Коммерциялық емес акционерлік қоғам

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электротехника кафедрасы

ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІНІҢ ТЕОРИЯСЫ СЫЗЫҚТЫ ЖӘНЕ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТІЗБЕКТЕРІ

№ 1-3 есептеу-сызбалық жұмыстарға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар. 5В070400 – Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығы үшін

Алматы 2019

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Жолдыбаева З. И., Зуслина Е. Х., Смагулова Г.К., Электр тізбектерінің теориясы. Сызықты және сызықты емес тізбектері № 1-3 есептеу-сызбалық жұмыстарға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар. 5В070400 –Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығы үшін. – Алматы: АЭжБУ, 2019. – 26 б.

Есептеу-сызба жұмыстары мен тапсырмаларды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулық, № 1-3 есептеу-сызбалық жұмыстарының жалпы түрі, орындалу талаптарымен қатар тапсырмалар, сұлбалар және электр тізбектерінің көрсеткіштерінен тұрады. Есептеу-сызба жұмыстары мен тапсырмаларды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулық – ЭТТ. Сызықты және сызықты емес тізбектері пәні бойынша жұмыстық бағдарламаға сәйкес келеді.

Сур. - 39, кесте - 9, әдеб.көр. - 8 атау.

Пікір беруші: доцент Курпенов Б.К.

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

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2019 ж.

Кіріспе

«Электрлік тізбектерінің теориясы. Сызықты және сызықты емес тізбектер» пәні жоғары оқу орнының 5В070400 – «Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету» мамандықтарының студенттеріне арналған, «Физика және ЖЭО» MVT05 модуліне қарасты және оқу жоспарының сапалы таңдау пәніне негізделген.

Пәннің мақсаты – синусоидалы, синусоидалы емес және тұрақты ток электр тізбектерін есептеудің негізгі әдістері мен электр тізбектерінің теориясының базалық заңдарын меңгеру болып табылады. Бұл курс физика және жоғары математика курстарына негізделген, тұрақты, синусоидалы және синусоидалы емес токтардың электр тізбектерін есептеудің әртүрлі әдістерін қамтиды. Ол есептеу техникасы мен бағдарламалық қамтамасыз ету саласындағы мамандардың ғылыми ой өрісін қалыптастыру үшін айрықша маңызға ие.

Пәннің тапсырмасы – «Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету» мамандықтарының студенттерін жан жақты кезеңде сапалы білім беру негізіне және есеп шығару барысында, әртүрлі электротехникалық құрылғылардан өтуде сауатты, табысты етіп дайындау.

«Электрлік тізбектерінің теориясы. Сызықты және сызықты емес тізбектер» пәні бойынша «Тұрақты токтың сызықты электр тізбегін есептеу», «Аралас байланысқан элементтердің синусоидалы электр тізбегін есептеу», «Синусоидалы көздері бар тармақталған электр тізбегін есептеу» тақырыптарына үш есептеу – сызба жұмысы орындалады.

Есептеу – сызба жұмысын орындау кезінде студент, тұрақты және айнымалы ток тізбек электр тізбектерін есептеу әдістерін білу қажет. Есептеу – сызба жұмысын шешуде студенттің осы курсты қаншалықты дәрежеде меңгергенін білуге болады және өз ойларын қысқа да нақты жеткізуге мүмкіндік береді.

1 Есептеу- сызба жұмыстары №1. Тұрақты токтың сызықты электр тізбегін есептеу

Жұмыстың мақсаты: тұрақты токтың сызықты электр тізбегін есептеуді контурлық токтар әдісі мен түйіндік потенциалдар әдісімен, және Кирхгоф заңдарына теңдеу құруда сондай – ақ қуаттар тепе-теңдігін тексеруде жақсы меңгеру.

Тізбекке тәуелсіз E_1, E_2, E_3 , E_4 ЭҚК бар кернеу көздері және J ток көзі әсер етеді, бағыттары сұлбада көрсетілген. 1.1 кесте бойынша сұлба нөмірлері анықталады, ал 1.2 және 1.3 кестеде тізбектегі көрсеткіштердің сандық мәндері келтірілген.

1.1 к е с т е

Оқуға түскен жылы	Тегінің бірінші әріпі									
Жұп	АӘ БВ	ГҒ ДЕ	ЖЗ ИЫ	КҚ Л	МН ІҮ	ОӨ ПР	СТ УҰ	ФЧЦ	ХШ Щ	ЭЮ Я
Тақ	КҚ Л	ОӨ ПР	СТ УҰ	ФЧ Ц	АӘ БВ	ГҒ ДЕ	ЖЗ ЫИ	МН ІҮ	ЭЮ Я	ХШ Щ
Сұлба №	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	1.10

1.2 к е с т е

Оқуға түскен жылы	Сынақ кітапшасының соңғы саны									
Жұп	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Тақ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
E_1, В	30	20	15	40	20	25	40	30	10	15
E_2, В	10	15	25	60	50	40	30	20	20	25
E_3, В	25	30	16	20	30	20	25	15	30	10
E_4, В	10	15	20	25	30	35	40	45	50	20
E_5, В	20	30	15	20	30	25	40	20	30	15
J, А	3	5	2	6	4	10	8	5	3	5

1.3 к е с т е

Оқуға түскен жылы	Сынақ кітапшасының соңғы санының алдыңғы саны									
Жұп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тақ	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
R_2, Ом	15	30	20	12	20	10	20	25	40	20
R_3, Ом	20	16	25	35	30	20	30	16	10	30
R_4, Ом	30	20	30	40	15	40	15	50	16	60
R_5, Ом	6	10	8	10	25	15	35	20	15	18

Талап етіледі:

1) Кирхгоф заңдарына теңдеулер құру.

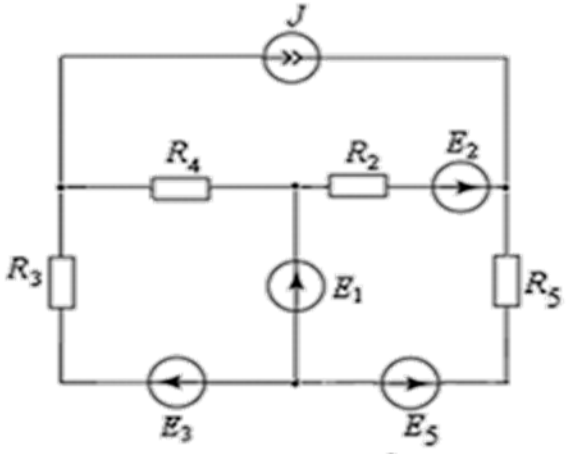
2) Берілген электр тізбегіндегі барлық тармақтағы токтарды контурлық токтар әдісімен есептеу.

3) Берілген электр тізбегіндегі барлық тармақтағы токтарды түйіндік потенциалдар әдісімен есептеу.

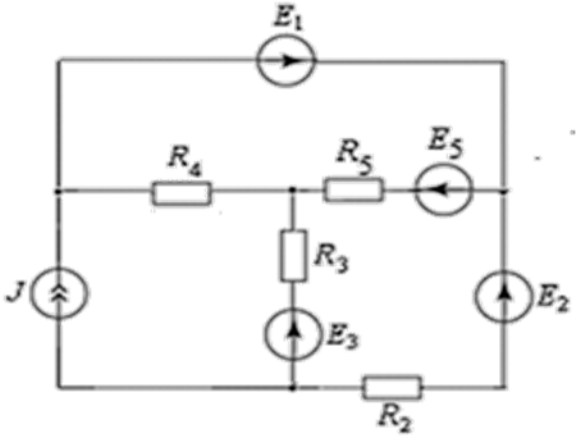
4) 1.2 және 1.3 бөлімдер арқылы анықталған тармақтық токтардың нәтижесін бір кестеге енгізу.

5) Ток көзінің қысқыштарындағы кернеуді анықтау.

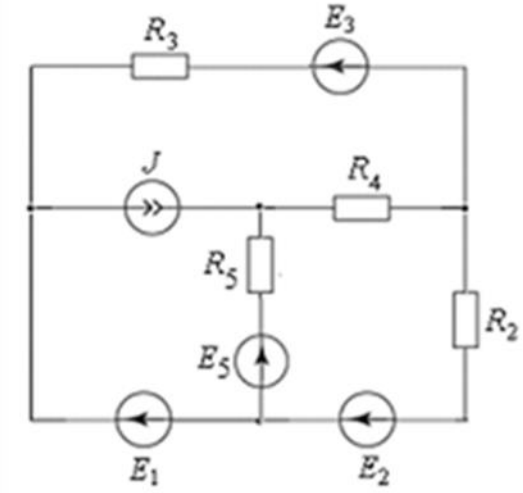
6) Қуаттар тепе – теңдігін тексеру.



