

Ўзбекистон Республикаси
Олий ва Ўрта Махсус Таълим Вазирлиги

ЖИЗЗАХ ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

«ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА ВА ФИЗИКА» кафедраси

Релели ҳимоя ва автоматика.

Курс ишини бажариш бўйича услубий қўлланма.



Жиззах – 2007 йил.

UDK 621.1

Релели ҳимоя ва автоматика фани бўйича курс ишини бажариш учун қўлланма / Жиззах Политехника Институти.

Тузувчилар: Жиззах Политехника Институти доценти А.Г.Порсахонов, Жиззах Транспорт ва Алоқа Коллежи ўқитувчиси О.У. Нуруллаев.

Мазкур қўлланма олий техник ўқув юртларининг релели ҳимоя ва автоматика асослари, ростлаш ва бошқариш назарияси асослари, ишлаб чиқариш жараёнларини автоматлаштириш курсларини ўрганувчи талабалари учун мўлжалланган бўлиб, курс иши топшириқлари вариантларини, курс ишини бажариш учун кўрсатмалар ва курс ишини бажаришга мисолни ўз ичига олган. Қўлланма 1991 йилда Тошкент Политехника Институти (Ҳозирги ТДТУ) да Ю.Л.Крупенъе ва В.В.Зеверовлар томонидан рус тилида чоп этилган “Релели ҳимоя” курсидан амалий машғулотлар ва талабаларнинг мустақил ишлари учун қўлланма асосида ўзбек тилида тузилди.

+Ўлланмани чоп этиш учун Жиззах Политехника институти илмий – услубий бирлашмасининг «_____» _____ 2006 йил қарори билан рухсат олинган

Мушаррир:

Бахти Рашидова

Техник мушаррир:

Ахмирзаев Фазлиддин

Такризчи:

Жиззах Давлат Педагогика Институти
доценти Н.Г.Гаппаров.

УМУМИЙ КЎРСАТМАЛАР

Курс ишининг асосий мақсади – фаннинг назарий қисмида олинган билимларни мустаҳкамлаш ҳамда релели ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш бўйича кўникма ҳосил қилишдан иборат. Курс иши иккита топшириқдан иборат:

1. Битта таъминловчи нимстанцияга эга бўлган халқасимон электр тармоғи линиялари учун асосий ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш ва ҳимоя қурилмаларини танлаш; берилган вариант бўйича битта линия учун ҳимоянинг сезгирлигини текшириш.
2. Қудратли энергосистема билан параллел ишлайдиган кучайтирувчи трансформаторларни ташқи фазалараро қисқа туташувлардан ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш ва ҳимоя қурилмаларини танлаш.

Биринчи топшириқ бўйича кўрсатмалар

Бошланғич маълумотлар сифатида тармоқдаги кучланиш U_c , тармоқни таъминловчи системанинг қаршилиги X_c , халқа линияларининг узунликлари $\ell_1, \ell_2, \ell_3, \ell_4$, тармоқдаги нимстанцияларнинг юкламалари S_{II}, S_{III}, S_{IV} , линия ҳимояларининг максимал сабр вақтлари t_{II}, t_{III}, t_{IV} берилади.

Вариант №	X_c , Ом	ℓ_1 , км	ℓ_2 , км	ℓ_3 , км	ℓ_4 , км	S_{II} , МВА	S_{III} , МВА	S_{IV} , МВА	t_{II} , сек	t_{III} , сек	t_{IV} , сек	U_c , кВ	Линия №
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1,0	10	15	17	15	6	4	6	1,0	1,0	1,5	35	Л-4
2	0,9	12	8	10	14	6	3	5	1,0	1,0	1,0	35	Л-3
3	0,8	14	6	8	12	5	5	5	1,5	1,0	1,5	35	Л-2
4	1,0	12	12	10	15	6	4	5	1,0	1,5	1,0	35	Л-2
5	1,0	8	10	10	10	6	5	7	1,0	0,5	1,0	35	Л-2
6	0,9	9	9	12	7	5	6	6	1,5	1,0	0,5	35	Л-3
7	0,9	10	11	12	8	5	4	6	2,0	1,5	1,5	35	Л-3
8	1,1	8	8	10	7	6	3	6	1,8	1,2	1,4	35	Л-2
9	1,1	8	7	11	10	5	4	6	1,4	1,0	1,6	35	Л-3
10	1,05	7	11	15	6	4	4	4	0,8	1,2	1,4	35	Л-2
11	0,75	9	11	14	8	5	3	4	1,2	1,4	1,2	35	Л-1
12	0,85	11	10	14	8	6	3	4	1,1	1,6	1,3	35	Л-1
13	1,0	10	12	12	12	4	3	7	0,8	0,8	1,0	35	Л-1
14	10	50	30	40	30	15	10	15	2,0	1,5	2,0	110	Л-4
15	8	40	40	40	30	12	10	15	2,1	1,2	1,8	110	Л-3
16	8	40	30	30	50	12	8	14	1,8	1,4	2,2	110	Л-3
17	10	40	25	30	45	45	14	7	2,2	1,7	2,2	110	Л-4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
18	9	35	18	24	52	16	4	16	1,9	1,2	2,3	110	Л-3

19	9	35	35	40	40	12	8	12	2,0	1,6	2,2	110	Л-3
20	9	30	40	38	40	12	8	12	2,2	1,6	2,0	110	Л-2
21	1,0	11	6	10	8	5	7	8	0,7	1,1	0,7	110	Л-2
22	11	40	30	35	45	10	6	14	2,2	2,0	2,0	110	Л-2
23	10	45	30	35	45	10	4	16	2,5	2,0	2,5	110	Л-2
24	8	37	43	25	50	12	3	17	3,0	1,5	2,5	110	Л-4
25	7,5	42	28	30	40	11	4,5	17	1,8	1,4	1,9	110	Л-1
26	8,5	28	40	40	35	14	3,8	16	2,2	1,6	2,5	110	Л-1
27	9	32	45	45	42	14	7	15	2,4	1,0	1,8	110	Л-2
28	9,5	45	27	40	37	12	8	14	1,8	1,1	1,8	110	Л-3
29	0,8	10	10	12	8	5	3,5	7	1,1	1,0	1,5	35	Л-2
30	0,7	9	11	14	7	4,5	4,5	5	1,6	0,8	1,0	35	Л-3

Дастлаб электр тармоғи халқасидаги барча ҳимоялар йўналтирилган ҳимоя деб ҳисобланади. Шундай бўлганда нимстанцияга ўрнатилган бу ҳимоялар қисқа туташув қуввати нимстанциядан линияга қараб йўналганда ишга тушиши керак.

Таъминловчи нимстанциядан бошлаб халқа аввал бир йўналишда, сўнгра тескари йўналишда айланиб чиқилади. Ҳар бир йўналиш учун халқанинг энг узокдаги ҳимояси топилади ва бу ҳимоя учун сабр вақти $t = 0$ деб олинади. Шу йўналиш бўйича ҳаракатда бўладиган резерв ҳимоянинг сабр вақти нимстанция шиналарига уланган элементларнинг (истеъмолчиларнинг) сабр вақтидан ростланади. Бош нимстанцияга томон яқинлашиб борган сари ҳимоянинг сабр вақти шу тартибда ўзидан олдинги ҳимоянинг сабр вақтига мослаб танланади. Масалан, 1 – расмда кўрсатилган халқасимон тармок линиялари учун қуйидагиларга эга бўламиз:

$$t_{2'} = t_4 = 0;$$

$$t_{3'} > t_{II} + \Delta t;$$

$$t_{4'} = t_{3'} + \Delta t, \text{ агар } t_{3'} > t_{III} \text{ бўлса };$$

$$\text{ёки } t_{4'} = t_{III} + \Delta t, \text{ агар } t_{3'} < t_{III} \text{ бўлса };$$

$$t_{1'} = t_{4'} + \Delta t, \text{ агар } t_{4'} > t_4 \text{ бўлса };$$

$$\text{ёки } t_{1'} = t_4 + \Delta t, \text{ агар } t_{4'} < t_4 \text{ бўлса }.$$

$$t_3 = t_{IV} + \Delta t;$$

$$t_2 = t_3 + \Delta t, \text{ агар } t_3 > t_{III}, \text{ бўлса };$$

$$\text{ёки } t_2 = t_{III} + \Delta t, \text{ агар } t_3 < t_{III}, \text{ бўлса };$$

$$t_1 = t_2 + \Delta t, \text{ агар } t_2 > t_{II}, \text{ бўлса };$$

$$\text{ёки } t_1 = t_{II} + \Delta t, \text{ агар } t_2 < t_{II}, \text{ бўлса }.$$

Ҳар бир линияга ўрнатилган иккита ҳимоядан қайси бирида сабр вақти кичик бўлса, шу ҳимоя йўналтирилган ҳимоя бўлиши керак.

