



AUES

1975 жылы құрылған

**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Электротехника кафедрасы

**КӨРСЕТКІШТЕРІ НАҚТЫЛЫ ЖӘНЕ ТАРАТЫЛҒАН ТІЗБЕКТЕР
ТӨРТҰШТЫҚТАРДЫҢ ТЕОРИЯСЫ**

Зертханалық жұмыстарға арналған әдістемелік нұсқаулар.
5B070200-Автоматтандыру және басқару мамандығы үшін

Алматы 2019

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: С.Ю. Креслина, А.Т. Аршабекова. Көрсеткіштері нақтылы және таратылған тізбектер. Төртұштықтардың теориясы. Зертханалық жұмыстарға арналған әдістемелік нұсқаулар (5В070200 Автоматтандыру және басқару мамандығы үшін). – Алматы: АЭЖБУ, 2019. – 28 б.

Зертханалық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар төртполюстілер, электрлі сүзгілер, таратылған параметрлі желілер атты бөлімдер бойынша 4 зертханалық жұмыстан тұрады.

Әр зертханалық жұмыс келесі бөлімдерден тұрады: жұмыстың мақсаты, жұмысқа дайындық, жұмысты орындау тапсырмалары, тәжірибелерді орындау бойынша және шыққан нәтижелерді талдау бойынша әдістемелік нұсқаулар, орындалған жұмыс бойынша қорытындылар.

Зертханалық жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар 5В070200 Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттері үшін арналған.

Сур.-20, кесте-17, әдеб.көр.-10 атау.

Пікір беруші: АЭЖБУ доценті Б.К. Курпенев

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамның 2019 жылғы жоспары бойынша басылады.

Кіріспе

Мамандарды дайындау сапасын арттыру, студенттердің творчестволық ойлау қабілеттері мен инженерлік икемділіктерін қалыптастыру үшін, зертханалық жұмыстар маңызды орын алады.

Берілген әдістемелік нұсқаулар Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттеріне арналған «Көрсеткіштері нақтылы және таратылған тізбектер. Төртұштықтардың теориясы» пәндері бойынша зертханалық жұмыстардың сипатталуынан құралған. Зертханалық жұмыстар төртполюстілер, электрлі сүзгілер, таратылған параметрлі тізбектер бойынша тәжірибелік және есептік түрдегі зерттеу жұмыстарынан құрылған. Барлық зертханалық жұмыстар, сәйкесті тақырып дәрістік сабақта талқыланғаннан кейін орындалады.

«Көрсеткіштері нақтылы және таратылған тізбектер. Төртұштықтардың теориясы» пәндері бойынша зертханалық жұмыстарды орындау және безендіру тәртібі:

1) Кезекті сабақты бастамастан бұрын, студент зертханалық жұмыстың мазмұнымен танысу керек, сәйкесті тақырып бойынша теориялық материалды меңгеру керек.

2) Дайындық нәтижелері орындалатын жұмыстың есеп беруінде көрсетілу керек, оның мазмұны келесі бөлімдерден құралу керек:

- а) «Жұмысқа дайындық» бөлімі бойынша сұрақтарға жазбаша жауаптар;
- ә) алдын-ала есептеулер;
- б) зерттелетін сұлбалар;
- в) өлшеу нәтижелерін жазуға арналған кестелер.

3) Сабақ басында студент жеке есеп беруі болып, келесі жұмысқа рұқсат алу керек. Келесі жұмысты орындамай тұрып, алдыңғы безендірілген жұмысты толығымен қорғау керек.

Сабақ уақытында студент жұмысты орындап болу керек (сұлбаны жинау, қажетті өлшеулер жүргізу және алдын-ала дайындалған кестелерге нәтижелерді жазып алу).

4) Оқытушы теория бойынша, жұмыстың орындалу тәртібі бойынша, жиналатын сұлбалар бойынша, қолданылатын өрнектер және шығатын нәтижелер бойынша сұрақтар қойып, студенттің жұмысты орындауға дайындығын тексереді. Сұрақтар жазбаша немесе ауызша түрде қойыла алады.

5) Үшінші пункттегі талаптарды орындамаған, теориялық жағынан қанағаттанарлықсыз дайындалған студенттер жұмысты орындауға жіберілмейді.

6) Жұмысқа жіберілмеген студенттер қалған уақытты теорияны меңгеру үшін және де бұрын жасалған жұмысты безендіру мен қорғау үшін пайдалану керек.

1 Зертханалық жұмыс №1. Пассивті симметриялы төртполюстілерді зерттеу

Мақсаты: «Electronics Workbench» бағдарламасы көмегімен пассивті симметриялы төртполюстінің қысқа тұйықталу және бос жүріс жұмыс режимдерін зерттеу және оның параметрлерін анықтау.

1.1 Жұмысқа дайындық

1.1.1 Берілген нұсқаға сәйкес зерттелетін төртполюстінің сұлбасын және параметрлерін тандап алу (1.1 кесте).

1.1.2 Пассивті симметриялы төртполюстінің қысқа тұйықталу және бос жүріс жұмыс режимдерін пайдаланып, А-параметрлерін анықтайтын өрнектерді жазу.

1.1.3 Берілген нұсқаға сәйкес (1.1 кесте) пассивті симметриялы төртполюстінің А-параметрлерін есептеу. Есептеу нәтижелерін 1.4 кестеге (теориялық есеп жолына) енгізу.

1.1.4 Төртполюстінің бос жүріс $Z_{бж}$ және қысқа тұйықталу $Z_{кт}$ режимдеріндегі кіріс кедергілерін анықтайтын өрнектерді жазу.

1.1.5 Берілген нұсқаға сәйкес (1.1 кесте) төртполюстінің бос жүріс $Z_{бж}$ және қысқа тұйықталу $Z_{кт}$ режимдеріндегі кіріс кедергілерін есептеу. Есептеу нәтижелерін 1.5 кестеге (теориялық есеп жолына) енгізу.

1.1.6 Төртполюстінің сипаттамалық кедергісін Z_c , төртполюстінің беріліс тұрақтысын Γ анықтайтау үшін өрнектер жазу.

1.1.7 Берілген нұсқаға сәйкес (1.1 кесте) төртполюстінің сипаттамалық кедергісін Z_c , төртполюстінің беріліс тұрақтысын Γ есептеу. Есептеу нәтижелерін 1.5 кестеге (теориялық есеп жолына) енгізу.

1.1.8 Алдын ала 1.2 кестені сызып қою.

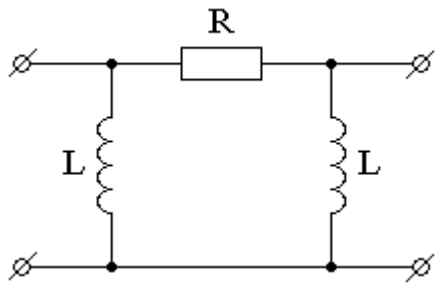
1.2 Жұмысты орындау тапсырмалары

1.2.1 Берілген нұсқаға сәйкес зерттелетін төртполюстінің бос жүріс режиміндегі электрлі сұлбасын (1.9 сурет) жинау.

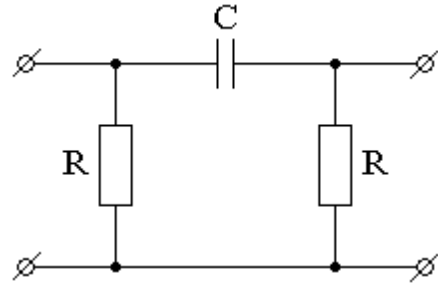
1.1 кесте

Нұсқа №	Сурет №	U, B	$f, кГц$	$R, Ом$	$L, мГн$	$C, мкФ$
1	1.1	10	1,0	100	6	–
2	1.2	12	1,6	130	–	0,5
3	1.3	14	1,5	160	–	0,8
4	1.4	16	1,8	190	8	–
5	1.5	18	2,0	150	–	0,4
6	1.6	20	2,2	110	5	–

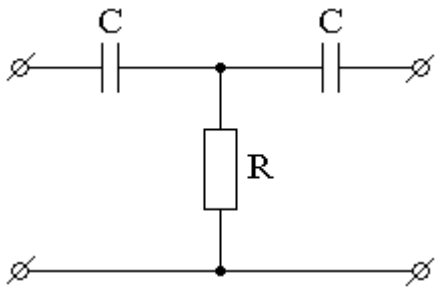
7	1.7	22	2,4	120	7	–
8	1.8	24	2,6	100	–	0,7



