

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТИ

"ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСИ"
КАФЕДРАСИ

*"Электр энергетикаси" йўналишида таълим олаётган талабалар
"Ўткинчи жараёнлари" фанидан курс ишини бажаришлари учун
услубий кўрсатмалар ва топшириқлар*

Фарғона–2012

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ
ВАЗИРЛИГИ

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА
ИНСТИТУТИ

ЭНЕРГЕТИКА ФАКУЛЬТЕТИ

"ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКАСИ"
КАФЕДРАСИ

*"Электр энергетикаси" йўналишида таълим олаётган талабалар
"Ўтқинчи жараёнлари" фанидан курс ишини бажаришлари учун
услубий кўрсатмалар ва топшириқлар*

Институт услубий Кенгашининг
" _____ " _____ 2012 й
йиғилишида тасдиқланган
(Баён № _____)

Фарғона–2012

Услубий кўлланмалар “Электр энергетикаси” йўналиши кундузги сиртқи бўлимлар талабаларига мўлжалланган бўлиб, олий техника ўқув юртларининг курс лойиҳа ва ишларини бажариш услубиёти ва ташкил қилишга қўйган ялпи талабларини ҳисобга олган ҳолда тузилган.

Мазкур услубий кўлланмалар қисқача назарий маълумотлар, электр таъминлаш тизимларидаги ўтиш жараёнлари бўйича курс иши мазмунини ўз таркибига олган. Қўлланмада курс ишини бажариш учун керакли маълумотлар ва индивидуал вариант танлаш тартиби келтирилган.

Курс ишининг ҳажмига симметрик ва носимметрик қисқа туташув режимларини ҳисоблашнинг аналитик ва махсус амалий усулларида фойдаланиш ҳамда тоқларни схемада тақсимланиши, тугунлардаги кучланишларни топиш ва уларни вектор диаграммаларини қуриш каби саволлар киритилган.

Услубий кўлланмалар "Электр энергетикаси" кафедраси услубий семинарида муҳокамадан ўтган (мажлис баёни № "____" "_____" 2012 йил) ва Энергетика факултетининг услубий кенгашида чоп этишга тавсия этилган ("____" "_____" 2012 йил, № ____ – мажлис баёни).

Тузувчилар:

доц. Нажимутдинов М.Н.
доц. Жабборов Т.К.
асс. Халилов А.М.
асс. Йўлчиев М.Э.

Такризчи :

доц. Матбабаев М.М.

1. УМУМИЙ КЎРСАТМАЛАР ВА КУРС ИШИГА ТОПШИРИҚ

1.1 Умумий кўрсатмалар

Қисқа туташув (қ.т.) деб фазаларни ўзаро туташуви, “нейтралли” ерга уланган системаларда эса фазани ерга туташуви натижасида электр системаси элементларнинг (нормал) текис ишлашни бузилишига айтилади.

Электр системасидаги қисқа туташувлар электр ускуналарини изоляциясини тешилиши ва қопланиши натижасида, электр узатиш симлари устига тушган ҳар хил ўтказувчан предметлар, ўтказгич узилиб ерга тегиши, ер қазиш ишларида кабеллар изоляциясини механик жароҳати ва бошқа ҳолларда рўй беради.

Нейтралли ерга уланган электр системаларида бир нуқтадаги қ.т. ни қуйидаги турлари мавжуд: 3 фазали, 2 фазали, бир фазали ва 2 фазали ер орқали қ.т.

Уч фазали қ.т. симметрик ҳисобланади, чунки унда учала фаза ҳам бир хил шароитда бўлиб, фазалардаги ток ва кучланишлар векторларининг симметрияси бузилмайди. Қолган барча қ.т. носимметрик бўлади.

Маскур курс иши уч қисмдан иборат:

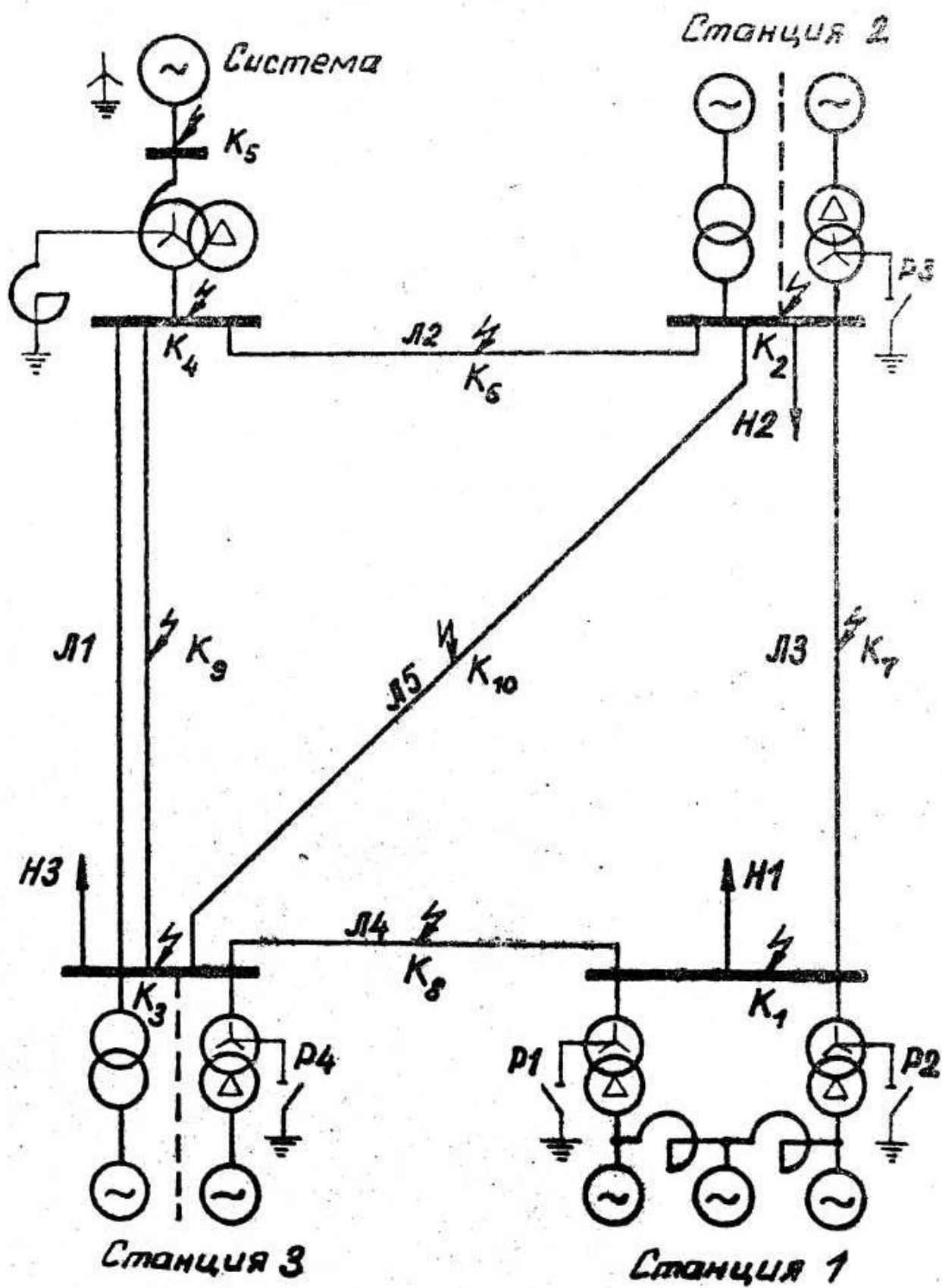
- а) уч фазали қ.т. тоқларини ҳисоблаш;
- б) носимметрик қ.т. тоқларини топиш;
- в) носимметрик қ.т. нуқтаси учун ток ва кучланишни вектор диаграммасини қуриш.

Курс ишини ҳар бир талаба ўз вариантыга мос ҳолда бажаради. Вариант рақами эса талаба зачет китобчаси номерининг охириги учта рақами комбинациялари орқали топилади. Курс ишини бажаришда қуйидагилар берилган бўлади.

1. Электр системасини ҳисоблаш схемаси (расм 1).
2. Станция 1 элементларининг параметрлари (жадвал 1.1).
3. Станция 2 элементларининг параметрлари (жадвал 1.2).
4. Станция 3 элементларининг параметрлари (жадвал 1.3).
5. Автотрансформатор ва реакторнинг параметрлари (жадвал 1.4).
6. Система ва юкламаларнинг параметрлари (жадвал 1.5).
7. Электр узатиш линияларини параметрлари (жадвал 1.6).
8. Трансформатор нейтраллари ҳолати. (жадвал 1.7).

Ҳар бир жадвалда бештадан вариант кўрсатилган. Шунинг учун вариант рақами қуйидагича аниқланади: агар аниқловчи рақам 5 дан кичик бўлса, ана шу рақамга мос вариант олинади; 5 дан катта бўлса, аниқловчи рақамдан 5 ни айирамиз, масалан $9-5=4$; агар аниқловчи рақам ноль бўлса бешинчи вариант олинади.

Ҳисоблаш учун барча талабаларга битта схема (расм1) тавсия қилинади.



1-расм. Электр тизиминг хисоблаш схемаси

қиска туташув нуқталари $K_1, \dots, K_5$, станциялар шиналарига, $K_6, \dots, K_{10}$, электр узатиш линияларининг ўрталарига тўғри келади.

Хисоблаш схемасининг параметрлари зачет китобчаси номерини қуйидаги рақамлари орқали аниқланади:

- а) станция 1 – охирги рақами орқали;
- б) станция 2 – охиргидан битта олдинги рақам орқали;
- в) станция 3 – охирги иккита рақам йиғиндиси орқали;
- г) автотрансформатор ва реактор – охиридан иккинчи ва учинчи рақамлар йиғиндиси орқали;
- д) система ва юкламалар – охирги ва охирдан учинчи рақамлар йиғиндиси орқали;
- е) электр узатиш линиялари – охирги иккита рақамлар айирмаси орқали (рақамлар ишораси эътиборга олинмайди);
- ё) трансформаторлар нейтраллари ҳолати – охирги ва охиридан учинчи рақамлар айирмаси орқали (рақамлар ишораси эътиборга олинмайди);
- ж) қиска туташув нуқтаси охирги рақам орқали;
- з) носимметрик қиска туташув тури охирги учта рақамлар йиғиндиси орқали топилади; агар йиғинди тоқ сон чиқса 1 фазали қ.т., жуфт сон чиқса 2 фазали ер орқали қ. т. тури қабул қилинади.

