



**Коммерциялық емес
акционерлік қоғам**

**ҒҰМАРБЕК ДӘУКЕЕВ
АТЫНДАҒЫ АЛМАТЫ
ЭНЕРГЕТИКА ЖӘНЕ
БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ**

Электроэнергетикалық
жүйелер кафедрасы

ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАДАҒЫ ӨТПЕЛІ ПРОЦЕССТЕР

6В07101 – Электроэнергетика, 6В07119 – Электроэнергетикалық жүйелер мамандықтарының студенттері үшін есептік-сызба жұмыстарын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулық

Алматы 2022

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: А.А.Абдурахманов, А.Қ.Садыкова. Электр энергетикадағы өтпелі процестер. 6B07101–Электроэнергетика, 6B07119 – Электроэнергетикалық жүйелер мамандықтарының студенттері үшін есептік-сызба жұмыстарын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулық. - Алматы: АЭЖБУ, 2022, - 15 с.

«Электр энергетикадағы өтпелі процестер» пәні бойынша есептеу-сызба жұмыстарды орындауға арналған әдістемелік нұсқаулық және ол келесілерден тұрады: ЕСЖ орындауға арналған тапсырмалар, әдістемелік нұсқаулықтар, бақылау сұрақтарының нұсқалары, сонымен қатар қажетті әдебиеттер тізімі.

Рецензент: ЭТ кафедрасының доценті

Айтжанов Н.М..

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2022 ж басылым жоспары бойынша шығарылды

© «Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ, 2022ж.

Мазмұны

	Кіріспе.	4
1	1 №1 Есептік-сызба жұмысы. Симметриялы емес қысқа түйықталуды есептеу	5
2	№2 Есептік-сызба жұмысы. Симметриялы үш фазалы тораптағы қысқа түйықталуды есептеу	7
3	3 №3 Есептік-сызба жұмысы. Желідегі қысқа түйықталу кезіндегі динамикалық тұрақтылығы	11
	Әдебиеттер тізімі	15

Кіріспе

Өтпелі процестер электр энергетикалық жүйелердің, оның құрамына кіретін электрмен жабдықтау жүйелерінің кең таралған режимі болып табылады, оның ішінде оларды құрайтын электрмен жабдықтау жүйелері. Өтпелі процестер қалыпты жұмыс жағдайында да – электр жүктемелерін, қоректендіру көздерін, жеке электр беріліс желілерін қосу және өшіру кезінде, сондай-ақ апаттар кезінде – қысқа тұйықталу, фазаларының үзілуі, үлкен электр машиналарының іске қосылуы және т.б жағдайларда болады.

Кез келген өтпелі процесс кезінде белгілі бір дәрежеде электрмен жабдықтау жүйелерінің элементтерінде электромагниттік энергияның өзгеруі, электр жүйесінің әрбір айналмалы генераторының білігіндегі және электрмен жабдықтау жүйесінде жұмыс істейтін электрқозғалтқыштың механикалық және электромагниттік моменттердің тепе-теңдігі бұзылады. Сондықтан өтпелі процестер бүкіл электр жүйесіндегі электромагниттік және механикалық өзгерістердің жиынтығымен сипатталады. Бұл процестер өзара байланысқан. Есептік-сызба жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулық бакалавриат бағдарламасы бойынша электрэнергетикасы мамандықтарының студенттеріне арналған «Электр энергетикадағы өтпелі процестер» пәні бойынша пәннің оқу-әдістемелік кешенінің (ПОӘК) құрамдас бөлігі болып табылады.

Есептік-сызба жұмыстардың (ЕСЖ) тақырыбы мен мазмұны Мемлекеттік білім беру стандарттарының талаптарына және техника және технологиялар саласындағы бакалаврлар мен мамандарды даярлау бағыттары бойынша Қазақстан Республикасының Білім министрлігі ұсынған «Электр энергетикадағы өтпелі процестер» пәнінің типтік бағдарламасының ұсыныстарына сәйкес құрастырылған.

ЕСЖ мақсаты инженерлік ойлауды дамыту, электр жабдықтарын жобалау және пайдаланумен байланысты арнайы пәндерді оқуға қажетті білімдерді меңгеру болып табылады.

Студенттердің ЕСЖ орындауы олардың жобалық-конструктивті есептерді шешу процесінде сол немесе басқа электр құрылғыларын біліктілікпен пайдалану үшін қажетті білім, дағдылар мен шеберлік алуға, сондай-ақ қажетті электртехникалық, электронды және электрөлшеуіш құрылғыларды дұрыс таңдауға; осы құрылғыларды дұрыс эксплуатациялауға ықпал етеді.