Шундан сўнг халқадаги линиялардан ҳимоянинг қаралаётган йўналиши бўйича ўтадиган максимал ишчи қувватлар топилади. Бу қувватлар қараб чиқиладиган йўналиш бўйича энг узоқдаги линия узиб қўйилган ҳол учун ҳисобланади. 1 – расмдаги схемада 1, 2 ва 3 ҳимоялар учун линия Л – 4 узилган деб ҳисобланади, 1' , 4' ва 3' ҳимоялар учун линия Л – 1 узилган деб ҳисобланади.

$$\text{Шунда 3 ҳимоя учун } S_{РАБ3} = S_{IV} ;$$

$$2 \text{ ҳимоя учун } S_{РАБ2} = S_{III} + S_{IV} ;$$

$$1 \text{ ҳимоя учун } S_{РАБ1} = S_{II} + S_{III} + S_{IV} ;$$

$$3' \text{ ҳимоя учун } S_{РАБ3'} = S_{II} ;$$

$$4' \text{ ҳимоя учун } S_{РАБ4'} = S_{II} + S_{III} ;$$

$$1' \text{ ҳимоя учун } S_{РАБ1'} = S_{II} + S_{III} + S_{IV} .$$

Бу қувватлар бўйича ҳимоялар учун максимал ишчи токлари ҳисобланади:

$$I_{РАБ.МАКС} = \frac{S_{РАБi}}{\sqrt{3}U_{НОМ}} .$$

Кейин ток трансформаторларининг номинал токи танланади:

$$I_{НОМ.ТТ} \geq I_{РАБ.МАКС} .$$

Ҳар бир ҳимоя учун ишлаш токи ҳисобланади:

$$I_{С.З} = \frac{K_H K_{С.З}}{K_B} I_{РАБ.макс} .$$

Бу ерда $K_H = 1,15 - 1,3$ - ишончилилик коэффициенти, $K_{С.З}$ - ўз-ўзидан ишга тушиш коэффициенти (бошланғич маълумотларда берилган бўлади), K_B - реленинг қайтариш коэффициенти. 1, 2, 3 ва 1' , 4' , 3' ҳимояларнинг ишлаш токлари ана шундай топилади. 2' ҳимоянинг ишлаш токи 3'' ҳимоянинг ишлаш токидан 10% кам деб қабул қилинади, 4 ҳимоянинг ишлаш токи 3 ҳимояниқидан 10% кам деб қабул қилинади.

Шундан сўнг ҳимояларнинг сезгирлиги резерв ҳимояни ҳисобга олган ҳолда текширилади. Бунинг учун минимал режимда берк халқа учун навбат билан ҳар бир линия охиридаги икки фазали қисқа туташув токлари ҳисобланади.

Икки фазали қисқа туташув токини уч фазали қисқа туташув токидан

$$\text{фойдаланиб топиш мумкин: } I_{K.3}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{K.3}^{(3)} = 0,87 I_{K.3}^{(3)}.$$

Қисқа туташувларнинг ҳар бир нуқтаси учун тоқларнинг тақсимланиш коэффициенти $K_{T.P.}$ асосида ҳар бир линия охиридаги тоқлар ҳисобланади:

$$I_{I.K.3.МИН}^{(2)} = K_{T.P.I} I_{K.3.МИН}^{(2)}; I_{II.K.3.МИН}^{(2)} = K_{T.P.II} I_{K.3.МИН}^{(2)}.$$

Бу тоқлар бўйича зарарланган линия охирида жойлашган ҳимояларнинг сезгирлиги аниқланади:

$$K_{q.I} = \frac{I_{I.K.3.МИН}^{(2)}}{I_{C.3.I}}; K_{q.II} = \frac{I_{II.K.3.МИН}^{(2)}}{I_{C.3.II}}.$$

Бу ҳимоялардан ҳеч бўлмаганда биттасининг сезгирлиги $K_q \geq 1,5$ бўлиши керак. Худи шу нуқтада халқа узилган ҳолатда қисқа туташув бўлганда линиянинг нариги томонидаги ҳимоя учун $K_q \geq 1,5$ шарт бажарилиши керак. Худди шундай қўшни линия охиридаги резерв ҳимоя сезгирлиги ҳам текширилади, бунда $K_q \geq 1,2$ шарт бажарилиши керак. Агар келтирилган талаблардан биттаси бажарилмайдиган бўлса, максимал йўналтирилган ҳимоя ўрнига бошқа, одатда масофали ҳимояни қўллаш керак бўлади.

Ҳимоянинг сезгирлиги бўйича юқоридаги талаблар бажарилганда илгари топилган ҳимоянинг ишлаш тоқлари бўйича реленинг ишга тушиш токи аниқланади:

$$I_{C.P.} = \frac{K_{CX} I_{C.3}}{K_{TT}},$$

бу ерда K_{CX} - схема коэффициенти (қараб чиқиладиган ҳимоя тўлиқ ёки тўлиқ бўлмаган юлдуз схемаси бўйича бажарилади, бу ҳолда $K_{CX} = 1$); $I_{C.3}$ - ҳимоянинг ишлаш токи; K_{TT} - ток трансформаторининг трансформация коэффициенти. Реленинг ишлаш токи ва ҳимоянинг сабр вақти асосида ток релеси ва вақт релеси танланади.

Биринчи топшириқни бажаришга мисол

Максимал йўналтирилган ҳимояни ҳисоблашни қуйидаги мисолда қараб чиқамиз. 1А – расмда келтирилган схема бўйича қуйидаги параметрлар берилган: $S_C = 300 \text{ MVA}$,

X_c , Ом	ℓ_1 , км	ℓ_2 , км	ℓ_3 , км	ℓ_4 , км	S_{II} , МВА	S_{III} , МВА	S_{IV} , МВА	t_{II} , сек	t_{III} , сек	t_{IV} , сек	U_c , кВ
1	15	10	8	7	3	2	3	1	1	1,5	35

Халқа линияларидаги ҳимояларнинг сабр вақтларини топиш, ҳимоялардан қайси бири йўналтирилган бўлишини аниқлаш ва Л – 2 линия ҳимоясини (2 ва 3' ҳимоялар) ҳисоблаш талаб этилади.

