

ЭНЕРГЕТИКА
ENERGY
ЭНЕРГЕТИКА

ӘОЖ 621.311:51-7

DOI 10.52167/1609-1817-2023-124-1-339-348

**Б. Онгар^{1,2}, Г.К. Смагулова³, Е.А. Сарсенбаев¹,
Э.А.Нурмадиева³, Е.Е. Сеитбек²**

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Логистика және көлік академиясы, Алматы, Қазақстан

³Ғ.Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті,
Алматы, Қазақстан

E-mail: b.ongar@satbayev.university

**ТРАНСФОРМАТОРЛАРДЫҢ ТРАНСФОРМАТОРЛЫҚ КОЭФФИЦИЕНТТЕРІ
БОЙЫНША ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ТҰРАҚТЫ ЖҰМЫС РЕЖИМДЕРІН
ЕСЕПТЕУДІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІ**

Аңдатпа. Бұл мақаланың мақсаты - зауыттық сынақ есептері, негізгі түрі және негізгі өлшемі сияқты шектеулі қолжетімді ақпаратты тиімді пайдалана алатын жақсартылған трансформатор үлгілерін және параметрлерді бағалау әдістерін әзірлеу. Сонымен қатар қазіргі уақытта өтпелі модельдеуде қолданылатын кейбір жиі қолданылатын модельдер ұсынылады.

Түйінді сөздер. Трансформатор, ламинация, трансформатор өзегі, катушка, оқшаулау.

Кіріспе.

Қуатты ұзақ қашықтыққа беру жоғары кернеулерде тиімдірек, өйткені электр беру желілерінде электр қуатын тұтыну азаяды. Мысалы, 10 МВт электр энергиясын 100 километр қашықтыққа беру үшін кернеу 500 кВ-қа тең болуы керек. Сондықтан электр станцияларында кернеуді арттыру үшін трансформаторлар орналастырылады. Қазіргі уақытта жоғары вольтты электрлік беріліс жолдарында кернеуі 330, 500 және 750 кВ, қуаты 1200-1600 МВА-ге тең трансформаторлар қолданады. Айнымалы токтың жоғары вольтты Екібастұз-Орталық, Екібастұз-Орал беріліс жолдары салынуға байланысты электрлік жасау өнеркәсібі бір фазалы (қуаты 660 МВА, кернеуі 1150 кВ) трансформаторларды шығара бастады.

Қалаларда, ауылды жерлерде, кәсіпорындарда және олардың ішінде электрэнергиясының кернеулері 110, 35, 10 және 6 кВ ауа және кабель жолдары арқылы таратылады.

Айнымалы ток электр тұтынушыларының көпшілігі 220, 380 және 600 вольт кернеуімен істейтіндіктен электр энергиясын пайдалану пунктерінде төмендеткіш трансформаторлар орнатылады. Сонымен, электр энергиясын электрстанцияларынан тұтынушыларға берілу кезінде трансформаторлар арқылы кернеу бірнеше рет (3-5 рет) түрлендіріледі:

а) әртүрлі технологиялық мақсаттар үшін: электр дәнекерлеуге (балқытып біріктіруге), электр-жылулық пештерді электр қуатымен қамтамасыз ету, т.с.с. Бұл трансформаторлардың қуаты бірнеше мың киловольт-амперге, ал кернеулері 10 кВ-ке жетеді;

б) радио және теледидар аппаратурасының әртүрлі тізбектерін электрмен қамтамасыз ету үшін;