Масалан, талаба зачет китобчасининг номери 3800436 бўлса, у қуйидаги вариантни олади:

- а) станция 1 элементларини параметрлари – биринчи вариант ($6-5=1$);
- б) станция 2 элементларини параметрлари – учинчи вариант;
- в) станция 3 элементларини параметрлари – тўртинчи вариант ($6+3=9$; $9-5=4$);
- г) автотрансформатор ва реакторнинг параметрлари – иккинчи вариант ($3+4=7$; $7-5=2$);
- д) система ва юкламаларнинг параметрлари – бешинчи вариант;
- е) электр узатиш линияларини параметрлари – учинчи вариант ($6-3=3$);
- ё) трансформаторлар нейтралларини ҳолати – биринчи вариант ($3-4=1$);
- з) носимметрик қ.т. тури – бир фазали, чунки $4+3+6=13$ тоқ сон.

Курс ишининг ҳисоблаш ва тушинтириш қисми қўлда ёзилган бўлиб, ундаги формулалар қайси адабиётдан олинганини ёзиб кетиш керак.

1.2. Курс ишига топшириқ

1. Берилган “К” нуқтадаги уч фазали қ.т. токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати, таъсир қилувчи энг катта ва зарбий қийматлари аналитик йўл билан аниқлансин.

“Намунавий эгри чизиқлар” усули ёрдамида 3 фазали қ.т. токининг даврий ташкил этувчисининг $t = 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$ сек вақтлардаги қиймати ҳисоблансин ва $I_k = f(t)$ боғланиши қурилсин.

2. Бир фазали ёки икки фазали ер орқали (вариантингизга мос) қ.т. токлари (“К” нуқта учун) ва кучланишни симметрик ташкил этувчилари ва уларнинг тўла фаза қийматлари ҳисоблансин.

3. Берилган носимметрик қ.т. учун ток ва кучланишнинг вектор диаграммалари қурилсин (“К” нуқта учун).

1–Станция элементларининг параметрлари

1.1–жадвал

Вар. №	Турбогенераторлар (ҚАР бор)				Трансформаторлар				Реакторлар		
	P_H (МВт)	$\cos\varphi$	U_H (кВ)	X_d^{11} (Н.Б)	S_H (МВ·А)	U_{HH} (кВ)	U_{BH} (кВ)	e_k (%)	U_H (кВ)	I_H (кА)	X_p (%)
1	40	0,80	6,3	0,130	80	6,3	АВТО– транс СНчул гами кучла ниши оли нади.	10,5	6	2,0	6
2	60	0,85	6,3	0,145	125	6,3		10,5	6	3,0	8
3	100	0,90	10,5	0,183	180	10,5		11,5	10	3,5	10
4	120	0,85	10,5	0,192	250	10,5		10,5	10	4,0	12
5	165	0,90	10,5	0,213	300	10,5		11,0	10	5,0	8

2–Станция элементларининг параметрлари

1.2–жадвал

Вар. №	Турбогенераторлар (ҚАР бор)					Трансформаторлар			
	n	P _H (МВт)	cosφ	U _H (кВ)	X _d ¹¹ (Н.Б)	S _H (МВ·А)	U _{HH} (кВ)	U _{BH} (кВ)	e _к (%)
1	6	150	0,85	13,8	0,17	200	13,8	АВТО— транс СНчул гами кучла ниши оли нади.	10,5
2	5	300	0,90	15,75	0,20	400	15,75		12,5
3	8	100	0,85	13,8	0,21	125	13,8		10,5
4	4	500	0,85	15,75	0,30	630	15,75		13,0
5	8	200	0,90	15,75	0,24	250	15,75		11,5

3–Станция элементларининг параметрлари

1.3–жадвал

Вар. №	Турбогенаторлар (АРВ бор)					Трансформаторлар			
	n	P _H (МВт)	cosφ	U _H (кВ)	X _d ¹¹ (H.Б)	S _H (МВ·А)	U _{HH} (кВ)	U _{BH} (кВ)	e _k (%)
1	6	150	0,85	13,8	0,17	200	13,8	Авто– транс СНчул гами кучла ниши оли нади.	10,5
2	5	300	0,90	15,75	0,20	400	15,75		12,5
3	8	100	0,85	13,8	0,21	125	13,8		10,5
4	4	500	0,85	15,75	0,30	630	15,75		13,0
5	8	200	0,90	15,75	0,24	250	15,75		11,5

Автотрансформатор ва реактор параметрлари

1.4–жадвал

Вар. №	Автотрансформаторлар.							Реакторлар.		
	S _H (МВ·А)	U _{BH} (кВ)	U _{CH} (кВ)	U _{HH} (кВ)	e _{kBH} (%)	e _{kBC} (%)	e _{kCH} (%)	U _H (кВ)	I _H (кА)	X _p (%)
1	400	330	230	11	34,0	10,0	22,5	35	0,3	6
2	200	230	121	38,5	31,0	11,0	19,0	35	0,2	4
3	500	500	230	11	29,0	9,5	17,5	35	0,5	10
4	250	230	121	38,5	32,0	11,0	20,0	35	0,4	9
5	800	500	230	11	23	8,5	12,5	35	1,0	5

Система ва юкламаларнинг параметрлари

1.5–жадвал

Вар. №	Система		Юкламалар.			
	S _{к.т} (МВ·А)	X / X ₁	S _{ю1} (МВ·А)	S _{ю2} (МВ·А)	S _{ю3} (МВ·А)	
1	3500	2,5	1200	500	$S_{ю3} = S_{\Sigma CT} + S_{AT} - S_{\Sigma Ю}$ бу ерда $S_{\Sigma CT} = S_{CT1} + S_{CT2} + S_{CT3}$ – станцияларнинг йиғинди қуввати; S_{AT} – авторансформаторнинг қуввати; $S_{\Sigma Ю} = S_{ю1} + S_{ю2}$ – юклама 1 ва 2 нинг йиғинди қуввати.	
2	5000	3,0	700	1000		
3	4500	2,5	1500	300		
4	6000	2,0	400	1400		
5	7500	1,5	600	800		

Электр узатиш линияларининг параметрлари

1.6–жадвал

Вар. №	Линия узунлиги (км)					Солиштира каршилик(Ом/км)
	Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	
1	120	45	110	70	140	0,40
2	110	60	130	45	80	0,38
3	90	55	105	65	120	0,42
4	75	50	115	40	90	0,36
5	130	70	65	85	100	0,39

Трансформатор нейтраллари ҳолатлари

1.7–жадвал

Вар. №	P1	P2	P3	P4
1	X	X	–	X
2	X	X	X	–
3	–	–	X	X
4	X	–	X	X
5	–	X	–	X

X – нейтраль ерга уланган.

2. УЧ ФАЗАЛИ ҚИСҚА ТУТАШУВ ТОКЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

2.1. ҲИСОБЛАШДА ИШЛАТИЛГАН ҚУЛАЙЛИКЛАР

Қисқа туташув тоқларини(Қ.Т.Т.) ҳисоблаш, аввало, электр ўтказгичлари ва аппаратларини танлаш, реле ҳимояси ва автоматикани лойиҳалаш ҳамда сошлаш, юқори кучланишли линияларни алоқа линияларига таъсирини англаш, ерга уланадиган нейтралларни оптимал сонини топишларда зарур бўлган қийматларни аниқлаш имконини беради ва бошқа бир қатор амалий масалаларни ечишда ҳам чуқур аҳамиятга эга.

Қ.Т.Т.ларини электр системасида иштирок этувчи барча элементларни ҳақиқий характеристикаларини аниқлаш ва уларни эътиборга олган ҳолда ҳисоблаш жуда мураккаб ва уни деярли амалга ошириб бўлмайди. Шунинг учун барча Қ.Т.Т ларини ЭҲМ ёрдамисиз ҳисоблашда қуйидаги қулайликлар киргизилади:

- э.ю.к. векторлари фазаси ўзгармас деб қабул қилинади (генераторлар силкиниши ҳисобга олинмайди), магнит системалари тўйиниши ҳисобга олинмайди, натижада қисқа туташув занжиридаги барча элементларнинг индуктив қаршилиқларини доимий ва ўзгармас деб қабул қиламиз;
- автотрансформатор ва трансформаторларни магнитловчи тоқлари эътиборга олинмайди;
- линияларни сўғим ўтказувчанлиги ҳисобга олинмайди (фақат 330кВ дан

паст кучланишли ҳаво линиялари ва 110 кВ дан паст бўлган кабел линияларига тааллуқли);

- уч фазали система симметрик ҳисобланади;
- юкламанинг қ.т.токига таъсири тақрибан эътиборга олинади;
- агар X/R нисбат учдан катта бўлса актив қаршилик ҳисобга олинмайди, шунга қарамасдан қ.т.токининг апериодик ташкил этувчисининг сўниш доимийси T_a ни ҳисоблашда актив қаршиликлар эътиборга олинishi лозим.

Юқорида эслатилган қулайликлар ҳисоблашларни соддалаштириш билан бир қаторда қ.т.тоқларини қисман ортиб кетишига олиб келади(амалий ҳисоблаш усулларининг хатолиги 10% ортмайди, шунинг учун улардан фойдаланиш мумкин).

2.2. СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТЛАРИНИНГ ҲИСОБЛАШ СХЕМАСИНИ ТУЗИШ

Тоқнинг даврий ташкил этувчисини бошланғич қийматини (ўта ўтиш токи) қисқа туташув нуқтасида ёки системанинг бирорта элементида топиш учун бир чизиқли ҳисоблаш схемаси тузилади. Унда генератор э.ю.к. си чулғам реактив қаршилигидан ажратилади, трансформатор ва АТ лар чулғамларини магнит боғланишлари электр боғланишлари билан алмаштирилади.

Барча манбалар, яъни генераторлар, синхрон компенсаторлар, синхрон ва асинхрон двигателлар ҳамда умумий юклама ҳисоблаш схемасига ўзларини ўта ўтиш э.ю.к. си— E_o'' ва қаршилиги— X_o'' билан киргизилади. Фаза ўта ўтиш э.ю.к.си:

$$E_o'' = U_o \pm I_o X'' \sin \varphi_o,$$

бу ерда U_o , I_o ва φ_o —фаза кучланиши, токи ва уларнинг векторлари орасидаги бурчак (бошланғич режимдаги). Формулада СГ ва ўта қўзғатилган СК лар учун плюс ишораси, АД лар учун эса минус ишораси олинади.

Ҳисоблашни соддалаштириш мақсадида СМ ларни кўндаланг ва бўйлама ўқлари буйича ўта ўтиш қаршиликларини бир бирига тенг деб қабул қиламиз, яъни $X_d'' = X_q'' = X''$

Агар СМ ларнинг X'' ларини аниқ қийматлари мавжуд бўлмаса, қуйидаги 2.1 жадвалда келтирилган X'' ва E_o'' ларнинг ўртача қийматларидан фойдаланиш мумкин.

