



**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Теориялық
электртехника
кафедрасы

**ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ МЕН ЭЛЕКТР ӨРІСТЕРІН ТАЛДАУ
СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТІЗБЕКТЕР МЕН ЭЛЕКТР ӨРІСІНІҢ ТЕОРИЯСЫ**

5B081200- Зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар. (5B081200 - Ауыл шаруашылығын энергиямен камтамасыз ету мамандығы үшін)

Алматы 2017

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Болдырева Л.П., Смагулова Г.К. Электр тізбектері мен электр өрістерін талдау. Сызықты емес тізбектер мен электр өрісінің теориясы. 5B081200- Зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар. (5B081200 - Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету мамандығы үшін). - Алматы: АЭЖБУ, 2017.– 37 б

Әдістемелік нұсқауда зертханалық жұмыстарға, жұмысты безендіруге және қорғауға қатысты жалпы жағдайлар жинақталған.

Әр зертханалық жұмыстар келесі бөлімдерден тұрады: жұмыстың мақсаты, жұмысқа дайындық, жұмысты орындау реті, жасалған жұмысқа кіріспе, жұмыс нәтижесін безендіру және түрлендіру.

Әдістемелік нұсқау 5B081200–«Ауыл шаруашылығын энергиямен қамтамасыз ету» мамандығының студенттеріне арналған.

Без. 18, кесте.12, әд. көрсеткіші - 8 атау.

Пікір жазған: доцент Курпенев Б.К.

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2017 жылғы жоспары бойынша басылады.

©«Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2017 ж.

Мазмұны

1 Зертханалық жұмыс №1. Бірінші ретті тізбектердегі өтпелі процестер.....	5
2 Зертханалық жұмыс №2. R-L-C тізбектегі өтпелі процестер.....	11
3 Зертханалық жұмыс №3. Пассивті сүзгілерді зерттеу.....	14
4 Зертханалық жұмыс №4. Келісілген және келісілмеген жүктеме кезіндегі ұзын желілердің бос жүріс, қысқа тұйықталу режимдерін зерттеу.....	19
5 Зертханалық жұмыс №5. Сызықсыз элементтері бар тұрақты токтың электр тізбегін зерттеу.....	23
6 Зертханалық жұмыс №6. Екі сымды желінің жазық паралельді электрстатикалық өрісін зерттеу	25
Әдебиеттер тізімі.....	36

Кіріспе

Зертханалық жұмыс - мамандықтар дайындау сапасының өсуіне, студенттердің шығармашылық ой қабілетілігінің дамуы және инженерлік көп мәліметтер мәндерге ие.

Зертханалық жұмыс сызықты электр тізбегінің тұрақты және синусоидалды токтардың экспериментті және есептік сипаттамаларын зерттеу кешені болып табылады. Барлық зертханалық жұмыстар фронтальді әдістер арқылы, дәріс жиынтығы бойынша орындалады.

Зертханалық жұмыстың практикалық реализациясы ЭТН кафедрасында әмбебап оқу-зерттеу стендінде ЭОЗС-2 (УИЛС-2) зертханалық стендімен қамтамасыз етілген.

ЭОЗС-2 (УИЛС-2) стенді активті және пассивті блок корпусынан құралған, орналасқан столында пультпен бекітілген және осын алынған аумақта сұлбаларды жинақтайды. Стенд құрамы 29 жинақталған элементтерден және штекерлермен қосқыш сымдардан құралған.

Қорек көзінің активті блок корпусы тұрақты кернеу блогынан (ТКБ), айнымалы кернеу блогынан (АКБ), үшфазалы кернеу блогынан (ҮКБ) құралған. Пассивті блок корпусы айнымалы кедергі блогынан (АКБ), айнымалы индуктивтілік блогынан (АИБ), айнымалы сыйымдылық блогынан (АСБ) құралған.

ТКБ құрамы:

- 0 мен 20 В аралығындағы кернеуі бар реттелмелі тұрақты кернеу көзі;
- кернеуі 20 В тең реттелмейтін тұрақты кернеу көзі;
- өтпелі кезеңдерді зерттеу үшін қолданылатын «электронды кілт».

Кернеу көзінің екеуі де қысқа тұйықталу және асқын жүктелуден қорғау сұлбасымен қамтамасыз етілген. Қорғаудың іске қосылу тогы $I_{кoc} = I A$.

АКБ синусоидалы, тіктөртбұрышты және үшбұрышты пішінді реттелмелі жиілігі бар бірфазалы айнымалы кернеу көзі болып табылады.

Сұлба қысқа тұйықталу және асқын жүктелуден электронды қорғаумен қамтамасыз етілген. Қорғаудың іске қосылу тогы $I_{кoc} = I A$.

ҮКБ өндірістік жиілікті үшфазалы кернеу көзі болып табылады. Барлық фазалар бір-біріне электрлі тәуелді емес.

Әрбір фаза қысқа тұйықталу және асқын жүктелуден электронды қорғаумен қамтамасыз етілген. Қорғаудың іске қосылу тогы $I_{кoc} = I A$.

АКБ үш реттелмейтін резисторлардан R_1, R_2, R_3 және үш реттелмелі кедергілер R_4 сұлбасынан құралған. R_4 кедергісінің реттелуі арнайы реттегіштер көмегімен сатылы түрде орындалады.

АИБ үш реттелмейтін индуктивтілік орауыштарынан L_1, L_2, L_3 және үш реттелмелі индуктивтіліктер L_4 сұлбасынан құралған. L_4 индуктивтілігінің реттелуі арнайы реттегіштер көмегімен сатылы түрде орындалады.

АСБ үш реттелмейтін конденсаторлардан C_1, C_2, C_3 және үш реттелмелі сыйымдылықтыр C_4 сұлбасынан құралған. C_4 сыйымдылығының реттелуі арнайы реттегіштер көмегімен сатылы түрде орындалады.

Блоктардың беткі панелдерінде белгі беру бөліктері (индикаторлар, шамдар), басқару бөлімдері (реттегіштер тұтқалары, тумблерлар, түймелер) және өлшеуіш аспаптар орналасқан.

Жинақтаушы панель зерттелетін тізбектің элементтері болып табылатын жинақтау элементтерін ЖЭ қосу мен орнату үшін тағайындалған, белгілі бір тәсілмен жалғанған 67 жұп ұяшықпен жасалған. ЖЭ пластмассалы қорапшалар түрінде жасалған, олардың ұштарында вилка орналасқан, ал ішінде электр тізбектерінің элементтері жапсырылған,

Активті блокты қосу үшін «СЕТЬ» тумблерін «ВКЛ» қалпына орнату керек, ол кезде «СЕТЬ» атты индикатор жанады.

ТКБ және АКуБ өлшеуіштік аспаптары реттелмелі кернеу көзінің тогы мен кернеу шамаларын бақылау үшін тағайындалған. Реттеу потенциометр көмегімен жүзеге асырылады.

АКуБ жиілігі реттегіш көмегімен сатылы түрде 1 кГц аралығымен және потенциометр көмегімен баяу реттеледі. «ЧАСТОТА ПЛАВНО» атты потенциометр ең шеткі оң жақта орналасса, онда шығыс кернеуінің жиілігі, сатылы реттеу реттегішінің көрсеткішінің шамасына $\pm 2\%$ дәлдікпен сәйкес келеді.

ҮКБ әр фазасының шығысындағы кернеу шамасын реттегіштер көмегімен 1 мен 9 В және 0 мен 30 В аралығында сатылы түрде реттеуге болады.

Қысқа тұйықталу немесе асқын жүктеменің пайда болуы кезінде (сұлба дұрыс емес жиналғанда) блоктарда электронды қорғау іске қосылады, бұл кезде «ЗАЩИТА» атты индикатор жанады. Қысқа тұйықталудың пайда болу себебін жойғаннан кейін немесе жиналған сұлбадағы қателікті түзегеннен кейін «ЗАЩИТА» түймесін басып, блок сұлбасын жұмыс қалпына қайтару керек, бұл кезде индикатор өшеді.

Жұмыстың орындалу реті және зертханалық жұмыстан есеп беруді безендіру.

Студент зертханалық жұмыстың тапсырмасын алдын-ала болған сабақта алады (1-2 апта бұрын).

Сабаққа кіріспес бұрын, студент зертханалық жұмыстың тақырыбына сәйкес теориялық материалды оқу, жұмыстың мақсатымен танысуы керек.

Жұмыстың тәжірибелік бөлімін орындау алдында студент оқытушыға зертханалық жұмыс туралы есеп беруді, оқытушы алдында ауызша сұрақтарға жауап беру арқылы жұмысты орындауға жіберіледі.

Жұмыстың тәжірибелік бөлімі орындалғаннан кейін, есеп беру толықтырылады: теориялық мәндерді тәжірибелік мәндермен салыстыру келтіріледі, қажетті графиктер тұрғызылады, нәтижелер өңделіп, жұмыстың қорытындысы жасалады.

Зертханалық жұмыстың есеп берілуі әр студентпен сабақ барысында, келесі сабақта немесе консультация уақытында қорғалады.

Келесі зертханалық жұмысты орындауға тек алдыңғы зертханалық жұмысты жасаған және қорғаған студент ғана жіберіледі.

Есеп беру титульдік беттен және келесі бөлімдерден тұрады:

- 1) Жұмыстың мақсаты.
- 2) Теория негізіне және сұрақтардың жауаптарына дайындық.
- 3) Тәжірибе жайында қысқаша бейнелеу.
- 4) Зерттелетін сұлбаның қағидалық сұлбасы.
- 5) Элементтер және аспаптардың тізімі.
- 6) Есептелетін кейіптемелер, есептіктер, зерттелетін электрлік шамалардың сызбалары және тізбек режимі.
- 7) Зерттеу нәтижесі (кестелер, сызбалар, көрсеткіштердің сандық шамалар және электр шамалары).
- 8) Қорытынды.

Есеп беруді безендіру А4 (210-297 мм) форматына немесе дәптердің ақ парағына, сондай-ақ әр парақтың бір жақ бетіне толтырылады. Мәтінді таза бір түсті қаламмен жазу және де сөздерді қысқартпау қажет. Титульдік беттің безендірілуі келтірілген.

1 Зертханалық жұмыс №1. Бірінші ретті тізбектердегі өтпелі процестер

Жұмыстың мақсаты: бір реактивтік элементі бар тізбекте өтпелі процестерді тәжірибе жүзінде зерттеу.

1.1 Жұмысқа дайындық

ЭТН курстың “R-L,R-C тізбектердегі” өтпелі процестер тарауын қайталау.

Келесі сұрақтарға жауап беру және орындау керек:

- 1) Өтпелі процесс дегеніміз не және не себептен олар пайда болады? Қандай тізбектерде олар туады?
- 2) Коммутация заңдардың маңызы неде?
- 3) Өтпелі, қалыптасу және еркін токтар деген не?
- 4) Тізбектің уақыт тұрақтысының физикалық маңызы қандай? R-L және R-C тізбектердің уақыт тұрақтылары неге тең? Тізбектің уақыт тұрақтысын тәжірибелі қалай анықтауға болады?
- 5) Тізбектің өшу коэффициенті деп нені атайды?
- 6) R-C тізбекте қысқа тұйықталу кезде $u_c(t)$ және $i_c(t)$ өзгерудің теңдеулерін келтіріңіз, $u_c(t)$ және $i_c(t)$ графиктерін сызу керек.
- 7) Кілт ажыратқаннан кейін тізбектің (1.2 сурет) уақыт тұрақтылығы неге тең болады?
- 8) Теңдеулерді келтіріңіз, кілт ажыратқаннан кейін тізбек (1.2 сурет) үшін $u_L(t), i_L(t)$ арқылы өзгертінді және графиктерін салу керек.

1.2 Жұмысты орындау тәртібі

1.2.1 Тізбекті жинау керек (1.1 сурет).

1.2.2 Нұсқа бойынша (1.1 кесте) $U_{кпр}$, R және C мәндерін орнату керек, $R_1 = 100 - 300 \text{ Ом}$.

1.2.3 Осциллографтың кірісіне конденсатордан кернеуді беру керек.

1.2.4 Пайда болған $u_c(t)$ қисығын масштаб бойынша суретін салу.

1.2.5 Осциллографтың кірісіне резистордан кернеуді беріп, пайда болған $u_R(t)$ қисығын масштаб бойынша суретін салу.

1.2.6 Нұсқа бойынша тізбектің бір параметрін өзгертіп (1.2 кесте), жаңа $u_c(t)$ қисығының суретін масштабпен салу керек.

1.2.7 Тізбекті жинау керек (1.2 сурет).

