi soni va qiymati ko'rsatiladi. Vallar rim raqamlari bilan nomerlanadi. Mexanik qismning hamma elementlari sxemada arab raqamida tartib bilan nomerlanadi, chapdan o'nga yoki o'ngdan chapga va chizmaning bo'sh joyida matn bilan izoh beriladi, masalan jadvallar yordamida (ГОСТ 2.702-69).

Umumiy uzatish sonini aniqlash va uni bosqichlarga taqsimlash.

Uzatmalarning asosiy kinematik xarakteristikasi bo`lib uzatishlar soni hisoblanadi:

$$u_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{M_{a2}}{M_{a1}\eta} \quad (6.1)$$

bu yerda ω_1 va ω_2 - yetaklovchi va yetaklanovchi vallarning burchak tezligi, s^{-1} ; n_1 va n_2 - yetaklovchi va yetaklanovchi vallarning aylanish chastotasi, ayl/min; M_{a1} va M_{a2} - yetaklovchi va yetaklanovchi vallardagi aylantirovchi momentlar, N·m; η - yurutma F.I.K.

Umumiy uzatish soni

$$u_{um} = n_{dv} / n_{i,o} \quad (6.2)$$

bu yerda n_{dv} - elektrodvigatelning aylanishlar chastotasi, ayl/min (s^{-1}); $n_{i,o}$ - ishchi organning aylanishlar chastotasi, ayl/min (s^{-1}).

Keyin u_{um} ni alohida bosqichlarga bo`ladilar. Buning ko`p yechimi mavjud, lekin biz optimal variantini tanlab olishimiz kerak.

Umumiy uzatishlar sonini alohida bosqichlarga bo`lishda uzatishning umumiy soni har bir boshqich uzatish soni ko`paytmasiga teng bo`ladi:

$$u_{um} = u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 \times \dots \times u_n \quad (6.3)$$

Agar umumiy uzatishlar soni aniq bo`lsa, boshqa $n-1$ boshqichlar uzatishlar soni beriladi va oxirgi bosqich uzatishlar soni kattaliklari aniqlanadi:

$$u_n = u_{um} / (u_1 \cdot u_2 \cdot u_3 \times \dots \times u_{n-1}) \quad (6.4)$$

Umumiy uzatishlar sonini aniqlash umumiy meʼzoni yoʻq. Ammo quyidagilar tavsiya etiladi:

- qoʻllanmalarda koʻrsatgan uzatishlar sonlarining oʻrtacha qiymatlari tanlab olinadi;
- birinchi navbatda reduktor uchun, keyin zanjirli, tasmali va tishli uzatmalar uchun uzatishlar soni aniqlab olish kerak;
- silindrik va silindrik-konus reduktorlarda birinchi tezyurar bosqichlari uchun uzatishlar soni kattaroq tanlanadi (3 dan 5 gacha), keyingi sekin ishlaydigan bosqich uchun avvalgisidan 30-40 % kamroq olinadi;
- chervyakli reduktorning F.I.K. koʻp boʻlishi uchun koʻp zaxodli chervyak qoʻllaniladi.

Umumiy uzatishlar sonini alohida boshqichlarga boʻlish uchun 6.1-jadvaldagi maʼlumotlardan foydalanish mumkin:

6.1-jadval. Har xil uzatmalarning uzatishlar soni qiymatlari

Uzatmalar	Uzatishlar soni qiymati	
	oʻrtachasi	Yuqorisi
Reduktorgagi tishli uzatma: silindrik gʻildirakli konus gʻildirakli	3-6 2-3	10 6
Ochiq tishli	3-7	15
Chervyakli: yopiq ochiq	10-40 15-60	80 120
Zanjirli	2-5	6
Friksion	2-4	5
Tasmali: yassi tasmali ochiq yassi tasmali tortish rolikli ponasimon tasmali	2-4 4-6 2-4	6 8 6

Keyingi hisoblashda tishli yoki yulduzchali uzatma tishlari soni, shkivlar diametri va h.k. aniqlanadi, bunda umumiy kinematik hisoblashda aniqlangan va qabul qilingan uzatishlar soni orasida tafovut boʻlishi mumkin. Umumiy uzatishlar

sonini o'zgartirmaslik uchun bu tafovut yurutmaga kiradigan ba'zi uzatmalar sonini o'zgartirish bilan yoqotiladi. Odatda hisob-kitoblarni o'zgartirish uchun ochiq tishli va zanjirli uzatmalar uzatishlar soni o'zgartiriladi.

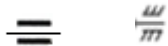
Uzatishlar sonini o'zgartirishda quyidagilar e'tiborga olinadi: tishli, chervyakli yoki zanjirli uzatmalar soni butun sonlar (tishlar sonlari) nisbatiga teng bo'ladi; tasmali uzatma uchun – sirpanishni hisobga olgan holda shikivlar diametri standart qatoridagi qiymatlar nisbatiga teng. Shuning uchun yurutmaning haqiqiy uzatishlar soni hamma vaqt hisoblangan uzatishlar soniga teng bo'lmaydi. Chiqayotgan valning haqiqiy aylanish chastotasi deyarli hamma vaqt hisoblangan aylanish chastotasidan oz-moz farq qiladi. Bu farqni quyidagi formula bilan aniqlash mumkin:

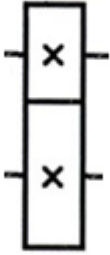
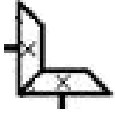
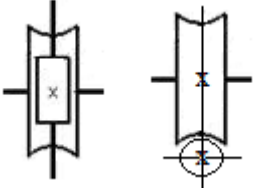
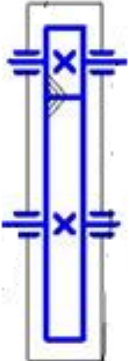
$$\Delta n = ((n - n_h) / n) \cdot 100 \% \quad (6.5)$$

bu yerda n - berilgan aylanish chastotasi, ayl/min (s^{-1}); n_h - hisoblangan aylanish chastotasi, ayl/min (s^{-1}).

Faqat etaklanuvchi valning aylanish chastotasidagi xatolik $\pm 1\%$ bo'lsa, hisoblash qoniqarli hisoblanadi.

6.2-jadval. Kinematik sxemadagi elementlarning shartli belgisi

	Elektrdvigatel
	Mufta
	Val
	Podshipnik, tayanch

	Silindrik tishli uzatma
	Konussimon tishli uzatma
	Chervyakli uzatma
	Zanjirli uzatma
	Tasmali uzatma
	Bir boshqichli silindrik qiyshiq tishli reduktor (yopiq tishli uzatma)

Ishni bajarish tartibi

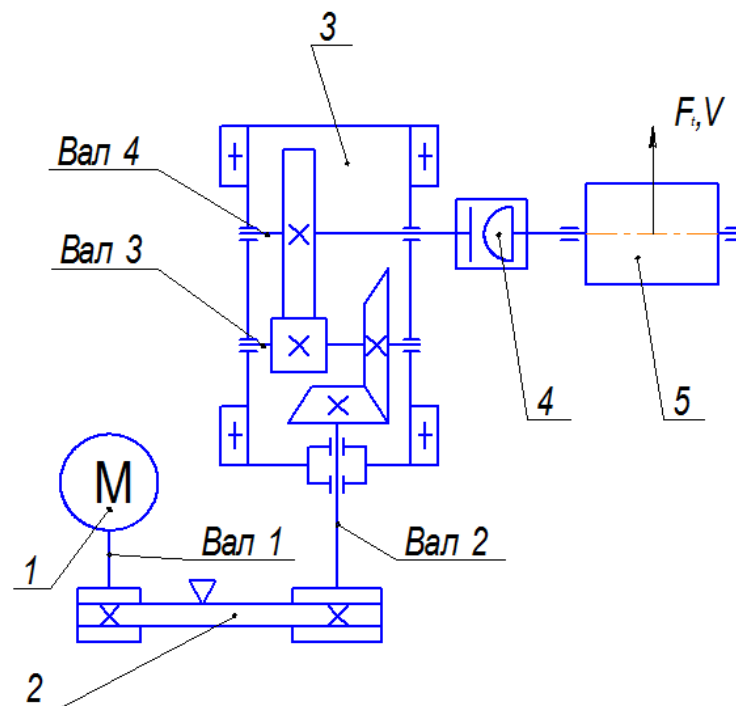
1. Talabalar o`qituvchi tomonidan berilgan ma'lumotlar asosida 1 ta mexatronik yuritma uchun kinematik sxema qurib, uzatishlar soni hisoblanadi.
2. Talaba bajargan ishlari bo'yicha o`qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Topshiriq:

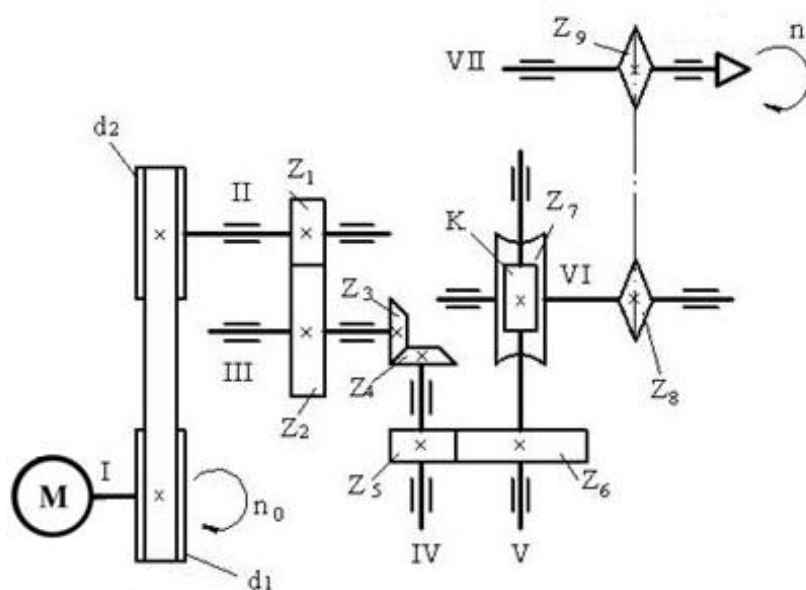
Quyida keltirilgan kinematik sxema uchun har qaysi bosqich vallarining aylanishlar sonini aniqlang:

Variant 1. Elektrodvigatel vali aylanishlar soni $n_{dv}=1600$ ayl/min;

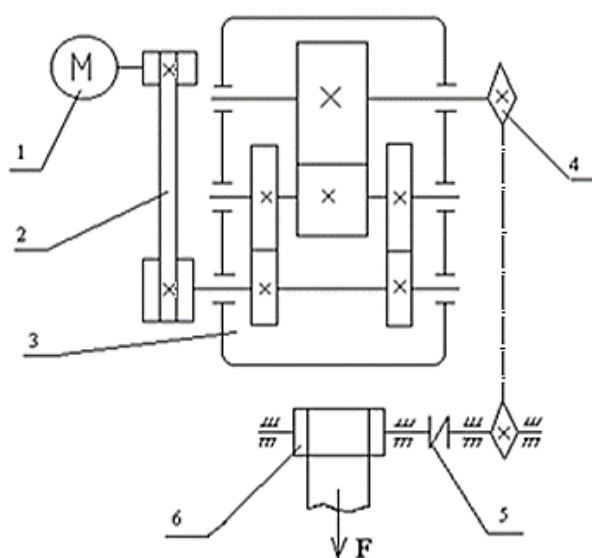
Ishchi organnning vali aylanishlar soni $n_{i.o.}=35$ ayl/min.



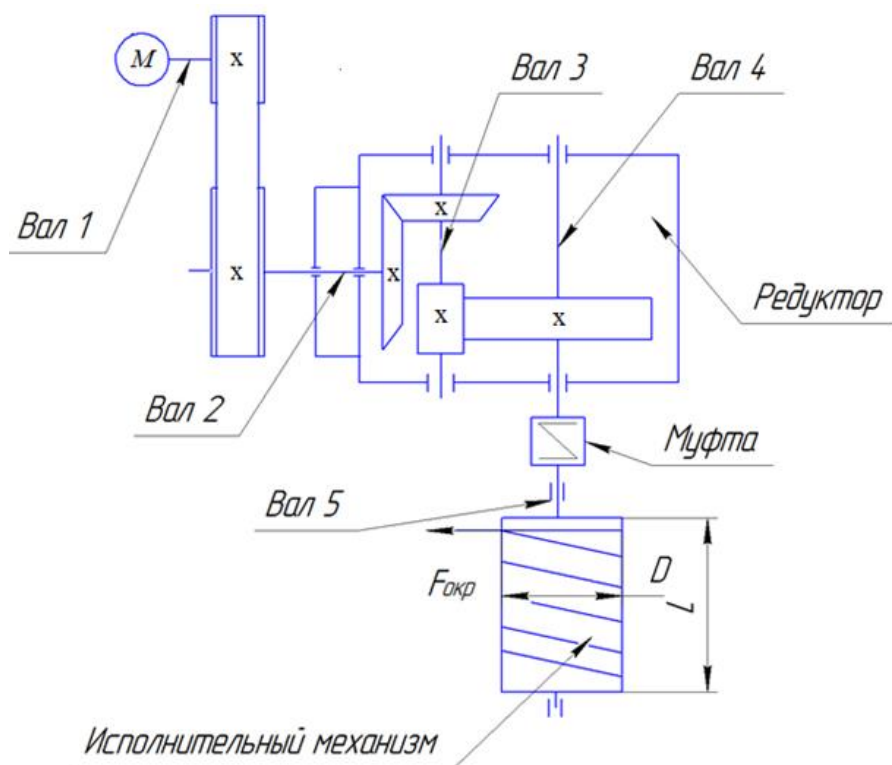
Variant 2. Elektrodvigatel vali aylanishlar soni $n_{dv}=1800$ ayl/min; Ishchi organnning vali aylanishlar soni $n_{i.o.}=30$ ayl/min.



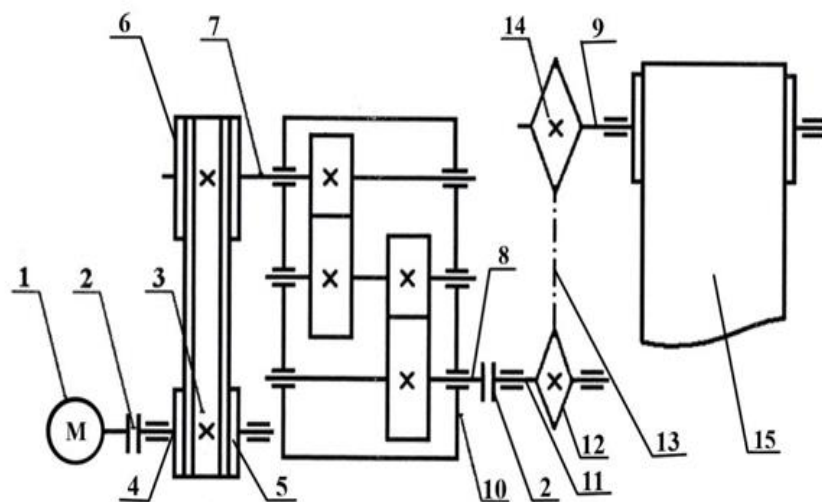
Variant 3. Elektrodvigatel vali aylanishlar soni $n_{dv}=1400$ ayl/min;
Ishchi organning vali aylanishlar soni $n_{i.o.}=20$ ayl/min.



Variant 4. Elektrodvigatel vali aylanishlar soni $n_{dv}=1600$ ayl/min;
Ishchi organning vali aylanishlar soni $n_{i.o.}=30$ ayl/min.



Variante 5. Elektrodvigatel vali aylanishlar soni $n_{dv}=1600$ ayl/min;
Ishchi organning vali aylanishlar soni $n_{i.o.}=30$ ayl/min.



Takrorlash uchun savollar:

1. Kinematik sxema qaysi maqsadda quriladi?
2. Kinematik sxemada qanaqa parametrlar ko`rsatiladi?

3. Uzatishlar soni qanday hisoblanadi?
4. Umumiy uzatishlar sonini aniqlashda qaysi tavsiyalarga e'tibor berish kerak?

AMALIY MASHG'LUOT №7

Mexatronik elektr yuritmalarini energetik hisoblash

Mashg'ulotning maqsadi: *Talabalarda mexatronik elektr yuritmalari uchun kerakli quvvatni aniqlash amaliy ko'nimalarni shakllantirish.*

Nazariy ma'lumotlar

Energetik hisoblashda mexatronik elektr yuritmasi uchun kerakli quvvat hisoblanib, dvigatelning quvvati aniqlanadi va konkret dvigatel tanlanadi.

Yuritma uchun kerakli quvvat quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$N = N_{sol} \Pi, \quad (7.1)$$

bu yerda N_{sol} — solishtirma quvvat, kVt·soat/kg; Π — mashina ish unumdorligi, kg/soat.

Solishtirma quvvat taqribiy kattalik va hisoblashda amaliyotdan olingan qiymati qo'llaniladi.

Quvvatni aniqlash uchun navbatdagi formulalar tavsiya etiladi:
ilgarilama harakatda

$$N = P_v \cdot 10^{-3} \quad (7.2)$$

aylanma harakatda

$$N = M\omega \cdot 10^{-3} \quad (7.3)$$

bu yerda P -foydali qarshiliklarning ta'sir qiluvchi kuchi (tortish kuchi), N ; v — bajaruvchi organ tezligi, m/s; M – yetaklanuvchi valdagi aylanish momenti, $N \cdot m$; ω - yetaklanuvchi valning burchak tezligi, rad/s.

Yuritmaning quvvatini quyidagi formula bilan ham aniqlab bo`ladi.

$$N = F_0 \cdot v \cdot 10^{-3} \quad (7.4)$$

bu yerda: F_0 - tortish kuchi, N ; v -tortish elementining tezligi, m/s.

Elektrodvigatelning nominal quvvatini aniqlash formulasi:

$$N_{dv} = N/\eta \quad (7.5)$$

bu yerda: N - mashina yurutmasi uchun kerak bo`lgan quvvat, kVt ; η - yurutmaning umumiy F.I.K.

Yuritmaning umumiy foydali ish koeffisyenti uzatmalarning xususiylar F.I.K.lari ko`paytmasiga teng:

$$\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \times \dots \times \eta_n \quad (7.6)$$

Bu formula faqat quvvatni ketma-ket uzatishda to`g`ri bo`ladi. Yurutmaning istalgan vali tayanadigan podshipniklar parallel ishlaydi, va bitta val podshipniklaridagi yo`qotilgan kuchni hisobga oladigan F.I.K. (podshipniklar soni qancha bo`lishidan qat'iy nazar), bitta kattalik bilan ko`rsatiladi.

Tayanchlardagi ishqalanishda sarflanadigan kuchlar koeffisyentlari quyidagicha:

bir juft dumalash podshipniklari uchun $\eta = 0,99-0,995$;

bir juft sirpanish podshipniklari uchun moylash sharoitlariga qarab $\eta=0,98-0,99$.

Har xil uzatmalarning o`rtacha F.I.K. qiymatlari quyidagi jadvalda keltirilgan (podshipniklardagi yo`qotishlar hisobga olinmagan):

Har xil uzatmalarning o`rtacha F.I.K. qiymatlari

Uzatma	Moy vannasida	Ochiq
Tishli	0,96-0,98	0,94
Chervyakli, kirish chervyakning sonlari uchun:	0,7	0,5
z=1	0,75	0,6
z=2	0,85	--
z=3		
Zanjirli	0,95-0,97	0,9
Friktsion	0,90-0,95	0,7-0,88
Tasmali	--	0,95-0,96

Elektrodvigatelning nominal qiymatini aniqlangan keyin, berilgan ish sharoiti uchun qaysi tipdagi dvigatel kerakligi aniqlab olinadi va kataloglardan hisob-kitoblarimizga yaqin dvigatel tip-o`lchami tanlanadi. Bunda, ko`pincha, hisoblangan quvvatdan yuqori quvvatli dvigatel tanlanadi.

Kataloglarda quvvati bir xil, ammo burchak tezligi har xil bo`lgan bir necha tipdagi elektrodvigatellar boladi. Ular ichidan burchak tezligi kinematik sxemaga to`g`ri keladigan elektrodvigatelni tanlashimiz kerak. Bunda quyidagini hisobga olish kerak: elektrodvigatel vali qancha tez ayladigan bo`lsa uning o`lchami, massasi va narxi kichikroq; dvigatel vali sekin aylanadigan bo`lsa, shuncha umumiy uzatishlar soni kichik bo`ladi.

Ishni bajarish tartibi

1.Talabalar o`qituvchi tomonidan berilgan yuqoridagi amaliy mashg`ulotdagi kinematik sxemalardagi ma`lumotlar asosida 1 ta mexatronik yuritma uchun kerakli quvvatni hisoblab, elektrodvigatelni tanlab oladi.

2. Talaba bajargan ishlari bo'yicha o'qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Takrorlash uchun savollar

1. Mexatronik yuritmalarni energetik hisoblashda qanaqa ishlar bajariladi?
2. Ilgarilanma va aylanma harakatda yuritma quvvati qanday aniqlanadi?
3. Elektrdvigatelning nominal quvvati qanday hisoblanadi?
4. Yuritmaning umumiy F.I.K. hisoblash formulasi?

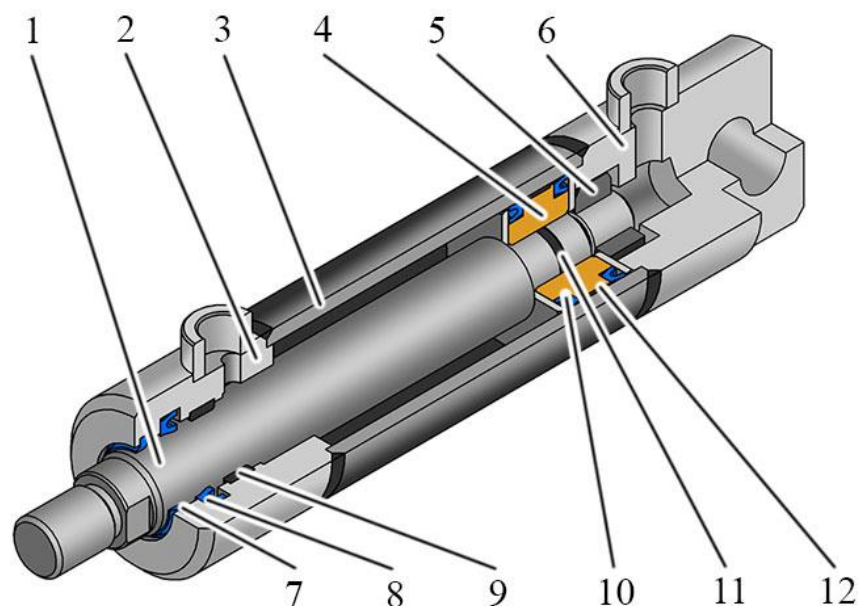
AMALIY MASHG'ULOT №8

Mexatronika gidravlik yuritmalarini hisoblash

Mashg'ulot maqsadi: *Talabalarda mexatronik gidravlik yuritmalari uchun kerakli parametrlarni aniqlash amaliy ko'nimalarni shakllantirish.*

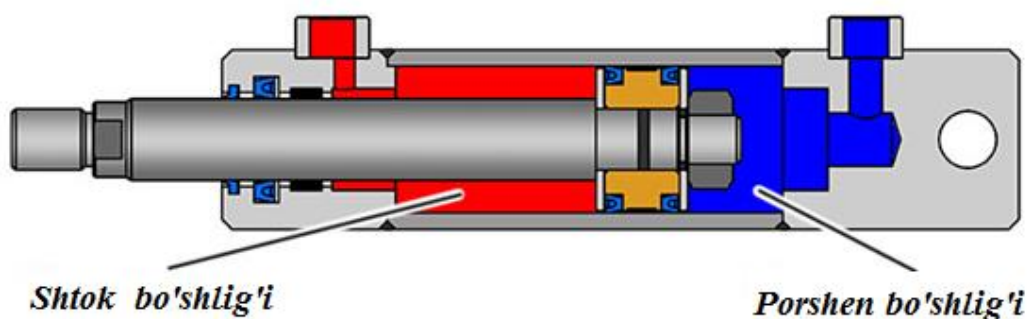
Nazariy ma'lumotlar

Gidrotsilindr – hajmiy gidroyuritma toifasiga kirib, suyuqlik oqimi gidravlik energiyasini mexanik energiyasiga o'zgartiradi va chiqish zvenosi (shtok, plunjer, porshen)ni ilgarilanma-qaytarma harakatga keltiradi.



8.1-rasm. Bir tomonlama shtokli gidrotsilindr

1-shtok; 2-oldingi qopqoq; 3-gilza; 4-porshen'; 5-gayka; 6-orqadagi qopqoq; 7-chiqindini tozalovchi; 8-shtok manjeti; 9-shtokni yo`naltiruvchi xalqa; 10-porshen manjeti; 11-rezina xalqa; 12-porshenni yo`naltiruvchi xalqa.



8.2-rasm. Gidrotsilindrning shtok va porshen bo`shlig`i

Gidravlik silindrdagi porshenning ishlash printsipi. Gidrotsilindr bo'shlig`iga kelgan suyuqlik porshen yuzasiga ta'sir qiladi. Porshen va gilza, porshen va shtok orasidagi chirqishlardan suyuqlik oqib o'tmasligini zichlagichlar ta'minlaydi. Porshen suyuqlik energiyasi ta'sirida gilza ichki yuzasi bo'ylab harakatlanadi, shunday qilib, gidravlik energiya mexanikka aylanadi. Porshen gidrotsilindrni 2 qismga: shtok va porshen bo'lig`iga bo'ladi (8.2-rasm).

Gidrotilindrlarni hisoblash. Suyuqlik tomonidan porshen bo`lig`ida porshenga ta`sir qilganda paydo bo`ladigan kuch F suyuqlikning bosimi P ga va porshenning diametri D ga proporsional bo`ladi:

$$F = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Bunda porshenning shtok bilan harakat tezligi V suyuqlik oqimi sarfi Q va porshen diametriga bog`liq:

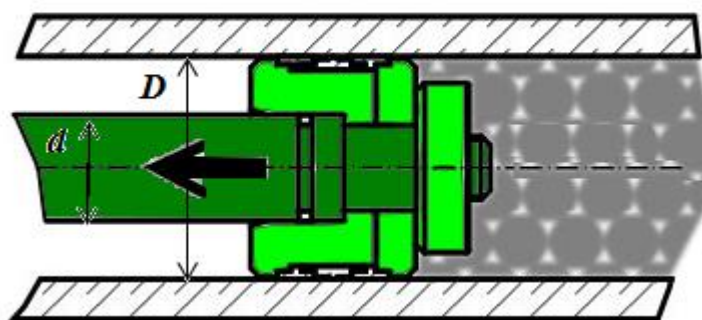
$$V = Q \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Suyuqlik gidrotilindrning shtok bo`shlig`ida berilganda bosim porshen D va shtokning d tashqi diametrlari orasidagi xalqali yuzaga ta`sir qiladi. Bunda hosil qilinadigan kuch quyidagicha hisoblanadi:

$$F = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$

Bunda porshenning harakat tezligi quyidagicha aniqlanadi:

$$V = Q \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$$



8.3-rasm. Gidrotilindr porsheni

Ishni bajarish tartibi

1. Talabalar o'qituvchi tomonidan berilgan ma'lumotlar asosida 1 ta gidrotsilindr uchun kerakli parametrlarni hisoblab oladi.

2. Talaba bajargan ishlari bo'yicha o'qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Takrorlash uchun savollar:

1. Gidrotsilindrning vazifasi nima?
2. Gidrotsilindrning ishchi elementini ayting.
3. Gidravlik tsilindrdagi porshenning ishlash printsipini tushuntiring.
4. Suyuqlik tomonidan porshen bo'lig'ida porshenga ta'sir qilganda paydo bo'ladigan kuch F qanday hisoblanadi?

AMALIY MASHG'ULOT №9

Mexatronikada uzatish moslamalari hisoblash

Mashg'ulot maqsadi: *Talabalarda tishli uzatish moslamalari uchun kerakli parametrlarni aniqlash amaliy ko'nimalarni shakllantirish.*

Nazariy ma'lumotlar

Detal - mashinaning ayrim bo'laklarga ajralmaydigan qismi bo'lib, oddiy (bolt, gayka, val, shkiv, shponka) va murakkab (korpuslar va boshqa) detallarga bo'lish mumkin.

Uzel - yig'ma birikmadan tashkil topgan detallar yig'indisi bo'lib, biror funktsional ishni bajarish xususiyatiga ega. Uzellar oddiy, masalan, dumalash podshipniklari, muftalar va murakkab, masalan, reduktorlarga bo'linadi.

Murakkab uzellar ichida oddiy qismlar joylashgan bo'lishi mumkin, ularni

uzel bo`laklari deyiladi, ya`ni:

- mexanik uzatmalar;
- podshipniklar;
- vallar, o`qlar;
- muftalar;
- mashina detallarining qo`zg`aluvchan va qo`zg`almas birikmalari:

rezbali, parchin mixli, payvandli.

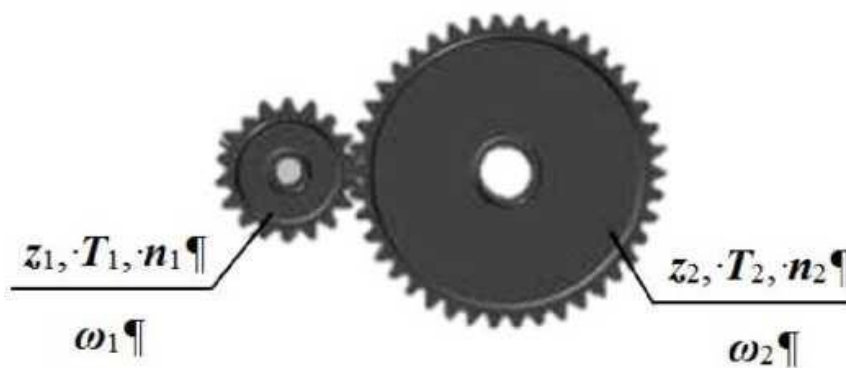
Mexanik uzatmalar:

Asosiy vazifalari: tezlikni o`zgartirish, harakat yo`nalishini o`zgartirish, harakat turini o`zgartirish (aylanmani ilgarilanmaga va teskarisi, uzluksizni uzlukliga), bitta dvigatel bilan bir nechta mexanizmlarni harakatga keltirish.

Uzatmalarni ilashish turiga qarab 2 ta guruhga bo`lish mumkin:

- egiluvchan uzatish moslamalari – tasmali, trosli, zanjirli uzatmalar;
- bevosita kontaktli uzatish moslamalari – tishli, chervyakli, reykali, friksion.

Tishli uzatmalarning kinematik va geometrik parametrlari. [ГОСТ 16530-83, ГОСТ 16531-83] bo`yicha tishli uzatmalar parametrlarini belgilari 9.1-rasmda keltirilgan.



9.1-rasm. [ГОСТ 16530-83, ГОСТ 16531-83] bo`yicha tishli uzatmalar parametrlarini belgilari

“1” indeksli parametrlar shesternyaga, “2” indeksli parametrlar g`altakka tegishli.  $z$  – tishli g`ildirak tishlari soni; T -tishli g`altakdagi aylantiruvchi moment,  $N\cdot m$ ;  $n$  – tishli g`altak aylanishlar chastotasi, ayl/min ; w – g`altakning burchak tezligi, rad/sek .

Tishli uzatmaning uzatishlar nisbati i (u) deb yetaklovchi tishli g`altak burchak tezligining yetaklanuvchi g`altakning burchak tezligiga nisbatiga aytiladi [ГОСТ 16530].

$$i = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

$$\text{yoki } i = z_2/z_1$$

Tishlarning aylanma (o`qli, normal) moduli  $m_t$  ( $m_x$ ,  $m_n$ ) – chiziqli qiymat bo`lib, tishlarning aylanma (o`qli, normal) qadamidan π marta kichik.

$$m = \frac{p}{\pi}.$$

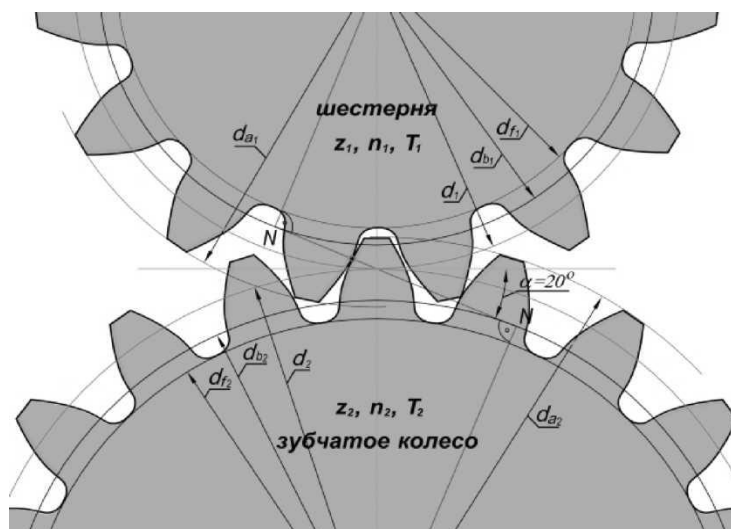
9.2-rasmda tishli uzatmalarning geometrik parametrlari ko`rsatilgan. To`g`ri tishli tsilindirlik g`altaklar uchun ajratuvchi diametr quyidagicha aniqlanadi:

$$d = mz.$$

Tish cho`qqisi va botiqligi diametrlari:

$$d_a = d + 2m,$$

$$d_f = d - 2,5m.$$



9.2-rasm. Tishli uzatmalarning geometrik parametrlari

$d_b = d \cos \alpha$ – asosiy aylana diametri. $\alpha = 20^\circ$ - ilashish burchagi.

$h_a = m$ – tish kallagi balanligi.

$h_f = 1,25 m$ – tish oyog`i balandligi.

$h = h_a + h_f = 2,25 m$ – tish balandligi.

Tishli g`altak eni

$$b_2 = \psi_\alpha a ,$$

bu yerda ψ_α - en koeffitsiyenti, g`altak tishlarining joylashuvi va ularning yuzalari qattiqligiga qarab tanlanadi.

Shestarnya eni $b_1 = 1,12b_2$.

G`altaklar o`qlari orasidagi masofa a quyidagicha aniqlanadi:

$$a = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2}.$$

Ishni bajarish tartibi

1.Talabalar o`qituvchi tomonidan berilgan ma`lumotlar asosida 1 ta tishli uzatma uchun kerakli parametrlarni hisoblab oladi.

2.Talaba bajargan ishlari bo`yicha o`qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Takrorlash uchun savollar:

1. Detal va uzatma ta`rif bering.
2. Mexanik uzatmalar asosiy vazifalari nima?
3. Tishli uzatmaning uzatishlar nisbati nimaga teng?
4. G`altaklar o`qlari orasidagi masofa a qanday aniqlanadi ?

TAJRIBA MASHG`ULOTI №2

Suzish havzalari modelida texnologik parametrlarni avtomatik boshqarish tizimini ishlab chiqish

Mashg`ulotning maqsadi: *Talabalarda suzish havzalaridagi suvning harorati va ifloslik darajasini aniqlashda asosiy parametrlarni boshqarish jarayonini ishlab chiqish bo'yicha ko'nikmalarni shakllantirish.*

Tajriba mashg`uloti jarayonida talabalar quyidagilarni bilib olishadi:

- Datchiklarni *Arduino UNO* qurilmasiga ulash sxemasini;
- *Arduino UNO* mikrokontrolleri bazasida dastur tuzishni.

Ishni bajarish uchun kerakli jihozlar (2.1-rasm):

1. *Arduino UNO* mikrokontrolleri;
2. *DS18B20* turidagi haroratni o'lchovchi datchik;
3. Maket platasi;
4. Maket platasi uchun o'tkazgichlar;
5. *USB* standart kabeli;
6. Rele;
7. Filtr.

