

В. М. ПРОШИН, Г. В. ЯРОЧКИНА

ЭЛЕКТРТЕХНИКА БОЙЫНША ЕСЕПТЕР ЖИНАҒЫ

*«Білім беруді дамытудың федералды институты» федералдық
мемлекеттік мекемесі бастауыш
кәсіптік білім беру бағдарламаларын іске асыратын
білім беру мекемелеріне оқу құралы ретінде
ұсынған.*

*Пікірдің тіркеу нөмірі № 108,
2 тамыз 2010 ж. ФММ «БДФИ»*

5 басылым, стереотипті



Мәскеу
«Академия» баспа орталығы
2015

ӘОЖ 621.3(075.32)

КБЖ 31.2ші722

П 847

Бұл кітап Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігі және «Кәсіпқор» холдингі» КЕАҚ арасында жасалған шартқа сәйкес ««ТЖКБ жүйесі үшін шетел әдебиетін сатып алуды және аударуды ұйымдастыру жөніндегі қызметтер» мемлекеттік тапсырмасын орындау аясында қазақ тіліне аударылды. Аталған кітаптың орыс тіліндегі нұсқасы Ресей Федерациясының білім беру үдерісіне қойылатын талаптардың ескерілуімен жасалды.

Қазақстан Республикасының техникалық және кәсіптік білім беру жүйесіндегі білім беру ұйымдарының осы жағдайды ескеруі және оқу үдерісінде мазмұнды бөлімді (технология, материалдар және қажетті ақпарат) қолдануы қажет.

Аударманы «Delta Consulting Group» ЖШС жүзеге асырды, заңды мекенжайы: Астана қ., Иманов көш., 19, «Алма-Ата» БО, 809С, телефоны: 8 (7172) 78 79 29, эл. поштасы: info@dceg.kz

Пікір берушілер:

№ 41 МББМ ОКБ ҚК арнайы пәндер оқытушысы *Л.А. Кочеткова;*

№ 13 КК жоғары санатты оқытушысы Г. И. Никольская

П 847

В.М. Прошин

Электротехника бойынша есептер жинағы: орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған оқу құралы/ В.М.Про-шин, Г. В. Ярочкина. — 5-басылым. — М.: «Академия» Баспа орталығы 2015. — 128 б.

ISBN 978-601-333-061-7 (каз.)

ISBN 978-5-4468-1236-3 (рус.)

Нұсқаулық техникалық мамандықтар бойынша жалпы кәсіби бағытының пәндері бойынша оқу-әдістемелік кешені болып табылады.

Әрбір тарау зерттеуге арналған материал туралы қысқаша теориялық ақпаратты есептеуге қажетті формулалармен қамтылған. Бұдан басқа, мысалдар үлгі есептерді шешу, жеке сынақ сұрақтарын талдау, әрбір тақырып бойынша тапсырмалар, олардың кейбіреулері тест түрінде ұсынылған.

Оқу құралы - техникалық мамандықтар бойынша ҒӘҚ СТС-на сәйкес, «Электротехника» мамандығының жалпы кәсіби пәніне негізделген.

Кітап орта кәсіптік білім беру мекемелерінің студенттеріне арналған.

ӘОЖ 21.3(075.32)

КБЖ 31.2ші722

ISBN 978-601-333-061-7 (каз.)

ISBN 978-5-4468-1236-3 (рус.)

© В.М.Прошин, Г. В. Ярочкина., 2012

© «Академия» оқу-баспа орталығы, 2012

© Рәсімделуі. «Академия» баспа орталығы, 2012

Құрметті оқырман!

Бұл оқу құралы техникалық бағдар мамандықтарына арналған жалпы кәсіптік бағыттағы пәндер бойынша оқу-әдістемелік жиынтығының бөлігі болып табылады.

«Электротехника» оқу құралы жалпы кәсіби пәнін оқуға арналған.

Жаңа буынның оқу-әдістемелік жинақтары - жалпы білім беру және жалпы кәсіптік пәндер мен кәсіби бағдарды оқытуды қамтамасыз етуге мүмкіндік беретін дәстүрлі және инновациялық оқу-әдістемелік материалдарды қамтиды.

Жұмыс берушінің талаптары ескереле отырып, әрбір жинақта жалпы және кәсіби құзыреттерді меңгеруіне қажетті оқулықтар мен оқу құралдары, оқыту және мониторинг құралдары бар.

Оқу басылымдары электронды білім беру қорымен толықтырылады. Электрондық қорларда интерактивті жаттығулар мен жаттықтыру құрылғыларымен теориялық және тәжірибелік бағдарлар, мультимедиялық нысандар, ғаламтордағы мүмкіншіліктер мен қосымша материалдар қорларына сілтемелер қамтылған. Оған оқу үрдісінің негізгі параметрлері белгіленетін терминологиялық сөздік пен электронды журнал кіреді: жұмыс уақыты, бақылау мен тәжірибелік тапсырмалардың орындалу нәтижесі. Электронды қорлар оқу үдерісіне оңай кірістіріліп, әртүрлі оқу бағдарламаларына бейімделуі мүмкін.

«Электротехника» пәні бойынша оқу-әдістемелік жиынтығы «Электрлік емес мамандықтарына» электронды білім беру қорын қамтиды.

«Электрлік емес мамандықтар үшін электротехника» электронды оқулығы әзірленуде.

Электротехника теориялық білімдермен қатар, тәжірибелік дағдыларды талап ететін пәндер қатарына жатады. Ол, ең алдымен, электротехника зертханасында әзірленген нұсқаулықтарға сәйкес арнайы жабдықта жүргізілетін зертханалық жұмыс.

Бұл, сондай-ақ, нақты белгілі бір электр құрылғысын немесе жабдықты зерттеуге, оның дизайны, жұмыс қағидасы, негізгі сипаттамаларымен танысуға бағытталған тәжірибелік жаттығулар. Сонымен қатар, нақты тақырыптар, бөлімдер, элементтер, құрылғыларға қатысты берілген теориялық ақпаратты пайдалануға арналған тапсырмалар мен сұрақтар. Тағы да айта кететін мәселе – бұл студенттердің білімін тек мұғалім ғана емес, студенттердің өздері де тексере алатын бақылау материалдары бар. Электрлік емес мамандықтарына арналған есептер * белгісімен ерекшеленген. Есеп кітабы негізінен оқушылар үшін жасалған, сол себепті оларды шамадан тыс жүктемеу үшін, өз бетімен есептеуге арналған әр тақырып бойынша есептер мен сұрақтардың көлемі шектелген. Сонымен қатар, есеп кітабында студенттерге өздерінің шешімдерінің бағытын игеруге және түсінуге септігін тигізетін типтік мәселелерді шешуге көп көңіл бөлінеді немесе келесі бөлімдерде берілген сұрақтарға жауап беруді қалыптастыруға көмектеседі. Сұрақтар ретінде, сызбаны немесе кез келген құрылғы құрылысын бейнелеу ұсынылады, оның жұмыс қағидасын түсіндіреді, бұл студенттердің зерттелетін тақырыптың негізгі мәселелерін түсінуін тексеруге мүмкіндік береді.

Есеп кітабында электростатиканың негіздері физика сабақтарында егжей-тегжейлі талқыланатыны ескерілген, сол себепті ол тарау ұсынылмайды. Сонымен бірге, электр жетегі, автоматтандыру элементтері мен электрлік емес магниттерді электрлік әдістермен өлшеу тараулары да енгізілмеген, өйткені олар «Электротехниканы оқыту» курсы жалғастыратын «Өндірісті автоматтандыру» бағытында толық зерттеледі.

Бұл, ең алдымен, бастауыш кәсіптік білім беру мекемелерінде «Электротехника» бойынша сағаттардың жеткіліксіз салдарынан туындайды.

Әрбір тарау төрт бөлімнен тұрады. Алдымен, оқушылар өткен тақырыпты есіне түсіру мақсатында негізгі анықтамалар, формулалар мен

қатынастар келтіріліп, әрі қарай алынған деректерді есеп шығаруда немесе сұраққа жауап беру барысында пайдалануға мүмкіндік береді. Содан кейін, «Өз бетімен есептер мен сұрақарды шешуге арналған» бөлімде келтірілген ұқсас есептерді шешу ретін түсінуге көмектесетін нақтылы түсіндірілген сұрақтар мен тесті түрінде тұжырымдалған есептерді талдау мен үлгі есептерін шешуге мысалдар беріледі. Қажет жерлерде ұсынылған тапсырмаларға жауаптар беріледі.

1— 8 Қосымшаларда есептеу барысында қолданылатын анықтамалық деректер келтірілген.

ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ

1.1. ЖЕЛІЛІК ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастар

Тәжірибеде электр тізбектерін есептеу барысында, іс жүзінде аз мөлшерде болатын өткізгіштің көлденең қимасы жиі шаршы метрмен емес, квадраттың миллиметрмен көрсетіледі. ЭҚК — электрқозғаушы күші; ЭТ — электр тізбегі.

Өткізгіштегі тоқтың тығыздығы, А/мм²: $j = I/S$, ондағы I — өткізгіштегі тоқ күші, А; S — өткізгіштің қимасы, мм².

Өткізгіш кедергісі, Ом: $R = \rho l/S = l/(\gamma S)$, ондағы ρ — меншікті кедергі, Ом • мм²/м; γ — меншікті өткізгіш, м/(Ом • мм²); l — өткізгіш ұзындығы, м; S — өткізгіш қимасы, мм².

Өткізгіш қабілеті, См (сименс) — кері қарсылық мәні: $G = 1/R$. Температураға байлансты өткізгіш кедергісінің тәуелділігі: $R_2 = R_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)]$, ондағы R_1 мен R_2 — температурадағы өткізгіш кедергісі, тиісінше T_1 мен T_2 ; ал α — температуралық шамасы, Ом/°С.

Электр тізбегі үшін Ом заңы: $I = E/(R + r_0)$ және тармақтары: $I = U/R$, мұнда E — ЭДС, В; r_0 — қуат көзінің ішкі кедергісі, Ом; U и R — тиісінше, тармақтың кернеуі мен кедергісі.

Кирхгофтың Бірінші заңы — Түйіндегі токтардың алгебралық қосындысы нөлге тең: $\sum I = 0$.

Кирхгофтың екінші заңы — ЭҚК алгебралық қосындысы жабық циклде кернеудің төмендеуінің алгебралық қосындысына тең: $\sum E = \sum U = \sum IR$.

Қуат, Вт, — бұл t уақытындағы, U кернеуінде, I өндірілген электр тогымен өндірілетін A жұмысы орындалатын жылдамдық: $P = A/t = (UI)t/t = UI = U^2/R = I^2 R$.

Қуат қоры - тоқ көздерден өндірілетін электр қуаты қосалқы элементтер мен тұтынатын жүктеменің қуатына тең: $\Sigma P_{\text{ист}} = \Sigma P_{\text{нагр}} + \Sigma P_{\text{всп}}$.

Резисторларды ретімен қосу кезінде электр тізбегінің баламалы кедергісі: $R_{\text{экв}} = \Sigma Ri$.

Резисторларды параллель қосу барысындағы электр тізбегінің баламалы өткізгіштігі (кедергісі): $G_{\text{экв}} = \Sigma G_i (R_{\text{экв}} = 1/(\Sigma 1/R_i))$.

Баламалы ЭҚК мен тоқ көзін ретімен қосу кезіндегі ішкі кедергісі: $E_{\text{экв}} = \Sigma E_i; r_{0 \text{ экв}} = \Sigma r_{0i}$.

Баламалы ЭҚК мен тоқ көзін параллель қосу кезіндегі ішкі кедергісі: $E_{\text{экв}} = E; r_{0 \text{ экв}} = 1/(\Sigma 1/r_{0i})$.

Типтік есептерді шешу мысалдары

1.1. Өткізгіштегі диаметрі $d = 1$ мм ағымдағы ток тығыздығын есептеңіз, егер I ток күші 10 А тең болса

Шешуі. Алдымен өткізгіш қимасының ауданын анықтаймыз

$$S = \pi d^2/4 = 3,14/4 = 0,785 \text{ мм}^2.$$

Одан кейін, ток тығыздығы

$$j = I/S = 10/0,785 = 12,7 \text{ А/мм}^2.$$

Жауабы. Өткізгіштегі тоқтың тығыздығы 12,7 А/мм².

1.2. ЭҚК тоқ көзінің электр тізбегі 110 В тең, тоқ көзінің ішкі кедергісі 2 Ом; жүктемемен бірге қосылған амперметр 5 А көрсетіп тұр. Жүктеме кедергісі неге тең?

Шешуі. ТТ үшін Ом заңына сәйкес: $I = E/(R+r_0)$ осыдан жүктеме кедергісіне тең R кедергісін табамыз:

$$R = (E - Ir_0)/I = (110 - 5 \cdot 2)/5 = 20 \text{ Ом}.$$

Жауабы. Жүктеме кедергісі 20 Ом тең.

1.3. Шамның қуаты егер $P = 75$ Вт, ал кернеуі $U = 220$ В тең болса, және оның кедергісі жұмыс істеп тұрса, онда оның тоқ шамы арқылы өтетін тоғын есептеп беріңіз.

Шешуі. Шамның қуаты $P = UI$, осыдан $I = P/U = 75/220 = 0,34$ А. Оның кедергісін Ом заңына басшылыққа ала отырып, есептейміз:

$$R_A = U/I = 220/0,34 = 647 \text{ Ом}.$$

Жауабы. Жұмыс күйіндегі шамның кедергісі — 647 Ом, ол арқылы өтетін ток — 0,34 А.

1.4. Тиесінше, кедергісі бар, төрт параллельді байланысқан резисторлардан тұратын бір тарам бар: $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 5 \text{ Ом}$, $R_3 = 4 \text{ Ом}$, $R_4 = 8 \text{ Ом}$. Тарам нүктесіне кіретін I тоғы 20 А тең. Әрбір тарам арқылы өтетін тоқты анықтаңыз.

Шешуі. Параллель байланысқан резисторлардың баламалы кедергісін есептейміз:

$$R_{\text{эқв}} = 1/(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + 1/R_4) = 1/(1/10 + 1/5 + 1/4 + 1/8) = 1,48 \text{ Ом}.$$

Ағымдағы тоқпен құрылған $R_{\text{эқв}}$ нүктесінде кернеудің түсуін анықтамыз:

$$U = R_{\text{эқв}} I = 1,48 \cdot 20 = 29,6 \text{ В}.$$

Ом заңына сәйкес, әрбір тарамдағы тоқты есептейміз:

$$I_1 = U/R_1 = 29,6/10 = 2,96 \text{ А}; \quad I_2 = U/R_2 = 29,6/5 = 5,92 \text{ А};$$

$$I_3 = U/R_3 = 29,6/4 = 7,4 \text{ А}; \quad I_4 = U/R_4 = 29,6/8 = 3,7 \text{ А}.$$

Кирхгофтың бірінші заңын пайдалана отырып, есептеуіміздің дұрыстығын тексереміз:

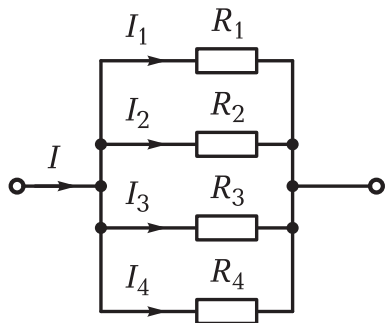
$$\Sigma I = 0 = I - (I_1 + I_2 + I_3 + I_4) = 20 - (2,96 + 5,92 + 7,4 + 3,7) = 0,06 \text{ А}.$$

Сонымен, түйіндегі тоқ мөлшері нөлге тең, яғни, есептің шешімі дұрыс.

Жауабы. Тарамдағы тоқтар тиісінше, өзара тең: $2,96 \text{ А}$; $5,92 \text{ А}$; $7,4 \text{ А}$; $3,7 \text{ А}$.

1.5. Өткізгіш бойынша сол бір қайталанатын тоқтың, сол бір қимамен өтудегі дөңгелектелген қиманың қыздыру температурасы шаршыға қарағанда жоғары болады. Не себепті?

Шешуі. Өткізгіш сыртқы беті арқылы шығарылатын жылу саны мен өткізгішке жеткізілетін жылу мөлшерінің арасындағы тепе-теңдік болғанға дейін қызады. Жеткізілетін жылу мөлшері бойымен тоқ жүретін өткізгіш қимасымен анықталады. Дөңгелек қима үшін — $S_{\text{кр}} = \pi d^2/4$, жақта-ры бар шаршыға X — $S_{\text{кр}} = X^2$. Сондықтан, $S_{\text{кр}} = S_{\text{кв}}$, немесе $X = 0,886d$.



Жіберілетін жылу дөңгелек қимасы $S_{\text{кр}} = \pi dl$ тең I ұзындығымен және өткізгіштің сыртқы бетімен анықталады, ал шаршы $S_{\text{кв}} = 4XI = 4 \cdot 0,886d = 3,54dl$. Қатынасы $S_{\text{кв}}/S_{\text{кр}} = 3,54dl/(\pi dl) = 1,13$.

Сөйтіп, беті дөңгелекке қарағанда 13% көбірек салқындатылды.

1.1. сур. 1.4 есепке

Демек, шаршы қима, дөңгелекпен салыстырғанда азырақ қыздырылады.

Жауабы. Шаршы қимасы бар өткізгіш азырақ қыздырылады, себебі оның суыту аумағы дөңгелек қимасы бар өткізгішке қарағанда үлкенірек.

1.6. Бірнеше электр қорегі және қабылдағыштардың аралас қосылымы бар қарапайым ЭТ үшін (1.2 сур.) ЭҚК мен тоқ көзінің ішкі кедергісі, сондай-ақ қабылдағыштардың кедергісі белгілі: $E_1 = E_2 = E_3 = E_4 = E_0 = 4,5 \text{ В}$; $r_{01} = r_{02} = r_{03} = r_{04} = r_0 = 1 \text{ Ом}$; $R_1 = 20 \text{ Ом}$, $R_2 = 40 \text{ Ом}$, $R_3 = 60 \text{ Ом}$.

Тармақтағы ток күші (I_1, I_2, I_3) мен әрбір тізбек элементтері (U_1, U_2, U_3, U_{r03}) үшін кернеудің түсуін анықтаңыз. Қуат қорының теңдеуін құрастыра отырып, есептеулердің дұрыстығын тексеріңіз.

Есептеу реті

Есептейміз:

1. ЭТ баламалы жүктеу кедергілері

$$R_3 = R_1 + 1/(1/R_2 + 1/R_3) = 44 \text{ Ом.}$$

2. ЭҚК баламалы қуат көзі

$$E_3 = E_1 + E_2 = 2E_0 = 9 \text{ В.}$$

3. Қуат көзінің ішкі баламалы кедергісі

$$r_{03} = 1/(1/2r_0 + 1/2r_0) = 1 \text{ Ом.}$$

4. ЭТ тұтынатын толық ток, сонымен бірге, ол I_1 тоғы:

$$I_1 = E_3/(R_3 + r_{03}) = 9/(44 + 1) = 0,2 \text{ А.}$$

5. Аумақта а — b немесе резисторларда R_2 мен R_3 (U_2 мен U_3) кернеудің түсуі

$$U_{ab} = U_2 = U_3 = I_1(1/(1/R_2 + 1/R_3)) = 0,2 \cdot 24 = 4,8 \text{ В.}$$

6. R_2 резисторы арқылы I_2 тоғы

$$I_2 = U_{ab}/R_2 = 4,8/40 = 0,12 \text{ А.}$$

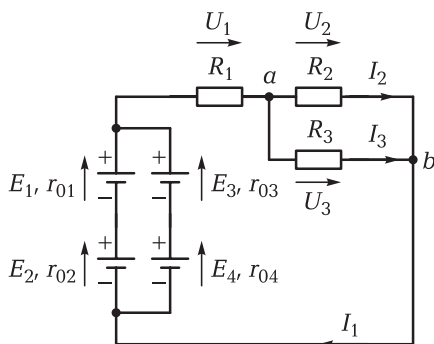
7. R_3 резисторы арқылы I_3 тоғы $I_3 = U_{ab}/R_3 = 4,8/60 = 0,08 \text{ А.}$

8. R_1 резисторында кернеудің түсуі:

$$U_1 = I_1 R_1 = 0,2 \cdot 20 = 4 \text{ В.}$$

9. Ток көзінің ішкі кедергісі керенуінің түсуі r_{03}

$$U_{r03} = I_1 r_{03} = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ В.}$$



1.2 сур. 1.6. есепке

10. R_1, R_2, R_3 резисторларындағы қуаттың шашырауы:

$$P_1 = I_1^2 R_1 = 0,8 \text{ Вт}; P_2 = I_2^2 R_2 = 0,576 \text{ Вт}; P_3 = I_3^2 R_3 = 0,384 \text{ Вт}.$$

11. Қуат көзімен берілетін қуаты:

$$P_{\text{ист}} = I_1(E_1 + E_2) = 2E_0 I_1 = 1,8 \text{ Вт}.$$

12. Қуат көзінің ішкі кедергісіне жұмсалатын қуаты:

$$P_{r_{03}} = I_2^2 r_{03} = 0,04 \text{ Вт}.$$

13. Қуат қорын пайдалана отырып, есептеулердің дұрыстығын тексереміз:

$$P_{\text{ист}} = 1,8 \text{ Вт} = P_1 + P_2 + P_3 + P_{r_{03}} = 0,8 + 0,576 + 0,384 + 0,04 = 1,8 \text{ Вт}.$$

Қуат қоры ЭТ есептеуі дұрыс орындалғанын көрсетеді.

Жауабы. Тармақтағы токтары тең: $I_1 = 0,2 \text{ А}; I_2 = 0,12 \text{ А}; I_3 = 0,08$

А. Кернеудің азаюы: $U_1 = 4 \text{ В}; U_2 = U_3 = 4,8 \text{ В}; U_{r_{03}} = 0,2 \text{ В}.$

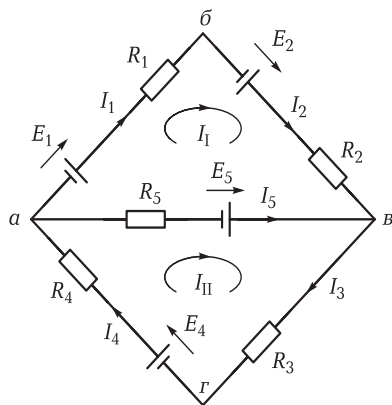
1.7. Тарамдалған ЭТ сызбасы 1.3 суретте көрсетілген. Тармақтағы тоқты, электр тізбегінің әрбір элементтері үшін кернеудің азаюын анықтаңыз. Қуат қорын пайдалана отырып, есептеулердің дұрыстығын тексереміз:

Берілгені: $E_1 = 10 \text{ В}, E_2 = 30 \text{ В}, E_4 = 35 \text{ В}, E_5 = 15 \text{ В}; R_1 = 20 \text{ Ом}, R_2 = 30 \text{ Ом}, R_3 = 10 \text{ Ом}, R_4 = 15 \text{ Ом}, R_5 = 25 \text{ Ом}.$

Табу керек: $I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, U_1, U_2, U_3, U_4, U_5.$

Есептеу реті

1. ЭТ есептеу үшін сұлба тоғын пайдаланамыз. Сызбаға ЭҚК оң бағыттары мен тарақпен байланысқан сұлбалардағы токтардың шартты оң бағыттарын саламыз.



2. ЭТ үш сұлба болғандықтан, оған байланысқан сұлбаларға арналған Кирхгофтың Екінші заңы бойынша екі теңдеу жазамыз:

сұлба $a - б - в - a$

$$E_1 + E_2 - E_5 = I_1(R_1 + R_2 + R_5) - I_{II}R_5;$$

$$10 + 30 - 15 = I_1(20 + 30 + 25) - 25I_{II};$$

$$25 = 75I_I - 25I_{II};$$

сұлба $a - в - г - a$

$$E_5 + E_4 = I_{II}(R_5 + R_3 + R_4) - I_I R_5;$$

$$15 + 35 = I_{II}(25 + 10 + 15) - 25I_I$$

$$50 = 50I_{II} - 25I_I$$

3. Екі белгісізбен, алынған екі теңдеу жүйесін есептейміз:

1.3. Сурет 1.7 есепке

$$2 = 6 I_1 - 2I_{II};$$

$$2 = 2 I_{II} - I_1.$$

Мысалы, теңдеулерді біріктіріп, $I_1 = 0,8$ А аламыз, одан кейін екінші теңдеуден $I_{II} = 1,4$ А табамыз.

4. ЭТ сызбасынан түсінетініміз, тармақтағы I_1 мен I_2 тоқтар өзара және сұлба $I_{I\text{тоғына}}$ тең:

$$I_1 = I_2 = 0,8 \text{ А.}$$

Сонымен қатар, I_3 мен I_4 тармақтағы тоқтар өзара және сұлба $I_{II\text{тоғына}}$ тең:

$$I_3 = I_4 = 1,4 \text{ А.}$$

Тармақтағы I_5 тоғы әртүрлі сұлбалы тоқтарғы тең:

$$I_5 = I_{II} - I_1 = 1,4 - 0,8 = 0,6 \text{ А.}$$

5. ЭТ элементтеріндегі кернеудің азаюын есептейміз:

$$U_1 = I_1 R_1 = 0,8 \cdot 20 = 16 \text{ В}; U_2 = I_2 R_2 = 0,8 \cdot 30 = 24 \text{ В}; U_3 = I_3 R_3 = 1,4 \cdot 10 = 14 \text{ В}; U_4 = I_4 R_4 = 1,4 \cdot 15 = 21 \text{ В}; U_5 = I_5 R_5 = 0,6 \cdot 25 = 15 \text{ В.}$$

6. Қуат қорын пайдалана отырып, есептеулердің дұрыстығын тексереміз:

$$E_1 I_1 + E_2 I_2 + E_3 I_3 + E_4 I_4 = U_1 I_1 + U_2 I_2 + U_3 I_3 + U_4 I_4 + U_5 I_5.$$

Тоқ көзімен берілетін қуаты:

$$10 \cdot 0,8 + 30 \cdot 0,8 + 15 \cdot 0,6 + 35 \cdot 1,4 = 90 \text{ Вт.}$$

Жүктемемен тұтынатын қуаты:

$$16 \cdot 0,8 + 24 \cdot 0,8 + 14 \cdot 1,4 + 21 \cdot 1,4 + 15 \cdot 0,6 = 90 \text{ Вт.}$$

Сөйтіп, қуат қоры сақталады, ол есептеудің дұрыс болғанын куәландырады.

Жауабы. Тармақтағы тоқтар: $I_1 = I_2 = 0,8$ А, $I_3 = I_4 = 1,4$ А, $I_5 = 0,6$ А. ЭТ кернеудің азаюы: $U_1 = 16$ В, $U_2 = 24$ В, $U_3 = 14$ В, $U_4 = 21$ В, $U_5 = 15$ В.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

1.8. Электр саласында физика заңын білу бізге не береді?

Жауабы. Электрлік, электромагниттік және электрондық құрылғылардың, құрылғылардың және жүйелердің жұмысын түсіну және олардың мінез-құлқын талдау мүмкіндігі. Есептеуге және пайдалану

кезінде олардың өнімділігіне оңтайлы сипаттама берілуін қамтамасыз ету мүмкіндігі.

1.9. Электрондардың өткізгіштің бойымен қозғалуына не кедергі келтіреді және температураны көтере бастағанда оның кедергісі артады?

Жауабы. Бейтарап бағытта айналатын атомдар. Өткізгіш температурасы артып келе жатқанда, атомдар тербелістерінің жиілігі мен амплитудасы күшейе түседі, ал ол өз кезегінде электрондардың реттелген түрде қозғалуына қиындық туғызады.

1.10. Электрондардың өткізгіштің бойымен қозғалуына не кедергі келтіреді және температураны көтере бастағанда оның кедергісі артады?

а) сол бір токпен;

б) сол бір кернеуде?

Жауабы. Өткізгішті қыздыру — ол ток күші мен өткізгіш кедергілерімен анықталатын жұмыс болып табылады.

Алюминий өткізгіштердің кедергісі мыс өткізгіштерге қарағанда көбірек, себебі оның салыстырмалы кедергісі үлкен.

Демек, бірдей токпен жұмыс жасау, яғни алюминий өткізгішті жылыту, мыс өткізгіштеріне қарағанда көбірек болады (ұтымды: $A = IRt$). Бірақ бірдей кернеумен жұмыс жасағанда мыс өткізгіші қаттырақ қызды, өйткені $A = (U^2 / R)t$.

1.11. Резистор түрінде R () сызбада келтірілетін электр тізбегінің элементтерін келтіріңіз.

Жауабы. Электр тізбектерінде белгіленген немесе шектейтін элемент ретінде орнатылған резистордың өзі; жылытқыш; электр шамдары; кез келген электромагниттік құрылғыдағы индуктивтік катушаның белсенді кедергісі: реле, трансформатор, электр қозғалтқышы, электр генераторы.

1.12. 110 В атаулы кернеуі бар екі қыздыру шамдары егер оларды 220 В желіге жалғайтын болсақ, қалай жұмыс істейді?

а) дәйекті түрде;

б) параллельді?

Жауабы. Егер кернеуі 220 В дәйекті түрде желіге қосылса, онда, әрбір шам 110 В-қа тең болады, демек, ол дегеніміз олардың номиналды кернеуіне сәйкес келетінін білдіреді. Демек, олар номинальды жарық ағынын береді. Параллель қосу барысында, әрбір шам номинальды көрсеткіштен екі есе асатын кернеуге түседі. Не болады? Лап етіп жанады!

1.13. Электр тізбегіндегі түйін дегеніміз не:

а) өзінің көлемі мен бағытын өзгертпейтін тізбек бөлігі;

б) электр тізбегінің тұйық бөлігі;

в) кем дегенде үш тармақ біріктірілетін нүктесі;

г) тоқ көзінің электр сымын ұстатқыш.

Жауабы. Дұрыс — в), себебі: а) ол — тармақ, б) ол — сұлбасы,

г) ол — электр сымын ұстатқыш, одан басқа ештеңе де емес.

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

1.14*. Өткізгіштегі тоқ күші неге тең, егер оның қимасы 2 мм^2 , ал тоқтың тығыздығы — 10 А/мм^2 тең болса?

1.15. Өткізгіштің көлденең қимасы нешеге тең, егер оның бойымен 5 А/мм^2 тығыздығы бар 150 А ток өтетін болса?

1.16*. 220 В желісіне қосылған электрлік дәнекерлегіш аспап $0,3 \text{ А}$ тоқты тартады. Электрлік дәнекерлеудің кедергісін және қуатын анықтаңыз.

1.17*. $20 \text{ }^\circ\text{C}$ температурасында мыс сымымен жасалған орауыштағы кедергі $1,2 \text{ Ом}$. $80 \text{ }^\circ\text{C}$ температурасындағы оның қарсылығын анықтаңыз.

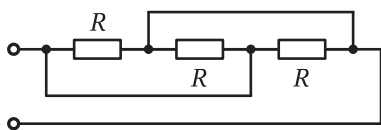
1.18*. Егер кедергісі 5 Ом болса, өткізгіштің өту қабілетін анықтаңыз.

1.19*. Екі бөлмелі пәтердің жарықтандыруы күніне 5 сағат жұмыс істейтін қуаты 10 Вт болатын төрт энергияны үнемдейтін шамдардан және тәулігіне 2 сағат жұмыс істейтін 75 ватт болатын 6 қыздыру шамынан тұрады. Айына тұтынылатын электр энергиясын анықтаңыз.

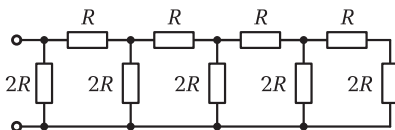
1.20. Стандартты қыздыру шамдарын пайдаланатын пәтердің тұрғыны және энергия үнемдейтін шамдарды пайдаланатын басқа пәтердің тұрғыны әр ай сайын қанша төлейді, екі тұрғынға ғимаратты жарықтандыруы бірдей, бірінші жағдайда ұсынылатын үй-жайдың жарықтандыруы 75 Вт шамға тең, екіншісінде - 13 Вт -қа тең. Жарықтандыру жүйесінің жұмыс уақыты бірдей және тәулігіне 5 сағатқа тең, құны $1 \text{ кВт} / \text{сағ} = 2 \text{ рубль}$.

1.21. Екінші сым желісі, ұзындығы 23 м , кернеуі 36 В болатын электротехникалық зертхананы жеткізу үшін 16 мм^2 өткізгіштердің қимасы бар мыс сымынан жасалған. Зертханада тұтынылатын жалпы ток 20 А құрайды. Егер мыс сымы бірдей қиманың алюминийімен ауыстырылса, берілген сымдардағы кернеудің төмендеуі қанша болады?

1.22. Дәнекерлеуші аспабын жөндеу үшін 40 Вт қуатты 36 В кернеулі $0,02 \text{ мм}^2$ көлденең қимасы бар нихромды сым қолданылады. Сымның қажетті ұзындығын есептеңіз.



1.4-сурет 1.23-есепке



1.5-сурет 1.25- есепке

1.23*. Кез келген резистор 30 Ом қарсылыққа ие болса, 1.4- суретте көрсетілген тізбектің баламалы кедергісі қандай?

1.24. Кез келген резистордың кедергісі 50 Ом болса, 1,5-суретте көрсетілген тізбектің баламалы кедергісі қандай?

1.25. Қуаты 22 Вт және кернеуі 220 В екі шам 220 вольттық электр желісіне қосылған. Әрбір шамның кедергісі коммутациялық схемалармен өзгермейтін болса, параллель және дәйекті қосылымдарда осы шамдармен тұтынылатын қуаты нешеге тең болады?

1.26*. Әрбір шамның 3,5 В кернеуі және 0,35 Вт күші бар, 220 В электрмен қамтамасыз етілген шыршаның жарықтандырғышын жасау үшін қанша шам қажет болады? Жалпы тұтынылатын қуат пен тоқ неге тең?

1.27*. 100 м ұзындықтағы мыс сымынан және 0,8 мм² көлденең қимасынан орауыш жасалған. Тоқ күші 10 А болғанда орауыштағы кернеудің азаюын анықтаңыз.

1.28. Баршамызға мәлім, температура датчигі ретінде жиі мыс сымы пайдаланылады - кедергі термометрі мыс (КТМ). Егер температурасы 20 °С ол 200 Ом болғандағы датчиктің 270 °С температурасындағы кедергісін анықтаңыз.

1.29. Платиналы кедергі термометрі (ПКТ) төмен температураны (-180 °С) қолданылады. Оның кедергісі 6 ом. Датчиктің қалыпты температурадағы (20 °С) кедергісін есептеңіз.

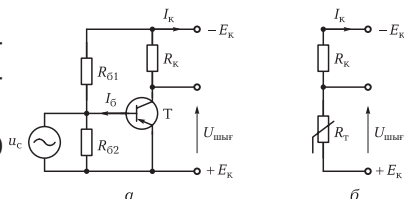
1.30*. Қарсылық термометрін жасау үшін 5 • 10⁻⁴ мм² көлденең қимасы бар платиналық сым қолданылады. Қалыпты жағдайларда 100 Ом-ға тең кедергіні алу үшін қажетті сым ұзындығын анықтаңыз.

1.31. Бір батарейкаға жүктеменің өлшенген кернеуі мен тоқ күші 1.07 В және 0.107 А тең болады. Сол жүктемеге параллель осындай батарейканы қоссақ, онда ол кернеуді 1,25 В және тоқ күшін 0,125 А дейін көтеруге мүмкіндік беретін еді. ЭҚК мен батарейканың ішкі кедергісін анықтаңыз.

1.32. берілген ЭҚК мәні мен жүктеме кедергісі үшін 1.6-суретте келтірілген ЭТ тармағының тоғын есептеңіз:

$E_1 = 10 \text{ В}$, $E_2 = 20 \text{ В}$, $E_3 = 30 \text{ В}$; $R_1 = 10 \text{ Ом}$, $R_2 = 20 \text{ Ом}$, $R_3 = 30 \text{ Ом}$.

Есепті шешудің дұрыстығын тексеріңіз.



1.6-сурет 1.32 есепке

1.33*. Егер бір шам жанып кетсе, онда шырша гирляндасымен не болады? Ал егер қысқа тұйықталынса ше?

1.34*. Қандай өлшем бірліктерімен өлшенеді және қандай әріппен белгіленеді: кернеу, ток күші, кедергі, ЭҚК, өткізу қабілеті, қуаты?

1.2. ТҰРАҚТЫ ТОҚТЫҢ ЖЕЛІЛІ ЕМЕС ТОҚ ТІЗБЕГІ

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары

Тұрақты токтағы электр тізбектеріне желілі еместікті қыздырғыш шамдар мен жартылай өткізгіш құрылғылар жатады: диодтар, стабилитрондар, транзисторлар және т.б. Мұндай тізбектерді Ом және Кирхгоф заңдарымен қатар есептегенде, шынайы вольт-ампер сипаттамаларының (ВАХ) элементтері қолданылады. Сондықтан есептеулер графикалық-сараптамалық әдіспен орындалады.

Есімізге салатын болсақ, желілі емес элементі (транзисторлық, диод, зенер диоды және т.б.) желілі (резистор) көмегімен дәйекті қосылу барысында, аударылған R резисторды пайдаланған ыңғайлы.

Кейінгісі екі нүкте бойынша құрылады: бос тұрғаны (ХХ) — ЭТ ток көзінің кернеуі U мен қысқа тұйықталуы (ҚТ) — $I_{\text{КТ}} = U/R$. ВАХ қиылысу нүктесі ЭТ жұмыс сипаттамасын анықтайды.

Кедергінің температураға байланысты тәуелділігі (бірінші жуықтауда): $R_2 = R_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)]$, бұл жерде R_2 және R_1 — тиісінше, T_1 мен T_2 температурасындағы кедергі; α — температура шамасы, Ом/°С.

Желілі емес элементтің статикалық кедергісі: $R_{\text{СТ}} = U/I$.

Сызықсыз элементтің динамикалық кедергісі: $R_{\text{дин}} = \Delta U / \Delta I$.

Типтік есептерді шешу мысалдары

1.35. 1.7 суреттегі, *а* коллектор тізбегіндегі $R_K = 70$ Ом мен $E_K = 9$ В ток көзіндегі КТ3107Б транзисторының күшейткіш сызбасы салынған. 1.7 суреттегі, *б* күшейткішті ауыстырудың сызбасы көрсетілген. Бұл жерде *T* транзистордың сызықсыз қарсылығы - R_T .

$u_c = 0$, негізгі бөлгіш R_{61} - R_{62} тарапынан, базалық тізбектегі ток $I_6 = 0,8$ мА. Жұмыс режимінде кіріс дабылының негізгі күші 0,2 мА-дан 1,6 мА дейін өзгереді.

Қисықтардың шығу U шығу кернеуінің мәндерін және $u_c = 0$ кезінде коллекторлық ток I_K , сондай-ақ жұмыс режимінде кернеу мен ток түрінің диапазонын анықтаңыз.

