

6.1.

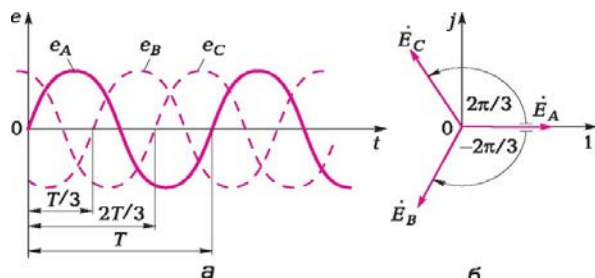
ЖАЛПЫ МАҒЛҰМАТТАР

Үш фазалық электр тізбектерін алғашқы рет өндірістік қолданылуы XIX ғ-дың соңына жатады. Оның жасап шығарылуына дарынды орыс инженері М.О. Доливо-Добровольский (1862—1919) үлкен үлес қосты.

Өндірістік жиіліктегі синусоидалық токтың үш фазалық тізбектері электр энергиясын алу (120 МВт-қа дейінгі қуаты бар үш фазалық электрмеханикалық генераторлармен), алыс арақашықтыққа жіберу (750 кВ-қа дейінгі кернеуге ие үш фазалық жоғары вольтты жіберу желілерімен), үлестіру (трансформаторлармен) және тұтынудың (үш фазалық асинхронды және синхронды қозғалтқыштармен) кешенді мәселелерін тиімді шешуге мүмкіндік береді.

Үш фазалық генераторлардың, қозғалтқыштардың, және трансформаторлардың құрылысындағы ерекшеліктері мен жұмыс сипаттамалары ары қарай қарастырылатын болады. Мұнда тек синусоидалық токты электр энергиясының үш фазалық көзінің әрекет ету принциптерін түсіндіретін боламыз. Егер синусоидалық токты электр энергиясының, жазықтықтары бір-біріне қатысты $2\pi/3$ бұрышына бұрылған, бір фазалық көзінің құрылысындағы (4.1-суретті қараңыз) бір орамды үш окшауланған орамдармен алмастыратын болсақ, онда үш фазалық көзінің әрекет ету принциптеріне (4.3-бөлімшені қараңыз) ұқсас болады. Үш фазалық көздің бұл орамдары, басқаша айтқанда фазалары латын алфавитінің *A*, *B*, *C* бас әріптерімен белгіленеді.

Орамдарда индукцияланатын синусоидалық фазалық ЭҚК-і фазасы бойынша $2\pi/3$ бұрышына ығыстырылған тең амплитудаларға ие болады. Олар аттас индекстермен белгіленіп, мына формулалар арқылы есептеп шығарылады:



6.1-сурет

$$\left. \begin{aligned} e_A &= E_m \sin \omega t; \\ e_B &= E_m \sin(\omega t - 2\pi/3) \\ e_C &= E_m \sin(\omega t - 4\pi/3) = E_m \sin(\omega t + 2\pi/3). \end{aligned} \right\} \quad (6.1)$$

Бұл жерде нөлдік бастапқы фаза ретінде А фазасының ЭҚК таңдап алынған.

6.1, а суретінде фазалық ЭҚК-нің лездік мәндерінің графиктері, ал 6.1, б суретінде – оларға сәйкес келетін кешенді мәндердің үш векторы көрсетілген:

$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_A &= E e^{j0} = E \angle 0 = E = \frac{E_m}{\sqrt{2}} \\ \dot{E}_B &= E e^{-j2\pi/3} = E \angle (-2\pi/3) = E \left(-\frac{1}{2} - j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = E a^2 \\ \dot{E}_C &= E e^{j2\pi/3} = E \angle 2\pi/3 = E \left(-\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2} \right) = E a \end{aligned} \right\} \quad (6.2)$$

мұндағы $a = e^{j2\pi/3} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$ кешенді шамасы *фазалық көбейткіш* деп аталады.

Уақыттың кез-келген мезетіндегі фазалық ЭҚК-нің лездік мәндерінің қосындысы мен фазалық ЭҚК-нің кешенді мәндерінің қосындысы нөлге тең:

$$e_A + e_B + e_C = 0 \quad (6.3)$$

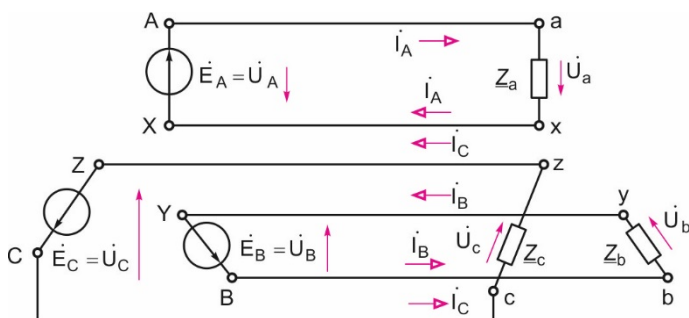
$$\dot{E}_A + \dot{E}_B + \dot{E}_C = 0$$

Үш фазалық тізбек құрамында фазаларды жалғаудың (энергия көздері мен қабылдағыштарды) екі әдісі мүмкін: жұлдыз түрінде және үшбұрыштап.