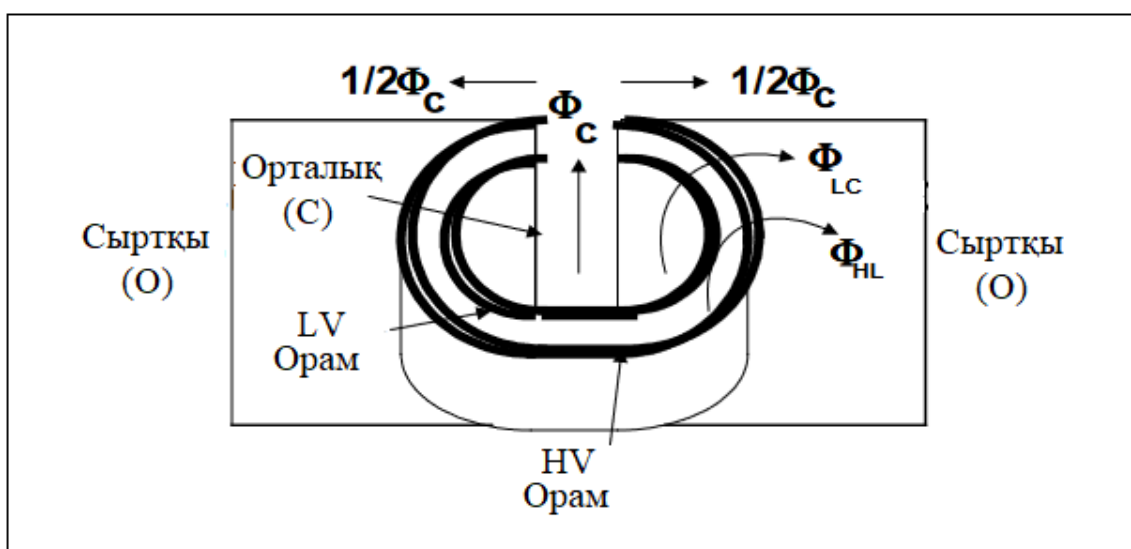
в) жоғары кернеулі және күшті тоқты тізбектерге өлшеуіш аспаптарды қосу үшін. Бұл трансформаторлар (өлшеуіш трансформаторлар) өлшеу шегін ұлғайтады және электрлік қауіпсіздікті қамтамасыз етеді.

Қуат трансформаторлары қарапайым болып көрінеді. Дегенмен, олардың сызықты емес және жиілікке тәуелді әрекеттеріне байланысты олар модельдеуге болатын ең күрделі жүйе құрамдастарының бірі бола алады. Қолданылатын үлгілердің жүйе бастан кешіретін жиіліктер мен қозу деңгейлерінің ауқымына сәйкес болуы өте маңызды. Трансформаторларды модельдеу жетілген өріс емес және жаңа жетілдірілген үлгілер АТР пакеттерінде қолжетімді болуы керек. Бұдан басқа, ұсынылған модельдеу тәсілдеріне қатысты жарияланған нұсқаулықтар жоқ. Және әдетте берілген үлгінің параметрлерін анықтау үшін егжей-тегжейлі дизайн немесе сынақ ақпараты жеткіліксіз.

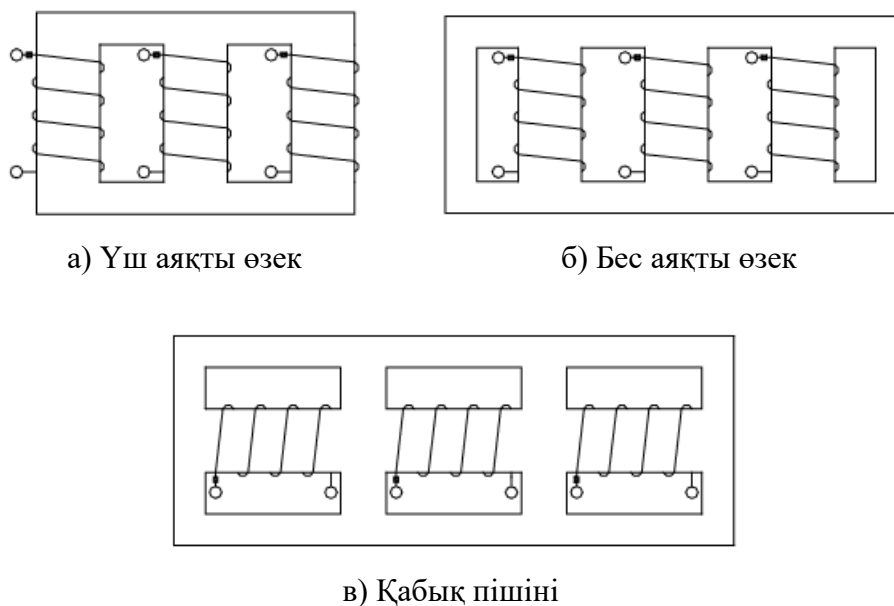
Материалдар мен тәсілдер.

