

А. А. Абдыкадыров, А. Е. Кұттыбаева,
С. Марксұлы

**«ЭЛЕКТРОНИКАНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ»
ПӘНІ БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ
ОРЫНДАУҒА АРНАЛҒАН ОҚУ ҚҰРАЛЫ**

6B06201 «Телекоммуникациялар» және 6B07112,
6B07104 «Electronic and Electrical Engineering»
оқу бағдарламаларына арналған

Университеттің Ғылыми кеңесі оқу
құралы ретінде ұсынған

Алматы 2022

ӘОЖ 621.39 (075.8)

ББК 32.85 я73

А14

Пікір жазғандар:

Чежимбаева К. С., техн. ғыл. канд., Телекоммуникация және инновациялық технологиялар каф. проф., Ф. Дәукеев ат. АУЭС;

Сарсенбаев. Н. С., техн. ғыл. канд., АЖБ каф. асс. проф., PhD докторы, Қ.И. Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ;

Шыныбай Ж., ЭМжЭЖ каф. меңгерушісі, Ф. Дәукеев ат. АУЭС.

Сәтбаев университеті Оқу-әдістемелік кеңесінің 2022 ж. басылым жоспары бойынша басылды

А 14 Абдыкадыров А. А.

«Электрониканың физикалық негіздері» пәні бойынша зертханалық жұмыстарды орындауға арналған оқу құралы / Абдыкадыров А. А., Құттыбаева А. Е., Марксұлы С. – Алматы: ҚазҰТЗУ, 2022. – 106 б. Кесте 86. Библиогр. – 5 атау.

Оқу құралында жартылай өткізгіштерді есептеуге арналған зертханалық жұмыстар мен тәжірибелік есептер келтірілген. Сонымен қатар жартылай өткізгішті диодтардың классификациясы мен шартты белгілері, жалпы жұмыс істеу принципі, жартылай өткізгішті диодтардың құрылысы, жартылай өткізгішті диодтардың вольт-амперлік сипаттамасы және негізгі параметрлері, түзеткіш диодтар, стабилитрондар, варикаптар, жарық диодтар және фотодиодтар, импульстік, жоғары жиілікті (ЖЖ) және микротолқынды диодтар, туннельдік диод және оның модификациялары қарастырылды.

Оқу құралы «Телекоммуникациялық» және «Electronic and Electrical Engineering» мамандықтары студенттеріне теорияда алған білімін тәжірибемен шындау мақсатында ұсынылды. Осы мамандық студенттері үшін 8 зертханалық жұмыс берілді.

Ғылыми кеңестің 04.05.2023 ж. № 15 хаттамасымен бекітілді.

ISBN 978-601-323-325-3

© Абдыкадыров А. А., Құттыбаева А. Е.,
Марксұлы С., 2022

© ҚазҰТЗУ, 2022

КІРІСПЕ

«Электрондық аспаптар мен құрылғылар» бөліміне арналған бұл оқу құралы РҒӨБ «РОСУЧПРИБОР» мен Орал филиалындағы, Оңтүстік Орал мемлекеттік университетімен бірлесіп әзірлеген толық жабдықта электротехника және электроника негіздері бойынша негізгі эксперименттерді жүргізуге дайындалуға арналған.

Әрбір тәжірибенің сипаттамасы мыналарды қамтиды:

- жалпы мәліметтер;
- тапсырма және оның қалай орындалатыны.

«Жалпы ақпарат» бөліміне сәйкес тәжірибе теориясына қысқаша кіріспеден тұрады. Теориялық материалды тереңірек меңгеру үшін студенттер теорияның игерілуін тексеру және зертханалық және практикалық сабақтарға дайындығын бағалау үшін оқулықтар мен компьютерлік тестілеу бағдарламаларына жүгінуі керек.

Тәжірибенің «Эксперименттік тұжырымдалған нақты тапсырмалар бөлігі» бөлімінде электр тізбектерінің диаграммалары, тәжірибелік деректерді жазуға және ұсынуға арналған кестелер мен графиктер берілген. Бірқатар жағдайларда эксперимент нәтижелерін толық түсіну үшін сұрақтар қойылады.

1. ТҮЗЕТКІШ ДИОДТАР

1.1. p-n өткеліндегі диодтың әсері

1.1.1. Жалпы мәлімет

Екі электродты жартылай өткізгіш элемент диодында n-және P өткізгіш қабаттары бар (1-сурет). n-өткізгіш қабатында бос заряд тасымалдаушы ретінде электрондар басым, ал p-өткізгіш қабатта саңылаулар басымырақ. Осы қабаттар арасында бар p-n өткелінде бос заряд тасымалдаушылардың қосылуын болдырмайтын ішкі потенциалдық кедергісі бар. Осылайша, диод бұғатталған.

Кернеулердің тікелей қолданылуымен («+» p қабатына, «-» n қабатына) потенциалдық кедергі азаяды және диод тоқты өткізе бастайды және (диод ашық кезде) кері кернеумен потенциалдың тосқауылы артады (диод бұғатталған кезде). Кері бағытта аз мөлшерде ғана ток өтеді, оның себебі азшылық тасымалдаушылар болды.



1-сурет. p-n өткелі барин казакшалау керек

1.1.2. Тәжірибелік бөлім

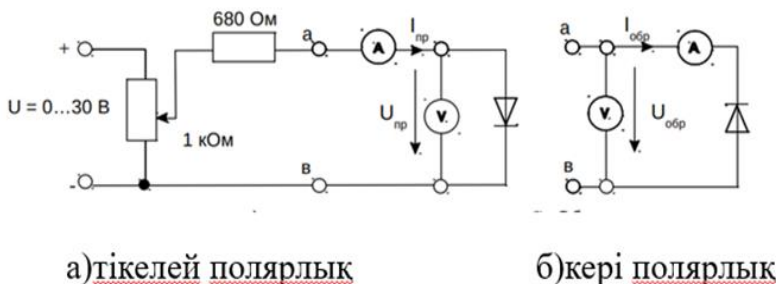
Тапсырма

Жартылай өткізгішті диодтың тура және кері бағыттағы ток кернеуінің сипаттамасын табу.

Тәжірибенің орындалу барысы

Тікелей полярлығы бар диодқа мәндері кестеде көрсетілген U_{np} тұрақты кернеуін қолданыңыз (2, а-сурет). 1-кестеге сәйкес

$I_{пр}$ токтарын өлшеу үшін мультиметрді пайдаланып олардың мәндерін кестеге енгізіңіз. Бұл жағдайда ток қателігін есептейтін өлшеу тізбегін пайдаланыңыз.



2-сурет. Диодтың тура және кері бағыттағы ток кернеуі

1-кесте

Шыққан мәліметтер

$U_{кпр}, В$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,65	0,7	0,75
$I_{кпр}, мА$										

• Диодтың полярлығын өзгертіңіз, 2-суретте көрсетілгендей кернеу қателігі бар өлшеулер үшін вольтметрді ауыстырыңыз және 2-кестеде көрсетілген кері кернеу мәндерімен тәжірибені қайталаңыз. 15В-тан жоғары кернеуді алу үшін екі ток көзін тізбектей қосыңыз.

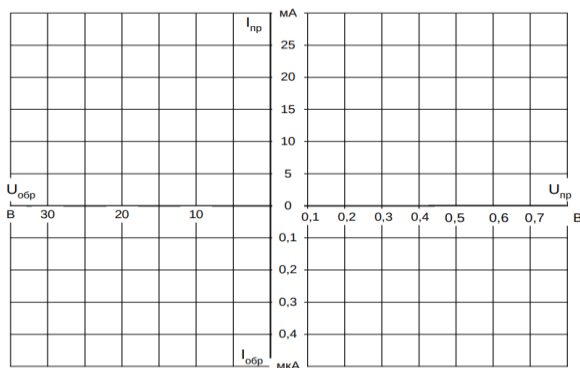
2-кесте

Токтың мәні

$U_{кері}, В$	0	2,5	5	10	15	20	25	30
$I_{кері}, мА$								

Кері токтың (**$I_{кері}$**) дәл өлшенуі сезімталдығы жоғары мультиметрмен ғана мүмкін болады.

- Өлшенген деректерді кестелерден графикке еңгізіп диодтың ток-кернеу сипаттамасын сызыңыз.



3-сурет. Ток-кернеу сипаттамасы

Сұрақ: Диодтың өткізгішке айналуы үшін қажет кернеу қалай аталады?

1.2. Бір-жартылай периодты жартылай өткізгішті түзеткіш

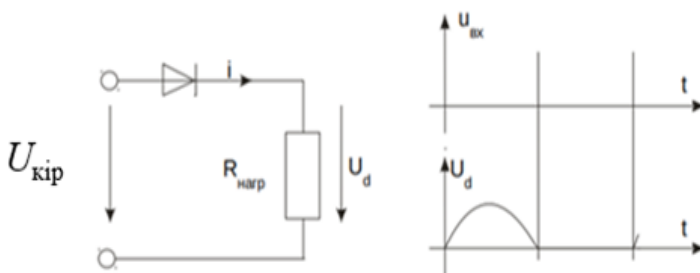
1.2.1. Жалпы мағлұмат

Жартылай өткізгішті диоды бар тізбекте тұрақты ток диодқа берілген кернеудің белгілі бір полярлығы болғанда ғана ағуы мүмкін (4-сурет). Кернеудің полярлығы өзгергенде, диод жабылады және оның әсерінен ток тоқтайды. Айнымалы (синусоидалы) кернеу тізбегінде ток диод ашық болған кезде ғана, сол жарты толқын кезінде өтеді. Басқа полярлықтың жарты толқыны басылады. Нәтижесінде тізбекте бір бағытта ток қана орын алады. Түзетілген кернеудің толқынын азайту үшін тегістегіш сүзгілер қолданылады. Ең қарапайым сүзгі – бұл жүктемеге параллель қосылған конденсатор болып табылады.

Түзеткіштерді зерттеу барысында келесі белгіленулер пайдаланылады:

- $U_{вх}$, $u_{вх}$ – синусоидалы кіріс кернеуінің лездік және әсерлесу мәні;

- u_d , U_d , U_{dmax} , U_{dmin} – лездік, орташа, максимум, минималды шығыс (түзетілген) кернеу мәндері;
- f_n – кіріс кернеуінің толқындық жиілігі;



4-сурет. Сүзгі

- $m = f_{пульс} / f_{вх}$ – Қоректендіру кернеуінің бір периодындағы түзетілген кернеудің толқындалу саны;
- $k_{пульс} = \frac{\Delta U_{пульс}}{U_d} = \frac{U_{dmax} - U_{dmin}}{U_d}$ – түзетілген кернеу толқындық факторы. Бұл жұмыста үш фазалы кернеу көзінің бір фазасы пайдаланылады.

1.2.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Виртуалды құралдарды (немесе компьютерсіз стендтік нұсқада мультиметрлер мен осциллографты) пайдаланып, жарты толқынды түзеткіштің бөлігі ретінде жартылай өткізгіш диодтың түзету әрекетін зерттеңіз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

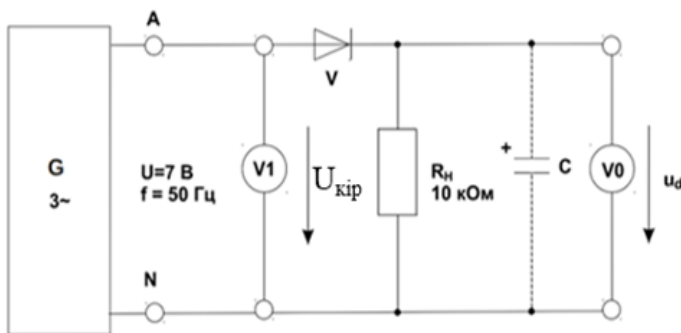
- (5-сурет) сүйене отырып, тегістеуіш сүзгісіз берілген схеманы құрастырыңыз. Схемада V0 және V1 – қосқыш кірістері. Тізбекті құрастыру кезінде электролиттік конденсатордың полярлығына назар аударыңыз.
- V0 және V1 құрылғыларын және осциллографты қосыңыз. Кез келген екі осциллограф кірісін V0 және V1 арналарына қосыңыз. Уақыт базасын 5 мС/дел етіп орнатыңыз.

- Кіріс және шығыс кернеу осциллограммаларын графикке енгізіңіз (5-сурет).

- Өлшемдерді жасап оларды 3-кестеге енгізіңіз, мәндері: $U_{вх}$ – лездік, U_d – орташа, және $\Delta U_{пульс}$, $m = f_{пульс} / f_{вх}$.

- Есептеулерді жүргізіп 2-кестені толтырыңыздар, коэффициенттері:

$U_d / U_{вх}$ және $k_{пульс}$.

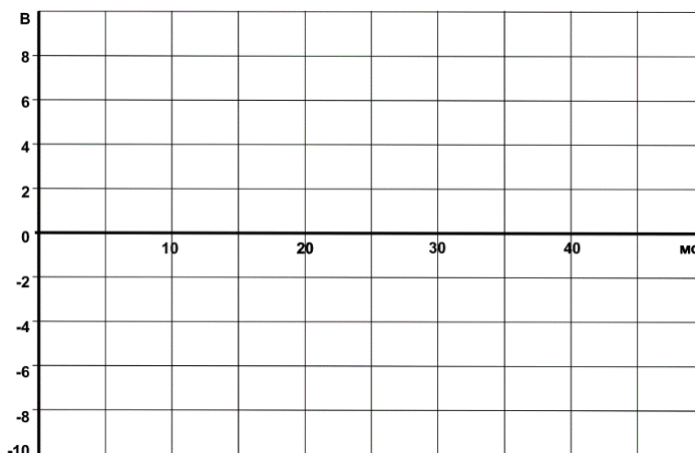


5-сурет. Тегістеуіш сүзгісіз

R_n жүктеме резисторымен параллель түрде C тегістейтін конденсаторларды кестеде көрсетілген сыйымдылықтармен қосыңыз. Өлшеулерді қайталап түзетілген кернеулердің графиктерін салыңыздар (5-сурет).

3-кесте

C , мкФ	0	1	10	100
$U_{кір}$, В				
U_d , В				
m $\Delta U_{пульс}$, В				
$U_d / U_{кір}$				
$k_{пульс}$				



6-сурет

Ескерту: компьютерсіз стендте барлық өлшеулерді мультиметрлер мен электронды осциллографтың көмегімен жасауға болады.

1-сұрақ: Неліктен түзетілген кернеудің максималды мәні U_{dmax} пен кіріс кернеу амплитудасы бірдей емес?

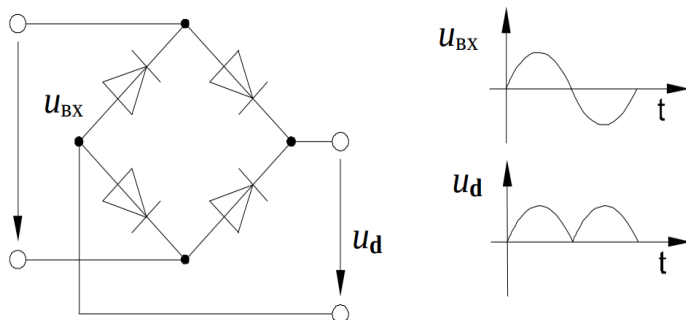
Жауабы:

1.3. Жартылай өткізгіш көпір түзеткіш

1.3.1. Жалпы мәліметтер

Жарты толқынды түзеткіш айнымалының тек бір жарты айнымалы кернеуде пайдаланады. Нәтижесінде тұрақты кернеу шамасы төмен және елеулі пульсациялар бар.

Бұл кемшілікті схемасы бар көпір түзеткіші жағдайында болдырмауға болады (7-сурет). Мұнда қарама-қарсы полярлықтың жарты толқындары жинақталады және орташа мән түзетілген кернеу екі есе артады.



7-сурет. Көпір түзеткіш тізбегі

1.3.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма: Осциллографтың көмегімен көпір түзеткіштің қасиеттерін зерттеу және мультиметр немесе виртуалды құралдармен жұмыс жасау.

Тәжірибенің орындалу тәртібі:

- Тегістеу сүзгісіз сұлбаны (8-сурет) схемаға сәйкес құрастырыңыз. V_0 және V_1 – коннектор кірістері. Схеманы құрастырған кезде электролиттік конденсатор полярлығына назар аударыңыз;

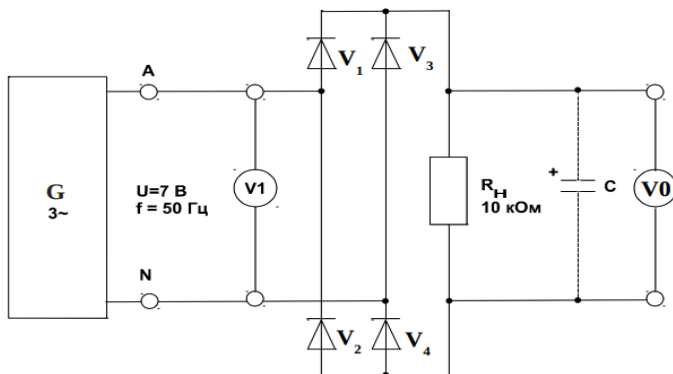
- V_0 және V_1 және осциллографты қосыңыз. Кез келген осциллограф кірісін V_0 және V_1 арналарына қосыңыз. Уақыт базасын 5 мс/див етіп орнатыңыз;

- Графикке көшіңіз (9-сурет) кіріс және шығыс кернеуі осциллограммалары;

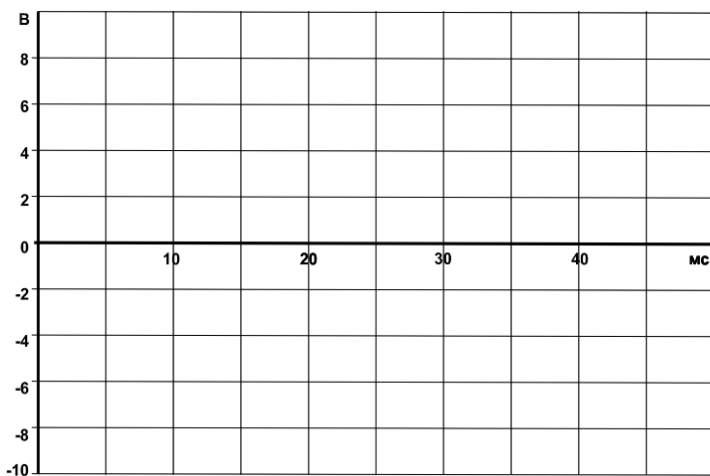
- Өлшемдерді алып, 4-кестеге жазыңыз. Мәндер: U_{BX} – қолданыстағы,

U_d – орташа, $\Delta U_{\text{пульс}}$, $m = f_{\text{пульс}} / f_{BX}$;

- Есептеп, 4-кестеге жаз. Коэффициенттері: U_d / U_{BX} и $k_{\text{пульс}}$.



8-сурет. Тегістеу сүзгісі жоқ көпір түзеткіш тізбегі



9-сурет- $U_{\text{вх}}$ кіріс және шығыс $U_{\text{вых}}$ кернеулерінің осциллограммалары

Тегістеу конденсаторларын R_n жүктеме резисторымен параллель қосыңыз.

3-кестеде көрсетілген қуаттармен өлшеулерді 9-суретте қайталаңыз және графиктерді сызыңыз.

Эксперименттік деректер

C, мкФ	0	1	10	100
$U_{\text{кiр}}, \text{В}$				
$U_{\text{d}}, \text{В}$				
m				
$\Delta U_{\text{пульс}}, \text{В}$				
$U_{\text{d}}/U_{\text{кiр}}$				
$k_{\text{пульс}}$				

Ескерту: Компьютерсіз стендте барлық өлшемдерді мультиметрлер және электронды осциллограф арқылы жасауға болады.

1-сұрақ: Неліктен түзетілген кернеудің максималды мәні U_{dmax} кіріс кернеу амплитудасымен бірдей емес?

Жауабы:

2-сұрақ: Тізбектегі диодтың полярлығын өзгерткенде не болады? (8-сурет)

Жауабы:

3-сұрақ: Сыйымдылық сүзгі тізбегіндегі диодтың кері кернеуі неге тең?

Жауабы:

4-сұрақ: Тегістеу конденсаторы толқын амплитудасына қандай әсер етеді?

Жауабы:

1.4. Басқарылмайтын үш фазалы ток түзеткіші

1.4.1. Жалпы мәліметтер

Жоғары қуатты тұтынушылар түзетілген үш фазалы айнымалы токпен қоректенеді. Бір фазалы түзеткішпен салыстырғанда, үш фазалы түзеткіштің құны шығыс кернеуінің тегістелуі қарапайым болуынан, бірнеше есе тиімдірек болады.

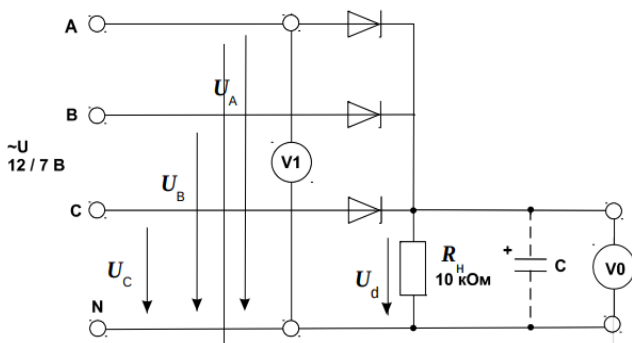
Төменде сипатталған тәжірибелерде үш фазалы айнымалы кернеу көзі қолданылады

1.4.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма. Үш фазалы кернеу көзінің шығыс кернеуін алдымен үш фазалы нөлдік шығыс түзеткіші арқылы, ал содан кейін үш фазалы көпір түзеткіші арқылы түзетіңіз (Ларионов схемасы деп аталады).

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- Схемаға сәйкес нөлдік шығысы бар үш фазалы түзеткіштің тізбегін жинаңыз және оның кірісіне 7 В, 50 Гц айнымалы үш фазалы кернеуді беріңіз (10-сурет). V0 және V1 схемаларында – коннектордың кірісі. Схеманы құрастыру кезінде электролиттік конденсатордың полярлығына назар аударыңыз. Бірінші тәжірибеде $C = 0$ (конденсатор жоқ).



10-сурет. Нөлдік шығысы бар үш фазалы түзеткіш тізбегі

- V0 және V1 виртуалды құрылғыларын және осциллографты қосыңыз. Осциллографтың кез келген екі кірісін V0 және V1 арналарына қосыңыз.

Жазылу мәнін 5 мС/дел орналастырыңыз.

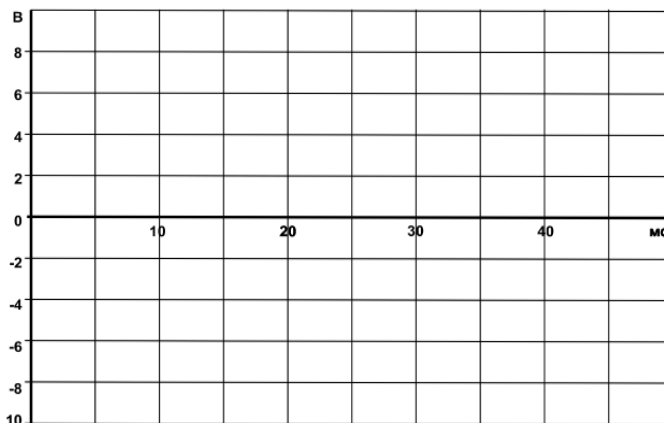
- Кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммасын графикке (11-сурет енгізіңіз).

- Өлшеулер жасап оларды мәндер кестесіне (5-кесте) жазыңыз:

$U_{вх}$ – әсерлесетін, U_d – орташа, $\Delta U_{пульс}$, $m = f_{пульс}/f_{вх}$.

• Коэффициенттерді есептеп, 5-кестеге жазыңыз: $U_d / U_{вх}$ және $k_{пульс}$.

• R_n жүктеме резисторына параллель етіп C тегістейтін конденсаторды, 5-кестеде көрсетілген мәндерімен қосыңыз, өлшеулерді қайталаңыз және түзетілген кернеу графигін аяқтаңыз (11-сурет).