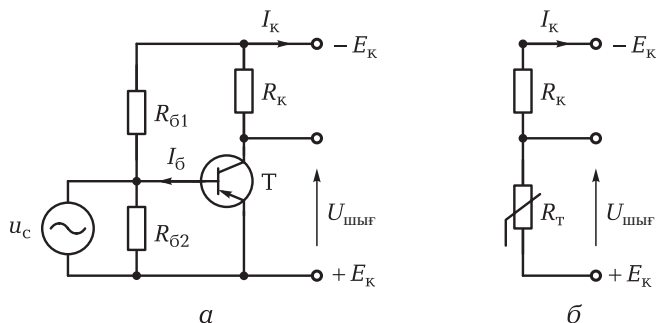
Есептеулер желілі және желілі емес элементтердің нақты вольт-ампер сипаттамаларын қолдана отырып графикалық-сараптамалық әдіспен орындалады.

Есептеу реті

1. Анықтамадан алынған басқарылатын ВАХ желілі транзисторлары мен аударылған желілі ВАХ коллекторлы резистордың суретін бейнелейміз (сурет-1.8). Соңғысы екі нүкте бойынша салынады: бос жүрісі $E_K = 9$ В мен қысқа тұйықталу $I_{K3} = E_K / R_K = 9/70 = 0,128$ А. Транзистордың ток кернеу сипаттамасының қиылысу нүктелері және резистордың айнымалы ток кернеуінің сипаттамасы коллекторлық ток пен шығыс кернеуінің мәндерін анықтауға мүмкіндік береді.

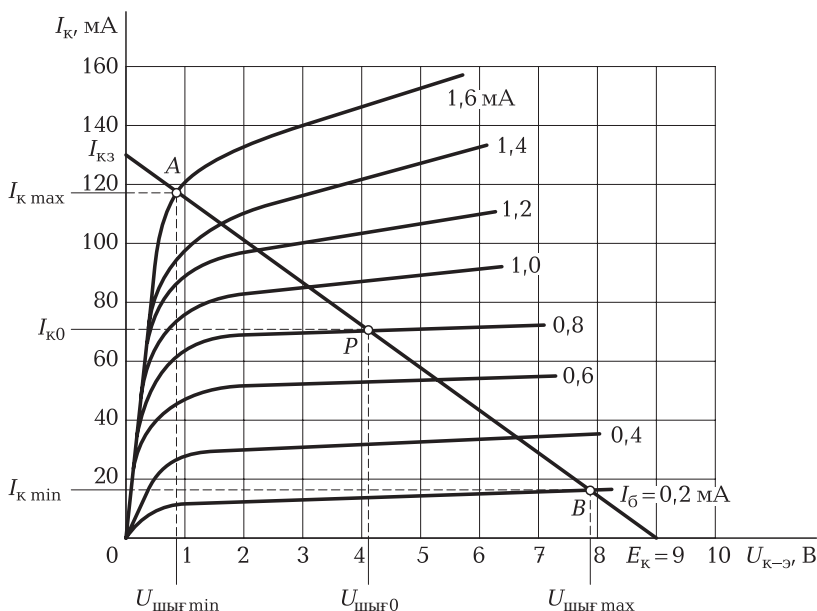
2. $I_6 = 0.8$ мА үшін P ағысының қиылысу нүктесін табамыз, оның кескін ағымдағы осьте $I_{K0} = 72$ мА коллектордың мәнін береді, ал кернеу осі бойынша шығу кернеуі $U_{шығ} = 4.1$ В.

3. Дабылдың минимальды мәні $I_6 = 0,2$ мА сәйкес транзисторға кіру барысында, ВАХ В нүктесінде қиылысады.



1.7 сур. 1.35 есепке күшейткіш сызбасы:

а — электірлі; *б* — сыйғзылған



1.35 сур; 1.56 есепке транзистор ВАХ мен коллекторы резисторы

Тоқ өзегіндегі бұл нүктенің кескіні мен кернеуі $I_{\text{к min}} = 17 \text{ mA}$ және $U_{\text{шығ max}} = 7.9 \text{ V}$ анықтайды.

4. Сигналдың u_c максималды мәні $I_6 = 1.6 \text{ mA}$ сәйкес келетін транзистордың кірісіне келіп, ВАС нүктесінде қиылысады. Осы нүктенің токтарында және кернеулеріндегі кескіндер $I_{\text{к max}} = 118 \text{ mA}$ және $U_{\text{шығ min}} = 0.8 \text{ V}$ анықтайды.

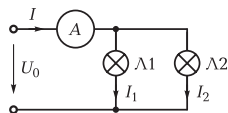
Жауабы. Кіріс дабылы болмаған жағдайда, коллекторлық тізбектегі тоқ 72 mA , ал шығу кернеуі 4.1 V болады. Берілген кіріс дабылы коллекторының тоғы 17 -ден 118 mA -ға дейін, ал шығыс кернеуі сәйкесінше 7.9 -дан 0.8 V -ға дейін болады.

1.36. Кернеуі 36 V болатын екі қыздыру шамдары және әртүрлі қуаттағы 24 V кернеуге параллель қосылған (сурет 1.9, а). Екі шамның ВАС белгілі. ЭТ-не енгізілген миллиамметрдің мәні қандай және әрбір кернеу арқылы қандай тоқтар өтеді?

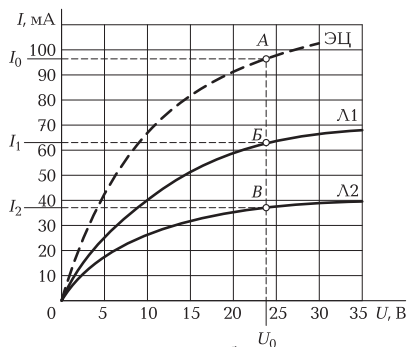
Есептеу реті

1. Графикалық түрде берілген, бір координат жүйесіндегі екі қыздыру шамында жапсырылған ВАС бейнелейміз (Л1 мен Л2 1.9, б-сур).

2. Шамдардан келетін тоқтың кернеуін қоса отырып, нәтижеленетін ВАС ЭТ құрамыз.



а



б

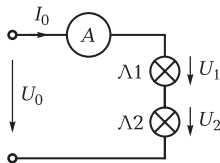
1.9 сур. 1.36 есепке

3. $U_0 = 24$ В жұмыс істеуге қажетті кернеуінен, нәтижелі ВАС қиылысына дейін тік сызық жүргіземіз. А кескін нүктесінің қиылысы ЭТ тұтынылатын тоқты анықтауға мүмкіндік береді: $I_0 = 98$ мА.

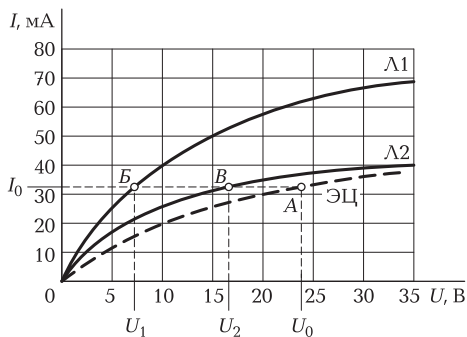
4. Ағымдық өзектегі Б және В қиылысу нүктелері мен ВАС әрбір шамы тармақтағы тоқ өзегіне жететін тармақтағы тоқтарды анықтауға мүмкіндік береді: $I_1 = 61$ мА и $I_2 = 37$ мА.

Жауабы. 24 В кернеуіндегі ампермер ЭТ тұтынылатын ағымды 98 мА-ға тең. Тұтынылатын Л1 шамы 61 мА-ға, ал Л2 шамы 37 мА тең.

1.37. 24 В кернеуіне ретімен ЭТ қыздырылған шамы қосылды (сур. 1.10, а) (осы шамдардың ВАС 1.10, б суретте көрсетілген). Әр шамда кернеудің төмендеуі мен тұтынатын ЭТ тоқты анықтаңыз.



а



б

1.10 сур. 1.37 есепке

Есептеу реті

1. Графикалық түрде бір координат жүйесінде ВАС желілік қыздырғыш Л1 мен Л2 шамдары бейнеленген.

2. Әрбір шамды бірдей ток кернеуіне қосып, нәтижелі ВАС ЭТ құрамыз.

3. $U_0 = 24$ В жұмыс істеуге қажетті кернеуінен, нәтижелі ВАС қиылысына дейін тік сызық жүргіземіз. А кескін нүктесінің қиылысы ЭТ тұтынылатын тоқты анықтауға мүмкіндік береді: $I_0 = 33$ мА.

4. Ағымдық өзектегі Б және В қиылысу нүктелері мен ВАС әрбір шамы, кернеудің әрбір өзегінде әрбір шамдағы кернеудің төмендеуін анықтауға болады: $U_1 = 7,5$ В и $U_2 = 16,5$ В.

Жауабы. 24 В кернеуіндегі ампермер ЭТ тұтынатын 33 мА тоғына тең. Л1 шамына кернеу 7,5 В төмендейді, ал Л2 шамында 16,5 В болады.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

1.38. Кирхгоф заңдарының қайсысы ЭТ-гі екі сызықты емес элементтермен есептеуде пайдаланылады?

а) қатарлас;

б) дәйекті түрде.

Жауабы. Сызықсыз элементтерді параллель қосу кезінде, әрбір тармақтағы ағымдар қосылатын ВАС сипаттамасын құрастыру мақсатында біріктіріледі, демек осы үдерісте бірінші Кирхгоф заңы қолданылады. Дәйекті түрде, әртүрлі ток күшінің мәндері үшін әрбір элементтегі мәні қосылады, яғни Кирхгофтің екінші заңы қолданылады.

1.39. ВАС желілік қасиеттері бар ЭТ тұрақты тоғының негізгі элементтерін атаңдар.

Жауабы. Шамдар, транзисторлар, диодтар, стабилитрондар, тиристорлар, варисторлар, термисторлар, фоторезисторлар - яғни қарсылық температураға, жарықтандыруға немесе қолданылатын кернеуге байланысты қолданылатын элементтер тізбегі.

1.40. Мінсіз ВАС бар диодтағы кернеудің тікелей төмендеуі нөлге, ал жүктемеде ол - 100 В тең. Егер тұрақты ток қорек көзінің терминалдары ауыстырылса, диодтың кернеуі мен жүктемесіне тең болады?

Жауабы. Ең дұрысы, диод тоқты бір бағытта жіберіп, кері бағытта өтпейді. Демек, диодтың тікелей кедергісі нөлге тең, кері кедергі мәні шексіз. Диодтың тікелей кернеуінің төмендеуі нөлге тең болғандықтан, қуат көзінің барлық кернеуі жүктеуге қолданылады. Диодта қарама-қарсылығына ауысудағы тоқ көзінің қайтару кернеуі 100 В-қа тең болуы тиіс, демек қуат көзінің кернеуіне байланысты дегенді білдіреді. Бұл жағдайда жүктеме бойынша кернеу нөлге тең болады.

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

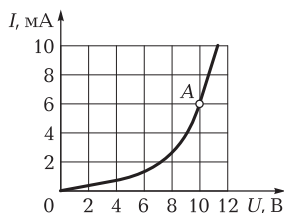
1.41*. $T = 2\,020\text{ }^{\circ}\text{C}$ жағдайында жұмыс істеп тұрған кезінде, сонымен қатар, тоғының жұмыс кернеуі 220, ал кедергісі $T = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ қыздыру шаманың тоқтағы мәні неге тең?

1.42. А нүктесі үшін сызықтық элементтің статистикалық және динамикалық кедергісін анықтау қажет, оның ВАС 1.11, а суретте келтірілген.

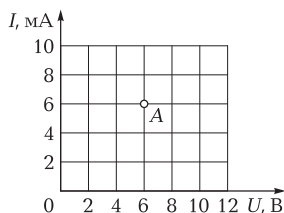
1.43. 1.11, б суретте оның динамикалық кедергісі статистикалық кедергісіне қарағанда басымырақ, А нүктесі арқылы өтетін ВАС сызықтық емес элементін бейнелеңіз. Осы кедергілерді есептеңіз. Бұл қандай элемент?

1.44. ЭТ шығыс кернеуінің минимальды және максимальды мәнін анықтаңыз, есептеу барысында оның $U_{\text{кпр}} = 16\text{ В}$ шығыс кернеуі 12-ден 20 В өзгеруін ескерген жөн, оның сызбасы 1.12, а суретте келтірілген. Д стабилитронының Д мен R_6 резисторының қоры 12, б суретте бейнеленген. R_6 мәнінің қарлығын анықтау.

1.45. ЭТ үшін (20.12-суретті қараңыз) кіріс кернеуі 20 В, стабилитрон арқылы өтетін тоқ 20 мА болғанда, стабилитрон 12 В шығу кернеуін қамтамасыз етеді

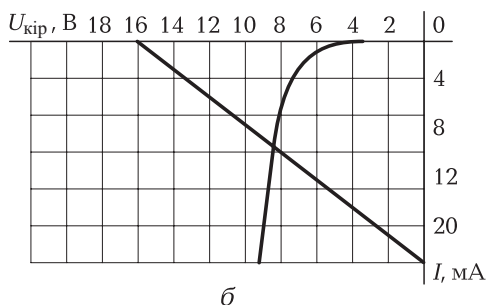
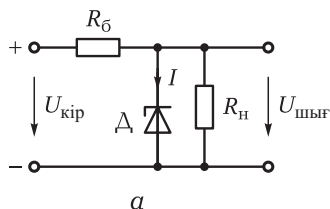


а



б

1.11 сур.: а есепке — 1.4.2; б есепке — 1.4.3



1.12 сур.: а есепке — 1.44; 1.45; 1.46; б есепке — 1.44

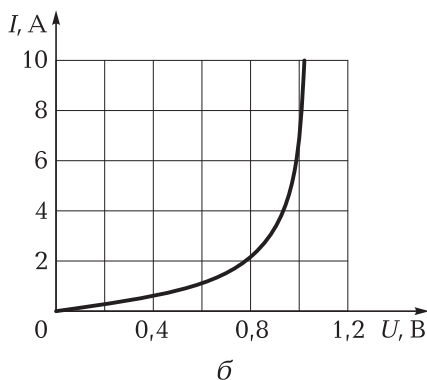
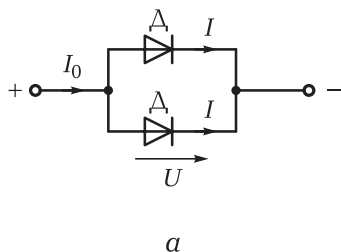
R_6 резистор қорының кедергілік мәнін анықтаңыз.

1.46. ЭТ-дегі стабилитронға параллель (1.12-суретті қараңыз), 100 Ом кедергісі бар жүктеме қосылады. Егер кіріс кернеуі 40 В, шығыс кернеуі 28 В, сонымен қатар, онда ток тізбегі арқылы ток кернеуінің диапазоны 20 мА болғанда, балласттық резистор R_6 кедергісін анықтаңыз.

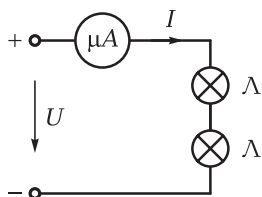
1.47. Қатарлас жұмыс жасауға, бірдей ВАС екі диод КД206А қосылған (сур.-1.13, б). Жалпы ток $I_0 = 6$ А диодтағы кернеудің түсуін анықтаңыз.

1.48. 220 В және қуаты 22 Вт болатын екі бірдей қыздыру шамдары Л ретімен қосылған (1.14-суретте), олардың ВАС 1.14 б келтірілген. Әрбір шамдағы кернеу және тізбектегі тұтынылатын қуаттағы миллиамметр көрсеткішін анықтаңыз.

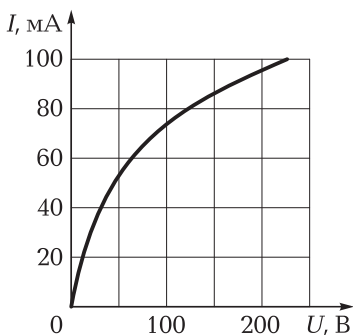
1.49. ЭТ тұтынатын тармақтағы тоқты есептеңіз (сур.1.15, а) ондағы $U = 16$ В. ВАС сызықтық емес элементтері 1.15, б - суретте келтірілген.



1.13 сур. 1.47 есепке

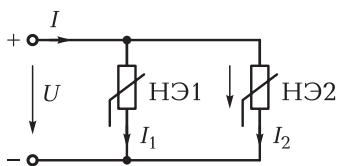


а

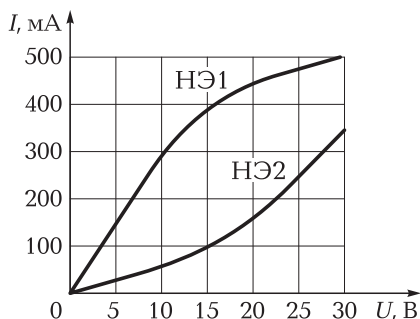


б

1.14. сур. 1.48 есепке



а

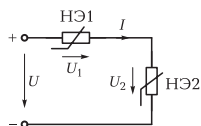


б

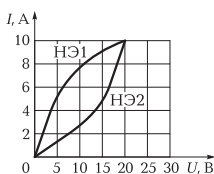
1.15 сур. 1.49 есепке

1.50. ЭТ тұтынылатын тоқ (рис. 1.16, а), пен тоқ көзі кернеуі 25 В болатын сызықтық элементтегі кернеуді анықтаңыз; Сызықтық емес элементтердің ВАС 1.16, б. суретте келтірілген.

1.51. Тоқ кернеуі мен сызықтық элементтегі кернеуі 80 В болғандағы ЭТ тоғын есептеңіз, оның ВАС 1.17, б. суретте келтірілген. Сызықтық резистордың кедергісі $R = 160 \text{ Ом}$.

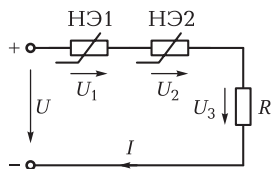


а

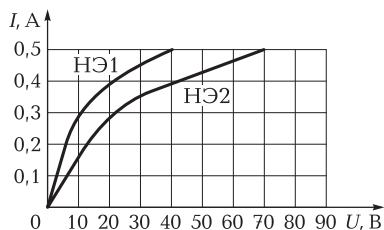


б

1.16. сур. 1.50 есепке

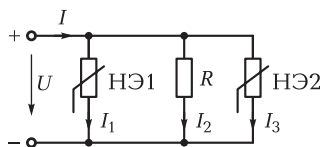


а

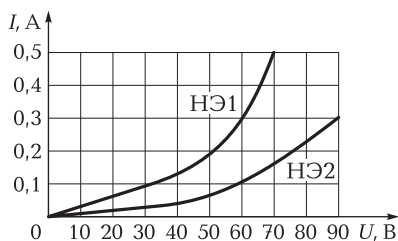


б

1.17. сур. 1.51 есенке



а



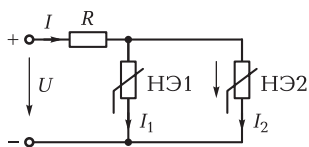
б

1.18. сур. 1.52 есенке

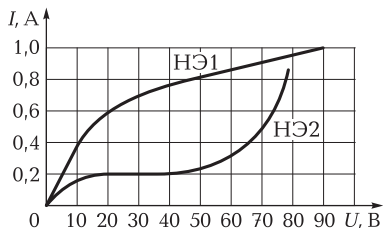
1.52. Тоқ кернеуі мен сызықтық емес элементтегі тармақтың тоғы мен кернеуі 60 В болғандағы ЭТ тоғын есептеңіз, оның ВАС 1.18, б.суретте келтірілген. Сызықтық резистордың кедергісі 100 Ом

1.53. 100 В кернеудегі ЭТ тоғын есептеңіз, егер оның $R = 100$ Ом тең болса (сур. 1.19, а); Сызықтық элементтің ВАС 1.19, б суретте келтірілген.

1.54. Сызықтық емес элементтің статистикалық кедергісі мен мәнін тоқ күшінің мәніне байланысты есептеп, 1.19, б көрсетіңіз.



а



б

1.17. сур. 1.51 есенке

1.55. Сызықтық элемент үшін статикалық және динамикалық кедергілер арасындағы байланыс қандай?

1.56. Барлық мәндер кестесіндегі база тоғының күші үшін, транзистордың шығу сипаттамаларын пайдалана отырып (1.8-суретті қараңыз), $E_k = 8 \text{ В}$, $R_k = 100 \text{ Ом}$ арналған $U_{к.э}$ кернеу мен коллектор тоғын анықтаңыз.

1.57. Симметриялық, асимметриялық және ВАС басқарылатын элементтердің мысалын келтіріңіз.

1.3. ЖЕЛІЛІ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІНДЕГІ ӨТПЕЛІ ҮДЕРІСТЕР

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары

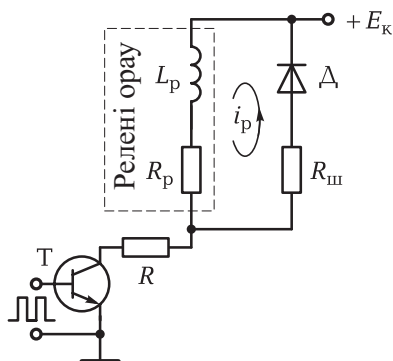
Егер электр тізбектерінде жинақталып, энергия бере алатын элементтер болса, онда токтар мен кернеулер дереу орнатылмайды, демек сол мезетте өтпелі кезеңдер пайда болады. Мұндай элементтер C өлшемі бар конденсатор мен L индукцияның индуктивті орауыш болып табылады.

Коммутация заңы:

бірінші - индуктивтілігі бар қарғу арқылы өзгеруі мүмкін емес, және соған дейін коммутациядан кейінгі мәні оған дейінгі көрсеткішке тең болады;

екінші - сыйымдылықтағы кернеу қарғумен өзгеруі мүмкін емес, және соған дейін коммутациядан кейінгі мәні оған дейінгі көрсеткішке тең болады.

Токтың немесе кернеудің азаю барысындағы өтпелі үдерісін сипаттайтын теңдеу: яғни, ол дегеніміз $Ae^{-t/\tau}$.



1.20. сур. 1.58, 1.61 есепке

Токтың немесе кернеудің үдемелі барысындағы өтпелі үдерісін сипаттайтын теңдеу: $A(1 - e^{-t/\tau})$, ондағы A — токтың немесе кернеу деңгейінің айырмасы; τ - уақыттың тұрақты шамасы.

ЭТ үшін уақыттың тұрақты шамасы:

индуктивтілігі L — $\tau = L/R$;

сыйымдылығы C — $\tau = RC$,

мұндағы L — индуктивтілік, Гн; C — сыйымдылығы,

Φ ; R — белсенді кедергі, Ом.

Тұрақталған мәнге байланысты, бақыланатын көлемі 95 % жеткенге жұмсалынған уақыты: $t = 3\tau$.

Тұйықтауыш кедергісін $R_{\text{ш}}$ қуаттау кезіндегі өзіндік индукцияның лездік мәні (сур. 1.20): $e_L = E_{\kappa}(R_{\text{ш}}/R_p)e^{-t/\tau}$, мұндағы R_p — белсенді кедергісі, ретімен қосылған индуктивтілігі бар орауыш; $\tau = L_p/(R_p + R_{\text{ш}})$ — уақыттың тұрақты шамасы; $E_{Lm} = E_{\kappa}(R_{\text{ш}}/R_p)$ — ЭҚК өздік индукциясының максимальды мәні.

Типтік есептерді шешу мысалдары

1.58. Индуктивтілік $L_p = 1$ Гн және белсенді кедергісі $R_p = 50$ Ом электромагниттік реле орамасы негізгі тәртіппен жұмыс істейтін транзисторлық Т жинағышының тізбегіне қосылады, сондықтан шектеуіш кедергісі $R = 50$ Ом тең (1.20-суретті қараңыз). Транзистор жабылған кезде, ЭҚК өзіндік индукциялық орамасынан қысқа уақыт ішінде туындаған коллекторда маңызды $R_{\text{ш}}$ кернеу пайда болады. Коллектордағы рұқсат етілген кернеуі $U_{\text{км}} = 100$ В, ал тоқ көзінің кернеуі $E_{\kappa} = 20$ В болғанда, R_m тұйықтауыш кедергі орамасының шекті мәнін есептеңіз

Шешуі. Транзистор жабылған кезде коллектордағы кернеу екі мөлшерде анықталады: ЭҚК тоқ көзі E_{κ} ЭҚК өздік индукциясы e_L : $u_{\kappa} = E_{\kappa} + e_L$.

Жабық тұрған транзистордағы орауыштың кәсіптелінген ЭҚК i_p тоқ қуатын құрады, ол $R_{\text{ш}}$ тұйықталынған резисторында матастырылады, сол кезде D диодының кедергісін ескермеуге болады. Кедергінің $R_{\text{ш}}$ мәні тоқ қуаты жылдамдығының төмендеуін және тиісінше, ЭҚК өзіндік индукциясының максимальды мәнін анықтайды, ол $E_{Lm} = E_{\kappa}(R_p/(R_p + R)) \cdot (R_{\text{ш}}/R_p)$ өрнегімен есептеледі.

$R_{\text{ш}} = 0$ болғанда ЭҚК өзіндік индукциясы нөлге тең, сондықтан жабық транзистордағы u_{κ} кернеудің максимальды мәні E_{κ} тең. Егер $R_{\text{ш}} \rightarrow \infty$ $e_L \rightarrow$ тағы $\rightarrow \infty$. Мұндағы $R_{\text{ш}}$ жылдамдығы. Транзистордың сенімді жұмыс істелуін қамтамасыз ететін, кедергінің шектік мәні, енді оның шартын табамыз:

$$E_{Lm} = U_{\text{км}} - E_{\kappa} = 100 - 20 = 80 \text{ В} = E_{\kappa} (R_p/(R_p + R)) \cdot (R_{\text{ш}}/R_p).$$

Осыдан:

$$R_{\text{ш}} = 8 R_p, = 400 \text{ Ом}.$$

Тұрақты жағдайда $R_{\text{ш}}$ кедергісі релелік орамын тұйықтауға болмайды. Ол үшін қуатсыздану тоғының өтуін қамтамасыз ететін D диоды ретіменен қосылған i_p .

Жауабы. Коллекторда индуктивтілік жүктемені транзистордың қалыпты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін тұйықтауыштың шекті мәні 400 Ом құрайды.

1.1. кесте

Уақыты, t/τ	0	0,5	1,0	2,2	3,0
Ауытқу шегі, %	0	40	63	90	95

1.59. Тұрақты кернеу көзіне $U = 100$ В уақытқа $t = \tau$ кезінде ауысқан кезде C конденсаторындағы кернеуді есептеңіз.

Шешуі. Конденсатордың кернеуі экспоненттік заңы бойынша артады: $u_C = U(1 - e^{-t/\tau})$.

Бұндағы $t = \tau$ $u_C = U(1 - e^{-1}) = U(1 - 1/e) = 0,63U = 63$ В.

Экспоненциалды кез келген нүктесінде тұрақты күйге келтірілетін тангенстің кескіні тұрақты мән болып табылады, сонымен қатар, ол тұрақты уақыт τ арқылы өлшенетін өлшем бірлігі.

Бұл бес нүктеге қатысты экспоненциалды функцияны құруды жеңілдетеді (1.1-кесте, 1.21-сурет).

Жауабы. Мұндағы $t = \tau$ тұрақты күйдегі мәннен кернеуі 63 % тең. Бұл жағдайда 63 В.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

1.60. Индуктивті шарғыдағы ағым күрт өзгере ме?

Жауабы. Бұл мүмкін емес. Бұл бірінші коммутациялық заңы. Шынында да, егер ағым күрт өзгерсе, онда өзін-өзі индукцияның $e_L = -L\Delta I/\Delta t$ шексіз үлкен болуы керек еді, демек бұл мүмкін емес.

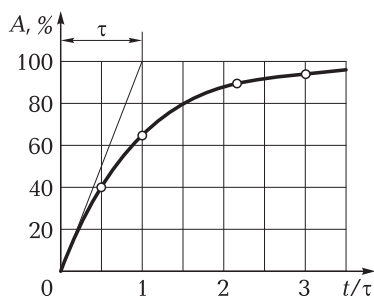
1.61. Осциллографтың көмегімен 1.20-суретте көрсетілген ЭТ тоғы бойынша ағымдағы өтпеліліктің сипатын қалай бақылауға болады?

Жауабы: Осциллоскоптың үлкен кедергісі болғандықтан және токты емес, кернеуді өлшейтіндіктен, релелік орамдағы сериялы шағын

қарсылықты R қатарына қосу және осы қарсылықта кернеудің өзгеруін бақылау жеткілікті.

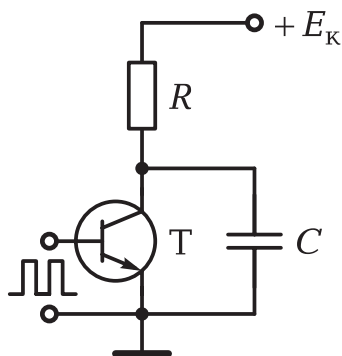
1.62. Т транзисторы (сурет 1.22) негізгі тәртіппен жұмыс істейді. Бұл жағдайда өтпелі үдеріс ұзақ уақыт бойы жалғасады: конденсатор толық қуаттанған кезде немесе қуаты аяқталған кезде болады?

Жауабы. Қуаттандырылған.



1.21. сур.1.59, 1.63 есепке

Шынында да, егер транзистор T жабық болса, онда оның кедергісі үлкен, ал C конденсаторы көзінен $+E_k$ -ке резистор $R-E_k$ арқылы қуаттандырылады. Тұрақты $\tau = R_C$ қуаты R қарсылығымен анықталады, сол себепті маңызды болуы мүмкін. Транзисторды ашқанда оның қарсылығын іс жүзінде нөлге дейін төмендетеді, ал C конденсаторы уақытша тұрақты τ_1 транзисторы арқылы шығарылады, ол нөлге ұмтылады.



1.22. сур. 1,62 есепке

1.63. 1.21-суретте келтірілген ЭТ-дағы өтпелі үдерісте қандай электрлік параметрлер өзгереді?

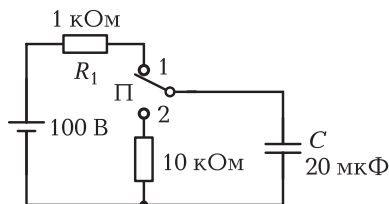
Жауабы. Белсенді кедергіде, сондай-ақ, транзистордан, конденсатор және резистордан өтетін ток өтпелі үдерісте өзгере бастайды.

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

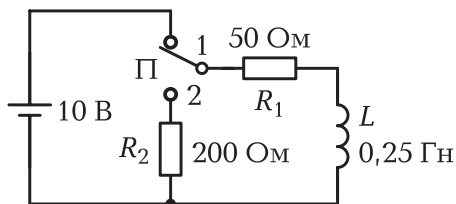
1.64. Электр жөндеуші ток трансформатор орамасын $U = 9$ В электр қуатымен және $R = 4$ кОм ішкі кедергісі бар омметрдің көмегімен тексереді. Құрылғыны желіден ажыратқаннан кейін қолында электр сымын ұстатқышты ұстап тұрған электр жөндеуші қандай кернеу астында болады? Электр жөндеушінің кедергісін 100 кОмға дейін қабылдаңыз.

1.65. 20 мкФ сыйымдылығы бар конденсатордағы кернеу $U = 100$ В кедергісі, $R = 1$ кОм арқылы тұрақты кернеу көзіне ауысқанда өзгереді (1.23-сурет).

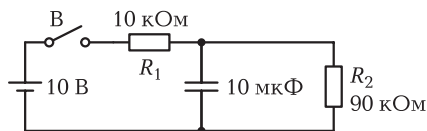
1.66. Индуктивтілік орауыштар арқылы өтетін токтың өрнегін жазып алыңыз (1.24-сурет), оны тұрақты кернеу көзіне ауысқан кезде өзгереді $U = 10$ В .



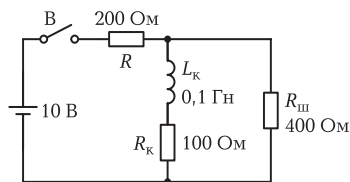
1.23. сур. 1,65, 1,67 есепке



1.24. сур. 1,66, 1,68 есепке



**1.25. сур. 1,69, 1,70, 1,73,
1,74 есепке**



**1.26. сур. 1,71, 1,72,
1,75 есепке**

1.67. П тоқ аударғышын 2 деңгейге орнату барысында конденсатордың (1.23-суретті қараңыз) кернеуі өзгертін өрнек жазыңыз

1.68. П тоқ аударғышын 2 деңгейге ауыстыру барысында индуктивтілік шарғысындағы ЭҚК бойынша өзгертін тоқ бойынша (1.24 -суретті қараңыз) өзгертін өрнек жазыңыз

1.69. В ажыратқышы тұйықталған кезде, конденсатордағы ЭТ кернеуінің өтпелі және ең жоғарғы мәнін анықтаңыз (1.25- сурет).

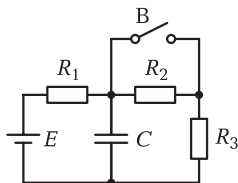
1.70. 1.25.- сурет ұсынылған ЭТ В ажыратқышын тұйықтау барысында үдерістің өтпелі ұзақтығын анықтаңыз.

1.71. 1.26-суретте ұсынылған ЭТ В ажыратқышын тұйықтау барысында үдерістің өтпелі ұзақтығын анықтаңыз.

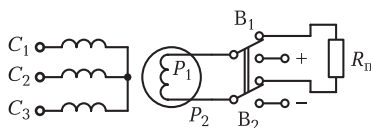
1.72. ЭТ В ажыратқышын тұйықтау барысында ЭҚК өзіндік индукцияның ұзақтығын үдерістің өтпелі ұзақтығын анықтаңыз (1.26- суретті қараңыз). Як және Rш кедергілерінің параллельді екенін ескеру қажет.

1.73. Конденсатордың 3 мс және 0,3 мс қуаты бар кезде, өтпелі үдерістің ұзақтығын қамтамасыз ету үшін, ЭТ -не қосу үшін R1 және R2 кедергісінің қандай көлемі керек? (1.25-суретті қараңыз)

1.74. Неліктен ЭТ-дегі өтпелі үдерісте (1.25-суретті қараңыз) R2 резистенттегі кернеу жылдам орнатылмайды?



1.27. сур. 1,76, 1,77 есепке



1.28. сур. 1,78 есепке

1.76. ЭТ тұрақталынған әрекет етуші үдеріс (Сурет – 1.27): С конденсаторы R_1 , R_2 , R_3 резисторлары арқылы нақты кернеуге дейін қуаттандырылған, олар арқылы тиесілі тоқ өтеді. Егер, $E = 3$ В, $R_1 = R_2 = R_3 = 100$ Ом, $C = 10$ мкФ тең болса, В ажыратқыш тұйықталғаннан кейін қандай көлемге конденсатор қуаттандырылады? Конденсаторда кернеудің қалай өзгеретіні бойынша өрнек жазыңыз.

1.77. ЭТ-де С Конденсаторды қайта қуаттандыру үшін (1.27 сур) В ажыратқышы ажыратылу барысында өрнекті жазыңыз.

1.78. Қандай мақсатпен синхронды машинаны екпінмен тербеткеннен кейін P_1 - P_2 ротордың оратылуы R_{π} іске қосу кедергісінде тұйықталынады (1.28 сур):

- а) біртіндеп іске қосуды қамтамасыз ету;
- б) ЭҚК екпінмен туындайтын тоқ көзінің істен шығуына жол бермеу;
- в) ротордың орамасының қызып кетуін ротордың орамасынан қорғау;
- г) шөткенің ұшқыңдалуын болдырмау?

2 ТАРАУ

АЙНЫМАЛЫ ТОҚТЫҢ БІРФАЗАЛЫ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

2.1. СИНУСОИДТЫҚ ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастар

Синусоидалықтың өрнегі ЭДС: $e = E_m \sin(\omega t + \psi)$.

ЭҚК айнымалыларының, кернеудің, ток пен қуаттың лездік мәндері: e, u, i, p .

ЭҚК айнымалыларының, кернеу, ток және қуаттың амплитудасы мәндері: E_m, U_m, I_m, P_m .

ЭҚК айнымалыларының, кернеу, ток және қуаттың тиімді мәндері: $E = E_m / \sqrt{2}, U = U_m / \sqrt{2}, I = I_m / \sqrt{2}, P = P_m / \sqrt{2}$.

Айналмалы жиілік, рад/с: $\omega = 2\pi / T$, бұнда $f = 1/T$ — сызықтық жиілік, Гц; T — кезеңі, с. Өндірістік жиілікте $f = 50$ Гц: $\omega = 314$ рад/с.

Бастапқы фазасы, град, — ψ .

ЭТ толық кедергісі, Ом (үшбұрыштық кедергілері): $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$.

Индуктивті кедергілер, Ом: $X_L = \omega L = 2\pi fL$, бұл жерде L — орауыш индуктивтілігі, Гн.

Кедергі сыйымдылығы, Ом: $X_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi fC)$, бұл жерде C — конденсатор сыйымдылығы, Ф.

ЭТ реактивті кедергісі ЭЦ: $X_L - X_C$.

Кернеулердің үшбұрышы: $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$.

Токтардың үшбұрышы: $I = \sqrt{I_R^2 + (I_L - I_C)^2}$.

Өткізгіштіктің үшбұрышы: $y = \sqrt{(g_1 + g_2)^2 + (b_L - b_C)^2}$, мұндағы y — толық өткізгіш; $q_1 = R_1/Z_1^2$ және $q_2 = R_2/Z_2^2$ - өткізгіштің белсенді құраушылары; $b_L = X_L/Z_1^2$ және $b_C = X_C/Z_2^2$ - өткізгіштің реактивті құраушылары (b_L — индуктивті; b_C — сыйымдылығы); $\sqrt{R_1^2 + X_L^2}$ және $\sqrt{R_2^2 + X_C^2}$ — параллель тармақтардың толық сыйымдылығы.

Толық өткізгіштік, См, жалпы қарсыласудың өзара әрекеті болып табылады $y = 1/Z$.

Қуат үшбұрышы: $S = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$, мұнда S — толық қуаты, $B \cdot A$; P — белсенді қуаты, Вт; Q — реактивті қуаты, нұсқасы.

Қуат коэффициенті: $\cos \varphi = P/S$.

Зарядталған конденсатордың электр энергиясы: $W_C = CU^2/2$.

Индуктивті орауыштың магниттік энергиясы: $W_L = LI^2/2$.

Сұлбадағы еркін ауытқулардың кезеңі мен жиілігі: $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ және $f_0 = 1/(2\pi\sqrt{LC})$ (индуктивті катушкалар мен конденсаторларды дәйектілікпен қосу арқылы электр тізбегінің $f_{рез}$ резонанстық жиілігі), Гц.