Nazariy ma'lumotlar

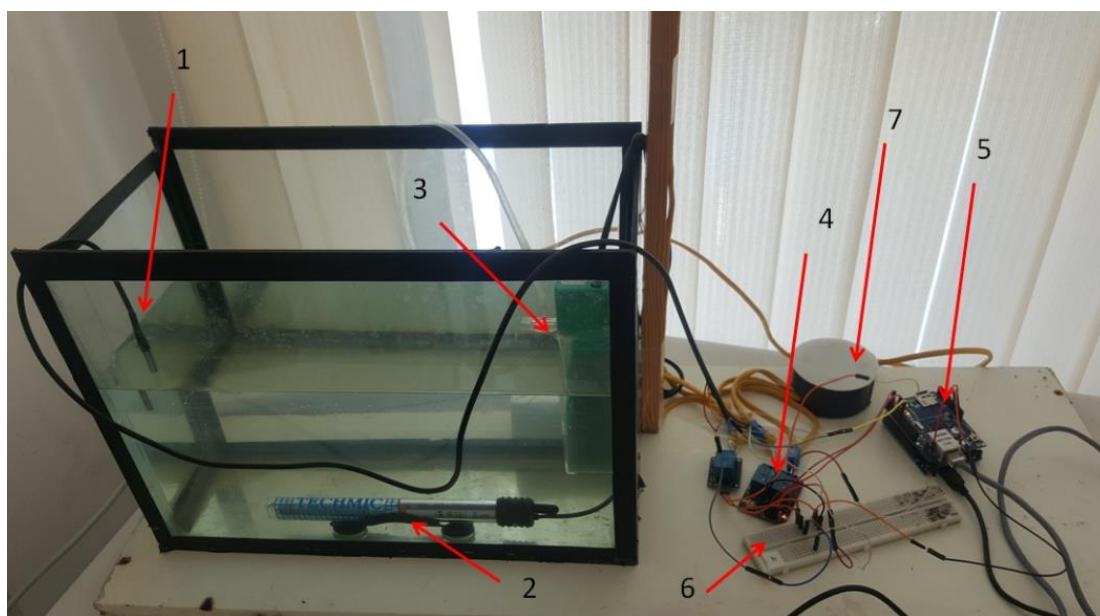
Suzish havzalaridagi suvni tozalashning avtomatlashtirilgan tizimi birdaniga bir necha masalalarni hal qiladi (2.1-rasm). Bu kichik zarrachalarni tozalashdan tortib, zararsizlantirish, suzuvchilardan qolishi mumkin bo'lgan chiqindilarni yo`q qilish. Muhimi *pH* ko'rsatkichini yaxshilash, bu dezinfektsiya samaradorligiga bogliq bo'lib hisoblanadi. *pH* ning 8 darajadan oshishida suvda xlor kamayganini bildiradi, *pH* 7 dan kamayganda esa suv basseynni qurilishi ishlatilgan materillarga salbiy ta'sir ko'rsata boshlaydi. Shuning *pH* ko'rsatkichini me'yorda saqlash muhim bo'lib hisoblanadi va bu bilan birgalikda suvning haroratini yil mavsumlariga qarab

o`zgartirish nazarda tutilgan. Shuning uchun sotuvda maxsus qurilmalar mavjud bo`lib hisoblanadi.

DS18B20 termometrining texnik tavsifi

DS18B20 raqamli termometr dasturiy ta`minoti bilan ta`minlangan (2.2-rasm).

O`lchash chegarasi  $-55^{\circ}\text{C}$  dan  $+125^{\circ}\text{C}$  gacha bo`lib, -10°C dan $+85^{\circ}\text{C}$ gacha diapazonda 0.5°C xatolikka ega.



2.1-rasm. Laboratoriya qurilmasining umumiy ko`rinishi

1-harorat datchigi, 2-suv isitgich, 3- ichki suv filtiri , 4- rele qurilmalari, 5- ethernet moduli va Arduino mikrokontrolleri , 6- Breadboard doskasi, 7- montaj qutisi.

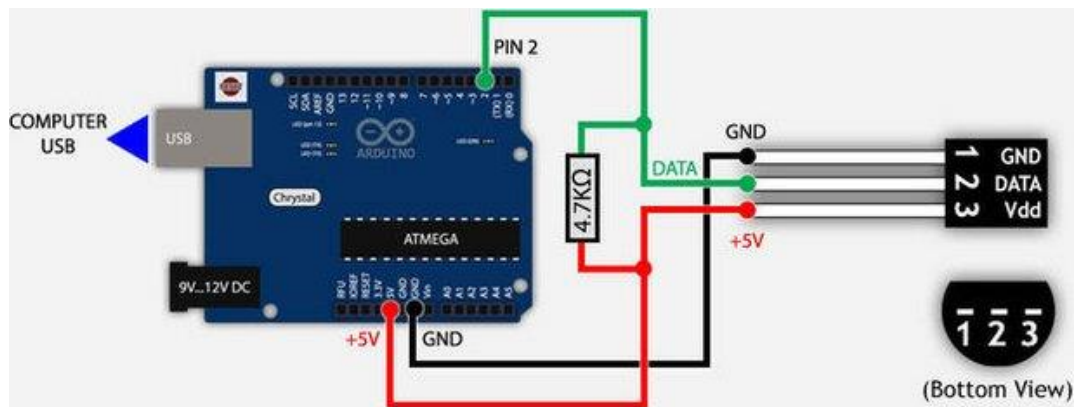


2.2-rasm *DS18B20* termometri

2.1-jadval

Belgilanishi	Vazifasi
GND	Umumiy yer (zazemleniya)
DQ	Ma'lumotlarni kiritish chiqarish (Input/Output pin). Open-drain 1-Wire interface pin
VDD	VDD kuchlanish.

TEMPERATURE/DATA RELATIONSHIP Temperatrura	Raqamli chiqish (ikkilikda)	Raqqmli chiqish (Hex)
+125°C	0000 0111 1101 0000	07D0h
+85°C	0000 0101 0101 0000	0550h
+25.06°C	0000 0001 1001 0001	0191h
+10.12°C	0000 0000 1010 0010	00A2h
+0.5°C	0000 0000 0000 1000	0008h
0°C	0000 0000 0000 0000	0000h
-0.5°C	1111 1111 1111 1000	FFF8h
-10.12°C	1111 1111 0101 1110	FF5Eh
-25.06°C	1111 1110 0110 1111	FE6Fh
-55°C	1111 1100 1001 0000	FC90h



2.3-rasm DS18B20 termometrining Arduino UNO kontrolleriga ulash sxemasi

Haroratni oʻlchash boʻyicha *Arduino UNO* mikrokontrolleri bazasida tuzilgan dasturiy taʼminot.

```
#include <DallasTemperature.h>
#define PIN_DS18B20 2
OneWire oneWire(PIN_DS18B20);
DallasTemperature dallasSensors(&oneWire);
DeviceAddress sensorAddress;
void loop(void){
  Serial.print("Temperaturani oʻlchash...");
  dallasSensors.requestTemperatures();
  Serial.println("Bajarilishi");
  printTemperature(sensorAddress);
  delay(1000);
}
void printTemperature(DeviceAddress deviceAddress){
  float tempC = dallasSensors.getTempC(deviceAddress);
  Serial.print("Temp C: ");
  Serial.println(tempC);
}
void printAddress(DeviceAddress deviceAddress){
  for (uint2_t i = 0; i < 2; i++)
  {
    if (deviceAddress[i] < 16) Serial.print("0");
    Serial.print(deviceAddress[i], HEX);
  }
}
```

SunSun HJ-511 – ichki suv filtri 20-50 litrgacha suv uchun moʻljallangan. Ishlash quvvatini sozlash imkoniyati ham mavjud. Ikkita filtrlovchi seksiya bilan

jihozlangan. Havo injektor mavjud bo`lib, endi kompressor kerak bo`lmaydi. Bu kerak bo`ladigan suv aralashuvi jarayonini hosil qiladi va shuningdek suvni kislorod bilan ta'minlaydi. Filtrning korpusi maxsus so`rg`ichlar yordamida obyektning ichki tomonidan mahkamlanadi. Sifatli plastikdan tayyorlangan bo`lib, ajoyib dizaynga ega. Kompakt va shovqinsiz, xizmat ko`rsatish uchun qulay va suvdagi mexanik zarrachalarni yaxshi tozalaydi. O`rnatish va xizmat ko`rsatish oddiy, suvning sifatini yaxshi holatda saqlaydi. Siqilgan va dengiz suvlarida ham ishlatilishi mumkin.

Xususiyatlari: quvvati: 2.5 Vt; samaradorligi: 400 l/s; rostlash imkoniyati: bor; suv balandligi: 1.6 m; filtr stakanlari soni: 2 ta; suv miqdori: 20-50 l; o`lchami :45x60x160 mm.



2.4-rasm. SunSun HJ-511 – ichki suv filtri

Shishali boshqariluvchi 100 Vt li suv isitgich, suv havzalarida suvni isitish uchun mo`ljallangan. +18 dan +32 °C gacha haroratda suvni isitadi. Ishlash aniqligi  $\pm 1,5$  °C ni tashkil qiladi. Komplektda maxsus so`rg`ich ham mavjud bo`lib, qurilmaning yaxshi joylashishini ta'minlaydi. Isitgichni tanlashda suv miqdorini hamda atrof muhit haroratini hisobga olish muhim ahamiyat kasb etadi.

Xususiyatlari:

- temperaturani boshqarish qulayligi;

- to`liq suvga cho`kuvchi;
- signal beruvchi chiroqcha;
- xizmat ko`rsatishga juda oson;
- 30 litrgacha mo`ljallangan suv havzalari uchun;



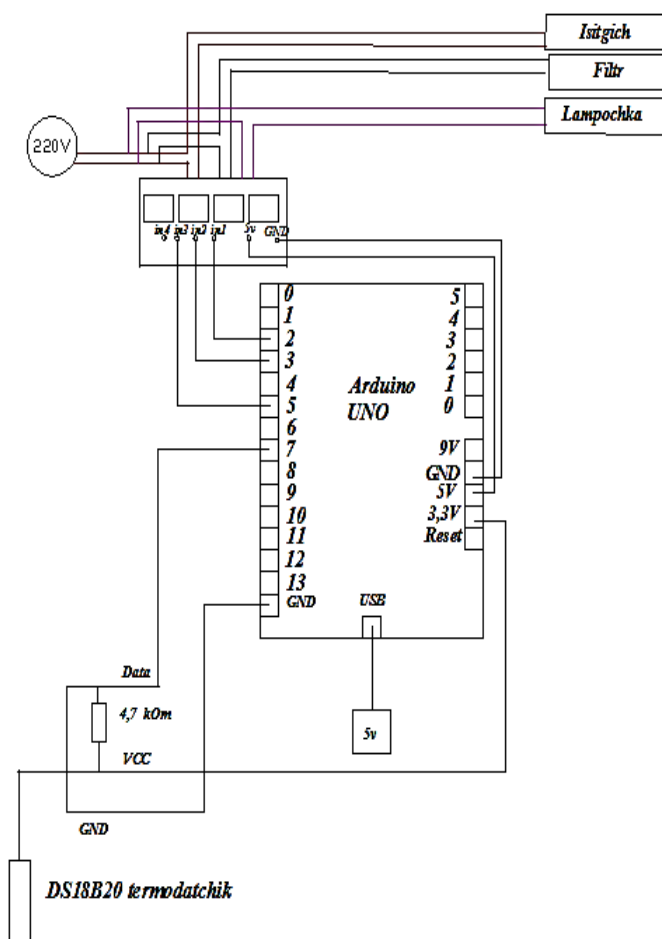
2.5-rasm. Kangde 19000 suv isitish qurilmasi

Prinstipial elektr sxemalar (PES) uskunalarning, apparatlar va qurilmalarning to`la tarkibini, shuningdek ular orasidagi aloqalarni belgilaydi. Bunday sxemalar apparatlar va qurilmalarni boshqarish, rostlash, himoyalash, o`lchash va signalizastiya masalalarini yechishni ta`minlaydi.

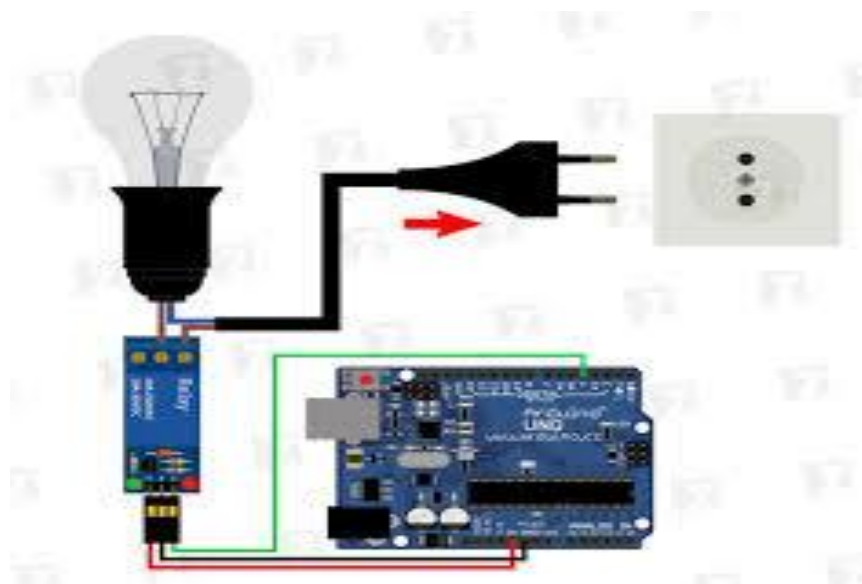
Prinstipial elektr sxemalarda barcha apparatlar (rele, ishga tushirgich, o`zgartirgich) o`chirilgan holatda aks ettiriladi. Agar biror apparatni yoqilgan holatda aks ettirish zarur bo`lsa, unda uni chizmaning maydonida ko`rsatish kerak. Elektr sxemalar alohida jihozlar va avtomatlashtirish tizimining uchastkasi (masalan, nasosni boshqarish sxemasi, reaktor temperaturasi boshqarish sxemasi va h.k.) uchun ishlab chiqiladi.

Prinstipial elektr sxemalarda elementlar ikkita usulda aks ettirilishi mumkin: hamkor usul va ajratilgan usul.

Hamkor usulda elementlarning yoki qurilmalarning tarkibiy qismlari sxemada bevosita bir-biriga yaqin holda tasvirlanadi. Ajratilgan usulda elementlarning yoki qurilmalarning tarkibiy qismlari ko`rgazmali bo`lishi uchun sxemaning turli joyida tasvirlanadi.



2.6-rasm. Tashqi simlarni (provodkalarni) ulash sxemasini ishlab chiqish



2.7-rasm. *Arduino UNO*, Rele va lampochka orqali yopiq zanjirni hosil qilish sxemasi

Topshiriq

2.1-rasmda keltirilgan laboratoriya qurilmasini avtomatik boshqarish bo'yicha boshqaruv dasturini tuzing hamda yozma hisobot tayyorlang.

Takrorlash uchun savollar:

1. Mashg'ulotning maqsadini ayting.
2. Ishni bajarish uchun kerakli jihozlarni sanab o'ling.
3. *DS18B20* turidagi haroratni o'lchovchi datchikni *Arduinoga* ulash printsiptial elektr sxemasini yig'ishni tushuntiring.
4. *DS18B20* datchigi bo'yicha haroratni o'lchash uchun dastur tuzish va yuklash tartibini tushuntiring.
5. Laboratoriya qurilmasini avtomatik boshqarish dasturini ishlab chiqish ketma-ketligini izohlang.

III -MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI

1. Ilgarilanma harakat qiluvchi mexatronik modul dvigatel quvvati?

- A) $P = F_N K_{din} / \eta$
- B) $P = F_N v_{ch} K_{din} / \eta$
- C) $P = v_{ch} K_{din} / \eta$
- D) $P = F_N v_{ch} K_{din}$

2. Chiqish zvenosi aylanma harakat qiladigan mexatronik modul uchun dvigatel quvvati?

- A) $P = T_N K_{din} / \eta$
- B) $P = T_N \omega_{ch} K_{din} / \eta$
- C) $P = \omega_{ch} K_{din} / \eta$
- D) $P = T_N \omega_{ch} K_{din}$

3. Porshen bo`shlig`ida suyuqlik tomonidan porshenga ta'sir qiladigan kuchni hisoblash formulasi:

- A) $F = p \cdot \frac{\pi \cdot D}{2}$
- B) $F = p \cdot \frac{\pi \cdot H^2}{4}$
- C) $F = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$
- D) $F = p \cdot \frac{\pi \cdot S^2}{4}$

4. Suyuqlik porshen bo`shlig`ida berilganda porshen tezligi quyidagicha topiladi:

- A) $v = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{D^2}{2}}$
- B) $v = \frac{Q}{\frac{D^2}{4}}$
- C) $v = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{H^2}{4}}$
- D) $v = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{D^2}{4}}$

5. Shtok bo`shlig`ida suyuqlik tomonidan porshenga ta'sir qiladigan kuchni hisoblash formulasi:

A) $F = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^4 - d^4)}{4}$

B) $F = p \cdot \frac{(D^2 - d^2)}{4}$

C) $F = p \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4}$

D) $F = p \cdot \frac{\pi \cdot (H^2 - h^2)}{4}$

6. Suyuqlik shtok bo`shlig`ida berilganda porshen tezligi quyidagicha topiladi:

A) $v = \frac{F}{\pi \cdot \frac{D^2 - d^2}{4}}$

B) $v = \frac{S}{\pi \cdot \frac{D^2 - d^2}{4}}$

C) $v = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{D^2 - d^2}{4}}$

D) $v = \frac{V}{\pi \cdot \frac{D^2 - d^2}{4}}$

7. Hidromotorning vazifasi nima?

A) Mexatronik modulning chiqish zvenosiga cheklanmagan ilgarilanma harakat berish

B) Mexatronik modulning chiqish zvenosiga cheklanmagan aylanma harakat berish

C) Mexatronik modulning chiqish zvenosiga diskret harakat berish

D) Mexatronik modulning chiqish zvenosiga bir tomonlama harakat berish

8. Pnevmoymuritma nima?

A) Pnevmoymuritma qisilgan suyuqlik energiyasini mexanik ishga o`zgartiruvchi va mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir.

B) Pnevmoymuritma qisilgan havo energiyasini mexanik ishga o`zgartiruvchi va mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir.

C) Pnevmoymuritma kinetik energiyani mexanik ishga o'zgartiruvchi va mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir.

D) Pnevmoymuritma potentsial energiyani mexanik ishga o'zgartiruvchi va mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir.

9. Pnevmoymuritmalar ishchi organi harakatiga qarab necha turga bo'linadi?

A) 2

B) 4

C) 5

D) 3

10. To'g'ri p'yezoelektrik effekt nima?

A) Mexanik kuch ishlatish natijasida dielektrikda elektr maydonning paydo bo'lish effekti

B) Elektr maydon ta'sirida mexanik deformatsiyalarning paydo bo'lishi

C) Magnit maydoni ta'sirida dielektrikda elektr maydonning paydo bo'lish effekti

D) Magnit induktsiyasi natijasida dielektrikda elektr maydonning paydo bo'lish effekti

11. Teskari p'yezoelektrik effekt nima?

A) Elektr maydon ta'sirida mexanik deformatsiyalarning paydo bo'lishi

B) Mexanik kuch ishlatish natijasida dielektrikda elektr maydonning paydo bo'lish effekti

C) Magnit maydoni ta'sirida mexanik deformatsiyalarning paydo bo'lishi

D) Magnit induktsiyasi natijasida mexanik deformatsiyalarning paydo bo'lishi

12. To'g'ri p'yezoefekt nechanchi yilda aniqlangan?

A) 1881

B) 1880

C) 1840

D) 1810

13. To'g'ri p'yezoefekt kim tomonidan aniqlangan?

- A) Karel Chapek
- B) Jak va P'yer Kyuri
- C) Godfri Xaunsfild
- D) Allan Kormak

14. P'yezoelektrik materiallarning asosiy xususiyati nima?

- A) Ularga mexanik ta'sir qilganda kinetik energiyasining paydo bo'lishi, hamda ularga elektr toki bilan ta'sirlashga deformatsiyalanishi
- B) Ularga mexanik ta'sir qilganda potentsial energiyasining paydo bo'lishi, hamda ularga elektr toki bilan ta'sirlashga deformatsiyalanishi
- C) Ularga mexanik ta'sir qilganda elektr energiyasining paydo bo'lishi, hamda ularga elektr toki bilan ta'sirlashga deformatsiyalanishi
- D) Ularga mexanik ta'sir qilganda bosimning paydo bo'lishi, hamda ularga elektr toki bilan ta'sirlashga deformatsiyalanishi

15. P'yezoelektrik dvigatellarning ishi nimaga asoslangan?

- A) Maxsus ishlov berilgan keramik materiallardagi to'g'ri p'yezoelektrik effektga asoslangan
- B) Maxsus ishlov berilgan tok o'tkazuvchi materiallardagi teskari p'yezoelektrik effektga asoslangan
- C) Maxsus ishlov berilgan keramik materiallardagi chiziqli p'yezoelektrik effektga asoslangan
- D) Maxsus ishlov berilgan keramik materiallardagi teskari p'yezoelektrik effektga asoslangan

16. Pnevmatik (sorbtsion) sun'iy mushakda to'ldiruvchi nima vositasida isitiladi?

- A) Bug'
- B) Gaz
- C) Termoelement
- D) Issiq suv

17. Bionik yuritmalarni boshqacha nima deb atashadi?

- A) Sun'iy qo'l

- B) Sun'iy yurak
- C) Sun'iy oyoq
- D) Sun'iy mushak

18. «Bridjestoun» (Yaponiya) firmasining «Softarm» sanoat robotida nechta bionik yuritma ishlatilgan?

- A) 3
- B) 2
- C) 4
- D) 2

19. Mexatronika tizimlarining asosiy vazifalaridan biri bu:

- A) mexatron modul zvenosining harakatini xaotik boshqarishni amalga oshirishdir
- B) mexatron modul zvenosining harakatini tashqi signal asosida boshqarishni amalga oshirishdir
- C) mexatron modul zvenosining harakatini berilgan qonun bo'yicha boshqarishni amalga oshirishdir
- D) mexatron modul zvenosining harakatini ichki signal bo'yicha boshqarishni amalga oshirishdir

20. Dvigateldan mexatron modulning chiqish zvenosiga harakatni uzatish nimalar vositasida amalga oshiriladi?

- A) Kuchli o'zgartirgichlar
- B) Harakat o'zgartirgichlari
- C) Raqamli-analog o'zgartirgichlar
- D) Boshqarish qurilmalari

21. Harakat o'zgartiruvchilari qanday vazifani bajaradi?

- A) Bir harakat turini boshqasiga o'zgartirish hamda boshqaruv qurilmasi komandalariga dvigatel val parametrlarini moslashtirish
- B) Bir energiya turini boshqasiga o'zgartirish hamda kuchli o'zgartiruvchilar signallariga dvigatel valini moslashtirish

C) Bir energiya turini boshqasiga o`zgartirish hamda dvigatel valining aylanish momentlari va tezliklarini bir xilda saqlab turish

D) Bir harakat turini boshqasiga o`zgartirish hamda dvigatel valining aylanish momentlari va tezliklarini chiqish zvenoning parametrlariga moslashtirish

22. Uzatmalarni ilashish turiga qarab nechta guruhga bo`linadi?

A) 3

B) 1

C) 2

D) 4

23. Uzatmalarni ilashish turiga qarab qaysi guruhdarga bo`linadi?

A) Tasmali va bevosita kontaktli uzatish moslamalari

B) Egiluvchan va bevosita kontaktli uzatish moslamalari

C) Zanjirli va bevosita kontaktli uzatish moslamalari

D) Egiluvchan va tishli uzatish moslamalari

24. Mexanik uzatmada qaysi zvenosi yetaklovchi hisoblanadi?

A) Aylanma momentni qabul qiluvchi zvenosi

B) Aylanma momentni uzatadigan zvenosi

C) Quvvatni uzatadigan zvenosi

D) Harakatni uzatadigan zvenosi

25. Mexanik uzatmada qaysi zvenosi yetaklanuvchi hisoblanadi?

A) Aylanma momentni uzatadigan zvenosi

B) Quvvatni qabul qiluvchi zvenosi

C) Aylanma momentni qabul qiluvchi zvenosi

D) Harakatni qabul qiluvchi zvenosi

26. Bir bosqichli reduktorning uzatish nisbati deb nimaga aytiladi?

A) G`altak o`qlari sonining shesternya o`qlari soniga nisbatiga aytiladi

B) Shesternya tishlari sonining g`altak tishlari soniga nisbatiga aytiladi

C) Shesternya o`qlari sonining g`altak o`qlari soniga nisbatiga aytiladi

D) G`altak tishlari sonining shesternya tishlari soniga nisbatiga aytiladi

27. Bir bosqichli sikloidal reduktorning F.I.K.?

- A) 91,5 % gacha
- B) 95,5 % gacha
- C) 100 % gacha
- D) 92,5% gacha

28. Gidroyuritmalar qaysi turlarga bo`linadi?

- A) Gidrotilindrlar; gidromotorlar; gidrobosimlar
- B) Gidrotilindrlar; gidromotorlar; gidrodvigatellar.
- C) Gidrotilindrlar; gidrobosimlar; gidrodvigatellar.
- D) Gidrobosimlar; gidromotorlar; gidrodvigatellar.

29. Friksion uzatma nima?

- A) Mexanik energiyani uzatish uchun o`zi orasidagi bosim kuchidan foydalaniladigan kinematik juftlik
- B) Mexanik energiyani uzatish uchun o`zi orasidagi sirpanish kuchidan foydalaniladigan kinematik juftlik
- C) Mexanik energiyani uzatish uchun o`zi orasidagi ishqalanish kuchidan foydalaniladigan kinematik juftlik
- D) Mexanik energiyani uzatish uchun o`zi orasidagi elektrik kuchdan foydalaniladigan kinematik juftlik

30. Tormozlashda harakatchan massalarning kinetik energiyasi qaysi turdagi energiyaga o`tadi?

- A) Potentsial va issiqlik energiyalari
- B) Potentsial energiya
- C) Issiqlik energiyasi
- D) Elektr va potentsial energiyalari

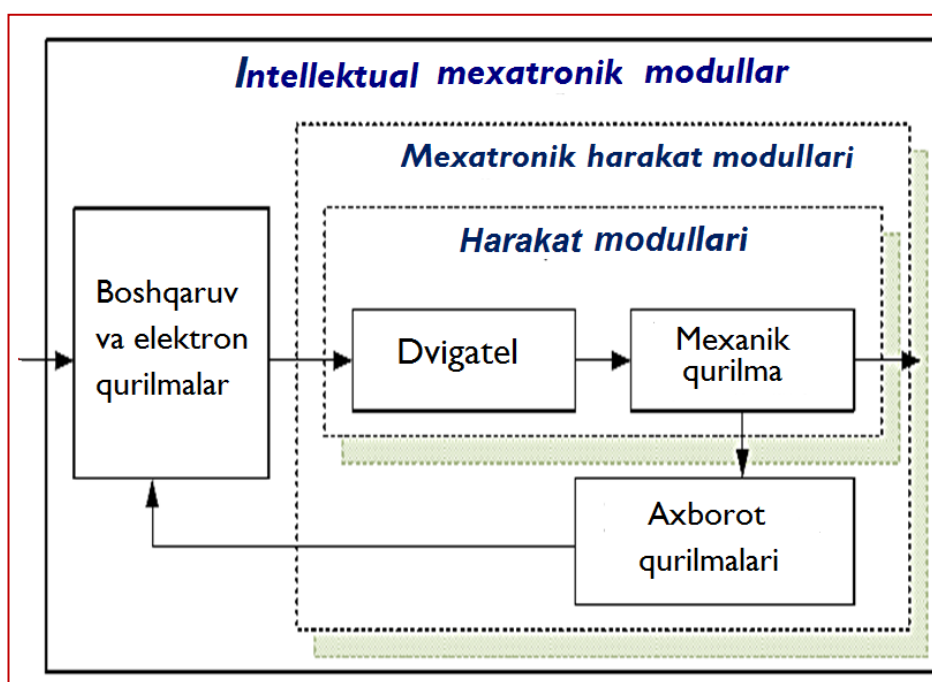
IV-MODUL. MEXATRONIKADA HARAKAT MODULLARI

§4.1. MEXATRONIK MODULLAR STRUKTURASI VA KVALIFIKATSIYASI. HARAKAT MODULLARI

4.1.1. Harakat modullarining strukturasi va kvalifikatsiyasi (tasnifi)

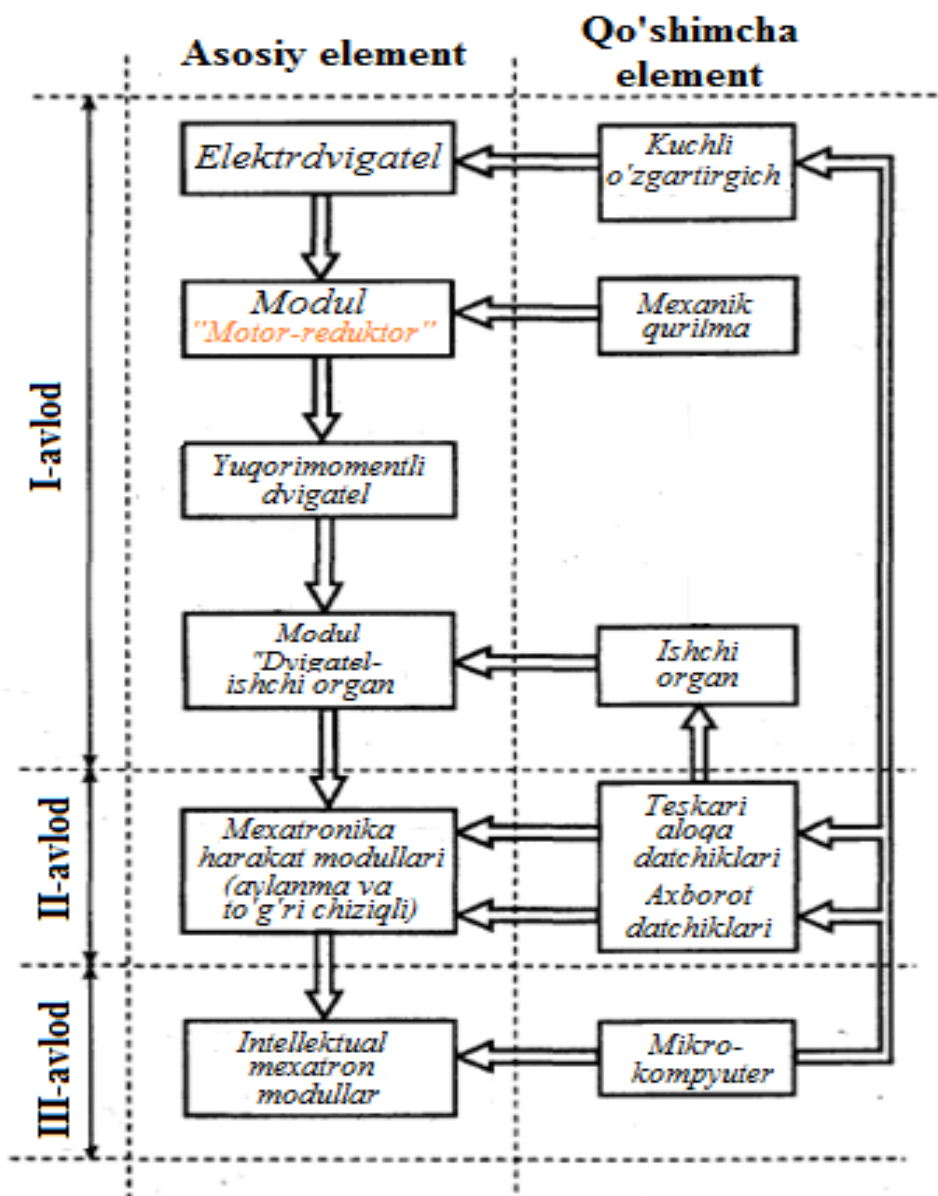
Mexatronik modullar strukturasi. Mexatronik modullarni ularni tashkil qilgan elementlariga qarab 3 ta guruhga ajratish mumkin (4.1.1-rasm).

- **Harakat moduli (HM);**
- **Mexatronik harakat moduli (MHM);**
- **Intellectual mexatronik modul (IMM).**



4.1.1-rasm. Mexatron modullarning strukturasi

Harakat moduli (HM) — konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot boʻlib, unda boshqariladigan dvigatel va mexanik qurilma konstruktiv birlashtirilgan.



4.1.2-rasm. Mexatron harakat modullarining rivojlanish sxemasi

Mexatronik harakat moduli (MHM) - konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot bo'lib, unda boshqariladigan dvigatel, mexanik qurilma va axborot qurilmasi konstruktiv birlashtirilgan. Ta'rifga asosan HMga ko'ra bu yerga qo'shimcha axborot qurilmasi joylashtirilgan (4.1.1 va 4.1.2-rasmlarga qarang).

Axborot qurilmasi tarkibiga teskari aloqa va axborot datchiklari, hamda signallarni qayta ishlovchi va o'zgartiruvchi elektron bloklar kiradi. Bularga misol bo'lib, harakat tezligi va burchak bo'yicha harakat haqidagi axborotni beruvchi fotoimpulsli datchiklar (inkoderlar), optik lineykalar, aylanuvchi transformatorlar va b. xizmat qiladi.

Intellektual mexatronik modul (IMM) - konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot bo`lib, dvigatel, mexanik, axborot, elektron va boshqaruv qismlarni sinergetik inregratsiyalash yo`li bilan qurilgan. Shunday qilib, IMMLarda konstruksiyasida MHMga nisbatan qo`shimcha boshqaruvchi va elektron qurilmalar joylashtirilgan. Bu qurilmalar IMMga intellektual xususiyatlarni yaratadi. Bu guruhga raqamli hisoblash qurilmalari (mikroprotsessorlar, signalli protsessorlar va b.), elektron kuchli o`zgartirgichlar, kompyuterli aloqa va bog`lanish qurilmalari kiradi.

Mexatronika modullarining kvalifikatsiyasi (tasnifi) 4.1.3-rasmda keltirilgan.

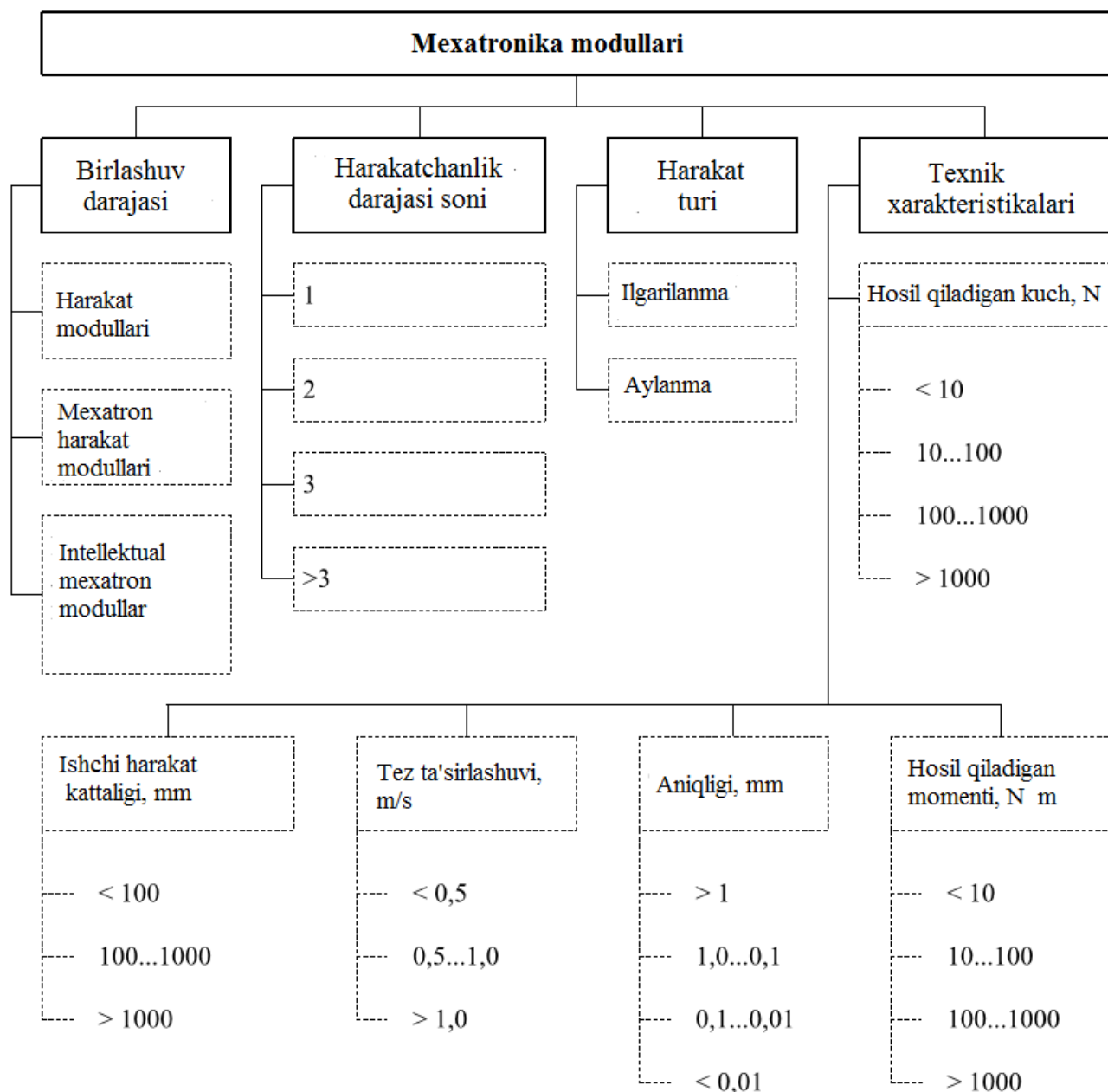
4.1.2. Harakat modullari

Harakat modullarining umumiy sanoat yuritmalaridan asosiy farqi – bu HMda dvigatel vali harakatni mexanik o`zgartirish elemneti bo`lib xizmat qiladi. Zamonaviy HMLarda elektrik dvigatellar – asinxron va sinxron, o`zgarmas tokli, qadamli, p`yezoelektrik va b. ishlatiladi.