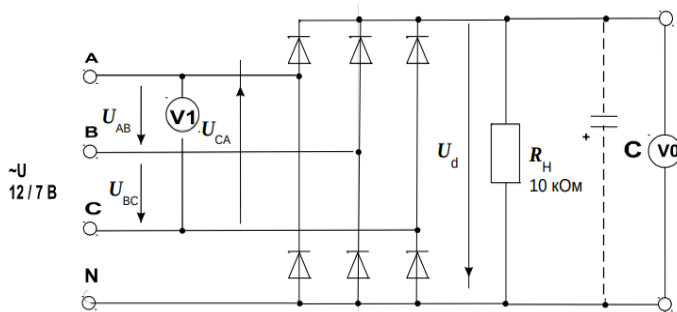
11-сурет. Кіріс $U_{вх}$ және шығыс $U_{вых}$ кернеулерінің осциллограммалары

• Енді схемаға сәйкес үш фазалы көпір түзеткішінің тізбегін (11-сурет) жинап, үш фазалы нөлдік кіріс түзеткіші үшін жасалған барлық өлшемдерді қайталаңыз. Нәтижелерді 5-кестеде және 11-суретте көрсетіңіз.

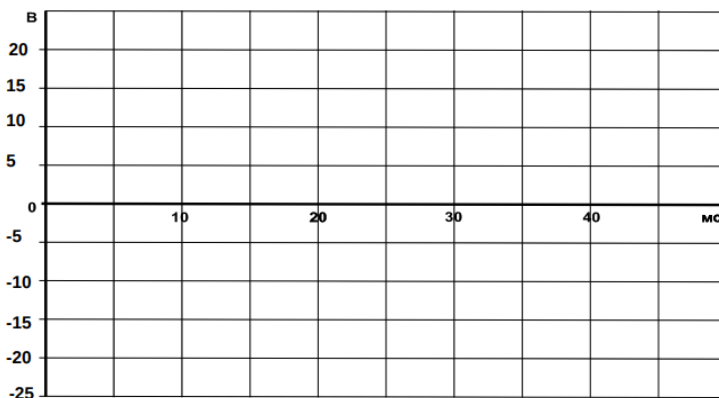
5-кесте

Тәжірибелік деректер

$C, \text{ мкФ}$	0	1	10	100
$U_{кпр}, \text{ В}$				
$U_d, \text{ В}$				
m				
$\Delta U_{пульс}, \text{ В}$				
$U_d / U_{кпр}$				
$k_{пульс}$				



12-сурет. Үш фазалы түзеткіш схемасы



13-сурет. Кіріс $U_{вх}$ және шығыс $U_{вых}$ кернеулерінің осциллограммалары

Ескерту: компьютерсіз стендте барлық өлшеулерді мультиметрлер мен электронды осциллографтың көмегімен жасауға болады.

1-сұрақ: $U_{вых}$ үш фазалы түзеткіштің нөлдік шығыс кернеуінің жиілігі қандай?

Жауабы:

2-сұрақ: Үш фазалы нөлдік шығыс түзеткішіндегі $U_{вх}$ айнымалы токтың кіріс кернеуінің белсенді мәніне $U_{вых}$ тұрақты ток кернеуінің қатынасы қандай?

Жауабы:

3-сұрақ: Үш фазалы көпір түзеткішіндегі импульс шығыс кернеуінің жиілігі қандай?

Жауабы:

4-сұрақ: $U_{\text{вых}}$ тұрақты ток кернеуінің үш фазалы көпір түзеткішіндегі $U_{\text{вх}}$ айнымалы ток кернеуінің белсенді мәніне қатынасы қандай?

Жауабы:

2. СТАБИЛИТРОНДАР (ЗЕНЕР ДИОДЫ)

2.1. Стабилитрон сипаттамалары

2.1.1. Жалпы мәліметтер

Стабилитрон – сипаттамасы түзеткіш диодтың сипаттамасымен бірдей кремнийден жасалған диод. Зенер диодының айырмашылығы кері кернеудегі салыстырмалы түрде төмен бұзылу кернеудің көрсеткішінде. Бұл кернеу асып кеткен кезде, кері бағыттағы ток секіріс артады (Зенер эффектісі). Түзеткіш диодтарда бұл режим төтенше жағдайлы болып табылады, ал стабилитрондар кері токпен әдеттегі максималды рұқсат етілген мәннен аспаса жұмыс істей береді.

Шамадан тыс жүктемені болдырмау үшін стабилитронмен бірге, балласттық резисторды тізбектей қосады. Оның мәні келесі формуламен есептеледі:

$$R_{\text{бал}} = \frac{U_{\text{жұм}} - U_{\text{ст}}}{I_{\text{тұр}} - I_{\text{ж}}},$$

- $U_{\text{жұм}}$ – салынған (қолданылған) жұмыс кернеуі;
- $U_{\text{ст}}$ – сыналатын үлгідегі стабилитрон диодтың тұрақтандырушы кернеуі;
- $I_{\text{тұр}}$ – рұқсат етілген тұрақтандыру тогы;
- $I_{\text{ж}}$ – стабилитрон диодқа параллель қосылған, жүктеме резисторындағы $R_{\text{ж}}$ ток;

Стабилитрондардың қасиеттері оларды кернеуді тұрақтандыру және шектеу үшін қолайлы етеді.

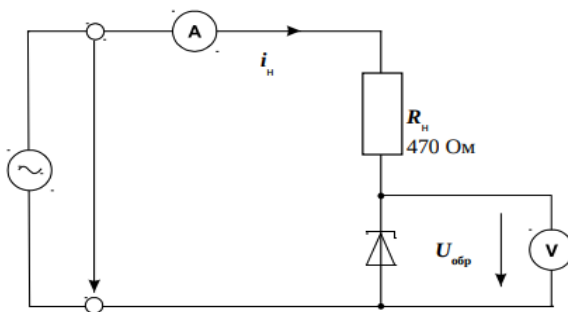
2.1.2. Эксперименттік бөлімі

Тапсырма. Осциллографтың көмегімен ток кернеуінің сипаттамасын алыңыз және стабилитрон диодтың $U_{\text{ст}}$ кернеуін анықтаңыз. Жұмысты электронды және виртуалды осциллографтың көмегімен де орындауға болады.

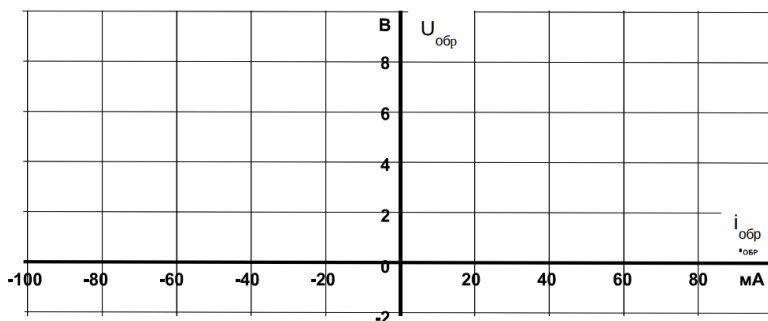
Тәжірибені жүргізу тәртібі. Тізбектегі схема бойынша жинаңыз (14-сурет) және кіріске жиілігі 50 Гц, 24 В синусоидалы кернеуді беріңіз. Диаграммадағы (А және V – қосқыш кірістері болып табылады).

1. Схемаға сәйкес тізбекті жинаңыз (15-сурет) және 50 Гц жиіліктегі 24 В синусоидалы кернеуді енгізіңіз (А және V тізбегінде-коннектордың кірісі).

2. X-Y режимінде виртуалды осциллографты қосыңыз және орнатыңыз (А – көлденең кіріс, V – тік кіріс).



14-сурет. Зенер диодының қосылу схемасы



15-сурет. 15-суретті осциллограф экранынан графикке көшіріңіз

1-сұрақ: $U_{\text{тұр}}$ тұрақтандыру кернеуінің мәні қандай?

2-сұрақ: Стабилитронның максималды кері тогы қандай?

3-сұрақ: Стабилитронның тікелей кернеуінің мәні қандай?

4-сұрақ: Стабилитронның максималды тікелей тогы қандай?

2.2. Параметрлік кернеу тұрақтандырғышын зерттеу

2.2.1. Негізгі ақпарат

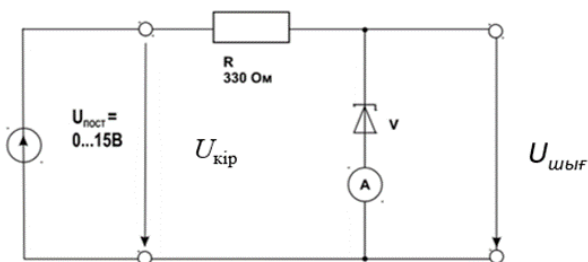
Стабилитронның вольт амперлік сипаттамасында көлденең бөліктің болуы оны жүктемедегі тұрақты кернеуді тұрақтандыруға жарамды етеді. Ол үшін жүкте стабилитронға параллель қосылады және балласт резисторы арқылы ток көзіне қосылады.

2.2.2. Эксперименттік бөлімі

1-тапсырма. Параметрлік кернеу тұрақтандырғыш тізбегіндегі шығыс кернеуі мен зерер диодының кіріс кернеуіне тәуелділігін зерттеңіз.

Тәжірибені жүргізу тәртібі.

1. Схемаға сәйкес тізбекті жинаңыз (16-сурет). 6-кесте бойынша тұрақты токтың кіріс кернеуінің мәндерін тізбектей орнату кезінде, стабилитронның тиісті шығыс кернеулерін және токтарын мультиметрлер арқылы өлшеңіз. Нәтижелерді кестеге енгізіңіз.



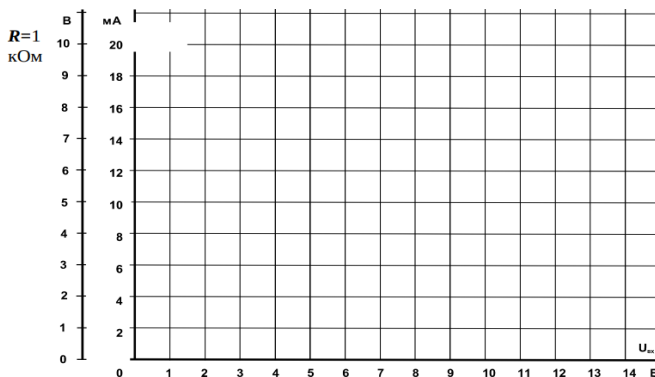
16-сурет. Параметрлік стабилитронның қосылу схемасы

6-кесте

Эксперименттік деректер

$U_{кп}, В$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$U_{шығ}, В$																
$I_{ст}, МА$																

17-суретте $U_{\text{шығ}}$ шығыс кернеуінің кіріс $U_{\text{кір}}$ тәуелділік қисық графигін құрыңыз.

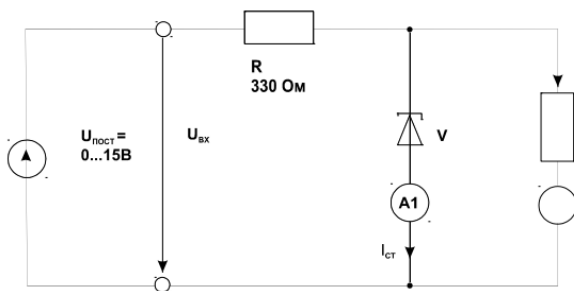


17-сурет. Кіріс $U_{\text{кір}}$ және шығыс $U_{\text{шығ}}$ кернеулерінің осциллограммалары

2-тапсырма. I_n жүктеме тогының стабилитронның ток шамасына тигізетін әсерін зерттеу.

Тәжірибені жүргізу тәртібі.

1. Схемаға сәйкес тізбекті жинаңыз (18-сурет) және жүктеме кедергісін 10; 4,7; 2,2; 1; 0,68; 0,47 кОм тізбектей орналастыру кезінде, $I_{\text{ст}}$ және I_n токтарының тиісті мәндерін мультиметрмен өлшеңіз, оларды кестеге енгізіңіз (7-кесте).

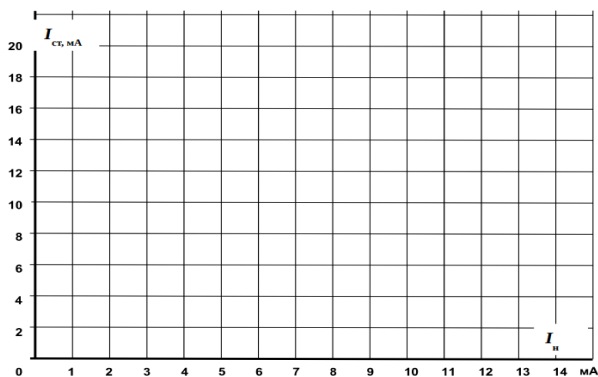


18-сурет- I_n жүктеме тогының стабилитронның ток шамасына әсерін зерттеу схемасы

Эксперименттік деректер

R_H , кОм	10	4,7	2,2	1,0	0,68	0,47
I_H , мА						
I_{CT} , мА						

Графикте (19-сурет) I_{CT} тогының I_H жүктеме тогына тәуелділігін құрастырыңыз.



19-сурет. I_{CT} тогының I_H жүктеме тогына тәуелділігі

1-сұрақ: Параметрлік тұрақтандырғыштың шығыс кернеуі қандай жағдайда тұрақты болып қалады?

2-сұрақ: I_{CT} тұрақтандыру тогы қашан пайда болады?

3-сұрақ: Қандай жағдайларда тұрақтандыру әсері жүктеме кезінде де сақталады?

3. ЕРЕКШЕ ҚАСИЕТТЕРІ БАР ДИОДТАР

3.1. Жарық диодтары

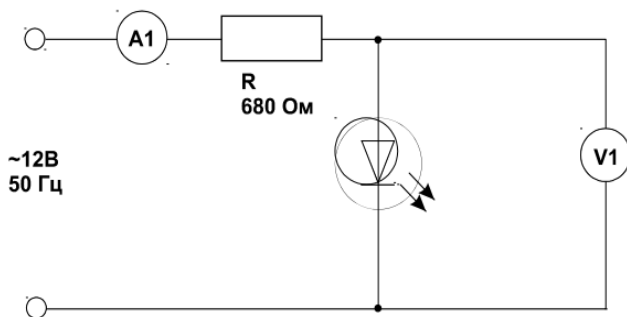
Негізгі ақпарат. Жартылай өткізгішті диодтар галлий арсениді немесе галлий фосфиді сияқты материалдардан жасалған жағдайда, оларға берілетін электр энергиясының бір бөлігі басқа жартылай өткізгіштердегі сияқты жылуға айнамай толқын ұзындығы әлдеқайда қысқа жарық ағындарына айналады. Шығарылу түсі сәйкес материал мен қоспаларды таңдау арқылы анықталады. Түс инфрақызыл, қызыл, сары, қызғылт сары, жасыл немесе тіпті көк болуы мүмкін.

Эксперименттік бөлім.

1-тапсырма. Жарықдиодының ток кернеуінің сипаттамасын алу.

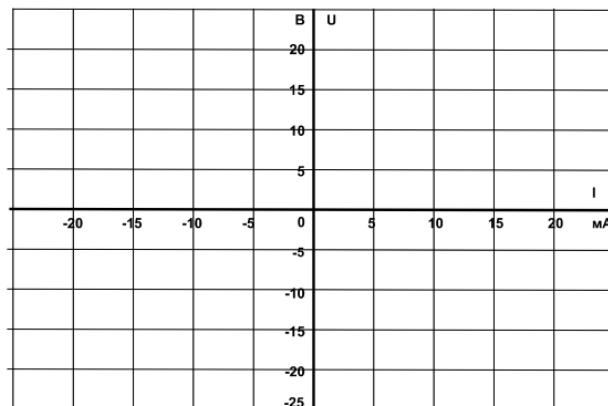
Тәжірибені орындау тәртібі.

1. Үш фазалы ток көзінің желіден желіге 12 В, 50 Гц кернеулерінің бірін схемасы болатындай қосыңыз және осциллограф арқылы кернеудің токқа тәуелділігін анықтаңыз (20-сурет). Схемادا A_1 және V_1 – қосқыш кірістері. Виртуалды осциллографтағы кернеудің токқа тәуелділігін алу үшін ХҮ режимін «ХҮ-развертка» қосқышымен қосыңыз.



20-сурет. Жарықдиодтың вольт-амперлік сипаттамаларын зерттеу схемасы

Оцилограмманы графикке көшіріңіз (21-сурет).

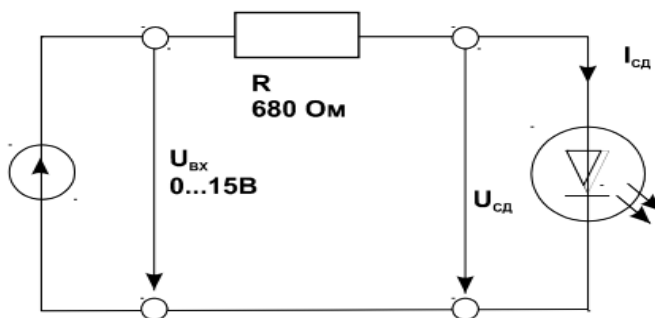


21-сурет. Жарықдиодтың вольт амперлік сипаттамасы

2-тапсырма. U_{SD} кернеуінің, жарық диодтағы I_{SD} тогының және оның полярлығының жарықтық эмиссияға әсерін зерттеу.

Тәжірибені орындау тәртібі.

1. Тізбекті сызба бойынша жинаңыз және кіріс кернеуін тізбектей қадамдармен өзгертіңіз (22-сурет), 8-кестеде көрсетілгендей. U_{SD} тура кернеуін және жарықдиодындағы I_{SD} тогын, мультиметр көмегімен өлшеңіз және жарық шығару деңгейін орнатыңыз (жоқ, әлсіз, орташа, күшті). Деректерді кестеге енгізіңіз.



22-сурет. Жарықдиодын зерттеу схемасы

Эксперименттік мәндер

$U_{\text{кпр}}, \text{В}$	$U_{\text{сд}}, \text{В}$	$I_{\text{сд}}, \text{мА}$	жарық шығару
2			
4			
6			
8			
10			
12			
14			
15			

2. Диодтың полярлығын өзгертіп, жарық шығарылмауын қадағалаңыз.

1-сұрақ: Жарық диодты аз жарық шығару үшін қажетті ең аз ток мөлшері қандай?

2-сұрақ: Қолданылатын кернеудің полярлығы кері болған кезде жарық сәулеленуі қалай әрекет етеді?

3-сұрақ: Жарық диодты қоректендіру кернеуі 5 В. 15 мА ток кезінде қандай қосымша резистор қажет?

3.2. Айнымалы сыйымдылығы бар диодтар (варикаптар)

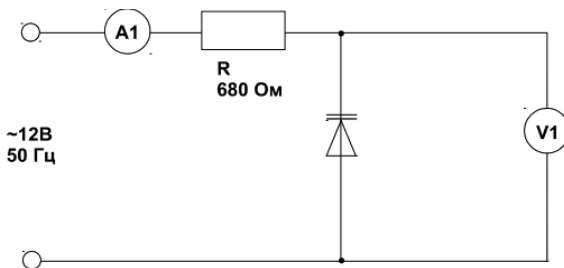
Негізгі ақпарат. Қақпалы кремний диодының **p-n** өткелі изолятор сияқты әрекет етеді және осылайша конденсатордың диэлектрикіне ұқсас. Қолданылатын кері кернеу **p-n** өткелінің қалыңдығына және сәйкесінше сыйымдылыққа әсер етеді.

Эксперименттік бөлім.

1-тапсырма. Варикаптың вольт-амперлік сипаттамасын алыңыз.

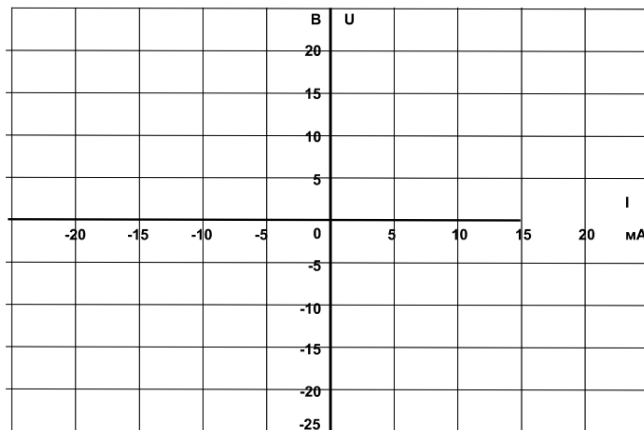
Тәжірибені орындау тәртібі.

Тізбекке 12 В, 50 Гц (үш фазалы көздің желілік кернеулерінің бірі) синусоидалы кернеуді беріңіз және осциллограф арқылы кернеудің токқа тәуелділігін анықтаңыз



23-сурет. Варикаптың вольт-амперлік сипаттамаларын зерттеу схемасы

Оцилограмманы графикке көшіріңіз (24-сурет).



24-сурет. Варикаптың вольт амперлік сипаттамасы

2-тапсырма. Параллель резонанстық тізбекте резонанстық жиіліктің варикаптың кері кернеуіне тәуелділігін және осы кернеудің таусылған (блокировка) қабатының сыйымдылығына әсерін зерттеңіз.

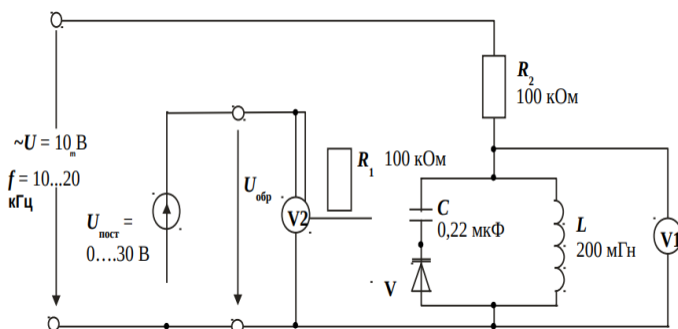
Эксперимент жүргізу тәртібі.

1. Тізбекке амплитудасы 10 В синусоидалы кернеуді беріңіз (25-сурет). Кернеу жиілігі 10 және 20 кГц арасында болуы керек. Схемада V1-қосқыштың кірісі немесе мультиметр, V2 тек мультиметр. 200 мГ индуктивтілік екі 100 мГ индуктивтілікті тізбектей қосу арқылы алынады, тұрақты ток кернеуі 15В үлкенірек – тізбектей қосылған реттелетін және реттелмейтін кернеу көздерінің қосылуы арқылы.

Ескертулер:

1. Тізбекте екі қосқыш арнаны пайдалану мүмкін емес, өйткені бұл жағдайда жиілік жылдамдығы жеткіліксіз.

2. $C = 0,22$ мкФ конденсатор катушка арқылы өтетін тұрақты ток ағынының жолын жабу үшін қолданылады және оның үлкен сыйымдылығына байланысты резонанстық контурдың параметрлеріне әсер етпейді.



25-сурет. Варикапты зерттеу схемасы

2. Варикаптың кері тұрақты кернеуін кестеге сәйкес қадамдармен өзгертіңіз және кері кернеудің әрбір мәні үшін резонанс жиілігінің $f_{рез}$ мәндерін табыңыз (7-кесте). Резонанстық жиілік бұл жағдайда параллель жолдың ұштары арасындағы кернеу максимумға жеткен жиілік болып табылады. Өлшеу нәтижелерін 7-кестеге жазыңыз.

9-кестеге сәйкес резонанстық жиіліктің кері кернеуге $U_{кері}$ тәуелділігінің графигін тұрғызыңыз.

Эксперименттік мәліметтер

$U_{обр}, В$	$f_{рез}, кГц$	$L, мГн$	$C_{общ}, пФ$	$C_y, пФ$
2		200		
5		200		
10		200		
15		200		
20		200		
25		200		
30		200		

4. Өлшенген резонанстық жиіліктер мен индуктивтілік бойынша резонанстық контурдың сыйымдылығын есептеңіз, мәндерді кестеге енгізіңіз (9-кесте).

$$C_{общ} = 1 / (2\pi f_{рез})^2 L;$$

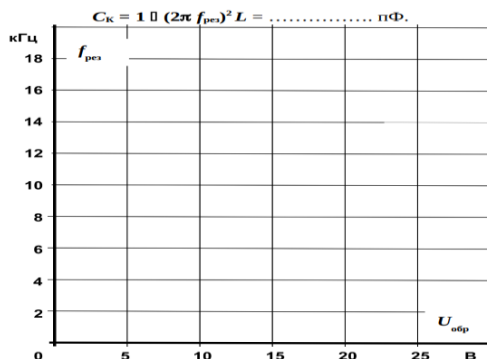
мұндағы $C_{общ}$ – Ф-тағы сыйымдылық;

L – Гн-дегі индуктивтілігі;

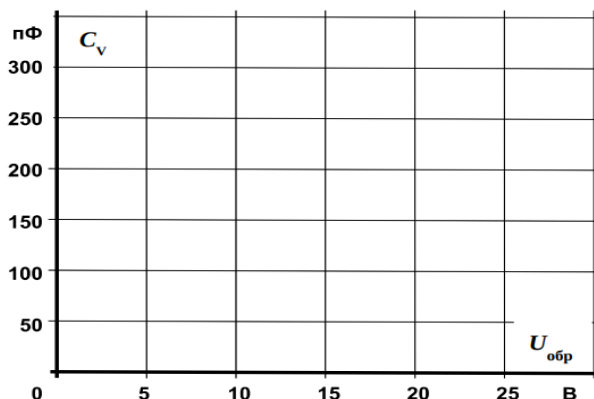
$f_{рез}$ – Гц-тегі жиілігі.

