Коммерциялық емес акционерлік қоғам

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электроника кафедрасы

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ТЕХНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығы студенттері үшін
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2016

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: С.Б. Абдрешова, Г.Н. Абдрешова. Электрондық және өлшеу техникасының негіздері. 5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар мамандығының студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар. – Алматы: АЭжБУ, 2016. – б.

Әдістемелік нұсқаулықтарда «Электрондық және өлшеу техникасының негіздері» курсы бойынша 15 зертханалық жұмыс қарастырылады. Зертханалық жұмыстарда негізгі электрондық компоненттердің жұмыс істеу принциптерін, негізгі сипаттамаларды түсіру әдістерімен ерекшеліктерін оқу бойынша, қысқаша мазмұны келтіріледі. Жұмыс және есептеме тапсырмалары келтірілген, сонымен қатар бақылау сұрақтарының тізіміде берілген.

Әдістемелік нұсқаулықтар дәрістік материалдарды пысықтау мақсатында құрастырылды және «5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» мамандығының студенттеріне арналған.

Әдеб.көр. 6, кесте. 3, библиогр. – 5 атау.

Пікір жазған: КТ кафедрасының аға оқытушысы, т.ғ.к. Г.Д. Мусапирова

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2016 жылғы жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2016 ж.

Кіріспе

Зертханалық машықтануға арналған берілген әдістемелік нұсқаулықтар «Электрондық және өлшеу техникасының негіздері» курсын оқитын студенттерге арналған. Зертханалық жұмыстар «DEGEM systems» фирмасының стендтарында орындалады. Берілген циклдегі зертханалық жұмыстардың негізгі мақсаттары:

– кітаптар мен дәрістік материалдарды оқығанда алған теориялық білімдерін нықтау;

– дискретті орындаудағы сұлбалардың активті компоненттерінің көрсеткіштерін анықтауға дағдылану және олардың базасында электрондық сұлбалар жасай білу, электрондық сұлбаларды талдау жүргізу, сонымен қатар машиналық бағдарламалардың көмегімен ЕЕМда, талдаудың көмегімен және эксперименталдық зерттеулер арқылы сұлбаларды, компоненттердің көрсеткіштерін варьирлеу жолымен және қайта есептеуді, оптимизациялау.

Зертханалық машықтануға дайындалу барысында әр студент міндетті: дәрістер конспектісінің және ұсынылған әдебиеттердің сәйкес тарауларын оқып шығуға, қажет болса, берілген мәліметтер бойынша сұлбаның компоненттерін есептеуге.

Есеп беру келесі бөлімдерден тұруы қажет:

– жұмыстың мақсаты және тапсырмасы;

– зерттелетін аспаптардың анықтамалық көрсеткіштері;

– жасалған жұмыстың нәтижелері (эксперименталды көрсеткіштері, есептеулері, сызбалары ж.т.б.);

– жұмыс бойынша қорытынды;

– қолданылған әдебиеттер тізімі.

Есеп беру ФС РК (СТ НАО 56023-1910-04-2014) – оқу жұмыстары бойынша әрленеді. Тұрғызуға, әрлеуге және мазмұнына қойылатын жалпы талаптар осы стандартқа сәйкес болу қажет.

1 Зертханалық жұмыс. Түзеткіш диодтың сипаттамаларын зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

– жартылай өткізгіш диодтың тура және кері қосылудағы вольтамперлік сипаттамасын (ВАС) түсіру және талдау;

– база аймағындағы теңсіз заряд тасымалдаушылардың жинақталу құбылысын зерттеу және талдау.

1.1 Жұмыс тапсырмалары

1.1.1 Жартылай өткізгіш диодтың тура қосылуындағы сипаттаманы түсіру үшін 1.1 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.

1.1.2 R1 кедергісінің шамасын өлшеңіз.

1.1.3 Диодтың тура қосылуындағы ВАС түсіру және тұрғызу қажет.

1.1.4 Жартылай өткізгіш диодтың кері қосылуындағы сипаттаманы түсіру үшін 1. 2 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.

1.1.5 Диодтың кері қосылуындағы ВАС түсіру және тұрғызу қажет.

1.1.6 Біржарты периодты түзеткіштің сұлбасын зерттеу және база аймағындағы теңсіз (неравновесных) заряд тасымалдаушылардың жинақталу құбылысын талдаңыз.

1.2 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

1.2.1 ЕВ – 111 платасын DEGEM system фирмасының PU 2000 стендына орнатыңыз.

1.2.2 Омметрмен R1 резисторының кедергісін өлшеңіз.

1.2.3 1.1 суретте көрсетілген, сұлбаны жинаңыз.

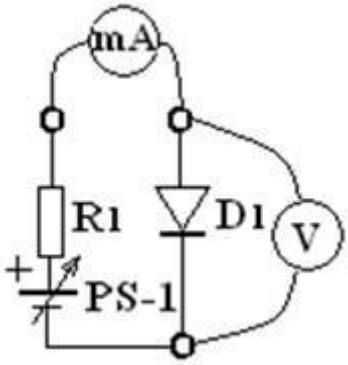
1.2.4 PS-1 қоректендіру көзінің кернеуін нөлден максимал мәнге дейін көтере отырып, $I_{д.тура}$ тогының мәндерін 5 мА интервалымен өзгерте отырып, токтың әр мәні үшін $U_{д.тура.}$ кернеуінің мәнін жазып отырыңыз. Берілгендерді 1.1 кестесіне енгізіңіз.

Кесте 1.1

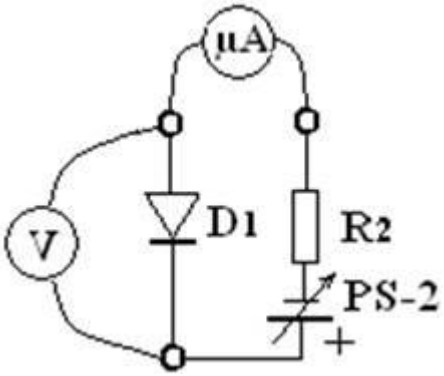
$I_{д.тур}$, *мА*	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$U_{д.тура.}$, *В*											

1.2.5 1.2 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.

1.2.6 PS-2 қоректендіру көзінің кернеуін нөлден максимал мәнге дейін көтере отырып, 1 В интервалымен, $I_{д.кері}$ тогының мәндерін жазып отырыңыз. Берілгендерді 1.2 кестесіне енгізіңіз. Алынған мәндер бойынша жартылай өткізгіш диодтың кері қосылуындағы сипаттамасын тұрғызыңыз.



1.1 сурет – Диодтың тура қосылуындағы ВАС түсіруге арналған сұлба

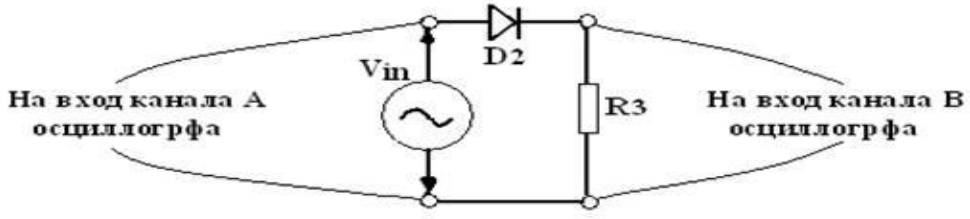


1.2 сурет – Диодтың кері қосылуындағы ВАС түсіруге арналған сұлба

Кесте 1.2

$U_{д.кері}$, *В*	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$I_{д.кері}$, *мкА*												

1.2.7 1.3 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.

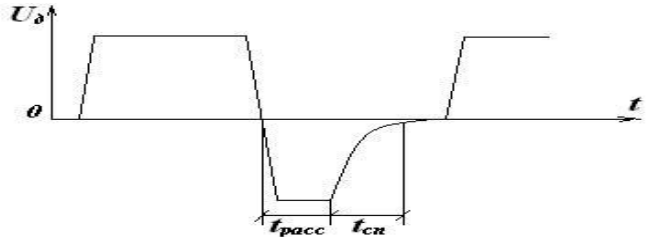


1.3 сурет – Біржарты периодты түзеткіштің және база аймағындағы тепе теңдік емес күйдегі заряд тасымалдаушылардың жинақталу құбылысын зерттеуге арналған сұлба

1.2.8 R3 резисторының кедергісін өлшеңіз.

1.2.9 PU – 2000 стендында орналасқан функционалдық генератордан немесе жекеше генератордан Vin кірісіне синусоидалық кернеу беріңіз. Кіріс кернеудің оң жарты периодында, диод арқылы ток ағады, ал R3 резисторындағы кернеу, диодпен резистор арқылы ағып өткен токқа пропорционал болады. Кіріс кернеу мен шығыс кернеуді (R3 резисторындағы), 2 каналды осциллографтың көмегімен, өлшеп, сызбаның суретін салып алыңыз. Зерттеулерді 1 кГц, 10 кГц және 100 кГц жиіліктерінде жүргізіңіз.

1.2.10 Vin кірісіне тік бұрышты (меандр) пішінді кернеу беріңіз, дәл сол жиіліктерде 1 кГц, 10 кГц және 100 кГц, тек 6В амплитудасымен. 100кГц жиілігінде $t_{жұт.}$ жұтылу және $t_{құлау}$ құлау уақыттарын өлшеңіз (1.4 суретті қар.) және Ом заңы бойынша тура және кері ток амплитудаларын есептеңіз.



1.4 сурет – Диодтың тура және кері токтарының уақыттық диаграммасы

1.2.11 Кіріс кернеудің амплитудасын 1В дейін азайтыңыз және сол мәндерді өлшеңіз.

1.3 Есептеу тапсырмалары

1.3.1 1.1 кестедегі деректер бойынша диодтың ВАС тура тармағын тұрғызыңыз және сипаттаманың қисық сызықты бөлігінде графикалық жолмен дифференциалдық кедергіні есептеңіз.

1.3.2 1.2 кестедегі деректер бойынша диодтың ВАС кері тармағын тұрғызыңыз және графикалық жолмен дифференциалдық кедергіні есептеңіз.

1.3.3 Диодтың қалпына келу уақытының тура тоқтың мәніне тәуелділік сызбасын тұрғызыңыз. $t_{жұт.}$ жұтылу және $t_{құлау}$ құлау уақыттарының диодтың тура тоғының мәніне тәуелділігін талдап шығыңыз.

1.4 Бақылау сұрақтары

1.4.1 *p-n* ауысуы дегеніміз не? *p-n* ауысудың тура және кері қосылуы.

1.4.2 Диодтардың жіктелуі және шартты белгілері.

1.4.3 Түзеткіш диодтың ВАС мен негізгі техникалық көрсеткіштері.

1.4.4 Түзеткіштер. Түзеткіштердің қосылу сұлбалары.

1.4.5 Импульстік диодтар. Тағайындалуы.

2 Зертханалық жұмыс. Стабилитронның сипаттамаларын және қарапайым параметрлік кернеу тұрақтандырғышын зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

– стабилитронның вольтамперлік сипаттамасын түсіру және талдау;

– қарапайым параметрлік кернеу тұрақтандырғышының сұлбасын зерттеу.

2.1 Жұмыс тапсырмалары

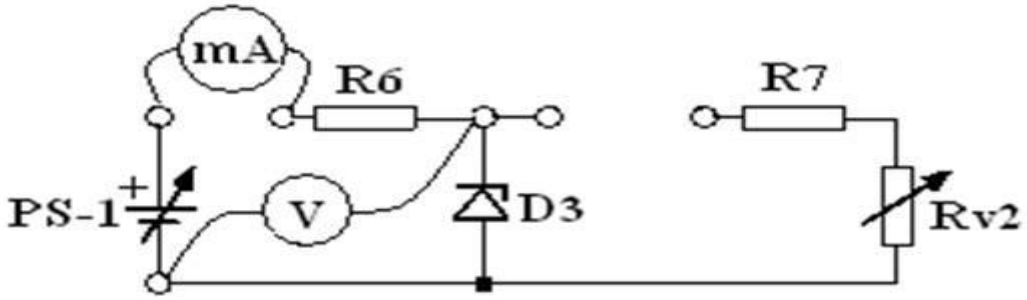
2.1.1 Жүктеме қосылмаған кездегі, стабилитронның ВАС түсіру және тұрғызу қажет.

2.1.2 Параметрлік кернеу тұрақтандырғышының сұлбасын зерттеу және әртүрлі жүктеме кедергілері үшін ВАС тұрғызыңыз.

2.1.3 Әртүрлі жүктеме кедергілері үшін тұрақтандыру коэффициентін есептеңіз.

2.2 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

2.2.1 2.1 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.



2.1 сурет – Стабилитроның ВАС түсіруге арналған сұлба

2.2.2 R6 резисторының кедергісін өлшеңіз.

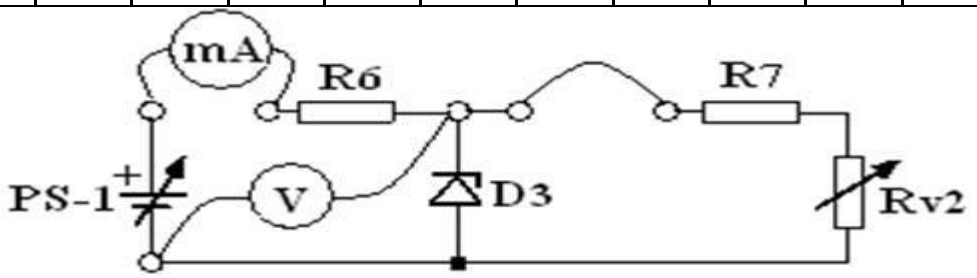
2.2.3 PS-1 қоректендіру көзінің кернеуін нөлден максимал мәнге дейін көтере отырып, $I_{ст}$ стабилитронның тогының мәні мен $U_{ст}$ стабилитрондағы кернеуді жазып алыңыз, сонымен бірге сұлбаның кіріс кернеуінде (PS-1 көзінің кернеуін) өлшеңіз. Алынған мәндерді 2.1 кестесіне енгізіңіз және алынған мәндер бойынша стабилитронның ВАС, сонымен бірге R6 кедергісі үшін жүктеме сызығын тұрғызыңыз. Сызбаларда R6 кедергісіндегі кернеумен стабилитрондағы кернеудің мәндерін көрсетіңіз.

2.2.4 (R7 + RV2) жүктеме кедергісінің максимал мәнін орнатып, өлшеңіз.

2.2.5 2.2 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.

Кесте 2.1

$I_{ст.}, мА$	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
$U_{ст.}, В$											
$U_{қ.көзі.}, В$											



2.2 сурет – Параметрлік кернеу тұрақтандырғышын зерттеу сұлбасы

2.2.6 PS-1 қоректендіру көзінің кернеуін 1В тан максимал мәнге дейін 1В интервалмен жоғарылата отырып, жүктемедегі кернеуді $U_{тұр.}$ өлшеңіз, сонымен қатар сұлбаның кірісіндегі кернеуді де $U_{кір.}$ (PS-1 көзінің кернеуі) өлшеңіз. Өлшенген мәндерді 2.2 кестесіне енгізіңіз.

Кесте 2.2

$U_{кір.}, В$	1	2	3	4	…	…	…	…	11
$U_{тұр.}, В – R_Ж = max$									
$U_{тұр.}, В – R_Ж$ = 600 Ом									

$U_{тұр.}$, B – $R_Ж$ =200 Ом									
$K_{тұр.}$, %									

2.2.7 Сол өлшемдерді жүктеме кедергінің келесі мәндері, Rж = 600 Ом және 200 Ом, үшінде өлшеп шығыңыз.

2.2.8 Алынған мәндер бойынша жүктеме қосылған стабилитронның ВАС тұрғызыңыз.

2.3 Есептеу тапсырмалары

2.3.1 2.1 кестедегі деректер бойынша стабилитронның ВАС және R6 кедергісі үшін жүктеме сызығын тұрғызыңыз. Сызбаларда R6 резисторындағы кернеумен, стабилитрондағы кернеудің мәндерін көрсетіңіз.

2.3.2 Жүктеме кедергінің әртүрлі мәндері үшін тұрақтандыру коэффициентін есептеңіз. Ол үшін жүктеме сызықтарын, 2.2 кестесіндегі деректер бойынша тұрғызылған, ВАС қисық сызықты бөлігінің дәл ортасында қиылысатындай етіп, жүргізіңіз. Қиылысу нүктесіне сәйкес келетін стабилитрондағы кернеу, тұрақтандырғыштың шығыс номинал кернеуі $U_{тұр.ном}$ болып, ал қоректендіру көзінің кернеуі номиналды кіріс кернеуі $U_{кір.ном}$. болады. Кіріс кернеудің $\Delta U_{кір.}$ = 2В өсімшесін беріп, тағы бір жүктеме сызығын жүргізіңіз. ВАС көмегімен тұрақтандыру кернеуінің сәйкес өсімшесін $\Delta U_{тұр.}$ өлшеңіз. Тұрақтандыру коэффициенті келесі формула арқылы анықталады

$$K_{тұр.} = (\Delta U_{кір.}/U_{кір.ном.})/(\Delta U_{тұр.}/U_{тұр.ном}).$$

Тұрақтандыру коэффициенті мәнінің жүктеме кедергісінен тәуелділігін талдаңыз.

2.4 Бақылау сұрақтары

2.4.1 Стабилитрон дегеніміз не? Оның ВАС және негізгі техникалық көрсеткіштері.

2.4.2 Параметрлік кернеу тұрақтандырғышының жұмыс істеу принципі.

2.4.3 Тұрақтандыру коэффициенті стабилитронның дифференциалдық кедергісімен қалай байланысқан?

2.4.4 Стабистор дегеніміз не? Оның ВАС және негізгі техникалық көрсеткіштері.

2.4.5 Стабилитрон мен стабистордың басты ерекшеліктері.

2.4.6 Тұрақтандырғыштардың жіктелуі.

2.4.7 Компенсациялық тұрақтандырғыштар.

3 Зертханалық жұмыс. Биполярлық транзисторды зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

- биполярлық транзистордың кіріс және шығыс ВАС түсіру;
- транзистордың *h*- параметрлерін сызбалық түрде анықтау.

