



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғамы**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Электротехника кафедрасы

**СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТІЗБЕКТЕР МЕН
ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІС ТЕОРИЯСЫ**

5B071800 – Электроэнергетика мамандығының студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар

Алматы 2020

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: В.И. Денисенко, М.М. Аршидинов, Г.К. Смагулова. Сызықты емес тізбектер мен электромагниттік өріс теориясы. Электроэнергетика мамандығының студенттері үшін зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар. - Алматы: АЭЖБУ, 2020. - 30 бет.

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, сондай – ақ пәннің негізгі бөлімдерінің тақырыптары «Электромагниттік өрістер және сызықты емес тізбектер теориясы»: «Симметриялы құраушылар әдісі», «Синусоидалы емес ток тізбектері», «Айнымалы және тұрақты токтың сызықты емес тізбектері» және «Электромагниттік өріс теориясы».

Әдістемелік нұсқау 5В071800 - «Электрэнергетика» бағыты бойынша оқитын үшінші курс студенттеріне арналған.

Кесте - 11, библиогр. - 10 атау.

Пікір жазған: доцент Ғали К.О.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2020 ж. жоспары бойынша басылды.

© «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ 2020 жылғы жоспары бойынша басылады.

1 Зертханалық жұмыс №1. Үшфазалы тізбектердің симметриялы емес режимдерін кернеу мен токтардың симметриялы құрауышыларын пайдалана отырып зерттеу

Жұмыс мақсаты: симметриялы құрамдастардың сүзгілерін қолдана отырып, үшфазалы тізбектердің симметриялы емес режимдерін тәжірибелік зерттеу дағдыларын алу.

1.1 Жұмысқа дайындық

СЕТмЭӨТ курсының бөлімін қайталау «Симметриялық құрауыштар әдісі».

Сұрақтарға жауап беру және келесілерді орындау:

1.1.1 Үшфазалы шамалар жүйесінің симметриялық құрауышылары дегеніміз не?

1.1.2 Берілген симметриялы емес үшфазалы шамалар жүйесі симметриялы құрауыштардың қосындысы түрінде берілуі мүмкін?

1.1.3 Симметриялы емес үшфазалы жүйенің кернеуінің, тура, кері және нөлдік реттіліктердегі симметриялы құрауыштарын қалай есептеу керек?

1.1.4 Симметриялы құрауыштардағы ток пен кернеудің үшфазалы тізбекке қатысты қасиеттері немен байланысты?

1.1.5 Симметриялы үшфазалы жүктеменің тура, кері және нөлдік реттіліктердегі кедергісі неге тең?

1.1.6 Симметриялы құрауыш әдісімен симметриялы емес кернеу жүйесіндегі симметриялы үшфазалы жүктеменің тогы қалай есептеледі?

1.1.7 Кері реттіліктегі кернеу сүзгісінің сызбасын оқып үйрену («Әдістемелік нұсқауларды» қараңыз).

1.2 Жұмыстың орындалу тәртібі

1.2.1 U_{ϕ} фазалық кернеуі берілген үшфазалы тізбек көзіне «жұлдызша» байланысы бойынша жинап, көздің бір фазасы дұрыс қосылмаған жағдайда (1.1 кесте нұсқасына сәйкес) U_{AN} , U_{BN} , U_{CN} өлшеу.

1.2.2 Кері реттіліктегі кернеу сүзгісін келесі параметрлердің мәндерімен жинау керек (1.1 сурет): $R_1 = R_2 = 200-300 \text{ Ом}$, $C = 10 \text{ мкФ}$, $R_3 = \sqrt{3} X_C = 551,6 \text{ Ом}$.

1.2.3 Кері реттіліктегі кернеу сүзгісін қосу және сүзгісінің шығысындағы кернеуді $U_{\text{шығ}}$ өлшеу.

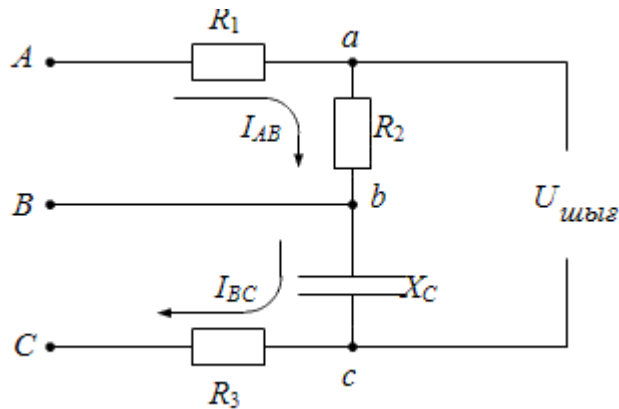
1.2.4 Симметриялы активті жүктемені қосу (R_{ϕ} жүктеме кедергісі 1.1 кесте нұсқасына сәйкес таңдалады) және фазаларда токтарды өлшеу. Өлшеу нәтижелерін 1.2 кестеге енгізу.

1.2.5. U_A , U_B , U_C фазалық кернеулердің берілген мәндерімен «жұлдызша» сұлбасы бойынша симметриялы емес үшфазалы көзді жинау (1.1 кестедегі нұсқа бойынша).

1.2.6. Кері реттіліктегі кернеу сүзгісін қосу және сүзгінің шығысындағы кернеуді $U_{\text{шығ}}$ өлшеу.

1.1 кесте

Нұсқа №	$U_{\phi}, \text{В}$	Дұрыс қосылмаған фаза	$R_{\phi}, \text{Ом}$	$U_A, \text{В}$	$U_B, \text{В}$	$U_C, \text{В}$
1	5	А	75	10	5	25
2	7	В	150	15	10	20
3	8	С	200	20	5	10
4	6	А	100	25	20	15
5	9	В	200	5	25	10
6	10	С	300	10	20	5



1.1 сурет

1.2 кесте

Зерттеу түрі	$U_{AN}, \text{В}$	$U_{BN}, \text{В}$	$U_{CN}, \text{В}$	Дұрыс қосылмаған фаза	$U_{шығ}, \text{В}$	$U_2, \text{В}$	$I_A, \text{мА}$	$I_B, \text{мА}$	$I_C, \text{мА}$
Теориялық									
Эксперименталды									

1.3 Жұмыстың нәтижелерін өңдеу және талдау

1.3.1 1.2.1 бөліміне сәйкес кернеудің симметриялық емес үшфазалы жүйесінің тура, кері және нөлдік реттіліктердің симметриялық құрауыштарын есептеу.

1.3.2 Кері реттіліктегі $U_{2\text{есеп}}$ кернеудің симметриялық құраушысының есептелінген мәнін, 1.2.3 бөлімінде өлшенген $U_{2\text{эксп}}$ салыстыру. Яғни сүзгінің кері реттіліктегі кернеуі $2/3U_{шығ}$ түрінде анықталады. Есептеу нәтижелерін 1.2 кестеге енгізу.

1.3.3. 1.2.4 бөлімінде сұлбадағы фазалық токтарды симметриялы құраушылар әдісі бойынша есептеу, және есептеу нәтижелерін 1.2 кестеге енгізу. Теориялық мәндерді тәжірибелік мәндермен салыстыру.

1.3.4 Кернеулердің топографиялық диаграммасын тұрғызу (топографиялық диаграммада көздегі N және қабылдағыштағы n бейтарап нүктелерің орналасуын көрсету) және токтардың векторлық диаграммасын тұрғызу.

1.3.5 1.2.5 бөліміндегі үшфазалы симметриялы емес жүйенің кернеуінің U_2 кері реттіліктегі кернеудің симметриялық құраушысының мәнін есептеу, және кері реттіліктегі кернеу сүзгісінің көмегімен өлшенген кернеумен салыстыру.

1.3.6 Үшфазалы тізбектің барлық зерттелетін жұмыс режимдері үшін тәжірибелік мәндерді теориялық мәндермен салыстыру және қорытынды жасау.

1.4 Әдістемелік нұсқаулар

Кері реттіліктегі кернеу сүзгісі элементтердің параметрлері арасындағы келесі ара қатынаста 1.1 суретпен іске асырылады:

$$R_1 = R_2, \quad \frac{R_3}{X_C} = \sqrt{3}, \quad \varphi_C = \arctg \frac{-X_C}{R_3} = \arctg \left(-\frac{1}{\sqrt{3}} \right) = -30^\circ.$$

Элементтердің параметрлері арасындағы берілген қатынасты ескере отырып, сұлбаның жекелеген учаскелеріндегі кернеулер мынадай өрнектерден анықталады:

$$\underline{U}_{ab} = \underline{I}_{AB} \cdot R_2 = \frac{\underline{U}_{AB} \cdot R_2}{R_1 + R_2} = \frac{1}{2} \underline{U}_{AB}$$

$$\underline{U}_{bc} = \underline{I}_{BC} \cdot (-j \cdot X_C) = \frac{\underline{U}_{BC} \cdot (-j \cdot X_C)}{R_3 - j \cdot X_C} = \frac{\underline{U}_{BC}}{1 + j \cdot \frac{R_3}{X_C}} = \frac{\underline{U}_{BC}}{2e^{j60}} = \frac{1}{2} \underline{U}_{BC} \cdot e^{-j60}$$

Сүзгінің шығыс кернеуі:

$$\underline{U}_{шығ} = \underline{U}_{ab} + \underline{U}_{bc} = \frac{1}{2} (\underline{U}_{AB} + \underline{U}_{BC} \cdot e^{-j60})$$