5. Содан кейін C_k катушкасының өзіндік сыйымдылығын анықтаңыз. Ол үшін контурдан диод пен конденсаторды алып тастап, резонанстық жиілікті қайта өлшеңіз. Табылған резонанстық жиілікке сәйкес катушканың өзіндік сыйымдылығын сол формула арқылы есептеуге болады

- вариациясыз = ... кГц;



26-сурет. Резонанстық жиіліктің кері кернеуге тәуелділік графигі $U_{кері}$



27-сурет- C_v кедергі қабатының сыйымдылығының кері кернеуге тәуелділігі $U_{\text{кері}}$

$C_{\text{общ}}$ резонанстық контурдың сыйымдылығы мен C_k катушкасының өзіндік сыйымдылығы арасындағы айырмашылық варикаптың тосқауыл қабатының сыйымдылығы болып табылады:

$$C_v = C_{\text{общ}} - C_k.$$

7-кестеге C_v тосқауыл қабатының сыйымдылық мәндерін енгізіңіз. C_v тосқауыл қабатының сыйымдылығының $U_{\text{кері}}$ кері кернеуіне тәуелділігін графикке салыңыз (27-сурет).

1-сұрақ. Варикаптың шекті кернеуі қандай?

2-сұрақ. Кері кернеудің жоғарылауында, кедергі қабатының сыйымдылығы қалай әрекет етеді?

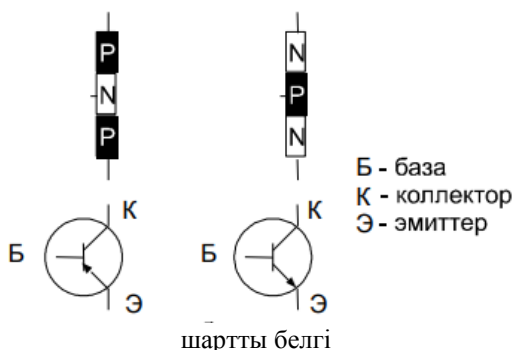
4. БИПОЛЯРЛЫҚ ТРАНЗИСТОРЛАР

4.1. Биполярлы транзисторлардың қабаттарын және түзеткіш әсерін сынау

4.1.1. Жалпы мәліметтер

Транзистор (28-сурет) – жартылай өткізгіш триод, оның жұқа **p**-өткізгіш қабаты екі **n**-өткізгіш қабаттың арасына орналастырылады (**n-p-n** транзистор) немесе **n**-өткізгіш қабаты екі **p**-өткізгіш қабаттың арасына орналастырылады (**p-n-p** транзистор).

p-n ортаңғы қабат (база) және екі шеткі қабаттар (эмиттер және коллектор) арасындағы өткеулер түзеткіш қасиетке ие, оны кез келген түзеткіш диод секілді зерттеуге болады.



28-сурет

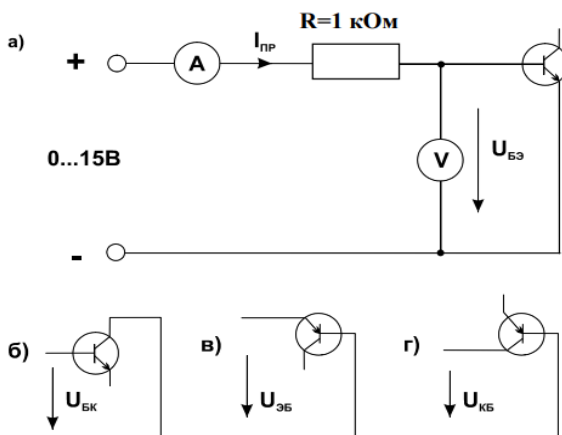
4.1.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Тікелей бағытта **p-n-p** типті және **n-p-n** типті транзисторлардың эмиттер мен коллекторлық **p-n** өткелдерінің вольтамперлік сипаттамаларын алыңыз. Ток кері бағытта **p-n** өткелдері арқылы өтуі кезінде, оның мәнінің өте аз болатынына көздеріңізді жеткізіңіз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

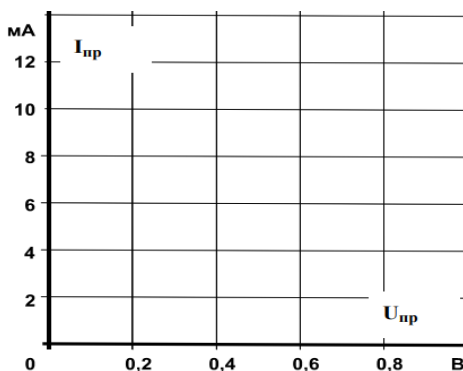
- Сұлбаға сәйкес тізбекті жинаңыз (29-сурет).
- $I_{пр}$ ток мәндерін кернеу көзінің реттегішімен кезекпен орнату кезінде, **p-n** өткеліндегі $U_{бэ}$ кернеудің тиісті мәндерін өлшеңіз және оларды кестеге (10-кесте) енгізіңіз.
- Сұлбаны алдымен 29, б-суретке сәйкес өзгертіңіз, содан кейін 29, в және 29, г және барлық өлшемдерді қайталаңыз.



29-сурет

- 30-суретте әр жағдай үшін $I_{пр}(U_{бэ})$ графиктерін құрыңыз және барлық **p-n** өткелдерінің вольтампер сипаттамалары шамамен бірдей екеніне көз жеткізіңіз.
- Кіріс көзінің кернеуін нөлге орнатып, оның полярлығын өзгертіңіз ("+" қысқышын "-" қысқышына) және кернеуді 5 В-қа дейін көбейтіңіз (**бірақ одан жоғары емес!**), **p-n** өткеліндегі ток шамамен нөлге тең екеніне көз жеткізіңіз ($1\text{ }\mu A$ -дан аспайды).
- Осы жұмысты қуат көзінің кері полярлығымен 29-суреттегі схемаға сәйкес қалған **p-n** өткелдерімен қайталап жасаңыз.

I_{np} , мА	Транзистор n-p-n		Транзистор p-n-p	
	$U_{БЭ}, В$	$U_{БК}, В$	$U_{ЭБ}, В$	$U_{КБ}, В$
0				
1				
2				
4				
8				
14				



30-сурет

1-сұрақ. Екі типті транзисторлардың **p-n** өткелдерінің өзара ұқсастықтары қандай?

Жауап:

2-сұрақ. Транзисторлардың екі түріндегі **p-n** өткелдерінің айырмашылықтары қандай?

Жауап:

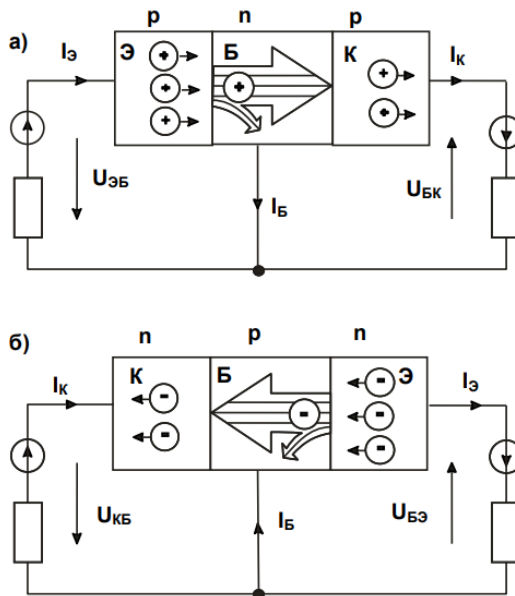
4.2. Транзистордағы токтың таралуы және базадағы токтың басқару әсері

4.2.1. Жалпы мәліметтер

P-n-p типті транзисторда база арқылы эмиттердің коллекторға тогы, база үшін негізгі емес заряд тасымалдаушылармен – тесіктермен түсіндіріледі (31-сурет). $U_{ЭБ}$

кернеуінің оң бағытында эмиттердегі **p-n** өткелі ашылады және эмиттердегі тесіктер базаның аймағына енеді. Олардың бір бөлігі $U_{ЭБ}$ кернеу көзіне, ал екінші бөлігі коллекторға жетеді. Транзиттік ток деп аталатын эмитеттен коллектор байланысы туындайды. Ол $U_{ЭБ}$ және базалық токтың жоғарылауымен күрт артады.

N-p-n типті транзисторда (31, б-сурет) база арқылы өтетін транзиттік ток сонымен қатар ол үшін негізгі емес заряд тасымалдаушылар – электрондармен түсіндіріледі. Ол жерде олар эмиттер әсерінен пайда болады, егер 31-суретте көрсетілгендей полярлығы $U_{ЭБ}$ кернеуі эмиттердің **p-n** өткеліне қосылған жағдайында.



31-сурет. - **P-n-p** және **N-p-n** типті транзистор

Эмитеттің, коллектордың және базаның токтары Кирхгофтың бірінші заңының теңдеуімен байланысты:

$$I_K = I_E - I_B.$$

Әдетте базаның тогы I_K және I_E -ден едәуір аз, бірақ одан I_K мен I_E -де қатты тәуелді. Коллектор тогының базалық токтың өсуіне қатынасы токтың пайда болу коэффициенті деп аталады:

$$\beta = \Delta I_K / \Delta I_B.$$

Ол бірнеше ондағаннан бірнеше жүзге дейін болуы мүмкін. Сондықтан базаның салыстырмалы түрде аз тогын қолдана отырып, коллектордың (және эмитенттің) салыстырмалы түрде үлкен токтарын реттеуге болады.

4.2.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

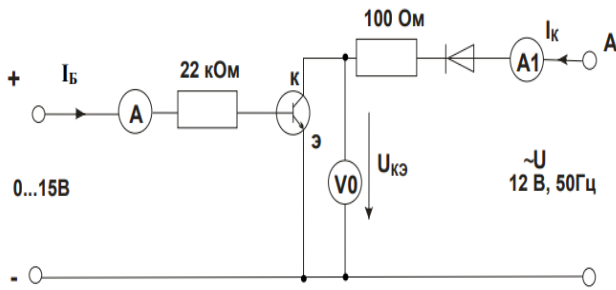
Осциллографтың көмегімен **n-p-n** типті транзистор үшін $I_K(U_{KЭ})$ вольт-амперлік сипаттамасына база тогының әсерін зерттеу.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- Сұлбаға сәйкес тізбекті жинаңыз (32-сурет). Бұл тізбекте үш фазалы генератордың сызықтық кернеуі синусоидальды кернеу көзі ретінде қолданылады, ал транзистордағы кері кернеуді болдырмау үшін диод қосылған. $A1$ және $V0$ құрылғылары-виртуалды осциллографқа электр тогы мен $U_{ЭК}$ кернеуін шығаруға қызмет ететін коннекторлардың кірістері. А миллиамперметрі базаның тогын өлшеу үшін қызмет етеді және мультиметр де, виртуалды құрылғы да бола алады.

- $A1$, $V0$ виртуалды құрылғыларын және виртуалды осциллографты қосыңыз. Осциллографта XU режимін орнатыңыз. Y кірісі ретінде коллекторлық токты таңдаңыз, яғни $A1$ (әдепте бұл 3-арна). X кірісі ретінде $U_{KЭ}$, яғни $V0$ таңдаңыз (әдепте – 1-арна).

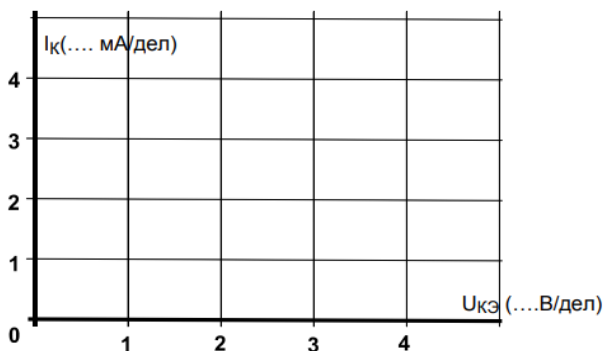
- Тұрақты кернеу реттегішін нөлге орнатыңыз және кернеу шкаласын осциллографтың 1 түймесімен бекітіңіз. Содан кейін тұрақты кернеу реттегішін максимумға орнатыңыз және ток шкаласын 3 осциллограф түймесімен бекітіңіз. Енді базаның тогын реттеу кезінде осциллографтың осьтері бойынша масштаб автоматты түрде өзгермейді.



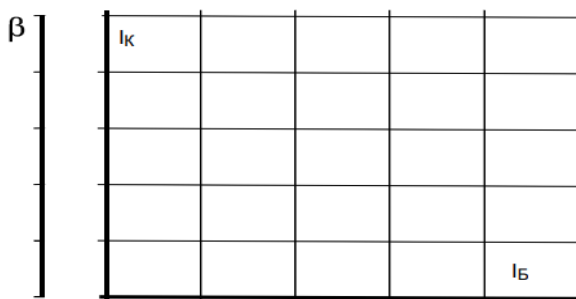
32-сурет. Үш фазалы генератор

• Базалық токты 0-ден максималды мәнге дейін және керісінше реттей отырып, осциллографтағы $I_K(U_{КЭ})$ қисығының өзгеруін бақылаңыз. Базалық токтың бірнеше мәндерінде (нөл мен максимумды қосқанда) $I_K(U_{КЭ})$ қисығын осциллографтан салыңыз (33-сурет). Әр қисық үшін осьтер мен базалық токтардың масштабын көрсетуді ұмытпаңыз.

• $I_K(U_{КЭ})$ қисықтар тобында кез келген тұрақты кернеуді таңдаңыз $U_{КЭ}$ (мысалы, 5 В) және 34-суретте осы $U_{КЭ}$ кернеу мәні үшін $I_K(I_B)$ тәуелділігін құрыңыз. Есептеңіз және сол суретте график құрыңыз $\beta(I_B) = \Delta I_K / \Delta I_B$. Осьтерге байланысты шкалаларды салыңыз.



33-сурет



34-сурет

4.3. Транзистордың сипаттамалары

4.3.1. Жалпы мәліметтер

Транзисторлардың қасиеттерін келесі төрт сипаттама отбасы сипаттайды.

Кіріс сипаттамасы – I_B базалық токтың $U_{BЭ}$ база/эмиттер тізбегіндегі кернеуге тәуелділігін көрсетеді ($U_{BЭ} = \text{const}$ кезінде).

Шығу сипаттамасы – әртүрлі бекітілген базалық ток мәндеріндегі коллектор/эмиттер $U_{КЭ}$ тізбегінің кернеуіне I_K коллектор тогының тәуелділігін көрсетеді.

Басқару сипаттамасы – I_K электр коллекторының тогының I_B базасының тогына тәуелділігін түсіндіреді ($U_{КЭ} = \text{const}$ кезінде).

Кері байланыс сипаттамасы – базаның әртүрлі тұрақты ток мәндеріне сәйкес келетін $U_{КЭ}$ эмиттер тізбегінің кернеуінің, базаның әртүрлі тұрақты ток мәндеріндегі коллектор/эмиттер $U_{КЭ}$ кернеуіне тәуелділігі.

4.3.2. Тәжірибелік бөлім

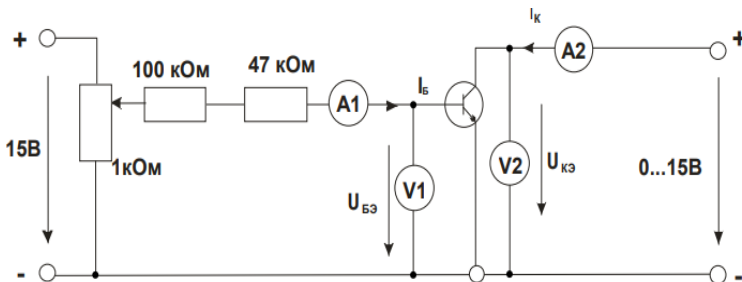
Тапсырма

N-p-n типті төрт биполярлы транзистор отбасыларының сипаттамаларын түсіріп олардың графигін құрыңыз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- Схемаға сәйкес тізбекті жинаңыз (35-сурет). 1 кОм потенциометр базаның тогын реттеу үшін қолданылады, 100 және 47 кОм резисторлар – базаның максималды тогын шектеу үшін қолданылады. I_B базасының тогын және $U_{BЭ}$ кернеуін өлшеу сәйкесінше 200 μ а және 2 В шегінде мультиметрлермен жүзеге асырылады. $U_{КЭ}$ кернеуді реттеуді тұрақты кернеу көзінің реттегіші жүзеге асырады, I_K коллектор тогы және $U_{КЭ}$ кернеуі виртуалды құрылғылармен өлшенеді (коннекторды өлшеу шегі жұмыс орындалу кезінде немесе компьютердің көмегі бойынша өзгереді).

- 20 μ А базалық токтың бірінші мәнін орнатыңыз және $U_{КЭ}$ кернеуін 11-кестеде көрсетілген мәндерге сәйкес өзгертіңіз, $I_K(U_{КЭ})$ мен $U_{BЭ}(U_{КЭ})$ тәуелдіктерін алыңыз.



35-сурет

Ескерту: транзистордың сипаттамалары оның қызуына байланысты жұмыс барысында өзгереді. Сондықтан, сенімділік үшін қажетті $U_{КЭ}$ және $U_{BЭ}$ мәндерін орнатып, кернеу генераторларының блогын 30 с-қа өшіріңіз, содан кейін оны қосып V1 және A2 құрылғыларының көрсеткіштерін тез жазу ұсынылады.

- 36-суретте $I_K(U_{КЭ})$ шығыс сипаттамалары тобының графигін және $U_B(U_{КЭ})$ кері байланыс сипаттамалары тобын құрыңыз, әр қисық қай базалық токқа сәйкес келетінін көрсетуді ұмытпаңыз.

11-кесте

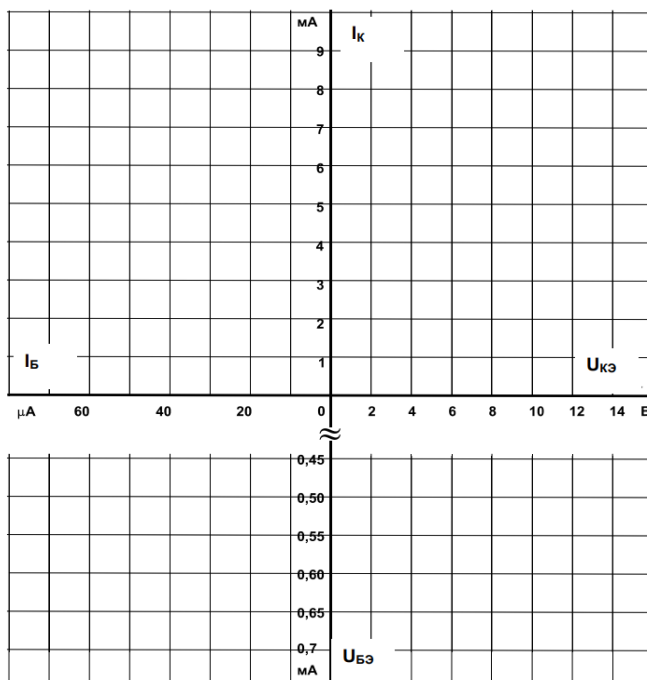
$U_{кэ},$ В	$I_B = 20 \mu A$		$I_B = 40 \mu A$		$I_B = 60 \mu A$		$I_B = 80 \mu A$	
	I_K, mA	$U_{БЭ}, B$	I_K, mA	$U_{БЭ}, B$	I_K, mA	$U_{БЭ}, B$	I_K, mA	$U_{БЭ}, B$
0								
0,5								
1								
2								
5								
10								
15								

• $U = 0$ орнатыңыз және негізгі токты көрсетілген мәндерге сәйкес өзгертіңіз (12-кесте), U_B ($I_{БЭ}$) тәуелділіктен арылыңыз, $U_{кэ}$ кернеуін 5 В-қа дейін арттырыңыз және U_B ($I_{БЭ}$) тәуелділігін қайтадан алыңыз, сондай-ақ, $I_K(I_B)$. Бұл тәжірибені $U = 15$ в-та қайталаңыз (осы өлшеулерді жүргізген кезде алдыңғы тәжірибеге де назар аударыңыз).

• 36-суретте кіріс $I_B(U_{БЭ})$ және реттеу $I_K(I_B)$ сипаттамаларының графиктерін құрыңыз, сонымен қатар әрбір қисық үшін $U_{кэ}$ тиісті мәндерін көрсетіңіз.

12-кесте

$I_B,$ μA	$U_{кэ} = 0 B$		$U_{кэ} = 5 B$		$U_{кэ} = 15 B$	
	$U_{БЭ}, B$	I_K, mA	$U_{БЭ}, B$	I_K, mA	$U_{БЭ}, B$	I_K, mA
0						
5						
10						
20						
50						
80						



36-сурет

4.4. Транзистордың жұмыс нүктесін орнату және коллектор тізбегіндегі резистордың жалпы эмитентпен күшейткіш каскадының кернеуі бойынша күшейту коэффициентіне әсерін зерттеу

4.4.1. Жалпы мәліметтер

$I_Б$ базалық токтың өзгеруінен туындаған транзистордың I_K коллекторлық тогының өзгеруі R_K тізбектелген резистордағы кернеудің төмендеуіне және транзистордағы $U_{KЭ}$ кернеуінің өзгеруіне әкеледі. Өз кезегінде, коллектор тогының өзгеруі тізбектегі кернеудің өзгеруіне байланысты база/эмиттер $U_{БЭ}$. Бұл кернеулердің қатынасы кернеу бойынша транзистордың күшейткіш коэффициенті болып табылады:

$$v_U = \Delta U_{KЭ} / \Delta U_{БЭ}.$$

Электр тізбегінің кернеуінің өзгеруі коллектор $U_{KЭ}$ эмитеті R_K резисторына тәуелді болғандықтан, бұл резистор кернеудің өсуіне де әсер етеді.

4.4.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Коллектор тізбегіндегі кедергінің кернеудің өсуіне әсерін эксперименттік зерттеу.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- Сұлбаға сәйкес тізбекті жинаңыз (37-сурет). Басында $R = 220 \text{ Ом}$ деп орнатыңыз. Бөлгіштің кірісіне $1 \text{ кОм} / 100 \text{ Ом}$ синусоидалы кернеуді ($2...3 \text{ В}$) $1...2 \text{ кГц}$ жиілікті беріңіз.

Ескерту: Кіріс кернеуін дәл реттеу және өлшеу үшін айнымалы ток көзінің шығысына кернеу бөлгіші ($1 \text{ кОм}/100 \text{ Ом}$) қосылған. Бұл кернеу көзі $U = 2 \text{ В}$ болғанда, күшейткіштің кірісінде $U_{кр} = 0,2$ кернеуі болады дегенді білдіреді.

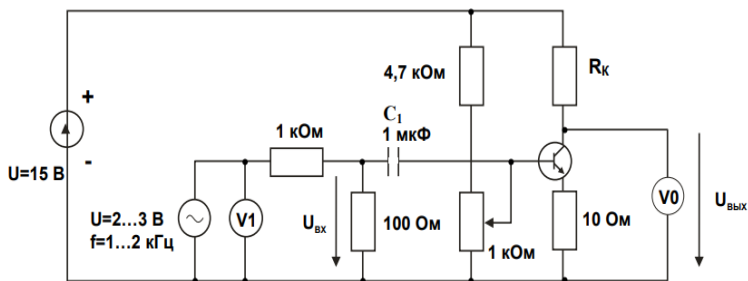
- V_0 және V_1 виртуалды құрылғыларын қосыңыз, оларға өлшенетін шаманың түрін орнатыңыз – «айнымалы компоненттің қолданыстағы мәні» және өлшеу кезеңі $0,02 \text{ с}$.

- Виртуалды осциллографты қосыңыз, V_0 және V_1 арналарын іске қосыңыз және 200 мкс сканерлеу ұзақтығын орнатыңыз.

- Потенциометрмен коллектордың қалған тогын шығыс кернеуінің орташа мәні шамамен $7,5 \text{ В}$ болатындай етіп орнатыңыз (осциллографқа сәйкес), ал синусоидалы кернеу реттегішімен синусоиданың қатты бұрмалануы жоқ шығу кернеуінің максималды амплитудасын орнатыңыз.