3.1 Жұмыс тапсырмалары

3.1.1 Транзистордың кіріс сипаттамасын $I_б = f(U_{бэ})$ коллекторлық кернеу $U_{кэ}$= 0В болған кезде, түсіріп, сызбасын тұрғызыңыз.

3.1.2 Транзистордың кіріс сипаттамасын $I_б = f(U_{бэ})$ коллекторлық кернеу $U_{кэ}$= 5В болған кезде, түсіріп, сызбасын тұрғызыңыз.

3.1.3 Транзистордың кіріс сипаттамасын $I_б = f(U_{бэ})$ коллекторлық кернеу $U_{кэ}$= 10В болған кезде, түсіріп, сызбасын тұрғызыңыз.

3.1.4 Транзистордың шығыс сипаттамасын $I_к = f(U_{кэ})$ базалық тоқты 0 ден 150 мкА дейін өзгерте отырып, түсіріп, сызбасын тұрғызыңыз.

3.1.5 Транзистордың тура ток бойынша беріліс сипаттамасын $I_к = f(I_б)$ коллекторлық кернеу $U_{кэ}$= 0В және $U_{кэ}$= 5В болған кезде, түсіріп, сызбасын тұрғызыңыз.

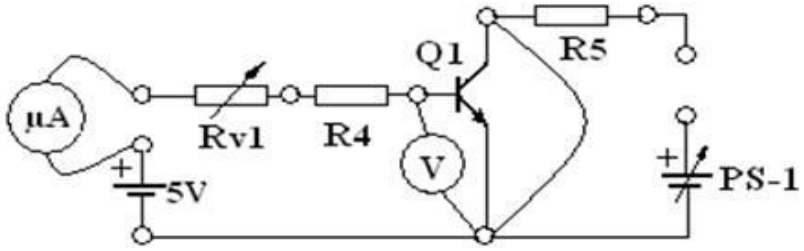
3.2 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулар

3.2.1 3.1 суреттегі сұлба орналасқан, ЕВ – 111 баспа платасын DEGEM system фирмасының PU 2000 стендына орнатыңыз.

3.2.2 Rv1, R4, R5 резисторларының кедергілерін өлшеңіз.

3.2.3 Транзистордың кіріс сипаттамасын $I_б = f(U_{бэ})$ коллекторлық кернеу $U_{кэ}$= 0В болған кезде, түсіру үшін сұлбаны жинаңыз (3.1 суретті қар.).

3.2.4 Rv1 айнымалы резисторының көмегімен базалық токты 10 мкА интервалымен өзгерте отырып, өлшенген базалық кернеудің $U_{бэ}$ мәндерін 3.1 кестесіне жазыңыз.



3.1 сурет – Коллектордағы кернеу нөлге тең болғанда, кіріс сипаттаманы түсіруге арналған сұлба

Кесте 3.1

Iб, μA	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	150
Uбэ, В											

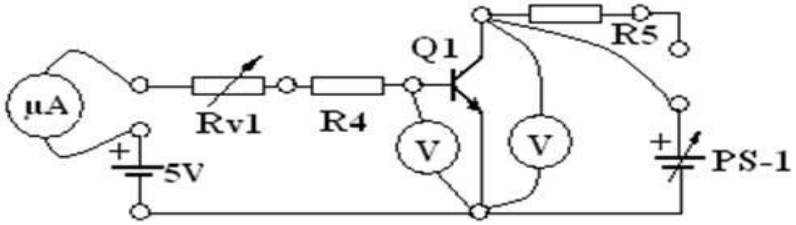
3.2.5 Транзистордың кіріс сипаттамасын $I_б = f(U_{бэ})$ коллекторлық кернеу $U_{кэ}$=5В және $U_{кэ}$=10В болған кезде, түсіру үшін сұлбаны жинаңыз (3. 2 суретті қар.).

3.2.6 PS-1 қоректендіру көзінің реттегіші арқылы $U_{кэ}$=5В коллекторлық кернеуінің мәнін орнатыңыз.

3.2.7 Rv1 айнымалы резисторының көмегімен базалық токты өзгертіп, өлшенген $U_{бэ}$ кернеуінің мәнін 3.2 кестесіне енгізіңіз.

3.2.8 PS-1 қоректендіру көзінің реттегіші арқылы $U_{кэ}$=10В коллекторлық кернеуінің мәнін орнатыңыз.

3.2.9 Rv1 айнымалы резисторының көмегімен базалық токты өзгертіп, өлшенген $U_{бэ}$ кернеуінің мәнін 3.2 кестесіне енгізіңіз.



3.2 сурет – Коллектордағы кернеу 5В және 10В болғанда, кіріс сипаттаманы түсіруге арналған сұлба

Кесте 3.2

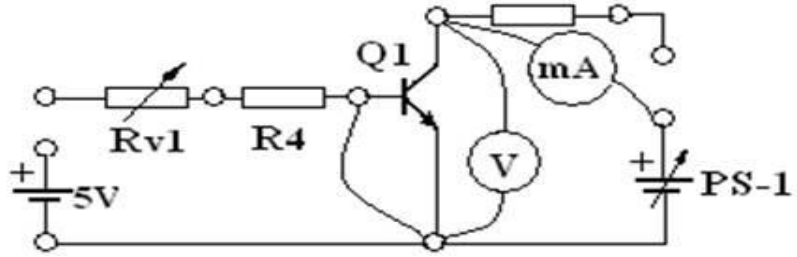
$I_б$, μA	10	30	50	70	100	150
$U_{бэ}$, B, $U_{кэ}$=5B						
$U_{бэ}$, B, $U_{кэ}$=10B						

3.2.10 Транзистордың шығыс сипаттамасын $I_к=f(U_{кэ})$ базалық ток нөлге тең болған кезде, түсіру үшін сұлбаны жинаңыз (3.3 суретті қар.).

3.2.11 PS-1 қоректендіру көзінің реттегіші арқылы коллекторлық кернеуді нөлден 9В дейін, 1В интервалымен, өзгерте отырып, өлшенген коллекторлық токтың мәндерін 3.3 кестесіне жазыңыз.

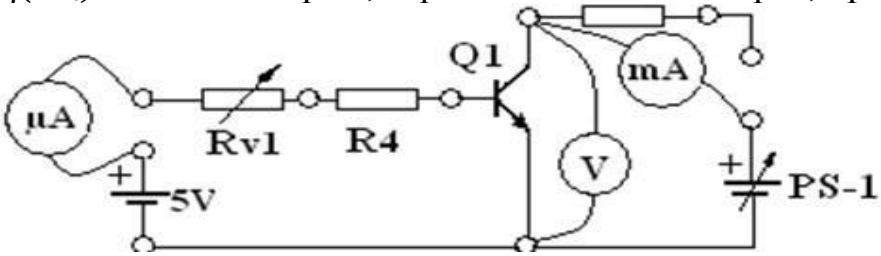
3.2.12 Транзистордың шығыс сипаттамасын $I_к=f(U_{кэ})$ фиксирленген базалық ток болған кезде, түсіру үшін сұлбаны жинаңыз (3.4 суретті қар.).

3.2.13 Rv1 айнымалы резисторының көмегімен базалық токтың шамасын 20мкА етіп орнатыңыз, PS-1 қоректендіру көзінің реттегіші арқылы коллекторлық кернеуді нөлден 9В дейін, 1В интервалымен, өзгерте отырып, өлшенген коллекторлық токтың мәндерін 3.3 кестесіне жазыңыз.



3.3 сурет – Транзистордың шығыс сипаттамасын, базалық ток нөлге тең болғанда, түсіруге арналған сұлба

3.2.14 $I_к=f(U_{кэ})$ сипаттамаларын, берілген базалық токтарда, түсіру.



3.4 сурет – Биполярлық транзистордың шығыс сипаттамаларын, берілген базалық токтарда, түсіруге арналған сұлба

Кесте 3.3

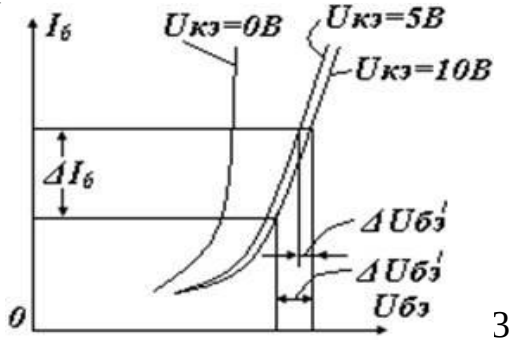
$I_б$, μA	$I_к$, mA $U_{кэ}=1B$	$I_к$, mA $U_{кэ}=2B$	$I_к$, mA $U_{кэ}=3B$	$I_к$, mA $U_{кэ}=4B$	$I_к$, mA $U_{кэ}=5B$	$I_к$, mA $U_{кэ}=6B$	$I_к$, mA $U_{кэ}=7B$	$I_к$, mA $U_{кэ}=8B$	$I_к$, mA $U_{кэ}=9B$
0									
20									
40									
60									
80									
100									

3.3 Есептеу тапсырмалары

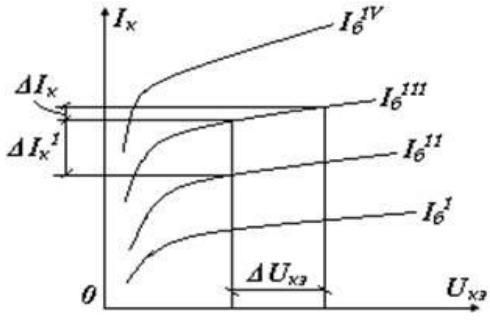
3.3.1 3.5 суретте көрсетілгендей, бір сызбаға транзистордың кіріс сипаттамаларын $I_б=f(U_{бэ})$ тұрғызыңыз, коллектордағы фиксирленген кернеулерде: $U_{кэ}$= 0В, $U_{кэ}$= 5В және $U_{кэ}$= 10В (3.1. және 3.2 кестелердегі деректер бойынша). Сипаттамалар бойынша сызбалық әдіспен, ВАС қисық сызықты бөлігінің дәл ортасындағы аймақ үшін, h_{11} және h_{12} параметрлерін анықтаңыз,

$h_{11} = \Delta U_{бэ} / \Delta I_б$ – транзистордың кіріс дифференциалдық кедергісі,

$h_{12} = \Delta U_{бэ} / \Delta U_{кэ} = \Delta U_{бэ}^{1}/(10B\text{-}5B)$ – ішкі кері байланыс коэффициенті.



3.5 сурет



3.6 сурет

3.3.2 Фиксирленген базалық токтарда, 3.3 кестесіндегі деректер бойынша, бір сызбаға транзистордың шығыс сипаттамаларын $I_к=f(U_{кэ})$ тұрғызыңыз. Сипаттамалар бойынша, 3.6 суретте көрсетілгендей, шамамен сипаттаманың ортасында орналасқан аймақ үшін сызбалық әдіспен, h_{21} және h_{22} көрсеткіштерін анықтаңыз.

$h_{22} = \Delta I_к / \Delta U_{кэ}$ – транзистордың шығыс дифференциалдық өткізгіштігі,
$h_{21} = \Delta I_к^1 / \Delta I_б = \Delta I_к^1 / (I_б^{111} - I_б^{11})$ – базалық тоқты беру коэффициенті.

3.4 Бақылау сұрақтары

3.4.1 Биполярлық транзистор (БТ) дегеніміз не?

3.4.2 Биполярлық транзистордың жұмыс істеу принциптері.

3.4.3 БТ қосылу сұлбалары, басты ерекшеліктері.

3.4.4 Ортақ эмиттер (ОЭ) сұлбасымен қосылған транзистордың статикалық сипаттамалары.

3.4.5 Активті 4 ұштық ретіндегі, транзистордың *h*-параметрлер теңдеулер жүйесінің артықшылықтары қандай?

3.4.6 Ортақ база (ОБ) сұлбасымен қосылған транзистордың статикалық сипаттамалары.

3.4.7 Ортақ коллектор (ОК) сұлбасымен қосылған транзистордың статикалық сипаттамалары.

3.4.8 Биполярлық транзистордың жиіліктік және температуралық қасиеттері.

4 Зертханалық жұмыс. Басқарылатын *p-n* ауысуы бар өрістік транзисторды зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

– басқарылатын *p-n* ауысуы бар өрістік транзистордың ВАС және арнасының кедергісін зерттеу.

4.1 Жұмыс тапсырмалары

4.1.1 Өрістік транзистордың құймалық сипаттамасын түсіріңіз.

4.1.2 Өрістік транзистордың құйма тиектік сипаттамасын түсіріңіз.

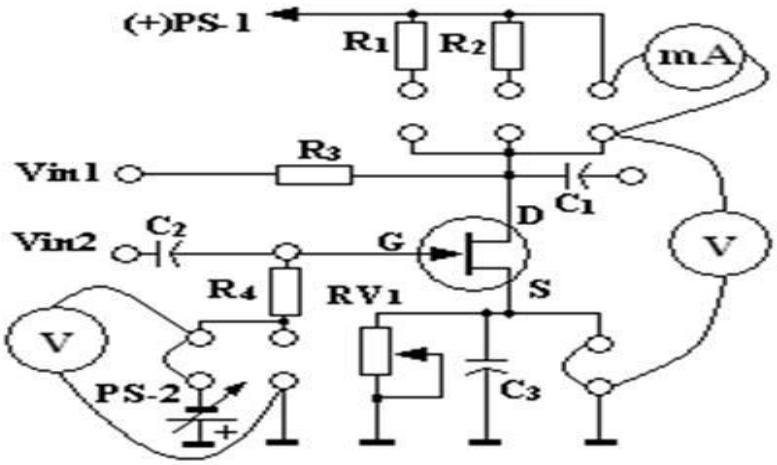
4.1.3 Өрістік транзистор арнасының кедергісін өлшеңіз.

4.2 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

4.2.1 Өрістік транзисторды зерттеу үшін жиналған сұлба орналасқан, ЕВ – 112 баспа платасын DEGEM system фирмасының PU 2000 стендына орнатыңыз.

4.2.2 R_1, R_2, R_3, R_4, RV1 резисторларының кедергілерін өлшеңіз.

4.2.3 Құймалық сипаттаманы $I_қ = f(U_{қб})$ түсіру үшін 4.1 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.



4.1 сурет – Өрістік транзистордың сипаттамаларын түсіруге арналған сұлба

4.2.4 Тиекте $U_{тб}$ фиксирленген кернеудің мәндерін орнатып, құймадағы токтың құймадағы кернеуге тәуелділігін $I_қ = f(U_{қб.})$, PS-1 көзінің кернеуін өзгерте отырып, түсіріңіз. Өлшенген мәндерді 4.1 кестесіне енгізіңіз.

Кесте 4.1

$U_{тб}$, В	$I_қ$, $U_{қб}$=0,1В	$I_қ$, $U_{қб}$=0,5В	$I_қ$, $U_{қб}$=1В	$I_қ$, $U_{қб}$=2В	$I_қ$, $U_{қб}$=5В	$I_қ$, $U_{қб}$=10В
0						
-0,5						
-1,0						
-1,5						
-2,0						

4.2.5 Құймада $U_{қб}$ фиксирленген кернеудің мәндерін орнатып, құймадағы токтың тиектегі кернеуге тәуелділігін $I_қ = f(U_{тб.})$, PS-2 көзінің кернеуін өзгерте отырып, түсіріңіз. Өлшенген мәндерді 4.2 кестеге енгізіңіз.

Кесте 4.2

$U_{қб}$, В	$I_қ$ при $U_{тб}$ = =0 В	$I_қ$, $U_{тб}$ = =-0,25В	$I_қ$, $U_{тб}$ = =-0,5В	$I_қ$, $U_{тб}$ = =-1В	$I_қ$, $U_{тб}$ = =-2В	$I_қ$, $U_{тб}$ тоқсыз
0,5						
1						
2						
5						
10						

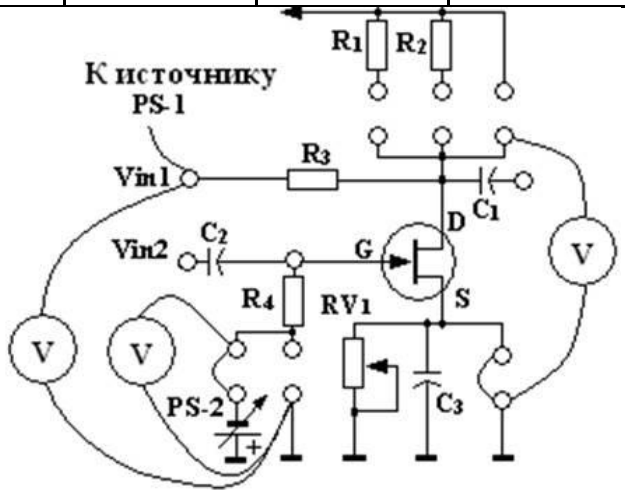
4.2.6 Құйма тогы тоқтатылатын, $U_{тб}$ токсыз кернеуін өлшеңіз.

4.2.7 Бастау-құйма арнасының кедергісін өлшеуге арналған, 2.6 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.

4.2.8 PS-1 көзінің кернеуін 10В тең етіп орнатып, вольтметрдің көрсетуін түсіріңіз. Өлшенген мәндерді 4.3 кестеге енгізіңіз.

Кесте 4.3

$U_{тб}$, B	0 В	-0,25В	-0,5В	-1В	-2В	$U_{тб}$ тоқсыз
$U_{қб}$						
$R_{қб}$						



4.2 сурет – Бастау-құйма арнасының кедергісін өлшеуге арналған сұлба

4.3 Есептеу тапсырмалары

4.3.1 4.1 кестедегі деректер бойынша $I_қ = f(U_{қб})$ құймалық сипаттаманы тұрғызыңыз. R1 және R2 кедергілері үшін жүктеме сызығын жүргізіп, күшейту коэффициентін бағалаңыз.

4.3.2 4.2 кестедегі деректер бойынша $I_қ = f(U_{қб})$ транзистордың құйма тиектік сипаттамаларын тұрғызыңыз. Құйма кернеуінің әртүрлі мәндері үшін, транзистордың сипаттамасының тік тігін өлшеңіз.

4.3.3 4.3 кестедегі деректер бойынша, тиектегі кернеудің әртүрлі мәндері үшін, құйма – бастау арнасының кедергісін есептеңіз.