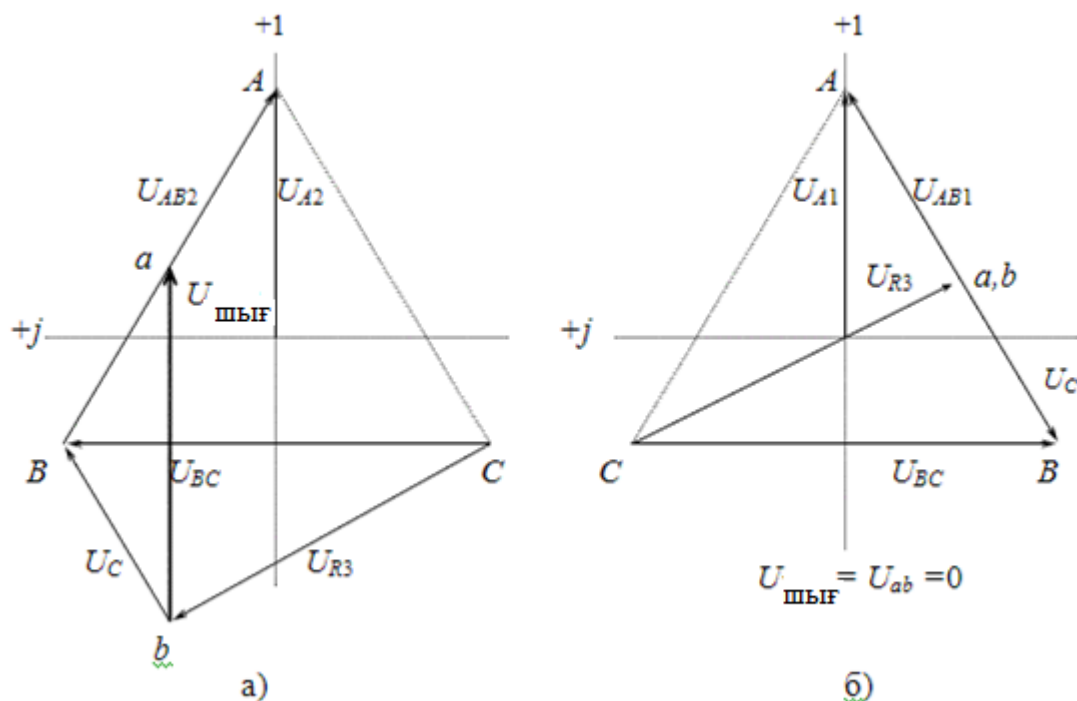
aU_B мүшесін қосу және азайту арқылы кері реттіліктегі кернеудің теңдеуін түрлендіреміз:

$$\begin{aligned} \underline{U}_{A2} &= \frac{1}{3} (\underline{U}_A + a^2 \cdot \underline{U}_B + a \cdot \underline{U}_C) = \frac{1}{3} (\underline{U}_A + a^2 \cdot \underline{U}_B + a \cdot \underline{U}_B - a \cdot \underline{U}_B + a \cdot \underline{U}_C) \\ &= \frac{1}{3} [\underline{U}_A + (a^2 + a) \cdot \underline{U}_B - a \cdot (\underline{U}_B - \underline{U}_C)] \\ &= \frac{1}{3} [(\underline{U}_A - \underline{U}_B) + e^{-j60} \cdot (\underline{U}_B - \underline{U}_C)] = \frac{1}{3} (\underline{U}_{AB} + \underline{U}_{BC} \cdot e^{j60}) \end{aligned}$$

Алынған теңдеуді алдыңғысымен салыстыра отырып, табамыз:

$$U_{\text{шығ}} = 3/2 U_2, \text{ сәйкесінше } U_2 = 2/3 U_{\text{шығ}}.$$

Кернеулер сүзгісінің векторлық диаграммасы 1.2 суретте көрсетілген, а- ол кері реттіліктегі симметриялы кернеу жүйесі, ал 1.2, б суретте тура реттіліктегі симметриялы кернеу жүйесі берілген.



1.2 сурет

Жүйенің тура және кері реттіліктері фазалардың жүру реттіліктерімен ғана ажыратылады, осы реттіліктердің біреуінен бөлінген кернеу басқа реттіліктегі кернеу бөліну үшін аналогты сүзгіге айналады, басқа реттіліктің кернеуін бөліп алу үшін, кез келген екі фазаның орнына қайта орнатылу жолымен іске асады.

2 Зертханалық жұмыс № 2. Синусоидалы емес токтың электр тізбектерін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: Электр тізбектерінің синусоидалы емес кернеулерінде тәжірибелік зерттеулерді алу.

2.1 Жұмысқа дайындық

«Синусоидалы емес токтың электр тізбектері» СЕТмЭӨТ курсының бөлімін қайталау.

Сұрақтарға жауап беру және келесілерді орындау:

2.1.1. Уақыттың синусоидалы емес периодтық функциясы тригонометриялық қатарда қалай көрінеді?

2.1.2 Симметрияға ие синусоидалы емес қисықтардың тригонометриялық қатарына жіктелу ерекшеліктері қандай?

2.1.3 Синусоидалы емес периодтық қисықтардың формасын сипаттайтын коэффициенттерді келтіру

2.1.4 Синусоидалы емес периодикалық ЭҚК, кернеулер мен токтардың әрекет етуші және орташа мәндері қалай есептеледі?

2.1.5 Әртүрлі гармоникалар токтар үшін қабылдағыштардың индуктивті және сыйымдылық кедергісінің қалай өзгеретінін көрсету.

2.1.6 Электр тізбегіндегі, синусоидалы емес кернеу көзін есептеу әдісі неге қатысты?

2.1.7 Үшбұрышты және тікбұрышты формадағы кернеулердің тригонометриялық қатарға жіктелуін көрсету («Әдістемелік нұсқауларды» қараңыз).

2.2 Жұмысты орындау тәртібі

2.2.1 Тізбектей байланысқан кедергі мен индуктивтілік тізбегін жинау (RL тізбегі). Мәндерді 2.1 кестеден алу. Тізбектің кірісін үшбұрышты түрдегі кернеу көзін қосу (2.1 сурет).

2.2.2 Тізбектегі токты өлшеу және кедергі мен индуктивтіліктегі кернеуді анықтау. Осциллографтан $u_{\text{кіріс}}(t)$, $u_R(t)$, $u_L(t)$ суретін алу.

2.2.3 RL тізбегінің кірісіне тікбұрышты формадағы кернеуді беру (2.2 сурет). 2.2.2 бөліміне сәйкес тәжірибелік зерттеу жүргізу.

2.2.4 Тізбектей байланысқан кедергі мен сыйымдылық тізбегін жинау (RC тізбегі). Мәндерді 2.2 кестеден алу. Тізбектің кірісіне үшбұрышты түрдегі кернеу көзін қосу

2.2.5 Тізбектегі токты өлшеу және кедергі мен сыйымдылықтағы кернеуді анықтау. Осциллографтан $u_{\text{кіріс}}(t)$, $u_R(t)$, $u_C(t)$ суретін алу.

2.2.6 RC тізбегінің кірісіне тікбұрышты формадағы кернеуді беру. 2.2.5 бөліміне сәйкес тәжірибелік зерттеу жүргізу.

2.1 к е с т е

Нұсқа №	f, Гц жиілігі	$u_{\text{кіріс}}$, В	R, Ом	L, мГн
1	1000	3	100	10
2	1000	4	150	15
3	1000	5	200	20
4	1000	6	300	30
5	1000	5	150	20

2.2 к е с т е

Нұсқа №	f, Гц жиілігі	$u_{\text{кіріс}}$, В	R, Ом	C, мкФ
1	1000	3	100	2
2	1000	4	50	4
3	1000	5	75	3
4	1000	6	200	1
5	1000	5	300	0.5

2.3 Жұмыс нәтижелерін өңдеу және талдау

2.3.1 Үшбұрышты түрдегі кернеуді тригонометриялық қатарға орналастыру, бірінші үш гармоникалық қатармен шектескен, яғни 1-ші, 3-ші және 5-ші гармониканы қалдыру.

2.3.2 RL тізбегіне қатысты осы үш гармоника үшін токтың гармоникалық құрауыштарын есептеу.

2.3.3 Токтың әсерлік мәндерін есептеу және 2.2.2 бөліміндегі өлшенген шамалармен салыстыру. Есептік және тәжірибелік мәндердің айырмашылығын түсіндіру.

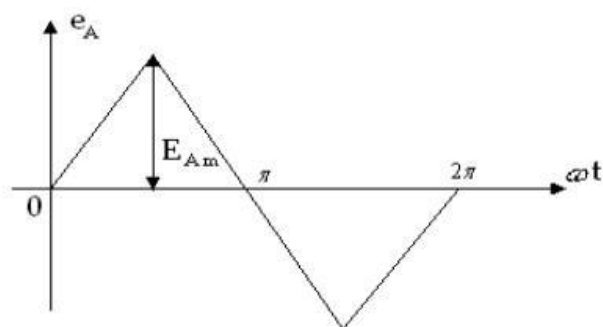
2.3.4 Тікбұрышты пішінді кернеуді тригонометриялық қатарға жіктеу, бірінші үш гармоникалық қатармен шектескен, яғни 1-ші, 3-ші және 5-ші гармониканы қалдыру.

