



**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

**Электртехниканың
теориялық негіздері
кафедрасы**

ЭЛЕКТРОТЕХНИКАНЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

5B081200 мамандығының студенттері үшін есептік-сызба жұмыстарды
орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2014

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Денисенко В.И., Бекеева А.Н. ЭТН. Электртехниканың теориялық негіздері. Есептік-сызба жұмыстарын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулықтар. № 1-3-Алматы: АЭЖБУ, 2014.-31 б.

Есептік –сызба жұмыстарында ЭТН курсындағы мынандай тақырыптар бойынша «Тұрақты токтың сызықты электр тізбектері», « Бір фазалы синусоидалы токтың тізбектері», «Үш фазалы тізбектер» әдістемелік нұсқаулар мен тапсырмалар келтірілген. Есептік – сызба жұмыстар екінші курс студенттеріне арналған, 5В081200 – Ауыл шаруашылығының энергиямен қамтамасыздандырылуы.

Без. 34, кесте. 12, әдеб.көр. - 7 атау.

Пікір беруші: Курпенов Б. К.

«Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғам 2014 жылғы жоспары бойынша басылады.

Кіріспе

«Электртехниканың теориялық негіздері» (ЭТН) курсы оқығанда есептеу-графика (ЕГЖ) оның маңызды компоненті. ЕГЖ-н орындау студентке теориялық жағдайларды практикалық есептеу жасағанда қолдануға, электр тізбегін өз бетінше талдап үйренуге, ал олар ЭТН курсы жақсы меңгеруге көмектеседі.

Ұсынылып отырған әдістемелік құралда ЭТН-нің негізгі бөлімдерінің үш ЕГЖ-на тапсырмалар мен нұсқаулары бар. № 1 - ЕГЖ тұрақты токтың тарамдалған сызықты электр тізбегінің негізгі әдістерін қолдана отырып, есептеуге арналған. № 2 ЕГЖ-да бір фазалық синусоидалық токтың сызықты электр тізбегі кешендік әдіспен есептеледі. Симметриялы және симметриялы емес үш фазалы тізбектерді № 3 ЕГЖ-да есептейді.

Есептеу-графикалық жұмыстарын орындағанда мына шарттар орындалуы керек:

1) Өз нұсқасын таңдап, тапсырманың тексін ЕГЖ-нің түсініктемесіндегідей қысқартусыз көшіріп жазылуы керек.

2) ЕГЖ-ның әр кезеңіне атау беру керек, жұмыс қағаздың бір жақ бетіне орындалуы керек.

3) Түсініктемеде есептеу формулалары мен соңғы нәтижесін ғана емес, сонымен бірге оларды тексеруге мүмкіндік беретін арасындағы есептеулерді де көрсету керек.

4) Титулды бетте студенттің аты-жөні, тобы және нұсқасы көрсетілуі керек.

5) Анықталған өлшемдері бар параметрлер үшін сәйкес есептеу бірлігін жазу керек, комплекстің үстіне нүкте қою қажет.

6) Түйіндердің, параметрлердің, резисторлардың, индуктивтіктердің, сыйымдылықтардың аттарын, токтың және кернеудің оң бағыттарын өзгертпеу керек.

7) Лездік шамалардың қисығы, векторлық, топографиялық, шеңберлік диаграммалар қосымша жабыстырылған миллиметрлік немесе торлы қағазда орындалуы керек.

8) Графикте көрсетілген шамалардың аттарын жазу керек. Масштабты графикпен немесе диаграммамен жұмыс істеу ыңғайлы болатындай етіп таңдау керек. Түсініктемеде сұлбаларды сызғыш, циркульдi қолдана отырып, қарындашпен орындау керек.

9) Қолданылған әдебиеттің тізімін көрсету керек.

1 Тапсырма № 1. Тұрақты токтың тармақталған сызықты тізбегін есептеу.

1.1-1.3- кестелерінде және 1.1-1.20 суреттерінде берілген электр тізбектері үшін келесі тапсырмаларды орындау керек:

- 1) Кирхгоф заңдары бойынша теңдеу жүйесін құр.
- 2) Контурлық токтар және түйіндік потенциалдар әдістерімен барлық тармақтарда токты есептеп, екі әдіспен есептелген жауаптарды салыстырып, есептеу қателігін анықтау керек.
- 3) Активті қосполюстілік (эквивалентті генератор) әдісі арқылы 1.3-кестесінде берілген бір токты есептеп, контурлық токтар әдісі мен түйіндік потенциалдар әдісінде есептеген токпен салыстыру керек.

1.1 кесте

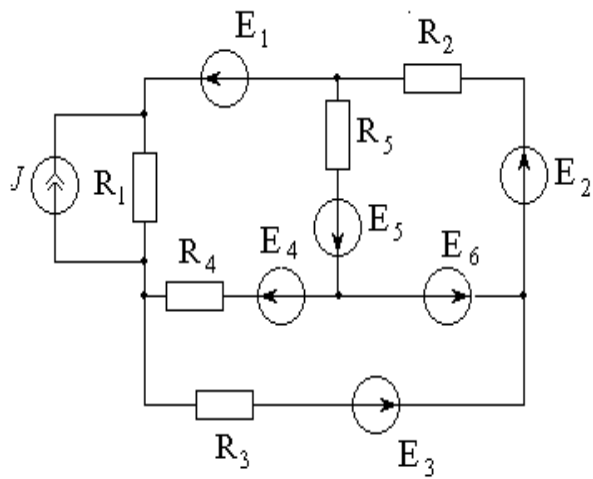
Түскен жылы	Студенттік кітапшасының соңғы саны									
тақ суреттің №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
жұп суреттің №	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$E_1, В$	100	0	0	200	150	0	0	0	250	0
$E_2, В$	0	120	200	180	0	150	0	180	200	150
$E_3, В$	120	0	150	0	200	180	100	250	100	0
$E_4, В$	250	180	0	0	250	200	150	200	0	250
$E_5, В$	0	250	100	250	0	0	200	0	0	120
$E_6, В$	200	100	250	150	180	120	220	150	200	100

1.2 кесте

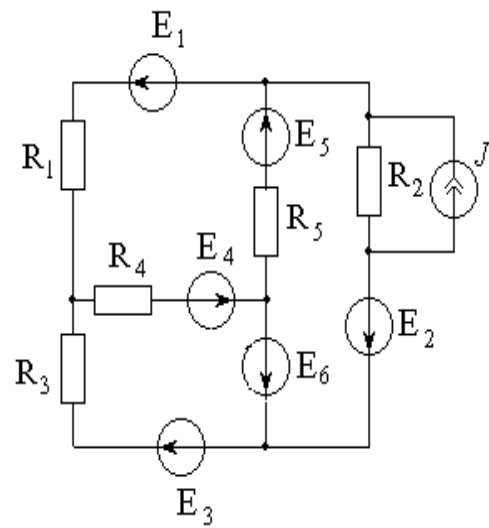
Түскен жылы	Студенттік кітапшасының соңғы санының алдындағы саны									
тақ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
жұп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$R_1, Ом$	30	80	60	30	20	100	60	90	30	70
$R_2, Ом$	70	40	20	80	50	80	50	70	80	50
$R_3, Ом$	90	60	50	60	70	20	20	90	60	30
$R_4, Ом$	40	40	70	90	30	90	80	30	20	20
$R_5, Ом$	60	90	90	40	100	40	60	50	50	40

1.3 кесте

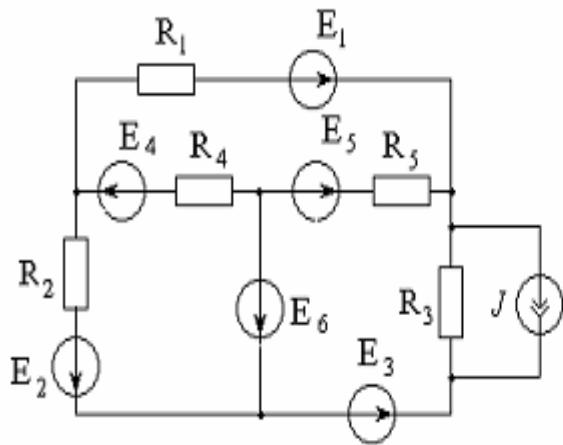
Түскен жылы	Аты-жөнінің бірінші әрпі				
тақ	ЕАЖНУ	МБОЗФЫ	ВИПХЦТ	ГКРЭЦЯ	ДЛСЮЧШ
жұп	ВИПХЦТ	ЕАЖНУ	ДЛСЮЧШ	МБОЗФЫ	ГКРЭЦЯ
J, A	2	5	3	4	6
Токты әдісімен есептеу ЭГ	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5