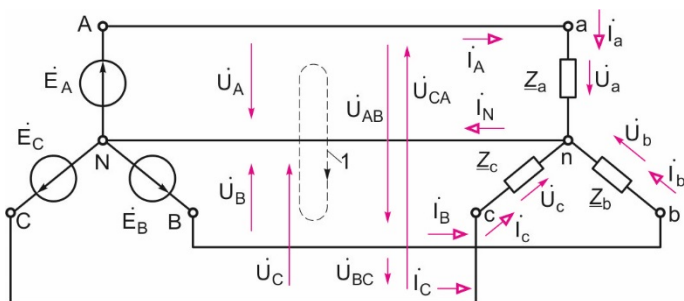
6.2-суретте энергия көзінің үш фазасын қабылдағыштың үш фазасына бөлек жалғаудың схемасы келтірілген. Фазалық ЭҚК-нің оң бағыттары көздің фазалық орамаларының «басын» (A, B, C) және «ұшын» (X, Y, Z) анықтайды. Аттас кіші әріптермен қабылдағыш фазасының шықпалары белгіленеді.

Энергия көзі мен қабылдағыш фазаларын жұлдыз түрінде (шартты белгісі $\star$) жалғау 6.3-суретте келтірілген, ондағы энергия көзінің X, Y, Z шықпалары және қабылдағыштың x, y, z шықпалары сәйкесінше N түйініне және n түйініне біріктірілген. Бұл түйіндер көздің және қабылдағыштың *бейтарап нүктелері*, ал оларды байланыстырушы сым – *бейтарап сым* деп аталады. Көз бен қабылдағыштың аттас шықпаларын жалғайтын, қалған үш сымдар сызықтық деп аталады.

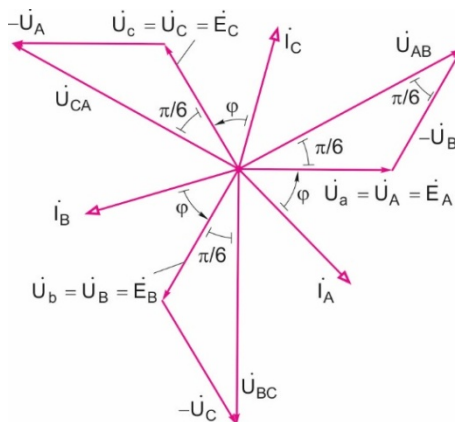
Үш фазалық тізбектерді есептеу кезінде фазалық және сызықтық токтар мен кернеулер түсінігін қолданады.



6.2-сурет



6.3-сурет



6.4-сурет

Фазалық токтар мен кернеулер деп көз бен қабылдағыш фазаларындағы токтарды және фазалар шықпасының арасындағы кернеу айтамыз.

Сызықтық токтар мен кернеулер деп сызықтық сымдардағы токтар және олардың арасындағы кернеуді айтамыз.

Көз фазалық шамаларын және сызықтық шамаларды белгілеу үшін латын алфавитінің A, B, C бас әріптерін, ал қабылдағыштың фазалық шамаларын белгілеу үшін – кіші a, b, c әріптерді қолданатын боламыз.

Көз бен қабылдағыш фазаларын жұлдыз түрінде жалғау кезінде көз бен қабылдағыштың аттас фазалық токтары мен оларға сәйкес келетін сызықтық ток өзара тең болады. Барлық сымдардың кедергілерін елеместен, Ом заңы бойынша фазалық токтарды

$$\dot{I}_A = \dot{I}_a = \dot{E}_A / \underline{Z}_a; \dot{I}_B = \dot{I}_b = \dot{E}_B / \underline{Z}_b; \dot{I}_C = \dot{I}_c = \dot{E}_C / \underline{Z}_c; \quad (6.4)$$

және бейтарап сымдағы токты табамыз:

$$\dot{I}_N = \dot{I}_A + \dot{I}_B + \dot{I}_C \quad (6.5)$$

Барлық үш фазаларының кедергілері бірдей болатын қабылдағыш

$$\underline{Z}_a = \underline{Z}_b = \underline{Z}_c = \underline{Z}_\Phi = Z_\Phi e^{j\varphi}$$