Трансформатор өзек, катушка, резервуар, оқшаулау және басқа керек-жарақтардан тұрады. Темір өзегі құйынды ток шығындарын азайту үшін ламинациялардан жасалған және материал гистерезис шығындарын азайту және магниттелу сипаттамаларын жақсарту үшін кремний қорытпасы болып табылады. Ламинациялардың қалыңдығын азайту ядроғағы құйынды ток жоғалуын азайтады. Орамдардың екі класы бар - концентрлік (цилиндрлік) орамдар және аралық (құймақ) орамдары. Концентрлік орамдар үшін жоғары вольтты катушкалар әдетте орамдар арасында жақсы байланыс алу үшін төмен вольтты катушкаға оралады. Аралас орамдар үшін жоғары вольтты және төмен вольтты орамдар ауыспалы құймақ тәрізді катушкаларға жиналады. Нақты дизайнда әртүрлі өндірушілер көптеген модификацияларды пайдаланады. Оқшаулау үшін қағаз, пресс тақтасы, минералды май, эпоксидті шайыр қолданылады. [1]

Бір фазалы және үш фазалы трансформаторларға арналған орамалардың және өзек құрылымдарының мысалдары 1 және 2-суреттерде көрсетілген.



1 сурет - Бірфазалы трансформатордың негізгі құрылымы (қабық пішіні)



2 сурет - Үш фазалы трансформаторлардың негізгі құрылымдары

Магниттік тізбектерді есептеу физика курсына толық ток заңына негізделген:

$$\oint \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum i$$

Магнит тізбегінде толық ток заңын қолданғанда, ол жеке біртекті секцияларға бөлінеді, ол үшін $H=const$, ал интегралдау контуры магниттік сызықтар бойымен таңдалады. Осы шарттар орындалғанда тұйық цикл интегралы жай көбейтінділердің қосындысымен ауыстырылады $H_k l_k$ және:

$$\sum i = i \cdot w$$

Мұндағы $Iw = F$ магнит қозғаушы күш (МҚК) немесе магниттелу күші (МК), Φ магнит ағынының көзі болып табылады.

$H_k l_k$ көбейтіндісі магниттік кернеу деп аталады: $U_{Mk} = H_k l_k [A]$, ал жоғарыдағы алынған теңдеу магниттік тізбек үшін Кирхгофтың екінші заңы болып табылады:

$$\sum Hl = Iw \text{ немесе } \sum U_M = F$$

Магнит өрісінің сызықтары үздіксіз болатынын физикадан білеміз. Тармақталмаған магнит тізбегінің барлық бөліктерінде магнит ағыны F бірдей мәнге ие болады.

$\Phi = const$. Әрқайсыларында \vec{B} өріс индукциясы және \vec{H} өріс кернеулігі әртүрлі жағдайларда:

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1}; \quad B_2 = \frac{\Phi}{S_2}; \quad B_0 = \frac{\Phi}{S_0};$$

$$H_1 = \frac{B_1}{\mu_1 \mu_0} = \frac{\Phi}{\mu_1 \mu_0 S_1}; \quad H_2 = \frac{\Phi}{\mu_1 \mu_0 S_2}; \quad H_0 = \frac{\Phi}{\mu_0 S_0}.$$

Кирхгофтың екінші заңының теңдеуінің орнына қойып, төмендегі теңдеуді аламыз:

$$I \cdot w = \frac{\Phi \cdot l_1}{\mu_1 \cdot \mu_0 \cdot S_1} + \frac{\Phi \cdot l_2}{\mu_2 \cdot \mu_0 \cdot S_2} + \frac{\Phi \cdot l_0}{\mu_0 \cdot S_0} = \Phi \left(\frac{l_1}{\mu_1 \cdot \mu_0 \cdot S_1} + \frac{l_2}{\mu_2 \cdot \mu_0 \cdot S_2} + \frac{l_0}{\mu_0 \cdot S_0} \right),$$

мұндағы $R_{mk} = \frac{l_k}{\mu_k \mu_0 S_k}$ – магнит тізбегінің k -бөлігіндегі магниттік кедергі.