1.2.8 Нұсқа бойынша (1.3 кесте) $U_{кпр}$, $L = L_1$ мәндерін орнату керек.

Кедергі $R_1 = 200 \text{ Ом}$, $R_2 = 50 \div 200 \text{ Ом}$.

1.2.9 Осциллографтың кірісіне резистордан R_1 кернеуді беріп, масштабта болып шыққан $u_{R1}(t)$ қисықтың суретін салу керек, берілген масштаб бойынша тоқтың $i(t) \left(c.c. \quad i(t) = \frac{u_{R1}(t)}{R_1} \right)$ қисығын көрсетіп тұр.

1.2.10 Осциллографтың кірісіне индуктивтігінен кернеуді беру керек.

1.2.11 Масштабпен болып шыққан $u_R(t)$ қисықтың суретін салу керек (егер орауыштың активті кедергімен R_k пайдаланбай жүрсек, демек $u_k(t) = u_L(t)$ есептеуге болады).

1.2.12 Нұсқа бойынша индуктивті $L = L_1$ (1.3 кесте) өзгертіп, жаңа $u_{R1}(t)$ қисығының суретін масштабымен салу керек.

1.3 Жұмыстың нәтижелерін талдау және безендіру

1.3.1 Уақыт тұрақтысын τ_{C1} және тізбектің өшу коэффициентін α_{C1} тізбектің параметрлерін өз нұсқалары бойынша (1.1 кесте) және τ_{C2}, α_{C2} берілген нұсқамен (1.2 кесте) есептеу керек.

1.3.2 $u_c(t)$ кернеудің бейнелеу бойынша τ_{C1} уақыт тұрақтысын және α_{C1} тізбектің өшу коэффициентін (1.2.4 бөлімін қара) және τ_{C2}, α_{C2} (1.2.6 бөлімін қара) табу керек.

1.3.3 $u_c(t)$ кернеуді берілген тізбектің параметрлері өз нұсқалары бойынша (1.1 кесте) есептеу керек.

1.3.4 Есептелген және тәжірибелі мәліметтер бойынша $u_c(t)$ бір графикке салу керек.

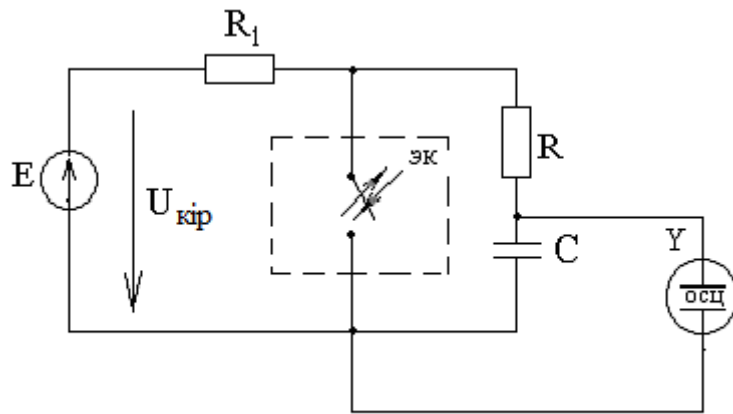
1.3.5 Уақыт тұрақтысы τ_{L1} және өшу коэффициенті α_{L1} RL тізбегі параметрдің тізбектері үшін берілген өз нұсқа бойынша және τ_{L2}, α_{L2} нұсқа бойынша (1.3 кесте) есептеу керек. Тізбектің кедергісі $R = R_1 + R_2 + R_k$, бұл жерде R_k – активті кедергі орауыштың индуктивтілігін ескеру керек.

1.3.6 Бейнелеу қисығының RL тізбек үшін уақыт тұрақтысын τ_{L1} және өшу коэффициентін α_{L1} (1.2.9 бөлімін қара) және τ_{L2}, α_{L2} (1.2.12 бөлімін қара) анықтау керек.

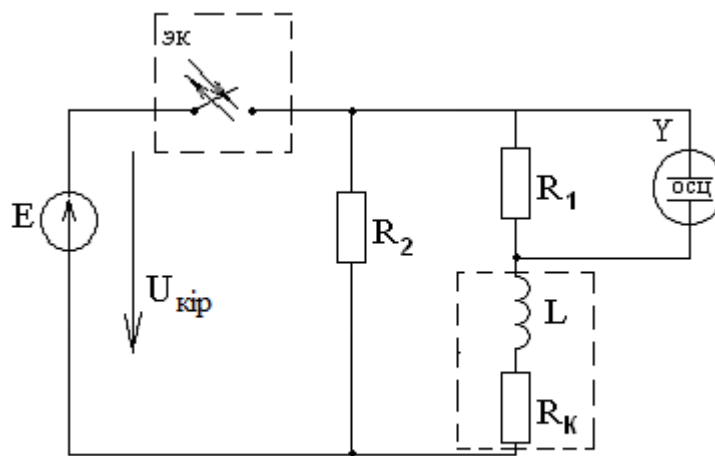
1.3.7 RL тізбегінде ток $i(t)$ және кернеу $u_{R1}(t)$ тізбектің берілген мәндері бойынша нұсқамен (3.3 кесте) есептеу керек.

1.3.8 Есептелген және тәжірибелі қисықтарын $u_{R1}(t)$ бір графикке салу керек.

1.3.9 Жұмыс жөнінде толық қорытынды жасау керек: кедергінің R немесе сыйымдылықтың C тізбектің уақыт тұрақтысын τ және осыған қарап өтпелі процестің жылдамдық өтуіне шаманың әсер тигізуін талдап шығу; конденсатордың уақыт разрядталған кезде анықтау; L индуктивтігінің τ_L уақыт тұрақтысына RL тізбегінің және осыған қарап өтпелі процестің жылдамдық өтуіне шаманың әсер тигізуін талдап шығу.



1.1 сурет - RC тізбегінің тәжірибелік сұлбасы



1.2 сурет - RL тізбегінің тәжірибелік сұлбасы

1.1 кесте - RC тізбегінің шамалары (1 нұсқа)

Нұсқа №	$U_{\text{кір}}, \text{В}$	$R, \text{Ом}$	$C, \text{мкФ}$
1	10	300	4
2	15	400	2
3	12	200	5
4	10	600	5
5	15	500	3

1.2 кесте - RC тізбегінің шамалары (2 нұсқа)

Нұсқа №	$U_{\text{кір}}, \text{В}$	$R, \text{Ом}$	$C, \text{мкФ}$
1	10	600	4
2	15	400	4
3	20	400	5
4	10	300	5
5	15	500	6

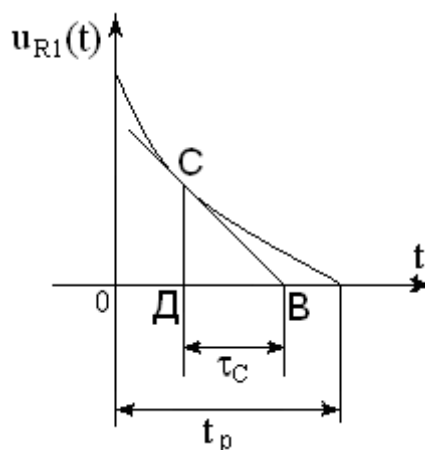
1.3 кесте - RL тізбегінің шамалары

Нұсқа №	$U_{\text{кір}}, \text{В}$	$L_1, \text{мГн}$	$L_2, \text{мГн}$
1	10	20	10
2	15	15	30
3	12	30	15
4	20	10	20
5	15	40	20

1.4 Әдістемелік нұсқаулар

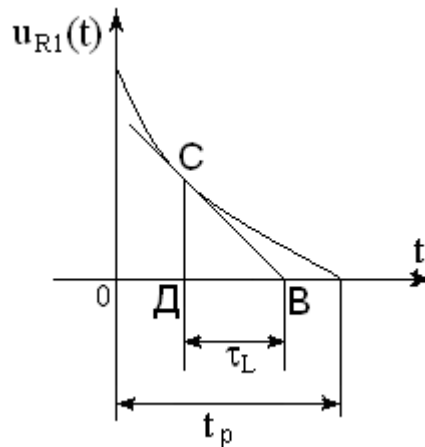
Масштаб уақыт осі бойымен шарт бойынша табылады не электрондық кілт (ЭК) $f=50$ Гц жиілігімен және $T = \frac{1}{f} = 0,02$ с периодымен тұйықталады және ажыратылады.

Уақыт тұрақтысы τ_C тәжірибелік $u_C(t)$ қисығымен RC тізбек үшін (1.3 сурет), бұл жерде t_3 - уақыт, бұның ішінде электрондық кілт ЭК тұйықталған кезде ($t_3 \approx 0,01$ с).



1.3 сурет - $u_C(t)$ қисығы

Уақыт тұрақтысы τ_L тәжірибелік $u_{R1}(t)$ қисығымен RL тізбегі үшін (1.4 сурет) анықталады, бұл жерде t_p - уақыт, бұның ішінде электрондық кілт ЭК ажыратылған кезде ($t_p \approx 0,01$ с).



1.4 сурет - $u_{R1}(t)$ қисығы

2 Зертханалық жұмыс № 2. R-L-C тізбектегі өтпелі процестер

Жұмыстың мақсаты: конденсатордың апериодикалық және тербелу разрядтардың тәжірибелі зерттеу.

2.1 Жұмысқа дайындық

ЭТН курстың “R-L-C тізбектердегі өтпелі процестер” тарауын қайталап қарап шығу керек.

Келесі сұрақтарға жазбаша жауап беру және орындау керек:

1) R-L-C тізбектің кернеуінің еркін құрастырушысы үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша теңдеуді және оған сәйкес сипаттамалы теңдеуді жазу керек.

2) R-L-C тізбекте сипаттамалы теңдеудің қандай түбірлері кезде конденсатордың апериодикалы разряды туады? Конденсатордың апериодикалы разряд кезде $u_C(t), i(t), u_L(t)$ үшін теңдеулерді жазып осы шамалар үшін графиктерді келтіру керек.

3) R-L-C тізбекте сипаттамалы теңдеудің қандай түбірлері кезде конденсатордың тербелу разряды туады? Конденсатордың тербелу разряд кезде $u_C(t), i(t), u_L(t)$ үшін теңдеулерді жазып осы шамалар үшін графиктерді келтіру керек.

4) Тербеленудің логарифмдік декременті не болады?

5) Өшу коэффициентін α және өздік тербелу жиілігін ω_θ есептеу және тәжірибелі жолмен графиктен қалай белгілеуге болады? Бұл шамалар R, L және C-ден қалай тәуелді?

6) R-L-C тізбектің аумалы кедергісі деп нені атайды? R-L-C тізбектің аумалы ережесі деп нені атайды?

2.2 Жұмысты орындау тәртібі

2.2.1 Тізбекті жинау керек (2.1 сурет).

2.2.2 Нұсқа бойынша (2.1 кесте) R, L және C мәндерін орнату керек. Орауыштың R_{op} кедергісін өлшеу керек. Кірістегі кернеуді $u_{кпр} = 20 - 30 \text{ В}, R_1 = 50 - 300 \text{ Ом}$ тең қылып жасау керек.

2.2.3 Осциллографқа конденсатордан кернеуді беру керек.

2.2.4 Конденсатордың тербелу разрядын зерттеу керек, масштабта $u_C(t)$ кернеудің осциллограммасын суретке салу керек.

2.2.5 Конденсатордың тербелу разряд кезде $i(t)$ және $u_L(t)$ осциллограммаларды суретке салу керек.

2.2.6 R кедергіні өзгертіп, тізбекте аумалы ережені құру керек. R_{aum} кедергінің мәнін жазып алу керек. Орауыштың R_{op} кедергісін ескерту керек. $u_C(t)$ кернеудің осциллограмманың суретін салып алу керек.

2.2.7 Аумалы кедергіге қарағанда тізбектің кедергісін R 2 есе үлкейту керек. Конденсатордың апериодикалы разряды кездегі $u_C(t), u_L(t)$ кернеулердің және $i(t)$ токтың осциллограммаларының суреттерін салып алу керек.

