№6 ДӘРІС

6 апта – «Кері және нөлдік тізбектегі токтар үшін жүйелік элементтердің параметрлері» (2 сағат).

Дәрістің мақсаты:

Кері және нөлдік тізбектегі токтар үшін жүйелік элементтердің параметрлерін оқып үйрену.

6.1. Тура және нөлдік тізбектегі тоқ үшін элементтердің параметрі

Барлық кедергі, яғни қалыпты симметриялы бөлек элементті сипаттайтын және симметриялы өтпелі процесте тура тізбектіліктегі кедергі деп аталады. Қандай да бір элементтегі фаза арасындағы магниттік байланыс жоқ болса, онда оның кедергісі фазаның реттік нөміріне байланысты емес. Осы элементтің активті және реактивті құраушы кедергілері жиілікке және оның барлық тізбектілігіне байланысты.

$$\left.\begin{aligned} r_1 &= r_2 = r_0 \\ x_1 &= x_2 = x_0 \\ z_1 &= z_2 = z_0 \end{aligned}\right\} \qquad (6.1)$$

Магнитпен байланысқан тізбектің элементтері үшін, яғни олар бір-біріне қатысты қозғалмаса, тура және кері тізбектіліктің кедергісі бірдей. Трансформатор, автотрансформатор, ауалық желі, кабельдер және реакторлар үшін

$$r_1 = r_2, \quad x_1 = x_2, \quad z_1 = z_2$$

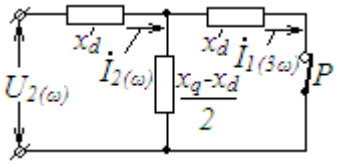
Кері тізбектегі кедергі жалпы жағдайда басқа тізбектіліктің кедергісінен көп бөлінеді.

6.2. Синхронды машина

Демпферлі орамсыз машина үшін тек қана тоқтың үшінші гармоникасын еске алып, мына түрде жазамыз

$$x_2 = \frac{2x'_d x_q}{x'_d + x_q}, \qquad (6.2)$$

бұл қатынас негізгі гармоника тоғындағы кері тізбектіліктегі кернеуге негізделген (сур. 6.1).



6.1 – сур. Кері тізбектілік реактивтілікке алмастыру схема

Егер кері тізбектіліктің кернеуі түсірілсе, онда туынды реактивтілік арқылы x мына шамаға тең

$$x_{2\Sigma} = \frac{2(x'_d + x)(x_q + x)}{x'_d + x_q + 2x}, \qquad (6.3)$$

ал синхронды машинаның бөлігіне мына шама сәйкес

$$x_2 = x_{2\Sigma} - x = \frac{2x'_d x_q + (x'_d + x_q)x}{x'_d + x_q + 2x} \ , \qquad (6.4)$$

егер $x \to \infty$ онда $x_2 = \frac{x'_d + x_q}{2}$ - тоқтың гармоникалық тоқтың барлық спектріне сәйкес келсе, онда қорытынды реактивтілігі x_2 - алмастыру схемасының тізбекті шамасынан табылады. Гиперболалық функция немесе түрлендірілген схема арқылы

$$x_2 = \sqrt{x'_d x_q} \ , \qquad (6.5)$$

ал сыртқы реактивтілікті еске алсақ

$$x_2 = \sqrt{(x'_d + x)(x_q + x) - x} \ , \qquad (6.6)$$

егер $x \to \infty$ $x_2 = \frac{x'_d + x_q}{2}$ - гармониканың жоқ кезіне сәйкес келеді.

Демпферлі орамды машина үшін сәйкес келетін формуладағы x'_d, x''_d, ал $x_q \to x''_q$ алмастырамыз. Демпферлі орамды машинаүшін x''_d және x''_q аз бөлектенеді, сондықтан формула бойынша x_2 көп өзгермейді және тәжірибеде жәй формуламен қолданылады.

$$x_2 = \frac{x''_d + x''_q}{2} . \qquad (6.7)$$

Жоғарғы гармоникалы керекті кезде еске алу күрделі схемада қолданылады. Тәжірибеде жуық мән үшін мына шама алынады:

а) демпферлі орамсыз машинаүшін $x_2 \approx 1{,}45 x''_d$;

б) демпферлі ораммен $x_2 \approx 1{,}22 x''_d$.

