



**Коммерциялық
емес акционерлік
қоғам**

**АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТИ**

Электр станциялары және
электр энергетикалық
жүйелері кафедрасы

ЭЛЕКТР ТОРАПТАРЫ МЕН ЖҮЙЕЛЕРІ

5B071800 – Электр энергетикасы мамандығы үшін есептік-сызба
жұмысын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Алматы 2018

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Оржанова Ж.К., Генбач Н.А. Электр тораптары мен жүйелері. 5В071800 – Электр энергетикасы мамандығы үшін есептік-сызба жұмысын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар. – Алматы: АЭЖБУ, 2018 ж. – 19 бет.

Әдістемелік жазба «Электрлік тораптар мен жүйелер» пәні бойынша есептік-сызба жұмыстарды орындауға арналған және онда тапсырмалар, ЕСЖ орындауға әдістемелік нұсқаулар, бақылау сұрақтарының нұсқалары, сондай-ақ қажетті әдебиеттер тізімі ібар.

Әдістемелік нұсқаулық 5В071800 – Электр энергетикасы мамандығы бойынша оқитын барлық оқу түрінің студенттері үшін арналған.

Кесте – 6, ил. – 9, әдебиет көрсеткіші – 5 атау.

Пікір беруші: Қ.Т.Тергемес

«Алматы энергетика және байланыс университеті», коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2018 жыл жоспары бойынша басылады.

©«Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2018 ж.

1 Жалпы нұсқаулар

Есептік сызба жұмыстарының мақсаты – «Электрлік жүйелер мен тораптар» пәнін оқыған кезде алған білімдерін жүйелеп бекіту, инженерлік есептерді шығарған кезде осы білімдерін студенттер пайдалануға үйрету, оларды өз бетінше жұмыс істеуге дағдыландыру.

Әдістемелік жазбаға үш есептік-сызба жұмысы кіреді, олардың әрқайсында бір есеппен екі бақылау сұрақтары бар.

ЕСЖ орындауға алғашқы берілгендері жеке-жеке арналған. Жұмысты орындау алдында әр студент шифрына және өзінің фамилиясының бірінші әріпіне өз нұсқасына анықтай алады сәйкес тапсырма алады. Есептеу барысында қажетті түсініктемелер және толық есептеулер берілу қажет.

1 кестеге сәйкес шифрының соңғы саны бойынша (сынақ кітапшасының нөмірі) пәнді оқитын жылды ескере отырып, нұсқа нөмірі бірінші топтың алғашқы берілгендері анықталады.

2 кестеге сәйкес, шифрдың соңғы санының алдығысы бойынша екінші топ берілгендерінің вариант нөмірі анықталады, ал 3 кесте бойынша тегінің бірінші әріпі бойынша үшінші топ берілгендерінің вариант нөмірі анықталады.

Әр ЕСЖ бақылау сұрақтарының нұсқалары оқу жылына қарамастан шифрдың соңғы цифры бойынша алынады.

1 к е с т е – Бірінші топтың берілгендері

Оқу жылы	Шифрдың соңғы цифры									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2018/2019	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I
2019/2020	II	I	IV	III	VI	VII	VIII	V	X	IX
2020/2021	V	IV	III	II	I	X	IX	VIII	VII	VI
2021/2022	I	II	V	IV	III	VI	X	VII	IX	VIII
2022/2023	IX	VIII	IX	VI	VII	I	II	IV	III	V

2 к е с т е – Екінші топтың берілгендері

Оқу жылы	Шифрдың соңғысының алдындағы цифры									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2018/2019	X	VIII	IX	VI	VII	I	II	IV	III	V
2019/2020	II	I	IV	III	VI	VII	VIII	V	X	IX
2020/2021	I	II	V	IV	III	VI	X	VII	IX	VIII
2021/2022	X	IX	VIII	VII	VI	V	IV	III	II	I
2022/2023	V	IV	III	II	I	X	IX	VIII	VII	VI

3 кесте – Үшінші топтың берілгендері

Оқу жылы	Фамилиясының бірінші әріпі									
	А, Л, Х, Ң	Ә, Б, М, К	В, Н, Ч, Ғ	Г, О, Ш, Қ	Д, П, Ц, І	Е, Р, Ә, Ү	Ж, С, Ю, Ұ	З, Т, Я	И, У,	К, Ф, Ц,
2018/2019	ІХ	VІІІ	Х	VІ	VІІ	I	II	IV	III	V
2019/2020	II	I	IV	III	VІ	VІІ	VІІІ	V	X	IX
2020/2021	I	II	V	IV	III	VІ	X	VІІ	IX	VІІІ
2021/2022	X	IX	VІІІ	VІІ	VІ	V	IV	III	II	I
2022/2023	V	IV	III	II	I	X	IX	VІІІ	VІІ	VІ

2 Есептік-сызба жұмыс №1

2.1 Есеп шарты.