2.3.5 RC тізбегіне қатысты осы үш гармоника үшін токтың гармоникалық құрауыштарын есептеу.

2.3.6 Токтың әсерлік мәндерін есептеу және 2.2.6 бөліміндегі өлшенген шамалармен салыстыру. Есептік және тәжірибелік мәндердің айырмашылығын түсіндіру.

Әдістемелік нұсқаулар.

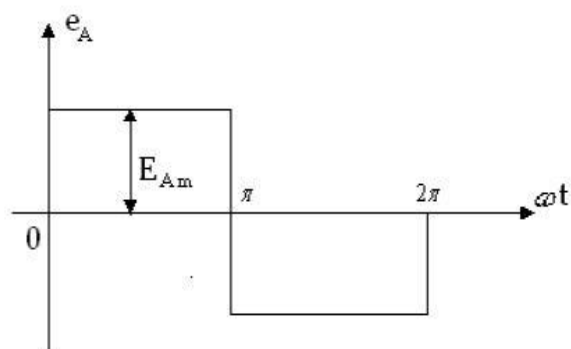
Үшбұрышты түрдегі кернеу (2.1 сурет) синустық қатардың тақ гармоникасын ғана қамтиды. Кернеудің әсерлік мәні $U = E_m/\sqrt{3}$.



2.1 сурет

$$e_A(\omega t) = \frac{8 \cdot E_{Am}}{\pi^2} \left(\sin \omega t - \frac{1}{9} \sin 3\omega t + \frac{1}{25} \sin 5\omega t + \dots \right) .$$

Тікбұрышты түрдегі кернеу (2.2 сурет) синустық қатардың тақ гармоникасын ғана қамтиды. Кернеудің әсерлік мәні $U = E_m$.



2.2 сурет

$$e_A(\omega t) = \frac{4 \cdot E_{Am}}{\pi^2} \left(\sin \omega t + \frac{1}{3} \sin 3\omega t + \frac{1}{5} \sin 5\omega t + \dots \right).$$

3 Зертханалық жұмыс № 3. Сызықты емес элементтері бар тұрақты токтың электр тізбектерін зерттеу

Жұмыстың мақсаты: сызықты емес элементтері бар тұрақты ток тізбектерінен тәжірибелік зерттеу дағдыларын алу.

3.1 Жұмысқа дайындық

«Тұрақты токтың сызықты емес электр тізбектері» СЕТмЭӨТ курсының бөлімін қайталау.

Сұрақтарға жауап беру және келесілерді орындау.

3.1.1 Қандай сызықты емес элементтер симметриялы деп аталады және симметриялы емес деп аталады? Олардың вольт-амперлік сипаттамаларын бейнелеу.

3.1.2 Сызықты емес элементтердің статикалық және дифференциалдық кедергілері арасындағы айырмашылық неде?

3.1.3 Тізбекті тұрақты кернеу көзінен қоректендірген кезде, сызықты емес элементтің вольт-амперлік сипаттамасын алу үшін сызбаны салу, ол бірқалыпты реттелуі мүмкін. Сұлбада қажетті аспаптарды қарастыру.

3.1.4 Бір ЭҚК бар және сызықты емес кедергілермен тізбектей қосылған тізбектің сызбалық есебін көрсету.

3.1.5 Сызықты емес кедергілермен параллель қосылған тізбектің сызбалық есебін көрсету.

3.1.6 Сызықты емес кедергілермен аралас қосылған тізбектің сызбалық есебін көрсету.

3.1.7 Екі түйін әдісімен сызықты емес кедергілері бар тізбектердің сызбалық есебін көрсету.

3.2 Жұмысты орындау тәртібі

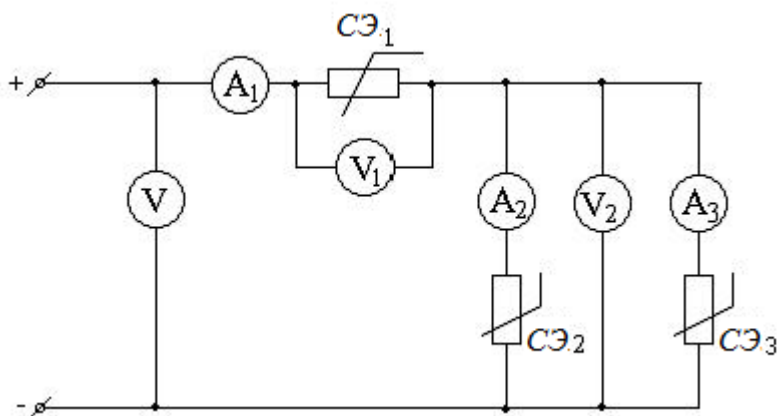
3.2.1 Үш сызықты емес элементтердің вольт-амперлі сипаттамаларын алу (оқытушының нұсқауы бойынша).

3.2.2 Тізбектей байланысқан екі сызықты емес элементтердің сұлбасын жинау. Көздің қысқыштарындағы жеке элементтердің кернеулерін және тоқты өлшеу үшін аспаптардың қосылуын қадағалау. Кіріс кернеуді $10 \div 20$ В аралығында орнатып, өлшенетін шамалардың көрсеткіштерін жазып алу.

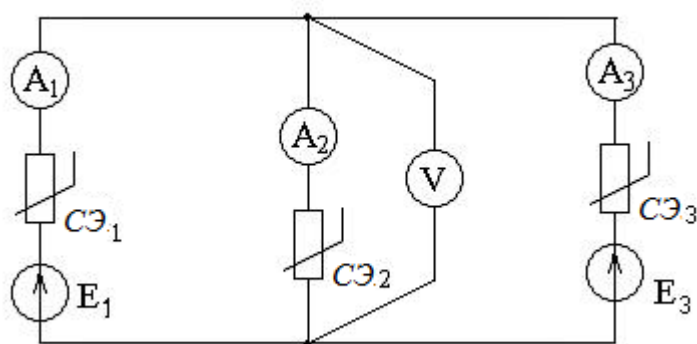
3.2.3 Параллель байланысқан екі сызықты емес элементтердің сұлбасын жинау. Параллель тармақтардағы жалпы ток пен токтарды, сондай-ақ көздің қысқыштарындағы кернеуді өлшеуге арналған аспаптардың қосылуын қадағалау. Кіріс кернеуді $10 \div 20$ В аралығында орнатып, өлшенетін шамалардың көрсеткіштерін жазып алу.

3.2.4 3.1 суретіке сәйкес сұлбаны жинау. Кіріс кернеуді $10 \div 20$ В аралығында орнатып, өлшенетін шамалардың көрсеткіштерін жазып алу.

3.2.5 3.2 суретке сәйкес ЭҚК екі көзі бар сұлбаны жинау. ЭҚК. көздерді, әр элементтегі кернеуді және тармақтардағы токтарды өлшеу.



3.1 сурет



3.2 сурет

3.3 Жұмыс нәтижелерін өңдеу және талдау

3.3.1 Үш сызықты емес элементтердің вольт-амперлік сипаттамаларын тұрғызу.

3.3.2 Сызбаның графикалық есебін жүргізу және есептік мәндерді 3.2.2 бөліміндегі тәжірибелік деректермен салыстыру.

3.3.3 Сызбаның графикалық есебін жүргізу және есептік мәндерді 3.2.3 бөліміндегі тәжірибелік деректермен салыстыру.

3.3.4 Сызбаның графикалық есебін жүргізу және есептеу нәтижелерін 3.2.4 бөліміндегі тәжірибелік деректермен салыстыру.

3.3.5 Сызбаның графикалық есебін жүргізу және есептеу нәтижелерін 3.2.5 бөліміндегі тәжірибелік деректермен салыстыру.

3.3.6 Жасалынған жұмыс туралы қорытынды жасау.

4 Зертханалық жұмыс № 4. Электр түзеткіштері бар тізбектерді зерттеу

Жұмыстың мақсаты: электр вентилі бар әртүрлі тізбектерді тәжірибелік зерттеу дағдыларын алу.

4.1 Жұмысқа дайындық

Электр түзеткіштері бар тізбектер қарастырылатын СЭТмЭӨТ курсының бөлімдерін қайталау.

Сұрақтарға жауап беру және келесілерді орындау.

4.1.1 Қандай сызықты емес элемент электрлі түзеткіш деп аталады? Оның вольт-амперлік сипаттамасын келтіріңіз. Идеалды түзеткішке анықтама беріңіз.

4.1.2 Синусоидалы кернеуді қолдану кезінде электр түзеткішті және активті кедергісі бар тізбекте токтың лездік мәнінің графигін қалай құру керек?

4.1.3 Жүктеменің активті кедергісі бар біржарты периодты түзеткіш сызбасын келтіру. Жүктемедегі токтың және кернеудің лездік мәндерінің графиктерін құру, идеалды түзету кезіндегі жүктемедегі токтың және кернеудің әрекет етуші мәні мен тұрақты құраушы мәнін есептеу үшін өрнектерді жазу.

4.1.4 Екі жартыпериодты түзеткіштің көпірлі сұлбасын ұсыну. Жүктемедегі токтың және кернеудің жылдам мәндерінің графиктерін құру, идеалды түзету кезіндегі жүктемедегі токтың және кернеудің әрекет етуші мәні мен тұрақты құраушы мәнін есептеу үшін өрнектерді көрсету.

4.1.5 Берілген гармониялық құрамдастар бойынша кернеудің әрекет етуші мәні қалай есептеледі?