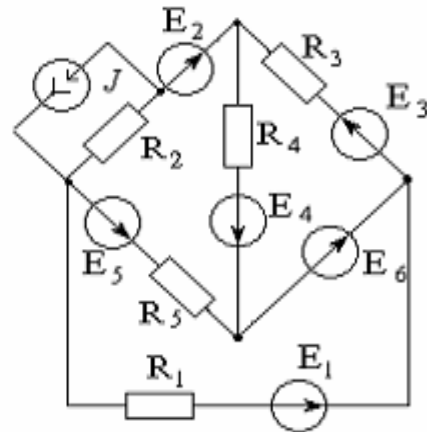
1.1 сурет



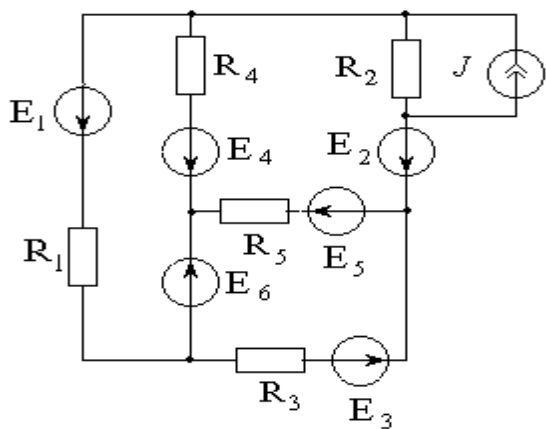
1.2 сурет



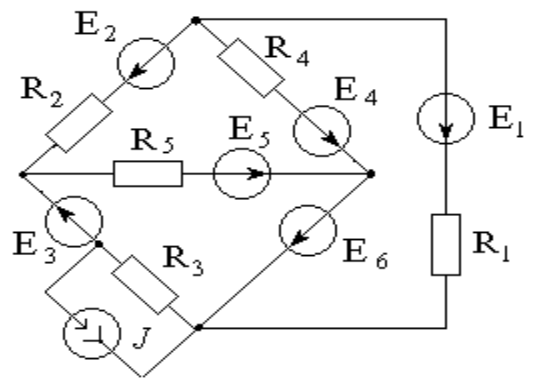
1.3 сурет



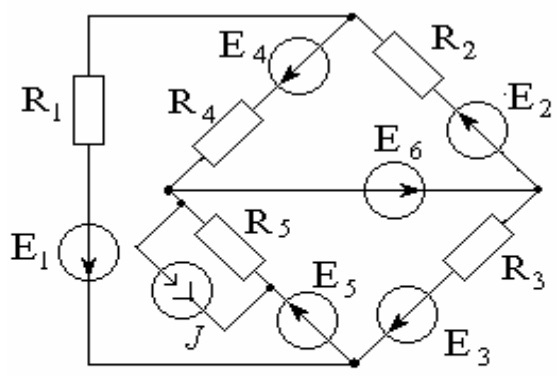
1.4 сурет



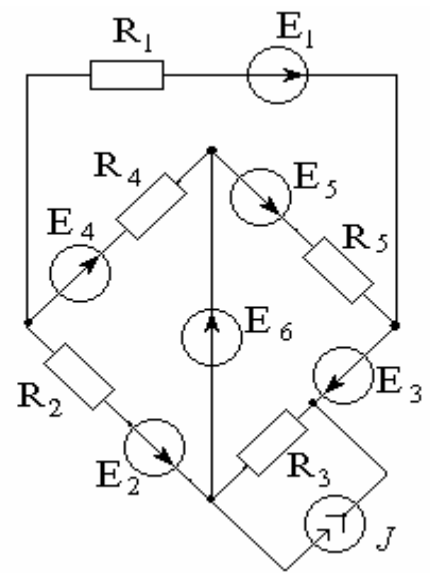
1.5 сурет



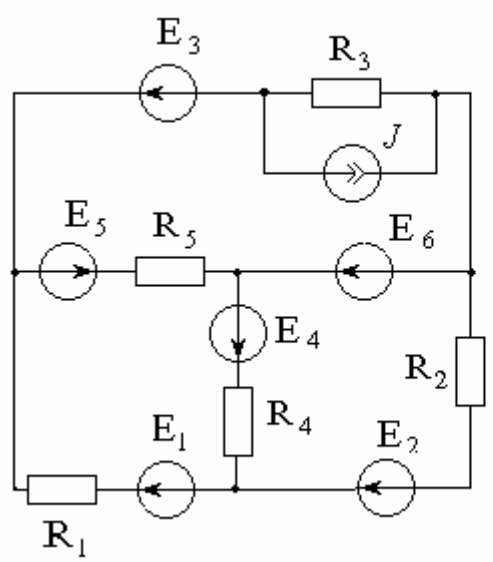
1.6 сурет



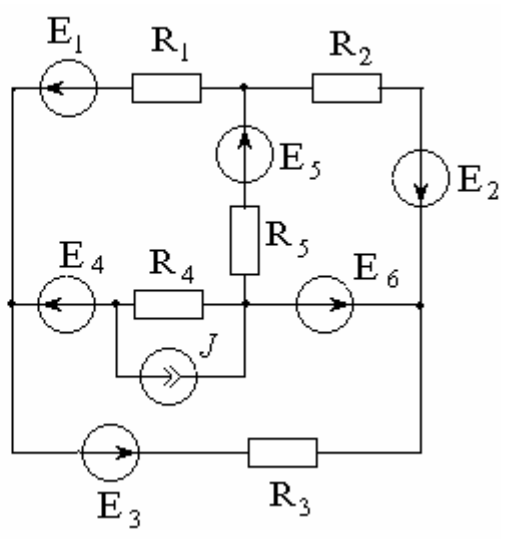
1.7 cyper



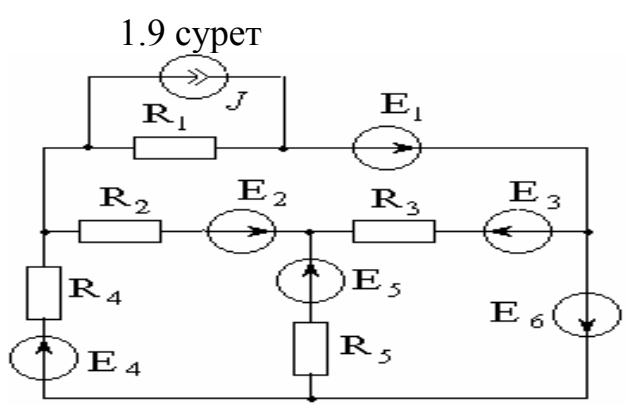
1.8 cyper



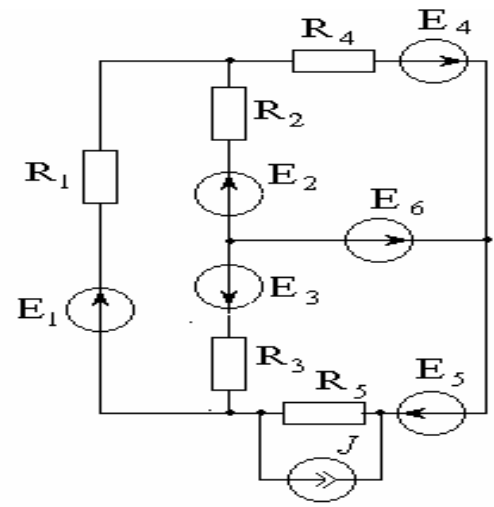
1.9 cyper



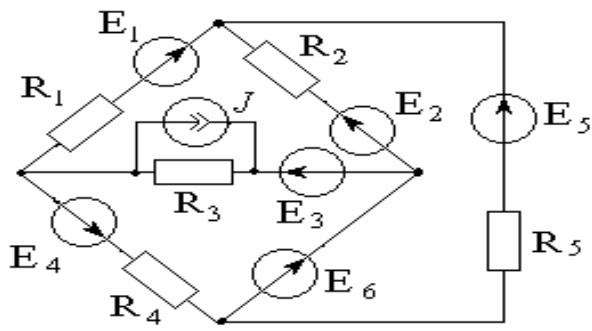
1.10 cyper



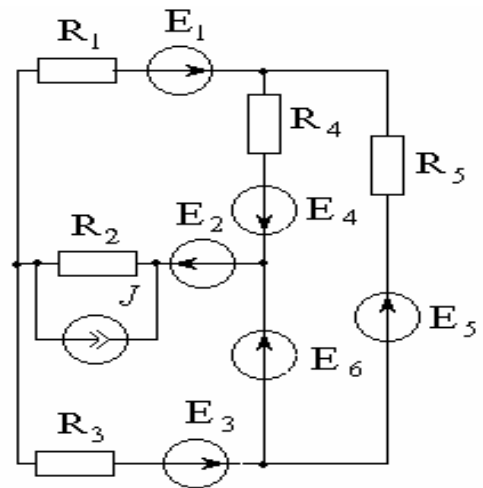
1.11 cyper



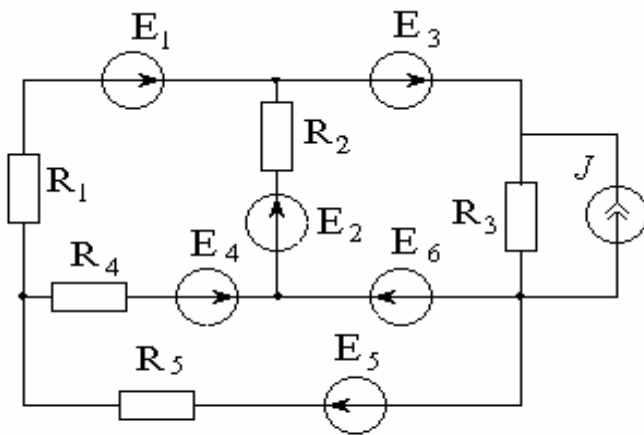
1.12 cyper



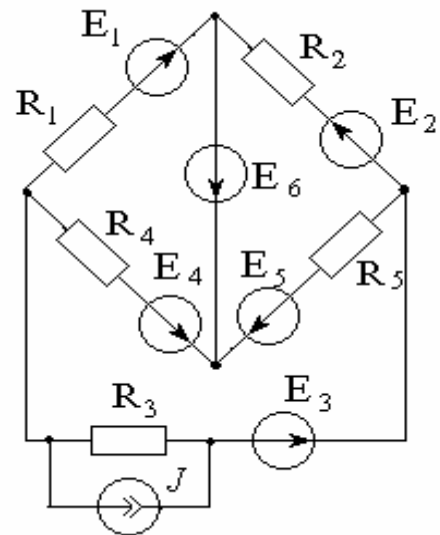
1.13 cyper



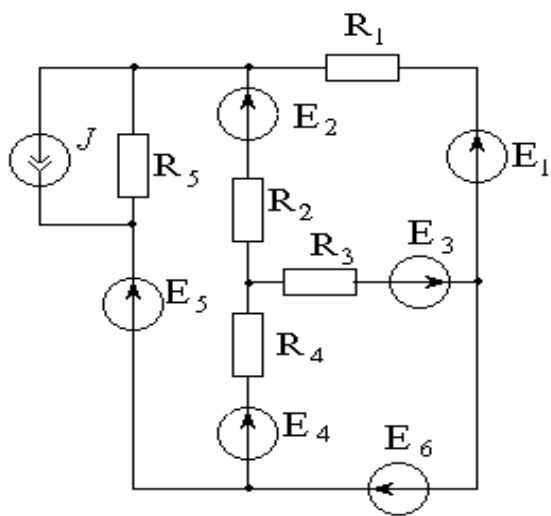
1.14 cyper



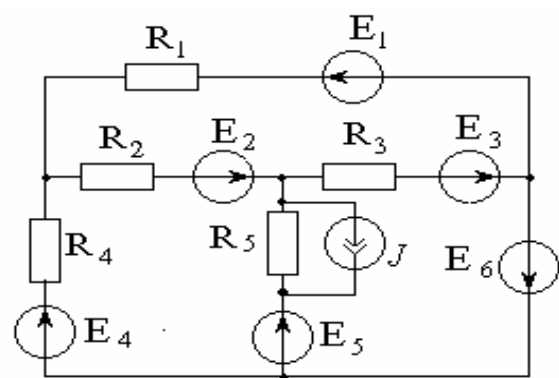
1.15 cyper



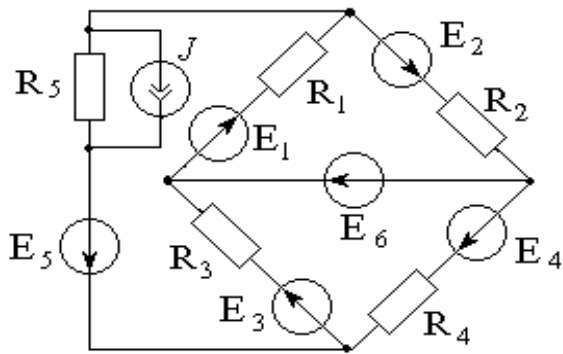
1.16 cyper



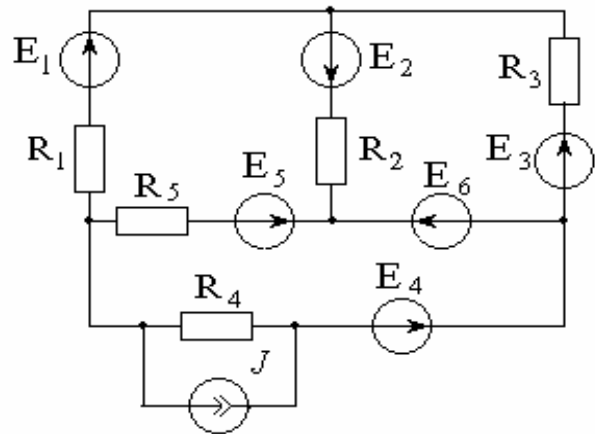
1.17 cyper



1.18 cyper



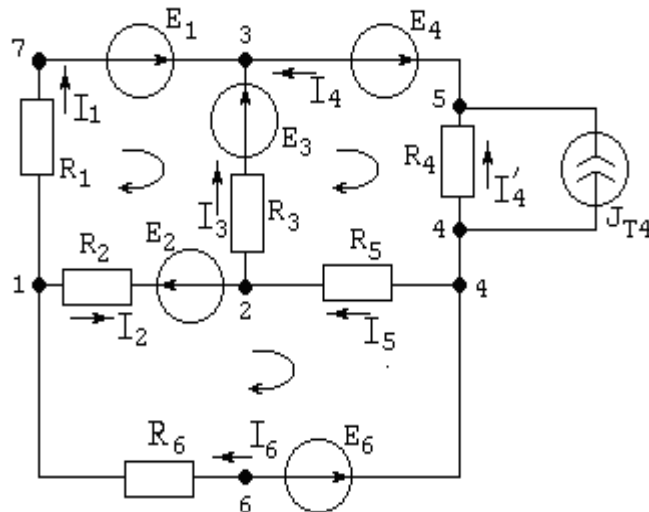
1.19 сурет



1.20 сурет

Әдістемелік нұсқау.

Электр тізбегінің мысалындағы есептеуді қарастырайық (1.21 суретті қара).



1.21 сурет

1.1 Кирхгоф заңдарына негіздеп теңдеулер құру

Электр тізбектің (1.1 суретті қара) сұлбасындағы барлық тармақтарындағы токтарға оң кез келген бағыттарын тандаймыз.