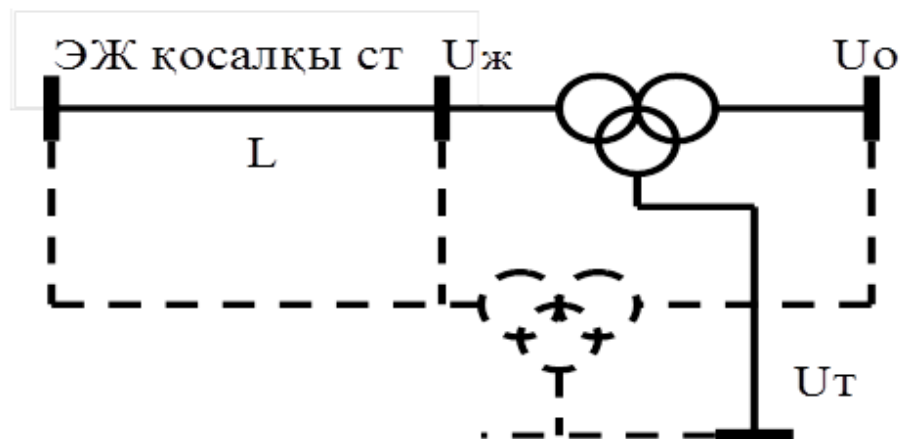
Үш орамалы трансформаторлар «п» орнатылған төмендеткіш қосалқы стансаның (автотрансформатордың) тұтынушылары электрлік қуатын L ұзындықты электрберілісінің әуе желісімен алады. Сым арасындағы орта геометриялық арақашықтығы D тең. Қосалқы станса тұтынушыларының орта және төменгі кернеулі шиналарында алатын қуаты трансформаторлардың номиналдық қуатынан a және b сәйкес кұрайды, әрі T_M және $\cos \varphi$ тең болады.

Желідегі тізбектер саны қосалқы стансадағы трансформаторлар санына тең (1 сурет). Есепті берілгендерін 4 кесте бойынша алыңыз.

Қажет:

а) ЭБЖ алмастыру сұлбасымен трансформаторлардың алмастыру сұлбасын құрыңыз. Алмастыру сұлбасының параметрлерін есептеу жолымен анықтаңыз;

б) желі элементтеріндегі қуат шығыны мен электрберілісінің алмастыру сұлбасының түйіспелі нүктелеріндегі кернеудің деңгейін анықтаңыз.



1 сурет – Желінің есептік сұлбасы

4 к е с т е – ЕСЖ орындауға арналған тапсырма нұсқалары

Нұсқа №	1 топтың берілгендері				2 топтың берілгендері		3 топтың берілгендері		
	Трансф-р және автотранс-р түрі	n	Сым маркасы	D, м	a	b	L, км	cos φ	Фаза сымдарының орналасуы
I	ТДТН-40000/110/35/6	2	АС 185/24	5,0	0,6	0,3	70	0,85	көлденең бойы
II	АТДЦТН-125000/220/110/10	1	АС 300/39	8,0	0,55	0,4	100	0,88	үшбұрыш бойы
III	ТДТН-1600/110/35	2	АС 95/16	4,5	0,65	0,3	50	0,9	көлденең бойы
IV	АТДЦТН-63000/220/110/10	1	АС 240/39	8,0	0,55	0,4	120	0,88	үшбұрыш бойы
V	ТДТН-25000/220/110/10	2	АС 240/39	8,0	0,5	0,35	80	0,83	тік бойы
VI	ТДТН-40000/220/110/10	2	АС 300/39	8,0	0,55	0,3	60	0,85	тік бойы
VII	ТДТН-10000/110/10	1	АС 70/11	4,5	0,6	0,3	40	0,87	көлденең бойы
VIII	ТДТН-40000/220/10	2	АС 240/39	8,0	0,5	0,85	55	0,85	тік бойы
IX	АТДЦТН-63000/220/110	1	АС 300/39	8,0	0,6	0,88	70	0,88	үшбұрыш бойы
X	АТДЦТН-125000/220/110/10	2	АС 300/39	8,0	0,5	0,88	90	0,86	тік бойы

2.3 Әдістемелік нұсқаулар

Ұзындығы 300-400 кмдейінгі 110 кВ және жоғары кернеулі электрберілісінің әуе желісі, әдетте П-тәрізді алмастыру сұлбасындай беріледі (2 сурет).

Кәбілдер мен сымдардың белсенді кедергісі ток жіберетін талсымдардың материалдары мен және олардың қималары мен анықталады. Жалаңаш сымдармен +20° С қызған кәбілдерге арналған погондық белсенді кедергісі (1 км ұзындықтағы) келесі мен анықталады:

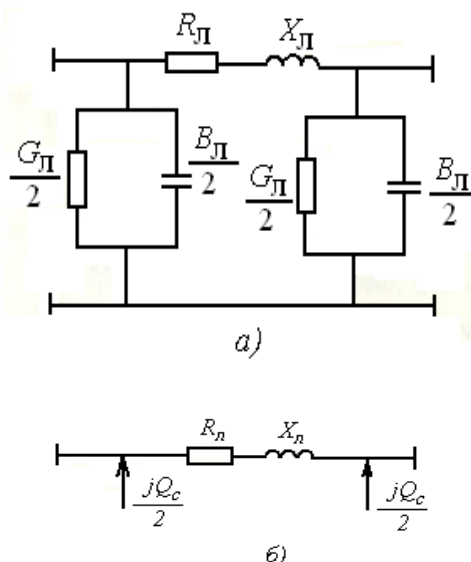
$$r_0 = \frac{\rho}{F}, \quad (2.1)$$

мұнда r_0 – өткізгіштің меншікті кедергісі, Ом/км;

F – сым қимасы, мм².