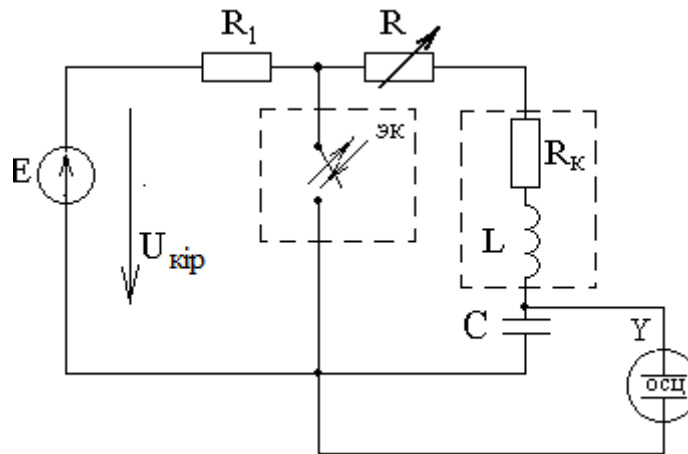
2.3 Жұмыстың нәтижелерін талдау және безендеу.

2.3.1 Тапсырылған контурдың кедергісі $R_{конт} = R + R_{op}, L$ және C мәндері бойынша (2.2.2 бөлімін қара) $\alpha_{(ec)}$ өшу коэффициентті және $\omega_{\theta(ec)}$ өздік тербелу жиілікті есептеу керек.

2.3.2 $u_C(t)$ кернеудің қисығының кескіні бойынша (2.2.4 бөлімін қара) $\alpha_{(мдж)}$ және $\omega_{\theta(мдж)}$ тәжірибелі мәндерін есептеу керек. α және ω_{θ} есептелген және тәжірибелі мәндерін салыстыру керек.

2.3.3 Нұсқа бойынша $R_{AUM(ec)}$ аумалы кедергіні есептеу керек. Есептелген және тәжірибелі мәндерді салыстыру керек.

2.3.4 Орындалған жұмыс туралы қорытынды жасау керек: есептелген мәндерді $\alpha, \omega_{\theta}, R_{AUM}$ тәжірибемен салыстыру керек, конденсатордың разрядтың сипатына $R_{конт}$ кедергінің шама әсер тигізуін талдап шығу.



2.1 сурет - RLC тізбегінің тәжірибелік сұлбасы

2.1 кесте - RLC тізбегінің шамалары

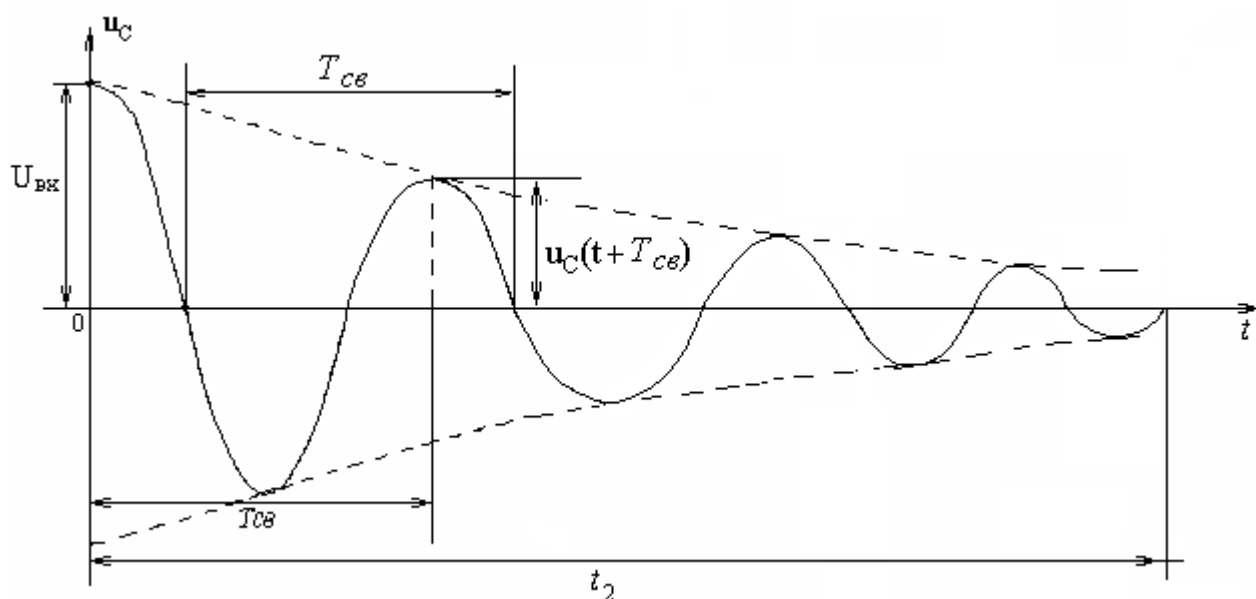
Нұсқа №	R, Ом	L, мГн	C, мкФ
1	1	10	4
2	1	20	3
3	1	20	2
4	1	15	2
5	1	10	3

2.4 Әдістемелік нұсқаулар

Өшу коэффициенті $\alpha_{(ec)}$, өздік тербелу жиілігін $\omega_{\theta(ec)}$ және аумалы кедергіні $R_{AUM(ec)}$ мынандай формулар бойынша анықталады:

$$\alpha_{(ec)} = \frac{R_{конт}}{2L}; \quad \omega_{\theta(ec)} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R_{конт}}{2L}\right)^2}; \quad R_{AUM(ec)} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Тәжірибелік мағына $\alpha_{(mдж)}$ және $\omega_{\theta(mдж)}$ алынған кернеудің қисығы $u_C(t)$ бойынша анықталады.



2.2 сурет - Тербелмелі конденсатор кезіндегі $u_c(t)$ тәуелділігі

Өздік тербелу жиілігі $\omega_{\theta(мдж)}$ мынандай формула бойынша есептеуге болады $\omega_o = 2\pi f_o = \frac{2\pi}{T_o}$, бұл жағдайда T_o осциллограммамен анықталады, №

1 зертханалық жұмысындағы сияқты масштаб уақыт осі бойынша табылады; t_2 - уақыт, бұның ішінде электрлі кілт ЭК жабық болып тұр.

Тәжірибелік мән $\alpha_{(мдж)}$ логарифмдік декремент тербелумен есептеледі

$\alpha_{(мдж)} = \frac{1}{T_o} \ln \frac{u_c(t)}{u_c(t + T_o)}$; $u_c(t)$ уақыт мезеті бойынша ыңғайлы алу $t = 0$, бұл жерде $u_c(0) = u_{кпр}$.

3 Зертханалық жұмыс №3. Пассивті сүзгіні зерттеу

Жұмыстың мақсаты: қарапайым төменгі жиілікті (ТЖС) және жоғарғы жиілікті (ЖЖС) сүзгі үшін өшу коэффициентінің (а) және фазалық еселеуіштің (в) жиіліктік сипаттамасын зерттеу.

3.1 Жұмысқа дайындық

ЭТН курсының “Төртұштықтар” және “Сүзгілер” тарауын қайталап карап шығу керек.

Келесі сұрақтарға жауап беру:

- 1) Сүзгілердің қандай түрлерін білесіздер?
- 2) Төменгі жиілікті, жоғарғы жиілікті, жолақты, шекаралық сүзгілерге түсінік.
- 3) Сүзгінің екіншілік параметріне анықтама берініз. Олар қандай бірліктерде өлшенеді?

- 4) Идеалды сүзгідегі өткізу аймағы және өшу аймағы дегеніміз не?
- 5) Сүзгінің жұмысында келісімді режим дегеніміз не?
- 6) ТЖС үшін П-типті және Т-типті сұлба келтіріңіз?
- 7) ЖЖС үшін П-типті және Т-типті сұлба келтіріңіз?
- 8) ТЖС үшін $a(f)$ және $b(f)$ графигінің тәуелділік графигін құру.
- 9) ЖЖС үшін $a(f)$ және $b(f)$ графигінің тәуелділік графигін құру.
- 10) ТЖС үшін $f_{қим}$ мен ρ есептеу кейіптемесін жазыңыз.
- 11) ЖЖС үшін $f_{қим}$ мен ρ есептеу кейіптемесін жазыңыз.
- 12) Берілген нұсқа бойынша сұлба мен сүзгі параметрлерін таңдау (3.1 кесте).
- 13) Берілген нұсқа бойынша $f_{қим}$ мен ρ есептеу (3.1 кесте).
Нәтижелерді кестеге енгізу (3.2 кесте).

3.2 Жұмысты орындауға арналған тапсырма

3.2.1 Берілген нұсқа бойынша зерттелетін сүзгіні тізбекке қоса отырып (3.1 кесте), тізбекті жинаңыз (3.1 сурет).

3.1 кесте

№ нұсқа	Сүзгі түрі	Сүзгі сұлбасы	U_1 (В)	L (мГн)	C (мкФ)
1	ТЖС	Т-сұлба	5	80	0,5
2	ЖЖС	Т-сұлба	4	70	0,4
3	ТЖС	П- сұлба	3	60	0,6
4	ЖЖС	П- сұлба	4	50	0,7
5	ТЖС	Т- сұлба	5	40	0,3

3.2.2 Берілген нұсқа бойынша U_1 , L және C , $R_{жук} = \rho$ мәнін қою (3.1 кестені қараңыз).

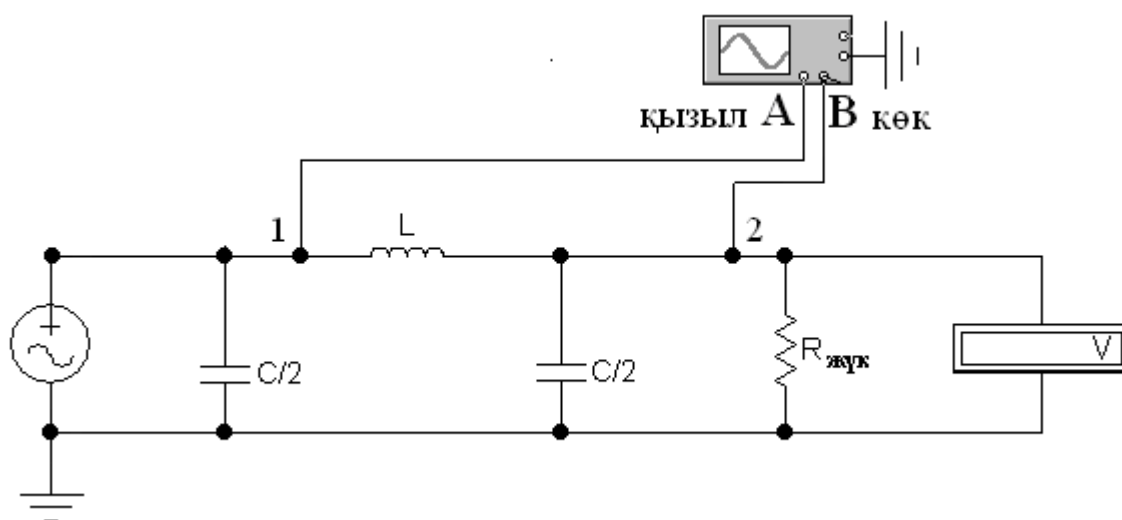
3.2.3 ТЖС үшін 3.3 кестені немесе ЖЖС үшін 3.4 кестені пайдаланып, генератордың жиілігін өзгерте отырып f , тиісті қима жиілігіне көбейте отырып (12 мән), сүзгі шығысындағы U_2 кернеуді, шығысындағы $u_2(t)$ кернеу мен кірісіндегі $u_1(t)$ кернеулер арасындағы $T_2 - T_1$ фазасы бойынша уақытша жылжуды есептеу. Сүзгідегі кіріс кернеуін U_1 тұрақты ұстап тұру. Нәтижелерді 3.2 кестеге енгізу.