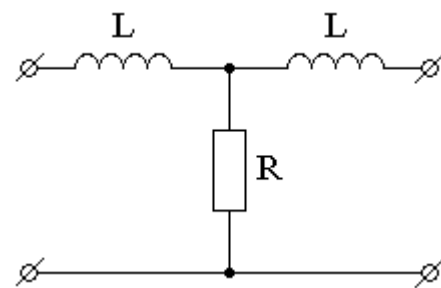
1.1 cypet



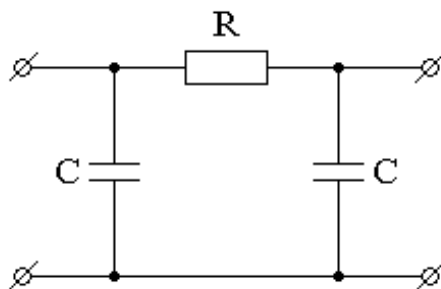
1.2 cypet



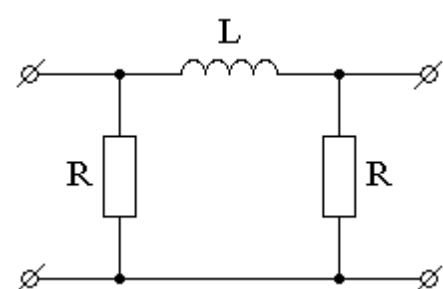
1.3 cypet



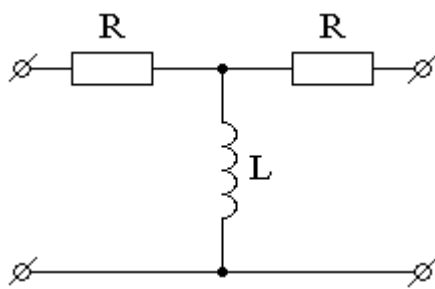
1.4 cypet



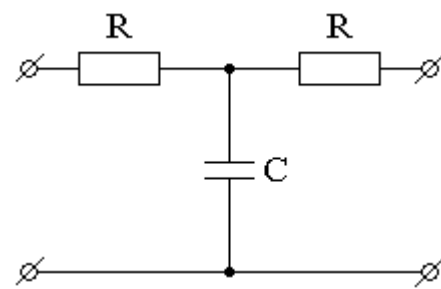
1.5 cypet



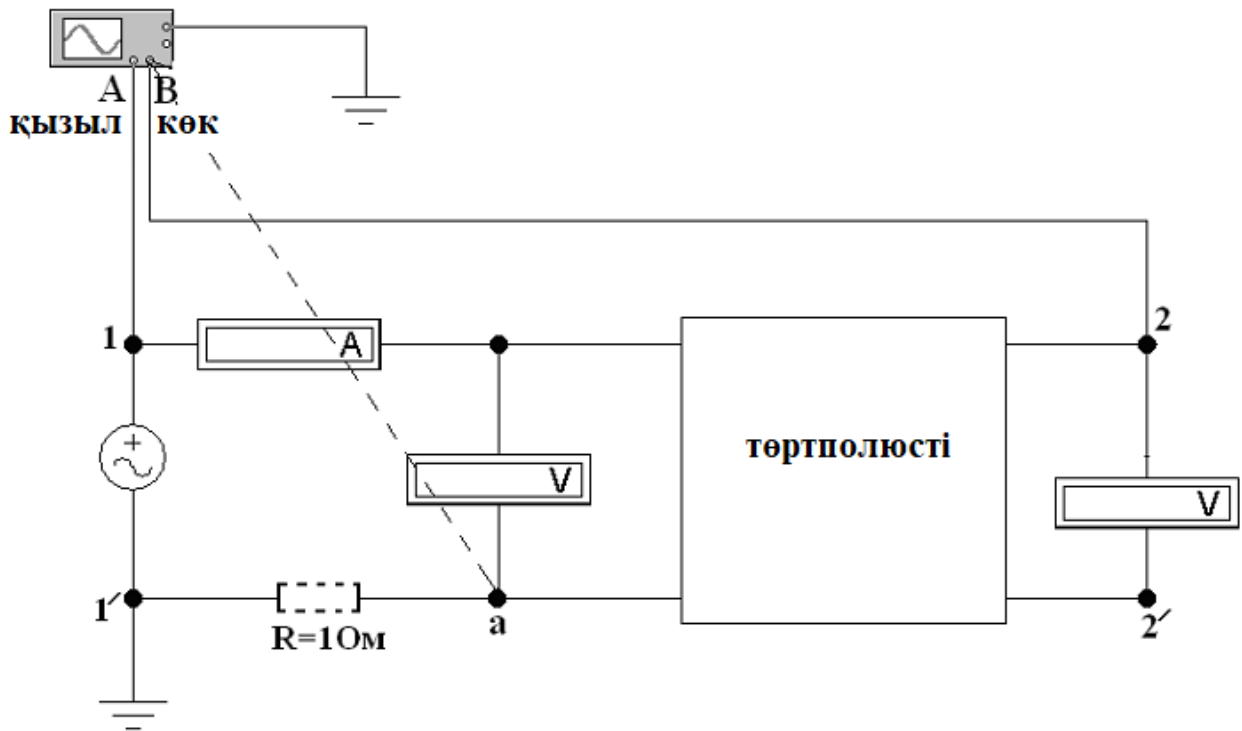
1.6 cypet



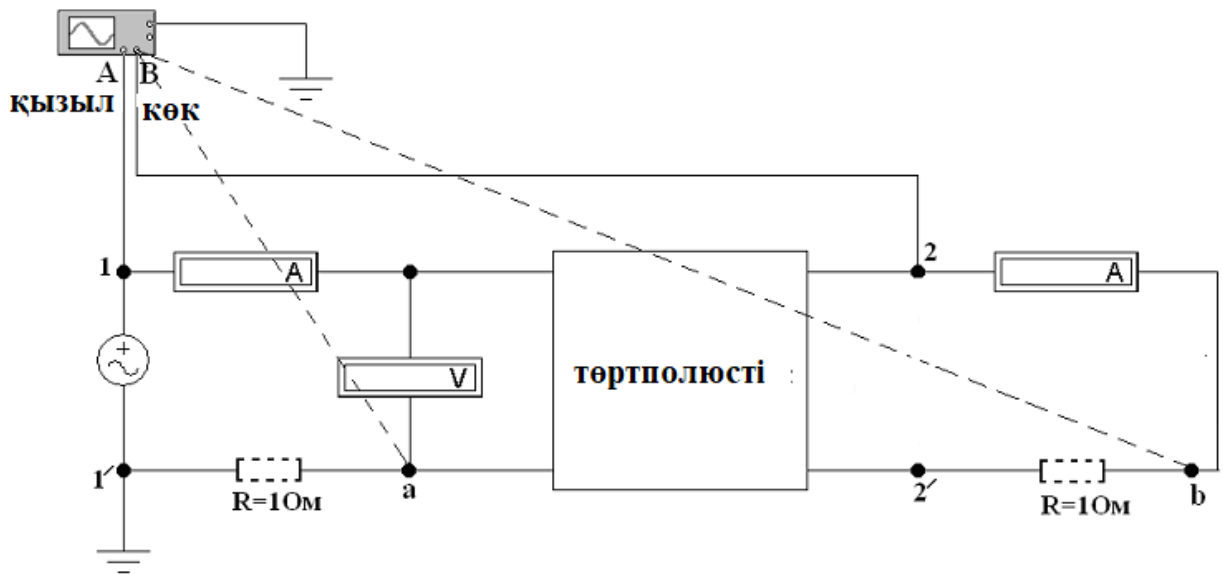
1.7 cypet



1.8 cypet



1.9 сурет



1.10 сурет

1.2.2 Берілген нұсқаға сәйкес (1.1 кесте) генераторда кіріс кернеудің әрекеттік мәнін U_1 және жиіліктің f мәнін орнату.

1.2.3 Бос жүріс режимінде ($2-2'$ шықпалары ажыратылған, $Z_{жс} = \infty, I_2 = 0$) төртполюстінің кірісіндегі кернеуді U_1 , төртполюстінің шығысындағы кернеуді U_2 , төртполюстінің кірісіндегі токты I_1 өлшеп алу. Төртполюстінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен шығысындағы кернеуі $u_2(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ және

төртполюстінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен кірісіндегі тогы $i_1(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ өлшеп алу. Өлшеу нәтижелерін 1.2 кестеге жазып алу.

1.2 кесте

Жұмыс режимі	U_1, B	U_2, B	$T2-T1, c$	Ψ_{u2}	I_1, A	$T2-T1, c$	Ψ_{i1}	I_2, A	$T2-T1, c$	Ψ_{i2}
Бос жүріс								0	-	-
Қысқа тұйық.		0	-	-						

1.3 кесте

Жұмыс режимі	U_1, B	\dot{U}_2, B	i_1, A	i_2, A
Бос жүріс				
Қысқа тұйық.				

1.4 кесте

Зерттеу түрі	A_{11}	$A_{12}, Ом$	$A_{21}, См$	A_{22}
Теориялық есеп				
Тәжірибелік мәндер бойынша есеп				

1.5 кесте

Зерттеу түрі	$Z_{қт}, Ом$	$Z_{бж}, Ом$	$Z_c, Ом$	Γ
Теориялық есеп				
Тәжірибелік мәндер бойынша есеп				

1.2.4 Қысқа тұйықталу режимінде ($2-2'$ шықпалары тұйықталған, $Z_{жс} = 0, U_2 = 0$) төртполюстінің кірісіндегі кернеуді U_1 , төртполюстінің кірісіндегі I_1 және шығысындағы I_2 токтарды өлшеп алу. Төртполюстінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен кірісіндегі ток $i_1(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ және төртполюстінің кірісіндегі кернеуі

$u_1(t)$ мен шығысындағы ток $i_2(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ өлшеп алу. Өлшеу нәтижелерін 1.2 кестеге жазып алу.

