

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТІ

Электр машиналары және электр жетегі кафедрасы

«Қорғауға жіберілді»
Кафедра меңгерушісі

т.ғ.к., Калиева К.Ж.

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

« » 2019 ж.

(колы)

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы: Күштік трансформатордың есептеу

Орындаған Шуमानов Арихан Қалимсанұлы мамандығы бойынша
(студенттің аты - жөні) ЭЭТК - 15-01 (тобы)

Жетекші Жәлел Қасымжан Оспанов, т.ғ.к., доцент
(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)
Жәлел « » 2019 ж.
(колы)

Пікір жазушы: _____
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
« » 2019 ж.
(колы)

Кеңесшілер :

Экономикалық бөлім бойынша :
Аға оқытушы Саталова М.Е.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
М.Е. «28» 05 2019 ж.
(колы)

Өмір тіршілігі қауіпсіздігі бойынша:
д.ғ.к., аға оқытушы Мұстафин Қайрат Раббаович
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
Мұстафин «24» 03 2019 ж.
(колы)

Мөлшер бақылаушы: аға оқытушы Жарқашбекова М.Б.
(ғылыми дәрежесі, атағы, аты-жөні)
Жарқашбекова «28» 05 2019 ж.
(колы)

Алматы 2019 ж.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Коммерциялық емес акционерлік қоғамы
АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС УНИВЕРСИТЕТИ

Электр энергетика және электртехника

5B071800 – Электр энергетикасы

Электр машиналары және электр жетегі

институты
мамандығы
кафедрасы

жұмысты орындауға берілген

ТАПСЫРМА

Студент Шуманалиев Алихан Қалипсанұлы
(аты - жөні)

Жұмыс тақырыбы Күштік трансформатордың есептеуі

ректордың «26» қазан 2019 ж. № 124 бұйрығы бойынша бекітілген.

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі: «28» 05 2019 ж.

Жұмысқа бастапқы деректер (талап етілетін жұмыс нәтижелерінің параметрлері және нысанның бастапқы деректері)

Трансформатордың номиналдық қуаты $S = 400$ кВА
Фаза сандары $m = 3$ Басқа тұтынушы кернеуі $U_k = 95\%$
Жиілігі $f = 50$ Гц
Трансформатордың өңделу режимі үзінсіз
Номиналдық мөселердің жиілік кернеуі $U_{\text{нн}} =$
Номиналдық төменгі жиілік кернеуі $U_{\text{нн}} =$
Ораңдардың мөселер сұлбасы және топ $Y/Y - 12$
Трансформатордың салбылдату әдісі табиғи майлау

Диплом жұмысындағы әзірленуі тиіс сұрақтар тізімі немесе диплом жұмысының қысқаша мазмұны:

1. Негізгі электрлік шамалар
2. Трансформатордың өлшемдерін анықтау
3. Трансформатор ораңдарын есептеу
4. Трансформатор кернеуінің бағытталған өзгеруі және параметрлері
5. Басқа тұтынушы кернеуі ораңдардың механикалық күштер
6. Трансформатордың магниттік өңделу есептеуі
7. Байланыс аяғы коэффициенті
8. Өмір тіршілік бауынсыздығы
9. Экономикалық бағалау

ДИПЛОМ ЖҰМЫСЫН ДАЙЫНДАУ

КЕСТЕСІ

№ р/с	Тарау аттары, әзірленетін сұрақтардың тізімі	Жетекшіге ұсыну мерзімдері	Ескерту
1.	Электр машиналар ретінде күштіс трансформаторларға қарса.	02. 12. 2018.	
2.	Трансформатор құрылымы және жұмыс істеу принципі.	15. 12. 2018.	
3.	Трансформатордың орнына сұрақтар. Бас мақсат ретінде	29. 12. 2018.	
4.	Басқа түйінділік ретінде.	06. 12. 2018.	
5.	Трансформатордың шағын және кернеуін өзгерту және параметрлерін көтеру.		
6.	Үш фазалы трансформаторлар	10. 02. 2019.	
7.	Трансформатор шот.		
8.	Трансформатор орамындағы есептеу	24. 01. 2019.	
9.	РІС құрылымы және оның қасиеттері біріктіріліп орындау		
10.	Трансформатор кернеуін өзгерту және параметрлері.	21. 02. 2019.	
11.	Басқа түйінділік ретінде орамындағы механикалық күштер	12. 03. 2019.	
12.	Трансформатордың жалпы есептеу.	28. 03. 2019.	
13.	Қайдалану коэффициенті.	14. 04. 2019.	
14.	Өмір тіршілік баулылығы.	05. 05. 2019.	
15.	Ана салыстырғы құрылымы		
16.	Қиырат аудару бойынша бақылау өрт сөндіру құрылымы.	10. 05. 2019.	
17.	Экономикалық бөлімі		

Тапсырманың берілген уақыты « 02 » 11 2019 ж.

Кафедра меңгерушісі

(қолы)

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Жұмыс жетекшісі

Жаппас К.О., т.ғ.к., доцент

(қолы)

(аты-жөні, ғылыми дәрежесі, атағы)

Орындалатын тапсырманы қабылдаған студент

А.Алиев
(қолы)

Аушаналиев Анухан
(аты -жөні)

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыста өндірісте жиі қолданылатын үш фазалы күштік трансформатордың негізгі сипаттамалары электрлік алмасу схемасы, бос жүріс, қысқа тұйықталу режимдері үш фазалы трансформатордың жалғану топтары талданып, оларды параллель қосу шаралары анықталды.

Қуаты 6300 кВА болатын 35 кВ кернеуге арналған төмендеткіш трансформатор есептелді. Магнит жүйесі таңдалып, орам сандары, қысқа тұйықталу, бос жүріс режимдері есептеліп, салқындату радиаторлары құрылысы таңдалды.

Күштік трансформаторларды диагностикалау сұлбасы құрылып, импульстік диагностикалау қабылданды.

Өміртіршілік қауіпсіздігі қарастырылып, экономикалық тиімділік қабылданды.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе рассматриваются основные характеристики, схема замещения, режимы холостого хода и короткого замыкания, схемы соединения обмоток, условия параллельного соединения трехфазных силовых трансформаторов.

Расчитан понижающий трансформатор с мощностью 6300 кВА на напряжение 35 кВ. Выбрана магнитная система, расчитаны параметры обмоток, режимы холостого хода и короткого замыкания. Выбран тип радиатора для охлаждения трансформатора. Составлена схема диагностирования силовых трансформаторов и принята импульсный метод диагностирования.

Расчитаны вопросы безопасности жизнедеятельности и расчитана экономическая эффективность от внедрения нового силового трехфазного трансформатора.

ANNOTATION

In diploma work examined basic descriptions, chart of substitution, modes of idling and short circuit, chart of connection of puttees, condition of parallel connection of three-phase power transformers.

Calculations step-down transformer with power of 6300 kVA on tension of 35 kV. the magnetic system, calculations parameters of puttees, modes of idling and short circuit, is Chosen. The type of radiator is chosen for cooling of transformer. Diagrammatized diagnosticating of power transformers and accepted impulsive method of diagnosticating.

Calculations questions of safety of vital functions and calculation economic efficiency from introduction of new power three-phase transformer.

МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	9
1	Технологиялық бөлім	10
1.1	Электр машинасы ретінде күштік трансформаторларды қарастыру. Күштік трансформаторлар жайлы жалпы мағлұматтар	10
1.2	Трансформатор құрылысы және жұмыс жасау принципі	12
1.3	Трансформатордың орынбасу сұлбасы. Бос жүріс режимі	15
1.4	Қысқа тұйықталу кезіндегі режим	18
1.5	Трансформатордың шықпалық кернеуін өзгерту және параметрлерін келтіру. Пайдалы әсер коэффициенті	19
1.6	Үш фазалы трансформаторлар	23
1.7	Трансформатордың параллель қосылу, жалғану топтары	25
1.8	Трансформатордың шуы	28
1.9	Трансформаторларда болатын магниттік шулар	29
1.10	Трансформатордың шуына талдау жасау мен өлшеу амалдары	31
1.11	Трансформатордың шуын төмендету амалдары	32
2	Негізгі бөлім	32
2.1	Жобалауға арналған бастапқы мәліметтер	32
2.2	Негізгі электрлік шамалар	33
2.3	Трансформатордың негізгі өлшемдерін анықтау	33
2.4	Трансформатор орамдарын есептеу	39
2.5	Тік бұрышты қималы сымнан жасалған бірінші цилиндрлік орамды есептеу	39
2.6	Дөңгелек қималы сымнан жасалған екінші цилиндрлік көп қабатты орамды есептеу	42
2.7	Трансформатор кернеуінің қатыстық өзгеруі және параметрлері	45
2.8	Қысқа тұйықталу кезіндегі орамдардағы механикалық күштер	47
2.9	Трансформатордың магниттік жүйесін есептеу	48
2.10	Пайдалы әсер коэффициенті	53
3	Өміртіршілік қауіпсіздігі бөлімі	53
3.1	Ауаны салқындату құрылғысы	53
3.2	Ғимарат ауданы бойынша қажетті өрт сөндіруші құралдар	72
4	Экономикалық бөлім	66
4.1	Күштік трансформаторлардың эконеомикалық тиімділігін есептеу	66
4.2	Жобаға салынатын инвестицияның эффективтілігін арттыру	71
	Қорытынды	74
	Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	75

Кіріспе

Оқтаушалы магнит өткізгіші бар күштік трансформаторлар құрылымдық жағынан қорғаныштық (бронды) типтегі трансформаторлармен салыстырғанда ең қарапайым әрі ыңғайлы болып табылады, сонымен қатар трансформатор құрауда көп тараған белгілі. Қазақстанда қорғаныштық (бронды) типтегі трансформаторлар көбінесе аз қуатты радиотехникалық құрылғыларда қолданылады. Оқтаушаді магнит өткізгіші бар күштік трансформаторлар орам мен өзекшені ең жақсы салқындатуды, шарттарымен, трансформаторды тексеру кезіндегі орамдарды қарауға ыңғайлы, құрылысымен, өзекшені жөндеу және жинау құрылымының қарапайымдылығымен қамтамасыз етілген.

Бұл дипломдық жұмыста күштік трансформаторды, оның зауыттық құрылым кезіндегі екінші қатарлы бөлшектерінің және түйіндерінің мәндерін ескермей, қысқаша түрде есептеу жүргізілді. Дегенмен, осының өзі трансформаторларды есептеудің негіздерін игеруге толық мүмкіндік берді.

1 Технологиялық бөлім

1.1 Электр машинасы ретінде күштік трансформаторларды қарастыру. Күштік трансформаторлар жайлы жалпы мағлұматтар

Трансформатор - кернеуі бойынша электр энергиясын түрлендіруге және сол кернеуді реттеу үшін арналатын электромагниттік құрылғы.

Трансформатор жалпы латын тілінен аударғанда түрлендіру деген ұғымды білдіреді.

Қазіргі уақытта пайдаланып жатқан трансформаторларды О.Блати, К.Циперновский және М.Дери сияқты ғалымдар 1885 жылы ойлап тапқан болатын.

Трансформатор қолданысқа электр энергиясын тарату барысында шығынды төмендету мен сымдық материалдарды үнемдеу мақсатында енген болатын.

Электр тораптарында және электрмен жабдықтау жүйелерінде пайдаланылатын трансформаторларды күштік трансформаторлар деп атаймыз. Кернеуді жоғарылатқыш күштік трансформаторлар электр станцияларында қойылса, төмендеткіш күштік трансформаторлар электр қабылдағыштарға қойылады. Себебі, генераторлар және электр қабылдағыштар 10 кВ кернеуге дейін ғана есептелген болған. Алайда, генераторлар кернеуі 6,3 не болмаса 10,5 кВ. Осындай кернеулер желілердегі энергияның шығыны өте үлкен және көп сымдық материал қажет ететіндіктен, электр энергиясын алысқа таратуға жарамайды. Сол себепті, трансформатор кернеулері әр түрлі және генератордың кернеуімен салыстырғанда біраз жоғары болады.

Күштік трансформатор қуаты 10 кВА бастап 1 млн.кВА дейінгі үлкен аралықты алып қамтиды. Қолданыста қуаты төмен трансформаторлар да кең тараған, олар көбінесе қуаты аз әр түрлі электрлік құралдарда, автоматика мен радиотехника пайдаланылады.

$S=1000$ кВА қуаты бар электр энергиясын $U_1=10$ кВ кернеу кезінде 1 км қашықтыққа әуе желісі арқылы жеткізу керек болсын.

Ток күші

$$I_1 = \frac{S}{\sqrt{3}U_1} = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} \approx 58, \text{ А.} \quad (1.1)$$

Ток тығыздығы $\delta = \frac{2A}{\text{мм}^2}$ алсақ, осындай ток үшін көлденең қимасының ауданы төмендегідей болады:

$$q_1 = \frac{I_1}{\delta} = \frac{58}{2} = 29 \text{ мм}^2, \quad (1.2)$$

сым қажет болады.

Егерде электр энергиясын $U_1=110кВ$ кернеумен сол қашықтыққа тарататын болсақ, онда ток күші:

$$I_2 = \frac{S}{\sqrt{3}U_2} = \frac{1000 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} \approx 5A. \quad (1.3)$$

Қабылдап алынған ток тығыздығы кезінде осындай ток үшін, сымның көлденең қимасының ауданы келесідей:

$$q_2 = \frac{I_2}{\delta} = \frac{5}{2} = 2,5мм^2. \quad (1.4)$$

$C_1 = \gamma q_1$ кг сым бірінші нұсқа үшін қажет болса, $C_2 = \gamma q_2$ кг сым екінші нұсқа үшін қажет болады.

мұндағы G_1, G_2 — нұсқа бойынша сымның салмақтары;

γ — сым материалдарының үлестік тығыздығы.

Осы жерден екі нұсқадағы сым салмақтарының қатынасын тапсақ:

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{q_1}{q_2} \approx \frac{29}{2,5} \approx 12, \quad G_1 = 12G_2. \quad (1.5)$$

Осы кернеудің деңгейін ұлғайтсақ, токтың азаюына есебінен жіңішке сым алуға болады, осылайша желілік сымның салмағын төмендетуге болатынын байқатады.

Осы кернеу сыммен ток өткен уақытта қызады, бұл жердегі электр энергиясы жылу энергиясына түрленіп электр желісінің бойында электр қабылдағышқа жетпей шығынға ұшырайды. Энергия шығынының қуаты:

$$\Delta P_1 = 3R_1 I_1^2 = 3\rho \frac{l}{q_1} I_1^2, \quad \Delta P_2 = 3R_2 I_2^2 = 3\rho \frac{l}{q_2} I_2^2. \quad (1.6)$$

мұндағы ρ — сымдық материалдың үлестік кедергісі;

$\Delta P_1, \Delta P_2$ — бірінші мен екінші нұсқа бойынша энергияның шығынының қуаты.

Екі тепе-теңдіктің қатынасы бойынша

$$\frac{\Delta P_1}{\Delta P_2} = \frac{q_2}{q_1} \cdot \left(\frac{I_1}{I_2} \right)^2 = \frac{2,5}{29} \cdot \left(\frac{58}{5} \right)^2 \approx 12, \quad \Delta P_1 = 12\Delta P_2. \quad (1.7)$$

Осыдан кейін кернеу деңгейін арттырсақ, сымдағы токтың азаюы есебінен сол жердегі электр энергияның шығынының азаятындығы көреміз.

Сол себепті, электр энергиясын алысқа тасымалдау кезінде кернеу деңгейін арттырсақ, желідегі энергияның шығыны төмендейді және де сымдық материал үнемделетін болады. Осындай мақсатта трансформаторды кернеу деңгейін реттеу үшін ойлап шығарған.

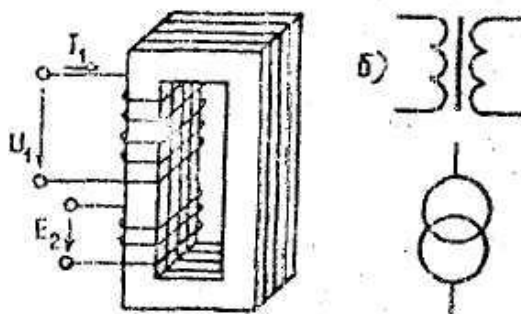
Өндіріс пен техниканың дамуына байланысты әр түрлі құрылғыларда номинал кернеу пайда болды: 50...70 В аралығында пісіріу трансформаторлары, 12...40 В аралығында апаттық жарықтандыру шамдары, электрондық құрылғылар, түрлендіргіштер және т.с.с. Осындай құрылғылардың бәрінде трансформаторлар қолданылады. Электр энергиясын бақылау жұмыстарында тоқтық және кернеулік өлшеуіш трансформаторлар пайдаланылады.

1.1 кесте – Номинал кернеулердің мәндері

1000 В-ке дейін		1 кВ-тен жоғары	
Трансформатор, генератордың шықпа орамалары	Электр желілері және электр қабылдағыштар	Трансформатор, генератордың шықпалы орамалары	Электр желілер және қабылдағыштар
42	40	6,3	6
230	220	10,5	10
400	380	22	20
690	660	38,5	35
		127	110
		242	220
		347	330
		525	500
		787	750

1.2 Трансформатор құрылысы және жұмыс жасау принципі

Трансформатор кернеудің санына байланысты бір фазалы, үш фазалы, кернеулерді реттеуге байланысты жоғарылатқыш және төмендеткіш болып бөлінеді.



1.1 сурет– Бір фазалы трансформаторлардың сұлбасы және шартты белгілері

Трансформатор неше түрлі қызмет атқарғанымен олардың негізгі құрылысы мен жұмыс жасау принципі бірдей. Сол себепті, трансформатор жұмыс жасау принципі мен әр түрлі күйлерін бір фазалы трансформатор бойынша қарастыруға да болады.

Трансформаторлар ферромагниттік магнит өткізгіш өзекшеден және аз дегенде екі орамадан құралады (1.1 сурет). Орамалар трансформатордың түрлеріне байланысты өзекте бірі үстіне бірі, қатарлай не болмаса әр жерге орналасуы да мүмкін.

Орамалардың бір басы кернеу көзіне қосылғандықтан кіріс (бірінші реттік) орама деп аталады, ал екіншісінің қысқыштарына электр қабылдағыштар қосылуына байланысты шықпалы (екінші реттік) орама деп аталады. Орамалар орамдары бір-бірінен және де өзекшеден оқшауланған.

Өзекше қалыңдығы 0,3...0,5 мм трансформатордың болат табақшаларынан жинақталады. Энергияның өзекшесіндегі шығынын азайту мақсатында табақшалар бір-бірінен және орамадан оқшауланған.

Айнымалы кернеу көзіне кіріс ораманы қосқан кезде оның бойымен айнымалы ток жүреді. Айнымалы ток ораманың айнымалы магнит өрісін қоздырады, ораманың ішінде ферромагнит өзек орналасқандықтан магниттеліп, орамалардың магнит өрісін күшейтеді, сонымен қатар магниттік күштің сызықтарын бойымен таратады.

Шықпалы ораманы айнымалы магнит ағыны қиып өтуіне байланысты электрмагниттік индукция заңы бойынша айнымалы ЭҚК пайда болады:

$$e_2 = -w_2 \frac{d\Phi}{dt}, \quad (1.8)$$

мұндағы $d\Phi/dt$ – магнит ағынның өзгеру жылдамдығы;

W_2 – шықпалы ораманың орамдар саны.

Трансформатордың жұмыс жасау принципі осылай түсіндіріледі.

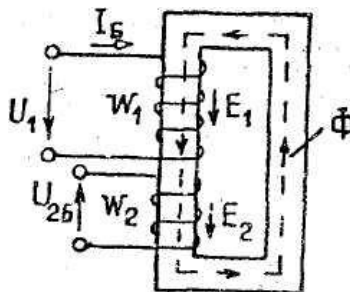
Бұл жерде ескере кететін жайт – ол трансформатордың тек айнымалы ток тізбегінде жұмыс жасай алуы, яғни тек айнымалы кернеуді түрлендіреді. Сол себепті, тұрақты магнит өрісін тұрақты ток қоздырады. ЭҚК тұрақты магнит өрісі қозғалмай тұрған өткізгіште тұмайды.

Екінші ескере кететін жайт – ол трансформатор өзекшесін тек ферромагнитті материалдан орындайтындығы. Себебі, ферромагнитті материал болмаса (мысалы, қола, мыс, алюминий т.б.) магниттелмейді, сол себепті ол магнит өткізгіш ретінде қарастырыла алмайды.

ЭҚК теңдеуі. Трансформатордың кіріс орамасын айнымалы кернеу көзіне қосқан кезінде өзекшеде туатын айнымалы магнит өрісі шықпалы орамада өзара индукция ЭҚК, ал кіріс орамада өздік индукция ЭҚК пайда болады.

Бұл ЭҚК қандай шамаларға қатысты екендігін қарастырайық. Электрмагниттік индукция заңы бойынша орамалардың әр орамдарында туатын ЭҚК:

$$e = -\frac{d\Phi}{dt}. \quad (1.9)$$



1.2 сурет– Кіріс орамасы кернеу көзіне қосылған кездегі бір фазалы трансформатордың сұлбасы

Өзекшедегі магнит ағыны синусоидалық заңдылық бойынша өзгереді деп алсақ,

$$\Phi = \Phi_m \sin \omega t, \quad (1.10)$$

онда

$$e = -\frac{d(\Phi_m \sin t)}{dt} = -\omega \Phi_m \cos \omega t = \omega \Phi_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = E_m \sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right), \quad (1.11)$$

$$E_m = \omega \Phi_m. \quad (1.11)$$

Әрбір орамдағы ЭҚК-тің де синусоидалық заңдылық бойынша өзгереді және де 90° -қа магнит ағынынан калып отыратындығы 1.11 теңдігінен байқаймыз.