Кирхгофтың бірінші заңы бойынша теңдеулер жазамыз. Кирхгофтың бірінші заңы электр тізбектің сұлбасындағы түйіндерге қолданылады және былай тұжырымдалады: түйіндегі токтардың алгебралық қосындысы нөлге тең

$$\sum_{k=1}^n = 0$$

Кирхгоф заңы бойынша құрастырылатын теңдеулер саны түйін санынан бірді алғанға тең болады. Сұлба үшін (1.21 суретті қара) түйін саны $N_T=5$.

Теңдеулер саны $Y = N_T - 1 = 5 - 1 = 4$. Түйінге бағытталған токтарды теріс таңбамен, түйіннен бағытталған токтарды оң таңбамен жазамыз:

$$\begin{aligned} I_1 + I_2 + I_6 &= 0; \text{(1-түйін үшін);} \\ -I_1 + I_3 + I_5 &= 0; \text{(2-түйін үшін);} \\ -I_1 - I_3 - I_4 &= 0; \text{(3-түйін үшін);} \\ I_4 - I_4' - J_{T4} &= 0 \text{(4- түйін үшін).} \end{aligned} \quad (1.1)$$

Кирхгофтың екінші заңына теңдеулер жазамыз.

Кирхгофтың екінші заңы электр тізбектің сұлбасының контурларында қолданылады және келесі түрмен тұжырымдалады: кез келген тұйық контурда осы контурға кіретін кедергілердегі кернеулердің алгебралық қосындысы Э.Қ.К-ң алгебралық қосындысына тең.

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

Өзара тәуелсіз контурларды таңдаймыз. Контурлар өзара тәуелсіз, егер теңдеу құрылған әрбір келесі контурда ең болмағанда бір жаңа тармақ болса және жалпы тармақтарды жою жолымен теңдеулер жазылған контурлардан шықпайтын болса, контур құрамында идеал ток көзі бар тармақ болмауы керек.

Контурлардың айналу бағыттарын кез келген бағытта аламыз. Контурдың таңдап алынған айнал бағыты токтар мен Э.Қ.К-ң оң бағытымен сәйкес келсе, токтар мен Э.Қ.К-ң бағыты оң таңбамен алынады. Контурдың таңдап алынған айналу бағыты токтар мен Э.Қ.К-ң бағытына қарама-қарсы болса, токтар мен Э.Қ.К-ң бағыты теріс таңбамен алынады.

Кирхгофтың екінші заңы бойынша құрастырылған теңдеулер саны мынаған тең: $k = N_B - N_T - Y$, мұндағы N_B -тармақтар саны, N_T -ток көзі бар тармақтар саны. $k = 8 - 1 - 4 = 3$.

$$R_1 I_1 - R_3 I_3 - R_2 I_2 = E_1 - E_3 + E_2 \quad (1-3-2-1 \text{ контуры үшін});$$

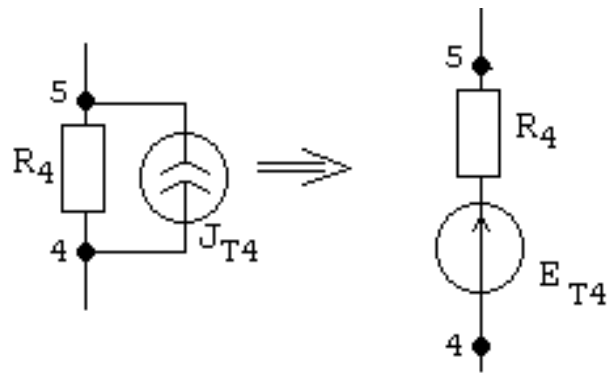
$$R_3 I_3 - R_4 I_4' + R_5 I_5 = E_3 + E_4 \quad (2-3-5-4-2 \text{ контуры үшін});$$

$$R_2 I_2 - R_5 I_5 + R_6 I_6 = -E_2 - E_6 \quad (1-2-4-1 \text{ контуры үшін}).$$

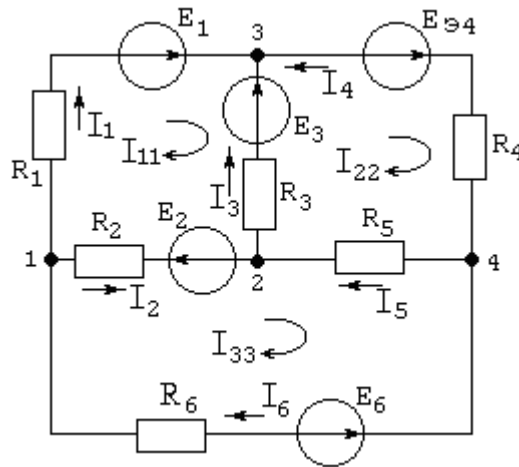
1.2 Контурлық токтар әдісімен электр тізбегінің сұлбасындағы барлық тармақтардағы токтарды есептеу.

J_{T4} -ток көзін Э.Қ.К-ң эквивалент көзімен алмастырайық.

$$E_{T4} = R_4 \cdot J_{T4}.$$



E_4 және E_{T4} Э.Қ.К-ң көздерін бір эквиваленттік көзімен алмастырамыз $E_{34} = E_4 - E_{T4}$. Электр тізбегі үшін контурлық токтар әдісі бойынша токтарды есептеу үшін теңдеу құраймыз (1.22 суретті қара)



1.22 сурет

Өзара тәуелсіз контурларды таңдап аламыз және олардың әр қайсысында бір ток тұйықталуы қажет. Контурлық токтардың оң бағыттарын қалауымызша аламыз. К.Т.Т. бойынша құрастырылған теңдеулер саны Кирхгофтың екінші заңы бойынша жазылған теңдеулер санына тең болады.

$$\left. \begin{aligned} R_{11}I_{11} + R_{12}I_{22} + R_{13}I_{33} &= E_{11} \\ R_{21}I_{11} + R_{22}I_{22} + R_{23}I_{33} &= E_{22} \\ R_{31}I_{11} + R_{32}I_{22} + R_{33}I_{33} &= E_{33} \end{aligned} \right\} \quad (1.3)$$

R_{11}, R_{22}, R_{33} - контурлардың меншікті кедергілері.

Контурдың меншікті кедергісі осы контурға кіретін тармақтардың кедергілерінің қосындысына тең:

$$\begin{aligned} R_{11} &= R_1 + R_2 + R_3; \\ R_{22} &= R_3 + R_4 + R_5; \\ R_{33} &= R_2 + R_5 + R_6. \end{aligned}$$

$R_{12}=R_{21}; R_{13}=R_{31}; R_{23}=R_{32}$ -контурдың жалпы кедергілері.

Контурлардың жалпы кедергісі, осы контурларға ортақ тармақтың кедергісіне тең. Қарастырылатын контурлардың контурлық токтары осы контурларға ортақ тармақтың бағытымен бір бағытта болса, жалпы кедергі

«+» таңбасымен алынады, жалпы тармақтардағы контурлық токтар қарама-қарсы бағытта болса, «-» таңбамен алынады.

$$R_{12} = R_{21} = -R_3;$$

$$R_{13} = R_{31} = -R_2;$$

$$R_{23} = R_{32} = -R_3.$$

E_{11}, E_{22}, E_{33} - контурлық Э.К.Қ.

Әрбір контурлық Э.К.Қ осы контурға кіретін барлық тармақтардағы Э.К.Қ-ң алгебралық қосындысына тең. Берілген контурда тұйықталатын контурлық токтың оң бағытымен сәйкес келетін Э.К.Қ-ң оң бағыттары оң таңбамен алынады.

$$E_{11} = E_1 - E_3 + E_2;$$

$$E_{22} = E_3 + E_{34};$$

$$E_{33} = -E_2 - E_6.$$

Анықтауыштар арқылы (1.3) жүйені шешіп I_{11}, I_{22}, I_{33} токтарын анықтаймыз.

Тармақтардағы I_1, I_4, I_6 токтар контурлық токтарға тең;

$$I_1 = I_{11};$$

$$I_4 = -I_{22};$$

$$I_6 = I_{33}.$$

Бірнеше контурларға ортақ тармақтардағы I_2, I_3, I_5 токтары осы тармақтардан өтетін контурлық токтардың алгебралық қосындысына тең;

$$I_2 = -I_{11} + I_{33};$$

$$I_3 = I_{22} - I_{11};$$

$$I_5 = I_{22} - I_{33}.$$

1.3 Түйіндік потенциалдар тәсілі бойынша электр тізбектің барлық тармақтарындағы токтарды есептеу

Электр тізбегі үшін түйіндік потенциалдарды анықтаймыз (1.22 суретті қара).

Әрбір тармақтың өткізгіштіктерін есептейміз:

$$g_1 = \frac{1}{R_1}; g_2 = \frac{1}{R_2}; g_3 = \frac{1}{R_3}; g_4 = \frac{1}{R_4}; g_5 = \frac{1}{R_5}; g_6 = \frac{1}{R_6}.$$

Кез келген түйіннің потенциалын 0-ге теңестіреміз, $\varphi_4=0$ болсын. (егер сұлбамызда нөлдік кедергімен тармақ болса, сол тармақтың бір потенциалын нөлге теңестіреміз, сәйкесінше келесі потенциал сол тармақтағы Э.К.Қ-ға тең болады).

Түйіндік потенциалдарды анықтау үшін теңдеулер жазамыз:

$$\left. \begin{aligned} g_{11}\varphi_1 - g_{12}\varphi_2 - g_{13}\varphi_3 &= \sum_1 Eg \\ -g_{21}\varphi_1 + g_{22}\varphi_2 - g_{23}\varphi_3 &= \sum_2 Eg \\ -g_{31}\varphi_1 - g_{32}\varphi_2 + g_{33}\varphi_3 &= \sum_3 Eg \end{aligned} \right\} \quad (1.4)$$

g_{11}, g_{22}, g_{33} - меншікті түйіндік өткізгіштік – берілген түйінге қосылған тармақтардың өткізгіштіктерінің қосындысына тең;

$$g_{11} = g_1 + g_2 + g_6;$$

$$g_{22} = g_2 + g_3 + g_5;$$

$$g_{33} = g_1 + g_3 + g_4,$$

$g_{12} = g_{21}, g_{13} = g_{31}, g_{23} = g_{32}$ - жалпы түйіндік өткізгіштік-қарастырылатын түйіндерді өзара қосатын тармақтардың өткізгіштіктерінің қосындысына тең;

$$g_{12} = g_{21} = g_2;$$

$$g_{13} = g_{31} = g_1;$$

$$g_{23} = g_{32} = g_3.$$

$\sum Eg$ - Э.Қ.К.-ң қарастырылатын түйінге қосылған барлық тармақтар үшін сәйкес өткізгіштігіне көбейтінділерінің алгебралық қосындысы. Егер Э.Қ.К. қарастырылатын түйінге бағытталса, «+» таңбасы жазылады, егер Э.Қ.К. түйіннен бағытталса «-» таңба жазылады.

$$\sum_1 Eg = -E_1g_1 + E_2g_2 - E_6g_6;$$

$$\sum_2 Eg = -E_2g_2 - E_3g_3;$$

$$\sum_3 Eg = E_1g_1 + E_3g_3 - E_{34}g_4.$$

Анықтауыштар арқылы $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ потенциалдарын есептейміз.

Электр тізбегінің тармақтарындағы токтарды Ом заңы бойынша анықтаймыз;

$$I_1 = \frac{\varphi_1 - \varphi_3 + E_1}{R_1};$$

$$I_2 = \frac{\varphi_1 - \varphi_2 - E_2}{R_2};$$

$$I_3 = \frac{\varphi_2 - \varphi_3 + E_3}{R_3};$$

$$I_4 = \frac{-\varphi_3 - E_{34}}{R_4};$$

$$I_4'' = I_4 - J_{T4};$$

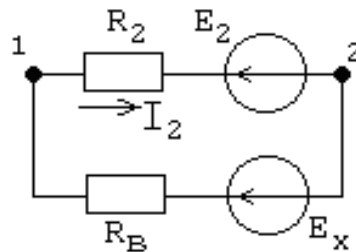
$$I_5 = \frac{-\varphi_2}{R_5};$$

$$I_6 = \frac{-\varphi_1 - E_6}{R_6}.$$

1.4 Электр тізбек сұлбасындағы тармақтардың біреуінің тогын активті қосполюсник тәсілімен анықтау

I_2 тогын анықтаймыз.