1.3 Тәжірибелер нәтижелерін өңдеу

1.3.1 Өлшеп алынған $T2-T1$ мәндері бойынша, зерттелген режимдер үшін, төртполюстінің шығысындағы кернеудің бастапқы фазасын Ψ_{u2} және төртполюстінің кірісі мен шығысындағы токтардың бастапқы фазаларын Ψ_{i1}, Ψ_{i2} есептеу. Есептеу нәтижелерін 1.2 кестеге жазып алу.

1.3.2 Зерттелген режимдер үшін \dot{U}_1, \dot{U}_2 кернеулерінің және \dot{I}_1, \dot{I}_2 токтарының комплексті мәндерін 1.3 кестеге жазу.

1.3.3 Тәжірибелік берілгендер бойынша, бос жүріс және қысқа тұйықталу режимдерінен алынған \dot{U}_1, \dot{U}_2 кернеулерінің және \dot{I}_1, \dot{I}_2 токтарының мәндері арқылы, пассивті симметриялы төртполюстінің А-параметрлерін: $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}$ есептеу. Есептеу нәтижелерін 1.5 кестеге (тәжірибелік мәндер бойынша есеп жолына) жазу:

$$A_{11} = \left(\frac{\dot{U}_1}{\dot{U}_2} \right)_{I_2=0}; A_{21} = \left(\frac{\dot{I}_1}{\dot{U}_2} \right)_{I_2=0}; A_{12} = \left(\frac{\dot{U}_1}{\dot{I}_2} \right)_{U_2=0}; A_{22} = \left(\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} \right)_{U_2=0}$$

1.3.4 Тәжірибелік мәндер бойынша, барлық зерттелген режимдер үшін, төртполюстінің кіріс кедергілерін $Z_{qm}, Z_{бж}$, анықтау. Есептеу нәтижелерін 1.5 кестеге (Тәжірибелік мәндер бойынша есеп жолына) жазу.

1.3.5 Тәжірибелік мәндер бойынша, барлық зерттелген режимдер үшін, төртполюстінің сипаттамалық кедергісін Z_c , төртполюстінің беріліс тұрақтысын Γ анықтау. Есептеу нәтижелерін 1.5 кестеге (Тәжірибелік мәндер бойынша есеп жолына) жазу.

1.3.6 Тәжірибелік және теориялық есептеу нәтижелерін салыстру мен талдау.

1.4 Кернеулер мен токтардың бастапқы фазаларын өлшеуге әдістемелік нұсқаулар

Кернеулер мен токтардың бастапқы фазаларын осцилограф көмегімен өлшеуге болады (1.11 сурет). Кернеулердің бастапқы фазаларын өлшеу үшін осцилографтың А-каналын 1 нүктеге жалғайды (бұл сымды қызыл түске бояйды), ал осцилографтың В-каналын 2 нүктеге жалғайды (бұл сымды көк түске бояйды). 1-ші курсорды төртполюсті кірісіндегі кернеудің $u_1(t)$ нөлдік мәніне орнатады, ал 2-ші курсорды төртполюсті шығысындағы кернеудің $u_2(t)$ ең жақын нөлдік мәніне орнатады, осылайша төртполюстінің кірісіндегі

кернеуі $u_1(t)$ мен шығысындағы кернеуі $u_2(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын ($T2-T1$ таблосы) өлшеп алуға болады. Фазалы жылжу келесі өрнекпен анықталады:

$$\psi_{U1-U2} = 360^0 \times (T2-T1) \times f.$$

Егер $\psi_{U1} = 0$ деп қабылдасақ, онда $\psi_{U2} = -360^0 \times (T2-T1) \times f$ өрнегімен анықталады.

Токтардың бастапқы фазаларын өлшеу үшін, тогы өлшенетін тармаққа кіші кедергілі резистор қосылады.

Төртполюсті кірісіндегі токтың $i_1(t)$ бастапқы фазасын өлшеу үшін I' және a нүктелері арасына $R=1$ Ом кедергі жалғанады, осцилографтың В-каналы a нүктесіне жалғанады. 1-ші курсорды төртполюсті кірісіндегі кернеудің $u_1(t)$ нөлдік мәніне орнатады, ал 2-ші курсорды төртполюсті кірісіндегі токтың $i_1(t)$ ең жақын нөлдік мәніне орнатады, осылайша төртполюстінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен кірісіндегі токтың $i_1(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын ($T2-T1$ таблосы) өлшеп алуға болады. Кірістегі токтың бастапқы фазасы келесі өрнекпен анықталады:

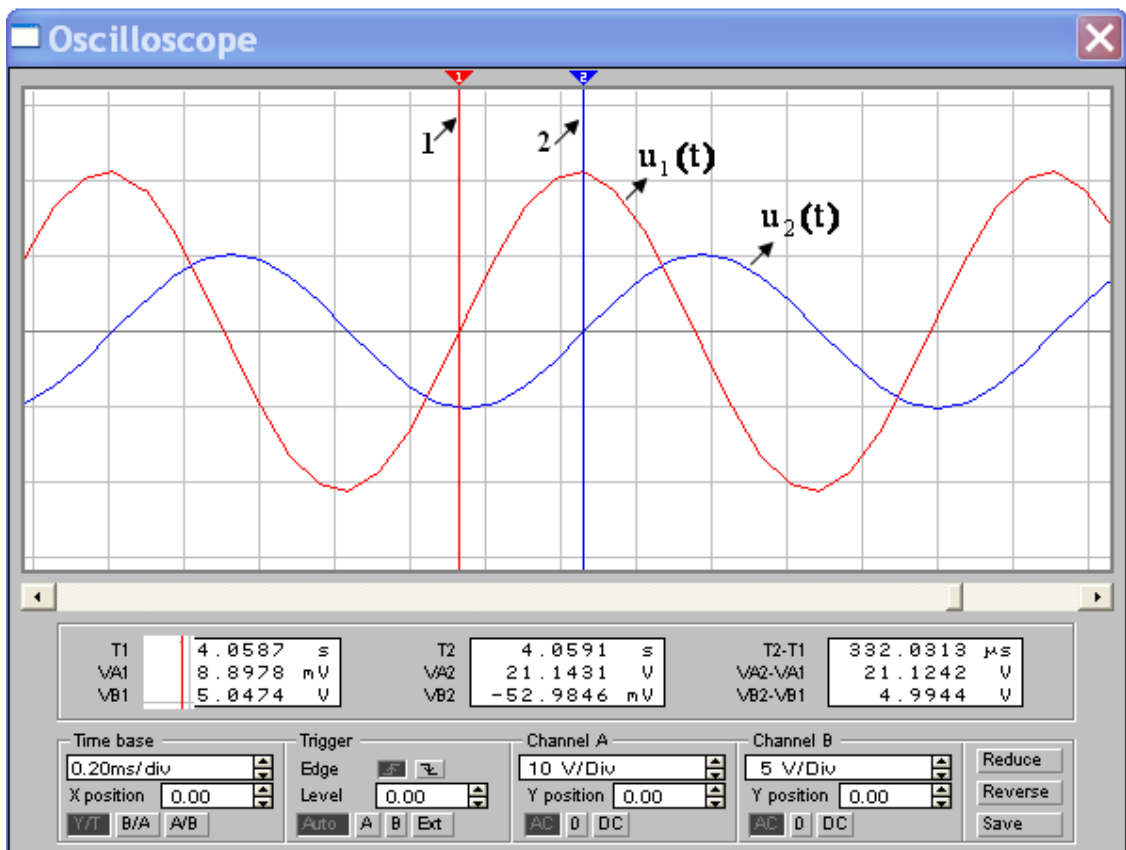
$$\psi_{i1} = -360^0 \times (T2-T1) \times f.$$

Токтың бастапқы фазасын өлшеп болғаннан кейін $R=1$ Ом кедергісі ажыратылады.

Төртполюсті шығысындағы токтың $i_2(t)$ бастапқы фазасын өлшеу үшін $2'$ және b нүктелері арасына $R=1$ Ом кедергі жалғанады, осцилографтың В-каналы b нүктесіне жалғанады. 1-ші курсорды төртполюсті кірісіндегі кернеудің $u_1(t)$ нөлдік мәніне орнатады, ал 2-ші курсорды төртполюсті шығысындағы токтың $i_2(t)$ ең жақын нөлдік мәніне орнатады, осылайша төртполюстінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен шығысындағы токтың $i_2(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын ($T2-T1$ таблосы) өлшеп алуға болады. Шығыстағы токтың бастапқы фазасы келесі өрнекпен анықталады:

$$\psi_{i2} = -360^0 \times (T2-T1) \times f.$$

Токтың бастапқы фазасын өлшеп болғаннан кейін $R=1$ Ом кедергісі ажыратылады.



1.11 сурет

1.5 Бақылау сұрақтары

1.5.1 Төртполюстілердің анықтамасын келтіру.

1.5.2 Төртполюстілердің қандай түрлері активті, қандай түрлері пассивті деп аталады?