**Х" ВА Е₀" ЎРТАЧА ҚИЙМАТЛАРИ
(НОМИНАЛ ҚИЙМАТЛАРГА НИСБАТАН ОЛИНГАН)**

тарт. №	Манбанинг номи	Х"	Е ₀ "
1	2	3	4
1.	Турбогенератор қуввати 100МВт гача	0,125	1,08
2.	Турбогенератор қуввати 100–500 МВт	0,20	1,13
3.	Гидрогенератор, демпфер чул- ғами бор	0,20	1,13
4.	Гидрогенератор, демпфер чулға- ми йуқ	0,27	1,18
5.	Синхрон двигатель	0,20	1,10
6.	Асинхрон двигатель	0,20	0,90
7.	Синхрон компенсатор	0,20	1,20
8.	Умумий юклама	0,35	0,85
9.	Чегараланмаган қувватли манба /система/	0	1,00

2.3. ҲИСОБЛАШ СХЕМАСИНИНГ ПАРАМЕТРЛАРИНИ БАЗИС ШАРОИТГА КЕЛТИРИШ

Ҳисоблаш схемасининг параметрлари номланган ёки нисбий бирликларда ифодаланиши мумкин. Номланган бирликда ҳисобланганда схеманинг барча элементлари қаршиликлари Ом ларда ифодаланиб, бирорта базис кучланишга нисбатан топилади. Бундай базис кучланиш сифатида қ.т. поғонаси кучланишини қабул қилиш мақсадга мувофиқ.

Агар келтирилиши лозим бўлган поғона элементлари асосий поғона билан трансформация коэффицентлари $K_1, K_2, \dots, K_n$ га тенг бўлган бир нечта трансформаторлар билан каскад шаклида уланган бўлса у ҳолда мазкур поғона э.ю.к. си E ва қаршилиги Z қуйидагича келтирилади.

$$\begin{aligned} \dot{E} &= E (K_1 \cdot K_2 \dots K_n) ; \\ \dot{Z} &= Z (K_1 \cdot K_2 \dots K_n)^2 ; \end{aligned} \quad (2.1)$$

бу ерда $\dot{E}, \dot{Z}$ – э.ю.к. ва қаршиликнинг асосий (базис) кучланиш

поғонасига келтирилган қийматлари.

Бу ерда ҳар бир трансформаторнинг трансформация коэффиценти сифатида унинг асосий поғона томонга қараган чўлғами кучланишнинг иккинчи, яъни элементлари келтириладиган поғона томонга қараган чулғами кучланишига нисбати олинади.

Агар элементларнинг E ва Z лари нисбий (E_{*H}, Z_{*H}) бирликларда (номинал U_H, I_H, S_H қийматларга нисбатан) берилган бўлса, у ҳолда (2.1) даги E, Z лар қуйидагича топилади:

$$\begin{aligned} E &= E_{*H} \cdot U_H; \\ Z &= Z_{*H} \cdot \frac{U_H^2}{S_H}; \end{aligned} \quad (2.2)$$

ёки

$$Z = Z_{*H} \cdot \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_H}; \quad (2.3)$$

(2.2) ни (2.1) га қўйиб

$$\begin{aligned} \dot{E} &= E_{*H} \cdot U_H (K_1 \cdot K_2 \dots K_n); \\ \dot{Z} &= Z_{*H} \cdot \frac{U_H^2}{S_H} (K_1 \cdot K_2 \dots K_n)^2; \end{aligned}$$

ёки

$$\dot{Z} = Z_{*H} \cdot \frac{U_H}{\sqrt{3} \cdot I_H} (K_1 \cdot K_2 \dots K_n)^2;$$

Нисбий бирликларда ҳисоблаш учун базис катталиклар киритилади, масалан, танланган асосий поғона учун U_B ва S_B ни киритамиз.

Бунда номланган бирликда берилган э.ю.к. ва қаршиликлар олдин асосий поғонага келтирилади ва кейин базис шароитга нисбатан нисбий бирликка келтирилади, яъни

$$E_{*B} = \frac{E}{U_B} (K_1 \cdot K_2 \dots K_n);$$

$$Z_{*B} = Z \frac{S_B}{U_B^2} (K_1 \cdot K_2 \dots K_n)^2 = \frac{Z}{Z_B} (K_1 \cdot K_2 \dots K_n)^2$$

ёки

$$Z_{*B} = Z \frac{\sqrt{3} \cdot I_B}{U_B} (K_1 \cdot K_2 \dots K_n)^2; \quad (2.4)$$

Агар кўриладиган элементларни э.ю.к. ва қаршиликлари номинал шароитга нисбатан нисбий бирликда берилган бўлса, (2.2) ни ҳисобга олиб (2.4) ни қуйидагича ёзамиз:

$$E_{*B} = E_{*H} \frac{U_H}{U_B} (K_1 \cdot K_2 \dots K_n) \quad /2.5/$$

$$Z_{*B} = Z_{*H} \cdot \frac{S_B}{S_H} \left(\frac{U_H}{U_B} \right)^2 (K_1 \cdot K_2 \dots K_n)^2;$$

ёки

$$Z_{*B} = Z_{*H} \cdot \frac{I_B}{I_H} \cdot \frac{U_H}{U_B} (K_1 \cdot K_2 \dots K_n)^2;$$

Юқоридаги трансформаторларнинг хақиқий трансформация коэффициентлари орқали элементлар параметрларини номланган ва нисбий бирликларда келтириш аниқ келтириш дейилади.

Амалда ҳисоблашларни анчагина соддалаштирувчи тақрибий келтириш формулаларидан кенгроқ фойдаланилади. Бунинг учун ҳар бир поғонадаги генератор ва трансформатор чўлғамларининг кучланиши бир хил ва трансформаторни ўртача кучланишига тенг қилиб олинади, яъни $U_H = U_{ўрт}$. Бу ерда трансформаторлар ўртача кучланишларини қуйидаги шкаласи ишлатилади, $U_{ўрт}$: 6,3; 10,5; 37; 115; 230; 340; 515; 770 кВ [1].

Шундай қилиб, тақрибий келтиришда (2.1) ва (2.3)–(2.5) формулалар таркибига кирган $K_1 \cdot K_2 \dots K_n$ лар кўпайтмасини энг четки поғоналар кучланишлари нисбати билан алмаштирилади:

$$K_1 \cdot K_2 \dots K_n = \frac{U_{ўрт.Б}}{U_{ўрт.Н}}$$

бу ерда $U_{ўрт.Б}$ —танланган асосий поғонанинг ўртача номинал кучланиши;

$U_{ўрт.Н}$ —келтириляётган поғонанинг ўртача номинал кучланиши. Трансформация коэффициентларини юқоридагидай ифодалаш ҳисоблашни кескин соддалаштиради. 2.2 жадвалда ҳисоблаш схемаси элементларини келтириш формулалари берилган. Улар ҳар иккала, яъни номланган ва нисбий бирликларда кўрсатилган. Ундаги I_H , U_H ва S_H —элементларни номинал токи (кА), кучланиши (кВ) ва қуввати (МВА) ни ифодалайди;

I_B , U_B ва S_B —базис ток (кА), кучланиш (кВ) ва қувват (МВА); $I_{н.отк}$ —ўчиргични (вкключателг) номинал ўчириш токи (кА); $U_{ўрт}$ —элемент ўрнатилган ердаги ўртача кучланиш (кВ); $\epsilon_k\%$ —трансформаторнинг қ.т. кучланиши; $X_{сол.к.}$ —линиянинг солиштира каршилиги (Ом/км); ℓ —линиянинг узунлиги (км); $X_{*с}$ —системанинг нисбий номинал қаршилиги.

Ҳисоблаш схемасида элемент қаршиликларининг қиймати касрнинг маҳражига, уларнинг тартиб номерлари эса касрнинг суратига ёзилади.

ҚАРШИЛИКЛАРНИНГ КЕЛТИРИЛГАН ҚИЙМАТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ
ФОРМУЛАЛАРИ

тарт. №	Элементнинг номи	Берилган параметрлар	Константга бирликлари	Ҳисобий бирликлари
1.	Генератор	X_{d*}, S_H	$\dot{X} = X_{d*} \frac{U_B^2}{S_H}$	$X_{*B} = X_{d*} \frac{S_B}{S_H}$
		$X_{d\%}, S_H$	$\dot{X} = \frac{X_{d\%}}{100} \cdot \frac{U_B^2}{S_H}$	$X_{*B} = \frac{X_{d\%}}{100} \cdot \frac{S_B}{S_H}$
2.	Трансформатор	$e_k\%, S_H$	$\dot{X} = \frac{e_k\%}{100} \cdot \frac{U_B^2}{S_H}$	$X_{*B} = \frac{e_k\%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_H}$
3.	Реактор	$X_p\%, I_H, U_H$	$\dot{X} = \frac{X_p\%}{100} \cdot \frac{U_H}{\sqrt{3} I_H} \cdot \frac{U_B^2}{U_{H\phi}^2}$	$X_{*B} = \frac{X_p\%}{100} \cdot \frac{I_B}{I_H} \cdot \frac{U_H}{U_B}$
4.	Электр узатиш линияси	$X_{\text{сол}}, l$	$\dot{X} = X_{\text{сол}} l \frac{U_B^2}{U_{\text{ф.т.}}^2}$	$X_{*B} = X_{\text{сол}} l \frac{S_B}{U_{\text{ф.т.}}^2}$
5.	Система	$S_{\text{н.м}}$	$\dot{X} = \frac{U_B^2}{S_{\text{н.м.}}}$	$X_{*B} = \frac{S_B}{U_{\text{н.м.}}^2}$
		$I_{\text{н.э.с.}}$	$\dot{X} = \frac{U_B^2}{\sqrt{3} I_{\text{н.э.с.}} \cdot U_{\text{ф.т.}}}$	$X_{*B} = \frac{S_B}{\sqrt{3} I_{\text{н.э.с.}} \cdot U_{\text{ф.т.}}}$
		X_{*c}, S_H	$\dot{X} = X_{*c} \frac{U_B^2}{S_H}$	$X_{*B} = X_{*c} \frac{S_B}{S_H}$

2.4. ҚИСКА ТУТАШУВ ТОКИНИНГ ДАВРИЙ ТАШКИЛ
ЭТУВЧИСИНИ БОШЛАНҒИЧ ҚИЙМАТИНИ
ҲИСОБЛАШ

Ҳисоблаш схемасида кўрсатилган элементларнинг қаршиликлари ҳисоблангандан кейин схема бирин-кетин йиғиштирилиб қаршилиги X_{Σ}'' ва э.ю.к.си E_{Σ}'' бўлган эквивалент кўринишга келтирилади. Схемани йиғиштириш манба ва юклардан қиска туташув нуктаси томон бажарилади. Бунунг учун қаршиликларни эквивалентларини аниқ қоидалари, яъни кетма-кет, параллел қўшиш учбурчакдан юлдузга ёки юлдуздан учбурчакка ўтиш, кўпюлдуздан кўпбурчакка ўтиш, турли э.ю.к. ли

тармоқларни ягона эквивалент тармоққа алмаштириш қўлланилади. Юқорида қайд этилган алмаштиришларнинг формулалари III иловада баён қилинган.