Өндірістік жиілігі шамамен 50 Гц $C_{рез} = 10/L$, мкФ.

Сұлбаның сипаттамалық тұрақтылығы: $\rho = \sqrt{L/C}$, Ом.

Контур үздіксіздігі: $Q = U_L/U_R = \omega L/R = 1/(\omega CR) = \rho/R$.

Типтік есептерді шешу мысалдары

2.1. Люминесцентті шамдар үшін балластардың дроссельдері 21 В тұрақты кернеуде қосылған кезде, амперметр ағымдағы 0,7 А шамасын көрсетті. Сол кездегі ауыспалы кернеу (220 В, 50 Гц) болғанда, амперметрдің көрсеткіштері 0,5 А құрады. Дроссельдің және индуктивтілік белсенді кедергісін есептеңіз.

Шешуі. Тұрақты ток кезінде $\omega = 0$, демек, $X_L = \omega L = 0$. Осылайша, кедергі келтіргіштің белсенді кедергісі Ом заңына сәйкес анықталады: $R_{др} = U/I = 21 / 0.7 = 30$ Ом.

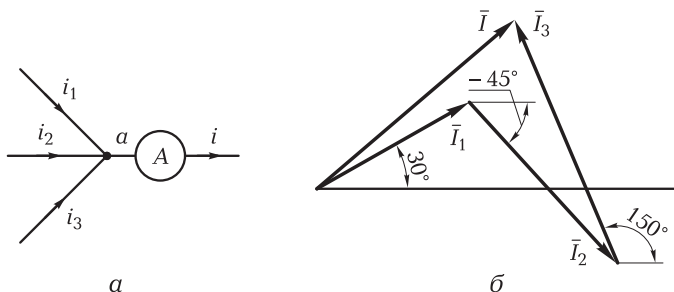
50 Гц жиілікте айнымалы ток кезінде, $\omega = 314$ рад/с және $X_L = \omega L = 314L$. Сонымен қатар, дроссельдің кедергісі $Z_{др} = \sqrt{Z_{др}^2 - R_{др}^2} = 220/0,5 = 440$ Ом. Осыдан, $X_L = \sqrt{Z_{др}^2 - R_{др}^2} = 439$ Ом, ал $L = X_L/314 = 1,4$ Гн.

Жауабы. Дроссельдің белсенді кедергісі 30 Ом, индуктивтілік 1,4 Н.

2.2. Түйінде а (2.1-сурет, а) бір жиілік ағымының үш синусоидалы ағысы және бір ағыны кіреді. Кіріс ағындарының лездік мәндері белгілі: $i_1 = 3 \sin(\omega t + 30^\circ)$; $i_2 = 4 \sin(\omega t - 45^\circ)$; $i_3 = 5 \sin(\omega t + 150^\circ)$.

Электр тогының i ағымының және электромагниттік жүйенің амперметрдің оқылуының лездік құнын анықтаңыз.

Есептеу векторлық диаграммалардың көмегімен орындалады.



2.1. сур. 2.2 есепке

Есептеу реті

Бірінші Кирхгоф заңына сәйкес түйінге жазу керек: $i = i_1 + i_2 + i_3$ немесе векторларға қатысты: $\vec{I} = \vec{I}_1 + \vec{I}_2 + \vec{I}_3$. Есептеуді төмендегідей орындаймыз.

1. Токтар масштабын таңдаймыз $m_1 = 0,1 \text{ А/мм}$.

2. Біз токтардың векторлық сызбасын құрастырып, тиісті бұрыштардан көлденең осьтерден векторларды құрастырамыз, 2.1- сурет.

3. Алғашқы вектордың басын қосу арқылы соңғы векторды құрастырамыз, оның ұзындығын анықтаймыз - нәтижелендірілетін ток амплитудасының мәні, полярлық бұрыш - ток пен кернеу арасындағы фазалық жылжу бұрышы және ағып кету тогының лездік мәніне жазу:

$$i = m_1 \cdot 42 \sin(\omega t + 40^\circ) = 0,1 \cdot 42 \sin(\omega t + 40^\circ) = 4,2 \sin(\omega t + 40^\circ).$$

4. Ағымдағы i ағымымен бірге филиалға енгізілген ампермер ток ағымының нақты мәнін көрсетеді $I = I_m / \sqrt{2} = 2,97 \text{ А}$.

Жауабы. Шығатын токтың лездік мәні $i = 4,2 \sin(\omega t + 40^\circ)$, $I = 2,97 \text{ А}$ амперметр ағымдағы ток мәнін көрсетеді.

2.3. $U_{\text{раб}} = 36 \text{ В}$ және $P = 40 \text{ Вт}$ параметрлері бар қыздыру шамын 50 Гц жиілігінде $U = 220 \text{ В}$ кернеуі бар желіге қосу керек. Сөндіру резисторы ретінде конденсаторды қолданыңыз. Конденсатордың сыйымдылығы мен жұмыс кернеуін анықтаңыз.

Есептеу реті

1. Шам арқылы оның таза белсенді сипатын ескере отырып, жұмыс шамын есептеңіз ($\cos \varphi = 1$): $I = P / U_{\text{раб}} = 40 / 36 = 1,1 \text{ А}$.

2. Бірқатар қосылған конденсатор мен шамнан тұратын ЭТ толық кедергісін есептеңіз: $Z = U / I = 220 / 1,1 = 200 \text{ Ом}$.

3. Шамдардың кедергісін есептеңіз: $R_{\text{л}} = U_{\text{раб}} / I = 36 / 1,1 = 32,7 \text{ Ом}$.

4. Кедергінің үшбұрышынан сыйымдылықтың кедергісін анықтаймыз: $X_C = \sqrt{Z^2 - R^2} = 197 \text{ Ом}$.

5. $X_C = 1/(\omega C)$ өрнегінен конденсатордың сыйымдылығын анықтаймыз:

$$C = 1/(\omega X_C) = 16,1 \text{ мкФ}.$$

6. Конденсатордың жұмыс кернеуі $U_C = X_C I = 197 \cdot 1,1 = 216,7 \text{ В}$.

Жауабы. Артық кернеуді өшіру үшін жұмыс кернеуі 250 В болатын 16 мкФ конденсаторды қосу қажет.

2.4. Люминесцентті лампалар реттеуші жабдықты (балласттарды) іске қосу арқылы желіге қосылған. Ол серпінді L сериясымен қосылған және маңызды индуктивті кедергіге ие дроссельге негізделген (2.2а-сурет). Демек, ток индуктивті компоненті маңызды, ал $\cos \varphi$ қуат коэффициенті аз. Қуат коэффициентін көбейту үшін басқару құрылғысына C конденсаторы қосылады.

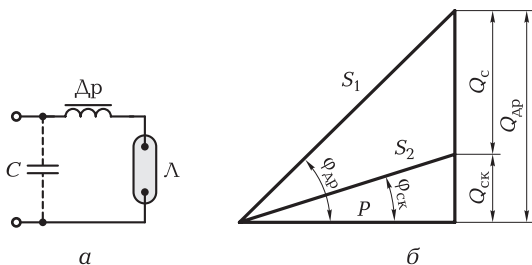
Конверторлық сыйымдылықтың мәнін есептеп, $\cos \varphi$ -ден 0,95 дейін көтеруді қамтамасыз етіңіз, егер $L13.813H$ шағын қуатты $P = 40 \text{ Вт}$ қуаты бар ықшам люминесцентті шамдар үшін $\cos \varphi = 0.42$.

Есептеуді үшбұрыштың көмегімен жүзеге асырамыз (2.2, б сур).

Есептеу реті

1. Қуат үшбұрышынан бастап:

$Q_C = Q_{др} - Q_{ск} = P (\operatorname{tg} \varphi_{др} - \operatorname{tg} \varphi_{ск}) = P ((\sin \varphi_{др} / \cos \varphi_{др}) - (\sin \varphi_{ск} / \cos \varphi_{ск})) = P (\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{др}} / \cos \varphi_{др} - \sqrt{1 - \cos^2 \varphi_{ск}} / \cos \varphi_{ск}) = 40 (2,16 - 0,32) = 73,6 \text{ нұс}$. Осылайша, конденсатор қуаттылығы $Q_C = 73,6$ бар реактивті қуатты тұтынуы керек.



2.2 сур. 2.4 есепке

a - шамды ауыстырып қосқыш: L - шамы; Dr - дросселі; C - конденсаторы; b - қуат үшбұрышы: $Q_{др}$ - дроссель арқылы тұтынылатын реактивті қуат; Q_C - конденсатор арқылы тұтынылатын реактивті қуат; $Q_{ск}$ - өтемдік реактивті қуат; S_1 және S_2 - өтемақы алдындағы және кейінгі толық қуаты; $\varphi_{др}$ және $\varphi_{ск}$ - ток пен кернеу арасындағы өтемақы алдындағы және кейінгі фазалық жылжу бұрыштары; P - белсенді қуаты.

2. Жұмыс кернеуі $U = 220$ В 50 Гц жиілікте, конденсатордың сыйымдылығын есептеп, $Q_C = U^2/X_C = U^2/(1/\omega C) = U^2\omega C$ ескере отырып, осыдан $C = Q_C/(U^2\omega) = 73,6/220^2 \cdot 314 = 4,8$ мкФ.

Жауабы. Электр қуатымен бірге басқару тетіктерінің қуат коэффициентін арттыру үшін 250 В сыйымдылығы 4,8 мкФ құрайтын конденсаторды орнату қажет.

2.5. Параллельді тербелмелі сұлбаның тармақтарындағы тоқты анықтаңыз (сур.- 2.3, а), егер $U = 120$ В; индуктивті белсенді кедергі $R_1 = 8$ Ом; индуктивті - $X_L = 6$ Ом; $R_2 = 3$ Ом; $X_C = 4$ Ом. Токтардың векторлық диаграммасын тұрғызыңыз.

Есептеу реті

1. Тармақтың белсенді және реактивті өткізгіштігін анықтаймыз:

$$g_1 = \frac{R_1}{R_1^2 + X_L^2} = \frac{8}{64 + 36} = 0,08 \text{ См};$$

$$g_2 = \frac{R_2}{R_2^2 + X_C^2} = \frac{3}{9 + 16} = 0,12 \text{ См};$$

$$b_L = \frac{X_L}{R_1^2 + X_L^2} = \frac{6}{64 + 36} = 0,06 \text{ См};$$

$$b_C = \frac{X_C}{R_2^2 + X_C^2} = \frac{4}{9 + 16} = 0,16 \text{ См}.$$

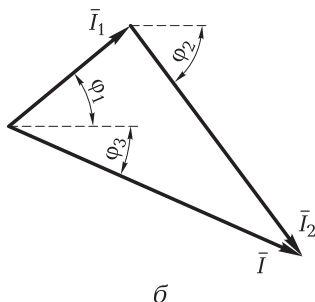
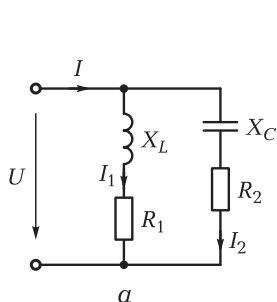
2. Тізбектердің толық өткізгіштігін анықтаймыз:

$$y = \sqrt{(g_1 + g_2)^2 + (b_L - b_C)^2} = \sqrt{(0,08 + 0,12)^2 + (0,06 - 0,16)^2} = 0,2236 \text{ См}.$$

3. Параллель тармақтардағы, I_1 және I_2 тоқтар мен тізбектің тарамдалған бөлігіндегі I тоғын анықтаңыз:

$$I = Uy = 120 \cdot 0,2236 = 26,83 \text{ А};$$

$$I_1 = \frac{U}{\sqrt{R_1^2 + X_L^2}} = \frac{120}{\sqrt{8^2 + 6^2}} = 12 \text{ А};$$



2.3 сур. 2.5. есепке

$$I_2 = \frac{U}{\sqrt{R_2^2 + X_C^2}} = \frac{120}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 24 \text{ A.}$$

4. Векторлық диаграмма құру үшін кернеуге қатысты параллель тармақтардағы токтардың фазалық бұрышын анықтаймыз:

$$\operatorname{tg} \varphi_1 = X_L / R_1 = 6/8 = 0,75;$$

$$\varphi_1 = 36^\circ 50';$$

$$\operatorname{tg} \varphi_2 = -X_C / R_2 = -4/3 = -1,33;$$

$$\varphi_2 = -53^\circ 10' \text{ (мұнда «-» белгісі конденсатордағы кернеу фазасы тоқтың фазасынан арт- та қалатынын білдіреді).}$$

Біз ағымдардың масштабын ескере отырып, векторлық схеманы құрастырамыз (сурет 2.3 б) $m_1 = 0,5 \text{ A/мм.}$

I ағымының векторы, I_1 және I_2 токтарының векторлық қосындысы ретінде графикалық түрде анықтап, содан кейін оның ұзындығы өлшенеді, ал, $I = 0,5 \cdot 54 = 27 \text{ A.}$ Графикалық бұрышы $\varphi = -26^\circ 40'.$

Жауабы: Индуктивтілік және конденсатор бар буындардағы ағымдар, тиісінше 12 А және 24 А құрайды. Электр тізбегі арқылы тұтынылатын ток 27 А құрайды.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

2.6. Жиілік екі еселенсе, катушаның индуктивті кедергісі қандай болады?

Жауабы. Орауыштың индуктивтілігі кедергісі екі еселенеді. Шындығында $X_L = \omega L = 2\pi fL$ және f жиілігінің көбеюімен X_L кедергісі $X_C = 1/(\omega C) = 1/(2\pi fL)$ сыйымдылығына қарағанда пропорционалды түрде артады.

2.7. ЭТ-не R , L , C ретімен қосылған синусоидалық кернеуі $u = U_m \sin \omega t$ кіріктірілген. Осы параметрлердің қайсысы тізбектегі тоқтың амплитудасына әсер етеді?

Жауабы. Барлығы. ЭТ-дағы ток Ом заңына сәйкес $I = U/Z$, мұнда I және U ток және кернеу мәндері тиісінше; $Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$ - ЭТ толық кедергісі; $X_L = 2\pi fL$ — индуктивті кедергісі; $X_C = 1/(2\pi fC)$ - сыйымдылық кедергісі. Осылайша, аталған параметрлердің әрқайсысы ағымдағы мәнге әсер етеді: мысалы, U ұлғаюы ампердің ұлғаюына, сондай-ақ R , L , C және f ампературадағы өзгерісіне әкеледі.

2.8. Екі синусоидалды токтардың жұмыс кернеуі амплитудаға тең, бірақ әртүрлі жиілікте болады?

Жауабы: Кезең ішінде тұрақты ток жылу шығарады, сол мезеттегі нақты синусоидалық тоғы тепе-тең болып табылады, өйткені ток тиімділігі тұрақты мәнге ие. Қанша кезеңге болғаны маңызды емес, теңдік деген маңызды $I = I_m / \sqrt{2}$.

2.9. Ағымдағы вектор ЭТ-дағы кернеу векторына қатысты қалай әрекет етеді:

а) белсенді кедергісі бар;

б) Индуктивтілік,

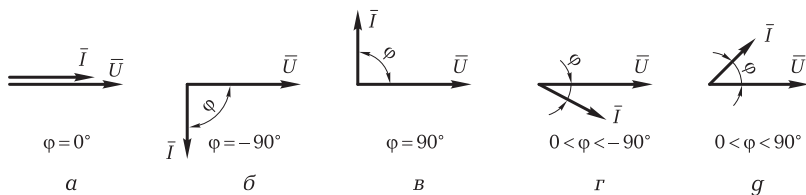
с) сыйымдылығы?

Жауабы. ЭТ-гі белсенді кедергісі бар ағымдық вектор кернеу (2.4 сур., а) векторымен (90° жоғарылатуымен) сәйкес келеді (2.4 б сур., еске сақтау үшін: «бүктелген» орауыштар бұрылып, кейінірек екінші жаққа), кернеу 90° жоғары қуатпен (2.4 сур., в) жүреді. Индуктивтілік және белсенді кедергісі бар тізбекте кернеу 0-ден 90° аралығында (2.4 сур., г) кернеуді жоғарылайды, ал сыйымдылықпен және белсенді кедергісі бар тізбекте кернеу ұқсас бұрыштан асып кетеді (2.4 сур., г).

2.10. ЭТ-дегі кернеудің резонанстық жағдайын анықтаңыз:

1) $I = I_{\max}$; 2) $X_L = X_C$; 3) $Z = R$; 4) $U_L = U_C$; 5) $\varphi = 0$; 6) $b_L = b_C$; 7) $I = I_{\min}$; 8) $P = S$; 9) $\cos \varphi = 1$.

Жауабы. 2 нұсқа - бұл кернеудің резонанстық жағдайының дұрыс мәнінде. Реактивті кедергісі жалпы кедергіге тең болғанда ғана белсенді кедергіге тең болады ($Z = R$), тізбектегі ток ең жоғары мәнге ($I = I_{\max}$) жетеді, элементтердегі кернеулер бірдей және ең жоғары ($U_L = U_C$), ток пен кернеу арасындағы фаза бұрышы ($\varphi = 0$), тиісінше, қуат коэффициенті максималды ($\cos \varphi = 1$) және белсенді қуат жалпы қуатқа тең ($P = S$).



2.4 сур. 2.9. есепке

Бірақ бұл барлық кернеулердің резонансының салдары болып табылады. 6 және 7-нұсқалары кернеулердің резонансымен байланысты емес және резонанстық токтарға тән.

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

2.11*. Электромагниттік жүйенің вольтметрі рэзеткінің 220 В кернеудің мәнін көрсетті. Желі кернеуінің максимальды мәні нешеге тең?

2.12*. 220 В Өндірістік жиіліктің кернеуінің тиімді мәні 50 Гц-ке тең болады. Жиілік екі есе көбейгенде кернеудің өзгеруінің тиімді мәні қалай болады?

2.13. Люминесцентті лампаларға арналған басқару тетіктерінің дроссельдері 1,3 ГГ индуктивтілікке ие. Өндірістік жиілікте индуктивті қарсылықты есептеңіз.

2.14. 50 Гц жиілікте конденсатордың сыйымдылығы 318 Ом құрайды. Конденсатордың сыйымдылығын есептеңіз.

2.15*. Жиілік екі еселенсе, конденсатордың сыйымдылық кедергісі қалай өзгереді?

2.16*. Егер конденсатордың индуктивтілігі $L = 1.25$ ГГ болса, өнеркәсіптік жиілікте резонанс туындайтын конденсатордың сыйымдылығын есептеңіз.

2.17. Өнеркәсіптік жиілікте электр тізбегіндегі кернеулердің резонансы $C_{\text{рез}} = 15$ мкФ болғанда, пайда болды. Индуктивтіктің мәнін есептеңіз $L_{\text{рез}}$.

2.18*. Еркін тербелістердің жиілігі, кезеңдері мен элементтері төмендегі мәндерге ие болатын мінсіз тербеліс контурының сипаттамалы кедергісін анықтаңыз: $L = 100$ мГн; $C = 50$ мкФ.

2.19. Үздіксіз тізбектегі еркін тербелістердің жиілігі мен кезеңін тәуелсіз кедергісі бар $\rho = 40$ Ом және сыйымдылық $C = 100$ мкФ анықтаңыз.

2.20*. Параметрлермен тізбектің еркін тербелістері сапа коэффициенті мен жиілігін анықтаңыз: $L = 10$ мГн; $C = 100$ пФ; $R = 5$ Ом.

2.21. Электр тізбегіне $U = 220$ В кернеуі қолданылса, тербелмелі сұлба элементтері бойынша кернеудің төмендеуін анықтаңыз. Сұлба параметірлері: $R = 10$ Ом; $C = 50$ мкФ; $L = 202,9$ мГн; $f = 50$ Гц.

2.22. Параметрлермен кезектелген тербелмелі сұлбаның реактивтерін анықтаңыз: $L = 10$ мкГн; $C = 160$ нФ және салынған кернеуі $f = 300$ кГц.

2.23*. Параметрлермен тербеліс тізбегінің резонанстық жиілігін анықтаңыз: $L = 10$ мГн; $C = 100$ мкФ.

2.24. Параллельді тербелмелі сұлбасында тізбектің келесі параметрлері бар: кернеудің индуктивтілігі және кедергісі $R_k = 11$ Ом мен $L_k = 53,2$ мГн; кіріс кернеуі $U = 220$ жиілігі $f = 50$ Гц. Тақырыпты резонанстық қалпына келтіру кезінде C конденсаторының сыйымдылығын анықтаңыз.

2.25*. Қандай жұмыс кернеуінде резонанс кезінде конденсаторды таңдау керек, егер кернеу 21 В болса, индуктивтілік катушкалардың кедергісі 30 Ом, индуктивтілік 0,64 ГГ?

2.26. 220 В кернеуде жұмыс істейтін индукциялық қозғалтқыштың қуат коэффициентін арттыру үшін, оның орамаларына параллель орнатылған, қуаттылықтың 200 г реактивті қуатын қамтамасыз ететін конденсатор орнатылған. Конденсатордың сыйымдылығын есептеңіз

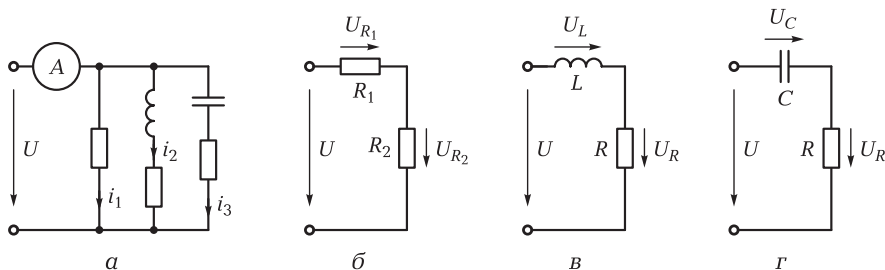
2.27. ЭТ-мен тұтынылатын ток тиімді мәнін 2.5-суретте көрсетілген а, егер тармақтардағы токтардың лездік мәндерін есептеңіз:

$$i_1 = 0,6 \sin \omega t; i_2 = 0,8 \sin(\omega t - 60^\circ); i_3 = 0,4 \sin(\omega t + 30^\circ).$$

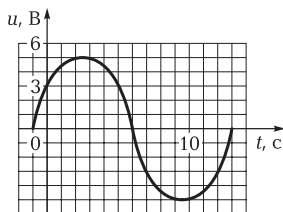
2.28*. 2.5-суретте көрсетілген ЭТ тізбегі үшін, резистордың кедергісі $R_1 = 400$ Ом, $R_2 = 300$ Ом. Беріліс кернеуі - 50 Гц жиілігі 210 В. Әр резистордың кернеуінің төмендеуін есептеңіз.

2.29. 2.5-суретте кернеу 220 В және 50 Гц жиілігі бар өнеркәсіптік желілермен қамтамасыз етілген ЭТ сызбалық диаграммасы көрсетілген. Индуктивтіліктің L мәні 0,95 Гн, ал резистор R кедергісі 400 Ом. ЭТ элементтерінде кернеудің төмендеуін анықтаңыз.

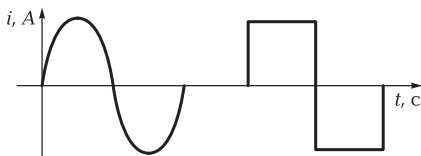
2.30*. конденсаторлар және резисторлар сериясы бар тізбекті (2.5 сур., г) қоректену кернеуі 36 В жиілігі 50 Гц. $R = 100$ Ом кедергісінде кернеу $U_R = 25,5$ В төмендейді, конденсатордың кернеуінің төмендеуін және конденсатордың сыйымдылық шамасын анықтаңыз.



2.5 сур.: а - 2.27 есепке ; б - 2.28 есепке; в - 2.29 есепке ; г - 2.30 есепке



a



б

в

2.6 сур.: *a* - 2.31 есепке; *б, в* - 2.32 есепке.

2.31*. Синусоидалды кернеудің бастапқы жиілігі мен амплитудасы қандай? 2.6. *a* суретте көрсетілген кернеудің тиімді мәнін есептеңіз.

2.32*. Ток ағымдарының мәндері 2.6, *б* және 2.6, *в* суретте көрсетілгендей бірдей ме?

2.33. Тізбектегі ток және кернеу теңдеулер арқылы көрсетіледі:

$$i = 24 \sin(314t - 90^\circ), \text{ A}; u = 32 \sin(314t - 90^\circ), \text{ B}.$$

Жүктеме сипатын, ток, кернеу мен қуаттың жиілігін және ағымдағы мәндерін анықтаңыз.

2.34*. 60 Вт сыйымдылығы бар электр плиталары кернеуі $u = 311 \sin 314t$, В ағымына кіреді, ток және кернеудің ағымдағы мәндерін есептеңіз.

2.35. Тізбекте қолданылатын кернеудің тиімді мәні 220 В, тізбектің кедергісі 10 Ом құрайды. Тізбектегі токтың амплитудасын анықтаңыз.

2.36*. 0,2 Гн индуктивтілігі бар электр магнитті орамасы 50 Гц жиілігінде 220 В кернеумен желіге қосылады. Орамнан ағып жатқан токтың амплитудалық мәнін анықтаңыз (ораманың белсенді кедергісі ескерілмеген).

2.37. $I = 2$ А ағымдық кедергісі $R = 6$ Ом және индуктивті $X_L = 8$ Ом арқылы өтетін желілік кернеуді анықтаңыз.

2.38. Қандай жағдайда өткізгіш жылдам қызады: егер, оның бойымен $I = 100$ А тұрақты ток немесе 141,4 А амплитудасы бар айнымалы ток өтетін болса?

2.39*. 8 В кернеуі бар ток көзіне ауысқан кезде қуаты - 2 мкВт болатын электр өрісінде сақталатын W_C энергиясын анықтаңыз.

2.40. Егер тізбектегі максималды ток 10 мА болса (тізбектегі энергия шығыны ескерілмеу керек) $L = 2$ мГ индуктивтілікпен тербелгіш тізбектің W_L катогының магнит өрісінің энергиясын анықтаңыз.

2.41*. 2.1 кестеге электр тізбегінің негізгі параметрлерін анықтау және өлшеу бірліктерін енгізіңіз.

2.1 кесте					
Атауы	Белгі-ленуі	Өлшем бірлігі	Атауы	Белгі-ленуі	Өлшем бірлігі
ЭҚК			Индуктивті		
Тоқ күші			Сыйымдылығы		
Кернеуі			Фазалардың жылжу бұрышы		
Кедергілер: белсенді сыйымдылы индуктивті			Өткізгіштігі: \ белсенді реактивті толық		
Қуаты: белсенді реактивті толығымен			Тоқтардағы амплитуда мен ток мәндерінің қатынасы		

2.2.

СИНУСОИДАЛЫҚ ЕМЕС ТОҚТЫҢ ЭЛЕКТР ТІЗБЕГІ

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары

Синусоидтық емес ток пен кернеудің нақты мәндері:

$I = I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + \dots + I_k^2}$; $U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_2^2 + \dots + U_k^2}$, мұндағы I_0 мен U_0 - ток пен кернеудің тұрақты компоненттері; I_k және U_k - ток және кернеудің k -ші гармондарының тиімді мәндері.

Белсенді қуаттылық: $P = U_0 I_0 + U_1 I_1 \cos \varphi_1 + U_2 I_2 \cos \varphi_2 + \dots + U_k I_k \cos \varphi_k$.

Реактивті қуаттылық: $Q = U_1 I_1 \sin \varphi_1 + U_2 I_2 \sin \varphi_2 + \dots + U_k I_k \sin \varphi_k$.

$X_{Lk} = k\omega L$ және $X_{Ck} = 1/(\omega C)$ - тиісінше, k -ші гармоникадағы индуктивті және сыйымдылықты кедергі; φ_k - k -ші гармоникадағы ток және кернеу арасындағы фазалық жылжу бұрышы.

Типтік есептерді шешу мысалдары

2.42. Электрондық күшейткіштің шығуындағы кернеу түрі 2.7 суретте келтірілген үлгі бар.

Фурье қатарларының көмегімен математикалық түрде ұсынылған функция және шығыс кернеуінің тиімді мәнін анықтау.

Шешуі. Күшейткіштің (U_0) шығыс кернеуінің тұрақты құрамдас бөлігі 5 В тұрады, ал бірінші гармоника U_{1m} гармоникалық тербеліс амплитудасы 4 В болады. Ұсынылған дабылда басқа гармоника жоқ. Демек, Фурье $u_{\text{шығ}} = 5 + 4 \sin \omega t$ қатарын қабылдайды.

Гармоникалық тербеліс кернеуінің тиімділігі

$$U_1 = U_{1m} \sqrt{2} = 2,84 \text{ В.}$$

Шығу кернеуінің тиімді мәні:

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2} = \sqrt{5^2 + 2,84^2} = 5,75 \text{ В.}$$

Бұл күшейткіштің шығуына арналған электромагниттік жүйенің вольтметрмен көрсетілген мән..

Жауабы. Күшейткіштің шығуындағы кернеудің лездік мәні $u_{\text{шығ}} = 5 + 4 \sin \omega t$ түрінде жазылуы мүмкін. Шығу кернеуінің тиімді мәні 5,75 В тең.

2.43. Төрт бұрышты тербелістердің симметриялық генераторы (мультивибратор) шығарған кезде 5 В мәнімен кернеу импульстері орнатылды, оның нысаны 2.2 кестенің 2 тармағында келтірілген. Бестен артық емес, гармониканы ескере отырып шығыс кернеуінің тиімді мәнін есептеңіз.

Шешуі. 2.2 кестенің 2 тармағында алынған тербелістерге арналған Фурье қатарлары берілген, мысалы, мысалы, 5-ші гармоника түрінде жазылуы мүмкін

$$u = U_m/2 + (2U_m/\pi)\sin \omega t + (2U_m/(3\pi))\sin 3\omega t + (2U_m/(5\pi)) \sin 5\omega t,$$

мұнда $U_m/2$ - тұрақты компонент;

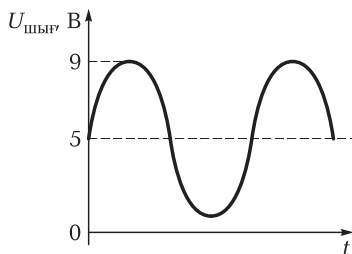
$2 U_m/\pi$ - бірінші гармоника амплитудасы;

$2 U_m/(3\pi)$ - 3 гармоникалық амплитудасы;

$2 U_m/(5\pi)$ — 5 гармоника амплитудасы.

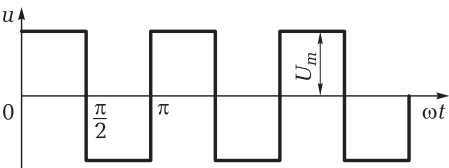
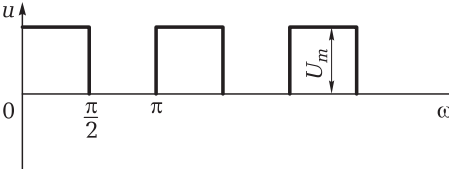
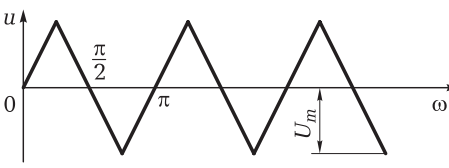
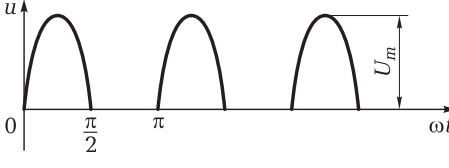
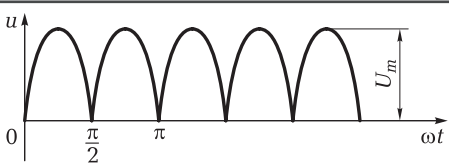
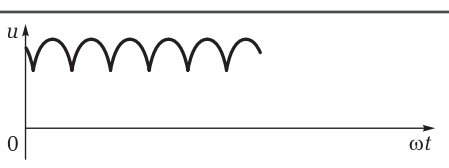
Шығудың синусоидалы емес кернеудің тиімді мәні өрнекке сәйкес келеді

$$U = \sqrt{U_0^2 + U_1^2 + U_3^2 + U_5^2} = \sqrt{U_0^2 + (U_{1m}^2 + U_{3m}^2 + U_{5m}^2)/2}.$$



2.7 сур.: 2.42. есепке

2.2. кесте

№ р/с	Гармоникалық тербелістердің түрі	Гармоникалық Фурье қатары
1		$u = (4 U_m / \pi) (\sin \omega t + (1/3) \sin 3\omega t + (1/5) \sin 5\omega t + \dots)$
2		$u = U_m / 2 + (2 U_m / \pi) \times (\sin \omega t + (1/3) \sin 3\omega t + (1/5) \sin 5\omega t + \dots)$
3		$u = (8 U_m / \pi^2) (\sin \omega t - (1/9) \sin 3\omega t + (1/25) \sin 5\omega t - (1/49) \sin 7\omega t + \dots)$
4		$u = (U_m / \pi) (1 + (\pi/2) \sin \omega t - (2/3) \cos 2\omega t - (2/15) \cos 4\omega t - (2/35) \cos 6\omega t - \dots)$
5		$U = (2 U_m / \pi) (1 - (2/3) \cos 2\omega t - (2/15) \cos 4\omega t - (2/35) \cos 6\omega t - \dots)$
6		$u = (3\sqrt{3} U_m / (4\pi)) (1 - (1/4) \sin 3\omega t + (2/35) \cos 6\omega t + (1/40) \sin 9\omega t - (2/143) \cos 12\omega t - \dots)$

Тұрақты компоненттің мәнін және тақ гармоника амплитудасының орнына келтіреміз

$$U = \sqrt{(5/2)^2 + ((10/\pi)^2 + (10/(3\pi))^2 + (10/(5\pi))^2)/2} = 3,48 \text{ В.}$$

Егер тек 1-ші және 3-ші гармоника есепке алынса, онда шығыс кернеуінің тиімді мәні 3,44 В болады.

Орындалған есептеулер 5-ші гармоника нәтижеге шамалы әсер етеді, бұл синусоидалы емес токтармен тізбектердегі алғашқы екі гармоникаға шектеу қоюға мүмкіндік береді: бұл жағдайда бірінші және үшінші гармоника қолданылады.

Жауабы. Мультидірілдеуіштің шығысындағы кернеудің тиімді мәні 3,48 В. ЕС синусоидальды емес токтармен есептеген кезде жоғары гармоника ескерілмеуі мүмкін.

2.44. Толық толқынды түзеткіш, оның шығысы толқын пішіні 2.2-кестенің 5 тармағында көрсетілген, 100 Ом белсенді жүктемесінде жұмыс істейді. $U_m = 24$ В болса, жүктемедегі вольтметр, ампермер және ваттметрдің күтілетін көрсеткіштерін есептеңіз.

Шешуі. 2.2 -кестенің 5-тармағындағы Фурье қатары, ол түрінде екі негізгі гармоника үшін жазылуы мүмкін

$$u = 2U_m / \pi - (4U_m / 3\pi) \cos 2\omega t - (4U_m / 15\pi) \cos 4\omega t,$$

мұнда $U_0 = 2U_m / \pi = 15,28$ В — тұрақты құрастырушы; $U_2 = 4U_m / (3\pi\sqrt{2}) = 7,23$ В — 2-гармоникалық кернеудің тиімді мәні; $U_4 = 4U_m / (15\pi\sqrt{2}) = 1,45$ В — 4-ші гармоникалық кернеудің белсенді мәні.

Тұрақты компонент ток үшін $I_0 = U_0 / R_H = 15,28 / 100 = 0,153$ А; 2 - гармоникалық токтың тиімді мәні $I_2 = U_2 / R_H = 7,23 / 100 = 0,072$ А; 4 - ші гармоникалық ток тиімділігі $I_4 = U_4 / R_H = 1,45 / 100 = 0,015$ А.

Жүктемеге параллель қосылған айнымалы вольтметр нақты кернеу мәнін көрсетеді $U = \sqrt{U_0^2 + U_2^2 + U_4^2} = 16,96$ В, ал ампермер токтың тиімді мәні болып табылады $I = \sqrt{I_0^2 + I_2^2 + I_4^2} = 0,169$ А.

Негізінде, ағымдағы компоненттерді есептеу мүмкін емес, кернеудің жүктеменің тұрақтылығымен тиімді құнды бөлу үшін нәтиже бірдей болар еді.

Ватт метрінің көрсеткіштерін есептеу үшін біз өрнек қолданамыз.

$$P = U_0 I_0 + U_2 I_2 \cos \varphi_2 + U_4 I_4 \cos \varphi_4.$$

Жүктеме таза болғандықтан, ЭТ-д реактивті қуат жоқ, ал $\cos \varphi_2$ және $\cos \varphi_4$ біреуіне тең. Бұл жерден

$$P = U_0 I_0 + U_2 I_2 + U_4 I_4 = 15,28 \cdot 0,153 + 7,23 \cdot 0,072 + 1,45 \cdot 0,015 = 2,88 \text{ Вт.}$$

Осындай нәтиже тиімді кернеу мәндерін көбейту арқылы алынады $U = 16,96$ В мен тоғы $I = 0,169$ А: $P = 2,87$ Вт.

Жауабы. Кернеудің $U = 16,96$ В кернеуінің нақты мәнін, жүктеменің қатарына қосылған, ток $I = 0,169$ А тиімді мәнін көрсететін айнымалы ток вольтметрі кернеудің нақты мәнін көрсетеді, ваттметрге $P = 2.87$ Вт көрсетіледі.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

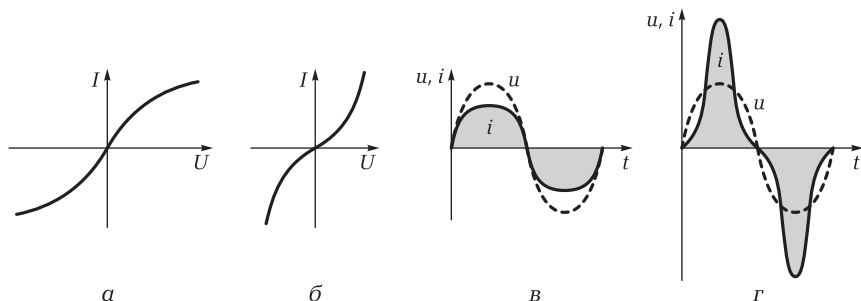
2.45. ЭТ-нің элементтерін анықтаңыз, онда синусоидалы емес ток-тардың пайда болуына себепші болады:

а) қыздыру шамы; б) конденсатор; с) ядросы жоқ индуктивті катушкалар; г) термистор, ағымдық ток әсерімен оның қарсылығын өзгертеді; е) болат негізі бар индуктивті катушкалар; д) желілік резистор.

