

**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС
ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

БУХОРО МУХАНДИСЛИК-ТЕХНОЛОГИЯ ИНСТИТУТИ

“Э ВА ИЧАКТ” ФАКУЛТЕТИ

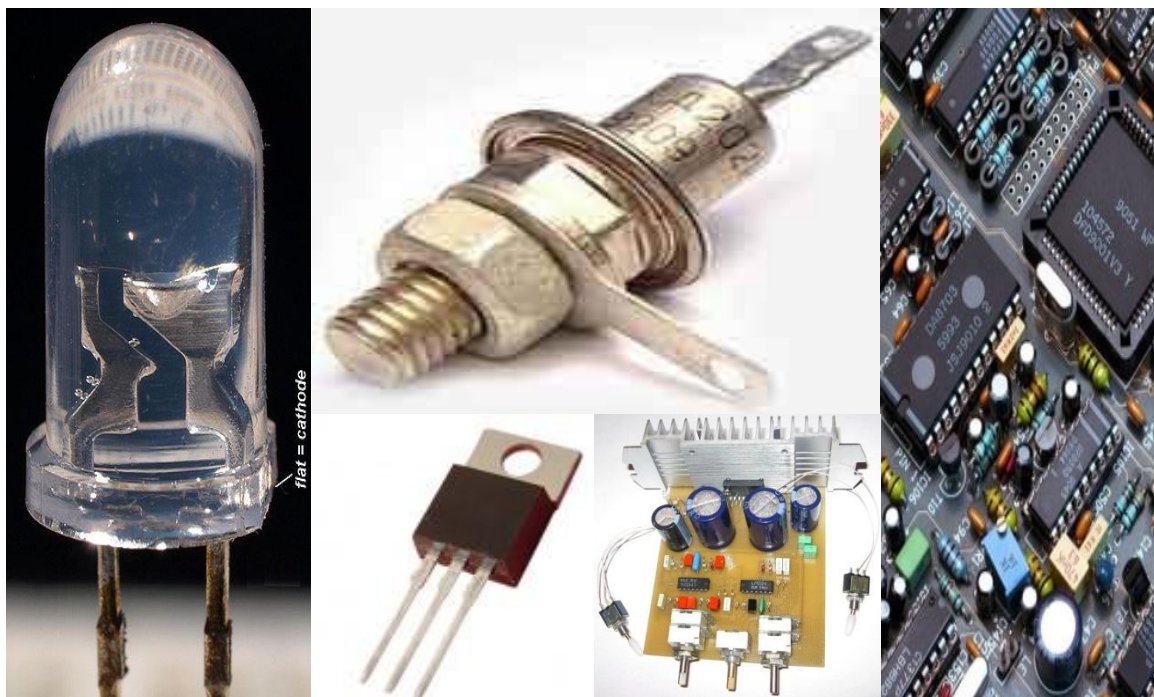
“ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА” КАФЕДРАСИ

ЭЛЕКТРОНИКА

**ФАНИДАН ТАЖРИБА МАШҒУЛОТЛАРНИ БАЖАРИШ БЎЙИЧА
УСЛУБИЙ КЎРСАТМА**

доц. Ҳафизов И.И.

кат. ўқ. Талабов М.Д.



Бухоро – 2018

Тузувчилар:

доц. Ҳафизов И.И.
кат. ўқ. Талабов М.Д.

Такризчилар:

Бух МТИ илмий ишлар
бўйича проректори:

Ташқи такризчи:

т.ф.д., доц. Н.Н. Садуллаев
“Бухоро радио телевизион
узатиш маркази директори:
Н.Саъдиев

Ўқув-услубий мажмуа “К ва ООТ” факултетининг “Электроэнергетика” кафедраси мажлисида (2018 йил “__” август __ - сон баённома) муҳокама этилди ва факултетнинг ўқув-услубий кенгашига тавсия этилди.

Кафедра мудири:

Ҳафизов И.И.

Ўқув-услубий мажмуа “Э ва ИЧАКТ” факултетининг ўқув-услубий кенгашида кўриб чиқилди (2018 йил “__” август __- сон баённома) ва институтнинг Илмий-услубий кенгашига тасдиқлашга топширилди.

Факултет кенгаши раиси:

доц Раззоков Ш.И.

Ўқув-услубий мажмуа институтнинг Илмий-услубий кенгашида кўриб чиқилди ва тасдиқланди (2018 йил __ август __-сон мажлис баённомаси).

Ўқув услубий бошқарма бошлиғи:

Ходжиев Ш.М.

МУНДАРИЖА

Кириш.....	
1. Ярим ўтказгичли диодни текшириш ва уни характеристикасини олиш.	
2. Биполяр транзисторни текшириш ва уни характеристикасини олиш	
3. Майдоний транзисторни текшириш ва уни характеристикасини олиш.....	
4.Операцион кучайтиргич параметрларини текшириш ва уни характеристикасини олиш.....	
5. Майдоний транзисторларда ясалган калит схемаларни текшириш ва уни характеристикасини олиш.....	
6. Трансизторли паст частотали кучайтиргични текшириш.....	
7. Тиристорни текшириш ва тавсифини олиш.....	
8. Кичик кувватли тугрилагичларни текшириш.....	
9. Интеграл оптронларни текшириш ва уни характеристикасини олиш.....	
Фойдаланилган адабиётлар.....	

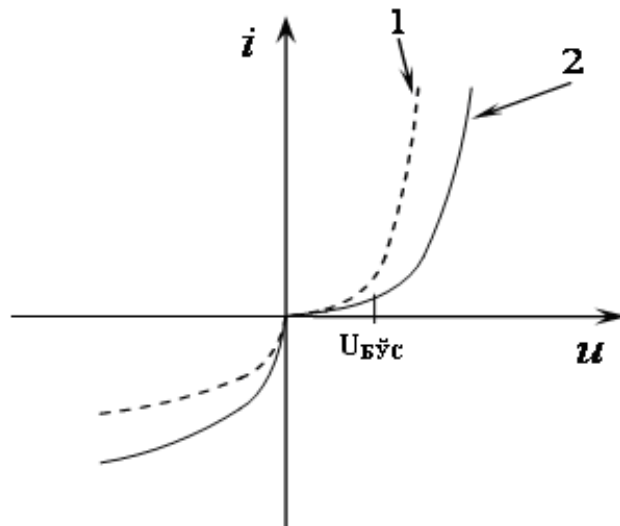
1 – Тажриба иши

Ярим ўтказгичли диодни текшириш ва уни характеристикасини олиш

Ишнинг мақсади: Ярим ўтказгичли диод (ЯД) асосий характеристикалари ва параметрларини ҳамда уларга ташқи муҳит температурасининг таъсирини тадқиқ этиш.

1. Тажриба ишини бажаришга тайёргарлик:

1.1. ЯД – n ва p турли ўтказувчанликка эга бўлган иккита ярим ўтказгичлар контактидан иборат бўлган ҳамда бир томонлама ўтказувчанликка эга бўлган электрон асбоб. ЯД ВАХси 1.1-расмда келтирилган. Бу ерда 1- назарий характеристика, 2- реал асбоб характеристикаси (бу характеристика ЯДнинг ярим ўтказгич структурасидаги ҳажмий қаршилиқни ва ташқи контаклар қаршилигини, ЯДдан ток оқиб ўтганда ундан ажралиб чиқаётган қўшимча иссиқликни ва х.з.ларни ҳисобга олади).



1.1 – расм

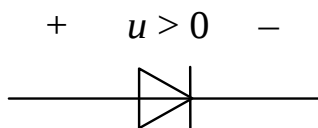
1.2. Реал ярим ўтказгичли диод ВАХси 1.1- расмда келтирилган. Пунктир чизик билан қуйидаги тенгламага мос келувчи идеал ВАХ кўрсатилган:

$$i = I_0 \left(e^{\frac{U}{U_T}} - 1 \right) \quad (1.1)$$

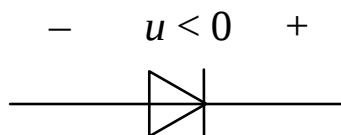
$T=300$ Кда $U_T=26$ мВ.

Характеристикалар ярим ўтказгичли диод асосий хоссаларини намоён этади. Очик ҳолатда ярим ўтказгичли диоддан маълум миқдорда тўғри ток (

$i_{\text{тўғри}} > 0$) оқиб ўтади; бу ҳолат ярим ўтказгичли диодга тўғри кучланиш $u_{\text{тўғри}}$ бериш натижасида таъминланади:

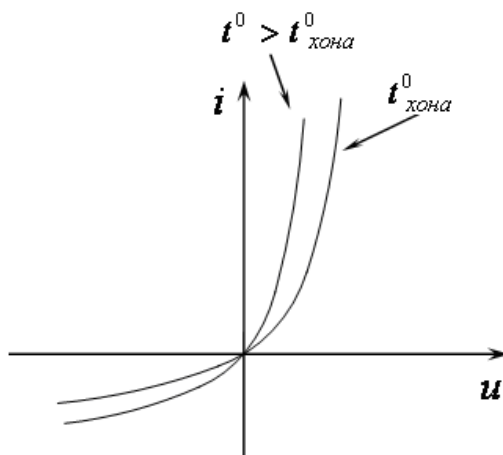


Берк ҳолатда ярим ўтказгичли диоддан жуда кичик тескари ток $i_{\text{теск}}$ ($i < 0$) оқиб ўтади. Бу токнинг қиймати германийли диодларда $10^{-5} - 10^{-6} \text{ А}$, кремнийли диодларда эса $10^{-9} - 10^{-12} \text{ А}$ тартибга эга. Ярим ўтказгичли диоднинг берк ҳолати унга тескари кучланиш $u_{\text{теск}}$ бериш натижасида амалга оширилади:



1.1-расмдан кўришиб турибдики, реал ярим ўтказгичли диод ВАХсининг тўғри шоҳобчаси назарий характеристикага нисбатан бўсағавий кучланиш қиймати билан ифодаланадиган $u_{\text{бўс}}$ сезиларли тўғри ток юзага келадиган анча юқори тўғри кучланиш соҳасига силжиган. Германийли диодларда $u_{\text{бўс}} \approx 0,25 \div 0,4 \text{ В}$, кремнийли диодларда - $u_{\text{бўс}} \approx 0,68 \div 0,8 \text{ В}$. $U \geq U_{\text{бўс}}$ бўлганда ВАХ тўғри шоҳобчасининг эгилиши диод база соҳасининг қаршилиги r'_B билан аниқланади.

Ярим ўтказгичли диод ВАХсига ташқи муҳит температурасининг таъсири 1.2-расм билан тушунтирилади. Температура ортганда тўғри ва тескари ток ортади.



1.2 - расм

Ярим ўтказгичли диодга температура таъсирини ҳисобга оладиган асосий параметрлар бўлиб қуйидагилар ҳисобланади:

Кучланишнинг температуравий коэффициентини α_t

$$\alpha_t = \frac{\Delta U_{mўғру}}{\Delta t^0} \bigg|_i = const \quad (1.2)$$

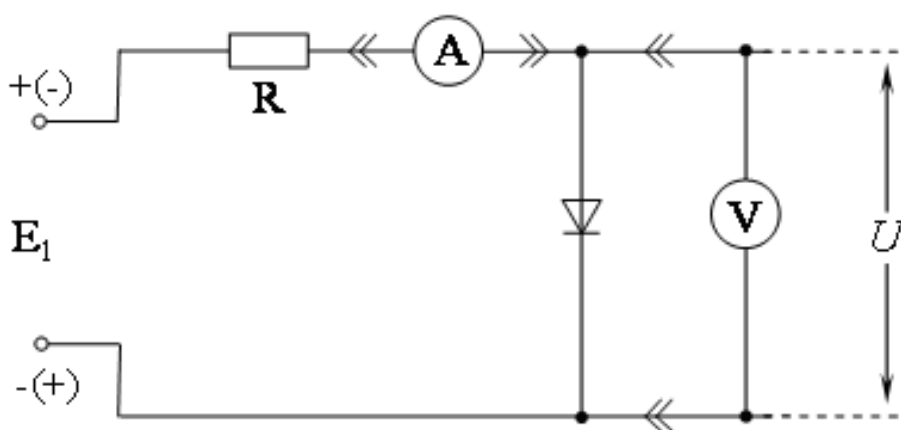
ва тескари токни i мартага ўзгаришига мос келувчи температура t^* :

$$i_{меск}(t) = i_{меск}(t'_0) e^{\frac{t-t_0}{t^*}} \quad (1.3)$$

2. Тажриба ишини бажариш учун топшириқ:

2.1. Тажриба ишини бажаришдан аввал схема (1.3-расм), ўлчаш усуллари, қўлланиладиган ўлчов асбоблари билан танишиб чиқиш керак

2.2. Ярим ўтказгичли диод ВАХсининг тўғри шоҳобчаси $i_{mўғру} = f(U_{mўғру})$ ни ўлчанг (1.1-расм). Тажрибани икки турдаги - германийли ва кремнийли диодлар учун бажаринг.



1.3 – расм.

Тажриба бажариш учун тавсиялар:

Ярим ўтказгичли диод тўғри токи ($i_{mўғру}$) кучланишга кучли равишда боғлиқ (1.1- расм) бўгани сабабли токни чеклаш учун $i \leq i_{кўш}$ ярим ўтказгичли диодга кетма – кет чегараловчи қаршилик $R=560$ Ом улаш керак (1.3- расм). Ярим ўтказгичли диод ВАХсини амалда ўлчаш қулай, бунинг

учун диодга керакли ток қийматини $i_{тўғри}$ бериб бориб, унга мос келадиган кучланиш қиймат $U_{тўғри}$ ёзиб борилади.

Тажриба вақтида бўсағавий кучланиш қиймати $U_{бўс}$ ни ($i = 500 мкА$ бўлганда) ёзиб олиш керак.

Ўлчаш натижаларини жадвалга ёзиб олинг ва олинган $i_{тўғри} = f(U_{тўғри})$ боғлиқлик графигини чизинг.

2.3. Ярим ўтказгичли диод ВАХсининг тескари шоҳобчасини $i_{теск} = f(U_{теск})$ германийли диод учун ўлчанг (1.1- расм).

Тажриба бажариш учун тавсиялар:

Ярим ўтказгичли диод тескари токи ($i_{теск}$) кучланишга кучли боғлиқ бўлмайди (1.1- расм), шунинг учун ВАХнинг тескари шоҳобчасини $U_{теск}$ кучланиш қиймати 0 дан $U_{куш.теск}$ қийматгача ораликда ўлчаш мақсадга мувофиқ. Бу кучланиш қийматларига мос келувчи токни ўлчаш вақтида, $U = 0$ дан $U_{теск} = -1В$ оралиғидагина ток кучли равишда ўзгаришини инобатга олиш керак.

3. Ўлчаш натижаларини қайта ишлаш:

3.1. 2.2 – бандга мувофиқ бажарилган ўлчаш натижаларини ишлаш.

Тажрибада олинган германийли ва кремнийли ЯД ВАХларида уларга мос келувчи 1.1- ифода ёрдамида ҳисобланган назарий характеристикаларни курунг. $U_{тўғри} = U_{бўс}$ ва $i_{тўғри} = 500 мкА$ нуқталарда 1.1- ифода ёрдамида иссиқлик токи I_0 катталигини ҳисобланг. Назарий ва тажриба усулида олинган боғлиқликлар бу нуқталарда мос тушади.

Тажрибада олинган ВАХдан германийли ва кремнийли диод учун $i_{тўғри} = 10 мА$ қийматида дифференциал қаршилик $r_{диф} = \frac{\Delta U}{\Delta i}$ ва ўзгармас ток бўйича қаршилик $r_0 = \frac{U_{тўғри}}{i_{тўғри}}$ ни ҳисобланг.

3.2. 2.3 ва 2.4 – бандларга мувофиқ бажарилган ўлчаш натижаларини ишлаш.

Германийли диод тажрибада олинган ВАХсидан фойдаланиб (2.3-банд) $u_{m\grave{z}pи} = 10$ В бўланда дифференциал қаршилик $r_{диф} = \frac{\Delta u}{\Delta i}$ ва

ўзгармас ток бўйича қаршилик $r_0 = \frac{u_{теск}}{i_{теск}}$ ни ҳисобланг.

4. Ҳисобот мазмуни:

- 1) ўлчаш схемалари;
- 2) олинган боғлиқликлар жадваллари ва графиклари;
- 3) ўлчаш ва ҳисоб натижаларининг таҳлили.

2 - Тажриба иши

Биполяр транзисторни текшириш ва уни характеристикасини олиш

Ишнинг мақсади: Биполяр транзисторларнинг асосий статик характеристикалари ва параметрларини тадқиқ этиш, характеристикаларни ўлчаш ва тажриба натижаларини қайта ишлаш услуби билан танишиш.

1. Тажриба ишини бажаришга тайёргарлик:

График кўринишда ифодаланган ток ва кучланиш орасидаги боғлиқлик транзистор статик характеристикалари деб аталади. Умумий эмиттер уланиш схемасида мустақил ўзгарувчилар сифатида база токи i_B ва коллектор – эмиттер кучланиши $u_{КЭ}$ танланади, шунда:

$$\begin{cases} u_{ЭБ} = f(i_B, u_{КЭ}) \\ i_K = f(i_B, u_{КЭ}) \end{cases} \quad (2.1)$$

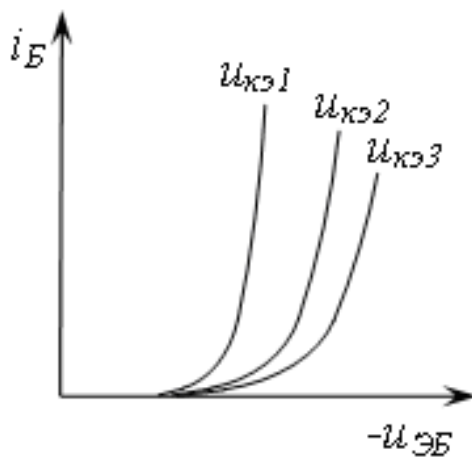
Икки ўзгарувчили функция график кўринишда характеристикалар оиласи каби тасвирланади.

БТ кириш хараakterистикалари оиласи 2.1- расмда келтирилган. Характеристикаларнинг ҳар бири қуйидаги боғлиқлик билан ифодаланади:

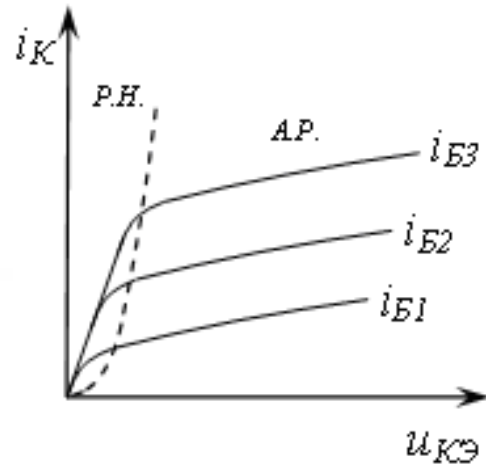
$$u_{ЭБ} = f(i_B), \quad u_{КЭ} = const \quad \text{бўлганда} \quad (2.2)$$

(абсцисса ўқи бўйлаб $u_{ЭБ}$, ордината ўқи бўйлаб эса i_B қўйилади).

Характеристикалар оиласидаги ҳар бир хараakterистика коллектор – эмиттер кучланишининг ўзгармас қийматида ўлчанади (2.1- расмда $u_{КЭ1} < u_{КЭ2} < u_{КЭ3}$).



2.1 – расм.



2.2 – расм.