4.4 Бақылау сұрақтары

4.4.1 Өрістік транзистор (ӨТ) дегеніміз не? Олардың жіктелуі.

4.4.2 Басқарылатын *p-n* ауысуы бар ӨТ жұмыс істеу принципі, статикалық сипаттамалары.

4.4.3 Оқшауланған тиекті индукцияланған каналды ӨТ жұмыс істеу принципі, статикалық сипаттамалары.

4.4.4 Оқшауланған тиекті қондырылған каналды ӨТ жұмыс істеу принципі, статикалық сипаттамалары.

4.4.5 ӨТ негізгі техникалық көрсеткіштері.

4.4.6 ӨТ кемшіліктері қандай?

4.4.7 Биполярлық транзистормен салыстырғанда өрістік транзистордың артықшылықтары қандай?

4.4.8 ӨТ термотұрақты нүктесі дегеніміз не?

5 Зертханалық жұмыс. Тиристорды зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

– жартылай өткізгіш тиристордың вольтамперлік сипаттамасын (ВАС) түсіру және талдау;

– басқару тогының әртүрлі мәндері үшін тиристордың ВАС зерттеу және талдау.

5.1 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

5.1.1 ЕВ – 113 баспа платасын DEGEM system фирмасының PU 2000 стендына орнатыңыз.

5.1.2 Басқару электроды анодтан шығарылған Q1 тиристоры бар сұлбаны табыңыз.

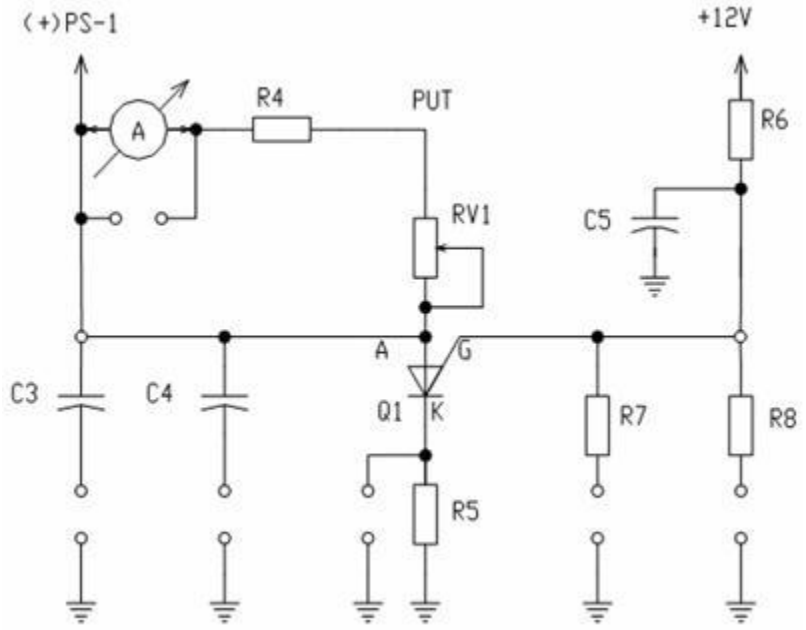
5.1.3 Басқару электродының бойындағы R6, R7, R8 кедергілерінің шамасын өлшеңіз.

5.1.4 Жартылай өткізгіш тиристордың сипаттамасын түсіру үшін 5.1 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.

5.1.5 Анодтың бойындағы RV1 айнымалы кедергісінің мәнін максимал етіп орнатыңыз (сағат тілімен бағыттас соңына дейін бұраңыз).

5.1.6 Тиристордың басқару электродында орналасқан кедергілерді R6, R7, R8 түрлі комбинацияда тізбекке қосу арқылы, біз басқару тогының түрлі мәнін қамтамасыз ете аламыз, оларды R6 + R7, R6 + R8, R6 + R7 + R8 ретінде тізбекке қосып тиристордың ВАС түсіріңіз.

5.1.7 Анод пен катодтың арасына түсірілген кернеудің U_{AK} мәндерін PS-1 тұрақты кернеу көзінің тетігі арқылы өзгерте отырып, тиристордың тогын түсіріңіз. Өлшенген мәндерді 5.1 кестесіне енгізіңіз.



4.1 сурет – Тиристордың қосылу сұлбасы

5.1 кесте

а) $R_6 + R_7$

U_{AK}, В						
I_A, мкА						

б) $R_6 + R_8$

U_{AK}, В						
I_A, мкА						

в) $R_6 + R_7 + R_8$

U_{AK}, В						
I_A, мкА						

5.2 Есептеу тапсырмалары

5.2.1 5.1 кестедегі деректер бойынша $I_A = f(U_{AK})$ тиристордың ВАС тұрғызыңыз.

5.2.2 Тиристордың басқару тогы мен қосылу кернеуінің тәуелділік графигін тұрғызыңыз.

5.2.3 $U_{БЭ}$ =12 В тең, онда орналасқан кедергілердің өлшенген шамалары бойынша басқару тогының мәндерін анықтаңыз.

5.3 Бақылау сұрақтары

5.3.1 Тиристорлар дегеніміз не? Олардың жіктелуі.

5.3.2 Динистордың жұмыс істеу принципі, ВАС.

5.3.3 Тиристордың жұмыс істеу принципі, ВАС.

5.3.4 Симистордың жұмыс істеу принципі, ВАС.

5.3.5 Динисторлық кілттің қосылу сұлбасы.

5.3.6 Тиристорлық кілттің қосылу сұлбасы.

5.3.7 Тиристорлардың негізгі техникалық көрсеткіштері.

5.3.8 Тиристорлардың қолданылу аймақтары.

6 Зертханалық жұмыс. Фототранзисторлық оптронды зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

- транзисторлық оптронның вольтамперлік және жиіліктік сипаттамаларын зерттеу.

6.1 Жұмыс тапсырмалары

6.1.1 Сәулелік диодтың сипаттамасын түсіру.

6.1.2 Фототранзистордың қараңғылық сипаттамасын түсіру.

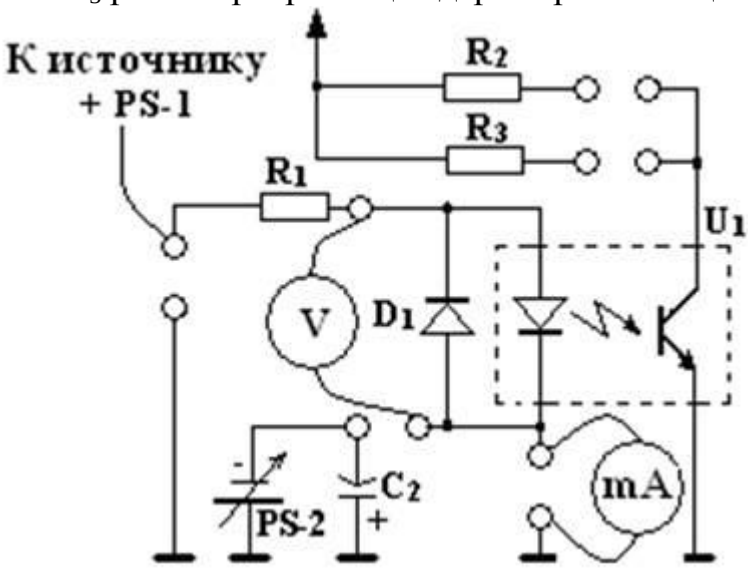
6.1.3 Транзисторлық оптронның вольтамперлік сипаттамаларын түсіру.

6.1.4 Транзисторлық оптронның жиіліктік сипаттамасын түсіру.

6.2 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

6.2.1 Транзисторлық оптронды зерттеуге арналған сұлбасы бар ЕВ – 113 баспа платасын DEGEM system фирмасының PU 2000 стендына орнатыңыз.

6.2.2 R_1, R_2 және R_3 резисторларының кедергілерін өлшеңіз.



6.1 сурет – Сәулелік диодтың ВАС түсіруге арналған сұлба

6.2.3 Сәулелік диодтың ВАС $I_{сд} = f(U_{сд})$, түсіруге арналған 6.1 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз. PS-1 тұрақты қоректендіру көзінің кернеуін жоғарлата отырып, тізбекке қосылған вольтметр мен миллиамперметрдің көрсеткіштерін түсіріп, алынған мәндерді 6.1 кестеге енгізіңіз.

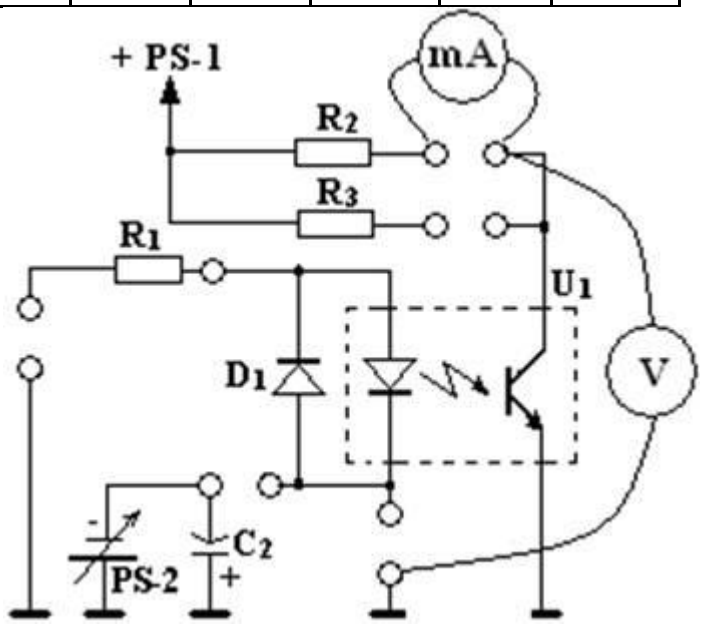
6.1 кесте

U_{PS-1}, В	1	3	5	7	9	11
$U_{сд}$, В						
$I_{сд}$, мА						

6.2.4 Фототранзистордың қараңғылық коллекторлық сипаттамасын түсіру үшін $I_к = f(U_{кэ})$, сәулелік диодтың тогы болмаған кезде, 6.2 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз. PS-1 тұрақты қоректендіру көзінің кернеуін 0 ден 11В дейін жоғарлата отырып, тізбекке қосылған вольтметр мен миллиамперметрдің көрсеткіштерін түсіріп, алынған мәндерді 6.2 кестеге енгізіңіз.

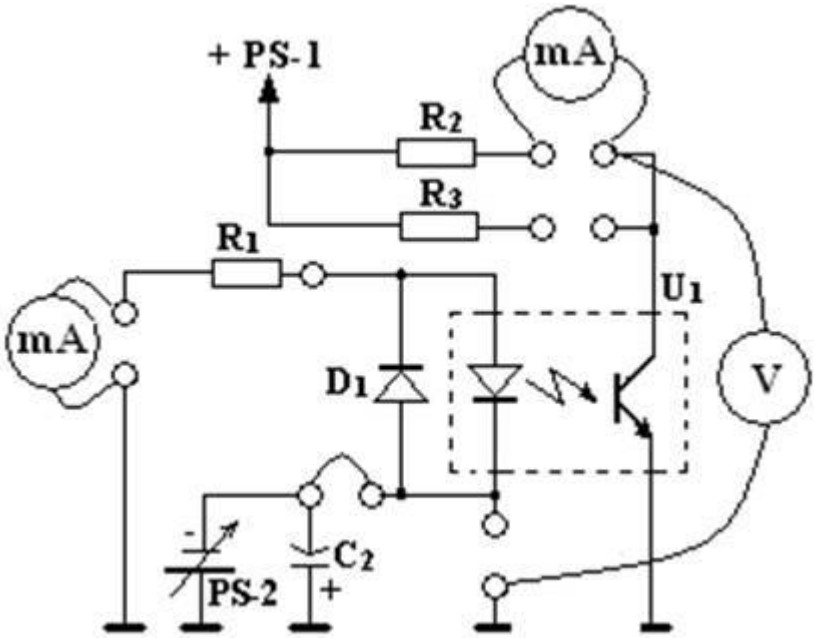
6.2 кесте

U_{PS-1} U_{PS-1}, В	1	3	5	7	9	11
U_{PS-1} $U_{кэ}$, В						
$I_к$, мА						



6.2 сурет – Фототранзистордың қараңғылық коллекторлық сипаттамасын түсіруге арналған сұлба

6.2.5 6.3 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз және фототранзистордың шығыс сипаттамасының жиынын $I_к = f(U_{кэ})$, сәулелік диод тогының фиксирленген мәндері үшін, түсіріңіз және алынған мәндерді 6.3 кестеге енгізіңіз.

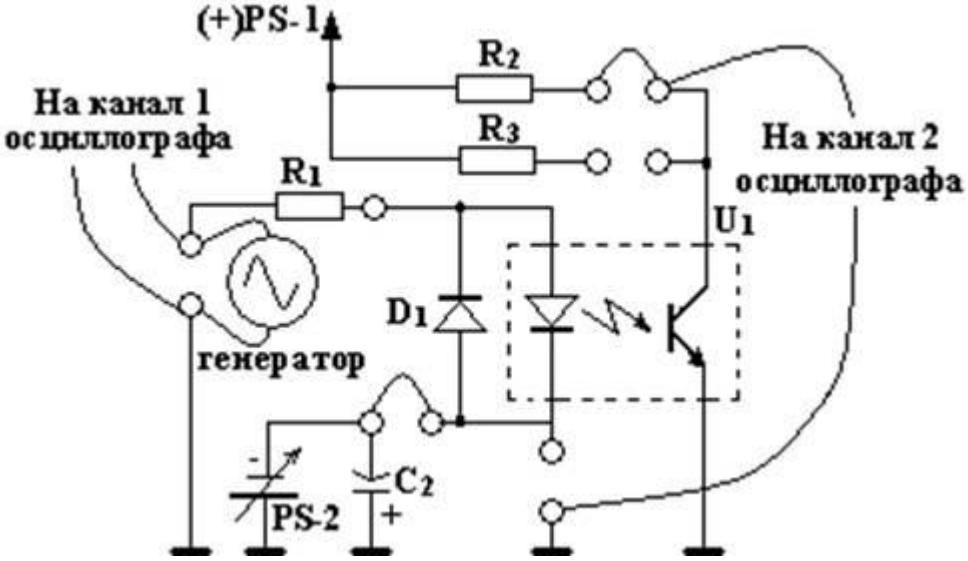


6.3 сурет – Оптронның шығыс сипаттамасын түсіруге арналған сұлба

6.3 кесте

$I_{сд}$, *mA*	$I_к$, *mA* $U_{кэ}$=*1B*	$I_к$, *mA* $U_{кэ}$=*2B*	$I_к$, *mA* $U_{кэ}$=*3B*	$I_к$, *mA* $U_{кэ}$=*4B*	$I_к$, *mA* $U_{кэ}$=*5B*	$I_к$, *mA* $U_{кэ}$=*6B*	$I_к$, *mA* $U_{кэ}$=*7B*	$I_к$, *mA* $U_{кэ}$=*8B*
3								
6								
10								
15								

6.2.6 Оптронның жиіліктік сипаттамаларын зерттеуге арналған сұлбаны жинаңыз (6.4 суретті қар.).



6.4 сурет – Оптронның жиіліктік сипаттамаларын түсіруге арналған сұлба

6.2.7 Оптронның кірісіне сигналдар генераторынан үшбұрышты пішінді сигнал беріңіз. PS-1 қоректендіру көзінің кернеуін 10В тең етіп орнатыңыз. PS-2 қоректендіру көзінің кернеуін ретей отырып, сәулелік диодтың сипаттамасында, фототранзистордың коллекторында сигналдың пішіні бұзылысқа ұшырамайтындай, жұмыс нүктесін таңдау қажет.

6.2.8 Генератордан сигналдың пішінін синусойдалыға ауыстырыңыз.

Кіріс сигналдың тұрақты мәнінде генератордың жиілігін өзгерте отырып, фототранзистордың коллекторындағы сигналдың мәнін өлшеңіз, яғни оптронның шығысындағы. Алынған мәндерді 6.4 кестеге енгізіңіз.

6.4 кесте

f	10 Гц	100 Гц	1 кГц	10 кГц	50 кГц	100 кГц
$U_{шыг}$,B						

6.3 Есептеу тапсырмалары

6.3.1 6.1 кестедегі мәндер бойынша сәулелік диодтың ВАС $I_{сд} = f(U_{сд})$ тұрғызыңыз.

6.3.2 R1 кедергісі үшін жүктеме сызықтарын жүргізіңіз және қоректендіру кернеуінің әртүрлі мәндері үшін токтардың мәндерін табыңыз.

6.3.3 6.2 кестедегі мәндер бойынша фототранзистордың қараңғылық сипаттамасын $I_к = f(U_{кэ})$ тұрғызыңыз.

6.3.4 6.3 кестедегі мәндер бойынша фототранзистордың шығыс сипаттамасының жиынын $I_к = f(U_{кэ})$, сәулелік диод тогының әртүрлі фиксирленген мәндері үшін тұрғызыңыз.

6.3.5 R2 және R3 коллекторлық кедергілері үшін жүктеме сызықтарын тұрғызыңыз.

6.3.6 Графикалық әдіспен оптронның беріліс коэффициентін $К = \Delta I_к / \Delta I_{сд}$ анықтаңыз.

6.3.7 Оптронның шығыс сипаттамалар жиынының көмегімен $I_к = f(U_{кэ})$ коллектор тогының сәулелік диодтың тогына тәуелділік сызбасын, $U_{кэ}=const$ коллекторлық кернеудің тұрақты мәндері үшін, тұрғызыңыз.

6.3.8 6.4 кестедегі мәндер бойынша оптронның жиіліктік сипаттамасын тұрғызыңыз.

6.4 Бақылау сұрақтары

6.4.1 Оптоэлектрондық аспаптар (ОЭА) дегеніміз не?

6.4.2 ОЭА жіктелуі.

6.4.3 ОЭА артықшылықтары мен кемшіліктері.

6.4.4 Сәулелік диод, ерекшеліктері.

6.4.5 Фотодиод, жұмыс істе принципі және ерекшеліктері.

6.4.6 Оптрондардың жіктелуі. Шартты белгілері.

6.4.7 Диодтық оптронның көрсеткіштері мен сипаттамалары.