1.12 теңдігін қарастырсақ, онда теңдеудің екі жағын $\sqrt{2}$ -ге бөлсек, онда ЭҚК әрекеттік мәнін магнит ағыны амплитудасы арқылы байланыстыратын өрнек аламыз:

$$E = \frac{\omega}{\sqrt{2}} \Phi_m = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f \Phi_m = 4,44 f \Phi_m. \quad (1.12)$$

Бұл тек бір орамда пайда болған ЭҚК. ЭҚК осы мәнін орамдар сандарына көбейтсе (орамдар тізбектей жалғанған), кіріс және шығыс орамалардың ЭҚК

$$E = 4,44 w_1 f \Phi_m; \quad (1.13)$$

$$E = 4,44w_2f\Phi_m, \quad (1.14)$$

мұндағы: E_1, E_2 – кіріс және шығыс орамалардың ЭҚК;

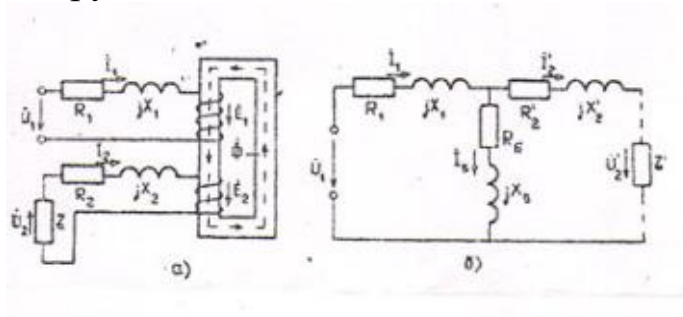
W_1, W_2 – кіріс және шығыс орамалардың орам сандары, магнит ағынының амплитудасына, (1.14) және (1.15) теңдіктерінен орамаларда пайда болатын ЭҚК орам санына және магнит өрісінің өзгеру жиілігіне тәуелді деп тұжырым жасауға болады. Басқаша айтқанда, магнит өрісінің күшті не әлсіз екендігіне, орамдағы ЭҚК орама санының ұзын не қысқалығына, ол орамаларды қандай жылдамдықпен өрістің күш сызықтары қиып өтетіндігіне тәуелді.

1.3 Трансформатордың орынбасу сұлбасы. Бос жүріс режимі

Трансформаторда болатын физикалық процестерді және оның шамаларының арасында болатын фазалық байланыстарды түсіну үшін трансформатордың орынбасу сұлбасы ерекше.

Трансформатордың орынбасу сұлбасы трансформаторда болатын магниттік, яғни электр күйлерінің теңдеулеріне сүйене отыра тұрғызылады.

Орынбасу сұлбасын тұрғызу үшін кіріс және шығыс орамаларды электрлік байланыстыру қажет болады. Сол үшін шығыс ораманың ЭҚК-іне трансформациялық коэффициентіне көбейтіліп, оны кіріс ораманың ЭҚК теңестіру қажет.



1.3 сурет – Трансформатордың балама (а) және Т-тәріздес орынбасу (б) сұлбасы

Сәйкесінше

$$U'_2 = kU_2, \quad (1.15)$$

болады.

Мұндағы E'_2, U'_2 -шығыс ораманың кіріс орамаға келтірілген ЭҚК және кернеу.

Алайда, шығыс ораманың параметр бойынша кіріс ораманың параметрлеріне келтіру трансформатордың магниттік, электрлік және энергетикалық күйлерін, ендеше орамалардың қуатын да өзгертпеуі керек. Келтірілген мен келтірілмеген орамалардың қуаттары тепе-теңдігінен алатынымыз

$$E_2 I_2' = E_2 I_2, \quad (1.16)$$

шығыс орамның ЭҚК өзгерген уақыттағы келтірілген ток:

$$I_2' = \frac{E_2}{E_2'} \cdot I_2 = \frac{1}{\frac{E_2'}{E_2}} = \frac{1}{k} I_2, \quad (1.17)$$

яғни, ораманың нақты тогынан келтірілген ток k есе аз болады. Реактивті және активті қуаттардың тепе-теңдігінен, яғни

$$R_2' I_2'^2 = R_2 I_2^2, \quad X_2' I_2'^2 = X_2 I_2^2; \quad (1.18)$$

шығыс орамалардың бірінші реттік орамаға келтірілген кедергілері:

$$R_2' = \left(\frac{I_2}{I_2'} \right)^2 R_2 = k^2 R_2, \quad X_2' = \left(\frac{I_2}{I_2'} \right)^2 X_2 = k^2 X_2. \quad (1.19)$$

Трансформатордың кіріс орамасы кернеу көзімен қосылған кезде шықпалы орамасы электр қабылдағышқа қосылмай ағытулы тұрған жағдайда ($I_2 = 0$ шықпалы орамның тогы), сол кезде трансформатордың осындай жұмыс бөлігінің күйін бос жүріс деп атаймыз. Трансформатордың орамалары тогы, бос жүріс кезінде ферромагнит өзекшенің әсерінен нақты синусоидалы бола алмайды. Алайда, трансформатордағы жүк ұлғайған сайын, оның синусоидалдылы емес болуы азая түседі. Сол себепті, көп жағдайда жүктемелік трансформатордың тогы синусоидалы деп саналады, бос жүрісті трансформатор тогы оған баламалы синусоидалы токпен ауысады.

Трансформатордың электрлі күйін анықтау мақсатында Кирхгофтың екінші заңы арқылы кіріс және шығыс орамалардың тізбектері үшін теңдіктер жазу қажет. Ток бағытымен ЭҚК бағыты сәйкес болады деп алсақ, кіріс ораманың бойында

$$\dot{U}_1 - R_1 \dot{I}_1 = -\dot{E}_1 - \dot{E}_{1w}, \quad (1.20)$$

шығыс ораманың бойында:

$$\dot{U}_{2\delta} = \dot{E}_2, \quad (1.21)$$

мұндағы I_0 - кіріс ораманың бос жүріс тогы;
 $E_{1ш}$ - сол орамадағы шашыранды ЭҚК;
 U_1 -кіріс ораманың кернеуі;
 R_1 -кіріс ораманың активті кедергісі;

U_{26} - шығыс ораманың бос жүріс кернеуі.

Трансформатордың номинал тогымен салыстырғанда бос жүріс тогы аз болуына байланысты (номинал ток 3% дейін) кедергідегі кернеу құлауы мен шашыранды ЭҚК (негізгі ЭҚК 3...5% аралығы) ескермеген жағдайда

$$\dot{U} = -\dot{E}_1. \quad (1.22)$$

Осы теңдік энергияны шығынға ұшыратпайтын идеал трансформаторлар үшін тиімді.

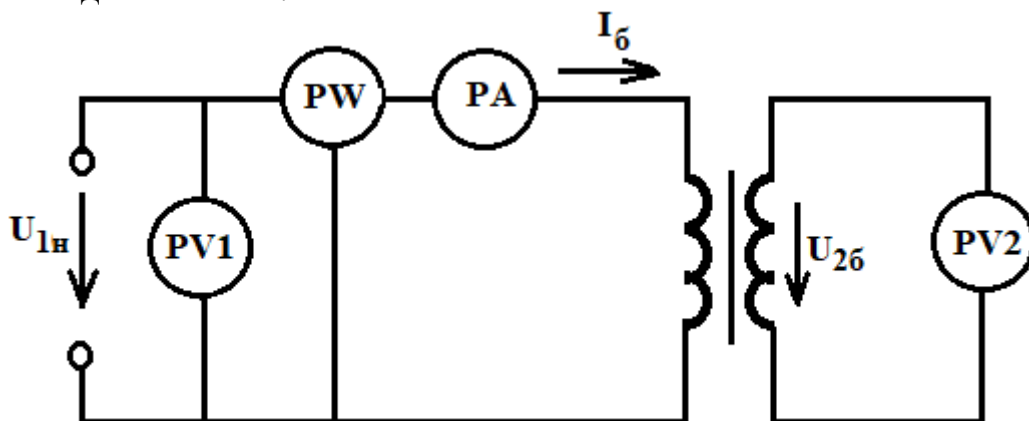
Барлық жағдайда (1.22) мен (1.23) теңдіктері бос жүріс кезіндегі трансформаторда кіріс ораманың ЭҚК орнына оның кернеуін алуға болатындығын, ал шығыс ораманың ЭҚК оның кернеуіне тең екенін білдіреді.

(1.23) және (1.22) теңдіктерінің қатынасын алсақ, ЭҚК (1.19) және (1.20) теңдіктеріне мәндерін қойсақ алатынымыз

$$\frac{U_1}{U_{16}} = \left| \frac{E_1}{E_2} \right| = \frac{\omega_1}{\omega_2} = k, \quad (1.23)$$

бұдан шығатыны, бос жүріс бойынша орамалардың ЭҚК-тері мен кернеулерінің қатынасы олардың орам сандарының қатынасына тең. Орамдарының саны тұрақты шама болуына байланысты, олардың қатынасы да k тұрақты шама болып саналады. Бұл шама - трансформация коэффициенті, шықпалық кернеудің кіріс кернеумен салыстырғанда, орамалардың орам сандарына қатысты қанша есе азайып, не болмаса көбейетінін білдіреді.

Трансформатордың бос жүріс бойынша параметрлерін анықтау мақсатында арнайы тәжірибе жүргізеді. Осындай тәжірибені бос жүріс тәжірибесі деп атаймыз.



1.4 сурет – Бос жүріс кезіндегі тәжірибеге арнаған сұлба

Осы бос жүріс тәжірибесінде кіріс орамаға номинал кернеуі қосылады, шығыс орама қосылмаған күйде болады (1.4 сурет). Сол себепті, бос жүріс

кезінде кіріс орама кернеуі $U=U_{III}$, тогы $I_1=I_6$ тең болса, шығыс орамның кернеуі $U_2=U_{26}=E_2$, ток $I_2=0$ болады.

Кірімелік ораманың тізбегіндегі ваттметр трансформатордың электр көзінен алатын қуатын көрсетеді: $P=P_6$ – мұны бос жүріс қуаты немесе бос жүрістік қуат деп атайды. Бұл энергия негізінен өзекті қыздыруға шығындалады, өйткені бос жүріс тогы аз боғандықтан орамалардың қызуы да аз. Сондықтан оны ескермеуге болады.

1.4 Қысқа тұйықталу кезіндегі режим

Трансформаторлардың қысқа тұйықталған режимін алу мақсатында олардың екінші ретті орамдарын қысқа тұйықтау қажет, яғни $U_2 = 0$ болады (1.4 сурет). Осы кезде теңдеулер жүйесі келесі түрге ие болады:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 + j\dot{I}_1 x_{s1} + \dot{I}_1 r_1 \\ 0 &= \dot{E}'_2 - j\dot{I}'_2 x'_{s2} - \dot{I}'_2 r'_2 \\ \dot{I}_1 &= \dot{I}_0 - \dot{I}'_2 \end{aligned} \quad (1.24)$$

Бұл режим кезінде орамдардағы токтың шамасы номиналь шамадан біраз есе асып кетуіне байланысты бірінші реттік кернеудегі номиналь шамада қысқа тұйықталу үлкен қауіп тудырады, сол себепті қысқа тұйықталуды төмендеген кернеуді қосу көмегімен жүргізу қажет.

Қысқа тұйықталу әдісінің көмегімен трансформатордың төмендегідей параметрлерін анықтап алуымызға болады:

1) орынбасу сұлбасы параметрлерін: $z_k = U_{кном} / I_{1ном}$; $r_k = P_{кном} / I_{1ном}^2$; $x_{sk} = \sqrt{z_k^2 - r_k^2}$ осы өрнектегі r_k мен z_k кедергілерін $75^\circ C$ шартты жұмыс жасау температурасына $r_{k75^\circ} = r_{k\theta^\circ} \cdot [1 + \alpha \cdot (75^\circ - \theta^\circ)]$, $z_{k75^\circ} = \sqrt{r_{k75^\circ}^2 + x_{sk}^2}$ өрнектері арқылы келтіру қажет.

мұндағы $r_{k\theta}$ - θ кездегі қоршаған орта температурасының кедергісі;

$\alpha = 0.004 \text{град}^{-1}$ - температуралық коэффициент мысқа

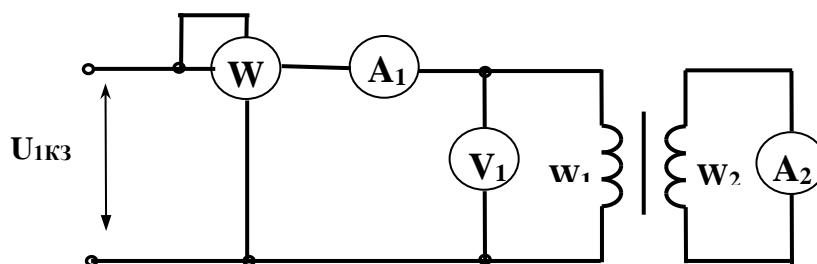
байланысты;

2) $P_{кном} = I_{1ном}^2 \cdot r_1 + I'^2_{2ном} \cdot r'_2 = I_{1ном}^2 \cdot r_k$ - қуат шығыны;

3) $\cos \phi_k = r_{k75^\circ} / z_{k75^\circ}$ - қуаттық коэффициент;

4) қысқаша тұйықталуда $u_{ка}$ активті және $u_{кx}$ реактивті құраушыларының проценттік мәнін және кернеуінің номиналь шамасын $u_{кном}$ анықтауға мүмкіндік береді. Осы шамалар келесі теңдіктер арқылы есептеледі:

$$\begin{aligned} u_{кном} &= (U_{кном} / U_{1ном}) \cdot 100 = (I_{1ном} \cdot z_{k75^\circ} / U_{1ном}) \cdot 100; \\ u_{ка} &= (I_{1ном} \cdot r_{k75^\circ} / U_{1ном}) \cdot 100 = U_{кном} \cdot \cos \phi_k, \\ u_{кx} &= (I_{1ном} \cdot x_{sk} / U_{1ном}) \cdot 100 = U_{кном} \cdot \sin \phi_k \end{aligned} \quad (1.25)$$



1.5 сурет – Қысқа тұйықталу режимінің сұлбасы

1.5 Трансформатордың шықпалық кернеуін өзгерту және параметрлерін келтіру. Пайдалы әсер коэффициенті

ЭҚК тұрақты болуына байланысты шығыс ораманың электр күйінің теңдеуін (өзектегі магнит ағыны тұрақты болғанда), жүкті арттыру арқылы орамадағы кернеу құлауы $Z_2 I_2$ ұлғаяды, орама қысқаштарындағы U_2 кернеу төмендейді. Шықпа кернеу өзгерісі, яғни оның қатыстық өзгерісі

$$\Delta U_2 = \frac{U_{2\delta} - U_2}{U_{2\delta}} \approx \frac{Z_2 I_2}{U_{2\delta}}, \quad (1.26)$$

мұндағы $Z_2 I_2$ – кернеудің түсуі шықпалық орамадағы. Жалпылай алған кезде трансформатор жүктемесі тұрақты емес – ол процесс аяқталғанша өзгеріске ұшырап отырады. Сол себепті, трансформатор жүктемесінің шамасын жүктеме коэффициенті көмегімен көрсетуге болады:

$$\beta = \frac{S}{S_H} = \frac{I_1}{I_{1H}} = \frac{I_2}{I_{2H}}, \quad (1.27)$$

мұндағы S, I_1, I_1 - номинал режим кезіндегі қуат пен орама токтары;

S, I_1, I_1 - жүктемедегі қуат пен орамалардың токтары.

Бұл теңдіктен шығыс орама тоғын (6.30) теңдігіне арқылы есептесек, онда шықпалық кернеудің өзгерісі

$$\Delta U_2 = \beta \frac{Z_2 I_{2H}}{U_{2\delta}}. \quad (1.28)$$

Қысқа тұйықтау тәжірибесінен номинал жүк кезіндегі шығыс орамадағы кернеудің құлауын тапсақ:

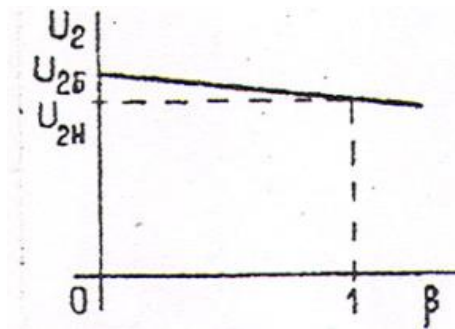
$$Z_2 I_{2H} = \frac{U_K}{K}. \quad (1.29)$$

Бос жүріс кезінде:

$$U_{2\beta} = \frac{U_{1H}}{\kappa}. \quad (1.30)$$

Бос жүріс кезіндегі кернеудің және кернеудің құлауының мәндерін теңдікке қойсақ:

$$\Delta U_2 = \beta \frac{U_K}{U_{1H}}. \quad (1.31)$$



1.6 сурет – Трансформатордың сыртқы (шықпа) сипаттамасы

Жүк мөлшеріне байланысты шықпалық кернеу өзгерісі (себебі U_K мен U_{1H} кернеудің тұрақты шамалары) екендігі анықталды. Жүктен тәуелді болатын шықпалы кернеудің өзгерісін көрсететін сызбаны трансформатордың сыртқы (шықпа) сипаттамасы деп атаймыз. Сыртқы (шықпалы) сипаттама келесі теңдеу арқылы тұрғызылады:

$$U_2 = U_{2\sigma}(1 - \Delta U_2) = U_{2\sigma} \left(1 - \beta \frac{U_K}{U_{1H}} \right). \quad (1.32)$$

Трансформатордың сыртқы (шықпалы) сипаттамасы жүктеме ұлғайған сайын оның шықпалық кернеуі төмендей береді, (2.4) теңдігіне сәйкес түзу сызық түрінде болады. Шықпалық ораманың орам санын арттыру арқылы ЭҚК-ін ұлғайтамыз, сонда ғана шықпалық кернеу электр қабылдағыштың номинал кернеуіне тең болады. Сол себепті, шықпалық ораманың орам санын өзгертіп отыратын ауыстырып-қосқыш трансформаторларда шықпалық кернеуді реттеу мақсатында қажет болады.

$w_1 \neq w_2$ болған кезде, онда $E_1 \neq E_2, I_1 \neq I_2$ ие болады, орамдардағы токтардың және ЭҚК әр түрлі болуына байланысты олардың активті және индуктивті кедергілері де әртүрлі болады. Осы жағдай трансформатордағы үрдістерді есептеуде қиындықтар пайда болады, бұл жағдай трансформациялау коэффициенті жоғары болған кезде бірден байқалады. Сол себепті, бір тармақтар санына трансформатордың екі орамдарын сәйкес келтіреді, көп жағдайда бірінші ретті орамдарға екінші ретті орамдарды келтіру қабылданды. Тармақтар саны w_2 екінші ретті орамды w_1 тармағына ие

болған кезде бірінші ретті орамға келтіреді, ол бірінші ретті тізбектің жұмыс жасау режиміне кедергі келтірмеуі қажет.

Екінші ретті келтірілген орамның бар параметрлерін келтірілген деп атаймыз.

Екінші ретті келтірілген ЭҚК:

$$E_2' = (w_1/w_2) \cdot E_2 = K \cdot E_2 = E_1,$$

мұндағы K – келтіру коэффициенті, ол трансформациялау коэффициентіне тең.

Осы қатынаспен екінші ретті орамның басқа да ЭҚК мен кернеуі өзгереді.

Екінші ретті орамды бірінші реттіге келтіргенде толық қуат теңдігін, яғни $S_2' = S_2$ немесе $E_2' \cdot I_2' = E_2 \cdot I_2$, сәйкесінше, келтірілген екінші ретті ток:

$$I_2' = (E_2/E_2') \cdot I_2 = (1/K) \cdot I_2.$$

Келтірілген және нақты орамдардағы қуат шығындары да өзгеріссіз қалуы керек, сондықтан, $I_2'^2 r_2' = I_2^2 r_2$, ендеше келтірілген активті кедергі:

$$r_2' = (I_2/I_2')^2 r_2 = K^2 r_2.$$

Бірінші реттіге келтіру кезінде екінші ретті орамның L_2 индуктивтілігі реактивті қуаттарда тең болуы қажет, $Q_2' = Q_2$ не болмаса $I_2'^2 x_2' = I_2^2 x_2$, осы кезде екінші ретті келтірілген индуктивтілік кедергі:

$$x_{s2}' = (w_1/w_2)^2 x_{s2} = K^2 x_{s2}.$$

Келтірілген трансформаторларға қажетті теңдеулер жүйесі үшін келесідей болады:

$$\begin{aligned} \dot{U}_1 &= -\dot{E}_1 + j\dot{I}_1 x_{s1} + \dot{I}_1 r_1; \\ \dot{U}_2' &= \dot{E}_2' + j\dot{I}_2' x_{s2}' + \dot{I}_2' r_2'; \\ \dot{I}_1 w_1 &= \dot{I}_0 w_1 - \dot{I}_2' w_2. \end{aligned} \tag{1.33}$$

Теңдеу жүйесінің (1.33) w_1 бөлсек, сол кезде ток теңдеулері келесі түрде болады:

$$\dot{I}_1' = \dot{I}_0' - \dot{I}_2'. \tag{1.34}$$

Жүктемедегі ток көзінен тұтынылатын активті қуаттар мен активті қуат қатынасын ПӘК ретінде анықтауға болады:

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_1 I_1 \cos \varphi_1}.$$

Көп жағдайда төмендегі өрнекті пайдаланады:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + \sum P} = \frac{U_2 I_2 \cos \varphi_2}{U_2 I_2 \cos \varphi_2 + P_{CT} + P_M},$$

мұндағы $\sum P = P_{CT} + P_M$ - қуат шығынының толық шамасы.

Трансформатор қуатына байланысты болат өзектегі қуаттар P_{CT} шығынын бос жүріс режиміндегі қуаттар P_0 шығынына тең деп саналады. Жүктемеге P_{CT} тәуелді болмайды, сол себепті тұрақты деп санаймыз.