Harakat modullariga misol qilib *motor-reduktor*, *motor-g`altak* yoki *elektrshpindellarni* olish mumkin.

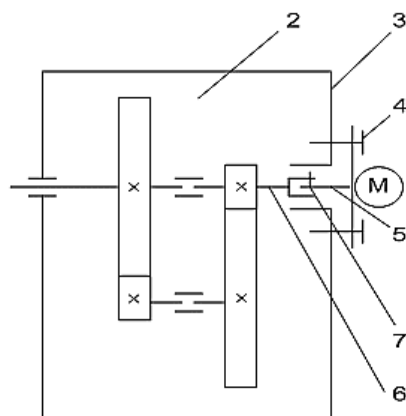
Motor-reduktorlar. 1927 yilda «Bayer» firmasi tomonidan printsiptial yangi konstruksiya – motor-reduktor ishlab chiqildi. Bunda elektrodvigatel va mexanik harakatni o`zgartiruvchi (reduktor) bitta ixcham konstruktorlik moduliga birlashtirilgan. Bu konstruksiyalar hozirgacha ham keng ishlatilib kelinmoqda. Elektrodvigatel va mexanik harakatni o`zgartiruvchi (reduktor)ni bitta elektryuritmaga birlashtirish bu 2 ta qurilmani mufta orqali birlashtirilgan konstruksiyalarga nisbatan bir qator *afzalliklarga* ega. Bular:

- gabarit o`lchamlarning kichrayishi;
- bog`lovchi detallari sonining kamayishi;
- o`rnatish, sozlash va ishga tushirish ishlarida xarajatning kamayishi;
- ishlatish xususiyatlarining yaxshilanishi (chang va namlikdan himoya, vibratsiyalarning kamayishi, noxush ishlab chiqarish sharoitlarida xavfsizlik va ishonchlilik).



4.1.3.-rasm. Mexatronika modullarining kvalifikatsiyasi (tasnifi)

Modulning konstruktiv bajarilishi qoʻllaniladigan reduktorlar turiga bogʻliq boʻlib, silindrik, konusli, chervyakli va boshqa turdagi motor-reduktorlar mavjud. Elektrdvigatellar sifatida qisqa yopilgan rotorli asinxron, aylanish chastotasi rostlanadigan, bir fazali va oʻzgarmas tokli dvigatellar ishlatiladi.

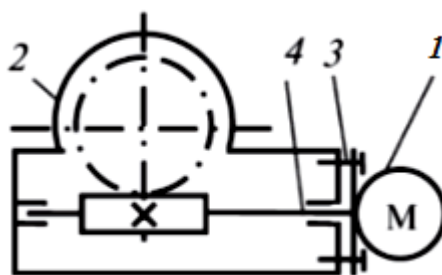


4.1.4-rasm. Silindrik ikki pog`onali o`qdosh motor-reduktor

Motor-reduktor (4.1.4-rasm) ikkita asosiy elementdan tarkib topgan: elektrdvigatel 1 va harakat o`zgartiruvchisi (reduktor) 2. Reduktor qismida elektrdvigatelni vint va bolt 4 bilan mahkamlash uchun teshikli bog`lash yuzasi 3 mavjud. Elektrdvigatel va reduktorni bitta konstruktiv modulga birlashtirish uchun val 5 reduktorning ichi bo`sh kirish vali 6 ga shponka 7 orqali mahkamlanadi.

Dvigatel va reduktorning umumiy valga ega bo`lish varianti ham mavjud.

Bir bosqichli chervyakli motor-reduktor sxemasi 4.1.5-rasmda keltirilgan. U dvigatel 1 dan va harakatni o`zgartiruvchi chervyakli uzatma 2 dan iborat. Ular umumiy korpusga vint 3 yordamida birlashtirilgan. Dvigatel va chervyak vali 4 umumiy.



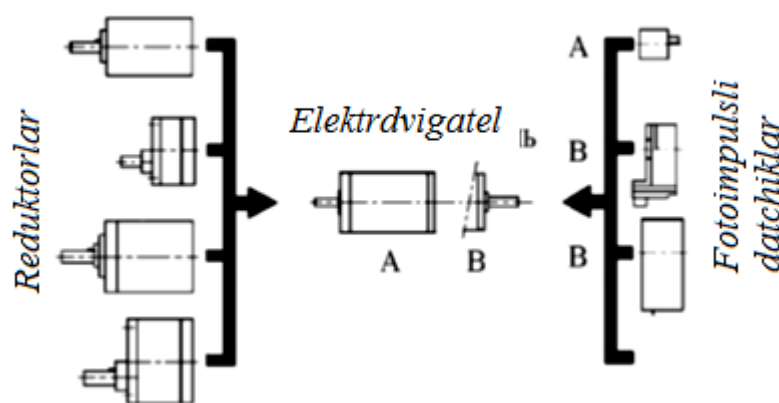
4.1.5-rasm. Chervyakli motor-reduktor

Ko`pgina horijiy firmalar, masalan *MOTOVARIO*, *VARVEL*, *MAXON*, har xil turdagi motor-reduktorlar ishlab chiqaradi. *MAXON* firmasi elektrdvigatellar, silindrik va planetar reduktorlar va ular bazasida motor-reduktorlar ishlab chiqaradi.

Kerak bo'lganda ushbu motor-reduktorlar fotoimpulsli datchiklar, rezolverlar va tormozlar bilan jihozlanadi (shunday qilib ular MHM sinfiga o'tadi).

Motor-reduktor o'zining afzalliklariga asosan hozirgi vaqtda eng ko'p tarqalgan elektryuritma turiga kiradi. Butun dunyoda hozirgi vaqtda har yili million dona motor-reduktorlar ishlab chiqarilyapti.

Dvigatelga har xil turdagi planetar va silindrik reduktorlarni hamda magnitli va raqamli fotoimpulsli datchiklarni blokli-modulli bog'lash tizimi 4.1.6-rasmda ko'rsatilgan.



4.1.6-rasm. Dvigatel va reduktorlarni blokli-modulli bog'lash tizimi

Ko'p hollarda motor-reduktorning chiqish vali aylanish tezligi o'zgaruvchan bo'lishi talab etiladi. Bu shartni bajarishning ikkita yo'li bor: *birinchisi – aylanma tezlikni rostlaydigan mexanik variatorlardan foydalanish; ikkinchisi – dvigatel aylanish tezligini o'zgartiruvchi elektron qurilmalardan foydalanish.*

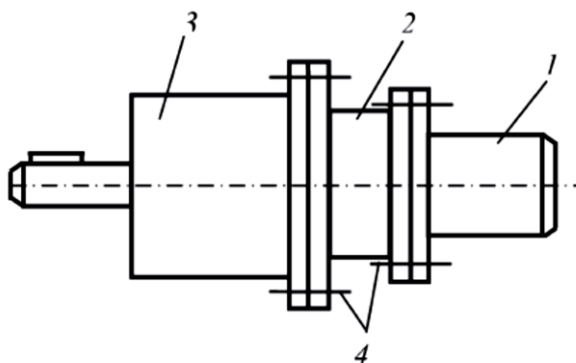
Bu ikkita usulning o'ziga yarasha afzalliklari va kamchiliklari bor. Ularni konstruktiv va texnologik vazifalarni bajarishga qarab ishlatadilar.

Agar chiqish validagi aylantiruvchi momentni kuchaytirish kerak bo'lsa, unda mexanik variatorli motor-reduktorni ishlatish maqsadga muvofiq bo'lardi.

Agar motor-reduktorning minimal gabaritlari va massasini saqlab qolish kerak bo'lsa, yoki tezlikni rostlash diapazonini kattalashtirish kerak bo'lsa, unda tezlikni chastotali o'zgartirgichlardan foydalanish afzalroq.

Motor-reduktorlarda har xil turdagi variatorlar ishlatiladi. Masalan, planetar-friktsion variatorlar. Unda mahsulot “*motor-variator-reduktor*” deb ataladi.

4.1.7-rasmda motor-variator-reduktorlarning umumiy komponovkalash sxemasi keltirilgan. Dvigatel 1, variator 2 va reduktor 3 bir-biri bilan flanetslar bilan vintlar (boltlar) 4 yordamida biriktirilgan.



4.1.7-rasm. Motor-variator-reduktorlarning umumiy komponovkalash sxemasi

Motor-reduktorlarning chastotali tezlikni oʻzgartirgichlari bilan komplektda qoʻllash dvigatel vali aylanish tezligini oʻzgartirish yordamida silliq (bosqichlarsiz) chiqish vali tezligini rostdash va momentni saqlab qolish imkonini yaratadi.

Yuritmali texnikaning rivojlanishidagi keyingi qadam bu – aylanma harakatlanuvchi **yuqori momentli dvigatellarning** paydo boʻlishi boʻldi. Ularni qoʻllash kichik tezliklarda ishlaydigan oʻzgarmas tokli elektryuritmalar tarkibidan mexanik reduktorni olib tashlash imkonini berdi.

Yuqori momentli deb doimiy magnitdan va oʻramlari elektronli kommutatsiyadan gʻalayonlanadigan oʻzgarmas tokli dvigatellarga aytiladi, yaʼni ular oʻzgarmas tok elektrdvigatellari boʻlib, ularda elektrmagnit toʻlqinlanish oʻrniga doimiy magnitlardan toʻlqinlanish qoʻllaniladi.

Bunday dvigatellar moment boʻyicha koʻp martali yuklamani oʻzgartirish imkonini yaratadi.



4.1.8-rasm. Yuqori momentli dvigatel

Yuqori momentli dvigatellar kichik tezliklarda (1000 ayl/min gacha) va yuqori momentlarda (60000 N·m gacha) aylanma harakatni ta'minlash uchun yaratilgan.

Asosiy xususiyatlari:

- kuchli reduktorlarni inkor etish imkoniyati;
- doimiy magnitlardagi sovuq rotor;
- katta F.I.K. (0,9 dan katta);
- yuqori solishtirma xarakteristikalar (100 N·m/kg gacha);
- yangi avlod materiallarni qo'llash.

Ventilli yuqori momentli dvigatellarda rotoridagi qutublari holatini aniqlash uchun qo'shimcha texnik vositalar o'rnatiladi (masalan, Xoll datchigi, induktiv va fotoelektrik datchiklar).

Odatda yuqori momentli dvigatellar $0,1-1 \cdot 10^3$ ayl/min aylanish chastotalarida ishonchli barqaror ishlaydilar. Bu aylanish chastotalari metall kesuvchi stanoklar va sanoat robotlarida ko'p qo'llaniladi.

Ular oraliq uzatmalarsiz asosiy valga ulanganda katta aylanuvchi moment hosil qilishadi. Juda kichik vaqt mobaynida va kichik aylanish chastotalarida (20-50 martalik) ko'p aylanish momenti hosil qiladi, shuning uchun ular tez ishlashi va

katta yuklamalarga chidamliligi bilan ajralib turadi. Elektromagnitli dvigatellardagidek ishlash vaqtida isib ketadigan qo'zg'alish o'ramining yo'qligi tufayli doimiy magnitli bu dvigatlarda isish ancha kam.

Yuqori momentli dvigatellar yuritmalarida reduktorning bo'lmasligi quyidagi afzalliklarni keltirib chiqaradi:

- konstruktsiyaning kompaktligi va modulliligi, material hajmining kamayishi;
- tirqishlar yo'qligi tufayli yuritmaning aniqlilik xarakteristikalarining yuqoriligi;
- mexanik transmissiyadagi ishqalanishlarning yo'qligi tufayli pozitsiyalash va nochiziqli dinamik effektlar noaniqliklarining kamayishi ;
- rezonansli chastotaning oshishi.

Mexatronikada harakat modullarining muhim rivojlanish bosqichlaridan biri bu – ***“dvigatel-ishchi organ” tipidagi modullarni*** ishlab chiqishdir. Ishlash ob'ektlariga ishchi organning maqsadga muvofiq ta'sir etishni amalga oshiruvchi texnologik mexatronika tizimlari uchun ushbu konstruktiv modullar katta ahamiyatga ega.

“Dvigatel- ishchi organ” tipidagi modullardan har xil turdagi o'zi yurar vositalar (elektrvelosipedlar va elektrmobillarda, robokar va mobil robotlarda hamda b.da) yuritmalarida keng qo'llaniladi.



4.1.9-rasm. “Dvigatel-ishchi organ” tipidagi yuritmalar

Bu modullar tarkibiga sinxron elektrdvigatel, *IGBT* yarimo`tkazgich (tranzistorlar) asosida qurilgan integratsiyalangan kuchli invertor, *IGBT* boshqarish drayveri va mexatron modulni boshqaruvchi kontroller kiradi.

- Manba kuchlanishi 220-450 V (DC), 12-14 V (DC).
- Ishlatish temperaturasi $-40^{\circ}\text{C} \dots +70^{\circ}\text{C}$.
- Maksimal aylantiruvchi moment: motorda 200 *N·m*, reduktor chiqish valida 1900 *N·m*.

- Maksimal quvvat 60 *kVt*, nominal quvvat 30 *kVt*, massa 58 *kg*.
- Suyuqlikli sovitish sistemasi.

Solishtirma aylantiruvchi momenti uncha katta bo`lmagan stanoklarda (kichik o`lchamdagi tokarli, konsol-frezerli, yuqori tezlikli frezerli stanoklarda) **“motor-shpindellar”** deb ataluvchi qurilmalar qo`llaniladi. Bu qurilmalarning yuritmalarning elektrmexanik uzellaridan asosiy ajralib turadigan konstruktiv xususiyatlari bu – shpindelni bevosita dvigatel rotorida o`rnatilganidir.

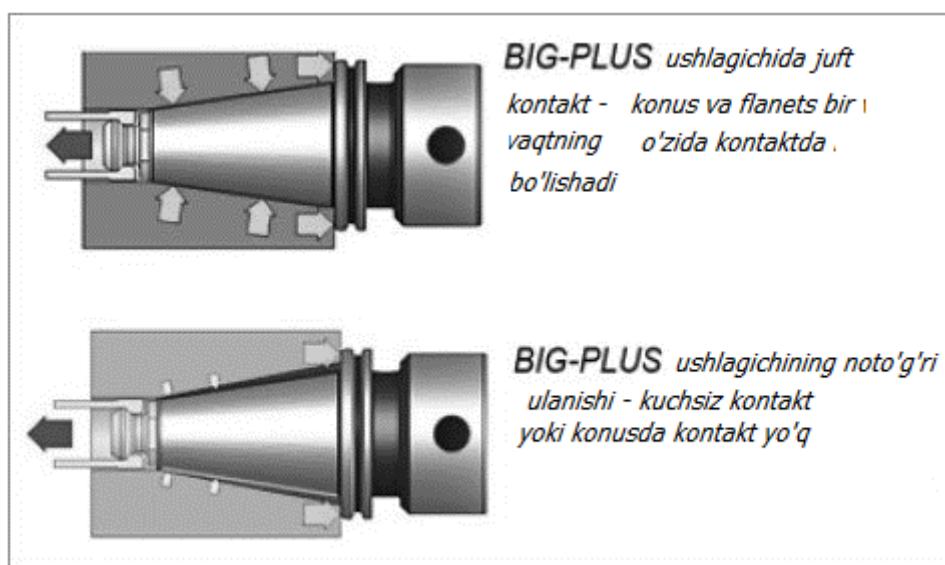
Elektrshpindellar. Raqamli dasturli boshqariladigan stanoklar uchun asbobni avtomatik almashtirish xususiyatiga ega elektroshpindellar (4.1.10-rasm) quyidagilar bilan jihozlangan:

- asbobni almashtirishni nazorat qiluvchi sensor;
- xizmat ko`rsatishni inkor qiladigan gibrid keramik podshipniklar, permanentli moylash usuli bilan – xizmat muddati 6000 soat;
- katta tezlikni ta'minlaydigan moylash sistemasi;
- katta ish unumdorligida ega *HF* motorlar (sinxron va asinxron);
- motorlarni himoyalovchi termoviklyuchatel *KTB 84*;
- aniq ishlash uchun vektorli nazorat;
- elektrshpindel ichidagi sovitish sistemasi;
- *HF* motor va podshipniklarni sovitish uchun ichki suyuqli sirkulyator;
- havo bar'yerli oldingi havo purkagich;
- asbobni almashtirish vaqtida o`qni tozalash.



4.1.10-rasm. Raqamli dasturli boshqariladigan stanoklar uchun asbobni avtomatik almashtirish xususiyatiga ega elektrshpindellar

Shpindel Big Plus. Standart *Big Plus BBT 40* markali shpindel sistemasida shpindel yuzasi va asbobni ushlaydigan flanets orasida ikkitalik kontakt mo'ljallangan (4.1.11-rasm). Detalning chuqur elementlarini samarali ishlov berish uchun *F650 Value Master* markazida 18,4 kVt quvvatli va 10000 gacha ayl/min aylanish chastotasiga ega shpindel o'rnatilgan. Bosh shpindel juda katta tezlikdagi aylanishlarda olib boriladigan ishlov berishlarda ham juda ham kichik shovqin va vibratsiya hosil qiladi, ishlov berish sifatining ishonchliligi va ichki qismlarga minimal issiqlik kirishi bilan xarakterlanadi. Katta aniqlikdagi radial-tayanchli podshipniklar katta tezlikdagi kesishlarda yuqori musbat va manfiy tezlanishlar hosil qilish imkoniyatini beradi.



4.1.11-rasm. Standart Big Plus BBT 40 markali shpindel sistemasi

Asosiy tayanch soʻz va iboralar

Mexatronik modullar strukturasi; harakat moduli; mexatronik harakat moduli; intellektual mexatronik modul; motor-reduktorlar; yuqori momentli dvigatellar; “dvigatel-ishchi organ” tipidagi yuritmalar; elektrshpindellar

Asosiy tayanch tushunchalar

* Mexatronik modullarni ularni tashkil qilgan elementlariga qarab 3 ta guruhga ajratish mumkin: *harakat moduli (HM); mexatronik harakat moduli (MHM); intellektual mexatronik modul (IMM)*.

* **Harakat moduli (HM)** - konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot boʻlib, unda boshqariladigan dvigatel va mexanik qurilma konstruktiv birlashtirilgan.

* **Mexatronik harakat moduli (MHM)** - konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot boʻlib, unda boshqariladigan dvigatel, mexanik qurilma va axborot qurilmasi konstruktiv birlashtirilgan. Taʼrifga asosan HMga koʻra bu yerga axborot qurilmasi joylashtirilgan.

* **Intellektual mexatronik modul (IMM)** - konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot boʻlib, dvigatel mexanik, axborot, elektron va boshqaruv qismlarni sinergetik integratsiyalash yoʻli bilan qurilgan.

* 1927 yilda «Bayer» firmasi tomonidan printsipliy yangi konstruktsiya – motor-reduktor ishlab chiqildi. Bunda elektrodvigatel va mexanik harakatni oʻzgartiruvchi (reduktor) birta ixcham konstruktorlik moduliga birlashtirilgan.

* Motor-reduktorlar afzalliklari: gabarit oʻlchamlarning kichrayishi; bogʻlovchi detallari sonining kamayishi; oʻrnatish, sozlash va ishga tushirish ishlariga xarajatning kamayishi; ishlatish xususiyatlarining yaxshilanishi (chang va namlikdan himoya, vibratsiyalarning kamayishi, noxush ishlab chiqarish sharoitlarida xavfsizlik va ishonchlilik).

* Yuritmali texnikaning rivojlanishidagi keyingi qadam bu – aylanma harakatlanuvchi **yuqori momentli dvigatellarning** paydo boʻlishi boʻldi. Ularni qoʻllash kichik tezliklarda ishlaydigan oʻzgarmas tokli elektryuritmalar tarkibidan mexanik reduktorni olib tashlash imkonini berdi.

* ***Yuqori momentli*** deb doimiy magnitdan va o`ramlari elektronli kommutatsiyadan g`alayonlanadigan o`zgarmas tokli dvigatellarga aytiladi, ya`ni ular o`zgarmas tok elektrdvigatellari bo`lib, elektrmagnit to`lqinlanish o`rniga doimiy magnitlardan to`lqinlanish qo`llaniladi.

* Solishtirma aylantiruvchi momenti uncha katta bo`lmagan stanoklarda (kichik o`lchamdagi tokarli, konsol-frezerli, yuqori tezlikli frezerli stanoklarda) **“motor-shpindellar”** deb ataluvchi qurilmalar qo`llaniladi. Bu qurilmalarning yuritmalarning elektrmexanik uzellaridan asosiy ajralib turadigan konstruktiv xususiyatlari bu – shpindelni bevosita dvigatel rotorida o`rnatilganidir.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Mexatron modullar strukturasini tushuntiring.
2. Harakat moduli nima?
3. Mexatron harakat modullariga qaysi qurilmalar kiradi?
4. Motor-reduktorlarning oddiy yuritmalarga nisbatan afzalliklari nima?
5. Intellektual mexatron modul qaysi qismlardan tarkib topgan?
6. Mexatron modullar klassifikatsiyasini tushuntiring.

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar

§4.2. MEXATRONIK HARAKAT MODULLARI

4.2.1. Mexatronik harakat moduli tarkibi

Yangi elektron texnologiyalarning rivojlanishi miniatyurali (kichkina) datchiklar va signallarni qayta ishlovchi elektron bloklarni yaratish imkonini berdi.

Harakat modullari tarkibiga ana shu kichkina datchiklarni va elektron bloklarni kiritish bilan ularni mexatron harakat modullari (MHM)ga aylantirish mumkin.

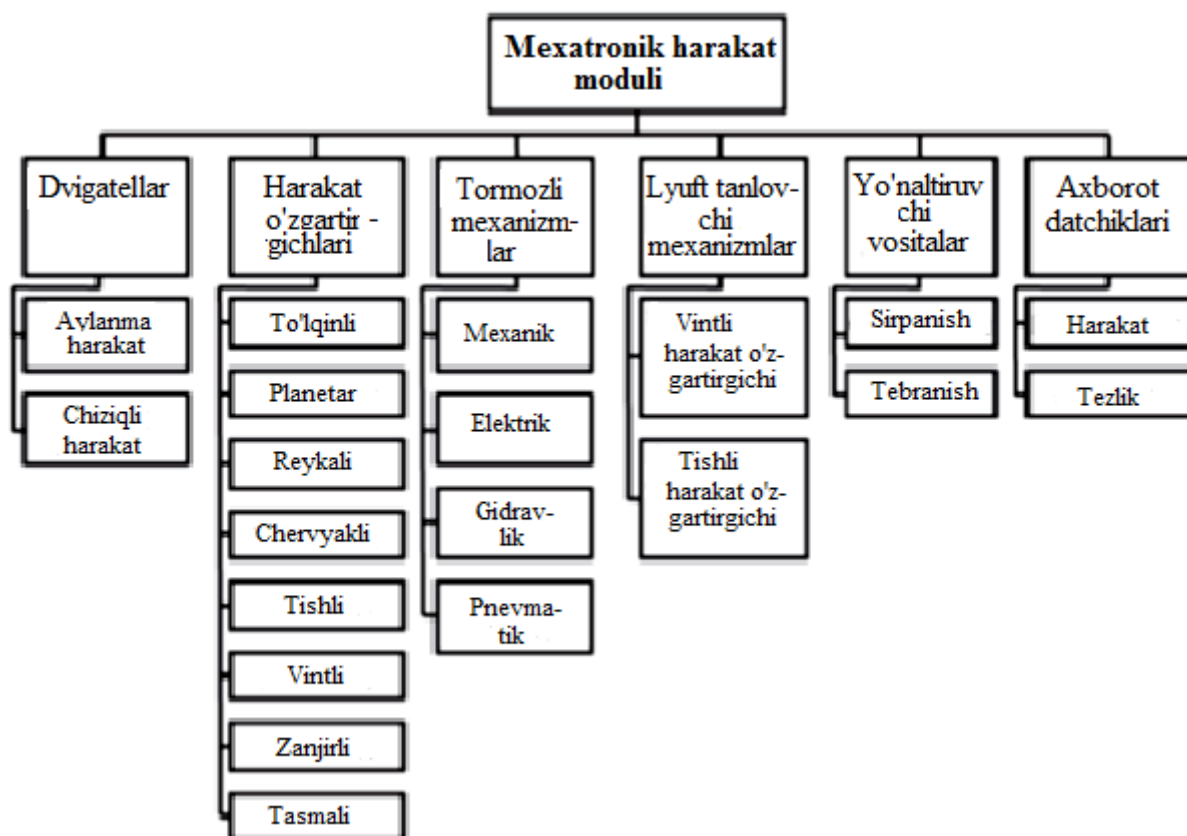
Mexatron modullar “funktional” kubiklar boʻlib, ulardan murakkab mexatron tizimlar qurish mumkin.

Avtomatlashtirilgan texnologik operatsiyalarning xususiyatlari ijrochi harakatlarning hosil qilinadigan kuchlanish, aniqlik va tezliklarga oʻziga xos talablar qoʻyadi. Mexatron modullar oʻlchamlarining minimal boʻlish talabi ularni texnologik mashinalarga oʻrnatish kerakligidan kelib chiqadi.

Ularga misol qilib har xil dvigatellar va harakat oʻzgartiruvchilar asosida qurilgan qurilmalarni, reduktorsiz mexatron modullarni, reduktorsiz aylanuvchi stollarni aytish mumkin.

Hozir qoʻlostida bor boʻlgan seriyali ishlab chiqarayotgan komponentlardan mexatron modullarni sintez qilish texnik va iqtisodiy nosamarali yechimlarga olib keladi. Shuning uchun oʻzining xizmat vazifalariga mos keladigan maxsus mexatron harakat modullarini loyihalash ratsional hisoblanadi.

MHM tarkibi 4.2.1-rasmda keltirilgan.



4.2.1-rasm. Mexatronik harakat moduli tarkibi

Ayrim bloklar tuzilishi sxemada ko'rsatilgandan farq qilishini ta'kidlash joiz. Siljish va tezlik datchiklari bilan birga MHM larda kuch datchiklari, aylanma moment datchiklarini ishlatish mumkin.

4.2.2. Elektryuritmal mexatronik harakat modullari

Elektryuritmal MHM lar asosan quyidagi asosiy qismlardan (bloklar) iborat:

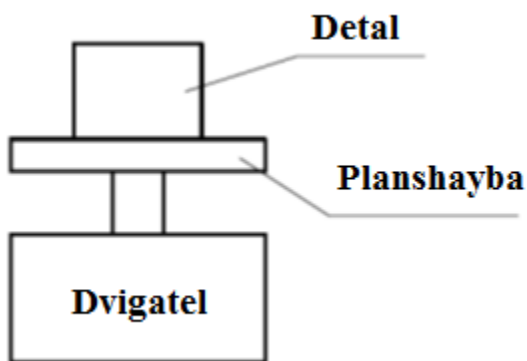
- dvigatel, ya'ni elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi elektromexanik o'zgartirgich;
- harakat o'zgartirgichi (reduktorsiz MHM larda ular yo'q);
- harakatlanadigan zvenoni tezligini kamaytiruvchi, to'xtatuvchi va uni bir joyda ushlab turuvchi tormoz qurilmasi (ayrim hollarda bo'lmasligi ham mumkin);
- harakat o'zgartirgichlarning ayrim turlarida uchraydigan tirqishni (o'lik

yo`lni) tanlash uchun mo`ljallangan lyuft tanlovchi mexanizm (ayrim hollarda bo`lmasligi ham mumkin);

- MMning chiqish zvenosiga nisbatan harakatni amalga oshiruvchi yo`naltirgich (ayrim hollarda bo`lmasligi ham mumkin);

- o`lchash, yuzatish, o`zgartirish, saqlash va qayd qilishda qulay bo`lgan nazorat o`lchamlarini o`lchash uchun qulay signallarga aylantiruvchi hamda boshqariladigan jarayonlarga ta`sir etuvchi axborot qurilmasi.

4.2.2 va 4.2.3-rasmlarda mexatron aylanuvchi stol sxemasi berilgan. Stol dvigatel, vertikal aylanish o`qiga ega bo`lgan rotor, ishlov beriladigan detal o`rnatilgan planshaybalardan iborat (4.2.2- rasm). Dvigatel rotori planshayba bilan bevosita (reduktorsiz) bog`langan. Aylanma stolning texnologik vazifasi – planshaybaga o`rnatilgan detalni pozitsiyalash yoki o`lchov va belgilash ishlarini olib borishda bir maromda ushlab turish uchun belgilangan dastur asosida aylantirish yoki metall kesuvchi (sverloli-frezerli-rastochkali) stanoklarda detallarga ishlov berishdir.

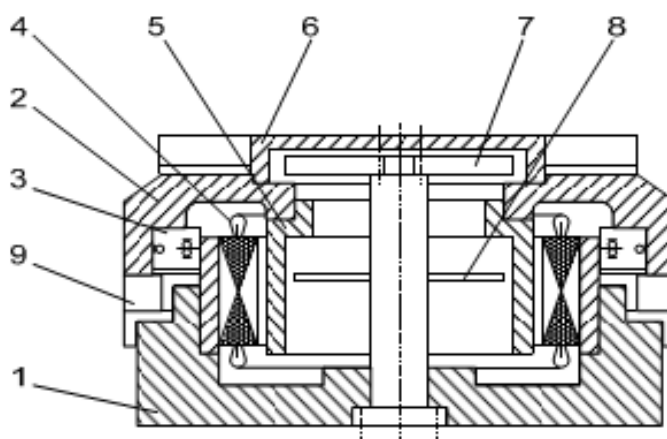


4.2.2-rasm. Aylanuvchi stol komponovkasi

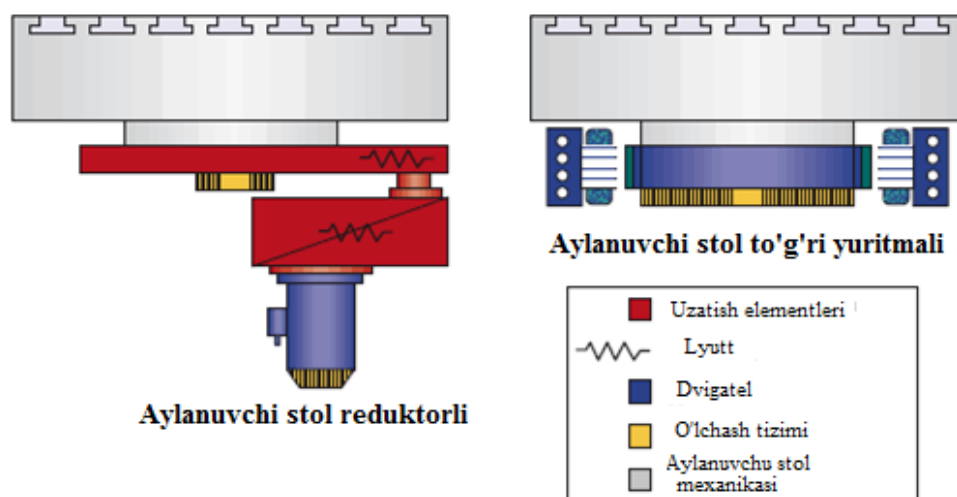
4.2.3-rasmda ko`rsatilgan mexatron harakat moduli quyidagilardan tarkib topgan: 1-asos; 2- aylanuvchi stol; 3- tayanch podshipniklar; 4- uch fazali maxsus joylashtirilgan elektrdvigatel; 5- rotor; 6- planshayba; 7- holat danchigi; 8- tezlik datchigi; 9- gidrotormoz.

Aylanuvchi stol elektrdvigatelning podshiplariga tayanadi. Elektrdvigatel

rotori planshayba va gidrotormoz bilan bog`langan. Bundan tashqari rotorda holat va tezlik datchiklari o`rnatilgan. Gidrotormoz planshaybani texnologik jarayon uchun kerak bo`lgan holatda to`xtatib turadi. Elektrdvigatel rotorini planshayba bilan reduktorsiz bog`lash lyuftni yo`qotishga imkon beradi, bu o`z navbatida stolni pozitsiyalash aniqligini va uning texnologik imkoniyatlarini oshiradi. Bunda stolning konstruktsiyasi soddalashadi, detallar soni kamayadi, mustahkamlik oshadi.



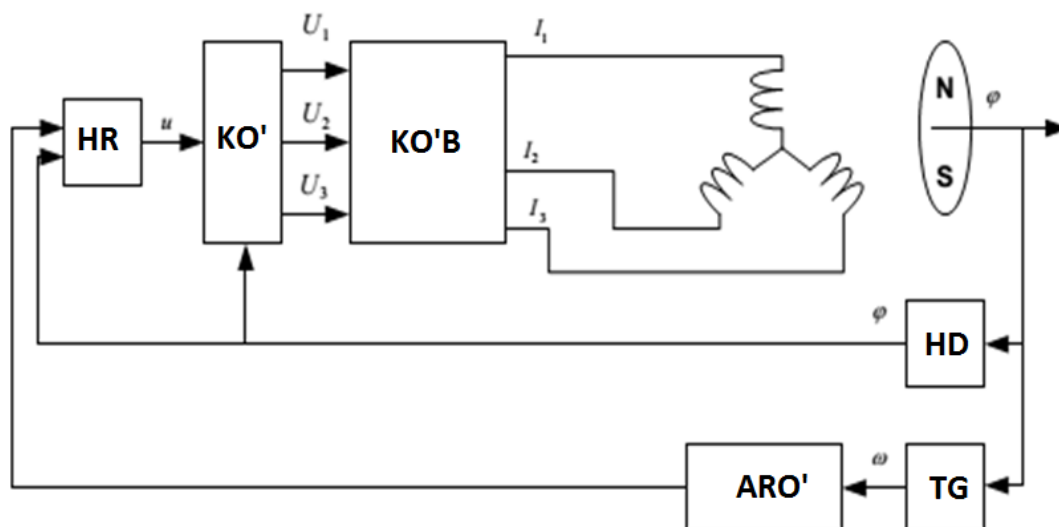
4.2.3-rasm. Aylanuvchi mexatronik stol sxemasi



Manba : Control Engineering и компания Bosch Rexroth AG.

4.2.4-rasm. Taqqoslash uchun reduktorli va to`g`ri yuritmal stollar sxemalari

To'g'ridan to'g'ri reduktorsiz ishlatiladigan yuritma stol konstruktsiyasini soddalashtiradi va avtomatlashtirish vositalarini qo'llashni osonlashtiradi. Aylanuvchi mexatronik stolning funksional sxemasi 4.2.5-rasmda ko'rsatilgan.



4.2.5-rasm. Aylanuvchi mexatronik stolning funksional sxemasi

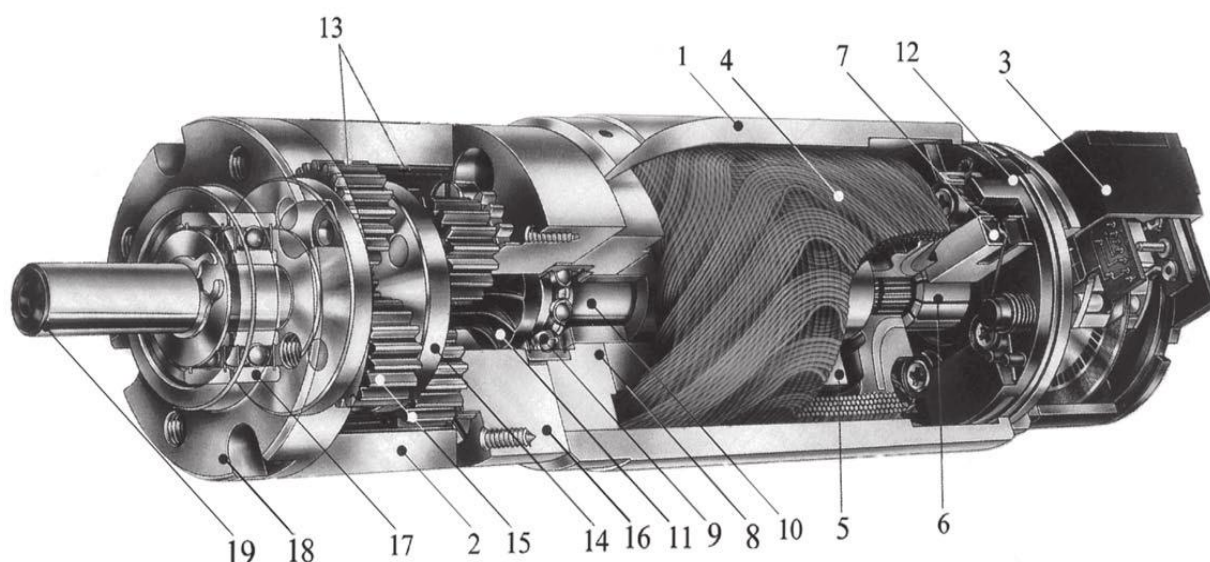
*KO'B – kuchatiruvchi-o'zgartiruvchi blok; KO' – koordinatalar o'zgartirgichi;
HR – holat rostlagichi; HD-holat datchigi; TG-taxogenerator; ARO'-analog-
raqamli o'zgartirgich*

Stol 2N qutbli 3 fazali elektr mashina asosida ishlangan. Statorda mashina o'rami (obmotkasi) joylashgan, rotorda esa – doimiy magnitlar. Shunday qilib rotorni almashtirish sxemasida doimiy magnit ishlatilgan (4.2.3-rasm). Rotor o'qi holat datchigi bilan bog'langan. U rotorning φ burchakka aylanishini aniqlaydi. Qo'shimcha ravishda aylanuvchi stol tok datchiklari (har bir stator o'rami fazasida alohida), tokning analogli rostlagichi, tiristorli kuchaytirgich, taxogenerator va taxogeneratoridan kelayotgan signallarni raqamlovchi analogli-raqamli o'zgartirgich bilan jihozlangan. 4.2.3-rasmda tok datchiklari, analogli rostlagich va tiristorli kuchaytirgich KO'Bga birlashtirilgan.