Чиқиш характеристикалари оиласи

$$i_K = f(u_{KЭ}), i_B = \text{const} \text{ бўлганда} \quad (2.3)$$

2.2- расмда келтирилган $(i_{B3} > i_{B2} > i_{B1})$.

Пунктир чизиғидан чапроқда жойлашган соҳа БТ тўйиниш режимига, ўнгда жойлашган соҳа – актив режимга мос келади.

Кичик амплитудали сигналлар билан ишланганда $I_{Bm}, U_{BЭm}, I_{Km}, U_{KЭm}$ $i_B(0)$ ва $U_{KЭ}(0)$ қийматлар билан бериладиган ихтиёрий ишчи нукта атрофидаги нозичлиқли боғлиқликлар (2.1-2.3), чизиқли тенгламалар билан алмаштирилиши мумкин, масалан транзисторнинг h - параметрлар тизимидан фойдаланиб.

$$\begin{cases} U_{BЭm} = h_{11}I_{Bm} + h_{12}U_{KЭm} \\ I_{Km} = h_{21}I_{Bm} + h_{22}U_{KЭm} \end{cases} \quad (2.4)$$

ёзиш мумкин, бу ерда $h_{11} = \frac{\Delta u_{BЭ}}{\Delta i_B}, u_{KЭ} = \text{const}$ бўлганда

$$h_{21} = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_B}, u_{KЭ} = \text{const} \text{ бўлганда}$$

$$h_{12} = \frac{\Delta u_{BЭ}}{\Delta u_{KЭ}}, i_B = \text{const} \text{ бўлганда} \quad (2.5)$$

$$h_{22} = \frac{\Delta i_K}{\Delta u_{KЭ}}, i_B = \text{const} \text{ бўлганда}$$

h - параметрлар (2.5) формулалари ёрдамида характеристикалар оиласидан аниқланиши мумкин (h_{11} ва h_{12} – кириш характеристикалар оиласидан, h_{21} ва h_{22} – чиқиш характеристикалар оиласидан).

Аппроксимацияланган кириш характеристикалари учун

$$\begin{cases} u_{БЭ} < U_{БҰС} \text{ бўлганда } - i_B = 0 \\ u_{БЭ} > U_{БҰС} \text{ бўлганда } - i_B = \frac{u_{БЭ} - U_{БҰС}}{r_{КПР}} \end{cases} \quad (2.6)$$

га эгамиз.

Чиқиш характеристикалари учун эса

$$i_K = \begin{cases} \frac{u_{КЭ}}{r_{К.ТҰЙ}}, & U_{КЭ} < U_{КЭ.ТҰЙ}, \quad (\text{тўй.} - \text{режими}) \\ \beta i_B + \frac{u_{КЭ}}{r_K^*}, & (\text{актив режим}) \end{cases} \quad (2.7)$$

2.6 ва 2.7 формулаларда

$U_{БҰС}$ - эмиттер ўтишдаги бўсағавий кучланиш,

$r_{КПР}$ - транзистор кириш қаршилигининг ўрта қиймати ($r_{КПР} \approx r'_B$),

$r_{К.ТҰЙ}$ - тўйиниш режимидаги транзистор чиқиш қаршилиги (бошланғич соҳада).

$$r_{К.ТҰЙ} = \frac{\Delta u_{КЭ}}{\Delta i_K}, \quad i_B = \text{const} \text{ ва } u_{КЭ} < U_{КЭ.ТҰЙ} \quad (2.8)$$

r_K^* - актив режимда чиқиш қаршилиги r_K^* нинг ўрта қиймати.

$$r_K^* = \left. \frac{\Delta u_{КЭ}}{\Delta i_K} \right|_{i_B = \text{const} \text{ ва } u_{КЭ} > U_{КЭ.ТҰЙ} \text{ бўлганда}} \quad (2.9)$$

2. Тажриба ишини бажариш учун топшириқ:

2.1. Тажриба ўтказишга тайёргарлик кўриш:

Транзистор тузилиши ва чегаравий параметрлари билан танишиб чиқинг, транзистор ҳақидаги маълумотларни ёзиб олинг, ўлчаш учун жадвал тайёрланг.

2.1 - жадвал

Кириш ва бошқариш характеристикалари

E_B	В	
$u_{БЭ}$	В	
i_B	мкА	

i_K	мА	
-------	----	--

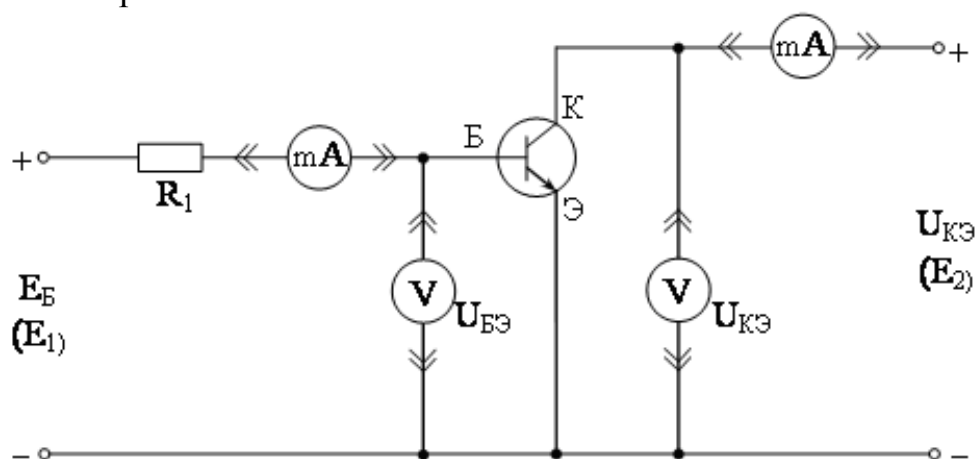
2.2 - жадвал

Транзистор чиқиш характеристикалари

i_B , мкА			
	$u_{KЭ}$	В	
	i_K	мА	
	$u_{KЭ}$	В	
	i_K	мА	
	$u_{KЭ}$	В	
	i_K	мА	
ва х.3.			

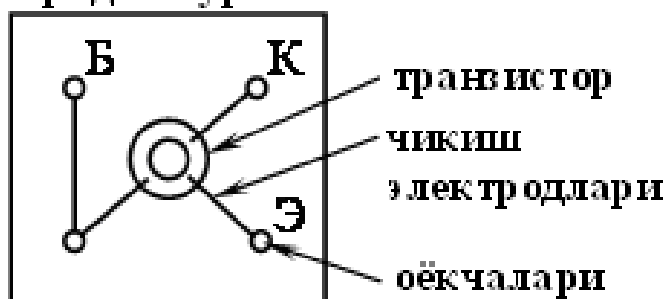
2.4 – расмда келтирилган ўлчаш схемасини йиғинг. Транзистор цоколининг схемаси 2.5 – расмда келтирилган. Резистор қаршилиги $R_1 = (5-10) \text{ кОм}$.

2.2. $u_{KЭ} = 5 \text{ В}$ ўзгармас кучланиш қийматида транзисторнинг кириш ва бошқариш характеристикаларини ўлчанг. Ўлчаш натижалари ва ҳисобларни 2.1 - жадвалга киритинг.



2.4 – расм.

Юқоридан кўриниши



2.5 – расм.

2.3. Чиқиш характеристикалар оиласини ўлчанг:

Чиқиш характеристикалар оиласини база токининг $i_B = 50 \text{ мкА}$ қийматидан бошлаб ҳар 50 мкА қийматлари учун ўлчанг. Коллектор токи бу вақтда кўрсатилган чегаравий қийматлардан ошмаслиги керак;

$u_{кэ}$ кучланиш қийматининг ўзгариш оралиғи шундай танланиши керакки, актив ва тўйиниш режимларида 3-5 та нуқта олиш мумкин бўлсин.

3. Ўлчаш натижаларини ишлаш:

3.1. Кириш, бошқарув ва чиқиш характеристикалар оиласи графигини куринг. $u_{кэ} = 5 \text{ В}$, $i_B = 100 \text{ мкА}$ нуқтада транзистор параметрларини аниқланг

$$h_{11э} = \frac{\Delta u_{БЭ}}{\Delta i_B}, \quad h_{21э} = \frac{\Delta i_K}{\Delta i_B}, \quad h_{22э} = \frac{\Delta i_K}{\Delta u_{КЭ}}$$

3.2. База токи 100 мкА бўлганда чиқиш характеристикасини куринг. Чизикли – бўлак аппроксимацияни амалга ошириб $U_{кэ.тўй}$, $I_{к.тўй}$, $r_{к.тўй}$, r_K ларни ҳисобланг.

4. Ҳисобот мазмуни:

- 1) ўлчаш схемалари;
- 2) олинган боғлиқликлар жадваллари ва графиклари;
- 3) ўлчаш ва ҳисоб натижаларининг таҳлили.

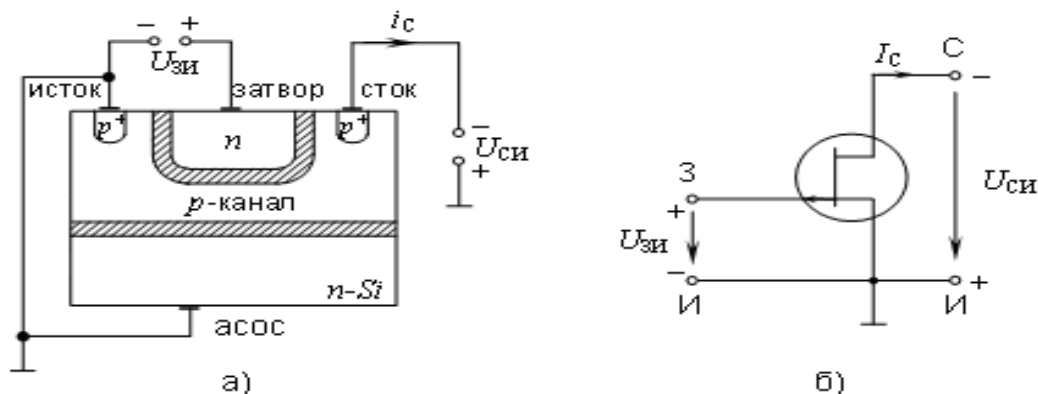
3 – Тажриба иши

Майдоний транзисторни текшириш ва уни характеристикасини олиш

Ишнинг мақсади: Майдоний транзистор статик характеристикалари ва дифференциал параметрларини ўрганиш, транзистор ишига температуранинг таъсирини тадқиқ этиш.

1. Тажриба ишини бажаришга тайёргарлик кўриш:

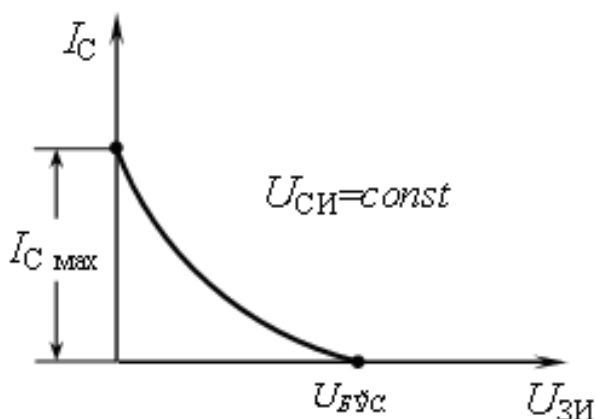
Тажриба ишида тузилиши ва схемаларда шартли белгиланиши 3.1-расмда келтирилгани канали p- турли майдоний транзистор тадқиқ этилади.



3.1 – расм.

Сток токи затворга кучланиш бериш орқали бошқарилади, яъни бошқарилаётган р-п ўтишга тескари кучланиш $U_{зи} > 0$ берилади. $U_{зи}$ даги беркитиш кучланиши ортган сари ҳажмий заряд соҳасининг кенглиги ортиб боради. Натижада берилган $U_{си}$ кучланиш қийматида канал кенглиги кичраяди, унинг қаршилиги R_k ортади, демак сток билан исток оралиғидаги сток токи I_C камаяди. 3.2- расмда бошқариш характеристикаси $I_C = f(U_{зи})$ келтирилган.

Бошқарувчи р-п ўтишнинг ҳажмий заряд соҳаси ва асос билан канал орасидаги р-п ўтиш бириккандаги (сток токи I_C нольга тенг бўладиган) затвор кучланиши қиймати бўсағавий кучланиш $U_{бўс}$ деб аталади.



3.2 – расм.

Тўйиниш режимида ишлаётган майдоний транзистор бошқарув характеристикасини қуйидаги боғлиқлик билан аппроксимациялаш қулай.

$$I_C = I_{C \max} \left(\frac{1 - U_{зи}}{U_{бўс}} \right)^2, \quad (3.1)$$

бу ерда максимал сток токи затвор – исток кучланиши ноль $I_{C \max} - U_{зи} = 0$ га мос келувчи бошланғич сток токи.

Бошқарув характеристикасидан (3.2- расм) характеристика тиклиги аниқланиши мумкин.

$$S = \left. \frac{dI_C}{dU_{зи}} \right|_{U_{си} = \text{const}}.$$

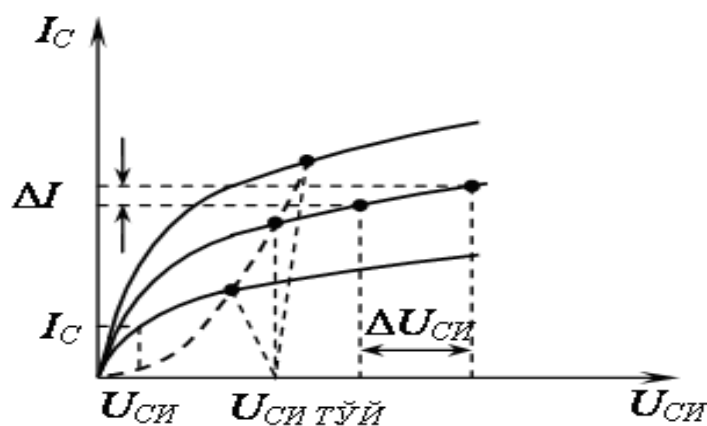
(4.1) аппроксимациядан фойдаланилганда тиклик қуйидагича аниқланади:

$$S = \frac{2I_{C \max}}{U_{бўс}} \left(1 - \frac{U_{зи}}{U_{бўс}} \right), \quad (4.2)$$

Майдоний транзистор чиқиш характеристикалар оиласи 3.3 – расмда келтирилган. Характеристиканинг бошланғич соҳаси ($U_{СИ} < U_{СИ\ тўй}$) чизикли режимга мос келади. Бу режимда канал бутун исток-сток оралиғида мавжуд бўлади, шунинг учун $U_{СИ}$ ортган сари, чизикли конунга мос равишда сток токи $I_C = \frac{U_{СИ}}{R_K}$ ҳам ортади.

$U_{СИ} < U_{СИ\ тўй}$ да транзистор тўйиниш режимига ўтади, бу соҳада сток токи I_C сток кучланиши $U_{СИ}$ га кучли боғлиқ бўлмайди. Икки режим чегараси ҳисобланган тўйиниш кучланиши $U_{СИ\ тўй}$ затвордаги кучланиш $U_{ЗИ}$ га боғлиқ бўлади ва қуйидаги формуладан аниқланади: $U_{СИ\ тўй} = U_{ЗИ} - U_{БЎС}$. Чиқиш характеристикасидан (3.3 - расм) чиқиш қаршилиги аниқланиши мумкин

$$r_{чик} = \left. \frac{\Delta U_{СИ}}{\Delta I_C} \right|_{U_{ЗИ} = const}$$



3.3 – расм.

Бу катталиқ тўйиниш режимда ҳисобланса, катта қийматга эга бўлади, шунинг учун транзистор кучайтиргич сифатида ишлатилаётганда схеманинг сокинлик нуктаси шу режимда танланади. Чизикли режимда транзистор чиқиш қаршилиги затвордаги кучланиш $U_{ЗИ}$ га боғлиқ ва тахминан танланган ишчи нуктада $U_{СИ}$ кучланишини I_C токка нисбати кўринишида ёки 3.3 – формуладан аниқланиши мумкин.

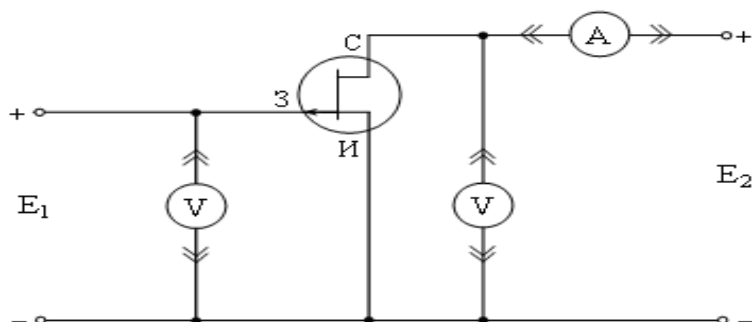
$$R_K = \frac{R_{K0}}{1 - \sqrt{\frac{U_{ЗИ}}{U_{БЎС}}}}, \quad (3.3)$$

бу ерда $R_{K0} = \frac{U_{БЎС}}{3I_{C\ max}}$.

2. Тажриба ишини бажариш учун топшириқ:

2.1. 3.4- расмда келтирилган схема, ўлчаш асбоблари ўлчанадиган КП103 майдоний транзистор паспорт кўрсатмалари билан танишиб чиқинг. (5-иловага қаранг)

Цоколь расмини чизиб олинг ва тадқиқ этилаётган транзисторнинг чегаравий параметрлари $U_{СИ\ чег}$, $I_{С\ чег}$, $P_{чег}$ қийматларини ёзиб олинг. 3.4 – расмда келтирилган схемани йиғинг.



3.4 – расм.

2.2. Сток кучланишининг $U_{СИ}=1/3U_{СИ\ чег}$ ва $2/3U_{СИ\ чег}$ қийматлари учун иккита бошқарув характеристикасини ўлчанг ($U_{СИ\ чег}$ қиймати паспорт кўрсатмаларидан олинади). Ўлчаш натижаларини 3.1 – жадвалга киритинг ва ундан фойдаланиб бошқарув характеристикасини қуринг. Тажрибада $U_{ЗИ}$ кучланиш қийматини 0 дан бўсағавий кучланиш $U_{БЎС}$ гача ўзгартиринг.

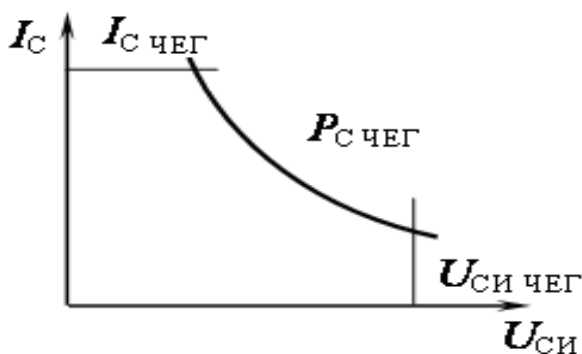
3.1 – жадвал

$U_{ЗИ}, В$	$I_C, мА$	
	$U_{СИ}=1/3U_{СИ\ чег}$	$U_{СИ}=2/3U_{СИ\ чег}$

2.3. Затвордаги кучланишнинг урта қийматида ($U_{ЗИ}=0$; $0,25U_{БЎС}$; $0,5U_{БЎС}$) чиқиш характеристикалар оиласи $I_C=f(U_{СИ})$ ни ўлчанг.

Тажриба ўтказишдан аввал $I_C - U_{СИ}$ координаталар тизимида транзисторнинг рухсат этилган ишчи режими соҳаларини белгилаб олинг. (3.5 - расм)

Изоҳ: $P_{С\ чег}$ чизиғини қуриш учун $U_{СИ}$ кучланишининг 0 дан $U_{СИ\ чег}$ қийматлари оралиғида ихтиёрий бир нечта қийматлари танланади ва шу нуқталарда сток токи $I_C=P_{С\ чег}/U_{СИ}$ ҳисобланади.