- 11-кестесінде $U_{кр}$ және $U_{шығ}$ мәндерін жазыңыз, v_1 вольтметрмен өлшенетін кернеу $U_{шығ}$ -қа қарағанда 10 есе көп екенін ескере отырып. Күшейту коэффициентін есептеңіз.

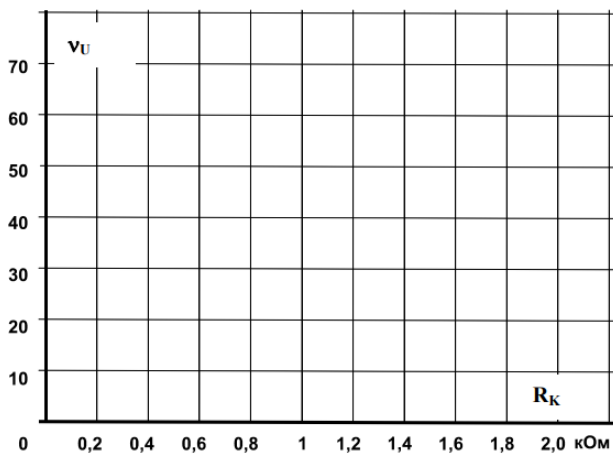
- Бұл тәжірибені 4.4.1-кестеде көрсетілген R_K кедергісінің барлық мәндерімен орындаңыз және 4.4.2-суретке v_U -нің, R_K -ға тәуелділік графигін құрыңыз.



37-сурет

11-кесте

$R_K, \text{кОм}$	0,22	0,33	0,47	1	1,47	2,2
$U_{\text{кп}}, \text{МВ}$						
$U_{\text{шығ}}, \text{В}$						
v_u						



38-сурет

4.5. Биполярлы транзисторлардағы күшейткіштер

4.5.1. Жалпы мәліметтер

Транзисторлар күшейткіш тізбектерде басқару элементтері ретінде қолданылады. Кіріс және шығыс сигналдарының кернеулері үшін жалпы нүкте ретінде қолданылатын транзистор электродының атымен биполярлы транзисторлардағы күшейткіштердің үш негізгі тізбегі бар:

- Жалпы эмитентпен (ОЭ);
- Жалпы коллектормен (ОК);
- Жалпы базамен (ОБ).

Ең көп таралған күшейткіш тізбектерде **п-р-п** транзисторлар қолданылады. Алайда **р-п-р** транзисторларын да қолдануға болады, бірақ ол үшін кернеулердің полярлығын өзгерту керек.

4.5.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Негізгі күшейткіш тізбектерінің келесі электрлік көрсеткіштерін өлшеңіз және анықтаңыз:

- Күшейту коэффициенті кернеу бойынша ν_u ;
- Фазалық ығысу бұрышы φ ;
- $R_{вх}$ кіріс кедергісі;
- $R_{вых}$ шығыс кедергісі.

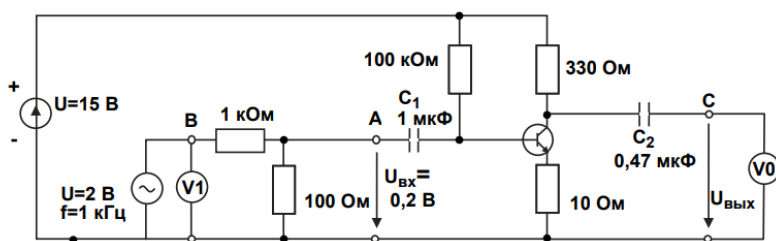
Күшейткіштер айнималы кернеуді күшейту үшін қолданылады. **C1, C2** конденсаторлары жұмыс және басқару кернеулерін шешуге арналған, **100 кОм/ 100 Ом** кернеу бөлгіші кіріс кернеуінің кіші мәндерін реттеуге және өлшеуге ыңғайлы болу үшін орнатылған.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

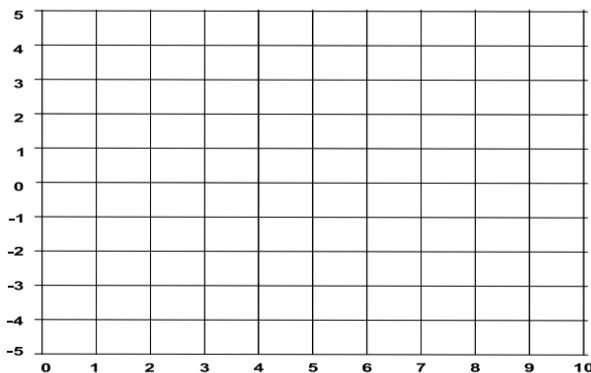
• Күшейткіш тізбегін жалпы эмиттермен схемаға сәйкес жинаңыз (40-сурет) және синусоидальды кернеудің жиілігін **f = 1 кГц** және қолданыстағы кернеу мәнін **2 В** орнатыңыз. Өлшеу үшін виртуалды құрылғылар мен осциллографты қосыңыз.

Ескерту: Кіріс кернеуін дәл реттеу және өлшеу үшін айнымалы ток көзінің шығысына кернеу бөлгіші ($1 \text{ кОм}/100 \text{ Ом}$) қосылған. Бұл кернеу көзі $U = 2 \text{ В}$ болғанда, күшейткіштің кірісінде $U_{\text{кр}} = 0,2$ кернеуі болады дегенді білдіреді.

• 39-суретте кіріс және шығыс кернеулерінің осциллограммаларын қайта салыңыз және осьтер бойынша масштабты көрсетіңіз.



39-сурет



Масштабы:
 $m_t = \dots \text{ мкс/дел}$
 $m_{U_{\text{вх}}} = \dots \text{ В/дел}$
 $m_{U_{\text{вых}}} = \dots \text{ В/дел}$

40-сурет

• Кіріс және шығыс кернеулерін өлшеңіз, осы кернеулердің фазалық ығысу бұрышын анықтаңыз және келесі қатынасты қолдана отырып, кернеудің пайдасын есептеңіз:

$$\nu_U = U_{\text{ВЫХ}}/U_{\text{ВХ}}.$$

Осы және кейінгі өлшеулер мен есептеулердің нәтижелерін 4.5.1-кестеге енгізіңіз.

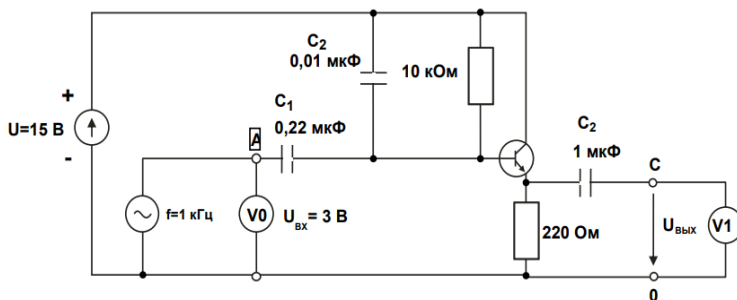
- Әрі қарай, $R_{\text{кір}}$ күшейткішінің кіріс кедергісін анықтаңыз. Оны істеу үшін күшейткіштің кіріс тізбегіне (А нүктесі) $R_{\text{доб}} = 1 \text{ кОм}$ резисторын қосыңыз. Бұл $U_{\text{шығ}}$ күшейткіштің шығыс кернеуінің U_1 -ден U_2 -ге дейін төмендеуіне әкеледі. Содан кейін $R_{\text{кір}}$ кіріс кедергісін келесідей есептеуге болады:

$$R_{\text{кір}} = R_{\text{доб}} / (U_1/U_2 - 1).$$

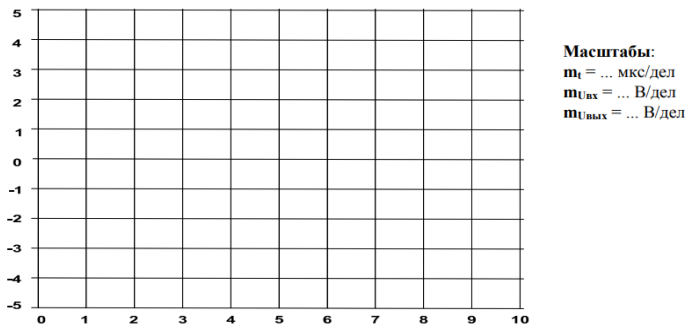
- Әрі қарай, $R_{\text{шығ}}$ күшейткішінің шығыс кедергісін анықтаңыз. Мұны істеу үшін күшейткіштің шығысына параллель $R_{\text{н}} = 1 \text{ кОм}$ жүктеме резисторын қосыңыз (С-О нүктелері). Бұл сонымен қатар күшейткіштің шығыс кернеуінің U_1 -ден U_2 -ге дейін төмендеуіне әкеледі. Шығыс кедергісінің арақатынасын есептеу үшін осы формуланы пайдаланыңыз:

$$R_{\text{вых}} = R_{\text{н}} (U_1/U_2 - 1).$$

- Күшейткіш тізбегін ортақ коллектор тізбегі бойынша жинаңыз (41-сурет). Схемадағы C_3 конденсаторы жоғары жиілікті кедергілерді басу үшін қолданылады. Жоғарыда сипатталған өлшемдерді қайталаңыз, графикке қисықтарды салыңыз (42-сурет) және өлшеу нәтижелерін 13-кестеге енгізіңіз.

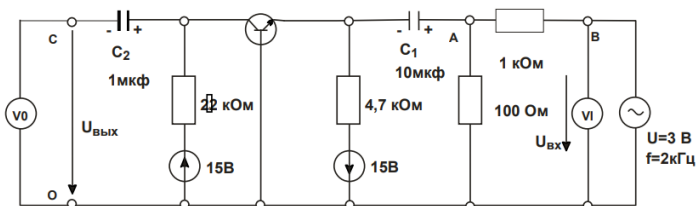


41-сурет

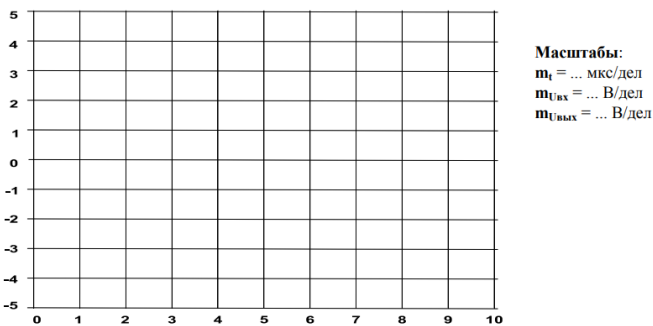


42-сурет

• Соңында, күшейткіш тізбегін жалпы базамен тізбекке жинаңыз (43-сурет). 10 мкФ электролиттік конденсатордың қосылу полярлығын сақтаңыз. Өлшеулерді қайталаңыз, графикке қисықтарды сызықтарға салыңыз (44-сурет) және нәтижелерді 12-кестеге енгізіңіз (бұл жағдайда $R_{доб} = 220$ Ом, ал $R_H = 1$ кОм).



43-сурет



44-сурет

13-кесте

	жалпы эмиттер	жалпы коллектор	жалпы база
$U_{\text{кр}}$	0,2 В, 1кГц	0,3 В, 1кГц	0,3 В, 10кГц
$U_{\text{шығ}}$			
V_u			
φ			
$R_{\text{кр}}$			
$R_{\text{шығ}}$			

5. УНИПОЛЯРЛЫ (ӨРІСТІК) ТРАНЗИСТОРЛАР

5.1. Өрістік транзистор қақпасының қосу сипаттамасы

5.1.1. Жалпы ақпарат

Қақпа мен өрістік транзистор арнасы арасындағы өтуі түзеткіш әсерге ие. Оның практикалық маңызы болмаса да, өрістік транзисторлардың басқару мүмкіндіктерін түсіну үшін оның қосылу сипаттамасын білу қажет.

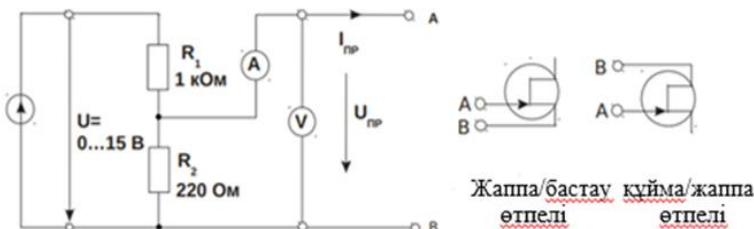
5.2.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Өрісті транзистордың қақпасы мен арнасы арасындағы р-п өтуінің қосу сипаттамасын өлшеңіз және зерттеңіз. Бұл тәжірибені тек n-типті транзистор үшін орындау қажет. Және бұл нәтижелер р-типті өткізгішкеде келеді егер полярлығын өзгеруін есепке алсақ.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- Қақпа/көз тізбегі үшін схемаға сәйкес жинаңыз (45-сурет). 14-кестеде көрсетілген тура кернеудің $U_{пр}$ мәндерін тізбектей орнатыңыз. Ағымдағы $I_{пр}$ сәйкес мәндерін өлшеу және оларды енгізу үшін мультиметрді пайдаланыңыз.



45-сурет

14-кесте

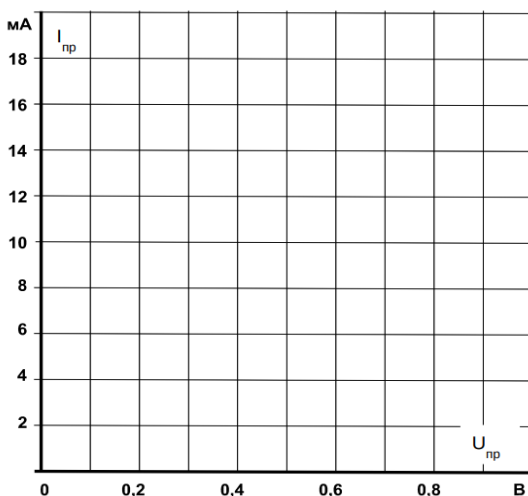
жаппа(исток) тізбегінің көзі										
$U_{пр}, В$	0	0,5	0,4	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	1,0
$I_{пр}, мА$										

- Сток/қақпа тізбегі үшін өлшеулерді қайталаңыз және өлшенген ток мәндерін 15-кестеге енгізіңіз.

15-кесте

контур сток $\bar{\bar{}}$ затвор										
$U_{пр}, В$	0	0,2	0,4	0,6	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	1,0
$I_{пр}, мА$										

- (46-сурет) графигіне р-п өткелінің қосылу сипаттамасын тұрғызыңыз. $I_{пр} = f(U_{пр})$



46-сурет

1-сұрақ: Алынған қосылымдық сипаттамалардың арасындағы сәйкессіздіктердің маңыздылығы қандай?

Жауап:

5.3. n-типті өрістік транзистор қақпасының қозғаушы әсері

5.3.1. Жалпы ақпарат

Өрістік транзистор арнасындағы токты (көзі/ағызу тізбегі) қақпа потенциалы арқылы басқаруға болады.

Биполярлы транзисторлардан айырмашылығы, бұл қуатты қажет етпейді, өйткені қақпа мен арна арасындағы р-п өтпесі құлыптаулы күйінде қалады. Өріс эффектісі транзисторының кіріс сипаттамасы немесе басқару сипаттамасы $U_{зи}$ ысырма/көз кернеуі мен төгу тогы I_c арасындағы қатынасты білдіреді.

$I_c(U_{зи})$ тәуелділігі ағызу-ысырма сипаттамасы деп аталады.

Өрістік транзистордың маңызды параметрлері су төгетін қақпа сипаттамасының тіктігі болып табылады:

$$S = \Delta i_c / \Delta U_{зи}$$

және үзіліс кернеуі $U_{зю}$, бұл кезде ағызу тогы нөлге жақын болады.

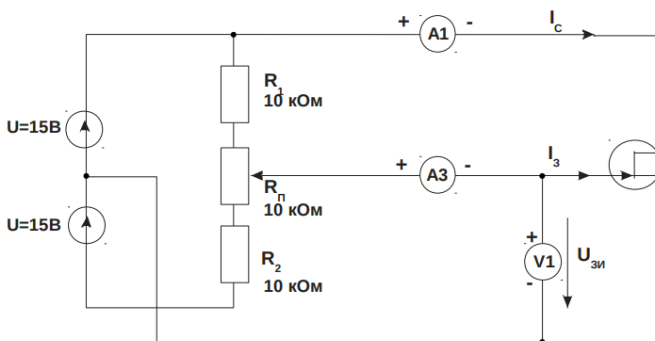
5.3.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Ысырма/көзі кернеуінің ысырма және сток токтарға әсерін эксперименталды түрде зерттеу. $I_c = f(U_{зи})$ және $I_z = f(U_{зи}) = f(U_{зи})$ басқару сипаттамаларын құру.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- Схеманы диаграммаға сәйкес (47-сурет) жинаңыз және аспаптармен немесе мультиметрлермен кезек-кезек ысырма токтарының I_z және $U_{зи}$ ысырмасының/көз кернеуінің ағызу мәндерінің сәйкес мәндерін орнатыңыз (16-кесте). Ысырма I_z және сток I_c токтарын виртуалды құрылғы мен немесе мультиметрмен ретін өлшеп, сәйкес мәндерін 16-кестеге енгізіңіз.



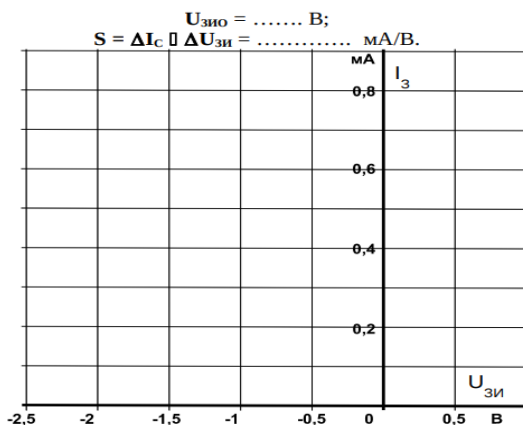
47-сурет

16-кесте

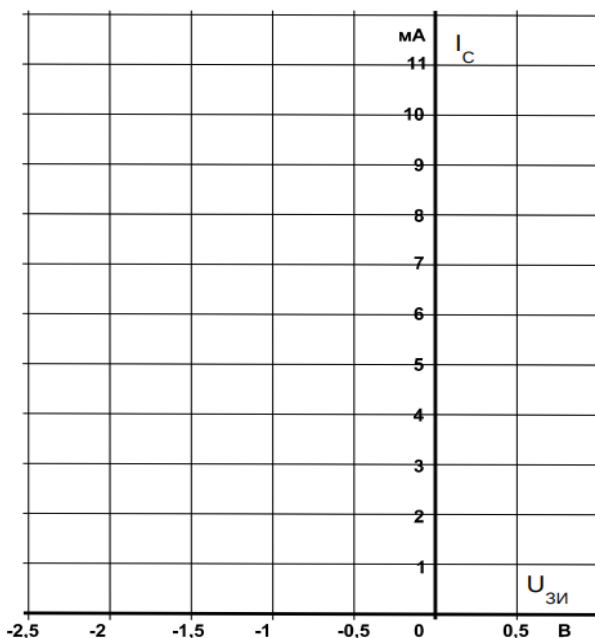
$U_{зи}, B$	-2,5	-2	-1,5	-1	-0,5	0	+0,2	+0,4	+0,6	
I_C, mA										
I_3, mA										

• Графиктерде I_3 қақпа тогының қисық сызықтарын және $U_{зи}$ кернеуіне қарсы I_C ағызу тогын салыңыз (48 және 49-суреттер).

• Графиктерден $U_{зи0}$ үзіліс кернеуін және ағызу қақпасының сипаттамасының тіктігін S анықтаңыз:



48-сурет



49-сурет

1-сұрақ: қақпа/көз кернеуінің өзгеруі 1.5 В болғанда өріс эффектiсі транзисторының с сипаттамасының көлбеуі қандай?

Жауап:

2-сұрақ: Қашан өріс эффектiсі транзисторы қуат жоғалтпай басқарылады? **Жауап:**

5.4. Өріс транзисторының шығыс сипаттамалары

5.4.1. Жалпы ақпарат

Өрістік транзисторлардың шығыс сипаттамалары деп сток тогының сток/исток кернеуіне тәуелділігін айтады.

Шығу сипаттамалары статикада жүктеме кедергісінсіз жойылады.

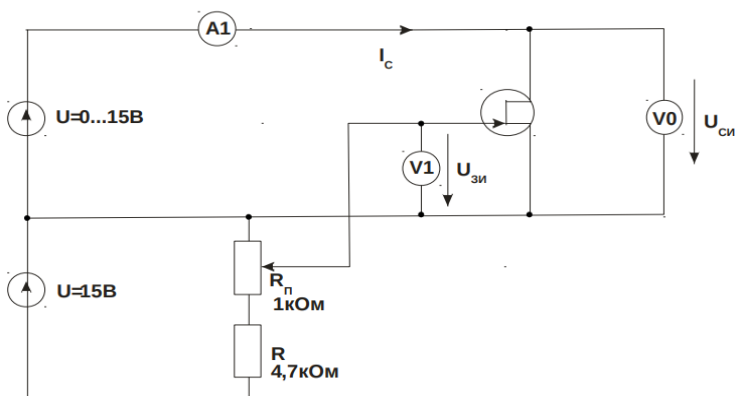
5.4.2. Тәжірибелік бөлім

1-тапсырма

Статикада ағын тогының ағын/көз кернеуіне тәуелділігін құрыңыз $I_c = f(U_{си})$, әртүрлі кернеу мәндерінде ысырма/көз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

Схемаға сәйкес тізбекті жинаңыз (50-сурет)

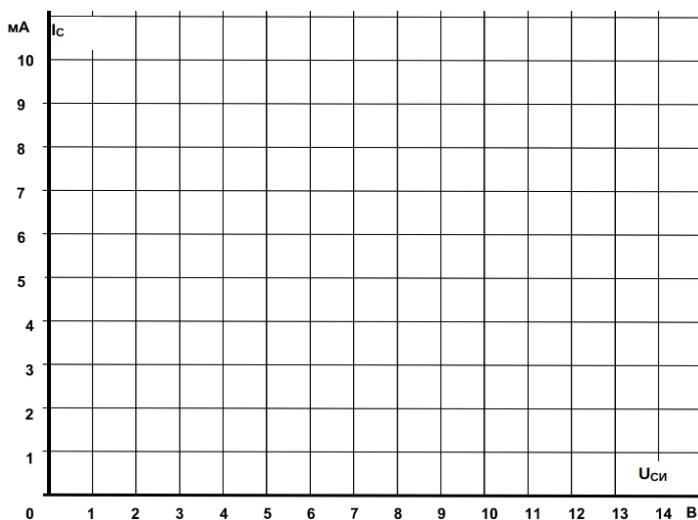


50-сурет

- Кернеу мәндерін орнатыңыз ысырма/көзі $U_{зи}$ және ағызу/көзі $U_{си}$ және виртуалды құрылғылармен I_c ағынды мультиметрлермен өлшеңіз (17-кесте). Қарама-қарсы немесе сәйкес ток мәндеріне өзгертіңіз, $u_{зи}=0,5$ в кезінде ағып кету // шығу кернеуін өлшеу үшін 15 В қуат көзінің полярлығы. Сток тогының мәнін төмендегі кестеге енгізіңіз.

- Графикте (51-сурет) әртүрлі бекітілген $U_{си}$ ысырма көзінің кернеу мәндерінде I_c ағын тогының ағыу/шығу осіне тәуелділік қисықтарын қолданыңыз.

$U_{си}, B$	0	0,5	1	1,5	2	3	4	6	8	10	12	14	15
I_c, mA $U_{зи} = -1,5 B$													
I_c, mA $U_{зи} = -1 B$													
I_c, mA $U_{зи} = -0,5 B$													
I_c, mA $U_{зи} = +0,5 B$													



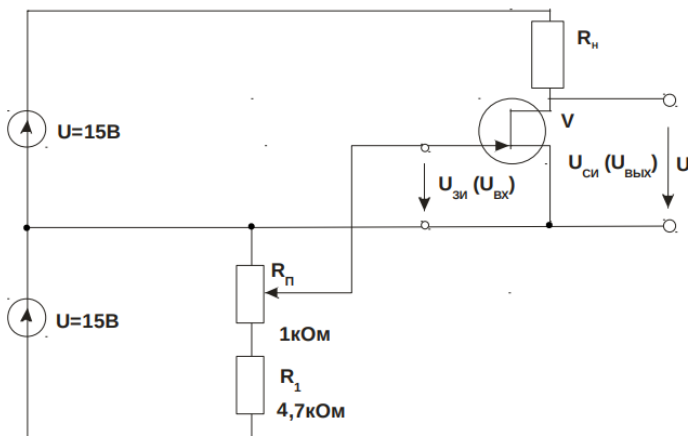
51-сурет

2-тапсырма

Жүктеме кедергісінің кернеудің өсуіне әсерін зерттеу.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- 52-суретке сәйкес схемаға, тізбекті жинаңыз.