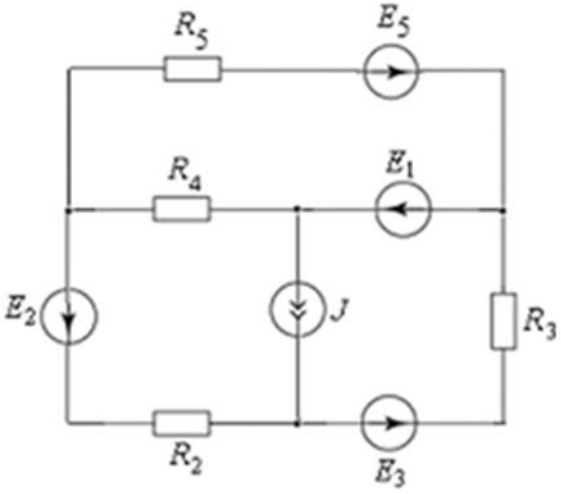
1.1 сурет



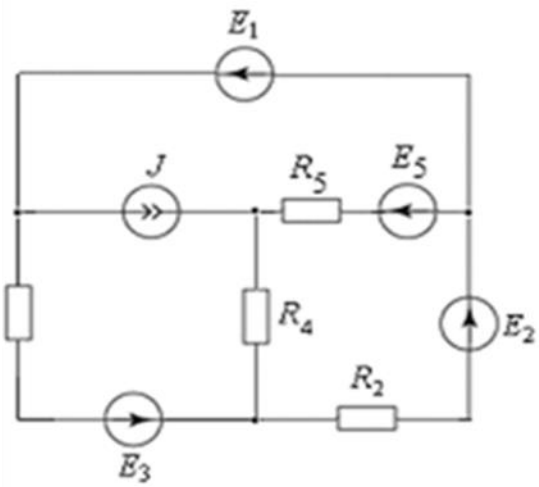
1.2 сурет



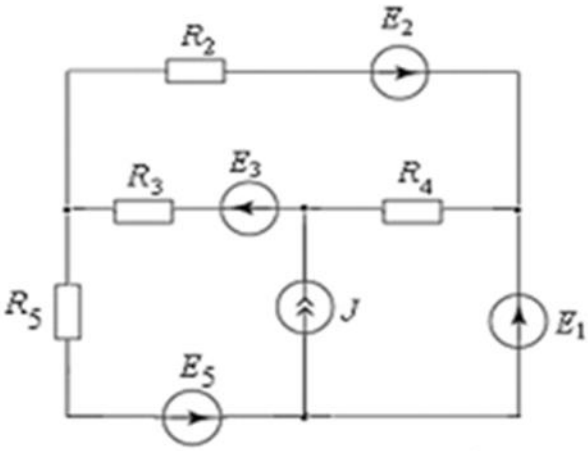
1.3 сурет



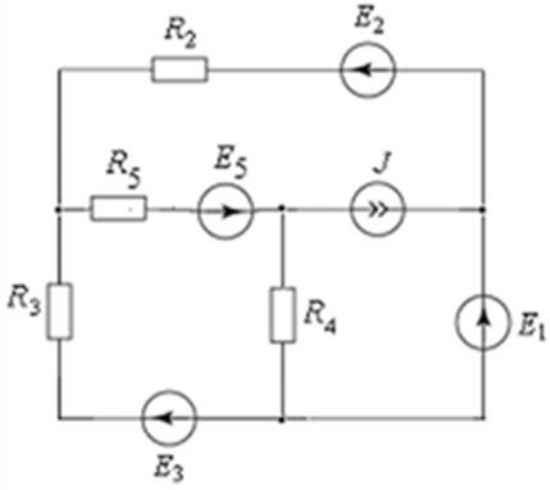
1.4 сурет



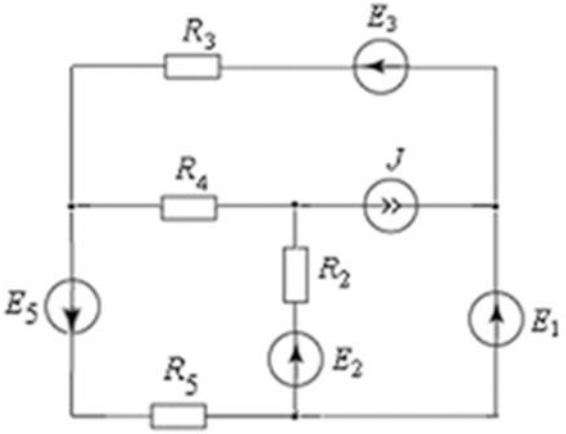
1.5 сурет



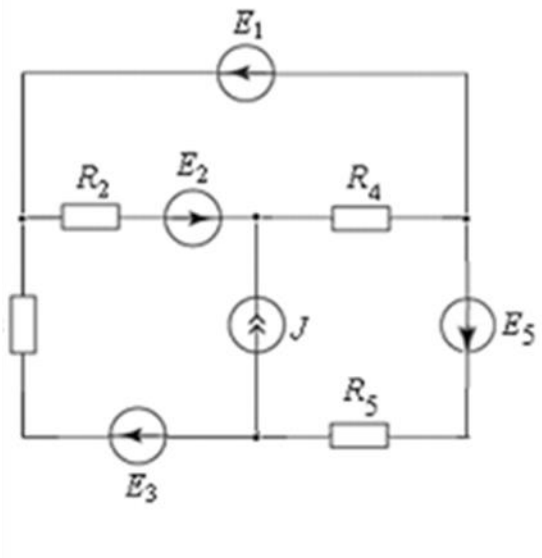
1.6 сурет



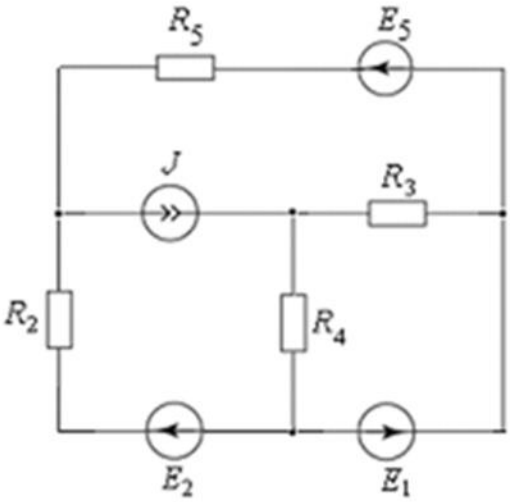
1.7 сурет



1.8 сурет



1.9 сурет



1.10 сурет

2 Есептеу- сызба жұмысы № 2. Синусоидалы токтың сызықты электр тізбегін есептеу

Жұмыстың мақсаты: синусоидалы токтың сызықты электр тізбегін есептегенде, дифференциалды және кешенді түрдегі Кирхгоф заңдарымен бірге контурлықтоктар әдісі, түйіндік потенциалдар әдісі, сондай –ақ қуаттар тепе – теңдңгңн пайдалану.

2.1 кесте бойынша (2.1 – 2.10 суреттер) таңдап алынған сұлбадағы электр тізбектеріне $e_k = E_k\sqrt{2}\sin(\omega t + \psi_{ek})$ синусоидалы ЭҚК көзі және синусоидалы ток $j_k = J_k\sqrt{2}\sin(\omega t + \psi_{jk})$ әсер етеді. E_k ЭҚК мен ток көзінің J_k әсерлік мәнідері және ψ_{ek} және ψ_{jk} бастапқы фазаларының мәндері 2.2 кестеде келтірілген. 2.1 және 2.3 кестелерінде электр сұлбасының көрсеткіштерінің мәндері берілен.

Талап етіледі:

1) Дифференциал түрдегі Кирхгоф зңдарына теңдеу құру.

2) Кешенді түрдегі Кирхгоф зңдарына теңдеу құру.

3) Контурлық токтар әдісімен барлық тармақтағы токтардың кешенді әсерлік мәндерін анықтау кк.

4) Түйінді потенциалдар әдісімен барлық тармақтағы токтардың кешенді әсерлік мәндерін анықтау кк.

5) 2.3 және 2.4 бөлімдер арқылы анықталған тармақтық токтардың нәтижесін бір кестеге енгізу.

6) Тізбектің қуаттар тепе – теңдігін тексеру.

7) 2.3 кестеден $i_к(\omega t)$ бір токтың лездік мәнін жазу және сызбасын салу.