6.4.8 Транзисторлық оптронның көрсеткіштері мен сипаттамалары.

6.4.9 Индикаторлар, лазерлер және т.б. ОЭА түрлері, қолдану аймақтары.

7 Зертханалық жұмыс. Бірфазалық түзеткіштерді зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

− активті және активті-сыйымдылықты жүктеме кезінде түзетудің бірфазалы сұлбасын зерттеп, оның жұмыс істеу принципін, негізгі көрсеткіштерін, құрамын оқып-үйрену. Түзеткіш құрылғылардың сипаттамалары мен негізгі көрсеткіштерін өлшеу.

7.1 Жұмыс тапсырмалары

7.1.1 Біржартыпериодты түзеткіштің сұлбасын жинау.

7.1.2 Осциллографты қолданып, біржартыпериодты түзеткіштің кіріс және шығыс кернеулерін анықтау.

7.1.3 Осциллографты сыйымдылықты сүзгі кезіндегі түзеткіштің шығыс кернеуін бақылау үшін қолдану.

7.1.4 Жүктемедегі кернеу лүпілінің шамасын анықтау.

7.1.5 7.2.1–7.2.17 пункттерді екіжартыпериодты түзеткіш үшін орындау.

7.1.6 7.2.1–7.2.17 пункттерді түзеткіштің көпірлік сұлбасы үшін орындау.

7.1.7 Екі өрісті түзеткіш үшін шығыс кернеуін анықтау.

7.1.8 Шығыс кернеуінің лүпілінің шамасына жүктеме мен оның сипаттамасының әсерін анықтау.

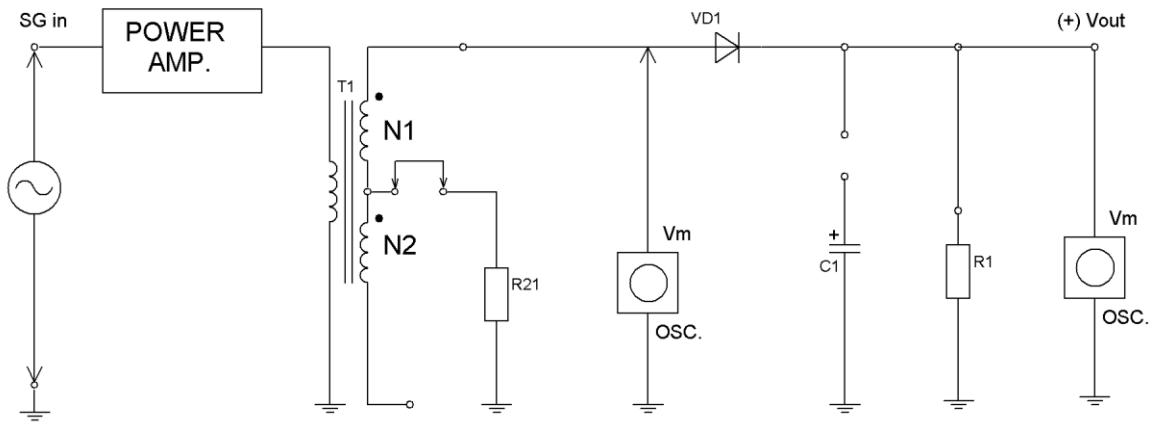
7.2 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

Біржартыпериодты түзеткішті зерттеу

7.2.1 ЕВ-141 баспа платасын PU-2000 стендісіне қойыңыз. “SIG IN” кірісі бар сұлбаны таңдаңыз, ол баспа платасының сол жақтағы жоғарғы бұрышында орналасқан.

7.2.2 “SIG IN” кірісіне сигналдар генераторын қосып, түзеткіш трансформаторының кірісіне 100 Гц жиілікті синусойдалы кернеу беріңіз.

7.2.3 7.1 суретке сәйкес, Т1 трансформаторының орамының ортаңғы



7.1 сурет - Біржартыпериодты түзеткіш сұлбасы

нүктесін R21 резисторы арқылы жерге қосамыз.

7.2.4 7.1 суретке сәйкес, осциллографтың 1 арнасына трансформатордың N1 орамынан сигнал береміз.

7.2.5 Генератордағы сигнал деңгейін, N1 орамынан шыңнан шыңға дейін 14В кернеу алатындай етіп қондырамыз, әсер етуші мәні 4,9В (UN1).

7.2.6 7.1 суретке сәйкес, түзеткіш шығысын осциллографтың 2 арнасы кірісіне қосамыз. Өлшеу кезінде екі арнада бірдей күшейткіште болуы керек және “DC” жағдайында болуы керек (тұрақты сигналдарды өлшеу кезінде).

7.2.7 Түзеткіштің кіріс және шығыс кернеулерін UN1=f(t) және UR1=f(t) график түрінде түсіріп алыңдар. UN1 және UR1 араларындағы амплитудалар айырымын VD1 диодының бар болуымен серттелуінде өлшеңдер.

7.2.8 Ораманың Т1 ортаңғы нүктесінен немесе R21 резисторынан осциллографтың 1 арнасының кірісіне кернеу береміз.

7.2.9 R21 резисторындағы кернеудің UR21=f(t) графигін түсіріңдер. (орамның ортаңғы нүктесіндегі кернеу). R21 резисторы арқылы өтетін токты мына қатынастан анықтаңдар:

$$I_{R1} = \frac{U_{R21}}{R_{21}}, \qquad (7.1)$$

мұндағы R_{21}=10 Ом.

Ескерту: R_{21} арқылы өтетін ток жерге құйылатын болғандықтан, сигналдар теріс полярлы болады.

7.2.10 С1 конденсаторын R1 паралель қосыңыз.

7.2.11 Түзеткіштің кіріс және шығыс кернеулерін UN1=f(t) және UR1=f(t) графиктері түрінде түсіріп алыңдар (сыйымдылықты сүзгілі біржартылайпериодты түзеткіштің шығыс кернеуі).

7.2.12 Осциллографтың 2 арнасын “АС” жағдайына қойып, кернеу лүпілін өлшеу үшін сезімталдықты жоғарылату керек.

7.2.13 Шығыс кернеуінің лүпілін, Улүпіл.=f(t) графигі түрінде түсіріңдер (біржартыпериодты кернеу лүпілінің түрі). Және оның шамасын өлшеп, жазыңдар.

Улүпіл = ……В (шыңнан шыңға дейін).

7.2.14 Осциллографтың 2 арнасын қайтадан “DC” жағдайына қоямыз.

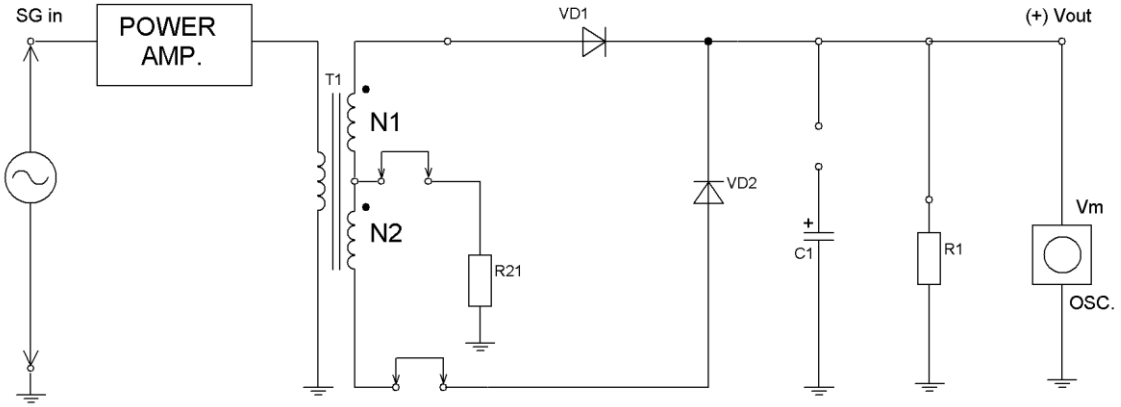
7.2.15 Өлшенген кернеумен осциллографтың 1 арнасын R21 резисторына немесе трансформатордың ортаңғы нүктесіне N1 қосамыз.

7.2.16 R21 резисторындағы кернеуді график түрінде түсіреміз (ораманың ортаңғы нүктесіндегі кернеу).

7.2.17 Конденсаторды ажыратамыз.

Нөлдік нүктесі бар екі жарты периодты түзеткішті зерттеу

7.2.18 7.2 суретте келтірілген сұлбаны жинаймыз.



7.2 сурет - Нөлдік нүктесі бар екі жарты периодты түзеткіш сұлбасы

7.2.19 Түзеткіштің шығыс кернеуін Uшығ.=f(t) графигі түрінде түсіріңдер.

7.2.20 7.2.7…7.2.17 пункттерін 7.2 суреттегі сұлба үшін орындаймыз.

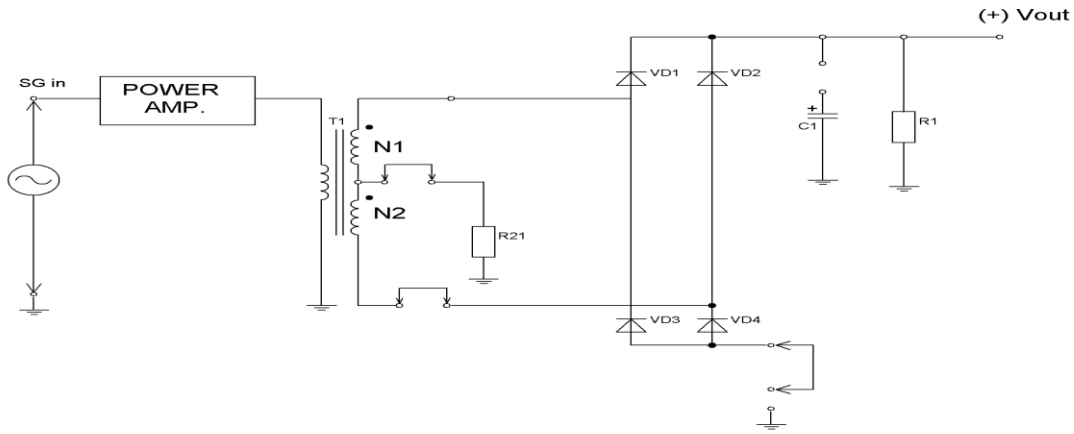
7.2.21 Түзетілген кернеу лүпілін, сондай-ақ, R21 резисторы кернеуін түсіріңдер. Түзеткіш шығысында кернеудің тұрақты құраушыларын өлшеңдер:

$U_{шығ.тұр.}$= ……В,

$U_{лүп.}$= ……В.

Көпірлік түзеткішті зерттеу

7.2.22 7.3 суреттегі сұлбаны жинаңдар.



7.3 сурет - Көпірлік түзеткіштің қосылу сұлбасы

7.2.23 R1 резисторындағы шығыс кернеуін түсіріңдер (көпірлік түзеткіштің шығыс кернеуі).

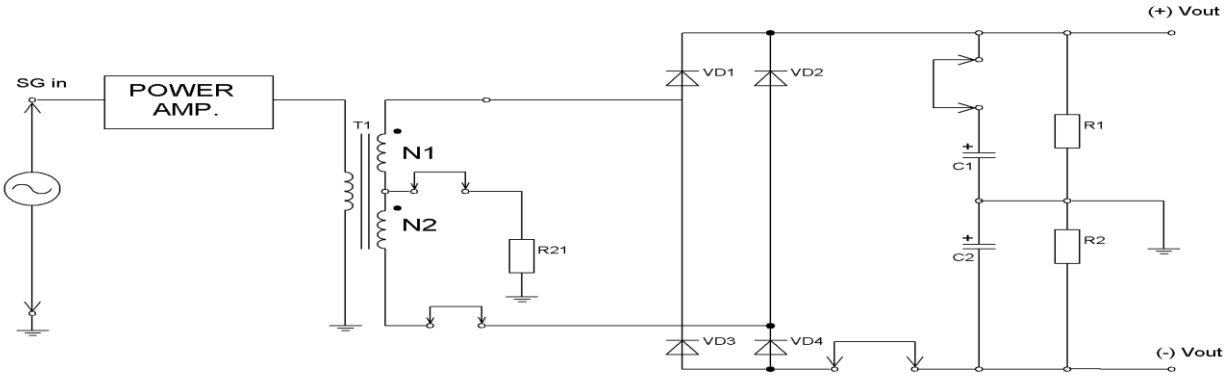
Ескерту: шың кернеуі 14 В тең, екі диодқа түскеннен кейін 1,2 В-қа аз болады.

7.2.24 С1 конденсаторын қосыңдар. Шығыс кернеуі қалай болады Uшығ.?

Екіполярлы түзеткіш

Бұл сұлба шығысында мәні бойынша бірдей, таңбасы бойынша әртүрлі жерге қатысты екі кернеу алуға мүмкіндік береді.

7.2.25 7.4 суретте келтірілген сұлбаны жинаңыз.

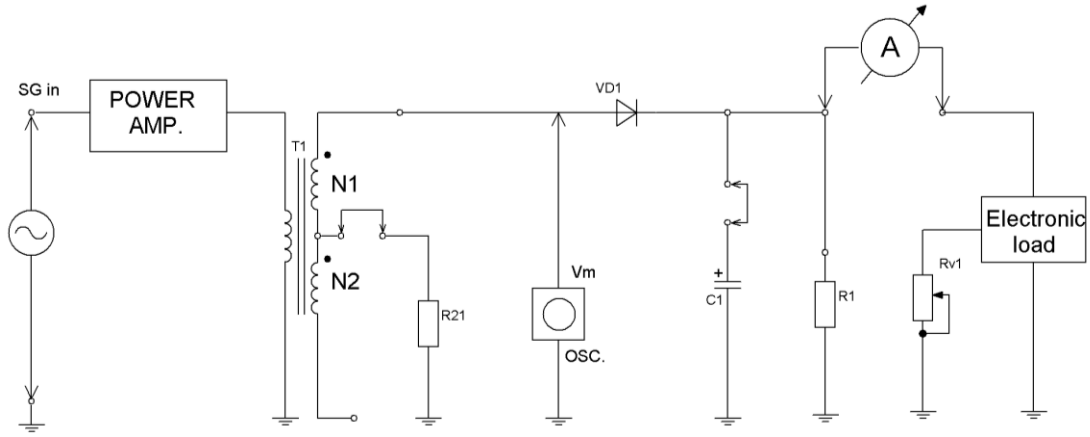


7.4 сурет – Екіполярлы түзеткіштің сұлбасы

7.2.26 C1 және C2 конденсаторларындағы кернеулерді түсіріңдер (екіполярлы түзеткіштің шығыс кернеуі).

Түзеткішке жүктеменің әсері

7.2.27 7.5 суреттегі сұлбаны жинаңдар.



7.5 сурет – Айнымалы жүктемелі біржартыпериодты түзеткіш сұлбасы

7.2.28 Потенциометр көмегімен (айнымалы резистор RV1) оның тетігін сағат бағытына қарама-қарсы бұрай отырып, токтың минималды мәнін қондырамыз.

7.2.29 Осциллографпен жүктемедегі кернеу лүпілін өлшеңіз (шыңнан шыңға дейінгі) және 7.1 кестеге жазыңыз (жүктеменің түзеткішке әсері).

7.1 кесте

I_L, мА	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15	17.5	20	25
$U_{лүпіл.}$, В										

7.2.30 Потенциометрді сағат бағытымен бұрап, алынған токты кестеге жазыңыз.

7.2.31 Токтың әрбір мәні үшін лүпілді өлшеп, кестеге жазамыз.

7.2.32 Жүктеме тогына тәуелді кернеу лүпілінің өзгеру сызбасын сызыңдар.

7.2.33 Келесі фразаны сөздермен толықтырыңдар: а) біржартыпериодты түзеткіште лүпіл _____(көп, аз), екіжартыпериодты түзеткішке қарағанда. Неге? б) Жүктеме тогы өскендіктен лүпіл _____(өседі, кемиді).

7.3 Бақылау сұрақтары

7.3.1 Электр тербелісін түзету дегеніміз не? Түзету қандай принцип бойынша жүзеге асады?

7.3.2 Түзеткіш дегеніміз не?

7.3.3 Біржартыпериодты түзеткіш деп нені айтамыз?

7.3.4 Екіжартыпериодты түзеткіш деп нені айтамыз?

7.3.5 Көпірлік түзеткіш дегеніміз не?

7.3.6 Түзеткіш қандай элементтерден құралған және осы элементтердің белгіленуі қандай?

7.3.7 Түзеткіштің лүпілдеу коэффициенті дегеніміз не?

7.3.8 Түзетілген сұлбада трансформатордың қолдану коэффициенті деп нені айтамыз?

7.3.9 Түзеткіштің пайдалы әсер коэффициенті дегеніміз не?

7.3.10 Түзеткіштің лүпілдеу жиілігі дегеніміз не?

7.3.11 Түзетілетін кернеудің қандай айнымалы құрамы көп кедергі келтіруге әсер етуші болып табылады?

7.3.12 Әртүрлі жүктемелер үшін түзеткіш сұлбаларының жұмысын түсіндір.

8 Зертханалық жұмыс. Транзисторлық тұрақтандырғыш

Жұмыстың мақсаты:

− тұрақты ток кернеуінің транзисторлық тұрақтандырғышының сипаттамаларын зерттеу және жұмыс істеуін оқып – үйрену.

8.1 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

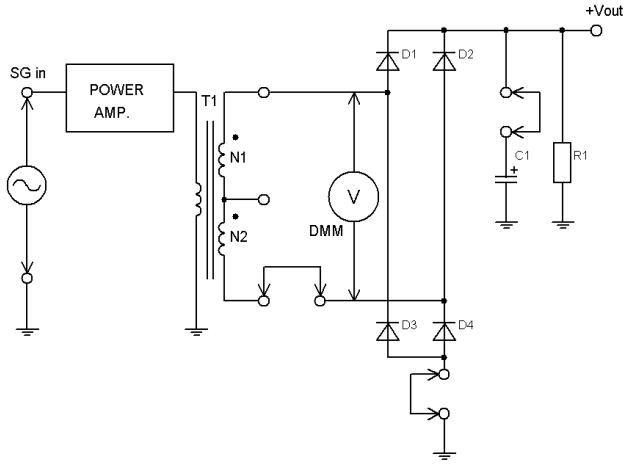
Транзисторлық тұрақтандырғыштың негізгі сұлбасы

8.1.1 ЕВ-141 баспа платасын PU-2000 стендісіне қойыңыз.