Э.ю.к. E''_{Σ} ва қаршилиқ X''_{Σ} ҳисоблагандан сўнг Ом қонунига мувофиқ қ.т. токининг даврий ташкил этувчисини бошланғич қиймати топилади.

Бунинг учун икки хил ҳисоблаш усули мавжуд. Агар ҳисоблаш схемаси қ.т.нуқтасига нисбатан тўла симметрик бўлса, яъни барча генераторлар бир хил типда ва бир хил параметрли бўлиб ҳамда қ.т. нуқтасига нисбатан бир хил масофада жойлашган бўлса ва бир хил нисбий юкламаларга эга бўлса у ҳолда қ.т. нуқтасидаги токнинг ўзгаришининг ҳисоблашни умумий кўринишда олиб бориш мумкин.

Қ.т.токининг даврий ташкил этувчисини бошланғич қиймати қуйидаги формула асосида топилади:

а) номланган бирликда ҳисобланганда

$$I''_K = E''_2 / (\sqrt{3} \cdot X'_2) = E''_{\phi 2} / X'_2$$

Бу ерда: E''_{Σ} ва $E''_{\phi\Sigma}$ —ҳисоблаш схемасидаги натижавий фазалараро ва фаза э.ю.к. ларининг қийматлари, (кВ);

X''_{Σ} —натижавий қаршилиқ, (Ом)

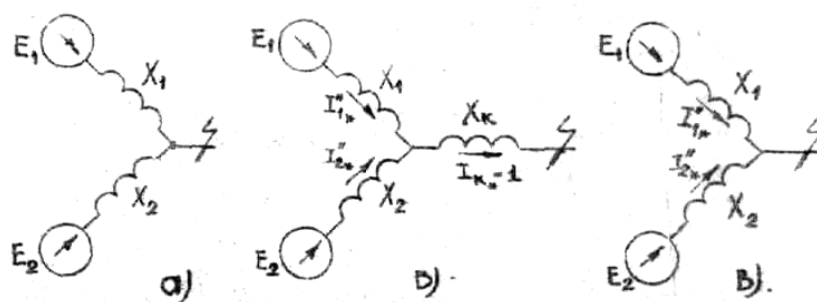
б) нисбий бирликда ҳисобланганда

$$I''_K = I''_{K*} \cdot I_B = \frac{E_{2*}}{X_{2*}} \cdot \frac{S_B}{\sqrt{3} U_{\phi B}}$$

бу ерда: I''_K — қ.т.жойидаги нисбий бирликда ифодаланган ток. I_B —қ.т. поғонасидаги базис ток, (кА);

$E_{\Sigma*}$ ва $X_{\Sigma*}$ —ҳисоблаш схемасининг натижавий э.ю.к. ва қаршилиқларнинг нисбий қийматлари.

$U_{\text{ўрт}}$ —қ.т. поғонасидаги кучланишнинг ўртача қиймати; Ҳисоб ишларида генераторлар қ.т.жойига нисбатан жойлашишига ва русумига қараб алоҳида гуруҳларга ажратилади.



2.1.расм.Таъминловчи манбанинг қ.т. жойидан турли масофаларда туришига қараб қ.т. токини ҳисоблашнинг схемалари

Масалан, 2.1а–расмда кўрсатилган оддий ҳолни олсак қ.т. жойи турли масофадаги икки манбадан таъминланмоқда. Бу ҳолда ҳар бир манба қ.т.жойи билан бевосита боғланган, шунинг учун уч фазали қ.т.токи манбалар учун алоҳида ҳисобланади ва қ.т. жойидаги ток манбалар тоқларининг йиғиндисига тенг.

2.1,б–расмда бироз мураккаброқ ҳол, яъни иккала манба қ.т. нуқтаси билан умумий қаршилик X_k орқали боғлангани кўрсатилган. Бу ерда қ.т. токини бевосита ҳар бир манба учун ҳисоблаш мумкин эмас. Лекин алмаштириш йўли билан схема кўриниши 2.1.а–расмдагидек ҳолатга келтириб қ.т.токини ҳисоблаш ҳам мумкин.

Ҳисоблаш тартиби қуйидагича:

1. Қисқа туташув нуқтасига нисбатан ҳисоблаш схемаси тузилади ва бирин–кетин соддалаштириш йўллари билан 2.1,б–расмдаги ҳолатга келтирилади.
2. Схеманинг натижавий қаршилиги топилади.

$$X_2 = X_k + \frac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2}$$

3. Қ.т. токининг даврий ташкил этувчисини нисбий қиймати бирга тенг деб ($I_{k*}=1$) қабул қилинади ва тарқалиш коэффиценти, яъни ҳар бир манбадан оқаётган токнинг улушлари топилади.

Кирхгоф қонунига асосан

$$I_{1*}'' + I_{2*}'' = I_{k*} = 1;$$

$$I_{1*}'' / I_{2*}'' = X_2 / X_1$$

Иккала тенгламани биргаликда ечиб, ҳар бир манба учун тарқалиш коэффицент C топилади:

$$C_1 = I_{1*}'' = X_2 / (X_1 + X_2) = X_2 / X_1 ;$$

$$C_2 = I_{2*}'' = X_1 / (X_1 + X_2) = X_1 / X_2 ; \quad (2.8)$$

ёки номланган бирликда

Бу ерда: X_3 –манбаларнинг эквивалент қаршилиги

$$X_3 = X_1 \cdot X_2 / (X_1 + X_2);$$

Ҳисоб–китоб тўғрилиги қуйидагича текширилади.

$$C_1 + C_2 = 1$$

4. 2.1,б–расмдаги схема 2.1,в ҳолатга қуйидаги шартлар сақланган ҳолда ўзгартирилади.

$$\frac{X'_1 \cdot X'_2}{X'_1 + X'_2} = X_Z \quad \text{ва} \quad \frac{X'_1}{X'_2} = \frac{I_{2\pi}''}{I_{1\pi}''} = \frac{C_2}{C_1};$$

Бу ерда: X'_1 ва X'_2 – қ.т.нуқтаси билан манбалар ўртасидаги шартли қаршилиқлар.

X_Z , C_1 ва C_2 қийматлари аниқ, шунинг учун охирги икки тенгламадан

$$X'_1 = \frac{X_Z}{C_1} \quad \text{ва} \quad X'_2 = \frac{X_Z}{C_2} \quad (2.9)$$

топамиз.

X'_1 ва X'_2 тармоқ қаршилиқларини юлдуздан эквивалент убуручакка ўтиш усулидан фойдаланиб топамиз

$$\begin{aligned} X'_1 &= X_1 + X_K + X_1 \cdot X_K / X_2 \\ X'_2 &= X_2 + X_K + X_2 \cdot X_K / X_1 \end{aligned} \quad (2.10)$$

Эквивалент учбуручакнинг 1 ва 2 манбаларни уловчи қаршилиги X'_K ҳисобга олинмайди, чунки у қ.т.т.га таъсир қилмайди.

(2.10) формуладан фойдаланиш ҳисоблаш схемасида қ.т. жойига нисбатан турли масофаларда жойлашган иккита манба ажратилган ҳолат учун қулай.

Манбаларнинг сони иккитадан кўп бўлса (2.8) ва (2.9) формулалардан фойдаланилади.

X'_1 ва X'_2 эквивалент қаршилиқларнинг қийматлари топилгандан сўнг ҳар бир манбадан оқаётган қ.т.токи ҳисоблашда фойдаланилган бирликлар системасига асосан (2.6) ёки (2.7) формула орқали топилади. Агар схемада кўрсатилган манбанинг қуввати чексиз бўлса (система), ундан оқаётган қ.т. токи қуйидаги формуладан топилади:

а) номланган бирликда ҳисобланганда

$$I_C'' = U_{CP} / \sqrt{3} \cdot X_C;$$

б) нисбий бирликда ҳисобланганда

$$I_C'' = I_B / X_{*C}.$$

Бу ерда: X_C (X_{*C})—манбанинг қ.т. нуқтасига нисбатан қаршилиги (система қаршилиги). Барча манбалардан оқаётган қ.т. токлари топилгандан сўнг қ.т. жойидаги токларнинг даврий ташкил этувчиларини ғошланғич қийматлари йиғиндиси топилади:

$$I_{K2}' = \sum_{i=1}^n I_{Ki}'' + I_C';$$

2.5. ҚИСҚА ТУТАШУВ ТОКИНИНГ ЭНГ КАТТА ТАЪСИР ҚИЛУВЧИ ВА ЗАРБИЙ ҚИЙМАТЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

Электр аппаратларининг электродинамик кучларга чидамлилигини ҳисоблашда зарбий ток i_y ва унинг энг катта таъсир қилувчи қийматини I_y топиш талаб қилинади.

Ҳисоблашда қ.т. токининг зарбий ва энг катта таъсир этувчи қийматлари қуйидаги формулалар орқали топилади.

$$i_y = K_y \cdot \sqrt{2} \cdot I_K''$$
$$I_y = I_K'' \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2}$$

Бу ерда: I_K'' —қ.т.токининг даврий ташкил этувчисининг бошланғич қиймати.

K_y — қ.т.токининг зарбий қиймати унинг даврий ташкил этувчисининг амплитуда қийматидан неча марта ортиқлигини кўрсатувчи зарбий коэффициент.

Зарбий коэффициент қ.т. токининг нодаврий ташкил этувчисининг сўниш вақт доимийсига боғлиқ бўлиб, қуйидагича ҳисобланади.

$$K_y = 1 + e^{-0,01/T_a}$$

K_y ни ҳисоблашда вақт доимийси T_a қуйидаги тенгламадан топамиз

$$T_a = \frac{X_2}{\omega R_2}$$

Бу ерда: X_2 —схеманинг йиғинди индуктив қаршилиги (актив қаршилик $R=0$ бўлган ҳолда топилган).

R_2 — схеманинг схеманинг йиғинди актив қаршилиги (индуктив қаршилик $X=0$ бўлган ҳолда топилган).

Актив қаршиликларни топишда И.1. жадвалда келтирилган X/R нисбатларнинг ўртача қийматларидан ҳам фойдаланиш мумкин.

Юқори аниқлик талаб қилинмаган ҳисоблашларда ўртача $X/R = 14$ қабул қилинади. У ҳолда $T_a=0,045\text{с}$; $K_y=1,8$ $i_y = 2,55 \cdot I_K''$; $I_y = 1,52 \cdot I_K''$ —ларга эга бўламиз.

Агар ҳисоблаш токнинг индивидуал ўзгариши усулида олиб борилса зарбий ток ҳар бир манба учун алоҳида ҳисобланади.