2.1 к е с т е

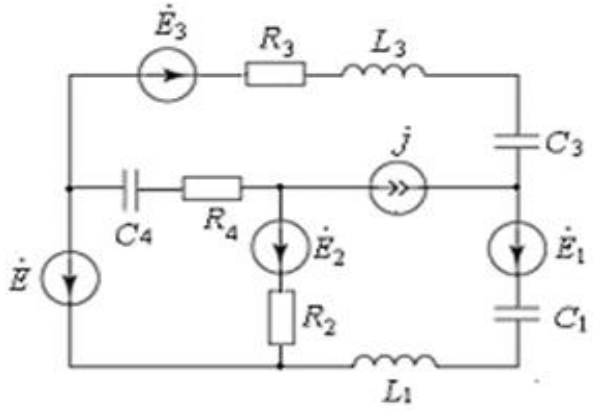
Оқуға түскен жылы	Тегінің бірінші әріпі									
Жұп	АӘ БВ	ГҒ ДЕ	ЖЗ ИЫ	КҚЛ	МН ІҮ	ОӨ ПР	СТ УҰ	ФЧЦ	ХШ Щ	ЭЮ Я
Тақ	КҚЛ	ОӨ ПР	СТУ Ұ	ФЧЦ	АӘ БВ	ГҒ ДЕ	ЖЗ ЫИ	МН ІҮ	ЭЮ Я	ХШ Щ
X_{L1}, Ом	3	10	20	10	40	10	40	20	10	40
X_{C1}, Ом	5	2	30	20	16	20	10	60	20	5
X_{L2}, Ом	8	6	25	5	20	40	30	10	50	12
X_{C2}, Ом	2	16	65	25	15	100	50	40	40	18
X_{L3}, Ом	4	25	20	10	8	10	10	10	30	30
X_{C3}, Ом	10	10	15	30	15	25	40	5	60	40
X_{L4}, Ом	6	5	20	8	5	20	20	18	40	10
X_{C4}, Ом	18	10	30	20	8	50	30	10	20	30

2.2 к е с т е

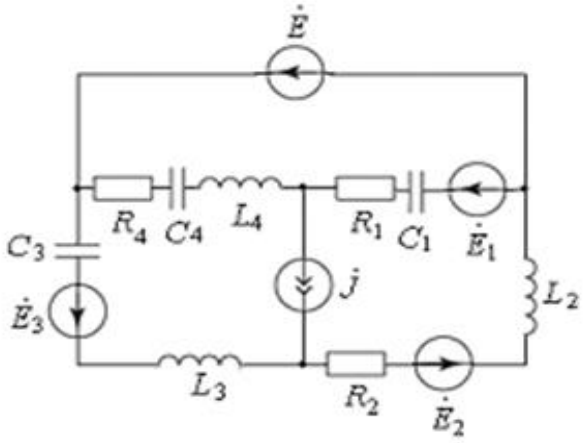
Оқуға түскен жылы	Сынақ кітапшасының соңғы саны									
Жұп	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Тақ	2	5	6	1	3	4	7	8	9	0
E_1, В	10	20	15	30	25	16	12	30	40	18
E_2, В	20	12	18	28	30	35	40	15	8	25
E_3, В	30	15	20	10	16	15	45	50	30	20
E, В	35	20	15	25	10	18	32	40	42	35
J, А	10	15	8	5	20	10	6	12	3	4
Ψ_{E1}, град	30	40	25	45	-40	-90	0	35	90	70
Ψ_{E2}, град	90	80	90	-30	-60	40	30	-10	-20	-90
Ψ_{E3}, град	130	150	180	-45	-30	-60	-90	40	15	20
Ψ_{E}, град	20	90	0	0	0	0	90	0	0	0
Ψ_{J}, град	0	20	90	-60	-45	-50	45	90	30	120

2.3 к е с т е

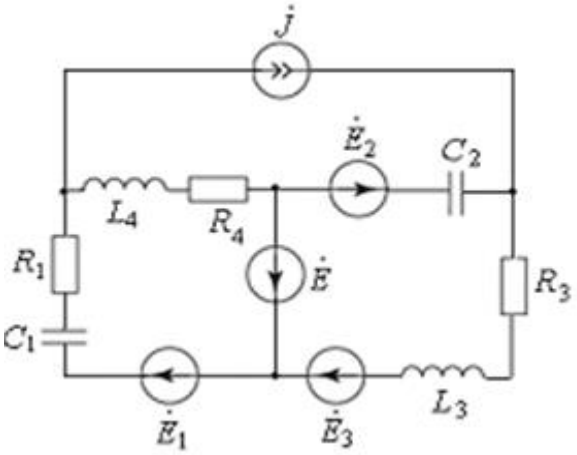
Оқуға түскен жылы	Сынақ кітапшасының соңғы санының алдыңғы саны									
Жұп	2	3	4	8	0	1	5	7	6	9
Тақ	8	2	0	7	6	4	3	5	9	1
сұлба №	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
R_1, Ом	60	50	40	50	80	20	15	25	30	12
R_2, Ом	50	45	90	40	30	25	10	20	18	6
R_3, Ом	6	10	8	15	20	30	25	40	60	10
R_4, Ом	20	30	80	60	40	20	10	8	15	45
$i_к(\omega t)$ токтың сызбасы	i_1	i_2	i_3	i_4	i_1	i_2	i_3	i_4	i_1	i_2



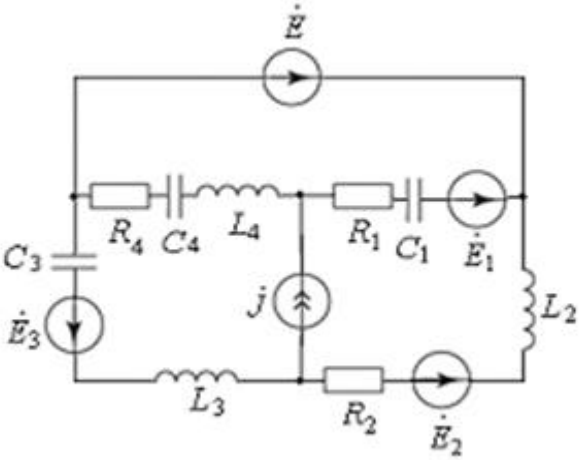
2.1 сурет



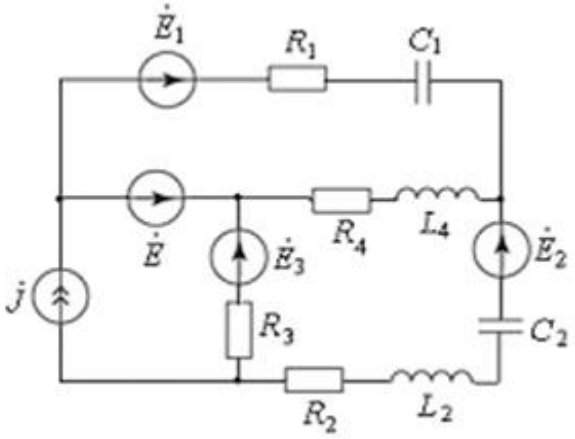
2.2 сурет



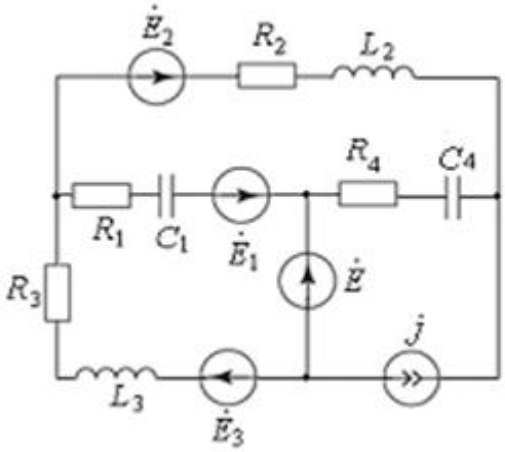
2.3 сурет



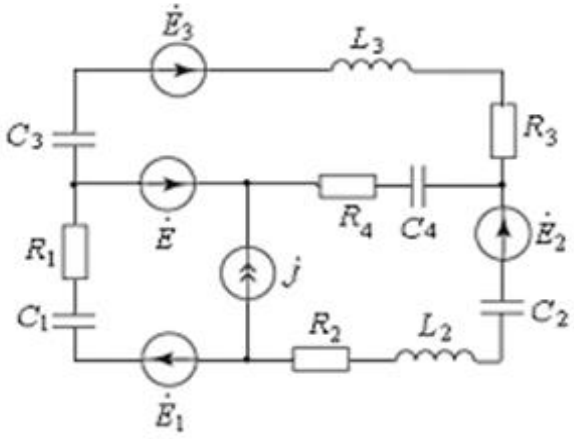
2.4 сурет



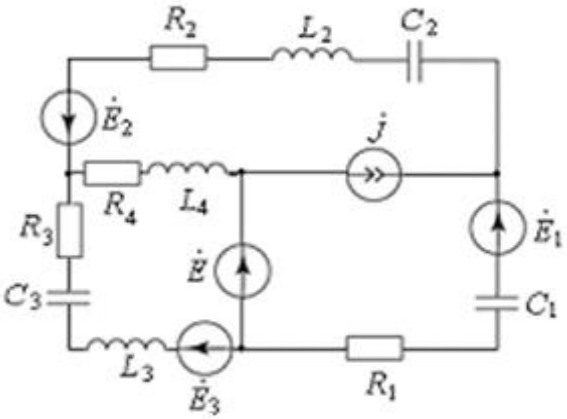
2.5 сурет



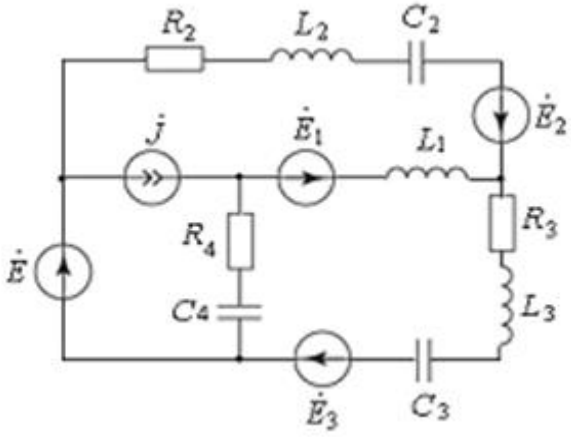
2.6 сурет



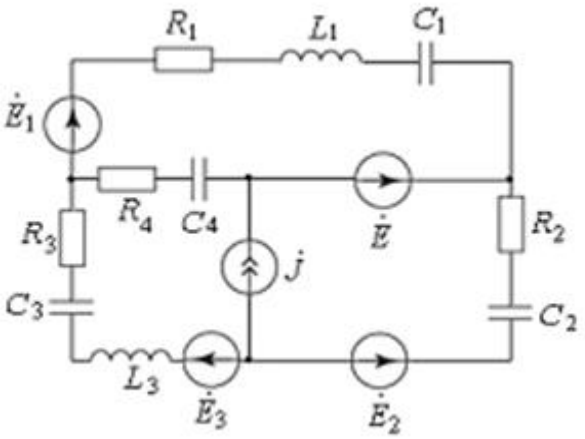
2.7 сурет



2.8 сурет



2.9 сурет



2.10 сурет

3 Есептеу- сызба жұмысы №3. Синусоидалы емес токтың сызықты электр тізбегін есептеу

Жұмыстың мақсаты: беттесу әдісін қолдана отырып, синусоидалы емес токтың сызықты электр тізбегін есептеу.