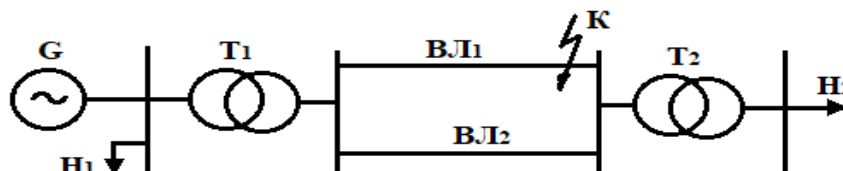
ЕСЖ орындау процесінде электр жүйелерінің, электромагниттік құрылғылардың және электр машиналарының үлгілері мен орынбасу сұлбаларын құру бойынша практикалық дағдылар алынады.

Есептік-сызба жұмыстың әрбір тапсырмасы есептің шартын, түсіндірме мәтінді, сонымен қатар сұлбаны түрлендіру бойынша ұсыныстарды және әдебиеттерге сілтемелерді қамтиды. Мамандыққа байланысты тапсырманы оқытушы пәннің оқу бағдарламасына сәйкес реттей алады.

1 Есептік-сызба жұмысы №1. Симметриялы емес қысқа тұйықталуды есептеу

1.1 1 тапсырма

1.1-суретте келтірілген сұлба үшін кезектесіп әртүрлі симметриялы емес қысқа тұйықталулар болады.



1.1 сурет – Тораптың электр сұлбасы

Симметриялы емес қысқа тұйықталу орнындағы токтарды (бір фазалы, екі фазалы, екі фазалы жерге) анықтау қажет (бір фазалы, екі фазалы, екі фазалы жерге). Сұлба параметрлері $S_6 = 100$ МВА, $U_6 = U_{cp.n}$ кезінде негізгі шарттарға дейін келтірілген және 1.1-кестеде берілген.

1.1 кесте – Жұмысты орындауға арналған бастапқы деректер

Шифрдың соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фамилияның бірінші әрпі	А, Е, Л	Б, Ж, М	В, З, Н	Г, И, О	Д, Й, П	Ы, К, Р	С, Ч, Э	Т, Ш, Ю	Щ, У, Я	Ф, Х, Ц,
$X_{Г1}$	0,9	0,92	0,88	0,89	0,93	0,9	0,94	0,87	0,95	0,86
$X_{Г2}$	0,45	0,43	0,44	0,41	0,42	0,46	0,47	0,44	0,48	0,4
E_c	1,66	1,67	1,69	1,70	1,65	1,68	1,69	1,64	1,63	1,65
$X_{Т1}$	0,21	0,19	0,22	0,25	0,18	0,16	0,22	0,20	0,25	0,19
$X_{Т2}$	0,21	0,19	0,22	0,25	0,18	0,16	0,22	0,20	0,25	0,19
Шифрдың соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фамилияның бірінші әрпі	Ф, Ш, Я	Х, Г, Н	Й, К, Э	А, Т, Ч	Е, Щ, Ю	Л, С, У	М, В, Ы	Ж, О, Д	П, Р, Ц	Б, З, И
$X_{Л12(1)}$	0,19	0,21	0,16	0,24	0,22	0,18	0,26	0,16	0,18	0,27
$X_{Л12(0)}$	0,57	0,61	0,52	0,59	0,58	0,55	0,63	0,54	0,56	0,64
$X_{Н2}$	3,6	3,4	3,3	3,8	3,9	3,5	4,0	3,5	3,6	3,9
$X_{Н2(2)}$	1,05	1,07	1,03	1,08	1,06	1,04	2,0	1,02	1,03	1,07
$X_{Н1}$	2,4	2,6	2,2	2,5	2,7	2,1	2,3	2,1	2,4	2,6
$X_{Н1(2)}$	0,7	0,9	0,5	0,85	0,75	0,56	0,82	0,65	0,58	0,75

1.2 2 тапсырма

1.1-суретте көрсетілген сұлба үшін жерге екі фазалы қысқа тұйықталу үшін Т-1 трансформаторының ЖК және ТК шиналарындағы кернеудің векторлық диаграммаларын құрастырыңыз. Есептеу үшін деректер 1-кестеден алынады.

1.3 Әдістемелік нұсқаулық

Симметриялы емес қысқа тұйықталуларға екі фазалы, екі фазалы жерге және бір фазалы қысқа тұйықталу жатады.