Орамдардағы қуат шығыны P_M токтың екі дәрежесіне тура пропорционал:

$$P_M = P_k = I_1^2 r_{k75^0}.$$

Көп жағдайда, $\cos \varphi_2 = const; U_2 = U_{2НОМ} = const$.

Осыдан :

$$\eta = \frac{U_{2НОМ} I_2 (I_{2НОМ} / I_{2НОМ}) \cos \varphi_2}{U_{2НОМ} I_2 (I_{2НОМ} / I_{2НОМ}) \cos \varphi_2 + P_{CT} + I_1^2 r_{k75^0} (I_{1НОМ} / I_{1НОМ})^2},$$

не болмаса:

$$\eta = \frac{k_H P_{НОМ} \cos \varphi_2}{k_H P_{НОМ} \cos \varphi_2 + P_{CT} + k_H^2 P_{кНОМ}},$$

мұндағы $P_{НОМ} = U_{2НОМ} \cdot I_{2НОМ}$.

Болат өзектегі қуат шығыны электрлік шығындарға тең болған жағдайдағы максималь ПӘК мәнін k_H коэффициентінің нақты бір қолайлы мәнінде алуға болады:

$$k_{Hopt}^2 P_{кНОМ} = P_{CT},$$

Осы теңдіктен

$$k_{Hopt} = \sqrt{P_{CT} / P_{кНОМ}}.$$

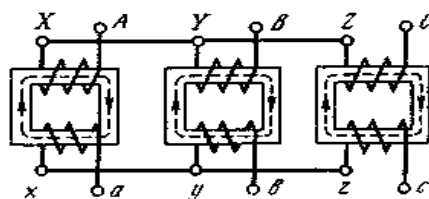
Қуаты төмен трансформаторларда ПӘК $\eta = 0,6 - 0,92$, күштік трансформаторда $\eta = 0,96 - 0,99$; жүктеме $k_{\text{Норт}} = 0,5 - 0,8$ осы мәндер аралығына сәйкес келсе, онда ПӘК максималь мәнін алуымызға болады.

1.6 Үш фазалы трансформаторлар

Үш фазалы айнымалы ток козінен қоректенетін түзеткіштің сұлбалары қуаты төмен не үлкен болатын өндірістік қондырғыларды қоректендіру кезінде пайдалануы мүмкін. Осы сұлбаларды қоректендіру мақсатында үш фазалы трансформаторлар пайдаланылады. Үшфазалы трансформаторлар топтаса (1.6 сурет) жасалуы мүмкін, бұл дегеніміз трансформатор бір фазалы үш трансформаторлардан тұрады және әр трансформатор дәл бір фазалы трансформатор ретінде жұмыс істейді. Келесі бір түрі үш стерженді болады (1.8 сурет).

Трансформатордың бірінші және екінші ретті орамдарын үшбұрыш (Δ) не болмаса жұлдызша (Y) түрде жалғанған сұлбалардың бірімен жалғануы мүмкін, сұлбаның қандай қосылғаны трансформатордың құжаттық берілгендері болып саналады, қандай сұлба екендігі шартты белгімен көсетіледі, мысал ретінде Y/Y бөлшектің алымы бірінші ретті, ал бөлімі екінші ретті (1.8 сурет) орамдардың қосылу сұлбасын беріледі.

магниттік жүйе топтас трансформаторда симметриялы түрде болады, әр трансформаторды оларды зерттеу барысында жеке-жеке қарастыруға болады, сол себепті бір фазалы трансформатор үшін теңдіктердің бәрін, оның ауыстыру сұлбасын, векторлық диаграммасын топтас үшфазалы трансформатордың әр фазасындағы үрдістер үшін дұрыс деп қарастыруға болады.



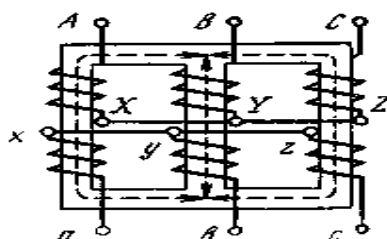
1.7 сурет – Үш фазалы топтас трансформатор

Үш оқтаушаді трансформатордың әрбір стерженінің магнит ағынының геометриялық қосындысы кез келген уақытта нөлге тең болып саналады, сол себепті магнит тізбегінің тұйықталған контурлы болуын үшін қарастырылған магнит өткізгіштің арнайы бөліктерінің керегі жоқ. Үш оқтаушаді трансформатордың негізгі ерекшелігі де сол, бұл жағдай магнит өткізгіш салмағының аздығы болып саналады. Алайда, оның кемшілігі болып саналады, өйткені шеткі және ортаңғы стержендегі магнит ағынының жолы түрлі болуына байланысты олардың магниттік кедергілері де әр түрлі.

Магниттелу токтарының бір-бірінде айырмашылық магниттік кедергілердің әр түрлі болуынан пайда болады.

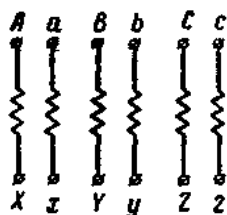
Барлық алты орамдар үш оқтаушаді трансформаторда ортақ өзекшеге орналасқан, сондықтан есептеулер кезінде орамдардың бір-біріне әсерін де ескеру керек. Көбінесе бұл трансформаторлардында теңдеулерін бірфазалы трансформатор теңдеулеріне келтіреді, сондықтан осыған дейін үш фазалы трансформатордың әрбір фазасы үшін алынған теңдеулер бұлар үшін де дұрыс болып табылады.

Бұл трансформатордың трансформациялау коэффициенті сызықты кернеулердің қатынасы ретінде анықталады, сондықтан ол орамдардың тармақ саны ғана емес, сонымен қатар орамдардың жалғану сұлбасына да байланысты.



1.8 сурет– Үш фазалы үш оқтаушалы трансформатор сұлбасы

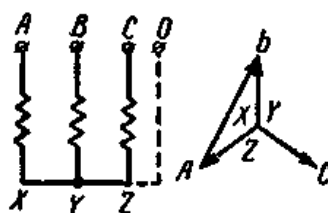
Үш фазалы трансформатор орамаларының қысқыштары төмендегідей белгіленеді (1.9 сурет).



1.9 сурет – Үш фазалы трансформатор орамаларының қысқыштарының белгіленулері

Ораманың қысқыштарының қалай белгіленуін біле отыра, үш фазалы трансформатор мен үш фазалы топ орамаларын үшбұрышқа не болмаса жұлдызшаға жалғай аламыз. Сондай-ақ, трансформаторлардың параллель жұмыс жасау кезінде қалай жалғанатындығын да білу керек.

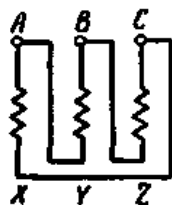
Орамаларды жалғау, төменгі суретте жоғарғы кернеудің орамасын жұлдызша етіп жалғау 1.10 суретте келтірілген.



1.10 сурет – Орамаларды жұлдызша етіп жалғау

Бұл жағдайда сызықтық кернеу $\sqrt{3}$ есе фазалық кернеуден үлкен, ал сызықтық ток фазалық токқа тең.

1.11 суретте ораманы үшбұрышқа жалғау көрсетілген.



1.11 сурет – Ораманы үшбұрышша етіп жалғау

Осы жерде желілік кернеу фазалық кернеуге тең болады, ал желілік ток фазалық токтан $\sqrt{3}$ есе үлкен. Y/Y белгілену - орамаларды жұлдызша-жұлдызша етіп жалғау. Y/Δ белгілену - орамаларды жұлдызша-үшбұрыш етіп жалғау. Y₀ белгілену - жұлдызша етіп жалғанған орамадан нөлдік нүкте шығарылған, яғни нөлі бар жұлдызшалы жалғану.

Трансформатордың $U_{сыз.1}$ мен $U_{сыз.2}$ желілік кернеулерінің арасындағы қатынас тек орамалар орамдарының санына ғана емес, сондай-ақ олардың жалғану тәсілдеріне де тәуелді болады.

Y/Y кезінде	$\frac{U_{сыз.1}}{U_{сыз.2}} = \frac{\omega_1}{\omega_2};$
Y/Δ кезінде	$\frac{U_{сыз.1}}{U_{сыз.2}} = \frac{\sqrt{3}\omega_1}{\omega_2};$
Δ/Y кезінде	$\frac{U_{сыз.1}}{U_{сыз.2}} = \frac{\omega_1}{\sqrt{3}\omega_2}.$

1.7 Трансформаторды параллель қосу және жалғау топтары

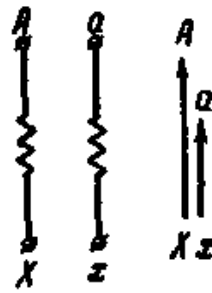
бірінші және екінші ретті ЭҚК арасындағы фаза бойынша ығысу бұрышына байланысты трансформаторды бірнеше жалғау топтарына бөлуге болады.

1-ден 12-ге дейін бүтін сандар жалғау топтарын белгілеу мақсатында таңдап алынады. Осы жердегі бір саны (бірінші топ) 30^0 -қа сай болады деп шартты түрде қабылданған, яғни топтардың еселік бұрышы 30^0 -қа тең болады. Жалғау топтарын анықтау барысында жоғары кернеу орамаларының ЭҚК векторымен минут тілін, ал төменгі кернеу орамаларының ЭҚК векторымен сағат тілін салыстыру қажет. Минут тілін сағат тіліне бағыттас, олардың айналу бағыты бойынша жүргізу бұрыштың саналуы болып табылады.

Бір фазалы трансформаторды орамалары 1.12 суретте берілген.

Олар ораудың бағыттас кезінде орындалса, (мысалы, сағат тілі бойынша, егер A дан X-ке және a-дан x-ке қарай қараса), бір жаққа бағытталған векторлар онда оларға келтірілген э.қ.к. болып көрсетіледі.

Осындай трансформатор 12 санымен белгіленетін жалғану тобына жатады. Олардың шартты белгіленуі 1/1-12 болады.



1.12 сурет – Бір фазалы трансформаторлар 1/1-12

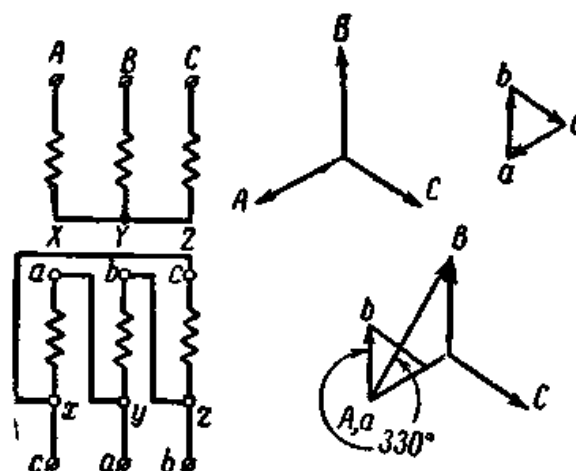
Трансформатор төменгі кернеу орамасына ие болса, онда бастапқы жағдаймен салыстырғанда қыспақтардың белгіленуі көрсетілген болса, онда ЭҚК арасындағы ығысу 180^0 тең болады. (1.13 сурет).



1.13 сурет – Бір фазалы трансформаторлар 1/1-6

Осындай трансформаторлар 6 санымен белгіленетін жалғану тобына жатады.

Орамаларының қосылуы Y/Δ үш фазалы трансформаторды алып көрейік (1.14 сурет).



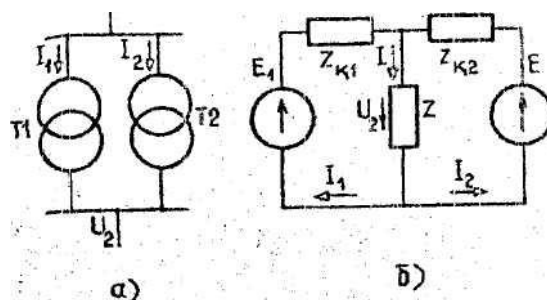
1.14 сурет – Үш фазалы трансформаторлар Y/Δ-11

Осы суретте байқайтынымыз, келтірілген э.к.к.-ң векторлық диаграммалар желілік э.к.к.-ң арасындағы ығысудың 330^0 тең екенін білдіреді. Яғни, трансформаторда 11 топқа жатады. Ол Y/Δ -11 шарты белгісімен белгіленеді.

Орамаларды Y/Δ (Δ/Y немесе) жалғау кезінде бар тақ топтарын 1, 3, 5, 7, 9, 11 қабылдаймыз.

Бұл жалғану топтарының 12 мен 11 екеуі ғана стандартталған. Бар жасалатын бір фазалы трансформаторлар мен орамалары Y/Y бойынша жалғанған үш фазалы трансформаторлар 12 топқа кірсе, орамалары Y/Δ етіп жалғанған үш фазалы трансформаторлар 11 топқа кіреді.

Көбінесе, электрмен қамтамасыз ету сенімді болу мақсатында трансформаторды лаустанцияға екі не болмаса одан да көп трансформаторлар қойып жатады. Бір трансформатордың қуаты электр қабылдағыштардың қуатынан төмен болған кезде екі не одан да көп трансформаторлар қойылады. Бір кернеулі торапқа трансформатордың кіріс орамалары жалғанады қосылады. Осылайша, номинал кернеулері бірдей болатын электр қабылдағыштарды қамтамасыз ететін, с онымен қатар бір торапқа жалғанатын лаустанциялы трансформаторлар бір-бірімен өзара параллель жалғанады.



1.15 сурет – Трансформаторлардың параллель қосылуы (а) мен олардың шықпалы орамаларының орынбасу сұлбасы (б)

Осы жоғарыда айтылғандар мен 1.15, а суреттегі кіріс және шықпалы орамаларының номинал кернеулері бір-бірімен өзара тең болуы қажет. Осы шарт трансформатордың трансформация коэффициенттері бір-бірімен өзара тең болған жағдайда орын алады. Параллель жалғанған екі трансформатордың шықпалы орамалар тізбегінің орынбасару сұлбасы 1.15, б-суретте берілген. $E_1 = E_2$ шарты орындалмаса, яғни шықпалық орамалардың ЭҚК бір-бірімен өзара тең болмаған жағдайда, онда бос жүріс күйінде де шықпалы орамалар бойымен ток жүретін болады. Осы ток орамаларды қыздырып, трансформаторда қосымша шығын пайда болады. $E_1 = E_2$ шарты орындалуы мақсатында трансформаторлардың жалғану топтары бірдей болуы қажет, яғни ТЕК шықпалы орамалардың ЭҚК сан мәндері ғана емес, сонымен қатар фазалары да өзара тең болуы қажет.

Орынбасу сұлба бойынша трансформатордың шықпалы орамаларының тогы:

$$I_1 = \frac{E_1 - U_2}{Z_1 k_1},$$
$$I_2 = \frac{E_1 - U_2}{Z_2 k_2}.$$

Осы жерде $E_1 = E_2$ шартын орындалады деп санасақ, онда бірінші теңдеуді екінші теңдеуге бөлсек, алатынымыз

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{Z_{k2}}{Z_{k1}}.$$

Қысқаша тұйықталу кезіндегі кедергінің орнына солардың мәндерін қойсақ, онда төмендегідей болады.

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{u_{k2} 2\%}{u_{k1} \%} \cdot \frac{S_{1H}}{S_{2H}}.$$

Қысқаша тұйықталудың кернеулері өзара теңдеп есептесек, $U_{k1} = U_{k2}$ тек болады, онда

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{S_{1H}}{S_{2H}}.$$

Осы қысқаша тұйықталу кернеулері бір-бірімен тең болған жағдайда, параллель қосылған трансформатордың жүктемесі олардың номинал қуаттарына пропорционал болады, арадағы ортақ жүк олардың номинал қуаттарына қарай бөлінеді (үлкен қуатты трансформатордың жүктемесі де үлкен, ал төмен қуатты трансформатордың жүктемесі де төмен) деген тұжырым туындайды.

Сол себепті, трансформаторды жұмысқа параллель жалғау мақсатында келесі үш шартты орындау қажет:

- 1) $k_1 = k_2$ тең, яғни трансформация коэффициенттері тең болуы керек;
- 2) жалғану топтары бірдей болуы қажет;
- 3) $u_{k1} = u_{k2}$, яғни қысқаша тұйықталу кернеулері өзара тең болуы қажет.

1.8 Трансформатордың шуы

Кез келген шу адам денсаулығына қауіпті әрі зиянды, әсіресе адам демалған уақытта, шу деңгейі қалыптыдан жағдайдан сәл жоғары болған кездерде адамға тиер зиянды әсері де өте жоғары. Сондықтан трансформаторлар белгілі бір арнайы орында болмаса, түнгі шуы адамның ағзасына өте зиянды болып саналады.

Қазіргі таңда трансформаторшуын төмендету дүние жүзінде алдыңғы қатардағы келелі мәселеледің бірі. Трансформатордың шуын төмендетуге көптеген шаралар қажет. Алдымен трансформатордағы шудың көзін, себебін анытап, сонан соң, шуды азайту жолдарын қарастыру керек.

Трансформаторды шуының болуының ең үлкен себебі - магнитстанция құбылысы. Трансформатордағы басқада шулар салқындатуға пайдаланылатын желдеткіштерден, қосу аппараттарынан туып жатады.

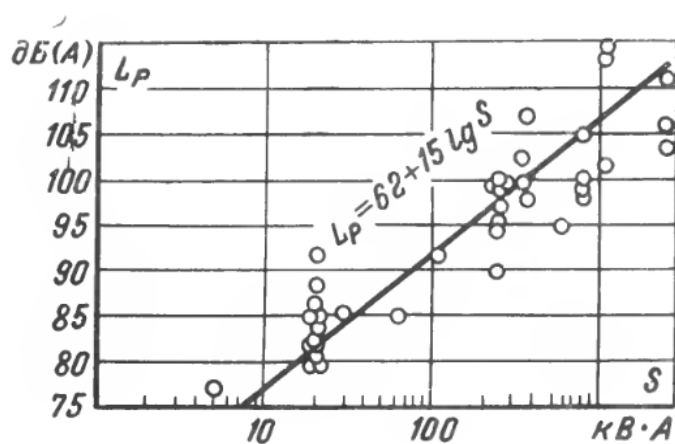
Трансформатордан өзінен туатын шу көп жағдайда трансформатордың көлеміне мен электрмагниттік жүктемелерге тәуелді болады. Шудың пайдат болуының басты себебі, трансформатордың өзегіндегі дірілдерге, яғни магнитстанцияның құбылысына сәйкес, электртехникалық болат қаңылтырдың жасалуы құрамына және оның индукциялылығына тәуелді болады. Алайда, трансформаторлардағы басты шуыл - магниттік шу, ал қалшған шуларды трансформатор есептеулері кезінде елемесе де болады.

350 кВ төмен трансформаторлардың сынақтық кернеуінің шуыл деңгейін келесідей өрнекпен анықтауға болады:

$$L = 10 \lg S + 60$$

1.16 сурет бойынша екі орамды трансформаторда шуыл деңгейінің өзгеруін шамалап анықтауға болады.

Жоғарыда айтылған мәліметтер мен өрнектер көп зерттеулердің, статикалық бақылаулар бойынша құрылған, сонымен қатар келешекте жаңа трансформатордың шуыл деңгейін анықтау мен шуыл деңгейін тазайтуға арналған нақты шараларға пайдалануға мүмкіндік береді..



1.16 сурет – Екі орамды трансформаторлар үшін шу деңгейінің өзгерісі

1.9 Трансформаторларда болатын магниттік шулар

Магнитостанциялық шудың басты көзі - трансформатордың өзекшесі. Магнитостанция магнит өрісінде болатын ферромагниттік дененің пішіні мен

өлшемін өзгеріске алып келітін құбылыс болып саналады. Жалпы, денедегі деформация индукцияға, электротехникалық болатын құрылымдық құрамына, тағы басқа физикалық шамаларға тәуелді болады.

Магнитостанция құбылыс дегеніміз - ферромагниттік теорияға сәйкес, ферромагниттік материалдардың магниттік қасиетіне, домен қабырғаларының магнит өрісінде қалай өзгеруіне тәуелділік. Магнитостанция құбылыстың нәтижесі арқылы магниттік қасиетіне байланысты материалдардың магнит өрісінде өлшемдері өзгеріске ұшырайды. Осы өзгеріс не болмаса деформация өте төмен болса да, дірілге қатты әсер етеді. Деформация төмендегі өрнек бойынша өрнектеледі:

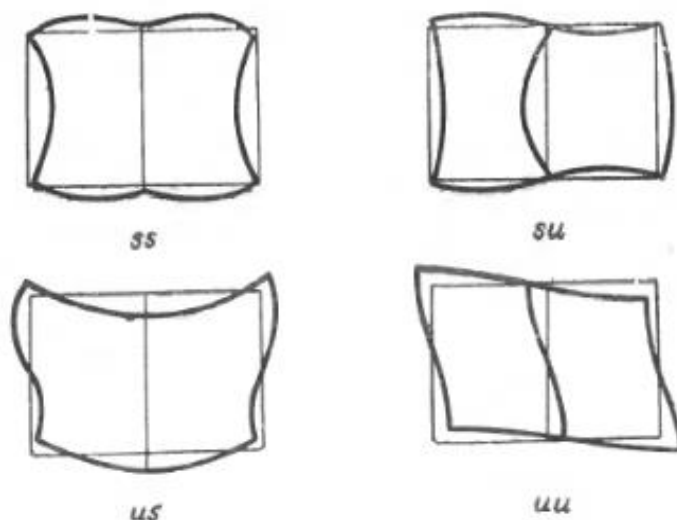
$$E = (l_s - l_0)/l_0, \quad (1.35)$$

мұндағы l_0 – магнит өрісі жоқ кезіндегі материалдың ұзындығы;

l_s – магнит өрісіндегі материалдың ұзындығы.