3.2 кесте

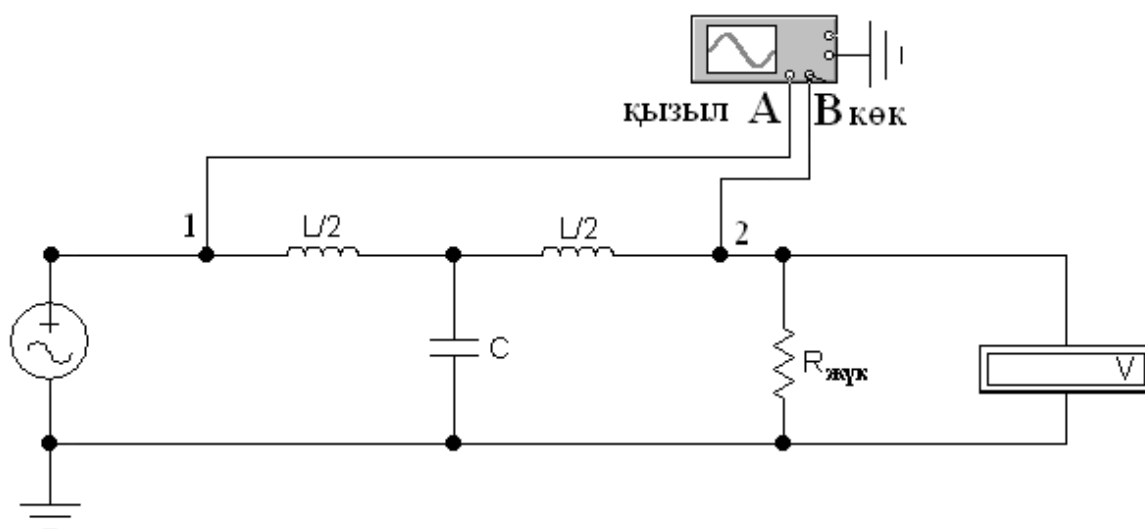
$f_{қим} =$; $R_{жук} =$; $U_1 =$; $L =$; $C =$;				
f , Гц	U_2	$T_2 - T_1$	a , Нп	b^0
f_1				
\cdot				
f_{12}				

Төменгі жиілікті сүзгі

П-типті сүзгі



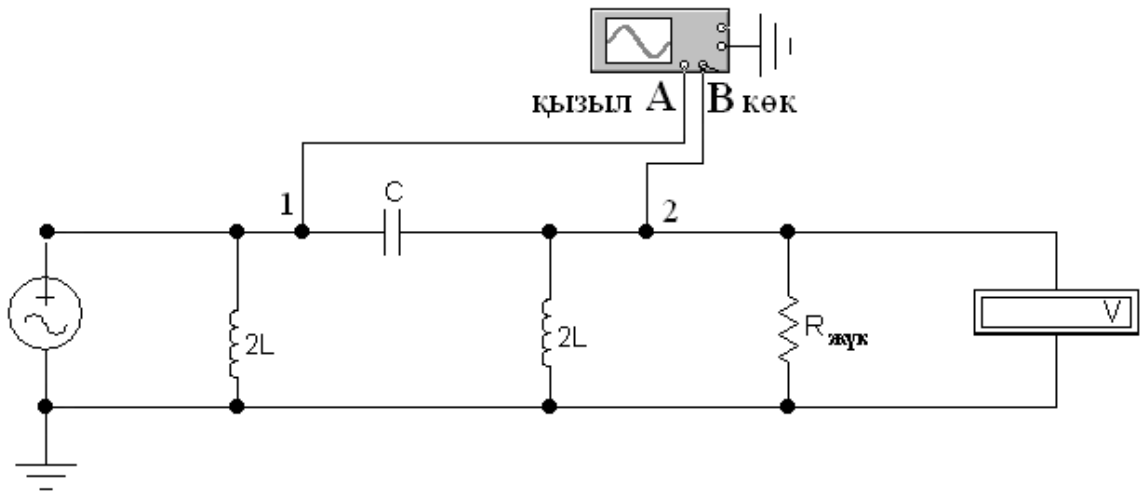
Т-типті сүзгі



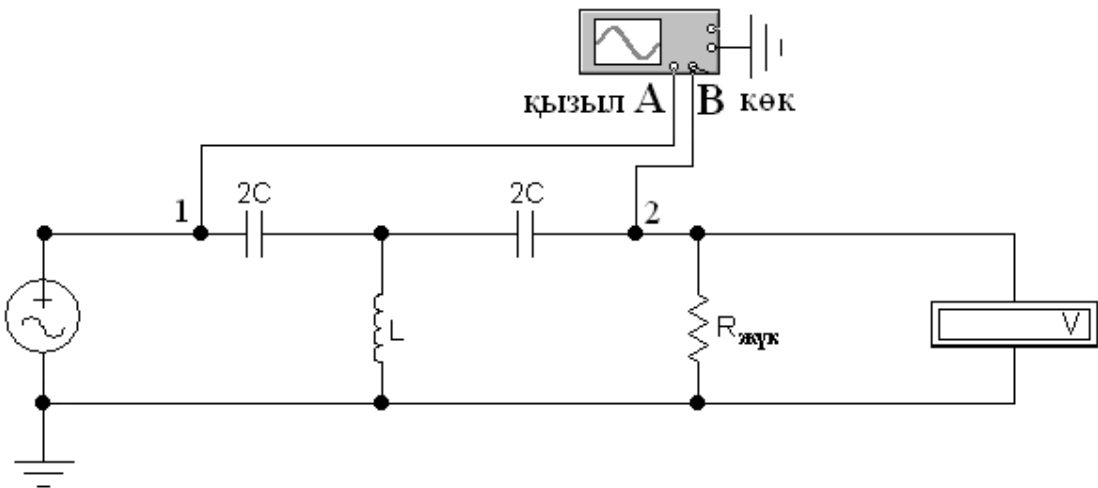
3.1 сурет

Жоғары жиілікті сүзгі

П-типті сүзгі



T-типті сүзгі



3.2 сурет

3.3 Жұмыстың нәтижелерін өңдеу

3.3.1 Өшу еселеуіші $a(f)$ мен фаза еселеуішін $b(f)$ есептеп, 3.2 кестеге енгізу.

3.3.2 3.2 кесте бойынша $a(f)$ тәжірибелік сызбасын, $a(f)$ теориялық сызбасымен байланыстыра отырып құру (3.3 немесе 3.4 кестелер).

3.3.3 3.2 кесте бойынша $b(f)$ тәжірибелік сызбасын, $b(f)$ теориялық сызбасымен байланыстыра отырып құру (3.3 немесе 3.4 кестелер).

3.3.4 Жасалынған жұмысқа қорытынды жасау: $a(f)$ мен $b(f)$ теориялық графигін тәжірибелікпен салыстыр және олардың айырмашылығын түсіндіріңіз, $a(f)$ және $b(f)$ тәуелділіктерінің өткізу жолағына және кешігу жолағына талдау жасаңыз.

3.3 кесте

ТЖС	f/f ₀	0,2	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	1,1	1,2	1,5	2,0	4,0
	a, Нп	0	0	0	0	0	0	0	0,90	1,26	1,94	2,74	4,16
	в, град	23	47	60	74	90	106	180	180	180	180	180	180

3.4 кесте

ЖЖС	f/f ₀	0,25	0,5	0,67	0,83	0,9	1	1,25	1,43	1,67	2	2,5	5
	a, Нп	4,1	2,74	1,94	1,26	0,9	0	0	0	0	0	0	0
	-в, град	180	180	180	180	180	180	106	90	74	60	47	23

3.4 Әдістемелік нұсқау

3.4.1 Келісімді сүзгі кезінде жүктеме кернеуі кіріс U_1 кернеу мен шығыс U_2 кернеу мына кейіптемеге байланысты анықталады.

$$\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} = e^g = e^a e^{jb}.$$

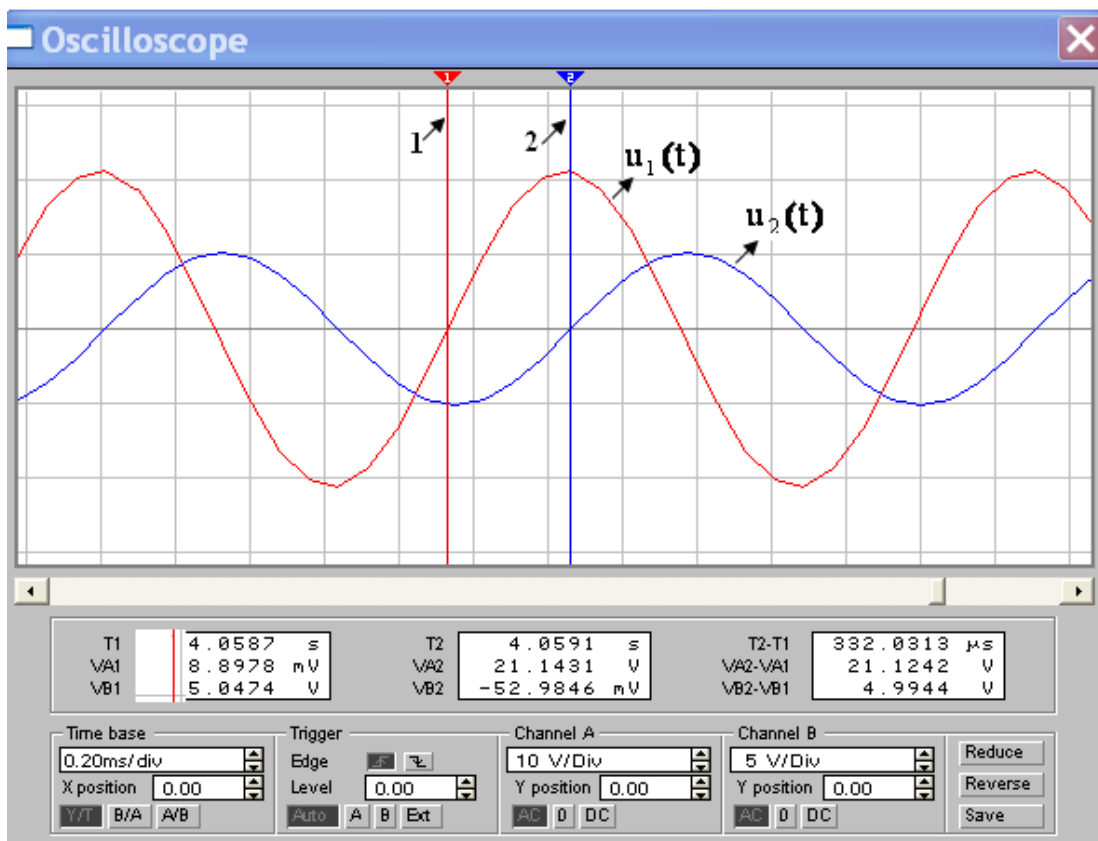
Өшу еселеуіші мына кейіптемемен анықталады $a = \ln \frac{U_1}{U_2}$, ал фаза еселеуіші $b = \psi_1 - \psi_2$, мұндағы ψ_1 және ψ_2 – бастапқы фазалар.

3.4.2 ЖЖС үшін жиілік қимасы $f_{к\text{им}}$ мына кейіптемемен анықталады $f_{к\text{им}} = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$, ал ЖЖС үшін $f_{к\text{им}} = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$. Жүктеме кедергі мен генераторлық кедергі тең сипатта болады $R_{ж\text{ук}} = \rho = \sqrt{\frac{L}{C}}$.

3.4.3 Шығыстағы $u_2(t)$ және кірістегі $u_1(t)$ кернеулері арасындағы $T_2 - T_1$ фаза бойынша уақытша жылжу арқылы еселеуіштік фаза мына кейіптемемен анықталады:

$$b = -(T_2 - T_1) \cdot 360^\circ \cdot f.$$

3.4.4 Осциллограф көмегімен бастапқы кернеу фазасын есептеуге болады (3.3 сурет). Бастапқы кернеу фазасын $u_1(t)$ өлшеу үшін осциллографтың А каналын 1 нүктеге қосады. Шығыстағы бастапқы кернеу фазасын $u_2(t)$ өлшеу үшін осциллографтың В каналын 2 нүктеге қосады. 1 курсорды кірістегі нөл кернеуге $u_1(t)$, ал 2 курсорды шығыстағы нөл ток кернеуге $u_2(t)$ қойып, тікелей $T_2 - T_1$ табло арқылы $u_2(t)$ және $u_1(t)$ кернеу арасындағы уақытша жылжуды өлшей аламыз.



3.3 сурет

4 Зертханалық жұмыс №4. Келісілген және келісілмеген жүктеме кезіндегі ұзын желілердің бос жүріс, қысқа тұйықталу режимдерін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: компьютерлік үлгілеу жолымен ұзын желілердегі әртүрлі ережелерді тәжірибелік зерттеулердің дағдыларын алу.

4.1 Жұмысқа дайындық

ЭТН курсының «Көрсеткіштері таратылған тізбектердің орнықты режимдері» тарауын қайталап қарап шығу керек.

Келесі сұрақтарға жауап беру:

- 1) Қандай шамаларды желінің біріншілік параметрлері деп айтады?
- 2) Қандай желілер біртекті деп айтылады?
- 3) Z_0 және Y_0 белгілеу үшін теңдеулерді жазу керек
- 4) Қандай шамаларды желінің екіншілік параметрлері деп айтады?
- 5) Тарату еселелікті γ кедергінің Z_m белгіленетін кейіптемелерін жазу керек .

6) Гиперболикалық функция арқылы желінің теңдеулерін жазу керек.