I_2 тогы бар ерекшеленген тармақ жалғанған электр тізбекті ажыратылған тармақтың қысқаштардағы кернеуіне тең Э.Қ.Қ бар эквивалент көзімен және берілген тармақ жалғанған R_B кедергісімен ауыстырайық (1.23 суретті қара).

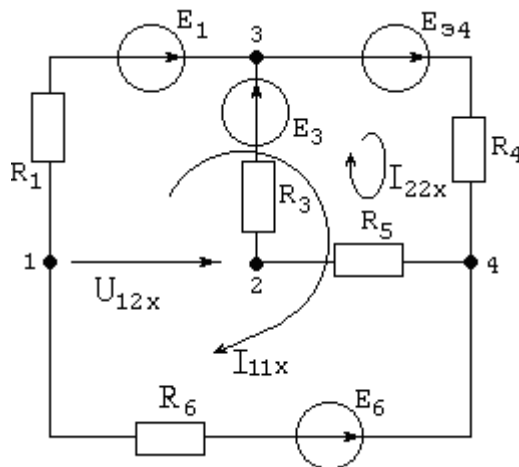


1.23 сурет

I_2 - тогын келесі формуламен есептейміз:

$$I_2 = \frac{E_x - E_2}{R_e + R_2}. \quad (1.5)$$

$E_x = U_{12x}$ - ті есептейміз. I_2 тогы бар тармақты ажыратып, U_{12x} -ті анықтаймыз.



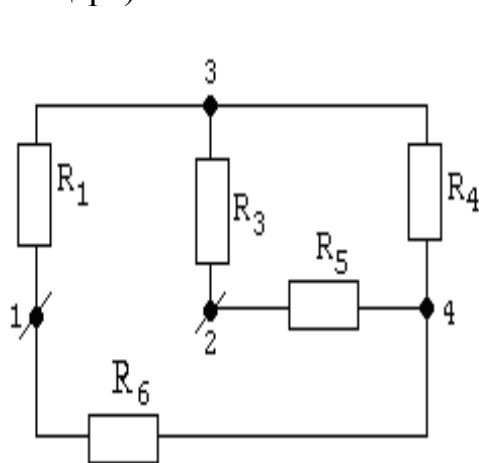
1.24 сурет

$$U_{12x} = -R_3 I_{22x} + E_3 - E_1 + R_1 I_{11x} \quad (1.6)$$

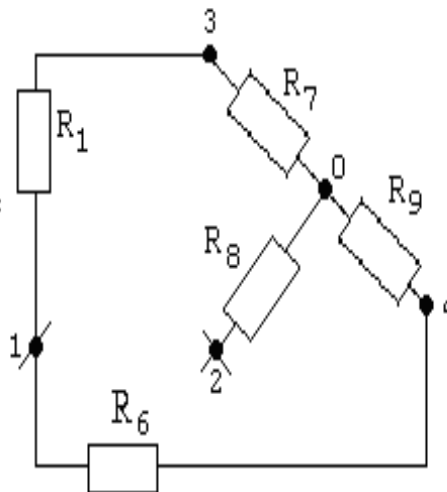
және контурлық токтар тәсілімен анықталады:

$$\begin{cases} (R_1 + R_4 + R_6)I_{11X} + R_4I_{22X} = E_1 + E_{\mathcal{E}4} - E_6; \\ R_4I_{11X} + (R_3 + R_4 + R_5)I_{22X} = E_3 + E_{\mathcal{E}4}. \end{cases} \quad (1.7)$$

R_B кедергісін анықтайық. $E_1, E_3, E_{\mathcal{E}4}, E_6$ Э.Қ.К.-н нөлге тең деп аламыз (1.25 суретті қара).



1.25 сурет



1.26 сурет

R_3, R_4, R_5 кедергілерінің үшбұрышын оған эквивалент жұлдызшаға түрлендіреміз (1.26 суретті қара).

$$\begin{aligned} R_7 &= \frac{R_3 \cdot R_4}{R_3 + R_4 + R_5}; \\ R_8 &= \frac{R_3 \cdot R_5}{R_3 + R_4 + R_5}; \\ R_9 &= \frac{R_4 \cdot R_5}{R_3 + R_4 + R_5}; \end{aligned} \quad (1.8)$$

$$R_B = R_8 + \frac{(R_1 + R_7)(R_6 + R_9)}{R_1 + R_7 + R_6 + R_9}. \quad (1.9)$$

$$I_2 \text{ тогы мынаған тең болады: } I_2 = \frac{E_X - E_2}{R_B + R_2} \quad (1.10).$$

2 Тапсырма №2. Бір фазалы синусоидалы токтың тарамдалған электр тізбегін есептеу

2.1-2.10 – суреттеріндегі тарамдалған электр тізбектері үшін мына тапсырмаларды орындау керек:

1) Токтың және кернеудің лездік мәндері үшін және кешендік шамалар үшін Кирхгоф заңдары бойынша теңдеу жүйесін құру керек.

2) Барлық тармақтарда токтың кешендік әрекет мәндерін екі әдіспен: контурлық токтар әдісімен және түйіндік потенциалдар әдісімен есептеу керек.

3) Тізбектегі қуаттар балансы теңдеуін құрып, оның орындалу дәлдігін тексеру керек.

4) Токтың векторлық диаграммасымен бірге топографиялық диаграммасын сыз.

Әдістемелік нұсқау.

1 Контурлық токтар мен түйіндік потенциалдар әдістерімен есептегенде сұлбаны пассивті элементтері бар екі параллель тармақтарды бір баламалыға ауыстыру арқылы ықшамдауға болады.

2 Қуаттар балансын кешендік, активтік және реактивтік қуаттар үшін құруға болады. Толық қуаттар үшін баланс теңдеуі құрылмайды.

3 Топографиялық диаграмманы құрғанда потенциалы нөлге тең нүктені кешенді координата жазықтығының бас нүктесіне орналастыру керек және осы нүктеден токтардың векторларын салу керек.

2.1 кесте

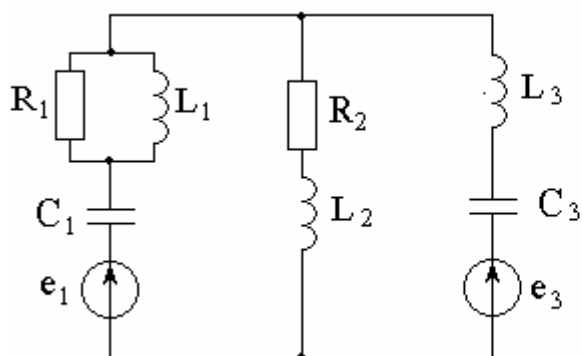
Түскен жылы	Студенттік кітапшасының соңғы саны									
тақ суреттің №	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
жұп суреттің №	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	2.9	2.10
жұп суреттің №	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
$E_1, В$	2.4	2.5	2.6	2.9	2.8	2.7	2.10	2.2	2.1	2.3
$E_1, В$	120	60	0	100	130	0	0	80	90	0
$\psi_{e_1}, \text{град.}$	30	90	0	45	0	0	0	0	60	0
$E_2, В$	0	40	80	0	70	120	110	100	0	130
$\psi_{e_2}, \text{град.}$	0	30	-90	0	-45	45	90	90	0	0
$E_3, В$	80	0	70	120	0	90	80	0	60	100
$\psi_{e_3}, \text{град.}$	-90	0	0	90	0	30	45	0	-30	45

2.2 кесте

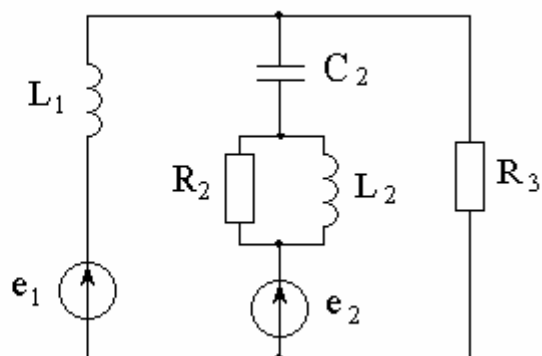
Түскен жылы	Студенттік кітапшасының соңғы санының алдындағы саны									
тақ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
жұп	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
$R_1, Ом$	15	16	8	25	45	15	12	15	50	15
$X_{L_1}, Ом$	10	25	8	40	30	40	15	10	35	10
$X_{C_1}, Ом$	20	10	7	20	40	20	30	8	40	20
$R_2, Ом$	18	45	18	8	30	18	15	18	18	15
$X_{L_2}, Ом$	15	15	10	10	25	20	10	10	25	8
$X_{C_2}, Ом$	30	10	6	12	15	25	5	15	12	6

2.3 кесте

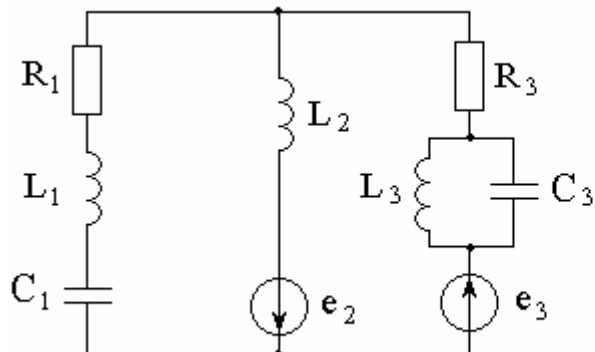
Түскен жылы	Аты-жөнінің бірінші әрпі									
тақ	БЛЦ	КХ	ВМЧ	ГНШ	ДОЦ	ЕПР	ЖСЗ	ТЭИ	УЮФ	АЯ
жұп	ГНШ	ДОЦ	ЕПР	ЖСЗ	ТЭИ	УЮФ	АЯ	БЛЦ	КХ	ВМЧ
$R_3, \text{ Ом}$	20	25	18	16	20	35	15	20	10	35
$X_{L_3}, \text{ Ом}$	9	10	6	20	10	15	12	10	8	10
$X_{C_3}, \text{ Ом}$	12	20	10	15	8	30	20	15	6	20