Бунинг учун ҳисоблаш схемаси фақат актив қаршилик кўринишида тузилади. 2.4 бўлимда кўрсатилган алмаштириш йўллари асосида турли схема кўринишига келтирилиб, ҳар бир манбани зарбий коэффициентини ҳисобланади. Унда қ.т. жойидаги зарбий токнинг қиймати ҳар бир манбанинг зарбий коэффициентларини унга мос токнинг даврий ташкил этувчиларини кўпайтмаларини йиғиндисига тенг бўлади.

$$I_y = \sqrt{2} \sum_{i=1}^n K_{yi} \cdot I_{ki} ;$$

шунингдек

$$I_y = \sum_{i=1}^n I_{ki} \sqrt{1 + 2(K_{yi} - 1)^2}$$

2.6. ТОКНИНГ ДАВРИЙ ТАШКИЛ ЭТУВЧИСИНИ ИХТИЁРИЙ ВАҚТДАГИ ҚИЙМАТНИ "НАМУНАЛИ ЭГРИ ЧИЗИҚЛАР" УСУЛИ ОРҚАЛИ ҲИСОБЛАШ

Ўтиш жараёнининг ихтиёрий вақтидаги қ.т.токининг даврий ташкил этувчисини қийматини аниқлаш учун бир қатор амалий усуллардан фойдаланилади. Қуввати 800 мВт гача бўлган замонавий генераторларни параметрларини ҳисобга олувчи энг янги усул—бу Москва энергетика институтининг электр станциялари кафедрасида яратилган "намунали эгри чизиклар" усулидир [2].

"Намунали эгри чизиклар" усули генератордан оқаётган қисқа туташув токининг ихтиёрий вақтдаги қиймати I_{rt} ни шу токнинг бошланғич қиймати I''_{r0} га нисбатини вақт бўйича ўзгариши асосида қурилган эгри чизикларга асосланган. Бу эгри чизиклар қ.т. нуқтасининг олислигининг ҳар хил қийматлари учун қурилган. Олислик қуйидаги формуладан топиладиган генераторнинг бошланғич нисбий токи билан характерланади:

а) ҳисоблаш номланган бирликда олиб борилса:

$$I''_{*r(n)} = I''_{r0} / \dot{I}_n \quad (2.11)$$

Бу ерда: $\dot{I}_n = \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{ypt}}$ —қ.т. поғонасидаги ўртача номинал кучланишига

келтирилган генераторнинг номинал токи.

б) ҳисоблаш нисбий бирликда олиб борилса

$$\dot{I}_{*r(n)} = I''_{*r(b)} \frac{S_b}{S_n} \quad (2.12)$$

Бу ерда: $I''_{*r(b)}$ —ихтиёрий базис шароитга нисбатан ҳисобланган генераторнинг қ.т. моментидаги нисбий токи;

S_b —базис қувват.

(2.12) формуладан кўриниб турибтики, агар "намунали эгри чизиклар" усули билан қ.т.т. ҳисобланганда базис қувватни генераторни номинал

қувватига тенг танлаш мақсадга мувофиқдир, чунки у ҳолда $I_{*Γ(H)} = I_{*Γ(B)}$.

"Намунали эгри чизиқлар" $I_{rt}/I''_{ro} = f(t)$ нисбий ток $I''_{*Γ(H)}$ ни ҳар хил қийматлари учун 2.2а–расмда кўрсатилган. Улар қуввати 12 дан 800 МВт гача бўлган турбогенераторлар, 500 МВт гача бўлган гидрогенераторлар ва синхрон компенсаторлар параметрларини ҳисобга олиб қурилган.

Агар ҳисоблаш схемасида фақат битта генератор (компенсатор) бўлса, қ.т.т.ни "намунали эгри чизиқлар" орқали ҳисоблаш қуйидаги тартибда ўтказилади:

1. Берилган схема учун ҳисоблаш схемаси тузилади, унга генератор (компенсатор)лар ўзларини ўта утиш э.ю.к. E''_o ва ўта ўтиш қаршилиги X лари орқали киргизилади.

2. Қ.т. нуқтасига нисбатан схема йиғиштирилиб йиғинди қаршилиқ X_Σ топилади ва генератордан оқаётган қ.т. токининг бошланғич қиймати топилади:

$$I''_{ro} = E''_{ro} / X_\Sigma$$

3. Қабул қилинган ҳисоблаш усулига асосланиб (номланган ёки нисбий бирликда) (2.11) ёки (2.12) формула орқали бошланғич нисбий ток $I_{*Γ(H)}$ топилади.

4. $I_{*Γ(H)}$ ни қиймати асосида 2.2а расмдан мос эгри чизиқ аниқланади ва ундан керакли t вақт учун $I_{rt}/I''_{ro} = \delta_t$ нисбат топилади. Агар $I''_{*Γ(H)}$ ни қиймати каср сон чикса, яқин бўлган бутун сонга яхлитланади ёки эгри чизиқ интерполяция қилиб топилади.

5.Топилган нисбат $I_{rt}/I''_{ro} = \delta_t$ дан қ.т. токининг даврий ташкил этувчисини t вақтдаги қиймати қуйидагича ҳисобланади.

$$I_{rt} = \delta_t \cdot I''_{ro}$$

Охирги формуладан топилган токнинг қиймати I''_{ro} қандай бирликда ҳисобланган бўлса, ана шу бирликда ифодаланган бўлади. I_{rt} токни ноимланган бирликда ифодалаш учун аввал I''_{ro} токни номланган бирликда ҳисоблаш керак.

Юқорида баён қилинган ҳисоблаш тартиби бир неча синхрон генераторлар учун ҳам тааллуқли, агар қ.т. уч фазали бўлиб, генератор қ.т. нуқтаси билан умумий қаршилиқ орқали боғланмаган бўлса. Бу ҳолда ҳар бир генератор учун алоҳида ўта ўтиш э.ю.к. лари аниқланади ва йиғинди қаршилиқлар топилиб ҳар бир тармоқ учун қ.т. тоklarини бошланғич қийматлари топилади, кейин (2.11) ёки (2.12) формулалар ёрдамида генарторларни бошланғич нисбий токлари $I''_{*Γ(H)_1}$, $I''_{*Γ(H)_2}, \dots, I''_{*Γ(H)_n}$ топилиб уларга мос намунали эгри чизиқлар аниқланади. Улардан керакли вақтлар учун $I_{rt1}/I''_{ro1}, I_{rt2}/I''_{ro2}, \dots, I_{rtn}/I''_{ron}$

нисбатлар топилиб, кейин $I_{rt1}, I_{rt2}, \dots, I_{rtn}$ тоқлар номланган бирликда ҳисобланади ва қ.т. жойидаги ток аниқланади.

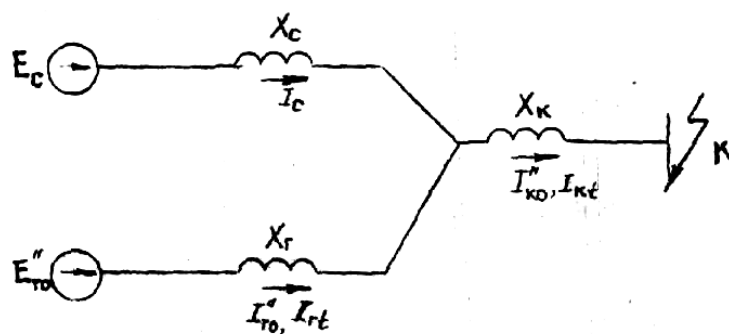
Агар бир неча генераторларнинг параметрлари бир хил бўлиб, улар қ.т. нуқтасига нисбатан бир хил масофада жойлашган бўлса, уларни битта эквивалент генератор билан алмаштириш мумкин. Бу ҳолда манбалар тармоқлари бир-бирларига параллел қўшилади ва $\dot{I}_n$ токни топиш формуласида ва (2.12) формулада номинал қувват ўрнига эквивалент генератор таркибига кирган генераторларни йиғинди қуввати қўйилади.

"Намунали эгри чизиқлар" усулини қ.т. нуқтаси айнан генератор шинасида ёки ундан узоқ бўлмаган масофада (масалан, электр станциясини энергосистема билан боғловчи трансформатордан кейин жойлашган ҳоллар учун қўлланиш мақсадга мувофиқдир. Қ.т. нуқтасидан анча олисда жойлашган барча генераторлар ва энергосистемани бошқа қисмлари кучланиши ўзгармас бўлган эквивалент манба билан алмаштирилади. Агар бундай манба (система) қ.т. нуқтаси билан тўғридан-тўғри уланган бўлса (яъни қ.т. га яқин жойлашган генераторларга бевосита алоқадор бўлмаса), системадан оқаятган 3 фазали қ.т. токининг дарий ташкил этувчисини таъсир қилувчи қиймати қуйидаги формуладан топилади:

$$I_c'' = \frac{E_{*c}}{X_{*c}} \cdot I_D$$

Бу ерда: E_{*c}, X_{*c} – системанинг йиғинди э.ю.к. си ва қ.т. нуқта-сига нисбатан йиғинди (нисбий бирликларда) қаршиликлари.

Кўпинча алоҳида ҳисобланиши зарур бўлган генератор ва система қ.т. нуқтаси билан умумий қаршилик X_k орқали боғланишади (2.3–расм). Бу ҳолда генератор токининг вақт бўйича ўзгариши система токининг ҳам вақт бўйича ўзгариши. Қ.т. нуқтасидаги токнинг вақт бўйича ўзгаришини махсус қурилган эгри чизиқлар $I_{kt} / I_{ko}'' = f(I_{rt} / I_{ro}'')$ орқали ўртача қийматларини топиш мумкин. Бу эгри чизиқлар I_{ro}'' / I_{ko}'' нисбати 1 дан 0,5 гача қийматлар учун қурилган ва улар 2.2.,б–расмда келтирилган. Нисбатни кичик чегараси 0,5 олинган, чунки $I_{ro}'' / I_{ko}'' < 0,5$ бўлса қ.т. токини вақт бўйича ўзгаришини ҳисобга олмаса бўлаверади.



2.3. расм. Қ.т. токининг даврий ташкил этувчисини сўнишини аниқлашга доир схема

3. НОСИММЕТРИК ҚИСҚА ТУТАШУВНИ ҲИСОБЛАШ

Замонавий энергетика системаларида кўп ҳолларда носимметрик қ.т. токлари 3 фазали қ.т. токларидан ортиб кетади. Шунинг учун ҳам қатор масалаларни ечишда, жумладан, реле ҳимояси ва автоматика қурилма, асбоб–ускуналарини танлашда носимметрик қ.т. тоқларини топиш зарур бўлади.