3.5 – расм.

Тажрибада олинган нуқталарни 3.2 – жадвалга киритинг ва тайёрланган графикда уларни белгиланг (3.5 - расм). Бунда транзистор учун ишлаш рухсат этилган соҳадан чиқиб кетмасликка эътибор беринг.

3.2 – жадвал

$U_{си}, В$	$I_C, мА$		
	$U_{зи}=0$	$U_{зи}=0,25U_{бўс}$	$U_{зи}=0,5U_{бўс}$

2.4. Транзистор сток токига температуни таъсирини тадқиқ этиш. Тадқиқ этилаётган транзисторни термостатга жойлаштиринг ва тегишли температура қийматини ўрнатинг, сток кучланишининг $U_{си}=1/3U_{си}$ чег қийматида ва $T=40^{\circ}C$ ва $80^{\circ}C$ температураларда иккита бошқарув характеристикаси $I_C=f(U_{зи})$ ни ўлчанг.

Ўлчаш натижаларини 3.3 – жадвалга киритинг ва улардан фойдаланиб $T=40^{\circ}C$ ва $80^{\circ}C$ температуралардаги иккита бошқарув характеристикаси $I_C=f(U_{зи})$ ни қуринг.

3.3 - жадвал

$U_{зи}, В$	$I_C, мА$	
	$T=40^{\circ}C$	$T=80^{\circ}C$

3. Тажрибада олинган натижаларни ишлаш.

3.1. 2.2. бандда ўлчанган бошқарув характерискаларини 3.1 – ифода ёрдамида аппроксимацияланг. Аппроксимация натижаларини қурилган $I_C=f(U_{зи})$ графигида акс эттиринг.

3.2. Бошқарув характеристикаларидан фойдаланиб, транзистор тиклигини $U_{си}=1/3U_{си}$ чег ишчи нуқтада аниқланг

$$S = \left. \frac{\Delta I_C}{\Delta U_{зи}} \right|_{U_{си} = const}$$

S қийматини худди шу нуқта учун 3.2 – формула ёрдамида ҳам аниқланг.

3.3. 2.3 – бандда ўлчанган чиқиш характеристикалар оиласида $U_{си тўй}=U_{зи} - U_{бўс}$ ораликқа мос келувчи, чизикли режим билан тўйиниш режими орасидаги чегарани кўрсатинг.

3.4. Чиқиш характеристикалар оиласидан фойдаланиб, қуйидаги ишчи нуқталар учун транзистор чиқиш қаршилигини аниқланг:

- тўйиниш режимида ($U_{си}=1/3U_{си}$ чег, $U_{зи}=0,25 U_{чег}$);
- чизикли режимда $U_{си}=0$ ва затвор кучланишининг учта қийматида ($U_{зи}=0$; $0,25U_{бўс}$; $0,5U_{бўс}$).

Ҳисоблашлар натижаларини 3.4 – жадвалга киритинг ва улардан фойдаланиб чизиқли режим учун $r_{\text{чик}}$ нинг $U_{\text{зи}}$ га боғлиқлик графигини қуринг.

3.4 – жадвал

$U_{\text{зи}}, \text{В}$	$R_{\text{чик}}, \text{кОм}$	
	$U_{\text{си}}=1/3U_{\text{сиг}}$	$U_{\text{си}}=0$
$U_{\text{зи}}=0$		
$U_{\text{зи}}=0,25U_{\text{сиг}}$		
$U_{\text{зи}}=0,5U_{\text{сиг}}$		

3.5. 2.4 – бандда ўлчанган бошқарув характеристикаларида, турли температураларда ўлчанган бошқарув характеристикалари кесишадиган термо барқарор нуқтанинг $I_{\text{СТ}}$ ва $U_{\text{ЗИТ}}$ координаталарини аниқланг.

4. Ҳисобот мазмуни.

- тадқиқ этилаётган транзистор паспорт кўрсатмалари;
- ўлчаш схемаси;
- ўлчанган боғлиқликлар жадвал ва графиклари;
- бошқарув характеристикасининг аппроксимацияси, ҳисобланган транзистор характеристикасининг тиклиги S ва чиқиш характеристикалари $r_{\text{чик}}$ натижалари.

4 – Тажриба иши

Операцион кучайтиргич параметрларини текшириш ва уни характеристикасини олиш

Ишнинг мақсади: операцион кучайтиргич параметрларини ўлчаш усулларини ўрганиш.

1. Тажриба ишини бажаришга тайёргарлик кўриш:

Интеграл кўринишда бажарилган операцион кучайтиргич (ОК) – бу универсал аналог микросхемадир. У икки киришли дифференциал кучайтиргичда бажарилган кенг полосали ўзгармас ток кучайтиргичи бўлиб, чиқишида шаклланаётган сигнал киришдаги сигналларнинг фарқига тенг бўлади.

Унинг чиқишида тескари алоқа занжирини қўллаб киришдаги сигналлар устидан турли математик амаллар бажариш имконияти борлиги туфайли ҳам - операцион кучайтиргич номини олган. Чиқиш занжирини танлашга қараб ОК қўшиш, айириш, кўпайтириш, ўрта қийматни аниқлаш, интеграллаш, дифференциаллаш, логарифмлаш ва бошқа амалларни бажариш учун қўлланилиши мумкин. Амалларни бажариш аниқлиги ОКнинг кучайтириш коэффиценти ва кириш қаршилиги қанча катта, чиқиш қаршилиги эса қанча кичик бўлса, шунча юқори бўлади.

ОК ни характерловчи параметрлар сони бир неча ўн қийматга етади.

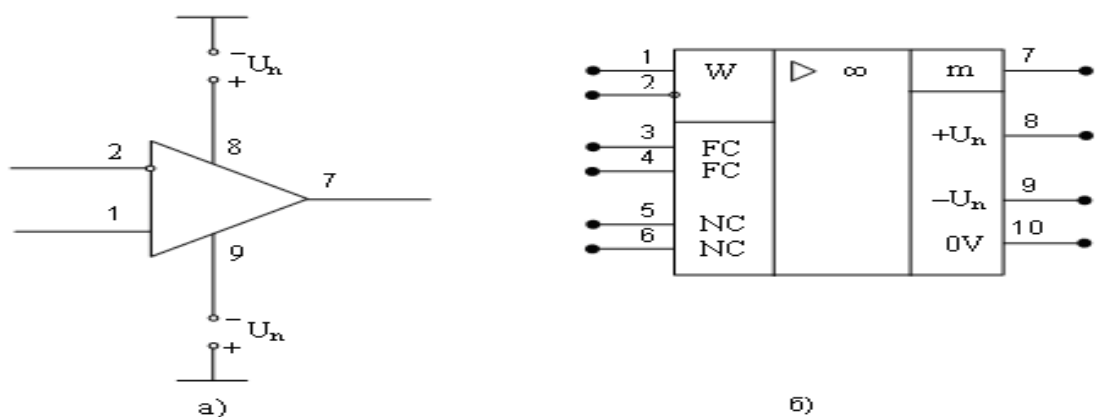
Уларга қуйидагилар киради:

- *тескари алоқасиз ОК кучайтириш коэффицент* - K_U . K_U нинг тескари алоқасиз қиймати бир неча ўн – юз мингни ташкил этади;
- *синфаз кириш сигналларининг сўниш коэффиценти* – $K_{TA\ CФ}$. ОКнинг иккала киришига берилаётган сигналларни сўндириш қобилиятини баҳолайди. Одатда, $K_{TA\ CФ}$ децибелларда ифодаланади:

$$K_{TA.CФ} = 20 \lg \frac{\text{Тасиз ОКнинг кучайтириш коэффиценти}}{\text{синфаз сигналнинг кучайтириш коэффиценти}}$$

- *силжитувчи кириш кучланиши* - $U_{СИЛ}$. Бу катталик, ОК чиқишида кучланиш нольга тенг бўлиши учун, киришга бериш керак бўлган кучланиш қийматини белгилайди. Бу катталик ОК нинг идеал эмаслигини характерлайди ва кириш каскадидаги транзисторларни бир хил эмаслигига асосланган. Одатда $U_{СИЛ}$ қиймати милливольт- ўн милливольтларда бўлади;
- *кириш токлари* - $I_{КИР}$. Чиқишдаги кучланиш нольга тенг бўлганда киришларда оқиб ўтадиган токни билдиради. Бу тоklar киришдаги биполяр транзисторларнинг база токлари ёки ОК кириш каскадида майдоний транзисторлар қўлланилган бўлса затвордаги сизиш токи билан тушунтирилади. Одатда $I_{КИР}$ қиймати наноампер – ўн микроампер ($10^{-10} \dots 10^{-15} \text{ A}$) ларда белгилайди;
- *кириш тоklarининг фарқи* $I_{КИР}$ – 10...20% га етиши мумкин. Бу катталик ОК кириш каскадининг симметрик эмаслигини ифодалайди;
- *чиқиш кучланишининг ортиб бориш тезлиги* $V_{u,ЧИҚ}$ - бу катталик $U_{ЧИҚ}$ қийматини ўзининг номинал қийматидан 10% дан 90% гача ўзгаришининг, шу ўзгаришларга кетган вақтга нисбатига тенг;
- *бирлик кучайтириш частотаси* - f_1 . Бу катталик ОКда кучланишни кучайтириш коэффиценти бирга тенг бўладиган кириш сигнали частотасини билдиради. Бу катталик ОК кучайтириши мумкин бўлган сигналларнинг частота диапазонини белгилайди.

4.1 а, б – расмларда ОКнинг схемаларда бериладиган шартли белгиси ва чиқишларнинг вазифалари тасвирланган.



4.1 – расм.

- 1 – ОКнинг инверсламайдиган кириши;
- 2 – ОКнинг инверслайдиган кириши;
- 3,4 – амплитуда билан уланиш учун хизмат қиладиган чиқишлар;
- 5,6 – балансловчи ташқи элементлар билан уланиш учун хизмат қиладиган чиқишлар;
- 7 – ОК чиқиши;
- 8 – кучланиш манбаининг мусбат ишорали электродига уланиш чиқиши;
- 9 – кучланиш манбаининг манфий ишорали электродига уланиш чиқиши;
- 10 – схеманинг ноль шинасига (ноль потенциал) уланиш чиқиши.

Тажриба ишида тадқиқ этилаётган ОКнинг чиқишларининг жойлашиши, параметрлари ва тахрирловчи схемалар иловада келтирилган. Шунингдек тутиш керакки, ОК асосидаги принципиал схемаларда мавжуд манба занжирлари ва стандарт тахрирлаш схемалари келтирилмаслиги мумкин.

2. Тажриба ишини бажариш учун топшириқ:

Иловадан тадқиқ этилаётган ОК шартли белгисини чизиб олинг (чиқиш рақамлари ва тахрирлаш элементи билан), чегаравий қийматларини ёзиб олинг.

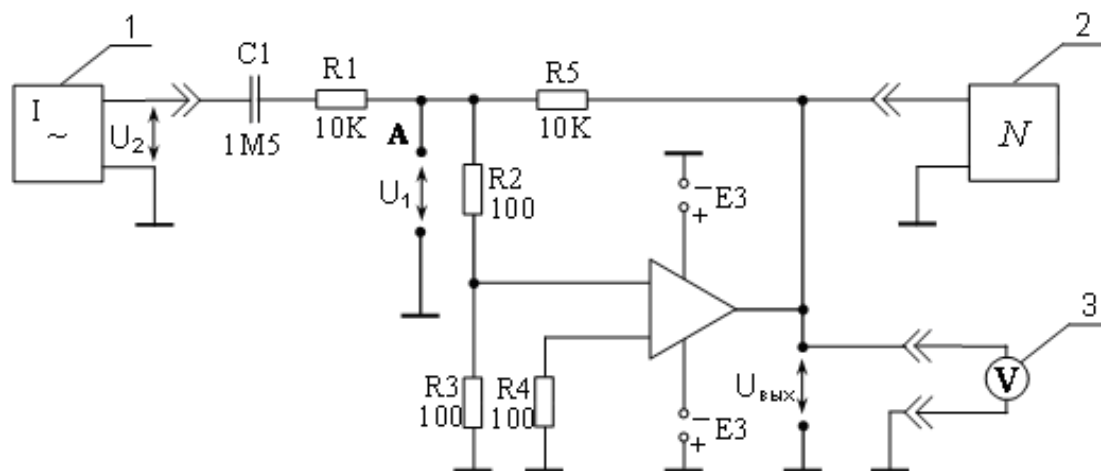
2.1. ОК кучайтириш коэффициентининг чегаравий қийматини аниқланг. Қанча катта қийматга эга бўлса, уни бевосита ўлчаш қийин. Шу сабабли K_U қиймати ҳисоблаш натижасида олинади.

2.1.1. 4.2 – расмда келтирилган схемани йиғинг (ОК цоколи иловада келтирилган). (Шунингдек эслатиб ўтмоқчимизки, частотани тахрирловчи схема йиғилган бўлса ҳам унинг схемаси кўрсатилмаган. Кейинчалик ЕЗ манба элементи ҳам тушириб қолдирилади).

2.1.2. Генератор чиқишида (1) амплитудаси $U_r=1$ В ва частотаси $f_r=10..20$ Гц бўлган синусоидал сигнал ўрнатинг. Бу вақтда осциллограф экранида (2) шакли бузилмалган сигнал кузатилиши керак (агар бузилишлар мавжуд бўлса, U_r ни камайитиш керак).

2.1.3. Вольтметр (3) ёрдамида ўзгарувчан U_1 кучланиш (“А” нуқта билан умумий сим орасида) ва $U_{чик}$ ни ўлчанг, сўнгра K_U қуйидаги формула ёрдамида аниқланг:

$$K_U = \frac{U_{чик}}{U_1} \cdot \frac{R_2}{R_3}$$



4.2 – расм.

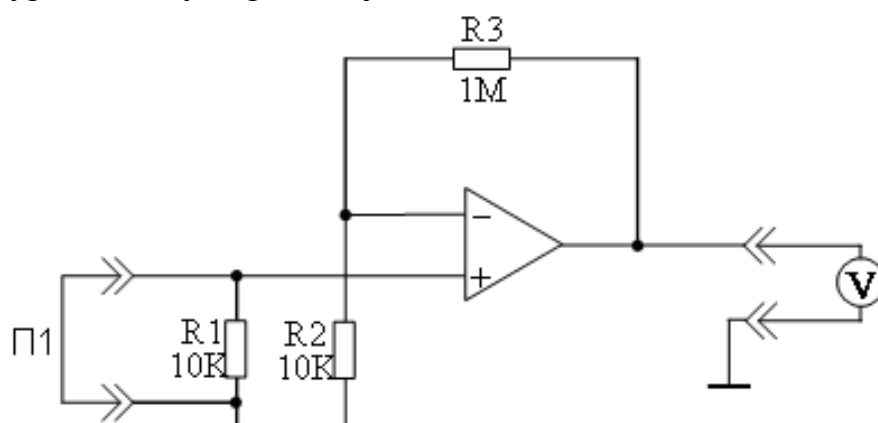
2.2. ОК силжитувчи кучланиши ($U_{СИЛ}$) ва кириш токи ($I_{КИР}$)ни ҳисоблаб топинг.

Бу катталиклар кичик қийматга эга бўлганлиги учун уларни бевосита ўлчаш мушкул. Шу сабабли улар ҳисоблаш ёрдамида аниқланади.

2.2.1. 4.3 – расмга мос равишда схемани йиғинг (схемада манба ва таҳрирлаш занжирлари кўрсатилмаган).

2.2.2. ОК инверсламайдиган киришини (схемада “+” ишора билан кўрсатилган) умумий сим билан уловчи П1 қайта улагични ўрнатинг (R1 резистор ўрнига). Вольтметр кўрсатаётган $U_{ЧИК1}$ ўзгармас кучланиш қийматини ёзиб олинг.

2.2.3. П1 қайта улагични олиб ташланг ва уни ОКнинг инверсламайдиган кириши билан R1 резистор умумий сими ўртасига ўрнатинг. Бу вақтда вольтметр кўрсатмаси ўзгаради. Бу қийматни $U_{ЧИК2}$ деб белгилаб, ёзиб олинг.



4.3 – расм.

2.2.4. $U_{ЧИК1}$ ва $U_{ЧИК2}$ қийматларнинг ишорасига эътибор берган ҳолда силжитиш кучланиши

$$U_{СИЛ} = |U_{ЧИК2} - U_{ЧИК1}| \cdot \frac{R1}{R3}$$

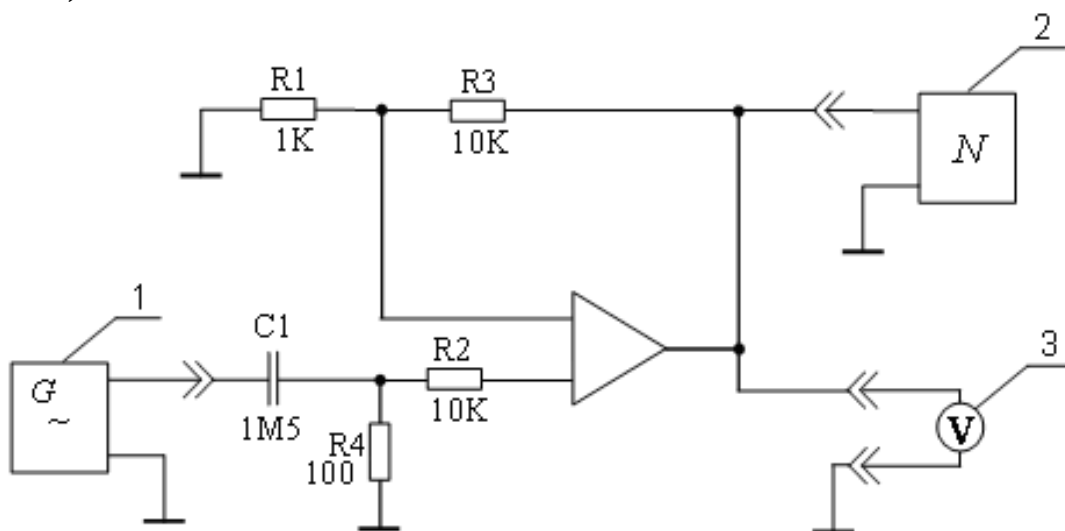
ва ОК кириш токи $I_{КИР}$

$$I_{КИР} = \frac{U_{СИЛ}}{R2}$$

2.3. ОК чиқиш кучланишининг ортиб бориш тезлиги $V_{u,ЧИК}$ ни ўлчаш.

2.3.1. 3.4 – расмга мос равишда схемани йиғинг (схемада манба кўрсатилмаган).