Жауабы: а) қыздыру шамы; г) термистор; е) болаттың ядросы бар индуктивті орауыштар. Барлық осы элементтердің ток кернеуіне сызықтық емес тәуелділігі сызықты емес ток кернеу сипаттамасымен болады. Сондықтан ЭТ-не қолданылатын синусоидальдық кернеу синусоидалы емес ток пайда болады, оның нысаны ток кернеуінің сипаттамасының түрімен анықталады. Осылайша, жіптің шамы (2.8 а-сурет) үшін ағымдағы синусоиды толқыны жоғарыдан және төменнен (сурет -2.8, с) және «болат» ядросы бар катушкалар үшін «бүктелген» (сурет -2.8, б) - жағында ұзар-тылған және «тегістелген» (сурет- 2.8, г).

Өзіндік ядро мен желілік резисторы жоқ индуктивті орауыш кон-денсаторы желілік вольт-ампер сипаттамасына ие және синусоидалы ток ағымының ауытқуына әсер етпейді.

2.46. Үшінші гармоникадағы дроссельдің индуктивті реак-циясы 120 Ом құрайды. 5-ші гармоникада оның кедергілері қандай?
а) 600 Ом; б) 200 Ом; в) 50 Ом; г) 62,7 Ом



2.8 сур.: 2.45. есепке

Жауабы: б) 200 Ом. Үшінші гармоникада жиілік біріншіден қарағанда үш есе көп. Демек, 1-гармоникада индукциялық реактивтеу $X_{L1} = 1 \cdot \omega L$ индуктивті реактивтілігі үшінші гармоникада $X_{L3} = 3 \cdot \omega L$ индуктивті кедергіден үш есе аз. Бұл жағдайда, 5-ші гармоникада дроссельдің кедергісі тең болады $X_{L5} = (120/3) \cdot 5 = 200$ Ом.

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

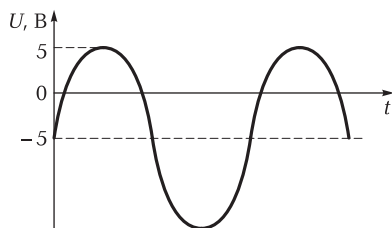
2.47. $U_m = 10$ В мен 2.2-кестенің 1-тармағындағы тікбұрышты пішіндегі генератор тербелісінің шығысында екі вольтметр қосылады: магнитоэлектрлік жүйенің $V1$ вольтметрі, екінші $V2$ электромагниттік вольтметр. Вольтметрлердің екеуін де есептеңіз.

2.48. Фурье қатарынан математикалық түрде жедел функция 2.9 - суретте ұсынылған және кернеудің тиімді мәнін анықтаңыз.

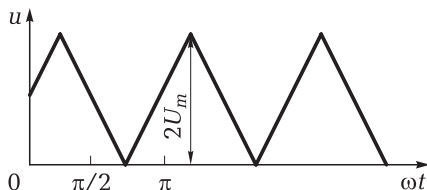
2.49. Үшбұрышты тербелістер үшін формасы 2.2-кестенің 3 тармағында келтірілген, Фурье қатарына арналған өрнек берілді. Егер тербелістер формасы 2.10-суретте көрсетілгендей болса, Фурье қатары қалай өзгереді? Егер үшбұрышты тербелістер үшін формасы 2.2- кестенің 3 тармағында келтірілгендей Фурье қатарына арналған өрнек берілсе, Кернеудің шамасы қандай болады? Егер тербелістер формасы 2.10 - суретте көрсетілгендегідей болса, Фурье қатары қалай өзгереді? Егер $U_m = 10$ В болса, кернеудің шамасы қандай болады?

2.50. Үш фазалы түзеткіштің шығуындағы кернеудің тиімді мәнін анықтаңыз, егер $U_m = 21$ В. Оның тербеліс нысаны 2.2 - кестенің 6 тармағында берілгендегідей болса.

2.51. 2-кестенің 5 тармағында келтірілген синусоидальды емес тербелістердің кернеуінің тиімді мәнін есептеу кезінде қателікті анықтаңыз, өз кезегінде 6-шы, 4-ші, 2-ші гармониканы ескермеу керек. Нақты нәтижені 6-шы гармоника береді.



2.9 сур.: 2.48. есепке



2.10 сур.: 2.49. есепке

2.52. Тұрақты қозғалтқышты электр қозғалтқышын қуаттандыру үшін жарты толқындық түзеткіш $U_m = 220$ В (2.2, т. 4 қараңыз). Арматура орамасының кедергісі $R = 8$ Ом, индуктивтілік $L = 0,7$ Гн. Кернеудің 2 гармоникасына шектелген арматура тогының тиімді мәнін есептеңіз.

2.53. Гармониканың жиілігі бойынша тікбұрышты тербелістер генераторының шығуындағы синусоидалы тербелісті қалай таңдау керек:

а) белгілі бір кедергі мәні бар резисторды жүктеме ретімен кіргізіңіз;

б) үлкен сыйымдылықты генератордың конденсаторының шығуына параллель түрде ауысыңыз;

в) 1 гармоника жиілігіне реттелетін шығу сүзгісін қосыңыз;

г) жүктеме шөгуімен реттілікті кіргізіңіз.

2.54. 5-ші гармоникадағы конденсатордың сыйымдылық кедергісі 120 Ом. 3 гармоникадағы конденсатордың кедергісі қандай болады?

2.55. 7-ші гармоникадағы орауыштың индуктивті кедергісі 1,400 Ом құрайды. 2 гармоникадағы орауыш кедергісі қандай болады?

ҮШФАЗАЛЫ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІ

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары

Үшфазалы жүйедегі «фаза» түсінігі екі мағынаға ие: бір жағынан - үшфазалы жүйенің элементі, екінші жағы - ток пен кернеу арасындағы фазалық ауысу бұрышы.

$e_A = E_m \sin \omega t$ А фазасындағы ЭҚК лездік мәні;

$e_B = E_m \sin (\omega t - 120^\circ)$ — В фазасындағы ЭҚК лездік мәні;

$e_C = E_m \sin (\omega t - 240^\circ)$ — С фазасындағы ЭҚК лездік мәні;

U_A, U_B, U_C — ток көзінің әрекет етуші фазалық мәні;

U_{AB}, U_{BC}, U_{CA} — ток көзінің әрекет етуші фазалық мәні;

I_A, I_B, I_C — ток көзі кернеуінің әрекет етуші фазалық мәні;

U_a, U_b, U_c — жүктеме кернеуінің әрекет етуші фазалық мәні;

U_{ab}, U_{bc}, U_{ca} — желілік жүктеме кедергінің әрекет етуші мәндері;

I_a, I_b, I_c — желілік жүктеме токтарының тиімді мәндері;

$\bar{I}_{ab}, \bar{I}_{bc}, \bar{I}_{ca}$ — фазалық жүктеме токтарының тиімді мәндері;

I_n — бейтарап сым тогының тиімді мәні;

U_{nN} — бейтараптың кернеуінің тиімділігі.

Жұлдызбен байланысқан кезде:

$$\bar{U}_{AB} = \bar{U}_A - \bar{U}_B; \bar{U}_{BC} = \bar{U}_B - \bar{U}_C; \bar{U}_{CA} = \bar{U}_C - \bar{U}_A;$$

$$U_L = \sqrt{3} U_\phi; I_L = I_\phi; \bar{I}_n = \bar{I}_a + \bar{I}_b + \bar{I}_c;$$

$$\bar{U}_a = \bar{U}_A - \bar{U}_{nN}; \bar{U}_b = \bar{U}_B - \bar{U}_{nN}; \bar{U}_c = \bar{U}_C - \bar{U}_{nN}.$$

Үшбұрышпен байланысқан кезде:

$$U_A = U_{AB}; U_B = U_{BC}; U_C = U_{CA};$$

$$\bar{I}_a = \bar{I}_{ab} - \bar{I}_{ca}; \bar{I}_b = \bar{I}_{bc} - \bar{I}_{ab}; \bar{I}_c = \bar{I}_{ca} - \bar{I}_{bc};$$

$$U_{\text{л}} = U_{\text{ф}}; I_{\text{л}} = \sqrt{3} I_{\text{ф}}.$$

Екі қосқыш сызбаларына арналған қуат:

$$P_{\text{ф}} = U_{\text{ф}} I_{\text{ф}} \cos \varphi_{\text{ф}}; Q_{\text{ф}} = U_{\text{ф}} I_{\text{ф}} \sin \varphi_{\text{ф}}; S_{\text{ф}} = U_{\text{ф}} I_{\text{ф}}; \cos \varphi_{\text{ф}} = R_{\text{ф}} / Z_{\text{ф}};$$

$$P_{\text{эц}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{ф}}; Q_{\text{эц}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \sin \varphi_{\text{ф}}; S_{\text{эц}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}};$$

$$S_{\text{эц}}^{\Delta} = 3 S_{\text{ф}} = 3 U_{\text{ф}}^2 / Z_{\text{ф}} = 3 U_{\text{л}}^2 / Z_{\text{ф}};$$

$$S_{\text{эц}}^{\Delta} = 3 S_{\text{ф}} = 3 U_{\text{ф}}^2 / Z_{\text{ф}} = 3 (U_{\text{л}} / \sqrt{3})^2 / Z_{\text{ф}} = 3 U_{\text{л}}^2 / Z_{\text{ф}}.$$

«Жұлдыз» схемасындағы сызықтық кернеу фазаның 30° бір бұрышынан алда жүреді.

Типтік есептерді шешу мысалдары

3.1. А фазасындағы кернеудің лездік мәні $u_a = 311 \sin(\omega t + 30^\circ)$ болып табылады. В және С фазаларында кернеулердің лездік мәндері үшін өрнектерді жазып, жүктеме жұлдызбен және үшбұрышпен байланысқан жердегі фазалық және сызықтық кернеулердің үш фазалы симметриялық жүйедегі жүктеменің тиімді мәндерін есептеңіз. Кернеудің векторлық диаграммасын сызыңыз.

Есептеу реті

1. В және С фазаларында фазаға қатысты фазалық жылжуды бұрыштары құрайды:

$$\varphi_b = (+30^\circ - 120^\circ) = -90^\circ; \varphi_c = (+30^\circ - 240^\circ) = -210^\circ.$$

В және С фазаларында кернеулердің лездік мәндері келесідей үлгіні қабылдайды:

$$u_b = 311 \sin(\omega t - 90^\circ); u_c = 311 \sin(\omega t - 210^\circ).$$

2. Жұлдызшамен байланысқан кернеулердің тиімді мәндері:

$$U_{\text{л}}^{\Delta} = \sqrt{3} U_{\text{ф}}^{\Delta}; U_{\text{ф}}^{\Delta} = U_{\text{ф max}} / \sqrt{2} = 311 / \sqrt{2} = 220 \text{ В}; U_{\text{л}}^{\Delta} = \sqrt{3} \cdot 220 = 381 \text{ В}.$$

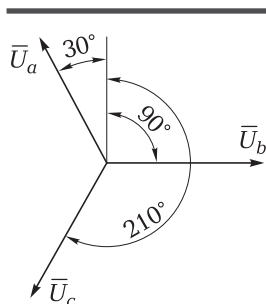
Жүктеме үшбұрышпен қосылған кезде, тоқ көзінің желілік кернеуі жүктемедегі фазалық кернеуге тең болады:

$$U_{\text{л}}^{\Delta} = U_{\text{ф}}^{\Delta} = 381 \text{ В}.$$

3. Векторлық диаграмма кернеу шамасын $m_u = 100 \text{ В/мм}$ таңдау арқылы тік оське қатысты ий сызылады. Бұл жағдайда әрбір вектор ұзындығы $U_{\text{л}}^{\Delta}$, яғни 22 мм (3.1 сур.).

Жауабы. В және С фазаларындағы кернеулердің лездік мәні:

$$u_b = 311 \sin(\omega t - 90^\circ); u_c = 311 \sin(\omega t - 210^\circ).$$

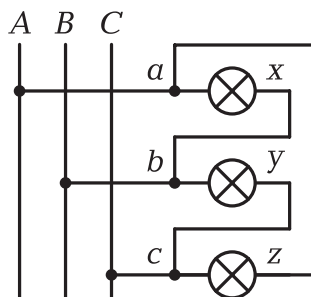


3.1 сур.: 3.1. есепке

Сызықтық кернеудің тиімді мәні 381 В, фазалық кернеудегі жұлдыздық сызбасы 220 В, үшбұрыш сызбасында 381 В.

3.2. Үшбұрыш сызбасы бойынша үшфазалы үш шамды қосыңыз.

Шешуі. Үшбұрышпен қосу ба-рысында, бір фазаның (x) соңы екінші (b) басына, екінші (y) соңына үшінші (c) басымен, үшінші (z) соңы бірінші (a) ба-сымен қосылу арқылы жалғанады.



3.2 сур.: 3.2. есепке

Фазалардың бас жағы (a, b, c) желілік (A, B, C) сымдарына жалғанады (3.2 сур.).

3.3. 50 кВт номиналды қуаты, 6 кВ желілік кернеуі және 0,8 қуат коэффициенті бар үш фазалы асинхронды қозғалтқыш арқылы тұтынылатын электр желісін анықтаңыз

Шешуі. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш - симметриялық жүктеме мен есептеу үшін төмендегі өрнекті қолдануға болады:

$$P_{\text{дв}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{ф}}, \text{ бұл жерде } I_{\text{л}} = P_{\text{дв}} / (\sqrt{3} U_{\text{л}} \cos \varphi_{\text{ф}}) = 50 / (\sqrt{3} \cdot 6 \cdot 0,8) = 6 \text{ А.}$$

Жауабы. Қозғалтқыш арқылы тұтынылатын желілік ток 6 А тең.

3.4. Үш қабатты үйдің үш фазалы $U_{\text{л}} 380 \text{ В}$ кернеуі бар трансформатормен қуаттанады. Дегенменде, барлығын ескере отырып, жүтемені белсенді деп қабылдауға болады: жарықтандыру құрылғылары, электр тақталары, жылыту құрылғылары, бейне және радио жабдықтары, «ақылды үйдің» өзге де электр жабдықтары.

1 қабаты A фазасына қосылған, тұтынылатын қуаты $P_{\text{а}} = 8,8 \text{ кВт}$;

2 қабаты B фазасына қосылған, тұтынылатын қуат $P_{\text{б}} = 4,4 \text{ кВт}$;

3 қабаты C фазасына қосылған, тұтынылатын қуаты $P_{\text{с}} = 2,2$.

Есептеу реті

1. Фазалық кернеуді есептейміз: $U_{\text{ф}} = U_{\text{л}} \sqrt{3} = 220 \text{ В}$.

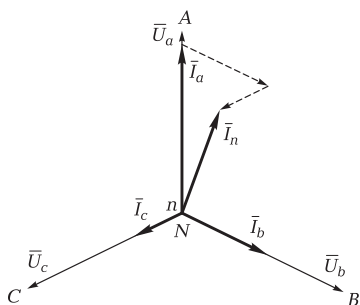
2. Жүктің таза белсенділігін ескере отырып, фазалық токтар есептеледі ($\cos \varphi = 0$):

$$I_{\text{а}} = P_{\text{а}} / U_{\text{ф}} = 8\,800 / 220 = 40 \text{ А};$$

$$I_{\text{б}} = P_{\text{б}} / U_{\text{ф}} = 4\,400 / 220 = 20 \text{ А};$$

$$I_{\text{с}} = P_{\text{с}} / U_{\text{ф}} = 2\,200 / 220 = 10 \text{ А}.$$

3. Фазалық кернеулер мен токтардың векторлық схемасын құрып, ток ауқымын ескереміз $m_1 = 1,7 \text{ А/мм}$ (3.3 сур.).



3.3 сур.: 3.4. есепке

4. Кирхгофтің бірінші заңы бойынша n нүктесі үшін токтардың топографиялық диаграммасын құрып, бейтарап сымның ағымын анықтаймыз: $I_n = m_1 \cdot 16,5 \text{ мм} = 1,7 \cdot 16,5 = 28 \text{ А}$.

Жауабы. Бейтарап сымның ағымындағы ток: $I_n = 28 \text{ А}$. Егер бейтарап сым үзілсе, фазалар «қисық» болады және қабылдағыштың бейтарап нүктесі ағымдық вектордың бағыты бойынша ауыса алады I_n . Бұл A фазасындағы кернеудің төмендеуіне әкеледі және шамдар сәл жанып, C фазасындағы кернеу күрт артып, шамдар жанып кетуі мүмкін.

«Ақылды үйдің» ток сымы дұрыс орындалмаған. Әр фазада жүктеме біркелкі болу үшін оны жобалау қажет болды.

3.5. Үшфазалы генератор симметриялық жүктемеде жұмыс істейді. Қуат коэффициенті 0,8, әрбір фазаның кедергісі 10 Ом, фазалы ток 10 А. Жүктеме арқылы тұтынылатын белсенді қуатты анықтаңыз.

Шешуі. Әр фазада қолданылатын белсенді $P_\phi = U_\phi I_\phi \cos \varphi_\phi = I_\phi^2 z_\phi \cos \varphi_\phi$ қуат ретінде анықталуы мүмкін. Үш фаза бойынша тұтынылатын жалпы симметриялық жүктеме үшін белсенді күш ретінде анықталады

$$P_n = 3P_\phi = 3I_\phi^2 z_\phi \cos \varphi_\phi = 3 \cdot 10^2 \cdot 10 \cdot 0,8 = 2400 \text{ Вт.}$$

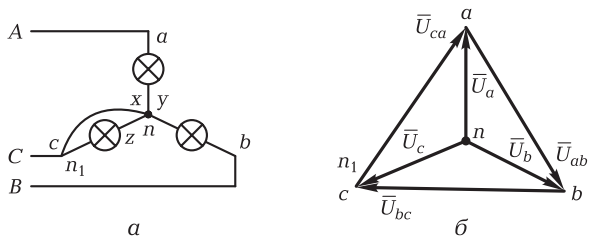
Жауабы. Жүктеме арқылы қолданылатын белсенді қуат 2400 Вт тең.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

3.5. Теңдестірілген және теңгерімсіз жүктеме дегеніміз не?

Жауабы. Симметриялық жүктеме кезінде фазалардың толық кедергісі ($Z_a = Z_b = Z_c$) тең және олардың сипаты бірдей ($\varphi_a = \varphi_b = \varphi_c$). Мысал ретінде үш категориялы асинхронды немесе синхронды қозғалтқыштарды келтіруге болады, олар статор орамаларының белсенді және индуктивті кедергілердің мәндеріне ие.

Ассиметриялы емес жүктеме кезінде толық кедергіге тең болмайды немесе олардың сипаты бірдей емес деуге болады.



3.4 сур.: 3.8. есепке

3.6. Нейтралды сым тағайындауды көрсетіңіз.

Жауабы. Асимметриялық жұлдыз жүктемесі қосылған кезде фазалық кернеулердің симметриясын қамтамасыз етеді.

Шындығында, асимметриялық жүктеме кезінде фазаларда түрлі токтар өтеді. Ал Киргхоффың бірінші заңына сәйкес бейтарап нүкте үшін токтардың векторлық қосындысы нөлге тең болуы тиіс, содан кейін бейтарап ток $\vec{I}_n = \vec{I}_a + \vec{I}_b + \vec{I}_c$ бейтарап сымға шығады. Нейтралды

сымның бұзылуы $\vec{U}_{nn}$ бейтараптың фазалық кернеуіне және фазалардың «ауытқуына» алып келеді.

3.7. Жоғарыда аталған қатынастардың қайсысы жұлдызбен байланысқан үш фазалық ЭТ үшін жарамды:

- а) $U_\phi = U_\Delta \sqrt{2}$; б) $U_\Delta = \sqrt{3} U_\phi$; в) $I_\Delta = \sqrt{3} I_\phi$; г) $I_\phi = I_\Delta \sqrt{2}$; д) $U_\phi = U_\Delta$?

Жауабы. Дұрыс б) сондай, сол себепті а) және г) — ақымақтық, а в) және д) үшбұрыштағы жүктеме қосылымына жатады.

3.8. Жұлдызбен байланыстырылған симметриялы жүктемені үш сымды ЭО-да фазалардың бірі, мысалы, C қысқартылған (3.4 сур., а). Қалған екі кезеңде не болады?

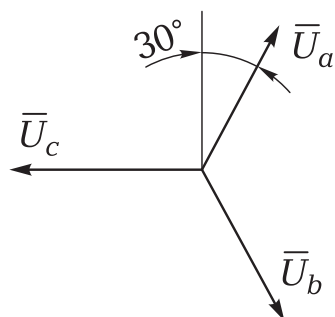
Жауабы. Фазалық кернеу желілікке дейін артады. Шынында да, фазалардың біреуі қысқа тұйықталған кезде, бейтарап нүкте n қысқа тұйықталған фазаның басына ауысады (нүкте c), бұл нүкте n_1 болады. Және бұл U_a және U_b фазалық кернеулерінің желілік U_{ca} және U_{cb} тең екендігін білдіреді (3.4 сур., б).

3.9. Үшбұрышты үш фазалы симметриялық ЭТ-не қандай кернеу үлкен: сызықтық немесе фаза?

Жауабы. Сызықтық және фазалық кернеулер бірдей.

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

3.10*. В фазасындағы кернеудің лездік мәні $u_b = 220 \sin(\omega t - 30^\circ)$. тең. А және С кезеңдерінде бір сәтте кернеу мәндері үшін өрнектерді



3.5 сур.: 3.11. есепке

жазыңыз. Фазалық кернеулердің тиімді мәндерін анықтаңыз.

3.11*. Жұлдызбен қосылған жүктеме үшін векторлық диаграмма негізінде (3.5 суретін қараңыз) желілік кернеудегі u_{ab} мәнінің лездік мәніне жазыңыз, егер фазалық кернеудің лездік мәні $u_a = 311 \sin(\omega t - 30^\circ)$.

3.12*. Төрт сымды үшфазалы тізбектердің 380 В желілік кернеуі 10, 10 және 20 Ом құрайды. Бейтарап сымның ток шамасын анықтаңыз.

3.13. Симетриалы жүктемесі бар ЕС тізбегінде, бейтарап сыммен жұлдызға қосылған, фазалардың біреуінде сақтандырғыш сақталған. Қалған фазалардың ағымдары қалай өзгереді? Ал егер ол екі фазада күйіп кетсе, қазіргі кездегі өзгерістер өзгереді?

3.14*. 100 Вт қуаты бар үш бірдей шамдар төрт вольттық желінің 380 В желілік кернеуі бар әрбір фазасына қосылады. Нейтралды сымның ағымы шамдардың біреуіне тең болады?

3.15*. Жұлдызбен және 220 В желілік кернеумен қосылған симметриялық жүктемесі бар үш сымды ЭТ-де фазада С сақтандырғышты А және В фазаларында қандай кернеулер болады?

3.16. Жұлдыздың және оттегі кернеуі 220 В болатын 100 Ом симметриялық жүктемесі бар үш сымды ЭТ-де А фазадағы жүктеме қысқартылды. В және С фазаларында токтар қандай болады?

3.17*. Үш фазалы индукциялық қозғалтқыш жұлдыз схемасы арқылы үш сымды ЭТ-не қосылады. Жұмыста қозғалтқыштың фазаларының бірі қысқартылған. Қалған кезеңдердегі токтар қалай өзгереді, егер: $U_\phi = 220 \text{ В}$, $R_{\text{дв}} = 4 \text{ Ом}$, $L_{\text{дв}} = 0,3 \text{ Гн}$?

3.18. Үш 40, 60 және 75 Вт шамдары үш фазалы төрт сымды жүйенің фазалық кернеуі 220 В болатын үш фазаға қосылады. Бейтарап сымның тоғын анықтаңыз.

3.19*. 100 Вт қуаты бар үш шам үшбұрышты схемадағы 220 В кернеумен үшфазалы желіге қосылған. Сызықтық ағымдар шамасын анықтаңыз.

3.20*. Үшбұрышты схемада 220 В үш фазалы желіге қосылған 100 ватт қуаты бар үш шамның біреуі жанып кетті. Сызықтық ағымдардың шамасы қалай болады?

3.21. Үшбұрышты 220 В үш фазалы желіге қосылған 100 Вт қуаты бар үш шамның біреуі жанып, 200 ватт шамға ауыстырылды.

Сызықтық тоқтың шамасы қалай болады?

3.22. Үшфазалы жүктеме арқылы тұтынылатын жалпы қуат $S = 1000 \text{ В} \cdot \text{А}$, реактивті қуаты $Q = 600 \text{ вар}$. Қуат коэффициенті неге тең?

3.23. Үшфазалы генератор симметриялық жүктемеде жұмыс істейді. Фазалық импеданс 10 О құрайды, фазалы ток 10 А , қуат коэффициенті - $0,8$. Жүктелетін белсенді қуатты анықтаңыз.

3.24. Төрт сымды ЭТ-гі фазалық кернеуді өлшеуге арналған вольтметрді қайсысы қосады?

3.25*. Фаза немесе желінің кернеуі розеткадағы вольтметр арқылы көрсетіледі?

3.26. Ағынның қандай мәні бейтарап сымға енгізілген амперметрдің 380 В кернеумен және 100 Ом фазалық қарсылығымен бірге төрт сымдық симметриялық ЭТ-те көрсетіледі.?

3.27*. Тоқ өткізгіштердің қайсысы үш фазалы симметриялық ЭК-да үлкен, жұлдызбен байланысқан: сызықты немесе фаза?

3.29*. Үшфазалы симметриялық ЭК-да қандай кернеу жұлдызға байланысты: сызықты немесе фаза?

3.30. Үшфазалы жүйе қандай мақсатпен құрылды?

МАГНИТТІ ТІЗБЕКТЕР

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары

Магниттік индукция, Вб/м² = Тл (тесла): $B = \Phi/S$, мұнда Φ — магнит ағыны, Вб; S — магниттік тізбектің ферромагниттік бөлігінің ауданы м².

Ферромагниттік материалдардың магнитизациялау қисығын жоспарлау тәуелділігі: $B = \mu_a H$, ондағы H — магнит өрісінің күші, А/м; μ_a — материалдың абсолютті өткізгіштігі, Гн/м, $\mu_a = \mu_0 \mu$ ($\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ — тұрақты магниттілігі, Гн/м; μ — салыстырмалы өткізгіштігі).

Схеманың магниттік ағымы, Вб: $\Phi = LI$, мұндағы L - тізбектің өзін-өзі индуктивтілігіне немесе индуктивтілік коэффициенті; I - сұлбадағы А тоқ күші.

Тасқын ілінісі, Вб: $\psi = w\Phi$, мұнда w — сұлбаның бұрылыстар саны (орауыштар).

Өздік индукцияның ЭҚК, В: $e_L = -w\Delta\Phi/\Delta t = -L\Delta I/\Delta t$, бұл жерде w — орауыштардың саны.

B индукциясы магнит өрісіндегі ұзындығы l өткізгіштерінің тұрақты жылдамдықта v өздігінен жүретін ЭӨК: $E = Bv$.

Магнитті қозғалатын немесе магниттейтін күш, А: $F_M = Iw$.

Тізбектің магниттік кедергісі, 1/Гн: $R_M = l/(\mu_a S)$, мұндағы l — біртекті аймақтың ұзындығы, м; S — бөлімше қимасы, м²; μ_a — магниттік схеманың абсолютті магниттік өткізгіштігі, Гн/м.

Орауыштың индуктивтілігі, Гн: $L = w^2 \mu_a S/l = w^2/R_M$.

Магнит тізбегінің Ом Заңы: $\Phi = Iw/R_M$.

Магнит тізбегіне арналған толық тоқ Заңы (Кирхгофтың екінші заңы): $\sum Iw = \sum HI = \sum R_M \Phi$.

Ампер өрнегі: $F_{\text{ЭМ}} = B \cdot I \cdot l$, H — егер l ұзақтығы l өткізгішті индукция B магнит өрісіне орналастырылса, онда оған электромагниттік $F_{\text{ЭМ}}$ күш әсер етеді.

Жұмыс істейтін ауа ағынының ауданында жұмыс істейтін $S_{\text{в.р}}$ және ұзындығы $\delta_{\text{в.р}}$, индукциясы $B_{\text{в.р}}$ және ауа ағынындағы магниттеу күші белгілі болатын $Iw_{\text{в.р}}$, электромагнит күші H : $F_{\text{ЭМ}} = B_{\text{в.р}}^2 / (2\mu_0) = \Phi^2 / (2\mu_0 S_{\text{в.р}}) = 0,5(Iw_{\text{в.р}} / \delta_{\text{в.р}})^2 \mu_0 S_{\text{в.р}}$.

Типтік есептерді шешу мысалдары

4.1. Розетка электромагниті үшін, оның схемасы суретте көрсетілгендей 4.1а, оның жеке бөліктерінің конструкциялық өлшемдері, магниттік тізбектің материалы және магнит ағынының шамасы $\Phi = 1,6 \cdot 10^{-5}$ белгілі.

Ағынның берілген көлемін қамтамасыз ететін магниттеу күші, ал бастапқы жағдайда якорьде әрекет ететін электромагниттік күші қамтамасыз етіледі.

Ферромагниттік бөлімшенің қималары, ұзындығы және материалдары берілген:

$S_1 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; $I_1 = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, материалы — Э42;

$S_2 = 1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; $I_2 = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, материалы — Э310;

$S_3 = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; $I_3 = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м}$, материалы — Э42;

және екі ауа:

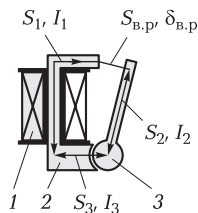
жұмыс $S_{\text{в.р}} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; $\delta_{\text{в.р}} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$;

технологиялық $S_{\text{в.т}} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$; $\delta_{\text{в.т}} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$.

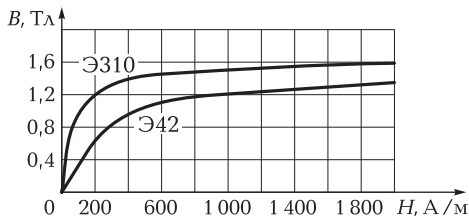
4.1, б суретте электр магнитті құрылысында пайдаланылатын екі материал үшін магниттік өріс H магниттік индукциясының тәуелділігін көрсетеді.

Есептеу реті

1. Магниттік тізбектің әр бөлімшесінде индукцияны есептеп шығарамыз:



а



б

4.1 сур.: 4.1, 4.2, 4.18, 4.27 есепке

$$B_1 = \Phi/S_1 = 1,6 \cdot 10^{-5}/2 \cdot 10^{-5} = 0,8 \text{ Тл}; B_2 = 1,6 \text{ Тл}; B_3 = 0,27 \text{ Тл}; \\ B_{\text{в.р}} = 0,8 \text{ Тл}; B_{\text{в.т}} = 0,27 \text{ Тл}.$$

2. Ферромагниттік бөліктердің кернеуіне арналған кестеден (4.1 б суретін қараңыз):

$$H_1 = 270 \text{ А/м}; H_2 = 2000 \text{ А/м}; H_3 = 70 \text{ А/м}.$$

Әуе бөлігінің кернеулігіне:

$$H_{\text{в.р}} = 8 \cdot 10^5 B_{\text{в.р}} = 8 \cdot 10^5 \cdot 0,8 = 6,4 \cdot 10^5 \text{ А/м}; H_{\text{в.т}} = 2,16 \cdot 10^5 \text{ А/м}.$$

3. Магниттік сызбаның кейбір бөліктерінде магнит ағынының төмендеуін есептеңіз:

$$H_1 I_1 = 270 \cdot 3 \cdot 10^{-2} = 8,1 \text{ А}; H_2 I_2 = 40 \text{ А}; H_3 I_3 = 0,7 \text{ А}; H_{\text{в.р}} \delta_{\text{в.р}} = 640 \text{ А}; \\ H_{\text{в.т}} \delta_{\text{в.т}} = 21,6 \text{ А}.$$

4. Толық ток заңына сәйкес ағынның мәнін қамтамасыз ететін жалпы магниттеу күші есептеледі:

$$Iw = H_1 I_1 + H_2 I_2 + H_3 I_3 + H_{\text{в.р}} \delta_{\text{в.р}} + H_{\text{в.т}} \delta_{\text{в.т}} = 710 \text{ А}.$$

5. Арматурада әрекет ететін электромагниттік күшін есептеп шығарамыз:

$$F_{\text{ЭМ}} = (Iw)_{\text{в.р}}^2 \mu_0 S_{\text{в.р}} / (2\delta_{\text{в.р}}^2) = (H_{\text{в.р}} \delta_{\text{в.р}})^2 \cdot \mu_0 S_{\text{в.р}} / (2\delta_{\text{в.р}}^2) = \\ = 640^2 \cdot 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2 \cdot 10^{-5} / (2 \cdot 10^{-6}) = 5,14 \text{ Н}.$$

Жауабы. Берілген параметрлері бар электр магнитінің есептеулері, магниттік тізбектің жекелеген бөліктерінің және олардың материалының өлшемдері, 710 А жалпы магниттеу күші 90% дерлік жоғары тиімділікке және электромагниттік күштің 5,14 Н айтарлықтай шамасын 5 тең етіп алуға мүмкіндік береді.

4.2. Электромагниттік реле ядросының ұзындығы $l = 5 \text{ см}$ және 100 мм^2 учаскесі бар Е310 болатынан жасалған. 120 айналым саны бар электромагниттік реле және $R = 90 \text{ Ом}$ кедергісі кернеу $U = 27 \text{ В}$ тұрақты ток көзінен беріледі. Ядродағы магнит ағынын анықтаңыз.

Шешуі. Жалпы $Iw = Hl$ заңына сәйкес. Қайдан магнит өрісінің күшін таба аласыз $H = Iw/l$. Ағымдағы күштің мәні Ом заңымен анықталады: $I = U/R = 27 \text{ В}/90 \text{ Ом} = 0,3 \text{ А}$. Демек, магнитизация күші $Iw - 36 \text{ А}$, ал кернеулігі $H = 36 \text{ А}/0,05 \text{ м} = 720 \text{ А/м}$.

Магниттелудің қысық сызығынан (4.1.1 суретін қараңыз) H үшін Е310 бар $= 720 \text{ А/м}$ табатынымыз $B = 1,5 \text{ Тл}$.

Магнит ағыны $\Phi = BS = 1,5 \text{ Тл} \cdot 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$.

Жауабы. Электромагниттік реле ядросындағы магнит ағынының мәні $1,5 \cdot 10^{-4}$ Вб.

4.3. $w = 100$ айналымы бар циклды қамтамасыз ететін магнит өрісінің индукциясын есептеңіз және 4,8 В-ға тең ЭҚК өткізгіштің ұзындығы $l = 60$ мм. Сұлбаның сызықтық жылдамдықпен $v = 1,000$ мм/с жылжытады. Қай қолмен ЭҚК бағыты анықталады?

Шешуі. Есептеу үшін индукция мәнін табуға болатын $E = Blwv$ формуласын қолданамыз $B = E/(lwv) = 4,8 \text{ В} / (6 \cdot 10^{-2} \text{ м} \cdot 100 \text{ оралым} \cdot 1 \text{ м/с}) = 0,8 \text{ Тл}$.

Жауабы. Магнит өрісінің индукция мәні 0,8 Т болуы керек. ЭМӨ бағыты оң қолымен белгіленеді. Егер ЭҚК индуцирленген болса, онда бұл оң қол генераторы (есте сақтау оңай): магнитті күштердің күші сіздің қолыңыздың алақанына енуі керек, ал саусақтардың төртінші саусақтың қозғалысы бағытын көрсетуге тиіс, содан кейін ЭҚК бағытын көрсетеді.

4.4. Ұзындығы $l = 60$ см өткізгіште әрекет ететін магнит өрісінің индукциясын есептеңіз, оның үстіне ток $I = 15$ А ағымы, егер электромагниттік күшін $F_{\text{ЭМ}} = 6,3$ Н болса, онда күштің бағытын анықтайтын ережеге сәйкес.

Шешуі. Есептеу үшін индукцияның мәнін табу оңай болатын Ампер формуласын $F_{\text{ЭМ}} = BIl$ пайдаланамыз. $B = F_{\text{ЭМ}}/(Il) = 6,3/(15 \cdot 0,6) = 0,7 \text{ Тл}$.

Жауабы. Магнит өрісінің индукциясының мәні 0,7 Тл болуы керек. Электромагниттік күштің бағыты сол қолымен реттеледі. Егер өткізгіш қозғалса, демек, қозғалтқыш - сол қол (есте сақтау оңай): магнитті күштердің күші сіздің қолыңыздың алақанына енуі керек, төрт саусағыңыз ток бағытын көрсетеді, содан кейін бүгілген қолтаңба күштің бағытын көрсетеді.

4.5. Магниттік-электрлік жүйедегі аэрозардағы диаметрі $D = 2$ см, ұзындығы $l = 2$ см және он айналымы бар жақтау бар. Айырғыштың корпусының және көрсеткінің бұрышының ауытқуын анықтаңыз, егер ағым катушадан 50 мА дейін болса, ауаның аралықтағы индукция 1 Тл, ал механикалық серіппенің қатаңдығы $k_a = 4 \cdot 10^{-6}$ Нм/°.

Шешуі. Ампер өрнегіне негізделген есептеулер: $F_{\text{ЭМ}} = BIl$.

Электромагниттік сәтте, айналмалы механизмге қатысты және жиіліктің әрбір 10 айналымның екі белсенді өткізгіштерінен тұратындығын ескере отырып, өрнекті жазуға болады:

$$M_{\text{ЭМ}} = (D/2)BIl = 10^{-2} \cdot 1 \cdot 50 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 2 \cdot 10^{-2} \cdot 10 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Жиектемені бұрғаннан кейін, ол серіппенің қарсыласуын жеңеді және айналмалы және қарама-қарсылық сәттердің тендеуі кезінде

тоқтайды, жиектемелің айналу бұрышын және сәйкесінше, көрсетеді:

$$\alpha = M_{\text{ЭМ}}/k\alpha = 2 \cdot 10^{-4}/(4 \cdot 10^{-6}) = 50^\circ.$$

Жауабы. Құрылғының жақтауы мен көрсеткі 50° бұрышпен 50 мА токпен ауытқиды.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

4.6. Болат негізін енгізсе, орауыштардың индуктивтілігі өзгереді?

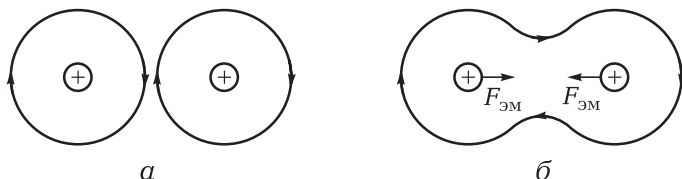
Жауабы. Өзгерту немесе, керісінше - ұлғайту. Бұл болат ядро тұрақты ток I орнатылған кезде магнит ағынына $\Phi = LI$ қарсылық азаяды және $\Phi = Iw/R_M$ ағыны артады. Индуктивтілік ток және ағым $R_M = l/(\mu_a S)$ арасындағы пропорционалды коэффициент болып табылады.