4.1.6 Активті жүктемесі бар идеалды бір - және екі жартыпериодты көпірлі түзеткіштер үшін толық S , активті P қуаттары және t бұрмалау қуаты шамаларының қалай есептелгенін көрсету, оларды кернеу мен токтың амплитудасы арқылы көрсету. Алынған шамаларды салыстыру және осы екі сұлба үшін түзетудің тиімділігін бағалау.

4.1.7 Бейтарап сымдарды шығаратын желі үшін үшфазалы түзеткіш сызбасын ұсыну. Жүктемеде кернеудің лездік мәндерінің графигін құру, идеалды түзету кезінде жүктемедегі токтың және кернеудің әрекет етуші мәні мен тұрақты құраушысы қалай анықталатынын көрсету.

4.2 Жұмыстың орындалу тәртібі

4.2.1 Тұрақты кернеу көзінен қоректеніп реттелетін тура және кері бағыттардағы тізбектей қосылған диодтың статикалық вольт-амперлік сипаттамасын алу.

4.2.2 Сызбаға сәйкес біржарты периодты түзеткішті жинау (4.1 сурет). Көздегі кернеуді $10 \div 20$ В шамасында орнату қажет. Жүктемедегі ток пен кернеудің айнымалы және тұрақты құраушыларының әсерлік мәндерін өлшеу керек.

4.2.3 Осциллографтың көмегімен жүктемедегі кернеу мен көздің кернеуінің лездік мәндерінің қисықтарын алу.

4.2.4 Сұлба бойынша көпірлі түзеткішті жинау (4.2 сурет). 4.2.2 бөліміндегідей көздің кернеуін және жүктеменің кедергісін орнату. Жүктемедегі ток пен кернеудің айнымалы және тұрақты құраушыларының әсерлік мәндерін өлшеу керек.

4.2.5 Осциллографты жүктемеге қосу және түзетілген кернеу қисығын алу.

4.2.6 4.2.2 бөліміндегідей көздің кернеуін және жүктеменің кедергісін орнату. Бейтарап сымдарды шығаратын желі үшін сұлба бойынша үшфазалы түзеткішті жинау. Жүктемедегі ток пен кернеудің айнымалы және тұрақты құраушыларының әсерлік мәндерін өлшеу керек.

4.2.7 Осциллографты жүктемеге қосу және түзетілген кернеу қисығын алу.

4.3 Жұмыстың нәтижелерін өңдеу және талдау

4.3.1 4.2.1 бөлімінен алынған вольт-амперлік сипаттаманы пайдалана отырып, біржарты периодты түзеткіш сызбасын графикалық есептеуді жүргізу (4.1 сурет). 4.2.3 бөліміне қатысты жүктемедегі кернеудің осциллограммасымен алынған токтың қисығын салу.

4.3.2 4.2.2 бөлімінде өлшенген, U_2 тұрақты құраушысының U_2 жүктемесіндегі кернеудің айнымалы құраушысының әсерлік мәні бойынша, $\sim U_2$ жүктемесіндегі кернеудің әсерлік мәнінің шамасын есептеу және көздегі кернеудің әсерлік мәнінің шамасымен салыстыру.

4.3.3 4.2.2 бөліміндегі өлшеу нәтижелері бойынша S қуат көзінің толық қуатын, P жүктемесіндегі активті қуатты, T бұрмалау қуатын есептеу және 4.1.6 бөлімінде келтірілген өрнектер бойынша идеалды біржарты периодты түзеткіш үшін алынған тиісті мәндермен салыстыру.

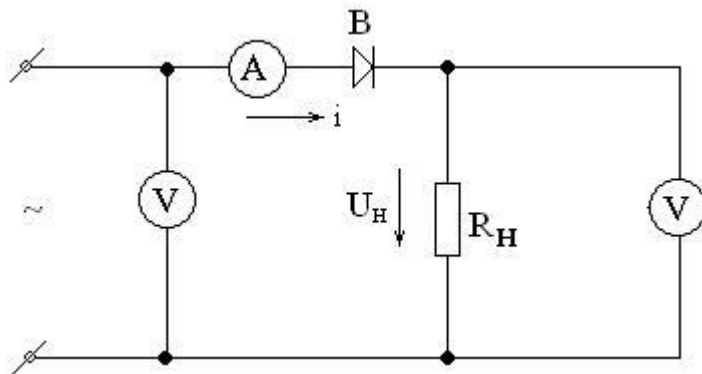
4.3.4 4.2.4. бөлімінде өлшенген U_2 тұрақты құраушысының U_2 жүктемесіндегі кернеудің айнымалы құраушысының әсерлік мәні бойынша $\sim U_2$ жүктемесіндегі кернеудің әсерлік мәнінің шамасын есептеу және көздегі кернеудің әсерлік мәнінің шамасымен салыстыру.

4.3.5 4.2.4 бөліміндегі өлшеу нәтижелері бойынша S қуат көзінің толық қуатын, P жүктемесіндегі белсенді қуатты, T бұрмалау қуатын есептеу және мінсіз екіпериодты түзеткіш үшін алынған тиісті мәндермен салыстыру.

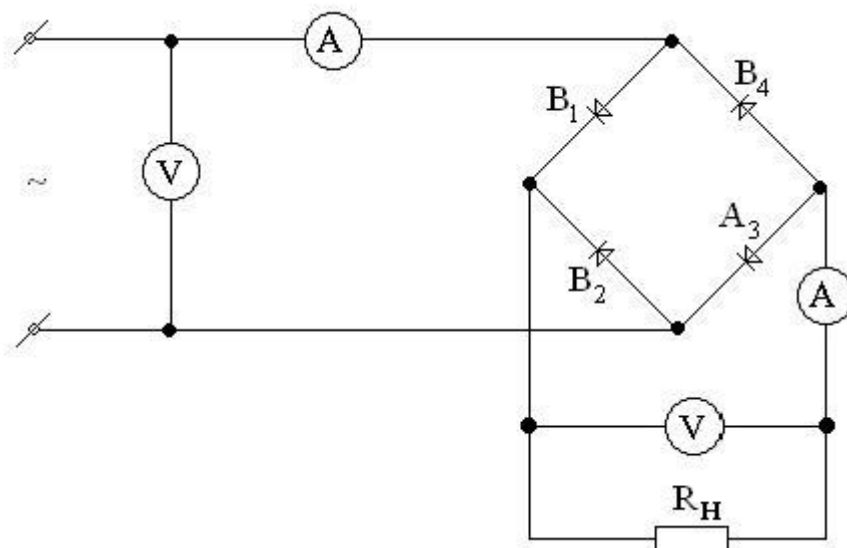
4.3.6 Бір және екі жарты периодты түзеткіштер үшін алынған нәтижелерді салыстыру.

4.3.7 Үшфазалы түзеткішті қолдану арқылы түзетудің тиімділігін бағалау.

4.3.8 Жасалынған жұмыс туралы қорытынды жасау.



4.1 сурет



4.2 сурет

5 Зертханалық жұмыс № 5. Кернеу феррорезонансын зерттеу

Жұмыстың мақсаты: кернеу феррорезонансы режимінде Айнымалы тоқтың сызықсыз тізбектерін тәжірибелік зерттеу дағдыларын алу.

5.1 Жұмысқа дайындық

«Кернеу феррорезонансы құбылысы» СЕТмЭӨТ курсының бөлімін қайталау.

Сұрақтарға жауап беру және келесілерді орындау.

5.1.1 Кернеу феррорезонансы қандай тізбекте пайда болады?

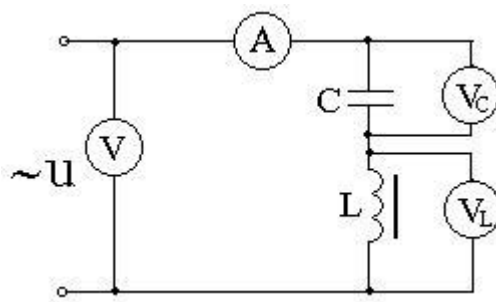
5.1.2 Неге феррорезонансты тізбектегі токтың секіру құбылысы фазаның аударылу құбылысы деп аталады? Екі режим үшін кернеулердің векторлық диаграммаларын құру: токтың секіруіне дейін және кейін.

5.1.3. Феррорезонанстық тізбекте токтың секіру тәрізді өзгеруі орын алуы үшін конденсатордың сыйымдылығын қалай таңдау керек?

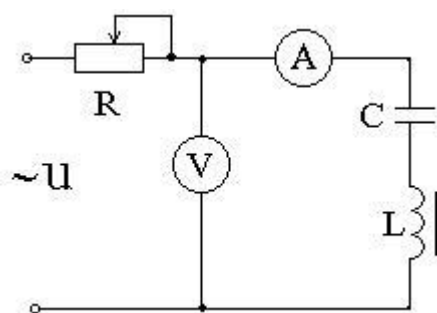
5.1.4 Феррорезонанстық тізбектің вольт-амперлік сипаттамасын құру. Кіріс кернеуінің шамасының бірқалыпты өзгеруі кезінде токтың өзгеруін талдау.

5.1.5 Ферромагниттік өзекшемен индуктивтілік катушкасының вольт-амперлік сипаттамасын алу үшін қажетті аспаптарды қарастыра отырып сызбаны салу.