Носимметрик қ.т. ни ҳисоблашда симметрик ташкил этувчилар усулидан фойдаланиш қулай. Тўғри ташкил этувчининг эквивалентлик қоидасига асосан носимметрик қ.т. жойдаги токнинг тўғри ташкил этувчиси $I_{k1}^{(n)}$ қ.т. нинг ҳақиқий жойидан қўшимча қаршилик $X_{\Delta}^{(n)}$ [I] га узайтрилган жойда рўй берган 3 фазали қ.т. токи тарзида аниқланади:

$$I_{*k1}^{(n)} = \frac{E_{\Sigma}''}{X_{1\Sigma} + X_{\Delta}^{(n)}} \quad (3.1)$$

$X_{\Delta}^{(n)}$ қиймат носимметрик қ.т. турига боғлиқ бўлади (3.1–жадвалга қаранг).

Токнинг тўғри ташкил этувчиси орқали жароҳатланган фазанинг қ.т. нуқтасидаги тўла токни, ҳамда токнинг тескари $I_{k2}^{(n)}$ ва нулли $I_{ko}^{(n)}$ ташкил этувчиларини топиш мумкин.

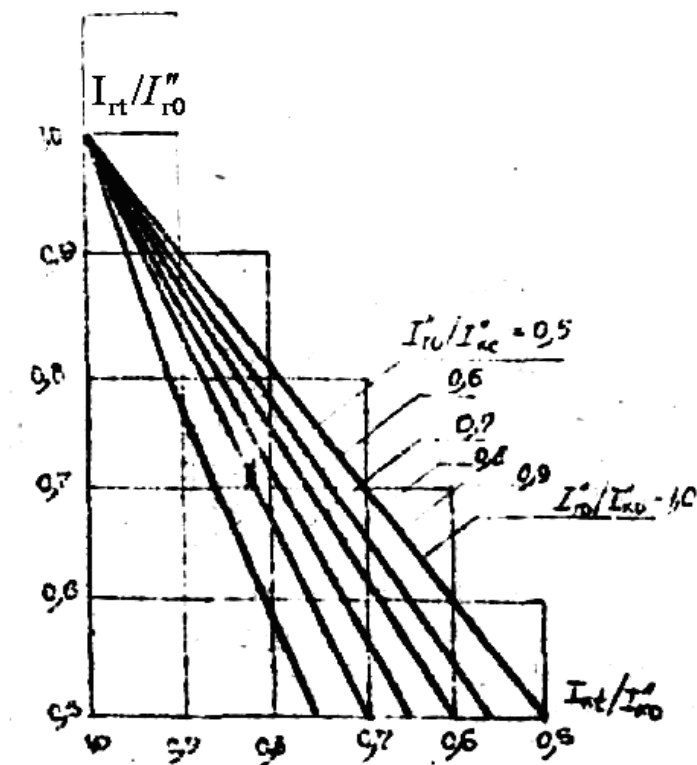
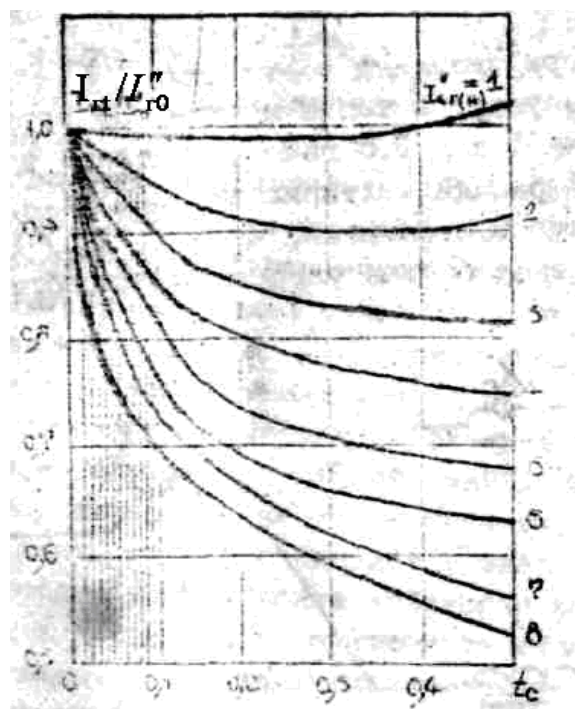
$$I_k^{(n)} = m^n \cdot I_{*k1}^{(n)} \cdot I_B; \quad [\text{kA}] \quad (3.2)$$

Бу ерда: m^n –қ.т. турига боғлиқ бўлган пропорционаллик коэффиценти.

Қўшимча қаршилик $X_{\Delta}^{(n)}$ ва коэффицент m^n ларни ҳар хил қ.т. учун қийматлари 3.1–жадвалда берилган.

3.1–жадвал

Тарт. №	Қ.т. тури	$X_{\Delta}^{(n)}$	$m^{(n)}$
1.!	3 фазали	0	1
2.!	2 фазали	X_{22}	$\sqrt{3}$
3.!	Бир фазали	$X_{22} + X_{02}$	3
4.!	2 фазали ер орқали	$\frac{X_{22} \cdot X_{02}}{X_{22} + X_{02}}$	$\sqrt{3} \sqrt{1 - \frac{X_{22} \cdot X_{02}}{(X_{22} + X_{02})^2}}$



2.2– расм. Генератордан оқайтган қ.т. токини вақт бўйича ўзгаришини аниқловчи намунали эгри чизиқлар

(3.1), (3.2) формулалар эа 3.1–жадвалдан кўриниб турибдики, носимметрик қ.т. токини ҳисоблашдан олдин қаршиликларни қ.т. нуқтасига нисбатан йиғинди тўғри $X_{1\Sigma}$, тескари $X_{2\Sigma}$ ва нулли $X_{0\Sigma}$ кетма–кетлик тоқларига нисбатан қийматларини аниқлаш зарур экан.

Айтилган қаршиликларни топиш учун алоҳида кетма–кетликларга ҳисоблаш схемалари тузилади.

3.2. АЛОҲИДА КЕТМА–КЕТЛИКЛАР УЧУН ҲИСОБЛАШ СХЕМАЛАРИ ТУЗИШ

Тўғри кетма–кетлик схемаси қаршиликлари ва конфигурацияси билан тўла 3 фазали қ.т. схемасига ўхшайди.

Тескари кетма–кетлик схемаси тўғри кетма–кетлик схемасига ўхшаган бўлади. Генератор ва юкламалар унга ўзларининг тескари кетма–кетлик қаршиликлари билан қолган барча элементлар–тўғри кетма–кетлик қаршиликлари билан киргизилади. Агар синхрон машиналарни тескари кетма–кетлик қаршиликларни аниқ қийматлари номаълум бўлса, у ҳолда қуйидаги ўртача қийматларни қабул қилиш мумкин: демпфер чўлғамли машиналар ва турбогенераторлар учун $X_2 = 1,22 \cdot X_d''$; демпфер чўлғами бўлмаган машиналар учун $X_2 = 1,45 \cdot X_d'$. Амалий ҳисоблашларда кўпинча тескари кетма–кетлик схемасини алоҳида тузиб ўтирмаслик учун $X_2 = X_d''$ қилиб олинади.

Юкламанинг нисбий бирликдаги тескари кетма–кетлик қаршилигини $X_2=0,35$ олиш мумкин. Бу қиймат юкламанинг тўла қуввати ва ўзи уланган поғонанинг ўртача кучланишига нисбатан олинган.

Нулли кетма–кетлик схемаси бошқа кетма–кетликлар схемасидан кескин фарқ қилади. Нулли кетма–кетлик токининг системада тарқалиши трансформатор ва АТ ларнинг конструкциясига, чўлғамларини уланиш схемасига ва нейтралларининг ишлаш режимига боғлиқ бўлади. Агар трансформатор ёки АТ нинг учбурчак шаклида уланган чўлғами бор бўлса, нулли кетма–кетлик токи унинг юлдузча уланган чўлғамидан оқиб ўтади ва учбурчак уланган чўлғамида трансформацияланиб, унда айланади.

Нулли кетма–кетлик схемасини тузишни қ.т. нуқтасидан бошлаш мақсадга мувофиқ. Элементлар, агар улардан нулли кетма–кетлик токи оқиб ўтмаса, схемага киргизилмайди. Нулли кетма–кетлик тоқларини циркуляция қилиши учун мазкур кучланиш поғонасида камида иккита ерга боғланиш бўлиши керак.

Трансформатор, генератор ва двигателларнинг нейтралларини ерга уловчи қаршиликлари нулли кетма–кетлик схемасига учга кўпайтирилган қийматлари билан киргизилиб, мазкур элементнинг қаршилигига кетма–кет уланади.

3.1 расмда трансформаторларнинг чўлғамларини ҳар хил уланиш вариантлари учун нулли кетма–кетлик тоқларини ҳисоблаш схемалари келтирилган.

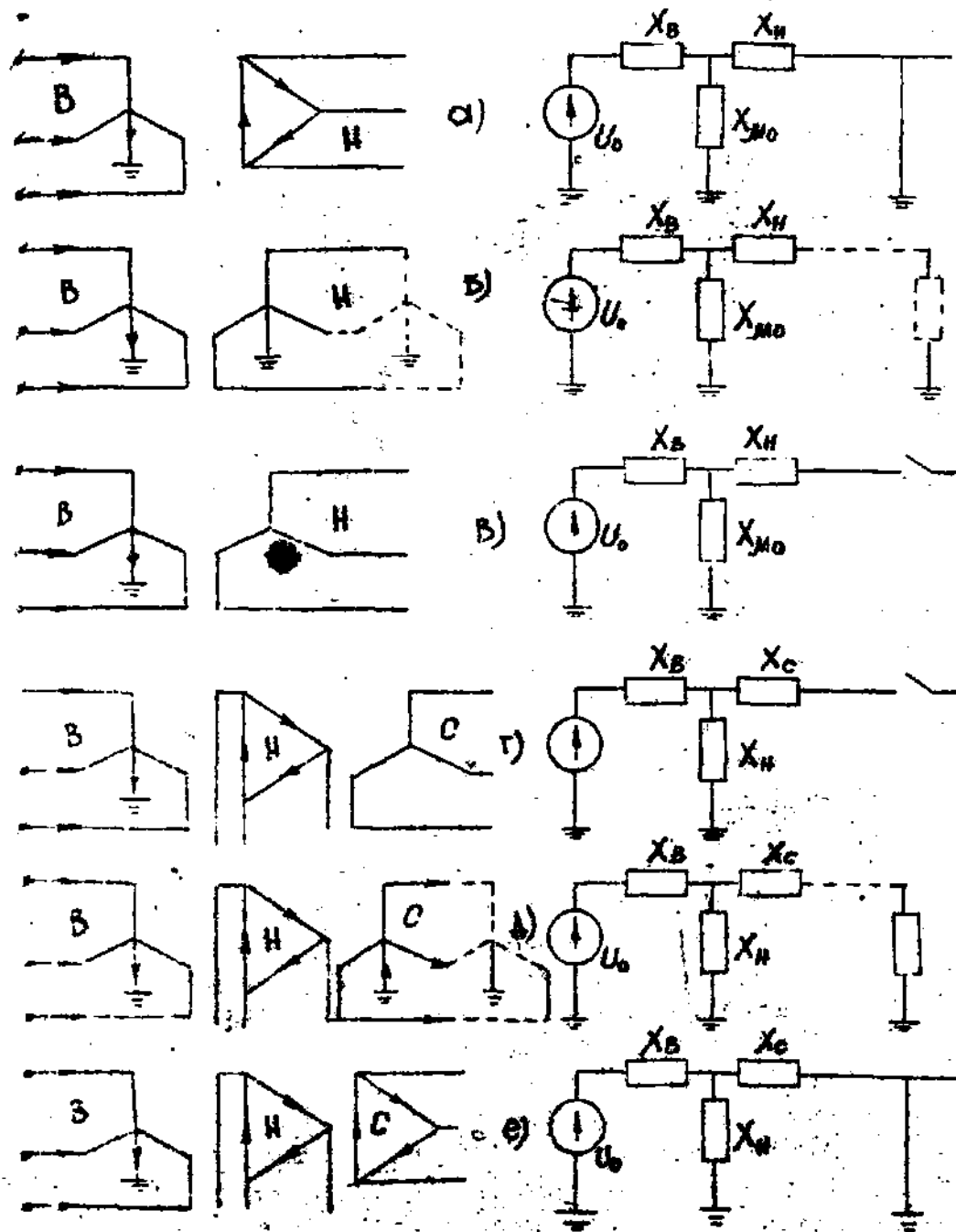
Агар чўлғамлар Y_0/Δ уланган бўлса, трансформаторларни конструкцияси ва типидан қатъий назар $X_0 = X_1$. Чўлғамлар Y_0/Y ва Y_0/Y_0 уланган бўлса юқоридаги расмда кўрсатилган ҳисоблаш схемалари олинади ва уч фазали тўрт ва беш стерженли трансформаторлар учун $X_{\mu 0} = \infty$, уч стерженли трансформаторлар учун $X_{\mu 0}$ ни мос қийматлари танланиши керак ($X_{\mu 0} = 0,75 \cdot X_T$ олиш мумкин).