симметриялық деп, ал фазалық кедергілері әртүрлі – симметриялы емес деп аталады. Симметриялық қабылдағыш кезінде барлық фазалар тогы бірдей I_Φ әсерлік мәніне және сәйкес фазалық ЭҚК-не қатысты бірдей φ фазалық ығысуына ие (6.4-сурет), бейтарап сымдағы ток (6.5) нөлге тең. Сондықтан да симметриялық қабылда-

ғыш жағдайында, яғни симметриялық жүктемеде, бейтарап сым қажет емес, ал барлық сызықтық және фазалық токтардың әсерлік мәндері бірдей:

$$I_A = I_\Phi \quad (6.6)$$

Барлық сымдардың кедергісін елеместен, 6.3-суреттегі схемадағы 1-контур және басқа екі баламалы контурлар үшін Кирхгофтың екінші заңы бойынша теңдеу құрып және

$$\dot{E}_A = \dot{U}_A = \dot{U}_a; \dot{E}_B = \dot{U}_B = \dot{U}_b; \dot{E}_C = \dot{U}_C = \dot{U}_c \quad (6.7)$$

ескере отырып,

$$\left. \begin{aligned} \dot{U}_{AB} &= \dot{E}_A - \dot{E}_B = \dot{U}_A - \dot{U}_B = \dot{U}_A \angle \pi/6; \\ \dot{U}_{BC} &= \dot{E}_B - \dot{E}_C = \dot{U}_B - \dot{U}_C = \dot{U}_A \angle (-\pi/2); \\ \dot{U}_{CA} &= \dot{E}_C - \dot{E}_A = \dot{U}_C - \dot{U}_A = \dot{U}_A \angle 5\pi/6; \end{aligned} \right\} \quad (6.8)$$

сызықтық кернеулердің кешенді мәндерін аламыз, мұндағы U_A — сызықтық кернеудің әсерлік мәндері; $\dot{U}_A$, $\dot{U}_B$, $\dot{U}_C$ — A, B, C көз фазасының шықпалары мен N бейтарап нүкте арасындағы кернеу.

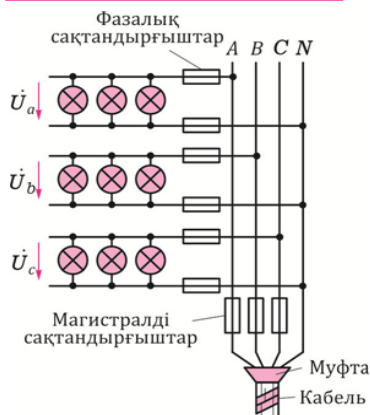
Фазалық кернеулерді бір индексмен белгілеуге қабылданған жүйесі дұрыс еместігін айта кетейік, себебі екі индексмен кернеуді белгілеу ережесіне сәйкес келмейді (2.3-бөлімшені қараңыз).

Көз бен қабылдағыш фазаларын жұлдыз түрінде жалғау кезіндегі фазалық және сызықтық кернеулердің векторлық диаграммасы 6.4-суретте берілген. $\dot{U}_{AB}$ сызықтық кернеу векторы (6.8)-ші жүйенің бірінші теңдеуі бойынша, $\dot{U}_A$ және $\dot{U}_B$ векторларын қосу арқылы тұрғызылған. Сызықтық кернеулердің қалған екі векторлары да осыған ұқсас тұрғызылған.

Кернеулер үшбұрышынан, сызықтық және фазалық кернеулердің әсерлік мәндерінің арасында бейтарап сым бар болған кезде, симметриялық та, симметриялық емес те жүктеме кезінде

$$U_A = 2U_\Phi \cos \pi/6 = \sqrt{3}U_\Phi \quad (6.9)$$

қатынасы дұрыс болмақ.



6.5-сурет

мысалы:

сызықтық кернеу $U_A, B, \dots$ 660 380 220
 фазалық кернеу $U_\phi, B, \dots$ 380 220 127

Егер симметриялық қабылдағышты, мысалы үш фазалық қозғалтқышты бейтарап сымы жоқ үш фазалық көзге қосатын болса, симметриялы емес жүктемесі бар қабылдағышты қосу кезінде, мысалы жұмыс істеу уақыты белгісіз жарықтандырғыш құралдарын өосу кезінде бейтарап сымы қажет (6.5-сурет).