1.5.3 Төртполюстілердің қандай түрлері симметриялы, қандай түрлері симметриялы емес деп аталады?

1.5.4 Төртполюстілерді сипаттайтын А-, Z-, Y-, H- параметрлердің теңдеулерін келтіру.

1.5.5 Пассивті симметриялы төртполюстінің А-параметрлері үшін қандай шарт орындалу қажет?

1.5.6 Төртполюстінің кіріс кедергісі қалай анықталады?

1.5.7 Төртполюстінің екінші реттік параметрлерін анықтайтын өрнектерді жазу.

2 Зертханалық жұмыс № 2. Пассивті электрлі сүзгілерді зерттеу

Мақсаты: қарапайым төменжиілікті (ТЖС) және жоғарыжиілікті (ЖЖС) сүзгілердің жиіліктік сипаттамаларын зерттеу.

2.1 Жұмысқа дайындық

2.1.1 Берілген нұсқаға сәйкес сүзгінің сұлбасын және параметрлерін таңдап алу (2.1 кесте).

2.1.2 Берілген нұсқаға сәйкес $f_{қим}$ және ρ шамаларын есептеп алу (2.1 кесте). Есептеу нәтижелерін кестеге 2.2 кестеге енгізу.

2.1.3 Берілген нұсқаға сәйкес электрлі сүзгінің сұлбасын салу (2.1-2.4 суреттер) және 2.2 кестені сызып қою.

2.1 кесте

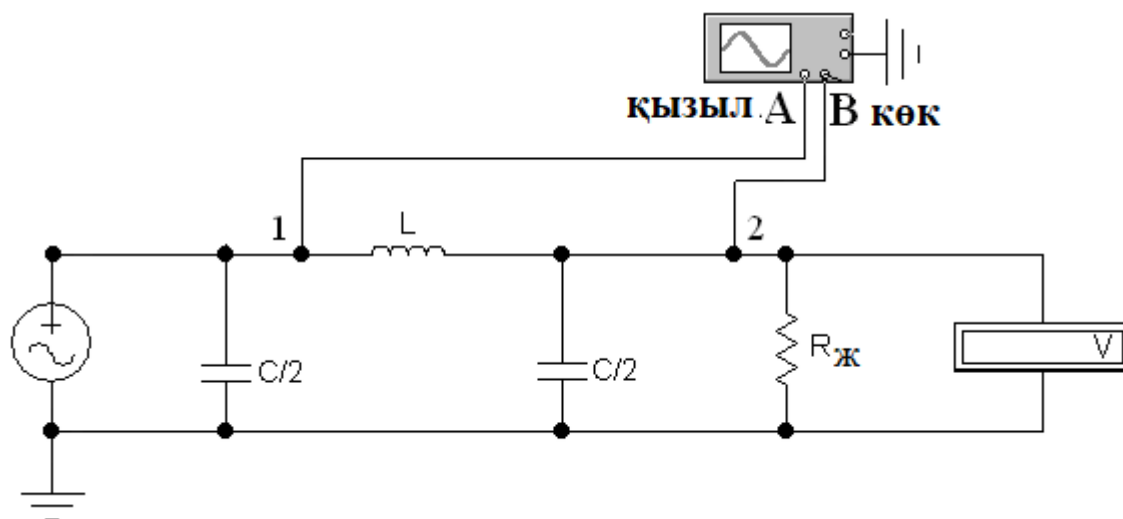
Нұсқа №	Сүзгі түрі	Сүзгі сұлбасы	$U_1(B)$	$L(мГн)$	$C(мкФ)$
1	ТЖС	Т-тәрізді	5	80	0,5
2	ЖЖС	Т- тәрізді	4	70	0,4
3	ТЖС	П- тәрізді	3	60	0,6
4	ЖЖС	П- тәрізді	4	50	0,7
5	ТЖС	Т- тәрізді	5	40	0,3

2.2 Жұмысты орындау тапсырмалары

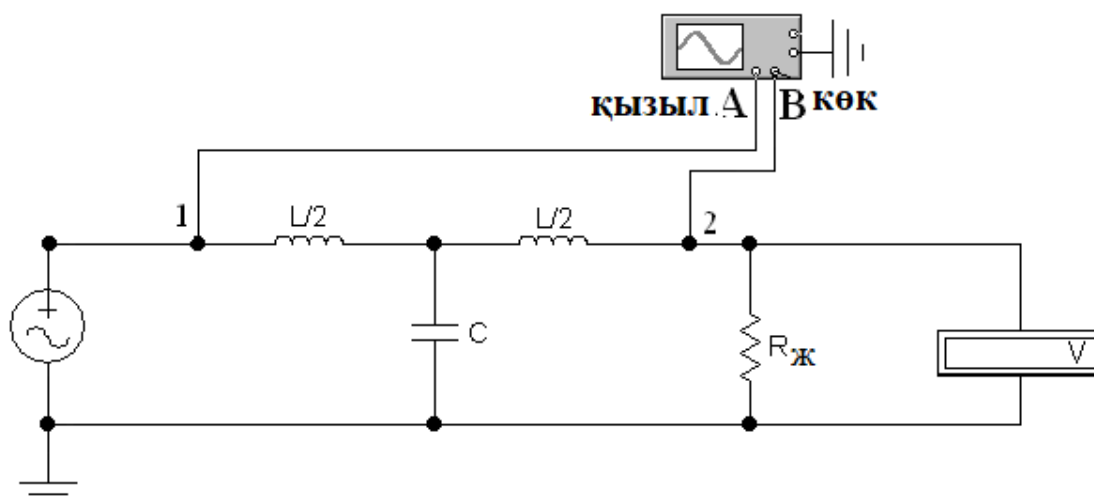
2.2.1 Құрамына берілген нұсқаға сәйкес (2.1 кесте) зерттелетін сүзгіні енгізіп, сәйкесті тізбекті жинау (2.1-2.4 суреттер).

2.2.2 Кіріс кернеудің U_1 , индуктивтіліктің L , сыйымдылықтың C және $R_{жс}=\rho$ кедергісінің мәндерін нұсқаға сәйкес орнату (2.1 кесте).

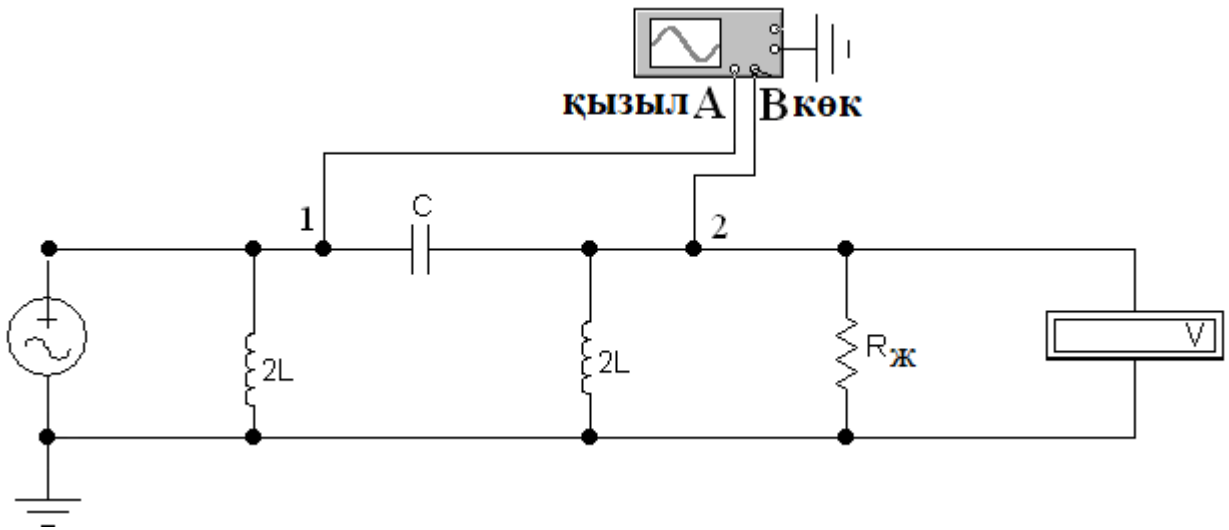
2.2.3 ТЖС үшін 2.3 кестені немесе ЖЖС үшін 2.4 кестені пайдаланып, қима жиілігін $f_{қим}$ сәйкесті коэффициенттерге (12 мәнге) көбейте отырып, генератордың жиілігін f өзгерте отырып, сүзгінің шығысындағы кернеуді U_2 , сүзгінің шығысындағы кернеу $u_2(t)$ мен кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуды өлшеп алу. Сүзгінің кірісіндегі кернеуді U_1 өзгеріссіз сақтап тұру. Өлшеу нәтижелерін 2.2 кестеге енізу.