Магнитостанция құбылысын темір құрамына кремний қосу арқылы төмендетеді. Жылу ұстап тұратын, қатталған темір құрамында кремний ұлғайған сайын, магнитостанция құбылысы төмендей бастайды, қажет болса, магнитостанция құбылысын мүлде жоқ жасауға болады. Мысалы, қатталған темірлерде, құрамында 6% кремнийге ие темірлерде магнитостанция сезілмейді. Алайда, осындай болат темірлерден трансформаторлар құрастыруға болмайды, себебі, осы жағдайда трансформатордың механикалық беріктігі төмендейді. Сонымен қатар, магнитостанция суықтай қатталған болатпен салыстырғанда ыстықтай қатталған болаттан төмендлеу болады. Магнит денесінің қиысу нүктелерінде қатты тербеліс күштер туа бастайды, сол үшін бұл тербелістерді трансформатор өзекшесінің бұрыштарына серіппе қоюға тырысады. Сонымен қатар, әрі өзекше болаттың енін ұзындығынан көп қысқа қылып жасайды.

Үш фазалы өзекшеде туатын өзіндік тербелістерді 1.17 суреттен байқауға болады.



1.17 сурет – Үш фазалы трансформатордағы өзіндік тербелістер

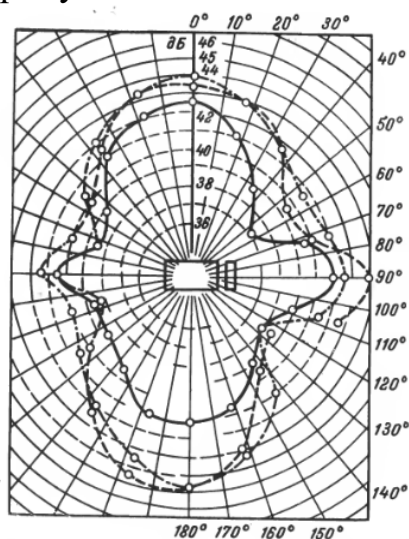
Қарастырылған зерттеудер нәтижесі магниттік шу деңгейіне кернеудің шамасы және жиілігі де ықпал ететіндігі байқалды. Кернеу тұрақты болған жағдайда кернеудің жиілігін төмендетсе, магниттің шуыда төмендеуі байқалды.

1.10 Трансформатордың шуына талдау жасау мен өлшеу амалдары

Трансформатордың шуын талдау кезеңдері өте күрделі, шуды анықтау дыбыстық қысым деңгейі арқылы табылады. Соңғы жылдары трансформатордың шуын дыбыс қуаты деңгейі көмегімен де табу жолдары қарастырылуда, шудың жиілікте тәуелділігін кез келген кеңістікте, қашықтықта анықтауға, осы амас шу көзін анықтауға жол береді. Трансформатордың шуы толықтай жабық камерада анықталып табылады. Алайда, осы амал экономикалық көзқараспен салыстырсақ, тиімсіз болып саналады.

Қазірге дейін трансформатордың шуын есептеу мақсатында арналған қозғалмалы қабырғаларды қолданылады. Жалпы ауданы 4×4 м. Өлшеу жүргізген кезде діріл еденге трансформатордан беріледі, сондай-ақ, шу көзі акустикалық шағылысатын беттен 3 метрден арақашықтықтан кем болмауы қажет.

Трансформатордың басты шуды тудыратын беті тура бет болып саналады. Микрофанның көмегімен өлшеу нүктелерінің арақашықтығы 0,9 м жоғары болмауы қажет, ал өлшеу нүктелері 4 аз болмауы қажет. Трансформатор арқылы суытылған кезде, ол жерде бір рет шу деңгейін желдеткіш жұмыс жасап тұрған кезде, сосын екінші рет желдеткіш іске қорсылмай тұрғанда кезде жүргізу қажет.



1.18 сурет – 160 кВА қуатты, 5300/230 В үш трансформатор шуының бағыты

Барлық өлшенген мәндердің орташа мәні трансформатордың шу болып саналады. Қазіргі таңға дейін трансформатор шуы және де оның деңгейін төмендету өте маңызды мәселе болып саналады.

Трансформатордың шуының басты бағыты тура қабылғаларынан пайда болады. Шудың бағытталу диаграммасы 1.18 суретте берілген.

Шу деңгейі белгілі шамадан асып кетсе, онда төмендету мақсатында шаралар қолдану қажет.

1.11 Трансформатордың шуын төмендету амалдары

Цехтарға, тұрғын үйлерге трансформаторларды орнату кезінде шудың адамға зиянды әсері төмен болғаны тиімді. Өйткені, трансформаторлар тұрақты түрде шу шығарып тұрады. Қуаты 500 кВА болатын трансформатордың терезесі бар жабық камерада NEMA нормативі бойынша шуы шектелген деңгейде болу мақсатында 12 метрденалыс болмауы керек, сондай-ақ, қуаты 60 МВА трансформатор үшін 200 метрден кем орналаспауы керек. Трансформатордың түнгі уақыттағы шуы тұрғын үйлер жанында орналасқан болса, онда деңгейі 25 дБ жоғары болмауы керек.

Трансформатор орналасқан камераны шу болатын материалдармен ораған не қаптағанда шу деңгейін азайтуға мүмкіндік бар.

Егер трансформатор болатындағы индукцияны 13,5 – 0,95 дейін азайтсақ, онда магнитостринция құбылысынан туған шуды төмендетуге мүмкіндік бар, алайда трансформатордың құны 20% дейін қымбат түсетін болады. Егер трансформатордағы болаттың қалыңдықтары бірдей болмаған жағдайда шу тек ұлғая береді, сонымен қатар оларды құрастыру барысында мықты күшпен тартып бекіту керек.

Трансформаторларды толықтай жабық камерамен қоршағанда және дыбыс жоятын материалдармен қаптаған амалдарды қолдансақ, трансформатордың шуын төмендетудің ең арзан әрі тиімді әдісі болып саналмақ. Осындай камералар шуды 30-40 дБ аралығында дейін азайтады. Жоғарыда айтылған амалдардың барлығын технико-экономикалық есептеулерден соң қажеттісін таңдап, жасаған қолайлы болмақ.

2 Негізгі бөлім

2.1 Жобалауға арналған бастапқы мәліметтер

Трансформатордың номиналды қуаты	$S = 400 \text{ кВА}$
Фаза сандары	$m = 3$
Желінің жиілігі	$f = 50 \text{ Гц}$
Трансформатордың жұмыс режимі	үзіліссіз
Номиналды жоғарғы желілік кернеу	$U_{ВН} = 10000 \text{ В}$
Номиналды төменгі желілік кернеу	$U_{НН} = 515 \text{ В}$

Орамдарды жалғау сұлбасы және тобы	Y/Y – 12
Трансформаторды салқындату әдісі	табиғи майлы
Қысқа тұйықталу кернеуі	$u_k = 4,5\%$
Қысқа тұйықталу шығыны	$P_k = 3000 \text{ Вт}$
Бос жүріс шығыны	$P_o = 1500 \text{ Вт}$
Бос жүріс тогы	$i_o = 4,9\%$
Орам материалы	алюминий

Қысқаша түрде, трансформатордың бірінші ретті орам санын – 1, ал екінші ретті орам санын – 2 деп белгілейміз.

2.2 Негізгі электрлік шамалар

Номиналдық фазалық кернеу (жұлдызша жалғану сұлбасын екендігін ескереміз):

$$U_{1\phi} = \frac{U_{HH}}{\sqrt{3}} = \frac{515}{\sqrt{3}} = 297 \text{ В},$$

$$U_{2\phi} = \frac{U_{BH}}{\sqrt{3}} = \frac{10000}{\sqrt{3}} = 5780 \text{ В}.$$

Номиналды ток. Бұл сұлбада «жұлдызша жалғану» $I_\phi = I_L$

$$I_1 = \frac{S \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{HH}} = \frac{400 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 515} = 448,4 \text{ А},$$

$$I_2 = \frac{S \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{BH}} = \frac{400 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10000} = 23,1 \text{ А}.$$

Осылайша: $I_1 = I_{1\phi} = 448,4 \text{ А}$; $I_2 = I_{2\phi} = 23,1 \text{ А}$.

2.3 Трансформатордың негізгі өлшемдерін анықтау

Есептеуге арналған мәліметтер:

- Орам сымдарының материалы – алюминий;
 - Өзекше болатының маркасы – 3411;
 - Болат табақшалардың қалыңдығы – 0,35 мм;
 - Болаттағы меншікті шығын $p_{10} = 1,75 \text{ Вт/кг}$;
 - Өзекшелердегі магнитті индукция $B_c = 1,6 \text{ Тл}$;
 - Орамдардағы токтың орташа тығыздығы $j = 2 \text{ А/мм}^2$;
- Болат салмағының орам металының салмағына қатынасы:

$$\frac{G_c}{G_m} = \frac{p_m}{p_{10}} \left(\frac{j}{B_c} \right)^2 \frac{P_o}{P_k} = \frac{12,75}{1,75} \left(\frac{2}{1,6} \right)^2 \frac{1500}{3000} = 5,69,$$

мұндағы p_m – алюминий үшін орам металындағы меншікті шығын $p_m=12,75$ Вт/кг.

Бір орам үшін ЭҚК:

$$e_w = C_o \sqrt{\frac{f}{50} \cdot \frac{G_c}{G_m} \cdot \frac{B_c}{j} \cdot S} = 0,17 \sqrt{\frac{50}{50} \cdot 5,69 \cdot \frac{1,6}{2} \cdot 400} = 7,25 \text{ В/орам.}$$

Мұндағы C_o – орам пішінімен және материалымен анықталатын коэффициент. Үшқабатты құрылым кезінде алюминий, катушкалардың дөңгелек пішіні:

$C_o = 0,14 \dots 0,21$. $C_o = 0,17$ деп аламыз.

Бірінші ретті орамдағы орам саны:

$$w_1 = \frac{U_{1\phi}}{e_w} = \frac{297}{7,25} \cong 41 \text{ орам.}$$

Екінші ретті орамдағы орам саны:

$$w_2 = w_1 \cdot \frac{U_{2\phi}}{U_{1\phi}} = 41 \cdot \frac{5780}{297} = 798 \text{ орам.}$$

Бір орамға түсетін ЭҚК-тің нақты мәні:

$$e_w = \frac{U_{1\phi}}{w_1} = \frac{297}{41} = 7,24 \text{ В/орам.}$$

Өзекше стерженінің болатының көлденең қимасының ауданы:

$$S_c = \frac{45}{B_c} \cdot \frac{50}{f} \cdot e_w = \frac{45}{1,6} \cdot \frac{50}{50} \cdot 7,24 = 204 \text{ см}^2;$$

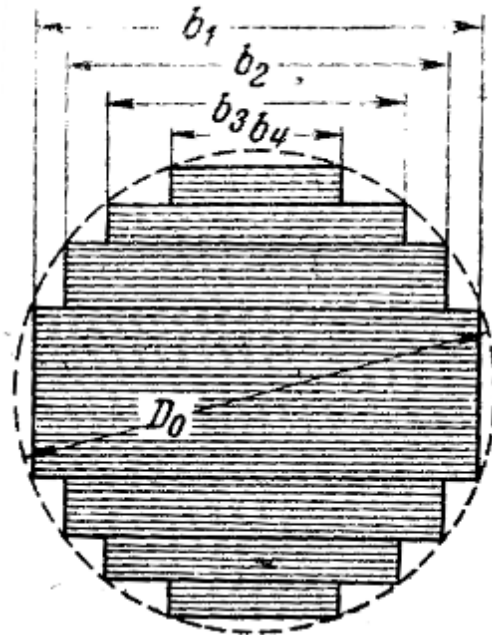
Өзекше оқтаушасындағы саты саны $n=6$;

Өзекшедегі канал саны - өзекше каналсыз;

Бейнеленген шеңбер ауданының сатылы пішінді ауданның толтыру коэффициенті $k_{кр}=0,935$;

Болат оқшауламасы – қағаз;

Сатылы фигураның болатпен толтыру коэффициенті $f_c=0,92$.



2.1 сурет - Трансформатор оқтаушасының көлденең қимасының сатылы пішіні

Өзекше оқтаушаның айналасындағы шеңбердің диаметрі:

$$D_0 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{S_c}{f_c k_{кр}}} = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{204}{0,92 \cdot 0,935}} = 18 \text{ см.}$$

Өзекше оқтаушасындағы бірінші ораманың номинал қуаты:

$$S_{1c} = \frac{S}{c} = \frac{400}{3} = 133,3 \text{ кВА};$$

мұндағы c – фазалар саны.

Өзекше оқтаушасындағы бірінші ораманың номиналды кернеуі:

$$U_{1c} = U_{1\phi} = 297 \text{ В.}$$

Өзекше оқтаушасындағы бірінші ораманың номинал тогы:

$$I_{1c} = I_{1\phi} = 448,4 \text{ А.}$$

Өзекше оқтаушасындағы бірінші ораманың орам саны:

$$w_{1c} = w_1 = 41 \text{ орам.}$$

Бірінші орам санының көлденен қимасының болжамды (алдын ала) ауданы:

$$S_{.m1} = \frac{I_{1c}}{j} = \frac{448,4}{2} \cong 224,2 \text{ мм}^2,$$

бірінші орама типі – тік бұрышты қималы сымнан жасалған екі қабатты цилиндрлі.

Өзекше оқтаушадағы екінші орамның номиналды толық қуаты:

$$S_{2c} = \frac{S}{c} = \frac{400}{3} = 133,3 \text{ кВА.}$$

Оқтаушадағы екінші орамның номиналды кернеуі

$$U_{2c} = U_{2\phi} = 5780 \text{ В};$$

екінші орамның номиналды тогы:

$$I_{2c} = I_{2\phi} = 23,1 \text{ А.}$$

Екінші орамадағы орамдар саны:

$$w_{2c} = w_2 = 798 \text{ орамдар.}$$

Екінші орама сымының көлденең қимасының бастапқы ауданы:

$$S_{.m2} = \frac{I_{2c}}{j} = \frac{23,1}{2} = 11,55 \text{ мм}^2.$$

Екінші орама типі – дөңгелек көлденең қималы сымнан жасалған көп қабатты цилиндрлі.

Бірінші орамадағы сынақтық кернеу:

$$U_{1исп} = 5 \text{ кВ.}$$

Екінші орамадағы сынақтық кернеу:

$$U_{2исп} = 35 \text{ кВ.}$$

Бірінші ораммен өзекше арасындағы оқтаулағыш цилиндрді $\delta_{ц0}$ ескермейміз. Бірінші орамамен өзекше оқтаушаның арасындағы толық арақашықтық

$$\delta_0=0,9 \text{ см.}$$

Мойынтұрық пен ораманың арасындағы арақашықтық

$$l_0=3 \text{ см.}$$

Бірінші және екінші орам арасындағы оқшаулағыш цилиндрдің қалыңдығы

$$\delta_{ц12}=0,3 \text{ см.}$$

Екі тік арналардың бірінің қалыңдығы

$$a_{к12}=0,5 \text{ см.}$$

Бірінші және екінші орамдар арасындағы толық арақашықтық

$$\delta_{12}=2 \cdot a_{к12} + \delta_{ц12} = 2 \cdot 0,5 + 0,3 = 1,3 \text{ см.}$$

Бір оқтаушаның қуаты 50 ден 500 кВт дейін болған кезінде $\delta_1 = 3,6 \dots 4,4$ деп қарастырсақ, алюминий сымнан жасалған бірінші орамның бастапқы радиалды қалыңдығы $\delta_1 = 4$ см тең.

Бастапқы қуатта $\delta_2 = 2,5 \dots 3$ деп қарастырсақ, екінші орамның бастапқы радиалды қалыңдығы $\delta_2 = 2,7$ см те.

Орамдар арасындағы бастапқы келтірілген арақашықтық:

$$\delta_{\partial 12} = \delta_{12} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{3} = 1,3 + \frac{4 + 2,7}{3} = 3,54 \text{ см.}$$

Бірінші орамның орташа диаметрі

$$D_1 = D_0 + 2\delta_0 + \delta_1 = 18 + 2 \cdot 0,9 + 4 = 23,8 \text{ см.}$$

Екінші орамның орташа диаметрі

$$D_2 = D_1 + \delta_1 + 2\delta_{12} + \delta_2 = 23,8 + 4 + 2 \cdot 1,3 + 2,7 = 33,1 \text{ см;}$$

Орама орамның орташа ұзындығы

$$l_{w12} = \pi \frac{D_1 + D_2}{2} = 3,14 \cdot \frac{23,8 + 33,1}{2} = 89,3 \text{ см.}$$

Қысқа тұйықталу кернеуінің активті құраушысы

$$u_a = \frac{P_\kappa}{S} \cdot 100 = \frac{3}{400} \cdot 100 = 0,75 \% ,$$

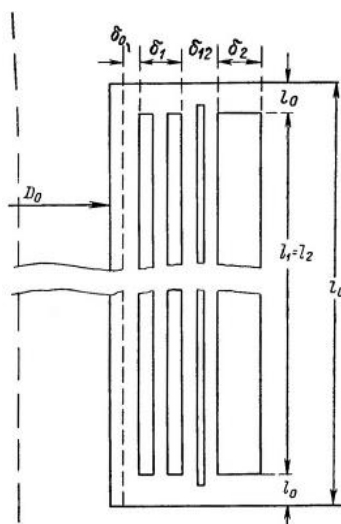
қысқа тұйықталу кернеуінің индуктивті құраушысы

$$u_p = \sqrt{u_\kappa^2 - u_a^2} = \sqrt{4,5^2 - 0,75^2} = 4,44 \% .$$

Өзекше оқтаушаның өсі бойынша орамдардың биіктігі

$$l_1 = l_2 = \frac{8 f S l_{w12} \delta_p K_p \cdot 10^{-3}}{c u_p e_w^2} = \frac{8 \cdot 50 \cdot 400 \cdot 89,3 \cdot 3,54 \cdot 0,95 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 4,44 \cdot 7,24^2} = 69 \text{ см},$$

мұндағы $K_p = 0,95 \dots 0,97$ – оқтауша өсі бойынша шашырау ағынының магнит сызықтарының орташа ұзындығынан орамдардың нақты биіктігіне өтуін ескеретін коэффициент.



2.3 сурет - Трансформатор терезесінде орамдардың орналасуының сұлбасы

Өзекше терезесінің биіктігі

$$l_c = l_1 + 2l_0 = 69 + 2 \cdot 3 = 75 \text{ см}.$$

Өзекше терезесінің биіктігінің өзекше стерженінің биіктігіне қатынасы

$$\frac{l_c}{D_0} = \frac{75}{18} = 4,2 .$$

Маймен салқындатылатын трансформаторлардағы алюминий сымдарынан жасалған орамдар кезінде $l/D_0 = 4,2 \dots 5,2$ болады.

2.4 Трансформатор орамдарын есептеу

Орамдардағы токтың орташа тығыздығы

$$j = 50 \frac{e_w P_k}{k_m p_m \gamma_m l_{w12} S} = 50 \frac{7,24 \cdot 3000}{0,92 \cdot 12,75 \cdot 2,7 \cdot 89,3 \cdot 400} = 1,0 \text{ А/мм}^2.$$

мұндағы k_m – трансформатор багіндегі шашырау ағындарынан болатын шығын мен қалдықты, ескеретін коэффициент $k_m = 0,96 \dots 0,92$.

γ_m – алюминийдің меншікті салмағы, $\gamma_m = 2,7 \text{ кг/см}^3$.

Бірінші орам қабатының беттерінің болжамды (алдын ала) меншікті жылулық жүктемесі

q – салқындататын беттердің май арқылы берілетін жылу мөлшері, цилиндрлі кезінде алюминийден жасалған кезінде винттік орама $q_1 \leq 700 \dots 900$, үзіліссіз режим. Ал $q_1 = 700 \text{ Вт/м}^2$ деп аламыз.

Екінші орам беттерінің бастапқы меншікті жылулық жүктемесі

$q_2 \leq 500 \dots 700$ – дөңгелек қималы сымы бар, алюминийден жасалған көп қабатты орам кезінде $q_1 = 500 \text{ Вт/м}^2$ аламыз.

2.5 Тік бұрышты қималы сымнан жасалған бірінші цилиндрлі орамды есептеу

Бірінші орамдағы бастапқы ток тығыздығы

$$j_1' = 0,9 j = 0,9 \cdot 1,0 = 0,9 \text{ А/мм}^2.$$

Бірінші орам сымының көлденең қимасының ауданы

$$S_{m1}' = \frac{I_{1c}}{j_1} = \frac{448,4}{0,9} = 498 \text{ мм}^2.$$

Тік бұрышты қималы сымнан жасалған цилиндрлік бірінші орам бір немесе екі қабатты болуы мүмкін, қабат санын $n_{B1} = 2$ деп аламыз.

Бір қабаттағы орам саны

$$m_{e1} = \frac{w_{1c}}{n_{e1}} = \frac{41}{2} = 20,5 \text{ орамдар.}$$

Өткізгіш оқтаушаның бойындағы орамдардың болжамды (алдын ала) биіктігі

$$b_e = \frac{l - (1,0 \div 1,5)}{m_{e1} + 1} = \frac{69 - 1}{20,5 + 1} = 3,16 \text{ см.}$$

Орамдарды салқындатуға арналған цилиндрлік беттердің саны

$$n_{01} = \frac{p_m \gamma_m}{10k_{II}} \cdot \frac{n_{\theta 1} S_{m1} j_1^2}{q_1 b_{\theta 1}} = \frac{12,75 \cdot 2,7}{10 \cdot 0,75} \cdot \frac{2 \cdot 498 \cdot 0,9^2}{700 \cdot 3,14} = 1,68.$$

Мұндағы $k_{II} \approx 0,75$ тік каналдар құрайтын, **рейкалармен** орам қабатын жартылай жабу коэффициенті, $n_{01} = 4$ деп қабылдаймыз.