Бұл ретте әрбір жарықтандырғыш құралының жұмыс істеу тәртібі олардың фазадағы сандарына тәуелсіз, ал бір магистралді сақтандырғышты өшіріп тастау тек бір фазаның жарықтандырғыш құралдарының өшірілуіне әкеледі.

6.3.

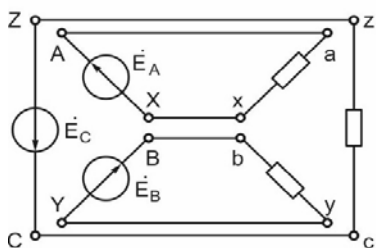
ЭНЕРГИЯ КӨЗІ МЕН ҚАБЫЛДАҒЫШ ФАЗАЛАРЫН ҮШБҰРЫШТАП ЖАЛҒАУ

6.6, *a* суретінде энергия көзінің үш фазасын қабылдағыштың үш фазасына бөлек қосу схемалары, 6.6, *б* суретінде – көз бен қабылдағыш фазаларын үшбұрыштап жалғау схемасы (шартты белгісі Δ) келтірілген.

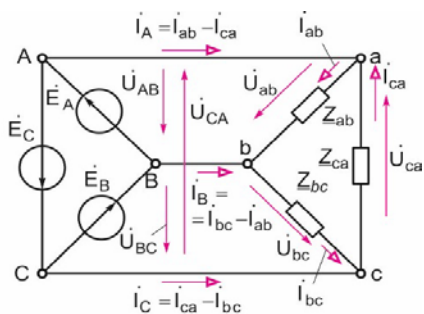
Барлық сымдардағы кедергілерді елеместен, көз бен қабылдағыштың фазалық кернеулері және оларға сәйкес келетін сызықтық кернеулер

$$\dot{E}_A = \dot{U}_{AB} = \dot{U}_{ab}; \dot{E}_B = \dot{U}_{BC} = \dot{U}_{bc}; \dot{E}_C = \dot{U}_{CA} = \dot{U}_{ca} \quad (6.10)$$

тең болады, қабылдағыштың фазаларының кедергілеріне тәуелді емес. Соңғысы барлық сызықтық және фазалық кернеулердің әсер-

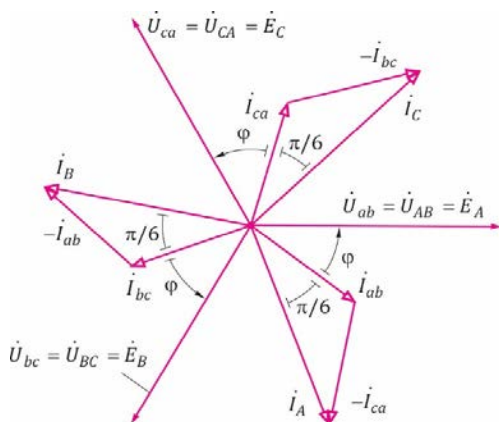


a



б

6.6-супер



6.7-сурет

лік мәндері бірдей екендігін білдіреді:

$$U_A = U_\Phi \quad (6.11)$$

Қабылдағыштың фазалық токтарын және оларға сәйкес келетін көздегі фазалық токтар:

$$\dot{I}_{ab} = \frac{\dot{U}_{ab}}{\underline{Z}_{ab}}; \dot{I}_{bc} = \frac{\dot{U}_{bc}}{\underline{Z}_{bc}}; \dot{I}_{ca} = \frac{\dot{U}_{ca}}{\underline{Z}_{ca}} \quad (6.12)$$

формулаларымен анықталады.

a , b , c түйіндері үшін Кирхгофтың бірінші заңы бойынша сызықтық токтар

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca}; \dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab}; \dot{I}_C = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc} \quad (6.13)$$

тең болады. Симметриялық қабылдағыш кезінде

$$\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca} = \underline{Z}_\Phi = Z_\Phi e^{j\varphi} \quad (6.14)$$

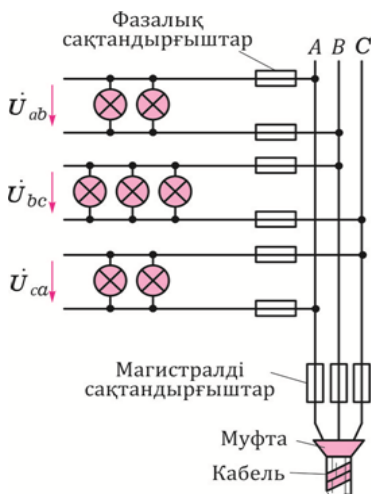
барлық I_Φ фазалық токтар бірдей әсерлік мәнге және сәйкес фазалық ЭҚК-і мен кернеулерге қатысты φ фазалық ығысуға ие.