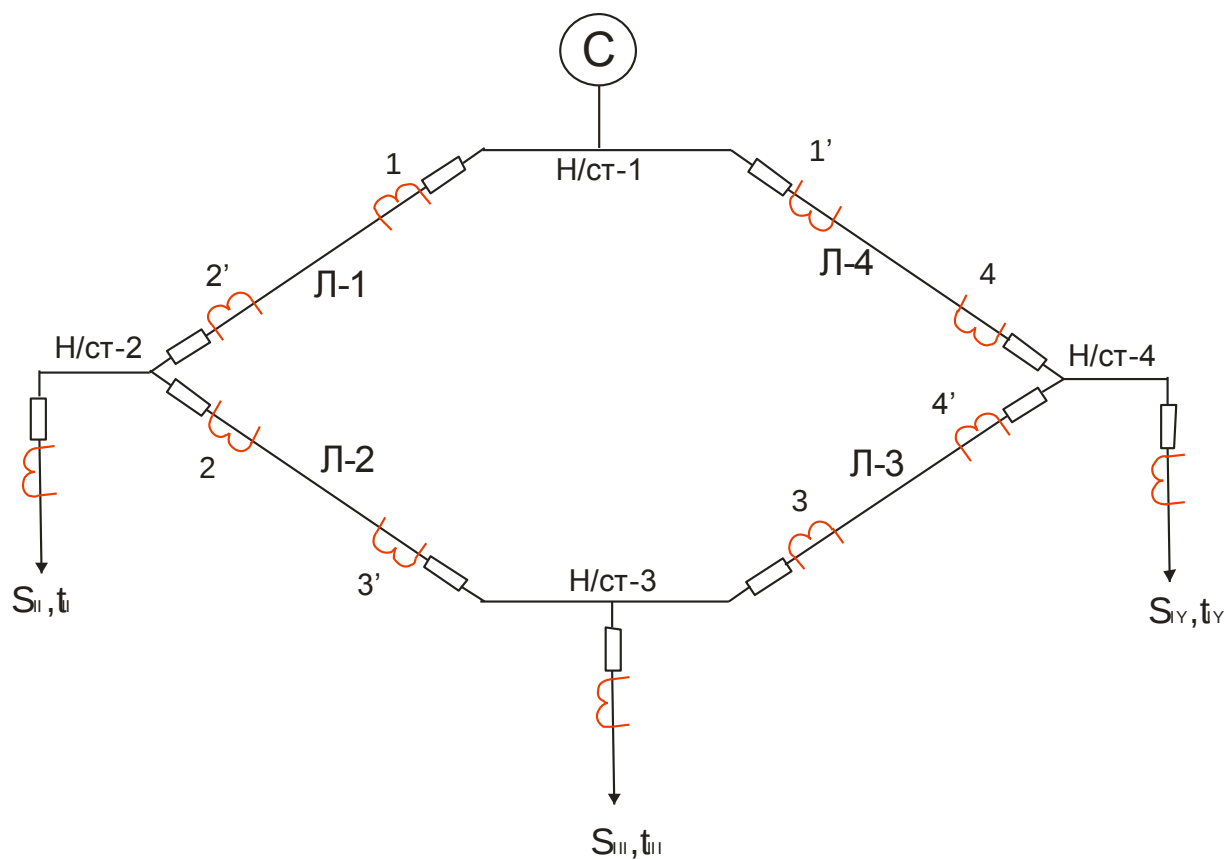
Дастлаб халқа линияларидаги барча ҳимояларни йўналтирилган деб ҳисоблаймиз. Бу ҳимоялар қисқа туташув қуввати нимстанция шиналаридан линияга йўналганда ишга тушади. Ҳимояларнинг сабр вақтларини ҳисоблаймиз:

$$\begin{aligned}
 t_{2'} &= 0 ; \\
 t_{3'} &= t_2 + \Delta t = 1,0 + 0,5 = 1,5 \text{сек} ; \\
 t_{4'} &= t_{3'} + \Delta t = 1,5 + 0,5 = 2,0 \text{сек} ; \\
 t_{1'} &= t_{4'} + \Delta t = 2,0 + 0,5 = 2,5 \text{сек} ; \\
 t_4 &= 0 ; \\
 t_3 &= t_{IV} + \Delta t = 1,5 + 0,5 = 2,0 \text{сек} ; \\
 t_2 &= t_3 + \Delta t = 2,0 + 0,5 = 2,5 \text{сек} ; \\
 t_1 &= t_2 + \Delta t = 2,5 + 0,5 = 3,0 \text{сек} .
 \end{aligned}$$

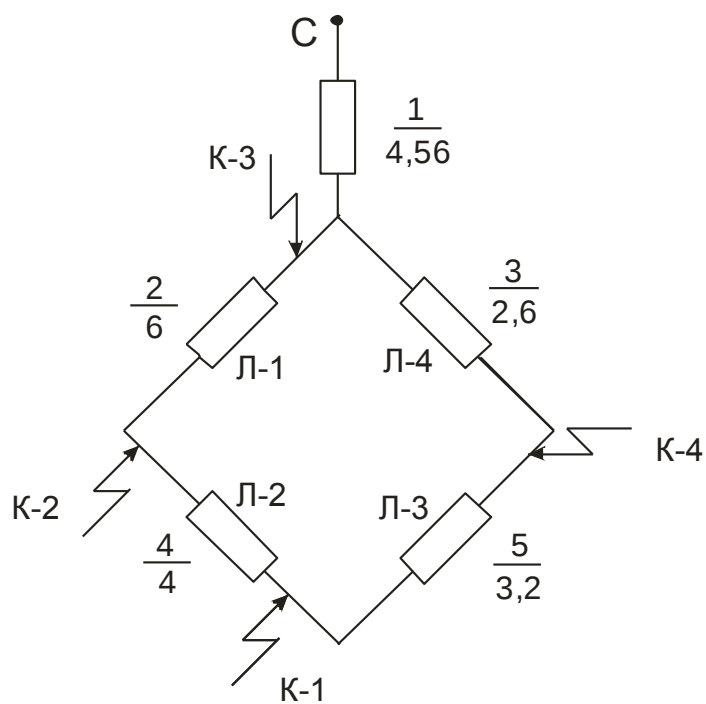
$t_4 < t_{1'}$ бўлганлиги учун бу ҳимоялар йўналтирилган бўлиши керак.

$t_3 = t_{4'}$ бўлганлигидан бу ҳимоялар оддий, йўналтирилмаган ҳимоя кўринишида бажарилиши мумкин. Бу ерда шу нарсани назарда тутиш лозимки, Л – 3 линия ҳимоялари учун (3 ва 4' ҳимоялар) ишлаш токи $I_{РАБ}$ ни танлаганда халқа узилган ҳолатида шу линия орқали қувват йўналишидан қатъий назар ўтиши мумкин бўлган энг катта қаймати қабул қилинади. Акс ҳолда кичикроқ токка ростланган ҳимоя қувват йўналиши линиядан шиналарга йўналганда ҳам ишга тушиб кетади, яъни танловчанлик йўқолади, чунки бу ҳимоя йўналтирилмаган ҳимоя. Агар ҳимоянинг сезгирлиги етарли бўлмаса уни нимстанция шинасидан линияга қараб ўтадиган энг катта қувватга мос келадиган ишчи токига мослаб ростлаб ҳимояни йўналтирилган кўринишда бажариш керак.

1-расм. А) Бир манбали халқасимон тармоқ схемаси



Б) Тармоқнинг алмаштириш схемаси



Л – 2 линияда 3' ҳимоя йўналтирилган бўлиши керак, чунки $t_{3'} < t_2$. Л – 1 линияда эса 2' ҳимоя йўналтирилган бўлиши керак, чунки $t_{2'} < t_1$. 3' ҳимоя учун максимал ҳисобланган ток Л – 1 линия узилганда ҳосил бўлади:

$$I_{РАБ.МАКС} = \frac{S_{II}}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{3}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,0495 \text{ кА},$$

$$\text{бунда } I_{C.3.(3')} = \frac{K_H K_{C.3} I_{РАБ.МАКС}}{K_B} = \frac{1,2 \cdot 1,5 \cdot 49,5}{0,8} = 111 \text{ А}.$$

Йўналтирилмаган 3 ва 4' ҳимоялар учун ишлаш токи

$$I_{РАБ.МАКС} = \frac{S_{II} + S_{III}}{\sqrt{3}U_{НОМ}} = \frac{3 + 2}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,0826 \text{ кА},$$

$$\text{бунда } I_{C.3(3)} = I_{C.3(4')} = \frac{1,2 \cdot 1,5 \cdot 82,6}{0,8} = 186 \text{ А}.$$

Ҳимоя 2 учун

$$I_{РАБ.МАКС} = \frac{S_{III} + S_{IV}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{2 + 3}{\sqrt{3} \cdot 35} = 0,0826 \text{ кА}.$$

$I_{C.3(2)}$ ҳам 186 А га тенг бўлиши керак эди, лекин ҳимоя 2 таъминловчи нимстанция 1 га 3 ҳимояга нисбатан яқинроқ жойлашганлиги учун $I_{C.3(2)} \geq 1,1 \cdot I_{C.3(3)}$ деб олишга тўғри келади. Шунинг учун $I_{C.3(2)} = 1,1 \cdot 186 = 205 \text{ А}$.