Желінің белсенді кедергісі, ұзындығы l келесі мен анықталады:

$$R_x = r_0 \cdot l. \quad (2.2)$$



а) П-тәріздес алмастыру сұлбасы; б) зарядты қуаты бар алмастыру сұлбасы.
 2 сурет – Әуе және кабель желілерінің алмастыру сұлбасы

50 Гц жиіліктегі кәбілдер мен сымдардың белсенді кедергілері омдық кедергіге тең болып келеді. Сонымен беттік эффектiнiң әсері ескерілмейді. Сым қызуының белсенді кедергісіне қарамастан, орта температурадағы (+20°C) осы кедергілердің әсері есептеледі.

Өздік индукцияның э.қ.к тогына қарсы әрекет ететін кедергіні индуктивті кедергі деп атайды. Токты кері жіберетін сым болып табылатын үш фазалы желідегі көршілес сымдар қарастырылып отырған сымдағы ток үшін алдымен токтың негізгі бағытына сәйкес э.қ.к. бағыттайды, ол реактивтік кедергіге сәйкес өзіндік индукцияны э.қ.к. азайтады. Сондықтан желідегі фаздық сымдар бір-бірінен алшақ орнатылса, көршілес сымдар бір-біріне аз әсер етеді, ал сымдар арасындағы сейілу ағыны және желідегі индуктивтік кедергісі – жоғары болады.

Сондай-ақ индуктивті кедергіге сым диаметрі, сымның магниттік өтімділігі және айнымалы ток жиілігі де әсер етеді.

Желідегі погондық индуктивтік кедергінің шамасын келесідей анықтайды:

$$x_0 = 0,144 \lg \frac{D_{cp}}{r} + 0,016 , \quad (2.3)$$

мұнда D_{cp} – фаза сымдары арасындағы орта геометриялық қашықтық, мм;

r – сымның радиусы, мм.

Желінің белсенді кедергісі, ұзындығы l келесі мен анықталады:

$$X_d = x_0 \cdot l. \quad (2.4)$$

D_{cp} шамасы желінің номиналды кернеуімен анықталады және келесі болжалды (шамалы) мәндерге 0,4 кВ - 0,4 м; 10 кВ-1,5 м; 35 кВ-3,5 м; 110 кВ-5 м; 220 кВ-8 м ие.

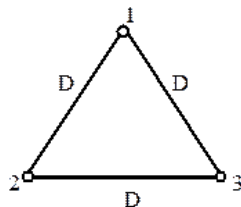
Әуе желілері үшін x_0 мәні сымның маркасына және D_{cp} немесе кернеуге байланысты анықтама кестелерінде көрсетіледі.

Бір тізбекті үш фазалы желідегі сымдар арасындағы орта геометриялық қашықтығы:

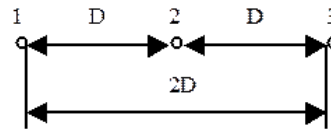
$$D_{cp} = \sqrt[3]{D_{12} \cdot D_{13} \cdot D_{23}}, \quad (2.5)$$

мұндағы D_{12} , D_{13} , D_{23} – жеке фазадағы сымдар арасындағы қашықтығы.

Тең қабырғалы үш бұрыштың нұсқалары бойынша сымдарды орнатқан кезде барлық сымдар бір-біріне қатысты бірдей қашықтықта орнатылады және орта геометриялық қашықтығы $D_{cp} = D$ (3 сурет). Сымдарды горизонталь орнатқан кезде (4 сурет).



3 сурет – Сымдарды үш бұрыш қылып орнату



4 сурет – Сымдарды көлденен қылып орнату

Желінің белсенді өтімділігі токтардың оқшауламасы арқылы ағуынан және сымның электрлік тәжінен белсенді қуатының шығындарына байланысты

Егер желідегі ағындарды алмасақ, онда тәжбен белгіленген белсенді өтімділігі:

$$g_0 = \frac{\Delta P_{кор}}{U_{ном}^2}, \quad (2.6)$$

мұндағы $\Delta P_{кор}$ – тәждегі қуат шығыны, кВт/км;

$U_{ном}$ – номиналдық кернеуі.

Реактивтік өтімділігі сым және жер арасындағы сыйымдылыққа байланысты және сыйымдылық сипаты болады. Ол келесі өрнекпен анықталады:

$$b_0 = w \cdot C_0, \quad (2.7)$$

мұндағы C_0 – желінің жұмыстық сыйымдылығы, Ф/км.

Желінің жұмыстық сыйымдылығы сымдар диаметрінен, олардың өзара орнатылғанынан, солардың арасындағы арақашықтығынан және диэлектрлік өтімділігінен байланысты болады.

Электрлік желілерді тәжірибеде есептегенде бір сымды үш фаздық әуе желісіндегі бір фазаға деген жұмыстық сыйымдылығын келесі формула бойынша анықтайды:

$$C_0 = \frac{0,024}{\lg \frac{D_{cp}}{r_n}} \cdot 10^{-6}. \quad (2.8)$$

50 Гц айнымалы ток жиілігінде:

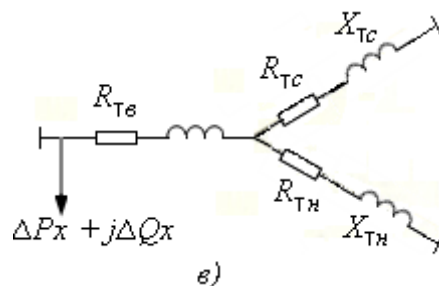
$$b_0 = \frac{7,58}{\lg \frac{D_{cp}}{r}} \cdot 10^{-6}. \quad (2.9)$$

Желінің барлық сыйымдылық өткізгіштігі:

$$B_a = b_0 \cdot l_0. \quad (2.10)$$

Үш орамды трансформаторларды алмастыру сұлбада үш сәулелі жұлдызша түрінде көрсетілген (5 сурет).