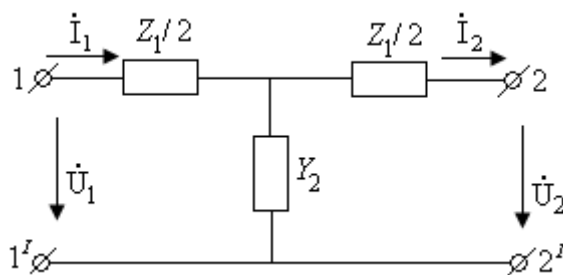
7) Желінің кіріс кедергісі қалай есептеледі?

8) Қандай жүктеме келіскен деп аталады?

9) Желінің басындағы P_1 желінің P_2 қуаттар, және ПӘК қалай есептеледі?

10) Берілген нұсқа бойынша R_1, L_1, C_2, R_2 және Z_m есептеу керек

Ұзын желіде компьютерлік үлгілеу жолымен әртүрлі ережелерді зерттеу үшін симметриялы Т- сияқты алмастыру сұлбамен келтірілген (4.1 сурет) симметриялы төртұштық қаралады.



4.1 сурет

$$Z_1 = Z_0 l k_1 = (R_0 + j\omega L_0) l k_1 = R_1 + j\omega L_1, \quad 4.1$$

$$\left. \begin{aligned} R_1 &= R_0 l |k_1| \\ L_1 &= L_0 l |k_1| \end{aligned} \right\}, \quad 4.2$$

$$Y_2 = Y_0 l k_2 = (G_0 + j\omega C_0) l k_2 = G_2 + j\omega C_2, \quad 4.3$$

$$\left. \begin{aligned} G_2 &= G_0 l |k_2|; R_2 = \frac{1}{G_2} \\ C_2 &= C_0 l |k_2|. \end{aligned} \right\}, \quad 4.4$$

мұнда R_0, L_0, G_0, C_0 - желінің біріншілік параметрлері;

l - желінің ұзындығы;

$$k_1 = \frac{2(\operatorname{ch} \gamma l - 1)}{\gamma l \operatorname{Sh} \gamma l}, \quad k_2 = \frac{\operatorname{Sh} \gamma l}{\gamma l} - \text{комплекстік коэффициенттер.}$$

тәжірибелік есептеу үшін $|k_1|$ және $|k_2|$ модульдерді пайдалануға болады.

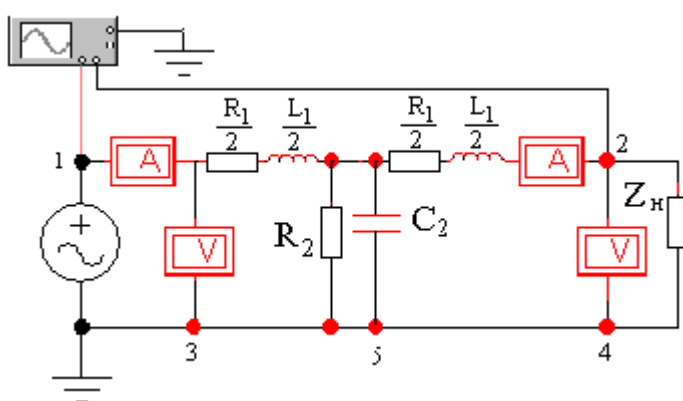
$$\gamma = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)} - \text{тарату коэффициенті.}$$

4.2 Жұмыстың орындалу тәртібі

4.2.1 4.1 кестеден берілген нұсқаға сәйкес желінің басындағы U_1 кернеуді, желінің және жүктеменің параметрлерін таңдау керек.

4.1 кесте

Нұсқа	U_1 , кВ	l , км	$ k_1 $	$ k_2 $	$R_0, \frac{\text{Ом}}{\text{км}}$	$L_0 \cdot 10^{-3}, \frac{\text{Гн}}{\text{км}}$	$G_0 \cdot 10^{-6}, \frac{\text{См}}{\text{км}}$	$C_0 \cdot 10^{-9}, \frac{\text{Ф}}{\text{км}}$	Z_H , Ом
1	400	700	1,043	0,927	0,07	1,0	0,2	9,0	450
2	600	800	1,056	0,899	0,09	1,2	0,08	8,3	400
3	110	1000	1,11	0,815	0,1	1,3	0,3	9,5	500
4	220	900	1,089	0,845	0,08	1,4	0,06	8,8	470
5	330	1100	1,16	0,753	0,06	1,35	0,1	10	550



4.2 сурет- Тәжірибелік сұлба

4.2.2 Электр сұлбаны жинау керек (4.2 сурет).

4.2.3 Генераторға кернеудің амплитудалық мәнін $U_{m1} = \sqrt{2}U_1$ және жиілікті 50 Гц деп, R_1, L_1, C_2, R_2 есептелген төртұштықтың параметрлерін орнату керек.

4.2.4 Нұсқаға сәйкес қабылдағыштың Z_{ac} кедергісін орнату керек.

Желінің аяғындағы U_2 кернеудің әрекет мәнін, желінің басындағы I_1 токтың әрекет мәнін және желінің аяғындағы I_2 токтың әрекет мәнін өлшеп алу керек. Желінің аяғындағы кернеудің басты фазасы ψ_{U_2} мен желінің басындағы және аяғындағы басты фазаларын ψ_{i1}, ψ_{i2} өлшеп алу керек.

Нәтижелері 4.2 кестеге жазып алу керек.

4.2.5 Желінің аяғындағы бос жүріс ережесіндегі желінің аяғындағы U_2 кернеудің әрекет мәнін, желінің басындағы I_1 токтың әрекет мәнін, желінің аяғындағы I_2 токтың әрекет мәнін, желінің басындағы және аяғындағы басты фазаларын ψ_{i1}, ψ_{i2} өлшеп нәтижелерін 4.2 кестеге жазып алу керек.

4.2.6 Желінің аяғындағы қысқа тұйықталу ережесіндегі желінің аяғындағы U_2 кернеудің әрекет мәнін, желінің басындағы I_1 токтың әрекет мәнін, желінің аяғындағы I_2 токтың әрекет мәнін, желінің басындағы және

аяғындағы басты фазаларын ψ_{i_1}, ψ_{i_2} өлшеп нәтижелерін 4.2 кестеге жазып алу керек.

4.2.7 Жүктеменің келіскен ережесінде ($Z_{жс} = Z_m$) желінің аяғындағы U_2 кернеудің әрекет мәнін, желінің басындағы I_1 токтың әрекет мәнін, желінің аяғындағы I_2 токтың әрекет мәнін, желінің аяғындағы кернеудің ψ_{U_2} басты фазасын, желінің басындағы және аяғындағы токтардың ψ_{i_1}, ψ_{i_2} басты фазаларын өлшеп, нәтижелерді 4.2 кестеге жазып алу керек.

4.3 Әдістемелік нұсқаулар

Осциллограф көмегімен кернеулердің және токтардың бастапқы фазаларын өлшеу.

Бастапқы фаза өлшеген кезде U_{m1} амплитудалық мәнді 10^3 есе азайту керек.

Кернеулердің бастапқы фаза өлшеу үшін осциллографтың А каналын 1-ші нүктесіне, ал В каналды 2-ші нүктесіне қосады. 1 курсорды нөлге желінің басында кернеудің U_1 , ал 2-ші курсорды желінің соңындағы кернеудің U_2 нөлге орнату керек, Т2-Т1 кесте бойынша U_1 және U_2 кернеулердің арасындағы уақыт өзгерісін өлшеу болады. $\psi_{U_1} - \psi_{U_2} = 360^\circ(T_2 - T_1) \times f$ мына кейіптеме бойынша фазаның өзгерісін есептеуге болады.

Егер қабылдап алсақ, мұндағы $\psi_{U_1} = 0$, онда $\psi_{U_2} = -360^\circ(T_2 - T_1) \times f$.

Токтардың бастапқы фаза өлшеу үшін ток потенциалға өзгерту тәсілі қолданылады, сондай-ақ тізбектегі өлшенетін ток резисторы кіші кедергімен қосылуын қорытындылады.

Токтың бастапқы фаза i_1 өлшеу үшін 6 және 3 нүктелердің арасына $R = 1 \text{ Ом}$ кедергіні қосып қояды, осциллографтың В каналы 3 нүктесіне қосылады. 1 курсорды нөлге U_1 кернеуді шығарып қою, ал 2 курсорды нөлге i_1 токты, Т2-Т1 көрсеткіш тақта бойынша уақыт өрісін i_1 токтың және U_1 кернеудің арасын өлшеп алады.

Токтың бастапқы фазасын ψ_{i_1} мына кейіптемемен есептеу

$$\psi_{i_1} = -360^\circ(T_2 - T_1) \times f.$$

Желінің соңында токтың бастапқы фазасын i_1 өлшеу үшін 5 және 4 нүктелердің арасында $R = 1 \text{ Ом}$ кедергіні қосып қояды, осциллографтың В каналы 4 нүктесіне қосылады. 1 курсорды нөлге U_1 кернеуді шығарып қою, ал 2 курсорды U_1 кернеу нөл болып тұрған кезде 1 курсорды соған орнату керек, ал 2 курсорды ток i_2 нөлге тең болған кезде, уақыт өрісті U_1 кернеудің және i_2 токтың арасында Т2-Т1 көрсеткіш тақта бойынша өлшейді.

Токтың бастапқы фаза i_2 мына кейіптемемен есептеу:

$$\psi_{i_2} = -360^\circ(T_2 - T_1) \times f.$$

4.4 Жұмыстың нәтижелерін талдау және безендіру

4.4.1 Бастапқы фазаның кернеуін ψ_{U_2} және ψ_{i_1} , ψ_{i_2} тоқтарын есептеңіз. Нәтижесін 4.2-кестеге жазыңыз.

4.4.2 Барлық зерттелген ережелер үшін кешенді кернеулер \dot{U}_1, \dot{U}_2 және \dot{I}_1, \dot{I}_2 тоқтарды жазыңыз.

4.4.3 Барлық зерттелген ережелер үшін тәжірибедегі алынған мәндер бойынша $Z_{1КР}$ кіріс кедергісін, P_1, P_2 активті қуаттарын және ПЭК η есептеңіз. Нәтижесін 4.2-кестеге жазыңыз.

4.4.4 Шыққан мәндерді салыстырып, жасалған жұмысқа қорытынды жасаңыз. Желінің кіріс кедергісіндегі жүктеме кедергі шамасының әсерін және активті қуатын талдаңыз.

4.2 кесте

Жұмыс кезеңдері	$U_1,$ КВ	$U_2,$ КВ	T_2-T_1 с	$\psi_{U_2},$ град	$I_1,$ А	T_2-T_1 с	$\psi_{i_1},$ град	$I_2,$ А	T_2-T_1 с	$\psi_{i_2},$ град	$Z_{1BX},$ Ом	P_1 кВт	P_2 кВт	$\eta, \%$
жүктемелік режим; $Z_H=$														
Бос жүріс														
Қысқа тұйықталу														
Келісілген жүктеме $Z_H= Z_B=$														

5 Зертханалық жұмыс № 5. Сызықсыз элементтері бар тұрақты токтың электр тізбегін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: сызықсыз элементтері бар тұрақты ток электр тізбектерді тәжірибелі зерттеудің әдеттерін алу.

5.1 Жұмысқа дайындық

ЭТН курсының «Тұрақты токтың сызықсыз электр тізбектері» тарауын қайталап қарап шығу керек.

Келесі сұрақтарға жауап беру:

1) Қандай сызықсыз элементтер симметриялы, ал қандай симметриясыз деп аталады? Олардың вольт-амперлі сипаттамаларын бейнелеу керек.

2) Сызықсыз элементтердің статикалық және дифференциалдық кедергілердің айырмашылықтары неде?

3) Кернеуін байсалды өзгертуге болатын тұрақты кернеудің көзінен көректенетін тізбектің сызықсыз элементінің вольт-амперлі сипаттамасын түсіру үшін схемасын суреттеу керек. Негізгі құралдарды сұлбада қарастыру керек.

4) Бір ЭҚК-і сызықсыз элементпен тізбектеп қосылған тізбектің графикалық есептеуін көрсету керек.

5) Сызықсыз элементтері параллельді қосылған тізбектің графикалық есептеуін көрсету керек.

6) Сызықсыз элементтері аралас қосылған тізбектің графикалық есептеуін көрсету керек.

7) Сызықсыз элементтері тізбектің екі түйін әдісімен графикалық есептеуін көрсету керек.