Симметриялық қабылдағыш кезіндегі кернеулер мен токтардың векторлық диаграммасы 6.7-суретте көрсетілген. Токтар үшбұрышынан симметриялық жүктеме кезінде сызықтық және фазалық токтардың әрекеттегі мәндері үшін

$$I_A = 2I_\Phi \cos \pi / 6 = \sqrt{3}I_\Phi \quad (6.15)$$

қатынасы орындалады.

Энергия көзі мен қабылдағыш фазаларын, бейтарап сымсыз жұлдыз түрінде жалғауға қарағанда үшбұрыштап жалғаудың артық-



6.8-сурет

шылығы фазалық токтардың бір-біріне қатысты тәуелсіздігі болып табылады.

Егер 6.8-суретте көрсетілгендей етіп жарықтандыру құралдары қосылған болса, онда әрқайсысының жұмыс істеу тәртібі олардың фазадағы санына байланысты болмайды, ал магистралді сақтандырғыш арқылы бір сызықтық сымды өшірген кезде басқа екі сызықтық сымдар арасындағы кернеу мен сәйкес фаза қуаты өзгермейді. Екі басқа фазалардың қуаты азайғанмен, олар өшіп қалмайды.

Энергия көзі мен қабылдағыштың аттас фазаларын жұлдыз түрінде немесе үшбұрыштап жалғаудың қарастырылған талдау әдістерін, энергия көзінің фазасы мен қабылдағыш фазасы жалғанулары

әртүрлі болатын, үш фазалық тізбекке де қолдануға болады.

6.4.

ҮШ ФАЗАЛЫҚ СИММЕТРИЯЛЫҚ ҚАБЫЛДАҒЫШТЫҢ АКТИВТІ, РЕАКТИВТІ ЖӘНЕ ТОЛЫҚ ҚУАТТАРЫ

Симметриялық жүктеме кезінде үш фазалық тізбектегі қабылдағыштың барлық фазаларының қуаты бірдей, ал қабылдағыштың қуаты оның бір фазасының қуатының үшке көбейтілген мәніне тең.

$\underline{Z}_\phi = Z_\phi e^{j\varphi}$ кешенді кедергісіне ие синусоидалық токты тізбектің бөлігі ретінде қабылдағыштың бір фазасын қарастыра отырып, (4.41)-бойынша оның активті қуатын анықтайық:

$$P = 3P_\phi = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi = 3 \frac{U_\phi^2}{Z_\phi} \cos \varphi = \sqrt{3} U_A I_A \cos \varphi \quad (6.16)$$

бұл жерде жұлдыз (6.6), (6.9) және үшбұрыш (6.11), (6.15) схемасындағы фазалық және сызықтық токтар мен кернеулер арасындағы қатынас ескерілген.

Қабылдағыштың реактивті қуаты (4.42) бойынша:

$$Q = 3Q_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi} \sin \varphi = 3 \frac{U_{\phi}^2}{Z_{\phi}} \sin \varphi = \sqrt{3}U_A I_A \sin \varphi \quad (6.17)$$

қабылдағыштың толық қуаты (4.43) бойынша

$$S = 3S_{\phi} = 3U_{\phi}I_{\phi} = 3 \frac{U_{\phi}^2}{Z_{\phi}} \varphi = \sqrt{3}U_A I_A \quad (6.18)$$

ұқсас анықталады.

6.5. ҮШ ФАЗАЛЫҚ СИММЕТРИЯЛЫҚ ҚАБЫЛДАҒЫШТЫҢ ФАЗАЛАРЫН ҮШБҰРЫШ ЖӘНЕ ЖҰЛДЫЗ ТҮРІНДЕ ЖАЛҒАУ КЕЗІНДЕГІ ЖҰМЫС ШАРТТАРЫН САЛЫСТЫРУ

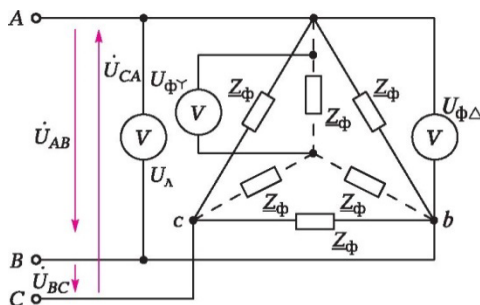
Симметриялық қабылдағыштың активті қуатының өрнегі, $Z_{\phi} = Z_{\phi} e^{j\varphi}$ кешенді кедергісімен жұлдыз немесе үшбұрыш түрінде (6.16), олардың фазаларының жалғану әдістеріне тәуелсіз

$$P = 3 \frac{U_{\phi}^2}{Z_{\phi}} \cos \varphi \quad (6.19)$$

түріне ие болады.