4.7. Екі параллель өткізгіштермен не болады, олар арқылы бір бағытта ағымдар болады?

Жауабы: Оларға жақындатуға тырысатын күштер болады. Шынында да, бұл жағдайда әр өткізгіштің айналасында бір бағытта күш магниттік сызықтары пайда болады. 4.2 суретте ток бізден және магниттік күш сызығынан сағат тілінің бағытымен жақындайды. Бұл сызықтар жанақанда, олар сағат тіліне қарсы бағытталған және бір-біріне өтейді, бұл жерде магнит өрісін бұзады. Қуат сызығы, ток өткізгіштері үшін әдеттегідей және өткізгіштер күштердің ұзындығын азайту және ортаны магниттік кедергісін азайту үшін бір-біріне жақындауға бейім болады (4.2 сур. б).

4.8. Орауыш арқылы өтетін ток өзгерісінің жылдамдығы артты. Өзін-өзі енгізудің ЭҚК қалай жүзеге асады?

Жауабы. Өседі. Шынында да, өзін-өзі индукцияның ЭҚК $e_L = -L\Delta I/\Delta t$ өрнегімен анықталады және ағымдағы өзгеру жылдамдығына тікелей пропорционалды: жылдамдық артып, ЭҚК өсуі артады.



4.2 сур.: 4.7 есепке

4.9. Аталған материалдардың қайсысы ферромагнетиктер болып табылмайды?

1) мыс; 2) темір; 3) алюминий; 4) алтын; 5) платина; 6) никель; 7) күміс; 8) вольфрам; 9) шойын; 10) кобальт; 11) полоний; 12) титан; 13) қалайы

Жауабы. 2) темір; 6) никель; 10) кобальт. Осы материалдар тек ферромагниттік қасиеттерге ие; 9) шойын (темір мен көміртегі қоспасы) ферромагнет. Қалған материалдар ферромагнетиктер емес.

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

4.10. Айталық, электромагнит 10 Н сериялы серіппелі күшті еңсеру үшін жеткілікті күш әзірлейді. Қазіргі уақытта әуе кемесіндегі индукцияның мәнін, сондай-ақ, қиманың тірекке жеткеннен кейінгі мәнін анықтаңыз, егер ауа аралықтың жалпы көлденең қимасы $S = 2 \text{ см}^2$ болса, зәкір тиеуішке жақындап қалғанда, 6,25 есе артты.

4.11. Электромагнит түріндегі 1000 мкм болатын айналымдармен қандай ағын тұйықтауышпен өтуі керек, сол үшін ол 5 сантиметрге тең 2 см қашықтықта 1 см^2 ауаның аралық ауданымен дамиды. Магнитизацияның барлық күштерінің 80%-ы ауа ағынында шоғырланғаны белгілі.

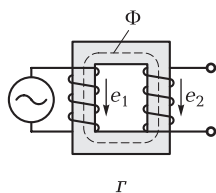
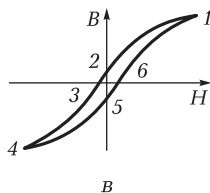
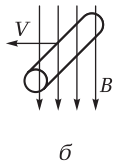
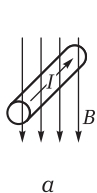
4.12*. $S = 0,1 \text{ м}^2$ көлденең қимасы бар көтеру электромагнитінде 0,1 В магнит ағыны әрекет етеді. Электромагниттің тартылу күшін анықтаңыз.

4.13. Тұрақты ток машина зәкірінің орауышын қалыптастыратын орауыштың ұзындығы $l = 10 \text{ см}$, егер, орауышта 10 айналым, ал ондағы зәкірдің диаметрі 20 см тең, ал ауа аралықтағы индукциясы $B = 1 \text{ Тл}$, өткізгіш бойымен $I = 10 \text{ А}$ қуатты ток өтетін болса, осы уақытта өткізгішке қандай көлемде әсер етеді

4.14. Тұрақты ток зәкірі машинасының айналу жылдамдықпен, қозғалтқышпен басқарылады $n = 600 \text{ об/мин}$. Белсенді зәкір орамасының ұзындығы $l = 10 \text{ см}$, диаметрі $D = 20 \text{ см}$, Жақтау зәкірінде 20 айналым бар, ауа ағынындағы магниттік индукция 1 Тл. Орамда пайда болатын максималды ЭҚК анықтаңыз.

4.15*. $B = 1,3 \text{ Т}$ индукциясымен магнит өрісі $I = 2 \text{ А}$ ток ұзындығы $l = 10 \text{ см}$ өткізгіште әрекет етеді (4.3 а сурет). Өткізгішке әрекет ететін күштің мәнін және бағытын анықтаңыз.

4.16*. Магнит ағыны ауа арқылы жабылуы мүмкін және неге магниттік тізбектерді есептеудің дәлдігі аз?



4.3 сур.: а- 4.15 есепке; б - 4.17 есепке; в - 4.20, 4.21 есепке; г - 4.22 есепке

4.17. Ұзындығы $l = 10$ см өткізгіш магнит өрісінде индукция жүреді $B = 1,3$ Тл (4.3 се, б). Қозғалыс жылдамдығы $v = 100$ см/с. ЭҚК өткізгіштегі мәнін және бағытын анықтаңыз.

4.18*. 2 000 А/м күші бар гомогенді магнит өрісінде орналасқан $S = 25$ см² көлденең қимасы бар Е310 болаттан (4.1, б суретін қараңыз) магнит ағынын анықтаңыз.

4.19*. Егер $\Delta I / \Delta t = 2$ А/с ағымдық өзгеру жылдамдығында, ол өздігінен индукцияға арналған E индукциялайды. $E = 3$ В L орауышының индуктивтілігі қандай болады?

4.20*. Магнитизация қисығының қай нүктесінде (сурет 4.3, с), ядродағы индукция нөлге тең?

4.21. Өзекшенің магниттелуінің қисық сызығындағы 3 және 6 нүктелері немен ерекшеленеді (4.3, в суретті қараңыз)?

4.22*. Трансформаторлық орауыштарының біреуі ауыспалы кернеуге ауысады (4.3 сур., г). Осы катушкаларда пайда болатын магнитті ағынмен ЭҚК атауының атауы және екінші ағынның осы ағынымен туындаған ЭҚК болып табылады?

4.23*. LC тізбегіндегі резонанстық жиілікті форсирленген бұрандамен жабдықталған индуктивтілік орауышты қалай көбейту керек?

4.24. Активті қарсылық кезінде магнит ағынының жылдамдығы жылжымалы ядросы бар катушкаларда қалай өсуі мүмкін?

4.25. Магнит ағыны қалай басқаратыны туралы ЭҚК тікбұрышты импульстардың нысаны болуы керек?

4.26. Электр магниттік реле катушкаларындағы ток шамасын анықтаңыз, барлық магнитизация күші ауадағы жұмыс диаметрі $I = 1$ мм-ге шоғырланған. Бұрынғы бұрылыстардың саны $w = 1,000$ және индукция $B_{в.р} = 1$ Тл. аралығындағы ауытқу санына тең.

4.27. Э310 болаттан жасалынған жүрекшенің орташа ұзындығы (4.1 суретті қараңыз, б) $l_{ср} = 50$ мм, $S = 50$ мм² қимасы, ток $I = 0,1$ А шамасы болса, қаттылықтың индуктивтілігін анықтаңыз.

4.28*. 4.1- кестеде келесі магниттік өлшемдердің белгілерін және өлшем бірліктерін көрсетіңіз:

4.1 кесте						
Атауы	Белгі-ленуі	Өлшем бірлігі		Атауы	Белгі-ленуі	Өлшем бірлігі
Индукциясы				Индуктивті		
Кернеулігі				Тасқын ілінісі		
Магниттеуші күші				Магнит өтімділігі		
Магнит ағыны				ЭҚК өздік индукциясы		
Магнитті тұрақты				Магниттік кедергі		

ЭЛЕКТР ӨЛШЕУЛЕРІ

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары

Ең аз (қалыпты) мән - өлшеудің жоғарғы шегі: $A_{\text{ном}}$.

Құрылғының тұрақты (бөлу бағасы): $C = A_{\text{ном}}/n$, Мұнда n — бөлім саны.

Абсолюттік дәлсіздік: $\Delta A = A_{\text{и}} - A_{\text{д}}$, мұнда $A_{\text{и}}$ — өлшелінген мәні; $A_{\text{д}}$ — бақыланатын санның нақты (идеалды) мәні.

Салыстырмалы қателік: $\gamma = (\Delta A/A_{\text{д}}) 100, \%$. Әдетте, $A_{\text{д}}$ белгісіз болғандықтан, ол $A_{\text{и}}$ өлшенген мәнімен ауыстырылады.

Нәтиже қатесі: $\gamma_{\text{пр}} = (\Delta A/A_{\text{ном}}) 100, \%$. Құралдың дәлдік класын анықтайды.

Құрылғының дәлдік дәрежесі және номиналды мәні бойынша көрсетілген абсолюттік қателік: $\Delta A = \gamma_{\text{пр}} A_{\text{ном}}/100$.

Өлшеу салыстырмалы қателігін есептеу үшін өрнектер: $\gamma = \gamma_{\text{пр}} A_{\text{ном}}/A_{\text{и}}$.

Вольтметрге оның өлшеу шегін кеңейтуге қосымша кедергісі: $R_{\text{доб}} = R_{\text{в}}(n - 1)$, мұндағы $R_{\text{в}}$ — вольтметрдің ішкі кедергісі; $n = U_{\text{и}}/U_{\text{ном}}$ ($U_{\text{и}}$ — өлшенетін кернеуі; $U_{\text{ном}}$ — вольтметрдің номиналды мәні).

Өлшеу диапазонын кеңейту үшін ампермерге тұйықталу кедергісін құрастыру: $R_{\text{ш}} = R_{\text{д}} I_{\text{ном}}/(I_{\text{и}} - I_{\text{ном}})$, мұнда $R_{\text{д}}$ — амперметрдің ішкі кедергісі; $I_{\text{и}}$ — өлшенетін ток; $I_{\text{ном}}$ — ампермердің номиналды мәні.

Бағана теңдеуі: магнитті электр жүйесінің құрылысы — $\alpha = k_1 I$, мұнда $k_1 = c_{\text{м}} B/\alpha$; электромагниттік жүйенің құрылысы — $\alpha = k_2 F$,

мұнда $k_2 = c_M w^2 / ka$; электродинамикалық жүйенің құралы — $\alpha = k_3 UI$,
мұнда $k_3 = c_M / ka$;

Типтік есептерді шешу мысалдары

5.1. 220 В тоқ күшіне $P = 3$ кВт қуаты бар қыздырғыш қосылды. Сынақ кезінде ЭТ-де жылытқышпен тоқ ағымын бақылап отыру керек. Зертханада $I_{\text{ном}} = 5$ А номиналы бар төрт амперметр, бірақ әртүрлі ішкі кедергілер бар: $r_1 = 0,15$ Ом, $r_2 = 0,18$ Ом, $r_3 = 0,16$ Ом, $r_4 = 0,2$ Ом.

Қандай және қаншалықты құрылғыларды тізбеге қосуға болады және олардың әрқайсысының күші қандай болады?

Есептеу реті

1. Қыздырғыш арқылы тұтынылатын ток мөлшерін есептеңіз:

$$I = P / (U \cos \varphi) = 3\,000 / 220 \cdot 1 = 13,64 \text{ А.}$$

2. Алынған ток мөлшерін өлшеу үшін, кем дегенде, үш амперметр параллель қажет. Ішкі кедергілердің айтарлықтай таралмауын ескере отырып, біз барлық төрт құрылғыларды қосамыз (5.1 сур.).

3. Параллельді енгізілген барлық амперметрлердің баламалы қарсылығын есептеңіз:

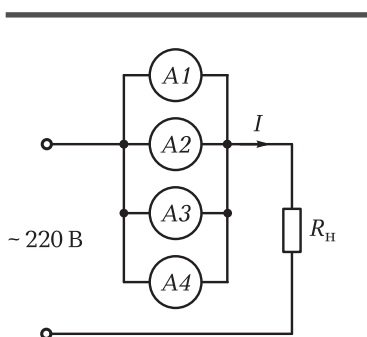
$$r_g = 1 / (1/r_1 + 1/r_2 + 1/r_3 + 1/r_4) = 1 / (6,67 + 5,56 + 6,25 + 5) = 0,043 \text{ Ом.}$$

4. Жылытқыш арқылы ағып жатқан амперметрлер бойынша кернеудің төмендеуін есептеңіз:

$$U_A = I r_g = 13,64 \cdot 0,043 = 0,58 \text{ В.}$$

5. Осы кернеудің әрекет етуі бойынша, әрбір ампермерде ток ағып, оның ішкі кедергісіне кері пропорционалды болады. Сол себепті, бірінші амперметр А1 түзу тоқты көрсетеміз $I_1 = U_A / r_1 = 0,58 / 0,15 = 3,87$ А, екінші А2 — 3,22 А, үшінші А3 — 3,64 А, төртінші А4 — 2,9 А. Жалпы, барлық төрт амперметр 13.63 А көрсетеді, бұл есептеудің ток шамасына сәйкес келеді.

Жауабы. 13,64 А жылытқышы арқылы ағымды өлшеу үшін төрт параллельді амметрлерді ауыстыру ұсынылады.



5.1 сур. 5.1 есепке

Олар бірге есептелетін уақытқа жақын уақытты көрсетеді, бірақ олардың әрқайсысы құрылғының ішкі қарсыласуына байланысты оның мәнін көрсетеді.

5.2. Электротехника зертханасында магниттік электр жүйесінің көп деңгейлі құралдары: максималды токты бар вольтметр $I_V = 30$ мА, ішкі кедергісі $R_V = 20$ Ом мен максималды токтың миллиамперметрі $I_A = 20$ мА мен ішкі кедергісі $R_A = 15$ Ом.

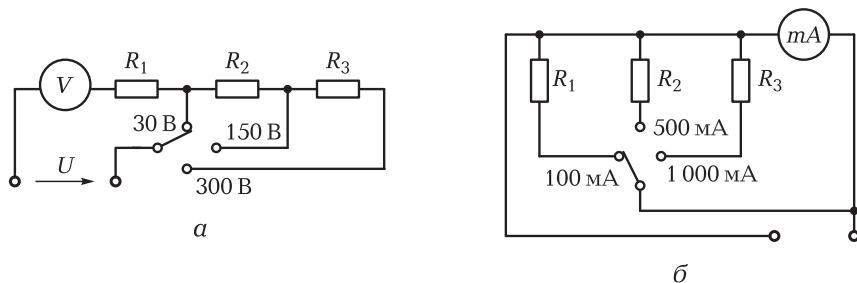
Үш ауқымдағы кернеуді өлшеуді қамтамасыз ететін вольтметрге қосымша кедергіні есептеңіз: $U_1 = 30$ В, $U_2 = 150$ В, $U_3 = 300$ В және өлшеудің үш ауқымын қамтамасыз ететін миллиметрге тұйықталады: $I_1 = 100$ мА, $I_2 = 500$ мА, $I_3 = 1\,000$ мА.

Есептеу реті

1. Қосымша резисторлар вольтметр кедергісімен қосылған (5.2-сурет, а). Алғашқы қосымша қарсылығын есептеу үшін өрнек қолдануға болады: $R_1 = U_1/I_V - R_V$, екінші — $R_2 = U_2/I_V - (R_V + R_1)$ және т.б. Бұл жағдайда, $R_1 = 30/0,03 - 20 = 980$ Ом. Тиесінше, $R_2 = 4$ кОм, $R_3 = 5$ кОм.

2. Тұйықталу кедергісінің миллиамперетге есептеу үшін (5.2 сур, б) құрылғының ең жоғары кернеудің төмендеуін анықтаймыз, яғни аспаптың тілінің максималды ауытқуын анықтаймыз: $U_A = I_A \cdot R_A = 0,02 \cdot 15 = 0,3$ В. Себебі, бұл кернеу тұйықты болуы керек, тұйықталудың кедергісін бірінші өріске сәйкес анықтаймыз: $R_{m1} = U_1/I_{m1} = U_1/(I_1 - I_A) = 0,3/(0,1 - 0,02) = 3,75$ Ом. Тиесілі $R_{m2} = 0,63$ Ом, $R_{m3} = 0,3$ Ом.

Жауабы. Өлшеу көлемін кеңейту және көп шектегі құрылғылар жасау үшін, вольтметрмен қосылатын қосымша резисторлар, сондай-ақ амперметрге параллель қосылған тұйықтар.



5.2 сур. 5.2 есепке

Бұл жағдайда өлшенген кернеудің артуы қосымша қарсылықтың ұлғаюын талап етеді, ал өлшенген ток шамасының жоғарылауы тұйықтаудағы кедергінің төмендеуін талап етеді.

5.3. Осциллографтағы $U_m = 36$ мВ амплитудасы және жиілігі $f = 12,500$ Гц болатын синусоидалы дабылы қолданылады. «Ү күшейткіші» және «Қашау ұзақтығы» сөндіргіштері қандай күйде болуы керек, сонда экрандық 2 ... 3 суретте оның тербеліс кезеңдері және 3.4 бөлімдердің амплитудасы болады.

Есептеу реті

1. «Күшейткіш Ү» қосқышы өрнекпен анықталған позицияға орнатылуы керек

$$n_1 = U_m / (3...4) = 36 \text{ мВ} / (3...4) \text{ дел.} = (12 — 9) \text{ дел.}$$

Таңдаймыз $n_1 = 10$ мВ/дел.

2. «Қашау ұзақтығы» ауыстырғышын қажетті орынға орнату үшін төмендегілерді орындаңыз: (Тербеліс кезеңі $N = 10$ дел жағдайдан тұратын көлденең ось бойынша бүкіл экранды толтыруы керек. Зерттелетін дабыл кезеңі $T = 1/f = 1/12\,500$ Гц $= 0,8$ мс. Демек, тербелу кезеңінің уақыты (2.3) құрайды (2.3) $T = 1,6,2,4$ мс, ал қашау ұзақтығы $n_2 = (2.3) T/N = (1,6,2,4)/10 = (0,16,0,24)$ мс/дел.

Таңдаймыз $n_2 = 0,2$ мс/дел.

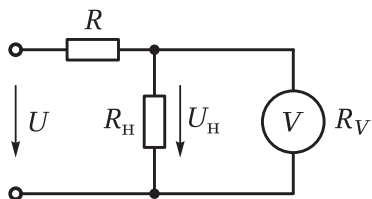
Жауабы. Зерттелетін дабылды байқау үшін «Ү күшейтуіші» қосқышын 10 мВ / дел орнатыңыз, ал «Қашау ұзақтығы» қосқышын 0,2 мс /дел әкеліңіз.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

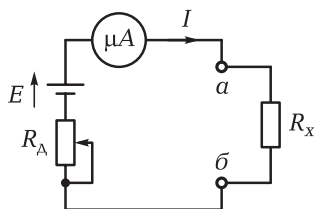
5.5. Магнитоэлектрлік жүйенің құрылысы айнымалы ток тізбектерінде өлшеу үшін қолданыла алады?

Жауабы. Тікелей — жоқ. Егер түзеткіш өлшеу тізбегіне қосылса, онда мүмкін. Бұл жағдайда өлшеу тетігі толық толқындық түзеткіш үшін нақты мәннен 11% төмен болатын өлшенген мәннің орташа мәніне жауап береді: егер құрылғы 198 В көрсетілсе, кернеудің тиімді мәні 220 В болады.

5.5. Вольтметрдің кедергісі қандай болуы керек:



5.3 сур. 5.5, 5.10* есепке



5.4 сур. 5.7 есепке

а) шағын; б) өте аз; в) үлкен; г) өте үлкен; д) орташа; е) кез-келгені?

Жауабы. Дұрыс, г) өте үлкен. Вольтметр жүктемеге параллель түрде қосылады (5.3-сурет), бұл R_H айтарлықтай кедергі келтіруі мүмкін. Егер R_V вольтметрiнiң кедергісі жеткіліксіз болса, ол оны соқтырады және өлшеу жүргізілетін және осылайша өлшеу нәтижелерін бұрмалайтын ЭТ жұмыс режиміне әсер етеді.

5.6. Периодтық емес дабылдарды зерттеу үшін осциллографты қолдануға болады ма?

Жауабы. Жоқ, олай емес. Экрандағы сигнал екі сканерден жасалады: зерттелетін сигналдың тік, қалыптасқан амплитудасы және белгілі бір жиіліктегі желілік айырмашылығы бар кернеу генераторымен (ЖАКГ) генерацияланған көлденең. Сурет осциллографтар экранында стационарлық күйде қалу үшін зерттеліп жатқан тербелістердің жиілігі тербелу жиілігінің көп болуы керек. Перифериялық емес тербелістер ешқашан бекітілмейді, сондықтан олардың тербелісі осциллографтар ЖАКГ жазу арқылы ғана мүмкін болады.

Өлшеу басталмас бұрын қандай мақсат үшін, оммермердің ұштарын қысқа тұйықтау керек?

Жауабы. «Нөл» батырмасын орнату үшін. Метрдің қысқа ұштарында (а және б нүкте 5.4 сур.) ең жоғары ток схемада ағып кетеді және микрометрдің игесі $R = 0$ сәйкес келетін максималды мәннен ауытқиды. Қазіргі кезде ток $I = E/R_d + r_0 + r_{\mu A}$ мұнда E - ЭТ қуат көзі; $r_{\mu A}$ - көздің ішкі қарсылығы; r_A - микромермерометрдің ішкі қарсылығы. Уақытпен, сондай-ақ жұмыс жағдайларына байланысты барлық осы параметрлер өзгеруі мүмкін. Бұны жою үшін айнымалы резисторды пайдаланып, қарсылық R_d - құралдың «нөлдік» мәні, көрсеткіні шкаланың нөлімен біріктіретін.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

5.8*. Электр тізбегіне қосылған амперметр $0,52\text{ А}$ тоқ күшінің мәнін көрсетті, ал бұл сәтте ондағы тоқ күшінің нақты мәні $0,5\text{ А}$ тең болуы керек. Өлшеудегі абсолютті және салыстырмалы қателігін анықтаңыз.

5.9*. Ағымдағы өлшеудің абсолюттік қателігі қандай болуы мүмкін, егер құрылғының дәлдік класы $2,5$ және номиналды мәні 100 мА болса?

5.10*. ЕС-де (5.3 сур.) кернеу $U = 100\text{ В}$; қарсылық $R = 2\,000\text{ Ом}$; $R_H = 3\,000\text{ Ом}$, Вольтметрдің кедергісі $R_V = 6\,000\text{ Ом}$. Өлшеудің абсолюттік қателігін анықтаңыз.

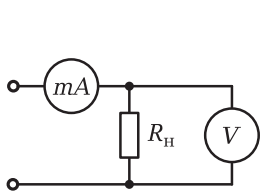
5.11*. 300 В номиналды шамасы бар магнитэлектрлік жүйенің вольтметрі 30 ауқымы бар. Тұрақты құрылғыны анықтаңыз.

5.12*. $A_{\text{ном}} = 500\text{ мА}$ мен $A_{\text{ном}} = 2\,000\text{ мА}$ сияқты екі шектік мәндерін ескере отырып, көп шектік және дәлдіктік бірінші класты миллиамперінің көмегімен 400 мА тоқ өлшенген болатын. Екі жағдайдағы салыстырмалы қателігін анықтаңыз.

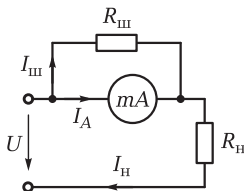
5.13*. $0,3\text{ А}$ өлшеу шегі бар ампермер ішкі кедергісі $R_A = 0,008\text{ Ом}$. Өлшеу шегін $1,5\text{ А}$ -ге дейін ұзартуды қамтамасыз ететін шунттың кедергісін анықтаңыз

5.14. Вольтметрі 30 В кернеуі 210 В кернеуін өлшеу үшін 3 кОм ішкі кедергісі пайдаланылады. Өлшеу диапазонын қажетті мәнге дейін ұлғайту үшін вольтметрге қосылудың ең аз қосымша қарсылығы қандай?

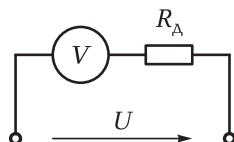
5.15. ЕС-де (5.5 сур.) миллиамперметр және вольтметрдің көрсеткіштері, тиісінше, 8 мА және 16 В . Осы құрылғылардың ішкі қарсылығын қабылдау арқылы жүктеме кедергісін және тұтынылатын қуатты анықтаңыз.



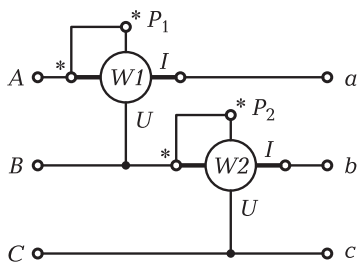
5.5 сур. 5.15 есепке



5.6 сур. 5.16 есепке



5.7 сур. 5.17 есепке



5.8 сур. 5.19 есепке

5.16. Егер ішкі кедергісі $R_A = 1$ Ом тең болатын миллиамперметрі, $R_{ш} = 0,1$ Ом тұйықталған кедергісі $I_A = 80$ мА көрсететін болса, ондағы жүктеменің I_H (5.6 суреті) ағымын есептеңіз

5.17. Егер қосымша кедергісі $R_A = 10\,000$ Ом болатын тізбектеп жалғанған $R_V = 5\,000$ Ом ішкі кедергісі бар вольтметр $U_V = 300$ В көрсететін болса, ондағы электр тізбегінің қуат кернеуін есептеңіз (5.7 сур).

5.18*. Үш фазалы электр қозғалтқышының фазаларының біріне қосылған ваттметрі 1,2 кВт қуаттын көрсетті. Төоқұжатының деректері бойынша қуат коэффициенті 0,9 құрайды. Қозғалтқышпен тұтынылатын жалпы қуат нешеге тең?

5.19. 5.8 суретте көрсетілген сызбаға енгізілген ваттметрлер $P_1 = 3,6$ кВт және $P_2 = 3,6$ кВт көрсетті. Әрбір фаза бойынша барлық үш фазалы электр тізбегінің қуатын анықтаңыз.

5.20. Үшбұрыштап қосылған үшфазалы қозғалтқыштың амперметрі 2,8 А көрсетті. Қозғалтқышпен тұтынатын ауытқу тоғы нешеге тең, және оны өлшеу үшін зертханада тек 3 А шамасы бар амперметрлер бар болса, онда оны қалай өлшеуге болады?

5.21. Осциллоскоппен өлшенген дабылдың нақты мәнін есептеңіз, егер оның экрандағы жиілігі 4 бөл, ал "Ү күшейткіші" ажыратқышы 5 В/бөл. көрсетіп тұрса.

5.22. Осциллоскоппен өлшенетін дабыл жиілігін есептеңіз, егер оның кезеңі 4 бөл., ал "Жайма ұзақтығы" ажыртқышта 5 мс/бөл. көрсететін болса.

5.23. Осциллографтың жиілігін Лиссаждың фигуралық әдісімен өлшеу кезінде экранда «сегіздік» түрінде тұрақты сурет пайда болады. Мұндағы X кірісіне генератордан беріліс дабылының жиілігі 100 Гц-ке тең. Y кірісіне берілетін дабыл жиілігін анықтаңыз.

5.24*. Идеалды жағдайдағы амперметрдің кедергісі қандай болуы керек:

а) аз; б) өте аз; в) үлкен; г) өте үлкен; д) сорташа; е) кез келген?

5.25. Қандай жүйедегі аспаптың межелісінде төменде көрсетілген түрлері бар:

Жүрекше тәріздес шарғы;

Шарғысы бар тұрақты магнитті;

Бір қозғалыстағы және екі қозғалыссыз шарғылар?

5.26*. Бірқалыпты межелісі бар аспап қандай жүйе түріне жатады?

5.27*. Электромагниттік жүйенің вольтметрі арқылы розеткадағы кернеуді өлшеуге бола ма? Ал магнитті электірінде ше?

ӨНЕРКӘСІПТІК ЭЛЕКТРОНИКА НЕГІЗДЕРІ

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары

Кремний және германий екі негізгі материал болып табылады, оның ішінде жартылай өткізгіш n - және p - типті құрылғылар өндіріледі. Олардың электр кедергісі диэлектрлік ($1 \cdot 10^5$ Ом $\cdot$ м) тән мәндерге дейін өткізгішке тән ($1 \cdot 10^{-8}$ Ом $\cdot$ м) мәндерден әртүрлі болуы мүмкін. Сыртқы қолданылатын энергияға байланысты: температура, жарықтандыру, электр өрісі және т.б. Барлық дерлік жартылай өткізгіш қондырғылар сызықты емес ток кернеуінің сипаттамасына (ТКС) ие, ал олардың кейбіреулері (транзисторлар, тиристорлар, фотодиодтар және т.б.) - басқарылатын ТКС.

Температура, жарықтандыру, электр өрісі және т.б. қолданылатын энергияға тәуелді болады. Барлық дерлік жартылай өткізгіш қондырғыларда сызықты емес, ток кернеуінің сипаттамасы бар (ТКС) және олардың кейбіреулері (n - p - өткізгіштер) транзисторлар, тиристорлар, фотодиздер және т.б. сипаттамасымен бақыланады.

Жартылай өткізгіш құрылғылардың негізгі параметрлері

Диодтың алға және кері статикалық кедергісі: $R_{\text{пр}}^{\text{ст}} = U_{\text{пр}}/I_{\text{пр}}$;
 $R_{\text{шол}}^{\text{ст}} = U_{\text{шол}}/I_{\text{шол}}$.

Диодтың алға және кері дифференциалдық тұрақтылығы:
 $R_{\text{пр}}^{\text{ст}} = \Delta U_{\text{пр}}/\Delta I_{\text{пр}}$; $R_{\text{шол}}^{\text{ст}} = \Delta U_{\text{шол}}/\Delta I_{\text{шол}}$.

Трансконердің ағымдағы өсу коэффициенті жалпы базасымен (ОБ) схемаға енгізілген: $\alpha = \Delta I_{\text{к}}/\Delta I_{\text{б}}$ кезінде $U_{\text{к-б}} = \text{const}$.

Транзистордың ағымдағы пайда коэффициенті жалпы эмитент (ОЭ) схемасына: $\beta = \Delta I_{\text{к}}/\Delta I_{\text{б}}$ кезінде $U_{\text{к-э}} = \text{const}$ енгізілген.

$\Delta I_k = \Delta I_3 - \Delta I_6$ екенін ескере отырып, α және β арасындағы келесі формула бойынша білдіруге болады: $\beta = \alpha / (1 - \alpha)$.

Түзеткіш құрылғылардың негізгі параметрлері

Жүктемеге орташа түзетілген кернеу, В: $U_{н.ср}$.

Жүктемедегі орташа түзілген ток, А: $I_{н.ср}$.

Ректификацияланған кернеудің пульсация коэффициенті:
 $p = U_{нег\ max} / U_{н.ср}$, мұнда $U_{нег\ max}$ - іргелі гармоникалық түзету кернеуінің амплитудасы;

f_n - түзетілген кернеудің негізді гармоникасының (жиіліктің кернеуі) жиілігі.

6.1 кестеде әртүрлі түзеткіш тізбектердің негізгі параметрлерін салыстырмалы бағалауды береді. Сурет кернеуіне қатысты түзеткіштің (U_2) кіру кернеуіне және қорек кернеуінің жиілігіне (f) қатысты.

Тегістегіш сүзгіштің тегістеу коэффициенті оның ену және шығу кезінде өршуі коэффициенттерінің қатынасы бойынша анықталады:

$$S_\phi = p_{кр} / p_{шығ}.$$

Индуктивті сүзгі үшін тегістеу коэффициенті: $S_\phi = 2\pi f_n L / R_H$ мұнда L - сүзгі индуктивтілігі, Гн; R_H - жүктеме кедергісі, Ом.

Толық толқынды түзеткіштің тегістеу коэффициенті сыйымдылығы бар фильтрмен анықталуы мүмкін $S_\phi = 1.34 f C_\phi R_H$ өрнегімен анықталуы мүмкін, мұнда C_ϕ - сүзгінің сыйымдылығы, Ф

Кернеу тұрақтандыру коэффициенті: $K_{ст1} = (\Delta U_{кр} / U_{кр.ном.}) / (\Delta U_{шығ} / U_{шығ.ном.})$.

6.1 кесте

Түзеткіш схемасы	Параметрлері			
	$U_{н.ср} / U_2$	$U_{нег\ max} / U_2$	p	f_n / f
Бірфазалы жарты толқын	0,45	0,7	1,57	1
Бірфазалы екі толқын	0,9	0,6	0,67	2
Үш фазалы жарты толқын	1,17	0,29	0,25	3
Үш фазалы екі толқынды	2,34	0,13	0,057	6

Ағымдағы тұрақтандыру коэффициенті $K_{ст2} = (\Delta I_H / I_{H.ном.}) / (\Delta U_{шығ} / U_{шығ.ном.})$.

Күшейткіштердің негізгі параметрлері

Кернеудегі токтың күшею коэффициенті (токқа): $K_U = U_{шығ} / U_{кір}$ ($K_I = I_{шығ} / I_{кір}$).

Көп сатылы күшейткіштің күшейту коэффициенті: $K = \prod K_i$, мұнда K_i - жеке сатылардың күшейту коэффициенттері.

Теріс кері байланыспен (ООС) күшейткіштің кернеу коэффициенті: $K_{ООС} = K / (1 + \beta K)$, мұндағы K - кері байланыс жоқ күшейту коэффициенті; β - кері байланыс коэффициенті.

Теріс кері байланыспен жұмыс істейтін күшейткішке арналған кернеудің жоғарылауы (6.4 сур.): $K_{ООС} = \Delta R_2 / R_1$, мұндағы R_1 күшейткіштің кірісіне резистордың кедергісі; R_2 - ООС тізбегіндегі кедергі.

Көптеген жағдайларда, децибелдің логарифмдік бірлігі, дБ, пайданы бағалау үшін қолданылады.

$$K_U = 20 \lg (U_{шығ} / U_{кір}) = 20 \lg K_U; K_I = 20 \lg (I_{шығ} / I_{кір}) = 20 \lg K_I; \\ K_p = 10 \lg (P_{шығ} / P_{кір}) = 10 \lg K_p.$$

Бұл жағдайда жалпы кіріс әрбір кезеңнің күшейту коэффициенттерінің соммасына тең: $K = \sum K_i$, мұнда K_i - децибелдердегі жеке каскадтардың күшейту коэффициенттері.

Күшейткіштің тиімділігі: $\eta = P_{шығ} / P_o$, мұндағы $P_{шығ}$ - күшейткіштің шығу қуаты; P_o - қуат көздерінен тұтынылатын қуат.

Күшейткіштің өткізу қабілеттілігі: $\Delta f = f_b - f_n$, мұнда f_b және f_n - жоғары және төменгі жиіліктер $\sqrt{2}$ есе коэффициентімен азаятын жоғарғы және төменгі жиіліктер.

Генераторлардың негізгі параметрлері

Синусоидалы LC-генератордың тербелістерінің жиілігі, Гц: $f = 1 / (2\pi \sqrt{L_k C_k})$.

Синусоидалы RC-генераторының тербелу жиілігі, Гц: $f_0 = 1 / (2\pi RC)$.

Мультивибратордың дірілдеу кезеңі шамамен $T = T_{и} + T_{п} = 0.7 R_{62} C_1 + 0.7 R_{61} C_2$ ретінде анықталуы мүмкін, мұнда $T_{и}$ - импульстік ұзақтығы; $T_{п}$ - үзілістің ұзақтығы. Симметриялық мультивибратор үшін $T = 1,4 R \cdot C$.

Тіктөртбұрышты импульстердің білігі: $\gamma_{и} = T / T_{и}$.

Типтік есептерді шешу мысалдары

6.1. Анықтамалық мәліметтерге сәйкес, 2Ц103А түзеткіш полюсі 40 мА ток кезінде 7 В кернеуінің төмендеуіне және 2000 В кері кернеумен, кері ток 0,1 мкА болады. Дiodeдың алға және кері кедергісін есептеңіз.

Шешуі. Берілген деректер Ом заңына сәйкес жоғары вольтты түзеткіш бағанының тік және кері бағыттары үшін статикалық қарсылықты анықтауға мүмкіндік береді. Алға қарсылық келесідей анықталуы мүмкін: $R_{\text{пр}} = U_{\text{пр}} / I_{\text{пр}} = 7 / 0,04 = 175 \text{ Ом}$; кері қарсылық $R_{\text{обр}} = U_{\text{обр}} / I_{\text{обр}} = 2000 / 0,1 \cdot 10^{-6} = 2 \cdot 10^{10} \text{ Ом}$. Есептеулер көрсеткендей, жоғары кернеу түзеткіш колоннасының тікелей кедергісі жүздеген омс болуы мүмкін, ал кері қарсылық ондаған ГОм ($1 \text{ ГОм} = 10^9 \text{ Ом}$) деп есептеледі.

Жауабы. 2Ц103А түзеткіш бағанасының тікелей кедергісі 175 Ом, кері кедергісі - $2 \cdot 10^{10} \text{ Ом}$. Осылайша, өзара кедергісі тікелей кедергіден $1 \cdot 10^8$ есе үлкен.

6.2. Кіру полигоны $\Delta U_{\text{кр}} = 0,01 \text{ В}$ дейін өзгертілген кезде, базалық базасы бар биполярлық транзисторды қосу схемасында эмитент тогы $\Delta I_3 = 0,5 \text{ мА}$ дейін өзгеріп, коллекторлық ток $\Delta I_{\text{к}} = 0,48 \text{ мА}$ дейін өзгеріп, шығу кернеуі 6 В болатын электр тізбегінің параметрлерін және ток, кернеу мен қуатты күшейту коэффициентін анықтаңыз.

Есептеу алгоритмі

1. Бірыңғай базамен транзисторлы байланыс схемасы үшін ағымдағы күшейту коэффициенті:

$$\alpha = \Delta I_{\text{к}} / \Delta I_3 = 0,48 / 0,5 = 0,96.$$

2. Кернеу бойынша коэффициентті арттыру:

$$K_U = \Delta U_{\text{шығ}} / \Delta U_{\text{кр}} = 6 / 0,01 = 600.$$

3. Сыйымдылық бойынша коэффициентті арттыру:

$$K_P = \Delta P_{\text{шығ}} / \Delta P_{\text{кр}} = \Delta I_{\text{к}} \Delta U_{\text{шығ}} / \Delta I_3 \Delta U_{\text{кр}} = \alpha K_U = 0,96 \cdot 600 = 576.$$

4. Динамикалық қарсылықты кірісі:

$$R_{\text{кр}} = \Delta U_{\text{кр}} / \Delta I_3 = 0,01 / 0,0005 = 20 \text{ Ом}.$$

5. Динамикалық қарсылықты шығысы:

$$R_{\text{шығ}} = \Delta U_{\text{шығ}} / \Delta I_{\text{к}} = 6 / (0,48 \cdot 10^{-3}) = 12\,500 \text{ Ом} = 12,5 \text{ кОм}.$$

Жауабы. Транзистордың кіріс және шығыс қарсылығы ортақ базаны қосқанда 20 Ом және 12,5 кОм сәйкес болады.