52-сурет

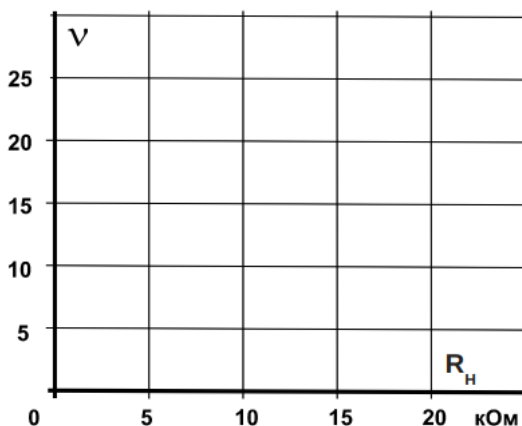
• R_H жүктеме кедергісін және $U_{\text{кір}}$ кіріс кернеуінің әртүрлі мәндерін орнатыңыз және мультиметрлермен немесе виртуалды құрылғылармен $U_{\text{шығ}}$ шығыс кернеуінің тиісті мәндерін өлшеңіз (18-кесте). Барлық нәтижелерді кестеге енгізіңіз.

• Әрбір R_H мәні үшін v кернеудің жоғарылауын есептеңіз және кестеге енгізіңіз.

18-кесте

$R_H, \text{кОм}$	1	2,2	4,7	10	22
$-U_{\text{кір}1}, \text{В}$	-0,5	-0,5	-1,0	-1,2	-1,5
$-U_{\text{кір}2}, \text{В}$	-1,0	-1,0	-1,5	-1,8	-2,0
$U_{\text{шығ}1}, \text{В}$					
$U_{\text{шығ}2}, \text{В}$					
$\Delta U_{\text{кір}}, \text{В}$					
$\Delta U_{\text{шығ}}, \text{В}$					
$v = \Delta U_{\text{шығ}} / \Delta U_{\text{кір}}$					

• Графикте (53-сурет) R_H жүктеме кедергісіне v кернеу бойынша пайда коэффициентінің тәуелділік қисығын құрыңыз.



53-сурет

1-сұрақ: R_H жүктеме кедергісін жоғарылату кезінде v пайдасы қалай әрекет етеді?

Жауап:

5.5. Өріс транзисторларындағы күшейткіштер

5.5.1. Жалпы мәліметтер

Өріс эффектiсi транзисторларын әртүрлi күшейткiш тiзбектерде басқару элементтерi ретiнде пайдалануға болады. Кiрiс және шығыс сигналдарының кернеулерi үшiн жалпы нүкте ретiнде қолданылатын осы транзистор электродының атымен өрiс транзисторларындағы күшейткiштердiң үш негiзгi тiзбегi бар:

- жалпы көзi бар (ОИ);
- жалпы ағынмен (ОС) және
- жалпы жапқышпен (ОЗ).

5.5.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

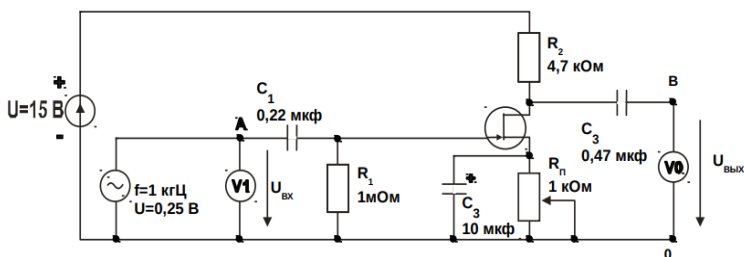
Негізгі күшейткіш тізбектерінің келесі электрлік көрсеткіштерін өлшеңіз және анықтаңыз:

- V_u кернеуінің күшейту коэффициенті;
- фазалық ығысу бұрышы F ;
- кіріс кедергісі $R_{вх}$;
- $R_{вых}$ шығыс кедергісі.

Күшейткіштер айнымалы кернеуді күшейту үшін қолданылады. C_1 , C_2 конденсаторлары жұмыс және басқару кернеулерін босату үшін орнатылады.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

• Күшейткіш тізбегін жалпы көзі бар схема бойынша жинаңыз (54-сурет). Бұл жағдайда қосылым полярлығын шатастырмаңыз, бұл айнымалы электролиттік конденсатор C_3 үшін теріс кері байланысты болдырмауға қызмет ететін кернеу.



54-сурет

- Синусоидалы кернеудің жиілігін 1 кГц және 200...300 мВ мәнін орнатыңыз.
- R_n потенциометрін қолдана отырып, транзистордың жұмыс нүктесін күшейткіштің шығысындағы кернеу аз бұрмаланатындай етіп орнатыңыз.
- пайдалана отырып, виртуалды аспаптар мен осциллограф пайдаланып, $U_{кір}$ кірістік және шығыстық кернеуді $U_{шығ}$ өлшеңіз (53-сурет). Осы кернеулердің фазалық ығысу бұрышын

анықтаңыз және келесі қатынасты қолдана отырып, кернеудің пайдасын есептеңіз:

$$v_u = U_{\text{шығ}} / U_{\text{кір}}.$$

- Әрі қарай, $R_{\text{вых}}$ күшейткішінің кіріс кедергісін анықтаңыз. Мұны істеу үшін күшейткіштің кіріс тізбегіне (А нүктесі) $R_{\text{доб}} = 10 \text{ кОм}$ резисторын қосыңыз. Бұл күшейткіштің шығыс кернеуінің U_1 -ден U_2 -ге дейін төмендеуіне әкеледі. Содан кейін $R_{\text{вых}}$ кіріс кедергісін келесідей есептеуге болады

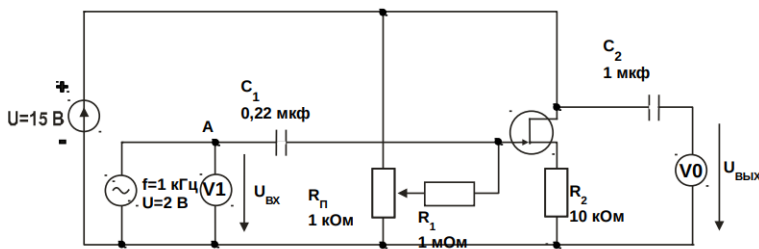
$$R_{\text{вых}} = R_{\text{доб}} / (U_1 / U_2 - 1).$$

- Енді R шығыс кедергісін анықтаңыз. Ол үшін күшейткіштің шығысына параллель $R_n = 10 \text{ кОм}$ жүктеме резисторын қосыңыз (с-0 нүктелері). Бұл сонымен қатар күшейткіштің шығыс кернеуінің U_1 -ден U_2 -ге дейін төмендеуіне әкеледі. Шығыс кедергісін арақатынас арқылы есептеуге болады

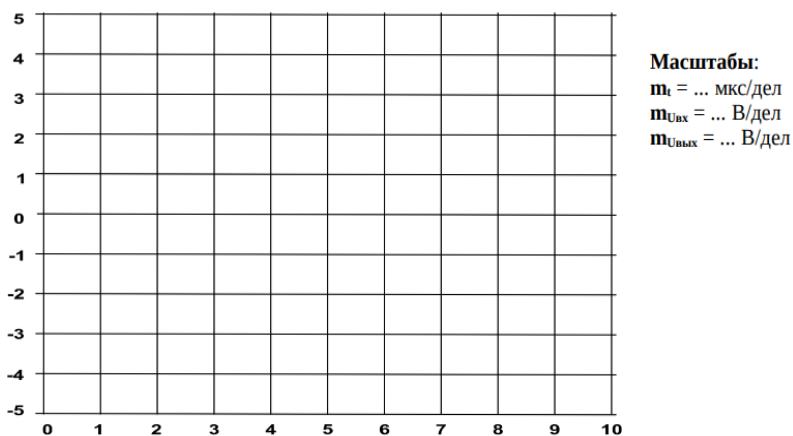
$$R_{\text{вых}} = R_n (U_1 / U_2 - 1).$$

- Нәтижелерді 18-кестеге енгізіңіз.
- Күшейткіш тізбегін жалпы ағызу схемасы бойынша жинаңыз (55-сурет). Кіріс кернеуінің белсенді мәнін орнатыңыз 2.....3 В және R_n потенциометрімен транзистордың жұмыс нүктесін сигналдың минималды бұрмалану жағдайына сәйкес реттеңіз.

Жоғарыда сипатталған өлшемдерді қайталаңыз, графикке қисық сызықтар салыңыз (56-сурет) және өлшеу нәтижелерін 19-кестеге енгізіңіз. Бұл жағдайда $R_{\text{доб}} = 47 \text{ кОм}$, ал $R_n = 10 \text{ кОм}$.

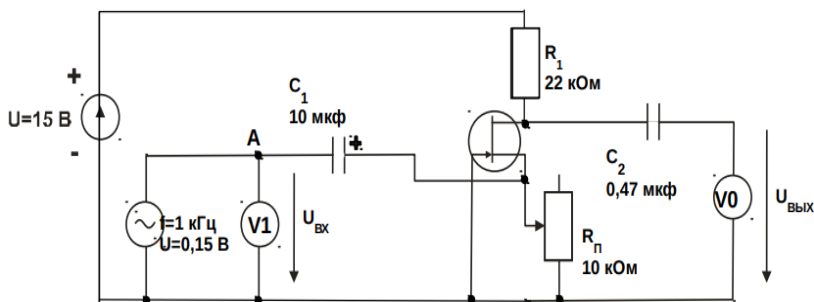


55-сурет

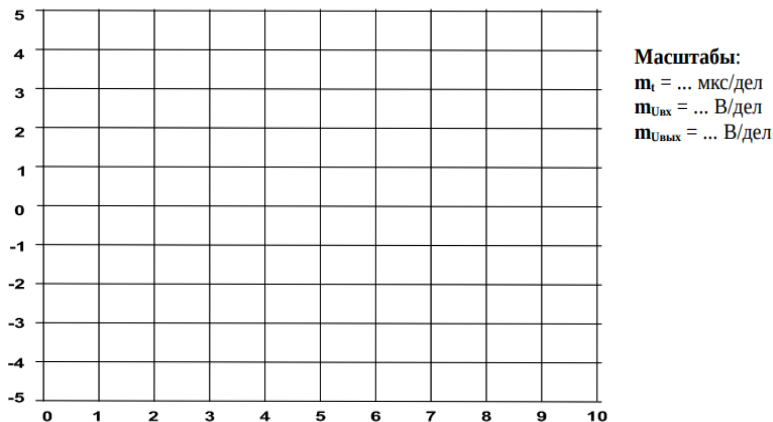


56-сүрөт

- Соңында, күшейткіш тізбегін жалпы жапқыш тізбегі бойынша жинаңыз (57-сурет). Кіріс кернеуін күшейткіштің кірісінде $U=2...3$ В болатындай етіп реттеңіз, ал R_n потенциометрімен осы кернеудің минималды бұрмалануына қол жеткізіңіз. Өлшеулерді қайталаңыз, графикке қисық сызықтар салыңыз (58-сурет) және нәтижелерді 19-кестеге енгізіңіз. Бұл жағдайда $R_{доб}=1$ кОм, ал $R_n=47$ кОм.



57-сурет



58-сурет

19-кесте

	ортақ бастау	ортақ құйма	ортақ жаппа
$U_{\text{кір}}$	0,25 В, 1кГц	2 В, 1кГц	0,15 В, 1кГц
$U_{\text{шығ}}$			
v_u			
φ			
$R_{\text{кір}}$			
$R_{\text{шығ}}$			

1-сұрақ: Үш күшейткіштің қайсысы инверторлық әсерге ие?

Жауап:

2-сұрақ: Неліктен жалпы ағынды күшейткіш биполярлық транзистордағы жалпы коллекторлық күшейткішпен бірдей маңызды емес?

Жауап:

3-сұрақ: Жалпы жапқышы бар күшейткіштің жалпы көзі бар күшейткіштен қандай айырмашылығы бар ?

Жауап:

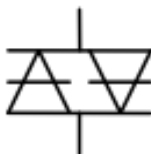
6. ТИРИСТОРЛАР

6.1. Диодты тиристорлар (симистор)

6.1.1. Жалпы мәліметтер

Диодты тиристорлар, сондай-ақ **динисторлар** деп аталады, олардың күйін қолданылатын кернеуге сәйкес өзгертеді. Кейбір шекаралық кернеуде (**босату кернеуінде**) динистор жоғары кедергі күйінен төмен кедергілік күйіне өтеді. Ондағы ток **ұстап тұру** тоғынан төмен түскенге дейін ол төмен кедергілік күйін сақтайды. **Симистор** деп аталатын (59-сурет) **қарсы-параллель** қосылған екі тиристордың функцияларын орындауға арналған. Симистор күйінің өзгеруі қолданылатын кернеудің екі полярлығында да жүреді, бұл екі бағытта да ток өткізуге мүмкіндік береді. Симисторлар негізінен үлкен токтар мен кернеулерге арналған триодты тиристорларды қосу үшін қолданылады.

симистор



59-сурет

6.1.2. Тәжірибелік бөлім

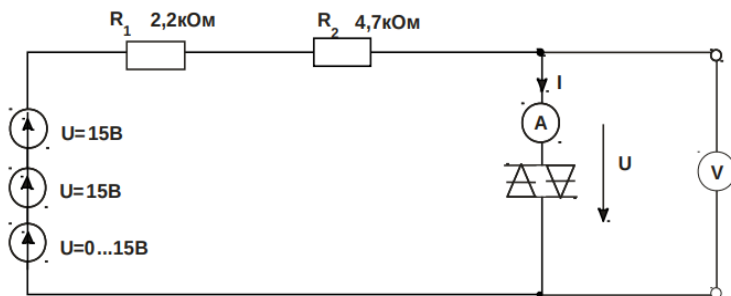
1-тапсырма

Симистордың статикалық сипаттамасын алып тастаңыз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- Схемаға сәйкес тізбекті жинаңыз (60-сурет). Егер сіз виртуалды құрылғыларды қолдансаңыз, өлшеу кезеңін 0,02 с етіп орнатыңыз.

• Реттелетін кернеу көзінің кернеуін біртіндеп арттыра отырып, симистордың босату кернеуін анықтаңыз (бұл ең үлкен кернеу, онда ток әлі де нөлге тең, кернеу көздің одан әрі жоғарылауымен ток секіріп үлкейеді, ал симистордағы кернеу секіріп азаяды). $U_{отт}$ мәнін 20-кестеге жазыңыз.



60-сурет

• Реттелетін кернеу көзінің кернеуін біртіндеп азайту арқылы симистордың ұстап тұру тогын анықтаңыз (бұл симистордың әлі де қосылы болатын ең кіші ток мәні, одан әрі кернеуі көзінің төмендеу кезінде ток нөлге дейін төмендейді, ал симистордағы кернеу секіріп өседі). $I_{уд}$ мәнін 20-кестеге жазыңыз.

• Реттелетін кернеу көзінің мәнін өзгерту арқылы 20-кестеде көрсетілген ток мәндерін кезекпен орнатыңыз және оған сәйкес симистордағы кернеулерді жазыңыз.

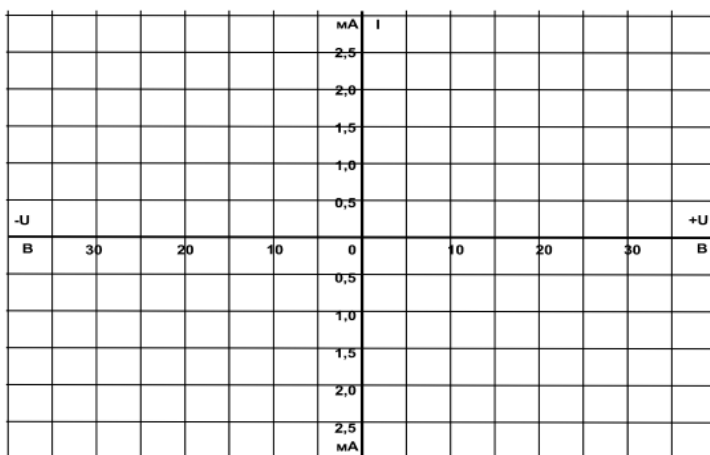
• Симистордың кері полярлығы үшін өлшеулерді қайталаңыз және нәтижелерді 21-кестеге енгізіңіз.

20-кесте

+I, mA	$I_{уд} =$ mA	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
+U, B	$U_{отт} =$ B							

-I, мА	$I_{уд} =$ мА	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	
-U, В	$U_{отп} =$ В							

- Графикте (61-сурет) токтың кернеуге тәуелділік қисығын құрыңыз.



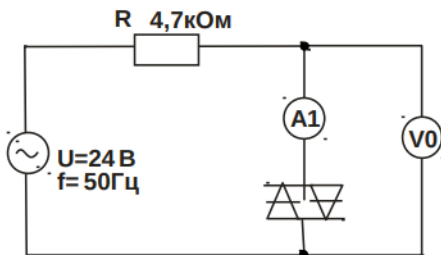
61-сурет

2-тапсырма

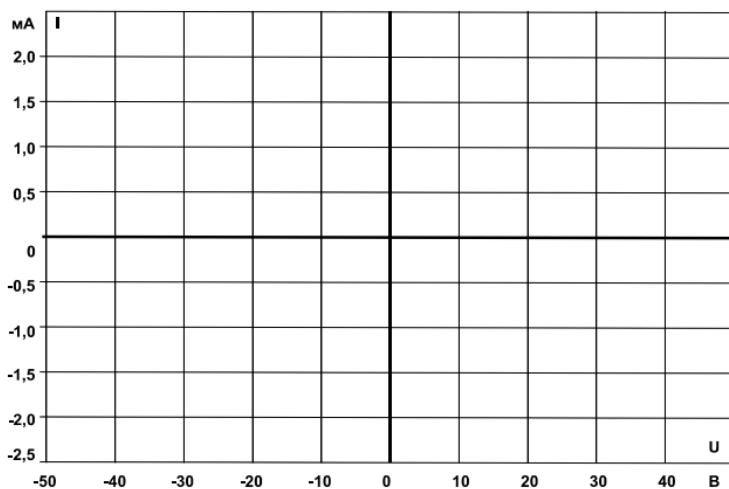
Осциллографты пайдалана отырып, симистордың динамикалық сипаттамасын түсіру.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- 62-суретте көрсетілген тізбекті жинаңыз.
- V_0 , A_1 және «Осциллограф» виртуалды құрылғыларын қосыңыз. Осциллографта ХҮ режимін қосыңыз (кіріс х-арна 3, кіріс Y – арна 1).
- Графикте (63-сурет) осциллограф мониторында алынған сипаттаманы көрсетіңіз және оны статикалық сипаттамамен салыстырыңыз.



62-сурет



63-сурет

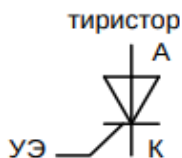
1-сұрақ: Симистордың ашылуы үшін кернеуінің мәні қандай болу қажет (64-сурет бойынша)?

Жауап:

6.2. Триодты тиристор

6.2.1. Жалпы мәліметтер

Триодтық тиристорлар, әдетте жай тиристорлар деп аталады (64-сурет), олардың **р-п-р-п** төрт қабаты бар, олардың біреуі сыртқы басқару электродына (УЭ) қосылған. Бұл тиристордың катод (К) / анод (а) тізбегін ашылмаған күйге келтіруге мүмкіндік береді.



64-сурет

Тиристорды катод-анод кернеуімен ашық күйге де аударуға болады. Алайда, бұл әдісті, мүмкін болса, тиристорды бұзбау үшін пайдаланбау керек.

Тиристор босатылған кезде, басқару электродындағы кернеу өшірілген кезде де өткізгіш күйді сақтайды. Катод $\varnothing$ анод тізбегі анод тогы минималды мәннен (I_{UD} ұстап тұру тогы) төмендеген кезде құлыпталған күйге оралады.

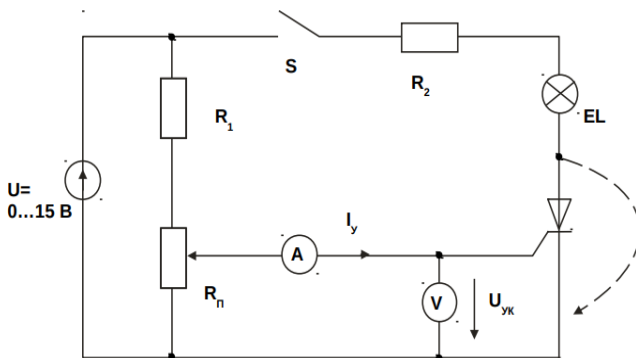
6.2.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Тиристордың басқару электродының / катодының басқару тогына және анод тогына тізбек кернеуінің әсерін зерттеңіз. Сонымен қатар, тиристорды құлыптау процесін зерттеңіз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- 65-суретте көрсетілгендей тізбекті жинаңыз және 15 В болатын максималды кернеуді өткізіңіз, кернеу басқару кезінде электрод/катод $A = 0$ В. U_{UK} кернеуін арттырыңыз және мультиметрмен I_U басқару тогының тиісті мәндерін өлшеңіз. Өлшеу деректерін 22-кестеге енгізіңіз. Тиристор U_{UK} қандай кернеуде ашылғанын қадағалаңыз және жазып алыңыз (шам жаған кезде).



65-сурет

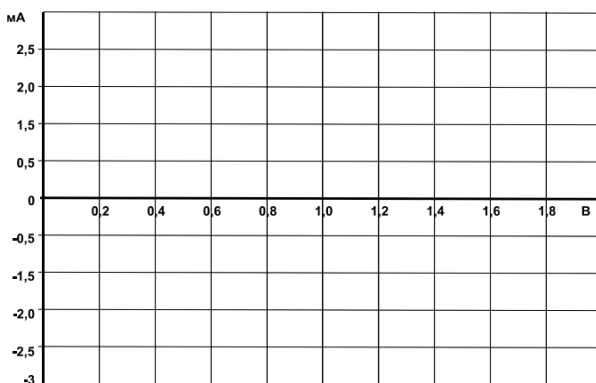
- U_{yk} кернеуін нөлге дейін төмендетіп, I_y мәндерін 22-кестесіне қайта жазыңыз.
- 66-суретте кернеуді артқан және азайған кезінде I_y (U_{yk}) графиктерін құрастырыңыз. Графикте $U_{отп}$ кернеуі мен $I_{отп}$ тогын белгілеңіз.

22-кесте

U_{yk}, B	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8
I_{y1}, mA										
I_{y2}, mA										

I_{y1}^* – ұлғайған кезде U_{yk} , I_{y2}^* – азайған кезде.

- Басқару кернеуінің нөлге дейін төмендеуі тиристордың өшуіне әкелмейтініне көз жеткізіңіз және оны құлыптау үшін тізбекті қысқа уақытқа ұзу керек (s косқышын өшіру) немесе тиристорды өшіру керек (диаграммада нүктелі сызықпен көрсетілген) немесе токты ұстап тұру тогынан аз мәнге дейін төмендетіңіз.

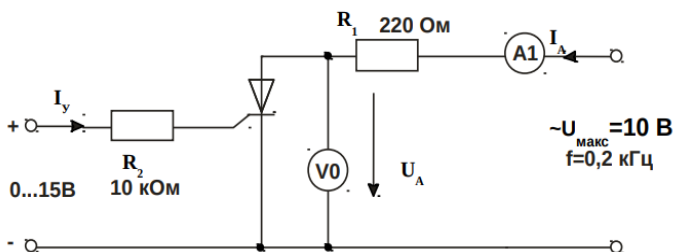


66-сурет

• $I_{уд}$ ұстау тогын анықтаңыз. Мұны істеу үшін миллиамметрді жүктеме тізбегіне ауыстырып, нөлдік басқару тогын жүктеме тогы нөлге түскенше дейін қуат кернеуін біртіндеп төмендегіңіз. Осы токтың секіріп төмендеуінен бұрын токтың соңғы мәнін – ұстап тұру тогы:

$$I_{уд} = \dots\dots\dots \text{mA}.$$

• Тізбекті 67-суреттегідей жинаңыз, осциллографтың (виртуалды немесе электронды) көмегімен тиристордың I_A (U_{AK}) вольтамперлік сипаттамасын алу үшін. Синусоидалы кернеудің максималды амплитудасын және тұрақты кернеудің максималды мәнін 15 В орнатыңыз.