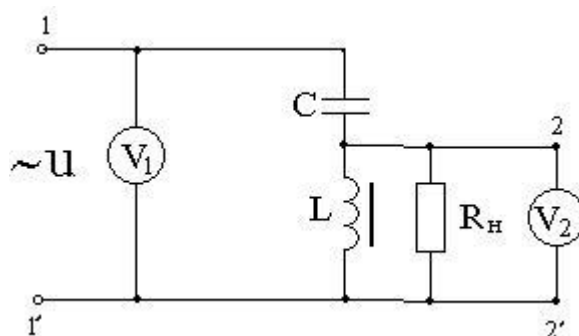
5.1.6 Келесі сұлбаларды салу: а-ферромагнитті өзекшемен индуктивтілік катушкасының және конденсатордың тізбектей жалғанған вольт-амперлік сипаттамасын алу үшін (5.1 сурет); б – тізбектегі токтың бірқалыпты өзгерісі кезіндегі кернеудің қосындысының токқа байланысты қисығын алу үшін (5.2 сурет); в-кернеу тұрақтандырғышы ретінде жұмыс істейтін феррорезонанстық тізбектерді алу үшін (5.3 сурет).



5.1 сурет



5.2 сурет



5.3 сурет

5.1 кесте

U, В	I, мА	U _L , В	U _C , В

5.2 кесте

I, мА							
U, В							

5.3 кесте

U ₁ , В					
U ₂ , В					

5.2 Жұмысты орындау тәртібі

5.2.1. 5.1.5 тармағына сәйкес сызба бойынша тізбекті жинау. Ферромагниттік өзекшемен индуктивтілік катушкасының вольт-амперлік сипаттамасын алу және құру (7÷10 өлшеу). Индуктивтілік катушкасының орнына тізбекке конденсаторды қосу, конденсатордың вольт-амперлік сипаттамасын алу (2 өлшеу, себебі конденсатор сызықты), индуктивтілік катушкасының вольт-амперлік сипаттамасы бар бір суретте конденсатордың вольт-амперлік сипаттамасын құру.

Нұсқау. Конденсатордың вольт-амперлік сипаттамасы индуктивтілік катушкасының вольт-амперлік сипаттамасын кесіп өтуі тиіс.

5.2.2. Жұмысқа дайындық 5.1.6 тармақтың сұлбасы бойынша тізбекті жинау (5.1 сурет).

5.2.3 Жалпы кернеуді нөлден 20÷30В дейін біртіндеп ұлғайта отырып, содан кейін біртіндеп оны азайта отырып, тізбекте ток пен кернеудің катушкадағы және конденсатордағы кернеу көзінен тәуелділігін алу. Жалпы кернеуді арттыру кезінде токтың секіруіне дейін және одан кейін кемінде 7÷8 өлшеп, сондай-ақ жалпы кернеуді азайту кезінде кемінде 7÷8 өлшеуді жүргізу қажет.

Нұсқау. Кернеу көзінің бірқалыпты ұлғаюы кезінде токтың күрт секіруі болған кезде жалпы кернеу генератордағы кернеудің төмендеуі салдарынан

төмендейді. Секіруден кейін аспаптардың көрсеткіштерін жазбас бұрын, ток секіруден бұрын болған кернеу көзін қалпына келтіру қажет. Сол сияқты кернеу ұлғайған кезде болатын токтың кері секіруі кезінде де әрекет ету керек.

Өлшеу нәтижелерін 5.1 кестеге енгізу.

5.2.4. 5.1.6 тармағының сызбасы бойынша тізбекті жинау (5.2 сурет).

5.2.5 Тізбекте токтың бірқалыпты өзгерісі кезінде кернеулердің қосындыларының тәуелділік қисығын (катушкада және конденсаторда) түсіріп алу. Өлшеу нәтижелерін 5.2 кестеге енгізу.

Нұсқау. Токты бір қалыпты реттеу үшін, генератормен тізбектей қосымша кедергі қосылады, сондықтан генератор кедергімен бірге жасанды ток көзі ретінде қарастыруға болады. Кедергі шамасы мүмкін аз, бірақ тізбектің қоректену кернеуінің бірқалыпты өзгеруі кезінде токтың секіруі болмайтындай етіп таңдалады. Тізбектің жалпы кернеуін өлшейтін Вольтметр кедергідегі кернеудің төмендеуін ескермеуге тиіс.

5.2.6 5.1.6 тармағына сәйкес кернеу тұрақтандырғышының сұлбасын жинау (5.3 сурет). Жүктеме ретінде катушканың қысқыштарына кедергіні қосыңыз.

5.2.7 Жүктемедегі кернеудің тізбек кірісіндегі кернеуден тәуелділігін түсіріп алу. Ол үшін кірісіне максималды кернеуді орнату, содан кейін жүктемеде кернеудің секіруі пайда болғанға дейін оны азайту, және 5.3-кестеге аспаптардың көрсеткіштерін жазу ($7 \div 10$ өлшеу).

5.3 Жұмыстың нәтижелерін өңдеу және талдау

5.3.1 5.2.1. бөлімдерінен алынған нәтижелер бойынша индуктивтілік катушкасының және конденсатордың вольт-амперлік сипаттамаларын бір графикте салу. Барлық тізбектің жиынтық вольт-амперлік сипаттамасын құру.

5.3.2 5.2.3 бөлімдерінен алынған нәтижелер бойынша кернеу көзіндегі катушкадағы және конденсатордағы кернеулердің, токқа қатысты тәуелділік қисығын тұрғызу.

5.3.3 5.2.5 бөлімдерінен алынған нәтижелер бойынша токқа қатысты кернеудің қосындысының тәуелділік қисығын тұрғызу.

5.3.4 5.2.7 бөліміндегі деректер бойынша кернеу көзі мен жүктемедегі кернеудің тәуелділігін тұрғызу. Алынған тәуелділікті түсіндіру. Тұрақтандыру коэффициентін есептеу.

5.3.5 Жасалынған жұмыс бойынша қорытынды жасау: тізбектің идеалданған вольт-ампердік сипаттамасын (5.3.1 б.) тізбектің кірісіндегі кернеудің өзгеруі кезінде эксперименталды алынған тізбекпен салыстыру және олардың арасындағы айырмашылықтарды түсіндіру; 5.3.2 бөлімдерінен алынған кернеуге токтың эксперименталды тәуелділік қисығын, 5.3.3 бөлімдерінен алынған токтың кернеулер қосындысының тәуелділік қисығымен салыстыру, олардың айырмашылықтарын түсіндіру.

Әдістемелік нұсқаулар.

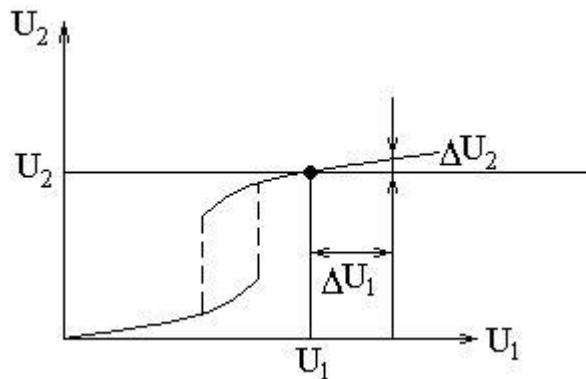
Тұрақтандыру коэффициенті мына формула бойынша есептеледі:

$$k_c = \frac{\Delta U_1}{U_1} : \frac{\Delta U_2}{U_2},$$

мұндағы U_1 -тізбектің кірісіндегі кернеу;

U_2 -шығысындағы кернеу (жүктемедегі);

$\Delta U_1, \Delta U_2$ - кіріс пен шығыстағы кернеудің өзгеруі (5.4 сурет).



5.4 сурет

6 Зертханалық жұмыс № 6. Ток феррорезонансын зерттеу

Жұмыстың мақсаты: токтың феррорезонансы режимінде Айнымалы токтың сызықсыз тізбектерін тәжірибелік зерттеу дағдыларын алу.

6.1 Жұмысқа дайындық

«Токтардың феррорезонансы құбылысы» СЭТмЭӨТ курсының бөлімін қайталаңыз.

Сұрақтарға жауап беру және келесілерді орындау:

6.1.1 Токтың феррорезонансы қандай тізбекте пайда болады?

6.1.2 Параллельді феррорезонансты тізбектегі кернеу секіру құбылысы неге фазаның аударылу құбылысы деп аталады? Екі режим үшін кернеу мен токтың векторлық диаграммаларын құру: кернеуді секіруге дейін және кейін.

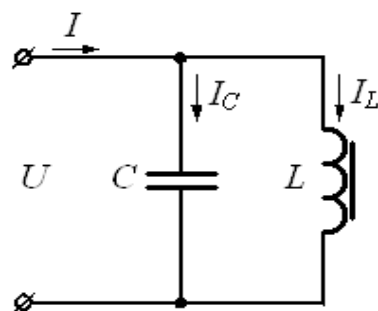
6.1.3. Феррорезонансты тізбекте кернеудің секіру тәрізді өзгеруі орын алуы үшін конденсатордың сыйымдылығын қалай таңдау керек?

6.1.4 Параллельді феррорезонанстық тізбектің вольт-амперлік сипаттамасын құру. Кіріс кернеуінің шамасының бірқалыпты өзгеруі кезінде жалпы токтың өзгеруін талдау.

6.1.5 Ферромагниттік өзекшесімен индуктивтілік катушканың вольт-амперлік сипаттамасын алу үшін қажетті аспаптарды қарастыра отырып сызбаны салу.

6.1.6 Келесі сұлбаларды салу: а-ферромагнитті өзекшемен индуктивтіліктің параллель қосылған катушканы және конденсаторды вольт-

амперлік сипаттаманы алу үшін (6.1 сурет); б – тізбектің кірісіндегі токтың бірқалыпты өзгерісі кезінде токтан кернеудің қисық тәуелділігін алу үшін (жасанды ток көзінен қоректену кезінде).