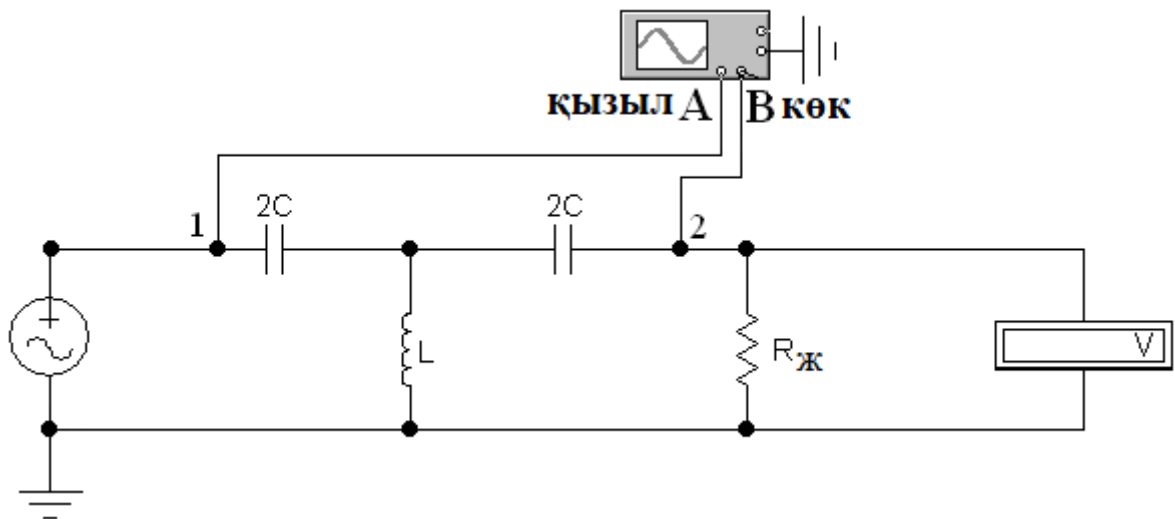
2.1 сурет - П-тәрізді төменжиілікті сүзгі



2.2 сурет - Т-тәрізді төменжиілікті сүзгі



2.3 сурет - П-тәрізді жоғарыжиілікті сүзгі



2.4 сурет - Т-тәрізді жоғарыжиілікті сүзгі

2.2 кесте

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

2.3 Тәжірибелер нәтижелерін өңдеу

2.3.1 Берілген сүзгінің сөну коэффициентін $a(f)$ және фаза коэффициентін $b(f)$ есептеу, нәтижелерін 2.2 кестеге енгізу.

2.3.2 Жоғарыдағы 2.2 кестегі берілгендер бойынша тәжірибелік $a(f)$ тәуелділігін тұрғызу, оны теориялық $a(f)$ тәуелділігімен салыстыру (2.3 немесе 2.4 кестелер).

2.3.3 Жоғарыдағы 2.2 кестегі берілгендер бойынша тәжірибелік $b(f)$ тәуелділігін тұрғызу, оны теориялық $b(f)$ тәуелділігімен салыстыру (2.3 немесе 2.4 кестелер).

2.3.4 Орындалған жұмыс бойынша қорытындылар жасау: $a(f)$ және $b(f)$ теориялық графиктерін тәжірибелік графиктерімен салыстыру, $a(f)$ және $b(f)$ тәуелділіктерінің сүзгінің өткізу жолағы мен өшу жолағындағы сипаттарын талдау.

2.3 кесте

ТЖС	$f/f_{қим}$	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
	$b, ^0$	23	47	60	74	90	106	180	180	180	180	180	180

2.4 кесте

ЖЖС	$f/f_{қим}$	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
	$-b, ^0$	180	180	180	180	180	180	106	90	74	60	47	23

2.4 Әдістемелік нұсқаулар

Сүзгіге келісімді жүктеме жалғанған жағдайда, кіріс кернеу U_1 мен шығыс кернеу U_2 келесі сәйкестікпен сипатталады:

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

Сүзгінің сөну коэффициенті келесі өрнекпен анықталады:

$$a = \ln \frac{U_1}{U_2}.$$

Фаза коэффициенті:

$$b = \psi_1 - \psi_2,$$

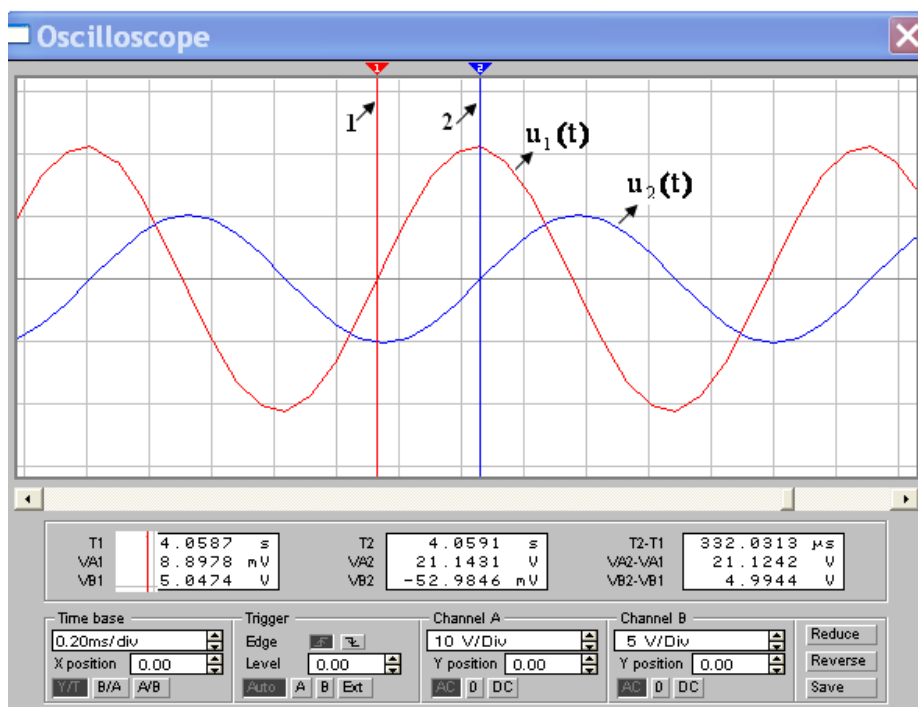
мұндағы ψ_1 мен ψ_2 – сәйкесінше кіріс және шығыс кернеулердің бастапқы фазалары.

ТЖС қима жиілігі $f_{\text{қим}} = \frac{1}{\pi\sqrt{LC}}$ өрнегімен, ал ЖЖС қима жиілігі $f_{\text{қим}} = \frac{1}{4\pi\sqrt{LC}}$ өрнегімен анықталады. Жүктеменің кедергісі сипаттамалық кедергіге тең етіп қабылданады:

$$R_{\text{жс}} = \rho = \sqrt{\frac{L}{C}}.$$

Фаза коэффициенті сүзгінің шығысындағы кернеу $u_2(t)$ мен кірісіндегі кернеу $u_1(t)$ арасындағы фаза бойынша уақыттық жылжу $T_2 - T_1$ арқылы, келесі өрнекпен анықталады: $b = -(T_2 - T_1) \cdot 360^\circ \cdot f$.

Кернеулердің бастапқы фазаларын осцилограф көмегімен өлшеуге болады (2.5 сурет). Кернеулердің бастапқы фазаларын өлшеу үшін осцилографтың А-каналын 1 нүктеге жалғайды (бұл сымды қызыл түске бояйды), ал осцилографтың В-каналын 2 нүктеге жалғайды (бұл сымды көк түске бояйды). 1-ші курсорды сүзгі кірісіндегі кернеудің $u_1(t)$ нөлдік мәніне орнатады, ал 2-ші курсорды сүзгі шығысындағы кернеудің $u_2(t)$ ең жақын нөлдік мәніне орнатады, осылайша сүзгінің шығысындағы кернеуі $u_2(t)$ мен кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын ($T_2 - T_1$ таблосы) өлшеп алуға болады.



2.5 сурет

2.5 Бақылау сұрақтары

2.5.1 Төменжиілікті, жоғарыжиілікті, жолақты және режекторлы сүзгілерге анықтама беру.

2.5.2 Сүзгілердің екінші реттік параметрлеріне анықтама беру. Олардың өлшем бірліктері қандай?

2.5.3 Идеалды сүзгінің өткізу жолағы мен сөну жолағы деген не?

2.5.4 ТЖС П-тәрізді және Т-тәрізді сұлбаларын келтіру.

2.5.5 ЖЖС П-тәрізді және Т-тәрізді сұлбаларын келтіру.

2.5.6 ТЖС үшін $a(f)$ және $b(f)$ графиктерін келтіру.

2.5.7 ЖЖС үшін $a(f)$ және $b(f)$ графиктерін келтіру.

2.5.8 ТЖС үшін $f_{қим}$ және ρ шамаларының өрнектерін келтіру.

2.5.9 ЖЖС үшін $f_{қим}$ және ρ шамаларының өрнектерін келтіру.

3 Зертханалық жұмыс №3. Шығынды ұзын желілердегі әртүрлі режимдерді зерттеу

Мақсаты: компьютерлік моделдеу көмегімен, шығынды ұзын желілердегі әртүрлі режимдерді зерттеуден икемділік алу.

3.1 Жұмысқа дайындық

3.1.1 Нұсқаға сәйкес желінің бірінші реттік параметрлерін таңдау (3.1 кесте).