5–3 кесте бойынша сым үшін келесі өлшемдер алынады:

$$m_{m1} \times \frac{a_1 \times b_1}{a_1 + \delta_u \times b_1 + \delta_u} = 2 \times \frac{14,5 \times 5,5}{14,95 \times 5,95} \text{ мм.}$$

мұндағы a_1 – сым қимасының үлкен жағы;

b_1 – сым қимасының кіші жағы;

δ_u – ПББО $\delta_u = 0,45$ маркалы сым үшін қалыпты оқшаулау;

$m_{i1} = 6$ – параллель сымдар саны.

Сымның көлденең қимасының ауданы

$$S_{m1} = \sum_1^{m_{m1}} S_{m1k} = \sum_1^6 78,9 = 473,4 \text{ мм}^2,$$

мұндағы S_{m1k} – бірінші орам сымның көлденең қимасы ауданы.

Бірінші орамдағы ток тығыздығы

$$j_1 = \frac{I_{1c}}{S_{m1}} = \frac{448,4}{473,4} = 0,95 \text{ А/мм}^2;$$

өткізгіш оқтауша бойымен орам қалыңдығы

$$b_{\theta 1} = \left[\sum_1^{m_{m1}} b_{1mk} \right] + 0,005 m_{m1} = 0,655 \cdot 5 + 0,595 + 0,005 \cdot 2 = 3,9 \text{ см};$$

мұндағы b_{1mk} – m –дік оқшауланған параллель сымның осьтік қалыңдығы.

Бірінші орам беттерінің меншікті жылулық жүктемесі

$$q_1 = \frac{p_m \gamma_m}{10k_{II}} \cdot \frac{m_{m1}}{n_{01}} \cdot \frac{S_{m1} j_1^2}{b_{\theta 1}} = \frac{12,75 \cdot 2,7}{10 \cdot 0,75} \cdot \frac{6}{4} \cdot \frac{473,4 \cdot 0,95^2}{3,9} = 754 \text{ Вт/м}^2.$$

Орамның радиалдық қалыңдығы

$$a_{\theta 1} = a_{u1} + 0,005 = 1,495 + 0,005 = 1,5 \text{ см.}$$

$$a_{u1} = a_1 + \delta_u.$$

Өткізгіш стержені бойындағы бірінші орам биіктігі

$$l_1 = b_{e1}(m_{e1} + 1) + (1 \div 1,5) = 3,9 \cdot (20,5 + 1) + 1 = 84,8 \text{ см.}$$

Майлы трансформаторлар үшін бірінші орамның екі қабатының арасындағы тік каналдың радиалдық қалыңдығы

$$a_k = 0,6 \text{ см.}$$

Бірінші орамның радиалдық қалыңдығы

$$\delta_1 = n_{e1} a_{e1} + (n_{e1} - 1) a_{k1} = 2 \cdot 1,5 + (2 - 1) \cdot 0,6 \cong 3,6 \text{ см.}$$

Бірінші орамның орташа диаметрі

$$D_1 = D_0 + 2\delta_0 + \delta_1 = 18 + 2 \cdot 0,9 + 3,6 = 23,4 \text{ см.}$$

бірінші орама орамының орташа ұзындығы:

$$l_{w1} = \pi D_1 = 3,14 \cdot 23,4 = 73 \text{ см.}$$

Бірінші орам металының салмағы

$$G_{m1} = \gamma_m c w_{1c} S_{m1} l_{w1} \cdot 10^{-5} = 2,7 \cdot 3 \cdot 41 \cdot 473,4 \cdot 73 \cdot 10^{-5} = 114,7 \text{ кг,}$$

мұндағы $\gamma_m = 2,7 \text{ г/см}^3$ – орамдық сымның меншікті салмағы.

Қосалқы шығындарды ескермеген кездегі бірінші орамдағы шығындар

$$P'_{m1} = p_m j_1^2 G_{m1} = 12,75 \cdot 0,95^2 \cdot 114,7 = 1304 \text{ Вт.}$$

Оқтауша бойындағы бірінші орам оқтаулағышын ескермегендегі барлық сымдардың қалыңдықтарының қосындысы.

$$m_1 b_1 = m_{e1} \sum_1^{m_{m1}} b_{1k} = 20,5 \cdot 6 \cdot 0,55 = 67,6 \text{ см.}$$

Радиус бойындағы бірінші орам сымдарының толық саны

$$n_1 = n_{e1} = 2.$$

Бірінші орамда беттік әсерден шығынның ұлғаю коэффициенті:

$$k_{1Д} = 1 + a_1^4 \left[k_p \frac{m_1 b_1}{l_1} \cdot \frac{f}{50} \cdot \frac{0,0213}{\rho} \right]^2 \frac{n_1^2 - 0,2}{10} .$$

мұндағы ρ – 75 °С кезіндегі алюминийдің меншікті кедергісі, $\rho = 0,034$ Ом·м;

$$k_{1Д} = 1 + 1,45^4 \left[0,95 \frac{67,6}{84,8} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{0,0213}{0,034} \right]^2 \frac{2^2 - 0,2}{10} = 1,378 .$$

Қосалқы шығындарды ескергендегі бірінші орамдағы шығындар

$$P_{м1} = k_{1Д} P'_{м1} = 1,378 \cdot 1304 = 1796 \text{ Вт} .$$

2.6 Дөңгелек қималы сымнан жасалған екінші цилиндрлік көп қабатты орамды есептеу

Екінші орамдағы ток тығыздығы

$$j_2 = 100 \frac{e_w (P_k - P_{м1})}{k_{мP_{м}} \gamma_{м} \pi D_2 S} = \frac{100 \cdot 7,24 (3000 - 1796)}{0,92 \cdot 12,75 \cdot 2,7 \cdot 3,14 \cdot 33,1 \cdot 400} = 0,66 \text{ А/мм}^2 .$$

Екінші орам сымның көлденең қимасының ауданы

$$S_{м2} = \frac{I_{2с}}{j_2} = \frac{23,1}{0,66} = 34,9 \text{ мм}^2 .$$

Екінші орамдағы параллель сымдардың саны

$$m_{м2} = 2 .$$

Оқшауланған және оқшауланбаған сымның диаметрі (5–1 кесте)

$$\frac{d_2}{d_{2u}} = \frac{4,80}{5,20} \text{ мм} .$$

Сым маркасы – АПБ;

Екінші орам сымның көлденең қимасының ауданы

$$S_{m2} = m_{m2} S_{m2}'' = 2 \cdot 18,09 = 36,18 \text{ мм}^2;$$

мұндағы S_{m2}'' – оқшауланған сымның көлденең қимасының ауданы.
Екінші орамдағы ток тығыздығы

$$j_2 = \frac{I_{2c}}{S_{m2}} = \frac{23,1}{36,18} = 0,64 \text{ А/мм}^2.$$

Тығыз емес орамды ескерген кездегі екінші орамның оқшауланған сымның есептік диаметрі

$$d'_{2u} = d_{2u} + 0,01 = 0,52 + 0,01 = 0,53 \text{ см.}$$

Өзекше стержені бойындағы орам қалыңдығы

$$b_{e2} = m_{m2} d'_{2u} = 2 \cdot 0,53 = 1,06 \text{ см.}$$

Орамның бір қабатындағы орам саны

$$m_{e2} = \frac{l_1 - b_{e2}}{b_{e2}} = \frac{78,4 - 1,06}{1,06} = 77.$$

Екінші орамдағы қабаттар саны

$$n_{e2} = \frac{w_{2c}}{m_{e2}} = \frac{798}{77} = 10,4,$$

$n_{e2} = 11$ деп қабылдауға болады.

Қабаттағы орамдардың нақты саны $m_{e2} = 77$, яғни 77 орамда 10 қабат және 28 орамда 1 қабат, яғни барлық $77 \cdot 10 + 28 = 798$ орам саны.

Екі қабат арасындағы жұмыстық кернеу

$$U_{мсл} = 2m_{e2} e_w = 2 \cdot 77 \cdot 7,24 = 1115 \text{ В.}$$

Қабаттар арасындағы оқшауламаның қалыңдығы

$$\delta_{мсл} = 0,036 \text{ см.}$$

Екінші орам ұштарындағы қабат аралық оқшауламаның шықпасы 1,6 см тең. Өзекше стерженіне түсетін екінші орамдағы салқындатқыш цилиндрлі қабаттардың саны

$$n_{02} = \frac{p_m \gamma_m}{10k_{II}} \cdot \frac{n_{\epsilon 2} S_{m2}'' j_2^2}{q_2 d_{2u}'} = \frac{12,75 \cdot 2,7}{10 \cdot 0,85} \cdot \frac{11 \cdot 18,09 \cdot 0,64^2}{700 \cdot 0,53} = 0,88;$$

$n_{02} = 1$ деп аламыз (1 мен 4 аралығында бүтін санға жуықталады).

Екінші орам қабатының меншікті жылулық жүктемесі

$$q_2 = \frac{p_m \gamma_m}{10k_{II}} \cdot \frac{n_{\epsilon 2} S_{m2}'' j_2^2}{n_{02} d_{2u}'} = \frac{12,75 \cdot 2,7}{10 \cdot 0,85} \cdot \frac{11 \cdot 18,09 \cdot 0,64^2}{1 \cdot 0,53} = 622 \text{ Вт/м}^2.$$

Ішкі катушка қабатындағы орамдар мен қабат саны – қабаттағы 77 орам бойынша 1 қабат.

Сыртқы катушка қабатындағы орам мен қабат саны – 77 орам бойынша 1 қабат және 28 орам бойынша 1 қабат.

Екінші орамның екі концентрлік катушкалар арасындағы тік каналдың радиалдық ені $a_{\kappa 2} = 0,7$ см.

Екінші орамның радиалдық қалыңдығы

$$\delta_2 = n_{\epsilon 2} d_{2u}' + (n_{\epsilon 2} - 2) \cdot \delta_{mcl} + a_{\kappa 2} = 11 \cdot 0,53 + (11 - 2) \cdot 0,036 + 0,7 = 6,7 \text{ см.}$$

Екінші орамның биіктігі

$$l_2 = (m_{\epsilon 2} + 1) \cdot b_{\epsilon 2} = (77 + 1) \cdot 1,06 = 82,7 \text{ см.}$$

Келтірілген арақашықтықты нақтылау

$$\delta_p = \frac{l_2}{l_1'} \cdot \delta_p' = \frac{82,7}{69} \cdot 3,54 = 4,24 \text{ см,}$$

мұндағы δ_p' – орамдар арасындағы келтірілген арақашықтық, см;

l_1' – орамдар биіктігі, см.

Бірінші және екінші орамдар арасындағы арақашықтықты нақтылау

$$\delta_{12} = \delta_p - \frac{\delta_1 + \delta_2}{3} = 4,24 - \frac{3,6 + 6,7}{3} = 0,8 \text{ см.}$$

Екінші орамның орташа диаметрі

$$D_2 = D_1 + \delta_1 + 2\delta_{12} + \delta_2 = 23,4 + 3,6 + 2 \cdot 0,8 + 6,7 = 35,3 \text{ см.}$$

Екінші орама орамының орташа ұзындығы

$$l_{w2} = \pi D_2 = 3,14 \cdot 35,3 = 110,8 \text{ см.}$$

Екінші орам металының салмағы

$$G_{m2} = \gamma_m c w_{2c} S_{m2} l_{w2} \cdot 10^{-5} = 2,7 \cdot 3 \cdot 798 \cdot 36,18 \cdot 110,8 \cdot 10^{-5} = 259 \text{ кг.}$$

Қосалқы шығындарды ескермеген кездегі екінші орамдағы шығындар

$$P'_{m2} = p_m j_2^2 G_{m2} = 12,75 \cdot 0,64^2 \cdot 259 = 1336 \text{ Вт.}$$

Беттік әсерден екінші орамдағы шығындардың ұлғаю коэффициенті

$$k_{2Д} = 1 + d_2^4 \left[k_g \frac{m_2 d_2}{l_2} \cdot \frac{f}{50} \cdot \frac{0,0213}{\rho} \right]^2 \frac{n_{g2}^2 - 0,2}{17},$$

$$k_{2Д} = 1 + 0,48^4 \left[0,95 \frac{2 \cdot 77 \cdot 0,48}{82,7} \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{0,0213}{0,034} \right]^2 \frac{11^2 - 0,2}{17} = 1,106.$$

Қосалқы шығындарды ескерген кездегі екінші орамдағы шығындар

$$P_{m2} = k_{2Д} P'_{m2} = 1,106 \cdot 1336 = 1477 \text{ Вт.}$$

2.7 Трансформатор кернеуінің қатыстық өзгеруі және параметрлері

Қысқа тұйықталу шығындары

$$P_k = k_m (P_{m1} + P_{m2}) = 0,92(1796 + 1477) = 3011 \text{ Вт,}$$

яғни, берілген мәннен 0,3% көп, рұқсат етіледі.

Қысқа тұйықталу кернеуінің активті құраушысы

$$u_a = \frac{P_k}{S} 100 = \frac{3}{400} \cdot 100 = 0,75 \text{ \%}.$$

Орамдар арасындағы келтірілген арақашықтық

$$\delta_p = \delta_{12} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{3} = 0,8 + \frac{3,6 + 6,7}{3} \cong 4,2 \text{ см.}$$

Орамдар биіктігіне сәйкес ағынының магниттік күштік сызықтарының орташа сызықтан өтуін ескеретін коэффициент.

$$k_p \cong 1 - \frac{\delta_{12} + \delta_1 + \delta_2}{\pi \cdot l_1} = 1 - \frac{0,8 + 3,6 + 6,7}{3,14 \cdot 78,4} = 0,95.$$

Бірінші және екінші орамдардағы орамдардың орташа ұзындығы

$$l_w = \frac{l_{w1} + l_{w2}}{2} = \frac{73 + 110,8}{2} = 91,9 \text{ см.}$$

Қысқа тұйықталу кернеуінің индуктивті құраушысы

$$u_p = \frac{8fSl_w \delta_p k_p \cdot 10^{-3}}{cl_1 e_w^2} = \frac{8 \cdot 50 \cdot 400 \cdot 91,9 \cdot 4,2 \cdot 0,95 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 78,4 \cdot 7,24^2} = 4,6 \%;$$

қысқа тұйықталу кернеуі

$$u_k = \sqrt{u_p^2 + u_a^2} = \sqrt{4,6^2 + 1,91^2} = 4,66\%.$$

Демек, бұл берілген мәннен 3,5% көп, рұқсат етіледі.
Бірінші орамның активті кедергісі

$$r_1 = \frac{P_{m1}}{3I_{1\phi}^2} = \frac{1796}{3 \cdot 448,4^2} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.}$$

Екінші орамның активті кедергісі

$$r_2 = \frac{P_{m2}}{3I_{2\phi}^2} = \frac{1477}{3 \cdot 23,1^2} = 0,92 \text{ Ом.}$$

Бірінші орамның орамдар санына келтірілген қысқа тұйықталу кедергісінің активті құраушысы

$$r_k = k_m \left[r_1 + r_2 \left(\frac{w_1}{w_2} \right)^2 \right] = 0,92 \cdot \left[3 \cdot 10^{-3} + 0,92 \cdot \left(\frac{41}{798} \right)^2 \right] = 5 \cdot 10^{-3} \text{ Ом.}$$

Бірінші орамның орамдар санына келтірілген қысқа тұйықталу кедергісінің индуктивті құраушысы

$$x_{\kappa} = \frac{u_p U_{1\phi}}{100 I_{1\phi}} = \frac{4,6 \cdot 297}{100 \cdot 448,4} = 3,05 \cdot 10^{-2} \text{ Ом};$$

($\beta = 1$) және $\cos \varphi = 0,8$ номиналды жүктеме кезіндегі кернеудің пайыздық өзгеруі.

$$\Delta u = u_a \cos \varphi + u_p \sin \varphi + \frac{(u_p \cos \varphi - u_a \sin \varphi)^2}{200};$$

$$\Delta u = 0,75 \cdot 0,8 + 4,6 \cdot 0,6 + \frac{(4,6 \cdot 0,8 - 0,75 \cdot 0,6)^2}{200} = 3,41 \%$$

2.8 Қысқа тұйықталу кезіндегі орамдардағы механикалық күштер

Орамдардағы орныққан қысқа тұйықталу тогы

$$I_{\kappa y1} = \frac{100}{u_{\kappa}} \cdot I_{1\phi} = \frac{100}{4,66} \cdot 448,4 = 9622 \text{ А};$$

$$I_{\kappa y2} = \frac{100}{u_{\kappa}} \cdot I_{2\phi} = \frac{100}{4,66} \cdot 23,1 = 496 \text{ А}.$$

Екінші орамдағы қысқа тұйықталу тогының максималды мәні

$$I_{\kappa m2} = \sqrt{2} I_{\kappa y2} \left(1 + e^{-\frac{\pi u_a}{u_p}} \right) = \sqrt{2} \cdot 496 \left(1 + e^{-\frac{3,14 \cdot 0,75}{4,6}} \right) = 700 \text{ А}.$$

Қысқа тұйықталу кезіндегі радиалдық күштердің қосындысы

$$F_{\text{рк}} = \frac{6,4 (i_{\kappa m2} w_{2c})^2 l_w k_p}{l_1} 10^{-8} = \frac{6,4 \cdot (700 \cdot 798)^2 \cdot 91,9 \cdot 0,95}{78,4} \cdot 10^{-8} = 22238 \text{ кг}.$$

Екінші орам сымындағы бөлінетін кернеу

$$\sigma = \frac{F_{\text{рк}}}{2\pi w_2 S_{\text{м2}}} = \frac{22238}{2 \cdot 3,14 \cdot 798 \cdot 36,18 \cdot 10^{-2}} = 12,2 \text{ кг/см}^2,$$

рұқсат етілген. Аллюминий үшін рұқсат етілген кернеу $\sigma \leq 600 \dots 700$ кг/см².

2.9 Трансформатордың магниттік жүйесін есептеу

Өзекше стерженін тығыздау бірінші орама және өзекше арасындағы сыналар арқылы орындалған және өзекше каналсыз деп қабылодаймыз.

Өзекшенің оқтаушадер қаптамасының ені:

$$\begin{aligned}b_1 &= 0,955D_0 = 0,955 \cdot 18 = 17,19 \text{ см}; \\b_2 &= 0,870D_0 = 0,870 \cdot 18 = 15,66 \text{ см}; \\b_3 &= 0,770D_0 = 0,770 \cdot 18 = 13,86 \text{ см}; \\b_4 &= 0,640D_0 = 0,640 \cdot 18 = 11,52 \text{ см}; \\b_5 &= 0,495D_0 = 0,495 \cdot 18 = 8,91 \text{ см}; \\b_6 &= 0,300D_0 = 0,300 \cdot 18 = 5,40 \text{ см}.\end{aligned}$$

Өзекшенің оқтаушадер қаптамасының қалыңдығы (өзекшеде каналдар жоқ):

$$\begin{aligned}h_1 &= b_6 = 5,40 \text{ см}; \\h_2 &= \frac{b_5 - b_6}{2} = \frac{8,91 - 5,40}{2} = 1,76 \text{ см}; \\h_3 &= \frac{b_4 - b_5}{2} = \frac{11,52 - 8,91}{2} = 1,31 \text{ см}; \\h_4 &= \frac{b_3 - b_4}{2} = \frac{13,86 - 11,52}{2} = 1,17 \text{ см}; \\h_5 &= \frac{b_2 - b_3}{2} = \frac{15,66 - 13,86}{2} = 0,90 \text{ см}; \\h_6 &= \frac{b_1 - b_2}{2} = \frac{17,19 - 15,66}{2} = 0,77 \text{ см}.\end{aligned}$$

Өзекше стерженінің сатылы пішінінің көлденең қимасының ауданы

$$\begin{aligned}S_\phi &= b_1 h_1 + 2(b_2 h_2 + b_3 h_3 + b_4 h_4 + b_5 h_5 + b_6 h_6), \\S_\phi &= 17,19 \cdot 5,4 + 2(15,66 \cdot 1,76 + 13,86 \cdot 1,31 + 11,52 \cdot 1,17 + 8,91 \cdot 0,9 + 5,4 \cdot 0,77) = 235 \\&\text{см}^2.\end{aligned}$$

Өзекшесі оқтаушаді болаттың көлденең қимасының ауданы

$$S_c = f_c S_\phi = 0,92 \cdot 235 = 216 \text{ см}^2.$$

Өзекшесі оқтаушаді болаттағы магниттік индукция

$$B_c = 45 \frac{50}{f} \cdot \frac{U_{1\phi}}{\omega_1 \cdot S_c} = 45 \cdot \frac{50}{50} \cdot \frac{297}{41 \cdot 216} = 1,5 \text{ Тл.}$$

Орамсыз өзекше болатының көлденең қима ауданының ұлғаю коэффициенті $k_{я}=1,05$.