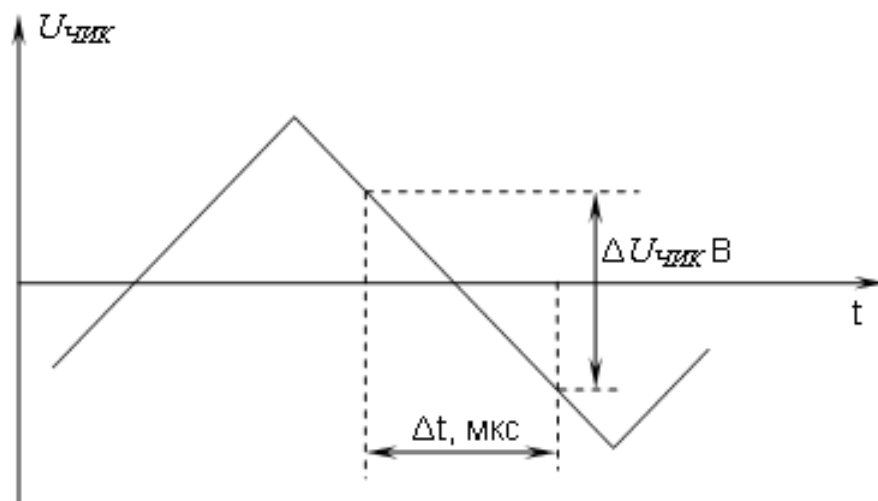
Генератор чиқишидаги сигнал (U_r) шундай ўрнатилиши керакки, ОК каскади чиқишидаги кучланиш $U_{ЧИК}$ максимал чегаравий қийматга яқин бўлсин, яъни чиқишдаги синусоидал сигнал чегаравий қийматга яқин бўлсину, лекин чегараланмасин. Бу вақтда генератор частотасини анча кичик қилиб танланг (0,1...1кГц).



4.4 – расм.

2.3.2. Генератор частотасини орттириб бориб, чиқиш сигнали осциллограммасини кузатиб боринг. Кенгайиш камайган сари учбурчак шаклга яқинлашиб боради (4.5 - расм).

2.3.3. Генератор частотасини бир неча ўн кГц тартибда ўрнатиб, ҳамда каналдаги кучланиш “Y” ва ёйиш тезлиги (мкс/бўл)ни калибрлаб, олинган осциллограмма тиклигини ўлчанг (4.5 - расм).



4.5 – расм.

3. Ҳисобот мазмуни.

- тадқиқ этилаётган ОК паспорт кўрсатмалари ва таҳрирлаш схемалари;
- ОК параметрларини ўлчаш схемалари ва олинган натижалар.

5 – Тажриба иши

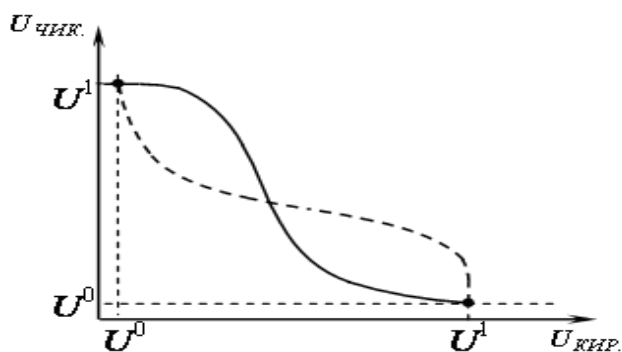
Майдоний транзисторларда ясалган калит схемаларни текшириш ва уни характеристикасини олиш

Ишнинг мақсади: Майдоний транзистор (МТ)ларни калит режимида ишлаш хоссаларини ўрганиш. МТни юклама резистори сифатида қўлланилишини ўрганиш.

1. Тажриба ишини бажаришга тайёргарлик кўриш:

Бу ишни бажаришда ток занжиридаги қаршилик қийматининг узатиш характеристикаси кўринишига таъсирини ўрганиб чиқинг. Квази чизиқли юклама сифатида турли майдоний транзисторлар қўлланилганда узатиш характеристикалар турлича бўлишига аҳамият беринг.

Мантиқий сигналлар сатҳларини аниқлашда калитнинг узатиш характеристикаси $U_{\text{ЧИК}} = f(U_{\text{КИР}})$ дан фойдаланилишига эътибор беринг. (5.1-расм)



5.1 – расм.

Мантиқий ноль U^0 ҳамда мантиқий бир U^1 сатҳлар узатиш характеристикаси ва унинг кўзгули акси (пунктир чизик) кесишган нуқталардан аниқланади.
 $\Delta U = U^1 - U^0$ мантиқий сигналларнинг сатҳлар фарқи деб аталади.

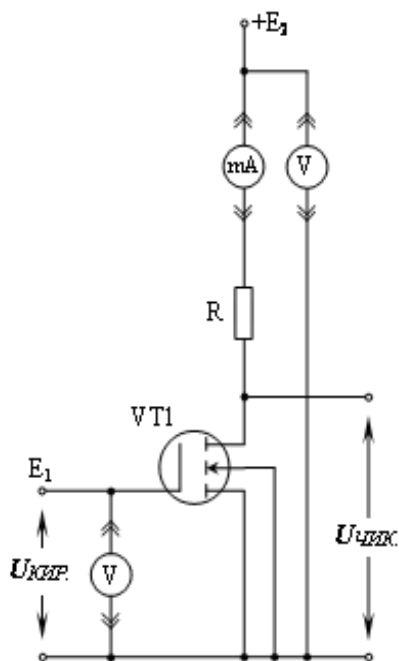
2. Тажриба ишини бажариш учун топшириқ:

2.1. МТ да ясалган калит узатиш характеристикасига юклама қаршилигининг таъсирини $U_{\text{ЧИК}} = f(U_{\text{КИР}})$ тадқиқ этиш.

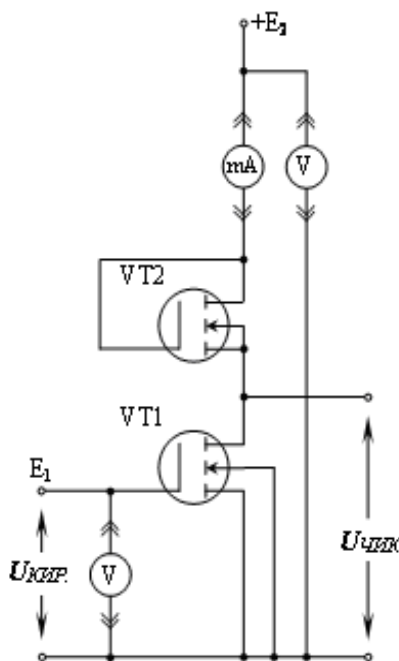
n - турдаги канали индукцияланган МДЯ транзисторда бажарилган калит схемаси 5.2- расмда келтирилган. Схема $E_2 = 9\text{В}$ манбадан таъминланади. Кириш кучланиши $U_{\text{КИР}}$ росланувчи E_1 кучланиш манбаидан берилади. Чиқиш кучланиши $U_{\text{ЧИК}}$ ва истеъмол қилинаётган токни ўлчаш учун рақамли вольтметр ва амперметрлардан фойдаланинг. VT1 сифатида К176ЛП1 микросхемадаги n -каналли транзисторларнинг бирини олинг. Ишлаш қулай бўлиши учун иловада келтирилган микросхема принципиал схемасини чизиб олинг ва электродлари рақамларини белгилаб олинг.

Тажрибани қуйидаги тартибда олиб бориш тавсия этилади:

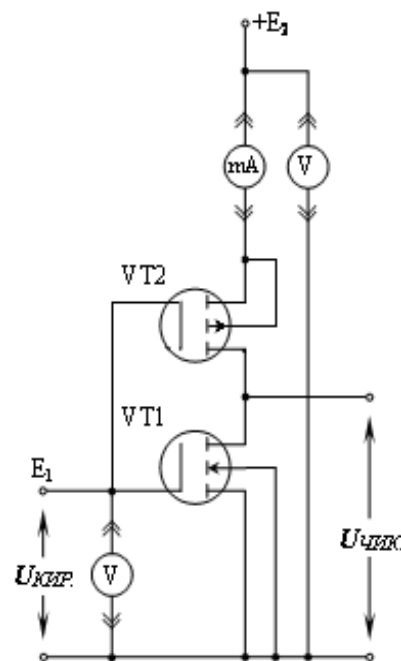
- МДЯ транзистор сток занжирига чизикли резистор $R=51\text{ кОм}$ ни уланг;
- кучланиш манбаи қийматини $E_2=9\text{ В}$ қилиб ўрнатинг;
- кириш кучланишини 0 дан 9В гача ўзгартириб бориб, $U_{\text{ЧИК}} = f(U_{\text{КИР}})$ ва $I_{\text{ИСТ}} = f(U_{\text{КИР}})$ боғлиқлигини ўлчанг;
- қаршилиқнинг $R=10\text{ кОм}$ ва $3,5\text{ кОм}$ қийматлари учун ўлчашларни такрорланг;
- тажриба натижаларидан фойдаланиб $U_{\text{ЧИК}} = f(U_{\text{КИР}})$ боғлиқлик графикларини қуринг.



5.2 – расм.



5.3 – расм.



5.4 – расм.

2.2. n - МДЯ транзисторларда ясалган калит узатиш характеристикасини тадқиқ этиш.

n -МДЯ транзисторларда ясалган калитни тадқиқ этиш схемаси 5.3 – расмда келтирилган. VT1 ва VT2 транзисторлар сифатида К176ЛП1 микросхемадаги ихтиёрий транзисторларни ёки алоҳида калит схемасини олинг.

2.1 – банддаги тажрибаларни такрорланг.

2.3. КМДЯ транзисторларда ясалган калит узатиш характеристикасини тадқиқ этиш.

КМДЯ транзисторларда ясалган калитни тадқиқ этиш схемаси 5.4 – расмда келтирилган. VT1 ва VT2 транзисторлар сифатида К176ЛП1 микросхемадаги ихтиёрий комплементар транзисторлар жуфтлиги ёки алоҳида калит схемасини олинг.

2.1 – банддаги тажрибаларни такрорланг.

3. Тажрибада олинган натижаларни ишлаш.

3.1. 2- бандда олинган узатиш характеристикаларни куринг.

3.2. Ҳар бир калит учун мантиқий сигнал U^0 ва U^1 сатҳлари ва мантиқий сигналлар сатҳлар фарқи $\Delta U = U^1 - U^0$ ни аниқланг.

Олинган натижаларни 5.1 – жадвалга киритинг.

5.1 – жадвал

Параметр	U^0 , В	U^1 , В	ΔU , В	$P_{\text{ўрт}}$, мВ
Юклама тури				
Қаршиликли юклама				
$R_{\text{ю}}=51\text{кОм}$				
$R_{\text{ю}}=10\text{кОм}$				
$R_{\text{ю}}=3,5\text{кОм}$				
n – МДЯ (p -МДЯ) транзисторли калит				

3.3. Мантиқий ноль ва мантиқий бир ҳолатларида манбадан истеъмол қилинаётган қувватнинг ўртача қийматини аниқланг:

$$P_{\text{ўрт}} = \frac{1}{2}(P^0 + P^1); \quad P^{0,1} = I_{\text{ист}}^{0,1} E_M.$$

4. Ҳисобот мазмуни.

- ўлчаш схемалари;
- олинган боғлиқликлар жадваллари ва графиклари;
- ўлчаш ва ҳисоб натижаларининг таҳлили.

6 – Тажриба иши

Трансизторли паст частотали кучайтиргични текшириш

Ишнинг максад и – Трансизторли паст частотали кучайтиргич ва унинг ишлаши билан танишиш, унинг асосий параметрларини текшириш ва характеристикасини олиш.

НАЗАРИЙ МАЪЛУМОТЛАР

Автоматик бошқариш системалари, радиотехника, радиолакация ва бошқа системаларда кичик кувватли сигналларни кучайтириш учун кучайтиргичлардан фойдаланилади. Кичик кувватли узгарувчан сигналнинг параметрларини бузмасдан доимий кучланиш манбаининг куввати хисобига кучайтириб берувчи курилма кучайтиргич деб аталади.

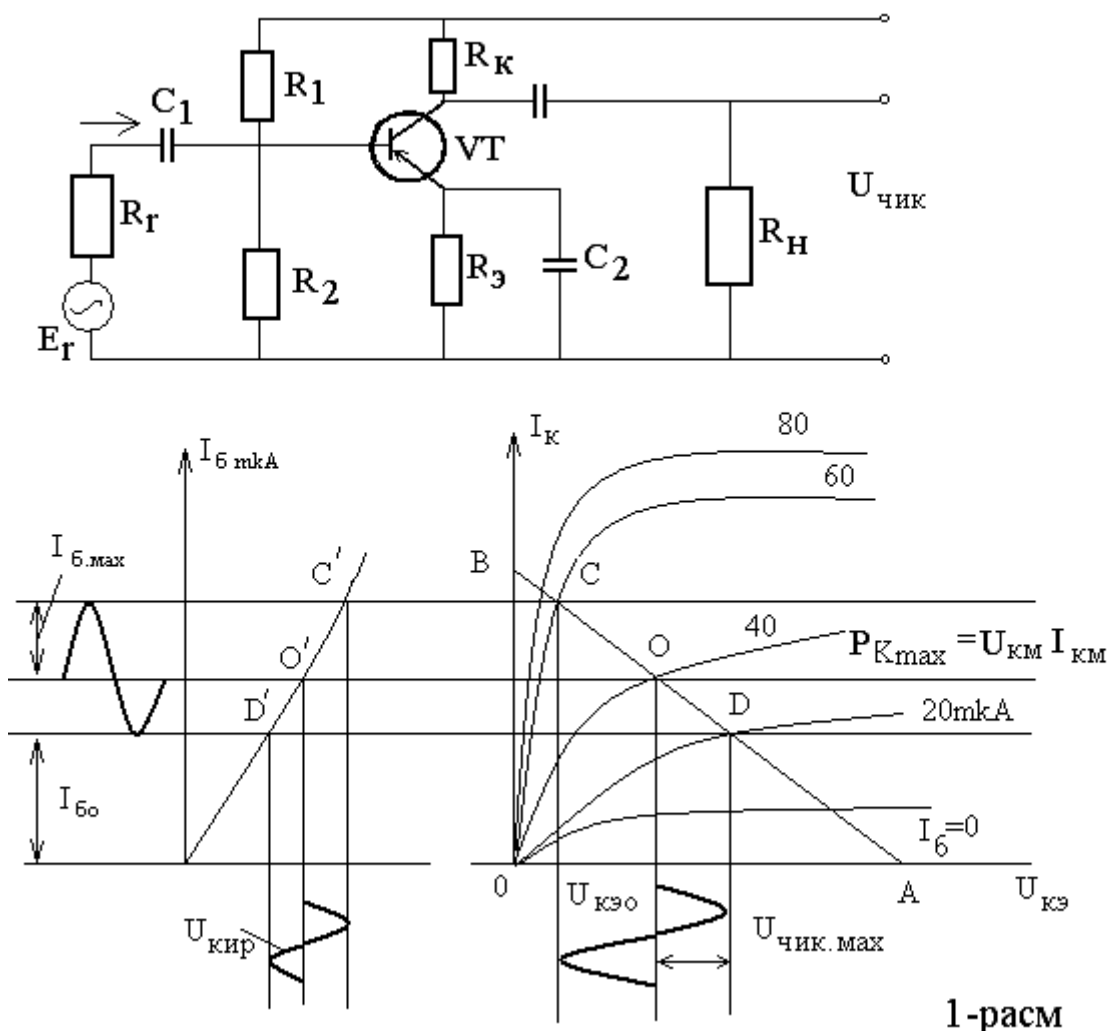
Кучайтиргич курилмаси кучайтирувчи элемент, резистор, конденсатор, чиқиш занжиридаги доимий кучланиш манбаи ҳамда истеъмолчидан иборат. Битта кучайтирувчи элементи булган занжир каскад деб аталади. Кучайтирувчи элемент сифатида қандай элемент ишлатилишига қараб кучайтиргичлар электрон, магнитли ва бошқа хилларга бўлинади. Иш режимларига қура улар чизикли ва ночизикли кучайтиргичларга бўлинади. Чизикли иш режимда ишловчи кучайтиргичлар қириш сигналини унинг шаклини узгартирмасдан кучайтириб беради. Чизикли бўлмаган иш режимда ишловчи кучайтиргичларда эса қириш сигнали маълум қийматга эришганидан сунг чиқишдаги сигнал узгармайди.

Чизикли режимда ишлайдиган кучайтиргичларнинг асосий характеристикаси амплитуда частота характеристикаси (АЧХ)дир. Ушбу характеристика кучланиш бўйича кучайтириш коэффициентининг модули частотага қандай боғлиқлигини кўрсатади. АЧХ сига қура чизикли кучайтиргичлар товуш частоталар кучайтиргичи (ТЧК), паст частоталар кучайтиргичи (ПЧК), Юқори частоталар кучайтиргичи (ЮЧК), секин узгарувчан сигнал кучайтиргичи ёки узгар ток кучайтиргичи (УТК) ва бошқаларга бўлинади.

Ҳозирли вақтда энг кенг тарқалган кучайтиргичларда кучайтирувчи элемент сифатида икки қутбли ёки бир қутбли транзисторлар ишлатилади. Кучайтириш қуйидагича амалга оширилади. Бошқариладиган элемент (транзистор) нинг қириш занжирига қириш сигналнинг кучланиши ($U_{\text{қир}}$) берилади. Бу кучланиш таъсирида қириш занжирида қириш токи ҳосил бўлади. Бу кичик қириш токи чиқиш занжиридаги токда узгарувчан ташкил этувчини ҳамда бошқариладиган элементнинг чиқиш занжирида қириш занжиридаги кучланишдан анча катта булган узгарувчан кучланишни ҳосил қилади. Бошқариладиган элементнинг қириш занжиридаги токнинг чиқиш занжиридаги токка таъсири қанча катта булса, кучайтириш хусусияти шунча кучлироқ бўлади. Бундан ташқари, чиқиш токининг чиқиш кучланишига таъсири қанча катта булса (яъни $R_{\text{и}}$ катта), кучайтириш кучлироқ бўлади.

1-расмда умумий эмиттерли (УЭ) кучайтириш каскадининг схемаси ҳамда қириш ва чиқиш характеристикалари кўрсатилган. Кучайтириш каскадлари УЭ, УБ, УК схемалари бўйича йиғилади. Умумий коллекторли (УК) схема ток ва кувват бўйича кучайтириш имконига эга. Бунда $K_U < 1$. Схема асосан, каскаднинг юқори чиқиш қаршилигини кичик қаршиликли истеъмолчи билан мослаш учун ишлатилади ва эмиттерли такрорлагич деб аталади. Умумий базали (УБ) схема бўйича йиғилган каскаднинг қириш қаршилиги кичик бўлиб, кучланиш ва кувват бўйича кучайтириш имконига эга. Бунда $K_i < 1$. Чиқишдаги кучланишнинг қиймати катта бўлиши талаб

этилганда мазкур каскаддан фойдаланилади. Купинча умумий эмиттерли (УЭ) схема буйича йигилган каскадлар ишлатилади. Бундай каскад токни ҳам кучланишни ҳам кучайтириш имконига эга. Кучайтириш каскадининг асосий занжири транзистор (VT), каршилик R_k ва манба E_k дан иборат. Колган элементлар ёрдамчи сифатида ишлатилади.



1-расм

C_1 конденсатор кириш сигналининг узгармас ташкил этувчисини утказмайди ва базанинг тинч ҳолатидаги $U_{бд}$ кучланишининг R_r каршиликка боглик эмаслагини таъминлайди. Конденсатор C_2 истеъмолчи занжирига чиқиш кучланишининг доимий ташкил этувчисини утказмай узгарувчан ташкил этувчисинигина утказиш учун хизмат килади. R_1 ва R_2 резисторлар кучланиш булгич фазивасини утаб, каскаднинг бошлангич ҳолатини таъминлаб беради.

Коллекторнинг дастлабки токи ($I_{кд}$) базанинг дастлабки токи $I_{бд}$ билан аникланади. Резистор R_1 ток $I_{бд}$ нинг утиш занжирини хосил килади ва резистор R_2 билан биргаликда манба кучланишининг мусбат кутби билан база орасидаги кучланиш $U_{бд}$ ни юзага келтиради.

