

№4 ДӘРІС

4 апта – «Өтпелі қысқа тұйықталуды есептеудің практикалық әдістері» (2 сағат).

Дәрістің мақсаты:

Жалпы ескертулер. Қысқа тұйықталуды есептеу кезінде беттестіру әдісін қолдану. Жүйенің бірқалыпты есептелуі. Есептелген қисықтарды қолдану әдісі.

4.1. Жалпы ескерулер

Өтпелі үрдіс кезіндегі синхронды машинаның теориясы және кездейсоқ қысқаша тұйықталудың жақсы қаралуы синхронды машинаның электромагниттік өтпелі процестің жалпы теңдеуіне негізделген. Кездейсоқ қысқаша тұйықталудың тоғындағы алынған мағына, яғни бір генератормен қоректенген уақыт бірлігінде оның шамасын анықтайды. Бірақ осындай қарапайым жағдайда оның қолданылуы үлкен есептеу жұмысын қамтамасыз етеді. Бірнеше генераторлар системасына өту кезінде тура есептеу қысқаша тұйықталу кезінде тез күрделі болады. Генератордағы тербелістің болуын еске алмасак және жүктеменің жоғалу тәртібін, онда өзара байланысқан әр генератордағы еркін тоқтың өзгерісін еске алу жеткілікті.

ҚАБ – ның болуы еріксіз тоққа ауысу байланысын береді. Сонымен қатар тура есептеу синхронды машинаның көлденең және қума осіндегі параметрлерінің әртүрлігіне қиындық әкеледі. Операциялық есептеу әдісін қолдану қысқаша тұйықталу кезіндегі өтпелі процесті есептеу күрделілігімен байланысты. Сипаттайтын деңгейдің тәртібі қарастырылған схемадағы машинаның санының ұлғаюына қарай өседі. Сондықтан қысқаша тұйықталудағы өтпелі үрдіс есептеудегі жуықтау әдісінің қарастырылуы оның үстіне көптеген тәжірибелік есепті шешу үшін тура қорытынды бермейді. Тәжірибелік әдісті қанағаттандыру оның орындауындағы кеңдігі. Кей кезде ізделетін шаманы анықтау, ол тәжірибелік есептеуді шешуге негізделген.

Тәжірибелік әдіс негізгі жіберілуімен қатар қосымшалық жағдай қолданылады:

1) Схемадағы бір генератормен орныққан қысқаша тұйықталу тоғының құраушысының периодты өзгеруінің заңы. Оны схемадағы еркін мәнді генератордың тоғының құраушысына жуық баға беру үшін қолданады.

2) Қысқаша тұйықталу тоғының аперидоты құраушысын еске алып, барлық жағдайды жуықтау түрде жүргізу.

3) Әрбір машинаның роторы симметриялы, яғни ротордың кез – келген жағдайында машинаның параметрі бірдей.

Электрлік жүйеде қысқаша тұйықталу тоғының өтпелі процесін бақылай отырып, мынадай жағдайға келеді:

1) Тәжірибелік әдіспен есептеген тоқтың бастапқы мәні осцилографиялық мәнмен сәйкес келеді ($\pm 5\%$).

2) Егер қысқаша тұйықталу күші генератор тізбегімен жүргізілмесе, онда тәжірибелік әдіс ($\pm 10 \div 15\%$) дәлдігін қамтамасыз етеді.

4.2. Бастапқы жоғарғы өтпелі процесі және соғу тоғын есептеу

Алдын – ала орнықталған ЭҚК және бастапқы моменттегі синхронды машинаның реактивтілігінің периодты тоқ құраушысының бұзылуы дегеніміз – өтпелі тоқтың $I'_{(0)}$ демпферлік орамдағы, сонымен қатар демпферлі орамдағы жоғарғы өтпелі тоқтың $I''_{(0)}$ жоғалуы. Машинадағы демпферлі емес орамның жоқтығынан демпферлі ротор арқылы жоғарғы өтпелі үрдіс:

$$x_d'' = 0,75 \div 0,9x_d \text{ ие болады.}$$

Бастапқы жоғарғы өтпелі тоқты есептеу үшін, алмастыру сұлбасы құралады, яғни барлық генератор қосылады, күрделі синхронды және асинхронды двигателдер, компенсаторлар, сонымен қатар x'' және E_0'' жүктеме өзінің мәнімен сәйкес келеді.