6.1 сурет

6.1 кесте

U, В	I, мА	I _L , мА	I _C , мА

6.2 кесте

I, мА							
U, В							

6.2 Жұмыстың орындау тәртібі

6.2.1 Жұмысқа дайындау 6.1.5 тармағына сәйкес сызба бойынша тізбекті жинау. Ферромагниттік өзекшемен индуктивтілік катушкасының вольт-амперлік сипаттамасын алу және құру (7÷10 өлшеу). Индуктивтілік катушкасының орнына тізбекке конденсаторды қосу, конденсатордың вольт-амперлік сипаттамасын алу (2 өлшеу, себебі конденсатор сызықты), индуктивтілік катушкасының вольт-амперлік сипаттамасы бар бір суретте конденсатордың вольт-амперлік сипаттамасын құру.

6.2.2 6.1.6 а тармағының сұлбасы бойынша тізбекті жинау (6.1 сурет).

6.2.3 Кернеу нөлден 20÷30 в дейін бірқалыпты ұлғайған кездегі қосынды ток пен кернеудің тәуелділік қисығын түсіру, нәтижесін 6.1 - кестеге енгізу.

6.2.4 6.1.6 бөлімдеріндегі - тармақ сұлбасы бойынша тізбекті жұмысқа дайындау.

6.2.5 Токтың нөлден ең жоғары мүмкін мәнге дейін біртіндеп үлкейте отырып, содан кейін біртіндеп оны азайта отырып, кернеудің кіріс тогынан тәуелділігін алу. Жалпы токтың ұлғаюы кезінде кернеудің секіруіне дейін және одан кейін кемінде 7÷8 өлшеуді, сондай-ақ жалпы токтың азаюы кезінде кемінде 7÷8 өлшеуді жүргізу қажет. Өлшеу нәтижелерін 6.2 кестеге енгізу.

6.3 Жұмыс нәтижелерін өңдеу және талдау

6.3.1 6.2.1 бөлімінен алынған нәтижелер бойынша индуктивтілік катушкасының және конденсатордың вольт - амперлік сипаттамаларын бір графикте салу және барлық параллель тізбектің вольт - амперлік сипаттамасын оларды қосу арқылы анықтау.

6.3.2 6.2.3 бөлімінен алынған нәтижелер бойынша жиынтық токтың кернеудің тәуелділік қисығын тұрғызу.

6.3.3 6.2.5 бөлімінен нәтижелері бойынша кернеудің токтан тәуелділігін тұрғызу.

6.3.4 Жасалған жұмыс бойынша қорытынды жасау, 6.2.3 бөлімінде тізбектің кірісіндегі кернеудің өзгеруі кезінде, эксперименталды алынған тізбектің идеалданған вольт - амперлік сипаттамасын салыстыру және олардың арасындағы айырмашылықтарды түсіндіру.

Әдістемелік нұсқаулар.

Конденсатордың сыйымдылығы конденсатордың вольт - амперлік сипаттамасы индуктивтілік катушкасының вольт - амперлік сипаттамасын кесіп өту шартынан таңдалады.

Токтың бір қалыпты реттеуі үшін генератормен тізбектей түрде қосымша кедергі қосылады, сондықтан генератор кедергімен бірге жасанды ток көзі ретінде қарастыруға болады.

Кернеудің күрт өзгеруі кезінде токтың жайлап өсуінде генератордағы кернеу түсуінің салдарынан жалпы ток төмендейді. Бірден өзгеріс болған кездегі аспаптың көрсеткішін жазбас бұрын кернеудің күрт өзгеруі алдындағы токтың мәнін орнату керек. Токтың төмендеуі болған кездегі кернеудің кері өзгеруі кезін аналогты қадағалау керек.

7 Зертханалық жұмыс №7. Зерттеу электростатикалық өріс екісымды желісі

Жұмыстың мақсаты: компьютерлік модельдеуді қолдана отырып, екі сымды желінің жазық параллельді электростатикалық өрісін тәжірибелік зерттеу дағдыларын алу.

7.1 Жұмысқа дайындық

«Электростатикалық өріс» СЭТмЭӨТ курсының бөлімін қайталаңыз. «Өріс теориясы» бағдарламасының интерфейсінің сипаттамасымен және зертханалық жұмысты есептеуге және орындауға әдістемелік нұсқаулармен танысу.

Келесілерді орындау.

7.1.1 Шексіз ұзын біркелкі зарядталған осьтің электростатикалық өрісінің кернеулігі мен потенциалын есептеу үшін формулаларды жазу.

7.1.2 Екі параллельді шексіз ұзын әр аттас зарядталған осьтердің кернеулігі мен электростатикалық өрісінің потенциалын есептеу үшін формулаларды жазу.

7.1.3 Өткізгіштердің бетінде шекаралық шарттарды жазу.

7.1.4 Екі сымды желінің сыйымдылығын есептеу үшін формуланы жазу.

7.1.5. φ_1 , φ_2 сымдарының бетіндегі потенциалдарды есептеу үшін формулаларды жазу.

7.1.6 m , N , L , K нүктелерінде өткізгіштердің бетіндегі электростатикалық өрістің кернеуліктерін есептеу үшін формулаларды жазу.

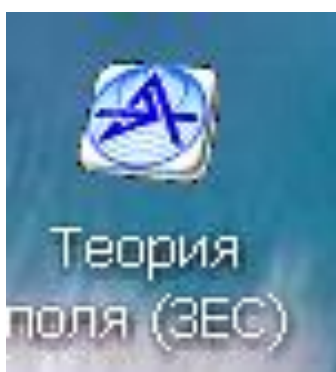
7.1.7 Өткізгіштің бетінде еркін электр зарядының тығыздығын есептеу үшін формулаларды жазу.

7.1 к е с т е – зертханалық жұмысқа тапсырма нұсқалары

Нұсқа №	Сымның радиусы		Сымдардың ара қашықтығы, d мкм	Сымдар арасындағы кернеу $U, В$
	$R_1, мкм$	$R_2, мкм$		
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

7.2 Жұмыстың орындау тәртібі

7.2.1 «Өріс теориясы» бағдарламасын компьютердің жұмыс үстеліндегі белгі бойынша тінтуірдің сол жақ батырмасын басу арқылы іске қосу (7.1-сурет). Бағдарламаның басты терезесі ашылады (7.2 сурет).



7.1 сурет

7.2.2 Берілген нұсқаға сәйкес сымдар радиустарын және d радиустарын орнату.

7.2.3 «Салу» батырмасы бойынша тінтуірдің сол жақ батырмасын басу арқылы жұмыс аймағында екі сымды желіні құру. Экранда екі сымды желі пайда болады (7.3 сурет).

7.2.4 Сызықтың геометриялық параметрлерін анықтау: a – электрлік ось пен нөлдік әлеует жазықтығы арасындағы қашықтық, S_1, S_2 - геометриялық осьтер мен нөлдік әлеует жазықтығы арасындағы қашықтық. Алынған мәндерді « a, S_1, S_2 » 7.2-кестеге енгізу.

7.2.5 Кернеу көзінің көмегімен берілген нұсқаға сәйкес сым арасындағы кернеуді орнату (7.2 сурет, бағдарлама интерфейсінің сипаттамасы және әдістемелік нұсқаулар).

7.2.6 «Ось» батырмасы бойынша тінтуірдің сол жақ батырмасын басу арқылы электр осьтерінің кескінін алу.

7.2.7 Екі сымды желінің сыйымдылығын ұзындық бірлігіне өлшеу. Алынған сыйымдылық мәнін 7.2-кестеге жазу керек.

7.2.8 Берілген нүктелерде сымдар бетіндегі электростатикалық өрістің кернеулігін өлшеу: M, N, L, K .

7.2.9 Қадаммен екі сымды сызық өрісінің эквипотенциалды сызықтарын құру (оқытушының нұсқауы бойынша).

7.2.10 Екі сымды желінің электростатикалық өрісінің күштік сызықтарын салу.

7.2.11 Екі сымды желінің электростатикалық өрісінің алынған суретін «*bmp экспорттау» батырмасы бойынша тінтуірдің сол жақ батырмасын басу арқылы сақтау.

7.3 Жұмыс нәтижелерін өңдеу және талдау

7.3.1 « a, S_1, S_2 » екі сымды сызықтың геометриялық параметрлерін теориялық есептеуді орындау, есептеу нәтижелерін 7.2-кестеге, «Теориялық есептеу» бағанына енгізу. 5.4.2.есептеу нәтижелерін 7.2 кестеге, «Эксперимент» бағанына енгізу. Алынған нәтижелерді салыстыру.

7.3.2. Екі сымды желінің сыйымдылығын және φ_1, φ_2 сымдарының бетіндегі потенциалдарды теориялық есептеуді орындау, есептеу нәтижелерін 7.2-кестеге енгізу, «Теориялық есептеу» бағаны. 2.6.2 кесте - «Эксперимент» бағанына Қос сымды желінің сыйымдылығын және φ_1, φ_2 сымдарының бетіндегі потенциалдарды өлшеу. Алынған нәтижелерді салыстыру.

7.3.3 Берілген нүктелерде сымдар бетіндегі кернеулердің теориялық есебін орындау: M, N, L, K . Берілген нүктедегі сымдардың бетіндегі кернеулікті өлшеу: M, N, L, K . Алынған нәтижелерді салыстыру.