Фазаларды үшбұрыш түрінде жалғау кезінде (6.9-сурет) фазалық кернеу сызықтыға (6.11) тең:

$$U_{\phi\Delta} = U_{\Delta}$$



6.9-сурет

ал осы қабылдағыштың фазаларын жұлдыз түрінде жалғау кезінде (6.9-суретте штрих сызықпен көрсетілген) фазалық кернеу (6.9)-ды ескере отырып анықталады

$$U_{\Phi\perp} = U_{\Lambda} / \sqrt{3}.$$

Фазалық кернеулерге арналған өрнекті (6.20)-ға қойып, өзгермейтін сызықтық кернеуіндегі ($U = \text{const}$), симметриялық қабылдағыштың фазаларын үшбұрыш схемасынан жұлдыз схемасына ауыстыру кезінде оның активті қуаттарының қатынасын аламыз.

$$P_{\Lambda} = P_{\Phi\perp} \quad (6.20)$$

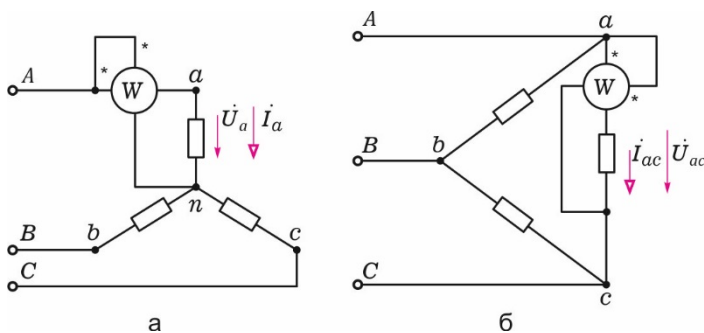
Қабылдағыштың реактивті (6.17) және толық (6.18) қуаттары да үш есе азаяды.

Қабылдағыш фазаларын ауыстыру, мысалы үш фазалық асинхронды қозғалтқыштардың іске қосу токтарын азайту, үш фазалық электр пешінің қыздыру температурасын өзгерту және т.б. үшін қолданылады.

6.6.

ҮШ ФАЗАЛЫҚ ЭЛЕКТР ТІЗБЕКТЕРІНДЕГІ АКТИВТІ ҚУАТ ПЕН ЭНЕРГИЯНЫ ӨЛШЕУ ӘДІСТЕРІ

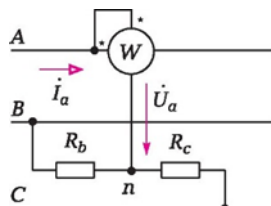
Үш фазалық электр тізбектерінде активті қуатты, олардың жұмыс істеу тәртібіне (симметриялық немесе симметриялық емес) және көзі мен қабылдағыштың фазаларын жалғау схемасына (бейтарап сыммен немесе бейтарап сымсыз) байланысты бір, екі немесе үш аспап әдістерімен өлшеу жүргізеді. Бұл аспаптарға, мысалы электр-



6.10-сурет

динамикалық жүйенің ваттметрлері (5.5-бөлімшені қараңыз) жатады.

Егер симметриялық қабылдағыштың фазалары ваттметр қосылуына жетімді болса, онда оның активті қуатын (6.19) өлшеу үшін, бір фазаның активті қуатын өлшеуге арналған (6.10-сурет, *a* және *б*) бір аспап әдісі қолданылады.