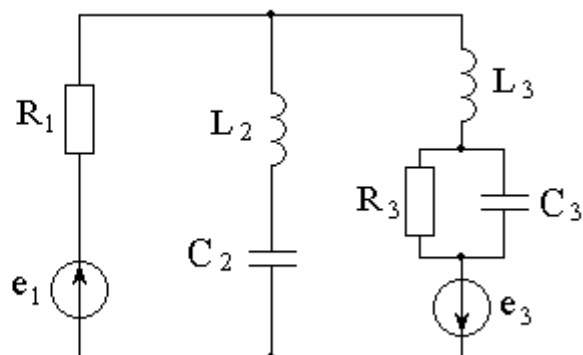
2.1 сурет



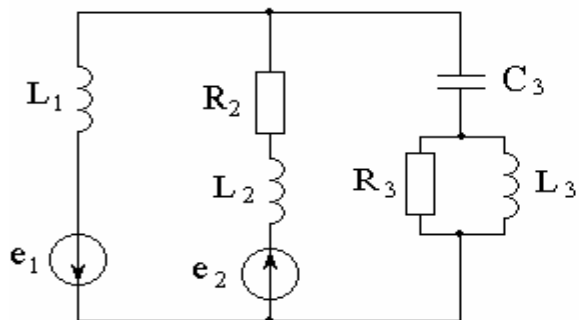
2.2 сурет



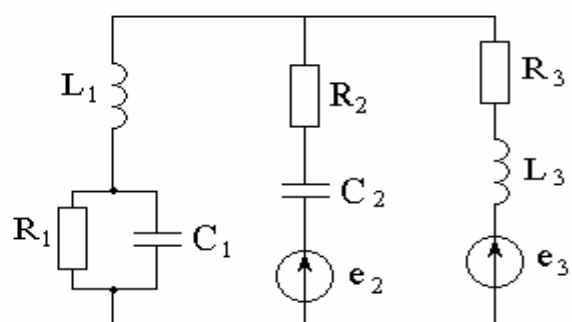
2.3 сурет



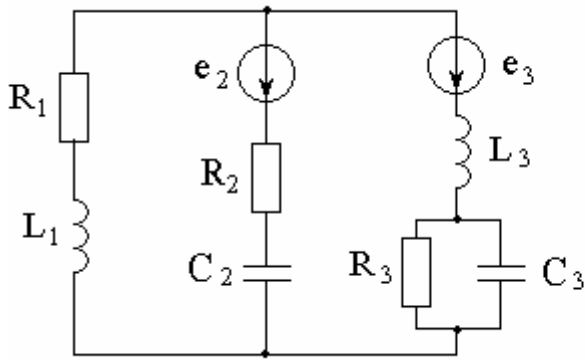
2.4 сурет



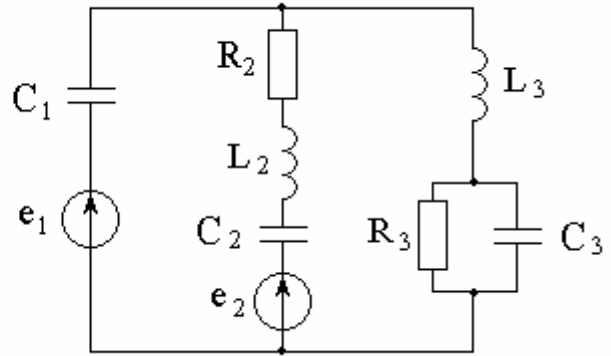
2.5 сурет



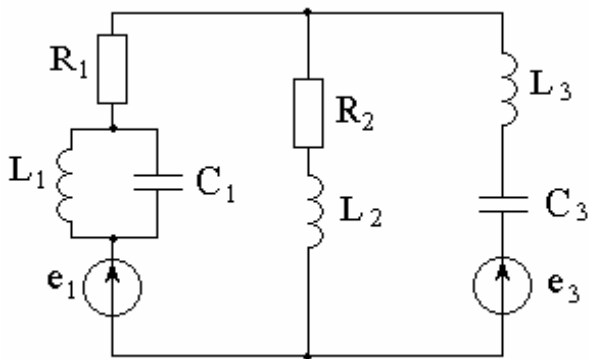
2.6 сурет



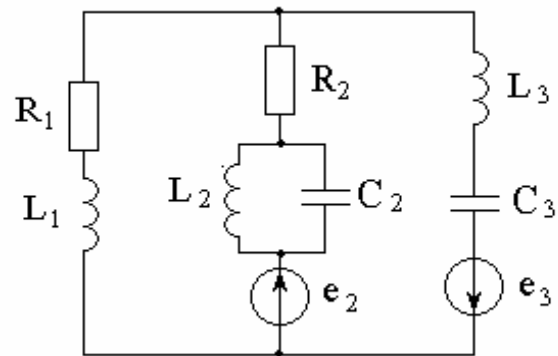
2.7 сурет



2.8 сурет



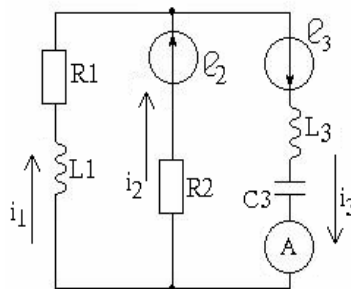
2.9 сурет



2.10 сурет

Әдістемелік нұсқау.

Бір фазалық синусоидалық токтың тармақталған тізбектеріндегі есептеуді 2.11 – суретте көрсетілген сұлба мысалында қарастырайық.



2.11 сұлба

2.1 Дифференциалдық және символикалық жазбалар түрлерін қолданып, Кирхгоф заңдарының негізінде сұлбаның барлық тармақтарындағы токтарды есептеу үшін теңдеулер құру

Тармақтардағы токтардың бағытын кез келген бағытпен аламыз (2.11 суретті қара). Дифференциалдық түрде, яғни токтар мен кернеулердің лездік мәндері үшін теңдеулер құрайық. Кирхгофтың бірінші заңы бойынша түйінге сәйкес тармақтардағы лездік токтардың алгебралық қосындысы нөлге тең.

Сұлбада екі түйін, сол себептен Кирхгофтың бірінші заңы бойынша бір теңдеу құрамыз. Кирхгофтың екінші заңы бойынша бойынша сұлбаның түйықталған контурындағы барлық кернеу көздерінің лездік Э.Қ.К.-н алгебралық қосындысы сол контурдың барлық қалған элементтерінің лездік кернеулерінің алгебралық қосындысына тең. Сұлбада екі тәуелсіз контур, сол себептен Кирхгофтың екінші заңы бойынша екі теңдеу құрамыз. Сонымен, Кирхгофтың заңдары бойынша құралған дифференциалдық түрдегі теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{cases} i_1 + i_2 - i_3 = 0 \\ R_1 i_1 + L_1 \frac{di_1}{dt} - R_2 i_2 = -e_2 \\ R_2 i_2 + L_3 \frac{di_3}{dt} + \frac{1}{C_3} \int i_3 dt = e_2 + e_3. \end{cases} \quad (2.1)$$

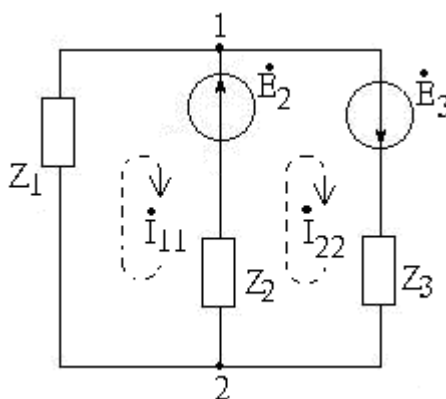
Теңдеулерді символикалық түрде жазу үшін токтардың Э.Қ.К.-дің, кернеулердің лездік мәндерін кешендік бейнелерімен алмастыру қажет. Сонда, Кирхгоф заңдары бойынша жазылған символикалық түрдегі теңдеулер жүйесін аламыз:

$$\begin{cases} \dot{I}_1 + \dot{I}_2 - \dot{I}_3 = 0 \\ (R_1 + jX_{L1})\dot{I}_1 - R_2 \dot{I}_2 = -\dot{E}_2 \\ R_2 \dot{I}_2 + (jX_{L3} - jX_{C3}) = \dot{E}_2 + \dot{E}_3. \end{cases} \quad (2.2)$$

Алынған теңдеулер жүйесінің шешімі тармақтардағы токтардың кешендік әсер етуші мәндерін анықтауға мүмкіндік береді. Бұл есепті контурлық токтар және түйіндік потенциалдар тәсілдерін пайдаланып тиімдірек шығаруға болады.

2.2 Контурлық токтар тәсілімен кешендік токтарды есептеу

\dot{I}_{11} және \dot{I}_{22} контурлық токтардың бағытын сағат тілімен бағыттайық және осы токтар үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша теңдеулер құрайық (2.12 суретті қара)



2.12 сурет

$$\begin{cases} (Z_1 + Z_2)\dot{I}_{11} - Z_2\dot{I}_{22} = -\dot{E}_2 \\ -Z_2\dot{I}_{11} + (Z_2 + Z_3)\dot{I}_{22} = \dot{E}_2 + \dot{E}_3 \end{cases} \quad (2.3)$$

Z_1, Z_2, Z_3 арқылы сәйкес тармақтардың кешендік кедергілері белгіленген: $Z_1=R_1+jX_{L1}$; $Z_2=R_2$; $Z_3=j(X_{L3}-X_{C3})$. \dot{E}_2 және \dot{E}_3 кешендік әсер ететін Э.Қ.К.-ң мәндерін көрсетеді. 2.11 – суретте алынған токтардың бағыты бойынша табылған контурлық токтар арқылы тармақтардағы кешендік токтарды анықтаймыз:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= \dot{I}_{11}; \\ \dot{I}_2 &= \dot{I}_{22} - \dot{I}_{11} \\ \dot{I}_3 &= \dot{I}_{22}. \end{aligned}$$

2.3 Түйіндік потенциалдар тәсілімен кешендік токтарды есептеу

Сұлбада (2.12 суретті қара) екі түйін, сол себептен ТПТ-ң жеке бір жағдайы болатын екі түйіндер тәсілін қолданған жөн. Түйіндер арасындағы кешендік кернеуді есептейміз:

$$\dot{U}_{12} = \frac{\dot{E}_2 Y_2 - \dot{E}_3 Y_3}{Y_1 + Y_2 + Y_3},$$

мұндағы, $Y_1 = \frac{1}{Z_1}$; $Y_2 = \frac{1}{Z_2}$; $Y_3 = \frac{1}{Z_3}$.

Тармақтардағы кешендік токтарды Ом заңы бойынша есептейміз:

$$\begin{aligned} \dot{I}_1 &= \frac{-\dot{U}_{12}}{Z_1}; \\ \dot{I}_2 &= \frac{\dot{E}_2 - \dot{U}_{12}}{Z_2}; \\ \dot{I}_3 &= \frac{\dot{E}_3 + \dot{U}_{12}}{Z_3}. \end{aligned}$$

2.4 Қуаттар балансы

Кешендік қуаттар балансының теңдеуі:

$$\sum_{K=1}^n \tilde{S}_{\text{онд}_K} = \sum_{K=1}^n \tilde{S}_{\text{найқ}_K}. \quad (2.4)$$

Э.Қ.К. көзінің кешендік қуаты:

$$\tilde{S}_{\text{онд}_K} = \pm \dot{E}_K I_K^*, \quad (2.5)$$

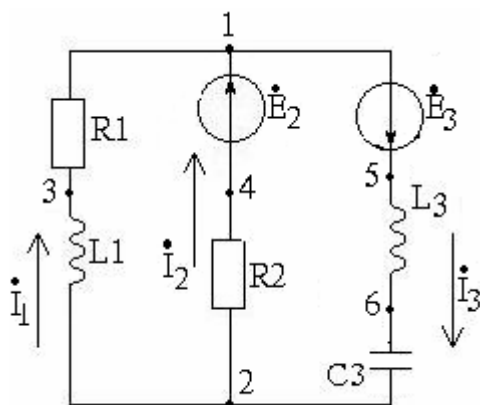
мұндағы I_K^* - кешені \dot{I} тогымен байланысты.

Пайдаланушылардың кешендік қуаттары:

$$\tilde{S}_{naü\partial_k} = Z_k I_k^2.$$

2.5 Токтардың векторлық диаграммасымен біріктірілген топографиялық диаграмма

Топографиялық диаграмма тұрғызу үшін тізбектегі нүктелердің кешендік потенциалдарын есептеп, содан кейін алынған мәндерді кешендік жазыққа тұрғызу қажет. Екі нүктесінің потенциалын 0-ге тең деп аламыз, $\dot{\phi}_2 = 0$ және тізбектегі қалған барлық нүктелердің кешендік потенциалдарын көрсетейік.



2.13 сурет

$$\dot{\phi}_3 = \dot{\phi}_2 - jX_{L1} \dot{I}_1$$

$$\dot{\phi}_1 = \dot{\phi}_3 - R_1 \dot{I}_1;$$

$$\dot{\phi}_4 = \dot{\phi}_1 - \dot{E}_2;$$

$$\dot{\phi}_6 = \dot{\phi}_2 + (-jX_{C3} \dot{I}_3);$$

$$\dot{\phi}_5 = \dot{\phi}_6 - jX_{L3} \dot{I}_3.$$

Потенциалы 0-ге тең деп алынған 2 нүктесін координата басына орналастырамыз, осыдан кейін тізбектегі қалған нүктелерін белгілейтін векторлар тұрғызамыз. Мысалы, 3 нүктесінің потенциалы координатаның басынан нақты сандар оң жарты осімен салыстырғанда, бұрыш пен түзудің кесіндісін жүргіземіз және осы кесіндіге белгілеп алынған масштабпен 3 нүктесінің потенциалының шамасын орналастырамыз. Осылай 3 нүктесінің топографиялық диаграммадағы орналасқан жерін табамыз. Тізбектегі қалған нүктелердің орнын берілген жолмен тауып, сұлбадағы (2.13 суретті қара) орналасуына сәйкес етіп, нүктелерді түзу кесінділермен қосамыз.