3.1.2 Берілген нұсқаға сәйкес (3.1 кесте) R_1 , L_1 , C_2 , R_2 шамаларын есептеп алу.

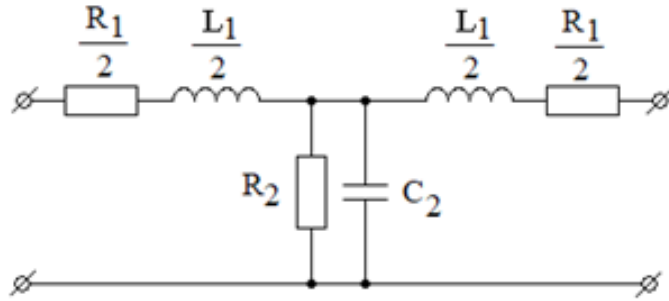
3.1.3 Берілген нұсқаға сәйкес (3.1 кесте) желінің толқындық кедергісін Z_m есептеп алу.

3.1 кесте

нұсқа	U_1 , кВ	ℓ , км	$ k_1 $	$ k_2 $	R_0 , $\frac{Ом}{км}$	$L_0 \cdot 10^{-3}$ $\frac{Гн}{км}$	$G_0 \cdot 10^{-6}$ $\frac{См}{км}$	$C_0 \cdot 10^{-9}$ $\frac{Ф}{км}$	$R_{жс}$, 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

3.2 Жұмысты орындау тапсырмалары

3.2.1 Шығынды желінің сұлбасын жинау (3.1 сурет). Берілген нұсқа бойынша алдын ала есептелген R_1 , L_1 , C_2 , R_2 шамаларының мәндерін орнату.

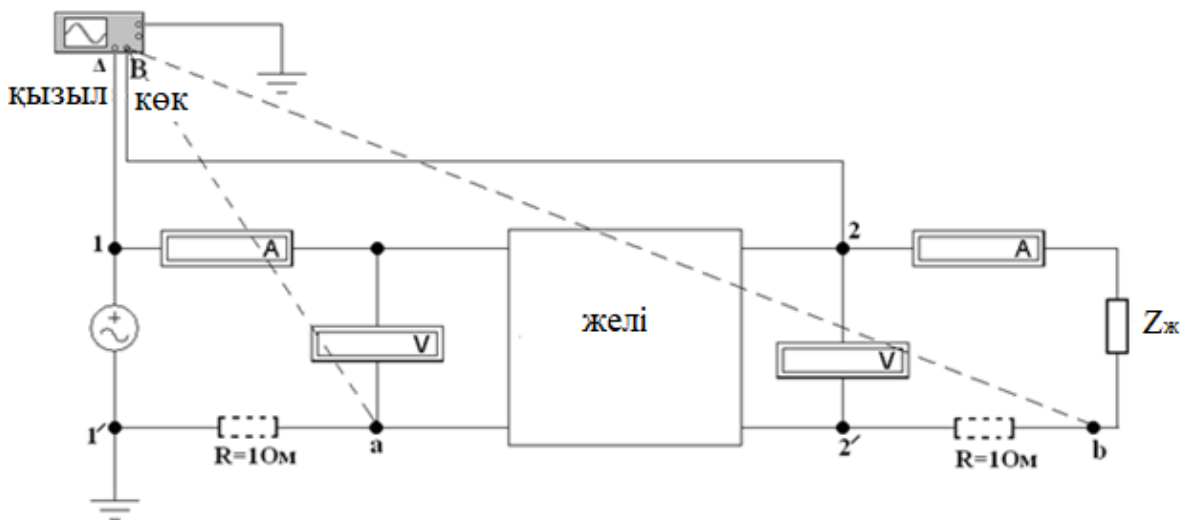


3.1 сурет

3.2.2 Сұлбаға генератор, жүктеме және өлшеуіш аспаптарды жалғау (3.2 сурет).

3.2.3 Берілген нұсқаға сәйкес генераторда кіріс кернеудің U_1 және $f = 50$ Гц жиілігін орнату, желі соңындағы қабылдағыштың кедергісінің $R_{жс}$ мәнін орнату.

Осы жүктемелі режимде желі соңындағы кернеудің әсерлік мәнін U_2 , желі басындағы токтың I_1 және желі соңындағы токтың I_2 әсерлік мәндерін, желі соңындағы кернеудің бастапқы фазасын ψ_{U_2} , желі басындағы токтың ψ_{i_1} және желі соңындағы токтың ψ_{i_2} бастапқы фазаларын өлшеп алу және 3.2 кестеге енгізу.



3.2 сурет

3.2.4 Жүктеменің кедергісін $R_{жс}$ толқындық кедергіге Z_m теңестіріп өзгерту (келісімді жүктеме режимі). Осы режимде желі соңындағы кернеудің әсерлік мәнін U_2 , желі басындағы токтың I_1 және желі соңындағы токтың I_2

әсерлік мәндерін, желі соңындағы кернеудің бастапқы фазасын ψ_{U_2} , желі басындағы токтың ψ_{i_1} және желі соңындағы токтың ψ_{i_2} бастапқы фазаларын өлшеп алу және 3.2 кестеге енгізу.

3.2.5 Желі соңындағы 2 мен 2' шықпаларын қысқа тұйықтау (қысқа тұйықталу режимі, желі соңындағы кернеу $U_2=0$). Осы режимде желі басындағы токтың I_1 және желі соңындағы токтың I_2 әсерлік мәндерін, желі басындағы токтың ψ_{i_1} және желі соңындағы токтың ψ_{i_2} бастапқы фазаларын өлшеп алу және 3.2 кестеге енгізу.

3.2.6 Желі соңындағы 2 мен 2' шықпаларын ажырату (бос жүріс режимі, желі соңындағы ток $I_2=0$). Осы режимде желі соңындағы кернеудің әсерлік мәнін U_2 , желі басындағы токтың I_1 әсерлік мәнін, желі соңындағы кернеудің бастапқы фазасын ψ_{U_2} , желі басындағы токтың ψ_{i_1} бастапқы фазасын өлшеп алу және 3.2 кестеге енгізу.

3.2 кесте

Жұмыс режимі	$U_1, \text{кВ}$	$U_2, \text{кВ}$	$T_2-T_1, \text{с}$	$\psi_{U_2}, \text{град}$	$I_1, \text{А}$	$T_2-T_1, \text{с}$	$\psi_{i_1}, \text{град}$	$I_2, \text{А}$	$T_2-T_1, \text{с}$	$\psi_{i_2}, \text{град}$
Жүетемелі режим $R_{ж} =$										
Келісімді жүктеме $Z_{ж} = Z_m =$										
Қысқа тұйықталу $R_{ж} = 0$		0	—	—						
Бос жүріс $R_{ж} = \infty$								0	—	—

3.3 Тәжірибелер нәтижелерін өңдеу

3.3.1 Желідегі барлық режимдер үшін кернеудің ψ_{U_2} және токтардың ψ_{i_1} , ψ_{i_2} бастапқы фазаларын есептеу. Нәтижелерін 3.2 кестеге енгізу.

3.3.2 Зерттелген барлық режимдер үшін кернеудің \dot{U}_2 және токтардың \dot{I}_1 , \dot{I}_2 комплексті мәндерін жазу. Нәтижелерін 3.3 кестеге енгізу.

3.3.3 Өлшенген шамалардың тәжірибелік мәндері бойынша, зерттелген барлық режимдер үшін желінің кіріс кедергісін Z_{kip} , желінің басындағы P_1 және соңындағы P_2 активті қуатты, желінің ПӘК η есептеу. Нәтижелерін 3.3 кестеге енгізу.

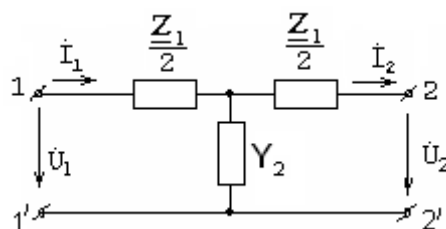
3.3.4 Жұмыс нәтижелері бойынша қорытындылар жасау.

3.3 кесте

Жұмыс режимі	Z_{kir}	I_1, A	$U_2, кВ$	I_2, A	$P_1, кВт$	$P_2, кВт$	$\eta\%$
Жүктемелі режим $R_{жс} =$							
Келісімді жүктеме $Z_{жс} = Z_m =$							
Қысқа тұйықталу $R_{жс} = 0$							
Бос жүріс $R_{жс} = \infty$							

3.4 Әдістемелік нұсқаулар

Компьютерлік моделдеу көмегімен, шығынды ұзын желілердегі әртүрлі режимдерді зерттеу үшін ұзын желі симметриялы төртполюсті ретінде қарастырылады. Оның сұлбасы Т-тәрізді алмастыру сұлбасымен көрсетілген (3.3 сурет).



3.3 сурет

Желінің параметрлері келесі өрнектермен анықталады:

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

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

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

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

мұндағы R_0, L_0, G_0, C_0 - желінің бірінші реттік параметрлері;
 l - желінің ұзындығы;

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

Тәжірибелік есептеулер үшін бұл коэффициенттердің модульдерін $|k_1|, |k_2|$ пайдалануға болады.