Электр тізбегіне (3.1 - 3.10 суреттер) $e(t)$ синусоидалы емес периодикалық ЭҚК қосылған. 3.1 кесте бойынша сұлба нөмірі таңдап алынады. 3.1 кесте бойынша алынған $e(t)$ синусоидалы емес периодикалық ЭҚК сызбалары, 3.11-3.16 суреттерде көрсетліген. ЭҚК E_m максималды мәні және ЭҚК көзінің f жиілігі 3.1 кестеде берілген. 3.2 және 3.3 кестелерде сұлба көрсеткіштерінің мәні жазылған.

Талап етіледі:

1) Синусоидалы емес периодтық ЭКҚ гармоникалық құрамын анықтау және үш гармоника үшін оның амплитудасының спектрін құру.

2) Электр тізбегінің барлық тармақталған бөлігіндегі үш гармоника бойынша синусоидалы емес токтардың жылдам және әоекет етуші мәнін есептеу.

3) Электр тізбегімен тұтынылатын активті P, реактивті Q және толық S қуатын есептеу.

4) Амплитуда спектрін және үш гармоника бойынша есептелген токтың жылдам мәндерінің графигін құру.

3.1 к е с т е

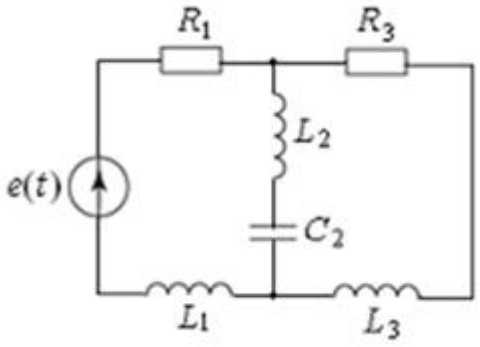
Оқуға түскен жылы	Тегінің бірінші әріпі									
Жұп	АӘ БВ	ГҒ ДЕ	ЖЗ ИЫ	КҚ Л	МН ІҮ	ОӨ ПР	СТ УҰ	ХФ Ц	ЧШ Щ	ЭЮ Я
Тақ	ЭЮ Я	ЧШ Щ	ХФ Ц	СТ УҰ	ОӨ ПР	МН ІҮ	КҚ Л	ЖЗ ИЫ	ГҒ ДЕ	АӘ БВ
Сұлба №	4.1	4.2	4.3	4.4	4.5	4.6	4.7	4.8	4.9	4.10
$e(t)$ ЭҚК сызбасы	4.16	4.15	4.14	4.13	4.12	4.11	4.16	4.15	4.14	4.13
E_m, В	45	50	40	35	30	25	20	55	40	60
f,кГц	1,5	0,8	1,2	2,0	0,6	1,2	0,5	1,5	2,0	1,5

3.2 к е с т е

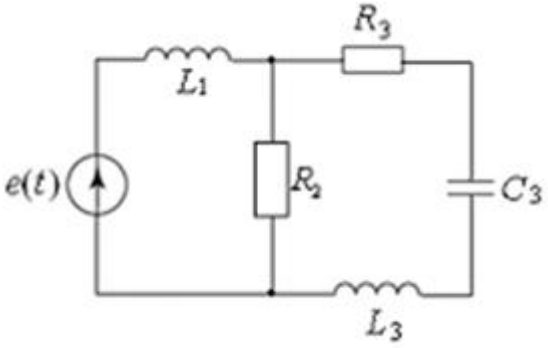
Оқуға түскен жылы	Сынақ кітапшасының соңғы саны									
Жұп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тақ	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
R_1, Ом	50	40	60	70	100	45	50	80	100	75
R_2, Ом	60	70	100	150	85	90	60	65	45	50
R_3, Ом	100	60	50	40	30	80	65	50	80	40

3.3 к е с т е

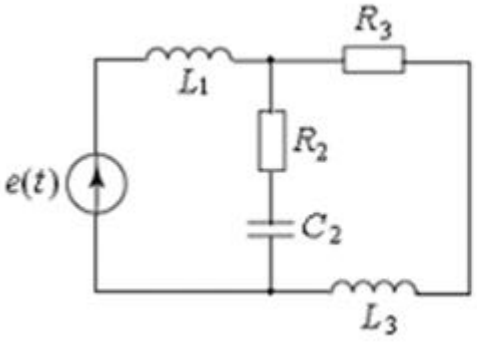
Оқуға түскен жылы	Сынақ кітапшасының соңғы санының алдыңғы саны									
Жұп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тақ	0	9	8	7	6	5	4	3	2	1
L_1, мГн	10	8	5	6	3,5	4	3	10	8	5
L_2, мГн	5,0	6,0	4,0	3,5	2,5	2,0	3,0	4,5	5,0	4,0
L_3, мГн	3,0	10	3,0	4,0	2,0	10	6,0	8,0	5,0	2,5
C_1, мкФ	2,0	2,5	1,5	1,2	0,8	1,6	1,5	2,0	3,0	3,5
C_2, мкФ	1,5	2,0	1,0	2,5	1,6	3,0	2,0	3,0	4,0	0,5
C_3, мкФ	1,0	0,3	0,5	0,6	0,8	1,5	2,0	1,6	2,5	2,0