Турбогенераторлар үшін $x_2 = x''_d$ дейін кейде жеңілдейді. Кері тізбектің активті кедергісі әрқашанда тура тізбектіліктің активті кедергісінен көп, яғни қосымша құраушының, машинаның роторына кері тізбектің тоғының әсері еске алынады. Сондықтан r_2 мына түрде анықталады

$$r_2 = \sqrt{z_2^2 - x_2^2} \qquad (6.8)$$

мұндағы z_2 - тәжірибе жолымен анықталатын толық кедергі нолдік тізбектің тоғын статордың шашырауындағы магниттік ағынды береді. Сондықтан

$$x_0 = (0{,}15 \div 0{,}6)x''_d \qquad r_0 = r_1$$

x_2, x_0 орташа мәні синхронды машинада салыстырмалы бірлікте болады.

<u>1. Турбогенераторлар.</u>

Турбогенератор 200МВА дейін	$x_2 = 0{,}15$	$x_0 = 0{,}05$	
Турбогенератор 200 МВ	$x_2 = 0{,}22$		
Гидрогенератор демпферлі орамды	$x_2 = 0{,}25$	0,07	
Гидрогенератор демпферлі орамсыз	$x_2 = 0{,}45$	0,07	
Синхронды компенсатор	$x_2 = 0{,}24$	0,08	және күрделі СҚ

<u>2. Асинхронды қозғалтқыш.</u>

Қалыпты жағдайда АҚ, s жылжымамен жұмыс жасайды, онда кері тізбектілік кедергісі үшін $2 \div 5$, ал салыстырмалы бірлікте кедергі $s \approx (1 \div 2)$ өте аз бөлектенеді, сондықтан жуықтап

$$x_2 \approx x_{S=1} = x_K, \qquad r_2 = r_{S=1} = r_k$$

мұндағы x_k, r_k - қысқа тұйықталу кедергісі.

3. Жалпылама жүктеме.

Жалпылама жүктеменің кері тізбектегі кедергісі қабылдағыштың сипаттамасына байланысты (50% қозғалтқыштан). Толық кедергіні эквивалентті реактивтілікпен алмастырады, $x_2 = 0{,}35 \quad (6 \div 10)$ кВ тоқ көзіне байланысты.

$x_2 = 0{,}45$ (35кВ және одан жоғары тоқ көзіне байланысты). Нолдік тізбектіліктің кедергісі сәйкес келетін элементпен анықталады және осы элементтер үшін қарастырылады.

4. Реакторлар.

Реактордың фазаларының арасындағы өзара индукцияны еске алу аз. Сондықтан $z_2 = z_0 = z_1$.

5. Трансформаторлар.

Алдағы уақытта көрсетілгендей $x_2 = z_1$ трансформатордың нолдік тізбектілік кедергісі. Трансформатордың конструкциясына және оның схемаға жалғануына байланысты анықталады. Оқшауланған нейтралмен орамдары Δ немесе Y түрінде жалғанғанда, нольдік тізбектің кедергісі шексіздікке тең, яғни нольдік тізбектіліктен тоқтың өтуі мүмкін емес.

6. Екі орамды трансформатордың реактивтілігі.

Y_0 / Δ жалғанған кездегі трансформатордың кез келген түрі $x_0 = x$.

4 стерженді, 5 стерженді топтама

$$Y_0 / Y \qquad x_0 = \infty$$

$$Y_0 / Y_0 \qquad x_0 = x$$

3 фазалы үш стерженді

$$Y_0 / Y_0 \qquad x_0 = x_1 + x\mu_0$$

Y_0 / Y сұлбаға байланысты.

мұндағы $x_{\mu 0} = 0{,}3 \div 1{,}0$ (тәжірибе жолмен алынады, сенімді мән).

Үш орамды трансформатордың бір орамы Δ түрінде жалғанады, сондықтан $x_{\mu 0} = \infty$.

$Y_0 / \Delta / Y \qquad x_0 = x_I + x_{II} = x_{I-II}$ (III орамда $I_0 = 0$)

$Y_0 / \Delta / Y_0$ - трансформатор өзінің алмастыру схемасымен қосылады.

$Y_0 / \Delta / \Delta$ жалғанған кездегі трансформатордың реактивтілігі

$$x_0 = x_1 + \frac{x_{II} x_{III}}{x_{II} + x_{III}}$$

Трансформатордың нолдік тізбектілігінің актив кедергісі $r_0 = r_1$.

6. Автотрансформаторлар.