Л – 2 ҳимоя сезгирлигини текшириш учун қисқа туташувлар токини ҳисоблаймиз. Бунинг учун берилган тармоқнинг алмаштириш схемасини тузамиз (1 – Б расм). Тармоқнинг барча қаршиликлари 37 кВ кучланишга келтирилган.

$$X_1 = X_C \cdot \frac{U_B^2}{S_C} = 1 \cdot \frac{37^2}{300} = 4,56 \text{ Ом};$$

$$X_2 = X_{yД} \cdot \ell_1 = 0,4 \cdot 15 = 6 \text{ Ом};$$

$$X_3 = X_{yД} \cdot \ell_4 = 0,4 \cdot 7 = 2,8 \text{ Ом};$$

$$X_4 = X_{yД} \cdot \ell_2 = 0,4 \cdot 10 = 4 \text{ Ом};$$

$$X_5 = X_{yД} \cdot \ell_3 = 0,4 \cdot 8 = 3,2 \text{ Ом},$$

бу ерда $X_{уд} = 0,4 \frac{Ом}{км}$ - линиянинг солиштира қаршилиги. Берк халқа ҳолатида К – 2 нуктада уч фазали қисқа туташув бўлганда шу нуктагача бўлган натижавий қаршилик қуйидагига тенг бўлади:

$$X_{\Sigma(K2)} = X_1 + \frac{X_2(X_3 + X_5 + X_4)}{X_2 + X_3 + X_5 + X_4} = 4,56 + \frac{6(2,8 + 3,2 + 4)}{6 + 2,8 + 3,2 + 4} = 8,31 Ом.$$

К – 2 нуктадаги қисқа туташув токини ҳисоблаймиз:

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_B}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma}} = \frac{37}{\sqrt{3} \cdot 8,31} = 2,57 кА.$$

Ҳимоя 2 орқали ўтадиган токнинг улуши

$$K_{T.P(2)} = \frac{X_3 + X_5 + X_4}{X_3 + X_2 + X_5 + X_4} = \frac{2,8 + 3,2 + 4}{6 + 2,8 + 3,2 + 4} = 0,625 \text{ бўлади,}$$

$$\text{шунинг учун } K_{q(2)} = \frac{0,87 \cdot I_{K2}^{(3)} \cdot K_{T.P(2)}}{I_{C.3(2)}} = \frac{0,87 \cdot 2570 \cdot 0,625}{205} = 7,8 > 1,5.$$

К – 1 нукта учун қисқа туташув токини ҳисоблаймиз. Шу нуктагача бўлган натижавий қаршилик:

$$X_{\Sigma(K1)} = X_1 + \frac{(X_2 + X_4)(X_3 + X_5)}{X_2 + X_4 + X_3 + X_5} = 4,56 + \frac{(6 + 4)(2,8 + 3,2)}{6 + 4 + 2,8 + 3,2} = 8,31 Ом.$$

$$\text{Шунинг учун } I_{K1}^{(3)} = \frac{U_B}{\sqrt{3} \cdot X_{\Sigma(K1)}} = \frac{37}{\sqrt{3} \cdot 8,31} = 2,57 кА. \text{ Ҳимоя 2 орқали ўтадиган}$$

$$\text{токнинг улуши } K_{T.P(2)} = \frac{X_3 + X_5}{X_2 + X_4 + X_3 + X_5} = \frac{2,8 + 3,2}{6 + 4 + 2,8 + 3,2} = 0,375 \text{ ва}$$

$$K_{q(2)} = \frac{0,87 \cdot 2570 \cdot 0,375}{205} = 4,09 > 1,5,$$

яъни, халқа тармоғи берк бўлганда ва Л – 2 линия охирида қисқа туташув бўлганда ҳимоя 2 нинг сезгирлиги таъминланади. Ҳимоя 3' нинг сезгирлигини Л – 2 линия ҳимояси резерв ҳимоя каби ишлаганда текшириш мумкин.

Халқа тармоғи узилган ҳолатида К – 2 нуктада икки фазали қисқа туташув рўй берганда ҳимоя 3' орқали ўтадиган ток

$$I_{K-2}^{(2)} = \frac{0,87 \cdot U_B}{\sqrt{3} \cdot (X_1 + X_3 + X_5 + X_4)} = \frac{0,87 \cdot 37}{\sqrt{3} \cdot (4,56 + 2,8 + 3,2 + 4)} = 1,28 \text{ кА},$$

$$K_{q(3')} = \frac{I_{K-2\text{МИН}}^{(2)}}{I_{C.3(3')}} = \frac{1280}{111} = 11,5 > 1,5.$$

Халқа тармоғи узилган ҳолатда К – 1 нуқтада икки фазали қисқа туташув бўлганда 3' ҳимоя орқали ўтадиган ток

$$I_{K-1}^{(2)} = \frac{0,87 \cdot U_B}{\sqrt{3} \cdot (X_1 + X_3 + X_5)} = \frac{0,87 \cdot 37}{\sqrt{3} \cdot (4,56 + 2,8 + 3,2)} = 2,525 \text{ кА}$$

Резерв ҳимоя каби ишлаганда ҳимоя 3' нинг сезгирлиги

$$K_{q(3')\text{РЕЗ}} = \frac{I_{K-1\text{МИН}}^{(2)}}{I_{C.3(3')}} = \frac{2525}{111} = 22,75 > 1,2.$$

3' ҳимоя 3 ҳимояни резервлаганда унинг сезгирлигини халқа тармоғи узилганда К – 4 нуқтада икки фазали қисқа туташув бўлганда текшириш керак. Бу ҳолда ҳимоя 2 орқали ўтадиган ток

$$I_{K-4\text{МИН}}^{(2)} = \frac{0,87 \cdot U_B}{\sqrt{3} \cdot (X_1 + X_2 + X_4 + X_5)} = \frac{0,87 \cdot 37}{\sqrt{3} \cdot (4,56 + 6 + 4 + 3,2)} = 1,048 \text{ кА}$$

$$\text{ва } K_{q(2)\text{РЕЗ}} = \frac{I_{K-4\text{МИН}}^{(2)}}{I_{C.3(2)}} = \frac{1048}{205} = 5,11 > 1,2.$$

Шундай қилиб қараб чиқилаётган Л – 2 линия ҳимояси сезгирлик талабларига жавоб беради. Л – 2 линиянинг максимал ишчи токи (82,6 А) га мос келадиган ток трансформаторини танлаб унинг трансформация коэффициентини топамиз:

$$K_{\text{ТТ}} = \frac{100}{5} = 20.$$

Ҳимояда қўлланадиган реленинг ишлаш токини аниқлаймиз:

$$I_{CP(3')} = \frac{K_{CX} \cdot I_{C.3(3')}}{K_{\text{ТТ}}} = \frac{1 \cdot 111}{20} = 5,55 \text{ А}.$$

РТ – 40/6 ток релесини танлаймиз; $t_{3'} = 1,5 \text{ сек}$. ЭВ – 122 вақт релесини қўллаймиз. Энергия йўналиши релеси сифатида РБМ – 171 релесини танлаймиз.

Ҳимоя 2 релесининг ишга тушиш токи

$$I_{CP(2)} = \frac{1 \cdot 205}{20} = 10,25A; \quad t_2 = 2,5сек.$$

РТ – 40/20 ток релеси ва ЭВ – 122 вақт релесини танлаймиз.

Иккинчи топшириқ учун қўрсатмалар

Қудратли энергосистема билан параллел ишлайдиган кучайтирувчи трансформаторларни ташқи фазалараро қисқа туташувлардан ҳимоя ўрнатмаларини ҳисоблаш ва ҳимоя қурилмаларини танлаш.