Салыстыру үшін: $R = \frac{l}{\gamma \cdot S}$ өткізгіштің электр кедергісінің формуласы ұқсас құрылымға

ие, яғни магниттік тізбекте γ электр өткізгіштік материалдың $\mu\mu_0$ магниттік өткізгіштігіне сәйкес келеді. Магниттік тізбектің бөліктері үшін магниттік кедергілер (\bar{B}, \bar{H}) магниттік күйдің функциясы болып табылатын $\mu\mu_0$ магниттік өткізгіштікке байланысты. Сәйкесінше, магниттік тізбектің жеке бөліктерінің магниттік кедергілері сызықты емес және сызбадасызқты емес элементтермен көрсетілген.

Саңылаудың магниттік кедергісі:

$$R_{m0} = \frac{l_0}{\mu_0 \cdot S_0} = \frac{l_0}{4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot S_0} \approx 8 \cdot 10^5 \cdot \frac{l_0}{S_0} = const ,$$

сәйкесінше, сызықты элемент болып табылады.

Тармақталған және бірнеше МҚК-тің көздерін қамтитын күрделі магниттік тізбектер үшін Кирхгофтың екі заңы да толық сақталады:

1) Кирхгофтың 1-заңы:

$\sum \Phi = 0$ – магнит тізбегінің түйіндеріндегі магнит ағындарының алгебралық қосындысы нөлге тең.

2) Кирхгофтың 2-заңы:

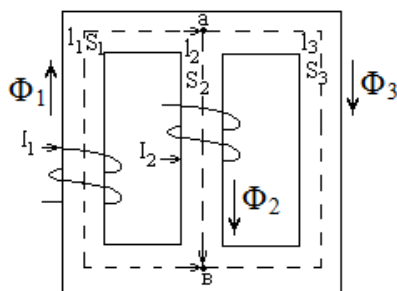
$\sum NI = \sum Iw$ – магнит тізбегінің тұйықталған контурындағы магниттік керудің төмендеуінің алгебралық қосындысы МҚКтің алгебралық қосындысына тең.

Нәтижелер.

Тұрақты ағынды магниттік тізбектер сызықты емес тізбектер санатына жатады. Қосарлылық принципі бойынша ол сызықты емес тұрақты ток тізбектерін есептеудің барлық әдістерінде қолданылады.

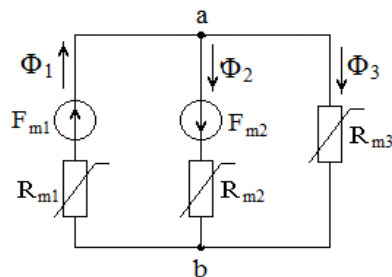
Айта кету керек, магниттік тізбектің өзіндік сипаттамалары бар, яғни есептеу әдісінде кейбір өзгерістер бар.

3-суретте магниттік тізбегінің есептік сұлбасы берілген.



3 сурет - Магнит тізбегінің есептік сұлбасы

Берілген сұлбаға байланысты, оң қол ережесі бойынша МҚК-нің бағытын анықтай отырып, орын басу сұлбасын қарастырайық (4-сурет).



4 сурет - Магнит тізбегінің орын басу сұлбасы

Электромагниттік реленің магниттік тізбегін есептеу талап етілсін, оның жобасы және магниттік тізбектік орынбасу сұлбалары 3-4 суреттерде көрсетілген. Бөлімдердің геометриялық өлшемдері және материалдың негізгі магниттелу қисығы $B=f(H)$ берілген деп есептейміз. Тапсырманы шешудің екі жолы бар:

а) берілген Φ магнит ағынына сәйкес (немесе берілген қиманың B индукциясы) орамдағы I тоқты анықтау қажет – тура тапсырма;

б) орамадағы берілген I ток үшін Φ магнит ағынын немесе берілген қимадағы B индукцияны анықтау қажет – кері тапсырма.

Тура тапсырманы аналитикалық жолмен шешу оңай. Ол үшін Φ магнит ағыны белгілі болсын. Онда

$$B_1 = \frac{\Phi}{S_1}; B_2 = \frac{\Phi}{S_2}; B_0 = \frac{\Phi}{S_0}.$$

H_1 және H_2 координаталарының мәндері есептелген. B_1 және B_2 нүктелері үшін берілген $B=f(H)$ магниттелі қисығынан табылады.