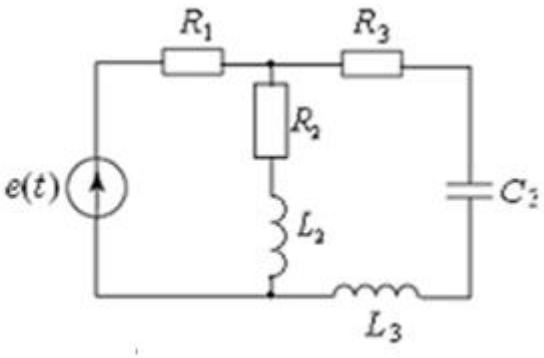
3.1 сурет



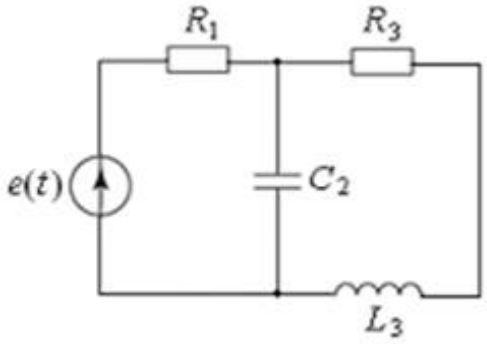
3.2 сурет



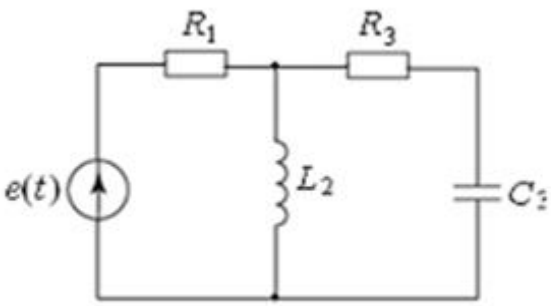
3.3 сурет



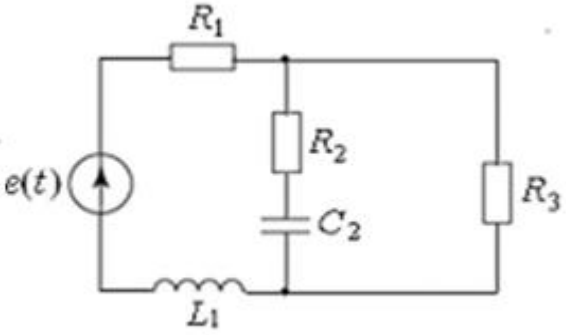
3.4 сурет



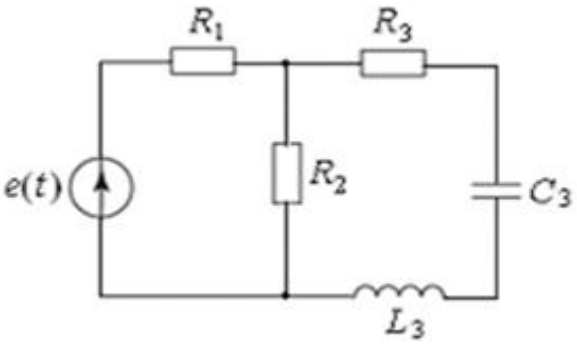
3.5 сурет



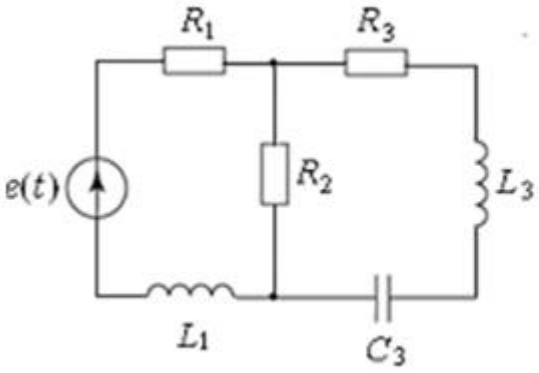
3.6 сурет



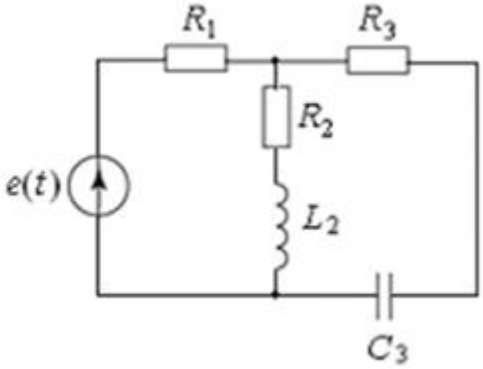
3.7 сурет



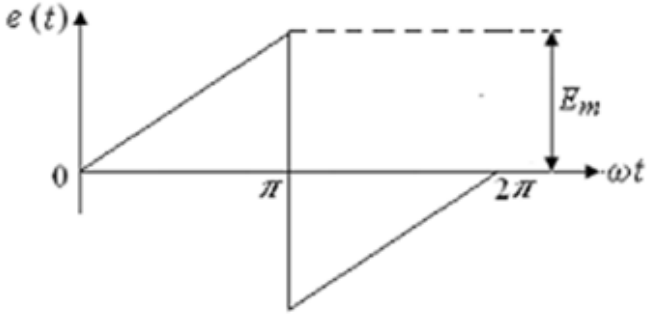
3.8 сурет



3.9 сурет

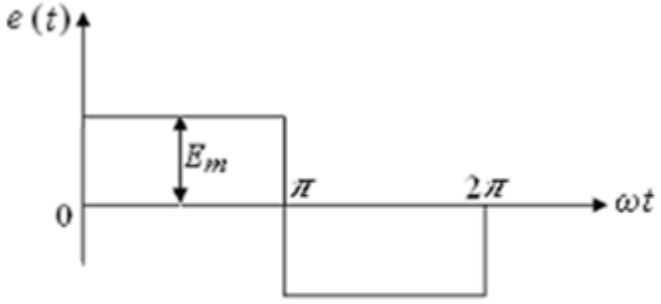


3.10 сурет



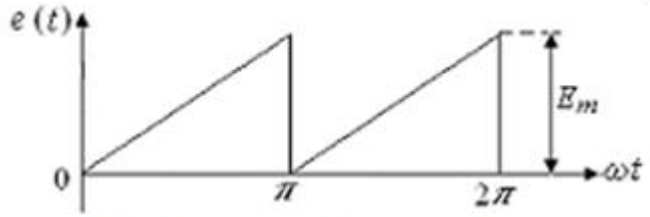
$$e(t)=\frac{2E_m}{\pi}(\sin\omega t-\frac{1}{2}\sin 2\omega t+\frac{1}{3}\sin 3\omega t+...)$$

3.11 сурет



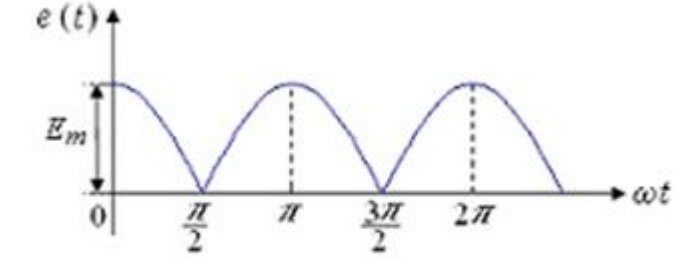
$$e(t)=\frac{4E_m}{\pi}(\sin\omega t+\frac{1}{3}\sin 3\omega t+\frac{1}{5}\sin 5\omega t+...)$$

3.12 сурет



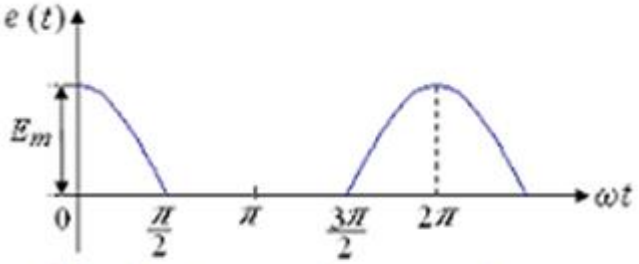
$$e(t)=\frac{E_m}{2}-\frac{E_m}{\pi}(\sin\omega t+\frac{1}{2}\sin 2\omega t+\frac{1}{3}\sin 3\omega t+...)$$

3.13 сурет



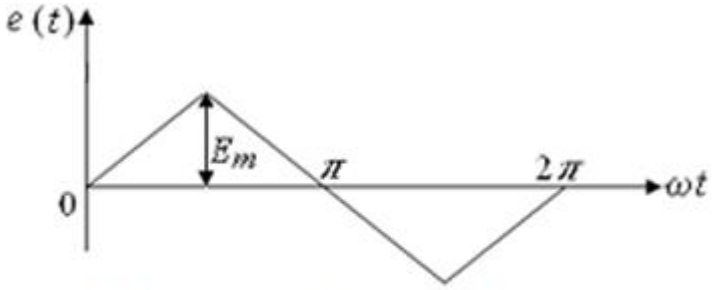
$$e(t)=\frac{4E_m}{\pi}\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{3}\cos 2\omega t-\frac{1}{15}\cos 4\omega t+\frac{1}{35}\cos 6\omega t\ldots\right)$$

3.14 сурет



$$e(t)=\frac{2E_m}{\pi}\left(\frac{1}{2}+\frac{\pi}{4}\cos\omega t+\frac{1}{3}\cos 2\omega t-\frac{1}{15}\cos 4\omega t+\ldots\right)$$

3.15 сурет



$$e(t)=\frac{8E_m}{\pi^2}\left(\sin\omega t-\frac{1}{9}\sin 3\omega t+\frac{1}{25}\sin 5\omega t+\ldots\right)$$

3.16 сурет

4 Есептеу –сызба жұмыстарын орындауға әдістемелік нұсқау

4.1 №1 есептеу-графикалық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар. «Тұрақты токтың сызықты электр тізбегін есептеу»

4.1.1 Кирхгоф заңдары.

Кирхгофтың бірінші заңы: электр тізбегінің торабындағы токтардың алгебралық қосындысы нөлге тең:

$$\sum_{K=1}^{n} I_K = 0.$$

Түйінге қарай бағытталған токтар оң «+» таңбамен жазылады, ал түйіннен кері бағытталған токтар теріс «-» таңбамен жазылады (немесе керісінше).

Кирхгофтың бірінші заңы бойынша түзілетін теңдеулер саны:

$$N_{1КЗ} = N_{туй} - 1,$$

мұнда $N_{туй}$ - тізбектегі түйіндер саны.

Кирхгофтың екінші заңы: электр тізбегінің кез келген жабық контурында осы контурға кіретін кедергілердегі кернеудің алгебралық қосындысы ЭҚҚ алгебралық қосындысына тең:

$$\sum_{K=1}^{n} R_K I_K = \sum_{K=1}^{n} E_K .$$

Кернеу $R_K I_K$ егер токтың I_K оң бағыты контурдың айналып өту бағытына сәйкес келсе «+» белгісімен, егер тоқтың I_K бағыты контурдың айналып өту бағытына қарама-қарсы болса «-» белгісімен жазылады;

Контурды айналып өту бағытына сәйкес келетін ЭҚҚ E_K «+» белгісімен, ал контурдың айналып өтуге қарсы бағытталған ЭҚҚ E_K «-» белгісімен белгіленеді.

Кирхгоф заңдары бойынша алынатын теңдеулер саны:

$$N_{КЗ} = N_{тарм} - N_T,$$

мұнда $N_{тарм}$ - тармақтар саны;

N_T - ток көзі бар тармақтар саны.

Кирхгофтың екінші заңы бойынша алынатын теңдеулер саны $N_{2КЗ} = N_{КЗ} - N_{1КЗ}$ тең.