3 Тапсырма №3. Статикалық жүктемелі үш фазалық ток тізбегінің симметриялы және симметриялы емес режимдерін есептеу

Үшфазалы симметриялы генераторға фазалы Э.Қ.К- і E_ϕ симметриялы жұлдызша жалғанған бейтарап сымы бар жүктеме қосылған. Фазалық генератордағы Э.Қ.К-ң мен тізбектің параметрлерінің мәндері 3.1, 3.3 кестелерінде берілген.

Келесі тапсырмаларды орында:

Берілген вариантқа сәйкес есепте: жүйенің сымдарындағы және қабылдағыштардың фазаларындағы токтарды; қабылдағыштардың фазалық кернеулерін; ваттметрлердің көрсетулерін және активті, реактивті, толық қуаттарды; үш фазалық тізбектің үш жұмыс режимі үшін векторлық диаграмма құр:

1) Симметриялық режим.

2) Жүйе сымының біреуі үзілгенде (3.2 кестеге сәйкес).

Генератордағы фазалы Э.Қ.К-ң жиілігі $f = 50$ Гц.

3.1 кесте

Түскен жылы	Студенттік кітапшасының соңғы саны									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
тақ суреттің №	3.1	3.2	3.3	3.4	3.5	3.6	3.7	3.8	3.9	3.10
жұп суреттің №	9	7	5	3	1	8	6	4	0	2
$R_1, Ом$	20	15	10	22	13	12	8	14	16	9
$L_1, мГн$	-	-	50	90	-	-	40	60	-	45
$R_2, Ом$	35	-	-	45	65	-	-	55	25	45
$L_2, мГн$	40	30	60	50	-	-	-	-	70	90
$C_2, мкФ$	-	-	-	-	-	80	90	95	-	85
$R_3, Ом$	-	20	25	-	80	30	40	35	45	70
$L_3, мГн$	-	-	-	-	-	100	50	80	-	-
$C_3, мкФ$	60	70	50	40	50	-	-	-	60	-

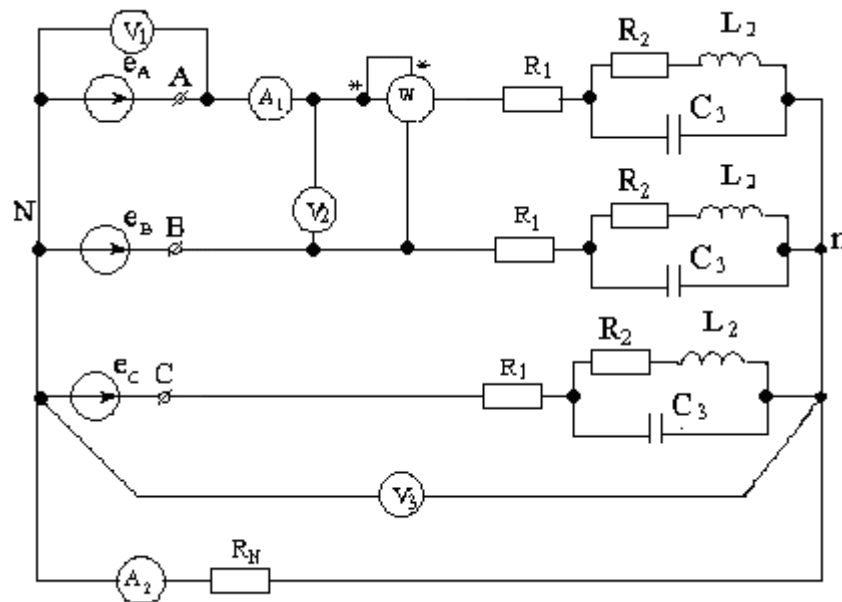
3.2 кесте

Түскен жылы	Студенттік кітапшасының соңғы санының алдындағы саны

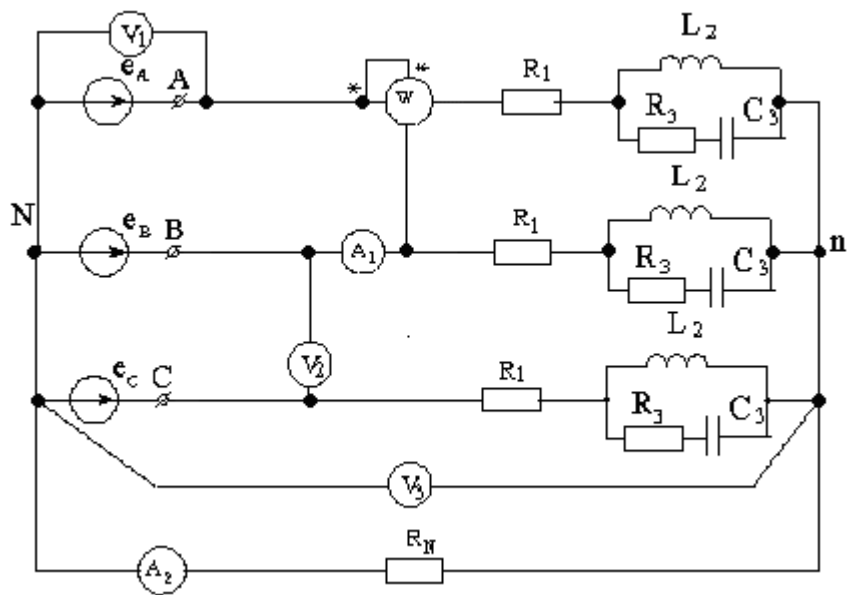
тақ	0	2	4	6	8	1	3	5	7	9
жүп	9	7	5	3	1	8	6	4	2	0
Сурет.№	А	В	С	А	В	С	А	В	С	А

3.3 кесте

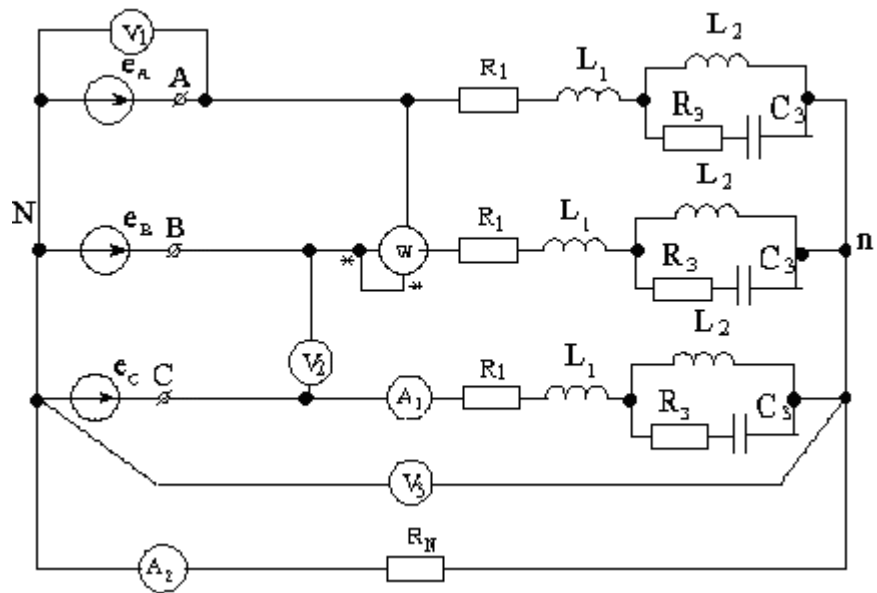
Түскен жылы	Аты-жөнінің бірінші әрпі									
тақ	АЛХ	БМЦ	ВНЧ	ГОШ	ДПШ	ЕРЭ	ЖСЮ	ЗТЯ	ИУ	КФ
жүп	КФ	ИУ	ЗТЯ	ЖСЮ	ЕРЭ	ДПШ	ГОШ	ВНЧ	БМЦ	АЛХ
$R_N, Ом$	3	5	2,5	2	5,5	1,5	4	6	3,5	4,5
$E_\phi, В$	220	270	100	360	127	120	60	110	380	200