Ток бойынша, кернеу мен қуат алу факторлары тиісінше 0,96, 600, 576.

6.3. ДПМ-30-Н2 тұрақты ток қозғалтқышы үшін, кернеуі 220 В және 50 Гц жиілігі бар желі түзеткіш. Тұрақты магниттерден қозғалып қозғалтқыш Негізгі электрлік параметрлер мынадай: $U_H = 27$ В, $I_H = 0,7$ А.

Түзеткіш схеманы таңдап, оның негізгі элементтері есептеледі.

Шешімі. Бұл жағдайда қозғалтқышқа жеткілікті қуат беретін тек екі элемент бар: трансформатор және клапан. Бұл байланысты бірақ пульсацияның жеткілікті жоғары жиілігі $U_{н.ср}$ іс жүзінде қозғалтқыштың жұмысына әсер етпейді.

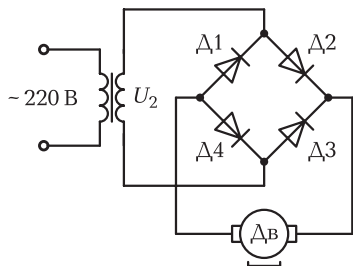
Мұздату тек орташа түзетілген кернеуге жауап береді. Қозғалтқыштың сипаттамаларына сүйене отырып, КС402 сериясының түзеткіш блогы үшін көпір схемасы және параметрлері $U_{обр\ max} = 100$ В, $I_{пр\ max} = 1\ 000$ мА. Қозғалтқыштың өзі тікелей импульстік көпірдің диагоналына, ал екінші диагоналі трансформатордың қайталама орамасына қосылуы мүмкін (6.1 сур.).

Толық-толқындық бірфазалы түзеткіш үшін $U_{н.ср} = 0,9$ және U_2 , екінші деңгейдегі тиімді кернеуді анықтаймыз трансформатор катушкасы $U_2 = U_{н.ср} / 0,9 = 27 / 0,9 = 30$ В болады.

Осылайша, түзеткіштің жұмысы трансформаторды қажет етеді. Бастапқы кернеу көзі $U_1 = 220$ В, ал екінші кернеу $U_2 = 30$ В болады.

Трансформатордың қуатын анықтау үшін, біз оған жүгінеміз қозғалтқыштың ток $I_H = 0,7$ А болады. Бұл жағдайда $P_{ном} = U_2 I_H = 30 \cdot 0,7 = 21$ Вт.

Жауабы. Тұрақты ток қозғалтқышын көзден басқару U_1 және 220В кернеуі бар кернеуді пайдалану ұсынылады бірфазалы толық толқын түзеткіш, түзеткіште жиналған- КС402 сериясының блогы және трансформатормен бірге, оның кернеуі $U_2 = 30$ В.



6.1 сур. 6.3 есепке

6.4. Тұрақтылық коэффициентін есептеңіз. Егер номиналды ток болса Шығу тогының мәні 5 А құрайды, Шығу кернеуінің минималды мәні 20 В. Бұл жағдайда ағымдағы өзгеріс 3-тен +1 А-ға дейінгі диапазондағы жүктеме шығыс кернеуінің 0,4 В ауысуына әкеледі.

Шешімі. Ағымдық тұрақтандыру коэффициенті $\Delta U_{\text{шығ}}$ шығыс тогы өзгерген кезде шығыс кернеуінің ΔI_{H} өзгеру диапазонын анықтайды және өрнекке сәйкес есептелуі мүмкін:

$$K_{\text{ст2}} = (\Delta I_{\text{H}} / I_{\text{H,НОМ}}) / (\Delta U_{\text{шығ}} / U_{\text{шығ,НОМ}}) = (4/5) / (0,4/20) = 40.$$

Жауабы. Көрсетілген мәндер үшін ағымдағы тұрақтандыру коэффициенті 40 құрайды.

6.5. $U_{\text{шығ}} = 4$ В тұрақты кернеуді қамтамасыз ету үшін $R_{\text{H}} = 120$ Ом жүктемеде параметрлік кернеу тұрақтандырғышы қолданылады (6.2 сур.). Кіріс кернеуінің өзгеру диапазоны $U_{\text{кір}} = (8 \pm 2)$ В. R_6 балласты резисторының кедергісін анықтаңыз, оның қуатының диссипациясы және зенердің диодтың түрін таңдаңыз.

Есептеу алгоритмі

1. Ток алгоритмін есептеу

$$U_{\text{H}} = U_{\text{шығ}} / R_{\text{H}} = 4/120 = 0,033 \text{ А.}$$

2. Балластың қарсылығын есептейміз

$$R_6 = (U_{\text{кір min}} - U_{\text{шығ}}) / I_{\text{H}} = (6 - 4) / 0,033 = 60 \text{ Ом.}$$

3. ЕО тұтынатын максималды тоғын анықтаңыз

$$I_{\text{max}} = (U_{\text{кір max}} - U_{\text{шығ}}) / R_6 = (10 - 4) / 60 = 0,1 \text{ А.}$$

4. Стабилитрон арқылы токтың максималдығын анықтаймыз

$$I_{\text{д max}} = I_{\text{max}} - I_{\text{H}} = 0,1 - 0,033 = 0,067 \text{ А.}$$

5. Сілтеме үшін шығыс кернеуін қамтамасыз ететін зенердің диодтың түрін таңдаймыз $U_{\text{шығ}} = 4$ В және $I_{\text{д max}} = 0,067$ А.

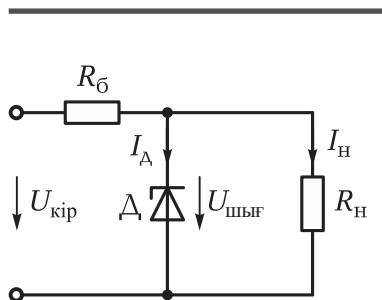
Бұл талаптар диод арқылы орындалады КС139А $E_{\text{ст}} = 3,9$ В және $I_{\text{д max}} = 70$ мА.

6. Балласты резисторының R_6 максималды қуатын есептеңіз:

$$P = I_{\text{max}}^2 R_6 = 0,01 \cdot 60 = 0,6 \text{ Вт.}$$

Жауабы. Алдын ала белгіленген шектеулердің кернеуін тұрақтандыру үшін мәселен, МЛТ-1-60Ом сияқты балластық резисторымен бірге КС139А стабилитроны пайдаланылуы мүмкін.

6.6. Кіру резисторы бар оперци-ялы күшейткішінің кедергісі $R_1=2006$, ал оның күшейтілу шамасы $R_U=100\ 000$ тең. Құрылғыдан дабыл қысымын күшейту үшін күшейтілу шамасы 1000 болатын күшейткіш болуы жеткілікті.



6.2 сур. 6.5 есепке

Қолда бар операциялық күшейткішін қолдануға болады ма және ол үшін не істеу керек?

Шешуі. 6.3. суретте инверсті кіріске әкелетін кері байланысы бар операциялық күшейткіштің сызбасы келтірілген. Мұндай кері байланыс әрқашанда теріс болып табылады. Әсіресе, теріс кері байланысы әрқашан жағымсыз. Атап айтқанда, теріс кері байланыс күшейткіштің пайдасын азайтады.

Кері байланыс арқылы пайда: $K_{OC} = R_2/R_1$. Осылайша, K_U пайдасын азайту үшін R_2 резисторының мәнін есептеу жеткілікті:

$$R_2 = R_1 K_{OC} = 200 \cdot 1\,000 = 200 \text{ кОм.}$$

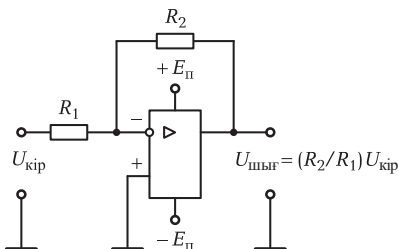
Жауабы. Қажетті кірісті алу үшін, қолданыстағы күшейткіштің схемасына $R_2 = 200$ кОм кедергісі бар резистор арқылы кері кіріс контурына теріс кері байланыс енгізу керек.

6.7. 40 Гц жиілікте синусоидальды тербелістерді алу үшін Шарап көпірі бар RC осцилляторы қолданылады (6.4 сур.). $C_1 = C_2$ конденсаторларының сыйымдылығы 10 мкФ болса, $R_1 = R_2$ резисторларының кедергісін есептеңіз.

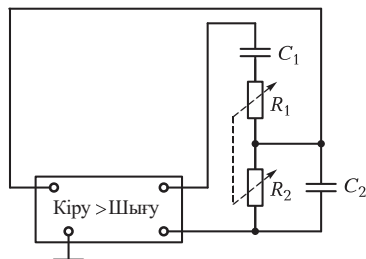
Шешуі. RC-генераторының $f_0 = 1/(2\pi RC)$ көпірімен резонанстық жиіліктің өрнегіне сәйкес $R = 1/(2\pi C f_0) = 1/(2\pi \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 40) = 400$ Ом таба аламыз.

Жауабы. 40 Гц синусоидалы тербеліс жиілігін қамтамасыз ету үшін RC генераторында 400 Ом номиналды қарсылыққа ие резисторды қолдану жеткілікті. Резонанстық жиілікті дәл орнату үшін, біз СП2-6В типіндегі қосарлы айнымалы резисторларды 470 Ом максималды қарсылықпен таңдаймыз.

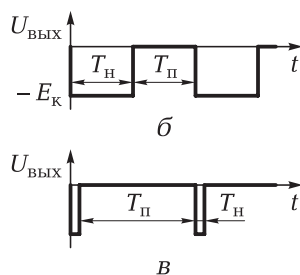
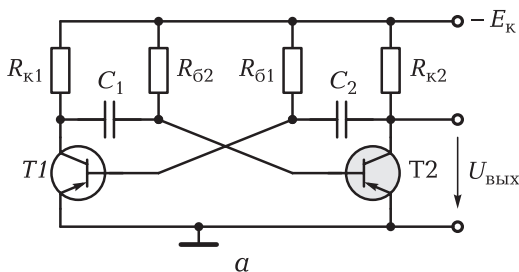
6.8. Симметриялы мультивибраторды шығару кезінде (6.5, а), 100 Гц жиілігі бар симметриялық тікбұрышты тербелістер



6.3 сур. 6.6, 6.59 есепке



6.4 сур. 6.7, 6.63 есепке



6.5 сур. 6.8, 6.66 есепке

(Сурет-6.5, б). C_1 және C_2 сыйымдылықтарын өзгерту қажет болғандықтан, егер жиілік сақталған болса, онда тік бұрышты импульстердің уі 10 жұмыс айналымы тең болады (6.5, с).

Шешім. Тербеліс кезеңін $T = 1/f = 0.01$ с өрнегінен табуға болады. Ол конденсатордың сыйымдылығы ($C_1 + C_2$) көлемімен қамтамасыз етілуі керек. $R_{61} = R_{62}$ үшін $\gamma_{и} = 10$ циклінің циклін алу үшін, импульстің ұзақтығы $T_{и} = T/\gamma_{и} = 0.01/10 = 0.001$ болуы керек, яғни. 0.001 с тең және $T_n = T - T_{и} = 0.009$ с тең болуы тиіс.

Жауабы. Осылайша, сыйымдылығы C_1 тиіс 9 C_2 сыйымдылығынан аз.

Сұрақтар немесе тест түрінде қалыптастырылған тапсырмаларды талдау

6.9. Төменде келтірілген қатынастардың қайсысы диод үшін дұрыс болып табылады:

- а) $R_{пр} = R_{обр}$; б) $R_{пр} > R_{обр}$; в) $R_{пр} < R_{обр}$; г) $R_{пр} \gg R_{обр}$; д) $R_{пр} \ll R_{обр}$?

Жауабы. Дұрыс нұсқасы — д). Шынында да, диод тоқты бір бағытта (тікелей) -өткізеді, демек, оның кедергісі аз, диод басқа бағытта ток өткізбейді (кері). оның кедергісі өте жоғары болады. Айнымалы тоғы - бұл бастапқы аз жартылай өткізгіш материалдардың жиілігімен анықталатын негізгі емес тасымалдауыштардың ағымы болып табылады. Олардың саны негізгі тасымалдауышлар санынан өте аз мөлшерде болады.

6.10. Далалаық транзистор мен биполярлық транзисторлар арасындағы негізгі айырмашылық неде?

Жауабы. Далалық транзистордың кіріс кедергісі өте жоғары, жылдамдығы да жоғары болады, тиісінше жоғары жиілікті, демек олардың электр қуатын тұтынуы төмендеу келеді. Осының барлығы микросызбалар мен сандық есептеу техникасы құрамында далалық транзисторларды

кеңінен қолдануға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, далалық транзисторлары жоғары жылдамдықпен және кернеуі 4,5 кВ көлемінде 2,5 кА-ға дейінгі тоқтың ағындарын тізбектей алады.

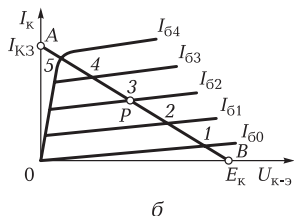
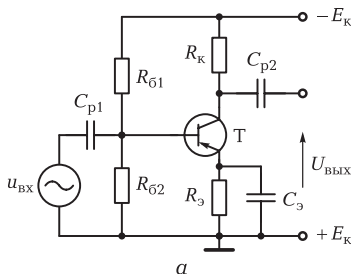
6.11. Күшейткіштің негізгі элементтерін анықтаңыз және ортақ таратқыштың негізгі күшейткіш сұлбасын суреттеңіз.

Жауабы. Күшейткіш сатыларының негізгі элементтері (6.6, а) күшейетін қасиеттері бар басқарылатын вольт-ампер сипаттамасына ие транзисторлық Т болып табылады (6.6 б-сурет), қуат көзінің қосындысы, қажетті шығыс кернеуін E_K және R_K қарсыласуымен коллекторлық резисторды қамтамасыз етеді, шығыс кернеуінің өзгеруінде коллекторлық ток өзгерістерін алдын-ала қалыптастыратын өзгерістер.

Барлық басқа элементтер көмекші болып табылады және күшейткіштің көрсетілген жұмыс режимдерін қамтамасыз етеді. P_{61} және R_{62} кедергісі А жүктемелік сызығындағы П нүктесінің позициясын таңдау үшін қызмет етеді. Эмулятордың кедергісі R_3 кернеуі эмитенттің ағымы туралы теріс кері байланыс пен күшейткіштің термостабилизациясын қамтамасыз етеді. Сигналдың айнымалы компоненті туралы теріс кері байланыс жоқ. C_{p1} және C_{p2} конденсаторлары ажырату болып табылады және электр қуат көзінің қосалқы кернеуін Ен кіріс сигнал көзіне және шығысқа беруді болдырмайды.

6.12. Мультивибратор жұмысының негізі және оның жиілігі қалай анықталады?

Жауабы. Мультивибратор тікбұрышты тербелістердің генераторы болып табылады. C_1 және C_2 конденсаторлары арқылы жүзеге асырылатын каскадтардың арасында 100% оң кері байланыспен (суретті қараңыз 6.5, а) екі сатылы күшейткішке негізделген. Уақытты анықтайтын C_1 - R_{62} және C_2 - R_{61} тізбектері C_1 және C_2 конденсаторларының зарядтау уақытын R_{62} және R_{61} резисторлары арқылы анықтайды және ақыр соңында f жиілігін және $\gamma_{и}$ тікбұрышты импульстардың жұмыс циклін анықтайды.



6.6 сур. 6.11, 6.60 есепке

Өз білімін тексеру үшін тапсырмалар мен сұрақтар

6.13*. Электрониканың желілік элементтерінің негізгі мақсаты: резисторлар, конденсаторлар, индуктивтік катушкалар.

6.14*. Термистордың, фоторезистордың, варистордың өткізгіштігі нені анықтайды?

6.15*. n-р түйінінің басты қасиеті қандай?

6.16. Мінсіз диодтың вольт-ампер сипаттамасын сызыңыз.

6.17 *. Анықтамалық деректерге сәйкес, KD203A түзеткіш диодты кернеудің төмендеуі 0,4 В ток 5 А ток және кернеуі 400 В кернеуде 100 мкА кері кернеуі бар. Диодтың алға және кері кедергісін есептеңіз.

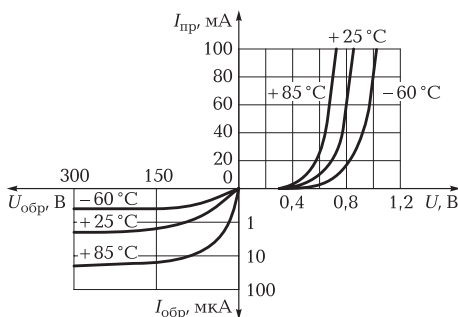
6.18. Температура -60, +25 үшін жартылай өткізгіш диод көпір KTS407A сипаттамасы, +85 ° C (6.7 -сур.) $I_{пр}$ кезінде алға бағытта = 40 мА диодтың $R_{пр}$ қарсылық анықтау. Осы мәндерді салыстыру.

6.19. Жартылай өткізгіш диод көпір KTS407A ағымдағы вольтты сипаттамалары (6.7- сур. қараңыз) кері-алқа енгізілген кезде кернеу 150 В. Бұл мәндерді = $U_{обр}$ диод қолданылатын болса, статикалық үш температурада оның қарсылығын анықтау.

6.20. Жартылай өткізгіш диодтар қалай қосылған?

а) қолданылатын диодтардың максималды рұқсат етілген кері кернеуінен асатын кернеуі бар тізбектерде;

б) токтың асатын токтары бар тізбектерді диодтың қолданылады?



6.7 сур. 6.18, 6.19 есепке

6.21*. Тікелей қосылымда параллель үш бір типті диодтар қосылады. Олардың әрқайсысында кернеудің төмендеуі 1,8 В, бұл кернеудегі диодтардың кедергісі тиісінше 1,8 Ом болды; 2.0 Ом; 2.2 Ом. Схеманың жалпы ағымын анықтаңыз.

6.22 *. Үш бірдей диодтың сериясы біріктіріліп, оларға кері кернеу 300 В кернеу қолданылады, параметрлердің шашырауы салдарынан диодтардың кедергісі тең емес және сәйкесінше тең болды: $R_{обр1} = 90 \text{ кОм}$; $R_{обр2} = 100 \text{ кОм}$; $R_{обр3} = 110 \text{ кОм}$. Әрбір диодтың қандай кері кернеу астында екенін анықтаңыз.

6.23. Жартылай өткізгіш диод және резистор бір қатарға қосылады. Алдыңғы максималды ток $I_{\max} = 10 \text{ мА}$ диапазонында кернеу диодтың 1 В-қа дейін төмендейді Резистордың кедергісі $R = 200 \text{ Ом}$. Қолданылған кернеудің $U_{\max}$ максималды мәнін анықтаңыз .

6.24*. Диодты максималды рұқсат етілген артқы кернеуімен қолдануға болады ма? $U_{обр} = 40 \text{ В}$ трансформатор $U_{2\max} = 30 \text{ В}$ қайталама орамасындағы синусоидалды кернеуді түзету үшін жарты толқындық түзеткіште амплитудасы бар.

6.25. Трансформатор бастапқы тізбегі кернеу $U_{1\max} = 160 \text{ В}$, трансформация коэффициенті $K_{21} = 0,1$, және әрбір жартылай өткізгіш диодты алса, жүктеме кедергісі $R_H = 140 \text{ Ом}$ түзеткіш көпір арқылы өтетін ток анықтау 10 Ом .

6.26. Трансформатордың қайталама орамасының терминалдарындағы кернеудің нақты мәні 127 В болған жағдайда көпірдің түзету тізбегіндегі жүктемедегі түзетілген кернеуді анықтаңыз.

6.27. Транзисторларды қосудың негізгі тізбектері қандай?

6.28. Триистор қандай жартылай өткізгіш құрылғылардың класына жатады?

6.29. Интегралды схема дегеніміз не?

6.30*. Түзеткіштің құрамын және негізгі элементтерді тағайындауды атаңыз.

6.31*. ЕС-ді 100 В түзету кернеумен қамтамасыз ету үшін фильтрсіз жарты толқындық түзеткіш қолданылады. Түзеткішке қолданылатын кернеудің тиімді мәнін есептеңіз.

6.32. Түзеткіштегі КЦ106Г полюстерін 10000 В кері кернеумен қолданатын түзеткіш көпірдің түзеткіш полюстерінде қолданылатын кернеудің рұқсат етілген мәнін және түзетілген кернеудің мәнін есептеңіз.

6.33. Бірфазалы түзеткіштен жүктемені қоректендіргенде, түзетілген кернеу 45 В болатын. Негізгі гармоника амплитудасын және толқу коэффициентін есептеңіз.

6.34*. Кезең - жылғы қуат кезде түзетілген кернеу бір фазалы

түзеткіштер жүктеме шамасы, біз толық толқын түзеткіш однополое ауыстырғанда, кернеу Шашты мәнін қалай өзгертуге 56 V. болды?

6.35 *. Бір фазалы толық толқынды түзеткішпен салыстырғанда үш фазалы толық толқындық түзеткіш үшін түзеткіш кернеу қанша рет және қаншалықты аз болады?

6.36. 0.8 Гн индуктивтілік сүзгісінің шығуы кезінде 50 Гц кернеумен қамтамасыз етілген толқындық түзеткіштен шығатын 50 Ом жүктемесінде жұмыс істейтін өршу коэффициентін есептеңіз.

6.37. Кернеу 50 Гц кернеумен қамтамасыз етілген толқындық түзеткіштен келетін болса, қуаты 200 мкФ болатын қуаттылықты сүзгіштің шығуы кезінде 1 кОм жүктемемен жұмыс істейтін өрлеу коэффициентін есептеңіз.

6.38*. Конденсатордың кедергісін және 30 мкФ сыйымдылығы бар LC фильтінің индуктивтілігін және 50 Гц жиіліктегі ауыспалы компонентін сүзуге арналған 2 Гн индуктивтілігін анықтаңыз.

6.39*. Түзеткіштің схемасындағы толқу коэффициенті сыйымдылық жүктемесі азайған жағдайда R_H сыйымдылық сүзгісімен қалай өзгереді?

6.40*. Кернеу тұрақтандыру коэффициентін есептеңіз, егер номиналды кіріс кернеуі 12 В, шығыс кернеуінің номиналды мәні 8 В құрайды. Кіру кернеуінің ± 3 В-қа өзгеруі шығу кернеуінің ± 0.02 В-ке өзгеруіне әкеледі.

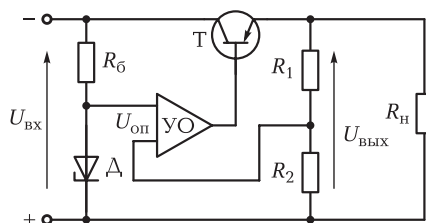
6.41. Параметрлік кернеу реттегішінің тізбегінде мінсіз вольт-ампер сипаттамасына ие зерердің диоды қолданылады. $U_{\text{кпр}}$ диапазонында жатыр ($16 \pm 1,6$) В, кернеу $U_{\text{СТ}} = 9$ В, $I = 10$ мА, жүктеме тогы $I_H = 8$ мА. Тұрақтандырғыштың $I_{\text{кпр}}$ және балласттық резистордың қарсылығын енгізу кезінде ағымды анықтау.

6.42. Өтемақы тұрақтандырғышының негізгі элементтері қандай? Электрлік тізбектің күріш көрсетілгенде өтемдік тұрақтандырғыш принципін түсіндіріңіз. 6.8.

6.43. 5 А номиналды жүктеме кезінде өтемдік тұрақтандырғышта шығыс кернеуі 100 В болады. 2А диапазонындағы жүктеме токтарының өзгерісінің шығу 0,2 В-ге өзгеруінен болса, тұрақтандыру коэффициентін есептеңіз.

6.44. Параметрлі тұрақтандырғыштың компенсациондықтан айырмашылығы қандай?

6.45. Базалық ток $\Delta I_B = 40$ мкА дейін өзгерген кезде, ордың ток 10 мА-мен өзгерсе, жалпы эмитент тізбегіне енгізілген биполярлық транзистордың ағымдық пайдасын анықтаңыз.



6.8 сур. 6.42 есепке

6.46. Үш сатылы кернеу күшейткішінің әрқайсысы 30-дан екі сатыға ие болады, ал үшінші кезең эмитент-тізбектің тізбегіне сәйкес жиналады. Күшейткіштің жалпы күші қандай?

6.47. Егер салыстырмалы бірліктерде және децибелдерде $K_1 = 100$ болса, үш сатылы күшейткіштің жалпы пайдасын анықтаңыз; $K_2 = 10$;

$K_3 = 10$. 6.48.

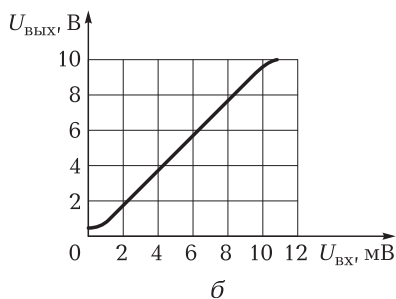
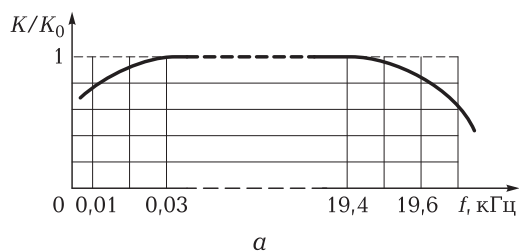
6.48. Күшейткіштің тиімділігін анықтаңыз, егер жүктемедегі қуат 0,3 Вт болса, транзисторда таратылатын қуат 120 мВт және қалған электр тізбектеріндегі қуаты 80 мВт құрайды

6.49. Суреттегі амплитудалық-жиілік сипаттамасына сәйкес. 6.9, күшейткіштің, төменгі және жоғарғы жиілік шекараларының өтпелі белдеуін анықтаңыз және күшейткіштердің қандай түріне жататын жиіліктер спектрін есептеңіз.

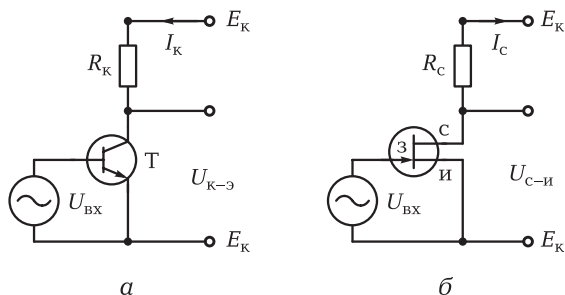
6.50* 6.9, б-суреттегі амплитудалық сипаттамаға сәйкес. күшейту коэффициентін, шу деңгейін, күшейткіштің сызықтық емес бұрмалануын және сызықтық ауқымын көрсететін ең жоғарғы кіріс сигналын анықтаңыз.

6.51*. Биполярлық және далалық әсер транзисторларының корек көздерінің полярлығын көрсетіңіз, коммутациялық тізбектері күріш. 6.10.

6.52. Қуат көзінің E_k анықтаңыз, оның сұлбасы күріш көрсетілген. 6.10, а, егер $U_{k-3} = 6$ В, $I_k = 100$ мА, $R_k = 100$ ом.



6.9 сур. а - 6.49 есепке, б - 6.50 есепке



6.10 сур. а - 6.51, 6.52, 6.53, 6.54 есепке, б - 6.51, 6.55 есепке

6.53. Күшейткіштің коллекторлы тізбегіне қосылуы керек резистордың кедергісін анықтаңыз (6.10, а. -суретті қараңыз), коллектордың тогы $U_{K-Э} = 7 \text{ В}$, $E_K = 16 \text{ В}$ кезінде $I_K = 3 \text{ мА}$.

6.54. Күшейткіш жағдайдағы I_K коллекторының тізбегіндегі ағымды анықтаңыз (6.10-суретті қараңыз): $E_K = 12 \text{ В}$, $U_{K-Э} = 6 \text{ В}$, $R_K = 3 \text{ кОм}$.

6.55. Өріс транзисторындағы күшейткіштің кернеуін анықтаңыз (6.10, б), егер кернеу R_c және $R_{и}$ бойынша төмендейтін болса, сәйкесінше 2,4 және 0,2 В кернеу қуат көзінің кернеуі $E_c = 6 \text{ В}$ болады.

6.56*. Кіру кернеуі $U_{BX} = 20 \text{ мВ}$, ал кіріс $K_U = 1000$ болса, күшейткіштің шығуындағы кернеуді анықтаңыз.

6.57. $K = 500$ күшейткіш коэффициенті бар күшейткіште қандай β кері байланыс коэффициентін белгілеу керек, сол кезде максималды кіріс сигналында $U_{BX} = 50 \text{ мВ}$, шығу кезінде максималды сигнал $U_{ВЫХ} = 5 \text{ В}$ болуы керек?

6.58. Теріс кері байланыспен күшейткіште коэффициент коэффициенті $\beta = 0.02$ кері коэффициентінде $K = 40$ болады. Кері байланыс коэффициенті 0,005 болса, кіріс қалай өзгереді?

6.59. Теріс кері байланыспен жұмыс істейтін күшейткіште және кері байланыссыз жоғарылауда $K = 50,000$ (6.3 суретті қараңыз) $R_2 = 10 \text{ кОм}$, $R_1 = 500 \text{ Ом}$. Күшейткіштің шығуындағы ең үлкен сигнал беретін сенсордан сигналдың максималды мәнін есептеңіз, мұнда $U_{ВЫХ} = 5 \text{ В}$.

6.60. Күшейткіш тізбегіндегі резисторлардың қайсысы күріш. 6.6, а, қоршаған ортаның температурасын өзгерту кезіндегі тұрақтылықты қамтамасыз етеді?

а) R_K ; б) R_6 ; в) R_3 ; г) R_{62} ?

6.61*. Күшейткіштің негізгі элементтерін және олардың функцияларын келтіріңіз (6.7-суретті қараңыз, а).

6.62. LC-генератордың шығуында 12,5 кГц жиіліктегі синусоидалы тербелістер орнатылды. Бұл жағдайда конденсатордың сыйымдылығы 0,16 мкФ болады. 50 кГц жиілікте ауытқу жиілігін қамтамасыз ететін конденсатордың сыйымдылығын есептеңіз.

6.63. Шарап көпірі бар RC генераторында (6.4 суретті қараңыз) сыйымдылығы 1 мкФ және 4,7 кОм қарсылыққа ие айнымалы резисторлар пайдаланылады. 2-ден 4 кОм-қа дейін қарсылық өзгерген кезде генератордың шығуындағы жиілік диапазонын анықтаңыз.

6.64*. RC-генераторды кері байланыста тек екі RC-тізбектің қатысуымен қозғалтуға болады ма?

6.65. Неліктен RC генераторлары негізінен төмен жиілікте ғана пайдаланылады?

6.66. симметриялы мультивибратора шығуда жиілігі тікбұрышты импульсінің анықтау үшін (6.5-а сур. қараңыз), сыйымдылық $C_2 = 4700$ пФ болса, базалық резистор кедергісі $R_{B1} = 62$ Ом, жинаушы резистор $R_{K2} = 2,2$ кОм қарсылық.

6.67. $C_1 = 2200$ пФ және $C_2 = 7200$ пФ: конденсаторлар ауыстырсаңыз, (6,66 есепті қараңыз) мультивибраторда тербеліс жиілігін қалай өзгертуге болады? Тікбұрышты тербеліс толқыны қандай циклге тең болады?

6.68. Триггердің мультидірілдеткіш пен оны қолдану аясының негізгі ерекшеліктерін атаңыз?

6.69*. Транзисторлық қосқышты бірполярлы теріс импульстармен бақылайтын ($p - n - p$ немесе $n - p - n$) болса, қандай екі биполярлы транзисторды қолдануға болады?

ЭЛЕКТР МАШИНАЛАРЫ

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары

Электромагниттік индукция принципі: $e = lBv$, мұнда l - өткізгіштің ұзындығы, м; B - магниттік индукция, Тл; v - өткізгіштің немесе өрістің қозғалыс жылдамдығы, м/с; e - Электронды - ЭДС өткізгіштегі индуцирленген, В.

Электрмагниттік күштердің принципі: $F_{эм} = lBI$ (Ампер формуласы), мұндағы l - өткізгіштің ұзындығы, м; B - магниттік индукция, Т; I - мен дирижердің ағымы, А; $F_{эм}$ - электромагниттік күш, Н.

Бумадағы өзіндік индукцияның лездік ЭҚК, В: $e = -w\Delta\Phi/\Delta t$, мұнда w - катушкалардың бұрылыстарының саны; $\Delta\Phi/\Delta t$ - магнит ағынының өзгеру жылдамдығы.

Энергияның өзін-өзі индуктивтіліктің ЭҚК-нің катализде тиімді мәні, В: $E = 4.44 f w \Phi_m$, мұндағы f - жиілік, Гц; $\Phi_m = B_m S$ - магниттік ағынның амплитудасы, Вб; B_m - магниттік индукция амплитудасы, Тл; S - ядраның көлденең қимасы, м².

Трансформатордың коэффициенті $k_{21} = w_2 / w_1$, мұнда w_2 және w_1 тиісінше қайталама және бастапқы катушкалардың бұрылыстар саны.

Трансформатордың тиімділігі: $\eta = P_2/P_1 = 1 - (P_{эл} + P_m)/P_1$, онда $P_{эл} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$ - электрлік жоғалту, Вт; P_m - магниттік жоғалту, Вт; P_1 - тұтынатын қуат, Вт; I_1 және I_2 - сәйкесінше бірінші және екінші катушкадағы ток, А; $R_1 R_2$ - сәйкесінше бірінші және екінші катушкалардағы белсенді қарсылық, Ом.

Магниттік шеңбердің синхронды айналу жиілігі, об/мин: $n_1 = 60f/p$, мұнда p - полюстер жұбының саны.

Асинхронды машинадағы сырғыма: $s = (n_1 - n)/n_1$, мұнда n - асинхронды машина роторының айналу жиілігі, об/мин.

Асинхронды машинаның роторының орамасындағы ЭҚК-жиілігі, Гц: $f_2 = f_1 s$, мұндағы f_1 - статор орамаларының кернеуінің жиілігі, Гц.

Асинхронды машинаның статор орамасындағы фазалық ЭҚК, В: $E_{1ф} = 4,44 w_1 f_1 \Phi k_{об.ст}$, мұнда w_1 - статордың фазалық орамасының орамдарының саны; $k_{об.ст}$ - статор орамасының коэффициенті.

Стационарлық асинхронды машинаның роторлы орамасындағы ЭҚК, В: $E_{2ф} = 4,44 w_2 f_2 \Phi k_{об.ст}$, мұнда w_2 - ротордың фазалық орамасының орамдарының саны, Ротор - ротордың орамасының коэффициенті.

Айналмалы ротордағы ЭҚК: $E_{2s} = E_2 \cdot s$.

Үш фазалы асинхронды тұтынылатын жалпы қуат желідегі желі, В · А: $S = \sqrt{3} U_{л} I_{л}$, онда $U_{л}$ және $I_{л}$ сызықтық кернеулер болып табылады, В, және ток, А, тиісінше.

Белсенді қуат, Вт: $P = \sqrt{3} U_{л} I_{л} \cos \varphi$.

Реактивті қуат, нұсқа: $Q = \sqrt{3} U_{л} I_{л} \sin \varphi$.

Үшфазалы ЭЦ әдісімен өлшенген қуаты:

үш ватт - $P_{ЭЦ} = W_a + W_b + W_c$;

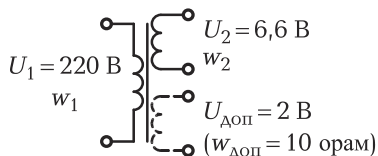
екі ваттметр - $P_{ЭЦ} = W_{ac} + W_{bc}$, онда W_a, W_b, W_c - көрсеткіштері үш фазаға қосылған ваттметрлер; W_{ac} және W_{bc} - ватт- кернеу мен ток кернеуіне қосылған.

Қозғалтқышпен әзірленген айналу мезеті, Н · м: $M = 9,554P/n$, мұндағы P - қозғалтқыш білігіне, W; n - ротордың жылдамдығы, об/мин.

Асинхронды қозғалтқыштың тиімділігі: $\eta = P_2/P_1 = 1 - (P_{эл} + P_M + \Delta P_{мех} + P_{доп})/P_1$, мұнда P_2 - қозғалтқыштың шығу қуаты; P_1 - тұтыну желіден қуат; $P_{эл}$ - электр қуатының шығындары (электр шығыны); P_M - магнитті шығындар; $\Delta P_{мех}$ - механикалық шығындар; $P_{доп}$ - қосымша шығындар.

Типтік тапсырмаларды шешу мысалдары

7.1. Трансформатордағы орамдардың санын анықтау (7.1-сурет), қосымша ақпараттың 10 айналымы орамалардан оралған. шелектер. Трансформатор номиналды кернеумен белгіленген кезде, Қайталама орамда өлшенген 220 В кернеуі - 6,6 В және қосымша орамдағы кернеу 2 В болады. Бастапқы және қайталама орамалардың, сонымен қатар трансформаторлық коэффициенттердің бұрылыстар санын анықтаңыз.



7.1 сур. 7.1 есепке

Шешуі. Трансформаторда барлық орамалар бір магнит ағынымен жалғанады. Трансформация коэффициенті орамалардың бұрылыстар санының қатынасы және тиісінше, тоқтап тұрған кезде орамаларға қатысты кернеулердің қатынасы бойынша анықталады. Сондықтан, егер кернеу орамалардың біреуіне қолданылса

және кернеулер басқаларға өлшенсе, кезеңдерінің саны белгілі, бұрылыстардың санын анықтау қиын емес.

Шынында да: $w_2/w_1 = U_2/U_1$; $w_{доп}/w_1 = U_{доп}/U_1$, мұндағы w_1 , w_2 және $w_{доп}$ - қосалқы, қайталама және қосымша орамалардың бұрылыстар саны, тиесінше; U_1 , U_2 және $U_{доп}$ - кернеу бастапқы, қайталама және қосымша орамалар.

Бұл қайдан келеді:

$$w_1 = (U_1/U_{доп}) w_{доп} = (220/2)10 = 1\ 100 \text{ орам};$$

$$w_2 = (U_2/U_{доп}) w_{доп} = (6,6/2)10 = 33 \text{ орам}.$$

Түрлендіру коэффициенті $k_{21} = w_2/w_1 = 0.03$ өрнегінен анықталады.