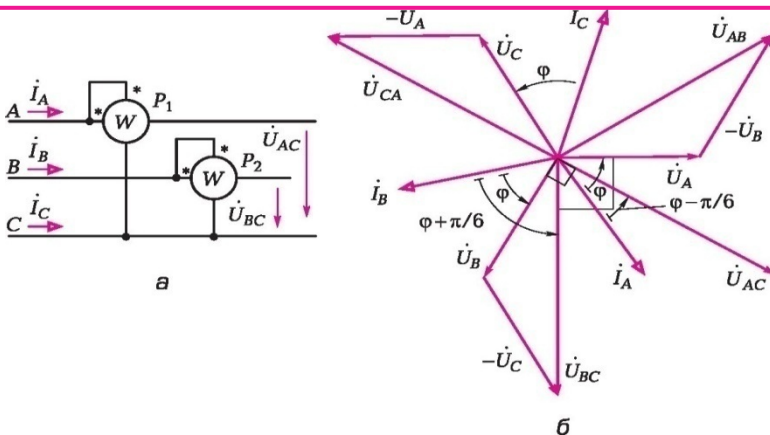


6.11-сурет

Егер симметриялық қабылдағыштың фазалары жетімсіз болса, онда оның активті қуатын бір ваттметрмен өлшеу үшін *жасанды бейтарап нүктесі* қолданылады. Бұл, бір фазасын R_V кедергісіне ие ваттметр кернеуі тізбегі құрайтын, басқа екеуі - $R_b = R_c = R_V$ кедергілі резисторлар болып табылатын, фазалары жұлдыз түрінде жалғанған симметриялық қабылдағыштың *n* бейтарап нүктесі (6.11-сурет).

Ваттметр кернеуі тізбегінің $\dot{U}_a$ кернеуі мен тогы тізбегінің $\dot{I}_a$ тогы жұлдыз схемасы бойынша симметриялық қабылдағыштың аттас фазасының немесе үшбұрыш схемасы бойынша симметриялық қабылдағыш тізбегінің баламалы жұлдызының (2.10-бөлімшені қараңыз) аттас фазасының кернеуі мен тогына тең. Екі жағдайда да ваттметр үш бірдей фазалардың біреуінің активті қуатын өлшейтін болады.

Симметриялық емес қабылдағыштың активті қуатын өлшеу үшін *екі аспап әдісі* (6.12-сурет, *a*) қолданылады. Бұл ретте қабылдағыштың активті қуаты, бірі теріс болуы мүмкін екі ваттметрдің көрсеткіштерінің алгебралық қосындысына тең.



6.12-сурет

Осы әдістің дұрыстығын дәлелдейік.

Қабылдағыш фазаларын жұлдыз түрінде жалғау кезінде оның лездік қуаты көздегі лездік қуатқа тең

$$p = u_A i_A + u_B i_B + u_C i_C.$$

Кирхгофтың бірінші заңы бойынша бейтарап сымсыз үш фазалық тізбекте

$$i_C = -(i_A + i_B).$$

Токтың i_C мәнін лездік қуат өрнегіне қою арқылы,

$$p = (u_A - u_C) i_A + (u_B - u_C) i_B = u_{AC} i_A + u_{BC} i_B$$

аламыз.

Екі көбейтіндінің орташа мәндерінің қосындысын, яғни қабылдағыштың активті қуатын, екі ваттметр көмегімен өлшеуге болады

$$P = P_1 + P_2 = U_{AC} I_A \cos(\psi_u - \psi_i) + U_{BC} I_B \cos(\psi_u - \psi_i) \quad (6.21)$$

мұндағы $\psi_u - \psi_i$ — сәйкесінше сызықтық кернеу мен ток арасындағы фазалар ығысу бұрышы.

Қабылдағыштың өлшенетін қуаттарының екі ваттметр көрсеткіштері арасында үлестірілуі сызықтық кернеулер мен токтар арасындағы фазалар ығысуының бұрыштарына тәуелді (6.21). Симметриялық қабылдағыш үшін осы тәуелділікті қарап шығайық. 6.12, б суретте, фазалары жұлдыз түрінде жалғанған симметриялық қабылдағыштың кернеулері мен токтарының векторлық диаграммасы тұрғызылған. Сәйкес фазалық кернеу мен ток арасындағы фазалар ығысуының бұрыштары бірдей және қабылдағыш фазасының кешенді кедергісінің φ аргументіне тең. Симметриялық қабылдағыш кезінде $\dot{U}_{AC}$ және $\dot{I}_A$, $\dot{U}_{BC}$ пен $\dot{I}_B$ векторлары арасындағы фазалар ығысуының бұрышы сәйкесінше $\varphi - \pi/6$ мен $\varphi + \pi/6$ тең екендігі диаграммадан шығады.

Екі ваттметрдің көрсеткіштерінің қосындысы (6.21) бойынша симметриялық қабылдағыштың активті қуатына (6.16) тең

$$\begin{aligned} P &= P_1 + P_2 = U_A I_A \cos(\varphi - \pi/6) + U_A I_A \cos(\varphi + \pi/6) = \\ &= \sqrt{3} U_A I_A \cos \varphi \end{aligned} \quad (6.22)$$

мұндағы $U_A = U_{BC} = U_{AC}$ және $I_A = I_A = I_B$ — сызықтық кернеу мен ток.

(6.22)-ші формуладан, симметриялық қабылдағыш кезінде ваттметрлердің P_1 және P_2 көрсеткіштері тек $\varphi = 0$ кезінде ғана тең болатындығы шығады. $\varphi > \pi/3$ кезінде екінші ваттметрдің P_2 көрсеткіштері теріс болады.