Автотрансформаторнинг нейтрални ерга мустақкам уланган бўлса унинг нулли кетма–кетлик схемаси трансформаторнинг шундай схемасига мос келади. Агар автотрансформаторни учинчи чўлғами бўлмаса ва иккиламчи чўлғам томонидан нулли кетма–кетлик токининг айланиш йўли мавжуд

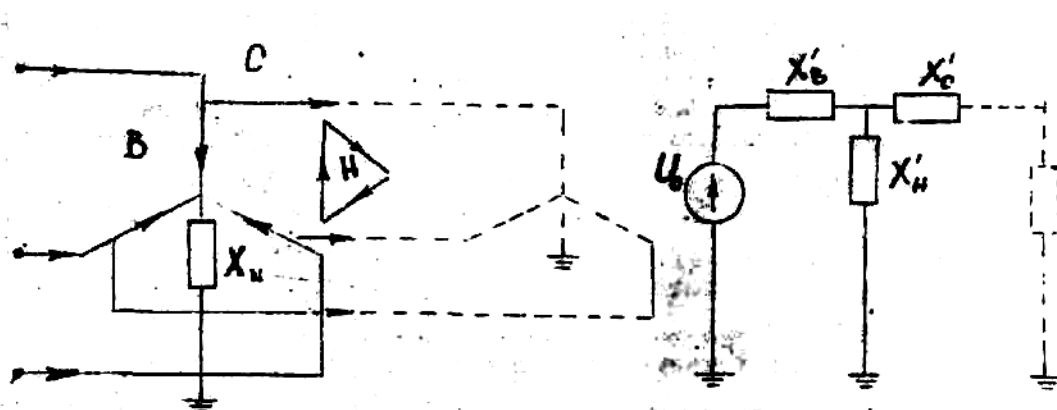
бўлса, унинг алмаштириш схемаси ($X_{\mu 0} = \infty$ ҳол учун) ВН ва СН чўлғамларини йиғинди реактивлиги орқали ифодаланади, яҳни $X_{BC} = X_B + X_C$ (3.1, д расмга қаранг, $X_N = 0$).

Учбурчак усулида уланган учинчи чўлғам мавжуд бўлса, алмашитариш схемаси шундай чўлғамлари бор бўлган трансформаторнинг алмаштириш схемасига ўхшаган бўлади (3,1, д расм).

Автотрансформаторнинг нейтрал X_N реактив қаршилиги орқали ерга уланса, нулли кетма-кетлик схемасини кўриниши 3.2 расмдагидек бўлади.



3.1. расм. Трансформаторларни чўлғамларини уланиш ва уларни нулли кетма-кетлик токларини ҳисоблаш схемалари



3.2. расм. Автотрансформаторнинг чўлғамларини уланиш ва унинг нейтрални ерга X_N қаршилик орқали уланган вазият учун нулли кетма-кетлик схемаси.

Ҳисоблаш схемасини параметрлари қуйдагича ҳисобланади.

$$X'_B = X_B + 3 \cdot X_N (1-K)$$

$$X'_C = X_C + 3 \cdot X_N \cdot K (K-1)$$

$$X'_N = X_N + 3 \cdot X_N \cdot K$$

Бу ерда: $K = U_{BH} / U_{CH}$ – автотрансформатор.

Агар учбурчак шаклида уланган учламчи чўлғам йўқ бўлса, автотрансформаторни қаршилиги қуйдагича ҳисобланади. ($X'_N = \infty$).

$$X'_{BC} = X_{BC} + 3 \cdot X_N (1-K)^2$$

3.2–жадвалда ҳисоблаш схемаси баъзи бир элементларининг нулли кетма-кетлик қаршиликларини тўғри кетма-кетлик қаршиликлари орқали ифодаланган қийматлари берилган.

3.2–жадвал

Тарт. №	Схема элементлари	X_0 қаршилиги
1.	Бир тармоқли эл.узатиш линияси /троссиэ/	$3,5 \cdot X_I$
2.	Бир тармоқли эл.узатиш линияси /темир троссли/	$3,0 \cdot X_I$
3.	Бир тармоқли эл.узатиш линияси /яшил утказувчан троссли/	$2,0 \cdot X_I$
4.	Икки тармоқли эл.узатиш линияси /троссиэ/	$5,5 \cdot X_I$
5.	Икки тармоқли эл.узатиш линияси /темир троссли/	$4,7 \cdot X_I$
6.	Икки тармоқли эл.узатиш линияси /яшил утказувчан троссли/	$3,0 \cdot X_I$
7.	Уч симли кабеллар	$/3,5+4,5/ \cdot X_I$
8.	Реакторлар	X_I
9.	Генераторлар	$/0,15+0,6/ \cdot X_I$

3.3. ТОК ВА КУЧЛАНИШНИНГ СИММЕТРИК ТАШКИЛ ЭТУВЧИЛАРИНИ ҲИСОБЛАШ

Токнинг тескари ва нулли кетма–кетликлари, кучланишни барча кетма–кетликлари қ.т. нуқтасидаги токнинг тўғри кетма–кетлик ташкил этувчисига пропорционал бўлади. Бу нисбатлар ҳар хил қ.т. лар учун – 3.3–жадвалда келтирилган.

3.3– жадвал

Тарт. №	Аниқланувчи қийматлар	Кучла тўғривушнинг түрү		
		$K^{(1)}$	$K^{(2)}$	$K^{(1,1)}$
1.	Тескари кетма–кетлик ток I_{K_2}	I_{K_1}	I_{K_2}	$-\frac{X_{\Delta}}{X_{22}} I_{K_1}$
2.	Нулли кетма–кетлик ток I_{K_0}	I_{K_1}	0	$-\frac{X_{\Delta}}{X_{02}} I_{K_1}$
3.	Тўғри кетма–кетлик кучланиши U_{K_1}	$X_{\Delta} \cdot I_{K_1}$	$X_{22} \cdot I_{K_1}$	$X_{\Delta} \cdot I_{K_1}$
4.	Тескари кетма–кетлик кучланиши U_{K_2}	$-X_{22} \cdot I_{K_1}$	$X_{22} \cdot I_{K_1}$	$X_{\Delta} \cdot I_{K_1}$
5.	Нулли кетма–кетлик кучланиши U_{K_0}	$-X_{02} \cdot I_{K_1}$	0	$X_{\Delta} \cdot I_{K_1}$

Илова: Тўғри кетма–кетлик токи I_{K1} (3.1) формула орқали топилади, қўшимча қаршилик X_{Δ} 3.1 жадвалдан олинади.

Алоҳида кетма–кетликлар кучланишларини ташкил этувчиларининг схемани исталган тугунидаги қиймати қ.т. нуқтасидаги мос кучланш кетма–кетлигига шу нуқта билан исталган нуқта орасидаги қаршилик–лардаги кучланиш пасайишини қўшиш орқали топилади:

$$\begin{aligned}
 U_{1m}^{(n)} &= U_{K_1}^{(n)} + j X_{1km} \cdot I_{1km}^{(n)} \\
 U_{2m}^{(n)} &= U_{K_2}^{(n)} + j X_{2km} \cdot I_{2km}^{(n)} \\
 U_{0m}^{(n)} &= U_{K_0}^{(n)} + j X_{0km} \cdot I_{0km}^{(n)}
 \end{aligned}
 \tag{3.4}$$

бу ерда $I_{1km}^{(n)}$, $I_{2km}^{(n)}$, $I_{0km}^{(n)}$ – X_{1km} , X_{2km} , X_{0km} қаршиликлардан оқиб ўтаётган алоҳида кетма–кетликлар токлари. Улар 2.4 бўлимда келтирилган усулика асосида тўғри, тескари ва нулли кетма–кетликлар

схемаларидаги токларни тарқалиш коэффициентлари орқали топилади.

Таъкидлаш керакки, трансформаторлардан ўтаётган токларни симметрик ташкил этувчиларини ва кучланишларни қийматларигина ўзгариб қолмай, балким чўлғамларни уланиш схемасига боғлиқ, ҳолда уларни фаза бурчаклари ҳам ўзгаради. Энг кўп ишлатиладиган $Y_0/\Delta-11$ группа учун юлдуздан учбурчак томонга ўтишда ток ва кучланишни тўғри кетма-кетликликлари соат стрелкасига қарама-қарши 30° га, уларни тескари кетма-кетликлари эса соат стрелкаси томон 30° га силжийди. Учбурчакдан юлдуз томонга ўтишда эса бурчак силжишлари ишораси ўзгаради.