Резистор R_3 манфий тескари богланиш элементи булиб, дастлабки режимнинг температура узгаришига боглик булмаслигини таъминлайди. Каскаднинг кучайтириш коэффиценти камайиб кетмаслиги учун каршилик

R_3 га параллел килиб конденсатор C_3 уланади. Конденсатор C_3 резистор R_3 ни узгарувчан ток буйича шунтлайди.

Синусоидал узгарувчан кучланиш ($u_{kir} = U_{kir.max} \sin \omega t$;) конденсатор C оркали база-эмиттер сохасига берилади. Бу кучланиш таъсирида, бошлангич база токи $I_{бд}$ атрофида узгарувчан база токи ҳосил бўлади. $I_{бд}$ нинг киймати узгармас манба кучланиши E_k ва қаршилик R_1 га боғлиқ бўлиб, бир неча микроамперни ташкил қилади. Берилаётган сигналнинг узгариш қонунига бўйсунадиган база токи истеъмолчи (R_U) дан утаётган коллектор токининг ҳам шу қонун бўйича узгаришига олиб келади. Коллектор токи бир неча миллиамперга тенг. Коллектор токининг узгарувчан ташкил этувчиси истеъмолчида амплитуда жихатдан кучайтирилган кучланиш пасажуви $U_{чик}$ ни ҳосил қилиди. Кириш кучланиши бир неча милливольтни ташкил этса, чиқишдаги кучланиш бир неча вольтга тенгдир.

Каскаднинг ишини график усулда таҳлил қилиш мумкин. Транзисторнинг чиқиш характеристикасида АВ юклама чизигини утказамиз. Бу чизик $U_{кэ}=E_k$, $I_k=0$ ва $U_{кэ}=0$, $I_k=E_k/R_k$ координаталари А ва В нукталардан ўтади. АВ чизик $I_{k.max}$, $U_{кэ.max}$ ва $R_k=U_{k.max}/I_{k.max}$ билан чегараланган соҳанинг чап томонида жойлашиши керак. АВ чизик чиқиш характеристикасини кесиб ўтадиган қисмда иш участкасини танлаймиз. Иш участкасида сигнал энг кам бузилишлар билан кучайтирилиши керак. Юклама чизигининг С ва D нукталар билан чегараланган қисми бу шартга жавоб беради. Иш нуктаси О, шу участканинг ўртасида жойлашади. DO кесманинг абсциссалар ўқидаги проекцияси коллектор кучланиши узгарувчан ташкил этувчисининг амплитудасини билдиради. СО кесманинг ординаталар ўқидаги проекцияси коллектор токининг амплитудасини билдиради. Бошлангич коллектор токи ($I_{к0}$) ва кучланиши ($U_{кэ0}$) О нуктанинг проекциялари билан аниқланади. Шунингдек, О нукта бошлангич ток $I_{б0}$ ва кириш характеристикасидаги О иш нуктасини аниқлаб беради. Чиқиш характеристикасидаги С ва D нукталарга кириш характеристикасидаги С' ва D' нукталарга мос келади. Бу нукталар кириш сигналнинг бузилмасдан кучайтириладиган чегарасини аниқлаб беради.

Каскаднинг чиқиш кучланиши

$$u_{чик} = i_k R_u$$

Каскаднинг кириш кучланиши

$$u_{kir} = i_{б} R_{kir}$$

Бу ерда R_{kir} -транзисторнинг кириш қаршилиги.

Ток $i_u \gg i_{б}$ ва қаршилик $R_u \gg R_{kir}$ бўлгани учун схеманинг чиқишидаги кучланиш кириш кучланишидан анча каттадир.

Кучайтиргичнинг кучланиш бўйича кучайтириш коэффициенти K_u қуйидагича аниқланади:

$$K_U = \frac{U_{\text{чик.мах}}}{U_{\text{кир.мах}}},$$

Ёки гармоник сигналлар учун

$$K_U = \frac{U_{\text{чик}}}{U_{\text{кир}}},$$

Каскаднинг ток буйича кучайтириш коэффиценти:

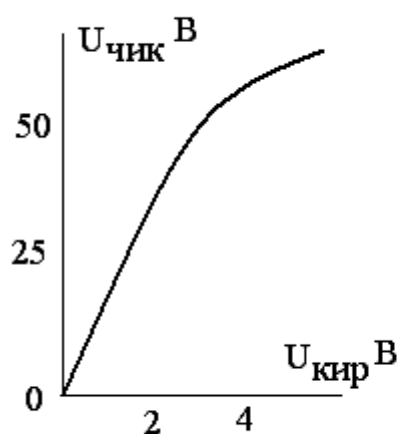
$$K_i = \frac{I_{\text{чик}}}{I_{\text{кир}}},$$

Бу ерда $I_{\text{чик}}$, - каскаднинг чиқиш томонидаги токнинг киймати; $I_{\text{кир}}$, - каскаднинг кириш томонидаги токнинг киймати. Кучацтиришнинг кувват буйича кукчайтириш коэффиценти:

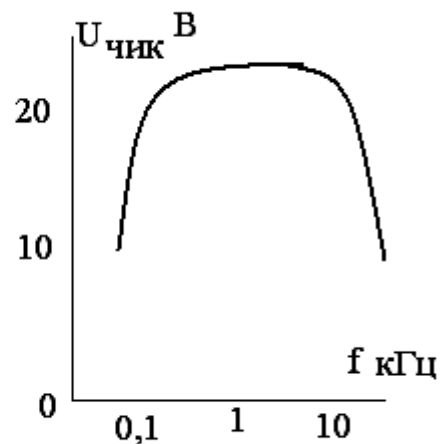
$$K_P = \frac{P_{\text{чик}}}{P_{\text{кир}}},$$

Бу ерда $P_{\text{чик}}$, - истеъмолчига бериладиган кувват; $P_{\text{кир}}$, -кучайтиргичнинг кириш томонидаги кувват.

Агар кучайтиргич киришига паст частотали кучланиш берилса, унинг чиқишидаги бу частота кучланиши анча катта кийматга эришади. Кучайтиргич чиқиш кучланишининг кириш кучланишига булган нисбати кучланиш буйича кучайтириш коэффиценти булиб, кучайтиргичнинг асосмий параметри хисобланади. Чиқиш кучланишининг кириш кучланишига богликлиги кучайтиргичнинг амплутуда характеристикаси деб аталади. (2а-расм). Кучайтириш коэффицентининг кириш кучланиш частотасига богликлигини аниклаш учун частота характеристикаси олинади. (2б-расм).



2а-расм



2б-расм

Бу иккала характеристика хам кучайтиргичнинг асосий характеристикаси булиб, унинг асосий параметрларини: кучайтириш коэффиценти, максимал чиқиш куввати ва утказиш полосасини аниклаш имконини беради. Бу характеристикалар 3-расмда курсатилган схема буйича олинади.

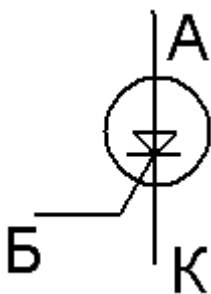
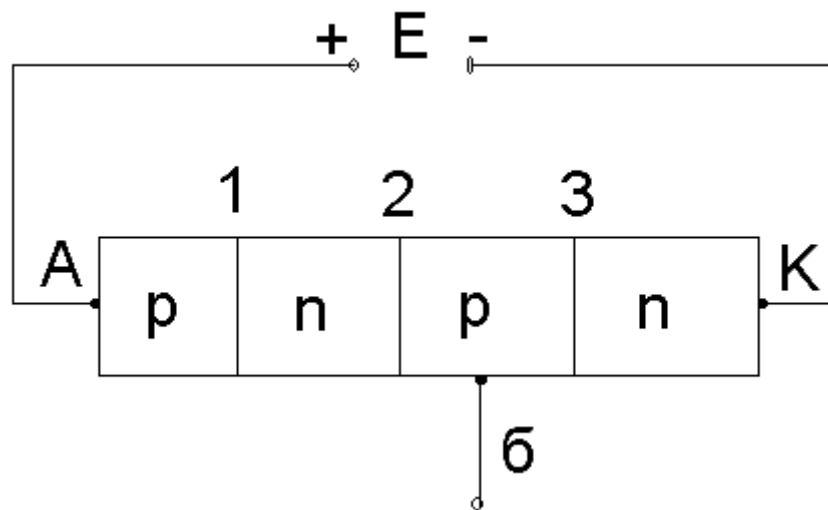
7 – Тажриба иши

Тиристорни текшириш ва тавсифини олиш

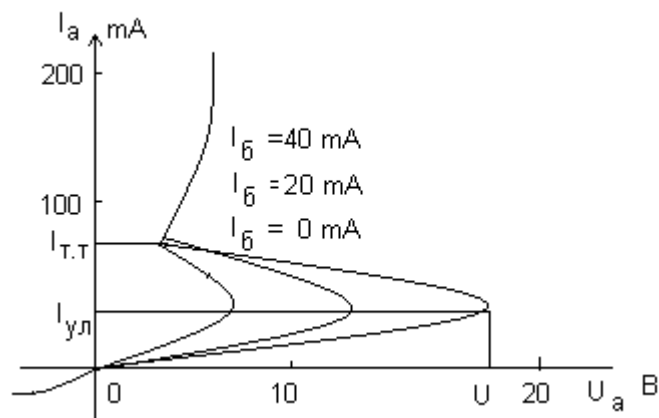
Ишнинг максатиди – Тиристорни ишлаши, унинг асосий параметрлари ва характеристикалари билин танишиш.

НАЗАРИЙ МАЪЛУМОТЛАР

Тиристор - турт катламли, яъни учта p-n утишли ярим утказгич асбобдир. Унда турли хил утказувчанликка эга катламлар кетма-кет уланди. Четки p_1 - катлам - анод, n_2 - катлам – катод деб аталади. Ички p_2 ва n_1 катламлар бошқарувчи электрод ёки база дейилади.



База катламлари бир хил булмайди: n- база p- базага караганда калинрок ва котишма микдори озрок килиб ясалади. Натижада n_2 p-n утишнинг тугрилаш хусусияти жуда яхши булади (тескари токи кичик, тескари каршилиги етарлича катта). Ташки кучланиш анод -катод оралигига куйилган холни курайлик. Манбанинг мусбат кутби анодга, манфий кутби катодга уланган булсин. Бунда кучланишнинг кичик кийматларида n_1 ва n_3 p-n утишлар тугри, n_2 p-n утиш эса, тескари йуналишда уланган булади. Шунинг учун ташки кучланишни тулик n_2 p-n утишга куйилган деб караш мумкин. У ёпик булгани учун тиристордан утадиган ток жуда хам кам (тескари токка тенг) булади. Тристорнинг каршилиги ана шу ёпик n_2 утиш каршилиги оркали характерланади. Агар ташки кучланиш орта бошласа, катламлардаги ток утиш билан боглик жараёнлар сифат жихатдан узгаради. n_2 утишдаги тескари токнинг бироз ортиши билан хар икки базага асосий булмаган ток ташувчиларнинг кириши (тутилиб колиши) зураяди. Масалан, p_2 - базада каваклар зичлиги ортади. Бу n_2 утиш потенциал тусикнинг кучрайишига, яъни каршиликни камайишига олиб келади. Натижада тиристордан утадиган ток факт тескари токка эмас, балки n_2 утишга етиб келган базалардаги асосий булмаган ток ташувчилар токига хам боглик холда орта бошлайди (графикка каранг).



Ташки кучланишнинг катталиги бирор $U_{\text{ёк}}$ кучланишга етгач, тиристор токи кучкисимон орта бошлайди. Бу кучланиш тиристорнинг кайта уланиш **тугри кучланиши** деб аталади. Бу вақтда тиристорнинг каршилиги жуда кичик булгани учун ундаги потенциаллар айирмаси ҳам кичраяди. Унинг катталиги ташки нагрузка каршилигининг киймати билан чегараланади. Тиристор токининг ортиши давомида асосий булмаган ток ташувчилар n_2 утишда туплана бошлайди. Уларнинг концентрацияси етарлича булгач, n_2 утиш тугри уланиш ҳолатига келади. Натижада n_2 утишнинг каршилиги энг кичик булиб, тиристор очик (туйиниш) ҳолатига утади. Бу унинг тургун иш режими булади. Юкорида келтирилган тиристорнинг ишдашини унинг эквивалент схемасида тасаввур қилиш қулай. Бунинг учун уни р-п-р ва п-р-п турдаги транзисторларнинг қушмаси деб қараш керак.

Қуриб чиқилган уланишдаги тиристор **диод-тиристор** ёки **динистор** деб аталади. Тиристорнинг ёпик ҳолатидан очик ҳалатга утишини факат анод-катод орасидаги кучланишни узгартирибгина эмас, балки базалардан бирортасидаги токни қисқа муддатга ошириш йули билан ҳам амалга ошириш мумкин. Бу токни **бошқариш токи** (I_y) деб аталади. У тиристор катламларида ҳосил буладиган жараёнларни узгартирмайди. Факат унинг кайта улаш тугри кучланишини кичрайтиради, ҳолос. Бундай тиристорлар **триод-тиристор** ёки **тринистор** деб аталади. У бошқариш токининг ортиши билан кайта улаш тугри кучланиши кичрайишини курсатади. $I_y = I_0$ булганда, характеристика диоднинг тугри утиш характеристикасига айланади. I_0 - **яссиланиш токи** деб аталади.

Тиристорлар автоматикнинг турли қурилмаларида (масалан, электр юритманинг ростлаш схемаларида, узгарувчан ток кучланиш стабилизаторларида ва бошқаларда) кенг қулланилади.

Жихоз ва аппаратлар:

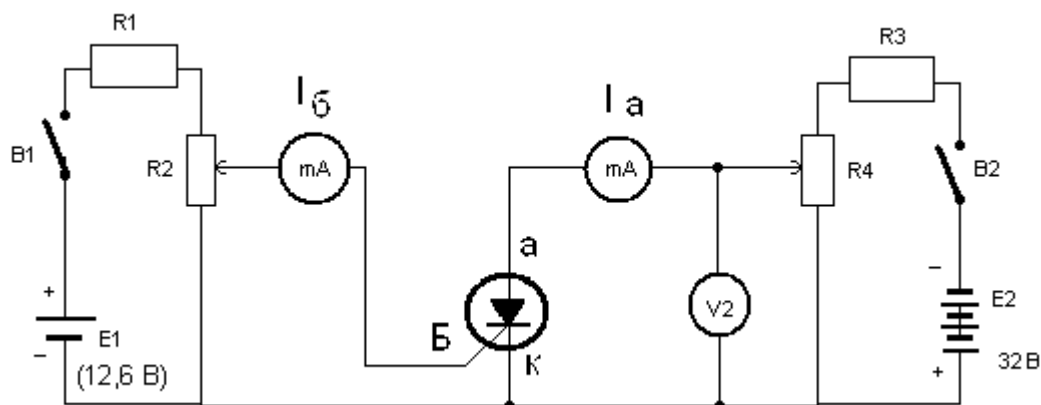
КУ201 А тиристори	1 та
30 В ли вольтметр	1 та
1 А ли амперметр	1 та
20 мА ли миллиамперметр	1 та
5НКН-45 таъминлаш батареяси	2 та
100 Ом, 10 Вт ли резистор (R_1)	1 та
100 Ом, 0,5 А потенциометр (R_2)	1 та
20 Ом, 2 А ли резистор (R_3)	1 та

200 Ом, 2 А потенциометр (R_4) 1 та
 100 В, 10 А ли учиргич 2 та
 Кесимининг юзи 1 мм² узунлиги
 1 м булган улаш симлари 20 та

И Ш Н И Б А Ж А Р И Ш Т А Р Т И Б И

Тиристорни текшириш учун бошқариш токининг $I_{\delta 1}=0$, $I_{\delta 2}=40$ мА ва $I_{\delta 3}=100$ мА учта фиксацияланган кийматларида вольт-ампер характеристикалари куйидаги тартибда олинади:

1. Схемани йигиш (расмга каранг) ва таъминлаш элементлари ва батареяларининг тугри уланганлигини текшириш.



2. Учиргич B1 ни улаш ва потенциометр R2 билан бошқариш токи $I_{\delta 1}$ нинг биринчи фиксацияланган кийматини урнатиш.

3. Учиргич B2 билан анод занжирини улаш ва потенциометр билан анод токининг 0 дан 1 А гача булган турли кийматларини (10-12 нукта) урнатиш.

4. Анод токининг хар бир кийматида асбоблар курсатишларини куйидаги жадвалга ёзиб олиш.

Тиристорнинг вольт-ампер характеристикаси

№	I_{δ} , мА	I_a , А	U_a , А	Эслатма
1				
2				
3				

5. Потенциометр R2 билан бошқариш токининг бошка кийматларини урнатиш ва катъий узгаришсиз саклаб туриш ҳамда 3- ва 4-бандлар буйича операцияларни такрорлаш.

6. Жадвал маълумотлари буйича $I_{\delta 1}=0$, $I_{\delta 2}=40$ мА ва $I_{\delta 3}=100$ мА булганда $I_a = f(U_a)$ боғланиш графигини чизиш ва шу график буйича тиристорнинг улаш кучланиши, токи ва тутиб туриш токини аниклаш.

Х И С О Б О Т М А З М У Н И

1. Хисоботнинг номи.
2. Электр улчаш асбоблари ва жихозларининг параметрлари.
3. Улчаш схемаси.
4. Улчанган ва хисоблаб топилган катталиклар ёзилган жадвал.

5. Боғланиш графиклари: да $I_a = f(U_a)$

6. График бўйича топилган улаш токи ва кучланишнинг ҳамда тутиб туриш токининг катталиклари.

Синов саволлар

1. Тиристорнинг таърифи
2. Тиристорнинг ишлаш принципини тушунтириб беринг.
3. Тиристорнинг вольт-ампер характеристикасини курсатинг.
4. Кайта уланиш кучланиши деб нимага айтилади?
5. Динистор деб нимага айтилади?
6. Тринистор деб нимага айтилади?

8 – Тажриба иши

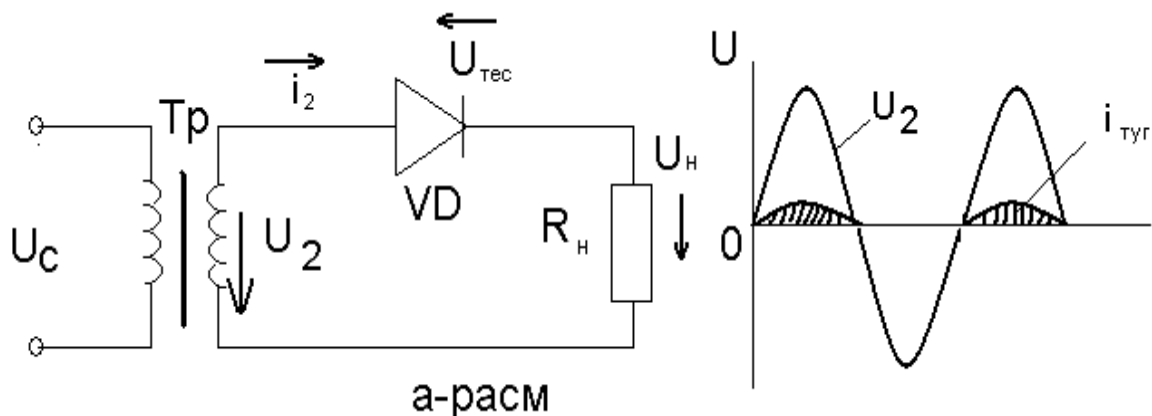
Кичик кувватли тугрилагичларни текшириш

Ишнинг максатиди – Узгарувчан токни тугрилашнинг турли схемалари билан танишиш ва ярим утказгичли венти́лларнинг хусусиятларини текшириш.