Орынбасу сұлбасы үшін Кирхгофтың 1 және 2-заңы бойынша теңдеулер жүйесін құрамыз, сондай-ақ МҚКнің мәнін анықтаймыз:

$$\Phi_1 = \Phi_2 + \Phi_3;$$

$$U_{abm}(\Phi_1) = F_{1m} - H_1(B) \cdot l_1;$$

$$U_{abm}(\Phi_2) = -F_{2m} + H_2(B) \cdot l_2;$$

$$U_{abm}(\Phi_3) = H_3(B) \cdot l_3;$$

$$F_1 = I_1 \cdot w_1; F_2 = I_2 \cdot w_2.$$

Іздестіріп отырған ток тең болады: $I = \frac{I \cdot w}{w}$. Кері есеп кезекті жуықтау әдісімен шешіледі. Реле орамындағы ток I берілсін және Φ анықтауға болады.

Олар бірінші жуықтаудағы Φ' магнит ағынының мәнімен, ал бірінші жуықтаудағы I' токтың мәні тура есепті шешу арқылы анықталады. $I' \gg I$ теңсіздікті ескере отырып, олар Φ'' магнит ағынының екінші жуықтауының мәнімен, ал токтың екінші жуықтауының I'' мәнімен анықталады. Есептеу циклдары немесе итерациялар қажетті мәнді анықтаудың қажетті дәлелдігіне жеткенше орындалады. Тура есепті шешу салыстырмалы түрде қарапайым және еңбекті көп өажет етпейтінін ескерсек, бірнеше есептеу циклін қажет ететін кері есетің шешімі салыстырмалы түрде көп еңбекті қажет етеді және оны компьютердің көмегінің қолмен орындауға болады. [2-4]

Тура және кері есептері жеке бөлімдердің ВАС қосу арқылы графикалық түрде шешуге болады. Осы мақсатта берілген магниттелу қисығы $B=f(H)$ және магнит тізбегінің

жеке бөлімдерінің шеометриялық өлшемдері (l, s) негізінде жеке бөлімде p үшін Вебер-Амперлік сипаттамалары (ВАС) есептеледі $U_M = Hl = f(\Phi = BS)$.

Әдетте, барлық бөлімдер үшін есептелген ВАС жалпы жиынтықтары төмендегі кестелерде көрсетілген.

$U_{ab}(\Phi_1)$ теңдеуіне сәйкес берілген магниттік тізбектің бірінші тармағының Вебер-Ампер сипаттамасын есептеу 1-кестеде көрсетілген.

1 кесте - Магниттік тізбектің бірінші тармағының Вебер-Ампер сипаттамасы

B, Тл	$\Phi_1 = B \cdot S_1, Вб$	H(B), А/м қисығынан табамыз, B-H	$U_{abm}(\Phi_1), А$
-1,6	-0,0024	-1200	162
-1,57	-0,002355	-800	122
-1,53	-0,002295	-600	102
-1,47	-0,002205	-400	82
-1,28	-0,00192	-200	62
-1,14	-0,00171	-120	54
-1,02	-0,00153	-80	50
-0,93	-0,001395	-60	48
-0,75	-0,001125	-40	46
-0,22	-0,00033	-20	44
0	0	0	42
0,22	0,00033	20	40
0,75	0,001125	40	38
0,93	0,001395	60	36
1,02	0,00153	80	34
1,14	0,00171	120	30
1,28	0,00192	200	22
1,47	0,002205	400	2
1,53	0,002295	600	-18
1,57	0,002355	800	-38
1,6	0,0024	1200	-78

$U_{ab}(\Phi_2)$ теңдеуіне сәйкес берілген магниттік тізбектің екінші тармағының Вебер-Ампер сипаттамасын есептеу 2-кестеде көрсетілген.