Кирхгоф заңдары бойынша теңдеулерді құру тәртібі:

а) тізбек тармақтарындағы токтардың еркін оң бағыттарын таңдайды және Кирхгофтың бірінші заңы бойынша тізбек түйіндері үшін теңдеулерді жазады;

б) ток көздері жоқ тәуелсіз (егер әрбір келесі контурдың кемінде бір жаңа тармағы бар болса, контурлар тәуелсіз) таңдайды, осы контурларды айналып өту бағыттарын ерікті түрде таңдайды, содан кейін Кирхгофтың екінші заңы бойынша осы контурлар үшін теңдеулерді жазады.

4.1.2 Контурлық токтар әдісі (КТӘ).

Контурлық токтар әдісі жүйе теңдеулерінің санын $N_{KTA} = N_{2K3} - N_T$ санға дейін азайтуға мүмкіндік береді. КТӘ электр тізбегінің әрбір тәуелсіз контурында өзінің контурлық тогы енгізілуіне негізделген. Электр тізбегінің кез келген тармағы бойынша ең болмағанда бір контурлық ток өтуі тиіс. Контурлық токтарды анықтау үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша теңдеулер құрылады. Кез келген тармақтардағы ток осы тармақ бойынша өтетін контурлық токтардың алгебралық қосындысы түрінде ұсынылуы мүмкін. Егер электр тізбегінде N_T ток көздері болса, онда осы контурлық токтардың әрқайсысы бір ток көзі арқылы өтетіндей N_T контурлық токтарды таңдау ұсынылады (*ток көзі бар тармақ арқылы тек бір контурлық тоқ өтуі мүмкін!*), сонда бұл контурлық токтар әдетте есеп шарттарымен берілетін ток көзінің тоқтарымен сәйкес келеді және осы токтар үшін теңдеулер құрылмайды. Контурлық токтардың теңдеулері мынадай түрде жазылады:

$$\left.\begin{array}{l} R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} + R_{13}I_{33} + ... + R_{1K}I_{KK} + \sum\limits_{1} J_n R_{1n} = E_{11} \\ R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} + R_{23}I_{33} + ... + R_{2K}I_{KK} + \sum\limits_{2} J_n R_{2n} = E_{22} \\ ..... \\ R_{K1}I_{11} + R_{K2}I_{22} + R_{K3}I_{33} + ... + R_{KK}I_{KK} + \sum\limits_{K} J_n R_{Kn} = E_{KK} \end{array}\right\}, \qquad (4.1)$$

мұнда R_{mm} - осы контурға кіретін тармақтардың қарсыласу қосындысына тең өзіндік m контурының кедергісі;

R_{mp} - m және p контурларының жалпы кедергісі (егер осы тармақ бойынша өтетін контурлық токтардың бағыттары бірдей болса $R_{mp} > 0$, егер осы тармақ бойынша өтетін контурлық токтардың бағыттары қарама-қарсы болса $R_{mp} < 0$, тек тәуелсіз көздері бар тізбектер үшін $R_{mp} = R_{pm}$);

$J_n R_{pn}$ - ток көздері бар p контурының және n контурының жалпы тармағының кедергісіндегі кернеу R_{pn} (егер осы тармақ бойынша өтетін токтардың I_{pp} және J_n бағыттары бірдей болса $R_{pn} > 0$, осы тармақ бойынша өтетін токтардың I_{pp} және J_n бағыттары қарама-қарсы болса $R_{pn} < 0$);

E_{pp} - «p» контурының ЭКҚ алгебралық қосындысы, бағыты контурлық токтың I_{pp} бағытымен сәйкес келетін ЭКҚ «+» белгісімен жазылады, олай болмаған жағдайда ЭКҚ «-» таңбасымен жазылады.

4.1.3 Түйіндік потенциалдар әдісі (ТПӘ).

Түйіндік потенциалдар әдісі жүйе теңдеулерінің санын $N_{TПA} = N_{туй} - N_Э - 1$ санға дейін азайтуға мүмкіндік береді, мұнда $N_Э$ - идеалды

ЭКҚ көздері бар тармақтардың саны. Мәні электр тізбегінің түйіндерінің потенциалдарын анықтаудан тұрады, токтар Ом заңы бойынша есептеледі. Теңдеулерді түйіндік потенциалдар әдісімен құрастырған кезде түйіндерінің бірінің потенциалы нөлге тең деп қабылданады, қалған тораптардың потенциалдарын анықтау үшін (4.2) теңдеулер құрылады. Егер электр сұлбасы ЭКҚ E идеалды көзі бар және нөлге тең қарсылығы бар бір ғана тармақты қамтыса, онда түйіндік потенциалдар әдісі бойынша теңдеулері құру кезінде осы тармақ қосылған түйіндердің бірінің потенциалы нөлге теңестіріледі. Сонда осы тармаққа қосылған басқа түйіннің потенциалы $\pm E$ тең болады. Егер сұлбада идеалды ЭКҚ көздері бар тармақтар болмаса, онда сұлбаның кез келген торабы жерге қосылады:

$$\left.\begin{aligned} g_{11}\varphi_1 - g_{12}\varphi_2 - \ldots - g_{1y}\varphi_y &= \sum_1 Eg + \sum_1 J \\ -g_{21}\varphi_1 + g_{22}\varphi_2 - \ldots - g_{2y}\varphi_y &= \sum_2 Eg + \sum_1 J \\ -g_{y1}\varphi_1 - g_{y2}\varphi_2 - \ldots + g_{yy}\varphi_y &= \sum_y Eg + \sum_y J \end{aligned}\right\}, \qquad (4.2)$$

мұнда g_{pp} – p түйініне қосылған тармақтардың өткізгіштік қосындысына тең «p» түйінінің меншікті түйіндік өткізгіштігі;

g_{mp} – p және m түйіндерінің жалпы түйіндік өткізгіштігі p және m түйіндерін қосатын тармақтардың өткізгіштік жиынтығына тең (тек тәуелсіз көздері бар тізбек үшін $g_{mp}=g_{pm}$);

$\sum_p Eg$ - осы тармақтардың өткізгіштігіне p түйініне қосылған тармақтар ЭКҚ туындыларының алгебралық қосындысы «+» белгісімен p түйініне жіберілген ЭКҚ, «-» белгісімен p түйінінен жіберілген ЭКҚ жазылады;

$\sum_p J$ - p түйініне жалғанған ток көздерінің алгебралық қосындысы, «+» белгісімен p түйініне жіберілген токтар жазылады, «-» белгісімен p түйінінен жіберілген токтар жазылады.

4.1.4 Қуаттар балансы.

Кез келген тұйық электр тізбегінде барлық энергия көздері қуаттарының қосындысы қабылдағыштарда жұмсалатын қуаттардың қосындысына тең:

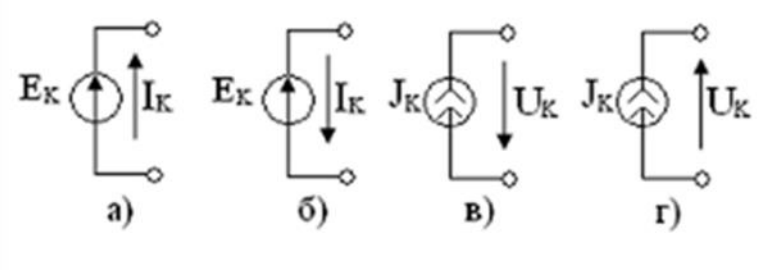
$$\sum_{K=1}^{n} P_K = \sum_{K=1}^{n} P_Ж \qquad (4.3)$$

мұнда $\sum_{K=1}^{n} P_K = \sum_{K=1}^{n} (E_K I_K + U_K J_K)$ - ЭКҚ көздері мен ток көздерінің қуаттарының алгебралық қосындысы;

$E_K I_K$ - ЭҚҚ көзінің қуаты E_K, егер ЭҚҚ E_K бағыты мен токтың I_K оң бағыты бірдей болса $E_K I_K > 0$ (4.1, а сурет), егер ЭҚҚ E_K бағыты мен тоқтың I_K оң бағыты қарама-қарсы болса $E_K I_K < 0$, (4.1, б сурет);

$U_K J_K$ - тоқ көзінің қуаты, U_K - ток көзінің қысқыштарындағы кернеу, егер U_K және J_K 4.1, в суретте көрсетілгендей бағытталса $U_K J_K > 0$, егер U_K және J_K 4.1, г суретте көрсетілгендей бағытталса $U_K J_K < 0$;

$\sum_{K=1}^{n} P_Ж = \sum_{K=1}^{n} I_K^2 R_K$ - қабылдағыштарда жұмсалатын қуаттардың арифметикалық қосындысы.



4.1 сурет

4.2 №2 есептеу-сызбалық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар. «Синусоидалы токың сызықты электр тізбегін есептеу»

4.2.1 Дифференциалды түрдегі Кирхгоф заңдары.

Дифференциалды түрдегі Кирхгоф заңдары синусоидалы тоқтардың және кернеулердің лездік мәндері үшін жазылады.

Кирхгофтың бірінші заңы: сұлба түйініндегі лездік тоқ мәндерінің алгебралық қосындысы нөлге тең:

$$\sum_{K=1}^{n} i_K = 0. \qquad (4.4)$$

«+» белгісімен оң бағыттары қаралатын түйінге бағытталған токтар i_K жазылады, «-» белгісімен оң бағыттары осы түйіннен бағытталған (немесе керісінше) токтар i_K жазылады.