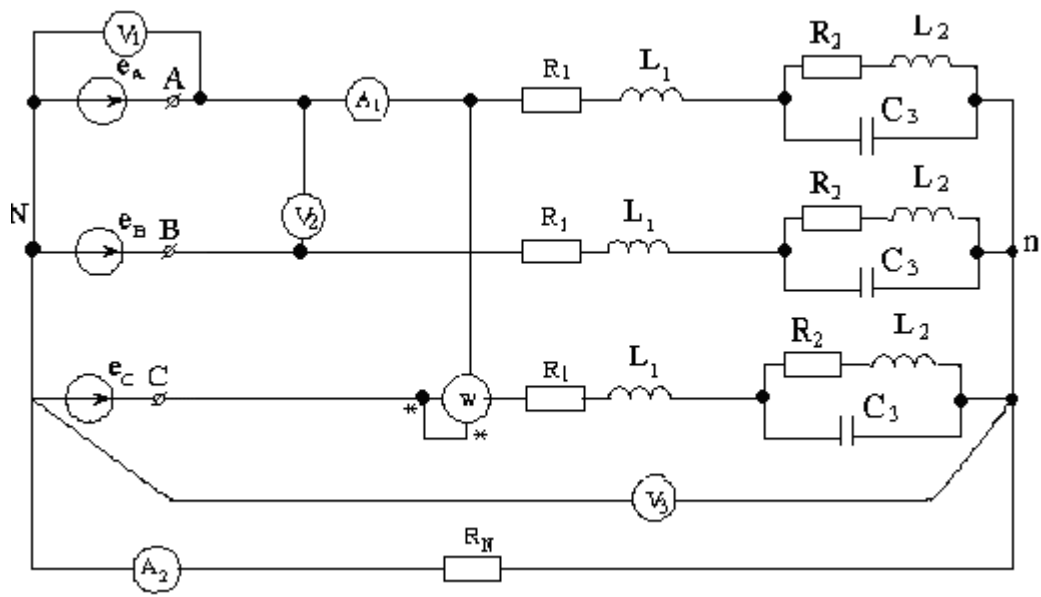
3.1 сурет



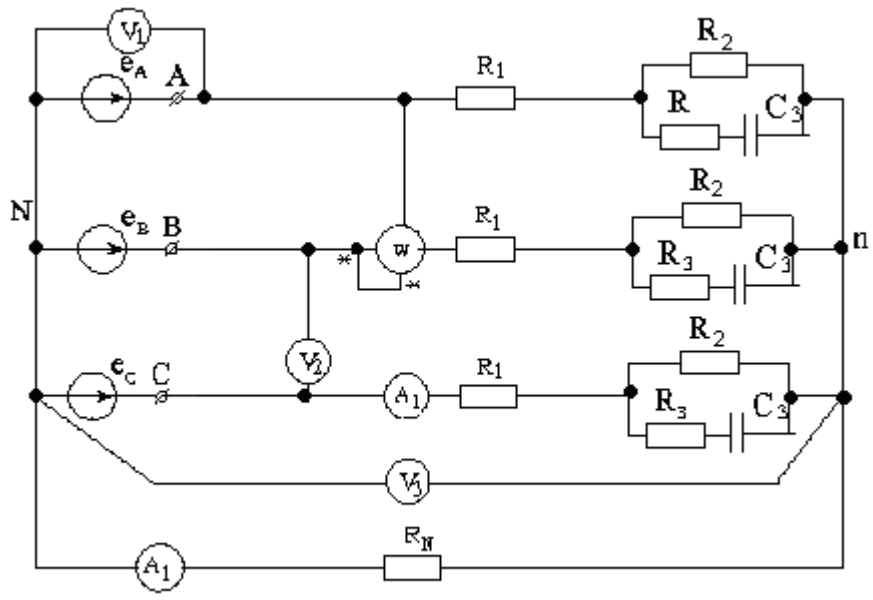
3.2 сурет



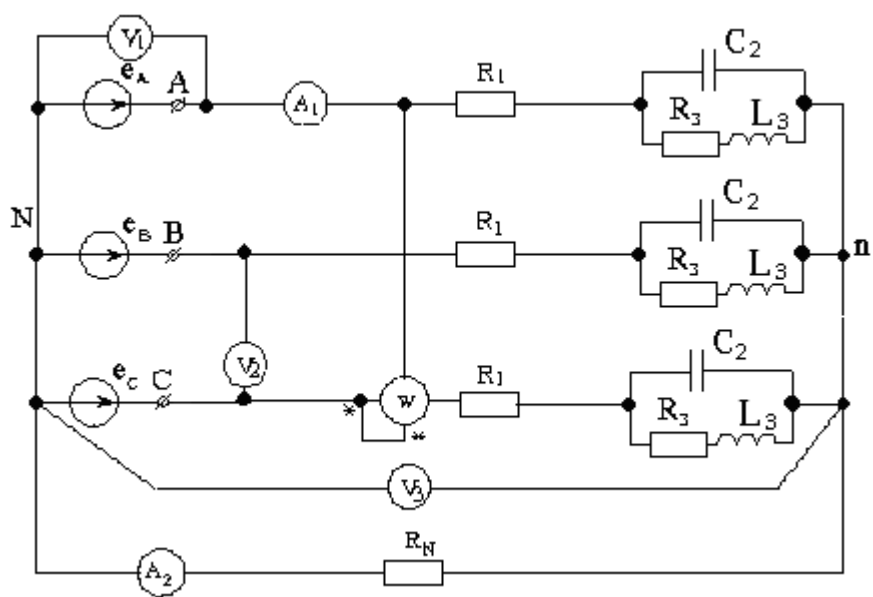
3.3 сурет



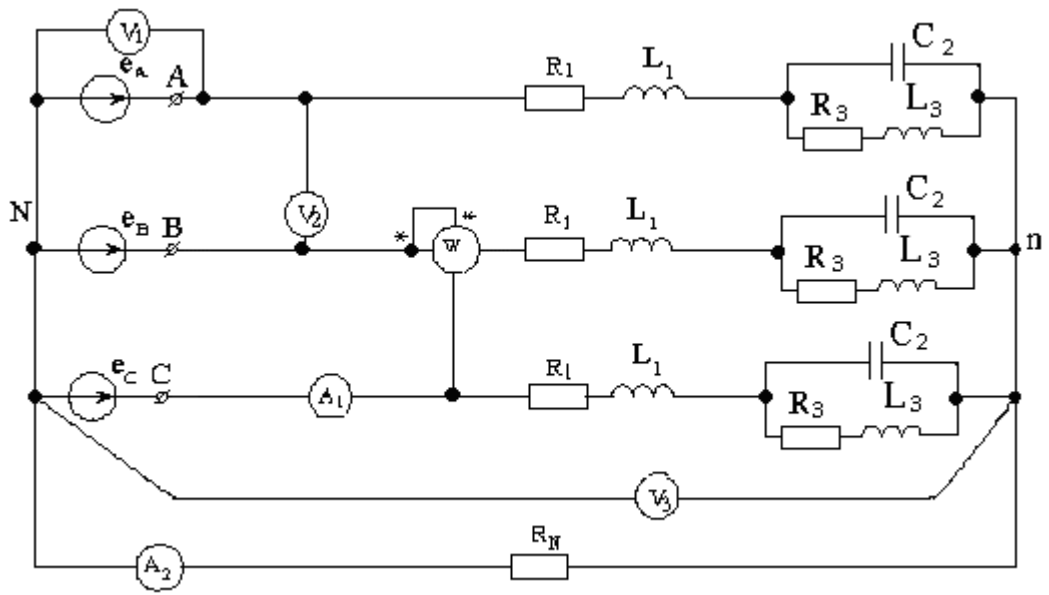
3.4 сурет



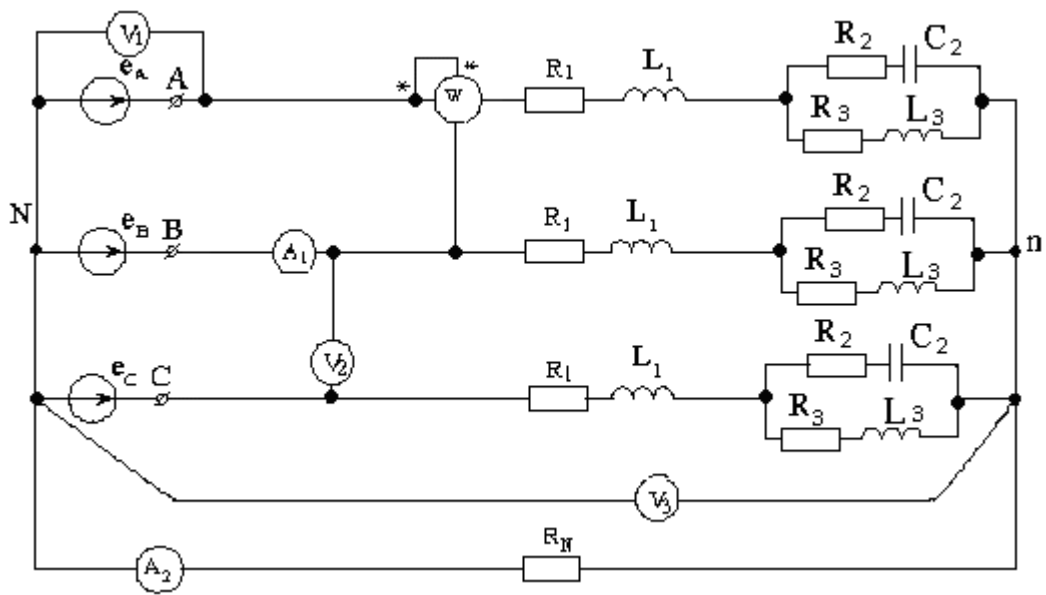
3.5 сурет



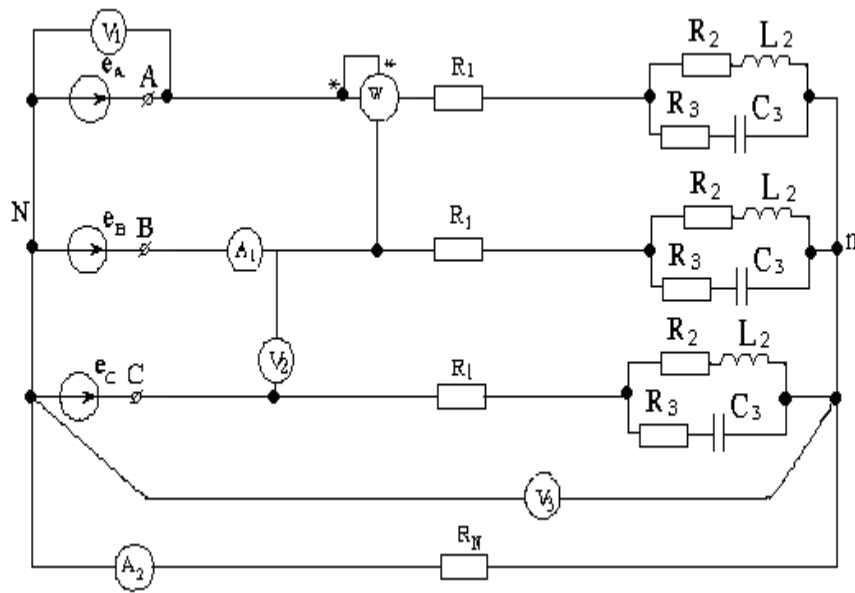
3.6 цуер



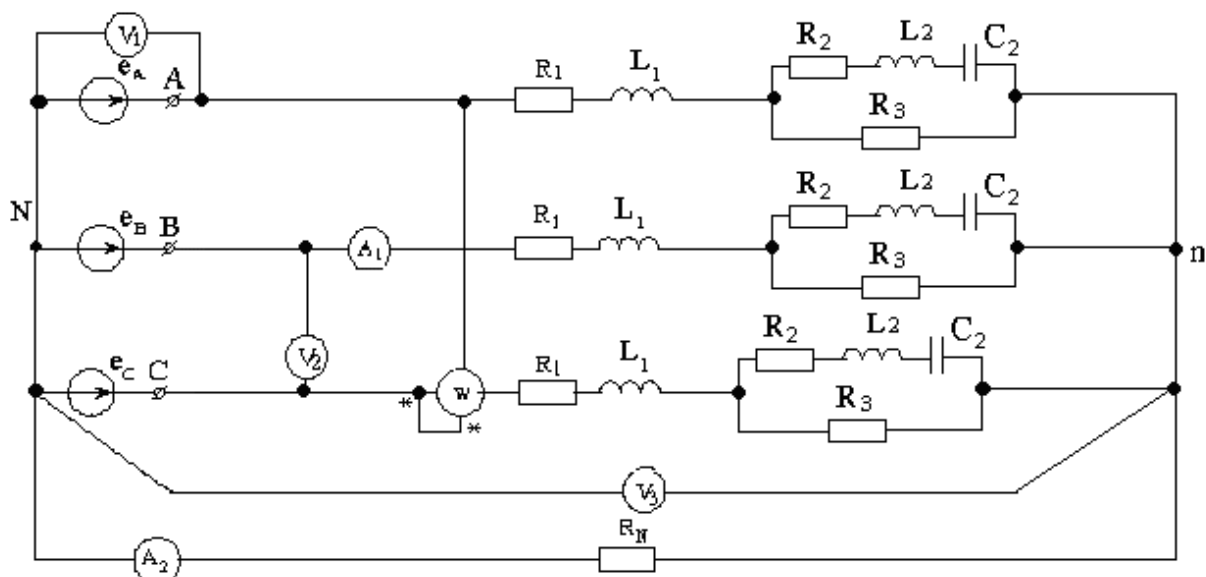
3.7 цуер



3.8 цырт



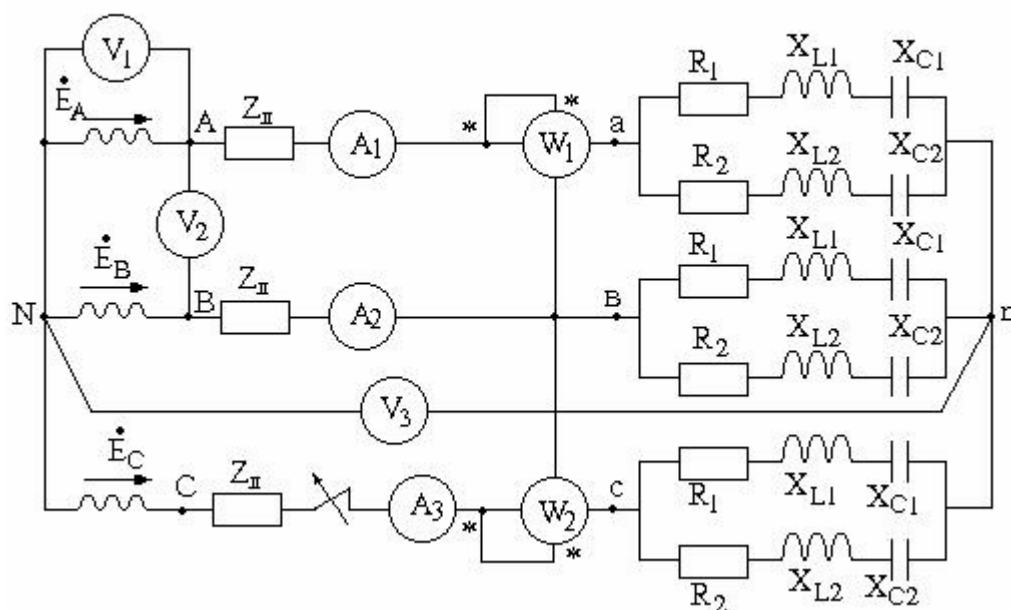
3.9 цырт



3.10 сурет

Әдістемелік нұсқау.