Симметриялы емес қысқа тұйықталулар фазалық токтар мен кернеулердің тең емес мәндерімен және токтар арасындағы, сондай-ақ токтар мен сәйкес кернеулер арасындағы әртүрлі жылжу бұрыштарымен сипатталады.

Симметриялы емес қысқа тұйықталулардың бұл ерекшелігі оларды есептеуді айтарлықтай қиындатады, өйткені үш фазалы қысқа тұйықталуларды есептеу кезінде қарастырылып отырған тізбектің үш фазасы толығымен симметриялы деп есептеледі, бұл орынбасу сұлбасын құруға және фазалардың біреуіне есептеуге мүмкіндік береді.

Симметриялы емес қысқа тұйықталу үшін әртүрлі фазалардағы токтар мен кернеулер әртүрлі болғандықтан, есептеуді әдеттегі әдіспен орындау үшін, фазалар арасындағы өзара индукция ескере отырып, қарастырылатын тораптың барлық үш фазасы үшін орынбасу сұлбаларын құрастыру қажет. Бұл салыстырмалы түрде қарапайым сұлбалар жағдайында да есептеуді айтарлықтай қиындатады.

Симметриялы емес қысқа тұйықталуларды есептеуді жеңілдету үшін үш фазалы желінің симметриялы емес режимін симметриялы режиммен ауыстырудан немесе симметриялы емес зақымдануды шартты үш фазалы қысқа тұйықталумен ауыстырудан тұратын симметриялық құрамдас бөліктер әдісі қолданылады.

Симметриялы емес қысқа тұйықталулардың токтарын есептеу үшін тура, кері және нөлдік тізбектің орынбасу сұлбаларын құрастырып, олардың параметрлерін анықтау қажет.

Тура тізбектің орынбасу сұлбасы үш фазалы қысқа тұйықталуды есептеуге арналған орынбасу сұлбасына ұқсас құрастырылады, өйткені үш фазалы қысқа тұйықталу токтары тура тізбекті токтар болып табылады: ток жүйесі симметриялы, теңгерімді және тікелей фазалық тізбекке ие.

Есептік сұлбасының барлық элементтері үшін X_1 Бұл әдіс бойынша кез келген асимметриялық үш фазалы жүйе үш симметриялы жүйеге немесе реттілікке - тура, кері және нөлге бір мәнді түрде ыдырауы мүмкін.

$= X^{(3)}$, яғни тура тізбектің кедергісі симметриялы режимдегі индуктивті кедергіге сәйкес келеді.

Кері тізбектің орынбасу сұлбасы тура тізбектің сұлбасы сияқты элементтерден тұрады, өйткені екі тізбектің ток жолдары бірдей; Сұлбадағы генераторлардың ЭҚК нөлге тең деп қабылданады.

Нөлдік тізбектің орынбасу сұлбасын құру үшін барлық фазаларда бірдей бағытқа ие токтар өтетін тізбектер анықталады.

Қысқа тұйықталу нүктесінде фазалар шартты түрде тұйықталған және $U_{к,0}$ кернеуі берілген, тізбектер біріктірілген, сондықтан осы нүктеден орынбасу сұлбасын құруды бастаған жөн.

Нөлдік тізбекті токтардың өтуі үшін тұйық тізбекті алу үшін тізбекте кем дегенде бір жерге тұйықталған бейтарап болуы керек. Егер мұндай бейтараптар бірнеше болса, онда алынған тізбектер параллель қосылады.

Элементтер орынбасу сұлбасына нөлдік тізбек кедергілері арқылы енгізіледі.

Қысқа тұйықталу токтары келесі жолмен анықталады:
бірфазалы қысқа тұйықталу үшін

$$I_{кз}^{(1)} = 3I_{кА1} = \frac{3 \cdot E}{x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma} + x_{0\Sigma}}, \text{ кА} \quad (1.1)$$

екіфазалы қысқа тұйықталу үшін

$$I_{кз}^{(1)} = 3I_{кА1} = \frac{\sqrt{3} \cdot E}{x_{1\Sigma} + x_{2\Sigma}}, \text{ кА} \quad (1.2)$$

Қысқа тұйықталу орнындағы ақаулы фазалардың екі фазалы жерге тұйықталу токтары үшін

$$I_{кВ}^{(1.1)} = \left(a^2 - \frac{x_{1\Sigma} + a \cdot x_{0\Sigma}}{x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma}} \right) \cdot I_{кА1}^{(1.1)}, \text{ кА} \quad (1.3)$$

$$I_{кС}^{(1.1)} = \left(a - \frac{x_{1\Sigma} + a^2 \cdot x_{0\Sigma}}{x_{1\Sigma} + x_{0\Sigma}} \right) \cdot I_{кА1}^{(1.1)}, \text{ кА} \quad (1.4)$$