Бошланғич маълумотлар сифатида электростанция типи, генераторлар сони n_G , қуввати S_G , кучланиши U_G , бир вақтда ишлайдиган генераторларнинг минимал сони $n_{Гмин}$, қуввати S_T , юқори кучланиши $U_{ВН}$, паст кучланиши $U_{НН}$, кучайтирувчи трансформаторлар сони n_T , уларнинг қисқа туташув кучланиши $U_K\%$, системанинг қисқа туташув қуввати $S_{К.С}$, электр узатиш линияси узунлиги ℓ , ҳимоянинг ишлаш токи $I_{С.З}$ ва ишлаш вақти t берилган бўлади.

Вариант №	Станция типи	n_G	$n_{Гмин}$	S_G , МВ А	U_G кВ	n_T	S_T , МВ А	$U_{ВН}$ кВ	$U_{НН}$ кВ	$U_K\%$	$S_{К.С}$ МВА	ℓ км	$I_{С.З}$ А	t с
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	ГЭС	4	2	15	6,3	2	16	121	11	10,5	10^4	45	10^3	2,0
2	ГЭС	6	3	15	6,3	2	25	121	11	10,5	10^4	40	10^3	1,5
3	ТЭЦ	6	3	15	6,3	2	25	121	11	10,5	10^4	50	10^3	2,0
4	ТЭЦ	8	5	15	6,3	2	25	121	11	10,5	10^4	30	10^3	2,5
5	ТЭЦ	6	4	15	6,3	1	40	121	11	10,5	10^4	55	10^3	1,5
6	ГЭС	4	1	15	6,3	2	16	121	11	10,5	10^4	50	10^3	1,5
7	ГЭС	3	2	10	6,3	2	10	121	6,6	10,5	10^4	35	10^3	2,0
8	ГЭС	4	2	50	6,3	2	63	121	11	10,5	10^4	50	10^3	2,0
9	ТЭЦ	4	2	50	6,3	2	63	230	11	10,5	10^4	65	10^3	1,5
10	ТЭЦ	4	2	75	6,3	2	80	230	11	10,5	10^4	70	10^3	2,5
11	ГЭС	3	1	55	6,3	1	80	230	11	11	10^4	80	10^3	2,0
12	ГЭС	4	1	25	6,3	2	40	121	11	10,5	10^4	40	10^3	1,5
13	ГЭС	2	1	40	6,3	1	40	121	11	10,5	10^4	40	10^3	2,0
14	ТЭЦ	6	4	37	6,3	2	80	230	11	11	10^4	60	10^3	2,0
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

15	ТЭЦ	4	2	37	6,3	1	90	230	11	11	10^4	80	10^3	2,0
16	ТЭЦ	8	5	15	6,3	2	32	121	11	10,5	10^4	35	10^3	2,0
17	ТЭЦ	12	5	15	6,3	2	40	121	11	10,5	10^4	45	10^3	1,5
18	ГЭС	4	1	10	6,3	1	32	121	11	10,5	10^4	40	10^3	1,8
19	ГЭС	2	1	10	6,3	1	10	121	11	10,5	10^4	35	10^3	1,7
20	ГЭС	2	1	10	6,3	1	16	121	6,3	10,5	10^4	35	10^3	1,8
21	ТЭЦ	6	4	10	6,3	1	32	121	6,3	10,5	10^4	30	10^3	1,7
22	ТЭЦ	4	2	63	6,3	2	63	121	11	10,5	10^4	40	10^3	1,8
23	ГЭС	4	1	25	6,3	2	40	121	11	10,5	10^4	35	10^3	1,9
24	ТЭЦ	2	1	69	6,3	2	40	121	11	10,5	10^4	30	10^3	2,0
25	ТЭЦ	4	2	69	6,3	2	80	230	11	11	10^4	40	10^3	2,3
26	ГЭС	4	1	15	6,3	2	40	121	11	10,5	10^4	40	10^3	1,7
27	ГЭС	3	2	10	6,3	1	16	121	6,6	10,5	10^4	30	10^3	2,0
28	ТЭЦ	3	2	15	6,3	1	32	121	6,3	8,5	10^4	15	10^3	1,2
29	ТЭЦ	4	2	15	6,3	1	40	121	6,3	8,5	10^4	15	10^3	1,5
30	ГЭС	3	2	15	6,3	1	40	121	11	8,5	10^4	18	10^3	1,3

Кучайтирувчи трансформаторда ташқи қисқа туташувлардан ҳимоя унинг дифференциал ҳимоясини резервлаши керак. Шунинг учун ташқи қисқа туташувлардан ҳимоя трансформаторнинг паст кучланиш томонига қўйилади. Ҳимоя бундан ташқари ёндош юқори кучланиш линияларини ҳам резервлаши, яъни бу линиялар охиридаги қисқа туташувларга сезгир бўлиши керак.

Кудратли энергосистема билан параллел ишлайдиган трансформаторларда қисқа туташув токи максимал токли ҳимоянинг ишга тушиш токидан ёки минимал кучланиш таъсирида ишга тушадиган ҳимоянинг ишга тушиш токидан кичик бўлиб қолади. Бундай ҳолларда тескари кетма-кетликдаги максимал токли ҳимояни симметрик қисқа туташувлардан ҳимоялаш қўшимчаси билан қўллаш керак бўлади.

Тескари кетма-кетликдаги ҳимоянинг ишлаш токи қуйидагича топилади:

$$I_{2C.3} = K_H \cdot I_{2PACЧ},$$

бу ерда K_H - ишончлилик коэффициенти;

$I_{2PACЧ}$ - тескари кетма-кетлик бўйича ҳисобланган ток, яъни қараб чиқиладиган ҳимоя ток трансформаторлари орқали асосий ҳимоя зонаси охирида икки фазали қисқа туташув бўлганда ўтадиган ток.

Агар ёндош электр узатиш линияси учун асосий ҳимоя максимал токли ҳимоя бўлса, бу ҳимоя зонаси охирида қисқа туташув бўлгандаги ток миқдори бу ҳимоянинг ишга тушиш токи $I_{C.3}$ га тенг бўлади. Бунга $\frac{I_{C.3}}{\sqrt{3}}$

миқдордаги тескари кетма-кетлик токи мос келади. Унинг ҳисобланган қиймати қуйидагига тенг бўлади:

$$I_{2PACЧ} = K_{2TP} \cdot \frac{I_{C.3}}{\sqrt{3}},$$

бу ерда K_{2TP} - тескари кетма-кетлик тоқларининг тақсимланиш коэффициентини бўлиб, ҳимояланаётган трансформатор орқали тескари кетма-кетлик тоқининг қанча қисми ўтаётганини кўрсатади.

Ёндош электр узатиш линиясида уч босқичли масофали ҳимоя ўрнатилган бўлса, тескари кетма-кетлик тоқини ҳисоблаш учун электр узатиш линияси охирида икки фазали қисқа туташув бўлгандаги тескари кетма-кетлик тоқини ва унинг ҳимояланаётган трансформатор орқали ўтадиган улушини ҳисоблаш керак бўлади.

Трансформаторни ташқи симметрик қисқа туташувдан ҳимоя қилишга мўлжалланган приставканинг ишлаш тоқи

$$I_{C.3} = \frac{K_H}{K_B} \cdot I_{НОМ},$$

бу ерда K_H – ишончилилик коэффициенти;

K_B – қайтариш коэффициенти;

$I_{НОМ}$ - ҳимояланаётган трансформаторнинг номинал тоқи.

Приставканинг ишга тушиш кучланиши:

$$U_{C.3} = \frac{U_{РАБ.МИН}}{K_H K_B},$$

бу ерда $U_{РАБ.МИН}$ - трансформаторнинг минимал ишчи кучланиши.