Signal HDdan KO' kirishiga uzatiladi. KO'ning ikkinchi kirishiga HRdan u boshqarish signali kiradi. Mikroprotssessor bazasida yaratilgan KO' fazadagi

kuchlanishlar U_1, U_2 va U_3 larni hisoblaydi. Bu fazalar elektr burchak $\varphi_e = N\varphi$ funksiyasi sinusoidal qonuni bo'yicha o'zgaradi va bir-biriga nisbatan 120 elektr gradusiga siljigan bo'ladi. Bu kuchlanishlar KO'B quvvat bo'yicha kuchaytiriladi va statorning o'ramiga beriladi. Statorning o'zgaruvchan toklari I_1, I_2 va I_3 tebranuvchi magnit maydonini hosil qiladi. Buning natijasida statorning aylanuvchi magnit maydonini paydo bo'ladi. Stator va rotorning magnit maydonlari ta'sirlashuvi natijasida dvigatel rotorini harakatga keltiruvchi aylantiruvchi moment hosil bo'ladi.

MAXON firmasining mexatronik harakat moduli 4.2.5-rasmda ko'rsatilgan.



4.2.5-rasm. **MAXON** firmasining mexatronik harakat moduli

U kollektorli dvigatel 1, ikki bosqichli planetar reduktor 2 va holatning fotoimpulslı datchigi 3 dan iborat. Dvigatel o'ram (obmotka) 4, magnit 5, kollektor 6, chiyotkalar 7, flanets 8, podshipnik 9, val-shesternya 11 bilan tugaydigan val 10 va qopqoq 12 dan iborat.

2K-N rusumli reduktorning har bir bosqichi bitta tashqi va bitta ichki ilashma bilan 2 ta markaziy g'ildirak 11 va 13 (birinchi bosqich), vodilo 14 va satellitlar 15 ga ega. Podshipnik 9 ni o'rnatish uchun maxsus montaj plitasi 16 mavjud.

Fotoimpulsli datchik chiqish valining holati va harakatini aniqlash uchun mo'ljallangan.

Chiqish zvenosi chiziqli harakatlanadigan MHM sxemasi 4.2.6 rasmda berilgan.

A detailed technical cross-section drawing of a mechanical assembly. The drawing shows a central horizontal shaft (1) with a threaded section on the left and a smooth section on the right. The shaft is supported by bearings (2) and is connected to a gear (3) on the left. The gear is mounted on a shaft (4) that is part of a larger assembly (5). The assembly is housed within a frame (6) and is secured by a cover (7) on the left and a base (8) on the right. The drawing includes various hatching patterns to indicate different materials and components. The numbers 1 through 10 are used to identify specific parts of the assembly.

Dvigatel rotori 1 aylanganda val 2 gayka 5 ni aylantiradi, bunda sharik 4 lar orqali vint 3 ning ilgarilanma harakati vujudga keladi.

302

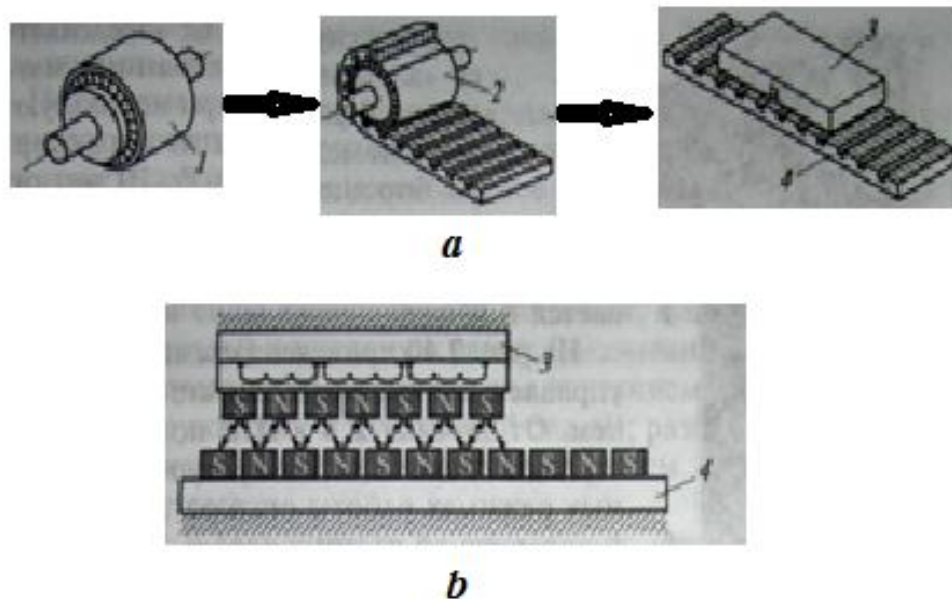
oldini olish maqsadida unga uchta o`q bo`ylab tirqish (paz)lar qilingan bo`lib, pazlarga yo`naltirgich 6 ning shariklari 10 kiradi. Vint 3 ning harakat qiymatlarini fotoimpulsli datchik 8 belgilab boradi. Elektr energiyasi o`chgan paytda korpus 9da joylashgan elektromagnit tormoz 7 ishga tushadi va vint to`xtatiladi.

Chiziqli harakat uchun mexatron modullar *chiziqli dvigatellar* asosida quriladi. Stanoklarda chiziqli siljitish uchun aylanma harakat elektrodvigateli va aylanma harakatni to`g`ri chiziqli ilgariylanma harakatga aylantiruvchi mexanik uzatgichlar (tishli reyka, sharikli vintli juftlik va b.) bilan berish yuritmasi ishlatilgan. Mexanik uzatgichlarni ishlatmaslik maqsadi aylanma harakat qiluvchi stator 1 va rotor 2ni tekislikda chiziqli qiluvchi dvigatellarni yaratish fikriga olib keldi (4.2.7-rasm, a).

Shunday qilib, bir mexatron uzeli yuritmaning yurituvchi va bajaruvchi elementlari konstruktiv birlashtiriladi. Odatda harakat qiluvchi qismida (stanokning ishchi organi - supportda, stolda va b.da) elektromagnitlar 3 (4.2.7-rasm, b), yo`naltiruvchi (harakat qilmaydigan) qismida doimiy magnitlar 4 joylashtiriladi. Chiziqli dvigatellarda harakati doimiy magnitlarning va elektromagnit g`altak (katushka)larning magnit maydonlarining o`zaro ta`siri natijasida paydo bo`ladi, ya`ni, bevosita energiyani chiziqli harakatga aylanishiga olib keladi.

1980-yillardan boshlab chiziqli dvigatellarni ishlab chiqish yo`lga qo`yilgan, lekin ularning past solishtirma kuch ko`rsatgichlari sababli kam sohalarda ishlatilgan (grafopostroitellar, koordanata o`lchaydigan mashinalar) avtomatlashtirilgan jihozlarda ishlatish imkoni bo`lmagan.

Mexatron yondoshish asosida yuqori momentli dvigatellar bazasida aylanma harakat modullarini yaratish oxirgi yillarda chiziqli harakat qiluvchi modullarda ham o`z rivojini topdi. Bunday loyihalashning maqsadi yuqoridagisiga o`xshash –MHM tarkibidan mexanik uzatmalarni olib tashlash.



4.2.7-rasm. Aylanma harakatlanuvchi elektrdvigatelni chiziqli harakatlanuvchiga o`zgartirish sxemasi (a) va uni amalga oshirish (b).

1-stator; 2-rotor; 3-elektromagnitli blok; 4-doimiy magnet plitasi

Chiziqli yuqori momentli dvigatellar asosida yaratilgan mexatronik harakat modullari geksapodlar, yuqori tezlikli stanoklar (ko`p maqsadli, frezerli, shlifovkalaydigan), suv oqimi va lazer yordamida kesish komplekslari, yordamchi uskunalar (krest stollar, transportyorlar)da ishlatiladi.

Ularning afzalliklari:

- maksimal tezlikning (150-210 m/min) va tezlanishning (kelajakda 5g gacha) bir necha marta oshishi;
- harakatlar amalga oshirishning o`ta aniqligi;
- statik va dinamik qattqlik (жесткость)ning yuqoriligi;

Shu bilan birga chiziqli yuqori momentli dvigatellarni loyihalash va tadbiq etishning muammolari bor: narxining qimmatligi; sovutish tizimining ishlatilish lozimligi (havo yoki suyuqlikli); modulning nisbatan uncha katta bo`lmagan F.I.K. va boshqalar.



4.2.8-rasm. CTS kompaniyasining (Italiya) chiziqli harakatlanish modullari

CTS kompaniyasining chiziqli modullari (4.2.8-rasm) ikkitalik sharikli podshipniklar bilan jihozlangan va uning maxsus rolikka ega relsli yo`naltiruvchisi bor. Bu roliklar moylashni talab qilmaydi, shuning uchun ifloslangan muhitda (chang, strujka) yoki moylash zarar etkazadigan muhitlarda (qog`oz yoki mato) ishlatiladi. Modul a`lo xarakteristikaga va yuqori aniqlikka ega, hamda ishining silliqiligi bilan ajralib turadi.

Asosiy tayanch so`z va iboralar

*Mexatronik harakat moduli; harakat o`zgartirgichi; axborot qurilmasi;
aylanuvchi stol; chiziqli dvigatellar; yuqori momentli dvigatellar*

Asosiy tayanch tushunchalar

* Harakat modullari tarkibiga miniatyur (kichkina o`lchamli) datchiklarni va elektron bloklarni kiritish bilan ularni mexatron harakat modullari (MHM)ga aylantirish mumkin.

* Mexatron harakat modullariga misol qilib har xil dvigatellar va harakat o`zgartiruvchilar asosida qurilgan qurilmalarni, reduktorsiz mexatron modullarni, reduktorsiz aylanuvchi stollarni aytish mumkin.

* Elektryuritmal MHM lar asosan quyidagi asosiy qismlardan (bloklar)

iborat: dvigatel, ya'ni elektr energiyasini mexanik energiyaga aylantiruvchi elektromexanik o'zgartirgich; harakat o'zgartirgichi (reduktorsiz MHM larda ular yo`q); harakatlanadigan zvenoni tezligini kamaytiruvchi, to`xtatuvchi va uni bir joyda ushlab turuvchi tormoz qurilmasi (ayrim hollarda bo`lmasligi ham mumkin); harakat o'zgartirgichlarning ayrim turlarida uchraydigan tirqishni (o`lik yo`lni) tanlash uchun mo`ljallangan lyuft tanlovchi mexanizm (ayrim hollarda bo`lmasligi ham mumkin); MMning chiqish zvenosiga nisbatan harakatni amalga oshiruvchi yo`naltirgich (ayrim hollarda bo`lmasligi ham mumkin); o`lchash, yuborish, o'zgartirish, saqlash va qayd qilish uchun qulay bo`lgan nazorat o`lchamlarini o`lchash uchun qulay signallarga aylantiruvchi hamda boshqariladigan jarayonlarga ta'sir etuvchi axborot qurilmasi.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Mexatron modullar klssifikatsiyasini tushuntiring.
2. Aylanuvchi mexatronik stolning tuzilishini aytib bering.
3. Aylanuvchi mexatronik stolning ishlash printsipini tushuntiring.
4. “Harakat moduli” va “Mexatronik harakat modullari” haqida tushuncha bering va ular orasidagi farqni ko`rsating.
5. Harakat modullarini ishlash printsipini tushuntiring.
6. Mexatron harakat modul tarkibiga nimalar kiradi?
7. Mexatron harakat modullarning strukturaviy va funktsional sxemalarini tushuntiring.

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

§4.3. INTELLEKTUAL MEXATRONIKA MODULLARI

4.3.1. Intellektual mexatronika modullariga tushuncha

*Intellektual mexatron modullar (IMM)*ning yaratilishi mexatronika rivojlanishi zamonaviy bosqichining asosiy xususiyati hisoblanadi. Mexatron harakat modullaridan farqi - ularda qo`shimcha ravishda mikroprotsessorli hisoblash qurilmalari va kuchli elektron o`zgartirgichlar o`rnatilgan bo`ladi. Bu esa IMMlarga intellektuallik xossalarini yaratadi.

Intellektual mexatron modullar uchun modullik printsipli xos bo`lib hisoblanadi. **Kontroller + kuch o`zgartirgich + dvigatel + mexanizm + datchik** modullarining birlashmasi va kontrollerning belgilangan **dasturiy ta`minoti** bo`lgan taqdirda **intellektual mexatron ijro etuvchi mexanizm** bo`lib hisoblanadi. Ammo bu elementar modullar asosida yasalgan ijro etuvchi mexanizmlar berilgan talablarga hamma vaqt ham javob bera olmaydi. Zamonaviy yuqori texnologik intellektual modul (IM)larni yaratishga mexatron yondoshishni, mexanik, elektromexanik, elektron, elektrotexnik, kompyuter va interfeys elementlarining o`zaro hamkorligini, oraliq energiya va ma`lumotlar hosil bo`lishini minimallashtirishni, hamda elektr va mexanik interfeyslarning alohida blok sifatida ishlashini talab qiladi. Bu talablar ijrochi mexanizmlarining ixchamligi, aniqligi va tannarxi kabi ko`rsatgichlarni yaxshilashga olib keladi.

*Intellektual mexatron modul (IMM)*larda zamonaviy mexatron modullarning 3 ta komponentlari birlashtirilgan – elektromexanik, elektron va kompyuterli.

Mexatron modullarning zamonaviy rivojlanishi bo`lib ularning ko`p funktsional harakatlarini intellektuallashtirish xizmat qiladi. Texnik jihatdan intellektual mexatronik modullarini rivojlantirish mikroprotsessor tizimlarining jadal rivojlanishi bilan bog`liqdir. Ishlab chiqarish texnologiyalarining rivojlanib borishi mikroprotsessorlar narxining pasayishiga va rentabelligining oshirishga va shu sababli uni amaliyotga keng qo`llashga olib keladi.

Harakatlanish mexatron modullarning intellektuallashuvi interfeysli birlashish nuqtasiga qarab 3 yo`nalishga bo`linadi:

1. Boshqaruv kontrollerini yuqori bosqichdagi kompyuter bilan yaxlit apparat-dastur boshqaruv kompleksiga bog`lovchi integrallashgan interfeyslarni yaratish.
2. Boshqaruv kontrollerlari va kuch o`zgartirgichlarni integratsiyalash orqali intellektual kuch modullarini yaratish.
3. Barcha oddiy o`lchov vazifalaridan tashqari signallarga kompyuterli ishlov beruvchi va ularni dasturlarga mos ravishda o`zgartiruvchi intellektual sensorlarini yaratish.

Kompyuterli boshqarish qurilmalari (KBQ)ning mexatron modullarda texnik qo`llash usullarining ko`rib chiqamiz.

4.3.2.Harakat kontrollerlari

Yuqorida ko`rsatilgan 1-yo`nalish – foydalanuvchiga modul harakatini boshqarishni kompleks vazifalarini yechishni tez va to`laqonli bajarish imkonini beradigan yangi avlod kompyuter qurilmalarini yaratishni ko`zga tutadi.

Mexatron harakatlarni boshqarish masalasini ikkita asosiy qismga ajratish mumkin:

- harakatni rejalashtirish;
- harakatni vaqt davomida bajarish.

Harakatni rejalashtirish va dasturni avtomatlashgan tarzda boshqarish masalasini yuqori bosqichdagi kompyuter belgilaydi. Bu kompyuter o`z navbatida topshiriqlarni inson-operatoridan oladi. Signallarni hisoblash va harakat signallarini yuritmalarga berish vazifasini harakat kontrolleri amalga oshiradi. Shunday qilib, KBQ arxitekturasida kompyuter va kontrollerning ishtiroki boshqarishning topshiriqlarini bajarishda vazifalarni ajratish nuqtai nazaridan maqsadlidir.

Faqat oddiy modullarda vaqt vaqti bilan oddiy kontrollerlar ishlatiladi va ular shartli ravishda arzonligi bilan foydalanuvchilar uchun qulaydir. Bu turdagi

kontrollerlar vazifasi bir (kam hollarda ikki) koordinata bo`ylab mexanik harakatni boshqarish bo`lib, murakkab boshqaradigan strukturalar uchun oddiy interfeysga ega.

Operator tomonidan uncha qiyin bo`lmagan tilda (masalan, *BASIC*) boshqarish dasturini tuzish lozimligi, aloqa kanallarining kamligi va xotirasi hajmini kichikligi bu turdagi kontrollerlarni intellektual boshqariladigan ko`p koordinatli mexatron tizimlarda ishlatish mumkin emasligini ko`rsatadi.

Zamonaviy kontrollerlar boshqarilayotgan mexanik ob`ektning joylashuvi va/yoki tezligini teskari aloqa printsipli asosida boshqaradi, ya`ni mexatron tizim ijro etish bosqichida yopiq tizim bo`lib hisoblandi. Ochiq tizim bugungi kunda faqat qadamli dvigatelli tizimlarda ishlatiladi. Qadamli dvigatellar grafopostroitellar, plotterlar, aylanma stollar va boshqa sodda uskunalarda ishlatiladi.

Avtomatlashtirilgan mashinasozlik uskunalarida (metall kesuvchi, texnologik robotlar) harakatlarning aniqligiga erishish uchun faqat yopiq boshqaruv tizimlari ishlatiladi.

Ko`p funktsional harakatlarni amalga oshirishi uchun kontrollerlar tashqi qurilmalar bilan aloqada bo`lishini ta`minlaydigan qo`shimcha kirish/chiqish interfeyslari mavjud. Odatda, bu signallar diskret shaklga ega (*I/O*). Sanoatda avtomatik tizimlarda jihozlar bilan aloqa qilish uchun dasturlanadigan mantiqiy kontrollerlar (DMK) keng qo`llaniladi. Bunda harakat kontrollerlari va DMK orasidagi axborot almashinish faqat diskret kirish/chiqish bloklari orqali amalga oshiriladi.

Kontrollerlar tomonidan kuchli o`zgartirgichlar uchun boshqariladigan signallarning shakllanishining 2 usuli keng tarqalgan:

- analogli topshiriq signallari;
- modullashgan boshqaruv signallari.

Analogli boshqaruv signallarini hosil qilish uchun (-10V dan +10V gacha o`zgarimas tok) elektr kuchlanish beradigan raqamli-analogli o`zgartirgich kerak bo`ladi. Energiya nuqtai-nazaridan o`zgartirgichlarning kuch tayanchlarini

boshqarishda keng-impulsli modulyatsiya (широотно-импульсная модуляция (ШИИМ)) metodini qo'llash foydaliroqdir.

Kontrollerlarning texnik izohlarida harakatlar kattaligini asosan o'lchami [Imp] (*Steps* yoki *Counts*), tezlik esa [Imp/s] (*Steps/sec* yoki *Counts/sec*) birliklarda o'lchanadi. Bu kattaliklar teskari aloqa datchiklarning xarakteristikalarini hisobga olmagan holda kontrollerning shaxsiy xususiyatlarini ifoda etadi. SI sistemasida harakat xarakteristikalarini aniqlash uchun ushbu kattaliklarni tanlab olingan datchiklar ko'effitsiyentiga bo'lish kerak. Masalan, oddiy aylanuvchi fotoimpulsli qabul qiluvchi (enkoder) 5000 Imp/ayl ko'effitsiyentiga ega, tanlab olingan rezolver esa 65000 Imp/ayl ko'effitsiyentiga ega. Unda kontrollerning pasport xarakteristikasi 1000000 Imp/s bo'lganda, motorning maksimal aylanish tezligi 200 ayl/s ni olamiz, rezolver apparati – 15,38 ayl/s.

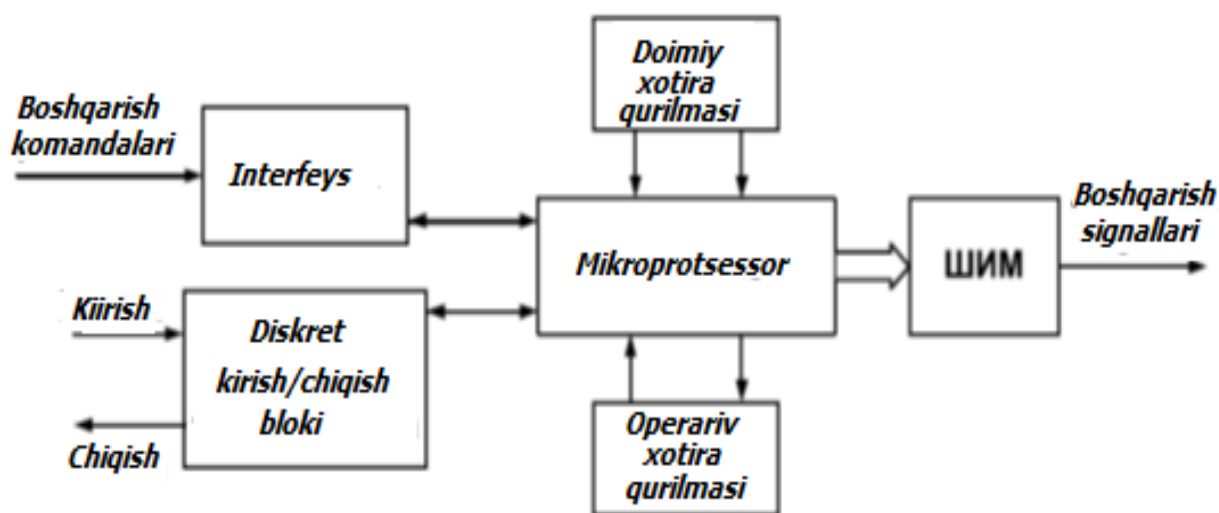
Intellektual mexatron modulni yaratishda KBQ apparat arxitekturasining 2 ta asosiy varianti mavjud:

- standart interfeys bilan bog'langan yuqori bosqich kompyuterini va harakat kontrollerini alohida moslama sifatida qo'llanishi (bunda kontroller kompyuterga nisbatan tashqi blok bo'lib hisoblanadi);
- monoblok konstruktsiya, bunda kontroller kompyuter ichiga o'rnatiladi (ichida o'rnatilgan kontroller).

Mazkur apparat sxemalar turli sohalarda tadbqiq qilinadi. “Tashqi kontroller” tipidagi kontrollerlarni bir nechta ko'p koordinatali boshqariladigan (stanoklar, robotlar, yordamchi uskunalar) murakkab mexatron tizimlarda qo'llash maqsadga muvofiqdir.

Bu tizimlarda kompyuter server vazifasini bajaradi, harkatni rejalashtiradi, dispetcherlik funksiyasini amalga oshiradi, kompleksning barcha kontrollerlari ishini boshqaradi. Ichiga o'rnatilgan kontrollerlar bitta mexatron tizim tarkibiga kiruvchi bir nechta mexatron modullar harakatini boshqarish uchun xizmat qiladi.

“Tashqi kontrollerli” KBQsining blok-sxemasini ko'rib chiqamiz.



4.3.1-rasm. Harakat kontrolleri blok-sxemasi

Boshqarishning moslashuvchanligi qo'llanilayotgan mikroprotsektor tomonidan ta'minlanadi.

Funksional harakatlarni rejalashtirish amaliy dasturiy paketlar yordamida yuqori bosqich kompyuterdagi operator tomonidan amalga oshiriladi. Bundan tashqari kompyuter kontroller uchun standart interfeys (masalan, RS-232C) orqali yuboriladigan topshiriqlarni avtomatik generatsiya qiladi. Bu topshiriqlar ijrochi dvigatel valining talab qilingan holati, tezligi va tezlanishini vaqt bo'yicha o'zgarishi qonuniyatini ko'rsatadi

“Ichiga o'rnatilgan kontroller” arxitekturasida harakatni boshqarish uchun apparat platformasi sifatida personal kompyuter (PC) ishlatiladi. Bu mexatron modul va tizimlarning ko'p funktsiyali harakatini rejalashtirish va boshqarish, axborot-o'lchov ma'lumotlarini qayta ishlash funktsiyalarini bitta qurilmada bajarish imkonini beradi. Foydalanuvchi nuqtai nazaridan buning afzallik tomonlari oddiy - operatsion tizimlar va dasturiy vositalarning (*AutoCAD, Excel, Windows NT/95/3.1, C++* va b.) harakatni dasturlaydigan tizimlar bilan integratsiyalashuvidir. Boshqaruv kompyuterlarining bitta tarmoqda birlashtirish yacheyka, sexlar va korxonalarni avtomatlashtirish vazifalarini bajarishda taqsimlangan boshqaruv komplekslarini yaratish imkoniyatini beradi. Bunda

PCdagi modul strukturasi apparatni issiqlik, tebranish va ishlab chiqarishning boshqa ta'sirlaridan himoyalaydi.

Ichiga o'rnatilgan kontrollerlar kompyuterning qo'shimcha raz'yomiga ulangan maxsus platalar (*plug-incard*) sifatida ishlab chiqariladi. Kontroller va PC orasidagi ma'lumot almashtirish adres va ma'lumotlarning oddiy shinasini (32-bitli) orqali amalga oshiriladi. Oddiy shina standartlari *ISA*, *STD*, *VME* va *IBM-PC Bus* bo'lishi mumkin. Kontroller platasida shu bilan birga yuritma kuch o'zgartirgichi, teskari aloqa datchigi (analogli va raqamli), tashqi diskret kirish/chiqish uchun kerakli raz'yom joylari mavjud.

4.3.3.Intellektual kuch modullari

Harakat kontrollerlari va kuchli o'zgartirgichlarni integratsiyalashga qaratilgan mexatron modullarni intellektuallashtirish usullari va yo'llarini ko'rib chiqamiz. Bunday yechimlar komponentlari bir-biridan katta masofada joylashgan ko'p o'lchamli mexatron tizimlar uchun maqsadga muvofiq bo'ladi. Bunday holda boshqarish sistemasini bitta kompyuter bazasida amalga oshirish qiyin yoki umuman texnik jihatdan mumkin bo'lmaydi. Chunki uzoq masofalarga signallarni uzatish va qabul qilish texnik jihatdan mumkin emas (masalan, oddiy *RS-232* protokoli ma'lumot va signallarni faqat 9,15 m masofaga uzata oladi).

Bunday tizimlarda har bir modulni boshqarish bloki o'zgartirgich korpusiga yoki elektrdvigatelning klemma korobkasiga o'rnatilgan bo'ladi. Bunaqa modullarni *intellektual kuch modullari* (IKM) deb ataymiz.

IKMlar yangi avlod yarim o'tkazgichli asboblarning bazasida yasaladi. Bunaqa asboblarning tipik namoyondalari dala kuchli tranzistorlari (*MOSFET*), bipolyar tranzistorlar (*IGBT*), dala boshqaruvli yopiladigan tiristorlar (*MST*). Yangi avlod asboblarning tezkorligi (*IGBT* tranzistorlari uchun kommutatsiyalash chastotasi 50 kGts gacha, *MOSFET* tranzistorlari uchun - 100 kGts) va kommutatsiya qilinadigan tok kuchi va kuchlanishi (*IGBT* uchun chegaraviy tok kuchi – 1200 A gacha, chegaraviy

kuchlanish – 3500 V gacha) hamda boshqarish uchun kichik quvvatlari bilan ajralib turadi.

IKM tarkibiga kuchli elektronikaning an'anaviy asboblari (kuchli tranzistorlar yoki tiristorlar va diodlar bazasida qurilgan tayanchlar) dan tashqari mikroelektronika elementlari ham kiradi. Ular intellektual funktsiyalarni: harakatni boshqarish, avariya rejimida himoyalash va nosozliklarni diagnostikalash ishlarini bajarishga mo'ljallangan. Mexatron modullarning yuritma qismida IKMlarning ishlatilishi kuchli o'zgartirgichlarning massogabaritlarini ancha kamaytirish, ularning ishi ishonchligini oshirish va texnik-iqtisodiy ko'rsatgichlarini yaxshilash imkonini beradi.

4.3.4. Mexatronik modul va tizimlarning intellektual sensorlari

Intellektual sensorlarni yaratish bu –mexanik harakat parametrlarini o'lchash, ularni o'zgartirish va berilgan algoritmlarga mos kompyuterli qayta ishlash funktsiyalarini bitta axborot-o'lchash modulida birlashtirish demakdir. Struktura nuqtai-nazaridan qaraganda so'z mexatron modulning sensor va kompyuter bloklarini integrallashtirish haqida boradi. Sensorlarni intellektuallashtirish o'lchash ishlarini aniqligini oshirish imkonini beradi. Aniqlikning oshishiga dasturlash asosida sensor modulida shovqinlarni filtrlash, kalibrovkalash, kirish/chiqish xarakteristikalarini chiziqlashtirish, ayqash aloqalarni kompensatsiyalash, nolni gisterislash va dreyflash sabab bo'ladi.

Mexatron modullarda, avval aytib o'tkanimizdek, harakatlanuvchi sistema elementlarining joriy holati haqidagi ma'lumotlarni yig'ish, ularni real vaqt rejimida qayta ishlash va signallarni tesqari aloqa orqali kompyuter boshqarish qurilmasiga yetkazish uchun sensorlar xizmat qiladi. Tipik o'lchash kattaliklari – bu modul va sistemalarni boshqarish uchun foydaniladigan axborotlar: ijrochi dvigatellar tomonidan amalga oshiriladigan harakat (chiziqli yoki aylanma), tezlik, tezlanish va moment; ishchi organ (masalan, shpindel)ga ta'sir qiluvchi tashqi kuchlar; ishchi

organ (masalan, sanoat robotining qo`li yoki nazorat-o`lchash mashinasining sezgir organi)ning fazodagi holati va orientatsiyasi.

Zamonaviy enkoderlarning (aylanish burchagini o`lchovchi sensorlarning) ajralib turadigan afzalliklari: ham harakatni, ham harakat tezligini o`lchash imkoniyati; o`lchashdagi yuqori aniqlik va past shovqinlar; ko`plab qayta o`lchash; konstruktiv ixchamlilik va mexatron modul ichiga o`rnatish imkoniyati.

Absolyut enkoderlar chiqish signalini real vaqt rejimida kompyuterli qayta ishlash uchun qulay bo`lgan kod shaklida chiqaradi.

Enkoderlarni intellektuallashtirish uchun ular korpusida mikroprotsessor o`rnatiladi. Mikroprotsessor quyidagi vazifalarni bajaradi: datchik axborotini kodlashtirish, o`lchash xatoliklarini aniqlash, signalni masshtablashtirish va standart protokol orqali joriy kodni harakat kontrolleriga uzatish.

Enkoderlarni yaratishning zamonaviy tendentsiyasi konstruktiv elementlarni (val, podshipniklarni) va kodlovchi disk, fotoelement va mikroprotsessorni bitta sensor modulida birlashtirishni ko`zga tutadi.

4.3.5. Intellektual mexatronika modullariga misollar

Intellektual mexatronika modullari (IMM) bu zamonaviy harakat modullarining uchinchi avlodidir. Mexatron harakat modullari bilan taqqoslaganda IMM mexanik va axborot qismlarini, dvigatellarni, boshqaruvchi va elektron qurilmalarni (kuchli o`zgartirgichlarni) o`z tarkibiga kiritgan konstruktiv va funktsional yaxlit modulni tashkil qiladi. Bunday yaxlitlik ularga intellektuallik xususiyatini beradi va foydalanuvchini interfeys muammosidan xalos qiladi.

IMMlarni qo`llashdan ijobiy natijalar quyidagilar:

- yuqori bosqichlarga murojaat qilmasdan murakkab harakatlarni mustaqil amalga oshirish. Bu modullarning avtonomligini, hamda o`zgaruvchan va noma`lum tashqi muhit sharoitida ishlash qobiliyatini oshiradi;

- modullar va markaziy boshqarish qurilmalari orasidagi kommunikatsiyalarning soddalashuvi. Bu tizimning xalaqit qiluvchi signallardan himoyalanişini oshiradi;

- nosozliklarni kompyuterli tashxis qo`yish yo`li bilan aniqlash va avtomatik himoyalash orqali tizimlarning ishonchligini oshirish;

- IMM asosida tarqatilgan boshqarish tizimlarini tarmog`lanish usuli bilan yaratish. Kerakli dasturiy ta`minotni ta`minlagan holda apparat-dasturiy platformalarni qo`llash;

- quchli o`zgartiruvchilarni va sensorlarni intellektuallashtirish. Bu o`lchashlarni aniqlashtirishga, shovqinlarni filtrlashga, kirish/chiqish xarakteristikalarini chiziqlashtirishga olib keldi.

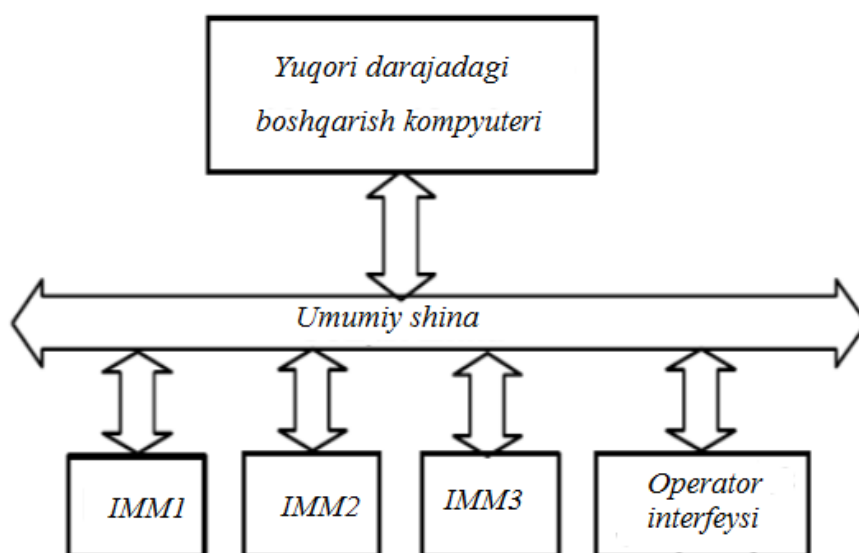
IMM quyidagi elementlardan iborat:

- dvigatel (aylanma va ilgari lanma harakatlanuvchi va h.k.);
- mexanik o`zgartichgich (tishli, tasmali, vintli va h.k.);
- tesqari bog`lanish datchiklari;
- kuchli o`zgartirgichlar (holat, tezlik, tok, temperatura, vibratsiya va h.k.);
- bog`lanish vositalari.

Zamonaviy elementlar bazasida tayyorlangan boshqaruvchi kontrollerlar ixcham va ishonchli mexatron mahsulotlarni yaratish imkonini beradi.

Yuqorida aytib o`tilgan barcha elementlar loyihalovchi tomonidan yagona korpusga konstruktiv birlashtiriladi. IMMlar bilan ishlash uchun foydalanuvchi IMMni kommunikatsion magistral orqali boshqaruvning yuqori bosqichdagi kompyuter bilan bog`lash kerak bo`ladi. Natijada biz taqsimlangan boshqarish tizimiga ega bo`lamiz.

Uning strukturasi 4.3.2-rasmda keltirilgan. Bunda qurilmalar orasida aloqa almashinuvi umumiy shina printsipli asosida qurilgan kompyuter tarmog`i orqali amalga oshiriladi.