2 Есептік- сызба жұмысы №2. Симметриялы үш фазалы тораптағы қысқа тұйықталуды есептеу

2.1 1 тапсырма

2.1-суретте 35, 6 және 3 кВ таратушы желілерінің учаскелері бар төмендететін қосалқы станцияның сұлбасы көрсетілген. Қосалқы станция $x=8,8$ Ом реактивтілікке келтірілген тұрақты кернеуі 115 кВ шексіз қуат көзі ретінде қарастырылуы мүмкін жүйенің түйініне қосылған.

Қысқа тұйықталу нүктелерінде кезекпен үш фазалы қысқа тұйықталу кезінде тоқтың периодтық құрамдас бөлігінің бастапқы мәнін және соққы тоғын анықтау талап етіледі.

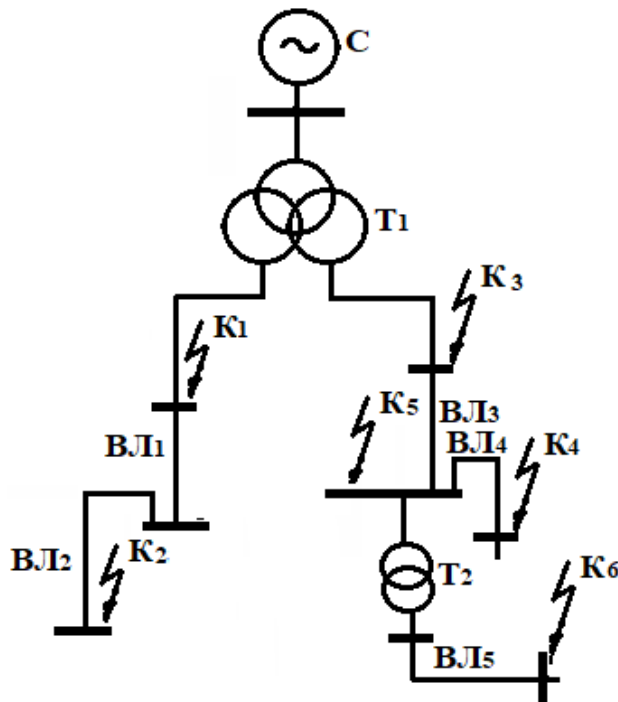
ПС маркалы сым желілері үшін келесі параметрлер ұсынылады:

20-дан 200 А-ға дейінгі токтар үшін: ПС-50 үшін $z=3,75+j1,36$ Ом/км, ПС-35 үшін $z=5,0+j1,8$ Ом/км, ПС-25 үшін $z=6,1+j2,21$ Ом/км.

200 А токтан жоғары болғанда:

$$z = \frac{150}{q} + j0,5, \quad (2.1)$$

мұндағы q – сымның қимасы, мм².



2.1 сурет – Төмендеткіш қосалқы станцияның сұлбасы

2.1 кесте – Жұмысты орындауға арналған бастапқы деректер

Шифрдің соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фамилияның бірінші әрпі	А, Е, Л	Б, Ж, М	В, З, Н	Г, И, О	Д, Й, П	Ы, К, Р	С, Ч, Э	Т, Ш, Ю	Щ, У, Я	Ф, Х, Ц,
Т-1	1	2	3	3	1	2	1	3	2	1
Т-2	4	5	6	4	5	4	5	6	4	5

2.1 кестенің жалғасы

Шифрдің соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фамилияның бірінші әрпі	Ф, Ш, Я	Х, Г, Н	Й, К, Э	А, Т, Ч	Е, Щ, Ю	Л, С, У	М, В, Ы	Ж, О, Д	П, Р, Ц	Б, З, И
Л-1	АС- 70	АС- 95	АС- 120	АС- 120	АС-70	АС- 95	АС- 95	АС- 120	АС- 70	АС- 70
Л-2	ПС- 50	ПС- 35	ПС- 50	ПС- 35	ПС-50	ПС- 35	ПС- 50	ПС-35	ПС- 50	ПС- 35
Л-3	ПС- 35	ПС- 25	ПС- 35	ПС- 25	ПС-35	ПС- 25	ПС- 35	ПС-25	ПС- 35	ПС- 25
Л-4	ПС- 35	ПС- 50	ПС- 35	ПС- 50	ПС-35	ПС- 50	ПС- 35	ПС-50	ПС- 35	ПС- 50
Л-5	ПС- 25	ПС- 35	ПС- 25	ПС- 35	ПС-25	ПС- 35	ПС- 25	ПС-35	ПС- 25	ПС- 35