Орамсыз өзекше болатының көлденең қимасы

$$S_{я} = k_{я} S_c = 1,05 \cdot 216 = 226 \text{ см}^2;$$

орамсыз өзекше болатындағы магниттік индукция

$$B_{я} = \frac{B_c}{k_{я}} = \frac{1,5}{1,05} = 1,43 \text{ Тл};$$

орамсыз өзекше биіктігі

$$b_{я} = \frac{S_{я}}{f_c [h_1 + 2(h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6)]};$$

$$b_{я} = \frac{226}{0,92[5,4 + 2 \cdot (1,76 + 1,31 + 1,17 + 0,9 + 0,77)]} = 14,2 \text{ см.}$$

Болат табақшаларға перпендикуляр болатын өзекше қалыңдығы

$$h_{я} = h_1 + 2(h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6) = 5,4 + 2(1,76 + 1,31 + 1,17 + 0,9 + 0,77) = 17,2 \text{ см.}$$

Екінші орамның сыртқы диаметрі

$$D_2'' = D_2 + \delta_2 = 35,3 + 6,7 = 42 \text{ см.}$$

Өзекше оқтаушадерінің өстері арасындағы арақашықтық

$$C = D_2'' + \delta_a = 42 + 0,8 = 42,8 \text{ см.}$$

Орамсыз өзекше ұзындығы

$$l_z = 2C + b_1 = 2 \cdot 42,8 + 17,19 = 85,4 \text{ см.}$$

Өзекше стерженнің ұзындығы

$$l_c = l_z + 2l_0 = 82,7 + 2 \cdot 3 = 88,7 \text{ см.}$$

Өзекше стерженнің болатының салмағы

$$G_{cc} = \gamma_c S_c l_c \cdot 10^{-3} = 7,6 \cdot 3 \cdot 216 \cdot 88,7 \cdot 10^{-3} = 436 \text{ кг.}$$

Орамсыз өзекшелер болатының салмағы

$$G_{cя} = 2\gamma_c S_{я} l_{я} \cdot 10^{-3} = 2 \cdot 7,6 \cdot 226 \cdot 102,8 \cdot 10^{-3} = 353 \text{ кг.}$$

Өзекше болатының толық салмағы

$$G_c = G_{cc} + G_{cя} = 436 + 353 = 789 \text{ кг.}$$

Орамдар металының салмағы

$$G_m = G_{m1} + G_{m2} = 114,7 + 259 = 373 \text{ кг.}$$

Болат салмағының орамдар металының салмағына қатынасы

$$\frac{G_c}{G_m} = \frac{789}{373} = 2,1.$$

Өзекше болатындағы шығындар (бос жүріс шығындары)

$$P_o = 1,1 \cdot p_{10} [G_{cc} + G_{cя} (K_y - 1)] + 1,1 \cdot p_{10y} [G_{cy} + G_{yy} (K_y - 1)],$$

мұндағы $G_y = G_{c.y.} + G_{я.y.} = \gamma S_c \cdot 2b_1 + \gamma S_{я} \cdot 2b_1,$

$$G_y = 7,6 \cdot 216 \cdot 2 \cdot 17,19 \cdot 10^{-3} + 7,6 \cdot 226 \cdot 2 \cdot 17,19 \cdot 10^{-3} = 56,4 + 59,1 = 115,5 \text{ кг};$$

$K_y = 1,5, P_{10} = 1,75 \text{ Вт/кг}; P_{10y} = 1,57 \text{ Вт/кг.}$

Осылайша

$$P_o = 1,1 \cdot 1,75 \cdot [436 + 56,4(1,5 - 1)] + 1,1 \cdot 1,57 [353 + 59,1 \cdot (1,5 - 1)] = 1561,8 \text{ Вт};$$

демек берілген мәннен 4% көп және рұқсат етілген.

Өзекшені жинау – байланыстыру арқылы.

Магниттік B_c индукциясы бар, шеткі фаза өзекшесіндегі баламалы магниттік саңылулардың саны

$$n'_{эс} = 1;$$

$B_я$ магниттік индукциясы бар шеткі фаза өзекшесіндегі баламалы (эквивалентті) магниттік шелдердің саны

$$n'_{\varepsilon\gamma} = 2.$$

Бірінші орам шеткі фазасының магниттелу тогының амплитудасы

$$I'_{\mu m1} = \frac{aw_c l_c + aw_{\gamma} l_{\gamma} + 0,8B_c n'_{\varepsilon c} \delta_{\varepsilon} + 0,8B_{\gamma} n'_{\varepsilon\gamma} \delta_{\varepsilon}}{w_1},$$

мұндағы aw_c – оқтаушадегі магнит қозғаушы күші (МҚК);

aw_{γ} – орамсыз өзекшедегі меншікті (МҚК);

δ_{ε} – өзекшені байланыстыру арқылы жинау кезіндегі оқтауша мен орамсыз өзекшедегі ауа саңылауының балама (эквивалентті) ұзындығы, $\delta_{\varepsilon} = 0,005$ см.

$$I'_{\mu m1} = \frac{6,75 \cdot 88,7 + 4,85 \cdot 102,8 + 0,8 \cdot 15000 \cdot 0,005 + 0,8 \cdot 14300 \cdot 2 \cdot 0,005}{41} = 31 \text{ A};$$

B_c магнитті индукциясы бар ортаңғы фаза өзекшесіндегі саңылаулар саны

$$n''_{\varepsilon c} = 1;$$

B_{γ} магнитті индукциясы бар ортаңғы фаза өзекшесіндегі саңылаулар саны

$$n''_{\varepsilon\gamma} = 0.$$

Бірінші орамдағы ортаңғы фазадағы магниттелуші токтың амплитудасы

$$I''_{\mu m1} = \frac{aw_c l_c + aw_{\gamma} b_{\gamma} + 0,8B_c n''_{\varepsilon c} \delta_{\varepsilon}}{w_1};$$

$$I''_{\mu m1} = \frac{6,75 \cdot 88,7 + 4,85 \cdot 14,2 + 0,8 \cdot 15000 \cdot 1 \cdot 0,005}{41} = 17,7 \text{ A}.$$

Үш фаза үшін магниттелуші ток амплитудасының орташа мәні

$$I_{\mu m1} = \frac{1}{3}(2I'_{\mu m1} + I''_{\mu m1}) = \frac{1}{3}(2 \cdot 31 + 17,7) = 26,5 \text{ A}.$$

Бос жүріс кезіндегі бірінші орамдағы фазалық тогының реактивті құраушысы

$$I_{op\phi1} = \frac{I_{\mu m1}}{k_{A1}} = \frac{26,5}{2,5} = 10,6 \text{ A}.$$

мұндағы k_{A1} – болат түріне және магниттік индукцияға тәуелді амплитуда коэффициенті.

Есептеудің жеңілдетілген әдісі бойынша бос жүріс кезіндегі фазалық токтың реактивті құраушысы

$$I_{op\phi 1} = \sigma \left[\frac{p_{pc} G_{cc} + p_{pj} G_{cj} + (2n'_{\varepsilon c} + n''_{\varepsilon c}) p_{\delta c} S_c + (2n'_{\varepsilon j} + n''_{\varepsilon j}) p_{\delta j} S_j}{3U_{1\phi}} \right].$$

мұндағы σ_c – қорек көзі жағындағы орамдардың байланысын ескеретін коэффициент, егер орамдар үшбұрыш немесе нөлдік сым арқылы жұлдызша етіп жалғанған болса $\sigma_c=1$, ал егер орамдар үшбұрыш немесе нөлдік сымсыз жұлдызша етіп жалғанған болса $\sigma_c=1 \dots 0,92$ тең болады.

p_{pc} – электр техникалық болат табақшаларының меншікті реактивті қуаты, $p_{pc} = 22 \dots 44$;

$p_{\delta c}$ – $B=B_c$ кезіндегі болат табақшалардың түйіндескен жеріндегі меншікті, реактивті қуаты $p_{\delta c} = 1,8 \dots 2,7$;

$p_{\delta j}$ – $B=B_j$ кезіндегі орамсыз өзекшенің түйіндескен жеріндегі меншікті реактивті қуаты $p_{\delta j} = 1,7 \dots 2,2$.

$$I_{op\phi 1} = 1 \left[\frac{22 \cdot 436 + 19,8 \cdot 353 + 3 \cdot 2,25 \cdot 216 + 4 \cdot 1,95 \cdot 226}{3 \cdot 297} \right] = 22,3 \text{ А.}$$

Есептеудің жеңілдетілген әдісі бойынша бос жүріс кезіндегі желілік тогының реактивті құраушысы

$$I_{op1} = \sigma \sqrt{3} I_{op\phi 1} = 0,96 \cdot 1,73 \cdot 22,3 = 37 \text{ А.}$$

Бос жүріс кезінде бірінші орамдағы фазалық тогының активті құраушысы

$$I_{oa\phi 1} = \frac{P_0}{3U_{1\phi}} = \frac{1562}{3 \cdot 297} = 1,75 \text{ А.}$$

Бос жүріс кезіндегі фазалық ток

$$I_{o\phi 1} = \sqrt{I_{op\phi 1}^2 + I_{oa\phi 1}^2} = \sqrt{22,3^2 + 1,75^2} \cong 22,4 \text{ А.}$$

«Жұлдызша» етіп жалғануда бос жүріс кезіндегі желілік ток $I_{i1} = I_{i\phi 1}$.

Бос жүріс кезіндегі номинал токтың пайыздық үлестегі желілік ток

$$\frac{I_{o1}}{I_1} = \frac{22,4}{448,4} \cdot 100 = 5 \%,$$

демек берілген мәннен 2% ға көп және рұқсат етіледі.

2.10 Пайдалы әсер коэффициенті

Номиналды жүктеме және $\cos \varphi = 0,8$ кезіндегі пайдалы әсер коэффициенті

$$\eta = 100 - \frac{(P_{\kappa} + P_0) \cdot 100}{S \cos \varphi + P_{\kappa} + P_0} = 100 - \frac{(3 + 1,56) \cdot 100}{400 \cdot 0,8 + 3 + 1,56} = 98,6 \%$$

Пайдалы әсер коэффициенті максимал болатын кездегі жүктеме тогының еселігі

$$\beta_{\max} = \sqrt{\frac{P_0}{P_{\kappa}}} = \sqrt{\frac{1562}{3000}} = 0,722;$$

$\cos \varphi_2 = 0,8$ кезіндегі ПЭК максималды мәні

$$\eta = 100 - \frac{200P_0}{\sqrt{\frac{P_0}{P_{\kappa}}} S \cos \varphi + 2P_0} = 100 - \frac{200 \cdot 1,56}{0,722 \cdot 400 \cdot 0,8 + 2 \cdot 1,56} = 98,67 \%$$

3 Өмір тіршілік қауіпсіздігі

3.1 Ауа салқындату құрылғысы

Ауа баптау-жабық үй-жайларда барлық немесе оның жекелеген параметрлерін (температураны, салыстырмалы ылғалдылықты, тазалықты, қозғалғыштықты) белгілі бір деңгейде, ең бастысы оңтайлы метеорологиялық жағдайларды қамтамасыз ету үшін, адамдардың көңіл-күйі үшін неғұрлым қолайлы, технологиялық процесті жүргізу және жабдықтардың, материалдардың сақталуын қамтамасыз ету үшін автоматты түрде ұстап тұру. Ауаны кондиционерлеу ауаны кондиционерлеу жүйесімен (АКЖ) жүзеге асырылады, яғни үй-жайларда зиянды бөліктердің түсу режимі мен сыртқы ауаның жай-күйінің өзгеруіне қарамастан ауаның талап етілетін жай-күйін ұстап тұру мақсатында берілген Автоматты реттелетін параметрлері бар ағынды ауаны дайындауға арналған техникалық құралдар мен құрылғылар кешені. Бұл жүйе желдету жүйесіне қарағанда бөлмедегі ауаның ауысуын жалпы алмасу желдеткіш принципі бойынша қамтамасыз етіп қана қоймай,

сонымен қатар жыл мезгіліне және бөлмедегі жылу мен ылғалдың ауыспалы түсімдеріне қарамастан, онда қажетті метеорологиялық жағдайларды автоматты түрде қолдайды. Ауа баптау жүйесі бөлмедегі ауаның тазалығын, оның газ құрамын, хош иісті иістерді, жеңіл иондарды ұстауды, ал кейбір жағдайларда ауаның белгілі бір қысымын қамтамасыз етуі мүмкін.

Ауа баптау-жабық үй-жайларда барлық немесе оның жекелеген параметрлерін (температураны, салыстырмалы ылғалдылықты, тазалықты, қозғалғыштықты) белгілі бір деңгейде, ең бастысы оңтайлы метеорологиялық жағдайларды қамтамасыз ету үшін, адамдардың көңіл-күйі үшін неғұрлым қолайлы, технологиялық процесті жүргізу және жабдықтардың, материалдардың сақталуын қамтамасыз ету үшін автоматты түрде ұстап тұру.

Ауаны кондиционерлеу ауаны кондиционерлеу жүйесімен (АКЖ) жүзеге асырылады, яғни үй-жайларда зиянды бөліктердің түсу режимі мен сыртқы ауаның жай-күйінің өзгеруіне қарамастан ауаның талап етілетін жай-күйін ұстап тұру мақсатында берілген Автоматты реттелетін параметрлері бар ағынды ауаны дайындауға арналған техникалық құралдар мен құрылғылар кешені. Бұл жүйе желдету жүйесіне қарағанда бөлмедегі ауаның ауысуын жалпы алмасу желдеткіш принципі бойынша қамтамасыз етіп қана қоймай, сонымен қатар жыл мезгіліне және бөлмедегі жылу мен ылғалдың ауыспалы түсімдеріне қарамастан, онда қажетті метеорологиялық жағдайларды автоматты түрде қолдайды. Ауа баптау жүйесі бөлмедегі ауаның тазалығын, оның газ құрамын, хош иісті иістерді, жеңіл иондарды ұстауды, ал кейбір жағдайларда ауаның белгілі бір қысымын қамтамасыз етуі мүмкін. Сонымен қатар, электр стансалары мен кіреді. Ауаны дайындау және жылжыту үшін негізгі жабдық әдетте кондиционер деп аталатын аппаратқа агрегацияланады.

Тағайындау бойынша АКЖ бөлінеді жүйесі қолайлы және технологиялық кондиционерлеу. Қолайлы кондиционерлеу кәсіпорындардың тұрғын үй, қоғамдық және қосалқы ғимараттарының үй-жайлары үшін орнатылған метеорологиялық жағдайлар мен ауа тазалығын автоматты түрде ұстап тұру үшін қолданылады. Технологиялық кондиционерлеу өнімнің өндіріс талаптарына жауап беретін, технологиялық операцияларды жүргізу, жабдықтарды, техниканы, материалдарды сақтау және т. б. ауа параметрлерін қамтамасыз ету үшін қолданылады. Адамдар бар ғимараттарда ауаны технологиялық кондиционерлеу санитарлық-гигиеналық талаптарды ескере отырып жүзеге асырылады.

Қызмет көрсетілетін ғимараттарға қатысты кондиционерлердің орналасуына байланысты қолайлы және технологиялық кондиционерлеу жүйелерін орталық және жергілікті па бөледі. Орталық деп қызмет көрсететін ғимараттарға қатысты сыртқы бір орталықтан бірнеше үй-жайларға қызмет көрсететін АКЖ деп аталады. Орталық кондиционерде дайындалған ауа ауа өткізгіш желісі бойынша қызмет көрсетілетін үй-жайларға беріледі. Қызмет көрсетілетін бөлмелерде орнатылған кондиционерлер Жергілікті деп аталады. Мұндай жүйелердің көмегімен кондиционер орналасқан үй-жай үшін ғана ауаны кондиционерлеу қамтамасыз етіледі. Ауа баптағыштарды жылу және

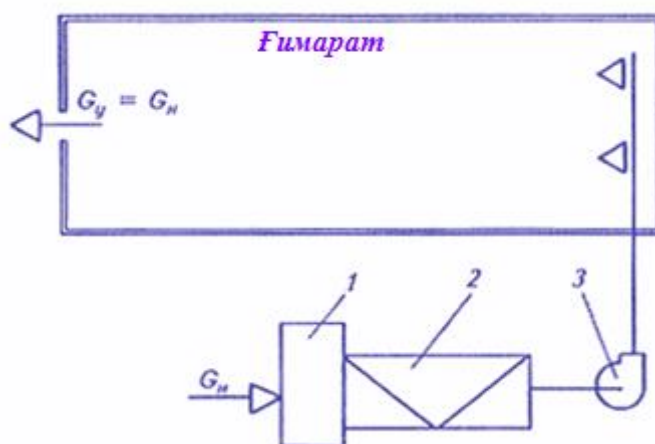
Суықпен жабдықтау тәсілі бойынша ауа баптағыштарды Автоматты емес және автономды болып бөлінеді.

Автоматты емес АКЖ кондиционерлері сыртқы көздерден жылумен (ыстық сумен немесе бумен жеткізілетін) және суықпен (суық сумен немесе тұздықпен жеткізілетін) жабдықталады. Автономды салқындатқыштар АКЖ (автономды кондиционерлер) бар кіріктіріме агрегаттар көзі болып табылатын жылу (электр қыздырғыштар) және суық (тоңазытқыш машиналар). Ең көп таралған орталық АКЖ автоматтық емес кондиционерлер бар. Жергілікті АКЖ автоматты емес және автономды кондиционерлер болуы мүмкін. Барлық жағдайларда кондиционерлер желдеткіштерді және сорғыларды сыртқы көздерден жеткізу үшін электр энергиясымен жабдықталады. Сыртқы ауаны пайдалану дәрежесі бойынша орталық АКЖ тура ағынды, рециркуляциялық және ішінара рециркуляциялы болып бөлінеді.

Тікелей ағынды АКЖ принципті сұлбасы онда суретте ұсынылған. 1 тек сыртқы ауа қолданылады. Бұл жүйелер сыртқы ауаны алады, оны қажетті параметрлерге дейін өңдейді және қызмет көрсетілетін ғимараттарға жібереді. Ғимараттардан ауа сору желдеткіш жүйесімен шығарылады. Тура ағынды АКЖ улы булар мен газдар, шаң бөлінетін және үй-жайдан шығарылатын ауаны қайта пайдалануды болдырмайтын ауру тудыратын микроорганизмдер болатын Ғимараттар үшін қолданылады. Осындай жүйелер ауасында жағымсыз иістер бар ғимараттар үшін, сондай-ақ жарылыс қаупі бар және өрт қаупі бар заттар бөлінетін Ғимараттар үшін қолданылады.

Рециркуляциялық (тұйық) АКЖ-да (сурет. 2) үй-жайдан алынатын бір ауа көп рет пайдаланылады, кондиционерге қажетті өңдеуге ұшырайды және қайтадан үй-жайға беріледі. Осылайша, ауаның толық рециркуляциясы жүзеге асырылады.

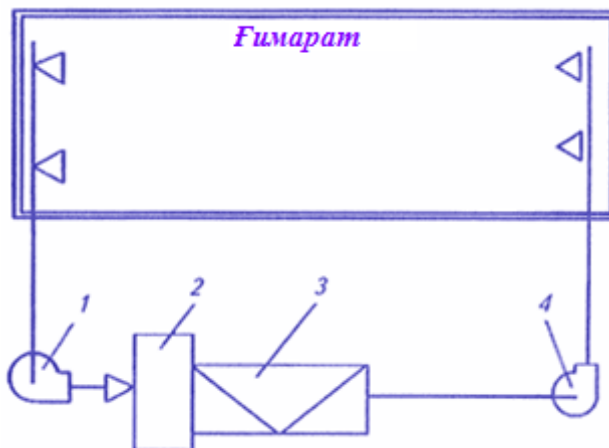
Рециркуляциялық жүйелер тек жылу және ылғал өткізгіштер түзілетін және зиянды бу, газ және шаң бөлінбейтін ғимараттар үшін қолданылады.



1-ауа қабылдағыш камера; 2-орталық кондиционер; 3-ағынды желдеткіш

3.1 сурет - Орталық тура ағынды СКВ қағидаттық сұлбасы

Егер үй-жайдың ауасына зиянды булар, газдар және шаң келіп түссе, онда толық рециркуляциялы АКЖ-ны тек ауаны өңдеу құрылғыларын, ауаны зиянды қоспалардан тазарту үшін арнайы аппараттарды қосу кезінде ғана қолдануға болады, бұл жүйені өте қиындатады және әдетте экономикалық тиімсіз. Мұндай шешімге сыртқы ауаны пайдалануға болмайды.

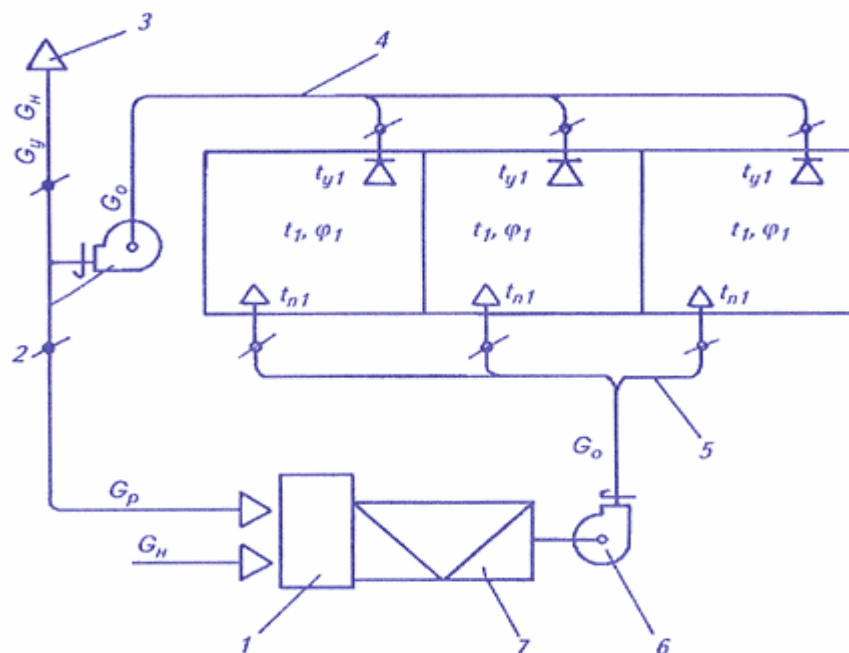


1-сорғыш желдеткіш; 2-ауа қабылдайтын камера; 3-орталық кондиционер; 4-ағынды желдеткіш.