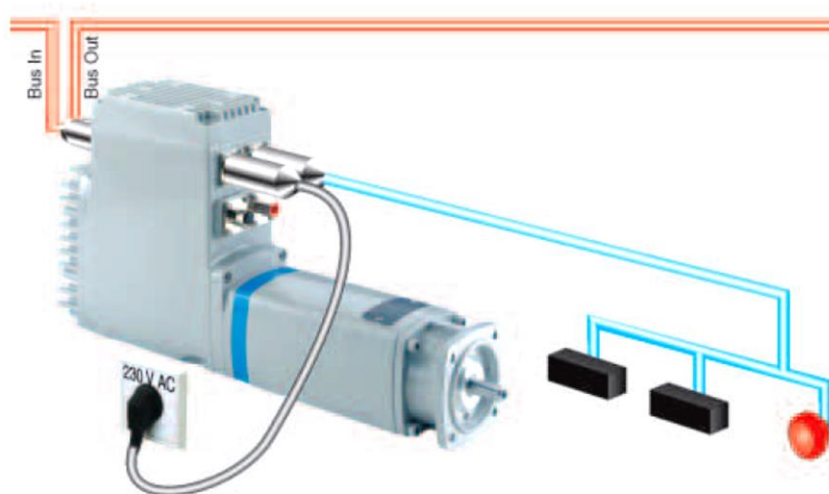


4.3.2-rasm. Taqsimlangan boshqarish tizimi arxitekturası

Taqsimlangan tizim arxitekturası quyidagi afzalliklarga ega:

- bog'lovchi kabel va o'tkazuvchi simlarning minimal miqdori, bu mexatronika tizimlarni sozlash va ishlatishni qulay va ishonchli qiladi;
- harakatni boshqarishning zamonaviy hisoblash algoritmlari va usullari (aniq bo'lmagan mantiq, neyron tarmog'i)ni qo'llash imkoniyati;
- ochiq arxitektura printsiplarini qo'llash, bu konfiguratsiyalarni o'zgartirish va yangi funktsiyalarni yechish uchun tizimni kengaytirish imkonini yaratadi;
- tizimning ishonchliligi, ishlash vaqtida diagnostika ishlarini o'tkazish imkoniyati.

Misol tariqasida «*MilanDriveAUMA*» intellektual mexatron modulini ko'rib chiqamiz. Modul texnologik jarayonlarni markazlashmagan avtomatlashtirilgan tizimlar uchun ishlatiladi. Yaxlit korpusda sinxron dvigatel, elektron va axborot qurilmalar hamda taqsimlangan mexatron tizimni yaratish uchun interfeys bloklar konstruktiv ravishda birlashtirilgan (4.3.3- rasm).

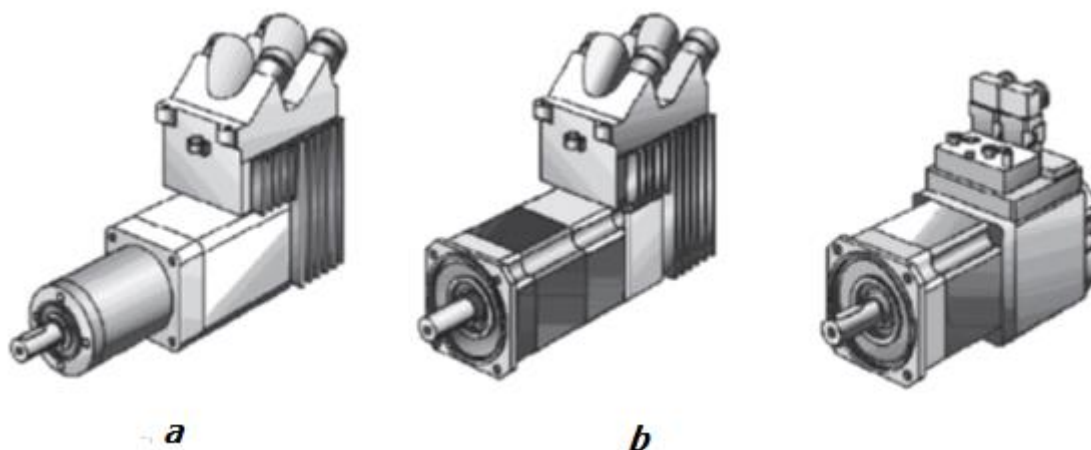


4.3.3-rasm. «MilanDriveAUMA» intellektual mexatron moduli

Elektr bogʻlanish bloklari modulni isʼtemol manbasiga, umumiy kompyuter shinasiga, kirish/chiqish bloklariga va RS-232 tipidagi interfeysga ulanish imkoniyatini beradi. Profibus-DP yoki CAN-Open interfeyslariga ulanish ham mumkin. Kontrollarning dasturiy taʼminoti yuritmalarni boshqarish, shu jumladan elektravtomatikani interpolyatsiyalash va boshqarishni amalga oshiradi. Holat boʻyicha teskari aloqa datchigi sifatida aylanuvchi transformator qoʻllaniladi. Baʼzi bir modifikatsiyalarida oʻrnatilgan tormoz qurilmasi ham mavjud.

Aylanuvchi transformator — oʻzgaruvchan tok elektrik mikromashinasi-rezolver; u aylanish burchagini amplitudasi aylanish burchagiga proportsional boʻlgan yoki burchakning funktsiyasi boʻlgan elektr kuchlanishiga oʻzgartiradi.

4.3.4-rasmda SIEMENS firmasiining SIMODRIVE POSMO A (4.3.4-rasm, a) va SIMODRIVE POSMO SI (4.3.4-rasm, b) IMM lari keltirilgan.



4.3.4-rasm. **SIEMENS** firmasining intellektual mexatronika modullari

a- SIMODRIVE POSMO A; b-SIMODRIVE POSMO SI

Yana bir misol tariqasida "*Animatics Corp.*" (AQSh) va "*Siemens*" (Germaniya) firmalarining harakatlar ketma-ketligi erkin dasturlanadigan bir koordinata bo'yicha boshqariladigan harakatlarni amalga oshiradigan mexatron modullarni aytish mumkin.

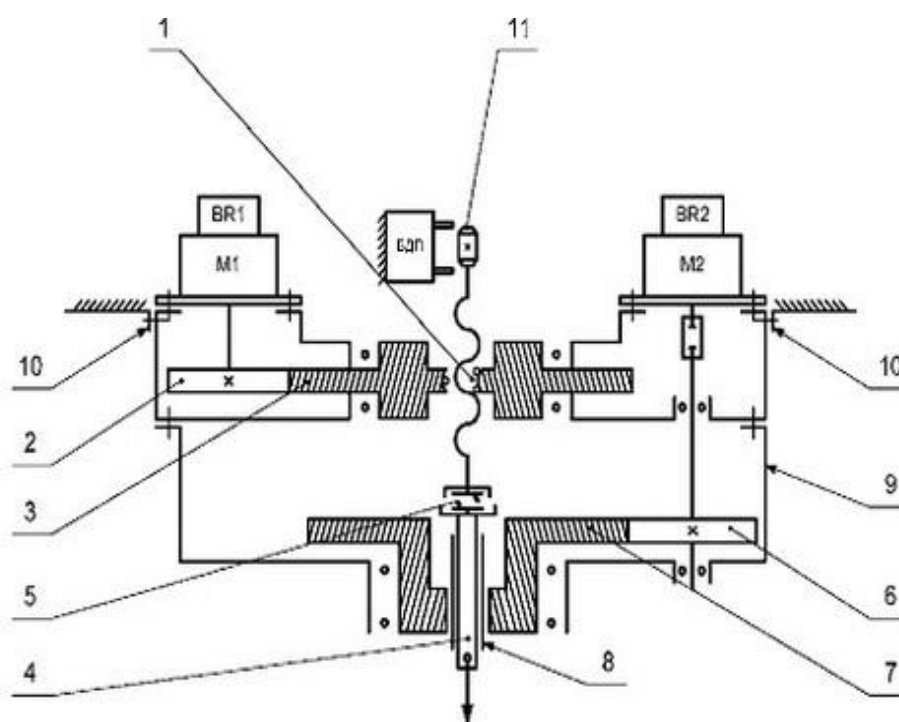


4.3.5-rasm. "**Siemens**" kompaniyasining intellektual mexatron moduli

4.3.5-rasmda "*Siemens*" kompaniyasining intellektual mexatron moduli ko'rsatilgan. Bu modulda kuchli o'zgartirgich va boshqaruv qurilmasi dvigatel bilan

konstruktiv birlashtirilgan. Shteker texnikasi yordamida raqamli kirish va diagnostik signallar beriladi, hamda dvigatel va kuchli o'zgartirgichlar bilan elektrik aloqani amalga oshiriladi. Markaziy boshqarish qurilmasi va boshqa modullar bilan aloqa standart shina "Profibus" orqali amalga oshiriladi.

4.3.6-rasmda valtsovkali birikmalarni bajarish uchun mo'ljallangan IMMning kinematik sxemasi ko'rsatilgan. Valtsovkali birikmalar avtomobillarning zamonaviy elektrjihozli qurilmalarni (elektrobenzonasos, benzinni sepuvchi forsunkalar, o't oldirish katushkalarini)ni yig'ishda qo'llaniladi.



4.3.6-rasm. Intellektual mexatron modul kinematik sxemasi

1-shar-vintli uzatma; 2-3- silindrik to'g'ri tishliuzatma; 4- shpindel; 5- qattiq kulachokli mufta; 6-7 - silindrik to'g'ri tishli uzatma; 8- qo'zg'aluvchan shlitsali yig'ma birlashma; 9-korpus; 10-quloqchalar; 11-holat datchiklari blokining harakatchan elementi

Modulning chiqish zvenosi bo'lib shar-vintli uzatma xizmat qiladi. Modul ikkita kinematik zanjirdan tarkib topgan: M1 elektrdvigatel va 2-3 to'g'ri tishli

silindrik uzatmali gaykani aylantirish zanjiri hamda *M2* elektrdvigatel va to'g'ri tishli silindrik uzatmali 6-7 kulachokli mufta va shpindel orqali aylanadigan yuruvchi vint zanjiri. Shesternya 7 ning ichi bo'sh bo'lib, undan shpindelga aylanishlar harakatchan shlitsali birikma 8 orqali uzatiladi. Korpus 9da modulni texnologik jihozga mahkamlash uchun quloqchalar 10 bor. Yuritma elektrdvigatellari vallarining aylanish chastotasini o'lchash uchun *BR1* va *BR2* taxogeneratorlar ishlatiladi. Yuruvchi vintning o'q bo'yicha holatini hamda shpindelning korpusga nisbatan holatini aniqlash uchun holat datchiklari bloki qo'llaniladi. Bu blokning harakatchan elementi 11 yuruvchi vint uchida joylashtirilgan.

Modul yig'ish uchun kerakli harakatlarni amalga oshiradi:

- valtsovka kallakchali shpindelni detal bilan kontaktlashishgacha ilgarilanma harakat;
- valtsovkalash vintli va aylanma harakati;
- shpindelning ilgarilanma yuqoriga birlamchi holatiga harakati.

Bu harakatlar gayka va vintning aylanish chastotalarini moslashtirish orqali amalga oshiriladi. Harakatning har qaysi bosqichida bu chastotalarni o'zgartirish qonuniyatini aniqlash jarayonni boshqarishning algoritmik ta'minoti vazifasidir.

Asosiy tayang so'z va iboralar

Harakat kontrollerlari, intellektual kuch modullari, intellektual sensorlar, enkoderlar, intellektual mexatronika modullari.

Asosiy tayanch tushunchalar

* *Intellektual mexatron modullar (IMM)*ning yaratilishi mexatronika rivojlanishining zamonaviy bosqichi asosiy xususiyati hisoblanadi. Mexatron harakat modullaridan farqi ularda qo'shimcha ravishda mikroprotsessorli hisoblash qurilmalari va kuchli elektron o'zgartirgichlar o'rnatilgan bo'ladi. Bu esa IMMlarga intellektuallik xossalarini beradi.

* Zamonaviy yuqori texnologik intellektual modul (IM)larni yaratishga mexatron yondoshish mexanik, elektromexanik, elektron, elektrotexnik, kompyuter va interfeys elementlarining o`zaro hamkorligi, oraliq energiya va ma`lumotlar hosil bo`lishini minimallashtirish, hamda elektr va mexanik interfeyslarning alohida blok sifatida ishlashini talab qiladi. Bu talablar ijrochi mexanizmlarining ixchamligi, aniqligi va tannarxi kabi ko`rsatgichlarni yaxshilashga olib keladi.

* Mexatron modullarning zamonaviy rivojlanishi ularning ta`sirini ko`p funktsional harakatlarining intellektuallashtirish bo`lib hisoblanadi: yangi avlod modullari o`z tashkil etuvchilari – elektromexanik, elektron va kompyuter yo`nalishlarini birlashtirgan.

* Texnik jihatdan intellektual mexatronik modullarini rivojlantirish mikroprotessor tizimlarining jadal rivojlanishi bilan bog`liqdir. Ishlab chiqarish texnologiyalarining rivojlanib borishi mikroprotessorlar narxining pasayishiga va rentabelligining oshirishga va shu sababli uni amaliyotga keng qo`llashga olib keladi.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Intellektual mexatron modullarning boshqalardan farqi?
2. Mexatron harakatlarni boshqarish masalasini nechta asosiy qismlarga ajratish mumkin?
3. Harakat kontrolleri blok-sxemasini tushuntiring.
4. Intellektual kuch modullariga misollar keltiring.
5. Intellektual sensorlar qanaqa vazifalarni bajaradi?
6. IMMlarni qo`llashdan ijobiy natijalar qanaqa?

O`quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so`z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo`yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

IV-MODUL UCHUN AMALIY VA TAJRIBA MASHG`ULOTLARI

AMALIY MASHG`ULOT №10

Analogli elektronika

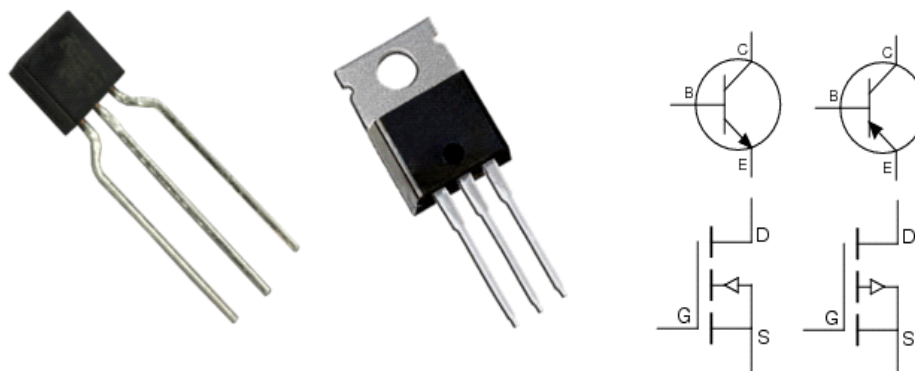
**Mashg`ulot maqsadi:** *«Arduino Uno» mikrokontroller qurilmasining KIM (keng impulsli modulyatsiya) chiqish portidagi signallarni uzluksiz o`zgarish boshqarish tizimi ko`nikmalarini shakllantirish.*

Amaliy mashg`ulotni bajarish davomida talabalar printsiptial elektron sxemasini tuzilishini o`rganadi; *Arduino UNO* mikrokontrolleri bazasida dasturiy ta`minoti ishlab chiqiladi.

**Amaliy mashg`ulotini bajarish mobaynida kerakli jihozlar:** *Arduino UNO* mikrokontrolleri, maket *Breadboard*, o`tkazgichlar, tranzistor, diod, rezistor, kondensator, multimetr.

Qisqa nazariy ma`lumotlar

Tranzistor (ing. *transfer* – ko`chirmoq va *rezistor*) — elektr tebranishlarni kuchaytirish, generatsiyalash (hosil qilish) va o`zgartirish uchun mo`ljallangan 3 elektrodli yarimo`tkazgich asbob. Mikroelektronika qurilmalarining asosiy elementi. Amerika olimlari J. Bardin, U. Bratteyn va U. Shokli 1948 yilda ixtiro qilishgan. Tuzilishi va tokni boshqarish mexanizmiga ko`ra, 2 ta katta sinfga: bipolyar va unipolyar sinflarga bo`linadi. Tranzistorlar kichik quvvatli va kam shovqinli; impulsli; past, yuqori va o`ta yuqori chastotali; foto tranzistorlar (yorug'lik signallarini elektr signallariga o`zgartiruvchi) va boshqa turlarga bo`linadi. Tranzistorlar, asosan, germaniy, kremniy va boshqa monokristall yarimo`tkazgich materiallardan yasaladi.

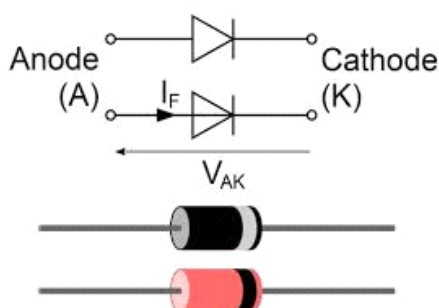


10.1- rasm. Tranzistorning umumiy ko`rinishi va sxematik belgilanishi

Radio qismining original nomi kontakt soniga ko'ra trioddir. Ushbu radio element tashqi signalning ta'siri ostida elektr oqimini boshqarishga qodir. Noyob xususiyatlari kuchaytirgichlarda, generatorlar va boshqa shu kabi elektron yechimlarda qo'llaniladi.

Diodlar oqimning bir tomonlama o'tkazuvchanligiga ega bo'lgan ikki elektrod elementlaridir.

Yarimo'tkazgichli diod - bu ikkita yo'l va bitta elektron birikmasi bo'lgan qurilma.



10.2 – rasm. Diodning umumiy ko`rinishi va sxematik belgilanishi

Tajribalar shuni ko'rsatadiki, agar o'tkazgichlar o'zaro yaqinlashtirilsa, ularning umumiy sig'imi keskin ortadi. Agar o'tkazgichlar orasiga dielektrik muhit kiritilsa, o'tkazgichlar sistemasining sig'imi yanada ortadi. Bu prinsip o'tkazgichlardan kondensator yasashda ishlatiladi.

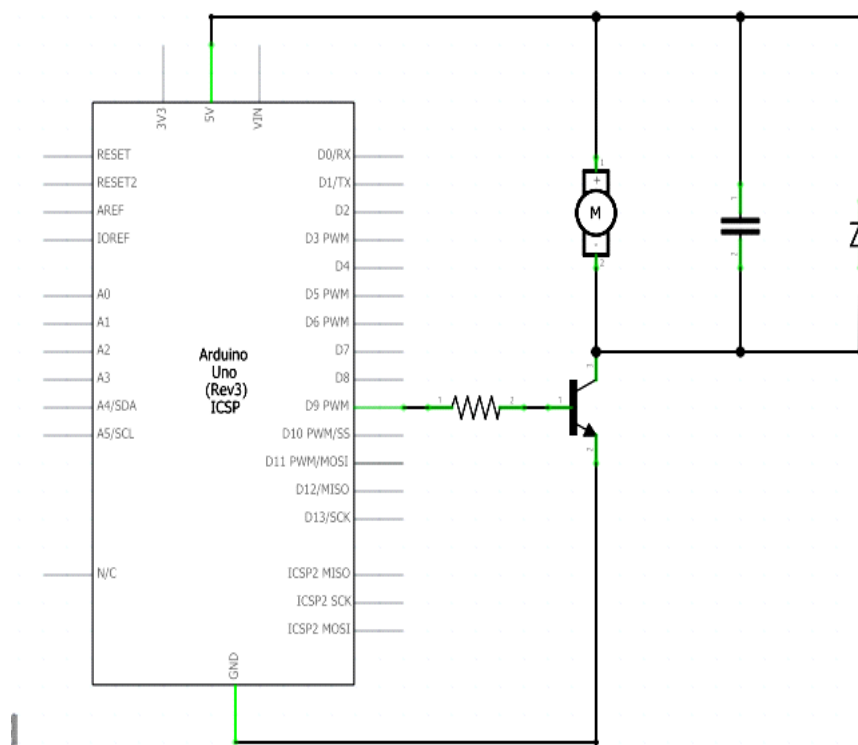
Kondensator deb bir-biriga cheksiz yaqin joylashtirilgan va dielektrik muhit bilan ajratilgan o'tkazgichlar sistemasiga aytiladi.



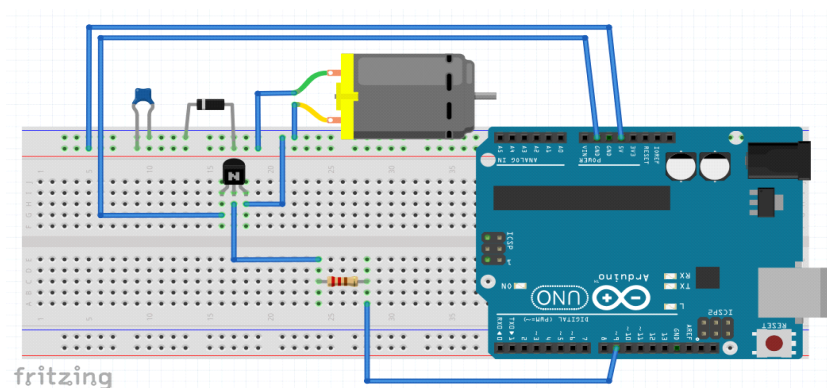
10.3 – rasm. Kondensatorlarning umumiy ko`rinishi va sxematik belgilanishi

Ishni bajarish tartibi:

Ishni bajarish mobaynida maket *Breadboard* da *Arduino UNO* qurilmasini o'rnatamiz. Bunda *Arduino UNO* mikrokontrollerining doimiy kuchlanish manbai 5V portidan o'tkazgichlar orqali doskaning (+) portlarining ixtiyoriy nuqtasiga ulaymiz. Kondensator hamda diod va motorlarning mos oyoqchalarini doskaning (+) nuqtasiga ulaymiz. Shundan so'ng *Arduino UNO* kontrollerining *PWM* chiqish porti 9 tanlangan bo'lib undan chiqadigan signal 1 kOm qiymatga ega bo'lgan rezistor orqali o'tib tranzistorning baza oyoqchasiga ulanadi. Motor kondensator hamda diodlarning qolgan oyoqchalari birlashtirilib tranzistorning kollektor oyoqchasiga ulanadi va emitter oyoqchasidan chiqadigan ortiqcha signal kontrollerining *GND* portiga ulanadi. Ushbu printsipial elektr hamda virtual sxemalar 10.4a hamda 10.4b - rasmlarda keltirilgan.



10.4a – rasm. Arduino UNO mikrokontrolleri KIM (PWM) chiqish portidan chiqadigan signalning uzluksiz o`zgarishining elektr printsipl sxemasi



10.4b – rasm. Arduino UNO mikrokontrolleri KIM (PWM) chiqish portidan chiqadigan signalning uzluksiz o`zgarishining virtual sxemasi

Endi ushbu sxema bo`yicha mikrokontrollerga dastur yozamiz:

```
int motor = 9;
void setup() {
  pinMode(motor, OUTPUT);
}
void loop() {
  for (int i = 0; i <= 255; i++)
  {
```

```

    analogWrite(motor, i);
    delay(100);
}
for (int i = 255; i >= 0; i--)
{
    analogWrite(motor, i);
    delay(100);
}
}

```

Topshriq

- Sxemani ishlash printsiptini o`rganadi.
- Mikrokontroller hamda kerakli asboblarni ulanish sxemasini ishlab chiqadi.
- O`qituvchi tomonidan berilgan ma`lumotlar asosida motorni harakatga keltirish uchun “*Arduino Uno*” mikrokontrolleri bazasida dasturini tuzadi.
- Talaba bajargan ishlari bo`yicha o`qituvchiga yozma hisobot tayyorlab topshiradi.

Takrorlash uchun savollar

- Amaliy mashg`ulotni bajarish davomida nimalar o`rganiladi?
- Motor, tranzistor hamda diodlar haqida ma`lumot bering.
- Ishni bajarish tartibini ayting.
- Motorni harakatga keltirish uchun mikrokontroller bazasida tuzilgan dasturni tushuntiring.

TAJRIBA MASHG`ULOTI №3

Signalizatsiyalash tizimini “*Arduino UNO*” mikrokontrolleri yordamida boshqarish

Mashg`ulotning maqsadi: *Signalizatsiya tizimini “Arduino UNO” dasturlanuvchi mantiqiy kontroller asosida boshqaruv jarayonini ishlab chiqish.*

Tajriba mashgʻuloti jarayonida talabalar quyidagilarni bilib olishadi:

- Datchiklarni *Arduino UNO* qurilmasiga ulash sxemasini;
- *Arduino UNO* mikrokontrolleri bazasida dastur tuzishni.

Ishni bajarish uchun kerakli jihozlar:

1. *Arduino UNO* mikrokontrolleri;
2. *YL-44* turidagi zummer moduli;
3. infraqizil datchik;
4. maket platasi uchun oʻtkazgichlar;
5. *USB* standart kabeli;
6. nasos;
7. maket platasi.

Nazariy maʼlumotlar

YL-44 (sirena) zummer moduli uncha murakkab boʻlmagan loyihalarda mikrokontrollelarda tovushli signalizatsiya tizimini ishlatish uchun moʻljallangan va boshqa shunga oʻxshash funktsiyalarni bajarishda qoʻllaniladi.

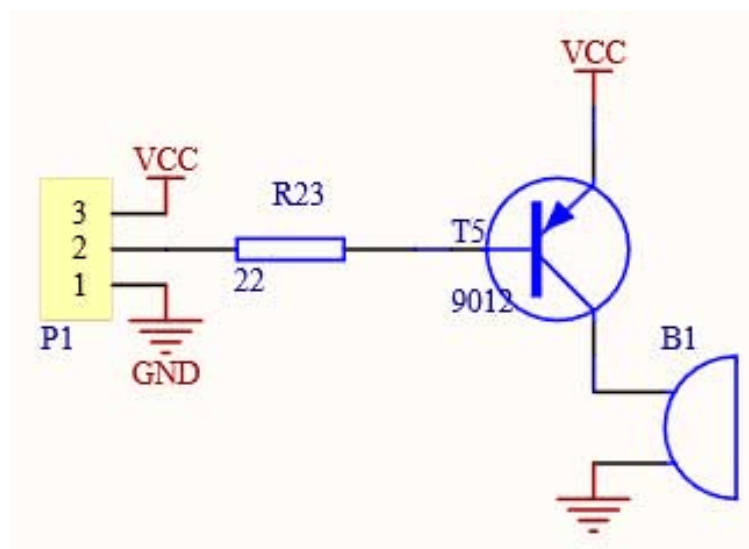


3.1-rasm *YL-44* turidagi zummer modeli

YL-44 (sirena) zummer modulining xarakteristikasi

- Ishchi kuchlanishi 5V
- Ishchi kuchlanish diapazoni 1,5-12V

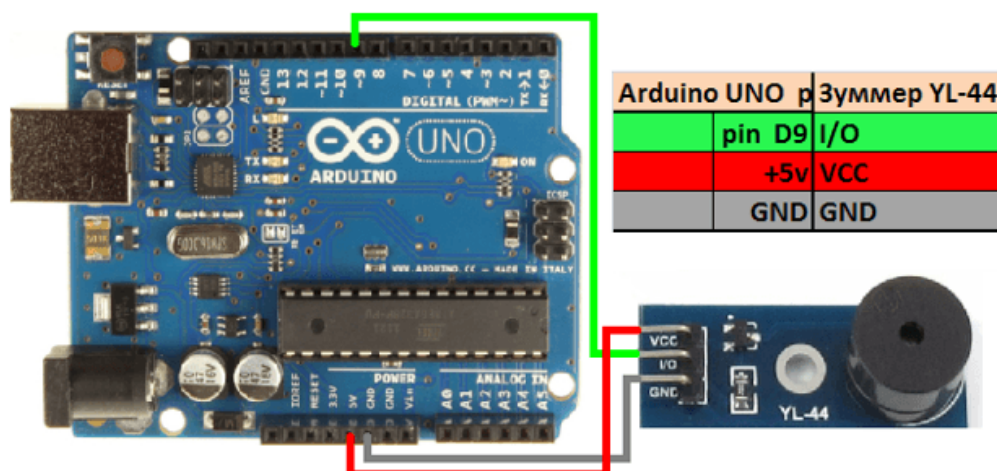
- Rezonans chastotasi $4,2 \pm 0,5$ KGts
- Akustik quvvati min 85dB (10sm $U_{pit}=5V$)
- Talab qiladigan maksimal tok $I_{max}=20mA$
- Ishchi temperatura diapazoni $-20^{\circ}C \text{ } +80^{\circ}C$



3.2-rasm. Elektrik sxemasi

YL-44 (sirena) zummer modulining Arduino UNOga ulash sxemasi.

- VCC – kuchlanish ta`minoti;
- I/O – boshqruv signali;
- GND – umumiy kontakt.



3.3-rasm. Datchikning kontrollerga ulash sxemasi

Datchikni kontrollerga ulaganimizdan so`ng uni ishlashini ta`minlash uchun *Arduino UNO* mikrokontrolleri uchun dastur tuzamiz.

```
int buzzer = 9;
void setup ()
{
  pinMode (buzzer, OUTPUT);
}
void loop ()
{
  unsigned char i, j;
  while (1)
  {
    for (i = 0; i <80; i++)
    {
      digitalWrite (buzzer, LOW) ;
      delay (1) ;
      digitalWrite (buzzer, HIGH) ;
      delay (1) ;
    }
    for (i = 0; i <100; i++)
    {
      digitalWrite (buzzer, LOW) ;
      delay (2) ;
      digitalWrite (buzzer, HIGH) ;
      delay (2) ;
    }
  }
}
```

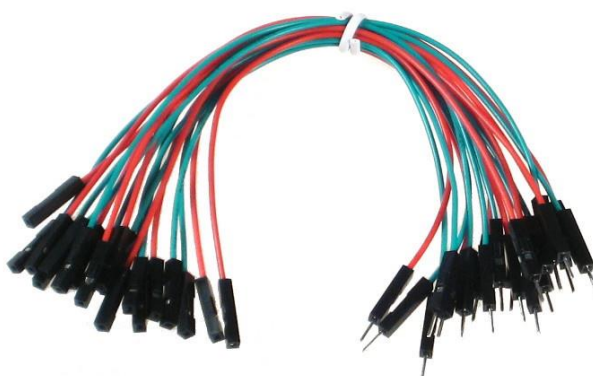
Kichik o`lchamli suvni uzatuvchi nasos suvni tortib uzatish vazifasini bajaradi. Nasos *Arduino UNO* mikrokontrolleri yordamida boshqariladi.



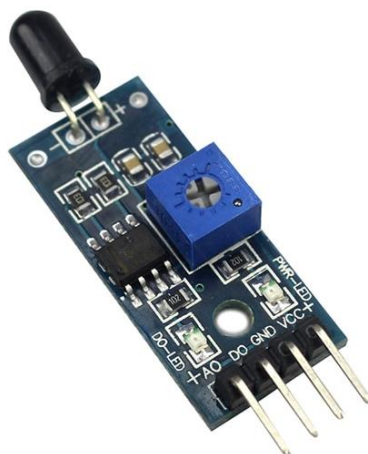
3.4-rasm. Kichik o`lchamli suvni uzatuvchi nasos.

Nasos 2,5 va 6 V oralig`ida ishlaydi. Maksimal uzatishi 40-110 sm; oqim tezligi 80-120 litr/soat.

Kabel 3 turda bo`lib har xil ranglardan tashkil topgan. Ularning o`zaro farqi bir biriga ulanishda xolos, har bir kabelning uzunligi 10 sm dan iborat. Qurulmalarga ulash uchun juda qulay hisoblanadi.



3.5-rasm. Qurilmalarni o`zaro bog`lovchi kabellar

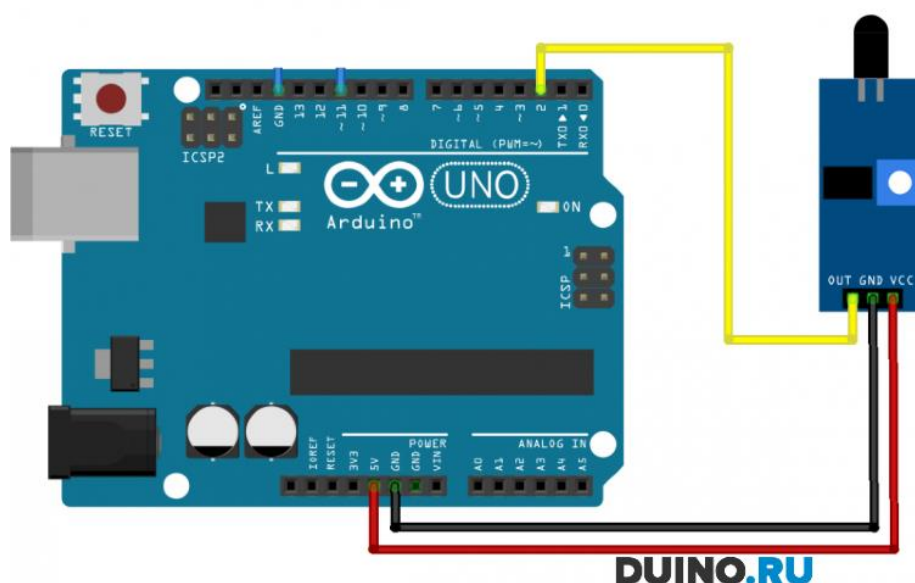


3.6-rasm. To`rt kontaktli olovni aniqlaydigan infraqizil (IQ) datchik

Texnik tavsifi

- Olovga sezgirligi juda yuqori, u oddiy yorug`likka ham javob qaytaradi va qoida bo`yicha u yong`in signalizatsiyasiga va boshqa maqsadlarda qo`llaniladi.
- Chiqish kontaktlari mikrokontroller portiga ulanadi.

- Datchikni olovdan uzoqroq masofada saqlash lozim, chunki u yuqori temperaturada buzilib qolishi mumkin.
- Tekshirib ko`rish uchun uni 80 sm masofada olovni ushlash lozim. Olov qanchalik ko`p bo`lsa tekshirish masofasi shunchalik katta bo`ladi.
- Plastinada kichik analogli rejimda ishlaganda ko`proq yuqori aniqlikni olish mumkin.
- To`lqin uzunligi 760nm dan 1100 nm gacha diapazonda bo`lgan olov yoki yorug`likni aniqlashi mumkin.
- Aniqlash burchagi 60 gradusda, olov spektriga sezgirligi ekstrimal darajada.
- Sezgirligi rostlanadi (ko`k rangdagi raqamli potsentsiometr).
- Komparatordagi chiqish signali toza, to`lqinlar yaxshi shaklda chiqadi, tok kuchi 15mA
- Ishchi kuchlanishi: 3,3-5 V.
- Chiqish shakli: kuchlanish bo`yicha raqamli chiqish (0 va 1) va AO analogli chiqish.
- Gabarit o`lchami: 3,2 sm x 1,4 sm.
- Keng kuchlanishli LM393 komparatori ishlatiladi.



3.7-rasm. Datchikning mikrokontrollerga ulash sxemasi

Datchikni mikrokontrollerga ulaganimizdan so`ng uni ishlashini ta`minlash uchun dastur tuzamiz.

```
const int buttonPin = 2;
const int ledPin = 13;
int buttonState = 0;
void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(buttonPin, INPUT);
}
void loop() {
  buttonState = digitalRead(buttonPin);
  if (buttonState == HIGH) {
    digitalWrite(ledPin, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(ledPin, LOW);
  }
}
```

Topshiriq

Tajriba qurilmasini yig`ing va avtomatik boshqarish bo`yicha boshqaruv dasturini tuzing hamda yozma hisobot tayyorlang.

Takrorlash uchun savollar

1. Mashg`ulotning maqsadini ayting.
2. Ishni bajarish uchun kerakli jihozlarni sanab o`ting.
3. *YL-44* turidagi zummer modulini *Arduinoga* ulash printsiptial elektr sxemasini yig`ishni tushuntiring.
4. Infraqizil datchikni *Arduinoga* ulash printsiptial elektr sxemasini yig`ishni tushuntiring.
5. *YL-44* turidagi hamda infraqizil datchigi bo`yicha o`lchash uchun dastur tuzish va yuklash tartibini tushuntiring.

6. Laboratoriya qurilmasini avtomatik boshqarish dasturini ishlab chiqish ketma-ketligini izohlang.

IV -MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI

1. Mexatronik modullar ularni tashkil qilgan elementlariga qarab nechta guruhga bo`linadi?

- A) 4
- B) 3
- C) 5
- D) 2

2. Mexatronik modullarni ularni tashkil qilgan elementlariga qarab ajratilgan guruhlarini ko`rsating.

- A) Harakat moduli, intellektual mexatronik modul
- B) Mexatronik harakat moduli, intellektual mexatronik modul
- C) Tezlik moduli, mexatronik harakat moduli, intellektual mexatronik modul
- D) Harakat moduli, mexatronik harakat moduli, intellektual mexatronik modul

3. Yuqori momentli dvigatellar deb nimaga aytiladi?

- A) O`zgaruvchan magnitdan va o`ramlari elektronli kommutatsiyadan g`alayonlanadigan o`zgarmas tokli dvigatellarga aytiladi.
- B) Kollektordan va o`ramlari elektronli kommutatsiyadan g`alayonlanadigan o`zgarmas tokli dvigatellarga aytiladi.
- C) Doimiy magnitdan va kollektordan g`alayonlanadigan o`zgarmas tokli dvigatellarga aytiladi.
- D) Doimiy magnitdan va o`ramlari elektronli kommutatsiyadan g`alayonlanadigan o`zgarmas tokli dvigatellarga aytiladi.