Қабылдағыш фазаларының үшбұрыш түрінд жалғануы кезінде активті қуатты екі ваттметр әдісімен өлшеу мүмкіндігін дәлелдемей-ақ қоюға болады, себебі оның тізбегін баламалы жұлдыз ретінде көрсетуге болады (2.10-бөлімшені қараңыз).

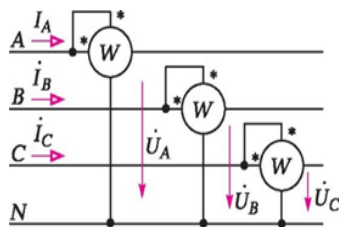
Үш аспап әдісі (6.13-сурет) бейтарап сымы бар симметриялық емес қабылдағыштың активті қуатын өлшеу үшін қолданылады. Бұл ретте әрбір ваттметр қабылдағыштың бір фазасының активті қуатын өлшейді. Қабылдағыштың активті қуаты үш ваттметр көрсеткіштерінің қосындысына тең:

$$P = P_1 + P_2 + P_3.$$

Екі және үш аспап әдісі қабылдағыштың активті қуатын өлшеу кезінде тек сызықтық токтардың симметриялы еместігінде ғана емес, сызықтық кернеулердің симметриялы еместігінде де орындалады.

Үш фазалық тізбектің жұмысын басқаруға арналған *ваттметрлер* ортақ остерінде екі немесе үш өлшеу механизмдеріне ие, олар ортақ көрсеткішке әсер етеді және үш фазалық тізбекке екі немесе үш аспаппен өлшеу әдістеріне сәйкес жалғанады.

Үш фазалық тізбектердегі активті энергияны тіркеуге арналған *есептегіштер*, есептегіштің ортақ осыіне және сол арқылы санақ құрылғысына әсер ететін, екі немесе үш индукциялық механизмге ие (5.7-бөлімшені қараңыз). Осы есептегіштерді қосу схемасы, екі немесе үш аспап әдісімен активті қуатты өлшеуге арналған ваттметрді жалғау схемасына сәйкес келеді.



6.13-сурет

БАҚЫЛАУ СҰРАҚТАРЫ

1. Үш фазалық электр энергиясы көзінің фазалық орамдарында индукцияланатын ЭҚК-нің өзгешелігі неде?
2. Үш фазалық тізбектегі қандай токтар мен кернеулер фазалық деп, қандайы – сызықтық деп аталады?
3. Үш фазалық тізбектің қандай жағдайларында бейтарап сымы қолданылады және оның міндеті неде?
4. Қандай жағдайларда электр энергиясының үш фазалық қабылдағышының қуатын өлшеу үшін бір құрылғы, екі құрылғы, үш аспап әдісі қолданылады?

5. Электр энергиясының қандай үш фазалық қабылдағышы симметриялық және қандайы – симметриялық емес. Мысал келтіріңіз?

ӨЗІНДІК ШЫҒАРУҒА АРНАЛҒАН ЕСЕПТЕР

1. Үш фазалық тізбектің сызықтық кернеуінің әсерлік мәні $U_{\Pi} = 10\sqrt{3} = 17,3\text{В}$. Симметриялық қабылдағыш фазаларын жұлдыз түрінде жалғаған кезде, оның U_{ϕ} фазалық кернеуінің әсерлік мәні неге тең?
Жауабы: 10 В.
2. 1-ші есептің шарттарын сақтай отырып, егер әрбір фазаның тізбегі тізбектей жалғанған $R = X_L = 10$ Ом резистивті және индуктивті кедергілерден тұрса, фазалық токтың әсерлік мәнін анықтаңыз.
Жауабы: $\sqrt{2} = 0,7\text{А}$
3. 1-ші және 2-ші есептер шарттарын сақтай отырып, қабылдағыштың активті, реактивті және толық қуатын анықтаңыз.
Жауабы: 15 Вт; 15 вар; $21,2 \text{ В} \cdot \text{А}$.
4. 3-ші және 4-ші есептердің шарттарын сақтай отырып, егер қабылдағыштың фазалары «жұлдыз» схемасынан «үшбұрыш» схемасына ауыстырылған болса, фазалық токтың әсерлік мәнін, қабылдағыштың активті, реактивті және толық қуатын анықтаңыз.
Жауабы: $\sqrt{3/2} = 1,2\text{А}$; 45 Вт; 45 вар; $63,6 \text{ В} \cdot \text{А}$