Таралу коэффициенті:

$$\gamma = \sqrt{(R_0 + j\omega L_0)(G_0 + j\omega C_0)}$$

Желінің толқындық немесе сипаттамалық кедергісі:

$$\underline{Z}_m = \sqrt{\frac{\underline{Z}_0}{\underline{Y}_0}} = \sqrt{\frac{R_0 + j\omega \cdot L_0}{G_0 + j\omega \cdot C_0}} = z_m \cdot e^{j\theta}$$

Кернеулер мен токтардың бастапқы фазаларын өлшеу және есептеу үшін № 1 зертханалық жұмыстағы «Кернеулер мен токтардың бастапқы фазаларын өлшеуге әдістемелік нұсқаулар» бөлімін пайдалану.

3.5 Бақылау сұрақтары

3.5.1 Қандай шамалар желінің бірінші реттік параметрлері деп аталады?

3.5.2 Қандай шамалар желінің екінші реттік параметрлері деп аталады?

3.5.3 $\underline{Z}_0, \underline{Y}_0$ шамаларын анықтау үшін өрнектер жазу.

3.5.4 Таралу коэффициентін γ және толқындық кедергіні \underline{Z}_m анықтайтын өрнектерді жазу.

3.5.5 Желінің гипербола функция түріндегі теңдеулерін жазу.

3.5.6 Қандай жүктеме келісімді деп аталады?

3.5.7 Желінің басындағы активті қуатты P_1 , желінің соңындағы активті қуатты P_2 , желінің ПӘК қалай есептеуге болады?

4 Зертханалық жұмыс № 4. Шығынсыз ұзын желілердегі әртүрлі режимдерді зерттеу

Мақсаты: компьютерде «Electronics Workbench» бағдарламасын қолдану арқылы компьютерлік модельдеу жолымен шығынсыз желіні әртүрлі режимде зерттеуден икемділік алу.

4.1 Жұмысқа дайындық

4.1.1 Нұсқаға сәйкес генератордың кіріс кернеуі мен жиілігін, желінің бірінші реттік параметрлерін таңдау (4.1 кесте).

4.1.2 Берілген нұсқаға сәйкес (4.1 кесте) Z_T , λ , k_1 , k_2 , L_1 , C_2 есептеу. Алғашқы берілгендер мен есептеу нәтижелерін 4.2 кестеге жазу.

4.1.3 Желінің әртүрлі жұмыс режимдері үшін берілген нұсқа бойынша токтар мен кернеулерді есептеу (әдістемелік нұсқауларды қара). Есептеу нәтижелерін 4.3 кестеге «Теориялық есеп» жолына енгізу.

4.1 кесте – Алғашқы берілгендер

№	U_1, B	$f, Гц$	$l, м$	$L_0, мкГн/м$	$C_0, нФ/м$	$R_H, Ом$
1	10	10^8	0,375	1,57	7,1	800
2	15	10^8	0,5	1,67	6,67	1000
3	20	10^7	3,75	2,0	5,57	200
4	12	10^9	0,1	2,5	4,46	400
5	18	10^8	0,25	1,57	7,1	700
6	25	10^7	2,5	2,0	5,57	300

4.2 кесте – Желі параметрлері

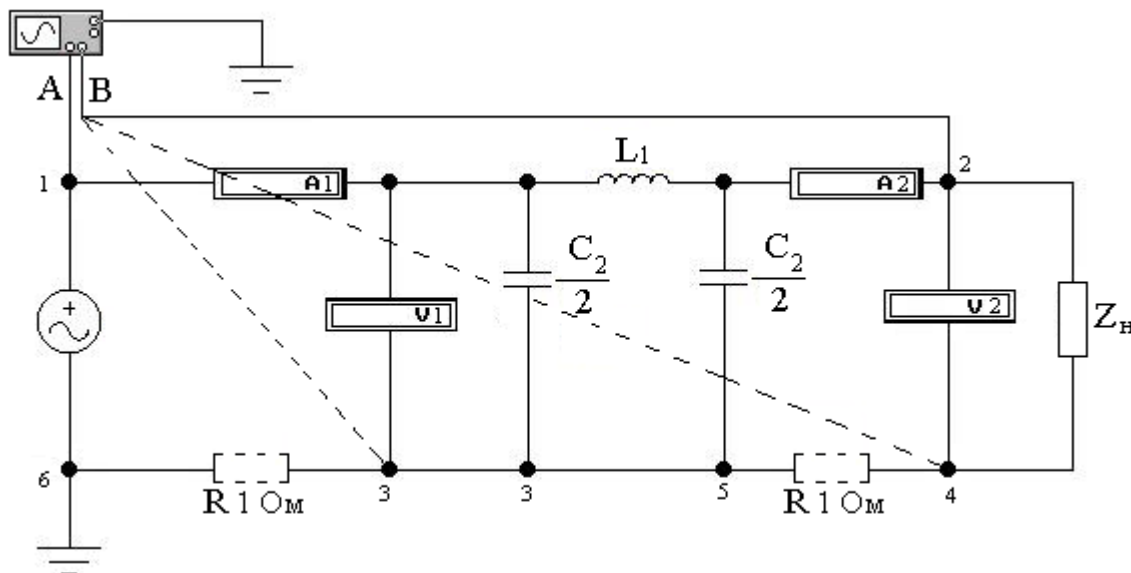
U_1, B	$f, Гц$	$l, м$	$L_0, \frac{мкГн}{м}$	$C_0, \frac{нф}{м}$	$Z_m, Ом$	k_1	k_2	$L_1, мкГн$	$C_2, нФ$	$\lambda, м$

4.3 кесте – Желідегі токтар мен кернеулер

Жұмыс режимі	Зерттеу түрі	U_1, B	U_2, B	T_2-T_1, c	$\psi_{U_2}, град$	I_1, A	T_2-T_1, c	$\psi_{i1}, град$	$I_2 A$	T_2-T_1, c	$\psi_{i2}, град$
Жүкте мелі режим $Z_{жс}=R_{жс}$	Теор. есеп										
	Тәжірибе										
Бос жүріс режимі	Теор. есеп										
	Тәжірибе										
Қысқа тұйық режимі	Теор. есеп										
	Тәжірибе										
Келісімді жүктеме режимі $Z_{жс}=Z_m$	Теор. есеп										
	Тәжірибе										

4.4 кесте– Кіріс кедергі және қуаттар

Жұмыс режимі	$Z_{1\text{кiр}}, \text{Ом}$	$P_1, \text{Вт}$	$P_2, \text{Вт}$
$Z_{\text{жс}}=R_{\text{жс}}$			
Б.Ж.			
ҚТ			
Келіс. жүктеме $Z_{\text{жс}}=Z_m$			



4.1 сурет

4.2 Жұмысты орындау тапсырмалары

4.2.1 Шығынсыз желінің сұлбасын жинау (4.1 сурет).

4.2.2 Берілген нұсқаға сәйкес генераторда кіріс кернеуді U_1 , жиілікті f орнату, сонымен қатар нұсқа бойынша алдын ала есептелген L_1 , C_2 шамаларының мәндерін орнату.

4.2.3 Берілген нұсқаға сәйкес желі соңындағы қабылдағыштың кедергісінің $R_{\text{жс}}$ мәнін орнату. Осы жүктемелі режимде желі соңындағы кернеудің әсерлік мәнін U_2 , желі басындағы токтың I_1 және желі соңындағы токтың I_2 әсерлік мәндерін, желі соңындағы кернеудің бастапқы фазасын ψ_{U_2} , желі басындағы токтың ψ_{i_1} және желі соңындағы токтың ψ_{i_2} бастапқы фазаларын өлшеп алу және 4.3 кестеге енгізу. Желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен шығысындағы кернеуі $u_2(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын T_2-T_1 , желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен кірісіндегі тогы $i_1(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын T_2-T_1 өлшеп алу, желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен шығысындағы тогы $i_2(t)$

арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ өлшеп алу. Өлшеу нәтижелерін 4.3 кестеге «Тәжірибе» жолына жазып алу.

4.2.4 Қысқа тұйықталу режимінде желі соңындағы кернеудің әсерлік мәнін U_2 , желі басындағы токтың I_1 және желі соңындағы токтың I_2 әсерлік мәндерін, желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен кірісіндегі тогы $i_1(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ өлшеп алу, желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен шығысындағы тогы $i_2(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ өлшеп алу. Өлшеу нәтижелерін 4.3 кестеге «Тәжірибе» жолына жазып алу.

4.2.5 Бос жүріс режимінде желі соңындағы кернеудің әсерлік мәнін U_2 , желі басындағы токтың I_1 әсерлік мәнін өлшеп алу. Желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен шығысындағы кернеуі $u_2(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ және желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен кірісіндегі тогы $i_1(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ өлшеп алу. Өлшеу нәтижелерін 4.3 кестеге «Тәжірибе» жолына жазып алу.