3.2 сурет - Орталық рециркуляциялық (тұйық) АКЖ-ның принциптік сұлбасы

Сондықтан, ауа температурасының ылғалдылығын сақтау қажет, ал сыртқы ауаға қажеттілік жоқ немесе басқа жүйелермен қанағаттандырылады. Мұндай үй-жайлардың қатарына жылу бөлетін жабдықтары бар көптеген технологиялық Ғимараттар (есептеу машиналарының залдары, радиоорталықтар және т.б.) жатады. Ең көп таралған-сыртқы және рециркуляциялық ауа қоспасы пайдаланылатын ішінара рециркуляциялы АКЖ (3 суретте). Мұндай жүйелер рециркуляция үшін пайдаланылатын ауа құрамында улы булар мен газдар жоқ, ал жылу мен ылғалдың артықтығын жою үшін желдеткіш ауаның есептік мөлшері зиянды булар мен газдарды ассимиляциялау үшін үй-жайға берілетін сыртқы ауаның мөлшерінен асып кеткен жағдайда қолданылады. Сонымен қатар, рециркуляциялық ауаны пайдалану сыртқы ауаның температуралық-ылғалдық параметрлерін сырттан келетін ауаның талап етілетін параметрлеріне жақындауы тиіс. Жартылай рециркуляциялы АКЖ әдетте сыртқы ауаның параметрлеріне байланысты сыртқы және рециркуляциялық ауаның ауыспалы көлемін үй-жайға беру арқылы қарастырылады. Алайда, бөліктеп рециркуляциялы үй-жайға берілетін қоспадағы сыртқы ауаның мөлшері санитарлық нормадан кем болмауы тиіс.

Сыртқы ауа жағдайына байланысты олар тура ағынды схема бойынша, ішінара немесе толық рециркуляциямен схема бойынша жұмыс істей алады. Соңғы жағдайда қажет болған жағдайда оттегі және көмірқышқыл газы бойынша ауаның газ құрамы басқа құралдармен ұсталады.



1-ауа қабылдағыш камера; 2-сорғыш желдеткіш; 3-ауа шығару шахтасы; 4-ауа шығару жүйесінің ауа өткізгіші; 5-ауа ағыны; 6-желдеткіш; 7-орталық кондиционер.

3.3 сурет - Жартылай рециркуляциямен бір аймақтағы орталық АКЖ-ы құрылымдық сұлбасы

Ішінара рециркуляциялы жүйелерде рециркуляциялық ауа суландыру камерасына дейін немесе одан кейін сыртқы араластырылады. Бірінші жағдайда жүйе бірінші рециркуляциямен АКЖ, екінші - АКЖ екінші рециркуляциямен деп аталады. Бірінші рециркуляцияны қолдану Жылдың суық мезгілінде сыртқы ауаны жылытуға жұмсалатын жылудың шығынын және жылы уақытта ауаны салқындатуға жұмсалатын суықтың шығынын азайтуға мүмкіндік береді.

Орталық АКЖ, олардың принципті сұлбалары суретте көрсетілген. 1-3, бір зоналды және бір арналы болып табылады. Мұндай жүйелердің орталық кондиционерінде дайындалған ауа ғимаратқа жіберу алдында қосымша өңдеусіз бір ауа өткізгіштен үй-жайға беріледі. Бір аймақты АКЖ бір немесе бірнеше үй-жайларға қажетті ауа параметрлері бар қызмет көрсету үшін қолданылады. Екі арналы СКВ бар, онда екі түрлі күйдегі ауа екі дербес арналар арқылы үй-жайларға беріледі.

Ғимаратқа беру алдында ауаны араластыру арқылы жетеді. Жергілікті жетектерде ауа әрбір ғимарат үшін талап етілетін параметрлерге дейін жеткізіледі.

Өндірістік үй-жайлардағы ауаны баптау жүйесін есептеу Тұрғын, қоғамдық және өндірістік үй-жайлардағы ауа жайлылығын қамтамасыз ету аспирация, желдету, жылыту және ауаны баптау жүйелеріне байланысты. Вентиляциямен біріктірілген ауа жылуы бөлмеде өте қанағаттанарлық климат

жасайды және ауа ортасының қолайлы жағдайын қамтамасыз етеді. Ауа баптау жүйесі, желдету және жылыту міндеттерін орындаудан басқа, өзінің құрамында фреонды тоңазыту машинасын пайдаланудың арқасында жылдың жазғы, ыстық кезеңінде қолайлы микроклимат жасауға мүмкіндік береді.

3.1 кесте – Бастапқы деректер

Қала	Астана
Үй-жай параметрлері	12×8×3 м
Жабдық бойынша деректер	7 дана. кВт/сағ
Жарық көздері бойынша деректер N	80Вт /м ²
Жарық көзінің түрі	люминесцентті шамдар
Қызметкерлер саны	4 ер адам., 3 әйел
Терезе саны	3
Ауданы	3 м ²
үй-жайда	жазда -, қыста
Түрі	жалюзи, пластикалық түптеу, ластануы болмашы
Жұмыс жағдайының түрі	отыру
тәулік уақыты	13-14 сағ

Шешім Бұл тақырыптың мақсаты кондиционерді қажетті ауа шығынының шарты бойынша таңдау болып табылады.

$$L = \frac{860 \cdot Q_{изб}}{\gamma \cdot C \cdot \Delta t}, \text{ м}^3/\text{сағ}.$$

мұндағы, $Q_{изб} = Q_{л} + Q_{OV} + Q_{OB} + Q_{C.P.} + Q_{огр}.$ м³/сағ.

Онда $Q_{л}$ адамдардан жылу қол жетімділігі. Адамдардың жылу түсуі орындалатын жұмыстың қарқындылығы мен қоршаған ауаның параметрлеріне байланысты. Адам бөлетін жылу сезілетін (айқын), яғни конвекция және сәуле шығару жолымен ауаға берілетін бөлмеден және тері бетінен және өкпеден ылғалдың булануына жұмсалатын жасырын жылудан құралады

$$Q_{л} = q_{явн.} \cdot n_{муж} + 0,85 \cdot q_{явн.} \cdot n_{жен.}$$

мұндағы $q_{явн.}$ -адамның сыртқы ортаға жылу бөлінуі, Вт-11-кесте бойынша; ерлер саны; әйелдер саны.

Жазғы кезеңде:

$$Q_{л}^j = 63 \cdot 4 + 0,85 \cdot 63 \cdot 3 = 412,6 \text{ Вт} = 0,413 \text{ кВт}.$$

Қысқы кезеңге:

$$Q_n^3 = 82 \cdot 4 + 0,85 \cdot 82 \cdot 3 = 537,1 \text{ Вт} = 0,537 \text{ кВт}.$$

3.2 кесте – Сыртқы ортаға адамның жылу шығаруы, Вт

Сыртқы ауа температура сы °С	Отыру жағдайы			Тұру жағдайы немесе жеңіл қосғалыс			Ауыр жұмыс		
	анық	жабық	жалпы	анық	жабық	жалпы	анық	жабық	жалпы
18	89	15	104	100	33	133	157	93	250
20	82	21	103	92	42	133	140	110	250
22	76	26	102	84	48	132	117	132	249
25	63	35	102	72	60	132	95	154	249
26	61	41	102	63	69	132	81	168	249

Жылудың түсуі жылғы шамдарды мынадай формула бойынша анықталады:

$$Q_{осв} = \eta \cdot N_{осв} \cdot S_{помещ.},$$

мұндағы η - электр энергиясының жылу энергиясына ауысу коэффициенті;

$S_{ғимарат}$ - қарастырылып отырған үй-жайдың ауданы;

$N_{жарық}$ - шамдардың белгіленген қуаты.

Қыздыру шамдарын пайдалану кезінде =0,92-0,97;

Люминесцентті шам = 0,5-0,6;

Қабылдаймыз $\eta = 0,5$.

Сонда

$$Q_{осв} = 80 \cdot 0,5 \cdot (10 \times 4) = 1600 \text{ Вт} = 1,6 \text{ кВт}.$$

Өндірістік жабдықтармен бөлінетін жылу:

$$Q_{об} = n \cdot \eta \cdot P_{об}, \text{ Вт}.$$

$$Q_{об} = 7 \cdot 0,95 \cdot 0,5 = 3,325, \text{ кВт}.$$

Шынылау арқылы күн сәулесінен жылудың түсуі. Күн сәулесінің артық жылуы шынының түріне байланысты шамамен 90% - ға дейін үй-жайдың ортасымен жұтылады, қалған бөлігі бейнеленеді. Ең жоғары жылу жүктемесі тікелей және шашыраңқы құрамдас бөліктері бар сәулеленудің ең жоғары деңгейінде қол жеткізіледі. Сәуле шығару қарқындылығы жердің кеңдігіне, жыл уақытына және тәулік уақытына байланысты.

Күн сәулесінен (радиация) жылу келіп түсуі мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{с.р.} = (q_{en} + q_{ep}) \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot \beta_{с.з.} \cdot n \cdot F_0,$$

мұндағы $q_{вп}$; $q_{вр}$ -тура және шашыраңқы радиациядан жылу ағыны, Вт/м².
 Географиялық ендікке байланысты тәуліктің есептік сағаты үшін 1.3-кестеден қабылданады:

$F_0 = N \cdot S_0$ – Жарық ойығының ауданы, м² (N – терезе саны, S₀ - бір терезе ауданы).

K₁ – 1.4- кесте бойынша түптеу шынылануының қараңғылану коэффициенті (k_{1с}-Сәулеленген ойықтар үшін; K_{1т}-көлеңкедегі ойықтар үшін);

K₂-1.4-кесте бойынша шынылаудың ластану коэффициенті.

$\beta_{сз}$ -күннен қорғайтын құрылғылардың жылу өткізу коэффициенті, $\beta_{сз}=0,15$ (кесте 4 в [6]).

$$Q_{с.р.} = (271+87) \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 0,15 \cdot 2 \cdot 3 = 306,09 \text{ Вт} = 0,306 \text{ кВт}.$$

Температураның айырмасы нәтижесінде жылудың түсуі мен жылудың жоғалуы. Сыртқы қоршау конструкциялары арқылы жылудың түсуін есептеу жылдың жаз мезгілінде сыртқы ауа температурасының бір тәулік ішінде айтарлықтай ауытқуымен және күн сәулесі есебінен қоршаудың сыртқы бетінде жылу ағынының үлкен тербелісімен қиындайды. Жылу алмасуға қоршаудың массивтілігі да айтарлықтай әсер етеді, соның арқасында температураның ішкі бетінде ауытқуы азаяды.

Жылу мөлшері, мына формула бойынша анықталады:

$$Q_{огр} = V_{пом} X_0 (t_{нррас} - t_{вррас}),$$

мұндағы V_{ғимарат} - ғимарат көлемі, м³. V_{ғимарат}

X₀-меншікті жылу сипаттамасы, Вт / м³ °С. X₀=0,42 Вт/м³ °С.

Екі кезең үшін Q_{жылу.м.} анықтаймыз (қыс, жаз) және олардың арасында ең көп таңдау.

$$Q_{изб.}^I = 0,413 + 1,6 + 3,325 + 0,306 = 5,644,$$

$$Q_{изб.}^3 = 0,537 + 1,6 + 3,325 + 0,306 - 0,403 = 5,160.$$

Температура айырымын шартты анықтаймыз:

Q_T>20, Δt=60C немесе Q_T<20, Δt=80C,

мұндағы $Q_T = \frac{Q_{изб}}{V_{помещ}} = \frac{5644}{192} = 29,44 > 20$ ккал, сонда Δt=6⁰C.

Ауа шығынын табамыз:

$$L = \frac{860 \cdot 5,644}{1204 \cdot 1,05 \cdot 6} = 639,09 \text{ м}^3/\text{сағ}.$$

мұндағы $\gamma = 1204 \text{ кг/м}^3$. C=1,05 кДж/кг °С.

3.3 кесте - Әйнектеу арқылы шілдеде тікелей (П) және шашыраңқы (Р) радиациядан (СН және П II-33-75) жылу келіп түсуі ($q_{вп}$, $q_{вр}$)

Географ.есептеу ені	Күннің уақыты	Жарты күндік вертикалды жарық	
	Жарты күн	О	
		П	Р

3.4 кесте - Жарық ойықтарының қараюын ескеретін K_1 коэффициенті

Ойықты жарықпен толтыру	Ластанбаған атмосфера	Ластанған атмосфера район ені, 0С Ш	
		44-68	44-68
		Сәуле ойығы Күн K_1^C	Көлеңке ойығы K_1^T
Шыны блоктор және шыны	1	0,7	0,75
Металл бөденешелеріндегі шынылау	0,8	0,56	0,6
-екілік	0,72	0,72	0,54
Ағаш түптеріндегі шынылау бір аралық	0,65	0,46	0,48

3.5 кесте - Тік шынылау үшін шынылаудың 80-900 ластануын ескеретін K_2 коэффициенті

Шынының ластану жағдайы	K_2
Айтарлықтай (10 мг/м^3 қазу)	0,85
Орташа ($5-10 \text{ мг/м}^3$ қазу)	0,9
Елеусіз (5 мг/м^3)	0,95

3.6 кесте – Техникалық мінездемесі

Ток бойынша қорғаныс класы	2Р
Тораптағы номинал кернеу/токтың жиілігі, В/Гц	220/50
Салқындату қуаты, кВт	4300
Қыздыру қуаты, Квт	4300
Салқындату режиміндегі тұтынылатын қуат, Вт	2000
Салқындату режиміндегі ток күші, А	10
Қыздыру режиміндегі ток күші, Вт	1700
Салқындату режиміндегі ток күші, А	9
Максимал тұтынылатын қуат, Вт	3000
Токтың максимал күші, А	15
Блоктағы ішкі/ сыртқы деңгейі, дБ(А)	48/58
Ауаны айналдырсақ (ішкі блок) $\text{м}^3/\text{сағ}$	800
Ток бойынша қорғаныс класы	2Р
Тораптағы номинал кернеу/токтың жиілігі, В/Гц	220/50

3.6 кестенің жалғасы

Өлшемдері:	
- ұзындығы, мм	1095
- биіктігі, мм	745
- тереңдігі, мм	326
Ауаның сыртқы блоктың шығыны (max) м ³ /сағ	1300
Өлшемдері:	
- ұзындығы, мм	800
- биіктігі, мм	640
- тереңдігі, мм	300

Қабырға кондиционерін таңдаймыз. Ішкі блок аспалы төбенің қуысына орнатылады. Ауаны төрт жақты бөлу арқылы бөлмені тиімді салқындатады/жылытады. Ауа шығыны $L=639,09$ м³/сағ, 1 қабырғалық кондиционерді пайдалану керек, $Q = 639,09$ м³/сағ, $Q = 639,09$ м³/сағ, $Q = 639,09$ м³/сағ, $Q = 639,09$ м³ / сағ, $Q = 639,09$ м³ / сағ, $Q = 639,09$ м³ / сағ, $Q = 639,09$ м³ / сағ.

3.2 Ғимарат ауданы бойынша қажетті өрт сөндіруші құралдар

Өрт сөндіру үшін ең бірінші пайдаланатын құрал өрт сөндіргіш құрал. Оларды жұмысқа қосу өте тез көп арнайы білімді қажет етпейді және алғашқы өрт сөндіруге өте ыңғайлы. Сондықтан бұл өрт сөндіруші құралдармен кезкелген ғимаратты жабдықтауға болады.

Жатып есептеу сұлбасы

Өрт қауіпсіздігін қамтамасыздандыру үшін ғимараттың орналасу жоспарына қарай керек. Шатаспау үшін келесі қағидаларды ұстану керек:

- ғимараттың өрт қауіпсіздігін және өрт қауіпсіздік категориясын анықтау керек;

- жоспарланған бөлімнің ауданы және жоспары;
- өрт классы;
- нақты керекті өрт сөндіру құралын таңдау;

Бөлімді жоспарлау

Жоспарлау бойынша есептеудің екі әдісі:

- өртенген ортадан отыр құралына дейінгі ара қашықтық;
- ғимарат аумағындағы өрт сөндіру құралының саны.

Қолға ұстайтын өрт сөндіру құралын орналастырғанда өрт ошағынан ара қашықтығы 20м аспау керек, А, Б, В категориядағы ғимараттар өрт қауіпсіздігі бойынша - 30 м, Г категориядағы ғимараттар - 40 м, Д категориядағы ғимараттар - 70 м. Осылай анықтап қолға ұстайтын өрт сөндіргіш құралды орналастыруға болады.

Бұл әдіске қосымша тағы бір бейресми есептеу әдісі бар: 1 кг өрт сөндіру заты 25 шаршы метр қорғалатын алаңға. Егер ошақ шағын болса, онда үй-жайда қолмен (тасымалданатын) өрт сөндіргіш орнату керек. Елеулі жануды болдырмау үшін жылжымалы құрылғыларды пайдалану жақсы.

Шағын нюанстар:

- ғимараттың әрбір қабатында кем дегенде екі қол өрт сөндіргіш орналасуы тиіс: көп болады, ал аз болмайды;

- үй-жайды қол және жылжымалы құрылғылармен жабдықтауға болады;

- егер сізде ауданы бойынша бірнеше шағын үй-жай болса, онда өрт сөндіргіштер санын есептеу кезінде осы алаңдарды қосып, оны бірыңғай деп санауға болады.;

- Д өрт қауіптілігі санаты берілген үй-жайлар, егер оның ауданы 100 м² кем болса, өрт сөндіргіштермен жабдықтау талап етілмейді.);

- автоматты өрт сөндіру қондырғыларымен жабдықталған үй-жайда өрт сөндіргіштердің санын есептелген нормадан екі есе азайтуға болады;

- егер үй-жайдың көлемі 50 м³-ден аспайтын болса, онда қосымша тасымалданатын ұнтақты өрт сөндіргіштерді орнатуға болады (465 ТНК тармағы).

Өрт сыныбы үй-жайда орналасқан материалдар есебінен белгіленеді. Офис үшін бұл қатты заттар мен электр сымдарының (А және Е класы) жануы мүмкін.

Химиялық зертхана үшін - металдар немесе қорытпалар өрті (d класы). Тұрақтарда, автосервистерде және гараждарда-тез тұтанатын сұйықтықтардың жануы (В сыныбы).

Ең бастысы - бөлмедегі өрт тұтануы мүмкін және осы мәліметтер бойынша өрт класын анықтауға болады.

Жанудың келесі түрлері болуы мүмкін:

1) А-қатты заттар;

2) В-тез тұтанатын сұйықтықтар;

3) С-газдар;

4) D - металдар және олардың қорытпалары;

5) Е - электр сымы.

Мүмкін болатын өрт кезінде бұл заттардың қосымша жануын ескеру қажет, мысалы, құрылыс және әрлеу.

Олар негізгі өрт жүктемесін көтермейді, бірақ негізгі жану салдарынан тұтанады, өйткені олар қорғалатын үй-жайлар көлемінде болады. Өрт сөндіргіш түрін таңдау есептеуден және өрт класын анықтағаннан кейін өрт сөндіргіштерді таңдауға өтеді. Негізгі талап-жанудың нақты түрін сөндіруге қабілетті заттың болуы.

Назар аудару керек - бұл өрт сөндіргіш заттың маркасы, оған осы құрылғымен тұтанудың қандай түрлері байланысты. Әрине, әмбебап құрылғыларға артықшылық беру керек.

Заттардың маркалары өрт класына сәйкес келеді, олар да бас латын әріптерімен белгіленеді. Өрт сөндіргіштерді орналастыру ыңғайлы болуы керек. Оларды 1,5 метрден аспайтын биіктікте көрінетін жерлерде орналастыру керек, бірақ олар адамдарды ғимараттан эвакуациялауға кедергі келтірмейтіндей. Құрылғыларды еденнен кейбір биіктікте бекіту үшін өрт сөндіргіштерге арналған арнайы кронштейндерді қолдануға болады.

3.7 кесте – Ғимаратты қолға ұстайтын өрт сөндіргіш құралмен жабдықтау

Ғимарат категориясы	Қажетті қорғалатын аудан м ²	А өрт класы	Ұнтақ өрт сөндіргіш			Көмір қышқылды өрт сөндіргіш		
			2/2	5/4	10/8	2/2	3(5)	5(8)
А, Б, В жанғыш сұйық және газ	200	А	-	2 +	1 ++	-	-	-
		В	-	2 +	1 ++	-	-	-
		С	-	2 +	1 ++	-	-	-
		Д	-	2 +	1 ++	-	-	-
		(Е)	-	2 +	1 ++	-	2 ++	2 ++
В	400	А	4 +	2 ++	1 +	-	2 +	2 +
		Д	-	2 +	1 ++	-	-	-
		(Е)	2 ++	—	1 +	4 +	2 ++	2 ++
Г	800	В	—	2 ++	1 +	-	-	-
		С	4 +	2 ++	1 +	-	-	-
Г,Д	1800	А	4 +	2 ++	1 +	-	-	-
		Д	-	2 +	1 ++	-	-	-
		(Е)	2 +	2 ++	1 +	4 +	2 ++	2 ++
Орталық ғимарат	800	А	8 +	4 ++	2 +	-	4 +	4 +
		(Е)	-	4 ++	2 +	4 +	2 ++	2 ++

Е с к е р т у: 1. Әр түрлі кластағы өрттерді сөндіру үшін ұнтақты өрт сөндіргіштер тиісті зарядтарға ие болуы тиіс: А сыныбы үшін — АВС(Е) ұнтағы; В, С және (Е) сыныптары үшін — ВС(Е) немесе АВС(Е) және D сыныбы үшін — D.

2. Ұнтақты өрт сөндіргіштер мен көмірқышқыл өрт сөндіргіштері үшін қос таңба келтірілген: корпустың сыйымдылығы бойынша ескі таңба, өрт сөндіргіш құрамның салмағы бойынша / жаңа таңба, кг.үй-жайларды ұнтақты және көмірқышқыл өрт сөндіргіштермен жарактандырғанда ескі және жаңа таңбасы бар өрт сөндіргіштерді пайдалануға рұқсат етіледі.

3. "++" Белгісімен объектілерді жарактандыруға ұсынылатын өрт сөндіргіштер, " + " белгісімен — қолдануға ұсынылған және тиісті негіздеме болмаған кезде рұқсат етілетін өрт сөндіргіштер, " - " белгісімен — осы объектілерді жарактандыруға жіберілмейтін өрт сөндіргіштер белгіленген. 4. Көлемі 50 м³ аспайтын тұйық үй-жайларда тасымалданатын өрт

сөндіргіштердің орнына өртті сөндіру үшін немесе оларға қосымша өздігінен өндірілетін ұнтақты өрт сөндіргіштер пайдаланылуы мүмкін.