Автотрансформатордың орамы магниттік және электрлік байланыста болады, сондықтан бұл жерде ерекшелік бар. Белгілі жағдайда изоляцияланған нейтраль болғанда, нолдік тізбектіліктің тоғының болуы мүмкін. Сондықтан әр жалғану жағдайына сәйкес алмастыру сұлбасын құрып, тізбектілік кедергісін анықтауға болады.

7. Әуелік желі.

Нөлдік тізбектіліктің әуелік желісінің тоғы жер арқылы қайтады және берілген желіге параллель орналасқан жерге қосу тізбегімен жалғанады. (қорғағыш тросс, желі т.б.)

Нолдік тізбектілік тоғының жүйесі тепе-теңдікте емес, себебі фазалық тоқтың қосындысы нольге тең емес. Сондықтан нолдік тізбектіліктің желісінің кедергісі тура кедергіден айырмашылықта болады. Мұндай кедергіні жерге таратылатын тоқты еске алып есептегенде негізгі қиындықты береді:

$$Z_0 = Z_L + 2Z_{Mîðò}$$

мұндағы Z_L - жерге қатысты желінің меншікті индуктивтілігінің кедергісі;

$Z_{M.îðò}$ - екі параллель желінің арасындағы өзара индукцияға негізделген кедергі (сым-жер).

8. Кабельдер.

Тура тізбектіліктің активті және индуктивтілікті кедергісі $x_1 = x_2$ заводтың мән арқылы беріледі. Кабельдің қабығы жерге қосылған, сондықтан тоқ үшін мұндай нөлдік тізбектіліктің жолы құрылады, ал жермен параллель болады. Жуықтау есебі кезінде үш талшықты кабель үшін мына түрде алынады:

$$r_0 \approx 10 r_1 \qquad x_0 \approx (3{,}5 \div 4{,}6)\, x_1$$

Сонымен қатар әуелік және кабельді желі үшін сыйымдылықты кедергі есептелу керек.

6.3. Бөлек тізбектіліктегі алмастыру схемасы

Симметриялы емес режимді есептеу үшін симметриялы құраушылар әдісін қолданады. Бірінші рет барлық тізбектілік үшін алмастыру схемасын құру қажет. Тура тізбектің сұлбасы қарапайым схема болып саналады, кез келген симметриялы режимде құрылады. Кері тізбектіліктің сұлбасы структура бойынша тура сұлба болып саналады. Бұл кезде тоқтың айналуы бірдейболады. Кері тізбектіліктің сұлбасының өзгерісі, генерацияланған тармақтағы ЭҚК-нің шамасы нольге тең, сонымен қатар синхронды машинаның x_2 кедергісі және жүктемеден тұрады, ендеше симметриялы емес түрге байланысы жоқ.

Тура және кері тізбектіліктің сұлбасының басталуы барлық генерацияланған тармақтың және жүктемелі тармақтың еркін ұшының қосылу нүктесі, ал сұлбаның соңы деп, тура немесе кері тізбектің симметриялы емес болғандағы нүктесі айтылады. Нөлдік тізбектіліктің тоғы бір фазалы тоқ болып саналады, яғни үш фаза арасына тарайтын және жер арқылы оралатын, тізбекке параллель, ал оның жолы басқа тізбекке қарағанда бірдей бөлінеді. Бұл тізбектіліктің сұлбасы трансформатор мен автотрансформатордың жалғану сұлбасынан ерекше болады. Нөлдік тізбектіліктің схемасының құрылуы симметриялы емес нүктеден басталады, яғни осы нүктеде барлық фаза қысқаша тұйықталады, оған нолдік тізбектіліктің кернеуі түсіріледі. Симметриялы еместің түріне байланысты бұл кернеу жерге салыстырмалы түрде беріледі.

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. Алмты: КазТК, 2013 г.

6. Утешкалиеа Л.Ш. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Переходные процессы в электроэнергетике»: для студентов специальности 5071800-Электроэнергетика. Алмты: КазТК, 2012 г.

Бақылау сұрақтары

1. Қысқаша тұйықталуда токтарды есептеуде қабылданатын қателіктер;
2. Хс нәтижелі эквивалентті кедергісі анықталу формуласы?
3. Синхронды компенсаторлар ЭҚК-ін формуласы қалай жазылады?
4. Салыстырмалы бірліктер жүйесі;
5. Токтың периодты құраушысының бастапқы нақты мән

БӨЖ –ның тапсырмалары:

Тораптың негізгі элементтерінің кедергілерін есемтеуге есептер шығару. Тапсыру мерзімі семестрдің 8-аптасы.