7.3.4 Берілген нүктелерде беттік зарядтың тығыздығын теориялық есептеуді орындау: M, N, L, K . Табылған эксперименталды кернеуліктер бойынша, беттік зарядтың тығыздығын есептеу. Есептеу нәтижелерін 7.2 кестеге, «Эксперимент» бағанына енгізу. Алынған нәтижелерді салыстыру.

7.3.5 Алынған эксперименталды өрістің суретін сақтау және басып шығару.

7.3.6 Қорытынды жасау.





7.2 к е с т е – Зертханалық жұмыстың нәтижелері

Геометр. Желінің көрсеткіштері; өткізгіштің бетіндегі потенциалдар; С сыйымдылық, Е кернеулік, σ беттің зарядтық тығыздығы	Теориялық есептеу	Тәжірибе
a, м		
S_1 , м		
S_2 , м		
φ_1 , В		
φ_2 , В		
C, Ф/м		
E_M , В/м		
E_N , В/м		
E_L , В/м		
E_K , В/м		
σ_M , Кл/м ²		
σ_N , Кл/м ²		
σ_L , Кл/м ²		
σ_K , Кл/м ²		


7.4 «Өріс теориясы» бағдарламасының интерфейcін сипаттау

Бағдарламаның басты мәзірі (7.2 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;

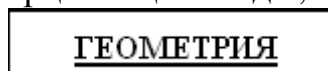
 – электр өрісін салуға арналған нүкте.

Сондай ақ солтүстік аймағындағы орналасқандар:

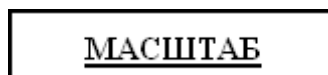


арқылы қосылады;

арқылы қосылады;



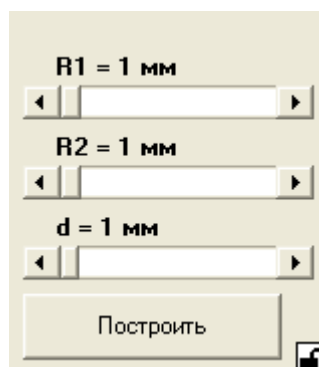
– екісымды желінің геометриялық көрсеткіштеін анықтауға арналған нүкте;



– аймақты ашатын нүкте, «+» және «-» 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.



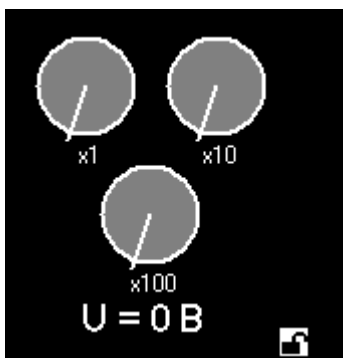
7.2 сурет

Екісымды желіні тұрғызғаннан кейін жұмыс аймағының төменгі жағында сызғыш пайда болады, 7.3 сурет орнатылған масштабты көрсету үшін арналған.

Сонымен қатар жиектің оң жағында орналасқандар:



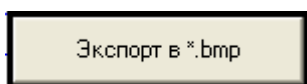
– екісымды желінің электрстатикалық өрісіндегі кез келген нүктенің потенциалын өлшеуге арналған вольтметр;




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

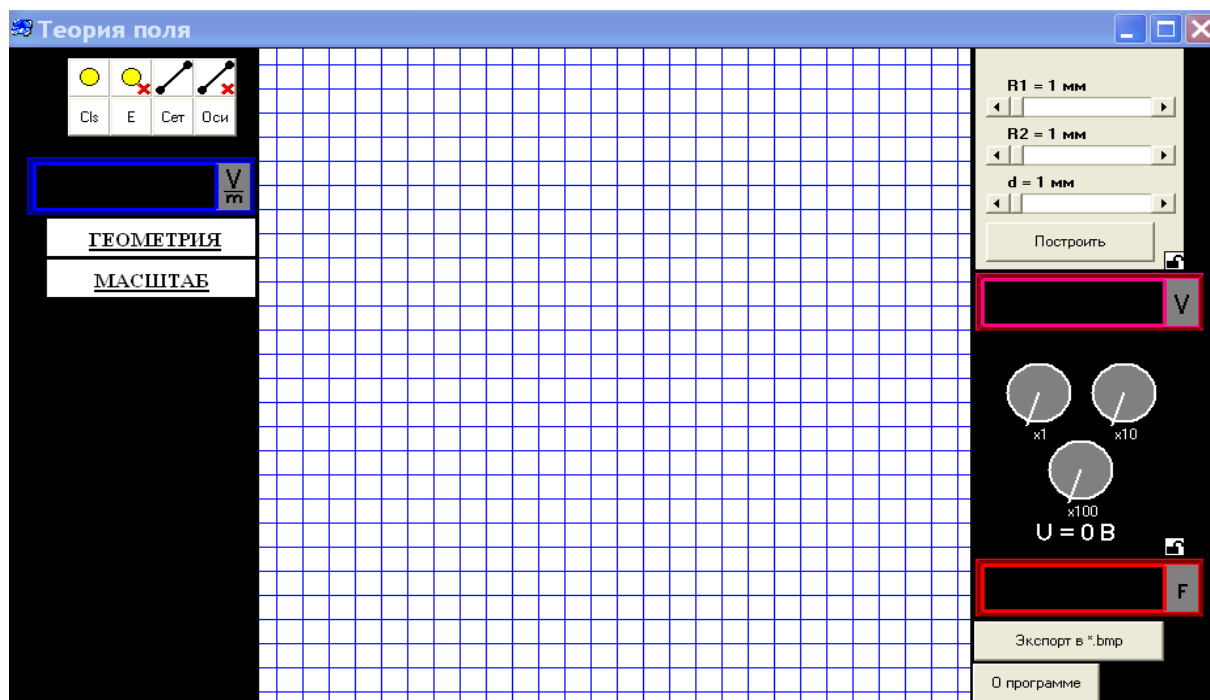


– екісымды желінің сыйымдылығын өлшейтін аспап, тышқанның сол жағын басып «F» нүктесін басады;

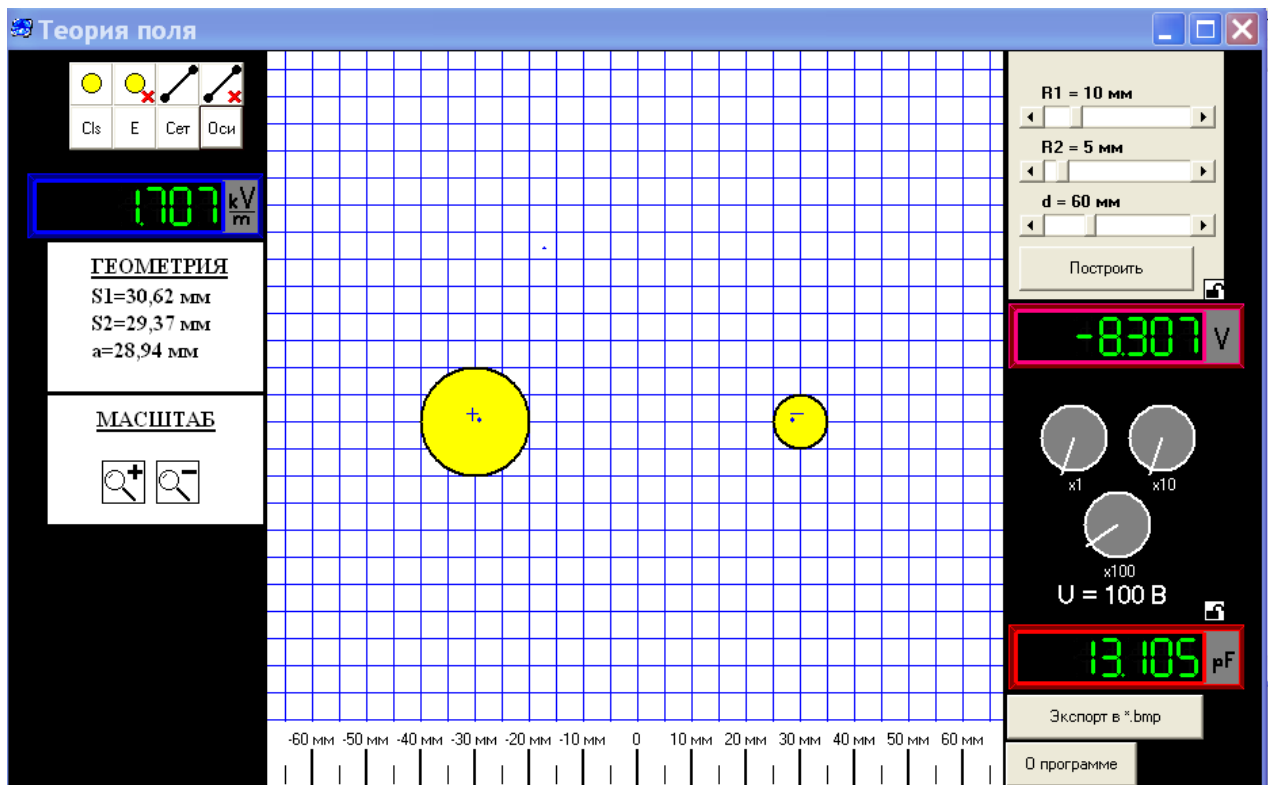


– екісымды желінің суретін сақтау нүктесі;

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



7.3 сурет - Бағдарламаның интерфейсі



7.4 сурет – Екісымды желі

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 (7.3 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 (7.3 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 (7.3 сурет).