5.2 Жұмыстың орындалу тәртібі

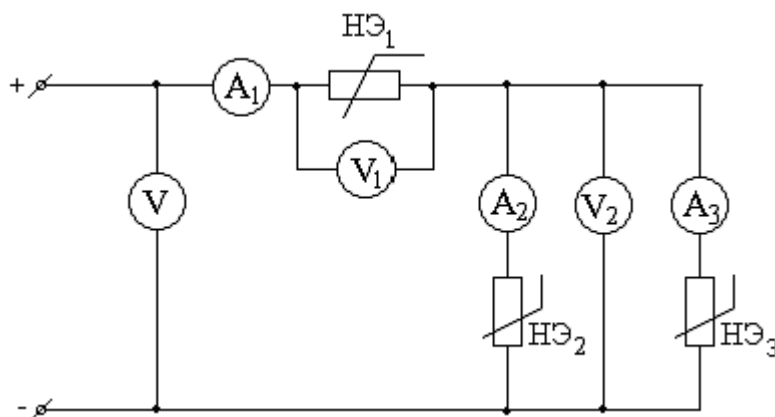
5.2.1 Үш сызықсыз элементтердің вольт-амперлі сипаттамаларын түсіру керек (оқытушының айтуы бойынша).

5.2.2 Екі сызықсыз элементтері тізбектеп қосылған тізбекті жинау керек. Тізбекте токты және бөлек элементтердің кернеуді және ток көзінің қысқыштарында қосылуын құралдардың өлшеуін қарастыру керек. Кірісте $15 \div 20$ В тең кернеуді орнатып, барлық өлшегіш аспаптардың көрсеткіштерін жазып алу керек.

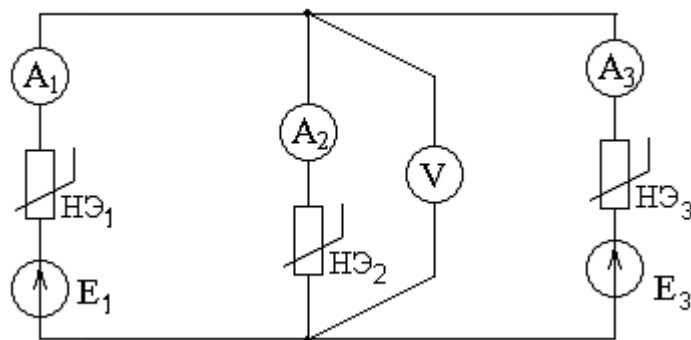
5.2.3 Екі параллельді қосылған сызықсыз элементі бар тізбекті жинау керек. Қоректендіру кернеу $15 \div 20$ В тең кезіндегі, барлық өлшегіш аспаптардың көрсеткіштерін жазып алу керек.

5.2.4 5.1-суретте көрсетілген сұлбаны жинап, барлық өлшегіш аспаптардың көрсеткіштерін жазып алу керек. Кернеу кірісінде $15 \div 20$ В болған кезде барлық өлшегіш аспаптардың көрсеткіштерін жазып алу керек.

5.2.5 5.2-суретте көрсетілген екі ЭҚК-і бар схеманы жинап көздердің ЭҚК-терін, әрбір элементтегі кернеулерді және тармақтардағы токтарды өлшеу керек.



5.1 сурет - СЭ аралас байланысының сұлбасы



5.2 сурет – Екі ЭҚК бар сұлба

5.3 Жұмыстың нәтижелерін талдау және безендіру

5.3.1 Үш сызықты элементтердің вольт-амперлі сипаттамаларын салу керек.

5.3.2 5.2.2 б. сұлбаның графикалық есептеуін өткізіп есептелген мәндерді тәжірибелі мәндермен салыстыру керек.

5.3.3 5.2.3 б. сұлбаның графикалық есептеуін өткізіп есептелген мәндерді тәжірибелі мәндермен салыстыру керек.

5.3.4 5.2.4 б. сұлбаның графикалық есептеуін өткізіп есептелген мәндерді тәжірибелі мәндермен салыстыру керек.

5.3.5 5.2.5 б. сұлбаның графикалық есептеуін өткізіп есептелген мәндерді тәжірибелі мәндермен салыстыру керек.

5.3.6 Орындалған жұмыс туралы қорытынды жасау керек

6 Зертханалық жұмыс № 6. Екі сымды желінің жазық параллельді электрстатикалық өрісін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: екі сымды желінің жазық параллельді электрстатикалық өрісін компьютерлік моделдеудің көмегімен алынған мәліметтерін тәжірибелі зерттеу

6.1 Жұмысқа дайындық

ЭТН курсының келесі тарауларын оқуларыңыз керек: біркелкі зарядталған осьтегі шексіз ұзын өріс, аттас зарядталған осьтегі параллельді өріс, екісымды желідегі өріс. «Өрістер теориясы» бағдарламасымен және зертханалық жұмысты есептеуге және орындауға арналған әдістемелік нұсқаумен танысу.

Келесілерді орындау:

1) Біркелкі зарядталған осьтегі шексіз ұзын электрстатикалық өрістің кернеулігін және потенциалын есептеу үшін теңдеулерін жазу.

2) Аттас зарядталған осьтегі параллельді электрстатикалық өрістің кернеулігін және потенциалын есептеу үшін теңдеулерін жазу.

3) Өткізгіштің бетіндегі шекаралық шарттарды жазу.

4) Нұсқаға сәйкес тапсырмада (6.1 кесте), a , S_1, S_2 есептеу қажет.

Есептеу нәтижесін 6.2 кестеге жазу керек.

5) Екісымды желінің сыйымдылығын есептеу үшін теңдеуін жазу керек. Нұсқаға сәйкес тапсырмада екісымды желінің сыйымдылығын (6.1 кесте) C есептеу керек. Есептеу нәтижесін 6.2 кестеге жазу керек.

6) Φ_1, Φ_2 өткізгіштің бетіндегі потенциалдарын есептеу үшін теңдеулерін жазу керек. Нұсқаға сәйкес тапсырмада (6.1 кесте) Φ_1, Φ_2 өткізгіштің бетіндегі потенциалдарын есептеу қажет. Есептеу нәтижесін 6.2 кестеге жазу қажет.

7) Өткізгіштердің беттеріндегі L, M, N, K нүктелерінде электрстатикалық өріс кернеуліктерін есептеу үшін теңдеуін жазу керек. Нұсқаға сәйкес тапсырмада (6.1 кестедегі) осы нүктелердің электрстатикалық өріс кернеуліктерін есептеу керек. Есептеу нәтижесін 6.2 кестеге жазу керек.

8) Өткізгіштердің беттеріндегі еркін электр зарядының тығыздығын есептеу үшін теңдеуін жазып, нұсқаға сәйкес тапсырмада (6.1 кесте) өткізгіштердің беттеріндегі L, M, N, K нүктелеріндегі еркін электр зарядының тығыздығын есептеп, есептеу нәтижесін 6.2 кестеге жазу керек.

9) Жазық параллельді өрістің анықтамасын беру.

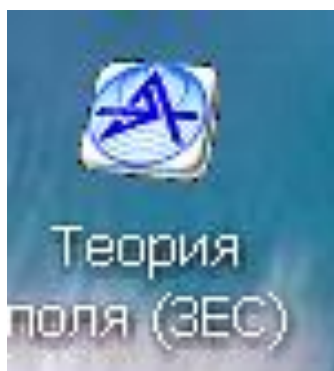
10) Эквипотенциалды және күштік сызықтардың анықтамасын беру. Екісымды желінің электрстатикалық өрісіндегі суретін сапалы тұрғызу.

6.1 кесте – Зертханалық жұмыстың тапсырма нұсқалары

№ нұсқа	Өткізгіштердің радиусы		Өткізгіштердің арасындағы қашықтық, d мм	Өткізгіштердің арасындағы кернеу U, B
	$R_1, мм$	$R_2, мм$		
1	10	5	60	100
2	10	15	80	120
3	15	20	100	110
4	20	10	120	160
5	5	10	70	90
6	8	16	90	220

6.2 Жұмыстың орындалу тәртібі

6.2.1 Компьютердің жұмыс үстелінде (6.1 сурет) тышқанның сол жағын басу арқылы «Өрістер теориясы» бағдарламасын ашамыз. (6.2 сурет) бағдарламаның негізгі терезесі ашылады.



6.1 сурет

6.2.2 R_1 және R_2 сымдарының радиусын, сондай ақ d арақашықтық нұсқаға сәйкес енгізу керек.

6.2.3 Тышқанның сол жағын басып «Тұрғызу» нүктесі арқылы жұмыс аймағында екіөткізгішті сымды тұрғызу керек. Экранда екіөткізгішті сым пайда болады (6.3 сурет).

6.2.4 Сымның геометриялық көрсеткіштерін анықтау керек: a – нөлдік потенциалдың жазықтығы және электр өрісінің ара қашықтығы, S_1 , S_2 – нөлдік потенциалдың жазықтығы және геометриялық өрістің ара қашықтығы. Алынған « a , S_1 , S_2 » нәтижелерін 6.2 кестеге жазу керек.

6.2.5 Кернеу көзінің көмегімен нұсқаға сәйкес өткізгіштер арасындағы кернеуді орнату қажет (6.2 сурет, әдістемелік нұсқау және бағдарламаның жазылуы бойынша).

6.2.6 Тышқанның сол жағын басып «Осьтер» нүктесі арқылы электр өрісінің бейнесін алу керек.

6.2.7 Ұзындық өлшеміне байланысты екіөткізгішті сымның сыйымдығын өлшеп, алынған сыйымдылықтың нәтижесін 6.2 кестеге жазу керек.

6.2.8 Өткізгіштердің беттеріндегі L , M , N , K нүктелерінде электрстатикалық өріс кернеуліктерін өлшеп, алынған нәтижесін 6.2 кестеге жазу керек.

6.2.9 $\Delta\varphi = 10\text{В} \div 20\text{В}$ бар екіөткізгішті сымды өрістің эквипотенциалды сызықтарын тұрғызу керек (оқытушының нұсқаумен).

6.2.10 Электрстатикалық өрістің екіөткізгішті сымы үшін күштік сызықтарын тұрғызу қажет.

6.2.11 Электрстатикалық өрістің екіөткізгішті сымы үшін алынған суреттерді тышқанның сол жағын басып «Экспорт в $^* \text{bmp}$ » нүктесінің көмегімен сақтау керек.

6.3 Жұмыстың нәтижелерін талдау және безендіру

6.3.1 Екісымды желінің геометриялық көрсеткіштеріне теориялық есептеу жүргізіп « a , S_1 , S_2 », нәтижесін 6.2 кестенің «Теориялық есептеу» бағанына жазу керек. ЭЕМ арқылы алынған « a , S_1 , S_2 », мәндерін 6.2 кестенің

«Эксперимент» бағанына жазып, алынған қорытындыларды салыстыру керек.

6.3.2 φ_1 , φ_2 өткізгіштің бетіндегі потенциалдарын және екісымды желінің сыйымдылығына теориялық есептеу жүргізіп, нәтижесін 6.2 кестенің «Теориялық есептеу» бағанына жазу керек. φ_1 , φ_2 өткізгіштің бетіндегі потенциалдарын және екісымды желінің сыйымдылығын өлшеп, мәндерін 6.2 кестенің «Эксперимент» бағанына жазып, алынған қорытындыларды салыстыру керек.

6.3.3 Өткізгіштердің беттеріндегі L, M, N, K нүктелерінің кернеуліктеріне теориялық есептеу жүргізіп, нәтижесін 6.2 кестенің «Теориялық есептеу» бағанына жазу керек. Өткізгіштердің беттеріндегі L, M, N, K нүктелеріндегі кернеуліктерін өлшеп, мәндерін 6.2 кестенің «Эксперимент» бағанына жазып, алынған қорытындыларды салыстыру керек.

6.3.4 Өткізгіштердің беттеріндегі L, M, N, K нүктелеріндегі зарядтың тығыздығына теориялық есептеу жүргізіп, нәтижесін 6.2 кестенің «Теориялық есептеу» бағанына жазу керек. Табылған кернеуліктің тәжірибелік мәнінен өткізгіштің беттеріндегі зарядтың тығыздығын есептеу керек. Өлшеп мәндерін 6.2 кестенің «Эксперимент» бағанына жазып, алынған қорытындыларды салыстыру керек.

6.3.5 Алынған өрістің тәжірибелік суретін шығарып сақтап қою керек.

6.3.6 Алынған суретке қолдан күштік сызықтарды тұрғызу қажет (оқытушының нұсқауы бойынша).

6.3.7 Қорытынды жасау.