4. Yuqori momentli dvigatellarning asosiy xususiyati nima?

- A) Tezlik bo`yicha ko`p martali yuklamani o`zgartirish imkonini yaratish
- B) Tezlanish bo`yicha ko`p martali yuklamani o`zgartirish imkonini yaratish
- C) Moment bo`yicha ko`p martali yuklamani o`zgartirish imkonini yaratish

- D) Chastota bo'yicha ko'p martali yuklamani o'zgartirish imkonini yaratish
- 5. Motor-shpindellarning konstruktiv xususiyati nimadan iborat?**
- A) Shpindelni bevosita reduktor valiga o'rnatilganidir
- B) Shpindelni bevosita dvigatel rotorida o'rnatilganidir
- C) Tishli g'altakni bevosita dvigatel rotorida o'rnatilganidir
- D) Shpindelni bevosita dvigatel schyotkasida o'rnatilganidir
- 6. Nechanchi yillardan boshlab chiziqli dvigatellarni ishlab chiqish yo'lga qo'yilgan?**
- A) 1981-yillardan
- B) 1980-yillardan
- C) 1970-yillardan
- D) 1961-yillardan
- 7. MCP 9700 harorat datchigi uchun iste'mol kuchlanishi qaysi oraliqda bo'lishi talab etiladi.**
- A) 13,3-15 V
- B) 3,3-5 V
- C) 3,3-9 V
- D) 1,2-12 V
- 8. MCP 9700 harorat datchigining o'lchash chegarasi to'g'ri berilgan qatorni toping.**
- A) $-30^{\circ}\text{C} \div +160^{\circ}\text{C}$
- B) $-60^{\circ}\text{C} \div +100^{\circ}\text{C}$
- C) $-40^{\circ}\text{C} \div +150^{\circ}\text{C}$
- D) $-40^{\circ}\text{C} \div +40^{\circ}\text{C}$
- 9. Arduino UNO mikrokontrollerining analog kirish sonli qiymat signali 1024.0 necha volt kuchlanishga teng bo'ladi**
- A) 4 V
- B) 9 V
- C) 220 V
- D) 5 V

10. *Arduino UNO* mikrokontrollerining 6 ta analog kirish portlari qaysi belgilar yordamida ko`rsatilgan.

- A) *B0, B1, B2, B3, B4, B5*
- B) *a0, a1, a2, a3, a4, a5*
- C) *A0, A1, A2, A3, A4, A5*
- D) *C0, C1, C2, C3, C4, C5*

11. *Arduino UNO* mikrokontrollerining analog portini o`qish uchun qaysi operatoridan foydalaniladi?

- A) `analogWrite`
- B) `analogRead`
- C) `digitalRead`
- D) `digitalWrite`

12. *Arduino UNO* mikrokontrollerining raqamli portini yozish uchun qaysi operatoridan foydalaniladi?

- A) `digitalWrite`
- B) `analogWrite`
- C) `digitalRead`
- D) `analogRead`

13. *Arduino UNO* mikrokontrollerining raqamli portini o`qish uchun qaysi operatoridan foydalaniladi?

- A) `digitalRead`
- B) `AnalogWrite`
- C) `DigitalWrite`
- D) `AnalogRead`

14. *Arduino UNO* mikrokontrollerining analog portini yozish uchun qaysi operatoridan foydalaniladi.

- A) `DigitalRead`
- B) `analogWrite`
- C) `DigitalWrite`
- D) `AnalogRead`

- 15. Qanday tizim “inson-mashina” tizimi bo`lib hisoblanadi?**
- A) Avtomatlashgan boshqarish tizimi
 - B) Mikroprotsessorli boshqarish tizimi
 - C) Kompyuterli boshqarish tizimi
 - D) Avtomatlashtirilgan boshqarish tizimi
- 16. Qaysi atamalarni amalda sinonim so`zlar deb qabul qilish mumkin?**
- A) “Mexanik yuritma” va “mexatronik tizim”
 - B) “Pnevmoyuritma” va “mexatronik tizim”
 - C) “Gidroyuritma” va “mexatronik tizim”
 - D) “Elektryuritma” va “mexatronik tizim”
- 17. Mexatronika tizimlariga harakat maqsadi qayerdan beriladi?**
- A) Inson-operator yoki kontroller
 - B) Inson-operator yoki protsessor
 - C) Inson-operator yoki tashqi kompyuter tarmog`i
 - D) Inson-operator yoki intellektual datchik
- 18. Qaysi vosita yordamida ishlov berilayotgan ob’ektga bevosita ta’sir qilinadi?**
- A) Uzatish vositasi
 - B) Ishchi organ
 - C) Datchiklar
 - D) Kuchli o`zgartirgichlar
- 19. Aktuatorlar nima?**
- A) Uzatish vositasilari
 - B) Datchiklar
 - C) Ijrochi mexanizmlar
 - D) Kuchli o`zgartirgichlar
- 20. Arduino UNO mikrokontrollerining nechta analog kirish portlari mavjud?**
- A) 5
 - B) 8

C) 6

D) 7

V-MODUL. MEXATRONIKA TIZIMLARINI BOSHQARISH USULLARI

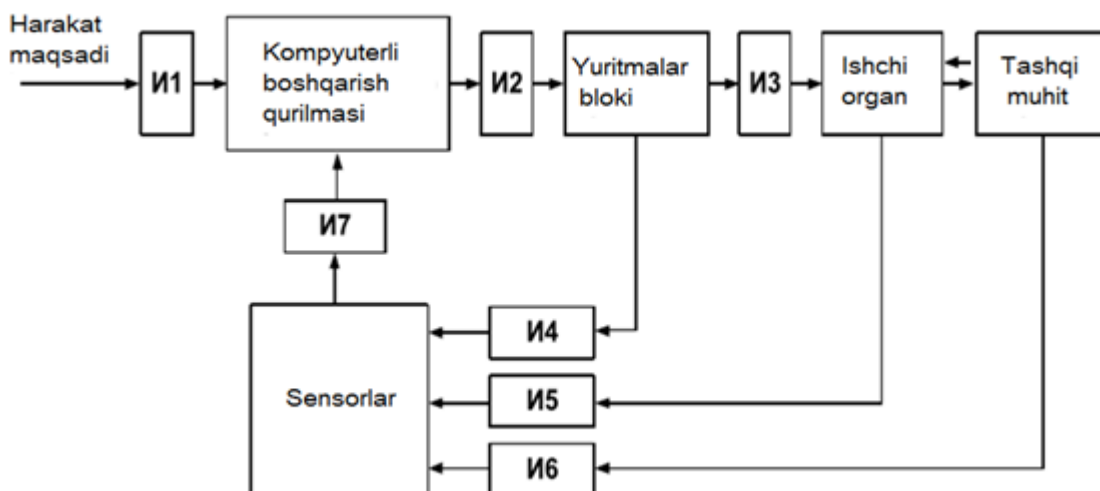
§5.1. MEXATRONIKA TIZIMLARINI BOSHQARISH BOSHQICHLARI

5.1.1. Mexatronika tizimlarini boshqarish vazifalari va iyerarxiyasi

Mexatronikada mashinalarning mexanik (funktsional) harakatini boshqarish vazifasi yuklatilgan.

Kompyuter bilan boshqariladigan qurilmaning funktsional sxemasini ko`rib chiqamiz. Bu qurilmaning vazifasi ishchi organ tomonidan ob`ektga maqsadli ta`sir ko`rsatishdir. Bunda tashqi muhit tomonidan ob`ektga g`alayonli ta`sir ko`rsatiladi (5.1.1-rasm). Bundan kelib chiqadiki, mexatronika boshqarish ob`ekti murakkab ko`p aloqali tizim hisoblanadi. Bu tizim quyidagi qismlardan iborat:

- ijrochi yuritmalar bloki;
- ishchi organli mexanik qurilma;
- sensorlar (datchiklar) bloki;
- ishchi organga ta`sir qiluvchi ish ob`ekti;
- boshqarish tizimi.

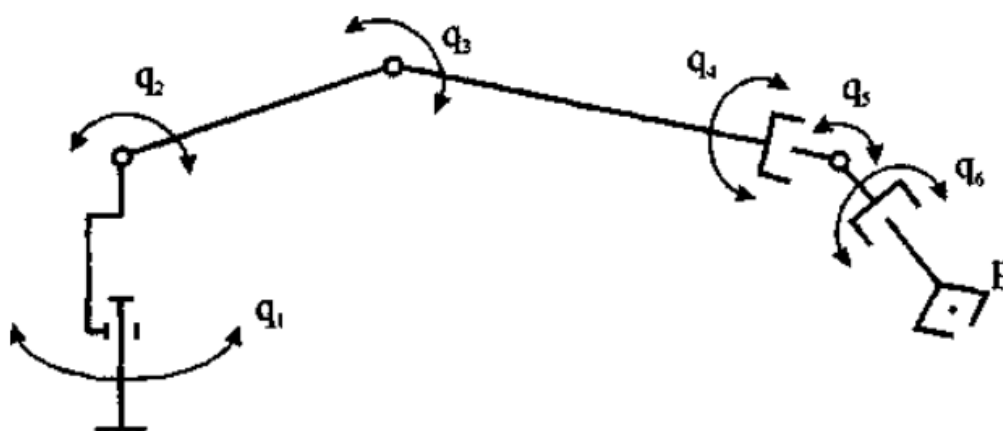


5.1.1-rasm. Kompyuterli boshqarish qurilmasi funktsional sxemasi

И1-И7 interfyeslar

Yuqorida keltirilgan boshqarish ob'ekti strukturasi mexatronik tizimlarni boshqarish talablari va vazifalarini aniqlab beradi. Bu vazifalar avtomatik boshqarish nazariyasining mumtoz talablari: boshqarish turg'unligi, aniqligi va sifatiga tayanadi.

Masalan, 6 harakat erkinligiga ega bo'lgan sanoat roboti manipulyatori uchun ishchi organ holati haqidagi teskari vazifani qo'yish quyidagicha bo'ladi (5.1.2-rasm). Ishchi organ P ning berilgan harakat traektoriyasi bo'yicha manipulyatorning q_1-q_6 umumiy koordinatalarini hisoblash lozim bo'ladi.



5.1.2-rasm. Manipulyatorning umumlashtirilgan koordinatalari

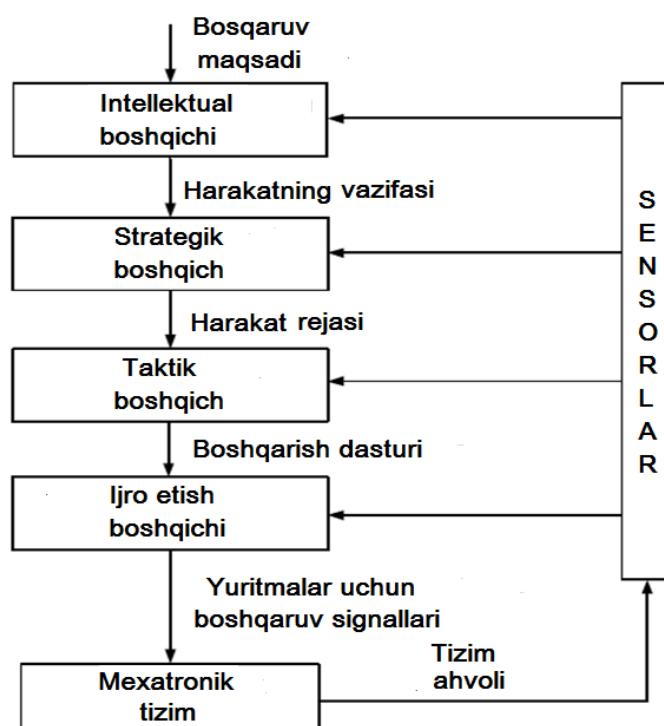
Teskari masalani yechishda umumiy koordinatalarini hisoblash uchun n noma'lumli (n – mexanizmning boshqariladigan harakat erkinligi soni) m algebraik tenglamalarni (m – ishchi organing harakat erkinligi soni) yechish kerak bo'ladi.

Iyerarxik struktura – bu bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashadigan kichik tizimlarning ko'p boshqichli yig'indisi (birlashuvi). Bunda har qaysi kichik tizim (podсистема) ma'lum bir vazifani bajarish uchun mas'uldir va o'zi egallagan boshqichdagi boshqarish vazifalarini bajarish uchun kerak bo'lgan sensorlar bilan bog'langan.

Zamonaviy MTlarda, qoida bo'yicha, “yuqoridan-pastga” ierarxiya sxemasi qo'llaniladi, bunda pastki bosqichdagi kichik tizimlar yuqoridagisiga so'zsiz bo'ysunadi. Bunaqa struktura iyerarxiyaning har bir boshqichida va

MTning o'zida boshqarishni moslanuvchanligi va umumiy rejani bajarishini ta'minlaydi. Bunday boshqarishni tashkil qilishda MTning ma'lum qismi xarakteristikalriga o'zgartirish kiritilganda ma'lum bosqichdagi boshqarish qismlari algoritmda o'zgarish sodir bo'ladi. Bunda boshqa bosqichdagi algoritmik ta'minot o'zgarishsiz qoladi.

Mexatronik (robototexnik) tizimlar uchun xarakterli bo'lgan boshqarish iyerarxiyasini ko'rib chiqamiz (5.1.3-rasm). Bu strukturada 4 ta boshqarish bosiqichi ajratiladi: *intellektual, strategik, taktik* va *ijro etuvchi*.



5.1.3-rasm. Mexatronik tizimlardagi boshqaruv iyerarxiyasi

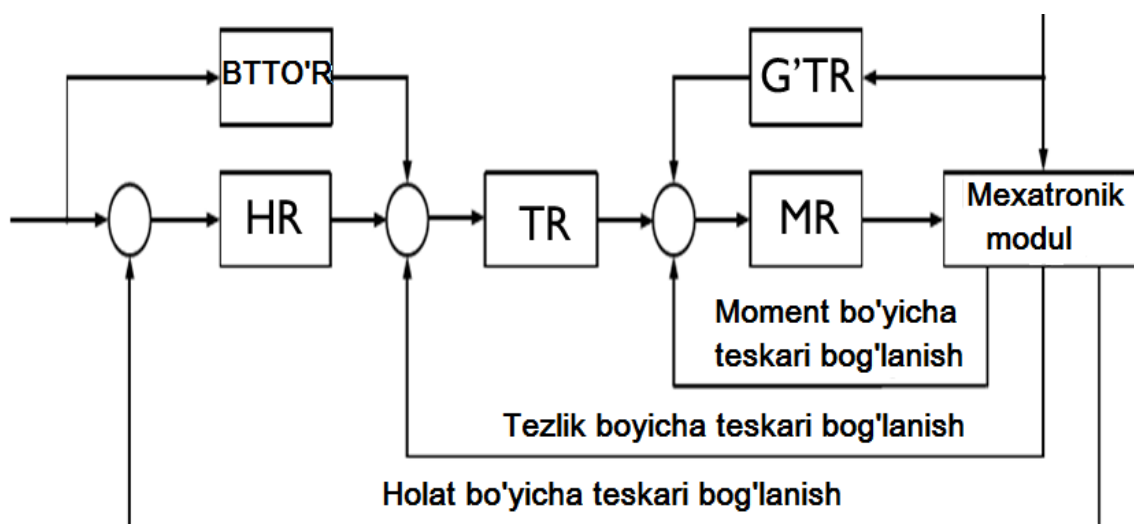
5.1.2. Ijro etish bosqichidagi boshqarish tizimlari

Bu bosqichdagi boshqarish qurilmalariga misol bo'lib harakat kontrollerlari xizmat qiladi.

Bu qurilmalarning qo'llanish maqsadi taktik bosqichdan keladigan boshqarish dasturini bajarish uchun boshqarish tizimini talablarini turg'unlik, aniqlik va sifat bo'yicha ta'minlab berishdir. Tipik kontroller bajaradigan boshqarish

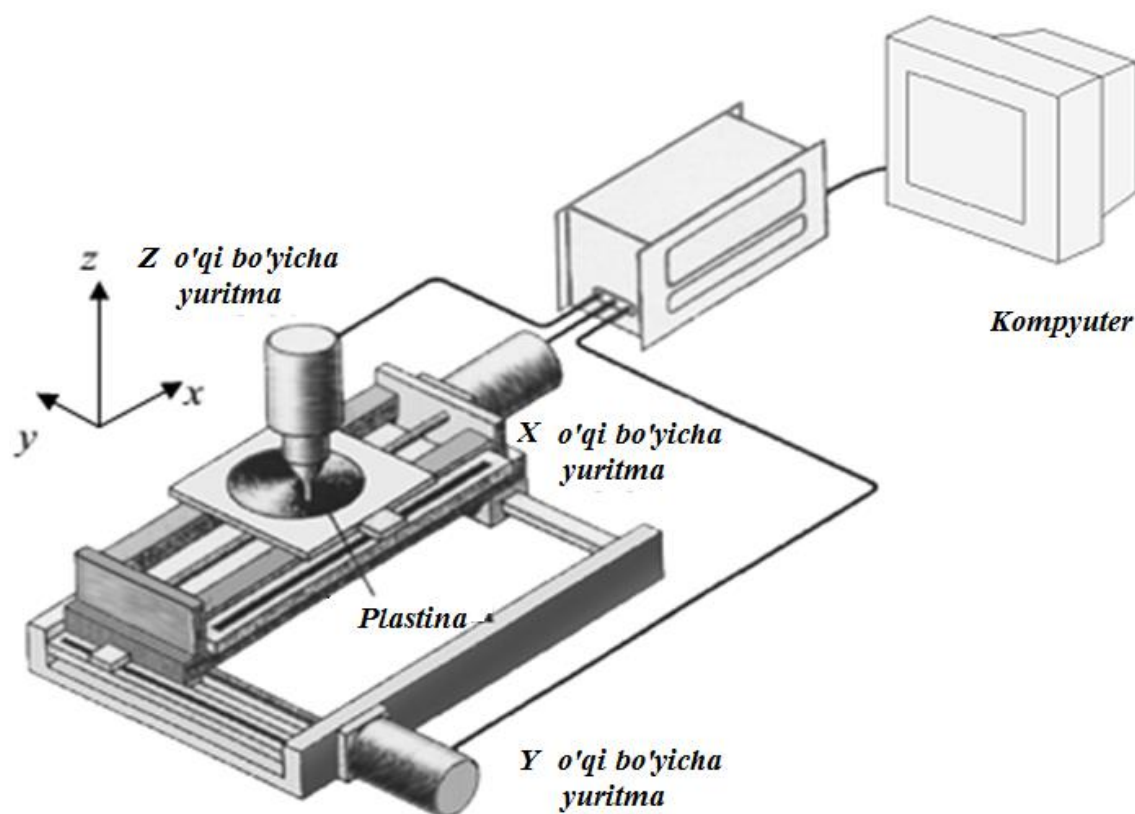
tizimi strukturaviy sxemasi 18.4-rasmda keltirilgan. Bu tizimga beshta asosiy rostlagichlar: holat rostlagichi (HR), tezlik rostlagichi (TR), moment yoki kuch rostlagichi (MR), boshqarish ta'siri tezligining o'zgarishi bo'yicha to'g'ri bog'lanish rostlagichi (BTTO'R) va g'alayonli ta'sir f bo'yicha tuzatuvchi bog'lanish rostlagichi (G'TR) kiradi. Boshqarish maqsadiga ko'ra tizimga kirish ta'sirlari bo'lib holat bo'yicha, tezlik bo'yicha yoki ta'sir etuvchi kuch bo'yicha boshqarish signallari xizmat qiladi.

Tizimda yopiq boshqarish printsipli qo'llaniladi, ya'ni tizimning muhitdagi koordinatalari bo'yicha teskari bog'lanish ko'zda tutiladi.



5.1.4-rasm. Ijro etish boshqichidagi boshqarish tizimi funksional sxemasi

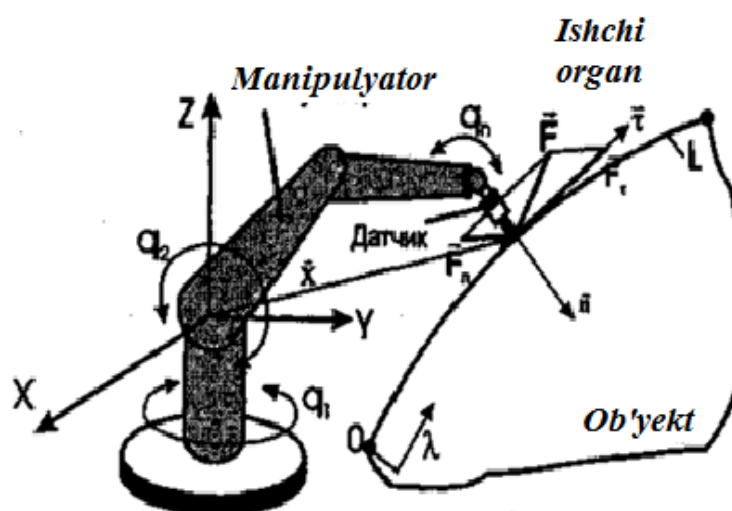
Holat rostlagichi (HR), tezlik rostlagichi (TR), moment yoki kuch rostlagichi (MR), boshqarish ta'siri tezligining o'zgarishi bo'yicha to'g'ri bog'lanish rostlagichi (BTTO'R) va g'alayonli ta'sir f bo'yicha tuzatuvchi bog'lanish rostlagichi (G'TR).



5.1.5-rasm Yarimo`tkazgichli plastinalar uchun uch koordinatali boshqarish tizimi

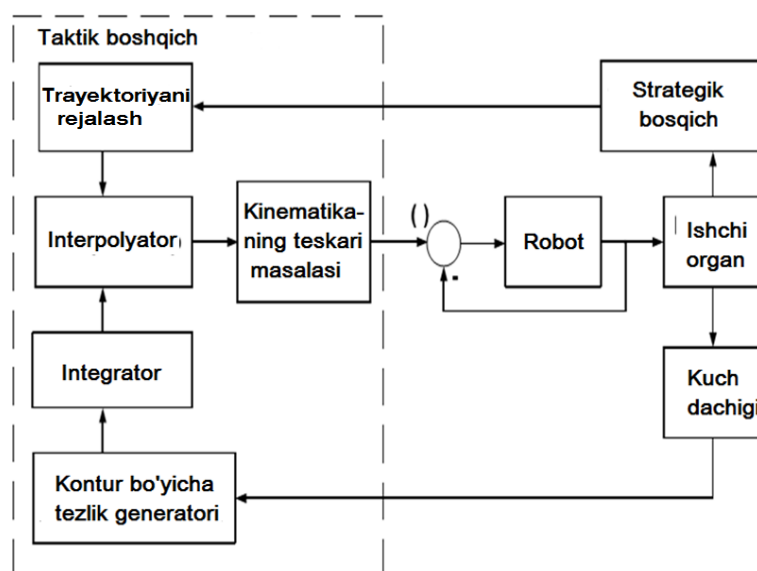
5.1.3. Taktik boshqarish bosqichi tizimi

Mexanik ishlov berish operatsiyasini bajaradigan texnologik robot uchun taktik boshqarish tizimi tuzilishini ko`rib chiqamiz. Boshqarish masalasini bajarish uchun robot ishchi organini berilgan traektoriya ( $L$  egri chizig`i) bo`yicha harakatini shu harakat paytida sodir bo`ladigan kuch (vektor n) bilan bog`lagan holda boshqarish lozim bo`ladi (5.1.6-rasm). Shunday qilib, tizimda kontur bo`yicha va kuch bo`yicha robot harakatini boshqarish usullari birgalikda qo`llash talab etiladi.



5.1.6-rasm. Mexanik ishlov berish roboti sxemasi

5.1.7-rasmda kontur bo'yicha kuchli boshqarish blok-sxemasi keltirilgan. Bu sxema robot harakatini g'alayonli kuchli ta'sirga moslashtirilishini ta'minlaydi. Manipulyator tirsagida o'rnatilgan kuchmomentli datchik ishchi organga ta'sir etuvchi kuchlar haqida ma'lumotni beradi. Kuchli tesqari aloqa taktik bosqichdagi boshqarish tizimini yopadi va bu ijro etish bosqichidagi tesqari aloqalar bilan birgalikda harakatning aniqligini ta'minlaydi. Kontur bo'yicha tezlikni hisoblash berilgan traektoriya bo'yicha robot harakatining ratsional texnologik tezligini berish uchun xizmat qiladi.

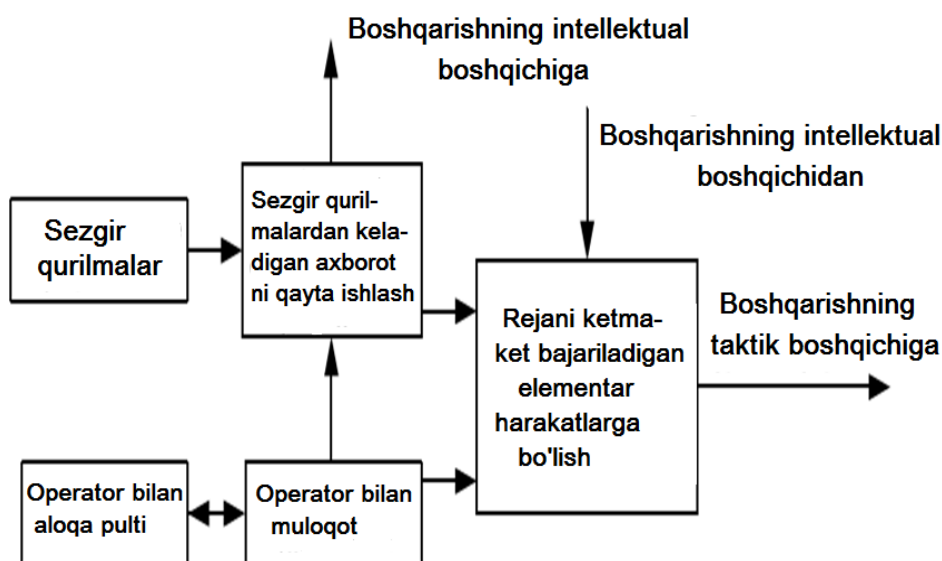


5.1.7-rasm. Kontur bo'yicha kuchli boshqarish blok-sxemasi

§5.2. STRATEGIK VA INTELLEKTUAL BOSHQARISH BOSHQICHI TIZIMLARI

5.2.1. Strategik boshqarish boshqichi tizimi

Strategik boshqichdagi boshqarish tizimi MTning harakatini rejalash uchun kerak bo`ladi. *Harakatni rejalash* – bu kirish axboroti (harakat vazifasi)ni ketma-ket keladigan vaqt bo`yicha moslashtirilgan elementar harakatlariga bo`lib chiqishdir (5.2.1-rasm).



5.2.1-rasm. Strategik boshqichi boshqarish tizimi strukturasi

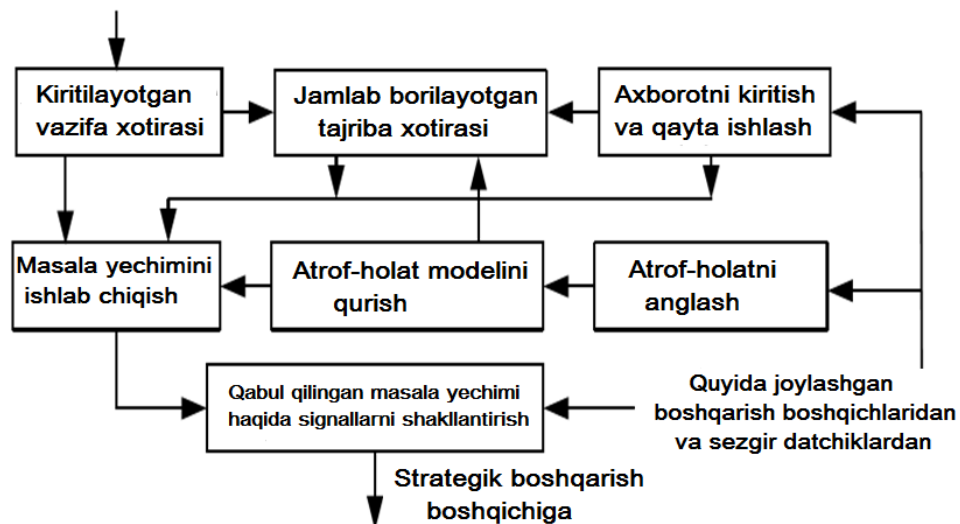
Bu bosqichda sensorlardan keladigan axborot birlamchi qayta ishlanadi va tugallangan funktsional amaliy harakatlar sintez qilinadi. Strategik bosqichdagi algoritmlar operator bilan muloqotni va berilgan yo`riqnomalarni bajarishni ta'minlaydi. Sensorlardan keladigan axborotlardan mexatronik tizimdagi funktsional sharoitlarning o`zgarishida operatsiyalar bajarilishiga tuzatish kiritish uchun foydaniladi.

Strategik bosqichdagi boshqarish tizimi harakatni boshqarish buyruqlari shaklida harakat rejasi va maqsadi haqidagi axborotni ishlab chiqadi va uni taktik bosqichga etkazib beradi.

5.2.2. Intellektual boshqarish boshqichi tizimi

Intellektual mexatronik tizimlarda keng ko'lamda boshqarishning intellektual usullari qo'llaniladi. *Intellektual usullar* deganda inson miyasi funksiyasiga mos keladigan usullarni foydalanishni tushunish mumkin. Bularga misol bo'lib *aniq bo'lmagan mantiq* va *neyron tarmog'i* xizmat qiladi.

Intellektual bosqich – bu eng yuqori boshqarish bosqichidir. Bu bosqichning qo'llanish maqsadi – ob'ekt va tashqi muhit haqidagi axborot to'liq bo'lmagan sharoitda mexanik tizimning harakati haqida qaror qabul qilishdir (5.2.2-rasm).



5.2.2-rasm. Intellektual boshqichi boshqarish tizimi strukturasi

Boshqarish maqsadi keng ma'noda beriladi (masalan, zagotovkani olib kelish, uni stanokka berish, zagotovkaga mexanik ishlov berish va sifatini tekshirish hamda uni boshqa stanokka uzatish). Zamonaviy MTlarda intellektual boshqarish bosqichi vazifalarini inson-operator yoki yuqori bosqichdagi EHM bajaradi. Bu bosqichda o'zgarib borayotgan murakkab tashqi holat tahlil qilinadi, bajaraladigan harakatlar haqida qaror qabul qilinadi va uni strategik bosqichga yetkaziladi.

Bu bosqichdagi boshqarish tizimi tashqi holat haqidagi masalalarni anglaydi va uni tushunadi, hamda ulardan va ish tajribasidagi axborotdan foydalanib avtomatik ravishda masalani yechish qarorlarini qabul qiladi.

MTlardagi intellektual tizimlar ikkita asosiy g'oyalarga tayanadi: *tashqi holatlarni tahlil qilish asosida boshqarish (holat boshqaruvi)* va *bilimlarni qayta ishlashning zamonaviy qayta ishlash texnologiyalari*.

Asosiy tayanch soʻz va iboralar

Boshqaruv iyerarxiyasi; ijro etish bosqichi; taktik boshqarish bosqichi; intellektual boshqarish bosqichi

Asosiy tayanch tushunchalar

* ***Iyerarxik struktura*** – bu bir-biri bilan oʻzaro ta'sirlashadigan kichik tizimlarning koʻp boshqichli yigʻindisi (birlashuvi). Bunda har qaysi kichik tizim (podсистема) maʼlum bir vazifani bajarish uchun masʼuldir va oʻzi egallagan boshqichdagi boshqarish vazifalarini bajarish uchun kerak boʻlgan sensorlar bilan bogʻlangan.

* Zamonaviy MTlarda, qoida boʻyicha, “yuqoridan-pastga” ierarxiya sxemasi qoʻllaniladi, bunda pastki bosqichdagi kichik tizimlar yuqoridagisiga soʻzsiz boʻysunadi. Bunaqa struktura iyerarxiyaning har bir boshqichida va MTning oʻzida boshqarishni moslanuvchanligi va umumiy rejani bajarishini taʼminlaydi.

* Bunday boshqarishni tashkil qilishda MTning maʼlum qismi xarakteristikalriga oʻzgartirish kiritilganda maʼlum bosqichdagi boshqarish qismlari algoritmidan oʻzgarish sodir boʻladi. Bunda boshqa bosqichdagi algoritmik taʼminot oʻzgarishsiz qoladi.

* Mexatronik (robototexnik) tizimlar uchun xarakterli boʻlgan boshqarish iyerarxiyasida 4 ta boshqarish bosqichi ajratiladi: intellektual, strategik, taktik va ijro etuvchi boshqarish bosqichlari.

Takrorlash va mustaqil ishlash uchun savollar

1. Mexatronika tizimlarini boshqarish vazifalarini ayting.
2. Mexatronika tizimlarini boshqarish iyerarxiasini tushuntiring
3. Ishchi organ holati haqidagi teskari vazifani qo'yish mexatron tizimlarda qanday bajariladi?
4. Ijro etish bosqichidagi boshqarish tizimlarini tushuntiring
5. Taktik boshqarish bosqichi tizimi qanaqa vazifalarni bajaradi?
6. Strategik boshqarish bosqichi tizimining o'ziga xususiyati nimadan iborat?
7. Intellektual boshqarish bosqichi tizimini tushuntiring.

O'quv-uslubiy tarqatma materiallariga misollar

- Asosiy tayanch so'z va iboralar.
- Asosiy tayanch tushunchalar.
- Mavzu bo'yicha asosiy rasm va illyusrtatsiyalar.

V-MODUL BO`YICHA TAJRIBA MASHG`ULOTI

TAJRIBA MASHG`ULOTI №4

“Aqlli issiqxona” texnologik parametrlarni mikrokontroller yordamida boshqarish

**Mashg`ulotning maqsadi:** Talabalar gigrometr namlik “YL-69”, havo harorati va namlik “DHT11” datchiklari yordamida texnologik parametrlarni o`lchash va Arduino Uno mikrokontrolleri asosida boshqarish jarayonini ishlab chiqish.

Tajriba mashg`uloti jarayonida talabalar quyidagilarni bilib olishadi:

- Datchiklarni *Arduino UNO* qurilmasiga ulash sxemasini;
- *Arduino UNO* mikrokontrolleri bazasida dastur tuzishni.

Ishni bajarish uchun kerakli jihozlar:

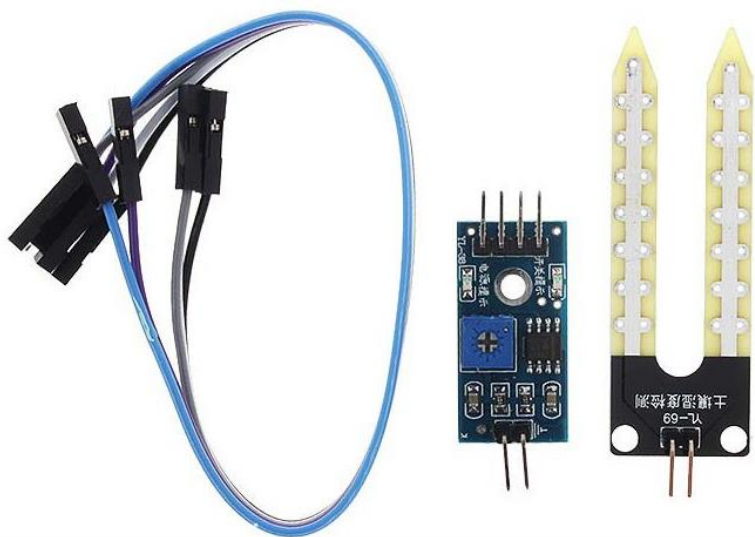
1. *Arduino UNO* mikrokontrolleri;
2. *YL-69* va *DHT11* turidagi o`lchovchi datchiklar;
3. maket platasi;
4. maket platasi uchun o`tkazgichlar;
5. *USB* standart kabeli;
6. rele;
7. nasos.