3.8 кесте - Ғимаратты жылжымалы өрт сөндіргіштермен жабдықтау нормалары

Ғимарат категориясы	Қажетті қорғалатын аудан м ²	А өрт класы	Өрт, көбік, өрт сөндіргіш сыйымдылығы, л	Хладонды өрт сөндіргіш, л
			10	
А, Б, В жанғыш сұйық және газ	200	А	2 ++	-
		В	4 +	4 +
		С	-	-
		Д	-	-
		(Е)	-	-
В	400	А	А	2 ++
		Д	Д	-
		(Е)	(Е)	-
Г	800	В	В	-
		С	С	-
Г,Д	1800	А	-	-
		Д	-	2 +
		(Е)	-	2 +
Орталық ғимарат	800	А	4 ++	-
		(Е)	-	4 +

Егер өрт сөндіргіштер санын есептеу 2001 жылға дейін жүргізілсе, онда құжаттамада өрт сөндіргіштердің ескі таңбалануы (заттың көлемі бойынша) көрсетілген. Жаңа стандарттар бойынша таңбалау заттың салмағы бойынша орнатылады.

Қосымша параметрлер: өрт сөндіргішті таңдау кезінде оларды пайдалану бойынша нюанстар да бар:

- ұнтақты немесе көмірқышқыл құрылғыларына қарағанда су негізіндегі өрт сөндіргіштер үшін пайдаланудың температуралық шегі өте аз. Сондықтан ғимараттың климаттық ерекшеліктерін ескеру қажет;

- ұнтақты өрт сөндіргіштер көмірқышқылдан арзанырақ, бірақ оларды ЭЕМ бар кабинеттерде, мұрағаттарда немесе мұражайларда сақтықпен қолдану керек;

- Құрылғыны қолданғанда ұнтақты шаң барлық саңылауларға соғылады және бетін зақымдайды. Сөндіргеннен кейін оны жою қиын болады.

4 Экономикалық бөлім

4.1 Күштік трансформатордың экономикалық тиімділігін есептеу

Қазіргі заманның қосалқы станцияларында бірнеше түрлі мағыналы талаптар қойылады, олар талапқа сай болуы керек, атмосфераға қалдықтарды тастамау, улы заттар таралуын азайту, аса маңызы жоқ болып станцияның құралдарын пайдалану қауіпсіздігі. Осыған байланысты жаңа технологиялар қолданылады.

Трансформатор – кернеуі бойынша электр энергиясын түрлендіруге және сол кернеуді реттеу үшін арналатын электромагниттік құрылысы.

Жалпы трансформатор қолданысқа қажетті электр энергиясын тарату барысында шығынды төмендету және сымдық материалдарды үнемдеу мақсатында енген болатын.

Электрмен жабдықтау жүйелерінде, электр тораптарында қолданылатын трансформаторларды күштік трансформаторлар деп атайды.

Тұтынушыларды энергиямен қамту тапшылығына байланысты болашақта қосалқы станцияны жаңарту үлкен қолданысқа ие болады.

Қосалқы станцияның сату көлемі, тауар сапасы, баға деңгейі және орташа табысы бойынша бәсекеге қабілетті болуы тиіс және бұл басты көрсеткіш болып саналады.

Капиталдық салым – жаңа құрылыс, реконструкцияға, техникамен қайта жабдықтау кезінде кездесетін барлық шығындар түрлері бойынша анықталады.

Капиталдық салымдардың жалпы сомасы келесі формула бойынша есептелінеді:

$$K_{\text{жалпы}} = K_{\text{қон}} + K_{\text{құр}} + K_{\text{м}} + K_{\text{б.ш.}}, \quad (7.1)$$

мұндағы, $K_{\text{қон}}$ – жаңа қондырғылар мен жабдықтарды, желілерді сатып алуға кеткен қаражат пайызы, $K_{\text{ж}}$ -ның 53 %-ын құрайды;

$K_{\text{құр}}$ – ҚС-ны құрылысына жұмсалатын қаражат пайызы, $K_{\text{ж}}$ -ның 30%-ын құрайды;

$K_{\text{м}}$ – монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары, $K_{\text{ж}}$ -ның 11 %-ын құрайды;

$K_{\text{б.ш}}$ – басқа да шығындарға қажетті қаражат пайызы, $K_{\text{ж}}$ -ның 6%-ын құрайды.

Жаңа қондырғылар мен жабдықтарды, желілерді сатып алуға кеткен қаражат:

$$K_{\text{ж}} = (497,083 \cdot 100) / 53 = 937,892 \text{ млн.тг.} \quad (7.2)$$

ҚС-ны құрылысына жұмсалатын қаражат:

$$K_C=(937,892 \cdot 30)/100=281,367 \text{ млн.тг.} \quad (7.3)$$

Монтаждық және іске қосу-жөндеу жұмыстарының капиталдық салымдары:

$$K_M=(937,892 \cdot 11)/100=103,16 \text{ млн.тг.} \quad (7.4)$$

4.1 кесте – Жобаға құйылатын қаржы есептеуі

№	Атауы	Бағасы, тг	Саны, дана	Толық бағасы, тг
1	Күштік трансформатор ТРДН-63000/110/У1	110 000 000	2	220 000 000
2	Күштік ажыратқыш 110кВ ВГГ-110/У1	7 800 000	7	54 600 000
3	Күштік ажыратқыш 35кВ ВР35НС	5 940 000	7	41 580 000
4	Күштік ажыратқыш 10кВ ВГГ-20-90/6300	4 900 000	17	83 300 000
5	Айырғыш 110кВ РДЗ-1-110/1000 У1	820 000	25	20 500 000
6	Айырғыш 35кВ РДЗ-35Б/2000 НУХЛ1	260 000	13	3 380 000
7	Сақтандырғыш 35 кВ ПКН 001-35 У3	35 000	2	70 000
8	Сақтандырғыш 10 кВ ПКН 001-10 У1	9 500	2	19 000
9	Кернеу трансформатор 110кВ ЗНОГ-110 (У1)	1 250 000	2	2 500 000
10	Кернеу трансформатор 35кВ ЗНОЛ-35 У3	460 000	2	920 000
11	Кернеу трансформатор 10кВ НОМ-10-У1	99 600	2	199 200
12	Ток трансформаторы 110кВ – ТОГФ- 110 (УХЛ1)	2 000 000	25	50 000 000
13	Ток трансформаторы 35кВ – ТОЛ-35-III	400 000	17	6 800 000
14	Ток трансформаторы 10кВ ТВ-10-III	140 000	47	6 580 000
15	Асқын кернеу шектегіш ОПН-П1-110/83/10/2 УХЛ1	90 000	4	360 000
16	Асқын кернеу шектегіш ОПН-35/40,5/10/550 УХЛ1	50 000	2	100 000
17	Асқын кернеу шектегіш ОПН-10/12/10/450 УХЛ1	20 000	2	40 000
Жалпы құны				490 948 200 тг

4.2 кесте – Желіге кететін қаржы

Желі	Желі саны	Жалпы желінің ұзындығы, км	Бір км желінің құны, теңге.	Желінің жалпы құны, млн.теңге (жөндеу базасы мен байланыс желісін қоса есептегенде)
110 кВ	12	63	305 000	3 660 000
35 кВ	5	39	130 000	650 000
10 кВ	18	25	73 000	1 825 000
Барлығы:				6 135 000

Басқа да шығындарға керекті қаражат:

$$K_{б.ш.}=(937,892 \cdot 6)/100=56,27 \text{ млн.тг.} \quad (7.5)$$

Бұл мәнді (7.1) формулаға қойып есептесек:

$$K_{ж.} = 937,892 + 281,367 + 103,16 + 56,27 = 1\,378,68 \text{ млн.тг.} \quad (7.6)$$

4.1.1 ҚС-ның жұмыс жасап тұрған кездегі, жылдық эксплуатациялық шығындар

Эксплуатациялық шығындар – жалпы қосалқы электр станциясын түрлендіріп, тарату, пайдалану кезіндегі жұмсалынатын шығындар. Эксплуатациялық шығындарға барлық шығындар: амортизация аударылымдары, транспорт шығындары, жұмысшылардың еңбекақысы, жіберілетін электр энергиясын тарату кезіндегі шығындар, байланыс қызметтері, іс – сапарлар, кеңселік тауарлар, қызметкерлерге төленетін еңбек ақы, қауіпсіздікті сақтауға арналған іс-шараларға кеткен шығындар және т.б. шығындар жатады.

Эксплуатационды шығындар келесідей есептелінеді.

Жылдық эксплуатациялық шығындарды есептеу:

$$I_{ж.} = I_a + I_{мат} + I_{э.н.} + I_{қос} + I_{е.а.} \quad (7.7)$$

мұндағы, I_a – амортизациялық аударылым соммасы;

$I_{м.ш.}$ – материалдық шығындар және қосымша бөліктер;

$I_{э.н.}$ – әлеуметтік салық, зейнетақы қорына кететін бөлігінің

11%;

$I_{\text{кос}}$ – қосымша шығындар (кәсіпорынға қызметкерлерді дайындап, оқыту, көлік, концелярлық шығындар). Жалпы, қосымша шығын барлық шығындар сомасының 12÷15 % құрайды.

$I_{\text{е.а.}}$ – еңбекақы құны;

$I_{\text{өнд}}$ – өндірістік қажеттіліктер, электр энергиясының шығындары, жалпы салымның 1,5%-ы.

Амортизация аударылымын есептеу:

$$I_a = K_0 \cdot h_0 / 100. \quad (7.8)$$

Мұндағы K_0 – негізгі қорлар сомасы, млн теңге;

h_0 – амортизациялық аударылымның белгіленген нормасы, мәнін 6 % деп қабылдаймыз.

$$I_a = 497,083 \cdot 6 / 100 = 29,82 \text{ млн теңге.}$$

Жұмысшылардың еңбекақылық жиналым қоры:

$$I_{\text{еа}} = E_{\text{ор}} \cdot Ж_{\text{ор}} \cdot 12, \quad (7.9)$$

мұндағы $E_{\text{ор}}$ – орташа айлық жалақы шамасы;

$Ж_{\text{ор}}$ – тізімдегі жұмысшылар саны;

$$I_{\text{еа}} = 0,160 \cdot 9 \cdot 12 = 17,28 \text{ млн. тг.}$$

Жалпы әлеуметтік салық:

$$I_{\text{ә.н.}} = (I_{\text{е.а.}} - I_{\text{з.қ.}}) \cdot 0,11, \quad (7.10)$$

Мұндағы $I_{\text{е.а.}}$ – жұмысшылардың еңбекақы қорына салым;

$I_{\text{з.қ.}}$ – зейнетақыға қорына салым (еңбек ақыдан 10%).

$$I_{\text{ә.н.}} = (0,160 - 0,0160) \cdot 0,11 \cdot 12 = 0,190 \text{ млн. тг.}$$

Материалдық шығын көлемі немесе тағы да басқа бөліктер шығындарына капиталдық салымның 0,5%-ы алынды:

$$I_{\text{м.ш.}} = 1\,378,68 \cdot 0,5\% = 68,9 \text{ млн. тг.} \quad (7.11)$$

Өндірісті жүргізуге қажетті шығындарға капиталдық салымның 1,5%-ы алынды:

$$I_{\text{өнд}} = 1\,378,68 \cdot 1,5\% = 20,6 \text{ млн. тг.}$$

Бұлардан бөлек қосымша тағы да басқа шығындар:

$$I_{\text{к.ш.}} = (29,82 + 17,28 + 0,190 + 68,9 + 20,6) \cdot 14\% = 19,1 \text{ млн. тг.}$$

Жалпылама сомалық шығын:

$$I_{\text{ж}} = 29,82 + 17,28 + 0,190 + 68,9 + 20,6 + 19,1 = 155,89 \text{ млн. тг.} \quad (7.12)$$

4.1.2 Электр энергиясының ресурсын жіберу жұмысының есептеулерін жүргізу

Жобадағы қосалқы станциясында қуаты 63 МВА қос трансформатор бар. Қосынды қуат $S_{\text{тр}} = 160 \text{ МВА}$

Активті қуаттың мәнін табу үшін, қуат коэффициенті $\cos\varphi = 1$ деп қабылдаймыз.

$$P = S \cdot \cos\varphi, \quad (7.13)$$

$$P = 130 \cdot 1 = 130 \text{ МВт.}$$

Трансформатордың максималдық пайдалану уақыты $T_{\text{м}} = 4800 - 6000$ аралығында болады. Максималды пайдалану уақытын $T_{\text{м}} = 5560$ сағат деп қабылдадым. Осы арқылы жүктеменің максималды деңгейінде жылдық есептік сағаттық қуатты есептеп табамыз.

Осылайша:

$$W = P \cdot T_{\text{м}}, \quad (7.14)$$

$$W = 130 \cdot 5560 = 772\,800 \text{ мың кВт} \cdot \text{сағ.}$$

Өзіндік құнды есептеу:

$$S = I_{\text{ж}}/W,$$

$I_{\text{ж}}$ – эксплуатациялық шығындар

$$S = 155,89/772,80 = 0,201 \frac{\text{тг}}{\text{кВт} \cdot \text{сағ.}}$$

Өзіндік құнға 10%-дық табысты қосып тапсақ:

$$S_{\text{ПС}} = S \cdot 1,1 = 0,201 \cdot 1,1 = 0,2211 \frac{\text{тг}}{\text{кВт} \cdot \text{сағ.}} \quad (7.15)$$

Корпоративтік салықты 20% деп алып, бір жылдағы пайданы есептеу:

$$\sum P_{\text{ж}} = W \cdot 0,1 \cdot S_{\text{ПС}} \cdot 0,8, \quad (7.17)$$

$$\sum P_{\text{ж}} = 772,80 \cdot 0,1 \cdot 0,2211 \cdot 0,8 = 13,6 \text{ млн. тг.}$$

Электр энергиясына тариф – 16,56 теңге/кВт·сағ. Қосалқы станцияның баға түрленуі келесі кезеңдерден өтеді:

1. Электр энергиясын станциядан сатып алу (8,23 теңге/кВт·сағ);
2. КЕГОК ҰЭТ тарифі (2,496 теңге/кВт·сағ);
3. «АЖК» тарифі (5,63 теңге/кВт·сағ);
4. «Ж.Е.Н» ЖШС жеке тарифінің бағасы (0,694 теңге/кВт·сағ).

Электр энергиясының өзіндік құны – 15,89 теңге/кВт·сағ. Тұтынушыларға электр энергиясын 16,25 теңге/кВт·сағ. ЖШС-ның түсіретін пайдасы 0,79 теңге/кВт·сағ.

Кіріс салығын ескеріп, жылдық пайдану табу:

$$\begin{aligned} \sum P_{\text{жк}} &= W \cdot 0,8 \cdot 0,481 = 772,80 \cdot 0,8 \cdot 0,79 = \\ &= 488,4 \text{ млн. тг,} \end{aligned} \quad (7.18)$$

Жалпы кіріс:

$$\begin{aligned} \sum \Pi &= \sum P_{\text{ж}} + \sum P_{\text{жк}} = 13,6 + 488,4 = \\ &= 502 \text{ млн. тг} \end{aligned} \quad (7.19)$$

4.2 Жобаға салынатын инвестицияның эффективтілігін анықтау

Электр энергиясын түрлендіріп, тасымалдап, тұтынушыларға жеткізу, әр түрлі электр энергетика саласындағы кәсіпорындардың басты атқаратын қызметі, осы арқылы электр энергиясын сату бұл кәсіпорындарға пайда көзі болып табылады. Осы салада кәсіп құрып, пайда табу үшін, бастапқы капитал біршама көп мөлшерде болуы қажет.

Жалпы қосалқы станция салатын болсақ, оның өзін-өзі ақтау уақыты 3-4 жылдан кем болмайды. Осылайша ұзақ мерзімді инвестициялар жасамас алдында, оның эффективтілік болжамы жоспарланады.

NPV инвестициялық жобаны табу осы жобаға байланысты барлық ақша ағындарының таза келтірілген құнын табуды білдіреді.

I_0 – ҚС-ның жобасын бастауға қажет инвестиция мөлшері, PV – жобаның экономикалық өмірі бойындағы уақытқа сай ақша ағынының құны. Дисконтталған табыстың жиналған жалпы мөлшері:

$$PV = \sum_1^n \frac{CF_n}{(1+r)^n}, \quad (7.20)$$

мұндағы, r – дисконт нормасы;

n – жобаның жүзеге асу кезеңдер саны;

CF – төлемдердің жыл сайынғы таза ағымы.

CF өзіне таза кірісті және амортизациялық ауыстырылымдарды қосады.
Таза келтірілген құн:

$$NPV = \sum_1^n \frac{CF_n}{(1+r)^n} - I_0, \quad (7.21)$$

Егер де табылған NPV оң таңбалы болса ($NPV > 0$), жобаға инвестициялық қаражат құйса болады. Егер теріс таңбалы болса ($NPV < 0$), онда жобаның пайдасы нарықтағы деңгейден төмен, осыдан жобаға инвестиция құйылмайды.

Төлемдердің жыл сайынғы таза ағымын есептеу:

$$CF = \Pi_{TK} + I_{ao}, \quad (7.22)$$

мұндағы, Π_{TK} - таза кіріс, млн.тенге;

I_a – амортизациялық аударымдар, млн.тенге.

$$CF = 502 + 29,82 = 531,82 \text{ млн. тг.}$$

4.3 кесте – NPV есебінің нәтижесі

Жылдар	CF , млн теңге	$1/(1+i)^n$, 9%	PV , млн теңге	NPV , млн теңге
0	1 378,68	1	1 146,72	-1 146,72
1	531,82	0,917	487,67	891,01
2	531,82	0,841	447,26	443,75
3	531,82	0,772	410,56	33,19
4	531,82	0,708	376,52	+343,33

Есептеу нәтижесін көріп отырғанымыздай қосалқы станция өзінің құнын 4 жыл ішінде толықтай ақтап, пайда түсіре бастайды.

Рентабелділік индексінің таза дисконтталған құннан айырмашылығы салыстырмалы көрсеткіш ретінде болады. Жобаларды салыстырып таңдауда, NPV көрсеткіштері бірдей болған жағдайда PI қарап алуға болады.

$$PI = \sum_{t=i}^n \frac{PV/(1+i)}{K_0} = \frac{1722/0.708}{1\,378.68} = 1.76. \quad (7.23)$$

PP анықтау (орнын толтықтыру уақыты).

Бұл әдіс бастапқы жобаға жұмсалған инвестицияның қайтарылатын уақытын есептеу тәсілі:

$$PP = \frac{\Sigma K}{CF}; \quad (7.24)$$

$$PP = \frac{1\,378.68}{531.82} = 2.59.$$

PP әдісімен есептегенде жұмсалған инвестициялар өзін 3,66 жылда ақтап шығады.

Пайданың ішкі нормасы келесі формула арқылы табылады:

$$IRR = \left(1 - \sqrt[n]{\frac{CF}{I_c}} \right) \cdot 100\%, \quad (7.25)$$

$$IRR = \left(1 - \sqrt[3]{\frac{531.82}{1\,378.68}} \right) \cdot 100\% = 38,5\%.$$

экономикалық бөлімінде қосалқы станцияны салудағы техника-экономикалық көрсеткіштер есептеулер арқылы табылып, тиімділік деңгейі анықталды. NPV тәсілі арқылы қосалқы станция өзін-өзі 4 жылда, PP тәсілі арқылы 2,5 жылда ақтайтынын көрсетті. Пайданың ішкі нормасы $IRR = 38,5\%$ - ды құрағандықтан жоба тиімді деп ойлаймын.

Қорытынды

Трансформаторларды жобалауға оларды есептеу және құру кіреді. Бұл дипломдық жұмыста 400 кВА қуатты және 10/0,4 кВ кернеулі майлы салқындатуы бар үшфазалы күштік трансформаторды есептеу қарастырылды.

Тапсырмалар және бастапқы мәліметтерге сүйене отырып, үшфазалы майлы трансформаторды ГОСТ 11677, ГОСТ 11920, ГОСТ-15150 стандарттарға сәйкес ТМГ-400/10–0,4 – У1 маркалы қуаты 400 кВ-А, табиғи майлы салқындатуы бар, жоғарғы жағындағы кернеуі 10 кВ, ал төменгі жағында 0,4 кВ кернеу болатын, қалыпты климатқа арналып жасалған трансформаторды таңдаймыз.

Экономикалық бөлімінде қосалқы станцияны салудағы техника-экономикалық көрсеткіштер есептеулер арқылы табылып, тиімділік деңгейі анықталды. NPV тәсілі арқылы қосалқы станция өзін-өзі 4 жылда, PP тәсілі арқылы 2,5 жылда ақтайтынын көрсетті.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- 1 Беспалов, В.Я. Электрические машины [Текст]: оқулық / В.Я. Беспалов [и др.]. – М.: Академия, 2006. – 313 с.
- 2 Ванурин, В.Н. Электрические машины [Текст]: оқулық / В.Н. Ванурин. – М.: Энергия, 2006. – 380 с.
- 3 Елифанов, А.П. Электрические машины [Текст]: оқулық / А.П. Елифанов. – М.: Лань, 2006. – 263 с.
- 4 Тихомиров, П.М. Расчет трансформаторов [Текст]: оқулық / П.М. Тихомиров. – М.: Энергия, 1976. – 544 с.
- 5 Дымков, А.М. Расчет и конструирование трансформаторов [Текст]: оқулық / А.М. Дымков. – М.: Высш. шк., 1971. – 264 с.
- 6 Сергеев, П.С. Проектирование электрических машин [Текст]: оқулық / П.С. Сергеев, Н.В. Виноградов, Ф.А. Горяинов. – М.: Энергия, 1969. – 632 с.
- 7 Ермолин, Н.П. Расчет силовых трансформаторов [Текст]: пособие по курсовому проектированию / Н.П. Ермолин, Г.Г. Швец. – Л.: ЛЭТИ, 1964. – 167 с.