2.2 кесте – Орнатылатын трансформаторлардың типі

Трансформатор типі	Орнатылатын трансформаторлардың маркасы
1	ТДТН-25000/110
2	ТДТН-40000/110
3	ТДТН-63000/110
4	ТМ-6300/35/6,3
5	ТД-10000/35/6,3
6	ТД-16000/35/6,3

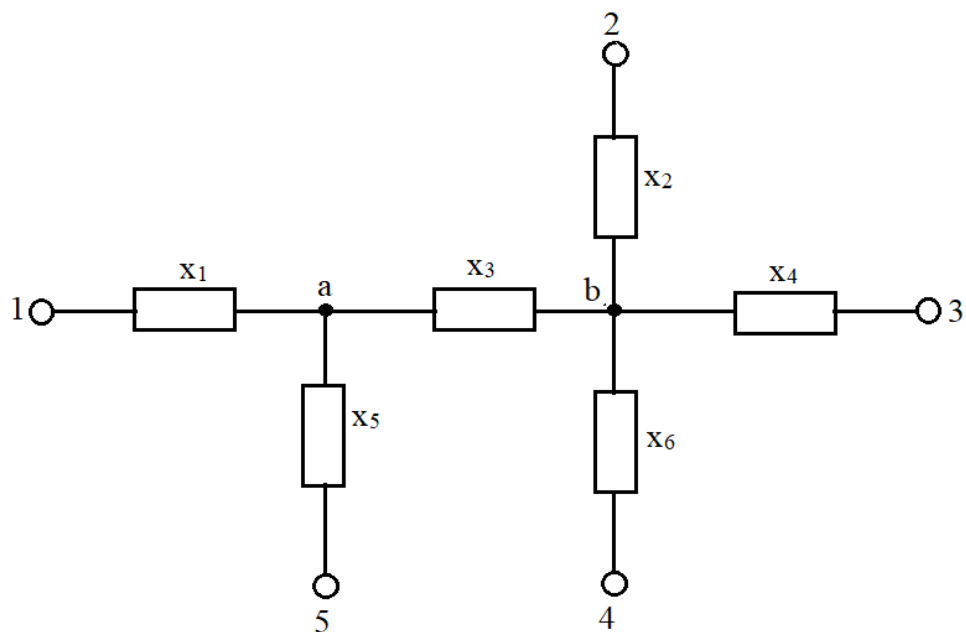
2.2.2 тапсырма

Сұлба үшін (2.2 сурет) анықтау қажет:

а) қуат ағынының таралу әдісін қолдану арқылы, 1 түйінге қатысты меншікті реактивтіліктің мәндері және осы түйін мен 2, 3, 4 және 5 түйіндері арасындағы өзара реактивтілікті;

б) дәл сондай мәндерді сұлбаны түрлендіру арқылы;

в) таралу коэффициенттері және 2, 4, 5 нүктелері (қорек көздері бар жерде) және 3 нүкте (потенциал нөлге тең деп қабылданатын) арасындағы өзара реактивтілікті.



2.2 сурет – Есептеудің бастапқы сұлбасы

2.3 кесте - Жұмысты орындауға арналған бастапқы деректер

Шифрдің соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фамилияның бірінші әрпі	А, Е, Л	Б, Ж, М	В, З, Н	Г, И, О	Д, Й, П	Ы, К, Р	С, Ч, Э	Т, Ш, Ю	Щ, У, Я	Ф, Х, Ц, Ы
Т-1	1	2	3	3	1	2	1	3	2	1
Л-1, км	60	50	40	65	45	55	60	65	55	40
ЛРА	4 МВА, 10 кВ±10%, Uk=0,5%									
Шифрдің соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фамилияның бірінші әрпі	Ф, Ш, Я	Х, Г, Н	Й, К, Э	А, Т, Ч	Е, Щ, Ю	Л, С, У	М, В, Ы	Ж, О, Д	П, Р, Ц	Б, З, И
Т-2	4	5	6	4	5	4	5	6	4	5
Л-2, км	10	12	15	11	10	9	12	13	14	9
U _c , кВ	115	115	116	116	117	117	116	115	117	116

Желінің екі учаскесінің де кедергісі 0,4 Ом/км. Трансформаторлардың түрі 2.4-кестеден таңдалады.