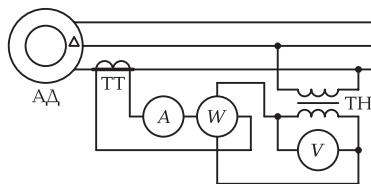
Жауабы. Трансформацияланған бастапқы және қайталама орамалардың бұрылыстарының саны, тиісінше, 1 100 және 33, трансформация коэффициенті - 0,03.

7.2. Күшті үш өлшемді электр қондырғының электрлік параметрлерін өлшеу үшін, жоғары вольтті асинхронды қозғалтқышқа (АД) ток және кернеу трансформаторларын өлшеу қолданылады. трансформатордың екінші орауына, кернеу трансформаторы (ТН) орамасының V және вольтметрі бар Вт ватт W метрінің В кернеуінің шарғысы жатады. Ток трансформаторының (ТТ) қайталама орамасына амперметр А және ватт-өлшеуіш W-нің ағымдағы орауышы жатады (7.2-сурет). Номиналды режимдегі аспаптар көрсетті: вольтметр - 60 В, ампермер - 4 А, ватт метр - 176 Вт. Кернеудің өзгеру коэффициенттері $k_U = 0.01$, ағымдағы ток $k_I = 0.02$.

Қозғалтқыш арқылы тұтынылатын желінің тоғын және қуатын анықтаңыз және оның орамасындағы желілік кернеу. Қозғалтқыштың қуат

коэффициентін есептеңіз.

Шешімі. Кернеу трансформаторы ондағы трансформаторлық коэффициенті 100 болатын төмендеуші трансформатор болып табылады. Осылайша, желілік кернеулерге кіретін кернеудің нақты мәні $U_1 = U_{\text{л}} = U_2/kU = 6000 \text{ В}$ болады. Бастапқы орауыштан өтетін трансформатор тоғындағы сызықтық ток $I_1 = I_{\text{л}} = I_2/k_1 = 200 \text{ А}$ тең. Қозғалтқышты үш фазалы желіден



7.2 сур. 7.2 есепке

тұтынылатын қуатты өлшеу үшін екі ватт метрдің әдісі қолданылады. Қозғалтқыш симметриялық жүктеме болғандықтан, жеткілікті оқылымды тұтынатын қуатты есептеу үшін бір ваттметр, трансформация коэффициенттерін ескере отырып, екі есе:

$$P_{\text{дв}} = 2W = 2 \cdot 176 / (0,01 \cdot 0,02) = 1760 \text{ кВт.}$$

Екінші жағынан, қуат коэффициенті $P_{\text{дв}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}} \cos \varphi$:

$$\cos \varphi = P_{\text{дв}} / (\sqrt{3} U_{\text{л}} I_{\text{л}}) = 1760000 / (\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 200) = 0,85.$$

Жауабы. Өлшеу трансформаторларын пайдалану тестілер кезінде $I_{\text{л}} = 200 \text{ А}$ сызықтық ток, $U_{\text{л}} = 6,000 \text{ В}$ сызықтық кернеуі, $P_{\text{дв}} = 1,760 \text{ кВт}$ қуатты тұтынуын анықтауға және $\cos \varphi = 0,85$ қуат коэффициентін есептеуге мүмкіндік берді.

7.3. Қуатты асинхронды қозғалтқышты іске қосу кезінде статор орамасы үшбұрыштан жұлдыздық тізбеге ауысады (7.3-сурет). Желілік кернеулерде сызықтық токтар қанша рет өзгереді?

Шешімі. Жұлдыздың сектор орамдарының схемасын қосу үшін

$$I_{\text{л.зв}} = I_{\text{ф}} \text{ және } U_{\text{л}} = \sqrt{3} U_{\text{ф}},$$

осындан шығатын мәні $I_{\text{л.зв}} = U_{\text{ф}} / Z_{\text{ф}} = U_{\text{л}} / (\sqrt{3} Z_{\text{ф}})$.

Үшбұрыштағы статор орамдарының қосылу схемасы

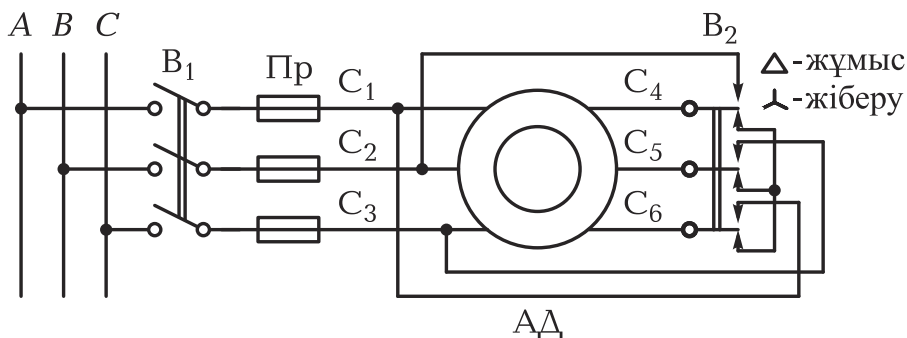
$$I_{\text{л.тр}} = \sqrt{3} I_{\text{ф}} \text{ және } U_{\text{л}} = U_{\text{ф}},$$

яғни, $I_{\text{л.тр}} = \sqrt{3} U_{\text{ф}} / Z_{\text{ф}} = \sqrt{3} U_{\text{л}} / Z_{\text{ф}}$.

Осылайша, токтар үшбұрыш пен жұлдыз арқылы қосылса, токтардың қатынасы болады

$$I_{\text{л.тр}} / I_{\text{л.зв}} = (\sqrt{3} U_{\text{л}} / Z_{\text{ф}}) / (U_{\text{л}} / \sqrt{3} Z_{\text{ф}}) = 3.$$

Жауабы. Қуатты асинхронды қозғалтқыштарды іске қосу статор орамасын жұлдызға қосқанда оңай болады, ал жеделдетуден кейін орамды үшбұрыш тізбегіне айналдырыңыз. Бұл жағдайда іске қосу кезінде токтар жұмыс режиміне қарағанда 3 есе аз.



7.3 сур. 7.3 есепке

36 В кернеуде үш фазалы асинхронды мотор UAD-62 айналушыға тең болады, номиналды кернеуі 220 В номиналды сәт 0.21 N · м?

Шешімі. Индукциялық қозғалтқыштың айналу сәті пропорционалды статор орамасына қолданылатын кернеудің квадраты:

$M_{ном} = kU_{ном}^2$. 36 В кернеуде, тиісінше, M_{36} = болады $= kU_{36}^2$ немесе k мәнін алмастырамыз

$$M_{36} = (M_{ном} / U_{ном}^2) U_{36}^2 = M_{ном} (U_{36} / U_{ном})^2 = 0,21 (36/220)^2 = 0,56 \text{ N} \cdot \text{см}.$$

Жауабы. Төмен кернеуде 36 В, айналған кезде УАД-62 қозғалтқышы 0,56 N · см болады.

7.5. Үш фазалы асинхронды желілер арқылы тұтынылатын желінің ағымын анықтаңыз. Номиналды қуаты бар 4А қозғалтқышы 55 кВт, кернеуі 380/660 В, тиімділік коэффициенті 92%, қуат коэффициенті - 0,84, орамалардың бірлігі Δ/λ.

Шешімі. Қозғалтқыштан тұтынылатын электр қуаты желісі ретінде анықталуы мүмкін

$$P_{эл} = P_{ном} / \eta = 55/0,92 = 59,8 \text{ кВт}.$$

Үш фазалы индукциялық қозғалтқыш симметриялық болып табылады симметриялы жүктеме мен құралдар:

$$P_{ф} = U_{ф} I_{ф} \cos \varphi_{ф}, P_{эл} = 3P_{ф} = 3U_{ф} I_{ф} \cos \varphi_{ф}, I_{ф} = P_{эл} / (3U_{ф} \cos \varphi_{ф}).$$

Үшбұрышты орамдарды қосу схемасы үшін бізде бар:

$$I_{л} = \sqrt{3} I_{ф} = \sqrt{3} P_{эл} / (3U_{л} \cos \varphi_{ф}) = \sqrt{3} \cdot 59\,800 / (3 \cdot 380 \cdot 0,84) = 108 \text{ А}.$$

Жұлдызға орамдарды қосу схемасы үшін бізде бар:

$$I_{л} = I_{ф} = P_{эл} / (3(U_{л} / \sqrt{3}) \cos \varphi_{ф}) = 59\,800 / (3(660 / \sqrt{3}) \cdot 0,84) = 62 \text{ А}.$$

Жауабы. Үш фазалы асинхронды орамдар үшбұрыш арқылы қосылған кезде тең болады 108 А, ал жұлдызбен байланысқан кезде - 62 А.

7.6. Тұрақты ток генераторында параллель қозғаумен жүктемеге кернеу астында жүктеме жүктеледі 100 В, 1,95 кВт. Қуатты жоғалту Π_1 - Π_2 қозғау орамасындағы және R_1 - R_2 анкерлері 50 тең және 80 ватт. Ағымдағы, қарсылықты анықтаңыз. Анкерлік катушкалар мен ЭДС оған енгізілді.

Шешімі. Тұрақты токтың арматурасындағы ток, параллель қозғаумен бірге $I_{\text{я}}$ жүктемедегі ағымдар сомасымен анықталады $I_{\text{н}}: I_{\text{в}} = I_{\text{н}} + I_{\text{в}}$ параллельді қозу орамасында. Бұл ағымдарды бастапқы деректерге сәйкес анықтаңыз: $I_{\text{в}} = P_{\text{в}}/U = 50/100 = 0,5 \text{ A}$; $I_{\text{н}} = P_{\text{н}}/U = 1950/100 = 19,5 \text{ A}$.

Демек, арматурадағы ток болып табылады:

$$I_{\text{я}} = I_{\text{в}} + I_{\text{н}} = 0,5 + 19,5 = 20 \text{ A}.$$

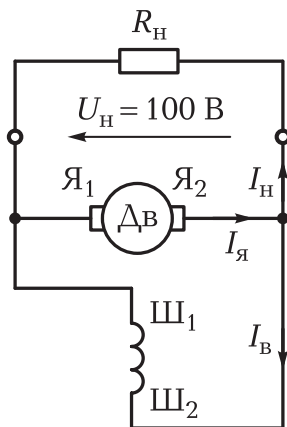
Арматура орамасының кедергісі электр қуатының өрнегінен табылған:

$$R_{\text{я}} = P_{\text{я}}/I_{\text{я}}^2 = 80/20^2 = 0,2 \text{ Ом}.$$

Генератордың ЭМӨ болады:

$$E = U_{\text{н}} + R_{\text{я}} I_{\text{я}} = 100 + 0,2 \cdot 20 = 104 \text{ В}.$$

Жауабы. Арматурадағы ток 20 А құрайды, арматура орамасының кедергісі 0,2 Ом, ал индукцияланған ЭМӨ - 104 В



7.3 сур. 7.3 есепке

Сұрақтар немесе тест түрінде топтастырылған тапсырмаларды талдау

7.7. Трансформатордың бастапқы орамасына 10 В кернеуінің тұрақты кернеуі қолданылады, $k_{21} = 10$ айналдыру коэффициенті. Қандай кернеу қайталама орамда пайда болады?

Жауабы. Нөлдік вольт. Алғашқы кезде қолда бар деректерді пайдаланып, есептегін келеді, алайда сұрақ икемсіз екенін байқайсың. Шынында да, трансформатор жұмысының негізі - өзара индукция феномені, ол айнымалы магнит ағынымен қиылысқан кезде орамдағы ЭМӨ пайда болуын болжайды. Тұрақты токтың бастапқы орамасындағы тұрақты магниттік ағыны Екінші ретті орамдағы ЭМӨ-ге бағыттай алмайды.

7.8. Трансформаторлық магниттік ядросы электрлі оқшауланған трансформаторлық болаттан жасалған ең жақсы электрлік болаттан жа-

салған жағдайда не болады?

Жауабы. Магнитопровод көп қызады, магнит шығындарын арттырады, трансформатордың тиімділігін төмендетеді. Кез келген металдың қатты бөлігінде, ол айнымалы магнит өрісіне енгізілгенде, магниттік сызықтарды жабу үшін толқынды токтар пайда болады. Бұл токтар өткізгішті жылытуға әкеледі. Оларды азайту үшін, ағынды токтар қалыптасқан аумақты азайту керек және олардың жолында электр кедергісін арттырады.

Мұның бәрі айнымалы ток бойынша жұмыс істейтін барлық электр магниттік құрылғылардың магниттік ядросының жинақталуының арқасында мүмкін болады. Бір-бірінен электрлік оқшауланған жұқа электротехникалық болат пластиналардан (құйынды ағымдарды жабу үшін алаңның азаюы) 2-ден 4% кремнийді қосып, ағынды токтарға электр кедергісін 6-10 есеге арттырады.

7.9. Трансформатордағы магнит ағыны бос тұрғаннан номиналды режимге ауысқанда қалай өзгереді?

Жауабы. Ол ауыспайтын магнит ағынының амплитудасы бастапқы орамаға қолданылатын ауыспалы кернеу амплитудасы арқылы анықталғандықтан өзгермейді.

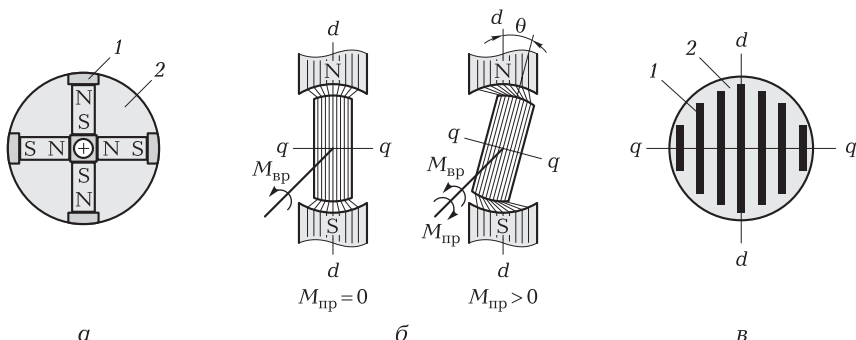
Бос тұрғанда магнит ағыны бос тұрған токпен анықталған магниттеу күші арқылы жасалады. Пайдаланудың номиналды режимінде алынған магнитизация күші бастапқы және қайталама орамалардың магниттеу күштерінің айырмашылығымен анықталады: $I_{10}w_1 = I_1w_1 - I_2w_2$, бұл кезде бос кезде магнитизациялау күші.

7.10. Егер үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың статорлары бір-фазалы желіге қосылған болса магнит өрісінің өзгеру жиілігі қалай өзгереді.

Жауабы. Ауыспалы ток машиналарының магнит өрісінің айналу жиілігі $f (n_1 = 60f/p)$ кернеуінің жиілігі бойынша анықталады. Бірфазалы желі үшфазалы желінің бір бөлігі болып табылады, сондықтан бірдей жиілікке ие, мысалы, 50 Гц өндірістік жиілік.

7.11. Асинхронды машинаның роторы электрлік оқшауланған электротехникалық болаттан жасалған жеке плиталардан алынады және синхронды машинаның роторы қатты болаттан жасалуы мүмкін?

Жауабы. Электр магниттік индукция заңына сәйкес ауыспалы ток машиналарының жұмысының негізі болып табылатын айнымалы магнит өрісі өткізгіштерде, оның ішінде электрлік болаттан электр өткізгіш токтар шығаруға қабілетті. Олар магнитті шығындар жасап, қозғалтқыштың тиімділігін төмендетеді. Бұл шығындар әрдайым асинхронды машинаға тән, өйткені ротордың айналу жылдамдығы, шамалы болса да, әрқашан



7.5 сур. 7.12 есепке

өрістің айналу жиілігінен ерекшеленеді. Бұл шығындарды азайту үшін ротор жеке тақталардан қабылданады.

Синхронды машинада өрістің айналу жылдамдығы және ротордың жұмыс жылдамдығы бірдей, сондықтан жұмыс режимінде роторда толқынды токтар болмайды, яғни магниттік шығындар болмайды және ротор үздіксіз болаттан жасалған болуы мүмкін.

7.12. Синхронды қозғалтқыштың роторын орамасыз айналдыру мүмкін бе?

Жауабы. Мүмкін. Осы мақсатта ротордың жоғары қысым күші бар материалдан тұрақты магниттер (1 - сурет 7.5, а) немесе арнайы формада цилиндрдің бүйіріне оралуы керек (7.5, б) алюминиймен толтырылған параллельді болат жолақтар 1-сі 2 -сінен кіші (7.5.в- сур.).

7.13. Айнымалы және тұрақты ток қозғалтқыштарында айналу бағытын қалай теориялық түрде өзгерте аласыз?

Жауабы. Айнымалы машиналарда ротордың айналу бағыты магнит өрісінің айналу бағытымен анықталады, демек, қозғалтқышты қалпына келтіру үшін магнит өрісін керісінше бұру керек.

Тұрақты ток қозғалтқыштарында ротордың айналу бағыты өріс орамдары мен ротордың орамасындағы ток бағытымен шығарылатын тұрақты магнит өрісінің бағытына байланысты. Демек, тұрақты ток қозғалтқышын кері айналдыру үшін өріс бағытын немесе ток бағытын өзгерту қажет.

Өз білімін тексеру және жетілдіру үшін сұрақтар мен тапсырмалар Трансформаторлар

7.14*. 220 В, кернеуі бар тоққа, 50 Гц жиілігі бар өнеркәсіптік желіге қосылған, бастапқы орамның айналым саны 1000 болған кездегі,

трансформатордағы магнит ағынының амплитудасы қандай?

7.15. Егер ядродағы магнит ағынының амплитудасы 0,005 ВБ болса және 100 қайталама орамның айналым саны белгілі болса, 220 В желіден және 50 Гц жиіліктен жұмыс істеуге арналған трансформатордың қайталама орамасындағы ЭДС анықтаңыз.

7.16*. Тұрақты және қысқа тұйықталу сынақтарында, магниттік және электрлік шығындар 30 және 50 Вт тең болған жағдайда, 400 Ватт номиналды қуаты бар трансформатордың тиімділігін есептеңіз.

7.17. 10 кВ трансформатордың тиімділігі 90% құрайды. Трансформатордың магниттік схемасында 400 Вт тең магниттік шығын бар. Трансформатордың бастапқы және қайталама орамасындағы электрлік шығындарды есептеңіз.

7.18*. Трансформатордағы магнит ағынының бастапқы кернеуі 220 В және 50 Гц жиіліктегі кернеу мен амплитудасы 0,001 ВБ. Орамдық бұрылыстарының санын анықтаңыз.

7.19. 220 В және 50 Гц бірінші орамасындағы номиналды кернеумен трансформатордың айналым саны 2000, магниттік схеманың көлденең қимасы 5 см^2 . Бос тұрған кезде, жұмыс істеген кезде ядродағы магниттік индукцияның амплитудалық мәнін анықтаңыз.

7.20. Үшфазалы трансформатор үшін:

номиналды қуаты - 2 кВА;

бастапқы ораманың номиналды кернеуі - 380 В;

қайталама ораманың номиналды кернеуі - 38 В;

орамдық қосылым - Δ/Δ

Орамасындағы номиналды токтар, k_{21} коэффициенті және қайталама орамасындағы фазалық кернеуді анықтаңыз.

7.21*. Егер оған қосылған амперметр 5 А-ге тең болса, онда айнымалы ток ағымы арқылы өтетін өлшенген ток $w_1 = 1$ айналым саны 500 А құрайды, ток трансформаторының қосалқы орамдарындағы бұрылыстарының санын анықтаңыз.

7.22. Кернеу трансформаторы үшін бастапқы және қайталама орамдарының бұрылыстар саны 3 000 және 30, тиісінше қайталама орамдағы кернеу 160 В болады. Электр тізбегінде нақты кернеу дегеніміз не?

7.23*. Ваттметр өлшеуіші 100 квадраттық вентиляция өткізді, ал қысқа тұйықталу кезінде 120 ватт. Трансформатордағы магниттік және электрлік шығындар дегеніміз не?

7.24*. Трансформатордың бастапқы орамынан екінші электр энергиясына ауыстырылған электр энергиясы неге байланысты?

7.25. Ток ағымы арта түскен кезде, трансформаторда қандай

шығындар өседі?

7.26. Кернеу арта түскен кезде, трансформаторда қандай шығындар өседі?

7.27*. Трансформатордағы кернеудің жиілігі қалай өзгереді?

7.28. Дәнекерлеу трансформаторында жүктемеге байланысты ауаның айырмашылығын өзгерткен дроссель бар ма?

Асинхронды қозғалтқыштар

7.29*. 50 Гц жиілікте ротордың жылдамдығы 1,470 айн / мин болса, асинхронды қозғалтқыштағы сลิปті есептеңіз.

7.30. 50 Гц жиіліктегі алты полюстық машинадағы индукциялық қозғалтқыштың ротордың жылдамдығын және 4% қисаюын анықтаңыз.

7.31*. 0.05 ЭДС сырғыма үшін 2 В болса, онда асинхронды машинаның тіркелген роторында ЭДС деген не?

7.32. Егер берілген фазалардың біреуіне қосылған кезінде 400 Вт, 600 Вт және 10 кВт. көрсеткішін көрсеткен уақытындағы, қысқа тұйықталудың бос жүрісі мен ваттметрлік қалыпты жүктеме үдерісі кезіндегі асинхронды қозғалтқыштың ПӘК есептеңіз.

7.33*. 1.2 кВт, механикалық - 1,5 кВт 45 кВт электр шығын номиналды қуаты асинхронды қозғалтқыштың магнит 900 Вт болып табылады. Номиналды қуаттың 2% -на тең қосымша шығынға ие болады. Асинхронды қозғалтқыштың тиімділігін есептеңіз.

7.34. Тиімділігі мен 400 Вт қуаты асинхрондық қозғалтқыш қуаты факторы тиісінше 0,5 және 80% болып табылады. Желіден қозғалтқыштың қоректендіру жалпы қуатын анықтау үшін.

7.35*. Номиналды 370 Вт қуаты мен номиналды роторлы жылдамдығын 2750 айн/мин бар паспортында асинхронды мотор 4AA63A2U3 маркалары номиналдық есептеу.

7.36. 4A90L6U3 үш фазалы асинхронды мотор номиналы мынадай номиналды сипаттамаларға ие: $P_{ном} = 1,5$ кВт, кернеуі 220/380 В, айналу жылдамдығы $n = 935$ айн/мин, тиімділігі - 75%, қуат коэффициенті 0,74. Жұлдыздар мен үшбұрыш орамаларын жалғағанда, статор орамасындағы желі, крутящий, сырғанау және токтардан қозғалтқыштың тұтынатын қуатын анықтаңыз.

7.37*. Доливо-Добровольскийдің үш фазалы ЭМӨ жүйесін құрудың басты мақсаты қандай?

7.38. Үш фазалы асинхронды қозғалтқыштың қуаты кернеу 2 кернеумен азайтылса қалай өзгереді?

7.39*. Американдық желіге қосылған ресейлік асинхронды қозғалтқыштың айналу жылдамдығы қалай өзгереді?

7.40. Автоматты басқару жүйелерінде қандай асинхронды қозғалтқыш жақсырақ пайдаланылады:

- а) бөлу полюстерімен;
- б) түйсігі бар торлы ротормен;
- в) жұқа қабырғалы алюминий шыны тәрізді ротормен.

7.41. $S = 0$ жылжымалы асинхронды қозғалтқыштың моменті: а) $M_{\max}$; б) $M_{\text{жіберу}}$; в) $M_{\text{ном}}$; г) 0; д) $M_{\min}$?

7.42. Асинхронды қозғалтқыштың сәттілігі қандай $S = 1$: а) $M_{\max}$; б) $M_{\text{жіберу}}$; в) $M_{\text{ном}}$; г) 0; д) $M_{\min}$?

Синхронды машиналар

7.43*. Днепрдің гидроэлектростанциясының гидроэлектрлік генераторының роторы 83 айналым жиілігінде. Электр станциясының автобустарындағы кернеу жиілігі 50 Гц. Синхронды генератор полюстерінің жұп санын анықтаңыз.

7.44. Ротордың жылдамдығы 1500 айн / мин болса, төрт полюсте генератордың шиналарында кернеу жиілігі қандай болады? Генератордың 400 Гц жиілігіндегі кернеу жиілігін қамтамасыз ететін төрт-полюстық синхронды генератордың роторының айналу жиілігін анықтаңыз.

7.46*. Орамалары жұлдызбен байланысқан барлық үш фазалы генераторлардың жалпы қуаты 40 мВт, фазалық кернеу 10 кВ, желідегі жалпы ток 1,5 кА құрайды, электр станциясының автобустарындағы қуат коэффициентін анықтаңыз

7.47*. Неліктен синхронды машиналар зығыр тартқыш механизмдерде пайдаланылады?

7.48*. Асинхронды машинаның статорын, синхронды машинаның стататоры ретінде пайдалануға болады ма?

7.49*. Индукция моторының роторының қысқа тұйықталуына ұқсас, синхронды қозғалтқыштың роторы қандай мақсатпен орауышпен жабдықталады?

7.50. Параллельді операция үшін екі генераторды қосу мүмкін бе, олардың біреуі фазалық ауыспалы (А - В - С) түрінде, ал екіншісі - кері (А - С - В) болса?

Тікелей ток машиналары

7.52*. Ұзындығы 20 см, ұзындығы 2 А ток өткізгіші 0,5 Тл индукциясымен тұрақты магнит өрісіне орналастырылады. Дирижерде әрекет

ететін күшті анықтаңыз.

7.53. Жұмыс ұзындығы 10 см болатын 50 өткізгіштің орамасы 1 Тл индукциясымен тұрақты магнит өрісінде 40 см/с жылдамдықта біркелкі жүреді. Қораптағы ЭДС-ты анықтаңыз.

7.54*. Магнит өрісінің ағымдық өзгерісі бар катушка әсер ететін күш бұрылыс саны екі есеге артып, ағым екі есе азайған жағдайда қалай өзгереді?

7.55. 120 В номиналды кернеумен және 2.1 Ом кедергісі бар бастапқы реостатта ток электр қозғалтқышында жұмыс істейтін ток 50 А құрады. Бастапқы реостат болмаған кезде бастапқы ток анықтаңыз.

7.56*. Тұрақты токты қозғалтқыштағы 110 В номиналды кернеуде және 20 Н · м кезде, егер ток тұтыну 41 А болса, далалық орамасының кедергісі (110), конструкция коэффициенті $c_m = 50 \text{ Н} \cdot \text{м}/(\text{А} \cdot \text{Вб})$ тұрақты токты қозғалтқыштағы магнит ағынының шамасын анықтаңыз.

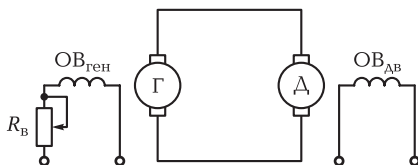
7.57. 120 В номиналды кернеуде және 2,4 кВт номиналды қуаттылығымен параллель қозғалтқышы бар тұрақты ток қозғалтқышында қоздыру тізбегінде қуат шығыны 48 Вт құрайды. Арматура тізбегіндегі ток пен электр қозғалтқышының кедергісін анықтаңыз.

7.58. Күшті тұрақты токтың қозғалтқыштарын іске қосу үшін мотор арматурасы генератордың шығу клеммаларына тікелей жалғанған генератор-мотор тізбегі қолданылады (7.6-сурет). Генератордың шығуындағы ЭДС - 130 В.

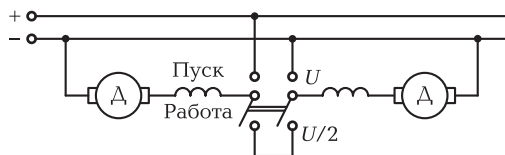
Егер номиналды ток 100 А болса, қозғалтқыш орамасындағы атаулы ЭДС анықтаңыз және генераторлық арматура тізбегіндегі номиналды қарсылық 0,2 Ом қозғалтқыштың арматурасы болып табылады.

Генератордың - қозғалтқыш арматурасының анкерлік тізбегіндегі қуат шығынын анықтаңыз.

7.59. Генератор-мотор жүйесінің тиімділігін анықтаңыз. Неліктен 7.6 суретте көрсетілген схемада қозғалтқыштың анкерлік тізбегінде бастапқы реостат жоқ?



7.6 сур. 7.58, 7.59 есепке



7.7 сур. 7.66 есепке

7.60. Қуат кернеуі екі есе көбейген кезде тұрақты ток қозғалтқышының іске қосу моменті қалай өзгереді?

7.61. Трамвай тарағаннан кейін жүктеме моменті 4 есе азайды. Магнит ағынының шамасы қанықпаған қозғалтқышта қалай өзгереді?

7.62*. Электр қозғалтқышы мен генераторлық режимде жұмыс істеп тұрған кезде тұрақты токтың орамасының орамасына ЭДС қалай бағытталады, егер ротордың айналу бағыты өзгеріссіз қалса немесе ол қарсы тотығы болса?

7.63*. Егер кернеу 120 В болғанда және арматура орамасының кедергісі 0,5 Ом болса, 40 А дейін арматура тізбегінде іске қосу тогын қамтамасыз ететін бастапқы реостаттың кедергісін анықтаңыз.

7.64*. Ротордың айналдыру бағыты өзгерген кезде, тұрақты электр қозғалтқышының арматурасында ЭМҚ бағыты тәуелсіз қозғалумен өзгереді ме?

7.65. Трамвайдан басталған кезде, арматуралық орамдағы ток жеделдетуден кейін токқа қарағанда 4 есе жоғары болады. Ұстау кезінде айналымы сәтте қанша рет жүреді?

7.66. Автокөлікке жүйелі қозғалатын екі қозғалтқыш қай мақсатқа арналған (7.7-сурет)?

7.67*. Тәуелсіз ток генераторы ЭДС тәуелсіз қоздырумен 120 В, резистор орамасының кедергісі 0,2 Ом, жүктеме ток 50 А болса, жүктемедегі кернеу мен қуатты анықтаңыз.

7.68. 100 В кернеуде параллельді қозғаумен генератор (7.4- суретті қараңыз) 48 А жүктемесінде ток береді, ал қозғау орамасының кедергісі 50 Ом құрайды. Арматура тізбегіндегі ток пен генератор жүктеменің қуатын анықтаңыз.

7.69. DC электр қозғалтқышын іске қосу кезінде бастапқы ток 50-ден 70 есе асып, асинхронды режимде жұмыс істегенде, нәтижесінде ол 5-7 есе ғана болады?

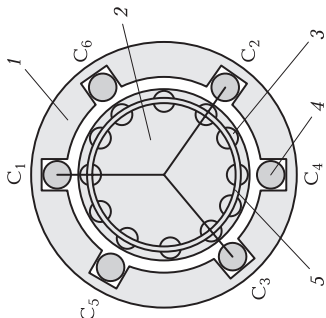
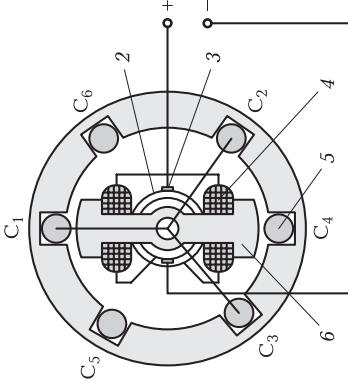
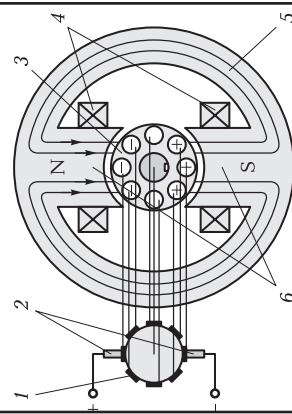
7.70. Тұрақты ток қозғалтқышын генератор режимінде жұмыс істеуге мәжбүрлеу мүмкін бе?

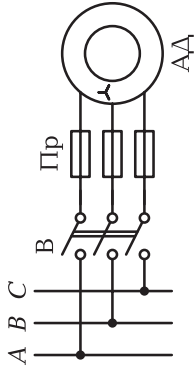
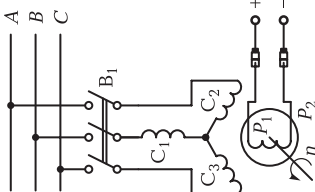
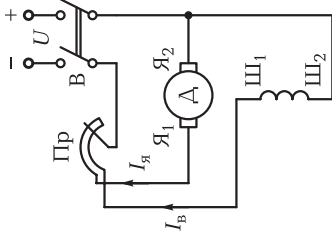
7.71. Қозғалтқыштағы шығындардың барлық түрлерін тізімдеңіз.

7.72. Электротехниканың негізгі түрлеріне қысқаша салыстырмалы бағалау жүргізге отырып, 7.1 кестенің барлық бағандарын толтырыңыз.

7.1 кесте			
Атауы	Электрлі ауыспалы ток машинасы		Тұрақты ток машинасы
	Асинхронды	Синхронды	
Құрамы			
Құрылмалы сұлба			
Өрекет ететін қимыл			

7.1 кестесіне жауаптар

Атауы	Электрлі ауыспалы ток машинасы		Тұрақты ток машинасы
	Асинхронды	Синхронды	
Құрамы	Статор Ротор	Статор Ротор 2 сақина қылқаламымен	Статор Ротор Қылқалаған түзеткіш
Құрылым- дық схема	 1 - статор, 2 - ротор; 3 - ротор орауышы; 4 - статор орауышы; 5 - қысқа тұйықталынған сақинасы	 1 - статор; 2 - сақина; 3 - қылқалы; 4 - ротор орауышы; 5 - статор орауышы; 6 - ротор поллостері	 1 - түзеткіш; 2 - қылқалы; 3 - орауышы бар ротор; 4 - статор орауышы; 5 - статор; 6 - поллостері

Өрекет ету қағидасы	Роторлы орамдағы осы өрістен туындаған токтармен статор орамдарының көмегімен айналдып тұрған магнит өрісінің өзара әрекеттесуі	Ротор орамасының тұрақты магниттік өрісі бар статор орамдарының көмегімен айналыра айналатын магнит өрісінің өзара әрекеттесуі	Тұрақты магнит өрісінің өзара әрекеттесуі статор орамдарының ток өткізгіштегі ротордың орамдарына щеткалар мен түзеткіш арқылы жіберілетін токпен
Қосу сызбасы			
Негізгі пайдаланылы	Үш фазалы асинхронды қозғалтқыш - металл кесетін машиналардың басты қозғалтқышы және көтеру механизмдері	Үш фазалы синхронды генератор - ауыспалы ток электр энергиясының негізгі көзі	Тұрақты ток қозғалтқышы - көлік құралдарының негізгі қозғалтқышы; DC генераторы - тікелей ток көзінің негізгі көзі
Негізгі параметрлері	Жылдамд: $n = 60f/(1 - s)/p$ Қуаты: $P = 0,105M_{\text{вр}} n$	ЭДС: $E = c_e \Phi n$ Қуаты: $P = \sqrt{3}UI \cos \phi$	Жылдамдығы: $n = U/(c_e \Phi)$ Дамыту сәті: $M = 9,55PR/n$

8 ТАРАУ

ЭЛЕКТР ЭНЕРГИЯСЫН ӨҢДЕУ МЕН ТАРАТУ

Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары

Екі сымды электр желісінің кедергісі (ЭЖК), Ом: $R_{\text{ЭЖК}} = 2\rho l/S$, мұнда l - сызықтың ұзындығы, м; S - сымның қимасы, мм²; ρ - меншікті электр кедергісі, Ом · мм²/м.

Электр желісінің кернеуінің салыстырмалы кернеуі, ЭЖК %: $\Delta U = (U_{\text{ист}} - U_{\text{потр}})100/U_{\text{потр}}$, мұнда $U_{\text{ист}}$ — шығыс кернеуі, В; $U_{\text{потр}}$ - тұтынушыға түсетін кернеуі, В.

ЭЖК желілерінің қимасы, мм²: $S = 200IP\rho/(U^2\Delta U) = 200I_{\text{н}}\rho/\Delta U$, мұнда P - тұтынушы қуаты, Вт; U - тұтынушыдағы кернеуі $I_{\text{н}}$ - тоқ жүктемесі, А.

Электр желісінің кернеуінің ЭЖК салыстырмалы кернеуі, %: $\Delta U = 200IP\rho/(U^2S)$. Тоқ көзі (жүктемесі) бойынша өндірілетін (пайдаланылатын) электр энергиясы, кВт·с: $W = Pt$, мұнда P - қуаты кВт; t - уак/сағ.

Электр желісіндегі рұқсат етілген кернеудің төмендеуі ЭЖК, %: ауа - 8; шоғырсым - 6.

Типтік есептерді шешу мысалдары

8.1. 36В кернеуінің трансформатордан электротехника зертханасына қуат беру керек, сызықтың ұзындығы $l = 21$ м, кернеуі 35 В-нан кем болмауы керек, тұтас ток тұтынылатын $I_{\text{н}} = 20$ А құрайды.

Шешімі. Біз мыс сымын материал ретінде таңдаймыз. Сымның көлденең қимасын есептеңіз

$$S = 2\rho I_{\text{н}}/\Delta U = 2 \cdot 0,0175 \cdot 21 \cdot 20/(36 - 35) = 14,7 \text{ мм}^2.$$

Анықтама үшін ең жақын үлкен қиманы $S = 16 \text{ мм}^2$ таңдаңыз. Анықтама бойынша үздіксіз жүктеме барысындағы оқшауланған сымдарға

рұқсат етілген рұқсат етілген тоқ қуатын тексеріңіз: бұл алдын-ала берілген мәннен анағұрлым жоғары болады, яғни 75 А-ге тең.

Жауабы. Электр желісі арқылы бейтарап кернеуі 36 В зертханалық үш фазалы кернеу мен кернеудің төмендеуі жеткізуге қажетті, 1 В 16 мм² негізгі қимасы бар төрт ядролы мыс кабелін таңдалуы тиіс.

8.2. 8.1 суретте үш фазалы 380 В кернеуін қолданатын механикалық шеберхана жөндеу бойынша қуат жоспары көрсетіледі. Шеберхананың жүктемесі: әрқайсысы 7 кВт қуаттылығы бар, $\eta = 85\%$ және $\cos \varphi = 0.8$ тиімді, алты километрлік қуаттылығы бар 2 кВ-тық кранмен, $n = 80\%$ тиімділігімен және $\cos \varphi = 0,75$, 11 кВт тиімділігі $\eta = 90\%$ және $\cos \varphi = 0.88$, кернеуі 220 В жалпы және жергілікті жарықтандыру, жалпы қуаты 3 кВт.