Кейин ҳимоянинг сезгирлиги ҳимоядаги трансформатордан кейинги нуқтада (паст кучланиш шиналарида) ва ёндош линия охирида текширилади. Паст кусланиш шиналарида ҳимоянинг сезгирлиги 1,5 дан кам бўлмаслиги, ёндош линия охирида эса 1,2 дан кам бўлмаслиги керак.

Фильтрли тескари кетма-кетликдаги тоқли ҳимоя сезгирлиги :

$$K_q^{(2)} = \frac{I_{2К.МИН}^{(2)}}{I_{2C.3}},$$

бу ерда $K_q^{(2)}$ - сезгирлик коэффициенти;

$I_{2К.МИН}^{(2)}$ - юқорида кўрсатилган нуқталар (паст кучланиш шиналари ва ёндош линия охири) да икки фазали қисқа туташув бўлганда ҳимояланаётган трансформатор орқали

ўтадиган тескари кетма-кетлик тоқи. (У ҳам $I_{2PACЧ}$ қийматини

ҳисоблашда фойдаланилган K_{2TP} - тескари кетма-кетлик тоқларининг тақсимланиш коэффициентини ёрдамида топилади).

$I_{2C.3}$ - тескари кетма-кетлик ҳимоясининг ишга тушиш токи.

Агар $K_q^{(2)}$ нинг қиймати талаб қилинган қийматдан анча катта бўлса, $I_{2C.3}$ нинг қийматини $(0,5 - 0,6)I_{НОМ}$ миқдоргача оширилган қийматини қабул қилиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Приставка токли органининг сезгирлиги ҳам юқоридаги каби топилади:

$$K_q^{(3)} = \frac{I_{K.МИН}^{(3)}}{I_{C.3}},$$

бу ерда $K_q^{(3)}$ - пристака токли органининг сезгирлик коэффициенти;

$I_{C.3}$ - приставканинг ишга тушиш токи;

$I_{K.МИН}^{(3)}$ - юқорида кўрсатиб ўтилган нуқталарда шикастланиш рўй берганда ҳимояланаётган трансформатор орқали ўтадиган уч фазали қисқа туташув токи.

$I_{K.МИН}^{(3)}$ нинг қийматини топиш учун қисқа туташув токини шикастланиш нуқтасида тўғри кетма-кетликдаги алмаштириш схемаси тармоқлари бўйлаб тақсимлаш керак бўлади. Ҳисобларни соддалаштириш учун тўғри ва тескари кетма-кетликдаги алмаштириш схемаларида барча элементларнинг қаршиликларини бир хил деб, кучайтирувчи трансформаторлар ўрнатилган нимстанциядаги генераторларнинг электр юритувчи кучлари ва системанинг битта босқичга келтирилган кучланишлари ўзаро тенг деб қабул қилиш мумкин.

Шуни белгилаб ўтиш лозимки, ҳисоблашларда барча тоқлар қийматини ҳимоя ток трансформаторлари кучланиши билан бир босқичда қайта ҳисоблаш керак бўлади.

Приставка кучланиш органининг сезгирлиги қуйидагича топилади:

$$K_{q.H} = \frac{U_{C.3}}{U_{ОСТ.МАКС}},$$

бу ерда $K_{q.H}$ - приставканинг кучланиш бўйича сезгирлиги;

$U_{ОСТ.МАКС}$ - юқорида кўрсатиб ўтилган нуқталарда қисқа туташув бўлганда ҳимояни таъминлайдиган кучланиш трансформатори уланган шиналардаги максимал қолдиқ кучланиш.

Приставканинг кучланиш бўйича сезгирлигини ошириш учун минимал кучланиш релесини ҳимояланаётган трансформаторнинг юқори кучланиш шиналарига уланган кучланиш трансформатори орқали таъминлаш мақсадга мувофиқ бўлади. Шундай қилинганда бу шиналарда қисқа туташув бўлганда қолдиқ кучланиш $U_{ОСТ} = 0$ бўлади ва приставканинг сезгирлигини фақат ёндош линия охирида уч фазали қисқа туташув бўлгандагина текшириш талаб қилинади. Бу ҳолда

$$U_{ОСТ.МАКС} = \sqrt{3} \cdot I_{K.МАКС}^{(3)} \cdot X_L,$$

бу ерда $I_{K.МАКС}^{(3)}$ - линия охирида шикастланиш содир бўлганда шу
 линия орқали ўтадиган максимал қисқа туташув токи;
 X_L - линия қаршилиги;

$U_{C.3}$ ва $U_{ОСТ.МАКС}$ кучланиш трансформаторини таъминлайдиган
 кучланишга мос кучланишга келтирилиши керак.

Агар ҳимоя сезгирлиги бўйича талабга жавоб берадиган бўлса, уни
 таъминлайдиган ўлчаш трансформаторларини танлаш, ҳимоя релесининг
 ишга тушиш токи ва кучланишини, сабр вақтини аниқлаш ва мос келадиган
 релани справочникдан танлаш керак бўлади.

Ток трансформаторларининг номинал токи қуйидаги талабга жавоб
 бериши керак:

$$I_{ТТ.НОМ} \geq I_{Т.НОМ} ,$$

бу ерда $I_{ТТ.НОМ}$ - ток трансформаторининг номинал токи;

$I_{Т.НОМ}$ - ҳимояланаётган трансформаторнинг номинал токи.

Кучланиш трансформаторининг номинал кучланиши қуйидаги талабга
 жавоб бериши керак:

$$U_{ТН.НОМ} \geq U_{Т.НОМ} ,$$

бу ерда $U_{ТН.НОМ}$ - кучланиш трансформаторининг номинал кучланиши;

$U_{Т.НОМ}$ - ҳимояланаётган трансформаторнинг номинал кучлагиши.

Ток трансформаторининг трансформация коэффиценти

$$K_{ТТ} = \frac{I_{ТТ.НОМ}}{5} \text{ (бу ерда ток Амперларда ўлчанади).}$$

Кучланиш трансформаторининг трансформация коэффиценти

$$K_{ТН} = \frac{U_{ТН.НОМ}}{100} \text{ (бу ерда кучланиш Вольтларда ўлчанади).}$$

Тескари кетма-кетлик токи фильтр-релесининг ишга тушиш токи

$$I_{2CP} = \frac{I_{2CP}}{K_{ТТ}} .$$

Приставка релесининг ишга тушиш токи

$$I_{CP} = \frac{I_{C.3}}{K_{ТТ}} .$$

Приставка минимал кучланиш релесининг ишга тушиш кучланиши

$$U_{CP} = \frac{U_{C.3}}{K_{ТН}} .$$

Ҳимоянинг сабр вақти $t = t_L + \Delta t$,

бу ерда t_L - линия ҳимояси охирги босқичининг сабр вақти;

Δt - сабр вақти қадами.

Иккинчи топшириқни бажаришга мисол

Мисол тариқасида 2А – расмда кўрсатилган кучайтирувчи трансформатор ҳимоясини қараб чиқамиз. Тармоқнинг параметрлари схемада кўрсатилган. Минимал режимда ИЭСда иккита генератор ишлайди (расмда фақат трансформатор ҳимояси мосланиши керак бўлган электр узатиш линияси ЭУЛ кўрсатилган).