4.2.6 Келісімді жүктеме режимінде $Z_{жк}=Z_{т}$ желі соңындағы кернеудің әсерлік мәнін U_2 , желі басындағы токтың I_1 және желі соңындағы токтың I_2 әсерлік мәндерін, желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен шығысындағы кернеуі $u_2(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$, желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен кірісіндегі тогы $i_1(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ өлшеп алу, желінің кірісіндегі кернеуі $u_1(t)$ мен шығысындағы тогы $i_2(t)$ арасындағы фазалары бойынша уақыттық жылжуын $T2-T1$ өлшеп алу. Өлшеу нәтижелерін 4.3 кестеге «Тәжірибе» жолына жазып алу.

4.3 Тәжірибелер нәтижелерін өңдеу

4.3.1 Фазалары бойынша уақыттық жылжу $T2-T1$ мәндері бойынша желідегі барлық режимдер үшін кернеудің ψ_{u_2} және токтардың ψ_{i_1}, ψ_{i_2} бастапқы фазаларын есептеу. Нәтижелерін 4.3 кестеге «Тәжірибе» жолына жазып алу.

4.3.2 Зерттелген барлық режимдер үшін кернеулердің \dot{U}_1, \dot{U}_2 және токтардың \dot{I}_1, \dot{I}_2 комплексті мәндерін жазу. Нәтижелерін 4.3 кестеге «Тәжірибе» жолына жазып алу.

4.3.3 Өлшенген шамалардың тәжірибелік мәндері бойынша, зерттелген барлық режимдер үшін желінің кіріс кедергісін Z_{kip} , желінің басындағы P_1 және соңындағы P_2 активті қуатты есептеу. Нәтижелерін 4.4 кестеге енгізу.

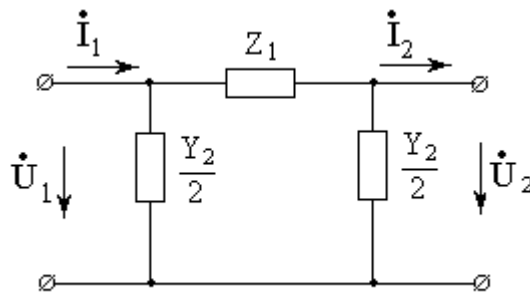
4.3.4 Жұмыс нәтижелері бойынша қорытындылар жасау. Желі соңындағы жүктеменің \dot{U}_2 , \dot{I}_1 , \dot{I}_2 шамаларына, желінің кіріс кедергісіне Z_{kir} және желі басындағы мен соңындағы қуаттарға P_1 , P_2 әсерін талдау.

4.4 Әдістемелік нұсқаулар

Ұзындығы қысқа жоғарыжиілікті желілер үшін $R_0 \ll \omega L_0$ және $G_0 \ll \omega C_0$ шарты орындалады, сондықтан тәжірибеде жоғары дәлдікпен R_0 кедергісін және G_0 өткізгіштігін ескермеуге болады, желіні шығынсыз желі ретінде қарастыруға болады.

Компьютерлік моделдеу көмегімен, желілердегі әртүрлі режимдерді зерттеу үшін желі Т- немесе П-тәрізді сұлбамен алмастырылған, симметриялы төртполюсті ретінде қарастырылады.

Шығынсыз желіні симметриялы П-тәрізді сұлбамен көрсетейік (4.2 сурет).



4.2 сурет

П-тәрізді симметриялы сұлба үшін:

$$\begin{aligned} Z_1 &= j\omega L_0 l k_1 = j\omega L_1; \\ Y_2 &= j\omega C_0 l k_2 = j\omega C_2; \\ &\left. \begin{aligned} L_1 &= L_0 l k_1 \\ C_2 &= C_0 l k_2 \end{aligned} \right\} \end{aligned}$$

мұндағы l - желінің ұзындығы;

L_0 , C_0 – шығынсыз желінің бірінші реттік параметрлері;

$k_1 = \frac{\sin \beta l}{\beta l}$, $k_2 = \frac{2(1 - \cos \beta l)}{\beta l \sin \beta l}$ - коэффициенттер;

$\omega = 2\pi f$ - бұрыштық жиілік;

$\beta = \omega \sqrt{L_0 C_0}$ - фаза коэффициенті, радианмен өлшенеді.

Кернеулер мен токтардың бастапқы фазаларын өлшеу және есептеу үшін № 1 зертханалық жұмыстағы «Кернеулер мен токтардың бастапқы фазаларын өлшеуге әдістемелік нұсқаулар» бөлімін пайдалану.

Желі жұмысының әртүрлі режимдері үшін токтар мен кернеулер төмендегі өрнектер бойынша анықталады:

- жүктемелі режим:

$$\dot{U}_2 = \frac{\dot{U}_1}{\cos \beta \ell + j(Z_B/R_H) \sin \beta \ell};$$

$$\dot{I}_2 = \dot{U}_2/R_H;$$

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2(\cos \beta \ell + j \frac{R_H}{Z_B} \sin \beta \ell);$$

- бос жүріс режимі:

$$\dot{U}_2 = \frac{\dot{U}_1}{\cos \beta \ell}; \quad \dot{I}_2 = 0; \quad \dot{I}_1 = j \frac{\dot{U}_2}{Z_m};$$

- қысқа тұйықталу режимі:

$$\dot{U}_2 = 0; \quad \dot{I}_2 = \frac{\dot{U}_1}{jZ_m \sin \beta \ell}; \quad \dot{I}_1 = \dot{I}_2 \cos \beta \ell;$$

- келісімді жүктеме режимі:

$$Z_{\text{жс}} = Z_m; \quad \dot{U}_2 = \dot{U}_1 e^{-j\beta \ell}; \quad \dot{I}_2 = \dot{U}_2/Z_m; \quad \dot{I}_1 = \dot{U}_1/Z_m.$$

4.5 Бақылау сұрақтары

4.5.1 Қандай желі шығынсыз деп аталады?

4.5.2 Шығынсыз желінің екінші реттік параметрлері қалай анықталады?

4.5.3 Шығынсыз желінің беріліс теңдеулерін жазу.

4.5.4 Қандай жүктеме келісімді деп аталады? Келісімді жүктеме кезінде желінің кіріс кедергісі неге тең?

4.5.5 Қысқа тұйықталған шығынсыз желінің кіріс кедергісі.

4.5.6 Бос жүріс режиміндегі шығынсыз желінің кіріс кедергісі.

Әдебиеттер тізімі

Негізгі

- 1 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. -М.: Гардарики, 2013. – 638 с.
- 2 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле. - М.: Гардарики, 2014. – 638 с.
- 3 К.С. Демирчян, Л.Р. Нейман, Н.В. Коровкин, В.Л. Чечурин. ТОЭ: В 3-х т. Учебник для вузов.- Спб.: Питер, 2006.
- 4 Аршабекова А.Т., Креслина С.Ю. Электротехниканың теориялық негіздері 1. Дәрістер жинағы (5В070200 – Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттеріне арналған). – Алматы: АУЭС, 2012. - 52 б.
- 5 Аршабекова А.Т., Креслина С.Ю. Электротехниканың теориялық негіздері 2. Дәрістер жинағы (5В070200–Автоматтандыру және басқару мамандығының студенттеріне арналған). – Алматы: АЭЖБУ, 2012. - 49 б.

Қосымша

- 6 Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері 3: Оқу құралы. – Алматы: АЭЖБУ, 2008. - 92 бет.
- 7 Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері -1,2: Оқу құралы. – Алматы: АЭЖБУ. - 104 бет.
- 8 Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері (Оқу құралы). – Алматы: АЭЖБИ, 2003. - 86 бет.
- 9 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. - т.3. - Спб.: Питер, 2003. - 377 с.
- 10 Сборник задач по теоретическим основам электротехники/ Л.Д.Бессонов, И.Г.Демидова, М.Е.Заруди и др. - М.: Высшая школа, 2003. - 528

Мазмұны

Кіріспе	3
1 Зертханалық жұмыс №1. Пассивті симметриялы төртполюстілерді зерттеу.....	4
2 Зертханалық жұмыс № 2. Пассивті электрлі сүзгілерді зерттеу.....	10
3 Зертханалық жұмыс №3. Шығынды ұзын желілердегі әртүрлі режимдерді зерттеу.....	16
4 Зертханалық жұмыс № 4. Шығынсыз ұзын желілердегі әртүрлі режимдерді зерттеу.....	20
Әдебиеттер тізімі.....	26

Светлана Юрьевна Креслина
Алма Тулендиевна Аршабекова

КӨРСЕТКІШТЕРІ НАҚТЫЛЫ ЖӘНЕ ТАРАТЫЛҒАН ТІЗБЕКТЕР
ТӨРТҰШТЫҚТАРДЫҢ ТЕОРИЯСЫ

Зертханалық жұмыстарға арналған әдістемелік нұсқаулар.
5B070200-Автоматтандыру және басқару мамандығы үшін

Редакторы Ж.Н. Изтелеуова
Стандарттау маманы Г.И. Мухаметсариева

Басылуға қол қойылды « ___ » _____
Таралымы 100 дана.
көлемі 1,56 оқу баспасы.

Формат 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс ____ . Бағасы 780 теңге.

«Алматы энергетика және байланыс университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі-көбейткіш бюросы
050013 Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1