2 кесте - Магниттік тізбектің екінші тармағының Вебер-Ампер сипаттамасы

B, Тл	$\Phi_2 = B \cdot S_2, Вб$	H(B), А/м қисығынан табамыз B-H	$U_{abm}(\Phi_2), А$
1	2	3	4
-1,6	-0,00112	-1200	-109
-1,57	-0,001099	-800	-81
-1,53	-0,001071	-600	-67
-1,47	-0,001029	-400	-53
-1,28	-0,000896	-200	-39
-1,14	-0,000798	-120	-33,4
-1,02	-0,000714	-80	-30,6
-0,93	-0,000651	-60	-29,2
-0,75	-0,000525	-40	-27,8
-0,22	-0,000154	-20	-26,4

2-ші кестенің жалғасы

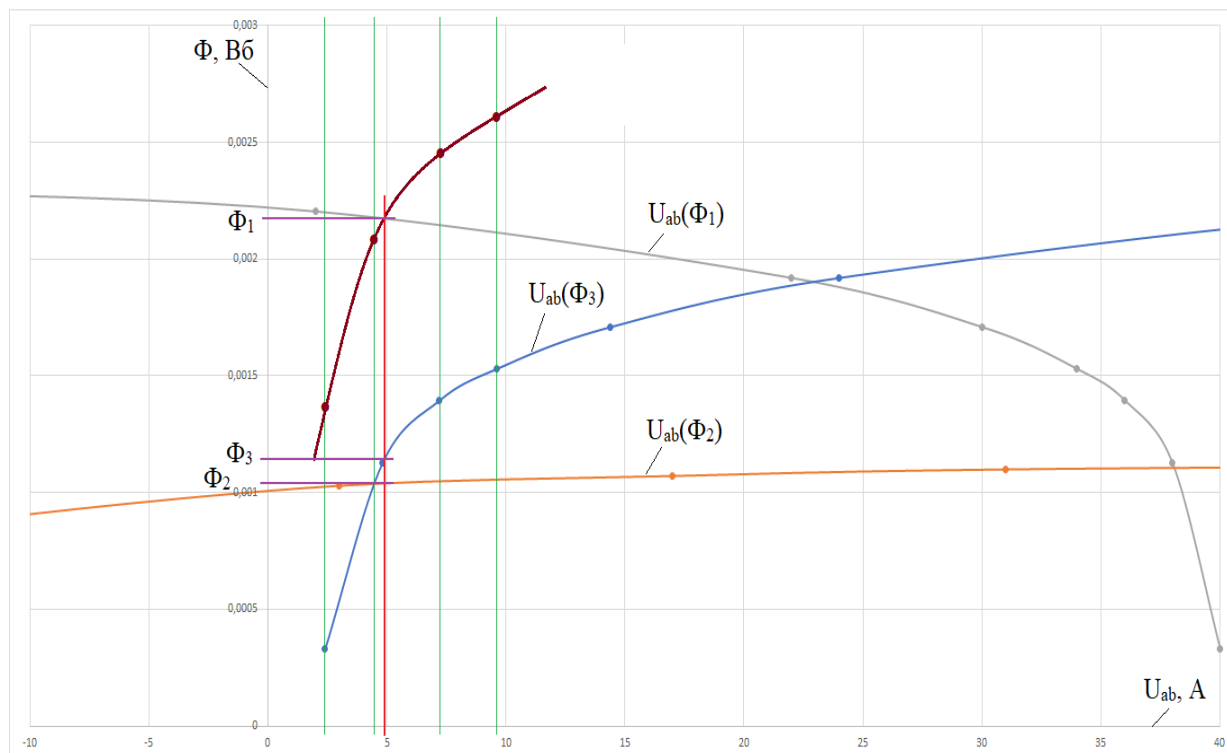
1	2	3	4
0	0	0	-25
0,22	0,000154	20	-23,6
0,75	0,000525	40	-22,2
0,93	0,000651	60	-20,8
1,02	0,000714	80	-19,4
1,14	0,000798	120	-16,6
1,28	0,000896	200	-11
1,47	0,001029	400	3
1,53	0,001071	600	17
1,57	0,001099	800	31
1,6	0,00112	1200	59

$U_{ab}(\Phi_3)$ теңдеуіне сәйкес берілген магниттік тізбектің үшінші тармағының Вебер-Ампер сипаттамасын есептеу 3-кестеде көрсетілген.