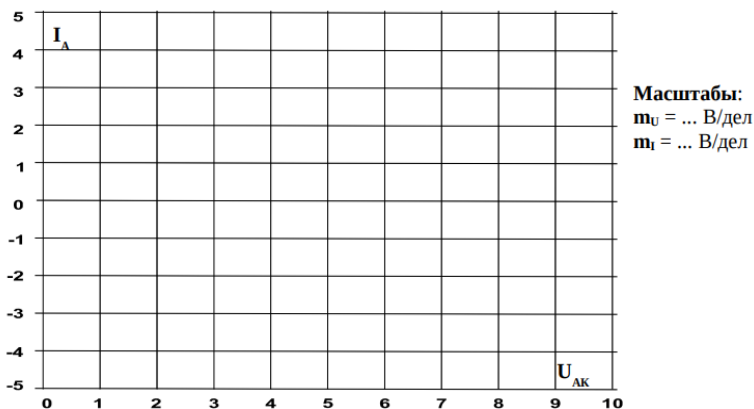


67-сурет

- Виртуалды осциллографты қосыңыз және экранда тиристордағы бір немесе екі токтың периодымен кернеудің суретін алыңыз.

- Басқару кернеуін азайту және арттыру арқылы тиристордың өшірілгеніне көз жеткізіңіз (ток нөлге айналады, ал тиристордағы кернеу синусоидалы болады) және қосылады (оң жарты толқын пайда болады, ал кернеу тек теріс жарты толқынға ие болады). Қажет болса, 10 кОм резисторды 4,7 кОм резисторымен ауыстырыңыз. Басқару тогы минималды босату тогына жақын болған кезде, анод кернеуінің жоғарылауымен тиристордың қосылуын байқауға болады.

- Осциллографта ХУ режимін қосыңыз (Х кірісі бойынша V0 арнасы және Y кірісі бойынша A1 арнасы), экранда I_A (U_{AK}) вольтампер сипаттамасының суретін салыңыз. Басқару тогының жоғарылауы мен азаюы кезінде оның өзгеруін қадағалаңыз және оның графигін $I_U > I_{отп}$ и $I_U < I_{отп}$ кезінде қайта салыңыз (68-сурет). Масштабты көрсетіп кетуді ұмытпаңыз.



68-сурет

1-сұрақ: Босатылған тиристор электр тізбегінің кернеуі катодты басқару электродынан ажыратылған кезде құлыптала ма?

Жауап:

2-сұрақ: Тізбектегі ажыратқышты ашқан кезде ашылған тиристормен не болады (69-сурет), егер $U_{УК} > U_{отп}$? Егер $U_{ЭК} < U_{отп}$?

Жауап:

3-сұрақ: Тиристор қалай әрекет етеді, егер 69-суреттегідей тізбекте болса және тұрақты кернеудің орнына $U_{УК} > U_{отп}$ кезінде синусоидальды кернеуді қолдану керек пе? Ал $U_{УК} < U_{отп}$ болса ше?

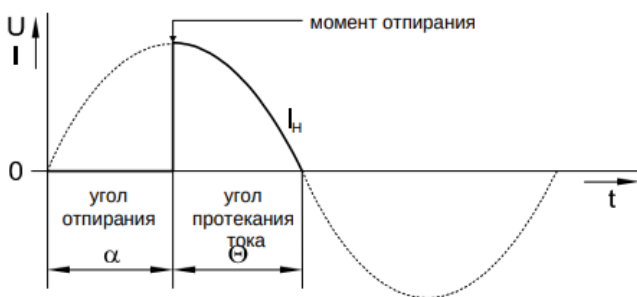
Жауап:

$U_{УК} = 0...0,5 \text{ В}$?

6.3. Тиристордың фазалық басқарылуы

6.3.1. Жалпы мәліметтер

Фазалық басқару әдісімен тиристордың басқару кезінде тиристордың электродына қысқа кернеу импульстері беріледі, қолданылатын кернеудің жарты толқынының белгілі бір нүктесінде ашылатыны тиристор. Тиристордағы ток нөлден өткен кезде автоматты түрде құлыпталады. Ашу нүктесінің (фазалық бұрышының) өзгеруі жүктеме тогының жартылай кезеңіндегі орташа мәннің өзгеруіне әкеледі (68-сурет).



69-сурет

Бұл жұмыста тиристорлы түзеткіш ток реттегіші зерттеледі. **E1** қыздыру лампы мен **R1** қосымша резисторынан тұратын жүктемелі қатар, импульстік генератордан басқарылатын **V1** тиристоры қосылған.

Импульстік **VT** генераторы бір өткелді транзисторының базасында жасалады. Жабық тиристордың анодына жартылай кернеу берілген кезде **C** конденсаторы **R₂**, **R_p** және **R₃** кедергілері арқылы зарядталады. Конденсатордағы кернеу **0,7...0,8 U_{ст}** мәніне жеткенде, транзистор ашылып, конденсатор **эмиттер – база – басқарушы электрод-тиристордың катоды**, тізбек бойынша разрядталады. Тиристор ашылады, жүктеме арқылы ток ағынына тізбек жасайды және сонымен бірге импульс генераторын айналып өтеді. **L** индуктивтілігі конденсатордың разряд тізбегінде тербелмелі тізбек құруға және бір өтпелі транзисторды нақты құлыптауға қызмет етеді. Конденсатордың заряд жылдамдығы және оған байланысты, тиристор анодына оң кернеуді беру сәтіне қатысты ашылатын импульсті берудің кідірісі **R_p** потенциометрмен реттеледі.

6.3.2. Тәжірибелік бөлім

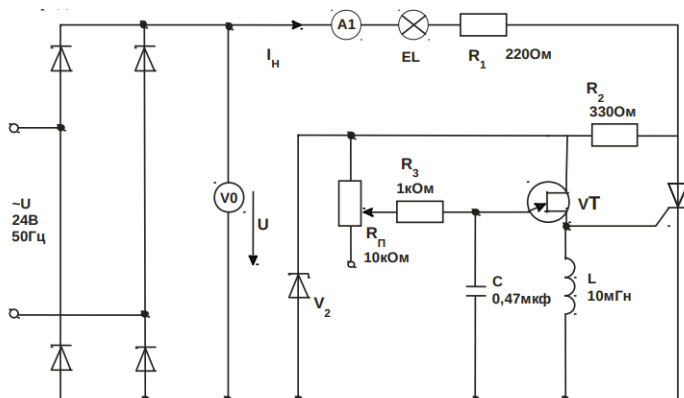
Тапсырма

Тиристордың басқару тізбегіндегі бір транзисторлы басқарылатын түзеткіш ретіндегі қасиеттерін өлшеңіз және зерттеңіз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

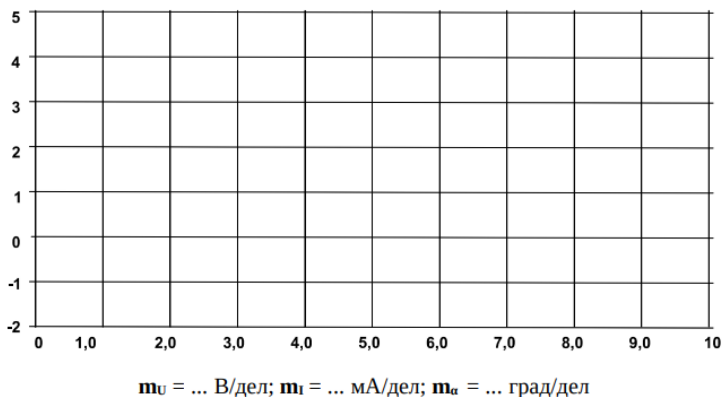
- Схемаға сәйкес тізбекті жинаңыз (70-сурет) және осы тізбектің кірісіне **24 В**, **50 Гц** синусоидалы кернеуді қосыңыз. Жүктеме тізбегіндегі тоқты және тиристордың ашылуының кідіріс бұрышын өлшеу үшін **V0**, **A1** виртуалды құрылғыларын және виртуалды осциллографты қосыңыз. Өлшенетін шаманың түрін белгілеуді ұмытпаңыз – «орташа мәні».

Кернеу генераторының блогын қосыңыз, осциллографты орнатыңыз және потенциометр тұтқасын бұрап, тиристордың ашылуының кідіріс бұрышы мен түзетілген токтың орташа мәні реттелетініне көз жеткізіңіз.



70-сурет

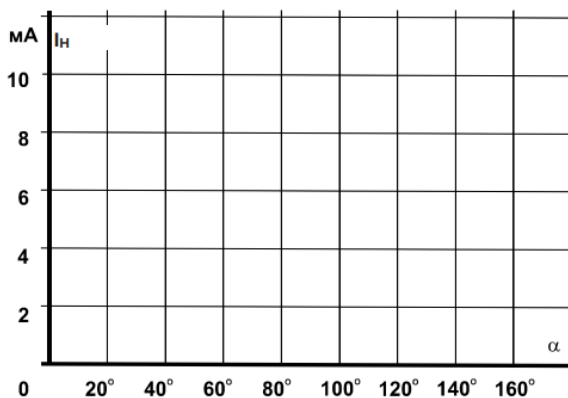
Потенциометрдің бір позициясында түзетілген кернеу мен ток қисықтарын қайта сызыңыз (71-сурет). Масштабты анықтаңыз және жазыңыз.



71-сурет

• Ашудың кідіріс бұрышын мүмкін болатын ең аз мәннен максимумға дейін өзгерте отырып, $I_H(\alpha)$ тәуелділігін алып жазып алыңыз, өлшеу нәтижелерін 23-кестеге және 72-суретке енгізіп, график құрыңыз.

Ескерту: Мүмкін болатын ең аз α бұрышын азайту үшін $C = 0,47 \text{ мкФ}$ конденсаторын $0,1 \text{ мкФ}$ конденсаторына ауыстырыңыз.



72-сурет

23-кесте

$\alpha, ^\circ$	18	36	72	108	144	180
I_H, mA						

1-сұрақ: Тиристордың ашылу бұрышы жоғарылаған кезде жүктеме тогы қалай өзгереді?

Жауап:

7. ЛОГИКАЛЫҚ ЭЛЕМЕНТТЕР

Кіріспе.

Логикалық (екілік) **элементтер**, екілік көрінісі бар цифрлық сигналдармен әртүрлі логикалық операцияларды орындау үшін қолданылады. Екілік тізбектердің маңызды ерекшелігі, ол тек кернеу шамасын қатты қарастырмай, екілік сигналдарды қарастырады. Кернеулер мен екілік сигналдар арасындағы сәйкестікті ерікті түрде орнатуға болады. Көбінесе дискретті сигналдар қолданылады, олардың нөлдік мәні төмен электрлік потенциал деңгейіне, ал бірлік мәні жоғары потенциал деңгейіне (оң немесе теріс) сәйкес келеді. Басқа да сәйкестік болуы мүмкін.

Логикалық элементтердің қасиеттері буль алгебрасының ережелеріне бағынады. Бұл, атап айтқанда, логикалық қақпалардың кіріс айнымалылары кіші әріптермен, ал шығыс айнымалылары бас әріптермен белгіленуі керек дегенді білдіреді.

Негізгі логикалық (логикалық) функциялар келесідей:

1. **AND** функциясы (**Және**) – конъюнкция (логикалық көбейту).

2. **OR** функциясы (**Немесе**) – дизъюнкция (логикалық қосу).

3. **NOT** функциясы (**Емес**) – инверсия (логикалық терістеу)

Тағы да қосымша комбинациялар бар:

- функция **NOT AND** (**Және–Емес**),
- функция **NOT OR** (**Немесе–Емес**) және т.б.

7.1. Логикалық элемент AND (Және)

7.1.1. Жалпы ақпарат

Және элементі бірнеше кірісі мен 1 ғана шығысы бар. Осы логикалық элементтің барлық кірістері 1 болғанда ғана шығыс 1 болады. Оның белгіленуі 73, а-суретінде көрсетілген.

7.1.2. Тәжірбиелік бөлім

Тапсырма

Келесіде көрсетілгендей, сигналды салыстыру арқылы үш кірісі бар ЖӘНЕ элементінің қасиеттерін зерттеңіз.

0 В = сигнал 0 = төмен потенциал деңгейі;

+ 15 В = сигнал 1 = жоғары потенциал деңгейі;

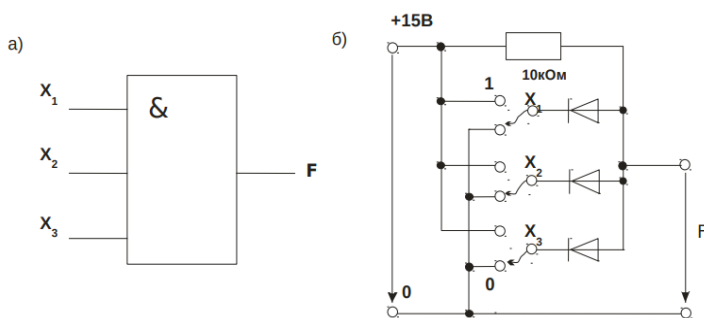
Тәжірибе жасау тәртібі

- Тізбекті схеманы жинаңыз (73, б-сурет)

0 В = сигнал 0 = төмен потенциал деңгейі;

+ 15 В = сигнал 1 = жоғары потенциал деңгейі;

24-кестеде көрсетілгендей x_1 , x_2 және x_3 кірістеріне сәйкес шығыс мәндерін (0/1) кестеге жазыңыз.



73-сурет

24-кесте

Кіріс сигнал			Шығыс сигнал
x_1	x_2	x_3	F
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Ескерту: Ашық қақпа кірістерінде белгілі бір сигнал күйі болмайды. Сондықтан ашық кірістері бар шығыс айнымалысының күйлері ешқандай нақты ақпаратты тасымалдамайды.

1-сұрақ: Және элементі операциясының формуласы қандай?

Жауабы:

2-сұрақ: «Және» шығыс сигналының мәні қай кезде 1-ге тең болады?

Жауабы:

7.2. Логикалық элемент OR (Немесе)

7.2.1. Жалпы ақпарат

Немесе элементі бірнеше кірісі мен 1 ғана шығысы бар. Осы логикалық элементтің барлық кірістері 1 болғанда ғана шығыс 1 болады. Оның белгіленуі 74, а-суретінде көрсетілген.

7.2.2. Тәжірбиелік бөлім

Тапсырма

Келесі де көрсетілгендей сигналды салыстыру арқылы үш кірісі бар НЕМЕСЕ элементінің қасиеттерін зерттеңіз.

0 В = сигнал 0 = төмен потенциал деңгейі;

+ 15 В = сигнал 1 = жоғары потенциал деңгейі;

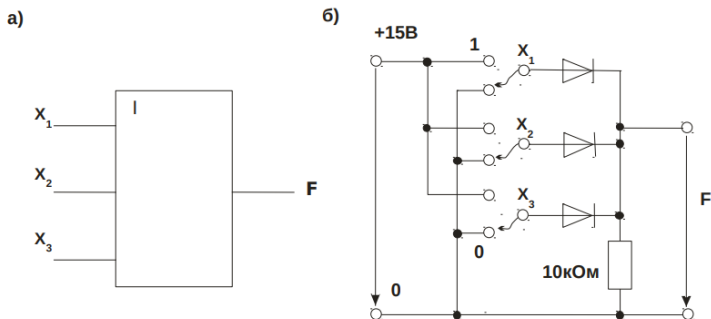
Тәжірбие жасау тәртібі

- Тізбекті схеманы жинаңыз (74, б-сурет)

0 В = сигнал 0 = төмен потенциал деңгейі;

+ 15 В = сигнал 1 = жоғары потенциал деңгейі.

24-кестеде көрсетілгендей x_1 , x_2 және x_3 кірістеріне сәйкес шығыс мәндерін (0/1) кестеге жазыңыз.



74-сурет

25-кесте

Кіріс сигнал			Шығыс сигнал
x_1	x_2	x_3	F
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Ескерту: Ашық қақпа кірістерінде белгілі бір сигнал күйі болмайды. Сондықтан ашық кірістері бар шығыс айнымалысының күйлері ешқандай нақты ақпаратты тасымалдамайды.

1-сұрақ: Немесе элементі операциясының формуласы қандай?

Жауабы:

2-сұрақ: «Немесе» шығыс сигналының мәні қай кезде 1-ге тең болады?

Жауабы:

7.3. Логикалық элемент NOT (ЕМЕС)

7.3.1. Жалпы ақпарат

Логикалық элементтер кіріс сигналын жоққа шығармайды, яғни олар 1 сигналды 0 сигналға және керісінше түрлендіреді. Оларда әрқашан бір кіріс және бір шығыс болады. Сандық инверторлық логикалық құрылғыларда басқа элементтермен бірге қолданылады. **ЕМЕС** элемент таңбасы 75, а-суретте көрсетілген.

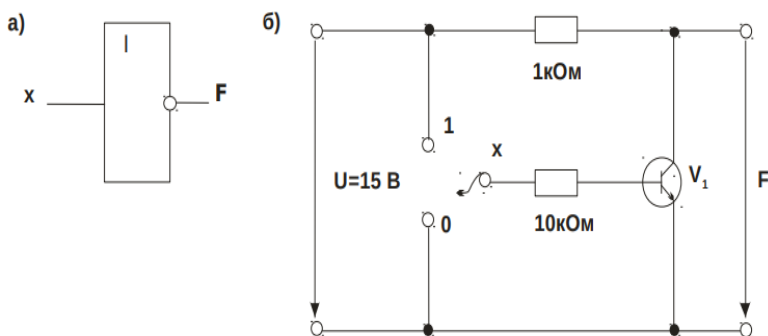
7.3.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Қажетті өлшемдерді жүргізгеннен кейін **Емес** элементінің қасиеттерін зерттеңіз.

Тәжірбие жасау тәртібі

- Тізбекті сызба бойынша жинаңыз (75-сурет). Алдымен кіріске 0 В (0 сигнал), содан кейін +15 В (1 сигнал) беріңіз. Кестеге шығыс сигналының сәйкес мәндерін (1/0) енгізіңіз (26-кесте).



74-сурет

Кіріс сигнал	Шығыс сигнал
x	F
0	
1	

1-сұрақ: Емес элементі операциясының формуласы қандай?

Жауабы:

7.4. Логикалық элемент NOT AND (ЖӘНЕ-ЕМЕС)

7.4.1. Жалпы ақпарат

ЖӘНЕ-ЕМЕС элементі «ЖӘНЕ» және «ЕМЕС» элементтері арқылы сүйемелденеді. ЖӘНЕ-ЕМЕС элементтері цифрлық тізбектерде пайдалану үшін қолайлы, өйткені барлық негізгі тізбектерді (ЖӘНЕ, НЕМЕСЕ және ЕМЕС) осы элемент арқылы модельдеуге болады.

ЖӘНЕ-ЕМЕС элементінің таңбасы және оның функционалды эквиваленті 74, а және 75-суреттерінде көрсетілген.

7.4.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Өлшеу кезінде келесі сигнал сәйкестігімен үш кірісі бар ЖӘНЕ-ЕМЕС элементтерінің қасиеттерін зерттеңіз.

0 В = сигнал 0 = төмен потенциал деңгейі;

+ 15 В = сигнал 1 = жоғары потенциал деңгейі.

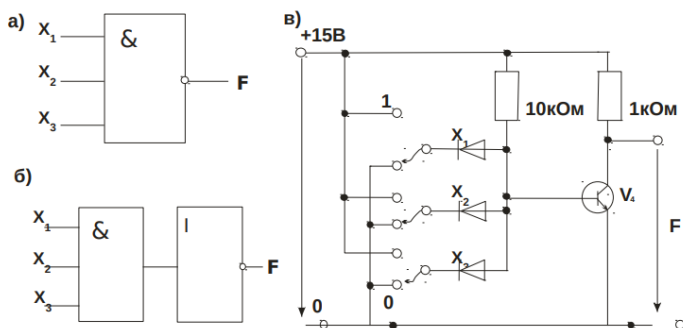
Тәжірибе жасау тәртібі

- Тізбекті схеманы жинаңыз (75, в-сурет). Ретін көрсетіңіз.

0 В = сигнал 0 = төмен потенциал деңгейі;

+ 15 В = сигнал 1 = жоғары потенциал деңгейі

27-кестеде көрсетілгендей а, b және c кірістеріне сәйкес шығыс мәндерін (0/1) кестеге жазыңыз.



75-сурет

27-кесте

Кіріс сигнал			Шығыс сигнал
x_1	x_2	x_3	F
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Ескерту: Ашық қақпа кірістерінде белгілі бір сигнал күйі болмайды. Сондықтан ашық кірістері бар шығыс айнымалысының күйлері жеке ақпаратты тасымалдамайды.

1-сұрақ: Және-Емес элементі операциясының формуласы қандай?

Жауабы:

2-сұрақ: «ЖӘНЕ-ЕМЕС» шығыс сигналының мәні қай кезде 0-ге тең болады?

Жауабы:

7.5. Логикалық элемент NOT AND (Немесе-ЕМЕС)

7.5.1. Жалпы ақпарат

HEMЕСE-EMEC элементі «HEMЕСE» элементімен және «EMEC» элементі арқылы сүйемелденеді. HEMЕСE-EMEC элементтері цифрлық тізбектерде пайдалану үшін қолайлы, өйткені барлық негізгі тізбектерді (ЖӘНЕ, HEMЕСE және EMEC) осы элемент арқылы модельдеуге болады.

HEMЕСE-EMEC элементтерінің таңбасы және оның функционалды эквиваленті 76, а және 77, б-суреттерінде көрсетілген.

7.5.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Өлшеу кезінде келесі сигнал сәйкестігімен үш кірісі бар HEMЕСE EMEC элементінің қасиеттерін зерттеңіз.

0 В =сигнал 0 =төмен потенциал деңгейі;

+ 15 В = сигнал 1= жоғары потенциал деңгейі.

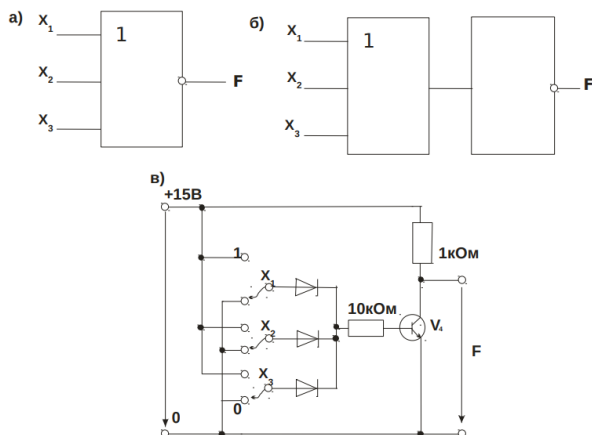
Тәжірибе жасау тәртібі

- Тізбекті схеманы жинаңыз (77, в-сурет). Ретін көрсетіңіз.

0 В =сигнал 0 =төмен потенциал деңгейі;

+ 15 В = сигнал 1= жоғары потенциал деңгейі

28-кестеде көрсетілгендей а, б және с кірістеріне сәйкес шығыс мәндерін (0/1) кестеге жазыңыз.



77-сурет

28-кесте

Кіріс сигнал			Шығыс сигнал
x_1	x_2	x_3	F
0	0	0	
0	0	1	
0	1	0	
0	1	1	
1	0	0	
1	0	1	
1	1	0	
1	1	1	

Ескерту: Ашық қақпа кірістерінде белгілі бір сигнал күйі болмайды. Сондықтан ашық кірістері бар шығыс айнымалысының күйлері жеке ақпаратты тасымалдамайды.

1-сұрақ: НЕМЕСЕ-Емес элементі операциясының формуласы қандай?

Жауабы:

2-сұрақ: «НЕМЕСЕ-ЕМЕС» шығыс сигналының мәні қай кезде 0-ге тең болады?

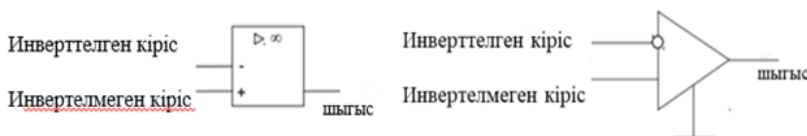
Жауабы:

8. ОПЕРАЦИЯЛЫҚ КҮШЕЙТКІШТЕР

Кіріспе.