Қазіргі заманғы үш орамды трансформаторлардың орамасы 100/100/100% қуатына сәйкес жасалған, яғни ораманың әр қайсысы барлық қуатты таратуға есептелген.



5 сурет – Трансформаторлардың алмастыру сұлбасы

Үш орамды трансформаторлар алмастыру сұлбасына ие, ол 2.1 в суретте көрсетілген. Мұнда әрбір орам орамдардың біреуінің номиналды кернеуіне келтірілген өзінің активті және реактивті кедергілермен көрсетілген. Бос жүріс ΔP_x и ΔQ_x шығындары барлық трансформаторлар үшін ортақ болып табылады және екі орамды трансформатор сияқты анықталады.

Орамдардың активті кедергісі каталогты мәндерде келтірілген қысқа тұйықталу шығындары бойынша есептелінеді. Осы кезді екі жағдай болуы мүмкін.

Ең көп таралған жағдайда каталогты мәндерде $\Delta P_{кжс-о}$ жоғары және орташа кернеулі орамдары бар қысқа тұйықталу тәжірбиесіне сәйкес келетін қысқа тұйықталу шығынының бір мәні көрсетіледі. Қысқа тұйықталу шығынының берілген шамасы бойынша ең алдымен қарастырылатын орамның жалпы кедергісі анықталады:

$$R_{T\text{ жалпы}} = \frac{\Delta P_{кжс-о} \cdot U_n^2}{S_n^2}. \quad (2.11)$$

Осыдан кейін әрбір орамның кедергісі келесі анықтама бойынша анықталады (орамдардың қуаты бірдей болған кезде):

$$R_{TB} = R_{TC} = R_{TH} = 0,5 R_{T\text{ жалпы}}. \quad (2.12)$$

Екінші жағдайда трансформатордың каталогты мәндері қысқа тұйықталу шығынының үш мәнінен тұрады: $\Delta P_{кжс-о}$, $\Delta P_{кжс-т}$ және $\Delta P_{кo-т}$. Олар әрбір қос орамдары бар қысқа тұйықталудың мүмкін болатын үш тәжірбиесіне сәйкес келеді.

Әрбір орамдағы қысқа тұйықталу қуатының шығыны анықталады:

$$\begin{aligned} \Delta P_{кжс} &= 0,5(\Delta P_{кжс-о} + \Delta P_{кжс-т} - \Delta P_{кo-т}); \\ \Delta P_{кo} &= 0,5(\Delta P_{кжс-о} + \Delta P_{кo-т} - \Delta P_{кжс-т}); \\ \Delta P_{кжс} &= 0,5(\Delta P_{кжс-т} + \Delta P_{кo-т} - \Delta P_{кжс-о}). \end{aligned} \quad (2.13)$$

Орамдардың кедергісі есептеледі:

$$\begin{aligned} R_{TB} &= \frac{\Delta P_{кВ} \cdot U_n^2}{S_n^2} \cdot 10^3; \\ R_{TC} &= \frac{\Delta P_{кС} \cdot U_n^2}{S_n^2} \cdot 10^3; \\ R_{TH} &= \frac{\Delta P_{кН} \cdot U_n^2}{S_n^2} \cdot 10^3. \end{aligned} \quad (2.14)$$

Орамдардың реактивті кедергісі каталогты мәндерде көрсетілген қысқа тұйықталу кернеуінің үш мәні: $u_{кжс-о}, \%$, $u_{кжс-т}, \%$, $u_{кo-т}, \%$ бойынша есептеледі. Есептеу келесі реттілікте жүргізіледі.

Әрбір орамның қысқа тұйықталу кернеуі анықталады:

$$\begin{aligned} u_{кж} &= 0,5(u_{кжс-о} + u_{кжс-т} - u_{кo-т}); \\ u_{ко} &= 0,5(u_{кжс-о} + u_{кo-т} - u_{кжс-т}); \\ u_{кт} &= 0,5(u_{кжс-т} + u_{кo-т} - u_{кжс-о}). \end{aligned} \quad (2.15)$$

Әрбір орамның кедергісі табылады:

$$\begin{aligned}
 X_{ТЖ} &= \frac{u_{кЖ} \cdot U_n^2}{S_n} \cdot 10^3; \\
 X_{ТО} &= \frac{u_{кО} \cdot U_n^2}{S_n} \cdot 10^3; \\
 X_{ТТ} &= \frac{u_{кТ} \cdot U_n^2}{S_n} \cdot 10^3.
 \end{aligned}
 \tag{2.16}$$

Автотрансформаторлар үш орамды трансформаторлар сияқты алмастыру сұлбасына ие. Сондықтан автотрансформатор орамдарының реактивті кедергісін есептеу үш орамды трансформатордағыдай жүргізіледі.

2.4 Бақылау сұрақтары

1 нұсқа

1 Аудандық торапты есептеудің тәртібін «шеттегі берілгендер» бойынша келтіріңіздер.

2 Трансформаторлар мен автотрансформаторлардың энергия және қуат шығындары қалай анықталады?

2 нұсқа

1 Электр тораптарында қандай реактивтік қуат көздері болады?

2 «Торапты бөлшектеу» әдісінің маңызы қандай?