Кирхгофтың екінші заңы: сұлбаның кез келген тұйықталған контурында кернеудің барлық көздерінің лездік ЭҚҚ алгебралық қосындысы сол контурдың барлық қалған элементтеріндегі кернеудің түсу лездік мәндерінің алгебралық қосындысына тең:

$$\sum_{K=1}^{n} (R_K i_K + L_K \frac{di_K}{dt} + \frac{1}{C_K} \int i_K dt) = \sum_{K=1}^{n} e_K. \qquad (4.5)$$

Кирхгофтың екінші заңы сұлбаның тәуелсіз контурлары үшін жазылады, тәуелсіз контурлар тұрақты ток тізбектері сияқты таңдалады. «+»

белгісімен, егер токтардың i_K оң бағыттары мен контурдың айналып өту бағыты сәйкес келсе, лездік кернеулер e_K жазылады, олай болмаған жағдайда кернеу e_K «-» белгісімен жазылады.

4.2.2 Кешенді түрдегі Кирхгоф заңдары.

Кирхгоф заңдары кешенді (символдық) түрдегі кешенді амплитудалар немесе токтардың, кернеулердің, ЭКҚ кешенді қолданыстағы мәндері үшін жазылады.

Сұлба түйінінде кешенді токтардың алгебралық қосындысы нөлге тең:

$$\sum_{K=1}^{n} \dot{I}_K = 0. \qquad (4.6)$$

«+» белгісімен қарастырылатын түйінге бағытталған токтар $\dot{I}_K$ жазылады, «-» белгісімен осы түйіннен (немесе керісінше) жіберілген токтар $\dot{I}_K$ жазылады.

Сұлбаның кез келген тұйықталған контурындағы барлық кернеу көздерінің кешенді ЭКҚ алгебралық қосындысы сол контурдың барлық қалған элементтеріндегі кешенді кернеулердің алгебралық қосындысына тең:

$$\sum_{K=1}^{n}(R_K\dot{I}_K + j\omega L_K\dot{I}_K - j\frac{1}{\omega C_K}\dot{I}_K) = \sum_{K=1}^{n}\dot{E}_K$$

немесе

$$\sum_{K=1}^{n}\underline{Z}_K\dot{I}_K = \sum_{K=1}^{n}\dot{E}_K\ , \qquad (4.7)$$

мұнда $\underline{Z}_K = R_K + j(x_{L_K} - x_{C_K}),\quad x_{L_K} = \omega L_K,\ x_{C_K} = 1/\omega C_K;$

$\dot{U}_{R_K} = R_K\dot{I}_K -$ активті кедергідегі кешенді кернеу;

$\dot{U}_{L_K} = j\omega L_K\dot{I}_K = jx_{L_K}\dot{I}_K -$ индуктивтіліктегі кешенді кернеу;

$\dot{U}_{C_K} = -j1/\omega C_K\dot{I}_K = -jx_{C_K}\dot{I}_K -$ сыйымдылықтағы кешенді кернеу.

Кернеулер $\dot{U}_{R_K}, \dot{U}_{L_K}, \dot{U}_{C_K}$ «+» белгісімен жазылады, егер токтардың $\dot{I}_K$ оң бағыттары мен контурдың айналып өту бағыты сәйкес келсе, олай болмаған жағдайда кернеулер «-» белгісімен жазылады. Егер оң бағыттар $\dot{E}_K$ мен контурды айналып өту бағыты сәйкес келсе, ЭКҚ $\dot{E}_K$ «+» белгісімен жазылады, олай болмаған жағдайда «-» белгісімен жазылады.

Синусоидалы ток тізбектері үшін кешенді түрдегі Кирхгоф заңдарын білдіретін теңдеулер тұрақты ток тізбектері үшін Кирхгоф заңдарын білдіретін теңдеулерге ұқсас. Демекк, синусоидалы тоқ тізбектерін кешенді әдіспен есептеу тұрақты ток тізбектерін есептеуге толық ұқсас. Тұрақты ток тізбектерін есептеудің барлық әдістері (КТӘ, ТПӘ және т.б.) синусоидалы ток

тізбектерін есептеу үшін қолданылады, тек ЭКҚ, кернеу, токтар және кедергілер комплексті шамалар түрінде теңдеулерге кіреді. Тұрақты және синусоидалы ток тізбектері есептеуінің мұндай толық ұқсастығы болмаған кезде ғана орын алады.

4.2.3 Қуаттар балансы.

Кешенді қуаттар балансының теңдеуі:

$$\sum_{K=1}^{n}\tilde{S}_K = \sum_{K=1}^{n}\tilde{S}_Ж$$

немесе

$$\sum_{K=1}^{n}(\dot{E}_K \overset{*}{I}_K + \dot{U}_K \overset{*}{J}_K) = \sum_{K=1}^{n}\underline{Z}_K I_K^2, \qquad (4.8)$$

мұнда $\underline{Z}_K = R_K + j(x_{LK} - x_{CK})$ – к-тармағының кешенді кедергісі;

$\dot{U}_K$ – ток көзіндегі кернеу;

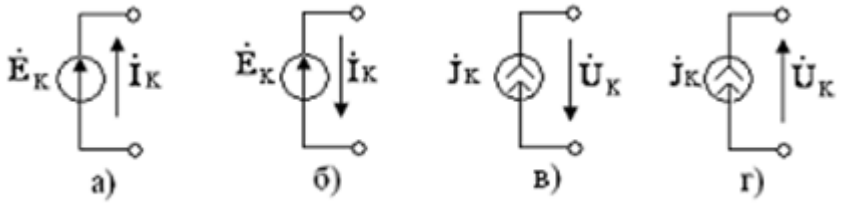
$\overset{*}{J}_K$ – ток көзінің тогымен ұштасқан кешенді ток;

$\overset{*}{I}_K$ – к-тармағының тоғымен ұштасқан кешенді ток $\dot{I}_K$;

$\dot{E}_K \overset{*}{I}_K$ - ЭКҚ көзінің кешенді қуаты, егер ЭКҚ $\dot{E}_K$ бағыты және токтың $\dot{I}_K$ оң бағыты бірдей болса $\dot{E}_K \overset{*}{I}_K > 0$, керісінше жағдайда $\dot{E}_K \overset{*}{I}_K < 0$ (4.2, а,в сурет);

$\dot{U}_K \overset{*}{J}_K$ - ток көзінің кешенді қуаты, $\dot{U}_K$ және $\dot{J}_K$ 4.2, в суретте көрсетілгендей бағытталса $\dot{U}_K J^*_K > 0$, егер $\dot{U}_K$ және $\dot{J}_K$ 4.2, г суретте көрсетілгендей бағытталса $\dot{U}_K J^*_K < 0$;

$\sum_{K=1}^{n}\underline{Z}_K I_K^2$ - қабылдағыштардың кешенді қуаттарының арифметикалық қосындысы.



4.2 сурет

4.3 №2 есептеу-сызбалық жұмысты орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар. «Синусоидалы емес тоқтың сызықты электр тізбегін есептеу»

Синусоидалы емес периодтық қоректену көзі бар сызықты электр тізбектерін есептеу үш кезеңге бөлінеді.

4.3.1 синусоидалы емес периодикалық функцияларды (ЭКҚ және ток көздерінің токтары) Фурье тригонометриялық қатарға жіктеу:

$$f(t) = A_0 + \sum_{k=1}^{\infty} A_{km} \sin(k\omega t + \psi_k), \tag{4.9}$$

мұнда A_0 – тұрақты құрамдас немесе нөлдік гармоника;

$A_{1m} \sin(\omega t + \psi_1)$ – 1-ші немесе негізгі гармоника;

k – гармоника тәртібі;

$A_{km} \sin(k\omega t + \psi_k)$, $k > 1$ кезде - жоғарғы гармоника;

A_{km} – k-ші гармониканың амплитудасы;

ψ_k - k-ші гармониканың бастапқы фазасы;

$k\omega$ – k-ші гармониканың жиілігі;

$\omega = 2\pi/T$ – синусоидалы емес функцияның және 1-ші гармониканың бұрыштық жиілігі;

T – синусоидалы емес функция және 1-ші гармоника кезеңі;

$T_k = 2\pi/ k\omega$ – k-ші гармониканың кезеңі.

4.3.2 Әр гармоникалық құрамдастар үшін жеке тізбектегі токтар мен кернеулерді есептеу және салу принципін қолдану.

Фурье қатарына синусоидалы емес мерзімді әсерлердің ыдырау мүмкіндігі әр гармоника үшін жеке-жеке тұрақты және синусоидалы токтары бар тізбектерді есептеуге есептеу жасауға мүмкіндік береді. Мұндай жағдайда ізделінетін токтардың және кернеулердің лездік мәндері есептеу кезінде табылған ток пен кернеудің тұрақты және гармоникалық құрамдастарын қосу жолымен салу принципі негізінде анықталады.