Операциялық күшейткіш – жоғары резистивті дифференциалды кірісі (екі кіріс шығысы) және өте жоғары пайдасы бар тамаша күшейткіш. Шын мәнінде, транзисторларда орындалатын көптеген электрондық құрылғыларды жұмыс күшейткіштерінде де қолдануға болады.

Шартты белгісі:



78-сурет. Операциялық күшейткіштер

Қайтарылмайтын кіріске беру кезінде шығыс сигналының өсуі белгі (фаза) бойынша кіріс сигналының өсуімен сәйкес келеді. Егер сигнал инверторлық кіріске берілсе, онда шығыс сигналының өсуі кері белгіге ие болады (фазаға қарама-қарсы). Екі кіріс сигналына сигнал берілген кезде, шығу сигналы

$$U_{\text{шығ}} = v (U_1 - U_2),$$

тең болады. Мұндағы $v \rightarrow \infty$ – операциялық күшейткіштің күшейту коэффициенті;

U_1 және U_2 – сәйкесінше инвертелмеген және инвертелген кірістердегі сигнал.

Операциялық күшейткіштің кіріс кедергісі өте үлкен ($R_{\text{вх}} \rightarrow \infty$), сондықтан есептеу кезінде кіріс тогы нөлге тең деп саналады.

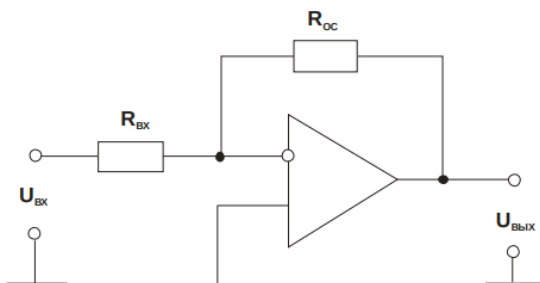
Жұмыс күшейткішінің шығыс кедергісі өте аз ($R_{\text{вых}} \rightarrow 0$), сондықтан күшейткіштің жүктеме тогы оның шығу кернеуіне әсер етпейді.

Инверторлық кіріс көбінесе операциялық күшейткішке сыртқы кері байланысты енгізу үшін қолданылады.

8.1. Инверторлық күшейткіш

8.1.1. Жалпы мәліметтер

Инверторлық күшейткіш – бұл кіріс кернеуін қарама-қарсы полярлықтың шығыс кернеуіне түрлендіретін құрылғы. Синусоидалы кернеу жағдайында кіріс және шығыс сигналдары арасында 180° фазалық ығысу пайда болады. Инверторлық күшейткішті кіріс сигналын күшейту немесе босату үшін пайдалануға болады. Оның схемалық диаграммасы 79-суретте көрсетілген.



79-сурет

Пайда коэффициенті тең болады:

$$\nu = - U_{шығ} / U_{кір} = - R_{ОС} / R_{кір}.$$

Есептеулерді жеңілдету үшін келесі болжамдар жасалады:

- Модуляция ауқымында екі кіріс арасындағы потенциалдар айырмасы 0-ге тең;
- Күшейткіштің кіріс тогы – 0-ге тең.

Күшейту коэффициенті $\nu = - 1$ ($R_{ОС} = R_{ВХ}$ болған кезде), яғни, кіріс және шығыс сигналдарының амплитудасы тең.

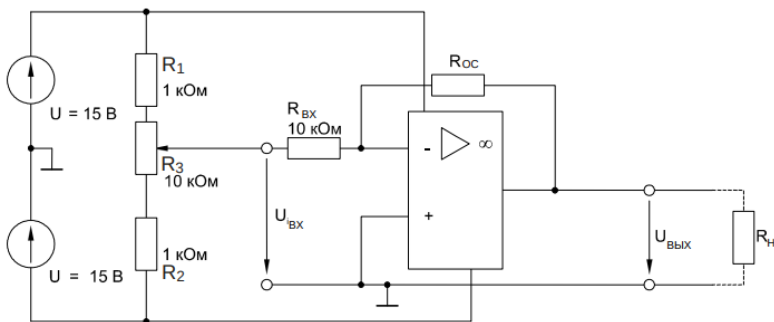
8.1.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Шығыс кернеуінің кіріс кернеуіне тәуелділігін көрсететін қисық сызыңыз, жүктеме кедергісінің Шығыс кернеуіне әсерін зерттеңіз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- 80-суретте көрсетілгендей тізбекті жинаңыз. Мультиметрдің көмегімен 29-кестеге сәйкес R_{oc} теріс кері байланысының әртүрлі кедергісі және $U_{вх}$ кіріс кернеулері кезінде $U_{вых}$ шығыс кернеуінің шамаларын өлшеңіз.

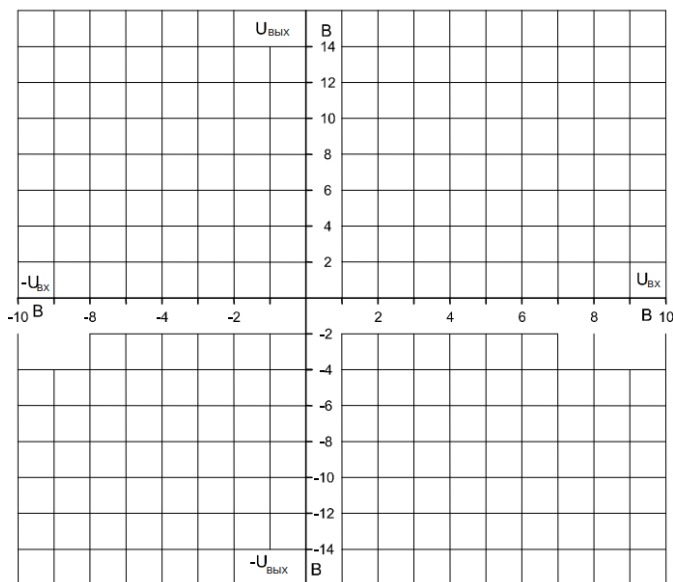


80-сурет

29-кесте

$U_{к\text{іріс}}, \text{В}$	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10
$U_{\text{шығ}}, R_{oc}=10\text{кОм}$											
$U_{\text{шығ}}, R_{oc}=22\text{кОм}$											
$U_{\text{шығ}}, R_{oc}=47\text{кОм}$											

- Өлшеу нәтижелерін 29-кестеге енгізіңіз. R_{oc} теріс кері байланысының әртүрлі кедергілері кезінде кіріс $U_{вх}$ -тан $U_{вых}$ шығыс кернеуінің тәуелділік графиктерін құрыңыз (81-сурет).



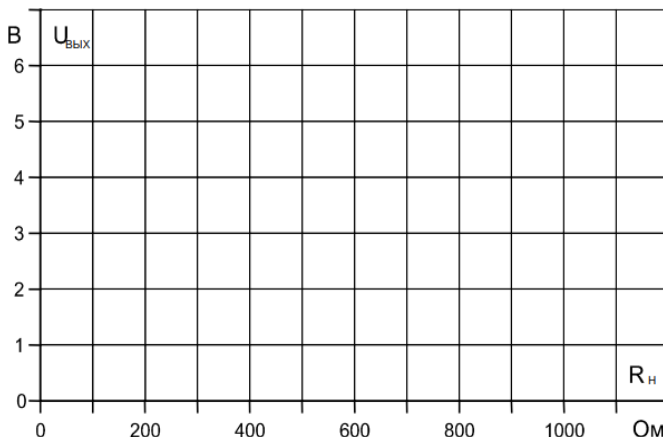
81-сурет

• Жүктеме кедергісінің әсерін зерттеу үшін кіріс кернеуін $U_{\text{кір}} = -5 \text{ В}$, ал $R_{\text{ос}} = R_{\text{кір}} = 10 \text{ кОм}$ орнатыңыз. 30-кестеге сәйкес әртүрлі жүктеме кедергісін күшейткіштің шығысына қосыңыз және нәтижесінде пайда болған $U_{\text{кір}}$ кернеуінің мультиметрімен өлшеңіз.

30-кесте

$R_{\text{н}}, \text{ Ом}$	1000	680	470	330	220	100	47
$U_{\text{шығ}}, \text{ В}$							

• Өлшенген шамаларды 30-кестеге енгізіп, содан кейін $U_{\text{шығ}}$ шығыс кернеуінің тәуелділік қисығы, жүктеме кедергісін $R_{\text{н}}$ графикке салыңыз (82-сурет).



82-сурет

1-сұрақ: $U_{\text{шығ}}$ кернеуімен салыстырғанда инверторлық күшейткіштің $U_{\text{кір}}$ кіріс кернеуінің полярлығы қандай?

Жауап:

2-сұрақ: Инверторлық күшейткіштің v пайдасын қандай компоненттер анықтайды?

Жауап:

3-сұрақ: $R_{\text{ос}} = 100 \text{ кОм}$ және $R_{\text{кір}} = 10 \text{ кОм}$ болған кезде күшейту коэффициентінің шамасы қандай?

Жауап:

3-сұрақ: 82-суреттегі сипаттамаға қатысты қандай мәлімдеме жасауға болады?

Жауап:

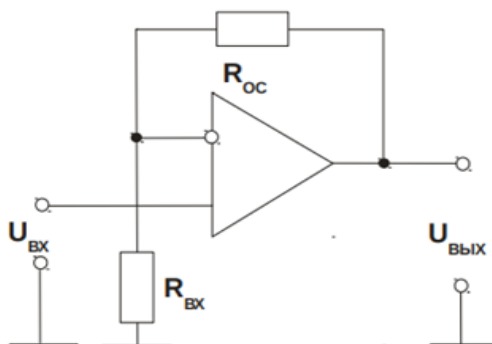
8.2. Айырбасталмайтын күшейткіш

8.2.1. Жалпы мәліметтер

Инверсиясыз жұмыс күшейткішінде кіріс және шығыс кернеулері бірдей полярлыққа ие, яғни кернеудің фазалық ығысуы 0° -қа тең.

Схемада көрсетілгендей (83-сурет), кіріс кернеуі айырбасталмайтын кіріске беріледі. Күшейткіштің модуляция диапазонында екі кіріс арасындағы потенциалдық айырмашылық 0-ге тең. Күшейту коэффициенті мына формула бойынша есептеледі:

$$v = U_{\text{шығ}} / U_{\text{кір}} = 1 + R_{\text{ос}} / R_{\text{кір}}.$$



83-сурет

8.2.2. Тәжірибелік бөлім

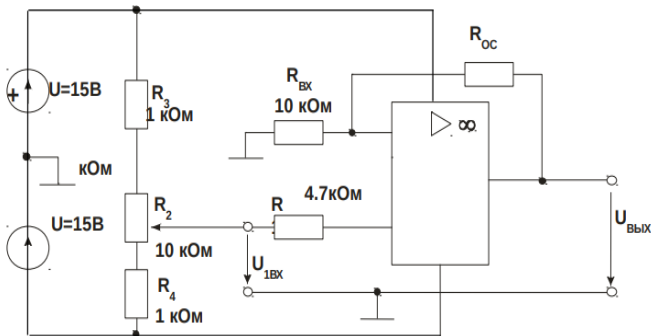
Тапсырма

Теріс кері байланыс кедергісінің әртүрлі мәндерінде шығыс кернеуінің кіріс кернеуіне тәуелділік қисықтарын құрыңыз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- 84-суретте көрсетілгендей тізбекті жинаңыз. Мультиметрдің көмегімен 31-кестеге сәйкес $R_{\text{ос}}$ теріс кері байланысының әртүрлі кедергісі және $U_{\text{ВХ}}$ кіріс кернеулері кезінде $U_{\text{ВЫХ}}$ шығыс кернеуінің шамаларын өлшеңіз.

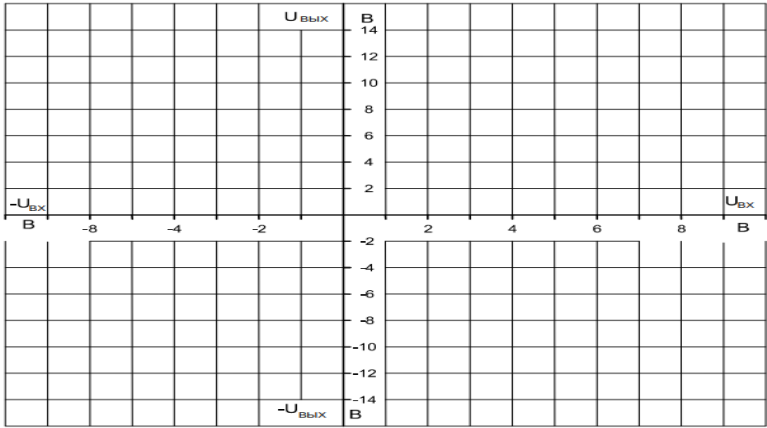
- Өлшеу нәтижелерін 31-кестеге енгізіңіз. $R_{\text{ос}}$ теріс кері байланысының әртүрлі кедергілері кезінде кіріс $U_{\text{кір}}$ -тан $U_{\text{шығ}}$ шығыс кернеуінің тәуелділік графиктерін құрыңыз (85-сурет).



84-сурет

31-кесте

$U_{\text{кпр}}, \text{В}$	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10
$U_{\text{шығ}}, R_{\text{ос}}=10\text{кОм}$											
$U_{\text{шығ}}, R_{\text{ос}}=22\text{кОм}$											
$U_{\text{шығ}}, R_{\text{ос}}=47\text{кОм}$											



85-сурет

1-сұрақ: Күшейткіштің қандай компоненттері күшейту коэффициентін анықтайды?

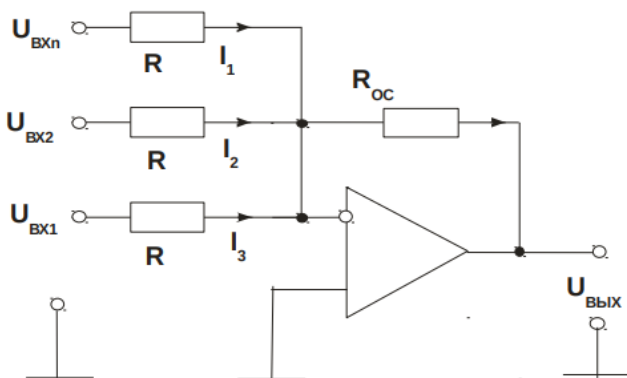
Жауап:

8.3. Операциялық жиынтық күшейткіш

8.3.1. Жалпы мәліметтер

Жиынтық күшейткіш кез келген қажетті кернеу санын олардың белгілерін ескере отырып, аналогтық түрде қосады.

Негізінде, жиынтық күшейткіштерді резисторларға салуға болады. Бұл тәсілдің бір кемшілігі – кіріс резисторлары бір-бірімен гальваникалық түрде шешілмейді.



86-сурет

Инверторлық қосқыштың схемалық диаграммасы 86-суретте көрсетілген. Егер кіріс кернеуі тек бірінші кіріске берілсе, онда бізде инвертор бар.

$$v = - R_{oc} / R_{шығ1} = U_{шығ} / U_{кір} \text{ және } U_{шығ} = \frac{R_{oc}}{R} U_{шығ1}.$$

Басқа кірістердің болуы кез келген кіріс үшін пайдаға әсер етпейтінін атап өткен жөн, өйткені 0 нүктесінің жер потенциалы бар (жұмыс күшейткішінің кірістері арасындағы потенциалдар айырмасы әрқашан нөлге тең). Мысалы, егер барлық кірістерге кернеу берілсе, онда әрбір кіріс резисторында $I_n = U_{\text{шығп}} / R$ тогы пайда болады, ал токтардың қосындысы кері байланыс резисторы арқылы өтеді, өйткені операциялық күшейткіштің кіріс тогы әрқашан нөлге тең болады:

$$I_{\text{OC}} = - \frac{1}{R} (U_{\text{BX1}} + U_{\text{BX2}} + \dots + U_{\text{BXn}}).$$

Нәтижесінде күшейткіштің шығу кернеуі

$$U_{\text{ВЫХ}} = - \frac{R_{\text{OC}}}{R} (U_{\text{BX1}} + U_{\text{BX2}} + \dots + U_{\text{BXn}}).$$

$R_{\text{OC}} = R$ болған кезде:

$$U_{\text{ВЫХ}} = - (U_{\text{BX1}} + U_{\text{BX2}} + \dots + U_{\text{BXn}}).$$

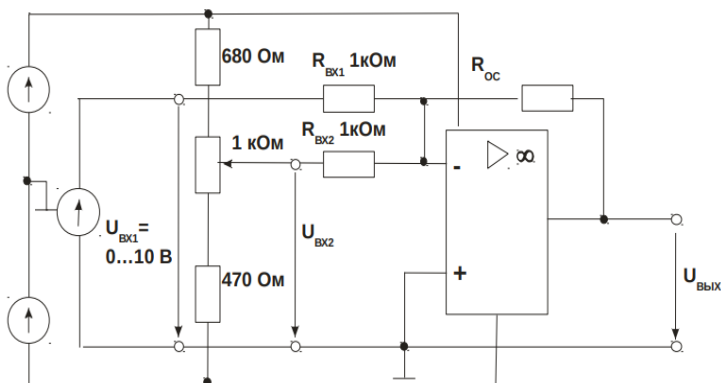
8.3.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Жиынтық күшейткіштің қасиеттерін зерттеңіз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

- 87-суретте көрсетілген тізбекті жинап, кіріс кернеуін орнатыңыз $U_{\text{кір2}} = 2 \text{ В}$. $U_{\text{кір1}}$ кіріс кернеуін 32-кестеге сәйкес $U_{\text{шығ1}}$ шығыс кернеуінің тиісті мәндерін мультиметрмен өлшеу арқылы өзгертіңіз. Кіріс кернеуі үшін өлшеулерді қайталаңыз $U_{\text{кір2}} = - 2 \text{ В}$.



87-сурет

$$R_{к\pi 1} = R_{к\pi 2} = 1 \text{ кОм}$$

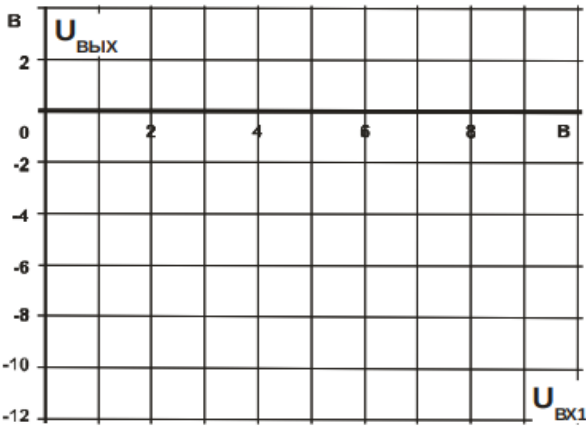
32-кесте

$U_{к\pi}, \text{ В}$	0	2	4	6	8	10
$U_{к\pi 1}, \text{ В}, U_{к\pi 2},$ $\text{В} = 2 \text{ В}$						
$U_{к\pi 1}, \text{ В}, U_{к\pi 2},$ $\text{В} = 2 \text{ В}$						

• Өлшеу нәтижелерін 32-кестеге енгізіңіз. Графикте шығыс кернеуінің $U_{шығ}$ кіріс кернеуіне $U_{к\pi 1}$ тәуелділігін құрыңыз (88-сурет).

• $R_{к\pi 1} = R_{к\pi 2} = 4,7 \text{ кОм}$ үшін барлық өлшеулерді қайталаңыз, өлшеу нәтижелерін 33-кестеге енгізіңіз және графикке тәуелділіктер жасаңыз (89-сурет).

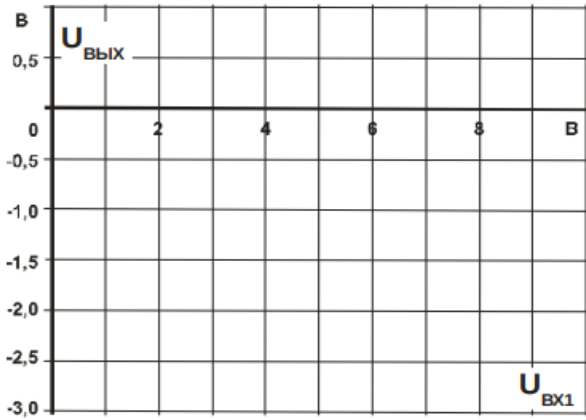
$$R_{к\pi 1} = R_{к\pi 2} = 4,7 \text{ кОм}$$



88-сурет

33-кесте

$U_{\text{кпр}}, B$	0	2	4	6	8	10
$U_{\text{кпр}1}, B, U_{\text{кпр}2}, B = 2 B$						
$U_{\text{кпр}1}, B, U_{\text{кпр}2}, B = 2 B$						

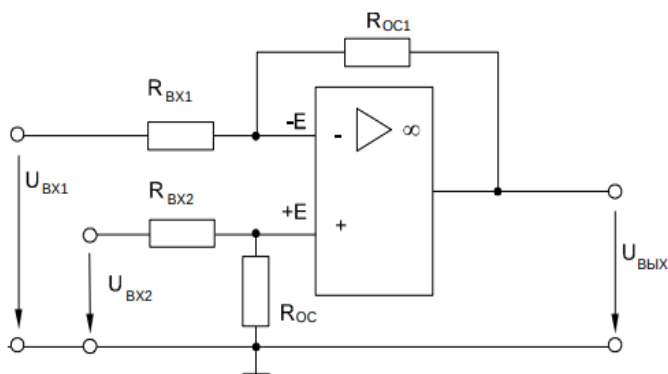


89-сурет

8.4. Операциялық дифференциалды күшейткіш

8.4.1. Жалпы мәліметтер

Дифференциалды күшейткіш (90-сурет) күшейтумен азайту элементі болып табылады. Екі кіріс кернеуі бірдей кіріс коэффициентімен күшейтіледі. Фазалық сигналдың әлсіреуі екі кіріс үшін де бірдей болған кезде ғана қанағаттанарлық, яғни $R_{к1р1} = R_{к1р2} = R_{к1р}$ и $R_{OC1} = R_{OC2} = R_{OC}$.



90-сурет

Онда

$$U_{шығ} = (U_{к1р2} - U_{к1р1}) \bullet R_{OC} / R_{к1р}.$$

Фазалық сигналдың әлсіреуі $R_{OC} / R_{к1р}$ жоғарылаған сайын нашарлайды.

Операциялық дифференциалды күшейткіштер, мысалы, өлшеу күшейткіштері ретінде қолданылады.

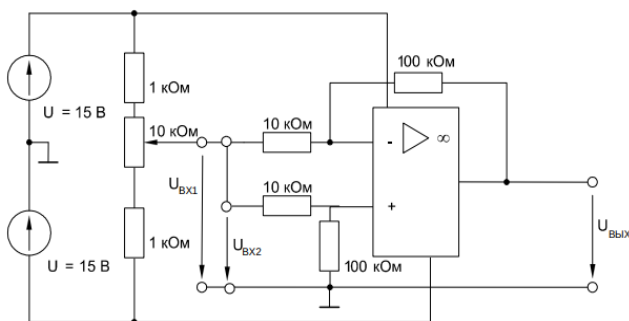
8.4.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Дифференциалды күшейткіштің фазалық сигналының босатылуын эксперименталды түрде зерттеңіз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

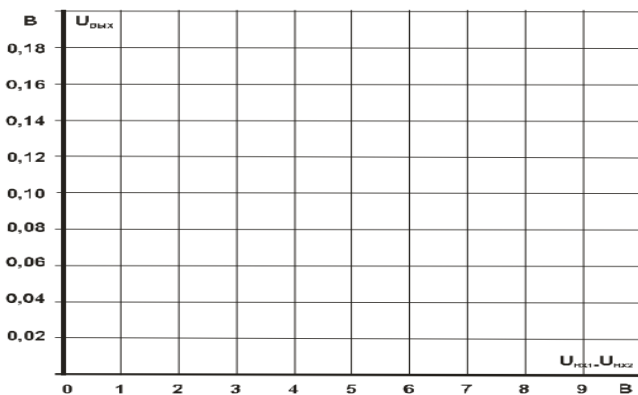
• 91-суретте көрсетілген тізбекті жинаңыз. R7 потенциометрімен $U_{к\text{ірі}1}$ және $U_{к\text{ірі}2}$ кіріс кернеулерін 34-кестесіне сәйкес орнатыңыз және $U_{шығ}$ шығыс кернеуінің сәйкес мәндерін өлшеңіз. Оларды кестеге енгізіп, шығыс кернеуінің $U_{к\text{ірі}1}$ және $U_{к\text{ірі}2}$ кіріс кернеулеріне тәуелділігін графикке салыңыз (92-сурет).