8.1.2 “SIG IN” кірісі бар сұлбаны табыңыз, бұл сұлба платаның жоғарғы сол жағында орналасқан.

8.1.3 “SIG IN” кірісіне генераторды қосып, 100 Гц жиілікті синусоидалы пішінді сигнал беріңіз.

8.1.4 Мультиметрді трансформатордың екіншілік орамасына 8.1 суретте көрсетілгендей қосыңыз.

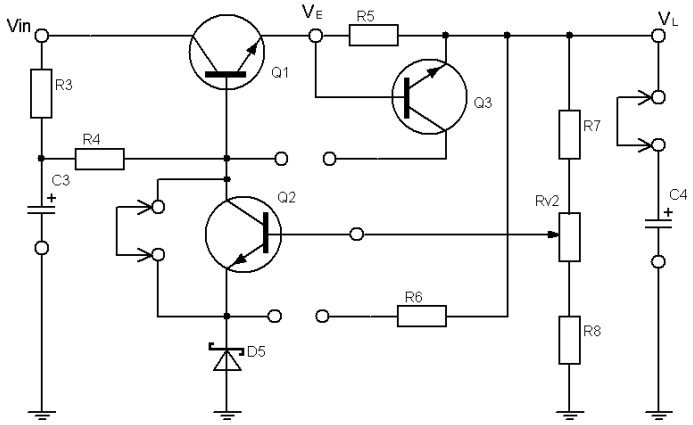


8.1 сурет – Көпірлік түзеткіш сұлбасы

8.1.5 Кіріс кернеуінің амплитудасын $U_{кір.}$=9.8 В етіп орнатамыз.

8.1.6 8.1 сурет бойынша сұлбаны жинаймыз, бұл сұлба трансформатор артында орналасқан.

8.1.7 Q_1 биполярлық транзисторы бар сұлбаны табыңдар. 8.2 суретте келтірілген сұлбаны жинаймыз.



8.2 сурет – Транзисторлық тұрақтандырғыштың сұлбасы

8.1.8 Түзеткіштің шығысын транзисторлық тұрақтандырғыштың кірісімен жалғаймыз.

8.1.9 Тұрақтандырғыштың тұрақты шығыс кернеуін $U_{шығ}$ және стабилитрондағы кернеуді $U_{ст}$ өлшеп, жазамыз.

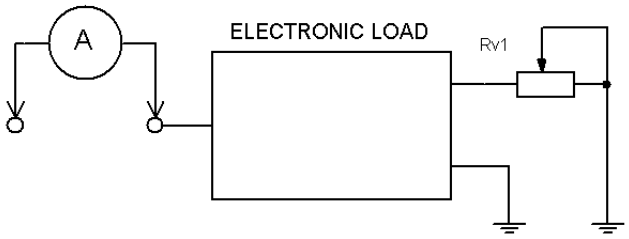
8.1.10 Осциллографпен тұрақтандырғыштың шығысындағы айнымалы кернеу лүпілін өлшеп, $U_{лүп}$ жазамыз (шыңнан шыңға дейін).

8.1.11 8.3 сурет бойынша электрондық жүктеменің орналасу орнын анықтаймыз.

8.1.12 R_{V1} потенциометрін сағат тілінің бағытына қарама-қарсы бағытқа бұрамыз.

8.1.13 Электрондық жүктемені тұрақтандырғыш шығысына жалғаймыз.

8.1.14 8.3 сурет бойынша ток өлшеу үшін жүктеме арқылы амперметрді қосамыз, токты 2,5 мА орнатамыз.



8.3 сурет – Электрондық жүктеме сұлбасы

8.1.15 Вольтметрді қосып, U_L, U_E (эмиттерде) өлшейміз және 1-кестеге жазамыз.

8.1 кесте

I_L, мА	0	2.5	5	10	15	20	25	30
U_L, В								
U_E, В								

8.1.16 R_{V1} көмегімен жүктемелік токты орнатып, U_L, U_E кернеулерінің I_L тогының әртүрлі мәндері үшін мәндерін 8.1кестеге жазамыз.

ЕСКЕРТУ: *Нөлдік ток сөніп тұрған электрондық жүктемеге сәйкес келеді.*

8.1.17 I_L тогы мәндерінің U_L, U_E шамаларына тәуелділік сызбаларын тұрғызамыз (тұрақтандырғыштың жүктемелік сипаттамалары).

8.1.18 U_E және U_L үшін I_L=30 мА жүктемелік тогы кезіндегі айнымалы кернеу деңгейін өлшеп, жазыңдар.

8.1.19 U_E немесе U_L кернеулерінің қайсысы тұрақтанған?

Токты шектегіші бар транзисторлық тұрақтандырғыш

8.1.20 Q_3 транзисторының коллекторын R_4 кедергісімен қосамыз.

8.1.21 Электрондық жүктемені ажыратып, 8.1.9-8.1.10 пункттерін қайталаңыздар.

8.1.22 Вольтметрмен U_E, U_L, U_{R5} кернеулерін өлшеп, 8.2 кестеге жазыңдар.

8.2 кесте

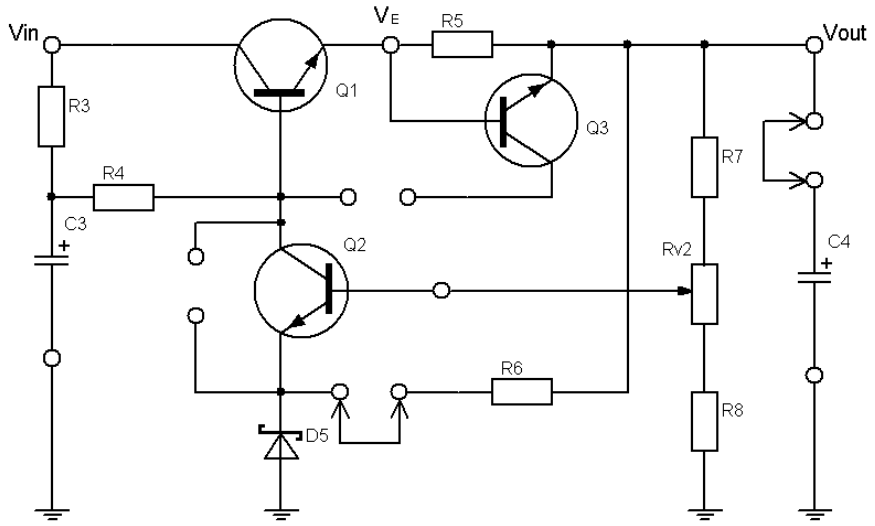
I_L, мА	0	2.5	5	10	15	20	25	30
U_{R5}, В								
U_L, В								
U_E, В								

8.1.23 U_L= f(I_L) графигін тұрғызыңыз. U_E және U_L нүктелерінде токты шектеуіштің тұрақтануға әсері бар ма?

8.1.24 Жүктеме тогы үшін мына өрнек $I_L = \frac{U_{R5}}{R_5}$ әрқашанда дұрыс па?

Кері байланысы бар транзисторлық тұрақтандырғыш

8.1.25 8.4 сурет бойынша кері байланысы бар транзисторлық тұрақтандырғыш сұлбасын жинаңыз.



8.4 сурет – Кері байланысы бар транзисторлық тұрақтандырғыш сұлбасы

8.1.26 $U_{шығ}$ өлшеу үшін мультиметрді қосамыз.

8.1.27 Бұл сұлбада сіздер R_{V2} потенциометрді бұрап отырып, $U_{шығ}$ кернеуін өзгерте аласыздар. Сағат тілі бағытымен толық бұрылыс максималды шығыс кернеуін көрсетеді.

$U_{макс.шығ.}$ …… (В), максимал шығыс кернеуін жазыңдар.

8.1.28 Тұрақтандырғыш шығысына осциллографты қосып, шыңнан шыңға дейінгі лүпіл кернеуін (шығыс кернеудің айнымалы құраушыларын) өлшейміз $U_{лүпіл}$…… (В).

8.1.29 R_{V2} потенциометрін сағат тілі бағытына қарама-қарсы аяғына дейін бұрамыз.

$U_{мин.шығ.}$ …… (В) минимал шығыс кернеуін жазамыз.

Лүпілді өлшеп, жазамыз.

8.1.30 Электрондық жүктемені тұрақтандырғыштың шығысына қосамыз. Сол кезде R_{V2} потенциометрі толығымен сағат тілі бағытына қарама-қарсы болуы керек (минимал жүктемеде).

8.1.31 Жүктеме тогын 5 мА алу үшін R_{V2} потенциометрін бұраймыз, жүктеме кернеуін өлшеп, көрсеткішін 8.3 кестеге жазамыз.

8.3 кесте

I_L, мА	0	5	10	20	30
U_L, В					

8.1.32 Жүктеме потенциометрін сағат тілі бағытымен ақырын бұрап отырып, әрбір I_L үшін U_L жазамыз, I_L=0 тогы жүктеменің ажыратылып тұрған кезіне сәйкес келеді. U_L= f(I_L) сызбасын тұрғызыңыздар.

8.1.33 R_{V2} потенциометрінің көмегімен тұрақтандырғыштың шығысында максимал кернеуді қойамыз, токты I_L=5 мА бастап орнатамызмыз. Жүктемедегі кернеуді өлшеп, мәндерін 8.4 кестеге жазамыз. U_L= f(I_L) сызбасын тұрғызыңыздар.

8.4 кесте

I_L, мА	0	5	10	20	30
U_L, В					

8.2 Бақылау сұрақтары

8.2.1 Кернеу тұрақтандырғышы және ток тұрақтандырғышы дегеніміз не?

8.2.2 Тұрақтандырғышта стабилитронның атқаратын қызметі қандай?

8.2.3 Тұрақтандырғыш қандай қасиеттерімен сипатталады?

8.2.4 Тұрақтандыру коэффициенті дегеніміз не?

8.2.5 Кернеу тұрақтандырғышы қалай жұмыс жасайды?

8.2.6 Кернеудің параметрлік тұрақтандырғышы дегеніміз не?

8.2.7 Ток пен кернеу тұрақтандырғышы қандай көрсеткіштермен сипатталады?

8.2.8 Эксперименталды тұрақтандыру коэффициенті қалай анықталады?

8.2.9 ИМС-да қандай кернеу тұрақтандырғыштарын білесіздер?

9 Зертханалық жұмыс. Интегралдық тұрақтандырғыш

Жұмыстың мақсаты:

− берілген кернеу тұрақтандырғышының сұлбасын электрондық жүктемеге қосуды;

− әртүрлі жүктемелер үшін тұрақты шығыс кернеулерін өлшеуді;

− әртүрлі жүктемелер үшін кернеу тұрақтылығын анықтауды;

− жүктеме өзгерген кездегі кернеу тұрақтылығының өзгерісін көрсететін график тұрғызуды.

9.1 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

Интегралдық тұрақтандырғыш

9.1.1 ЕВ-141 платасын PU-2000 стендіне қоямыз.

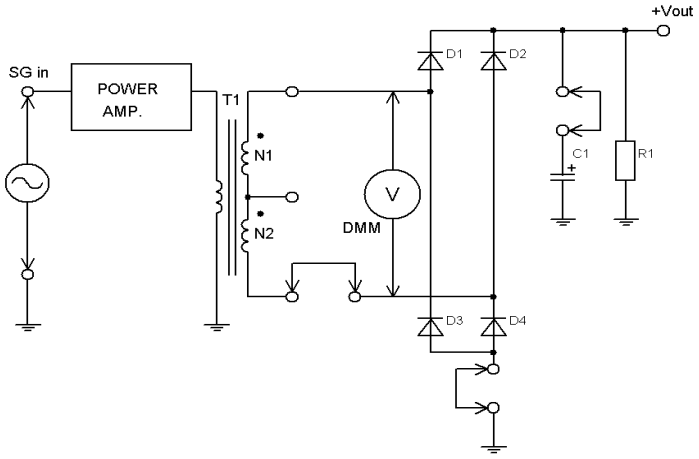
9.1.2 «SIG IN» кірісі бар сұлбаны табыңдар. Бұл сұлба баспа платаның жоғарғы сол жағында орналасқан.

9.1.3 Сигналдар генераторын «SIG IN» кірісіне жалғаңдар. Генераторда 100 Гц жиілікті синусойдалы сигнал орнатамыз.

9.1.4 Көпірлік түзеткіш сұлбасының кірісіне цифрлы мультиметрді қосамыз, ол Т1 трансформаторының жанында орналасқан.

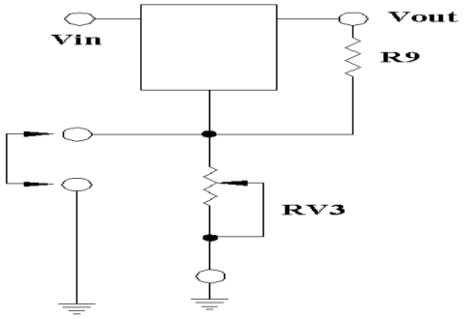
9.1.5 Кіріс сигналының амплитудасын $U_{кір}$=28 В орнатамыз (9,8 В әсер етуші кернеу).

9.1.6 С1 қосып, 9.1 сұлбаны жинаймыз.



сурет – Көпірлік түзеткіш сұлбасы

9.1.7 «Интегралдық тұрақтандырғыш» деп аталатын интегралдық сұлбаны (ИС) табыңыз. Бұл сұлба баспа платасының ортасында орналасқан. 9.2 суреттегі сұлбаны жинаймыз.



9.2 сурет – LM317 интегралдық кернеу тұрақтандырғышы

9.1.8 Көпірлік түзеткіштің шығысын LM317 кірісіне қосамыз. Вольтметрді DC режимінде тұрақтандырғыштың шығысына қосып, кестені толтырамыз.

9.1 кесте	$U_{шығ}$, В (тұрақты)	$U_{лүпіл}$, мВ (айнымалы) (шыңнан шыңға дейін)
R_L қосылмаған		
$R_L = R_{16}$		
$R_L = R_{19}$		

9.1.9 Тұрақтандырғыштың шығысындағы тұрақты кернеуді өлшеп, 9.1 кестеге жазыңдар.

9.1.10 «step-up Switching Reg» (импульстік реттегіш), сұлбасындағы R_{16}-ны интегралдық тұрақтандырғыштың шығысына қосамыз және тұрақты кернеуді кестеге жазамыз ($R_L = R_{16}$ жолына).

9.1.11 $R_L = R_{19}$ үшін осыны қайталаймыз.

9.1.12 Интегралдық тұрақтандырғыштың шығысына осциллографты қосып, айнымалы ток кернеуінің лүпілін өлшеп, 9.1 кестеге жазамыз. Әртүрлі R_L үшін қайталаңдар.

Айнымалы кернеу тұрақтандырғышы

9.1.13 R_{v3} потенциометрін тұйықтап тұрған тұйықтағышты алып тастаймыз.

9.1.14 R_{v3} потенциометрін жүктемеде 9 В болатындай етіп реттейміз.

9.1.15 Электрондық жүктемені қосып, R_{v1} потенциометрін сағат тілі бағытымен бағыттап, соңына дейін бұраймыз (ең жоғарғы жүктеме).

9.1.16 Жүктемедегі тұрақты кернеуді өлшеп, нәтижесін 9.2 кестеге жазамыз.

9.2 кесте

U_{Lmax}, (В)	9	8	7	6	5	4	2
U_{Lmin}, (В)							
ΔU, (В)							
$(\Delta U/U)100\%$, (В)							

9.1.17 9.2 кестеде көрсетілген U_{Lmax} барлық мәндері үшін 9.1.15-9.1.16 пункттерін қайталаңдар.

9.1.18 $\Delta U = U_{Lmax} - U_{Lmin}$ есептеп, нәтижесін 9.2 кестеге жазыңдар.

9.1.19 Тұрақтану коэффициентін есептеп $K_{TYP} = (\Delta U/U)100\%$, мәндерін 9.2 кестеге жазамыз.

9.1.20 Кернеудің тұрақтану коэффициентінің U_{Lmax}-ке тәуелділік графигін тұрғызыңыздар.

Сөйлемді аяқта: U_{Lmax} көбейітсек, кернеу тұрақтылығы... (көбейеді(азаяды)).

9.1.21 R_{v1} потенциометрін сағат тілі бағытына қарама-қарсы бағытқа бұрамыз.

9.1.22 R_{v3} өзгерте отырып, жүктеме клеммасындағы тұрақты токта 5В орнатамыз. Мәндерін 9.3 кестеге жазамыз.

Ескерту: электрондық жүктемені тұйықтағанда 0 мА болады.

9.3 кесте

I_L, мА	0	5	10	20	30
U_L, В	5				

9.1.23 Жүктеме тогын өлшеу үшін амперметрді қосып, алынған нәтижені 9.3 кестеге жазамыз.

9.1.24 R_{v1} потенциометрін сағат тілі бойымен реттей отырып, жүктеме тогын I_L =5 мА орнатамыз. U_L өлшеп, нәтижесін 9.3 кестеге жазамыз.

9.1.25 Осы пункттерді ток 30 мА жеткенше қайталаймыз.

9.1.26 R_{v1} потенциометрін сағат тілі бағытымен толығымен бұрып, U_L және I_L өлшейміз. U мәндерін 9.3 кестеге жазамыз. $U_L = f(I_L)$ сызбасын тұрғызыңдар.

9.1.27 30 мА ток үшін тұрақтану ... (жақсы, нашар).

9.1.28 Электрондық жүктемені тұйықтап, нәтижені бақылаңдар. R_9-ге вольтметрді қосып, кернеудің түсуін өлшеңдер: U_{R9} …….(5В немесе 1.25В).

9.1.29 R_{v3} потенциометрін өшіреміз. $U_{шық.}$ …….(5В немесе 1.25В).

9.1.30 Соңғы пункттерден алынған нәтиже, электрондық жүктеме қалай жұмыс істейтінін көрсетеді: ол тұрақты кернеу түсуін 1.25В қолданады және кедергіні өзгерте отырып, тұрақты кернеуде токтың өзгеруіне әкеледі.