3 нұсқа

1 Екіжақты қоректенетін желіні қалай есептейді?

2 Электр энергия сапасының көрсеткіштері қандай болады?

4 нұсқа

1 Жиілікті бірінші реттік реттеудің мәні қандай?

2 Кернеудің симметриялық еместігі қандай себептерден болуы мүмкін?

5 нұсқа

1 Күрделі тұйықталған тораптарды есептеген кезде қандай негізгі түрлендірулер болады?

2 Желідегі қуатпен энергия шығындарын қалай анықтаймыз?

6 нұсқа

1 Электр жүйелерінде белсенді қуат балансы қандай құрауыштар дан тұрады?

2 Тораптағы кернеуді реттеудің қандай тәсілдері мен амалдары болады?

7 нұсқа

1 Екі ағымдық бөлу нүктелері бар айналма торапты қалай есептеуге болады?

2 Электр тораптағы сым қимасын қалай таңдауға болады?

8 нұсқа

1 Тұтынушыларды электрмен жабдықтау үзілісінен болатын шығындар шамасын қалай анықтауға болады?

2 Аудандық торапты есептеудің алгоритмін «басталу берілгендері» бойынша келтіріңіздер.

9 нұсқа

1 Тораптағы электрэнергия шығындарын төмендету бойынша негізгі шараларды қысқаша сипаттап беріңіз.

2 Ұзындығы мен тартылған электрберілісінің өткізу қабілеттілігін арттырудың қандай тәсілдері болады?

10 нұсқа

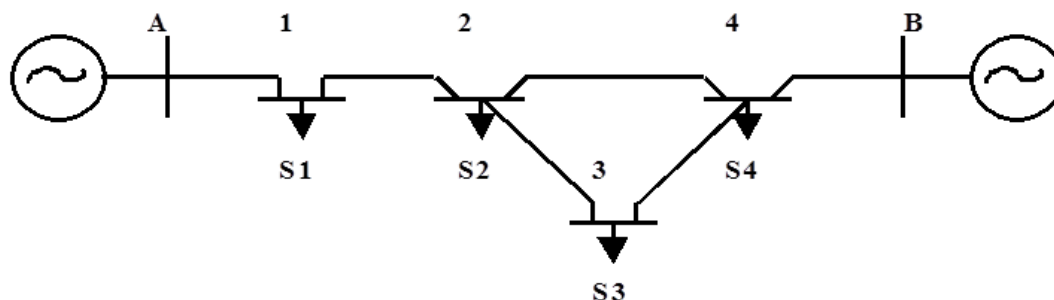
1 РПН трансформаторлары қалай тармақталады?

2 Жиілікті екінші реттік реттеу қалай жүзеге асырылады?

3 Есептік-сызба жұмыс №2

3.1 Есеп шарты

6 суретте көрсетілген тораптың түйіспелі нүктелеріндегі кернеудің деңгейімен қуаттың таралуын анықтаңыз. Қорек көзінің кернеуін $U_a = U_b = 115$ кВ тең алу керек. Алғашқы берілгендер 5 кестеде келтірілген.



6 сурет – Тораптың есептік сұлбасы

3.2 Әдістемелік нұсқаулар

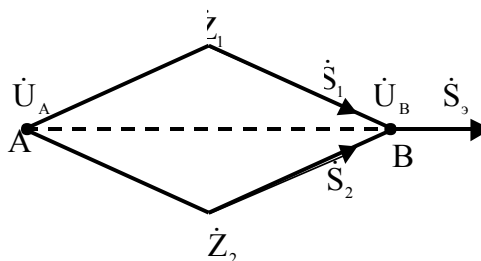
Жобалау кезінде, сондай-ақ аса күрделі емес тораптарды пайдаланған кезде бір рет есептеу үшін ПЭВМ қолданбай, ең таралған тәсілдердің бірі қолмен есептеу–желіні түрлендіру әдісі бойынша күрделі тораптың сұлбасын ретімен ықшамдау тәсілін пайдалану керек.

5 к е с т е – ЕСЖ орындауға арналған тапсырма нұсқалары

Нұсқа №	1 топтың берілгендері				2 топтың берілгендері				3 топтың берілгендері		
	Қосалқы станцияның жүктемесі, МВА				$\cos \varphi$	Торап учаскесінің ұзындығы, км			Торап учаскесінің ұзындығы, км		
	S_1	S_2	S_3	S_4		A-1	1-2	2-3	3-4	2-4	B-4
I	20	23	17	15	0,85	15	20	22	30	18	29
II	35	30	27	40	0,88	20	25	40	35	33	22
III	40	28	35	26	0,9	50	45	32	48	55	47
IV	22	18	25	10	0,86	32	20	25	18	30	40
V	33	26	20	23	0,91	40	45	50	32	30	28
VI	19	25	16	28	0,85	55	50	43	32	28	53
VII	36	40	22	33	0,89	45	37	26	30	50	43
VIII	30	35	25	28	0,92	35	45	30	35	40	52
IX	23	20	18	26	0,84	20	26	32	24	30	35
X	22	28	33	19	0,87	45	40	38	25	47	50

Түрлендіру әдісінің маңыздылығы біртіндеп түрлендірілген күрделі торапты белгілі қуатпен таралатын екі жақты қорек беретін желіге әкеліп қосатынымен негізделген. Сөйтіп, әр түрлендірілген сұлба учаскесінде сызықтық қуатынан ықтағаннан кейін бір тіндепкері түрлендіру арқылы тораптың алғашқы сұлбасында қуаттың нақты таралуынан ықтауға болады.