2.4 Әдістемелік нұсқаулық

Қысқа тұйықталу токтарын есептеу орынбасу сұлбасын көрсетуден, оның барлық параметрлерін табудан басталады. Ол үшін кернеудің негізгі қадамын таңдап, өрнекке сәйкес барлық параметрлерді осы қадамға келтіру керек:

$$X_{сб} = X_c \cdot \left(\frac{U_6}{U_c}\right)^2, \text{ Ом} \quad (2.1)$$

Жоғары және орташа кернеу орамдарының реактивтілігі:

$$X_{т6} = \frac{u_k, \%}{100} \cdot \frac{U^2}{S_T} \cdot \frac{U}{U_6}, \text{ Ом} \quad (2.2)$$

Токтың периодтық құрамдас бөлігі келесідей анықталады:

$$I_{по} = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot X_{рез}}, \text{ кА} \quad (2.3)$$

мұндағы $X_{рез}$ - жүйеден қысқа тұйықталу нүктесіне дейінгі жалпы кедергі.

Соққы тогының шамасы мына формуламен анықталады:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot k_y \cdot I_{по}, \text{ кА} \quad (2.4)$$

мұндағы k_y – үш фазалы қысқа тұйықталу тогының соққы коэффициенті.

Үш фазалы қысқа тұйықталу тогының соққы коэффициентін мынандай қатынаста анықталады:

$$k_y = 1 + e^{-\frac{t}{T_a}}, \text{ о. е.} \quad (2.5)$$

мұндағы T_a - үш фазалы қысқа тұйықталудың соққы тогының бәсеңдеуінің уақыт тұрақтысы, с

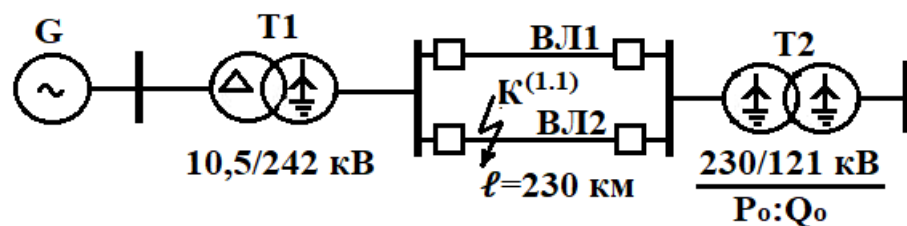
Уақыт тұрақтысы мынандай формуламен анықталады:

$$T_a = \frac{X_{рез}}{\omega \cdot R_{рез}}, \text{ с} \quad (2.6)$$

мұндағы $X_{рез}$, $R_{рез}$ – сәйкесінше жүйеден қысқа тұйықталу нүктесіне дейін нәтижелік реактивті және активті кедергі.

3 Есептік- сызба жұмысы №3. Желідегі қысқа тұйықталу кезіндегі динамикалық тұрақтылығы

3.1-суретте көрсетілген электр берілісінде К нүктесінде жерге кенеттен екі фазалық қысқа тұйықталу пайда болады. t_1 уақытында ол үш фазалыққа ауысады, содан кейін t_2 уақытында зақымдалған желі өшіріледі.



3.1 сурет – Тораптың электрлік сұлбасы

Егер t_1 уақытында бұрышы 50° , $t_2 - 70^\circ$ сәйкес келсе, динамикалық тұрақтылық сақтала ма жок па анықтау қажет.

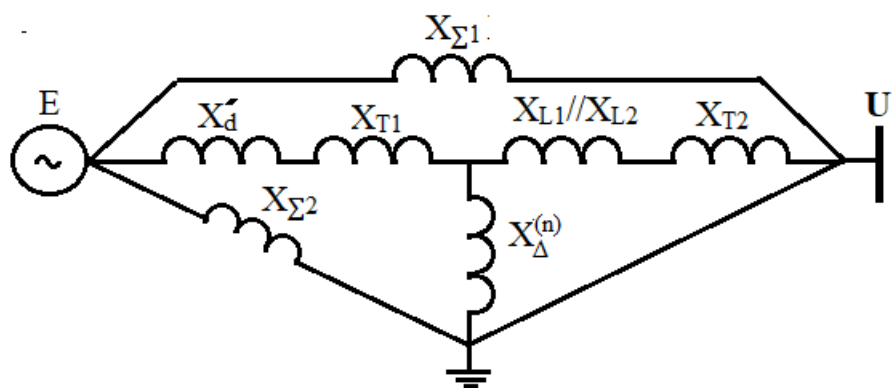
$S_6 = 220$ МВА және 220 кВ $U_b = 209$ кВ кезеңіндегі базистік кернеу кезіндегі бастапқы режимнің параметрлері және электр беріліс параметрлері 3.1-кестеде көрсетілген.