НАЗАРИЙ МАЪЛУМОТЛАР

Бир томонлама утказувчанликка эга булган электрон ва ярим утказгичли диодлар ихтиро килингандан сунг узгармас токни халк хужалигининг ҳамма тармокларига саноат электроникасит етказиб берна бошлади. Тугрилаш техникаси бошқариладиган ва бошқарилмайдиган ярим утказгичли диодларни такомиллаштириш, уларни кувватини ошириш хисобига янада ривожланмокда.

Бир ва куп фазали узгарувчан токни тугрилаш схемалари кенг таркалган. Куйидаги а расмда бир фазали синусоидал токнинг ярим даврли тугрилаш схемаси курсатилган.



Икки чулгамли трансформатор Тр нинг W_1 урамли бирламчи чулгами U_1 синусоидал кучланишли занжирга уланган. Мазкур кучланиш W_2 урамли иккиламчи чулгамдан олинадиган U_2 кучланишга айлантрилади. Кучланиш U_2 нинг киймати

$$W_1/W_2 = U_1/U_2$$

боғланишда аникланади. Кучланиш U_2 тугриланган кисми

$$U_{туг} = R_n i_{туг}.$$

а-расмдаги графикдан ток R_n каршиликлдан

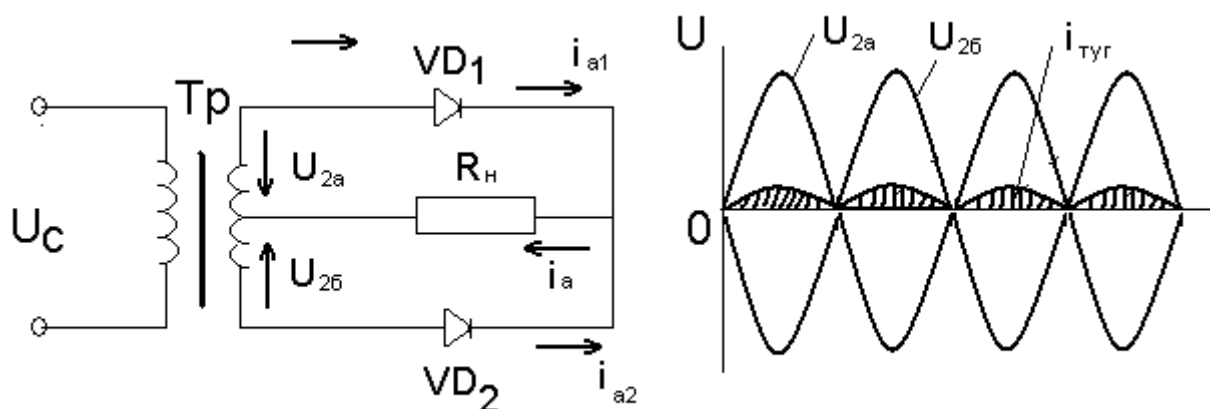
$$U_2 = U_{2m} \sin \omega t$$

кучланишнинг мусбат ярим даврдагина утишини курамиз. Агар диоднинг ички каршилиги хисобга олинмаса тугриланган кучланишнинг бир ярим даврдаги уртача киймати куйидагича булади.

$$U_{yp} = U_{avg} = \frac{1}{T} * \int_0^{T/2} u_2 dt = \frac{1}{T} * \int_0^{T/2} U_{2m} \sin \omega t = \frac{U_{2m}}{\omega T} * \int_0^{\pi} \sin \omega t = \frac{\sqrt{2} U_2}{2\pi f T} * (-\cos \omega t) \Big|_0^{\pi} = \frac{\sqrt{2} U_2}{\pi} = 0,45 U_2$$

Тугриланган кучланиши пульсацияланувчи булгани учун бундай схема жуда кам кулланилади.

Трансформаторнинг иккинламчи чулгами икки секциядан иборат булган, икки ярим даврли тугрилаш схемаси мукалламрок ва сифатлироқдир (б-расм).

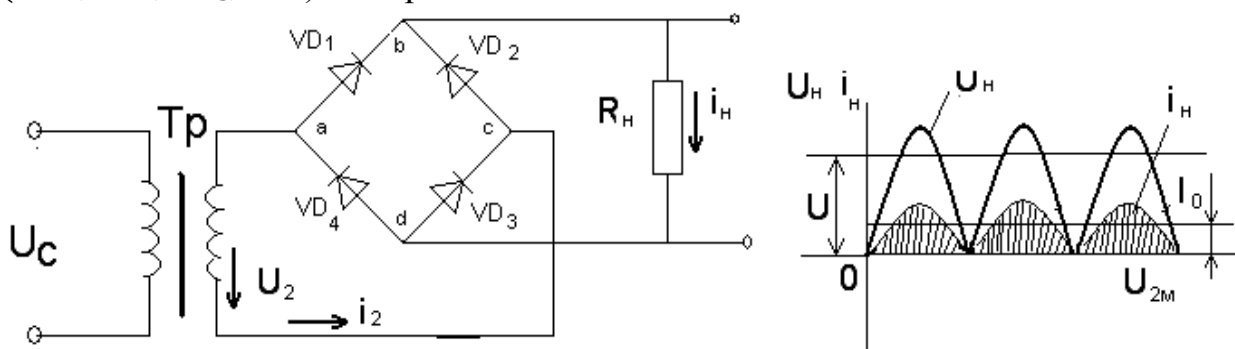


б-расм

Иккиламчи чулгам (W_2) иккита бир хил секциядан иборат ($W_2 = 1/2 W$). Бу чулгамларнинг охириги учлари бир хил диодлар (VD_1 ва VD_2) оркали R_n каршилиқнинг мусбат кутбига уланади. Трансформаторнинг кириш занжирига таъсир этувчи $U_1(t)$ кучланишнинг битта ярим даврида W_2 секцияларда индукцияланган U_2 пастдан юкорига йуналган булсин. У холда кучланишдан хосил буладиган ток W_2 - VD_1 - R_n занжирдан утади, пастдаги W_2 - R_n - VD_2 занжирдан эса ток утмайди, чунки VD_2 диод токни йуналиши тескари булгани учун бу токни утказмайди. R_n каршилиқдаги ток унгдан чапга утади. Иккинчи ярим даврда W_2 секцияларда $U_2 = -U_2$ кучланиш хосил булади. Бу кучланиш юкоридан пастга йуналади ва VD_2 - R_n - W_2 ва R_n - VD_1 - W_2 контурларда

соат милининг харакатига карши йуналган токни хосил килади. Бунда VD_1 диоди ёпик булиб, ток факат пастги контурдан утади. Бир давр ичида R_n каршилиқ u_2 кучланишнинг тугри ва 180° га ағдарилган тескари ярим тулқинлари остида икки марта булади. Агар диодларнинг ички каршилиги хисобга олинмаса, каршилиқ учларидаги кучланишнинг уртача киймати $U_{yp} = 0,9 U_2$ булади. Демак, икки ярим даврли тугрилаш схемасига утилганда чикиш кучланишининг пульсацияланиш частотаси икки марта ортиши ва пульсация чуқурлигикамайиши кузатилади. Куриб чиқилган схемаларда тугрилагичлардан ташкари трансформаторлар ҳам бор. Трансформатор схемага манба узгарувчан кучланишининг кийматини тугрилагичнинг

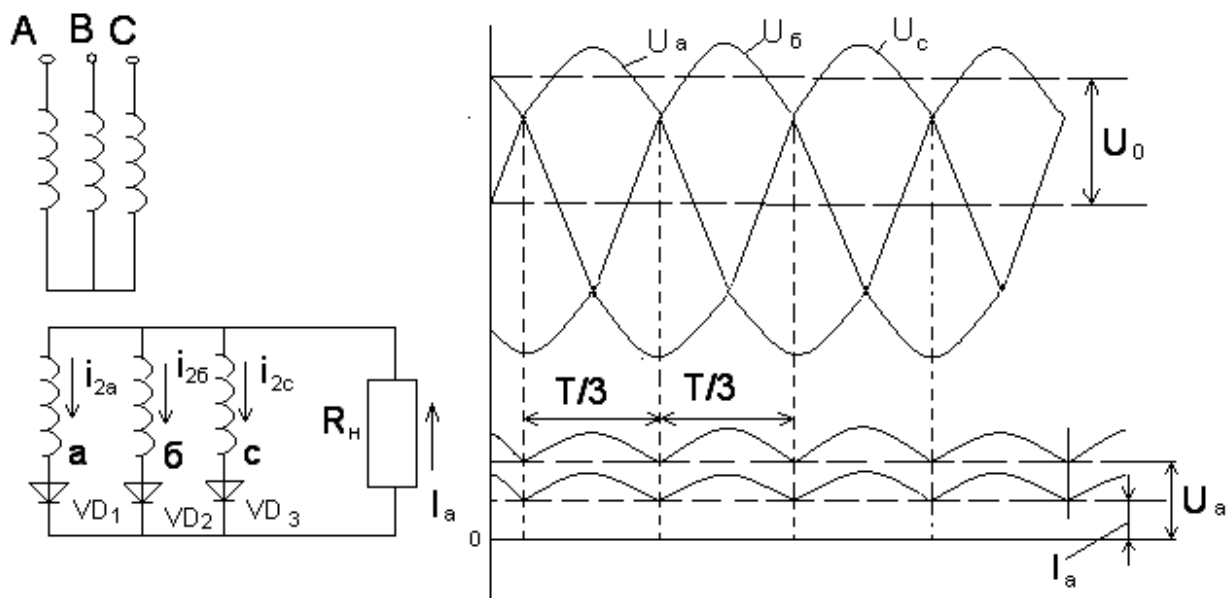
чикишидаги кучланиш билан мослаш учун уланади. Агар узгарувчан синусоидал кучланишнинг киймати трансформация килинмаган холда тугриланиши керак булса, в-расмда курсатилган икки ярим даврли куприк шаклида уланган 4та бир хил электро ёки ярим утказлили диодлар (VD_1, VD_2, VD_3, VD_4) бажаради.



в-расм

Куприк диогналларининг бирига узгарувчан кучланиш манбаи U , иккинчисига эса истеъмолчи каршилиги R_n уланади. Кириш кучланишининг мусбат ярим даврида (манбанинг юкори кисмасы мусбат, пастги кисмасы манфий зарядланган) ток манбаидан VD_1 , R_n ва VD_2 лар оркали берилган кучланишнинг мусбат кутбидан манфий кутбига утади. Иккинчи ярим даврда эса ток VD_3 , R_n ва VD_4 лар оркали утади. Бинобарин, токнинг хар бир ярим даврида тугрилагичдаги маълум жуфтлик (масалан VD_1 ва VD_2) ишлайди, иккинчи жуфтликка эса (масалан VD_3 ва VD_4) тескари кучланиш берилган булади. Бунда тугрилаш коэффиценти $U_{yp}=0,9U_1$ га тенг.

г-расмда уч фазали узгарувчан токни тугрилаш схемаси ва тугриланган уч фазали токнинг диаграммаси курсатилган. д-расмда уч фазали токни иккита ярим даврли тугрилаш схемаси ва тугриланган токнинг графиги курсатилган.



г-расм

Айрим фазалардаги ток ва кучланишларни тугрилаш куйидагича амалга оширилади. Трансформаторнинг иккиламчи чулгамидаги фаза кучланишлари бир-бирига нисбатан $2\pi/3$ бурчакка силжиган:

$$u_a = U_m \sin \omega t;$$

$$u_b = U_m \sin(\omega t - \frac{2\pi}{3})$$

$$u_c = U_m \sin(\omega t + \frac{2\pi}{3})$$

Бу синусоидаларнинг мусбат ярим тулкинларидаги максимумлар даврининг учдан бир кисмида алмашиб туради. Шу вақт ичида бир томонлама ҳаракатланувчи i_a , i_b , i_c тоқлар ҳосил булади. Бу схемада VD_1 , VD_2 , VD_3 диодлардан утувчи ток берилаётган кучланишнинг бутун мусбат ярим тулкини даврида эмас, балки $T/3$ ичида утади. Масалан, i_a тоқи а фазада $t_1 = \frac{\pi}{6\omega}$ вақтда ҳосил булиб, $t_2 = \frac{5\pi}{6\omega}$ вақтда тугайди, ток i_b эса $t_2 = \frac{5\pi}{6\omega}$ вақтда ҳосил булиб, $t_3 = \frac{3\pi}{2\omega}$ вақтда тугайди ва хоказо.

Тугрилагич кучланишнинг (токнинг) уртача киймати куйидагича аникланади:

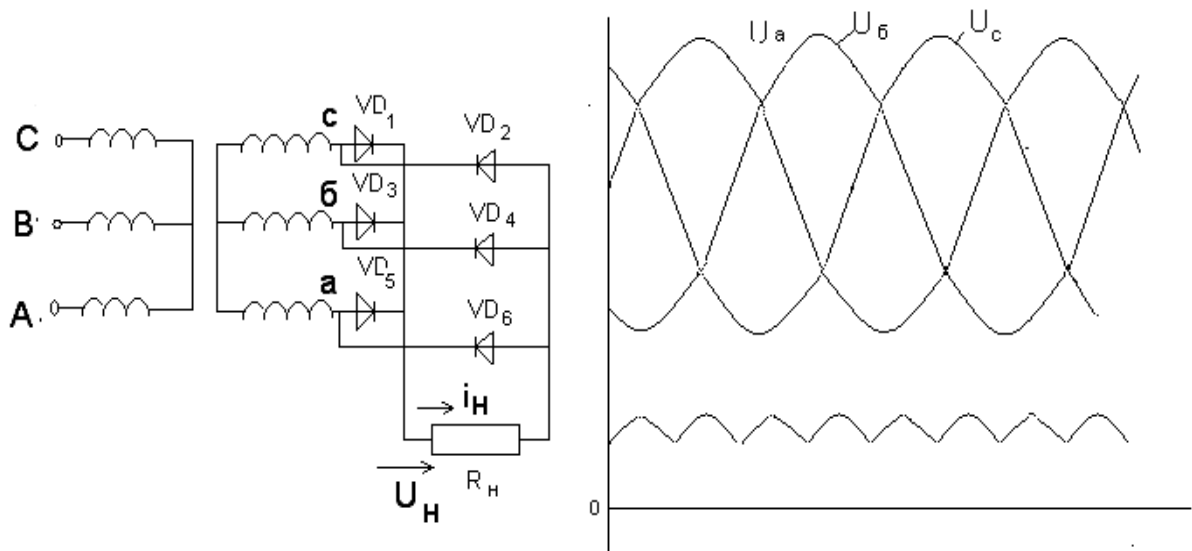
$$U_{yp} = U_{m\varphi} = \frac{T}{T/3} \int_{t_1}^{t_2} u dt = \frac{3}{T} \int_{\pi/12}^{5\pi/12} u dt =$$

$$\frac{3}{\omega T} \int_{\pi/6}^{5\pi/6} U_m \sin \omega t d\omega t = \frac{3U_m}{2\pi} (-\cos \omega t) \Big|_{\pi/6}^{5\pi/6} =$$

$$\frac{3\sqrt{3}U_m}{2\pi} = 1,17U$$

Уч фазали схемада тугриланган токнинг пульсацияланиш чуқурлиги бир фазалидагига нисбатан анча камдир. Тугрилаш коэффиценти, яъни чиқишдаги тугриланган $U_{туг}=U_{yp}$ кучланишнинг киришдаги кучланиш U нинг эффектив кийматига нисбати ($K_{туг}=U_{yp}/U$) тугрилагичнинг фазалар сони ортиши билан ортиб боради ва фазалар сони чексиз булганида $K_{туг}=1,41$ булади. Демак, идеал ҳолатда тугриланган кучланишнинг уртача киймати берилган узгарувчан кучланиш амплитудасига тенгдир.

Уч фазали куприк схемада уч фазали узгарувчан токни тугрилаш жараёнини куриб чиқамиз (д-расм).



д-расм

Агар $VD_1...VD_6$ диодларнинг ток утказётгандиги каршиликлари хисобга олинмаса, R_n нинг учларидаги кучланиш уч фазали системанинг линия кучланишига тенг булади. Схема элементларининг уланиши U_{AB} , U_{BC} , U_{AC} кучланишларнинг киймати мусбат булганда ҳам, манфий булганда ҳам токнинг утишини таъминлай олади. 0 дан t_1 гача булган вақт ичида $U_{CB} = -U_{BC}$ кучланиш энг катта кийматга эга булади ва бу кучланиш таъсирида ток манбаининг С фазаси учидан VD_3 , R_n ва VD_5 оркали В фазанинг бошига утади. t_1-t_2 вақт ичида ток А фазадан VD_1 ва VD_5 диодлар ва R_n оркали В фазага утади. t_2-t_3 вақт ичида VD_1 ва VD_6 диодлар ишлайди, t_3-t_4 вақт ичида VD_2 ва VD_6 , t_4-t_5 да VD_2 ва VD_4 , t_5-t_6 вақт ичида VD_3 ва VD_4 диодлар ишлайди. Кейин жараён яна бошидан такрорланади.

Хар бир диод даврнинг учдан бир қисмида узлуксиз ишлайди, бошқа вақт эса ёпик ҳолатда булади. t_1-t_3 вақт ичида VD_1 ишлайди. t_2-t_4 вақт ичида VD_6 ишлайди ва ҳоказо. Тугрилган токнинг уртача киймати:

$$I_{\text{мус}} = \frac{U_{\text{мус}}}{R_n} = \frac{U_m(AB)}{R_n T / 6} \int_{t_1}^{t_2} \sin \omega t dt =$$

$$\frac{6I_m}{2\pi} \int_{\pi/3}^{2\pi/3} \sin \omega t d\omega t = \frac{3\sqrt{2}I}{\pi} (-\cos \omega t) =$$

$$1,346I = 1,346 \frac{U_{AB}}{R_n}$$

Занжирнинг чиқишидаги тугрилган кучланишининг киймати:

$$U_{\text{туг}} = I_{\text{туг}} R_n = 1,346 U_{AB}$$

Демак, олти фазали куприк схема ток ва кучланишларнинг нисбатан сифатли тугрилаб беради. Шунингдек, мазкур схема трансформаторсиз булиб, анча соддадир.

Тугриланган токнинг шаклини узгармас ток шаклига якинлаштириш ва энг аввало пульсацияланишини камайтириш ёки бутунлай йукотиш максадида тугрилагичнинг чиқишига истеъмолчидан олдин текисловчи филтрлар урнатилади. Оддий филтрларнинг кенг таркалган схемалари Г-симон, Т-симон ва П-симондир.

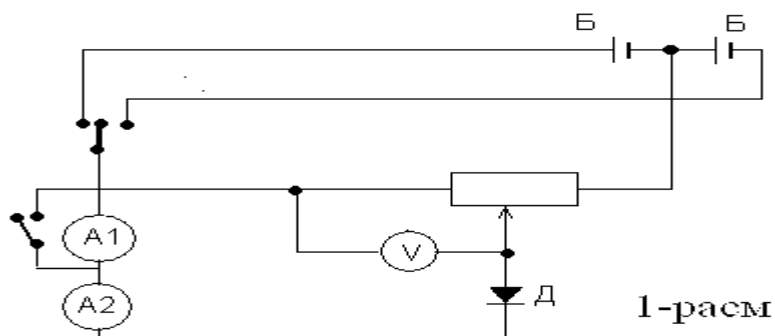
Улар кетма-кет уланган индуктивлик ва параллел уланган сигим элементларидан иборатдир. Индуктивлик L_0 токнинг узгарувчан токнинг узгарувчан ташкил этувчиларига (гармоникалар) кушимча каршилиқ курсатади, узгармас токка эса каршилиқ курсатмайди. Сигим C_0 эса, аксинча, узгарувчан ташкил этувчиларга каршилиги кичик. Шунинг учун гармоникалар истеъмолчи R_n дан эмас, сигим оркали утади. Конденсатор эса узгармас токни утказмайди. Текисловчи филтрлардан фойдаланиш чиқишдаги токнинг (кучланишнинг) пульсациясини камайитириши билан бирга, тугрилаш коэффициентини ҳам бир канча ортиради.