10 Зертханалық жұмыс. Тұрақты токта физикалық шамаларды өлшеу

Жұмыстың мақсаты:

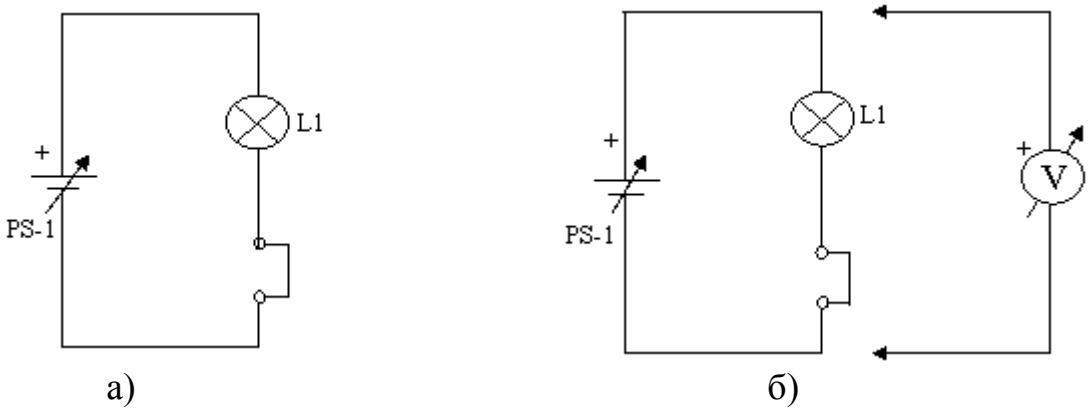
− тұрақты токтағы электрлік кернеу, ток, қуат, кедергіні өлшеу принципін, тәсілдерін және әдістерін оқып-үйрену, метрологиялық өңдеу әдістерін оқып үйрену, өлшеу нәтижесін шығару. Өлшеу жабдығы ретінде мультиметр қолданылады.

10.1 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

10.1.1 ЕВ-101 баспа платасын PU-2000 орталық процессорға қойыңыз.

10.1.2 PS-1, PS-2 қоректендіру көзін нөлге қойыңыз, яғни реттеу тұтқасын сағат тіліне қарсы толық бұраңыз. Бұл зертханалық жұмыста PS-1, PS-2 қоректендіру көзі кернеумен қамтамасыздандырады.

10.1.3 10.1а суретінде көрсетілгендей PS-1 қоректендіру көзін L1 шамына жалғаңыз.



а) б)

10.1 сурет

10.1.4 PS-1 қоректендіру көзінің кернеуді реттеу тұтқасын сағат тіліне толық бұраңыз. Шамның жану жарығын бақылаңыз.

Кернеуді өлшеу

10.1.5 Мультиметрді тұрақты токты (DC) вольтметр режіміне қосыңыз. 10.1б суретте көрсетілгендей вольтметрді L1 шамына параллель қосыңыз. Шамдағы кернеуді өлшеп, жазыңыз.

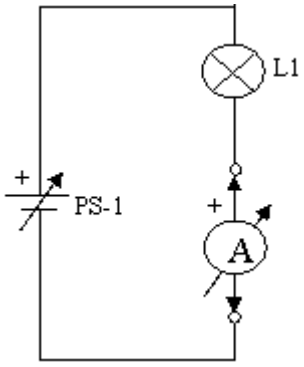
10.1 кесте – Шамдағы өлшенген кернеудің мәндері

Кернеуді реттеу тұтқасы (PS-1)		
Сағат тілі бойынша шеткі жағдайы	Ортаңғы жағдайы	Сағат тіліне қарама-қарсы шеткі жағдайы
$U_{Lмакс.}$	$U_{Lорт.}$	$U_{Lмин.}$
Шамның жану жарықтығы		

10.1.6 Мультиметрді тізбектен ажыратыңыз.

Токты өлшеу

10.1.7 Мультиметрді тұрақты токты (DC) амперметр режіміне қосыңыз, өлшеу аралығы 200мА. 10.2 суретте көрсетілгендей тізбектей тізбекке амперметрді L1 шамына қосыңыз. Шам арқылы өтетін токты өлшеп, жазыңыз.



10.2 сурет – Амперметрдің шамға тізбектей қосылуы

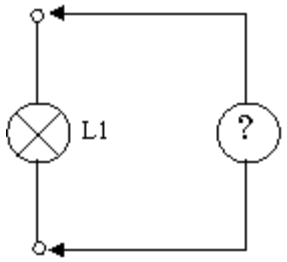
10.2 кесте – Шамдағы өлшенген токтың мәндері

Кернеуді реттеу тұтқасы (PS-1)		
Сағат тілі бойынша шеткі жағдайы	Ортаңғы жағдайы	Сағат тіліне қарама-қарсы шеткі жағдайы
$I_{Lмакс.}$	$I_{Lорт.}$	$I_{Lмин.}$
Шамның жану жарықтығы		

10.1.8 Мультиметрді тізбектен ажыратыңыз.

Кедергіні өлшеу.

10.1.9 Мультиметрді омметр режіміне қосыңыз, өлшеу аралығы 200Ом дейін. 10.3 суретте көрсетілгендей омметрді L1 шамына параллель қосыңыз. Кедергінің мәнін өлшеп, жазыңыз.



10.3 сурет – Кедергіні өлшеу

Кедергіде бөлінген қуатты есептеу

Кедергіге бөлінген қуат ток пен кернеудің көбейтіндісінен тұрады. Қуат ватт (Вт) арқылы өлшенеді. Қуатты үш негізгі деңгеймен анықтауға болады:

$$P = U \cdot I .$$

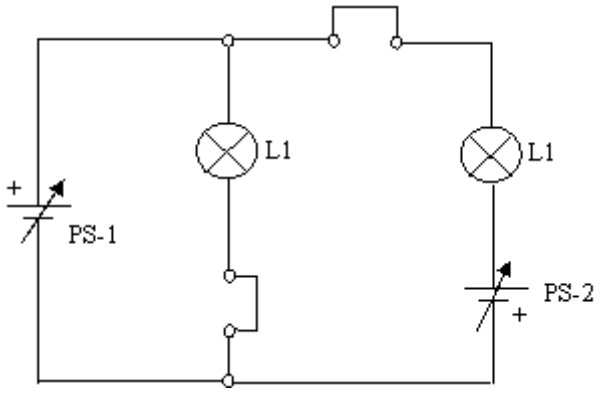
Алгебралық түрлендірудің көмегімен Ом заңының теңдеуін өзгертіп, қуатты кедергі шамасына байланыстырып мына теңдеуді табамыз

$$P = I^2 \cdot R ,$$

$$P = \frac{U^2}{R} .$$

Шамның жану жарықтығы, шамда түрленген қуат арқылы анықталады. Бұл жұмыста қуат ток шамасының кернеуге көбейтілуі арқылы табылады. Әртүрлі кедергіден тұратын екі шамды қолданып, олардың жарықтылығын салыстырамыз. Берілген қуат бірдей болғанда, шамның жарықтығы бірдей болады.

10.1.10 Екі қоректендіру көзін 0 вольтқа қойып, 10.4 суретте көрсетілген тізбекті жинаңыз.



10.4 сурет – Кернеу мен токты өлшеу

10.1.11 PS-1 қоректендіру көзінің кернеуін L1 шамы жанғанша жоғарлатыңыз. L1 шамындағы кернеуді өлшеп, одан кейін L1 шамы арқылы өтетін токты өлшеңіз. Бұл мәндерді 10.5 кестеге жазыңыз.

10.5 кесте – Өлшенген кернеу мен токтың мәндері

Шам, L1		
U, В	I, мА	P, Вт

10.1.12 PS-2 қоректендіру көзінің кернеуін L2 шамы мен L1 шамы бірдей жарықты бергенше жоғарылатыңыз. L2 шамы арқылы өтетін кернеу мен токтың мәндерін өлшеңіз. Өлшенген мәндерді 10.6 кестеге жазыңыз.

10.6 кесте – Өлшенген кернеу мен токтың мәндері

Шам, L2		
U, В	I, мА	P, Вт

10.1.13 L1 шамының жарықтығымен L2 шамының жарықтығы бірдей болу үшін L1 шамындағы кернеуді 10.7 кестеде көрсетілген қадам әдісі бойынша жоғарылатыңыз. Әрбір қадам үшін L1 және L2 шамдары арқылы өтетін ток пен кернеудің мәндерін 10.7 кестеге жазыңыз.

10.7 кесте – Әрбір қадам үшін өлшенген ток пен кернеудің мәндері

Шам, L1			Шам, L2		
U, В	I, мА	P, Вт	U, В	I, мА	P, Вт
5					
6					
7					
8					
9					
10					

10.1.14 Екі қоректендіру көзін 0 кернеуіне қойып, тізбекті ажыратыңыз.

10.1.15 Екі шамның әрбір кернеу мәндері үшін формуланы қолданып қуатты есептеңіз.

10.2 Бақылау сұрақтары

10.2.1 Дәлдік класының тағайындалуы.

10.2.2 Өлшеу әдістерінің негізгі және қосымша қателіктері деген не?

10.2.3 Омметрдің дәлдік класы қалай беріледі? Өлшенген кедергінің абсалюттік қателігі қалай анықталады?

10.2.4 Қандай өлшеу жанама әдіс деп аталады? Жанама әдістің абсалюттік және салыстырмалы қателігі қалай анықталады?

10.2.5 Магнитоэлектрлік өлшеу аспаптарынан тұратын омметрдің жұмыс істеу принципі. Тізбектей және параллель қосылған сұлбалары. Шкаланың теңдеуі.

10.2.6 Келтірілген қателік деген не?

10.2.7 Магнитоэлектрлік жүйе аспаптарының жетістіктері мен кемшіліктері.

10.2.8 Аспаптың дәлдік класы дөңгелек сан түрінде анықталған. Ол нені сипаттайды және қандай қателік анықталады?

11 Лабораториялық жұмыс. Кернеу мен токты бөлгіштер

Жұмыстың мақсаты:

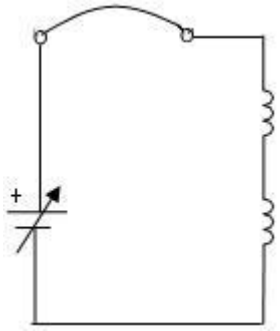
− кернеу мен токты бөлгіштердің жұмыс істеу принципімен танысу. Кернеу мен токты бөлу шарттарын қолданып кернеудің мәнін есептеу және өлшеу арқылы кернеуді бөлудің шартын (принцип) дәлелдеу. Кернеу мен ток бөлгіштерінің бүлінген жерін іздеп, түзету.

11.1 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

Кернеуді бөлгіштер

11.1.1 ЕВ-101 түріндегі баспа платаны PU-2000 орталық процессорға қойыңыз.

11.1.2 Екі қоректендіру көзін 0 вольттік кернеуге қойыңыз. R_7 және R_8 резисторларын кернеу бөлгіш ретінде 11.1 суреттегідей жалғаңыз.



11.1 сурет – R_7 және R_8 резисторларының жалғануы

11.1.3 R_7 және R_8 кедергілерінің мәндерін өлшеңіз.

11.1.4 PS-1 қоректендіру көзін 7.5 В кернеуге қойыңыз. Мультиметрді қоректендіру көзінен кернеуді өлшеуге және R_8 резистордағы кернеуді өлшеуге қолданыңыз. Екі мәнді де жазыңыз.

$U_{кіріс}$ =

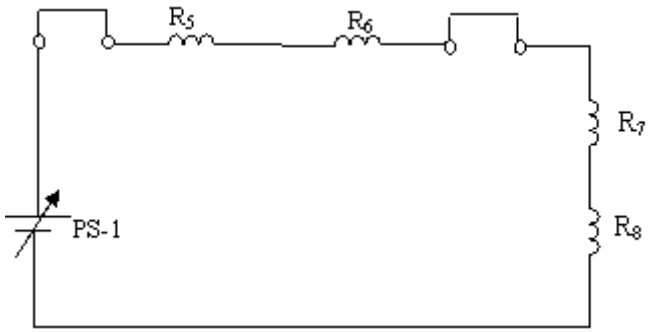
U_{R8} =

11.1.5 Кернеуді бөлу формуласын қолданып теориялық шығыс кернеуін есептеңіз. R_8 шығыс кедергісі ретінде және R_7 + R_8 жалпы кедергі ретінде қолданамыз.

$$\mathbf{U}_{\text{есеп.шыг.кер.}} = \frac{\mathbf{R}_8}{\mathbf{R}_7 + \mathbf{R}_8}\mathbf{U}_{\text{кіріс}} \qquad (11.1)$$

11.1.6 Қоректендіру көзін 0В кернеуге қойып, тізбекті ажыратыңыз.

11.1.7 4 резистордан тұратын кернеу бөлгішті құрып 11.2 суретте көрсетілгендей тізбекті жинаңыз.



11.2 сурет – Кернеу бөлгішті құратын сұлба

11.1.8 R_5 және R_6 кедергілердің мәнін өлшеңіз.

11.1.9 PS-1 қоректендіру көзін 8В қойып, R8 арқылы кернеу бөлгіштің шығыс кернеуін өлшеп, жазыңыз.

$U_{кіріс}$ =

U_{R8} =

11.1.10 Кернеу бөлгіштің формуласын қолданып, кернеу бөлгіштің шығыс мәнін есептеңіз:

$$\mathbf{U}_{\text{есепшығкер.}} = \frac{\mathbf{R}_8}{\mathbf{R}_7 + \mathbf{R}_8 + \mathbf{R}_6 + \mathbf{R}_5} \cdot \mathbf{U}_{\text{кіріс}} \qquad (11.2)$$

11.1.11 Қоректендіру көзін 0В қойып, тізбекті ажыратыңыз.

Токты бөлгіштер

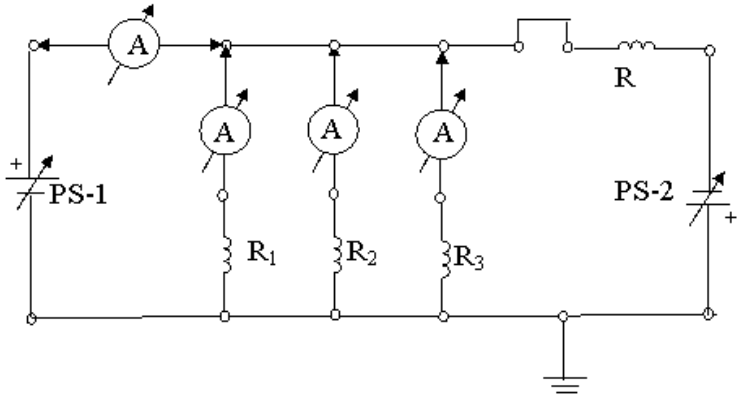
Токты бөлгіш дегеніміз кіріс тогын төменгі мәнге дейін төмендету үшін арналған кедергілер жүйесінен тұрады. Шығыс тогын есептеу формуласы төмендегідей

$$I_{ш} = \frac{G_{ш}}{G_{ж}} \cdot I_{кір}, \qquad (11.3)$$

мұндағы $G_ш$ - шығыс мәні өлшенетін өткізгіштік;

$G_Ж$ - параллельді тізбектің жалпы өткізгіштігі.

11.1.12 Қоректендіру көзін 0В кернеуге қойып, 11.3 суретінде көрсетілгендей, 3 резистордан тұратын ток бөлгіш тізбегін қосыңыз. PS-1 қоректендіру көзін 10В кернеуге қойыңыз.



11.3 сурет – Токты бөлгішті құратын сұлба

11.1.13 R_1, R_2 және R_3 кедергілердің мәнін өлшеңіз.

11.1.14 R_1, R_2 және R_3 өткізгіштіктерін есептеңіз. Одан кейін тізбектің жалпы өткізгіштігін алу үшін қосу қажет:

G_1=

G_2=

G_3=

$G_{жалпы} = G_1 + G_2 + G_3 ....$

11.1.15 Кіріс тогын өлшеп, жазыңыз $I_{кіріс}$=

11.1.16 Формуланы қолданып R_1, R_2 және R_3 шығыс тогын есептеңіз:

$$I_ш = \frac{G_1}{G_{жалпы}} \cdot I_{кір} . \quad (11.4)$$

11.1.17 Үш кедергі арқылы өлшенген токтың мәндері есептелген мәндерге сәйкес келетіндігін тексеріп, PS-1 қоректендіру көзін 0В қойыңыз, тізбекті ажыратыңыз.

11.2 Бақылау сұрақтары

11.2.1 Кернеуді бөлгіштер не үшін қолданылады?

11.2.2 Қандай жоғарғы емес жиілікте резитивті бөлгішті қолдануға болады?

11.2.3 Кернеу бөлгіш пен ток бөлгіштің сұлбаларын түсіндіріңіз.

11.2.4 Кернеуді бөлгіштердің қандай түрлері болады?

11.2.5 Кернеуді бөлгіштердің қандай сұлба түрлері болады?

12 Зертханалық жұмыс. Потенциометр. Кернеу көзі

Жұмыстың мақсаты:

− потенциометрді кернеуді бөлгіш ретінде қолдану.

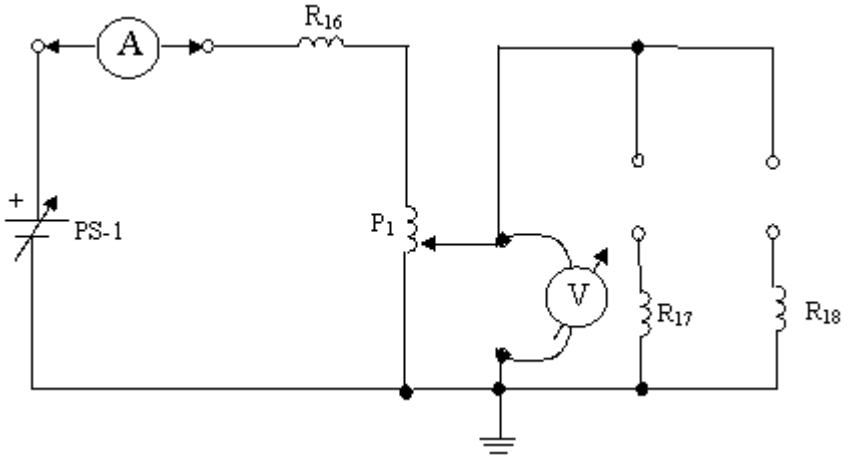
12.1 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

12.1.1 ЕВ-101 баспа платасын PU-2000 орталық процессорға қойыңыз.