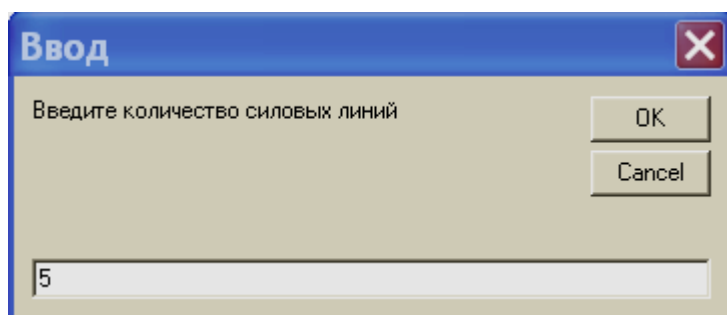
Екі сымды желінің электрлік өрісінің кез келген нүктесіндегі кернеулікті сәйкес келетін аспап арқылы өлшеуге болады, бұл үшін тінтуірдің

сол жақ батырмасымен « $\frac{V}{m}$ » түймесін басу арқылы аспапты қосу керек, кернеулікті өлшек қажет болатын өріс нүктесіне тінтуір мензерін қою және дәл осы нүктеге тінтуірдің оң жақ батырмасын бау керек. Аспаптың тақтасына кернеулік мәні шығады (7.3 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 (7.5 сурет), ол жерден күштік сызықтарды таңдап және «OK» басады. Күштік сызықтарды «E» түймесін тінтуірдің сол жақ батырмасын басу арқылы алып тастауға болады.



7.5 сурет

Екі сымды желінің электрстатикалық өрісінің алынған бейнесін «*bmp шығару». «Экспорт в *bmp» түймесіне тінтуірдің сол жағын басу 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 «CIs» батырмасына тінтуірдің сол жағын басу 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 нөлдік потенциал жазықтығына дейін;

R_1 , R_2 – сымның радиусы;

a – осьтің электрлік қашықтығынан нольдің потенциалдар жазықтығына дейін.

Екісымды сыйымдылық арасындағы C сызықтары арқылы беріледі:

$$C = \frac{2\pi\varepsilon_0}{\ln \frac{(S_1 + a)(S_2 + a)}{R_1 R_2}},$$

мұндағы $\varepsilon_0 = 8,854 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$ – электрлік тұрақтылық;

$\varepsilon = 1$ – ауа өткізгіштің салыстырмалы диэлектригі.

Сымдардың беткі потенциалы ϕ_1 , ϕ_2 мына формула бойынша есептеледі:

$$\phi_1 = \frac{CU}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{S_1 + a}{R_1}; \quad \phi_2 = \frac{CU}{2\pi\varepsilon_0} \ln \frac{R_2}{S_2 + a}.$$

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 қышықтықтан электрлік ось нүктесіне дейін;

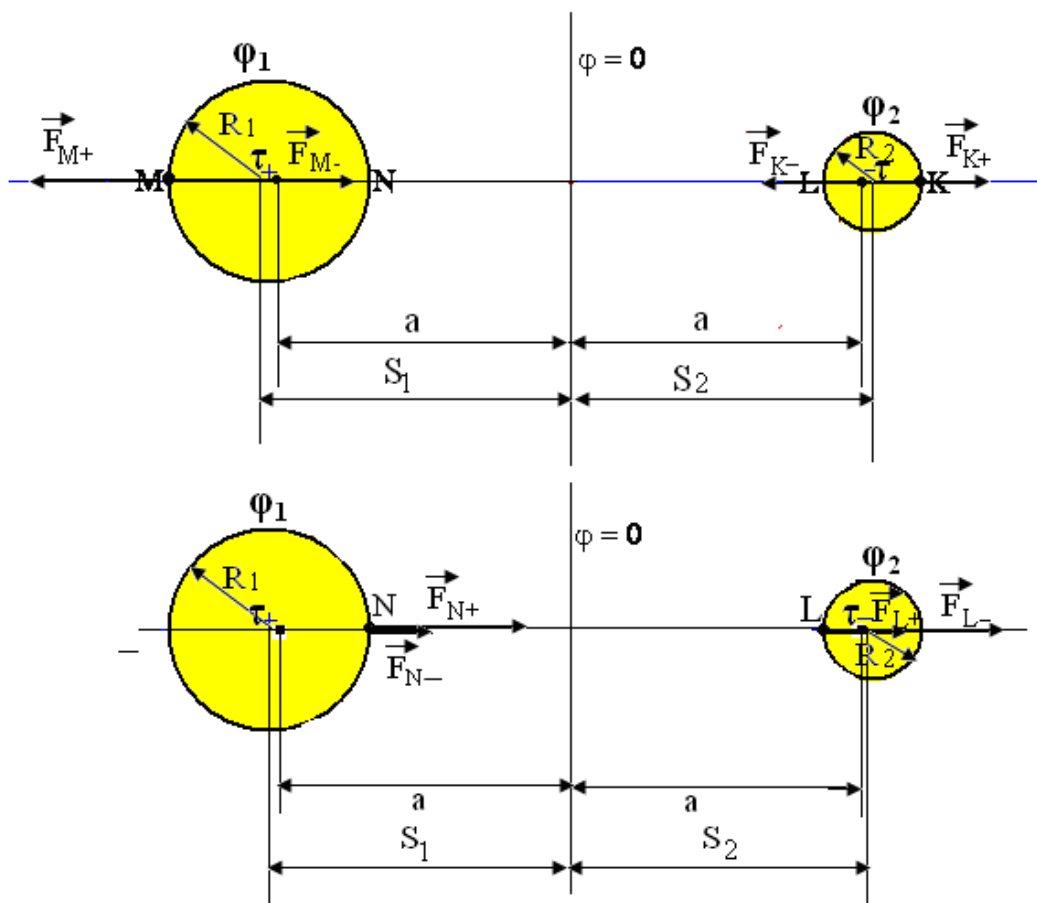
$M, R_N = R_1 - (S_1 - a)$ - оң қышықтықтан электрлік ось нүктесіне дейін;

$N, R_L = R_2 - (S_2 - a)$ - оң қышықтықтан электрлік ось нүктесіне дейін;

$L, R_K = S_2 - a + R_2$ - Оң қышықтықтан электрлік ось K нүктесіне дейін

Электрлік заряд беттің тығыздығы мына формула бойынша есептелінеді:

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



7., сурет - Өріс кернеулігін есептеу үшін

Әдебиеттер тізімі

Негізгі

1 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. - 12-е изд., исправ. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 701 с.

2 Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. - 11-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство Юрайт, 2016. - 317 с.

3 Основы теории цепей. Практикум: учеб. Пособие / Г.Н. Арсеньев, И.И. Градов - М.: ИД «Форум», 2018. – 336 с.

4 Аршидинов М.М., Денисенко В.И., Болдырева Л.П. ТОЭ. Учебное пособие. - Алматы: АУЭС, 2016. - 98 с.

5 Матвиенко В.А. Основы теории цепей: Учебное пособие для вузов. – Екатеринбург: УМЦ УПИ, 2016. – 162 с.

6 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В. Теоретические основы электротехники: Учебник для вузов. 5-е изд. Том 2. - СПб.: Питер, 2009. - 432 с.

7 Денисенко В.И., Светашев Г.М. Теоретические основы электротехники. Конспект лекций для студентов всех форм обучения специальности 050718 – Электроэнергетика. - Алматы: АИЭС, 2007. – 90 с.

Қосымша

8 Сборник задач по теоретическим основам электротехники / Л.А. Бессонов, И.Г. Демидова, М.Е. Заруди и др. - М.: Высшая школа, 2003. - 52 с.

9 Прянишников В.А. ТОЭ: Курс лекций: Учебное пособие – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб., 2000. – 368 с.

10 Зевеке Г.В., Ионкин П.А., Нетушил А.В., Страхов С.В. Основы теории цепей. - М.: Энергоатомиздат, 1989. - 528 с.

Мазмұны

1 Зертханалық жұмыс № 1. Үшфазалы тізбектердің симметриялы емес режимдерін кернеу мен токтардың симметриялы құрауышыларын пайдалана отырып зерттеу	3
2 Зертханалық жұмыс № 2. Синусоидалы емес токтың электр тізбектерін зерттеу.....	6
3 Зертханалық жұмыс № 3. Сызықты емес элементтері бар тұрақты токтың электр тізбектерін зерттеу	9
4 Зертханалық жұмыс № 4. Электр түзеткіштері бар тізбектерді зерттеу.....	11
5 Зертханалық жұмыс № 5. Кернеу феррорезонансын зерттеу.....	13
6 Зертханалық жұмыс № 6. Ток феррорезонансын зерттеу.....	17
7 Зертханалық жұмыс №7. Зерттеу электростатикалық өріс екісымды желісі	19
Әдебиеттер тізімі.....	29

Владислав Иосифович Денисенко
Маликжан Мамежанович Аршидинов
Гулдана Кашкинбаевна Смагулова

СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТІЗБЕКТЕР МЕН ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІС
ТЕОРИЯСЫ

5В071800 – Электроэнергетика мамандығының студенттері үшін
зертханалық жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар мен
тапсырмалар

Редактор Ж.Н. Изтелеуова
Стандарттау бойынша маман Е.Т. Данько

Басуға ____ қол қойылды
Таралымы 50 дана
Көлемі 2,0 есеп. баспа таб.

Пішімі 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс ____ .Бағасы 1000 теңге.

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