Тізбекті есептеу кезінде әрбір синусоидалы құрамдауыш үшін кешенді әдіспен қолдануға болады. k-ші гармоника үшін индуктивті және сыйымдылық кедергі тең:

$$x_{L(k)} = k\omega L = k x_{L_{(1)}}; \qquad x_{C_{(k)}} = \frac{1}{k\omega C} = \frac{x_{C(1)}}{k}. \tag{4.10}$$

4.3.3 Есептелген гармониканы алгебралық қосу жолымен салу принципіне сәйкес ізделінетін шамаларды табу.

Мысалы, сызықты электр тізбегінде синусоидалы емес периодтық ЭКҚ көзі әрекет етеді. Синусоидалы емес ЭКҚ-ны тұрақты және синусоидалы құрауыштардың қосындысы түрінде елестетеміз:

$$e(t) = E_0 + E_{1m} \sin(\omega t + \psi_{e1}) + E_{km} \sin(k\omega t + \psi_{ek}).$$

Бұл жағдайда синусоидалы емес ЭКҚ әрекеті үш тізбектей жалғанған (4.3 сурет) ЭКҚ көздерінің әсеріне ұқсас:

$$\mathrm{E}_0,\ e_1 = E_{1m}\sin(\omega t + \psi_{e1});\ e_k = E_{km}\sin(k\omega t + \psi_{ek}).$$

4.3 сурет

Әрбір жеке ЭҚК тұратын бөліктің токтарын анықтау үшін, беттесу әдісін қолданамыз. ЭҚК гармоникалық құрамдастарының әрқайсысында: E_0, e_1, e_k, жасалған қандай да бір тармақтардағы токтар, сәйкесінше тең:

$$I_0,\ i_1 = I_{1m}\sin(\omega t + \psi_{i1});\ i_k = I_{km}\sin(k\omega t + \psi_{ik}).$$

Осы тармақтағы токтың лездік мәні токтың гармоникалық құрамдастарының жиынтығына тең:

$$i(t) = I_0 + I_{1m}\sin(\omega t + \psi_{i1}) + I_{km}\sin(k\omega t + \psi_{ik}) = I_0 + i_1 + i_k.$$

Демек, синусоидалы емес периодтық ЭКҚ бар сызықты электр тізбектерін есептеу тұрақты ЭКҚ-мен және синусоидалы ЭКҚ бар есептердің n есебін шешуге болады, мұнда n – әртүрлі жиіліктегі синусоидалы ЭКҚ-нің құрамдастарының саны.

Периодтық синусоидалы емес функцияның әрекет етуші мәні тұрақты құрамдас квадраттар қосындысының квадратының түбіріне және барлық гармониканың қолданыстағы мәндеріне тең:

$$A = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} A_k^2}.$$

Синусоидалы емес токтың (P) активті қуаты жеке гармоникалық (P_k) автивті қуаттарының қосындысына тең:

$$P = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} \frac{U_{km} I_{km}}{2}\cos(\psi_{uk} - \psi_{ik}) = U_0 I_0 + \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \cos\varphi_k = \sum_{k=0}^{\infty} P_k.$$

Синусоидалы емес токтың реактивті қуаты (Q) біріншісін қоспағанда, жекелеген гармоникалық құрамдастарының реактивті қуаттарының жиынтығына тең:

$$Q = \sum_{k=1}^{\infty} U_k I_k \sin\varphi_k = \sum_{k=1}^{\infty} Q_k.$$

Толық қуат синусоидалы емес токтың әрекет етуші мәніне синусоидалы емес кернеудің әрекет етуші мәнінің туындысына тең:

$$S = UI = \sqrt{\sum_{k=0}^{\infty} U_k^2 \sum_{k=0}^{\infty} I_k^2}.$$

5 Есептеу –сызба жұмыстарын безендіру және орындау талаптары

1. Есептеу – сызба жұмысының құрамы:
а) алғашқы бет;
б) мазмұны;
в) кіріспе;
г) тапсырма;
д) негізгі бөлім;
е) қорытынды (тұжырым);
ж) әдебиеттер тізімі;
к) қосымша.

2. Тапсырма мәтінінде өз нұсқасы үшін сандық мәндері және суреттері болуы тиіс.

3. Есептеу – сызба жұмысының әр бөлімінің атауы болуы қажет.

4. Есептеу – сызба жұмысының орындау да қолжазба немесе компьютерде Times New Roman кегль 14 шрифі арқылы терілуі тиіс. Мәтін А4 форматты қағазының бір жақ бетіне ғана жазылады. Беттің төрт жақ қабырғасынан арнайы келтірілген аралықтарды қалтыру керек: 25 мм- сол жағы, 18 мм- оң жағы, 20 мм- жоғарғы жақ бөлігі, 25 мм- төменгі жақ бөлігі.

5. Алғашқы беттен бастап барлық беттердің нөмірі болуы тиіс. Нөмір беттің төменгі жақ бөлігінің ортасында нүктесіз жазылады.

6. Есептер түсіндірме жолымен жазылуы керек. Тек есептеу жолы менқортынды нәтижесін жазуға болмайды. Егер жұмыстың есептелуі және түсіндірмесі қысқартылған болса, ол жұмыс қорғауға жіберілмей студенттің өзіне толықтырылуы үшін қайтарылады.

7. Суреттер, сызбалар сондай-ақ сұлбалар нөмірленген және ұқыпты орындалуы керек.

8. Сызбада міндетті түрде бейненің шамасының атауы және өлшем бірлігі көрсетілуі қажет. Диаграммаға немесе сызбаға пайдалануға ыңғайлы етіп, масштаб таңдап алу керек. Таңдап алынған масштабқа байланысты сызбаның немесе диаграммалардың шкалалары жазылады.

9. Белгілі бір өлшемі бар шамаларды соңғы қорытындының өлшем бірліктеріне сәйкес жазу қажет. Барлық электрлік шамалардың белгіленуі МСС сәйкес болуы тиіс.

10. Кіріспе негізінде осы бөлімді меңгергендігі қажет.

11. Есептеу – сызба жұмысын силлабустағы көрсетілген уақытқа дейін, тексеруге өткізілуі тиіс. Егер студент жұмысты өткізу уақытыннан кешіктірген жағдайда, жұмысқа қойылатын қортынды бағасы төмендетіледі.

А қосымшасы
Есептеу-сызба жұмысының алғашқы бетінің үлгісі

«АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ»
Коммерциалық емес акционерлік қоғамы

_____кафедрасы

№__ЕСЕПТЕУ-СЫЗБА ЖҰМЫСЫ

Пәні бойынша_____
_____

Тақырыбы_____
_____
_____

Мамандығы_____

Орындаған_____Топ_____
(Аты-жөні)

Қабылдаған_____
(аты-жөні лауазымы, дәрежесі)

_____ _____ «____» _____20___ж.
(бағасы) (қолы)

Алматы 20___ж.

Әдебиеттер тізімі

1 Основы теорий цепей. Бакалов В.П. – М.: «Горячая линия-Телеком, 2013. - 592 с.

2 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. - Т.1. – Санкт-Петербург: Питер, 2003.

3 Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. - Т.2. – Санкт-Петербург: Питер, 2003.

4 Жолдыбаева З.И., Зуслина Е.Х., Коровченко Т.И. Теория электрических цепей 1. Конспект лекций. – Алматы: АИЭС, 2007. – 79 с.

6 Жолдыбаева З.И., Коровченко Т.И. Теория электрических цепей: Учебное пособие. - Алматы: АИЭС, 2007. – 77 с.

7 Жолдыбаева З.И., Зуслина Е.Х. ТЭЦ2. Примеры расчета установившихся и переходных режимов в линейных электрических цепях с

сосредоточенными и распределенными параметрами: Учебное пособие. – Алматы, АУЭС 2010. - 80 с.

8 Жолдыбаева З.И., Зуслина Е.Х. Применение MathCad в теории электрических цепей: Учебное пособие. – Алматы, АУЭС 2012. - 83 с.

Мазмұны

Кіріспе……3
1 Есептеу-сызба жұмысы №1. Тұрақты токтың сызықты электр тізбегін есептеу……4
2 Есептеу-сызба жұмысы №2. Синусоидалы токтың сызықты электр тізбегін есептеу……7
3 Есептеу-сызба жұмысы №3. Синусоидалы емес токтың сызықты электр тізбегін есептеу……11
4 Есептеу –сызба жұмыстарын орындауға әдістемелік нұсқау ……16
5 Есептеу –сызба жұмыстарын безендіру және орындау талаптары ……25
А қосымшасы ……26
Әдебиеттер тізімі……27

2019 ж. жиынтық жоспар, реті. 60

Зухра Исламовна Жолдыбаева
Екатерина Хаскелевна Зуслина
Гулдана Кашкинбаевна Смагулова

ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІНІҢ ТЕОРИЯСЫ
СЫЗЫҚТЫ ЖӘНЕ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ТІЗБЕКТЕРІ

№ 1-3 есептеу-сызбалық жұмыстарға арналған әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар. 5В070400 – Есептеу техникасы және бағдарламалық қамтамасыз ету мамандығы үшін

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

Басылуға қол қойылды «___»_____ Формат 60х84 1/16
Таралымы 50 дана. Баспаханалық қағаз №1
Көлемі 1.75 оқу баспасы. Тапсырыс___. Баға 875 теңге.

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