3.1 кесте - Жұмысты орындауға арналған бастапқы деректер

Шифрдің соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фамилияның бірінші әрпі	А, Е, Л	Б, Ж, М	В, З, Н	Г, И, О	Д, Й, П	Ы, К, Р	С, Ч, Э	Т, Ш, Ю	Щ, У, Я	Ф, Х, Ц, Ъ
P_0	1	0,95	1,05	1,1	1,07	1,02	0,98	1,08	1,01	0,97
Q_0	0,2	0,19	0,22	0,24	0,18	0,23	0,21	0,17	0,24	0,22
U_c	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
x_d	0,295	0,297	0,294	0,298	0,295	0,296	0,299	0,29	0,297	0,294
Шифрдің соңғы саны	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Фамилияның бірінші әрпі	Ф, Ш, Я	Х, Г, Н	Й, К, Э	А, Т, Ч	Е, Щ, Ю	Л, С, У	М, В, Ы	Ж, О, Д	П, Р, Ц	Б, З, И
x_{T1}	0,138	0,133	0,135	0,130	0,136	0,139	0,140	0,143	0,134	0,135
x_{T2}	0,122	0,12	0,125	0,123	0,121	0,124	0,126	0,128	0,118	0,115
x_L	0,244	0,246	0,240	0,247	0,241	0,242	0,243	0,248	0,239	0,245
X_{L0}	0,732	0,73	0,734	0,733	0,738	0,74	0,731	0,7	0,736	0,735
T_{j6}	8,18	8,20	8,15	8,23	8,15	8,13	8,25	8,32	8,27	8,35

3.1 Әдістемелік нұсқаулық

Динамикалық тұрақтылықты талдау қажеттілігіне әкелетін бұзылулардың ең көп таралған түрі қысқа тұйықталу болып табылады. Қысқа тұйықталу режимінің орынбасу сұлбасы 3.2-суретте көрсетілген. К нүктесінде кері және нөлдік тізбектердің $X_{\gamma 2}$ және $X_{\gamma 0}$ жалпы кедергілерінен тұратын шунттаушы кедергі $X^{(n)}_d$ енгізілген.



3.2 сурет – Қысқа тұйықталу режимі үшін орынбасу сұлбасы

Қысқа тұйықталу пайда болғаннан кейін генератордан жүйеге берілетін қуат, генераторды жүйемен қосатын $X_{\Sigma 1}$ жалпы кедергісі де өзгереді. Бұл кедергіні орынбасу сұлбасынан (6-сурет) төмендегідей табуға болады:

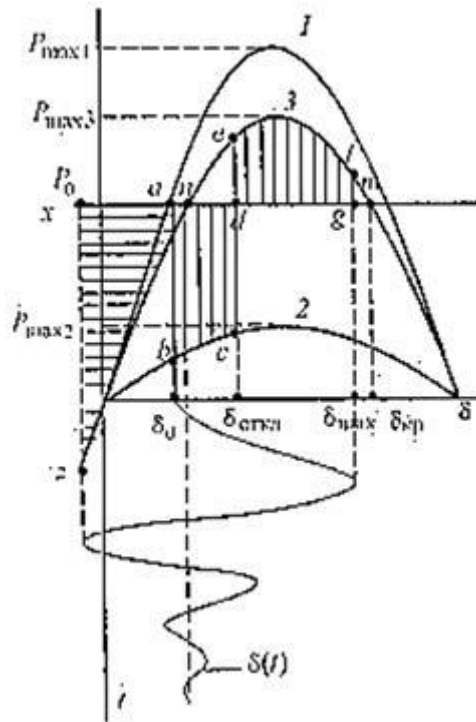
$$X_{\Sigma 1} = (X'_d + X_{T1}) + (X_{L1}/X_{L2} + X_{T2}) + \frac{(X'_d + X_{T1}) \cdot (X_{L1}/X_{L2} + X_{T2})}{X_{\Delta}^{(n)}}, \quad (3.1)$$

$X_{\Sigma 2}$ және $X_{\Sigma 0}$ кедергілері жұлдызшаны үшбұрышқа түрлендіруге арналған ұқсас өрнектерді қолдану арқылы табылады, бірақ олар апаттық режимде генератор қуатының мәніне әсер етпейді және ескерілмеуі мүмкін.