Кучайтирувчи трансформаторда филтрли токли ҳимоя ўрнатиш керак ёки керак эмаслигини аниқлаш учун минимал режимда К – 1 ва К – 2 нуқталарда уч фазали ва икки фазали қисқа туташув тоқларини ҳисоблаймиз. Ҳисобларни соддалаштириш учун $E_q'' = U_{НОМ}$ ва $X_{2ГЕН} = X_d''$ деб қабул қиламиз. Шунда тескари кетма-кетлик алмаштириш схемаси тўғри кетма-кетлик алмаштириш схемаси билан бир хил бўлади ва :

$$I_{КЗ}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{КЗ}^{(3)},$$

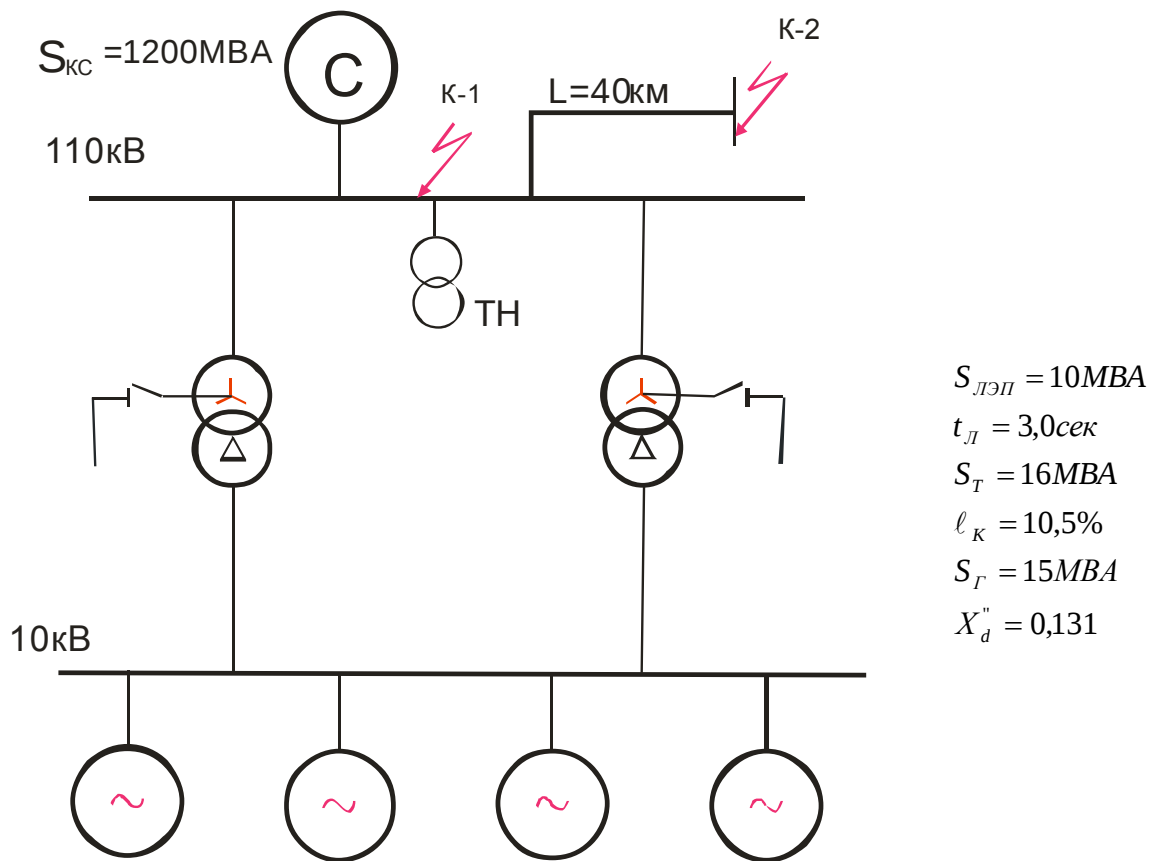
бу ерда $I_{КЗ}^{(2)}$ ва $I_{КЗ}^{(3)}$ - мос равишда икки фазали ва уч фазали қисқа туташув тоқлари.

Ҳисобларни номланган катталикларда кучланишнинг ўртача қийматлари учун олиб борамиз. Базис кучланиши сифатида $U_B = 10,5кВ$ қабул қиламиз. Кўриб чиқиладиган тўғри (тескари) кетма-кетликдаги алмаштириш схемаси 2Б – расмда кўрсатилган.

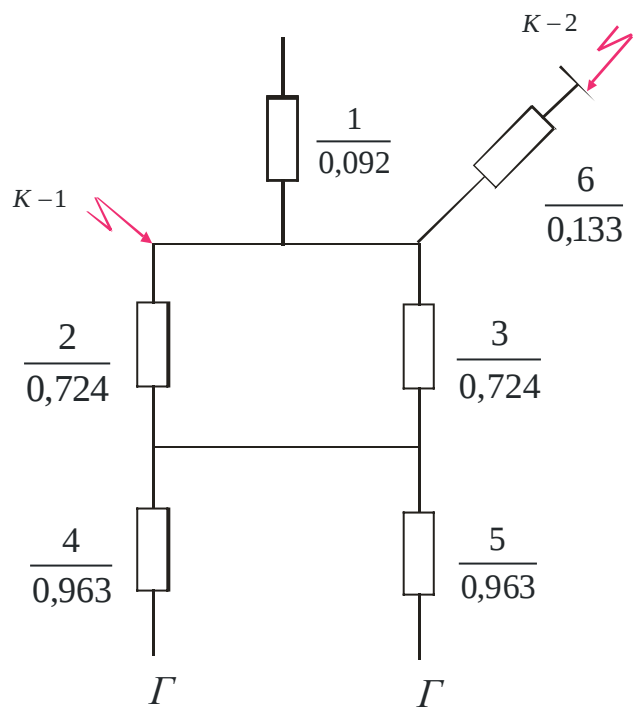
$$X_1 = \frac{U_B}{S_{КС}} = \frac{10,5^2}{1,2 \cdot 10^3} = 0,092 Ом;$$

$$X_2 = X_5 = \frac{\ell_K \%}{100} \cdot \frac{U_B^2}{S_T} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{(10,5)^2}{16} = 0,724 Ом;$$

$$X_4 = X_5 = X_d'' \cdot \frac{U_B^2}{S_{Г}} = 0,131 \cdot \frac{(10,5)^2}{15} = 0,963 Ом;$$



2А - расм



2Б - расм

$$X_6 = X_{yД} \cdot \ell \cdot \left(\frac{U_B}{U_{CP..ЛЭП}} \right)^2 = 0,4 \cdot 40 \cdot \left(\frac{10,5}{115} \right)^2 = 0,133 \text{ Ом}.$$

К – 1 нуктада қисқа туташув бўлганда

$$X_{PE3} = \frac{\left(\frac{X_2}{2} + \frac{X_4}{2} \right) \cdot X_1}{\frac{X_2}{2} + \frac{X_4}{2} + X_1} = \frac{\left(\frac{0,724}{2} + \frac{0,963}{2} \right) \cdot 0,092}{\frac{0,724}{2} + \frac{0,963}{2} + 0,092} = 0,083 \text{ Ом}.$$

Уч фазали қисқа туташув токи

$$I_{K-1}^{(3)} = \frac{U_B}{\sqrt{3} \cdot X_{PE3}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,083} = 73,1 \text{ кА}.$$

Икки фазали қисқа туташув токи

$$I_{K-1}^{(2)} = 0,87 \cdot I_{K-1}^{(3)} = 0,87 \cdot 73,1 = 63,4 \text{ кА}.$$

Ҳар бир трансформатор орқали икки фазали қисқа туташув токи ўтади:

$$I_{K-1(T)}^{(2)} = I_{K-1}^{(2)} \cdot K_{2T.P};$$

$$K_{2T.P} = \frac{X_1}{2 \left(\frac{X_2}{2} + \frac{X_4}{2} + X_1 \right)} = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,092}{\frac{0,724}{2} + \frac{0,963}{2} + 0,092} = 0,0492 \text{ ва}$$

$$I_{K-1(T)}^{(2)} = 63,4 \cdot 0,0492 = 3,12 \text{ кА}.$$

Юқорида қабул қилинган соддалаштиришлар асосида $K_{1T.P} = K_{2T.P} = 0,0492$ деб ҳисоблаш мумкин ва шунинг учун

$$I_{K-1(T)}^{(3)} = 73,1 \cdot 0,0492 = 3,6 \text{ кА}.$$

К – 2 нуктада 3 фазали қисқа туташув бўлганда

$$X_{\Sigma} = 0,083 + X_6 = 0,083 + 0,133 = 0,216 \text{ Ом ва}$$

$$I_{K-2}^{(3)} = \frac{10,5}{3 \cdot 0,216} = 28,1 \text{ кА}.$$

Шу нуқтада икки фазали қисқа туташув бўлганда

$$I_{K-2}^{(2)} = 0,87 \cdot 28,1 = 24,45 \text{ кА}.$$

Мос равишда ҳимояланаётган трансформатор орқали ўтадиган қисқа туташув токлари

$$I_{K-2(T)}^{(3)} = 28,1 \cdot 0,0492 = 1,38 \text{ кА};$$

$$I_{K-2(T)}^{(2)} = 24,45 \cdot 0,0492 = 1,2 \text{ кА}.$$

Паст кучланиш томонида трансформаторнинг номинал токи

$$I_{НОМ} = \frac{S_T}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}} = \frac{16}{3 \cdot 10,5} = 0,881 \text{ кА}.$$