12.1.2 Потенциометрдің жалпы кедергісін өлшеп, жазыңыз R(жалпы) =

12.1.3 Потенциометрді сағат тіліне қарсы 20%, 40%, 60%, 80% және 100% қойып, қозғалмалы түйіспе мен жерлеу арасындағы кедергінің шамасын өлшеңіз (қоректендіру көзін әр уақытта ажыратып отыру қажет). Нәтижесін кестеге енгізіңіз.

12.1.4 12.1 суретте көрсетілгендей PS-1 қоректендіру көзін потенциометрге қосып, кіріс кернеуін 6 В қойыңыз.



12.1 сурет – Қоректендіру көзін потенциометрге қосу

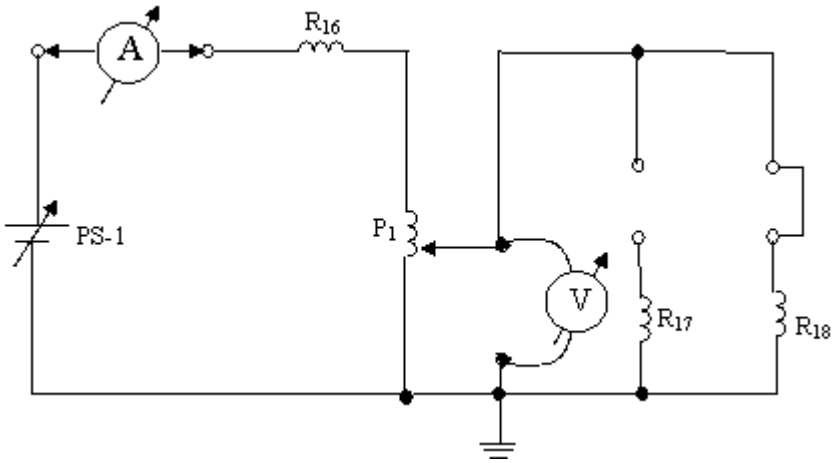
12.1.5 Қозғалмалы түйіспе мен жерлеудің арасындағы шығыс кернеуін өлшеңіз. Нәтижесін 12.1 кестеге енгізіңіз.

12.1 кесте – Тәжірибе нәтижесі

Бұру	Жалпы R кедергісі %	$U_{шығыс}$.	$U_{шығыс}$, R_{17} кезінде	$U_{шығыс}$, R_{18} кезінде
20%				
40%				
60%				
80%				
100%				

12.1.6 R_{17} кедергісін қозғалмалы P_1 түйіспеге қосып, шығыс кернеуін өлшеуді қайталаңыз. Нәтижесін 12.1 кестеге енгізіңіз.

12.1.7 Тізбектегі R_{17} кедергісін R_{18} кедергісіне ауыстырып, кернеуді өлшеуді қайталаңыз. Нәтижесін 12.1 кестеге енгізіңіз.

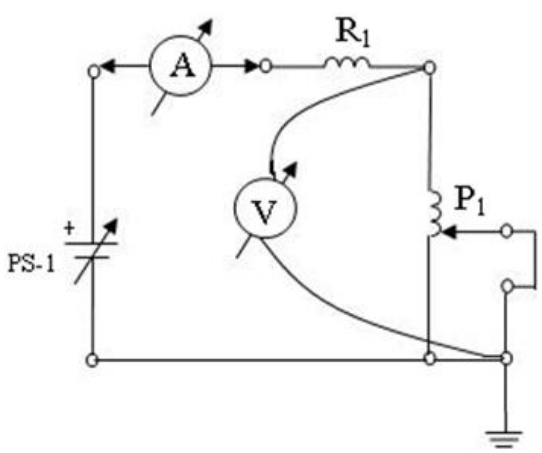


2.2 сурет – Жерлеу мен қозғалмалы түйіспе арасындағы шығыс кернеуін өлшеу

12.1.8 Өлшенген мәндердің $U_ш = f(бұрау(\%))$ тәуелділік графигін тұрғызыңыз.

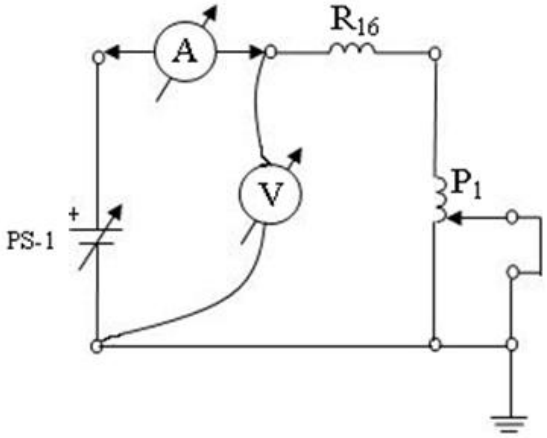
Кернеудің қоректендіру көзі

12.1.9 12.3 а суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.



а)

12.3 суреті – Қозғалмалы түйіспені қосу



б)

12.3 суреті – Кедергіні қосу

12.1.10 Потенциометрдің қозғалмалы түйіспесін айнымалы кедергінің резисторын құра отырып 12.3 б суретінде көрсетілгендей оның төменгі шегіне қосыңыз. Потенциометр реостат ретінде қосылады, ал оның R_{16} резисторымен тізбектей қосылуы қоректендіру көзі үшін жүктеме болып саналады.

12.1.11 PS-1 қоректендіру көзін 5 В қойыңыз.

12.1.12 Потенциометрдің жүктемесін әртүрлі реттеу үшін тізбектегі кернеу мен токтың мәндерін өлшеп кестеге жазыңыз (R_{16} және P_1 қосындысына тең жүктемеге). Әрбір реттеу үшін жүктеменің кедергісін Ом заңы бойынша есептеңіз. Шығыс тогын өлшеу кезінде R_{16} кедергісімен тізбектей қосылған қысқа тұйықталған қосқышты миллиамперметрмен ауыстырыңыз.

12.2 кесте – Тәжірибе нәтижесі

Бұрау	$I_{шығ}$, мА	$U_{шығыс}$, В		$R_ж$, Ом	
	P_1+ R_{16}	P_1+ R_{16}	P_1	P_1+ R_{16}	P_1
0%					
20%					
40%					
60%					
80%					

100%					

12.1.13 12.3 б суретінде көрсетілген тізбекті жинаңыз. Потенциометр қоректендіру көзі үшін айнымалы жүктеме ретінде қызмет атқарады. PS-1 қоректендіру көзіне тізбектей жалғанған R_{16} резисторы кедергінің көзі үшін Тевенинның баламасы болып саналады.

12.1.14 P_1 жүктемесі үшін 12.1.12 тарауды қайталаңыз. Нәтижесін кестеге енгізіңіз.

12.1.15 P_1 жүктемесі мен P_1+ R_{16} жүктемесінің қосындысына тең $U_{шығыс} = f(I_{шығыс})$ графиктерді сызыңыз.

12.2 Есептеу тапсырмалары

12.2.1 Потенциометрдің әртүрлі жүктемесі үшін алынған әртүрлі қисықтарды түсіндіріңіз, тұрғызылған графиктерді талдаңыз.

12.2.2 Потенциометр радиоаппаратуралардың қуатын реттеу үшін қолданылады. Потенциометрдің жұмыс істеу принципін түсіндіріңіз.

12.2.3 $U_{шығ} = f(I_{шығ})$ графиктерін қолданып ток төменгі шамадан жоғарғы шамаға дейін өскенде шығыс кернеуі қанша шамаға төмендейтіндігін анықтаңыз.

12.2.4 Тізбекті екі жағдайда конфигурациялау үшін арналған формуланы қолданып $R_ж$ есептеңіз

$$R_{ж} = \frac{U_{ш}}{I_{ш}}.$$

12.2.5 Екі жағдайдағы тізбектің конфигурациясы үшін шығыс кернеуінің тұрақтылығын есептеңіз

$$U = \frac{U_{ш.макс} - U_{ш.мин}}{U_{ш.макс}} \cdot 100\%.$$

12.3 Бақылау сұрақтары

12.3.1 Типтік қоректендіру көзі үшін 5 тарауда алынған тұрақтандыру жоғары немесе төмен болып санала ма? Екі тізбектің конфигурациясын салыстырыңыз және түсіндіріңіз.

12.3.2 Өлшеу әдістері мен түрлері.

12.3.3 Неге потенциометр э.қ.к. өлшейді, ал кернеуді ше?

12.3.4 Жалпы түрде кернеуді бөлгіштің формуласын шығарыңыз.

13 Зертханалық жұмыс. Фоторезисторды зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

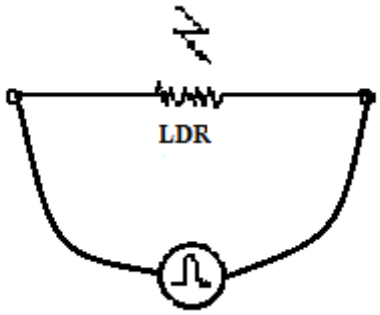
− фоторезистордың (ФР) жұмыс істеу принципін үйрену, оны қосу үшін құрылымдық сұлбасын білу, негізгі ерекшелігін алу. Сонымен қатар, ФР негізгі қолдану сферасын білу.

13.1 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

ФР кедергісінің жарық қарқындылығына тәуелділігі

13.1.1 Degem System-ның ЕВ-114 баспа платасын PU-2000 стендіне орналастыру.

13.1.2 13.1 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.



13.1 сурет – ФР-дың сипаттамасын өлшеу

13.1.3 PS-1 (PU-2000 стендінде) реттегіш тұтқасын сағат тіліне қарсы бұраңыз.

13.1.4 ЕВ-114 баспалық платасында PS-1-ді V_{in}-ге қосыңыз.

13.1.5 Баспалық тақтадағы ажыратқыштың басты бөлігінен жарық көзінен ажыратып әкеліңіз.

13.1.6 Жарық көзін фотоқабылдағыштың ұяшығының үстінен орналастырыңыз. Осы қалыпта сөнген жарық көзі толығымен сыртқы жарықтануды бұғаттайды және ФР-дың өлшеуіш кедергісі оның «қараңғылық» кедергісі болып табылады. Өлшеу нәтижелерін 13.1 кестеге енгізіңіз.

13.1 кесте

U_L, В	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
I_{LS}, мА										
R, кОм										

13.1.7 13.1 кестеге сәйкес PS-1 реттегішінің көмегімен U_L мәнін енгізіңіз. Әрбіреуі үшін ФР-дың кедергісінің мәніне сәйкес келетін кернеу мәнін жазыңыз.

13.1.8 (13.1) формуланы пайдаланып токты I_L есептеңіз, мәндерін 13.1 кестеге енгізіңіз.

$$I_{LS} = U_L/R_{14}, \quad (13.1)$$

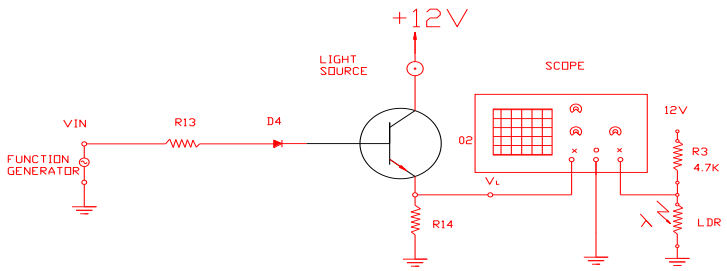
мұндағы I_{LS} – жарық көзінен ағып жатқан ток;

U_L – R_{14} резистордағы кернеудің азаюы.

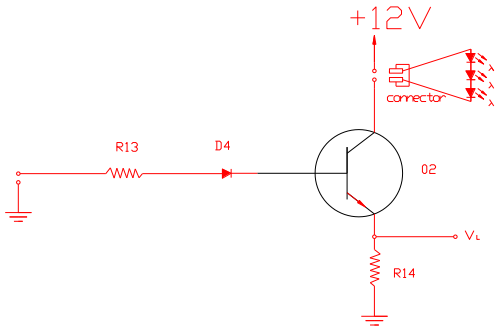
13.1.7 Кестенің берілгені бойынша, жарық көзінен ағып жатқан ток арқылы ФР кедергісіне тәуелді $R = f(I_{LS})$ графигін тұрғызу керек.

ФР-дың «қараңғылық» күйден «жарық» жағдайға ауысуы

13.1.8 13.2 суреттегі берілген сұлбаны жинаңыз, сонымен қатар жарық көзін 13.3 суретте көрсетілгендей қосыңыз.



13.2 сурет – ФР-дың уақытша сипаттамаларын алу үшін қосу сұлбасы
1 – функционалды генератор (ФГ);
2 – жарық көзі (ЖК);
3 – осциллограф;
4 – фоторезистор (ФР).



13.3 сурет – ЖК қосу сұлбасы, мұндағы:
1 – ажыратқыш;
2 – жарық көзі.

13.1.9 ФГ-дың кірісінде үшбұрыш сигнал 1Гц жиілікпен әрекет ететіндей орналастырыңыз. ФГ-дың шығысын V_{in} кірісіне жалғаңыз.

13.1.10 Осциллограф басқару органдары арқылы тігінен (Y осі) арқылы сезімталдығы 0,5В/бөлу тең, көлденең (X осі) арқылы сезімталдығы 0,2В/бөлу тең етіп орналастырыңыз.

13.1.11 SWEEP TIME (Time Base) қосқышын X-Y жағдайына келтіріп орналастырыңыз.

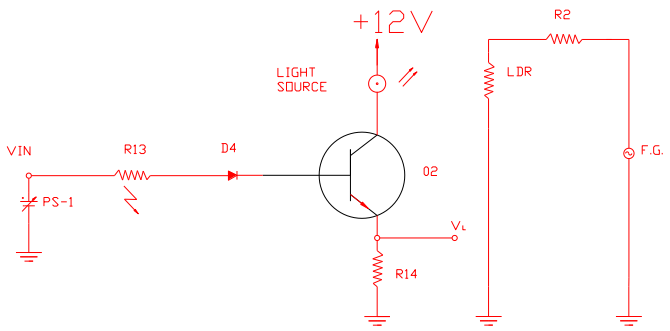
Ескертулер:

Тік (Y) осі кернеуге пропорционалды R_{14} резисторына қоса беріліп отырған жарық көзінен ағып жатқан токты сипаттайды.

Көлденең (X) осі ФР арқылы токты сипаттайды, жарық көзінің қарқындылығына тәуелді.

Фотоаттенюатор (ФА)

13.1.12 13.4 суретте берілген сұлбаны жинаңыздар.



13.4 сурет – Фотоаттенюаторды қосу сұлбасы, мұндағы:

1 – ФГ;

2 – ФР.

13.1.13 ФГ шығысында синуойдалы кернеуді 4В амплитудамен (шыңынан шыңына дейін, қос амплитуда) және 1кГц жиілікпен орнатыңыз.

13.1.14 ФГ-ды ФА кірісіне, ал осциллографты шығысына қосыңыз.

13.1.15 Жарық көзін 13.3 суретте көрсетілгендей етіп қосыңыз.

13.1.16 V_{in}. Кірісін PS-1 кернеу реттегішімен қосыңыз.

PS-1 реттегіш тұтқасының көмегімен 13.2 кестеге сәйкес U_L кернеу мәнін беріңіз.

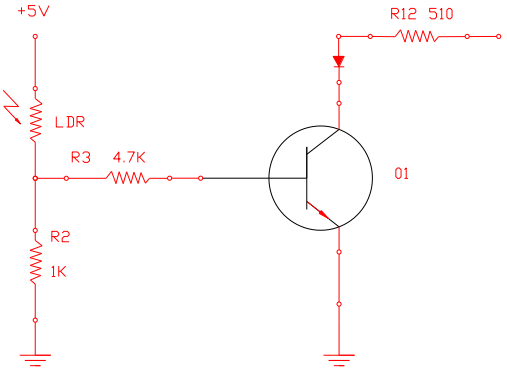
13.2 кесте

U_L, В	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
I_{LS}, мА										
U_{OUT},(ш-ш)										

13.1.17 I_{LS} мәндерін есептеп, сәйкесінше шығыс кернеулерін жазыңыз. 13.2 кестедегі мәліметтер бойынша, ФА $U_{OUT}=f(I_{LS})$ сипаттамасын құру керек.

Фоторезистор электрондық кілт режимінде

13.1.18 13.5 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.



13.5 сурет – ФР-дың электрондық кілт режимінде жұмыс істеуінің сұлбасы

13.1.19 Жарық көзін 1i.3 суретте көрсетілгендей етіп жалғаңыз.

13.1.20 U_L кірісінде PS-1 реттегіш тұтқасының көмегімен кернеуге 0 В және 2,25 В етіп мән береңіз. L_1 шамы қандай жағдайда тұр? Жауабын 13.3 кестеге жазыңыз.

13.3 кесте

U_L, В	Жарықтың жану жарықталығы, L_1
0	
2,25	

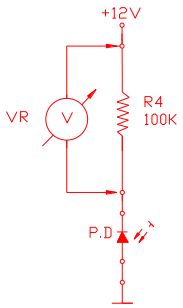
14 Зертханалық жұмыс. Фотодиодты зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

− фотодиодтың (ФД) жұмыс істеу принципін үйрену, оны қосу үшін құрылымдық сұлбасын білу, негізгі ерекшелігін алу. Сонымен қатар, ФД негізгі қолдану сферасын білу.

14.1 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

14.1.1 14.1 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.



14.1 сурет – ФД сипаттамасын өлшеу

14.1.2 Жарық көзін 13.3 суретте көрсетілгендей етіп жалғаңыз.

14.1.3 Жарық көзін ФД-тың үстіндегі саңылауға орналастырыңыз. Фотоқабылдағыш корпусы толықтай жабылғанын және сырттан ешқандай жарық кірмейтініне көз жеткізіңіз.

14.1.4 PS-1 реттегіштұтқасының көмегімен 14.1 кестеге сәйкес U_L кернеу мәнін беріңіз. Кернеудің U_R (R_4 резисторында) төмендеуін өлшеңіз және оны кестеге жазыңыз.