Nazariy ma`lumotlar

Namlik datchigi "YL-69"

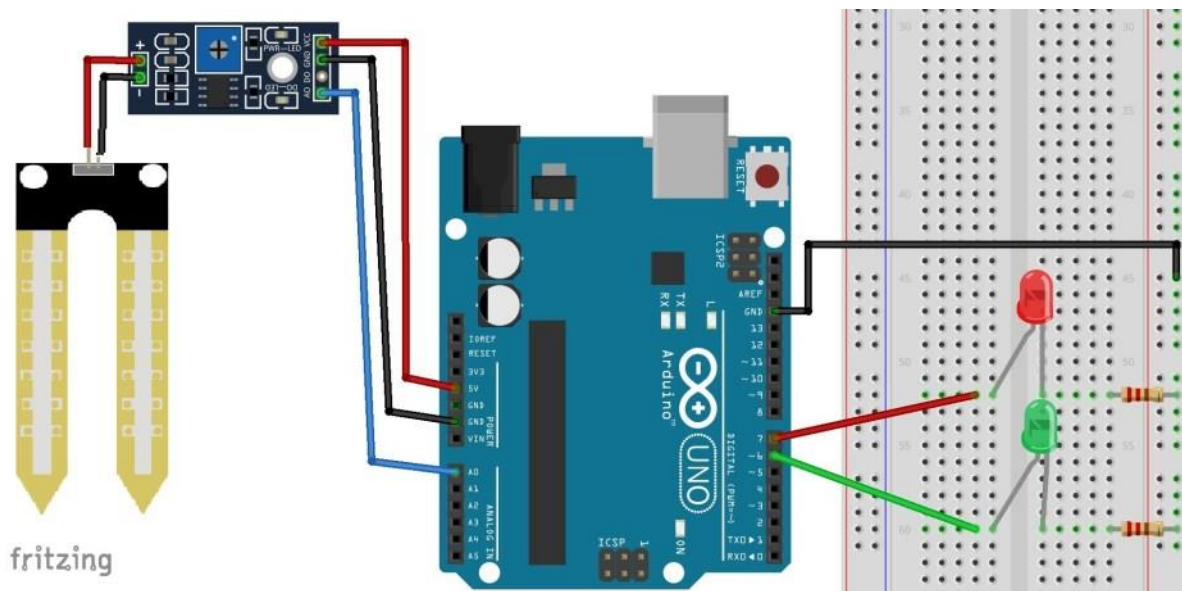
Issiqxonadagi tuproqning namligini o`lchashda birlamchi element sifatida gigrometr namlik datchigi "YL-69" dan foydalaniladi. Bu datchik *Arduino* qurilmalari bilan ishlashga to`liq moslashtirilgan. Datchik analog hamda raqamli rejimda ishlaydi. Agar tuproq namligi qancha quruq bo`lsa, shuncha qarshilik kichik

bo`ladi va chiqish signali maksimal qiymatga erishadi. Tuproq namligi oshib borishi bilan qarshilik ortib boradi va kuchlanish qiymati pasayishiga erishiladi:



4.1-rasm. Gigrometr namlik o`lchovchi datchik

Bu datchikning afzalliklari: kam quvvat sarflovchi, narxi nisbatan arzon, keng tarqalgan va foydalanuvchi uchun qiyinchiliklar tug`dirmaydi.



**4.2-rasm. Gigrometr datchigini “Arduino Uno” qurilmasiga ulash sxemasi
“Fritzing” dasturi yordamida amalga oshirish**

Ishlatish dasturi:

```
int datchikPin=A0;
int yashilLED=6;
int qizilLED=7;
int qiymatValue=800;

void setup () {
  pinMode (datchikPin, INPUT);
  pinMode (yashilLED, OUTPUT);
  pinMode (qizilLED, OUTPUT);
  digitalWrite (yashilLED, false);
  digitalWrite (qizilLED, false);
  Serial.begin(9600);
}

void loop() {
  int datchikValue=analogRead(datchikPin);
  Serial.print(datchikValue);
  if(datchikValue<qiymatValue)
  {
    Serial.println(" -Sug`orish kerak emas");
    digitalWrite(qizilLED, false);
    digitalWrite(yashilLED, true);
  }
  else {
    Serial.println(" -Sug`orish vaqti keldi");
    digitalWrite(qizilLED, true);
    digitalWrite(yashilLED, false);
  }
  delay(500);
}
```

Issiqxonaning havo namligi va haroratini nazorat qilish uchun *DHT11* raqamli datchigidan foydalaniladi. Bu datchik *Arduino UNO* qurilmasi bilan ishlashga to`liq moslashgan. *DHT11* raqamli datchik tarkibiga havo namligi va haroratini aniq raqamli chiqish signali yordamida o`lchash kiradi. Bu datchik yuqori aniqlikda ishlashga va uzoq muddat xizmat qilishga mo`ljallangan. Datchikning tarkibiy qismiga namlikni o`lchash uchun sezgir rezistor va haroratni o`lchash uchun esa *NTS* komponentasi o`rnatilgan.

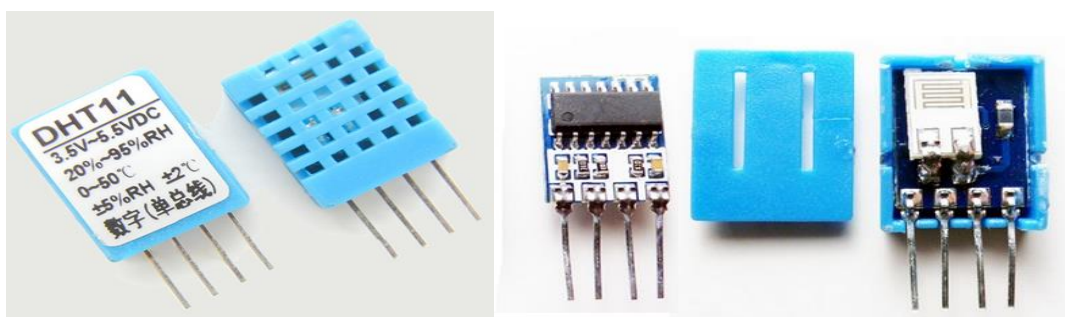
DHT11 datchigining asosiy xarakteristikasi

Namlikning taxminiy parametrlari:

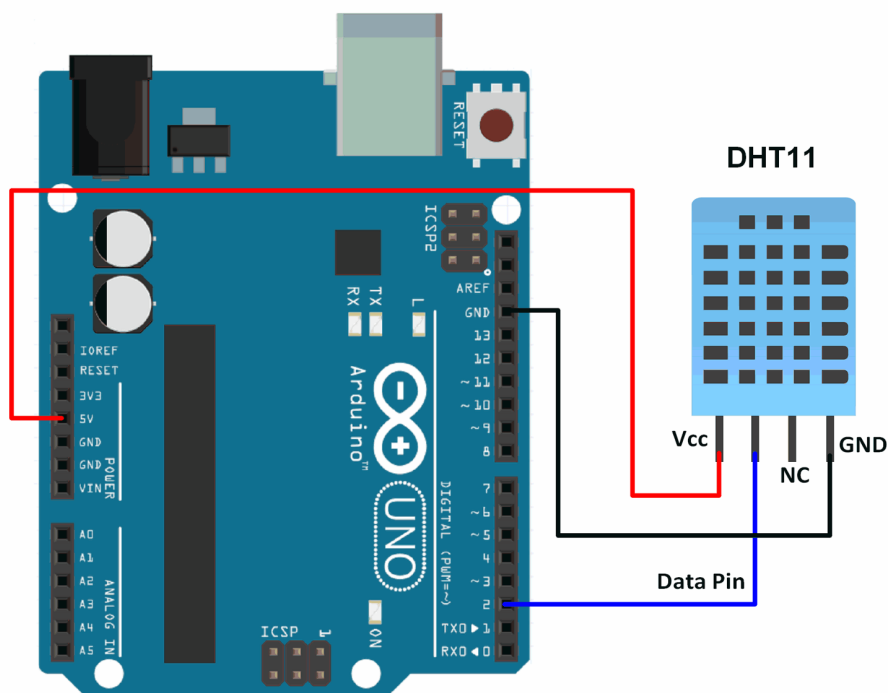
- ruxsat etilgan 16Bit(ma`lumot almashinuvi);
- o`lchash chegarasi 20% ~ 95%;
- aniqligi $\pm 5\%$.

Haroratning taxminiy parametrlari:

- ✓ ruxsat etilgan 16 Bit (ma`lumot almashinuvi);
- ✓ o`lchash chegarasi 0 ~ 50°C;
- ✓ aniqligi $\pm 2^{\circ}\text{C}$.



4.3-rasm *DHT11* datchigi



4.4-rasm. *DHT11* datchigining *Arduino UNO* mikrokontrollerga ulanish sxemasi

DHT11 datchigini *Arduino UNO* mikrokontrollerining berilgan sxema bo'yicha mos slotlar (ulash joyi)ga ulaymiz. Shu bilan birgalikda harorat hamda namlikni o'lchash uchun quyidagicha dastur tuzamiz.

```
#include "DHT.h"
#define DHTPIN 2
DHT dht(DHTPIN, DHT22);
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  dht.begin();
}
void loop() {
  delay(2000);
  float h = dht.readHumidity();
  float t = dht.readTemperature();
  if (isnan(h) || isnan(t)) {
    Serial.println("O`qishda xato");
    return;
  }
  Serial.print("Namlik: ");
  Serial.print(h);
  Serial.print(" %\t");
  Serial.print("harorat: ");
  Serial.print(t);
  Serial.println(" *C ");
}
```

Issiqxonadagi jarayonni boshqarish uchun quyidagi qo'shimcha qurilmalarni keltirib o'tamiz.



4.5-rasm. Rele *PIC AVR DSP ARM*

4.5-rasmda keltirilgan qurilma rele bo`lib u yordamida elektr o`lchov asboblari o`chirish va yoqish mumkin. Relega 220 V elektr tarmog`i ulasa ham bo`ladi. Rele moduli barcha elektr bog`lamalarini o`z ichiga oladi. Rele normal ochiq (NO) va normal yopiq kontakt (NC) bor. Bu tizimni yaratish uchun qulay bo`lib signal kelganda rele ishga tushadi. Modul kirishida maytiqiy 1 berilganda rele ishlaydi. Boshqarish o`zida o`rnatilgan kalit orqali amalga oshadi. Bunda boshqaruvchi signal sifatida 3-5 V gacha kuchlanish ishlatish mumkin bo`ladi. Shuningdek modulni boshqa platalardan boshqarsa ham bo`ladi.

Ulash. Rele modul boshqaruvchi elektronikaga 3 ta sim orqali ulanadi. *Arduinoga* ulash uchun troyka shild va shleyf kompleksini qo`llash mumkin. Simlardan ozod bo`lish uchun releni shleyfning o`ziga o`rnatish mumkin.

Rele o`zgaruvchan tokning 16 A gacha yuklamasini 220 V da boshqarishi mumkin. O`zgarmas tokda esa 7 A gacha yuklamani 30 V da boshqaradi. 30 V dan kichik kuchlanishda tok yuqori bo`lishi mumkin.

Kichik o`lchamli suvni uzatuvchi nasos suvni tortib uzatish vazifasini bajaradi. Nasosni mikrokontrollerdan boshqarish uchun kommutator yoki rele ishlatiladi.



4.6-rasm. Kichik o`lchamli suvni uzatuvchi nasos.

Nasos 2,5 va 6 V kuchlanish oralig`ida ishlaydi. Maksimal uzatishi 40-110 sm; oqim tezligi 80-120 litr/soat.

Kabel 3 turda bo`lib har xil ranglardan tashkil topgan. Ularning o`zaro farqi bir biriga ulanishda xolos. Har bir kabelning uzunligi 10 sm dan iborat. Qurulmalarga ulash uchun juda qulay hisoblanad.



4.7-rasm. Qurulmalarni o`zaro bog`lovchi kabellar

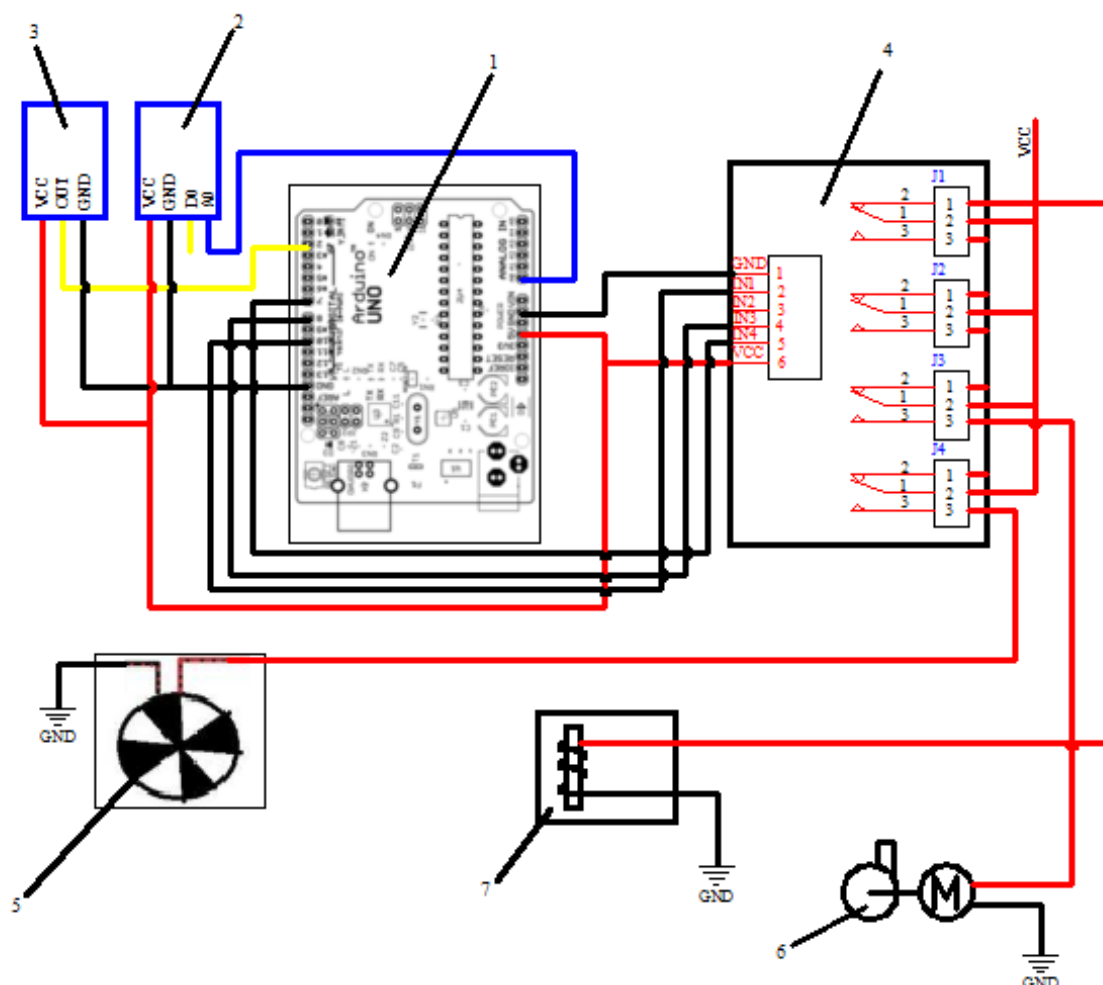
Ushbu sxemaning ishlash prinsipi quyidagicha:

Havoning haroratini va havo namligini nazorat qilishda ishlatiladigan *DHT11* datchigi (2) ning *VCC*, *GND* va *OUT* portlari mavjud. Datchikning *VCC* porti *Arduinoning* 5V manbasiga, *GND* esa *GND* ga chiqivchi *OUT* porti diskret 2-chi portilarga ulanadi. Datchikdan kelayotgan signal “*Arduino Uno*” mikrokontrolleri (1) ning diskret 2-chi kirish portidan o`qib olinadi va dasturiy ta`minot orqali qayta ishlanadi.

Havoning namligi va harorati ekranda ko`rsatiladi. Agarda havoning harorati berilgan qiymatdan oshadigan bo`lsa mikrokontroller “*Arduino Uno*” (1) ning diskret 7-chi portidan releli (4) modulning 4-chi kanaliga signal yuboriladi.

Releli (4) modulning 4-chi kanaliga signal kelganda ventilyator (5) ning motoriga elektr kuchlanish yuboriladi va issiqxonadagi havo sovutila boriladi. Agarda havoning harorati berilgan qiymatdan tushadigan bo`lsa releli (4) modulning 4-chi kanaliga signal yuborilish to`xtatiladi va “*Arduino Uno*” (1) ning diskret 10-chi portidan releli (4) modulning 1-chi kanaliga signal yuboriladi. Releli (4)

modulning 1-chi kanaliga signal kelganda isitish pechi (7) ga elektr kuchlanish yuboriladi va issiqxonadagi havo harorati isitila boshlanadi.



4.8-rasm. “Aqilli” issiqxonani boshqarishning funksional elektrik sxemasi

1- Arduino Uno mikrokontrolleri, 2- havoning haroratini va havo namligini nazorat qilishda DHT11 datchigi, 3- Gigrometr namlik datchigi YL-69, 4- releli modul, 5- ventilyator, 6- suv nasooosi, 7- isitish pechi.

Issiqxonadagi tuproq namligini boshqarish tizimida “Arduino Uno” mikrokontrolleri (1) ning A0, 5V, 0V kiruvchi portlariga Gigrometr datchigi (3) ning kanallari ulangan.

Gigrometr datchigi (3) ning sensori tuproqning namligi oʻlchanayotgan qatlamiga joylashtiriladi. Gigrometr datchik (3) dan kelayotgan signallar mikrokontroller “Arduino Uno” (1) da qayta ishlanib, unga yuklangan dastur orqali boshqaruv tizimini ishga tushiradi. Agarda tuproqning namligi 80% dan

pasayadigan bo`lsa elektrnasos (6) ni ishga tushirish uchun mikrokontrolleri (1) ning diskret 8-chi portidan releli(4) modulning 3-chi kanaliga signal yuboriladi.

Releli (4) modulning 3-chi kanaliga signal kelganda elektrnasos (6) ning motoriga elektr kuchlanish yuboriladi va yer sug`orila boshlaydi. Tuproq namligi oshib borishi bilan ekranda tuproq namligi qiymatlari foizlarda ko`rsatib boriladi. Namlik berilgan qiymatga yetganda (masalan, 80 % dan oshganda) elektrnasos (6) ishdan to`xtatiladi va sug`orish to`xtaydi.

Topshiriq

4.8-rasmda keltirilgan elektrik sxemaning real jarayon bo`yicha modulini yig`ing va boshqaruv dasturini tuzing hamda yozma hisobot tayyorlang.

Takrorlash uchun savollar

1. Mashg`ulotning maqsadini ayting.
2. Ishni bajarish uchun kerakli jihozlarni sanab o`ting.
3. Namlik va haroratni (*DHT11*) o`lchovchi datchikni *Arduinoga* ulash printsiplial elektr sxemasini yig`ishni tushuntiring.
4. Dasturni yuklash tartibini tushuntiring

V-MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI

1. Quyidagi qaysi mulohaza to`g`ri bayon etilgan?

- A) Zamonaviy mexatronik tizimlarda, qoida bo`yicha, “yuqoridan-pastga” iyerarxiya sxemasi qo`llaniladi, bunda pastki bosqichdagi kichik tizimlar yuqoridagisiga so`zsiz bo`ysunadi.
- B) Zamonaviy mexatronik tizimlarda, qoida bo`yicha, “pastdan-yuqoriga” iyerarxiya sxemasi qo`llaniladi, bunda yuqoridagii bosqichdagi kichik tizimlar pastdagisiga so`zsiz bo`ysunadi.
- C) Zamonaviy mexatronik tizimlarda, qoida bo`yicha, “chapdan-o`ngga” iyerarxiya sxemasi qo`llaniladi, bunda o`ng bosqichdagi kichik tizimlar chapdagisiga so`zsiz bo`ysunadi.
- D) Zamonaviy mexatronik tizimlarda, qoida bo`yicha, “o`ngdan-chapga” iyerarxiya sxemasi qo`llaniladi, bunda chapdagi bosqichdagi kichik tizimlar o`ngdagisiga so`zsiz bo`ysunadi.

2. Mexatronik (robototexnik) tizimlar uchun xarakterli bo`lgan boshqarish iyerarxiyasida nechta boshqarish boshqichi belgilangan?

- A) 4
- B) 3
- C) 5
- D) 6

3. Mexatronik (robototexnik) tizimlar uchun xarakterli bo`lgan boshqarish iyerarxiyasida qaysi boshqarish bosqichlari mavjud?

- A) Strategik, taktik va ijro etuvchi;
- B) Intellektual, taktik va ijro etuvchi;
- C) Intellektual, strategik, taktik va ijro etuvchi;
- D) Tashqi kompyuterli, strategik, taktik va ijro etuvchi.

4. Tizim deb nimaga aytiladi?

- A) Texnologik jarayonni o`zaro bog`liq elementlarining bir maqsadga yo`naltirilgan to`plami;

- B) Ixtiyoriy tabiatli o`zaro bog`liq elementlarning bir maqsadga yo`naltirilgan to`plami;
- C) Texnologik jihozlarni o`zaro bog`liq elementlarining bir maqsadga yo`naltirilgan to`plami;
- D) Texnologik jihoz elementlarini nazorat va boshqaruv asboblari bilan o`zaro bog`liqligi.

5. Determinik muhit nima?

- A) Ta'sir etuvchi g`alayonlar parametrlari xossalari mexatronik tizimlarni loyihalashtirish uchun oldindan aniqlanganmagan muhit.
- B) Ta'sir etuvchi g`alayonlar parametrlari va ishlar ob'ektining xossalari mexatronik tizimlarni loyihalashtirish uchun yetarli darajasigacha oldindan aniqlangan muhit.
- C) Ta'sir etuvchi g`alayonlar parametrlari va ishlar ob'ektining xossalari mexatronik tizimlarni loyihalashtirish uchun yetarli emas.
- D) Determinik muhitda etuvchi omillarni boshqarish imkoniyati yo`q

6. Stoxastik muhit nima?

- A) Ta'sir etuvchi omillar va muhitning holati avvalgi parametrlarga qarab ehtimollik darajasida aniqlanmaydigan muhit
- B) Ta'sir etuvchi omillarni boshqarish ehtimoli yo`q
- C) Ta'sir etuvchi omillar va muhitning holati avvalgi parametrlarga qarab ehtimollik darajasida aniqlangan muhit.
- D) Ta'sir etuvchi omillar va muhitning holati avvalgi parametrlarga qarab katta aniqlik darajasida aniqlanadigan muhit

7. Strategik boshqichdagi boshqarish tizimining asosiy vazifasi nima?

- A) Mexatronik tizimlarning harakatini rejalash
- B) Mexatronik tizimlarning harakatini boshqarish
- C) Mexatronik tizimlarning harakatini dasturlash
- D) Mexatronik tizimlarning harakatini nazorat qilish

8. Strategik boshqich boshqarish tizimidagi harakatni rejalashga tushuncha bering.

- A) Harakatni rejalash – bu kirish axboroti (harakat vazifasi)ni ketma-ket keladigan vaqt bo'yicha moslashtirilgan elementar harakatlarga bo'lib chiqishdir
- B) Harakatni rejalash – bu kirish axboroti (harakat vazifasi)ni ketma-ket keladigan tezlik bo'yicha moslashtirilgan elementar harakatlarga bo'lib chiqishdir
- C) Harakatni rejalash – bu kirish axboroti (harakat vazifasi)ni ketma-ket keladigan tezlanish bo'yicha moslashtirilgan elementar harakatlarga bo'lib chiqishdir
- D) Harakatni rejalash – bu chiqish axboroti (harakat vazifasi)ni ketma-ket keladigan vaqt bo'yicha moslashtirilgan elementar harakatlarga bo'lib chiqishdir

9. Boshqarishning intellektual bosqichini qo'llashdan maqsad nima?

- A) Ob'ekt va tashqi muhit haqidagi axborot to'liq bo'lgan sharoitda mexanik tizimning harakati haqida qaror qabul qilishdir
- B) Ob'ekt va tashqi muhit haqidagi axborot to'liq bo'lmagan sharoitda mexanik tizimning harakati haqida qaror qabul qilishdir
- C) Ob'ekt va tashqi muhit haqidagi axborot yo'q bo'lgan sharoitda mexanik tizimning harakati haqida qaror qabul qilishdir
- D) Ob'ekt va tashqi muhit haqidagi axborot aniq bo'lgan sharoitda mexanik tizimning harakati haqida qaror qabul qilishdir

10. Parallel loyihalashning paradigmasi (modeli) nima?

- A) Tizimning barcha komponentlari bir-biri bilan o'zaro bog'lanmagangan holda loyihalashtiriladi
- B) Bir vaqtning o'zida tizimning barcha komponentlari alohida-alohida loyihalashtiriladi
- C) Tizimning barcha komponentlari yakka tartibda loyihalashtiriladi
- D) Bir vaqtning o'zida tizimning barcha komponentlari bir-biri bilan o'zaro bog'langan holda loyihalashtiriladi

TEST JAVOBLARI

I-MODUL BO`YICHA TEST JAVOBLARI

1A; 2B; 3C; 4D; 5B; 6A; 7A; 8C; 9C; 10D; 11D; 12A; 13B; 14C; 15D; 16C; 17B;
18C; 19B; 20B

II -MODUL BO`YICHA TEST JAVOBLARI

1A; 2A; 3A; 4A; 5D; 6B; 7B; 8C; 9D; 10B; 11A; 12C; 13D; 14C; 15D; 16B; 17B;
18A; 19B; 20A

III -MODUL BO`YICHA TEST JAVOBLARI

1B; 2B; 3C; 4D; 5C; 6C; 7B; 8B; 9D; 10A; 11A; 12B; 13B; 14C; 15D; 16C;
17D; 18B; 19C; 20B; 21D; 22C; 23B; 24B; 25C; 26D; 27D; 28B; 29C; 30A

IV -MODUL BO`YICHA TEST JAVOBLARI

1B; 2D; 3D; 4C; 5B; 6B; 7B; 8C; 9D; 10C; 11B; 12A; 13A; 14B; 15D; 16D; 17C;
18B; 19C; 20C

V -MODUL BO`YICHA TEST JAVOBLARI

1A; 2A; 3B; 4B; 5B; 6C; 7A; 8A; 9B; 10A

FAN BO`YICHA GLOSSARIY

Atamaning o`zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Mexatronika	Mechatronics	“ Mexatronika” atamasi 1969 yilda Yaponiyada paydo bo`ldi. Yaponiyada bu vaqtda dasturli boshqariladigan stanoklar va markazlar uchun pretsizion (ingl. <i>precision</i> - aniqlik) elektrdvigatellar ishlanmalari tayyorlanayotgan edi. Atama muallifi - Tetsuro Mori “YASKAWA ELECTRIC” kompaniyasining katta muhandisi. Bu atama mashina va agregatlar ishchi organlarini va elektron yarim o`tkazgichli o`zgartgichlar bilan boshqariladigan elektromexanik uskunalar elektrodvigatellarini belgilash uchun ishlatilgan. “Mexanika” va “elektronika” so`zlari birlashuvidan paydo bo`lgan «MEXAnika» va «elekTRONIKA». Bunday birlashuv texnikaning yangi avlodlarini yaratilishi va uskunalarining yangi ko`rinishlarini ishlab chiqish, ilm-fan va texnika jabhalardagi bilimlarni integratsiyasini anglatadi. <i>Mechatronics</i> - <i>A blend of mechanics and electronics. It's a crossdisciplinary combination of mechanics, electronics, electrical engineering and computing; the use of microelectronics to control mechanical devices</i> (“Raynet Business and Marketing English glossary” Ingliz glossariy kompaniyasining “Mexatronika”ga bergan izohi. 2012).

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
		Mexatronika - funksional harakatlari intellektual boshqariladigan yangi modullar, tizimlar, mashinalarni loyihalash va ishlab chiqarish maqsadida aniq mexanikani elektronika, elektronexnika va kompyuterli boshqarish komponentlari bilan sinergetik birlashtirish masalalarini o'rganadi.
(Nou-xau) bajarish imkoniyati	Know-how	Umumiy xarakterdagi axborotdan farqli, ma'lum faoliyatni amalga oshirish uchun kerakli bilim va tajriba.
Agregat	Aggregate	(lat. <i>aggrego</i> — ulayman)— 1) mashinaning to'la o'zaro almashinadigan va texnologik jarayonda ma'lum vazifani bajaradigan yiriklashgan, unifikatsiyalangan elementi (mas., elektr dvigatel', nasos). 2) Birgalikda ishlaydigan birqancha mashinalarning mexanik birikmasi (mas., yer haydash agregati traktor, plug va boronadan iborat).
Agregat (mashina)	Aggregate (machine)	Tashqi muhit bilan o'zaro ta'sirlashgan holda kerakli harakatlarni amalga oshirishga mo'ljallangan va bir nechta modullardan tuzilgan. Bularga misol bo'lib sanoat robotlari, raqamli boshqariladigan stanoklar va b. xizmat qiladi.
Akkumulyator	The accumulator	(lat. <i>Accumulo</i> - yig'aman) – keyin foydalanish uchun energiya yig'adigan qurilma. Yig'iladigan energiya turiga ko'ra, A.ning gidravlik, inertsion pnevmatik va elektr xillari bo'ladi.

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Algoritm	Algorithm	(IX-asrda yashagan xorazmlik matematik al-Xorazmiy nomidan) bir turli masalalarni echishda kullanadigan amallarning mazmuni va bajarilish tartibini kursatuvchi qoida
Algoritmik til	Algorithmic language	Masala echimini rasmiy algoritm kurinishida yozish imkonini beradigan programmalash tili
Aloqa	Communication	Axborotlarni turli vositalar yordamida uzatish va qabul qilish
Aloqa kanali	Communication channel	Aloqa kanali — signallar; uzatgich (axborot manbai)dan qabul qilgich (axborot qabul qiluvchi)ga tarqaladigan texnik qurilmalar va fizik muhitlar majmui
Aloqa liniyasi	The communication line	Elektr signallar uzatgichdan qabul qilgichga uzatiladigan texnik qurilmalar va fizik muhitlar majmui
Aloqa tarmog'i	Communication network	Ma'lumotlarni kiritish va chiqarish qurilmalari, aloqa kanallari va uzellari, shuningdek abonent liniyalari, ma'lumotlarni uzatish liniyalari majmui.
Anod	The anode	(yunon. <i>anodos</i> , so'zma-so'z — yuqoriga harakatlanish, chiqish, <i>ana</i> — yuqoriga va <i>hodos</i> — harakat) 1) Kimyoviy tok manbaining musbat elektrodi. 2) Tok manbaining musbat qutbiga ulanadigan elektrovakuum asbob.

Atamaning o`zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma`nosi
Antenna	The antenna	(lat. <i>antenna</i> — minora)— radio to`lqinlarni bevosita tarqatadigan va (yoki) qabul qiladigan qurilma.
Asbob	The device	1) o`lchashlar, i.ch. nazorati, jihozlarni himoya qilish, mashina va qurilmalarni boshqarish, texnologik jarayonlarni rostlash, hisoblash, hisobga olish, sanash uchun muljallangan Kurilmalarning umumiy nomi.
Avto...	Avto...	(yunon <i>autos</i> - o`zim) – qo`shma so`zlarning quyidagi ma`nolarni bildiradigan tarkibiy qismi: 1. “o`zim”, “o`z qo`lim bilan” (mas., avtolitografiya); 2. “avtomatik”, ya`ni “o`z-o`zidan avtopilot, “o`zi harakatlanadigan” (mas., avtoyuklagich); “avtomobil” avtomobilga doir (mas., avtovokzal, avtodrom).
Avtomat	The automatic machine	(yunon. <i>automates</i> — o`zi harakatlanuvchi) —1) energiya, materiallar va axborotlarni olish, o`zgartirish, uzatish va taqsimlash (foydalanish) jarayonlaridagi barcha operatsiyalarni berilgan programma bo`yicha odamning ishtirokisiz bajaradigan qurilma (yoki qurilmalar majmui) ( <i>Ishlab chiqarishni avtomatlashtirish</i> ). 2) Kibernetikada — texnik yoki biologik sistemaning abstrakt modeli; oxirgi avtomatlar (diskret axborotni o`zgartiradigan va oxirgi turg`un xotira hajmiga ega bo`lgan ma`lum sis-

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
		temaning matematik modeliga tegishli kibernetik tushuncha) ko'proq o'rganilgan.
Avtomatik boshqarish	Automatic control	Ob'ektni boshqarish protsessi; bunda berilgan boshqarish maksadiga erishishni ta'minlaydigan operatsiyalarni odam ishtirokisiz ishlaydigan sistema avvaldan berilgan algoritmgaga muvofiq bajaradi. A.b. avtomatik boshqarish sistemalarida qo'llaniladi.
Avtomatik boshqarish nazariyasi	The automatic control theory	Texnik kibernetika bo'limi; avtomatik boshqarish sistemasini tuzish printsiplari va ularda boradigan jarayonlarning qonuniyatlarini o'rganadi.
Avtomatik boshqarish sistemasi	The automatic control system	(ABS) o'zaro ta'sirlashuvchi boshqarish qurilmasi b-n boshqariluvchi ob'ektlar majmui. Ob'ektlarni avtomatik boshqarishni ta'minlaydi. Berk avtomatik boshqarish sistemasi, ochiq avtomatik boshqarish sistemasi va aralash avtomatik boshqarish sistemasiga bo'linadi. Sistemaning ma'lum koordinatlari (nazorat qilinayotgan miqdorlar)ni birday tutib turadigan ABS, programmali va kuzatuvchi sistemali ABS keng tarqalgan. Ob'ektning ish sharoiti va parametrlari ma'lum daraja o'zgarganda o'zi moslashuvchi sistema ishga tushadi (d. <i>Avtomatik boshqarish nazariyasi</i>).
Avtomatik qayd qilgich	The automatic registrar	boshqa nomi — <i>qayd qiluvchi qurilma</i> .

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Avtomatik rostdash	Automatic control	Texnikaviy protsessni xarakterlovchi rostdanuvchi fizik kattaliklarni oldindan berilgan qonun bo'yicha yoki belgilangan qiymat chegarasida o'zgarishini avtomatik tarzda ushlab turish; bunda rostdanuvchi ob'ektning rostdlovchi organiga boshqaruvchi ta'sir ko'rsatiladi. Boshqaruvchi ta'sir (BT), odatda, dinamik xato funktsiyasi hisoblanadi (og'ishga qarab rostdash). Ba'zan, boshqaruvchi ta'sir kompensatsiyalovchi (ob'ektni uyg'otish vazifasini o'tovchi) qurilma ishlab chiqaradigan boshqarish A.r. ga ham kiradi. Bunday boshqarish <i>rostdlagich</i> yordamida amalga oshiriladi. A.r. avtomatik boshqarish turlaridan biri hisoblanadi.
Avtomatika	Automatics	1) <i>Texnik kibernetika</i> bo'limi. U ABS texnika vositalarini yaratish va ularning ishini tashkil qilishning nazariy va amaliy asoslari b-n birga avtomatik boshqarish nazariyasini o'z ichiga oladi. 2) Avtomatik tarzda ishlaydigan mexanizm va qurilmalar majmui.
Avtomatlashti rilgan boshqarish sistemasi	The automated control system	ABS (ASU) — boshqaruvchi qarorlar qabul qilish uchun «odam-mashina» yagona sistemasida o'zaro bog'langan ma'muriy, tashkiliy, iqtisodiy - matematik metodlar va hisoblash texnikasining texnika vositalari, tashkiliy texnika hamda aloqa vositalari majmui.