Электр қондырғы үшін орташа мәндері 4.1-ші кестеде көрсетілген.

Кесте 4.1

Салыстырмалы бірліктегі x'' және E_0'' орташа мәндері

1. Турбогенератор (100 МВт-қа дейін)	$x''=0,125$	$E_0''=1,08$
2. Турбогенератор (қуаты 100 -500 МВт)	0,2	1,13
3. Гидрогенератор демпферлі ораммен	0,20	1,13
4. Демпферлі орамсыз	0,27	1,18
5. Асинхронды қозғалтқыш	0,2	0,9
6. Синхронды қозғалтқыш	0,2	1,1
7. Синхронды компенсатор	0,2	0,2
7. Күрделі жүктеме	0,35	0,85

Бастапқы жоғарғы өтпелі тоқтың абсолюттік шамасы

$$I''_k = U_{k0} / x''_{\Sigma} \quad (4.1)$$

мұндағы U_{k0} – қысқаша тұйықталу нүктесіндегі кернеуі;

x''_{Σ} - қысқаша тұйықталу нүктесіне қатысты схеманың қорытынды реактивтілігі.

Егер сәйкес келетін режимді берсек, онда беттесу принципі жиі қолданылады, яғни қысқаша тұйықталудың бастапқы моментіндегі режим алдын – ала авариялық режимнің меншікті шамасы беттесу арқылы алынады.

Қысқа тұйықталу нүктесіндегі бастапқы асқын өтпелі тоқты практикалық есептеуден орындау үшін және осы тармаққа жақын қысқа тұйықталу нүктесімен байланысты жүктеме еске алынады. Ол көп қатесіз есептеуді жеңілдетеді.

Қысқа тұйықталу соғу тоғын есептеу үшін, өлшеудің аperiодты құраушысы еске алынады, ал асқын өтпелі тоқтың амплитудасы жарты периодты өзгермейді:

$$i_c = K_c \sqrt{2} I'' \quad (4.2)$$

мұндағы K_c – соғу коэффициенті.

Соғу коэффициенті тұрақты T_a уақытына байланысты, яғни ол $\frac{x}{r}$ шамасына пропорционал.

Бұл шамалардың қатынасы және K_c әр түрлі қысқа тұйықталу нүктесі үшін әдебиеттерде және 4.2-ші кестеде берілген.

Кесте 4.2

Өшу уақыт тұрақтысы T_a және соғу коэффициент K_c мәндері

Элемент немесе энергожүйе бөлігі	T_a , с	$K_{y\delta}$
Турбогенератор қуаты, МВт:		
12 - 60	0,16 – 0,25	1,94 – 1,955
100 - 1000	0,4 – 0,54	1,975 – 1,98
Қуаты 60 МВт, турбогенератор мен трансформатор блогы, генератордың номиналдық кернеуі, кВ:		
6,3	0,2	1,95
10	0,15	1,935
Қуаты 60 МВт, турбогенератор мен жоғарлатқыш		

трансформатор блогы, генератордың қуаты, МВт: 100-200 300 500 800	0,26 0,32 0,35 0,3	1,965 1,97 1,973 1,967
Жинақтаушы шинамен байланысқан қ.т. қарастырылған жүйе, байланыстыратын әуе желінің кернеуі, кВ: 35 110-150 220-330 500-750	0,02 0,02-0,03 0,03-0,04 0,06-0,08	1,608 1,608-1,717 1,717-1,78 1,85-1,895
Жинақтаушы шинамен байланысқан қ.т. қарастырылған жүйе, байланыстыратын трансформатор қуаты, МВА: 80 және жоғары 32-80 5,6-32	0,06-0,15 0,05-0,1 0,02-0,05	1,85-1,935 1,82-1,904 1,6-1,82
Реактор арқылы қорғалған, тармақтар; реактордың номинал тоғы, А: 1000 және жоғары 630 және төмен	0,23 0,1	1,956 1,904
Тарату электр торабы, кернеуі 6-10 кВ	0,01	1,369