Жихоз ва аппаратлар:

5 А ли узгарувчан ток амперметри.....	3та
0-5 А ли узгармас ток амперметр.....	2та
0-500 мА шчитавий магнитоэлектрик миллиамперметр.....	1та
0-3В, 0-15В, 0-30В уч хил улчаш чегарали узгармас ток вольтметри.....	2та
10НКН-45 ва 4НКН-45 аккумуляторлар батареяси.....	1та
МД226 ярим утказгичли диод ($U_{тес}=400В$).....	2та
10 Ом, 2,5 А га мулжалланган симли потенциометр.....	1та
Квадрат шайбали АВС-100 икки елкали селенли тугрилагич.....	3комп.
40 А ли бир кутбли рубилник.....	1та
ЭО-7 электрон осциллограф.....	1та
Кесимининг юзи $2,5\text{мм}^2$, узунлиги 1,5 м булган куп томирли улаш симлари.....	12та
Кучланиши 127 В, куввати 2 кВт, частотаси 50 Гц булган уч фазали узгарувчан ток манбаи.....	1та

И Ш Н И Б А Ж А Р И Ш Т А Р Т И Б И

1. Жихоз ва курилмалар билан танишиш.
2. Битта ярим утказгичли вентил схемасини йигиш ва асбоблврени улаш (1-расм).



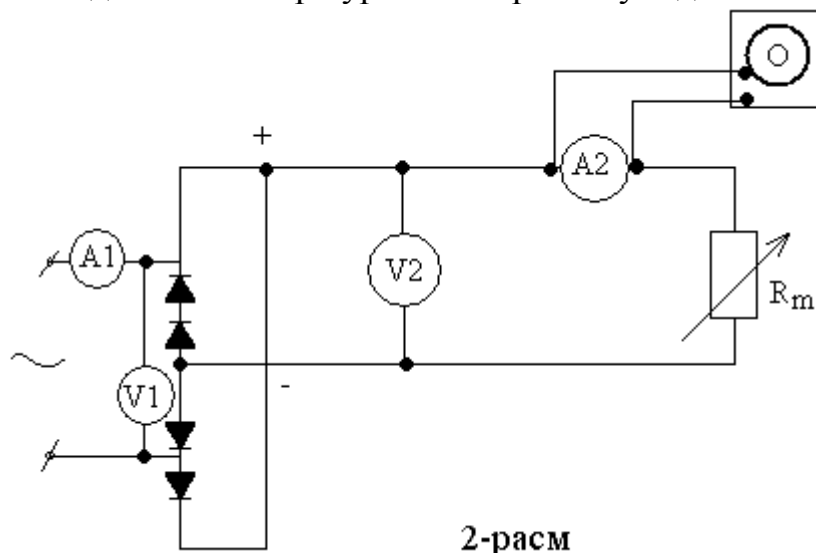
1. Тугри ва тескари токларда битта шайбанинг вольт-ампер характеристикасини олиш (кучланиш 12 В дан ошмайди). Улчаш натижалари куйидаги 1-жадвалга ёзилади ва улар буйича битта шайбанинг вольт-ампер характеристикасини яшаш.

1-жадвал

Ярим утказгичли вентилнинг битта шайбасининг вольт-ампер характеристикаси

№	Улчанган			Хисобланган	Эслатма
	$U_1, \text{В}$	$I_1, \text{мА}$	$I_2, \text{А}$	$R, \text{Ом}$	
					Тугри ток
					Тескари ток

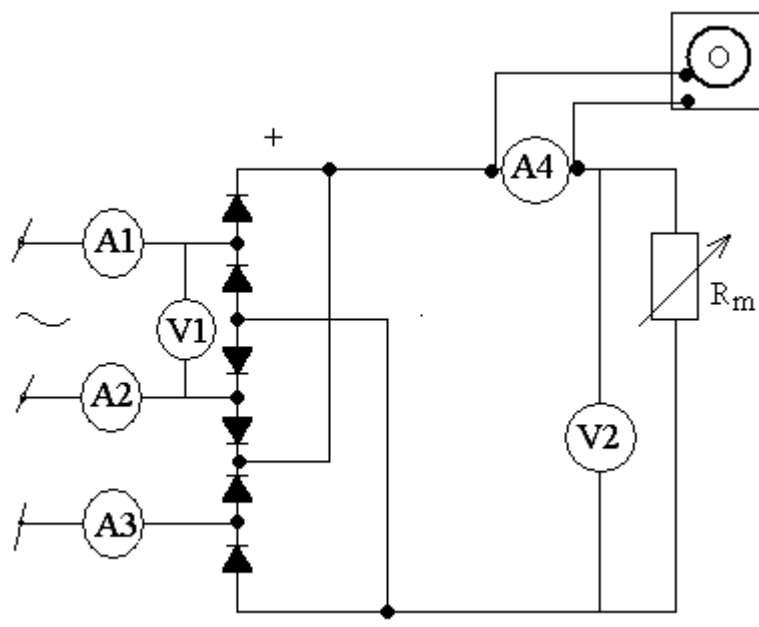
2. Тугрилагичнинг икки ярим даврли бир фазали куприк схемасини йигиш (2-расм) ва осциллограф экранидан тугриланган ток шаклини калька коғозга чизиш. Тугрилагич юклама остида булганидаги асбоблар курсатишларини куйидаги 2-жадвалга ёзиш.



2-жадвал

№	Тармок		Тугриланган ток			Эслатма
	$U_1, \text{В}$	$I_1, \text{А}$	$U_2, \text{В}$	$I_2, \text{А}$	$P=U_2 I_2, \text{В}$	

3. Тугрилагичнинг икки ярим даврли уч фазали куприк схемасини йигиш (3-расм), тугрилагичга нагрузга улаш, асбоблар курсатишларини 3-жадвалга ёзиш ва осциллограф экранидан тугриланган токнинг шаклини калька коғозга чизиб олиш.



3-
жадвал

Икки ярим даврли уч фазали куприксимон ярим утказгичли тугрилагични текшириш

№	Тармок токи				Тугриланган ток			Эслатма
	U_1, B	I_1, A	I_2, A	I_3, A	U_2, B	I_4, A	$P=U_2 I_4, Bt$	
								Дросселсиз
								Дросселли

4. Тугриланган ток занжирига дросселни улаш ва улчашларни такрорлаш. Асбоблар курсатишини 3-жадвалга ёзиш.

5. Хисобот тузиш ва тугрилашнинг турли схемаларини текшириш натижалари ҳамда турли схемалар билан тугрилаш сифати хакида хулосалар.

Х И С О Б О Т М А З М У Н И

1. Хисоботнинг номи.
2. Вентиллар, электр улчаш асбоблари ва жихозларининг параметрлари.
3. Битта вентилни текшириш вақтида асбобларни улчаш схемаси, текшириш натижалари ёзилган 1-жадвал, ҳамда вентил бир шайбасининг 1-жадвал бўйича чизилган вольт-ампер характеристикаси.
4. Бир фазали куприкли тугрилагичнинг уланиш схемаси, текшириш натижалари ёзилган 2-жадвал, ҳамда тугрилагичнинг 2-жадвал бўйича чизилган вольт-ампер характеристикаси.
5. Уч фазали, куприкли тугрилагичнинг уланиш схемаси, текшириш натижалари ёзилган 3-жадвал, ҳамда унинг 3-жадвал бўйича чизилган вольт-ампер характеристикаси.
6. Хулосалар.

Синов саволлар

1. Бир фазали синусоидал токнинг ярим даврли тугрилаш схемаси курсатинг.
2. Нима учун ярим даврли тугрилаш схемаси кам кулланилади?

3. Бир фазали синусоидал токнинг икки ярим даврли тугрилаш схемаси курсатинг.
4. Нима учун икки ярим даврли тугрилаш схемасига утилганда чиқиш кучланишининг пульсацияланиш частотаси икки марта ортиши ва пульсация чуқурлиги камайиши кузатилади?
5. Уч фазали токни иккита ярим даврли тугрилаш схемаси ва тугриланган токнинг графиги курсатинг.
6. Тугрилагич кучланишнинг (токнинг) уртача киймати кандай аникланади?
7. Уч фазали токни олти фазали куприк схемаси ва тугриланган токнинг графиги курсатинг.

9 – Тажриба иши

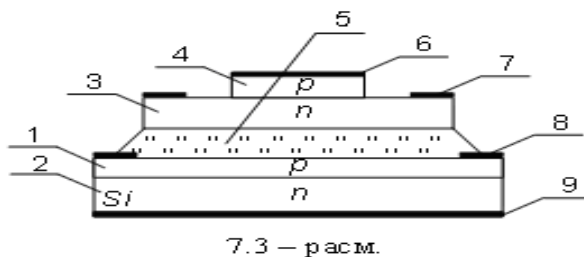
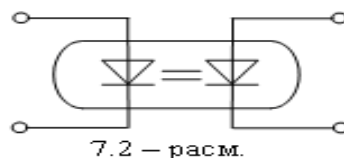
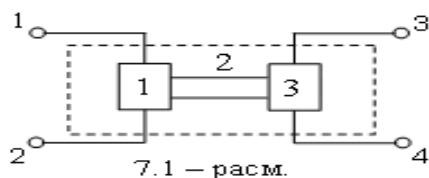
Интеграл оптронларни тадқиқ этиш

Ишнинг мақсади: Оптронлар ишлашини ва параметрларини ўлчаш услубларини ўрганиш.

1. Тажриба ишини бажаришга тайёргарлик кўриш:

Оптронлар – функционал электроникаанинг замонавий йўналишларидан бири – оптоэлектрониканинг асосий структура элементи ҳисобланади.

Энг содда диодли оптрон (7.1 – расм) учта элементдан ташкил топган: фотонурлатгич 1, нур ўтказгич 2 ва фото қабул қилгич 3 бўлиб, ёруғлик нури тушмайдиган герметик корпусга жойлаштирилган. Киришга электр сигнали берилса фотонурлатгич кўзғотилади. Ёруғлик нури нур ўтказгич орқали фото қабул қилгичга тушади ва унда чиқиш электр сигнали юзага келади. Оптроннинг асосий хусусияти шундаки, ундаги элементлар ўзаро нур орқали боғланган бўлиб, кириш билан чиқишлар эса электр жиҳатдан бир – биридан ажратилган. Шу хусусиятидан келиб чиққан ҳолда, юқори кучланишли ва паст кучланишли занжирлар бир – бири билан осон мувофиқлаштирилади. Диодли оптроннинг шартли белгиси 7.2 – расмда, унинг конструкцияси эса 7.3 – расмда келтирилган.

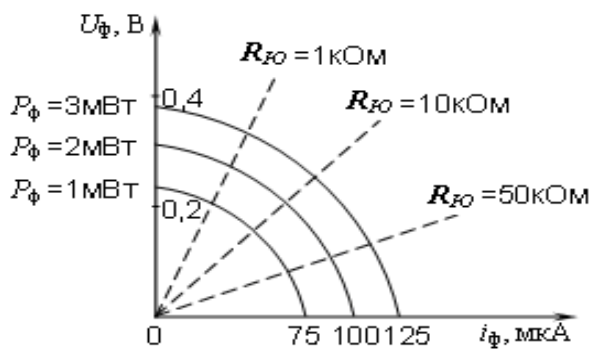


1,2 – фотодиоднинг р ва n сохалари; 3,4 – ёруғлик диодининг n ва р сохалари;
 5 – селен шиша асосидаги нур ўтказгич; 6,7 – ёруғлик диоди контактлари;
 8,9 – фотодиод контактлари.

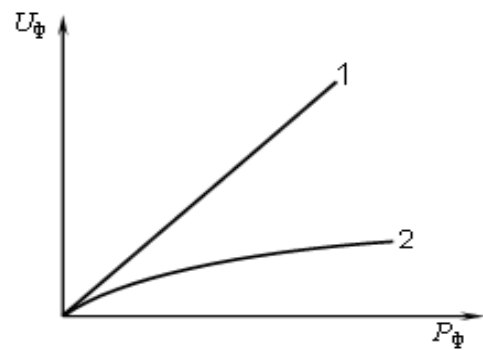
Ёруғлик сигналларини электр сигналига айлантиришда асосан фотодиодлар қўлланилади (худди шундай фоторезисторлар, фототранзисторлар ва фототиристорлар ҳам).

Фотодиод оддий n-р ўтиш бўлиб, кўп ҳолларда кремний ёки германийдан ясалади. Ундаги тескари ток ёруғлик нури тушиши натижасида юзага келаётган заряд ташувчилар генерацияси тезлиги билан аниқланади. Бу ҳодиса ички фотоэффект деб юритилади.

Фотодиодни қўллаш бўйича иккита режим мавжуд: ташқи манбасиз – вентилли ёки фотовольтаик ва ташқи манбали – фотодиодли режим. Ташқи манбасиз ёруғлик нурини электр энергиясига айлантирувчи фотодиодлар вентилли фотоэлементлар деб аталади. Фото электр юритувчи куч U_ϕ нинг юзага келиши ёруғлик билан генерацияланган электрон – ковак жуфтларининг n-р ўтиш орқали ажратилиши билан боғлиқ. Фото ЭЮК U_ϕ катталиги оптик сигнал даражаси P_ϕ ва юклама қаршилиги қийматига боғлиқ бўлади. Вентилли фотоэлементнинг чиқиш характеристикаси 7.4 – расмда келтирилган.



7.4 – расм.



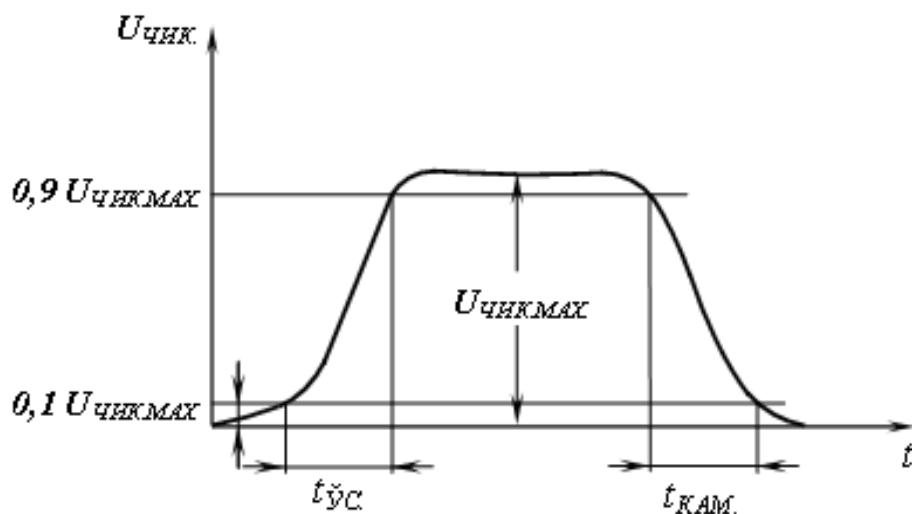
7.5 – расм.

Фотодиод режимида ташқи кучланиш манбаи ҳисобига фототок i_ϕ вентиль элементнинг қисқа туташув токига тахминан тенг бўлади, фототок ҳисобига бирор юклама қаршилигида содир бўладиган кучланиш пасайиши U_ϕ эса катта бўлади. Бир хил юклама қаршилиги қийматида сигнал кучланиши U_ϕ нинг фотодиод (1) ва вентиль элемент (2) учун оптик нурланиш куввати P_ϕ га боғлиқликлари 7.5 – расмда келтирилган. Фотоэлектр ўзгартишлар самарадорлиги вольт – ватт $S_U = U_\phi / P_\phi$ ҳамда ампер – ватт $S_i = I_\phi / P_\phi$ (сезгирлик) билан ифодаланади.

Фотодиодларнинг афзаллиги яна шундаки, ёруғлик характеристикалари I_ϕ , $U_\phi = f(P_\phi)$ чизиқли кўринишга эга, бу эса уларни оптик алоқа линияларида қўллаш имкониятини яратади. Вентиль элементлар асосан энергия ўзгартгичлар (қуёш батареялари) сифатида ишлатилади.

Ёруғлик нури орқали токни бошқаришни биполяр транзисторлар ёрдамида ҳам амалга ошириш мумкин. Уларда база токининг кучайиши туфайли, фотодиодларга нисбатан сезгирлик юқори бўлади. Фототранзистор базасидаги заряд ташувчиларнинг оптик генерацияси базага ташқи манбадан

заряд ташувчилар киритилишига эквивалентдир. Натижада, транзистор фототоки фотодиодга нисбатан β мартага кучайтирилади. Бу ерда β - фотортранзистор база токининг статик кучайтириш коэффициенти.



7.6 – расм.

Оптрон инерционлиги ёруғлик диоди ва нур қабул қилгичдаги жараёнлар билан боғлиқ бўлиб, чиқиш сигналининг ортиб бориш вақти $t_{орт}$ ва камайиб бориш вақт $t_{кам}$ лари ёрдамида аниқланади (7.6 - расм).

Диодли оптроннинг куйидаги асосий параметрларини кўрсатиш мумкин:

- максимал кириш токи $I_{КИР\ max}$;
- максимал кириш кучланиши $U_{кир\ max}$;
- максимал чиқиш тескари кучланиши $U_{ЧИК.теск.\ max}$;
- берилган токка мос келувчи ўзгармас кириш кучланиши $U_{КИР}$;
- чиқишдаги тескари қоронғулик токи $I_{ЧИК\ теск.\ к}$;
- чиқиш сигналининг ортиб бориш $t_{орт}$ ва камайиб бориш $t_{кам}$ вақтлари (берилган диодли оптрон чиқишидаги сигнал ўзининг максимал қийматидан 0.1-0.9 ва 0.9-0.1 ораликларда ўзгаради) (7.6 - расм);
- ток бўйича узатиш коэффициенти K_I – чиқиш токи ўзгаришининг кириш токига нисбати $K_I = (I_{ЧИК} - I_{ЧИК.теск.к}) / I_{КИР}$.

Тажриба да ўлчанадиган диодли оптрон чегаравий қийматлари ва чиқишларининг жойлашиши иловада келтирилган.

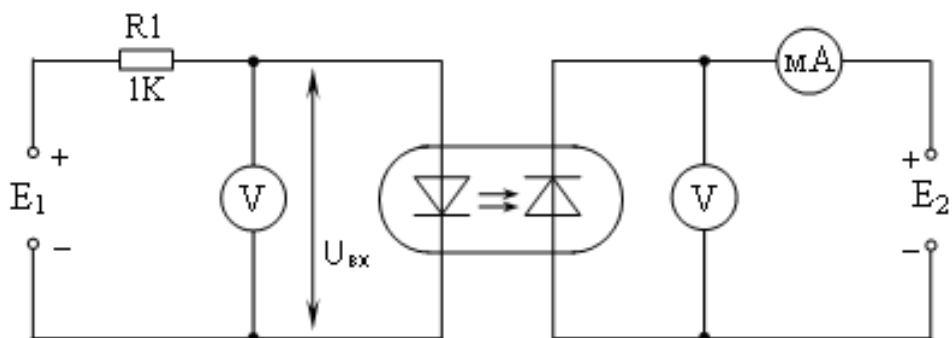
2. Тажриба ишини бажариш учун топшириқ:

Тадқиқ этилаётган оптрон принципал схемасини ва чегаравий қийматларини ёзиб олинг.