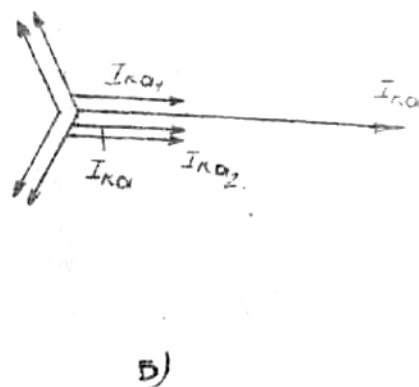
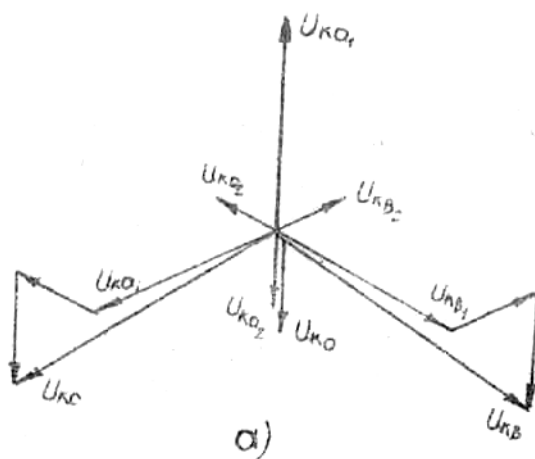
3.4. ФАЗА ҚИЙМАТЛАРИНИ АНИҚЛАШ ВА ВЕКТОР ДИАГРАММАЛАРИНИ ҚУРИШ

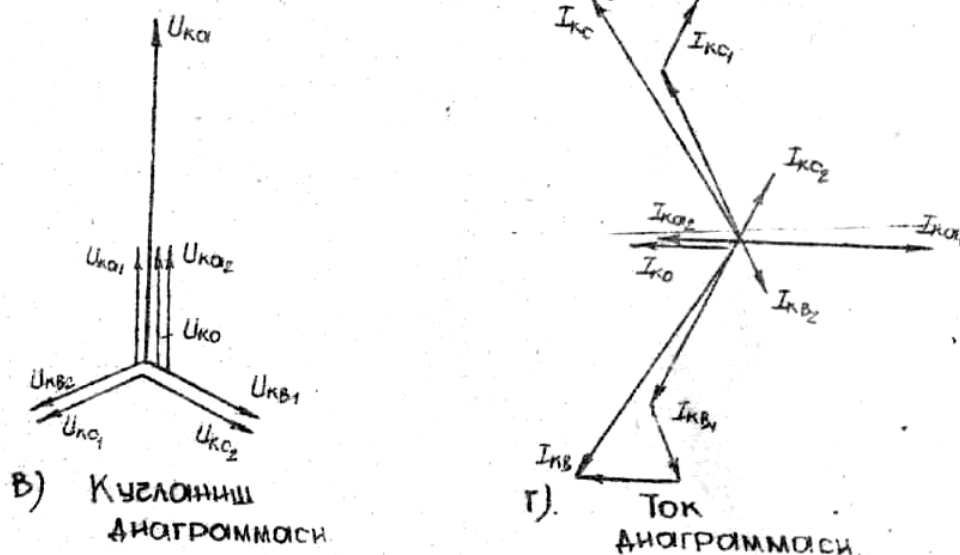
"А" фаза учун топилган ток ва кучланишларни симметрик ташкил этувчилари ва улар билан фаза қийматлари орасидаги маълум боғланишлар асосида бошқа фазаларни тўла ток ва кучланишлари аниқланади.

$$\begin{aligned} I_{KB}^{(n)} &= a^2 \cdot I_{KA}^{(n)} + a \cdot I_{KC}^{(n)} + I_{K0}^{(n)} ; \\ I_{KC}^{(n)} &= a \cdot I_{KA}^{(n)} + a^2 \cdot I_{KB}^{(n)} + I_{K0}^{(n)} ; \\ U_{KB}^{(n)} &= a^2 U_{KA}^{(n)} + a U_{KC}^{(n)} + U_{K0}^{(n)} ; \\ U_{KC}^{(n)} &= a U_{KB}^{(n)} + a^2 U_{KA}^{(n)} + U_{K0}^{(n)} ; \end{aligned} \quad (3.5)$$

бу ерда $a = -0,5 + j0,87$ –фаза оператори,

$$a^2 = -0,5 - j0,87$$





3.3. расм. Ток ва кучланишларнинг бир фазали (а,б) ва икки фазали ер орқали қисқа туташувлар (в,г) учун вектор диаграммалари

Бир ва икки фазали ер орқали қисқа туташувларда ердан оқиб ўтувчи ток қуйидагича топилади:

$$I_3 = 3 \cdot I_{ko}^{(n)}$$

Топилган симметрик ташкил этувчилардан фойдаланиб ҳам алоҳида кетма-кетликлар учун ток ва кучланишнинг тўла қийматлари бўйича вектор диаграммаси қурилади.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР:

1. С.И.Гамазин, Т.А.Садыкбеков, "Переходные процессы в системах электроснабжения с электродвигательной нагрузкой", Алма-Ата, "Гылым", 1999г.
2. Переходные процессы в электрических системах а примерах ииллюстрациях; Учеб. пособие для вузов // Под ред. В. А. Веникова//. – М.: Высшая школа 1985– 504 с., ил.
3. С.А. Ульянов. Электромагнитные переходные процессы в электрических системах. [Учебник для электротехнических и энергетических вузов и факультетов] М.: Энергия 1979 – 517 с.
4. В.А. Веников. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. Учебник для электроэнергет. спец. вузов.–4–е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа. 1985–536 с.
5. Вайнер И.Г., Крючков И.П. Кривые изменения периодической составляющей тока короткого замыкания мощных генераторов с учетом влияния энергосистемы. – Электричество, 1975, № 10, с.53–56

ИЛОВАЛАР

1–илова

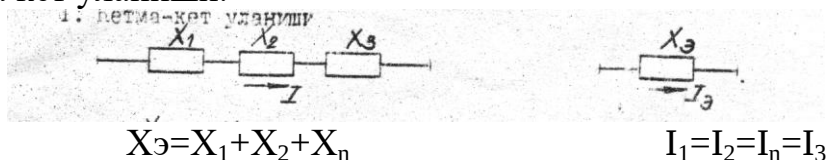
СИСТЕМА ХАР ХИЛ ЭЛЕМЕНТЛАРИ УЧУН КАРШИЛИКЛАР НИСБАТЛАРИ

№	Элементнинг номи	X
1	Турбогенераторлар куввати 100 МВтгача	15–85
2	Турбогенераторлар куввати 100–500 МВт	100–140
3	Гидрогенераторлар (демпфер чулгами бор)	40–60
4	Гидрогенераторлар (демпфер чулгами йук)	60–90
5	Трансформаторлар куввати 5–32 МВА	7–17
6	Трансформаторлар куввати 400–500 МВА	20–50
7	Реакторлар 6–10 кв, 1000А гача	15–70
8	Реакторлар 1500А ва ундан ортик	40–80
9	Хаво линиялари	2–8
10	3 симли кабеллар	0,2–0,8
11	Умум юклама	2,5

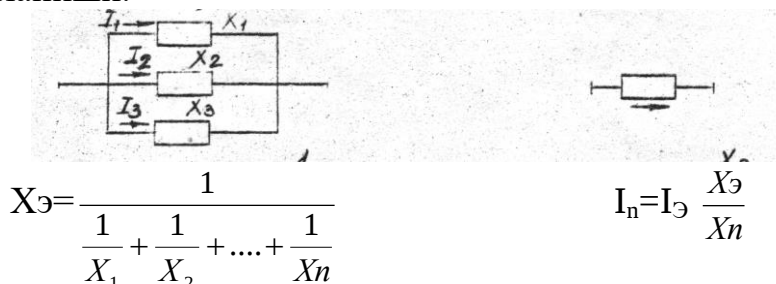
2–илова

СХЕМАЛАРНИНГ УЗГАРТИРИШНИНГ АСОСИЙ ФОРМУЛАЛАРИ

1. кетма кет уланиши.

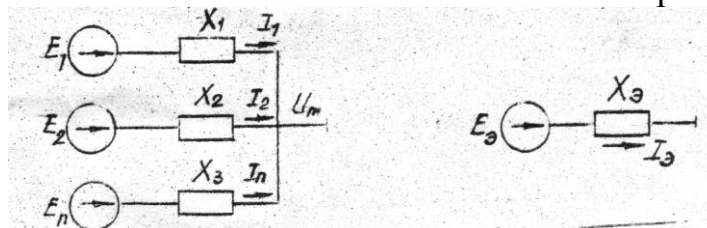


Параллел уланиши.



Иккита тугун бўлганда $X_3 = X_1 \cdot X_2 / (X_1 + X_2)$

2. Бир неча манбани бита эквивалент манбага алмаштириш.

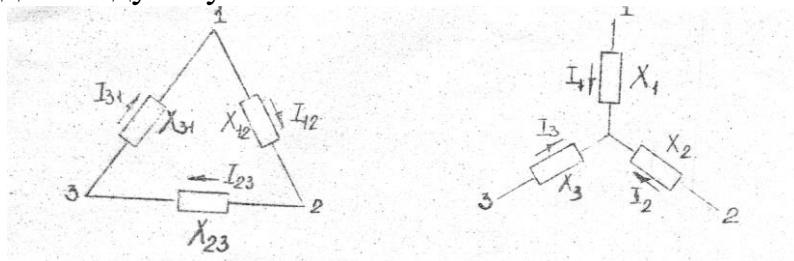


$$E_3 = \frac{1}{Y_3} \sum_{r=1}^n Y_k E_n \quad Y_3 = \sum_{r=1}^n Y_k, \quad X_3 = 1/Y_3$$

$$I_n = (E_n - U_m) / X_n$$

$$N=2 \text{ булганда } E_3 = \frac{E_1 * X_2 + E_2 * X_1}{X_1 + X_2} \quad X_3 = \frac{X_1 * X_2}{X_1 + X_2}$$

4. Учбурчакдан юлдузга утиш.



$$X_1 = \frac{X_{12} \cdot X_{31}}{X_{12} + X_{23} + X_{31}}$$

$$I_{12} = \frac{I_1 X_1 - I_2 X_2}{X_{12}}$$

$$X_2 = \frac{X_{12} \cdot X_{23}}{X_{12} + X_{23} + X_{31}}$$

$$I_{12} = \frac{I_2 X_2 - I_3 X_3}{X_{23}}$$

$$X_3 = \frac{X_{23} \cdot X_{31}}{X_{12} + X_{23} + X_{31}}$$

$$I_{31} = \frac{I_3 X_3 - I_1 X_1}{X_{31}}$$

5. Юлдуздан учбурчакка утиш.

$$X_{12} = X_1 + X_2 + \frac{X_1 \cdot X_2}{X_3}$$

$$I_1 = I_{31} - I_{12}$$

$$X_{23} = X_2 + X_3 + \frac{X_2 \cdot X_3}{X_1}$$

$$I_2 = I_{12} - I_{23}$$

$$X_{31} = X_3 + X_1 + \frac{X_3 \cdot X_1}{X_2}$$

$$I_3 = I_{23} - I_{31}$$