Асинхронды қозғалтқышты еске алғанда, жіберілетін апериодтының тұрақтысы және периодты құраушы немесе асинхронды двигатель үшін бір мәнді K_c шамасы болады, сондықтан бөлек беріледі және асинхронды қозғалтқыш бөлек еске алынады:

$$i_c = K_c \sqrt{2} I'' + K_c \sqrt{2} I''_0, \quad (4.3)$$

мұндағы I''_0 - бастапқы асқын өтпелі ток;

\hat{E}_c - асинхронды қозғалтқыш үшін соғу коэффициенті.

Ұсақ электр қозғалтқыш мен жалпылама жүктеме үшін $\hat{E}_c \approx 1,0$.

4.3. Жүйені жуықтап еске алу

Қысқа тұйықталу тәжірибелік есептеуде электрлік жүйені еске алу жуық түрде жүргізіледі. Ол туралы түсінік жоқ болғанда, онда оны шексіз қуат көзі деп қарастырады. Ол қысқа тұйықталуды қоректендіретін сол элементтің кедергісімен шектелген, ал қысқа тұйықталу нүктесі сол арқылы жүйемен байланысқан.

Егер бастапқы токтың шамасы белгілі болса, I'' немесе кездейсоқ үш фазалы қысқа тұйықталу жүйенің қандай да бір түйінінде S қуаты болса, онда жүйенің реактивтілігі мына түрде анықталады

$$x_c = \frac{U_{op}}{\sqrt{3} I''} = \frac{U_{op}^2}{S''} \quad (4.4)$$

$$\text{немесе} \quad x_{c(\delta)} = \frac{I_{\delta}}{I''} = \frac{S_{\delta}}{S''_K} \quad (4.5)$$

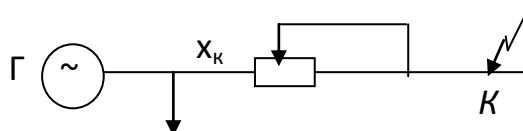
мұндағы $U_{i\delta}$ - белгілі баспалдақтағы орташа кернеу, кВ.

I_{δ} - осы баспалдақтағы базистік ток, кА.

Жүйенің реактивтілігі орныққан ажыратқыштың шекті шартының қолданылуынан жуықтап бағалау және жүйенің берілген түйініндегі орнығуды еске алу. Сонда S''_K және I'' формуласынан $I_{откл}$ және $S_{откл}$ түсінуге болады.

4.4. Есептеу қисығының әдісі

Егер қойылған есеп қысқа тұйықталу орнындағы тоқты табумен немесе авариялық тармақтағы қалған кернеуді шектеуді тәжірибеде есептеу қисығының әдісі қолданылады. Ол негізгі қисықты қолдануға негізделген және қысқа тұйықталу туынды моментінде қысқа тұйықталу нүктесінде периодты жіктеу тоғының шамасының мәнін реактивті системаның есептеуінен болады. Мұндай қисықты тұрғызу үшін қарапайым сұлбаны аламыз (сур. 5.1):



4.1 - сур. Электрлік сұлба

$$z_K = 0,8 + j0,6 = 1^{\angle 36^{\circ}50'}$$

бұны былай түсінуге болады, генератор $\cos \varphi = 0,8$ болғанда және номиналды кернеуде толық жүктемемен қосымша жұмыс жасайды. Генератордың параметрінің орташа мәніне және қысқа тұйықталудың әр түрлі қашықтығына қысқа тұйықталудың периодты құраушысы және әр түрлі уақыт моментіне есептелген. Алынған мән бойынша есептеу қисығын тұрғызамыз. Бұл кезде аргументтің сапалы үшін реактивтіліктің қосындысы алынған:

$$x_{\text{ан}} = x''_d + x_e$$

бұл есептеу реактивтілігі деп аталады.