3 кесте - Магниттік тізбектің үшінші тармағының Вебер-Ампер сипаттамасы

B, Тл	$\Phi_3 = B \cdot S_3, Вб$	H(B), А/м қисығынан табамыз B-H	$U_{abm}(\Phi_3), А$
-1,6	-0,0024	-1200	-144
-1,57	-0,002355	-800	-96
-1,53	-0,002295	-600	-72
-1,47	-0,002205	-400	-48
-1,28	-0,00192	-200	-24
-1,14	-0,00171	-120	-14,4
-1,02	-0,00153	-80	-9,6
-0,93	-0,001395	-60	-7,2
-0,75	-0,001125	-40	-4,8
-0,22	-0,00033	-20	-2,4
0	0	0	0
0,22	0,00033	20	2,4
0,75	0,001125	40	4,8
0,93	0,001395	60	7,2
1,02	0,00153	80	9,6
1,14	0,00171	120	14,4
1,28	0,00192	200	24
1,47	0,002205	400	48
1,53	0,002295	600	72
1,57	0,002355	800	96
1,6	0,0024	1200	144

Бір сұлбадағы 3 тармақтың Вебер-Амперлік сипаттамалары мен қатар Кирхгоф заңдарына құрылған теңдеулер жүйесіне сәйкес екі түйіндік потенциалдар әдісімен орындалатын магниттік тізбектің графикалық есебі 5-суретте көрсетілген.



5 сурет - Вебер-Амперлік сипаттама

Есептеу қортындылары: $I_{ab} = 4,97 \text{ A}$; $\Phi_1 = 0,00218 \text{ Вб}$; $\Phi_2 = 0,00104 \text{ Вб}$; $\Phi_3 = 0,00114 \text{ Вб}$.

Тексеру: $\Phi_2 + \Phi_3 = 0,00104 + 0,00114 = 0,00218 \text{ Вб}$, яғни Кирхгофтың 1-заңы бойынша қосындының мәні $\Phi_1 = 0,00218 \text{ Вб}$ тең екендігі дәлелденді.

Талқылау.

Режимді есептеу міндеті режим параметрлерін анықтау болып табылады:

- желі элементтеріндегі ток мәндерін;
- желі түйіндеріндегі кернеу мәндерін;
- желі элементінің басындағы және соңындағы қуат мәндерін;
- қуат пен электр қуатын шығындар мәндерін.

Бұл шамаларды есептеу жабдықты таңдау, электр энергиясының сапасын қамтамасыз ету, желілердің жұмыс режимдерін оңтайландыру үшін қажет.

Режимді есептеу үшін келесі бастапқы деректер қажет:

- электр қосылыстарының схемасы және оның параметрлері-элементтердің кедергісі мен өткізгіштігінің мәні;
- жүктеме қуаты немесе олардың қуат графигі;
- желінің жеке нүктелеріндегі кернеу мәндері.

Теориялық тұрғыдан желіні Кирхгоф заңдарына негізделген ЭТН-де белгілі әдістердің көмегімен есептеуге болады. Алайда, оларды тікелей қолдану екі себепке байланысты қиын:

- нақты желідегі көптеген элементтер санынан;
- бастапқы деректер тапсырмасының ерекшелігі.

Бастапқы деректерді орнатудың ерекшелігі келесідей-жүктеме қуаты мен қуат көзіндегі кернеу анықталады. Ағынның суретін салу үшін, яғни әр элементтің соңында және басында қуат мәндерін табу үшін қуаттың шығындарын есептеу керек. Оларды есептеу үшін әр элементтегі токты білу керек. Оның мәнін жүктеме шиналарындағы

белгілі кернеумен есептеуге болады. Және бұл есептеудің басында белгісіз. Сондықтан Кирхгоф заңдарын біржақты шешім қабылдау үшін тікелей қолдану мүмкін емес [5].

Электр желісінің режимін есептеудің негізгі әдісі тізбекті жуықтау әдісі – итерация әдісі болып табылады. Бұл есептеудің басында олар түйін кернеуінің бірінші жуықтауымен (нөлдік итерация) анықталады. Әдетте, тізбектің барлық түйіндеріндегі кернеулер бір-біріне тең және желінің номиналды мәніне тең деген болжам нөлдік контур ретінде қабылданады. Режим параметрлерінің мәндерін, оның ішінде алынған кернеу мәндеріне және пайдаланушылар беретін қуаттың белгіленген кернеулеріне сәйкес желі түйіндерінің кернеу мәндерін есептеуге болады. Бұл кернеу мәндері екінші жуықтау (бірінші итерация) болады. Есептеу берілген дәлдік шегінде келесі жуықтаулардың нәтижелері бір-бірінен айырмашылығы болғанша қайталаынады.

Қорытынды.