2.1. Диодли оптрон характеристикасини тадқиқ этиш.

2.1.1. 7.7 – расмда келтирилган схемани йиғинг. Манбадан берилаётган чегаравий ток қийматини оптрон чегаравий қийматларига мос равишда ўрнатинг.

2.1.2. E_1 ни ўзгартириб бориб, оптроннинг кириш характеристикаси $I_{КИР}=f(U_{КИР})$ ни ўлчанг. Ёруғлик диоди киришидаги қаршилик R_1 дан анча кичик бўлганлиги сабабли, кириш қаршилигини $I_{КИР}= E_1/R_1$ деб олинг.



7.7 – расм.

Ўлчаш натижаларини 7.1 – жадвалга киритинг.

7.1 – жадвал

$E_1, \text{ В}$	
$U_{КИР}, \text{ В}$	
$I_{КИР}= E_1/R_1,$ мА	

2.1.3. $E_2=0$ деб олинг. E_1 ни ўзгартириб бориб, фотовольтаик режим учун оптрон узатиш характеристикасини $I_{ЧИҚ}=f(I_{КИР})$ ўлчанг.

Ўлчаш натижаларини 7.2 – жадвалга киритинг.

7.2 – жадвал

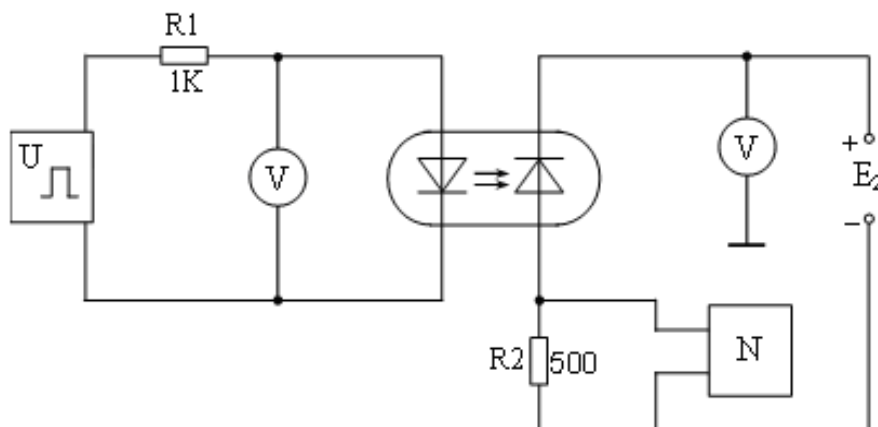
$E_1, \text{ В}$	
$U_{КИР}, \text{ В}$	
$I_{КИР}= E_1/R_1,$ мА	

2.1.4. $E_2=5 \text{ В}$ ўрнатинг. 2.1.3 – банддаги ўлчашларни фотодиодли режим учун такрорланг. Ўлчаш натижаларини 7.2 – жадвалга ўхшаб, 7.3 – жадвалга киритинг.

2.1.5. Оптрон чиқишидаги сигналнинг ортиб бориш $t_{орм.}$ ва камайиб бориш $t_{кам.}$ вақтларини ўлчанг.

7.8 – расмда келтирилган схемани йиғинг, ёруғлик диоди занжирига импульс генераторини уланг. Генератор чиқишида амплитудаси 5В ва частотаси 1кГц бўлган импульсни ўрнатинг. R_2 қаршиликка 1:10 кучланиш бўлувчиси орқали осцилограф уланг. (Осцилографнинг бошқа каналидан генератор чиқишидаги импульс амплитудасини ўлчаш учун фойдаланинг). $E_2=5 \text{ В}$

ўрнатиш ва чиқиш токи осциллограммасидан сигналнинг ортиб бориш $t_{opt.}$ ва камайиб бориш $t_{кам.}$ вақтларини ўлчанг.

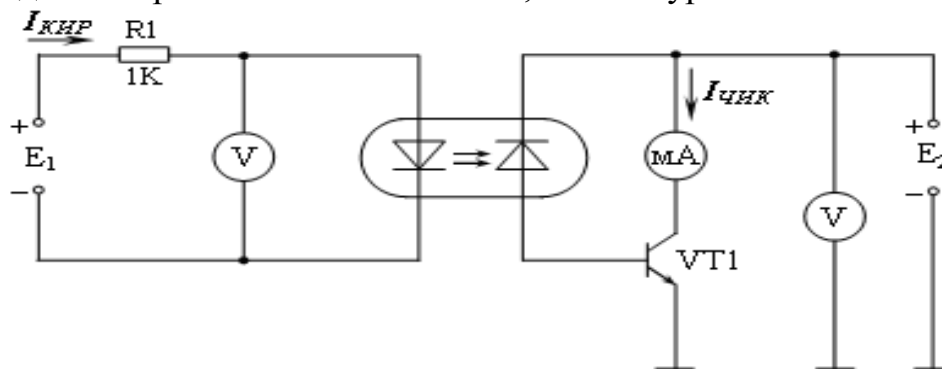


7.8 – расм.

$E_2=0$ ни ўрнатиш ва фотовольтаик режим учун вақт ўлчовларини такрорланг.

2.2. Транзисторли оптрон характеристикаларини тадқиқ этиш.

7.9 – расмда келтирилган схемани йиғинг, $E_2=5$ В ўрнатиш.



7.9 – расм.

(Бу схемада оптрон фотодиоди ва ташқи транзистор фототранзисторни имитация қилади).

E_1 ни ўзгартириб бориб, $I_{KIP}=E1/P1$ ва $I_{ЧИК}=I_K$ деб олиб, транзисторли оптрон узатиш характеристикаси $I_{ЧИК}=f(I_{KIP})$ ни ўлчанг. Ўлчаш натижаларини 7.2, 7.3 жадвалларга ўхшаш тарзда 7.4 – жадвалга киритинг.

3. Тажрибада олинган натижаларни ишлаш.

3.1. Оптрон кириш характеристикасини қуринг ва $I_{KIP}=10$ мА қийматига мос келувчи кириш кучланиши $U_{кир}$ қийматини аниқланг.

3.2. Диодли ва фотовольтаик режимлар учун оптрон узатиш характеристикаларини қуринг ва $I_{KIP}=10$ мА қийматида ток бўйича узатиш коэффицентини K_I аниқланг.

3.3. Диодли оптронда сигнал тарқалишининг ўртача кечикиш вақтини ҳисоблаб топинг.

$$t_{\text{ўрт.кеч}} = \frac{1}{2} \left(\frac{t_{\text{опт.}}}{2} + \frac{t_{\text{кам.}}}{2} \right).$$

3.4. Транзисторли оптрон узатиш характеристикасини куринг ва $I_{\text{КПР}}=10$ мА қийматида ток бўйича узатиш коэффицентини K_I аниқланг.

4. Ҳисобот мазмуни.

- тадқиқ этилаётган оптрон чегаравий қийматлари ва принципиал схемаси;
- ўлчаш схемалари;
- ўлчанган боғлиқликлар жадваллари ва графиклари;
- ҳисоблаб топилган параметрлар;
- ток ва кучланиш осциллограммалари.

ИЛОВА

тадқиқ этиладиган электрон асбоблар ҳақидаги маълумотлар

И1. Тўғриловчи, импульсли ва юкори частота диодлар

Диод тури	Тузилиши	$I_{\text{тўғ. чег.}}$, мА	$U_{\text{теск чег.}}$, В	$f_{\text{max.}}$, кГц	$\tau_{\text{тикл.}}$, мкс
D2 Е	Ge, нуқтавий	16	50		3
D2 Ж	Ge, нуқтавий	8	150		3
D7 Г	Ge, қотишмали	300	200	2,4	
D7 Ж	Ge, қотишмали	300	400	2,4	
D9 Е	Ge, нуқтавий	20	30		3
D104	Si, микроқотишмали	30	100	150	0,5
D226	Si, қотишмали	300	200	1,0	
KD503 А	Si, планар -эпитаксиал	20	30		0,01
D312	Ge, диффузион	50	75		0,7

И2. Стабилитронлар ва стабисторлар

Диод тури	Тузилиши	$U_{\text{ст.}}$, В	$I_{\text{ст min.}}$, мА	$I_{\text{ст max.}}$, мА	r_D , Ом
D814 Б	Si, қотишмали	8...9,5	3	36	10
D814 D	Si, қотишмали	11,5... 14,0	3	24	18
KC156 Т	Si, диффузион-қотишмали	5,6	1	22,4	100
D219 С	Si, микроқотишмали стабистор	0,57	1	50	
KC113 А	Si, диффузион-қотишмали стабистор	1,17... 1,8	1	100	80

И3. Биполяр транзисторлар

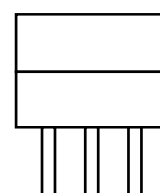
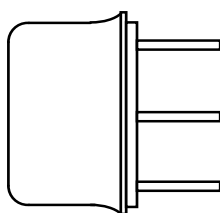
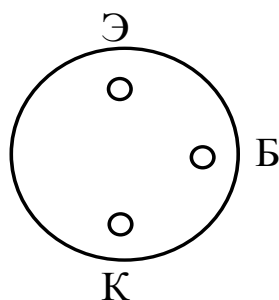
Транз. тури	Тузилиши	$h_{21Э}$	$f_{h21Э}(f_T)$, МГц	$I_{\text{к. чег.}}$, мА	$U_{\text{к. чег.}}$, В	$P_{\text{к чег.}}$, мВт	τ_k , мкс	C_k (10В), пФ
МП37Б	п-р-п, Ge,	20-	1,0	20	15	150		40

	қотишмالي	50						
МП39Б	p-n-p, Ge, қотишмالي	20- 50	0,5 1,5	20	20	150		40
КТ315Б	n-p-n, Si, планар - эпитаксиал	50- 350	(250)	100	20	150	0,5	7
КТ361Б	p-n-p, Si, планар - эпитаксиал	50- 350	(250)	50	20	150	0,5	9

(ТР 2) МП 37
МП 39

(ТР 27)

КТ 315
КТ 361



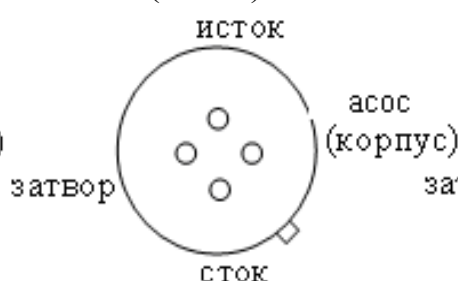
И4. Майдоний транзисторлар

Транз. тури	Тузилиши	$I_{с\ чег}$ ($I_{с\ бошл.}$)	$U_{си}$ $чег,$ В	$P_{с\ чег},$ мВт	$C_{зи},$ пФ	$C_{зс},$ пФ	$C_{си},$ пФ	$r_k,$ Ом	$U_{берк},$ В
КП103И	n-p ўтишли р-каналли	(0,8- 1,8)	12	21	20	8	-	30	0,8-3
КП103Е	n-p ўтишли р-каналли	(0,4- 1,5)	10	7	20	8	-	50	0,4- 1,5
КП103М	n-p ўтишли р-каналли	(5- 7,5)	10	120	20	8	-	60	3-5
КП301Б	р-МДЯ, канали индукцияланган	15	20	200	3,5	1	3,5	100	-4
КП305Д	п-МДЯ, канали қурилган	15	15	150	5	0,8	5	80	-6

(ТР 67) КП 103

(ТР 69) КП 305

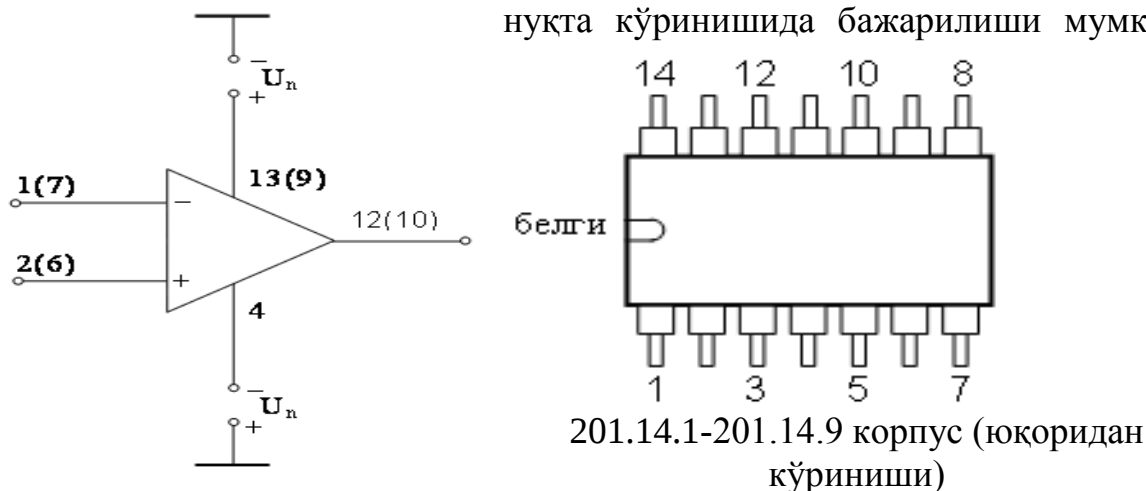
(ТР 71) КП 301



И5. Интеграл микросхемалар

Тажриба ишларида тадқиқ этилаётган барча микросхемалар 201.14.1-201.14.9 турдаги 14 чиқишли 2 қатор қилиб жойлаштирилган тўғри бурчакли

пластмасса ёки сопол қобикда бажарилган (махсус белгиси 1-чиқиш яқинида нуқта кўринишида бажарилиши мумкин).

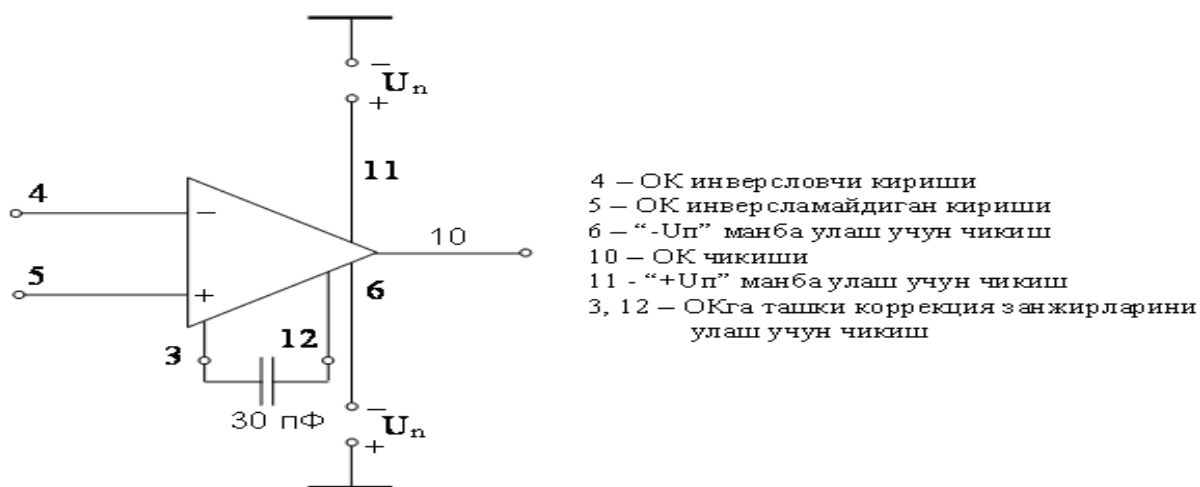


К140УД20. Иккиланган операцион кучайтиргич

- 1 (7) – ОК инверсловчи кириши
- 2 (6) – ОК инверсламайдиган кириши
- 4 – “-U_п” манба улаш учун чиқиш
- 12 (10) – ОК чиқиши
- 13 (9) – “+U_п” манба улаш учун чиқиш

(Қавс ичидаги рақамлар шу кристаллда жойлаштирилган иккинчи ОКга тегишли)

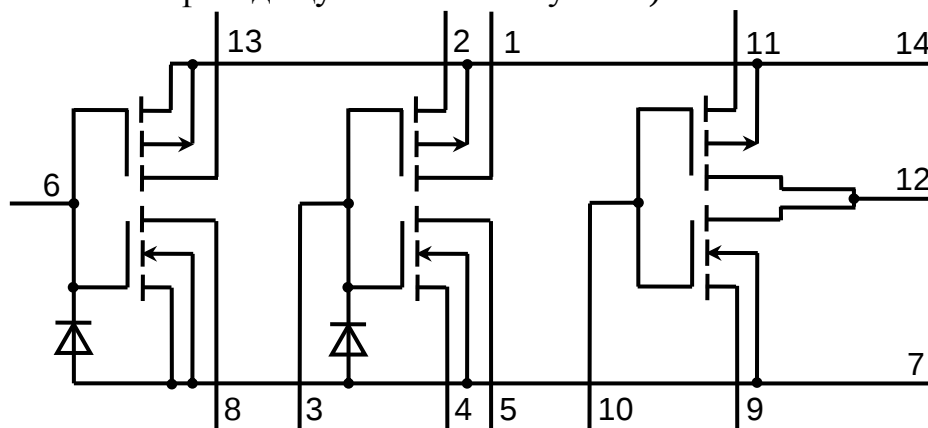
К553УД2; КР1408УД1 Операцион кучайтиргичлар



Тажриба ишларида тадқиқ этилаётган ОК асосий параметрлари

ОК тури	$K_{ув}$ 10^3	$U_{см}$, мВ	$I_{кир}$, мкА	$I_{кир}$, мкА	f_1 , МГц	$U_{чег.}$ чик, В/М КС	$K_{та}$ сф дБ	$U_{кир}$, В	$U_{кир}$ сф, В	$U_{м}$, В
К553УД2	20	7,5	1,5	0,5	1	0,5	70	10	10	+(6-15)
К140УД20	50	5	0,2	0,0 5	0,5 5	0,3	70	12	11	+(6-15)

К176ЛП1 КМДЯ тузилишли универсал мантиқий элемент (мос келувчи коммутацияда учта ЭМАС элементи, катта тармоқланиш коэффициентига эга бўлган ЭМАС элементи, 3ХАМ-ЭМАС элементи, 3ЁКИ-ЭМАС элементи ва триггерли ячейка сифатида қўлланилиши мумкин).



Асосий электр параметрлари

Кучланиш манбаи $U_m = 9V \pm 5\%$,

Мантиқий сигнал сатҳлари $U_{\text{ЧИК}}^0 \leq 0,3V$; $U_{\text{ЧИК}}^1 \geq 8,2V$;

истеъмол қилинаётган ток: 0,3 мА дан катта эмас;

сигнал тарқалишининг ўртача кечикиш вақти ≤ 200 нс

Ишлаш қобилияти манба кучланиши 5Вгача пасайгунча сақланади.

Кириш сигналларининг рухсат этилган диапазони (0дан U_m гача).

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. А.Г. Морозов. Электротехника, электроника и импульсная техника. – М.: Высшая школа, 1987.
2. А.Г, Алексенко, И.И. Шагурин. Микросхемотехника. – М.: Радио и связь, 1990.
3. Д.В. Игумнов, Г.В. Королев, И.С. Громов. Основы микроэлектроники. – М.: Высшая школа, 1991.
4. Ю.Ф. Опадчий, О.П. Глудкин, А.И. Гуров. Аналоговая и цифровая электроника. – М.: Горячая линия – Телеком, 2003.
5. Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Тажриба Базовых Знаний, 2001.
6. Ю.Л. Бобровский, С.А. Корнилов, И.А. Кратиров и др.; Под ред. проф. Н.Ф. Федорова. Электронные, квантовые приборы и микроэлектроника: Учебное пособие для вузов.- М.: Радио и связь 2002