Есептеу реті

1. Құрсым қондырғыларындағы тоқ жүктемесін есептеңіз:
алты білдектің қозғалтқыштары:

$$I = 6P/(\eta \cos \varphi \sqrt{3} \cdot U) = 6 \cdot 7\,000/(0,85 \cdot 0,8 \cdot \sqrt{3} \cdot 380) = 94 \text{ А};$$

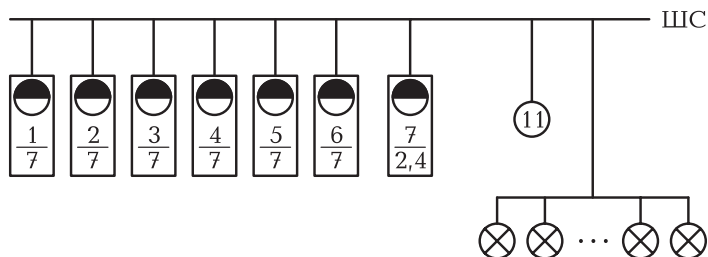
кран қозғалтқышы

$$I = P/(\eta \cos \varphi \sqrt{3} \cdot U) = 2\,400/(0,8 \cdot 0,75 \cdot \sqrt{3} \cdot 380) = 6 \text{ А};$$

желдеткіш мотор

$$I = P/(\eta \cos \varphi \sqrt{3} \cdot U) = 11\,000/(0,9 \cdot 0,88 \cdot \sqrt{3} \cdot 380) = 21 \text{ А};$$

Қалқаннан жабдыққа электр энергиясын жеткізу үшін қажетті шина құрастыру (ЩҚ) маркасын таңдау және біліктерді, көтеру крандарын, желдеткішті және жарықтандырышты шиналық құрастыруға қосу үшін қажетті үш желілік қиманы анықтау.



8.1 сур. 8.2 есепке

жарықтандыру жүйесі

$$I = P/U = 3\,000/220 = 14 \text{ А};$$

шинаны жинау бойынша қорытындылаушы тоғы

$$I_{\text{ш.с}} = 94 + 6 + 21 + 14 = 135 \text{ А}.$$

1 000 В дейінгі кернеумен ауыспалы ток үшін анықтамалыққа сәйкес біз 250 А жұмысшы токпен жұмыс істейтін ШРА маркалы шинасын таңдаймыз.

2. Әрбір машина үшін максималды ағындық ток болғандықтан, кран қозғалтқышы, желдеткіш және жарықтандыру 21 А (желдеткіш) болып табылады, содан кейін 6 арматураны 3 А сериялы аралықты 25 А рұқсат етілген тоғы бар болат, құбырдағы 2,5 мм² мен әр өткізгіш бөлігімен таңдаймыз.

Жауабы. Панельден құрал-жабдыққа дейін қоректендіруді ШРА 73 маркалы шина жолымен жасауға болады. Машиналарды, крандарды, желдеткішті және автобус қондырғысын қосу үшін үш қабатты шоғырсымды қолдануға болады, оның әрқайсысын 2,5 мм² болат құбыры құрайды.

Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау

8.3. Ресейдің өндірген электр қуатының шамасын және әлемнің озық елдерінің арасында оның орнын беріңіз.

Жауабы. 2008 жылы Ресей жылына 1000 млрд. кВт/сағ электр энергиясын өндірді. Бұл көрсеткіш бойынша Ресей әлемде Құрама Штаттардан (4000 миллиард кВт), Қытайдан (2000 миллиард кВт/сағ) және Жапониядан кейінгі төртінші орында тұр. Өкінішке орай, Ресей халықтың жан басына шаққандағы электр энергиясын тұтыну бойынша әлемде 17-ші орын алады.

8.4. Электр қуатын трансформаторларды беру жүйесінде қандай мақсатта пайдаланылады?

Жауабы. Электр станциясынан тұтынушыға кернеу, кернеу емес, кернеу берілмейді. Соңғысы төмен кернеу мен маңызды токпен немесе жоғары кернеумен және төмен токпен берілуі мүмкін. Қандай пайдалы? Әрине, екінші. Өйткені, электр жеткізу желілеріндегі айтарлықтай ағымдағы және шығындар маңызды: $P_{\text{лэп}} = I^2 R_{\text{лэп}}$. Сол кездегі шығындар аз. Демек, бірдей берілетін қуаттағы ағынды азайту үшін кернеуді максималды арттыру қажет. Ол үшін трансформаторлар қолданылады.

Бүгінгі таңда берілген кернеудің кернеуі 1 050 кВ, ал тұрақты кернеу - 1500 кВ.

8.5. Электр қондырғысын орнату кезінде сым қимасын таңдаудың негізі қандай?

Жауабы. Сымның көлденең қимасын есептеу кезінде екі факторды ескеру керек: бірінші - сымның рұқсат етілген жылытуы, екіншісі - ол бойынша рұқсат етілген кернеудің төмендеуі.

Бірінші жағдайда, сым брендіне байланысты ағымның орнатылған немесе есептелген мәніне сәйкес, оны орнатуға арналған шарттар, анықтамалық кестелерге сәйкес ең аз рұқсат етілген көлденең қима таңдалады. Содан кейін сымның кедергісі және оған кернеудің төмендеуі есептеледі. Егер кернеудің төмендеуі алдын-ала белгіленген мәннен асып кетсе, сым қимасы соңғы шарты сақталғанша артады.

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар

8.6. Ресей жылына шамамен 1 млрд. кВт/сағат электр энергиясын өндіреді. Ресейдегі барлық электр станцияларының қуатын есептеңіз, ондағы жүктеме коэффициенті $k = 0,54$.

8.7*. Электр желісіндегі кернеудің салыстырмалы жоғалтуын анықтаңыз, егер көздің кернеуі 220 В болса, тұтынушы кернеуі 200 В.

8.8*. Кернеудің кернеуін анықтаңыз, электр желісі арқылы айнымалы токтың беріліс қорабының $R_{\text{лэп}} = 0,2$ Ом кедергісі, жүктеме тогы $I_{\text{н}} = 100$ А және қуат коэффициенті $\cos \varphi = 0,7$.

8.9. 0,5 километр қашықтықта 230 кг-ға 15 кВА қуат беру үшін екі сымды алюминий желісі қолданылады. Жолдағы кернеудің төмендеуін қамтамасыз ететін сымның қимасы мен диаметрін анықтау 5% аспайды.

8.10*. Жіберілген кернеу 2 есе артады, егер электр беру желісінің көлденең қимасы өзгереді?

8.11*. Электр жеткізу желісінің ұзындығы екі есе артты. Жолдағы кернеудің төмендеуі бірдей қимада өзгереді?

8.12. Үш фазалы асинхронды электр қозғалтқышын қуаттылығы 380 В кернеуі бар қуаты $P = 1,5$ кВт, ұзындығы 50 м болатын мыс сымымен жасалған ұзартқыш кабель қолданылады, кернеудің төмендеуінен $\Delta U = 5\%$ қамтамасыз ету үшін жеткілікті ме, ұзарту шоғырсымындағы сымдардың көлденең қимасы $0,5 \text{ мм}^2$?

8.13. Шешім детекторы басқа адамдар пайда болған кезде жазғы үйде жарықтандыруды және сиренаны қамтиды. Жүктің жалпы қуаты 2

кВт, трансформатордың шығу кернеуі 220 В құрайды. Жүктеме 100 м ұзындықтағы екі сымды алюминий шоғырсымымен және 4 мм² көлденең қимасы арқылы жерге қосылады. Жүктемедегі кернеуді анықтаңыз және рұқсат етілген қыздыру шоғырсымын тексеріңіз.

8.14*. Ресейде өндірілетін электр энергиясының негізгі түрлерін және олардың тұтынуының жалпы көлемін көрсетіңіз.

8.15*. Жаңартылатын электр энергиясы көздері қандай.

8.16. Күн энергиясы көздерінің негізгі артықшылықтары мен кемшіліктері қандай? Олардың даму келешектері бар ма?

Физикалық өлшем бірліктері				
Өлшенетін көлемі		Базалы өрнегі	Өлшем бірлігі	
Атауы	Белгіленуі		Атауы	Белгіленуі
Электр қуаты	q	-	кулон	Кл
Күш		Q/t	ампер	А
Тұрақты ток күші	I	$i = \Delta q / \Delta t$		
Айнымалы ток күші	i			
Токтың тығыздығы	j	$j = I/s$	Шаршы метрге ампер	A/m^2
Потенциалы	φ	-	вольт	В
Электр кернеулері:			вольт	В
Тұрақты ток	U	$U = \varphi_1 - \varphi_2$		
Айнымалы ток	u	$u = U_m \sin \omega t$		
Лездік	U_m			
Максималды қозғалмалы	U	$U = 0,707 U_m$		
Электр қозғалмалы күші	e, E_m, E	$e = -\Delta \Phi / \Delta t$	вольт	В
Электр кедергілері:			ом	Ом
белсенді	R	$R = \rho l/s$		
реактивті	X	$X_L - X_C$		
толық	Z	$Z = \sqrt{R^2 + X^2}$		
Өткізгіштігі:			сименс	См
белсенді	g	$g = R/Z^2$		
реактивті	b	$b = X/Z^2$		
толық	y	$y = \sqrt{g^2 + b^2}$		

Өлшенетін көлемі		Базалы өрнегі	Өлшем бірлігі	
Атауы	Белгіленуі		Атауы	Белгіленуі
Үлеспелі кедергі	ρ	-	омметр	Ом · м
Қуаты: белсенді реактивті толық	P Q S	$P = UI \cos \varphi$ $Q = UI \sin \varphi$ $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$	ватт вольт-ампері реактивті вольт-ампері	Вт вар $B \cdot A$
Кернеу мен ток арасындағы фазалық жылжу бұрышы	φ	-	градус	°
Қуат коэффициенті	$\cos \varphi$	$\cos \varphi = P/S$	-	-
Сыйымдылығы	C	$C = q/U = \varepsilon_a s/d$	фарад	Ф
Электр тұрақтысы	ε_0	$\varepsilon_0 = 8,86 \cdot 10^{-12}$	шаршы метрге фарады	Ф/м
Диэлектірлі өткізгіштік: абсолютті	ε_a	$\varepsilon_a = \varepsilon_0 \varepsilon$	шаршы метрге фарады	Ф/м
салыстырмалы	ε	-	-	-
Сыйымдылықты кедергі	XC	$XC = 1/\omega C$	ом	Ом
Индуктивтілік	L	$L = \psi/I = \mu_a w^2 s/l$	генри	Гн
Магнит тұрақтысы	μ_0	$\mu_0 = 4 \pi \cdot 10^{-7}$	шаршы метрге генри	Гн/м
Магниттік өткізгіштігі: абсолютті салыстырмалы	μ_a μ	$\mu_a = \mu_0 \mu$ -	шаршы метрге генри -	Гн/м -
Индуктивті кедергі	X_L	$X_L = \omega L$	ом	Ом
Магнит индукциясы	B	$B = \Phi/S$	тесла	Тл
Магнит кернеуі	H	$H = B/\mu_a$	шаршы метрге ампер	А/м

Өлшенетін көлемі		Базалы өрнегі	Өлшем бірлігі	
Атауы	Белгіленуі		Атауы	Белгіленуі
Магниттеу (магнитомотор) күші	F_M	$F_M = I w$	ампер	А
Кезек саны	w	-	-	-
Магниттік ағын	Φ	Iw/R_m	вебер	Вб
Ағынсыздықтың ағымы	ψ	Φw	вебер	Вб
Кернеу магниті	U_M	$U_M = Hl$	ампер	А
Магнитті кедергі	R_M	$R_M = l/(\mu_a s)$	Генри бірінші дәрежелі минус	Гн
Трансформация коэффициенті	k_{21}	$k_{21} = w_2/w_1$	-	-
Электромагниттік қуат	$F_{эм}$	$F_{эм} = c_m Bl$	ньютон	Н
Тербелістердің жиілігі:	ω	$\omega = 2\pi f$	радиан секунды	рад/с
бұрыштық	f	$f = 1/T$	Герц	Гц
циклдік	T	-	секунд	с
кезең	p	-	-	-
Полус жұптарының саны	n_1	$60f/p$	Минуттағы айналымы	айн/мин
Айналу синхронды жылдамдығы	S	$(n_1 - n)/n_1$	-	-
Сырғуы				

Бірнеше және қосалқы өлшем бірлігі			
Көптілділік және ауқым	Префиксі	Белгіленуі	
		Орысша	Халықаралық
10^{12}	тера	Т	Т

Көптілділік және ауқым	Префиксі	Белгіленуі	
		Орысша	Халықаралық
10^9	гига	Г	G
10^6	мега	М	M
10^3	кило	к	k
10^2	гекто	г	h
10^1	дека	да	da
10^{-1}	деци	д	d
10^{-2}	санти	с	c
10^{-3}	милли	м	m
10^{-6}	микро	мк	μ
10^{-9}	нано	н	n
10^{-12}	пико	п	p

3 қосымша

Арнайы электр кедергісі және температура коэффициенті		
Өткізгіш материалы	Арнайы электр кедергісі ρ , Ом · мм ² /м	Қарсылықтың температуралық коэффициенті α , 1/°C
Күміс	0,016	0,004
Мыс	0,0175	0,004
Алюминий	0,029	0,004
Вольфрам	0,056	0,005
Платина	0,1	0,004
Болат	0,1 2	0,006
Манганин	0,42	0,000006
Константан	0,48	0,00004
Нихром	1,1	0,0001
Фехраль	1,4	0,0002

Негізгі оқшаулағыш материалдардың салыстырмалы өткізгіштігі

Материалы	ε
Ауа	1
Трансформатор майы	2,2
Қағаз	3,5
Мика	5
Фарфор	6
Текстолит	7
Шыны	8
Шифері	10
Алкоголь	33
Су	81

Ағымдағы жүктемелер мен минималды сым көлденең қимасының қатынасы

Тоқ күші, А				Сым қимасы, мм ²
Мыс сымдары		Алюминий сымдар		
Ашық сымдар	Жабық сымдар	Ашық сымдар	Жабық сымдар	
11	—	—	—	0,5
15	—	—	—	0,75
17	15	—	—	1
23	17	—	—	1,5
30	25	24	19	2,5
41	35	33	28	4
50	42	39	32	6
80	60	60	47	10

Алюминий шоғырсымдары үшін ұзақ уақыт қолданылатын тоқтар

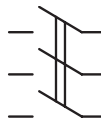
Негізгі талшықтың қимасы, мм ²	Максимальды рұқсат етілген ток, А				
	Бір талшықты сым	Екі талшықты сым		Үш талшықты сым	
		Ашық ауада	Жерде	Ашық ауада	Жерде
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
10	75	70	105	60	90

Ескертпе. Мыс сымдары үшін рұқсат етілген ең жоғары токтар орташа 30% - ға көбейтілуі мүмкін.

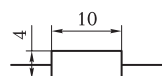
Электр тізбегінің ең жиі қолданылатын элементтерінің белгілері



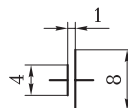
Жайлы сақтандырғыш



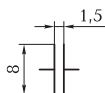
Үш полюсті ажыратқыш



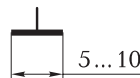
Резистор



Гальваникалық элементі



Конденсатор



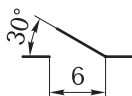
Тұрпаты



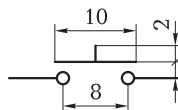
Индуктивті орауышы



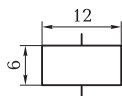
Бірфазалы трансформатор



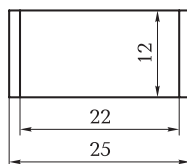
Бір полюсті ажыратқыш



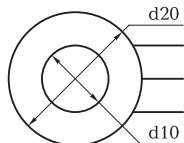
Батырма



Реле орауышы



Электр
қыздырғышы



Қысқа
тұйықталу
роторымен үш
фазалы



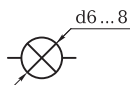
Ажыратылмай-
тын қосылыс



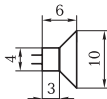
Ажыратқыш
байланыстары



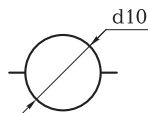
Ажыратылатын
қосылыс



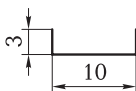
Шамдар



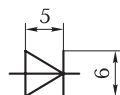
Дауыс
зорайтқышы



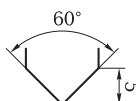
Өлшеуіш
аспабы



Тұрақты магниті



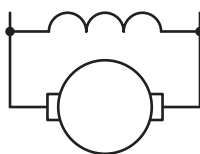
Жартылай
өткізгіш диод



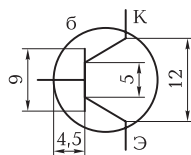
Терможұп



Стабилитрон



Параллельді
қозғаумен
тікелей ток
машинасы



Транзистор

Электр және магнит тізбектері. Түсініктер

Негізгі анықтамалар

Электр тізбегінің астында (ЭТ) электр тогының ағымын қамтамасыз ететін құрылғылар мен элементтер жиынтығы. ЭТ негізгі элементтері тоғ көздер, тұтынушылар және сымдар болып табылады. Негізгі элементтерден басқа, ЭТ қосалқы элементтерді қамтуы мүмкін: коммутация, қорғаныс және өлшеу құралдары, ЭТ-ді қорғауға немесе оның параметрлерін өлшеуге мүмкіндік береді.

Кез келген ЕО ТСБО үшін Бірыңғай жобалау құжаттамасына сәйкес тоқ көздер, жүктеме және көмекші элементтер көрсетілетін балама ауыстыру схемасы түрінде ұсынылуы мүмкін (7-қосымшаны қараңыз).

Магнит тізбегі (МТ) — Бұл магнит ағыны шектелген денелер мен қоршаған орта құралдарының жиынтығы. Дене ферромагниттік материалдар: желе, кобальт және никель. Барлық басқа материалдар ортақ. Электр тізбегі сияқты, магниттік тізбекте тоқ көздер (тұрақты магнит немесе электр магниттері), тұтынушылар (электромагниттік түрлендіргіштердің жылжымалы элементтері) және сымдар (магниттік өткізгіш) бар. ЭТ және МК ұқсастығы МС-ны баламалы ауыстыру сұлбалары түрінде ұсынуға мүмкіндік береді.

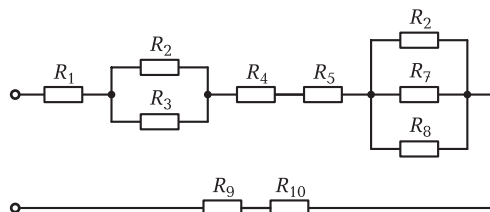
Типтік есептерді шешу мысалдары

П8.1. Эквиваленттік схеманы ауыстыру қарапайым электр тізбегі, оның баламалы нысаны бар:

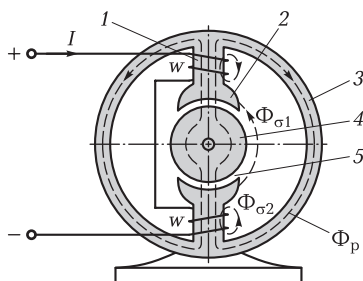
$$R_{\text{экв}} = R_1 + 1/(1/R_2 + 1/R_3) + R_4 + R_5 + 1/(1/R_6 + 1/R_7 + 1/R_8) + R_9 + R_{10}.$$

Шешуі. Жоғарыдағы өрнектегі «+» таңбалары тізбектің кейбір элементтері қуат көзімен қатарлас жалғанғанын көрсетеді. Сонымен қатар, осы схемаға параллельді қосылыстардың жиынтығы бойынша білдірілген кедергілер тобы кіреді. Осылайша, ауыстыру схемасы П 8.1-суретте көрсетілгендей бейнеленуі мүмкін.

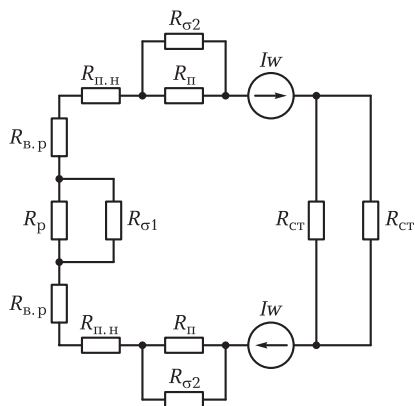
П8.2. Электр қозғалтқышының магниттік тізбегін ауыстыру үшін баламалы тізбекті жасап, схемасы П8.2-суретте көрсетілген. Электр магниттік схемасы электрлік болаттан жасалған.



П8.1 сур. П8.1 есепке



П8.2 сур. П8.2 есепке



П8.3 сур. П8.2 есепке

П8.2-суретте көрсетеді: 1 - полюс; 2 - полюстық ұшы; 3 - статор; 4 - ротор; 5 - ауаның жұмыс істемеуі; Φ_p - жұмыс магнит ағыны; Φ_σ - шашырау ағыны.

Шешімі. Магнит өрісінің көзі - полюстерде орналасқан және тұрақты токпен қоректенетін бірқатар бұрылыстар w орамасы. Iw магниттеу күші жасайды. Барлық магниттік тізбекті біртекті өңірлерге бөлуге болады, олар магниттік кедергілер ретінде бейнелей алады: R_p - екі полюстері; $R_{п.н.}$ - екі полюсті ұштық; $R_{в.р.}$ — екі ауаның жұмыс кеңістігі; R_p - роторды; $R_{ст}$ — статордың екі жартысын; $R_{\sigma 1}$ және $R_{\sigma 2}$ - шашырау кедергісі. Магнитизация күші шашырау кедергісін қоспағанда, барлық кедергілер бойынша сериялы жабылатын магниттік ағын қалыптастырады. Осылайша, эквиваленттік сызба П8.3-суретте көрсетілген үлгіні алады.

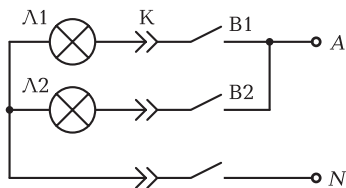
Өз бетімен шешуге арналаған есептер

П8.3. Үш фазалы индукциялық қозғалтқышты үш-полюсты қосқышпен бірге үш фазалы индукциялық қозғалтқышты қосуға мүмкіндік беретін және сақтандырғыштарды, желілік ток пен желінің кернеуін өлшеуге арналған құрылғыларды қосуға мүмкіндік беретін ЭТ ауыстыру үшін баламалы тізбекті жасаңыз.

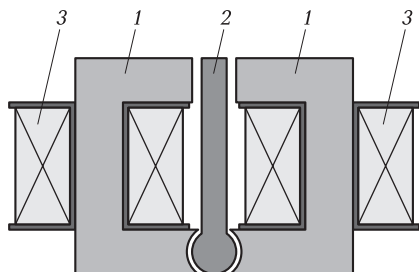
П8.4. Қарапайым қарсылық нысаны бар қарапайым ЭК-мен балама ауыстыру схемасын салыңыз:

$$R_{экв} = R_1 + 1/(1/(R_2 + R_3) + 1/(R_4 + R_5)) + 1/(1/R_6 + 1/R_7) + 1/(1/(R_8 + R_9 + R_{10}) + 1/R_{11}) + R_{12}.$$

П8.5. Үшсымды ЭТ шамдар шамын үшбұрыш схемасында қосыңыз, егер екі фаза а-х фазасына қосылса, б-у фазасындағы бір шам, с-з фазасындағы үш шам болады.

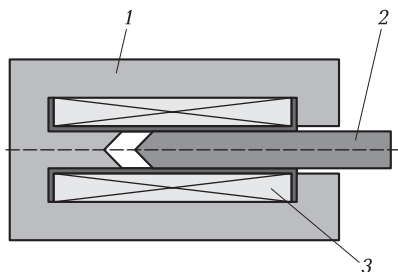


П8.4 сур. П8.8 есепке



П8.5 сур. П8.9 есепке

1 - білік; 2 - зәкір;
3 - орауыш



П8.6 сур. П8.10 есепке

1 - білік; 2 - зәкір;
3 - орауыш

П8.6. Бірінші сөндіргіште екі шам, ал екіншісінде үш шам бар болса, жұптасқан қосқыш арқылы бес аяқты шамдарда қыздыру шамдарын қосу схемасын суреттеңіз. Екі қосқышты қосқанда, барлық бес шам да жанып тұрады.

П8.7. ЭТ қандай коммутациялық құрылғыны орнату керек (Есепті қараңыз П.8 .6), бес аяқты шамдарға екі немесе үш шам қосу керек.

П8.8. Люминесцентті шам үш финді К терминалымен аяқталады, оған қосарланған қосқышпен қосылған екі шам параллель қосылған (П8.4 -сур.). Ұштарының біреуі толық кернеу астында немесе екі жартысындағы екі шамды сақтайтын етіп, ұштарды қалай қосуға болады?

П8.9. Құрылымдық диаграммасы П8.5 суретте көрсетілген айналмалы электромагнит МС-ны ауыстыру үшін баламалы тізбекті сызыңыз.

П8.10. Соленоидтық электромагнитураны ауыстыру үшін эквиваленттік схеманы құрастырыңыз,оның құрылымдық диаграммасы П8.6. суретте көрсетілген.

ЕСЕПТЕРГЕН АРНАЛҒАН ЖАУАПТАР

1 тарау. **Тұрақты тоқтың электр тізбегі**

1.1. Желілі электр тізбегі

1.17. 1,51 Ом. **1.19.** 66 кВт · с. **1.20.** 180 және 39 руб. **1.21.** 0,66 В артады. **1.22.** 0,58 м. **1.23.** 10 Ом. **1.24.** 50 Ом. **1.25.** Паралель болғанда - 44 Вт, ретімен болғанда - 11 Вт. **1.26.** 63 шамдар; 0,1 А; 22 Вт. **1.27.** 35 В. **1.28.** 400 Ом. **1.29.** 30 Ом. **1.30.** 0,5 м. **1.31.** 1,5 В; 4 Ом. **1.32.** 1,55; 0,73; 0,82 А.

1.2. Тұрақты тоқтың желілісі емес ток тізбегі

1.41. 2,2 А; 0,22 А. **1.42.** 1,67 кОм; 333 Ом. **1.44.** 8 - 9 В; 666,6 Ом. **1.45.** 400 Ом. **1.46.** 40 Ом. **1.47.** 0,9 В. **1.48.** 80 мА; 110 В; 17,6 Вт. **1.49.** 500, 400, 100 мА. **1.50.** 7 мА; 7,5 В; 17,5 В. **1.51.** 0,3 А; 10 В; 22 В. **1.52.** 1,0; 0,3; 0,1; 0,6. **1.53.** 0,8 А. **1.54.** 0,4 А - 25 Ом; 0,6 А - 33,33 Ом; 0,8 А - 62,5 Ом; 1 А - 90 Ом.

1.3. Желілі электр тізбегіндегі өтпелі үдерістер

1.64. $U + e_L = 234$ В. **1.65.** $100(1 - e^{-t/0,02})$. **1.66.** $0,2(1 - e^{-t/0,005})$. **1.67.** $100e^{-t/0,2}$. **1.68.** $i = 0,2e^{-t/0,001}$; $e_L = 40e^{-t/0,001}$. **1.69.** 0,3 с; 9 В. **1.70.** 2,7 с. **1.71.** 1,0 мс. **1.72.** 0,6 мс; 1,43 В. **1.73.** 100 Ом; 10 Ом. **1.76.** 0,5 В; $u_C = E((R_2 + R_3)/(R_1 + R_2 + R_3) - R_3/(R_1 + R_3))e^{-t/CR_3}$. **1.77.** $U_C = ER_3/R_1 + R_3 + E((R_2 + R_3)/(R_1 + R_2 + R_3) - R_3/(R_1 + R_3))(1 - e^{-t/CR_1})$.

2 тарау. **Айнымалы тоқтың бірфазалы электр тізбектері**

2.1. Синусоидтық тоқтың электр тізбегі

2.18. 71,4 Гц; 0,014 с; 44,7 Ом. **2.19.** 40 Гц; 0,025 с. **2.20.** 2 000, 159 236 Гц. **2.21.** $U_R = 220$ В; $U_L = U_C = 1 401,4$ В. **2.23.** 159 Гц. **2.24.** 133 мкФ. **2.25.** 210 В. **2.26.** 13 мкФ. **2.27.** 1,1 А. **2.29.** $U_L = 132$ В; $U_R = 176$ В.

2.30. $U_c = 25,5$ В; $C = 31,85$ мкФ. **2.31.** $f = 0,07$ Гц; $\varphi = 25,7^\circ$; $U_m = 5$ В; $U = 3,5$ В. **2.34.** 3 А; 220 В. **2.37.** 20 В.

2.2. Синусоидтық емес тоқтың электр тізбегі

2.47. $V_1 = 0$ В; $V_2 = \sqrt{(U_{1m}^2 + U_{2m}^2 + U_{3m}^2)/2} = 9,46$ В (9 В 1-ші гармоникасы). **2.48.** -8,66 В. **2.49.** 11,54 В. **2.50.** Егер шектелсе 3-ші гармоникамен: 17,9 В. **2.51.** 6-шы гармонсыз қате 0,1 %; 4-шісіз - 0,5 %; 2-шісіз - 10 %.

2.52. Шешуі: $u = U_m/\pi + (U_m/2)\sin\omega t - (2U_m/3\pi)\cos 2\omega t$; $Z_0 = \sqrt{R^2 + X_{L0}^2} = R = 8$ Ом; $Z_1 = \sqrt{R^2 + X_{L1}^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = 220$ Ом; $Z_2 = \sqrt{R^2 + X_{L2}^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L)^2} = 440$ Ом; $I_0 = (U_m/\pi)/R = 8,76$ А; $I_1 = (U_m/2)/Z_1 = 0,5$ А; $I_2 = (2U_m/\pi)/Z_2 = 0,1$ А; $I = \sqrt{I_0^2 + I_1^2 + I_2^2 + I_4^2} = 8,78$ А. **2.54.** 200 Ом. **2.55.** 400 Ом.

3 тарау. Үшфазалы электр тізбектері

3.12. 11 А. **3.14.** 0,45 А. **3.15.** 110 В. **3.16.** 3,8 А. **3.17.** Токтар 4А дейін артады. **3.18.** 0,18 А. **3.20.** Біреуі өзгермейді, екіншісі 0,45 А дейін төмендейді. **3.21.** Біреуі өзгермейді, ал екіншісі 1,2 А дейін өседі. **3.22.** 0,8. **3.23.** 2,4 кВт.

4 тарау. Магнит тізбектері

4.10. 0,35 Тл; 0,88 Тл. **4.11.** 0,7 А. **4.12.** $4 \cdot 10^4$ Н. **4.13.** $M_{вр} = 2$ Н · м. **4.14.** $E_y = 12,56$ В. **4.15.** 0,26 Н, солға. **4.17.** 0,13 В. **4.18.** $4 \cdot 10^{-3}$ Вб. **4.25.** Үшбұрыш заңы бойынша. **4.26.** 0,8 А. **4.27. Шешуі:** $H = I_w/I = 400$ А/м, магнитизациялау қисықтары арқылы анықталады $B = 1,4$ Тл; $L = \psi/I$; $\psi = \Phi_w = BS_w$; $L = 0,14$ Гн.

5 тарау. Электр өлшеулері

5.9. 2,5 мА. **5.10.** 10 В. **5.12.** 1,25% және 5%. **5.13.** 0,002 Ом. **5.14.** 18 кОм. **5.15.** 2 кОм; 128 мВт. **5.16.** 0,88 А. **5.17.** 900 В. **5.19.** 7,2 кВт; 2,4 кВт. **5.20.** 4,8 А, екі паралель аперметрді қосу қажет. **5.23.** 50 Гц.

6 тарау. Өнеркәсіптік электроника негіздері

6.21*. Тізбектегі жалпы ток - 2,72 А. **6.23.** 3 В. **6.25.** 100 мА. **6.26.** 114,3 В. **6.31.** $U_2 = 222$ В. **6.32.** $U_{обр} = 7\,092$ В; $U_{н.пр} = 6\,383$ В. **6.33.** 70 В;

1,56. **6.35.** 2,6; 11,75. **6.36.** 0,067. **6.37.** 0,05. **6.40.** 100. **6.41.** 18 мА; 389 Ом. **6.43.** 200. **6.46.** 900. **6.47.** 10 000, 80 дБ. **6.48.** 60 %. **6.52.** 16 В. **6.53.** 3 кОм. **6.55.** 3,6 В. **6.57.** 0,008. **6.58.** $K = 100$. **6.59.** 0,25 В. **6.62.** 0,01 мкФ. **6.63.** От 79,6 дейін 39,8 Гц. **6.66.** 2 451 Гц. **6.67.** Жиілік өзгермейді, баж деңгейі $\gamma_n = 4,27$.

7 тарау. **Электр машиналары**

7.14. $1 \cdot 10^{-3}$ Вб. **7.15.** 111 В. **7.16.** 0,8. **7.17.** 600 Вт. **7.18.** 1 000. **7.19.** 1 Тл. **7.20.** $I_{ном} = 3,04$ А; $I_2 = 30,4$ А; $k_{21} = 0,1$; $U_\phi = 22$ В. **7.21.** 100. **7.30.** 960 айн/мин. **7.32.** 90 %. **7.34.** 1 кВт. **7.36.** $P_1 = 2\,000$ Вт; $M_{вр} = 15,3$ Н · м; $S = 0,03$; $I_{зв} = 4,1$ А; $I_{тр} = 7,1$ А. **7.38.** 4 есе азаяды. **7.39.** 12 % өседі **7.43.** 36. **7.46.** $\cos \varphi = 0,89$. **7.52.** 0,2 Н. **7.53.** 2 В. **7.55.** $I = 400$ А. **7.56.** $\Phi = 0,01$ Вб. **7.57.** *Шешуі:* $I_B = P_B / U = 0,4$ А; $I_{дв} = P_{ном} / U = 20$ А; $I_я = I_{да} - I_B = 19,6$ А; $R_B = U / I_B = 300$ Ом. **7.58.** $E_{дв} = 110$ В; $\Delta P = 2$ кВт; $\eta = 0,85$. **7.60.** Екі есе көбееді. **7.61.** 2 есе азаяды. **7.63.** 2,5 Ом. **7.65.** 16 есеге. **7.67.** 110 В; 5,5 кВт. **7.68.** $I_я = 50$ А; $P = 4,8$ кВт.

8 тарау. **Электр энергиясын өңдеу мен тарату**

8.6. 210 ГВт. **8.8.** 14 В. **8.9.** 165 мм²; 14,5 мм. **8.10.** 4 есе азаяды. **8.12.** Жеткілікті, талап етілгендіктен 0,36 мм². **8.13.** 207 В; рұқсат етілген максималды ток - 42 А; шамамен 10 А құрайды.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. *В. И. Константинов* Жалпы электротехника бойынша тәжірибелік мысалдар мен есептер жинағы / В. И. Константинов, А. Ф. Симонов. - М. : Жоғары мект., 1971.
2. *А. С. Касаткин* Электротехника негіздері / А.С. Касаткин. -М.: Жоғары мект., 1986.
3. *В.Л. Лихачев* Электротехника. Анықтамалылық Т. 1 / В. Л.Лихачев. - М.: СОЛОН-Р, 2001.
4. *П. Н. Новиков* Электротехника бойынша есептер жинағы / [П. Н. Новиков пен т.б.]. - М. : ПрофОбрИздат, 2001.
5. *В. И. Полещук* Электротехника мен электроника бойынша есептер жинағы / В. И. Полещук. - М. : «Академия»Баспа орталығы, 2006.
6. *В.М. Прошин* Электротехника бойынша зертханалық-тәжірибелік жұмыстар / В. М. Прошин. -М. : «Академия»Баспа орталығы, 2004.
7. Электротехника / ред. А.Я.Шихина. -М. : Жоғ.мект., 1989.
8. *Г. В. Ярочкина* Электротехника. Жұмыс дәптері / Г. В.Ярочкина. - М.: «Академия»Баспа орталығы, 1998.
9. *Г.В. Ярочкина* Радиоэлектроникадан есептер жинағы /Г.В.Ярочкина. - М.: «Академия»Баспа орталығы, 2006.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе.....	4	
1 тарау.	Тұрақты тоқтың электр тізбегі.....	6
1.1.	Желілік электр тізбегі.....	6
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	6
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	7
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау.....	11
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	13
1.2.	Тұрақты тоқтың желісі емес ток тізбегі.....	15
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	15
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	16
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау.....	19
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	20
1.3.	Желілік электр тізбегіндегі өтпелі үдерістер.....	24
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	24
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	25
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау.....	26
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	27
2 тарау.	Айнымалы тоқтың бірфазалы электр тізбектері.....	30
2.1.	Синусоидтық тоқтың электр тізбегі.....	30
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	30
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	31
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде құрылған есептерді талдау.....	35
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	37
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	41
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде топтастырылған есептерді талдау.....	44
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	45

3 тарау.	Үшфазалы электр тізбектері.....	47
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	47
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	48
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде	
	Топтастырылған есептерді талдау.....	50
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	51
4 тарау.	Магнит тізбектері.....	54
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	54
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	55
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде	
	топтастырылған есептерді талдау.....	58
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	59
5 тарау.	Электр өлшеулері.....	62
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	62
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	63
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде	
	топтастырылған есептерді талдау.....	65
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	67
6 тарау.	Өнеркәсіптік электроника негіздері.....	70
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	70
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	73
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде	
	топтастырылған есептерді талдау.....	77
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	79
7 тарау.	Электр машиналары.....	85
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	85
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	86
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде	
	топтастырылған есептерді талдау.....	90
	Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	92
8 тарау.	Электр энергиясын өңдеу мен тарату.....	102
	Негізгі анықтамалар, формулалар мен қатынастары.....	102
	Типтік есептеулерді шешу мысалдары.....	102
	Сұрақтар немесе тестілер түрінде	
	топтастырылған есептерді талдау.....	104

Өз бетімен шешуге арналған есептер мен сұрақтар.....	105
Қосымшалар.....	107
Есептерге арналған жауаптар.....	117
Әдебиеттер тізімі.....	120

Оқу құралы

**Прошин Владимир Михайлович,
Ярочкина Галина Владимировна**

**Электротехника бойынша есептер жинағы
Оқу құралы**

5-ші, стереотипті

Редакторы *Т. П. Манухина*

Техникалық редакторы *Е. Ф. Коржуева*

Компьютерлік беттеуі: *Д. В. Федотов*

Түзетушілер *Л. В. Гаврилина, Г. Е. Форысенкова*

Басылым № 105113817. Басып шығарылған 29.09.2014 Пішімі 60 x 90/16.

«Балтика» гарнитурасы. Офсеттік қағаз № 1. Офсетті басып шығару. Баспа парағының шарттары 8,0.

Таралымы 1000 дана. Тапсырыс №

«Академия» баспа орталығы ААҚ. www.academia-moscow.ru 129085, Мәскеу,

Мира даңғылы, 101В, беті. 1

Тел./факс: (495) 648-0507, 616-00-29.

Санитарлық-эпидемиологиялық қорытындысы № РОСС RU. AE51. Н 16476

29.04.2014ж

Баспа үйінің электрондық басылымдарынан басылған.

«АОК «Саратов полиграфиялық кешені». www.sarpk.ru 410004 Саратов к., Чернышевский көш., 59.