6.2 кесте – Зертханалық жұмыстың қорытындысы

Сымның геометриялық көрсеткіштері; өткізгіштің бетіндегі потенциалдар; C сыйымдылық, E кернеулік, σ беттің беттік тығыздығы	Теориялық есептеу	Тәжірибе
$a, \text{ м}$		
$S_{1, \text{ м}}$		
$S_{2, \text{ м}}$		
$\varphi_{1, \text{ В}}$		
$\varphi_{2, \text{ В}}$		
$C, \text{ Ф/м}$		
$E_M, \text{ В/м}$		
$E_N, \text{ В/м}$		


$E_{L, В/м}$		
$E_{K, В/м}$		
$\sigma_M, Кл/м^2$		
$\sigma_N, Кл/м^2$		
$\sigma_L, Кл/м^2$		
$\sigma_K, Кл/м^2$		

6.4 «Теория поля» бағдарламасының сипаттамасы

Бағдарламаның басты мәзірі (6.2 сурет) жұмыс аймағы мен екі жақты жиегінен тұрады, ол жерде өлшегіш аспаптар мен басқарма нүктелері бар. Жұмыс аймағы координаттық тордан тұрады, оның түрін «Сет» нүктесі арқылы өзгертуге болады.


Сол жақ жиегінің жоғары жағында сурет салу құралдары орналасқан, олар келесі нүктелерден тұрады:

 – жұмыс аймағындағы сурет салу нүктесі;

 – жұмыс аймағындағы қате қойылған нүктелерді кетіруге арналған нүкте (өшіргіш);


 – суреттерді қиып алып нүктелерді байланыстыратын нүкте;

 – жұмыс аймағындағы қате салынған қималарды кетіруге арналған нүкте (өшіргіш);

 – эквипотенциалды және күштік сызықтардан жұмыс аймағын тазалау үшін пайдаланатын нүкте;

–  күштік сызықтарды салуға арналған нүкте;

 – жұмыс аймағындағы торларды өзгертуге арналған нүкте;

 – электр өрісін салуға арналған нүкте.

Сондай ақ солтүстік аймағындағы орналасқандар:



– өрістің кернеулігін өлшейтін аспап, аспап тышқанның сол жақ нүктесін басып « $\frac{V}{m}$ » нүктесі

арқылы қосылады!

ГЕОМЕТРИЯ

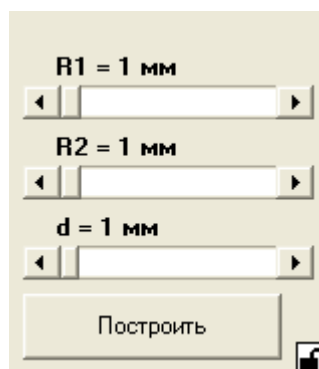
– екісымды желінің геометриялық көрсеткіштерін анықтауға арналған нүкте;

МАСШТАБ

– аймақты ашатын нүкте, «+» и «-» масштабты өзгертуге арналған нүкте:



Оң жақ жиегінің жоғары жағында өткізгіштің радиустарын және олардың ортасынын ара қашықтығын орнату үшін жасалған «Построить» нүктесі бар ол екісымды желінің көрсеткіштерімен бірге жұмыс аймағын белгілейтін нүкте, сондай ақ оң және сол нүктелерінен тұратын үш жиектеме орналасқан.

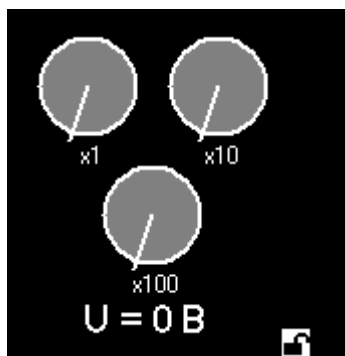


Екісымды желіні тұрғызғаннан кейін жұмыс аймағының төменгі жағында сызғыш пайда болады, 6.3 сурет орнатылған масштабты көрсетуге арналған.

Сонымен қатар жиектің оң жағында орналасқандар:



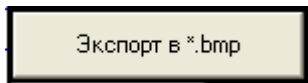
– екісымды желінің электрстатикалық өрісіндегі кез келген нүктенің потенциалын өлшеуге арналған вольтметр;



– екісымды желінің өткізгіштер арасындағы кернеуін орнату үшін үш ауыстырып қосқышы бар кернеу көзі орналасқан;



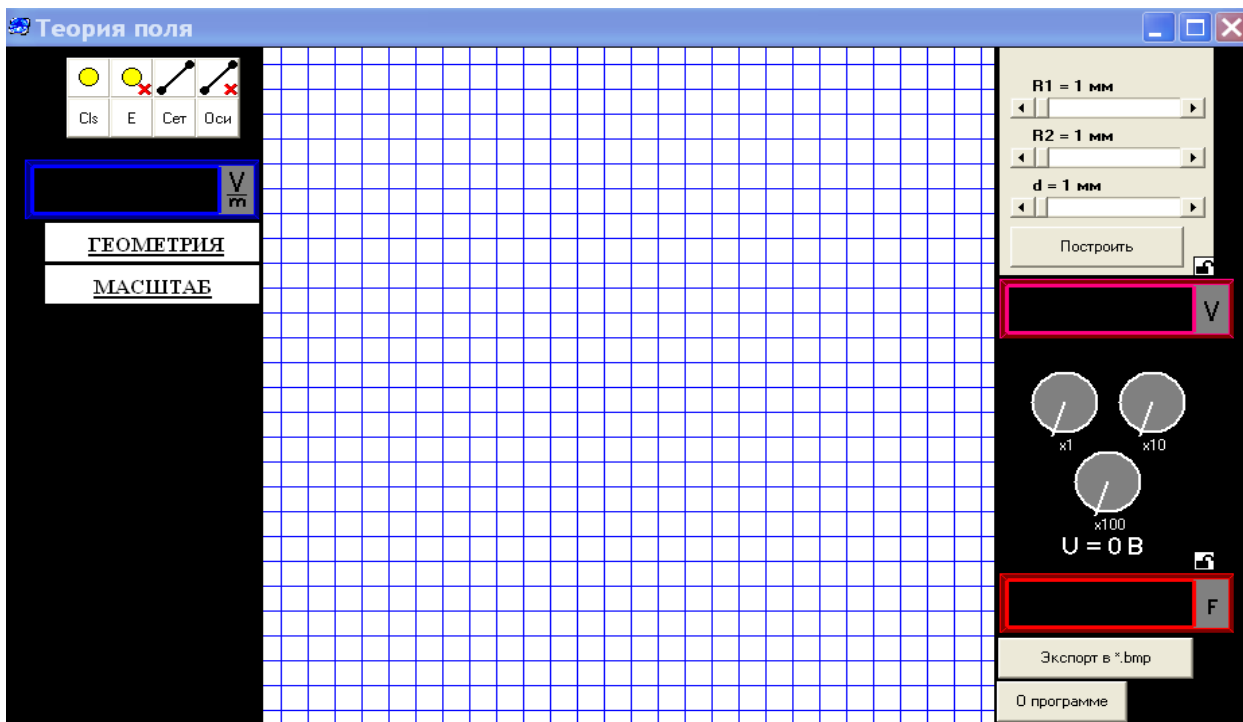
– екісымды желінің сыйымдылығын өлшейтін аспап, тышқанның сол жағын басып «F» нүктесін басады;



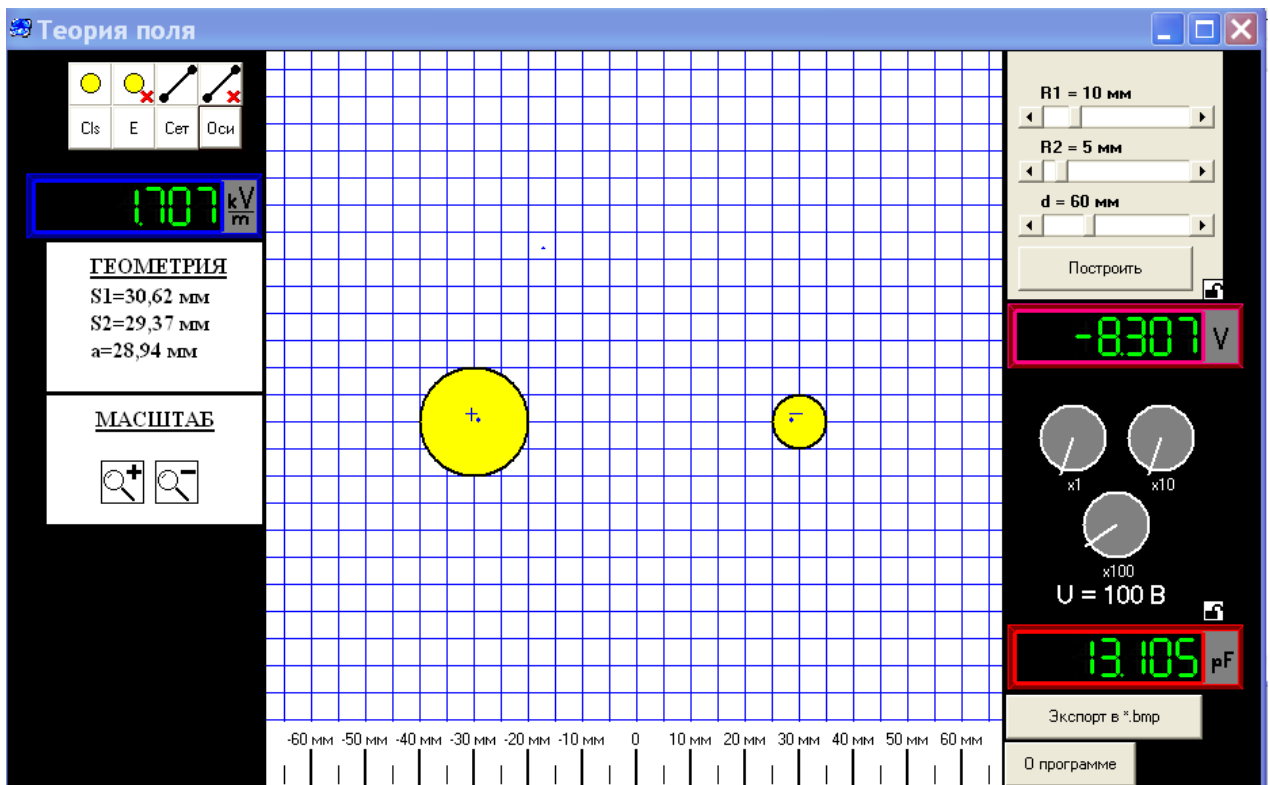
– екісымды желінің суретін сақтау нүктесі;



- «құлып» екісымды желінің орнатылған көрсеткіштерін және кернеуін ашып жабуға арналған нүкте.



6.2 сурет- Бағдарламаның интерфейсі



6.3 сурет – Екісымды желі

6.4 Әдістемелік нұсқау

«Теория поля» бағдарламасының сипаттамасымен танысу.

Сымдардың радиустарын R_1, R_2 және сымдар арасындағы қашықтықты d орнату үшін сырғытпалар және R_1, R_2 және d мәнін көбейтетін немесе азайтатын, сәйкесінше оң жақтағы және сол жақтағы батырмалар қолданылады. Екі сымды желінің орнықты параметрлерінің кездейсоқ өзгерістерін болдырмау үшін тінтуірдің сол жақ батырмасымен «құлып» түймесіне басу керек. Екі сымды желіні тұрғызу үшін «Құру» батырмасын басамыз (6.3 сурет).

Желінің геометриялық параметрлерін анықтау үшін «Геометрия» түймесіне басамыз, a, S_1, S_2 мәндері пайда болатын аумақ ашылады.

Сымдар арасындағы кернеу үш ауыстырып қосқышы бар кернеу көзі арқылы орнатылады. Кернеуді арттыру үшін тінтуірдің сол жақ батырмасымен сәйкес келетін кернеу көзінің ауыстырып қосқышына басамыз, кернеуді азайту үшін тінтуірдің оң жақ батырмасын басу керек.

Электрлік өстердің суретін тінтуірдің сол жақ батырмасымен «Өстер» түймесін басу арқылы алуға болады (6.3 сурет), электрлік өстерді жою әрекеті дәл осылай, тінтуірдің сол жақ батырмасымен «Өстер» түймесі арқылы орындайды.

Екі сымды желінің ұзындық бірлігіне сыйымдылығын сәйкес келетін аспап арқылы өлшеуге болады, ол үшін тінтуірдің сол жақ батырмасымен осы аспаптың «F» батырмасын басу керек (6.3 сурет).