1. Тарату желілерінің трансформаторларының трансформаторлық коэффициенттерін есептеудің жүйелі әдісі әзірленді.
2. Трансформатордың түрлендіру коэффициенттеріне қатысты сызықты емес теңдеулер алынады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Хожин, Г. Электр станциялары мен қосалқы станциялар: Оқулық. – Алматы: ҚР ЖОО қауымдастығы, 2014.

[2] Dauren Akhmetbayev, Arman Akhmetbayev, Aigerim Aidarova. Determination of rational transformation coefficients of transformers distribution networks. E3S Web of Conferences 25, 04003 (2017). RSES 2017. DOI: 10.1051 / e3sconf / 20172504003.

[3] M.H. Sulaiman, Z. Mustaffa, M.R. Mohamed, O. Aliman, Using the gray wolf optimizer for solving optimal reactive power dispatch problem, Appl. Soft Comput. J. 32 (2015) 286-292, <http://dx.doi.org/10.1016/j.asoc.2015.03.041>

[4] Рустамов, Н. Т. Меирбекова, О. Д., Кибишов, А. Т. Электр машиналары пәнінен есептер шығарып үйренейік. – Түркістан: Туран, 2019.

[5] Рустамов, Н. Т., Кибишов, А. Т. Күштік трансформаторларды есептеу процедурасын алгоритмдеу. – Түркістан: Туран, 2017.

REFERENCES*

[1] Hozhin, G. Jelekr stancijalary men qosalky stancijalar: Okulyk. – Almaty: KR ZhOO kauymdastygy, 2014.

[4] Rustamov, N. T. Meirbekova, O. D., Kibishov, A. T. Elektr mashinalary paninen esepтер shygaryp ujrenejik. – Turkistan: Turan, 2019.

[5] Rustamov, N. T., Kibishov, A. T. Kushtik transformatorlardy esepтеu procedurasyn algoritmdеu. – Turkistan: Turan, 2017.

Bulbul Ongar, PhD, associate professor, Satbayev University, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, b.ongar@satbayev.university

Guldana Smagulova, senior lecturer, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, gu.smagulova@aes.kz

Yerlan Sarsenbaev, PhD, associate professor, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, y.sarsenbayev@satbayev.university.kz

Elmira Nurmadieva, senior lecturer, Almaty University of Power Engineering and Telecommunications named after G. Daukeyev, Almaty, Kazakhstan, e.nurmadieva@aes.kz

Yerlan Seitbek, master student, Academy of logistics and transport, Almaty, Kazakhstan, e.seytbek@alt.edu.kz

MATHEMATICAL METHODS FOR CALCULATING STABLE OPERATING MODES OF ELECTRICAL NETWORKS BASED ON TRANSFORMATION RATIOS

Abstract. The purpose of this article is to develop improved transformer models and parameter estimation methods that can effectively use the limited information available such as factory test reports, core type and size. In addition, some commonly used models currently used in transient modeling are presented.

Keywords. Transformer, lamination, transformer core, coil, insulation.

Булбул Онгар, PhD, ассоциированный профессор, Satbayev University, Академия логистики и транспорта, Алматы, Казахстан, b.ongar@satbayev.university

Гулдана Смагулова, старший преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, gu.smagulova@aes.kz

Ерлан Сарсенбаев, PhD, ассоциированный профессор, Satbayev University, Алматы, Казахстан, y.sarsenbayev@satbayev.university.kz

Эльмира Нурмадиева, старший преподаватель, Алматинский университет энергетики и связи имени Г. Даукеева, Алматы, Казахстан, e.nurmadieva@aes.kz

Ерлан Сейтбек, магистрант, Академия логистики и транспорта, г.Алматы, Казахстан, e.seytbek@alt.edu.kz

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА УСТОЙЧИВЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ТРАНСФОРМАЦИИ

Аннотация. Целью данной статьи является разработка усовершенствованных моделей трансформаторов и методов оценки параметров, которые могут эффективно использовать ограниченную доступную информацию, такую как отчеты о заводских испытаниях, тип и размер сердечника. Кроме того, представлены некоторые часто используемые модели, используемые в настоящее время в моделировании переходных процессов.

Ключевые слова. Трансформатор, ламинирование, сердечник трансформатора, катушка, изоляция.