3.11 – суретте берілген үш фазалы симметриялы тізбекті қарастырамыз.



3.11 сурет

3.1 Симметриялық режимді есептеу

Фазалағы кешендік кедергіні есептейміз:

$$Z_H = \frac{(R_1 + jX_{L1} - jX_{C1})(R_2 + jX_{L2} - jX_{C2})}{(R_1 + jX_{L1} - jX_{C1} + R_2 + jX_{L2} - jX_{C2})}$$

Тізбектің фазасының кешендік кедергісі: $Z = Z_L + Z_H$.

А фазасының кешендік тогы: $\dot{I}_A = \frac{\dot{E}_A}{Z}$.

Симметриялы режимде ток симметриялы үш фазалы токтар жүйесімен бейнеленеді, сондықтан В фазасындағы ток А фазасындағы токтан 120° – қа қалады, ал С фазасындағы ток А фазасындағы токтан 120° – қа озады: $\dot{I}_B = \dot{I}_A e^{-j120^\circ}$; $\dot{I}_C = \dot{I}_A e^{j120^\circ}$.

Аспаптардың көрсеткіштері:

Вольтметр V_1 генератордағы фазалық кернеудің әсерлік мәнін өлшейді, яғни ол генератордағы фазалық Э.Қ.К – ң әсерлік мәні 220 В – қа тең екенін көрсетеді.

Вольтметр V_2 генератордың желілік кернеуін өлшейді, ал ол симметриялы режимде фазалық кернеуден $\sqrt{3}$ есе жоғары, яғни $U_{\text{л}} = \sqrt{3}U_{\phi}$.

Вольтметр V_3 генератор мен жүктеменің бейтарап нүктелері арасындағы әсер етуші мәндерін өлшейді, яғни $U_{\text{нН}}$ кернеуді, ал ол симметриялы режимде 0 – ге тең.

Амперметрлер A_1, A_2, A_3 фазадағы токтарға сәйкес әсер етуші мәндерді өлшейді. Симметриялы режимде фазадағы токтар бірдей, сондықтан барлық амперметрлер бірдей кешендік токтың әсер етуші мәнін көрсетеді.

W_1 ваттметрдің көрсетуі мына теңдеумен сипатталады:

$$P_{W1} = U_{a6} I_A \cdot \cos(\dot{U}_{a6} \wedge \dot{I}_A), \quad (3.1)$$

мұнда \dot{U}_{a6} - желі кернеуі, W_1 ваттметр желі кернеулердің орамдағы қысқаштарына негізделген;

\dot{I}_A - ваттметрдің ток орамынан өтетін ток.

W_2 ваттметр көрсеткіші мына теңдеумен сипатталады:

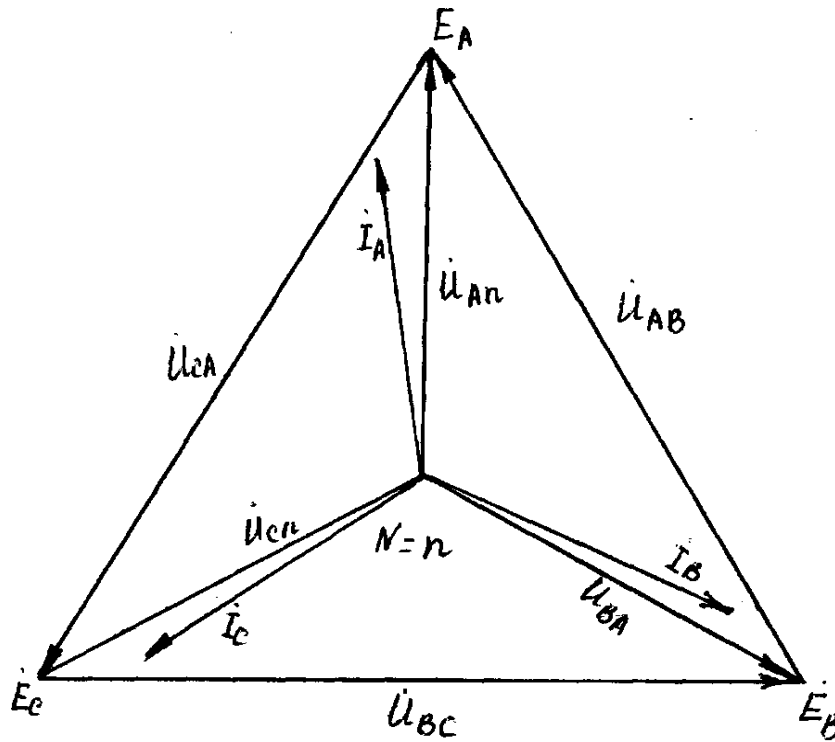
$$P_{W2} = U_{c6} I_C \cdot \cos(\dot{U}_{c6} \wedge \dot{I}_C). \quad (3.2)$$

Жүктемедегі \dot{U}_{a6} және \dot{U}_{c6} желілікті кернеулерді жүктемедегі фазалық кернеулер арқылы көрсетуге болады:

$$\dot{U}_{a6} = \dot{U}_{an} - \dot{U}_{en} = Z_H \dot{I}_A - Z_H \dot{I}_B = Z_H (\dot{I}_A - \dot{I}_B) = \sqrt{3} \dot{U}_{an} e^{j30^\circ} \text{ В};$$

$$\dot{U}_{c6} = \dot{U}_{cn} - \dot{U}_{en} = Z_H \dot{I}_C - Z_H \dot{I}_B = Z_H (\dot{I}_C - \dot{I}_B) = \sqrt{3} \dot{U}_{an} e^{j90^\circ} \text{ В}.$$

Кернеу мен токтың векторлық диаграммасы 3.12 суретте көрсетілген. Онда Э.Қ.К. – нің фазалық (немесе кернеулер) $\dot{E}_A, \dot{E}_B, \dot{E}_C$, генератордың желілік кернеулері $\dot{U}_{AB}, \dot{U}_{CB}, \dot{U}_{CA}$, фазалық токтар $\dot{I}_A, \dot{I}_B, \dot{I}_C$ көрсетілген.



3.12 сурет

3.2 С фазасының үзіліс кезіндегі апатты ережені есептеу

С фазасы үзілген кезде генератор мен жүктеменің бейтарап нүктелері арасындағы туған кернеу мына теңдеумен анықталады:

$$\dot{U}_{nN} = \frac{\dot{E}_A Y_A + \dot{E}_B Y_B}{Y_A + Y_B} \quad (3.3)$$

Фазалық кешендік өткізгіштіктер $Y_A = Y_B = Y$, сондықтан (3.3) көріністі келесі түрде жазуға болады:

$$\dot{U}_{nN} = \frac{\dot{E}_A + \dot{E}_B}{2}$$

А және В фазасындағы токтарды Ом заңы бойынша табамыз:

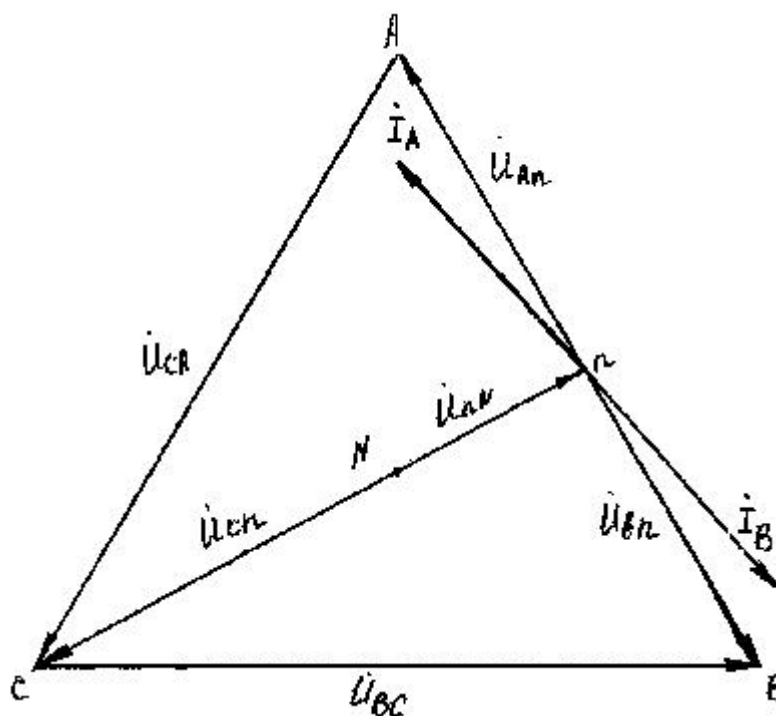
$$i_A = \frac{\dot{E}_A - \dot{U}_{nN}}{Z};$$

$$i_B = \frac{\dot{E}_B - \dot{U}_{nN}}{Z};$$

$$i_C = 0.$$

V_1 және V_2 вольтметрлердің көрсеткіштері сол күйінде, яғни симметриялы режимдегі сияқты қалады. V_3 вольтметрдің көрсеткіші \dot{U}_{nN} кернеудің әсер етуші мәніне тең. А және В фазаларындағы токтың әсер етуші мәнін A_1 және A_2 амперметрлері көрсетеді. W_1 ваттметрдің көрсеткіші (3.1) теңдеуі бойынша айқындалады: $\dot{U}_{ac} = \dot{U}_{an} - \dot{U}_{cn} = Z_H (\dot{I}_A - \dot{I}_B)$.

3.13 – суретінде токтардың және кернеулердің векторлық диаграммасы көрсетілген.



3.13 сурет

Жүктеменің n бейтарап нүктесі генератордың бейтарап нүктесіне қарай \dot{U}_{nN} шамасына ығысқан және \dot{U}_{AB} желілік кернеуінің векторының ортасына орналасқан. Демек фазалық кернеулер U_{An}, U_{Bn} симметриялы режимге қарағанда $\sqrt{3}/2$ есе азаяды. Соған байланысты фазадағы токтарда азаяды.

Әдебиеттер тізімі

1. Альдибеков И.Т. Электротехниканың теориялық негіздері. том 1, 60 с. - Алматы, 2013.
2. Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері 4 (Дәріс жинағы). – Алматы: АЭЖБИ, 2010.
3. Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері 3 (Оқу құралы). – Алматы: АЭЖБИ, 2008.
4. Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері - 1,2 (Оқу құралы). – Алматы: АЭЖБИ, 2006.
5. Аршидинов М.М., Амиров Ж.Қ. Электротехниканың теориялық негіздері (Оқу құралы). – Алматы: АЭЖБИ, 2003.
6. Демирчян К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. том1.-СПб.: Питер, 2003- 463 с.
7. Сборник задач по теоретическим основам электротехники/под ред. Л.Д. Бессонова и др.-М., 2003.- 52 с.
8. 2. Атабеков Г.И. ТОЭ линейные электрические цепи (7-е изд.).-М.: Лань, 2009.-592 с.

9. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи-М.: Гардарики, 2007.-638 с.

Мазмұны

Кіріспе	3
1 Тапсырма №1. Тұрақты токтың тармақталған сызықты тізбегін есептеу	4
2 Тапсырма №2. Бір фазалы синусоидалы токтың тарамдалған электр тізбегін есептеу	14
3 Тапсырма №3. Статикалық жүктемелі үш фазалық ток тізбегінің симметриялы және симметриялы емес режимдерін есептеу	20
Әдебиеттер тізімі	30

Владислав Иосифович Денисенко
Айгерим Нурболатовна Бекеева

ЭЛЕКТРОТЕХНИКАНЫҢ ТЕОРИЯЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ

5B081200 мамандығының студенттері үшін есептік-сызба жұмыстарды
орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

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

Басылуға қол қойылды «___» _____
Таралымы 50 дана.
көлемі 1,9 оқу баспасы.

Формат 60x84 1/16
Типографиялық қағаз №1
Тапсырыс ____. Баға 950 теңге.

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