Турбо және гидрогенератор үшін бөлек қисық беріледі (олардың параметрі орташа бөлектенеді). Тоқтың шамасы және есептелген реактивтілік салыстырмалы өлшемде беріледі. Есептеу $x_{\text{есеп}} < 3$ болғанда орындалады, ал $x_{\text{есеп}} > 3$ тоқтың өзгеруі онша емес және оның шамасы тұрақты деп есептеуге болады. Көп генераторлы күрделі системада есептеу қисығының әдісінің таралуы жіберілуімен сәйкес келеді, яғни системадағы барлық генератор қосынды номиналды қуатты бір қысқа тұйықталу нүктесіне қатысты анықталады. Мұндай алмастырудың қателігі, нақты жағдайда генератордың орташадағы қалай бөлектенуіне байланысты. Егер берілген жүйеде генератормен қатар шексіз қуатты тоқ көзі болса, онда есептеу қисығын қолдану мүмкін емес. Тәжірибеде қатені түсету сипаттамалы әдісі қарастырылады, ол әдістің мәні ҚАБ-лы әр генератор онша көп емес қателікті E_t және x_t параметрмен анықталады, яғни реалды сыртқы түзу сипаттамамен алмастырып, тек схемадағы бір генератор үшін қолданамыз. E_t және x_t параметрін табу

үшін алынған қысққ ҚАБ-лы генератор және ҚАБ-сыз болғанда тұрғызылады. Осы әдіс арқылы орындалған есептеу, орнықталған қысқаша тұйықталу режиміндегі есептеуге негізделген.

Пайдаланған әдебиеттер тізімі

1. Абитаева Р.Ш., Онгар Б. Электр энергетикадағы өтпелі кезеңдер: Оқу құрал. – Алматы: 2021. – 120 б. <http://surl.li/aidbm>
2. Шабад В.К. Переходные электромеханические процессы в электроэнергетических системах. М.:Академия, 2013.
3. В.Н. Сажин, К.К. Тохтибакиев, Кнь О.А. Электрэнергетикадағы өтпелі кезеңдер. 5В071800 – Электроэнергетика мамандықтары үшін дәріс жинағы.- Алматы: АУЭС, 2011, - 62 бет.
4. С.М. Силюк, В.А. Булат, Е.В. Булойчик. Сборник задач по дисциплинам «Электромагнитные переходные процессы» и «Переходные процессы в электроэнергетических системах», Минск 2010, - 73с.
5. Садырбаев, Ш.А. Методические указания к СРСП по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетике»: для студентов специальности 5071800-Электроэнергетика. Алматы: КазТК, 2013 г.
6. Утешкалиева Л.Ш. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетике»: для студентов специальности 5071800-Электроэнергетика. Алматы: КазТК, 2012 г.

Бақылау сұрақтары

1. Тұрақты ток желісіндегі ҚТ тоқтарының сипаттары қандай?
2. Жоғары жиілікті желілердегі ҚТ тоқтарын есептеудің ерекшеліктері?
3. Оқшауланған неитралі бар желілердегі жерлерге тұйықталу режимін бағалаудың қандай мәні бар?
4. Қоздыруды автоматтық реттеу (ҚАР) жоқ генератор қысқыштарындағы үш фазалы ҚТ кезінде толық және құраушы ток қалай өзгереді?

БӨЖ –ның тапсырмалары:

ҚТ есептеулерде қолданылатын беттесу әдісінің принципін оқып меңгеру. Нұсқалар бойынша есептеме қысққ әдісімен есептер шығару.