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Avtomobil	Automobile	(avto...va lat. <i>mobilis</i> — harakatchan, oson harakatlanadigan)— o'z dvigateli b-n harakatlanadigan g'ildirakli yoki yarim gusenitsali relssiz transport mashinasi .
Avtomobilning kompleks xavfsizlik tizimi (AKXT)	(AVSM - Advanced vehicle safety management)	Bu tizim avtomatik ravishda mashinalar orasidagi kerakli oraliqni saqlay oladi, mashinani sfetoforming qizil signalida to'xtatadi, haydovchiga burilish uchastkasida mashina tezligining katta ekanligi haqida xabar beradi va h.k.
Avtopilot	The autopilot	(<i>avto...</i> va frants. <i>pilote</i> — boshliq, yo'lboshchi)— uchish apparati parvozini avtomatik boshqaradigan qurilma. Oldindan belgilangan traektoriya bo'yicha transport vositasini dasturiy-apparat kompleksi yordamida boshqarish (haydash). Havo muhitida to'siqlar kam bo'lganligi uchun avtopilot asosan uchuvchi transport vositalarida keng qo'llaniladi. Hozir relsda harakatlanovchi transport vositalari uchun ham avtopilot ishlatilmoqda. Zamonaviy avtopilot uchishning yoki boshqa harakatnig barcha bosqichlarini avtomatlashtirish imkoniyatiga ega.
Aylanish chastotasi	Rotational speed	Jismning aylanishlar sonining aylanishga ketgan vaqtga nisbatiga teng kattalik. Odatda, n b-n belgilanadi. A. ch. birligi — s^{-1} (SI da). Sistemaga kirmagan birliklari — ayl/ min va ayl/ sek.
Bit	BIT	Bir razryadli raqam bo'lib, faqat “0” yoki “1” qiymatlarini oladi, demak kompyuter

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
	(Binary DigIT)	pereklyuchatelining "ВКЛ."/"ВЫКЛ." holatlari bilan ifodalanadi. Kompyuterlarda 8, 16 va 32- belgili ikkilamchi kodlar ketma-ketligi qo'llaniladi.
Brauzer	Browser	Internetdan foydalanish uchun mo'ljallangan dastur. Eng ko'p tarqalgan brauzerlar - <i>Microsoft Internet Explorer</i> yoki <i>Google Chrome</i> .
Brend (marka)	Brand	Boshqa sotuvchiga tegishli bo'lgan nom, atama, dizayn, belgi yoki boshqa xarakteristikalaridan farq qiladigan o'zining tovar yoki xizmatini belgilaydigan nom, dizayn yoki boshqa xarakteristika. "Brend"ni yuridik himoyalash savdo belgisi yoki mualliflik huquqi bilan ta'minlanadi.
CAD/ CAE/CAM tizimlar	CAD/CAE/ CAM systems	Ingliz so'z birikmalari abbreviaturasi. CAD (Computer Aided Design) – ma'nosi "Loyihalashning avtomatlashtirilgan (kompyuterlashtirilgan) tizimlari". CAE (Computer Aided Engineering)– ma'nosi "Mahsulotlarni (ishlab chiqarishni konstruktorlik tayyorlashni) muhandislik hisoblash kompyuter dasturlari". CAM (Computer Aided Manufacturing) – ma'nosi "Ishlab chiqarishni kompyuterli loyihalash tizimlari". M.: CAD-tizimlar yordamida mashina detallarini kompyuterda loyihalash mumkin, CAE-tizimlar yordamida ishlab chiqarish jarayonlarini yoki

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
		operatsiyalarini kompyuterlarda hisoblash mumkin, CAM-tizimlar avtomatik tizimlar va raqamli boshqarish stanoklarni ishlatish uchun qo'llaniladi.
CALS- texnologiya [KALS]	CALS technology	Mahsulot hayoti davrini uzluksiz axborotli quvvatlash - mahsulot hayotiy davri davomida zamonaviy axborot usullari bilan ta'minlash evaziga korxonalar xo'jalik faoliyati jarayonlarining samaradorligini, ish unumdorligini va rentabelligini oshirish strategiyasi.
CAN	CAN	O'tgan asrning 80-yillarida <i>Bosch</i> kompaniyasi tomonidan tarmoq interfeysining yangi kontseptsiyasi <i>CAN – (Controller Area Network)</i> taklif qilindi. <i>CAN</i> -shina bir vaqtning o'zida raqamli axborotlarni qabul qiluvchi va etkazib beruvchi har qanday qurilmalarni ulashni ta'minlab beradi. Bunday shinalar yuqori tezlikda axborotni yetkazib bera oladi.
Datchik	The sensor	O'lchash o'zgartirgichining boshqacha nomi. Ko'pincha, adabiyotda o'lchash, signal berish, rostdash yoki boshqarish qurilmalarining nazorat qilinadigan kattalik (bosim, t-ra, chastota, tezlik, yorug'lik kuchi, kuchlanish, elektr toki va b.) ni o'lchash, uzatish, saqlash, qayd qilish va boshqariladigan jarayonlarga ta'sir etish uchun qulay signalga aylantiriladigan elementi.

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Dielektrik	Dielectric	(ing. <i>dielectric</i> , yunon. <i>dia</i> – orqali va ing. <i>electric</i> elektr) – amalda elektr toki o'tkazmaydigan moddalar.
Dinamik sistema	Dynamic system	Holati vaqtda bo'yicha o'zgaradigan o'zaro ta'sirlashuvchi ob'ektlar majmui.
Diskret boshqarish sistemasi	The discrete control system	Impulslar boshqarish sistemasi – avtomatik boshqarish sistemasi, bunda ma'lumot uning ikkita yoki undan ortiq elementlari orasida amplitudasi, davomiyligi, fazasi yoki kirish signalining chastotasi bo'yicha modulyatsiyalangan ketma-ket impulslar yordamida uzatiladi.
Dispatcher-lash	Dispatching	i.ch. Jarayonlarini operativ nazorat qilish va boshqarishni markazlashtirish (kontsentrlash).
Domen nomi	Domain name	Yuqori darajadagi internet-sayt (web-sayt)ning nomi. Odatda domen nomi sayt turini ko'rsatuvchi maxsus suffiks bilan yakunlanadi. M.: com (kommertsial), .edu (ta'lim), .net (tarmoq), .gov (hukumat), .org (tashkilot), .ca (Kanada), .uk (Buyuk Britaniya), .uz (O'zbekiston) va h.k.
Dvigatel	The drive	Biror turdagi energiyani mexanik ishga aylantiruvchi mashina.
Ekzoskelet	Exoskeleton	Bu antropomorf konstruktsiyalar bo'lib, ularni inson qo'lga, oyog'iga yoki tanasiga "kiyib", inson harakatini masshtab koeffitsiyentini hisobga olgan holda takrorlash uchun qo'llaniladi.

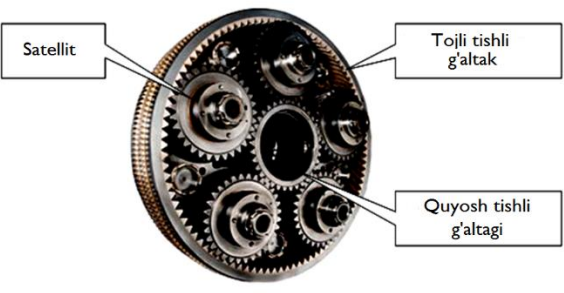
Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
		Ekzoskeletlar ko`pincha bir necha o`nlik harakat erkinligiga ega bo`ladi. Takrorlovchi robotlar singari ikki tomonlama nazorat tizimlari orqali boshqariladi.
Funktsional harakat	Functional traffic (move)	Avtomatlashgan texnologik jarayonning asosiy vazifasi mashinaning chiquvchi zvenosi, ya'ni ishchi organi harakatini amalga oshirish hisoblanadi (masalan mashinasozlikda – mexanik ishlov beruvchi asbob). Bunda boshqa tashqi jarayonlarni boshqarish bilan MTning atrof-muhitdagi harakatini muvofiqlashtirish kerak. Masalan, elektravtomatik qurilmalar (datchik, rele, pereklyuchatellar) dan signallarni qabul qilib olish va ularga signallarni etkazib berish. <i>Bunday muvofiqlashtirilgan MTlarning harakatini funktsional harakat deb ataymiz.</i>
Funktsiyalarni tekshirish	Functional testing	Alohida elementlarni yoki yaxlit mahsulotning real ko`rsatgichlarini rejalashtirilgan xarakteristikalariga mos kelishini tekshirish.
Gidroyuritma	The hydraulic drive	Bu gidravlik energiya yordamida mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir. Hidroyuritmaga yuritma dvigateli va mashina yoki mexanizm orasidagi qurilma deb qarash mumkin. U mexanik uzatmalar (reduktor, tasmali uzatma, krivoship-shatun mexanizmi va h.k.) funktsiyasini bajaradi.

Atamaning o`zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Harakat moduli (HM)	The traffic (movement) module	Konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot bo`lib, unda boshqariladigan dvigatel va mexanik qurilma konstruktiv birlashtirilgan.
Harakat o`zgartiruvchilari	Traffic (movement) converters	Dvigateldan mexatron modulning chiqish zvenosiga harakatni uzatish har xil harakat o`zgartiruvchilari (uzatmalar) yordamida ta'minlanadi. Harakat o`zgartiruvchilari bir harakat turini boshqasiga o`zgartirish hamda dvigatel valining aylanish momentlari va tezliklarini chiqish zvenoning parametrlariga moslashtirish uchun qo`llaniladi. Bu uchun tishli, vintli, reykali, zanjirli, trosli va tishli kesim yuza tasmali uzatmalar, maltiyli mexanizmlar va b.lardan foydaniladi.
HTML(Eych-Ti-Em-El)	HTML	Web-varaqalarni Internetda yaratish uchun foydalanadigan giper matnlarni belgilash tili.
HTTP (Eych-Ti-Ti-Pi)	HTTP	Gipermatnlarni uzatish protokoli. Kompyuterga boshqasi bilan aloqa qilish usulini etkazuvchi protokol. M.: ko`pchilik URLlar "http" 4 ta harf bilan boshlanadi.
Ierarxik boshqarish printsiplari	Hierarchical principle of control	Boshqarish sistemalarini ko`p pog`onali tuzish, unda boshqarish funktsiyalari sistemaning bir-biriga bog`liq qismlari orasida taqsimlanadi. "Yuqori mavqe"dagi qurilmalarning boshqarish signallari umumlashgan xarakterga ega bo`lib, "itoatdagi" qurilmalarda konkretlashadi. Natijada boshqariladigan axborotlar oqimi va har qaysi

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
		boshqarish zvenosi yechadigan masalalarning murakkabligi ancha kamayadi.
Mikroxschema	Chip (microcircuit)	Mikroxschema – elektrik tutashtirilgan elementlari juda zich joylashgan yaxlit qattiq jism tarzidagi elektron buyum.
Intellektual mexatronik modul (IMM)	The intellectual mechatronics module	Konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot bo'lib, dvigatel mexanik, axborot, elektron va boshqaruv qismlarni sinergetik integratsiyalash yo'li bilan qurilgan.
Interfeys	Interface	(ing. <i>Interface</i> – ajratish yuzasi, to'sin) – ikkita tizim, qurilma va dasturlarni bir-biri bilan hamkorlik qilish usul va uslublari hamda imkoniyatlaridir. Masalan, <i>USB</i> , <i>CAN</i> , <i>Ethernet</i> va h.k.
Iyerarxik struktura	Hierarchical structure	Bu bir-biri bilan o'zaro ta'sirlashadigan kichik tizimlarning ko'p boshqichli yig'indisi (birlashuvi). Bunda har qaysi kichik tizim (podsystema) ma'lum bir vazifani bajarish uchun mas'uldir va o'zi egallagan boshqichdagi boshqarish vazifalarini bajarish uchun kerak bo'lgan sensorlar bilan bog'langan.
Izernet	Ethernet	([ˈiːθə nɛt] inglizchadan ether [ˈiːθər] «efir») – kompyuter tarmoqlari uchun axborotni paket shaklida uzatish texnologiyasi.
Keys stadi (amaliy misollar)	Case study	Aniq ma'lum misollarda o'qitishning usuli. Amaliy misollar tariqasida ishlab chiqarish korxonalaridagi tipik holatlar tahlil qilinadi.

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Kompyuter tomografiyasi	Computer tomography	Ob'yekning ichki strukturasini to'qimalarni yemirmasdan qavatma-qavat o'rganadigan usul. 1972 yilda Godfri Xaunsfild va Allan Kormak tomonidan taklif qilingan va bu ishlanma uchun Nobel mukofotiga sazovor bo'lgan.
Koordinata stoli	Co-ordinate table	Manipulyatorning 2- yoki 3- koordinatali ko'rinishi bo'lib, detallarga ishlov berish asosan tekislikda olib boriladi. 3-chi koordinata g'adir-budur yuzalarga Z-ishlov berish uchun kerak bo'ladi. Bunda tizim 2+ bo'ladi.
Manipulyator (mexanikada)	The manipulator in the mechanic	Texnologik asboblarni yoki boshqa yuklarni fazoda harakatlantirishga mo'ljallangan qurilma (m.: payvandlash yoki frezerlash kallagi, parchin-mixlash asbobi va h.k.).
Mexanikada erkinlik darajasi	Degree of freedom in the mechanic	Bu tizim yoki jismlarning muhitdagi vaziyati va ularning mustaqil harakatlanish (aylanish) koordinatlari to'plamidir.
Mexatronik harakat moduli (MHM)	The Mechatronics traffic (movement) module	Konstruktiv va funksional mustaqil mahsulot bo'lib, unda boshqariladigan dvigatel, mexanik qurilma va axborot qurilmasi konstruktiv birlashtirilgan.
Mexatronik modul	Mechatronics module	Boshqaridadigan bitta koordinata bo'ylab harakatlanadigan ob'ektdir. Bu modullardan xuddi funksional kubiklardan yig'gandek, modulli arxitekturaning murakkab tizimlari yig'iladi.

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Mexatronik modul	Mechatronics module	Qoida bo'yicha, birta koordinata bo'yicha harakatni amalga oshirishga mo'ljallangan, avtonom hujjatlar majmuasiga ega bo'lgan unifikatsiyalangan mexatronik ob'ektdir. Bularna misol bo'lib dvigatel, reduktor va b. xizmat qiladi. Biroz murakabroq modullarga (avtonom yuritmalar) motor-reduktor, motor-g'altak, motor-baraban va aylanuvchi stollar kiradi.
Mexatronik tizim	Mechatronics system	Bir nechta yoki birta agregat (mashina)dan va bir qator alohida modullardan, ya'ni bir xil yoki har xil quyi pog'ona ob'ektlaridan, tashkil topgan bo'ladi. Ma'lumki, tizim – bu bir butun bo'lib faoliyat ko'rsatadigan va ma'lum maqsadni amalga oshirishga mo'ljallangan, ma'lum bir qonuniyatga bo'ysunadigan va bir-biri bilan ma'lum bir munosabat bilan bog'langan komponentlar majmuasidir.
Mexatronika ob'ekti	Mechatronics object	Umumiy tushuncha bo'lib, mexatronik tizimni, agregat (mashina)ni va modulni o'z ichiga oladi.
Motor-reduktor	The motor-reducer	1927 yilda «Bayer» firmasi tomonidan printsiptial yangi konstruktsiya – motor-reduktor ishlab chiqildi. Bunda elektrodvigatel va mexanik harakatni o'zgartiruvchi (reduktor) birta ixcham konstruktorlik moduliga birlashtirilgan. Bu konstruktsiyalar hozirgacha ham keng ishlatilib kelinmoqda. Elektrodvigatel va mexanik harakatni o'zgartiruvchi (reduktor)ni bitta elektryuritmaga birlashtirish bu 2 ta qurilmani

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
		mufta orqali birlashtirilgan konstruktsiyalarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega.
Multimediya tizimlar	Multimedia systems	Raqamli shaklda tovush, matn, grafik va tasvirlarni qo'llash va integrallashgan holda boshqarish imkonini beruvchi dasturiy texnologiyalar.
Paradigma (model)	Paradigm	(yunoncha παράδειγμα, "masalan, misol, model, namuna") - ilmiy jamoalar tomonidan qabul qilingan va ularning ko'pchiligi tan oladigan ilmiy ko'rsatmalar, tassavurlar va atamalarining asosiy poydevor majmuasi. Fan va ilmiy ijodiyot orasidagi bog'liqlikni ta'minlaydi.
Planetar uzatma	The planetary drive	Bu uzatmalarning planetar yoki satellitli deyilishiga sabab, uzatmadagi tishli g'altaklarning harakati planetalar harakatiga o'xshash. Oddiy planetar uzatma tashqi tishli markaziy quyosh tishli g'altakdan, ichki tishli markaziy tojli g'altakdan, tashqi tishli satellitlardan va vodiladan iborat. Satellitlar bir vaqtning o'zida ham quyoshli ham tojli g'altaklar bilan ilashmaga kiradi, satellitlar o'qi esa vodilada joylashgan. 

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
Pnevmo-yuritma	The pneumodrive	Qisilgan havo energiyasi yordamida mashina va mexanizmlarni harakatga keltiruvchi qurilmalar majmuasidir. Pnevmo-yuritmaning asosiy vazifasi mexanik uzatmalarday yuritma dvigatelinig mexanik xarakteristikalarini ishchi organ harakatiga kerak bo'lgan parametrlarga aylantirishdir va bundan tashqari, ijrochi mexanizmlarni boshqarish, o'ta yuklamadan himoyalash kiradi. Uning asosiy elementlari bo'lib kompressor (pnematik energiya generatori) va pnevmadvigatel xizmat qiladi.
Robot	The robot	(chex. “ <i>robot, robota</i> – majburiy mehnat” yoki “ <i>rob</i> – qul” degani) – tirik organizm printsipli asosida yaratilgan avtomatik qurilma, vosita. Oldindan joylashtirilgan dastur bo'yicha va (tirik organizmlar sezish organlariga o'xshash bo'lgan) datchiklardan kelayotgan axborot asosida robot mustaqil ravishda ishlab chiqarish yoki boshqa operatsiyalarni amalga oshiradi. Bunda robot operator bilan aloqaga ega bo'lishi yoki avtonom harakat qilishi mumkin. Robot-android ASIMO (A dvanced S tep in I nnovative M obility), “Honda”da ishlab chiqarilgan.
Robot-manipulyator	The robot-manipulator	Inson qo'li va panjalari harakatini takrorlovchi uskunalar. Asosan 5-6 o'qli antropomorf robot-manipulyatorlar qo'llaniladi (m.: <i>Fanuk</i> yoki

Atamaning o'zbekcha nomlanishi	Atamaning inglizcha nomlanishi	Atamaning ma'nosi
		<i>KUKA</i> markali robotlar). Bu uskunarlar inson qo'li uchun zararli moddalar bilan ishlashda qo'llaniladi (m.: zaharli, radioaktiv va h.k muhitlar).
Savdo belgisi	Trademark	Raqobatchilarning o'xshash mahsulotidan farqlash maqsadida qonun bilan himoyalangan belgi, so'z, harf yoki emblema.
Sinergiya	Synergy	unon. – <i>“hamkorlik, ko'maklashish, yordam, hamjihat harakat, umumiy bir maqsadga yo'naltirilgan”</i> ma'nosini anglatadi.
URL	URL	Resursning universal manzili. Internetning alohida sayti manzili. M.: http://www.mycompany.com “Mycompany” kompaniyasi manzilini qayd qilishni ko'rsatadi.
USB (Yu.-Es.-Bi)	USB	(ing. <i>Universal Serial Bus</i> – universal ketma-ket shina) hisoblash texnikasi atrofidagi qurilmalardan o'rta va kichik tezlikda axborotlarni uzatish uchun ketma-ket interfeys.

TAVSIYA ETILADIGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI

Asosiy adabiyotlar

1. The Mechatronics HandBook // Editor-in-Chief Robert H. Bishop. The University of Texas at Austin, Texas. © 2002 by CRC Press LLC 2002.-1229 p.
2. David G. Alciatore, Michael B. Histan. Introduction to Mechatronics and Measurement Systems // Department of Mechanical Engineering. Colorado State University. Copyright © 2012 by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. Previous editions. - 573 p.
3. Advances in mechatronics // Edited by Horacio Martínez-Alfaro. Copyright © 2011 InTech.-312 p.
4. Введение в мехатронику / А.И.Грабченко, В.Б.Клепиков, В.Л.Доброскок и др. - Харьков: НТУ, 2014. - 264 с.
5. Подураев Ю.В. Основы мехатроники – М: МГТУ, 2000. – 80 с.
6. Таугер В. М. Конструирование мехатронных модулей: учеб. пособие. — Екатеринбург: УрГУПС, 2009. — 336 с
7. Gafurov K.X. Mexatronika fanidan ma'rizalar matni // Buxoro, 2018 - 235 b.

Qo'shimcha adabiyotlar

1. Mechatronics. The Science of Intelligent Machines // An International Journal. ISSN: 0957-4158
2. Introduction to Intelligent Robotics / Herman Bruyninckx and Joris De Schutter - Katholieke Universiteit Leuven.
3. Mechatronic Drives. Motion control in a nutshell / Farid Al-Bender - K.U.Leuven.
4. Хомченко, В. Г. Мехатронные и робототехнические системы: учеб. пособие / В. Г. Хомченко, В. Ю. Соломин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. – 160 с.

Elektron resurslar

<http://www.journals.elsevier.com/mechatronics>

www.ziynet.uz; www.ilm.uz;

<http://www.archive.org/> - elektron virtual kutubxona

<http://www.efunda.com/home.cfm> - injenerlik va matematika sohalari
bo'yicha portal

<http://www.forbes.com/forbes> - Forbs jurnali bazasi

<http://www.fortune.com/> - Fortune jurnali bazasi

<http://www.harvard.edu/> - Garvard universiteti

<http://www.howstuffworks.com/> - Turli xil turdagi hodisalar, jarayonlar
to'g'risida bilimlar/ma'lumotlar bazasi

<http://www.mit.edu/> - Massachusetts Texnologiya Instituti

<http://www.newsweek.com/> - NEWSWEEK jurnali bazasi

<http://www.pcworld.com/> - PC (Personal Computer) jurnali

<http://www.popularmechanics.com/> - Popular Mechanics jurnali

<http://www.popularscience.com/> - Popular Science jurnali

<http://www.rit.edu/> - Rochestr Texnologiya Instituti

<http://www.sciencemag.com/> - Science Magazine jurnali

MUNDARIJA

KIRISH	3
I-MODUL. “MEXATRONIKA” FANIGA KIRISH.....	5
§1.1. MEXATRONIKAGA TA’RIF.....	5
1.1.1. “Mexatronika” nima? Mexatronikaning rivojlanish tarixi. “Mexatronika” fanining asosiy maqsad va vazifalari.....	5
1.1.2. Mexatronika ob’ektlariga ta’rif.....	14
§1.2. MEXATRONIKA TIZIMLARINING STRUKTURASI.....	16
1.2.1. Mexatronika va odatdagi elektryuritmlar tizimlari orasidagi umumiy xususiyatlar va farqlar.....	16
1.2.2. Mexatronika tizimlarining strukturasi.....	19
§1.3. MEXATRONIKA TIZIMLARINING TARKIBI VA YARATISH PRINSIPLARI	23
1.3.1. Mexatronika tizimlarining tarkibi.....	23
1.3.2. Mexatronika tizimlarining yaratish prinsiplari.....	31
I-MODUL BO`YICHA AMALIY MASHG`ULOTLAR	35
AMALIY MASHG`ULOT №1. Elektron sxemani maket (breadboard)da qurish.....	35
AMALIY MASHG`ULOT №2. “Arduino Uno” qurilmasini ishga tushirish.....	40
AMALIY MASHG`ULOT №3. “Arduino Uno” ga yorug`lik diodlarni ulash.....	47
I-MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI.....	52
II-MODUL. MEXATRONIKANING AMALIY QO`LLANILISHI.....	57
§ 2.1. AVTOMATLASHTIRILGAN TEXNOLOGIK KOMPLEKSLARDA MEXATRONIK TIZIMLARNI QO`LLASH.....	57

2.1.1.	Mexatronik tizimlarini yig`ish operatsiyalarida qo`llash.....	57
2.1.2.	Moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlari.....	62
2.1.3.	Raqamli dasturli boshqariladigan stanoklar.....	65
§2.2.	ISHLAB CHIQARISH VA MOBIL (OMMABOP)	
	ROBOTLAR.....	75
2.2.1.	Robotlar haqida tushuncha. Robototexnikaning rivojlanish tarixi.....	75
2.2.2.	Robotlar boshqaruviga inson aralashuvi darajasi bo`yicha klassifikatsiyasilash.....	80
2.2.3.	Bajarayotgan vazifasi turi bo`yicha robotlar klassifikatsiyasi ...	85
§2.3.	MEXATRONIK TIZIMLARNI TRANSPORT	
	VOSITALARDA QO`LLASH.....	92
2.3.1.	Mexatronika tizimlarni avtomobil transportida qo`llash.....	92
2.3.2.	Avtomobillarning aktiv xavfsizlik tizimi.....	94
2.3.3.	Avtomobilning passiv xavfsizlik tizimlari.....	104
§2.4.	MEXATRONIKA TIZIMLARINI QO`LLASH AMALIYOTI..	107
2.4.1.	Mexatronika tizimlarini tibbiyotda qo`llanishi.....	107
2.4.2.	Kompyuterning tashqi qurilmalari mexatron ob`ekt sifatida...	119
2.4.3.	Maishiy turmushda ishlatiladigan mexatron tizimlar.....	124
	II-MODUL BO`YICHA AMALIY VA TAJRIBA	
	MASHG`ULOTLARI.....	128
	AMALIY MASHG`ULOT №4. «Arduino Uno» qurilmasi yordamida temperaturani o`lchash jarayonini o`rganish.....	128
	AMALIY MASHG`ULOT №5. “Robot qo`li” ish printsiptini o`rganish.....	133
	TAJRIBA MASHG`ULOTI №1. Tuproq namligini mikrokontroller yordamida boshqarish.....	137
	II-MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI.....	142

III-MODUL. MEXATRONIKA TIZIMLARI YURITMALARI VA UZATISH MOSLAMALARI.....	147
§3.1. MEXATRONIKA TIZIMLARDA QO`LLANILADIGAN YURITMALAR. MEXATRONIKA ELEKTR- YURITMALARI.....	147
§3.2. MEXATRONIKA GIDRAVLIK VA PNEVMATIK YURITMALARI.....	163
3.2.1. Mexatronika gidravlik yuritmalari.....	163
3.2.2. Mexatronika pnevmatik yuritmalari.....	172
§3.3. P`YEZOELEKTRIK, BIONIK VA ELEKTRPNEVMATIK YURITMALAR.....	182
3.3.1. P`yezoelektrik yuritmalar.....	182
3.3.2. Bionik yuritmalar.....	190
3.3.3. Elektrpnevmatik yuritmalar.....	194
§3.4. MEXATRONIKADA HARAKAT O`ZGARTIRGICHLARINI QO`LLASH.....	197
3.4.1. Bevosita kontaktli harakat o`zgartiruvchilari.....	197
3.4.2. Planetar uzatmalar.....	205
3.4.3. To`lqinli (volnovoy) tishli uzatma.....	209
§3.5. FRIKTSION UZATMALAR. MEXAYRONIKADA EGILUVCHAN UZATISH MOSLAMALARI.....	214
3.5.1. Friksion uzatmalar.....	214
3.5.2. Tasmali uzatmalar.....	217
3.5.3. Zanjirli uzatmalar.....	224
§3.6. MEXATRONIKADA TORMOZLARNI VA HARAKAT YO`NALTIRUVCHILARNI QO`LLASH.....	228
3.6.1. Tormozli qurilmalarning vazifasi va turlari.....	228
3.6.2. Mexanik tormozli qurilmalar.....	229
3.6.3. Elektromagnit tormozli qurilmalar.....	241

3.6.4. Yo`naltiruvchilarning vazifasi va turlari.....	244
III-MODUL BO`YICHA AMALIY VA TAJRIBA	
MASHG`ULOYLARI.....	250
AMALIY MASHG`LUOT №6. Mexatronik	
elektryuritmalarning kinematik sxemasini loyihalash.....	250
AMALIY MASHG`LUOT №7. Mexatronik elektr	
yuritmalarini energetik hisoblash.....	258
AMALIY MASHG`ULOT №8. Mexatronika gidravlik	
yuritmalarini hisoblash.....	261
AMALIY MASHG`ULOT №9. Mexatronikada uzatish	
moslamalari hisoblash.....	264
TAJRIBA MASHG`ULOTI №2. Suzish havzalsi modelida	
texnologik parametrlarni avtomatik boshqarish tizimini ishlab	
chiqish.....	268
III-MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI.....	276
IV-MODUL. MEXATRONIKADA HARAKAT	
MODULLARI.....	283
§4.1. MEXATRONIK MODULLAR STRUKTURASI VA	
KVALIFIKATSIYASI. HARAKAT MODULLARI.....	283
4.1.1. Harakat modullarining strukturasi va kvalifikatsiyasi (tasnifi)...	283
4.1.2. Harakat modullari.....	285
§4.2. MEXATRONIK HARAKAT MODULLARI.....	296
4.2.1. Mexatronik harakat moduli tarkibi.....	296
4.2.2. Elektryuritmal mexatronik harakat modullari.....	297
4.2.3. Chiqish zvenosi chiziqli harakatlanadigan modullar.....	302
§4.3. INTELLEKTUAL MEXATRONIKA MODULLARI.....	307
4.3.1. Intellektual mexatronika modullariga tushuncha.....	307
4.3.2. Harakat kontrollerlari.....	308
4.3.3. Intellektual kuch modullari.....	312

4.3.4.	Mexatronik modul va tizimlarning intellektual sensorlari.....	313
4.3.5.	Intellektual mexatronika modullariga misollar.....	314
	IV-MODUL UCHUN AMALIY VA TAJRIBA	
	MASHG`ULOTLARI.....	322
	AMALIY MASHG`ULOT №10. Analogli elektronika.	322
	TAJRIBA MASHG`ULOTI №3. Signalizatsiyalash tizimini	
	“Arduino UNO” mikrokontrolleri yordamida boshqarish.....	326
	IV-MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI.....	333
	V-MODUL. MEXATRONIKA TIZIMLARINI	
	BOSHQARISH USULLARI.....	338
§5.1.	MEXATRONIKA TIZIMLARINI BOSHQARISH	
	BOSHQICHLARI.....	338
5.1.1.	Mexatronika tizimlarini boshqarish vazifalari va iyerarxiyasi...	338
5.1.2.	Ijro etish bosqichidagi boshqarish tizimlari.....	340
5.1.3.	Taktik boshqarish bosqichi tizimi.....	342
§5.2.	STRATEGIK VA INTELEKTUAL BOSHQARISH	
	BOSHQICHI TIZIMLARI.....	344
5.2.1.	Strategik boshqarish boshqichi tizimi.....	344
5.2.2.	Intellektual boshqarish boshqichi tizimi.....	345
	V-MODUL BO`YICHA TAJRIBA MASHG`ULOTI.....	348
	TAJRIBA MASHG`ULOTI №4. “Aqlli issiqxona” texnologik	
	parametrlarni mikrokontroller yordamida boshqarish.....	348
	V-MODUL BO`YICHA TEST SAVOLLARI.....	357
	TEST JAVOBLARI.....	359
	FAN BO`YICHA GLOSSARIY.....	360
	TAVSIYA ETILADIGAN ADABIYOTLAR RO`YXATI.....	379

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
I-МОДУЛЬ. ВВЕДЕНИЕ В ПРЕДМЕТ “МЕХАТРОНИКА”	5
§1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕХАТРОНИКИ.....	5
1.1.1. “Что такое Мехатроника? История развития мекатроники. Основная цель и задачи предмета «Мехатроника».....	5
1.1.2. Определение объектов мекатроники.....	14
§1.2. СТРУКТУРА МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ.....	16
1.2.1. Общие признаки и различие системы электропривода и мекатронной системы.....	16
1.2.2. Структура мекатронной системы	19
§1.3. СОСТАВ МЕХАТРОННОЙ СИСТЕМЫ И ПРИНЦИПЫ ИХ СОЗДАНИЯ.....	23
1.3.1. Состав мекатронной системы	23
1.3.2. Принципы создания мекатронных систем.....	31
ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ ПО I-МОДУЛЮ	35
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №1. Построение электрической схемы на Макете (Breadboard).....	35
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №2. Запуск устройства «Arduino Uno».....	40
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №3. Подключение светодиодов к “Arduino Uno”	47
ТЕСТЫ ПО I-МОДУЛЮ.....	52
II-МОДУЛЬ. ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАТРОНИКИ	57
§ 2.1. ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ В АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ.....	57
2.1.1. Применение мекатронных систем в сборочных операциях...	57

2.1.2. Гибкие производственные системы.....	62
2.1.3. Станки с числовым программным управлением.....	65
§2.2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ И МОБИЛЬНЫЕ РОБОТЫ.....	75
2.2.1. Роботы. История развития робототехники.....	75
2.2.2. Классификация роботов по степени участия человека в их управлении	80
2.2.3. Классификация роботов по характеру выполняемых задач..	85
§2.3. ПРИМЕНЕНИЕ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ НА ТРАНСПОРТЕ.....	92
2.3.1. Применение мехатронных систем на автомобильном транспорте.....	92
2.3.2. Активная система безопасности автомобилей.....	94
2.3.3. Пассивная система безопасности автомобилей	104
§2.4. ПРИМЕРЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕХАТРОНИКИ.....	107
2.4.1. Мехатроника в медицине	107
2.4.2. Периферийные устройства компьютеров как мехатронные объекты	119
2.4.3. Мехатронные системы в быту.....	124
ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО МОДУЛЮ-II.....	128
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №4. Изучение измерения температуры с помощью микропроцессора «Arduino Uno»..	128
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №5. Изучение принципа работы “Руки робота”	133
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ №1. Управление влажностью почвы с помощью микроконтроллера.....	137
ТЕСТЫ ПО МОДУЛЮ-II.....	142

III-МОДУЛЬ. ПРИВОДЫ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДВИЖЕНИЯ	147
§3.1. ПРИВОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМАХ. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД	147
§3.2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМАХ.	163
3.2.1. Гидравлические приводы, применяемые в мехатронных системах	163
3.2.2. Пневматические приводы, применяемые в мехатронных системах	172
§3.3. ПЬЕЗОДВИГАТЕЛИ, БИОНИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ.....	182
3.3.1. Пьезодвигатели	182
3.3.2. Бионические приводы	190
3.3.3. Электропневматические приводы	194
§3.4. ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ В МЕХАТРОНИКЕ.....	197
3.4.1. Преобразователи движения, находящиеся в непосредственном контакте.....	197
3.4.2. Планетарные передачи.	205
3.4.3. Волновые передачи.....	209
§3.5. ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ. ГИБКИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫЕ УСТРОЙСТВА В МЕХАТРОНИКЕ.....	214
3.5.1. Фрикционные передачи	214
3.5.2. Ременные передачи.....	217
3.5.3. Цепные передачи.....	224
§3.6. ТОРМОЗНЫЕ УСТРОЙСТВА И НАПРАВЛЯЮЩИЕ В МЕХАТРОНИКЕ.....	228
3.6.1. Назначение и разновидности тормозных устройств.....	228

3.6.2. Механические тормозные устройства	229
3.6.3. Электромагнитные тормозные устройства	241
3.6.4. Назначение и разновидности направляющих.....	244
ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО МОДУЛЮ-III.....	250
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №6. Проектирование кинематической схемы электрического привода мехатронных систем.....	250
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №7. Энергетические расчеты мехатронных электрических приводов.....	258
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №8. Расчет мехатронных гидравлических приводов	261
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №9. Расчет преобразователей движения.....	264
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ №2. Создание системы автоматического управления технологических параметров на модели плавательного бассейна.....	268
ТЕСТЫ ПО МОДУЛЮ-III.....	276
IV-МОДУЛЬ. МОДУЛИ ДВИЖЕНИЯ В МЕХАТРОНИКЕ.	283
§4.1. СТРУКТУРА И КВАЛИФИКАЦИЯ МОДУЛЕЙ ДВИЖЕНИЯ. МОДУЛИ ДВИЖЕНИЯ.....	283
4.1.1. Структура и квалификация модулей движения.....	285
4.1.2. Модули движения.....	296
§4.2. МЕХАТРОННЫЕ МОДУЛИ ДВИЖЕНИЯ	296
4.2.1. Состав мехатронных модулей движения.....	296
4.2.2. Электроприводные мехатронные модули движения	297
4.2.3. Мехатронные модули линейного движения	302
§4.3. ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕХАТРОННЫЕ МОДУЛИ	307
4.3.1. Понятие об интеллектуальных мехатронных модулях.....	307

4.3.2. Контроллеры движения	308
4.3.3. Интеллектуальные силовые модули.....	312
4.3.4. Интеллектуальные сенсоры мехатронных модулей и систем..	313
4.3.5. Примеры интеллектуальных мехатронных модулей	314
ПРАКТИЧЕСКИЕ И ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ ПО МОДУЛЮ-IV.....	322
ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ №10. Аналоговая электроника	322
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ №3. Управление системой сигнализации с микроконтроллером “Arduino Uno”.....	326
ТЕСТЫ ПО МОДУЛЮ-IV.....	333
V-МОДУЛЬ. СПОСОБЫ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ.....	338
§5.1. УРОВНИ УПРАВЛЕНИЯ МЕХАТРОННЫМИ СИСТЕМАМИ	338
5.1.1. Задачи и иерархия управления мехатронными системами...	338
5.1.2. Системы управления исполнительного уровня.....	340
5.1.3. Системы управления тактического уровня.....	342
§5.2. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УРОВНЕЙ.....	344
5.2.1. Системы управления стратегического уровня.....	344
5.2.2. Системы управления интеллектуального уровня.....	345
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ ПО МОДУЛЮ-V.....	348
ЛАБОРАТОРНОЕ ЗАНЯТИЕ №4. Управление технологическими параметрами “Умной теплицы” микроконтроллером.....	348
ТЕСТЫ ПО МОДУЛЮ-V.....	357
ОТВЕТЫ ТЕСТОВ.....	359
ГЛОССАРИЙ ПО ПРЕДМЕТУ.....	360
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	379