Тұйықталған тораптың кез келген учаскесінде параллель желілерді, егер осы желілерде жалғанған жүктемелер болмаса эквиваленттеуге болады. Екі параллель жалғанған желілері бар тұйықталған тораптың учаскесі (7 сурет).



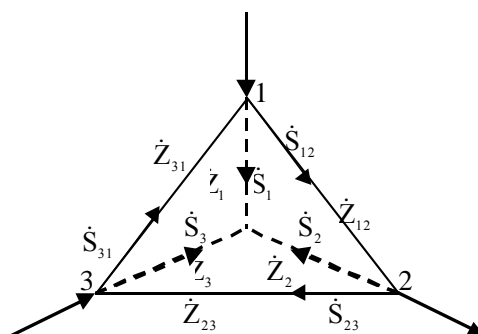
7 сурет – Параллель қосылған желілерді эквиваленттеу

$$\dot{S}_3 = \dot{S}_1 + \dot{S}_2; \quad \dot{Z}_3 = \frac{\dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2}{\dot{Z}_1 + \dot{Z}_2}.$$

Егер арадағы жүктемелер сұлбада болса, онда эквиваленттеуге болмайды. Ол үшін жүктемені басқа нүктелерге ауыстырады. Сонда

тораптағы режим ауыстырарға дейін және ауыстырғаннан кейін өзгеріссіз қалу керек.

Кейбір кезде торапты есептегенде үшбұрышты эквиваленттік жұлдызшаға және кері түрлендіріп тұрған жөн (8 сурет).



8 сурет – Үшбұрышты жұлдызшаға түрлендіру

Эквиваленттік жұлдызша сәулелерінің кедергісін келесі дей анықтауға болады:

$$\dot{Z}_1 = \frac{\dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{13}}{\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{13} + \dot{Z}_{23}}; \quad \dot{Z}_2 = \frac{\dot{Z}_{12} \cdot \dot{Z}_{23}}{\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{13} + \dot{Z}_{23}}; \quad \dot{Z}_3 = \frac{\dot{Z}_{13} \cdot \dot{Z}_{23}}{\dot{Z}_{12} + \dot{Z}_{13} + \dot{Z}_{23}}. \quad (3.1)$$

Кері түрлендірулер:

$$\left. \begin{aligned} \dot{Z}_{12} &= \dot{Z}_1 + \dot{Z}_2 + \frac{\dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_2}{\dot{Z}_3} \\ \dot{Z}_{13} &= \dot{Z}_1 + \dot{Z}_3 + \frac{\dot{Z}_1 \cdot \dot{Z}_3}{\dot{Z}_2} \\ \dot{Z}_{23} &= \dot{Z}_2 + \dot{Z}_3 + \frac{\dot{Z}_2 \cdot \dot{Z}_3}{\dot{Z}_1} \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

Сұлбаны алғашқы қалпына түрлендіруді өрістеген кезде эквиваленттік жұлдызша сәулесінің таралған қуатынан алынған үшбұрыш жағындағы таралатын қуатын табу керек.

Болжанатын қуатты анықтағаннан кейін сымдардың қимасы алынады және тораптағы әр учаскенің нақты кедергілерін ескере отырып, қуатты есептейді.

Кернеуді «басындағы берілгендер» бойынша есептейді. Осы жағдайда \dot{U}_A және \dot{U}_B қоректену ортасындағы кернеу белгілі шамасы болып табылады және бір тіндеп жуықтату әдісі қолданылады, сонымен есептер екі этаппен шығарылады.

Алғашқы жуықтау ретінде (есептеудің бірінші этапы) барлық түйіндегі кернеулер тораптағы номиналдық кернеуге тең алынады. Осы шартта тораптағы таралатын қуат табылады.

Есепті келесі ретпен шығаруға болады. Торап учаскесінің соңында қуат шығыны анықталады:

$$\Delta P_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{\text{НОМ}}^2} R_n ;$$

$$\Delta Q_n = \frac{P_n^2 + Q_n^2}{U_{\text{НОМ}}^2} X_n . \quad (3.3)$$

Одан әрі осы учаскенің басындағы қуаты \dot{S}_n анықталады. Түйіндегі қуат балансы (n-1) бойынша учаскенің n-1соңындағы қуатынанық тауға болады. Тораптағы қалған барлық учаскелерді де осы тәсілмен есептеуге болады. \dot{S}_A тапқанша есептеуді жалғастырады.

Есептеудің келесі этапында екінші рет жуықтататын жүктеме торабындағы кернеу анықталады. Есептеуге арналған алғашқы берілгендер: \dot{U}_A кернеуі мен есептеудің алдыңғы этапында табылған әручаскенің соңындағы қуаты болып табылады. Тораптың негізгі учаскесі үшін:

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_A - \Delta \dot{U}_1 , \quad (3.4)$$

мұнда $\Delta \dot{U}_1$ - тораптың негізгі учаскесіндегі кернеудің түсуі.

$$\dot{U}_1 = \dot{U}_A - \Delta U_1 - j\delta U_1 , \quad (3.5)$$

немесе ашылған (ажыратылған) түрі:

$$\dot{U}_1 = U_A - \frac{P_1 R_1 + Q_1 X_1}{U_A} - \frac{P_1 X_1 + Q_1 R_1}{U_A} . \quad (3.6)$$

1 нүктедегі кернеу модулі:

$$U_1 = \sqrt{(U_A - \Delta U_1)^2 + \delta U_1^2} . \quad (3.8)$$

Тораптың басқа түйіндік нүктелеріндегі кернеуді осы әдіске ұқсасанықтауға болады.