Қысқа тұйықталу сәтінде сұлба параметрлерінің өзгеруіне байланысты бір қуат сипаттамасынан екіншісіне ауысу орын алады (3.3 сурет). Ротор белгілі бір инерцияға ие болғандықтан, δ бұрышы бірден өзгере алмайды және шығыс қуаты $P_{(0)}$ мәніне дейін төмендейді. Турбинаның қуаты оның реттегіштерінің кешігуіне байланысты өзгермейді. Турбина-генератордың білегінде артық қуатпен ($\Delta P = P_0 - P_{(0)}$) анықталатын кейбір артық момент пайда болады. Осы моменттің әсерінен генератор роторы жылдамдай бастайды, δ бұрышы артады. Желінің қорғанысы болғандықтан, белгілі бір уақыттан кейін ол ажыратқыштармен өшіріледі. Бұл уақыт былай анықталады:

$$t_{\text{өш.}} = t_{\text{к}} + t_{\text{аж.}}, \quad (3.2)$$

мұндағы $t_{\text{к}}$ – өзіндік қорғаныс әрекет ету уақыты;
 $t_{\text{аж}}$ – ажыратқыштардың іске қосылу уақыты.



3.3 сурет – Симметриялы емес қысқа тұйықталу кезіндегі динамикалық ауысу

$t_{өш}$ өшіру уақыты қысқа тұйықталуды ажырату $\delta_{өш}$ бұрышына сәйкес келеді. Қысқа тұйықталуды өшіру апаттық режимнің 2 қуат сипаттамасынан апаттан кейінгі 3 режимінің сипаттамасына өтуді тудырады. Бұл жағдайда артық момент өзінің белгісін жоғалтады, жылдамдаудан тежеуге айналады. Ротор, тежеле келе, кинетикалық энергияның жылдамдау процесі әсерінен жинақталған бұрышты жоғарылату бағытында қозғалысын жалғастырады.

Бұл қозғалыс f_{defg} баяулау ауданы f_{abcd} жылдамдау ауданына тең болғанша жалғасады. f нүктесінде ротордың жылдамдығы синхронды болады. Бірақ ротордың қозғалысы тоқтамайды, өйткені оған артық қуатпен $\Delta P_{теж} = P_f - P_0$ анықталатын тежегіш артық момент әсер етеді. Ротор, жылдамдағанда, қарама-қарсы бағытта қозғала бастайды. Оның жылдамдығы n нүктесінде максималды болады. n нүктесінен кейін салыстырмалы жылдамдық төмендей бастайды және z нүктесінде нөлге тең болады. Бұл нүкте f_{nefgd} және f_{xnz} аудандарының теңдігінен анықталады. Ротордың тербеліс шығындарына байланысты апаттық режимнен кейін жаңа тепе-теңдік жағдайына жақын жерде - n . нүктесінде төмендейді.

Әдебиеттер тізімі

1. Ульянов С.А. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. – М.: Энергия, 1970.
2. Ульянов С.А. Сборник задач по электромагнитным переходным процессам в электрических системах. – М.: Энергия, 1968.
3. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. - М.: Высшая школа, 1978.
4. Жданов П.С. Вопросы устойчивости электрических систем / Под ред. Жукова В.А. – М.: Энергоатомиздат, 1979.
5. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях / Под ред. Веникова В.А. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
6. Переходные процессы электрических систем в примерах и иллюстрациях: Уч. пособие. Под ред. В.А. Строева. – М.: 1996.
7. Куликов Ю.А. Переходные процессы в электрических системах: учеб. пособие для вузов/ М-во образ. РФ. Новосибирский ГТУ. – Новосибирск – Москва: НГТУ, Мир, АСТ, 2003.

2022 ж. Жиынтық жоспары, реті 6

Абдугани Абдужаллилович Абдурахманов
Айкүміс Қанатқызы Садықова

ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАДАҒЫ ӨТПЕЛІ ПРОЦЕСТЕР

6B07101 – Электроэнергетика, 6B07119 – Электроэнергетикалық жүйелер мамандықтарының студенттері үшін есептік-сызба жұмыстарын орындауға арналған әдістемелік нұсқаулық

Редактор:
Стандарттау бойынша маман:

Изтелеуова Ж.Н.
Ануарбек Ж.А.

Басылымға қол қойылды _____
Тираж_50_ дана
Көлемі _1.0__ оқу-бас.ә.

Пішімі 60x84 1/16
Баспаханалық қағаз №1
Тапсырыс Бағасы 500 тг.

«Ғұмарбек Дәукеев атындағы Алматы энергетика және байланыс университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының көшірме –
көбейту бюросы
050013, Алматы, Байтұрсынұлы көшесі, 126/1