14.1.5 I_{LS} ток мөлшерін (жарық көзінен өтетін ток) және I_D (фотодиодтан өтетін ток) ток мөлшерін есептеңіз,табылған мәндерді кестеге жазыңыз.

14.1 кесте – Жарық қарқындылығынан ФД тоғының тәуелділігі

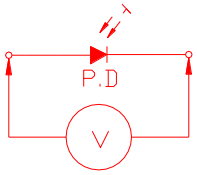
U_L, В	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
U_R, В										

I_{LS}, мА										
I_D, мкА										

14.1.6 Жарық қарқындылығынан ФД тоғына тәуелді график тұрғызыңыз $I_D = f(I_{LS})$.

Вентильдік фотоэффект көрсеткіштерін өлшеу

14.1.7 14.2 суреттегі сұлбаны жинаңыз.



14.2 сурет – Вентильдік фотоэффектті өлшеу сұлбасы

14.1.8 Жарық көзін 13.3 суретте көрсетілгендей етіп жалғыңыз. Фотоқабылдағыш корпусы толықтай жабылғанын және сырттан ешқандай жарық кірмейтініне көз жеткізіңіз.

14.1.9 PS-1 көмегімен кернеуді 0-ге тең деп алып, фотодиодтағы U_D кернеуді өлшеу.

14.1.10 14.2 кестеге сәйкес PS-1 мәнін өзгертіп, U_L кернеуін орнатыңыз. Және кестеге, жарық қарқындылығынан (полярлығына назар аударыңыз), U_{D0} кернеуінің тәуелділігін жазыңыз (фотодиодта жүксіз жұмыс істейтін кернеу).

14.1.11 ФД-ты 100 кОм-ға тең R_4 жүктемелі кедергісіне паралель жалғаңыз. Алдыңғы 2 тармақты қайталап, мәндерін кестеге жазыңыз. Жарық қарқындылығынан (полярлығына назар аударыңыз), U_{D0} кернеуінің тәуелділігін жазыңыз(фотодиодта жүксіз жұмыс істейтін кернеу).

14.2 кесте – Жарық қарқындылығынан ФД-қа кернеудің тәуелділігі

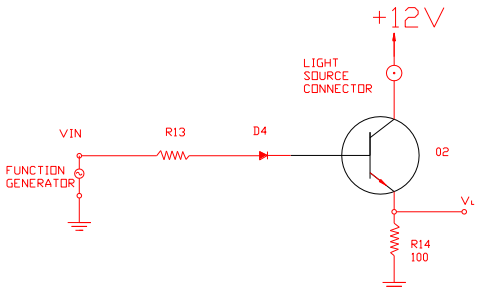
U_L, В	0	0,25	0,5	0,75	1,0	1,25	1,5	1,75	2,0	2,25
I_{LS}, мА										
U_{D0}, мВ										
U_{DL}, В										

14.1.12 Жарық қарқындылығынан ФД-тың вентильдік фотоэффект кернеуіне тәуелдік графигін тұрғызыңыз $I_D = f(I_{LS})$.

ФД-тың «қараңғылық» күйден «жарық жағдайға» ауысуы

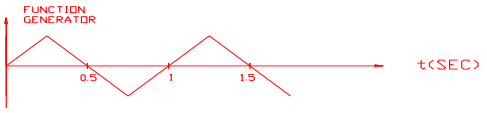
14.1.13 14.4 суретте келтірілген ФГ үшбұрыш формаға сигнал 1Гц жиілікпен берілуін қалыптаңыз.

14.1.14 Оның бұрмалауы байқалмағандағы, үшбұрыш сигналдың барынша мүмкін амплитудасын орнатыңыз.



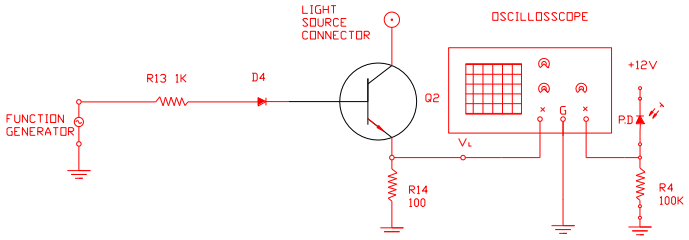
14.3 сурет – Жарық көзінің ФГ-ға қосылуы: 1 – ФГ, 2 –жарық көзінің ажыратқышы

14.1.15 Жарық көзінің ФГ-ға қосылуын 2.3 суретте көрсетілгендей етіп қосыңыз.



14.4 сурет – ФГ шығысындағы сигнал

14.1.16 14.5 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.



14.5 сурет – Ерекшеліктерді бақылау үшін осцеллографтың қосылуы

14.1.17 ФД: 1 – ФГ, 2 –жарық көзінің ажыратқышы, 3 – осциллограф, 4 – ФД, осциллографты тік нығайту (Y осімен) 1 В/дел. және көлденең нығайту (X осі) 0,1 В/дел.-ге тең етіп қалыптаңыз.

14.1.18 Суретті осциллографтың астыңғы сол жақ бұрышына орналастырыңыз, керісінше жағдайда оның қисық шығуы оның шекарасына байланысты.

14.1.19 SWEEP TIME (Time Base) қосқышын X-Y жағдайына келтіріп орналастырыңыз.

Ескертулер:

Тік (Y) осі кернеуге пропорционалды R_{14} резисторына қоса беріліп отырған жарық көзінен ағып жатқан токты сипаттайды.

Көлденең (X) осі ФД арқылы токты сипаттайды, жарық көзінің қарқындылығына тәуелді.

Осциллограф экранында оңтайлы қисық болып көрінетіндей етіп сигнал жиілігін ФГ шығысында орналастырыңыз.

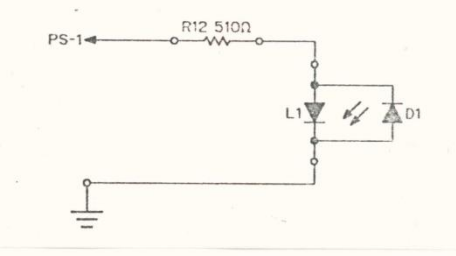
15 Зертханалық жұмыс. Сәулелік диодтарды зерттеу

Жұмыстың мақсаты:

− сәулелік диодтың (СД) жұмыс істеу принципін оқып үйрену, оның құрылымдық сұлбасын қосуды білу және негізгі сипаттамаларын түсіре алу. Сондай-ақ, СД негізгі қолдану аясын білу.

15.1 Жұмысты орындауға әдістемелік нұсқаулықтар

15.1.1 15.1 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз (қызыл сәулелік диодты қолдана отырып – L_1).



15.1 сурет

15.1.2 Реттелетін қорек көзіндегі PS-1 шығу кезіндегі кернеуді орнатыңыз, 15.1 кестеге байланысты.

15.1.3 R_{12} резистордағы кернеуді U_r өлшеңіз, сондай-ақ, сәулелік диодтағы кернеуді U_f.

15.1.4 I_f шамасын есептеңіз (ток, сәулелік диодтан ағатын) және нәтижесін 15.1 кестеге енгізіңіз.

$$I_f = U_r / R_{12}$$

15.1 кесте – СД сипаттамаларын өлшеу (қызыл үшін)

PS-1 (В)		0	0,5	1	1,5	2	2,5	4	6	8	10
RED	U_r, В										
	I_f, мА										

	U_f,В										

15.1.5 СД ВАС тұрғызыңыз (қызыл үшін).

15.1.6 15.1.2-15.1.4 жолдарын қайталаңыз сары және жасыл СД үшін, нәтижесін 15.2 кестеге енгізіңіз.

15.2 кесте – СД сипаттамаларын өлшеу (сары және жасыл үшін)

PS-1 (В)		1	1,5	2	4	8	10
YELLOW	U_r, В						
	I_f, мА						
	U_f,В						
GREEN	U_r, В						
	I_f, мА						
	U_f,В						

15.1.7 СД ВАС тұрғызыңыз (сары және жасыл үшін).

Салыстырмалы қарқындылығын өлшеу

15.1.8 15.2 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз (қызыл ФД-ты пайдаланыңыз – L_1).

15.1.9 Кернеуді реттелетін жарық көзінің шығысы PS-1-ді 10 В-қа тең етіп орналастырыңыз.

15.1.10 Резистордағы R_{12} кернуді U_r өлшеңіз, токты есептеңіз, жарық диодтан ағып жатқан жәнеалынған мәліметтерді 15.3 кестеге жазыңыз:

15.1.11 Ток арқылы сәулелік диод – $I_f = U_r / R_{12}$.

15.1.12 Сәулелік диод арқылы өтіп жатқан жарықтың салыстырмалы қарқындылығының ток күшіне тәуелділігін анықтаңыз; жарықтың салыстырмалы қарқындылығы сәулелік диод арқылы ағып жатқан токқа тура пропорционал деп есептеңіз.

15.3 кесте – Салыстырмалы қарқындылығын өлшеу

Жарықтың салыстырмалы қарқындылығы		100% (PS-1=10В)	50%	0%
RED (қызыл)	U_r, В			
	I_f, мА			
YELLOW	U_r, В			

(сары)	I_f, мА			
GREEN(жасыл)	$U_г$, В			
	I_f, мА			

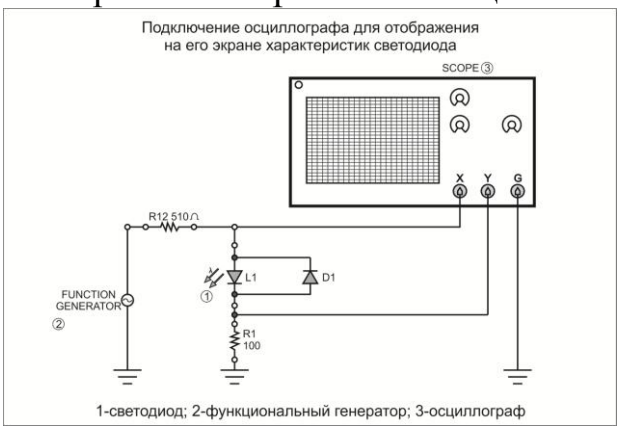
15.1.13 15.1.9 пунктте орнатылған жарық қарқындылығы 100%-ті құрайды. Реттелетін корек көзінің шығысында кернеуді азайта отырып, PS-1-дегі қарқындылығын 50% және 0% етіп орнатыңыз. Әрбір мәні үшін токты I_f есептеп, 15.3 кестеге мәндерін жазыңыз.

15.1.14 15.1.8-15.1.11 пункттерді сары және жасыл сәулелік диодтар үшін қайталаңыз және нәтижелерін 15.3 кестеге енгізіңіз

15.1.15 Сәулелік диоды арқылы ағып жатқан ток күшінен салыстырмалы қарқындылығына тәуелдік графигін тұрғызыңыз.

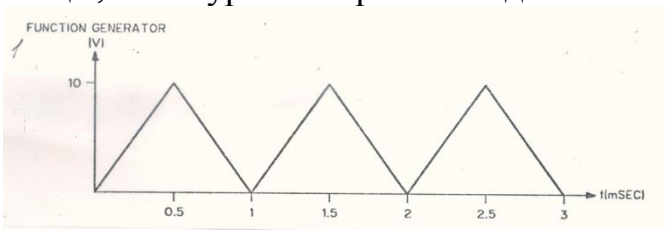
Осциллограф экранындағы СД сипаттамалық қисықтарының бейнесі

15.1.16 15.2 суретте көрсетілген сұлбаны жинаңыз.



15.2 сурет – Сәулелік диодтар сипаттамасын осциллограф экранында көрсету үшін қосу сұлбасы: 1 – СД; 2 – ФГ; 3 – осциллограф

15.1.17 ФГ-ды оң үшбұрыш сигналы 1 кГц және үлкен амплитудасы 10 В болатындай етіп реттеңіз, 15.3 суретте көрсетілгендей.



15.3 сурет – ФГмен шығу сигналы: 2 – ФГ

15.1.18 SWEEP TIME (Time Base) қосқышын X-Y жағдайына келтіріп орналастырыңыз.

15.1.19 Осциллограф басқару органдары арқылы тігінен (Y осі) арқылы сезімталдығы 0,2 В/бөлу тең, көлденең (X осі) арқылы сезімталдығы 1 В/бөлу тең етіп орналастырыңыз.

15.1.20 Суретті осциллограф ортасына орналастырыңыз.

Ескертулер:

Х осі жарықдиодтағы кернеу өзгеруін ұсынады;

У осі R_1 резистордағы кернеу өзгеруін ұсынады; I_f сәулелік диодтарына тура пропорционал

15.1.21 Осциллограф экранынан сәулелік диод $I_f = f(U_f)$ ВАС сызыңыз.

15.1.22 15.1.17-15.1.19 пункттерді сары және жасыл сәулелік диодтар үшін қайталаңыз, сондай-ақ осциллограф экранынан сәулелік диод $I_f = f(U_f)$ ВАС сызыңыз.

Әдебиеттер тізімі

1 Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника: Учебник для вузов. Под ред. О.П.Глудкина. – М.: Горячая линия – Телеком. 2005, – 768с.

2 Степаненко И.П. Основы микроэлектроники: Учебное пособие для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2004. – 488с.

3 Гусев В. Г., Гусев Ю. М. Электроника и микропроцессорная техника: Учеб.для вузов – М.: Высш. шк., 2006, – 800с.

4 Титце У., Шенк К. Полупроводниковая схемотехника: Справочное руководство – М.: Мир, 1982. – 512с.

5 Пейтон А.Дж, Волш.В. Аналоговая электроника на операционных усилителях. – М.: Бином, 1994. – 352с.

6 Фолкенберри Л. Применение операционных усилителей и линейных ИС. – М.: Мир, 1985. – 572с.

7 Алексенко А.Г. Основы микросхемотехники. – 3-е изд. – БИНОМ Лаб.знаний, 2004. – 448с.

8 Прянишников В.А. Электроника: Полный курс лекций. – СПб.: КОРОНА принт, Бином Пресс, 2006. – 416с.

9 Павлов В.Н., Ногин В.Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств. – М.: Радио и связь, 2005. – 320 с.

10 Шустов М.А. Практическая схемотехника, – М.:АЛЬТЕКС, 2004. – 304 с.

11 Алексеев А.Г., Войшвилло Г.В. ОУ и их применение. –, М.:Радио и связь, 1989. –120 с.

12 Галле К. Полезные советы по разработке и отладке электронных схем. – М.: ДМК, 2005. –208 с.

13 Нестеренко Б.К. Интегральные операционные усилители: справочное пособие по применению. – М.:Энергоатомиздат, 1982.

14 Т.М. Жолшараева. Схемотехника 1. Конспект лекций для студентов всех форм обучения специальности 050704 –Вычислительная техника и программное обеспечение. – Алматы: АИЭС, 2008. – 50 с.

15 Лачин В.И., Савёлов Н.С. Электроника: учеб. пособие –Ростов н/Д: Феникс, 2009.-703, (1) с.- (Высшее образование).

Мазмұны

Кіріспе 3

1 Зертханалық жұмыс. Түзеткіш диодтың сипаттамаларын зерттеу 4

2 Зертханалық жұмыс. Стабилитронның сипаттамаларын және қарапайым параметрлік кернеу тұрақтандырғышын зерттеу 6

3 Зертханалық жұмыс. Биполярлық транзисторды зерттеу 8

4 Зертханалық жұмыс. Басқарылатын *p-n* ауысуы бар өрістік транзисторды зерттеу 12

5 Зертханалық жұмыс. Тиристорды зерттеу 15

6 Зертханалық жұмыс.Фототранзисторлық оптронды зерттеу 17

7 Зертханалық жұмыс. Бірфазалық түзеткіштерді зерттеу 21

8 Зертханалық жұмыс. Транзисторлық тұрақтандырғыш 25

9 Зертханалық жұмыс. Интегралдық тұрақтандырғыш 29

10 Зертханалық жұмыс. Тұрақты токта физикалық шамаларды өлшеу 32

11 Зертханалық жұмыс. Кернеу мен токты бөлгіштер 36

12 Зертханалық жұмыс. Потенциометр. Кернеу көзі 38

13 Зертханалық жұмыс. Фоторезисторды зерттеу 41

14 Зертханалық жұмыс. Фотодиодты зерттеу 45

15 Зертханалық жұмыс. Сәулелік диодтарды зерттеу 48

Әдебиеттер тізімі 52

2016 ж. жиынтық жоспары, реті 165

Самал Бексултановна Абдрешова
Гульмира Нурланкызы Абдрешова

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ТЕХНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
мамандығы студенттері үшін
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Ж.Н. Изтелеуова
Стандарттау бойынша маман Н.Қ. Молдабекова

Басуға __.__.__.қол қойылды
Таралымы 100 дана.
Көлемі 3,31 есептік-баспа табақ

Пішіні 60х84 1/16
Баспаханалық қағаз № 1
Тапсырыс ___. Бағасы 1655 тг.

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі-көбейткіш бюросы
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электроника кафедрасы

БЕКІТЕМІН
Оқу-әдістемелік жұмыстар
бойынша
проректоры
_____ С.В. Коньшин
«_____» _____ 2016 ж.

ЭЛЕКТРОНДЫҚ ЖӘНЕ ӨЛШЕУ ТЕХНИКАСЫНЫҢ НЕГІЗДЕРІ

5В071900 – Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар
мамандығы студенттері үшін
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар

КЕЛІСІЛДІ
ОӘБ бастығы

_____ Р.Р. Мухамеджанова

«____»_____ 2016 ж.

Әдістемемен қамтамасыз ету және
сараптау бойынша ЖУОӘК
төрағасы
_____ Б.К. Курпенов

«____»_____ 2016 ж.
Редактор
_____ _____

«____»_____ 2016 ж.
Стандарт бойынша маман
_____Н.К. Молдабекова

«____»_____ 2016 ж.

Электроника кафедрасының
отырысында қарастырылып,
мақұлданды
№ 7 хаттама «_9__»_02_2016ж.
Кафедра меңгер.

_____ А.А.Копесбаева
(Аты-жөні, қолы)

Құрастырушылар:

Абдрешова С.Б. _____
Абдрешова Г.Н. _____

Алматы 2016