3.3 Бақылаусұрақтары

1 нұсқа

1 Аудандық торапты «соңындағы берілгендер бойынша есептеу ретін келтіріңіздер.

2 Трансформатор мен автотрансформатордағы қуатпен энергия шығынын қалай анықтауға болады?

2 нұсқа

1 Электр тораптарында қандай реактивтік қуат көздері болады?

2 «торап бөлшектенуі» әдісінің маңызы неде?

3 нұсқа

1 Екі жақтан қоректенетін желінің қалай есептейді?

2 Электр энергия сапасының қандай көрсеткіштері болады? Олардың нормаланған мәндерін келтіріңіздер .

4 нұсқа

1 Жиілікті бірінші рет реттеудің мәні неде?

2 Кернеудің симметриялық еместігі қандай себеппен болады?

5 нұсқа

1 Күрделі тұйықталған тораптарды есептеген кезде қандай түрлендірулер болуы мүмкін?

2 Желідегі қуатпен энергия шығыны қалай анықталады?

6 нұсқа

1 Электр жүйедегі белсендік қуат балансы қандай құрауыштардан тұрады?

2 Тораптағы кернеуді реттеудің қандай тәсілдері мен амалдары болады?

7 нұсқа

1 Екі ағын айырығы нүктесі болатын айналма торапты қалай есептеуге болады?

2 Электр торабындағы сым қимасын қалай алады?

8 нұсқа

1 Тұтынушыларды электрмен қамтыған кездегі үзілістерден болатын шығын шамасын қалай анықтауға болады?

2 Аудандық электрторабын «басындағы берілгендері» бойынша есептеудің алгоритмін келтіріңіздер.

9 нұсқа

1 Тораптағы электрэнергия шығынын төмендету бойынша негізгі іс-шараларды қысқаша сипаттаңыз.

2 Тартылған электрберілісінің өткізу қабілетін арттырудың қандай тәсілдері болады?

10 нұсқа

1 РПН трансформаторларды тармақтауды қалайтаңдайды?

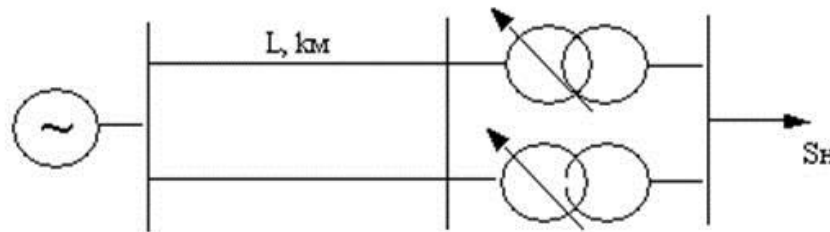
2 Жиілікті екінші рет реттеуді қалай іске асырады?

4 Есептік-сызба жұмыс №3

4.1 Есеп шарты

Екі трансформаторы бар аудандық «Б» қосалқыстанциясы «А» электрстанциясынан екі параллель желісінен қуаталады (9 сурет). Тораптың параметрлері мен максималды режимдегі жүктеме қуаты 6 кестеде көрсетілген. Ең аз жүктеме ең үлкеннен 50% құрайды. Қуат коэффициенті екі режимдеде 0,93 тең. Ең жоғары жүктелгенде электр станция шиналарындағы кернеуі U_{Amax} , ал ең төменгі жүктелуде $-U_{Amin}$. Аз жүктелген кезде трансформаторлардың біреуі істен шығарылады.

Трансформаторлардағы реттелетін тармақ танулардың қажетті диапазонына нықтау керек. Қажетті жағдайда кернеудің сапасын жақсарту бойынша қосымша іс-шаралар ұсыну керек.



8 сурет – Тораптың есептелген сұлбасы

6 к е с т е – ЕСЖ орындауға арналған тапсырма нұсқалары

Нұсқа №	1 топтың берілгендері		2 топтың берілгендері		3 топтың берілгендері		
	Трансф-р және автотранс-р түрі	Жүктеме қуаты, МВА	Трансформацияның номиналдық коэффициенті K_T	Желі ұзындығы L , км	Сым маркасы	U_{Amax} кВ	U_{Amin} кВ
I	ТРДН-40000/110	15	115/10,5/10,5	40	АС 150/24	117	113
II	ТДН- 10000/110	14	115/10,5	30	АС 70/11	120	112
III	ТДН-16000/110	23	121/11	45	АС 95/16	118	111
IV	ТРДН25000/110	35	115/10,5/10,5	50	АС 95/16	116	110
V	ТРДН-40000/110	50	115/10,5/10,5	48	АС 150/24	116	112
VI	ТДН-10000/110	15	121/11	35	АС 120/19	115	111
VII	ТДН-16000/110	22	115/11	25	АС 120/19	118	113
VIII	ТРДН-25000/110	35	115/11/11	20	АС 120/19	115	110
IX	ТРДН-40000/110	60	115/10,5/10,5	40	АС 150/24	117	113
X	ТДН-16000/110	21	115/11	35	АС 70/11	115	112

4.2 Әдістемелік нұсқаулар

Трансформаторлар мен автотрансформаторлардың негізгі тармақтарынан басқа, реттейтін қосымша тармақтары болады. Осы тармақтарды өзгерте отырып, трансформация коэффициентін (шамасы 10–20 %) өзгертуге болады.