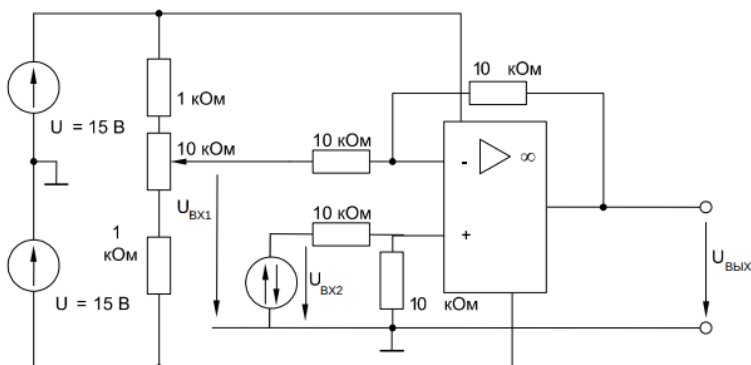
91-сурет

34-кесте

$U_{к\text{ірі}1}, U_{шығ2}, \text{В}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{шығ}, \text{В}$											



92-сурет

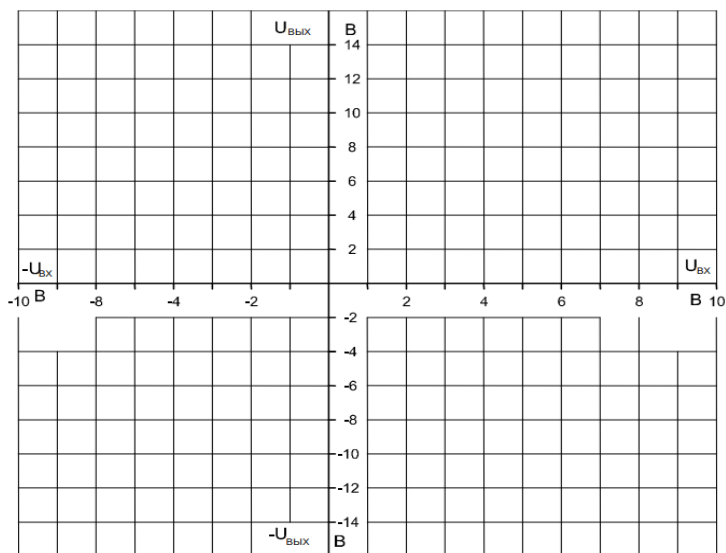


93-сурет

• Содан кейін 93-суретке сәйкес тізбекті жинаңыз. 35-кестеде келтірілген $U_{\text{кір1}}$ және $U_{\text{кір2}}$ әртүрлі кіріс кернеулеріндегі $U_{\text{шығ}}$ шығыс кернеуінің мәндерін өлшеңіз. Өлшеу нәтижелерін кестеге және графикке енгізіңіз (94-сурет.) $U_{\text{шығ}}$ шығыс кернеуінің $U_{\text{кір1}}$ және $U_{\text{кір2}}$ кіріс кернеулеріне тәуелділігін құрыңыз.

35-кесте

$U_{\text{кір1}}, \text{ В}$	-6	-4	-2	0	+2	+4	+6
$U_{\text{шығ}},$ $U_{\text{кір2}} = -4\text{В}$							
$U_{\text{шығ}},$ $U_{\text{кір2}} = 0\text{В}$							
$U_{\text{шығ}},$ $U_{\text{кір2}} = 4\text{В}$							



94-сурет

1-сұрақ: фазалық сигналдың әлсіреуінің қанағаттанарлық мәні қашан пайда болады?

Жауап:

2-сұрақ: Дифференциалды күшейткіш тізбектің қандай түріне сәйкес келеді?

Жауап:

3-сұрақ: Кіріс сигналдары бірдей болған кезде шығыс кернеуінің мәні қандай?

Жауап:

8.5. Динамикада операциялық күшейткішті жүргізу

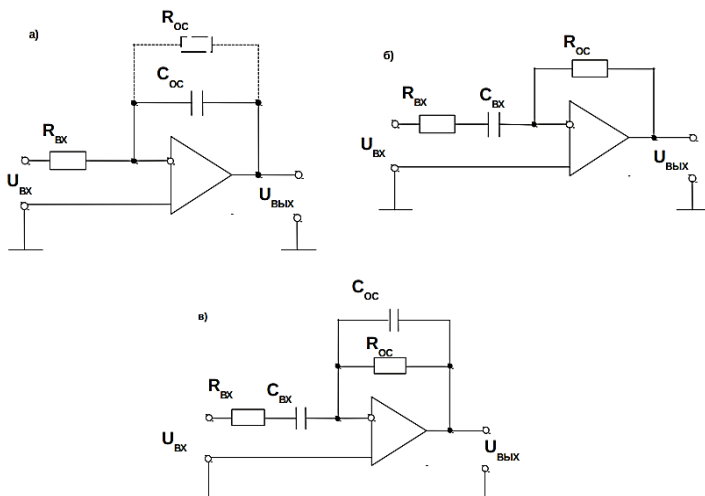
8.5.1. Жалпы мәліметтер

Жұмыс күшейткіштері – белгілі бір жиілік диапазонында айнималы ток кернеулерін күшейтетін кең жолақты тұрақты ток кернеуі күшейткіштері. Пайда жылдамдығының $\nu(\omega)$ жиілігіне

тәуелділігі күшейткіштің амплитудалық-жиіліктік сипаттамасы деп аталады. Бұл операциялық күшейткішке қосылған сыртқы кедергілер мен контейнерлерге де, сыртқы өткізгіштердің «паразиттік» кедергілері мен контейнерлеріне және операциялық күшейткіштің ішкі тізбегіне де байланысты.

Жұмыс күшейткіштері сүзгі тізбектерінде, интегралды және дифференциалды тізбектерде және басқа құрылғыларда қолданылады.

97, а-суретте интегралды күшейткіштің (төмен жиілікті сүзгі) қарапайым схемасы, 97, в – дифференциалдық күшейткіштің схемасы (жоғары жиілікті сүзгі), орташа жиілікті күшейткіш тізбегі (қарапайым жолақ сүзгісі) келтірілген.



95-сурет

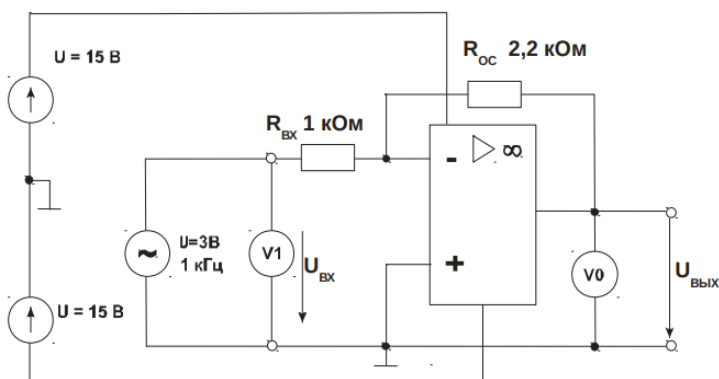
8.5.2. Тәжірибелік бөлім

Тапсырма

Синусоидалы кернеумен басқарылатын операциялық күшейткіштің әрекетін зерттеңіз. 96 және 97-суреттерде көрсетілген күшейткіштердің амплитудалық-жиіліктік сипаттамаларын алыңыз.

Тәжірибенің орындалу тәртібі

• Кең жолақты күшейткіш тізбегін жинаңыз және кірісте 1 кГц жиіліктегі 3 В синусоидальды кернеудің ағымдағы мәнін орнатыңыз (98-сурет). $U_{\text{кр}}$ және $U_{\text{шығ}}$ кернеулерін өлшеу үшін виртуалды құрылғыларды қосыңыз, өлшенетін шамалардың түрін таңдаңыз «әрекет. айным.» және бұл шамаларды виртуалды осциллографқа шығарыңыз. Графиктерді салыңыз (99-сурет).

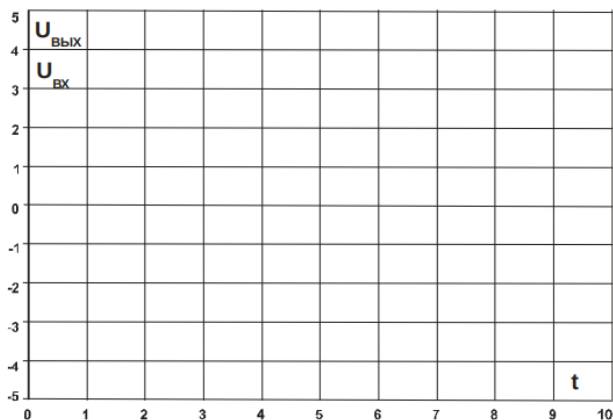


96-сурет

• 36-кестеде көрсетілгендей жиілікті 0,2-ден 4 кГц-ке өзгерту арқылы, $U_{\text{шығ}}$ (+) тәуелділігін жазып алыңыз, әр жиілік үшін v пайда мәнін есептеңіз және 97-суретте берілген күшейткіш үшін $v(+)$ графигін құрыңыз.

• Интегралдау күшейткішін алу үшін резисторды ауыстырыңыз $R_{\text{ос}}$ конденсатор $C_{\text{ос}} = 1 \text{ мкФ}$. Конденсаторға параллель кіріс сигналының тұрақты компонентін біріктірген кезде шығыс кернеуінің ауытқуын болдырмау үшін 100 кОм жоғары кедергісі бар резисторды қосыңыз.

• Осы күшейткішпен біріншісімен бірдей тәжірибені қайталаңыз. Нәтижелерді осциллограммада (98-сурет), 36-кестеде және графикте (99-сурет) көрсетіңіз.



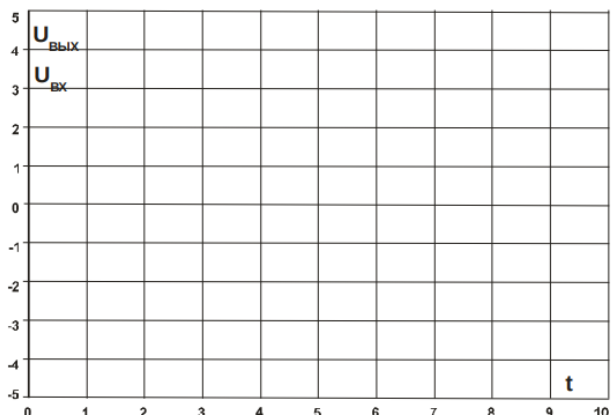
Масштабы:

$m_t = \dots$ мкс/дел

$m_{U_{ВХ}} = \dots$ В/дел

$m_{U_{ВЫХ}} = \dots$ В/дел

97-сурет



Масштабы:

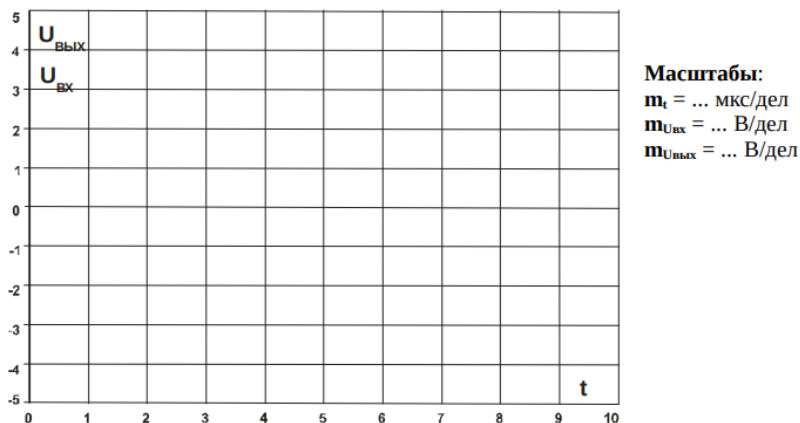
$m_t = \dots$ мкс/дел

$m_{U_{ВХ}} = \dots$ В/дел

$m_{U_{ВЫХ}} = \dots$ В/дел

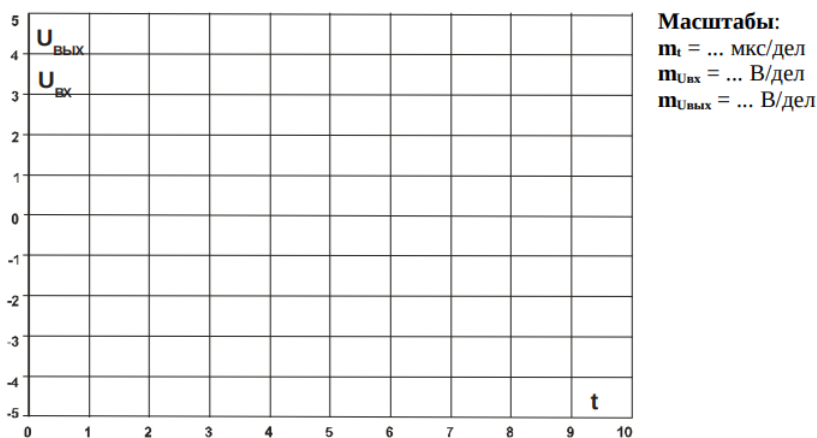
98-сурет

• Дифференциалдық күшейткішпен бірдей тәжірибе жасаңыз, бірақ $R_{кпр} = 1$ кОм конденсаторды $C_{кпр} = 0,1$ мкФ конденсаторына ауыстырыңыз, күшейткіштің өздігінен қозуын жою үшін 10 Ом тізбектей қосылған резисторды жалғаңыз. Кері байланысқа $R_{ос} = 1$ кОм резисторын қосыңыз. Нәтижелерді 98, 99-суретте және 36-кестеде де көрсетіңіз.



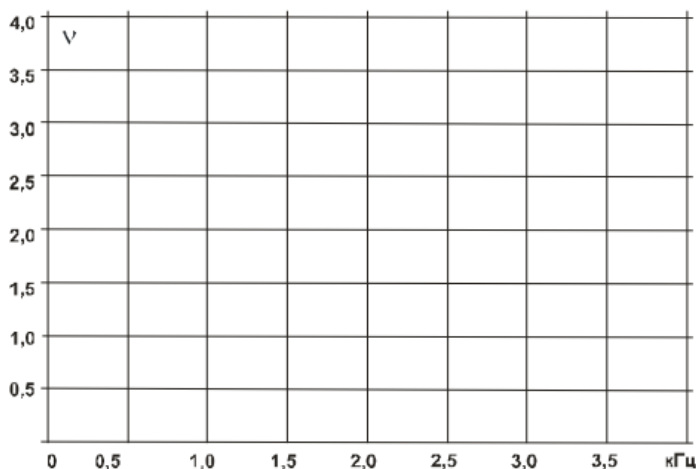
99-сурет

• Соңында, осы тәжірибені ортаңғы күшейткішпен қайталаңыз, онда $R_{к\bar{п}р} = 0.22$ кОм және $C_{к\bar{п}р} = 0.47$ мкФ тізбектері кіріс тізбегіне қосылады, ал $R_{ос} = 1$ кОм және $C_{ос} = 0.1$ мкФ параллель кері байланыс тізбегіне қосылады. Нәтижелерді 100, 100-суреттерде және 36-кестеде көрсетіңіз.



100-сурет

$U_{\text{хір}} = \dots$ барлық тәжірибелерде								
f кГц	Кен жолақты күшейткіш $R_{\text{хір}} = 1 \text{ кОм}$ $R_{\text{ос}} = 2,2 \text{ кОм}$		Интегралды күшейткіш $R_{\text{хір}} = 1 \text{ кОм}$ $C_{\text{ос}} = 0,1 \text{ мкФ}$ $R_{\text{ос}} = 100 \text{ кОм}$		Дифференциалды күшейткіш $R_{\text{хір}} = 10 \text{ кОм}$ $C_{\text{хір}} = 0,1 \text{ мкФ}$ $R_{\text{ос}} = 1 \text{ кОм}$		Орташа жиілікті күшейткіш $R_{\text{хір}} = 220 \text{ кОм}$ $C_{\text{ос}} = 0,1 \text{ мкФ}$ $C_{\text{хір}} = 0,47 \text{ мкФ}$ $R_{\text{ос}} = 2,2 \text{ кОм}$	
	$U_{\text{хір}}$	v	$U_{\text{инт.}}$	v	$U_{\text{диф.}}$	v	$U_{\text{орт.}}$	v
0,2								
0,5								
1,0								
1,5								
2,0								
2,5								
3,0								
3,5								
4,0								



101-сурет

1-сұрақ: Төрт күшейткіштің әрқайсысында кіріс және шығыс кернеулері арасындағы фазалық ығысудың мәні қандай және ол жиілікке қалай байланысты?

Жауап:

2-сұрақ: жиілік өзгерген кезде қарастырылған күшейткіштердің әрқайсысының пайдасы қалай және неге өзгереді?

Жауап:

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, бұл Электрониканың физикалық негіздері пәніне арналған әдістемелік оқу құралы 6В06201, 6В07112, 6В07104 оқу бағдарламасы студенттеріне арналған. Зертханалық жұмыс істеу барысында қолданылады

Бір-жартылай периодты жартылай өткізгішті түзеткіш, басқарылмайтын үш фазалы ток түзеткіші, параметрлік кернеу тұрақтандырғышын, айнымалы сыйымдылығы бар диодтар (варикаптар) жұмысын зерттеуге болады.

Биполярлы транзисторлардың қабаттарын және түзеткіш әсерін сынауға, Транзистордың жұмыс нүктесін орнату және коллектор тізбегіндегі резистордың жалпы эмитентпен күшейткіш каскадының кернеуі бойынша күшейту коэффициентіне әсерін зерттеуге де мысалдар берілген.

Жалпы айтқанда, бұл оқу құралының студентке берер көмегі көп.

БИБЛИОГРАФИЯЛЫҚ ТІЗІМ

1. *Герасимов В. Г., Кузнецов Э. В., Николаева О. В.* и др. Электротехника и электроника: в 3 кн. Учебник для студентов неэлектротехнических специальностей вузов. Кн. 1. Электрические и магнитные цепи. – М.: Энергоатомиздат, 1996.
2. *Борисов Ю. М., Липатов Д. Н.* Электротехника / Учебное пособие для неэлектротехнических специальностей вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. *Волынский Б. А., Зейн Е. Н., Матерников В. Е.* Электротехника. Учебное пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
4. *Касаткин А. С., Немцов М. В.* Электротехника (Учебное пособие для неэлектротехнических специальностей вузов): в 2 кн. – М.: Энергоатомиздат, 1995.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	3
1.Түзеткіш диодтар.....	4
1.1 р-п өткеліндегі диодтың әсері	4
1.1.1 Жалпы мәліметтер.....	4
1.1.2. Тәжірибелік бөлім	4
1.2. Бір-жартылай периодты жартылай өткізгішті түзеткіш	6
1.2.1. Жалпы мәліметтер	6
1.2.2. Тәжірибелік бөлім	7
1.3. Жартылай өткізгіш көпір түзеткіш	9
1.3.1. Жалпы мәліметтер	9
1.3.2. Тәжірибелік бөлім	10
1.4. Басқарылмайтын үш фазалы ток түзеткіші.....	12
1.4.1. Жалпы мәліметтер	12
1.4.2. Тәжірибелік бөлім	13
2. Стабилитрондар (Зенер диоды).....	17
2.1 Стабилитрон сипаттамалары.....	17
2.1.1. Жалпы мәліметтер	17
2.1.2. Эксперименттік бөлімі	17
2.2. Параметрлік кернеу тұрақтандырғышын зерттеу	19
2.2.1. Негізгі ақпарат	19
2.2.2. Эксперименттік бөлім.	19
3. Ерекше қасиеттері бар диодтар	22
3.1 Жарық диодтары.....	22
3.2. Айнымалы сыйымдылығы бар диодтар (варикаптар).....	24
4. Биполярлық транзисторлар	29
4.1. Биполярлы транзисторлардың қабаттарын және түзеткіш әсерін сынау	29
4.1.1. Жалпы мәліметтер	29
4.1.2. Тәжірибелік бөлім	29
4.2. Транзистордағы токтың таралуы және базадағы токтың басқару әсері	31
4.2.1. Жалпы мәліметтер	31
4.2.2. Тәжірибелік бөлім	33
4.3. Транзистордың сипаттамалары	35
4.3.1. Жалпы мәліметтер	35

4.3.2. Тәжірибелік бөлім	35
4.4. Транзистордың жұмыс нүктесін орнату және коллектор тізбегіндегі резистордың жалпы эмитентпен күшейткіш каскадының кернеуі бойынша күшейту коэффициентіне әсерін зерттеу	38
4.4.1. Жалпы мәліметтер	38
4.4.2. Тәжірибелік бөлім	39
4.5. Биполярлы транзисторлардағы күшейткіштер	41
4.5.1. Жалпы мәліметтер	41
4.5.2. Тәжірибелік бөлім	41
5. Униполярлы (өріс) транзисторлар	46
5.2. Өрістік транзистор қақпасының қосу сипаттамасы	46
5.2.1. Жалпы ақпарат	46
5.2.2. Тәжірибелік бөлім	46
5.3. n-типті өрістік транзистор қақпасының қозғаушы әсері	48
5.3.1. Жалпы ақпарат	48
5.3.2. Тәжірибелік бөлім	48
5.4. Өріс транзисторының шығыс сипаттамалары	50
5.4.1. Жалпы ақпарат	50
5.4.2. Тәжірибелік бөлім	51
5.5. Өріс транзисторларындағы күшейткіштер	54
5.5.1. Жалпы мәліметтер	54
5.5.2. Тәжірибелік бөлім	55
6. Тиристорлар	59
6.1. Диодты тиристорлар (симистор)	59
6.1.1. Жалпы мәліметтер	59
6.1.2. Тәжірибелік бөлім	59
6.2. Триодты тиристор	63
6.2.1. Жалпы мәліметтер	63
6.2.2. Тәжірибелік бөлім	63
6.3. Тиристордың фазалық басқарылуы	67
6.3.1. Жалпы мәліметтер	67
6.3.2. Тәжірибелік бөлім	68
7. Логикалық элементтер	71
7.1 Логикалық элемент AND (Және)	71
7.1.1. Жалпы ақпарат	71
7.1.2 Тәжірибелік бөлім	72

7.2	Логикалық элемент OR (Немесе).....	73
7.2.1.	Жалпы ақпарат.....	73
7.2.2	Тәжірибелік бөлім	73
7.3	Логикалық элемент NOT (ЕМЕС).....	75
7.3.1.	Жалпы ақпарат.....	75
7.3.2	Тәжірибелік бөлім	75
7.4	Логикалық элемент NOT AND (ЖӘНЕ-ЕМЕС).....	76
7.4.1.	Жалпы ақпарат.....	76
7.4.2	Тәжірибелік бөлім	76
7.5	Логикалық элемент NOT AND (Немесе-ЕМЕС)	78
7.5.1.	Жалпы ақпарат.....	78
7.5.2	Тәжірибелік бөлім	78
8.	Операциялық күшейткіштер.....	80
8.1.	Инверторлық күшейткіш	81
8.1.1.	Жалпы мәліметтер	81
8.1.2.	Тәжірибелік бөлім	82
8.2.	Айырбасталмайтын күшейткіш.....	84
8.2.1.	Жалпы мәліметтер	84
8.2.2.	Тәжірибелік бөлім	85
8.3.	Операциялық жиынтық күшейткіш	87
8.3.1.	Жалпы мәліметтер	87
8.3.2.	Тәжірибелік бөлім	88
8.4.	Операциялық дифференциалды күшейткіш	91
8.4.1.	Жалпы мәліметтер	91
8.4.2.	Тәжірибелік бөлім	91
8.5.	Динамикада операциялық күшейткішті жүргізу	94
8.5.1.	Жалпы мәліметтер	94
8.5.2.	Тәжірибелік бөлім	95
	Библиографиялық тізім.....	102

Оқулық басылым

Абдыкадыров А. А., Кұттыбаева А. Е., Марксұлы С.

«ЭЛЕКТРОНИКАНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ»
ПӘНІ БОЙЫНША ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЖҰМЫСТАРДЫ
ОРЫНДАУҒА АРНАЛҒАН ОҚУ ҚҰРАЛЫ

Оқу құралы

БДБ бастығы
Редакторы
Компьютерде беттеген

Л. Касжанова
Т. Жақсыбаева
Д. Тажиева

Басылуға қол қойылды 29.12. 2022 ж.
Тиражы 100 дана. Пішін 60x84 1/16.
№1 типографиялық қағаз. Көлемі 6,6 е.б.т. 6,2 ш.б.т.
Тапсырыс № 1053. Бағасы келісімді

Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық
зерттеу университеті басылымы
Т. Кенеев атындағы Polytech баспа орталығы
Алматы қ., Сәтбаев көшесі, 22

ISBN 978-601-323-325-3