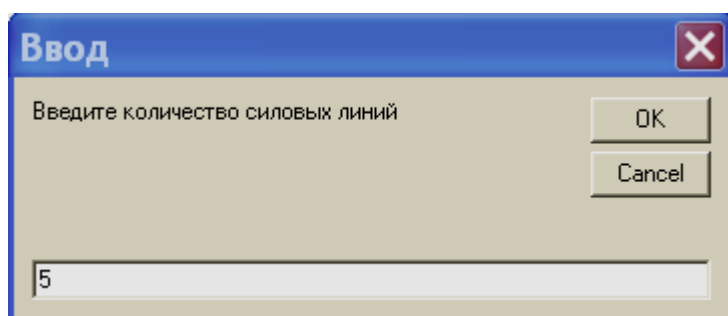
Екі сымды желінің электрлік өрісінің кез келген нүктесіндегі кернеулікті сәйкес келетін аспап арқылы өлшеуге болады, бұл үшін

тінтуірдің сол жақ батырмасымен « $\frac{V}{m}$ » түймесін басу арқылы аспапты қосу керек, кернеулікті өлшек қажет болатын өріс нүктесіне тінтуір меңзерін қою және дәл осы нүктеге тінтуірдің оң жақ батырмасын бау керек. Аспаптың тақтасына кернеулік мәні шығады (6.3-сурет).

Эквипотенциалды сызықтардың нүктелерін құру үшін вольтметр қолданылады, оның көмегімен екі сымды желінің электрстатикалық өрісінің нүктелер потенциалын өлшеуге болады. Эквипотенциалды сызықтардың нүктелерін салу үшін сол жақтағы тақтаның жоғарғы бөлігінде орналасқан сурет салу құралдары мәзіріндегі нүктелерді салу түймесіне тінтуірдің сол жағымен басады (бағдарламаның сипаттамасын қараңыз), сосын вольтметрді қолдану арқылы берілген потенциалды өріс нүктесін анықтайды және табылған өріс нүктесіне тінтуірдің сол жақ батырмасын басады, бұл кезде экранда қызыл түсті ток пайда болады. Қате салынған суреттерді сол жақтағы тақтаның жоғарғы бөлігінде орналасқан сурет салу құралдары мәзіріндегі түйме (өшіргіш) көмегімен жоюға болады.

Эквипотенциалды желілердің алынған нүктелерін бір-бірімен кесінділер арқылы біріктіруге болады. Ол үшін сол жақтағы тақтаның жоғарғы бөлігінде орналасқан сурет салу құралдары мәзіріндегі кесінділерді салу батырмасына тінтуірдің сол жағын басады, сосын тінтуірдің сол жағымен біртекті потенциалды екі көршілес нүктелерге басады және олар тік кесіндімен біріктіріледі. Қате салынған кесінділерді сол жақтағы тақтаның жоғарғы бөлігінде орналасқан сурет салу құралдары мәзіріндегі түйме (өшіргіш) көмегімен жоюға болады.

Күштік сызықтарды тұрғызу үшін «E» түймесіне тінтуірдің сол жағын басады. Экранда диалогтық терезе пайда болады (6.4 сурет), ол жерден күштік сызықтарды таңдап және «OK» басады. Күштік сызықтарды «E» түймесін тінтуірдің сол жақ батырмасын басу арқылы алып тастауға болады.



6.4 сурет

Екі сымды желінің электрстатикалық өрісінің алынған бейнесін «bmp шығару» «Экспорт в *bmp» түймесіне тінтуірдің сол жағын басы арқылы сақтауға болады. Өрістің сақталған суретін басып шығару үшін, оны Paint бағдарламасы арқылы ашу өте ыңғайлы.

Күштік сызықтарды екі сымды желінің шығарылған суретіндегі тек эквипотенциалдық сызықтар орналасқан бөлігінде қолмен тұрғызуға болады. Күштік сызықтардың бірі – бұл электр өстерін біріктіруші түзу. Басқа күштік сызықтар электрлік өс арқылы өтетін, центрі нөлдік потенциал сызығында жататын шеңбер доғасы түрінде болады және келесі теңдеумен анықталады: $x^2 + (y - y_0)^2 = a^2 + y_0^2$, мұндағы y_0 - шеңбер доғасының центрі. Күштік сызықтар эквипотенциалды сызықтарға перпендикуляр және әрбір көршілес сызықтардың арасында өріс кернеулігі векторының тең бөлігі қалатындай етіп жүргізіледі.

Экранды эквипотенциалды және күштік сызықтардан толықтай тазартуды «Cls» батырмасына тінтуірдің сол жағын басы арқылы орындауға болады.

Теориялық есептеуге арналған әдістемелік нұсқаулар.

Екі сымды желінің a , S_1 , S_2 геометриялық параметрлері (6.5 сурет) төмендегі формуламен есептеледі:

$$S_1 = \frac{d^2 + R_1^2 - R_2^2}{2d}, \quad S_2 = \frac{d^2 + R_2^2 - R_1^2}{2d}, \quad a = \sqrt{S_1^2 - R_1^2} = \sqrt{S_2^2 - R_2^2},$$

мұндағы

$d = S_1 + S_2$ – геометриялық сымдар осьтерінің арасындағы қашықтық;

S_1 , S_2 – геометриялық сымдар осьтерінен нольдік потенциал жазықтығына дейін;

R_1 , R_2 – сымның радиусы;

a – Осьтің электрлік қашықтығынан нольдің потенциалдар жазықтығына дейін.

Екісымды сыйымдылық арасындағы C сызықтары арқылы беріледі:

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0}{\ln \frac{(S_1 + a)(S_2 + a)}{R_1 R_2}},$$

мұндағы

$\epsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрлік тұрақтылық;

$\epsilon = 1$ – Ауа өткізгіштің салыстырмалы диэлектригі.

Сымдардың беткі потенциалы ϕ_1 , ϕ_2 мына формула бойынша есептелінеді:

$$\phi_1 = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{S_1 + a}{R_1}; \quad \phi_2 = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{R_2}{S_2 + a}.$$

Өріс кернеуінің беткі сымдар арасындағы есептелу формуласы (6.5 сызба):

$$E_M = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_M} - \frac{1}{R_M + 2a} \right); E_N = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_N} + \frac{1}{2a - R_N} \right);$$

$$E_L = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{2a - R_L} + \frac{1}{R_L} \right); E_K = \frac{CU}{2\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{R_K} - \frac{1}{R_K + 2a} \right),$$

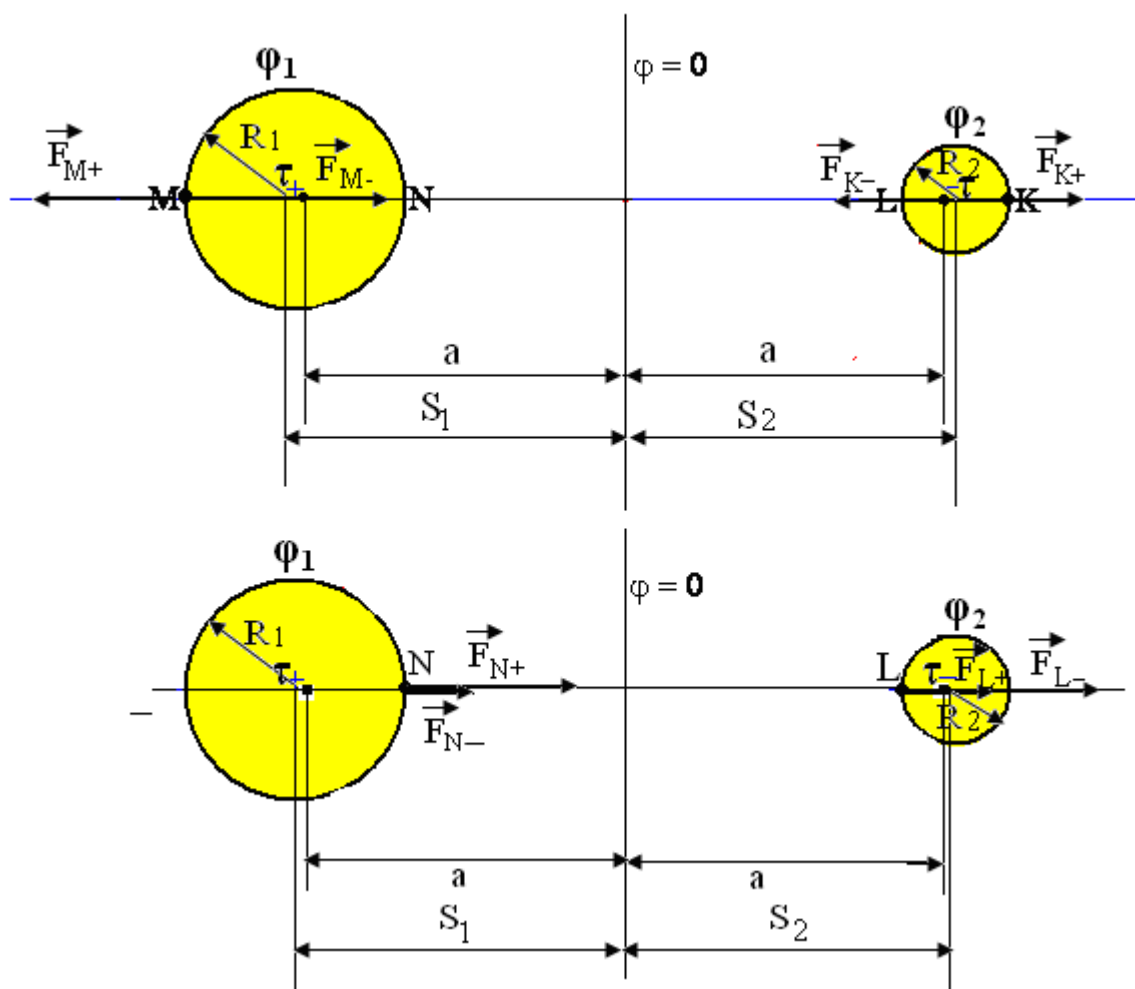
мұндағы $R_M = S_1 - a + R_1$ - Оң қашықтықтан электрлік ось нүктесіне дейін;
 $R_N = R_1 - (S_1 - a)$ - Оң қашықтықтан электрлік ось нүктесіне дейін;

$R_L = R_2 - (S_2 - a)$ - Оң қашықтықтан электрлік ось нүктесіне дейін;

$R_K = S_2 - a + R_2$ - Оң қашықтықтан электрлік ось К нүктесіне дейін

Электрлік заряд беттің тығыздығы мына формула бойынша есептелінеді:

$$\sigma_M = \epsilon_0 E_M, \sigma_N = \epsilon_0 E_N, \sigma_L = \epsilon_0 E_L, \sigma_K = \epsilon_0 E_K.$$



6.5 сурет- Өріс кернеулігін есептеу үшін

Әдебиеттер тізімі

- 1 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. – М., 2013. -638 с.
- 2 Бессонов А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: Учебник для бакалавров / А. Бессонов; доп. МО РФ.- 11-е изд.- М.: Юрайт, 2012.- 320 с.- (Бакалавр).
- 3 Гальперин М.В.. Электротехника и электроника [Текст]: Учебник доп. МОиН РФ.- М.: ФОРУМ-ИНФРА-М, 2010.- 480 с.
- 4 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Издательство: -Питер. Теоретические основы электротехники Том 1. 2009.-576 с.
- 5 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Издательство: - Питер. Теоретические основы электротехники. Том 2, 5-е издание. 2009. -377 с.
- 6 Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері 4 (дәріс жинағы). – Алматы: АЭЖБУ, 2010. -110 б.
- 7 Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері 3 (оқу құралы). – Алматы: АЭЖБИ, 2008. -140 б.
- 7 Денисенко В.И., Аршидинов М.М., Болдырева Л.П. Теоретические основы электротехники: Учебное пособие.- Алматы: АУЭС, 2016.-98

Гулдана Кашкинбаевна Смагулова
Любовь Павловна Болдырева

ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ МЕН ЭЛЕКТР ӨРІСТЕРІН ТАЛДАУ

СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТІЗБЕКТЕР МЕН ЭЛЕКТР ӨРІСІНІҢ ТЕОРИЯСЫ

5B081200- Зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар. (5B081200 - Ауыл шаруашылығын энергиямен камтамасыз ету мамандығы үшін).

Редактор Қ.С.Телғожаева
Стандарттау маманы Н.Қ. Молдабекова

Басуға ___ қол қойылды
Таралымы 50 дана
Көлемі 2,8 есеп.-баспа таб.

Пішімі 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс. Бағасы 1440 теңге.

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