Құрылымдық жасалуы бойынша трансформатордың екі түрі болады: қоздырусыз реттейтін тармақтарды ауыстырып-қосатын, яғни желіден сөндіріп қосатын (ПБВ трансформаторлары); жүктеме астында реттейтін тармақтарды ауыстырып қосатын РПН трансформаторлары). Реттелетін тармақтанулар трансформатордың жоғарғы кернеу жағында болады. Сонымен ауыстырып қосушы құрылғы жеңілденеді.

Қазіргі уақытта барлық 35 кВ және жоғарғы трансформаторлардың РПН құрылғылары болады. ПБВ трансформаторында реттеуші тармақтарды ауыстырып қосу үшін оны желіден сөндіру керек. Осындай ауыстырып қосуды жүктемелердің сезондық өзгерістері болған жағдайдағана орындау керек.

ПБВ трансформаторлары негізгі және қосымша тармақтары мен жасалынады. Негізгі тармақтарындағы кернеу желіге қосылатын сол трансформатордың номиналдық кернеуіне тең болады (6,10 кВ). Трансформатордың негізгі тармақтануындағы трансформация коэффициентін номиналдық деп атайды. Қосымша төрт тармақтарын пайдаланған жағдайда трансформация коэффициенті номиналды дан айырмашылығы +5; +2,5; -2,5 және -5% болады.

РПН құрылғысы енгізілген трансформаторлардың ПБВ трансформатордан айырмашылығы, алдыңғысының арнайы ауыстырып-қосушы құрылғысы, сондай-ақ реттеуші тармағының көптеген табалдырығы мен және реттеудің үлкен ауқымы мен ажыратылады. Мысалы, ЖК ораманы 115 кВ-қа номиналдық кернеумен негізінен тармақтайтын трансформатор үшін реттеу ауқымы $\pm 16\%$, ал ± 9 реттеу сатысында әрқайсысы 1,78% қарастырылады.

Трансформацияның қажетті коэффициентін таңдау үшін трансформатордың жоғарғы кернеуі жағында U_1 кернеуін табу керек, ол келесідей анықталады:

$$U_1 = U_A - \Delta U_{A-1}, \quad (4.1)$$

мұндағы ΔU_{A-1} – тораптың А-1 учаскесіндегі кернеу шығыны.

Трансформатордың төменгі кернеу жағындағы U_2 кернеуін келесідей анықтауға болады:

$$U_2 = \frac{U_1 - \Delta U_T}{k_T}, \quad (4.2)$$

мұндағы ΔU_T – трансформатордағы кернеу шығыны;

k_T – трансформация коэффициенті.

Егер U_1 кернеуі белгілі болса (4.2) бойынша трансформациялаудың қажетті коэффициентін және трансформатордың төменгі кернеуі жағында қажетті кернеуді табуға болады:

$$k_{т.ж} = \frac{U_1 - \Delta U_T}{U_{2ж}}, \quad (4.3)$$

мұндағы $U_{2ж}$ – трансформатордың төменгі кернеуі жағында ең жоғарғы жүктеме режимінде 10,5 кВ және ең төменгі жүктеме режимінде 10 кВ тең болатын қажетті кернеу.

110 кВ торапқа қосылған трансформаторлардың реттеуші ауқымы $\pm 9 \times 1,78\%$ болатынын ескере отырып, барлық тармақтануларға трансформация коэффициенттер кестесін құрып және есептеуге болатын трансформация коэффициентін тандап алу керек.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Лыкин.А.В. Электрические системы и сети:- Москва: Люкс. 2007.
- 2 Герасименко А.А. Передача и распределение электроэнергии: Учеб. пособие. – Ростов-на Дону: Феникс, 2006.-720 бет.
- 3 Оржанова Ж.К., Генбач Н.А. Электр тораптары және жүйелері. Дәрістер жинағы. 5В071800 – электр энергетикасы мамандығының барлық оқу түрінде оқитын студенттерге арналған. – АЭЖБУ, 2011.
- 4 Оржанова Ж.К. Электр энергиясын тарату және жіберу. Оқуқұралы. – АЭЖБУ, 2017.
- 5 Оржанова Ж.К., Утешкалиева Л.Ш. Электр тораптары мен жүйелері. 5В071800-Электр энергетикасы мамандығы үшін практика сабағына арналған жинағы. – АЭЖБУ, 2017.

Мазмұны

1 Жалпы нұсқаулар	3
2 Есептік-сызба жұмысы №1	4
3 Есептік-сызба жұмысы №2	11
4 Есептік-сызба жұмысы №3	16
Әдебиеттер тізімі.....	19
Мазмұны.....	19

Жанар Керимбековна Оржанова
Наталья Алексеевна Генбач

ЭЛЕКТР ТОРАПТАРЫ МЕН ЖҮЙЕЛЕРІ

5B071800 – Электр энергетикасы мамандығы үшін есептік-сызба жұмысын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулар

Редактор Ж.Н.Изтелеуова
Стандарттау бойынша маман Н.Қ Молдабекова

Басуға _____ қол қойылды
Таралымы 15 дана
Көлемі оқу 1,2 баспа табак

Пішімі 60×84/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс _____ Бағасы 600 теңге

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