Приставканинг уч фазали қисқа туташувдан ишга тушиш токи

$$I_{C3} = \frac{K_H}{K_B} I_{НОМ} = \frac{1,2}{0,8} \cdot 0,881 = 1,32 \text{ кА}.$$

Агар трансформаторни ташқи қисқа туташувлардан ҳимоя қилиш учун кучланиш бўйича ишга тушадиган, комбинациялашган максимал токли ҳимоя қўлланилганда унинг ишга тушиш токи ҳам худди шундай бўлар эди. Шунинг учун К – 2 нуқтада икки фазали қисқа туташув бўлганда сезгирлик коэффициенти

$$K_q^{(2)} = \frac{I_{K-2(T)}^{(2)}}{I_{C3}} = \frac{1,2}{1,32} = 0,91 < 1,2.$$

Демак, бу ҳимояни қўллаб бўлмайди. Бу ерда уч фазали қисқа туташувдан ҳимояладиган приставка билан бирга тескари кетма-кетликдаги токли ҳимоя ўрнатиш керак бўлади.

Тескари кетма-кетлик ҳисобий токининг қийматини аниқлаш учун ёндош электр узатиш линиясида қандай ҳимоя қўйилишини ва унинг ишлаш параметрларини билиш керак бўлади.

Линиянинг ишчи токи

$$I_{РАБ} = \frac{S_{ЛЭП}}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ.ЛЭП}} = \frac{10}{\sqrt{3} \cdot 115} = 0,05 \text{ кА}.$$

Электр узатиш линияси максимал токли ҳимоясининг ишга тушиш токи

$$I_{C3..ЛЭП} = I_{РАБ} \cdot \frac{K_H K_{C3}}{K_B} = 50 \cdot \frac{1,2 \cdot 1,5}{0,8} = 113 A.$$

Линия охиридаги (электр узатиш линияси кучланишига келтирилган) минимал икки фазали қисқа туташуш токи ($K - 2$ нукта):

$$\dot{I}_{K-2\text{МИН}}^{(2)} = I_{K-2}^{(2)} \cdot \frac{U_B}{U_{НОМ..ЛЭП}} = 24,45 \cdot \frac{10,5}{115} = 2,23 \text{ кА}.$$

Электр узатиш линиясининг сезгирлик коэффиценти

$$K_q = \frac{\dot{I}_{K-2\text{МИН}}^{(2)}}{I_{C3..ЛЭП}} = \frac{2230}{113} = 19,7 > 1,5.$$

Шундай қилиб бу линияда максимал токли ҳимояни қўллаш мумкин. Унинг базис кучланишига келтирилган ишга тушиш токи

$$\dot{I}_{C3..ЛЭП} = I_{C3..ЛЭП} \cdot \frac{U_{НОМ..ЛЭП}}{U_B} = 113 \cdot \frac{115}{10,5} = 1240 A.$$

Ҳисобий тескари кетма-кетлик токи

$$I_{2РАСЧ} = K_{2ТР} \cdot \frac{\dot{I}_{C3..ЛЭП}}{\sqrt{3}} = 0,0492 \cdot \frac{1240}{\sqrt{3}} = 35 A.$$

Трансформатор тескари кетма-кетлик ҳимоясининг ишга тушиш токи

$$I_{2C3(T)} = K_H I_{2РАСЧ} = 1,2 \cdot 35 = 42 A$$

Бу ҳимоянинг $K - 2$ нуктада қисқа туташув бўлгандаги сезгирлиги

$$K_q^{(2)} = \frac{I_{K-2(T)\text{МИН}}}{\sqrt{3} \cdot I_{2C3(T)}} = \frac{1200}{\sqrt{3} \cdot 42} = 16,5.$$

Юқорида кўрсатиб ўтилганидек, сезгирлик даражаси етарлича катта бўлганда ҳимояни бир оз кўполлаштириш мумкин, бунда қуйидагини қабул қиламиз:

$$I_{2C3(T)} = 0,5 \cdot I_{НОМ} = 0,5 \cdot 881 = 440 A.$$

Шунда

$$K_q^{(2)} = \frac{1200}{\sqrt{3} \cdot 440} = 1,58 > 1,2.$$

К – 1 нуктада икки фазали қисқа туташув бўлганда эса

$$K_q^{(2)} = \frac{I_{K-1(T)}}{\sqrt{3} \cdot I_{C3(T)}} = \frac{3120}{\sqrt{3} \cdot 440} = 4,1 > 1,5.$$

К – 1 нуктада уч фазали қисқа туташув бўлганда приставка токли органининг сезгирлик коэффициенти

$$K_q = \frac{I_{K-1МИН}^{(3)}}{I_{C3}} = \frac{3,6}{1,32} = 2,73 > 1,5$$

К – 2 нуктада уч фазали қисқа туташув бўлганда

$$K_q = \frac{I_{K-2МИН}^{(3)}}{I_{C3}} = \frac{1,38}{1,32} = 1,05 < 1,2.$$

Уч фазали қисқа туташувларнинг улуши бошқа турдаги қисқа туташувлар билан солиштирилганда 5% ни ташкил қилишини, шунингдек, трансформатордан чиққан жойда уч фазали қисқа туташув бўлганда ҳимоя органи етарлича сезгирлигини ҳисобга олсак, юқоридаги ҳимояни қўллаш мумкин бўлади.

Приставка 110 В шиналарига уланган кучланиш трансформаторига уланади. Унинг ишга тушиш кучланиши

$$U_{C3} = \frac{U_{РАБ.МИН}}{K_H \cdot K_B} = \frac{0,95 \cdot 115}{1,1 \cdot 1,2} = 82,8 \text{ кВ}.$$

К – 2 нуктада уч фазали қисқа туташув бўлганда линия кучланишига келтирилган қисқа туташув токи

$$\dot{I}_{K-2МАКС}^{(3)} = \frac{U_{НОМ.ЛЭП}}{\sqrt{3} \cdot \dot{X}_{РЕЗ.МИН}},$$

бу ерда

$$\dot{X}_{РЕЗ.МИН} = X_{РЕЗ.МИН} \cdot \left(\frac{U_{НОМ.ЛЭП}}{U_B} \right)^2 \text{ ва}$$

$$X_{РЕЗ.МИН} = \frac{\left(\frac{X_2}{2} + \frac{X_4}{2} \right) \cdot X_1}{\frac{X_2}{2} + \frac{X_4}{2} + X_1} + X_6 = \frac{\left(\frac{0,724}{2} + \frac{0,963}{2} \right) \cdot 0,092}{\frac{0,724}{2} + \frac{0,963}{2} + 0,092} + 0,133 = 0,213 \text{ Ом}.$$

Энди

$$\dot{X}_{PE3.MHH} = 0,213 \cdot \left(\frac{115}{10,5}\right)^2 = 25,6 \text{ Ом ва}$$

$$\dot{I}_{K-2MAKC}^{(3)} = \frac{115}{\sqrt{3} \cdot 25,6} = 2,597 \text{ кА}.$$

Линия қаршилиги

$$X_L = X_{yD} \cdot \ell = 0,4 \cdot 40 = 16 \text{ Ом ва}$$

$$U_{OCT.MAKC} = \sqrt{3} \cdot \dot{I}_{K-2MAKC}^{(3)} \cdot X_L = \sqrt{3} \cdot 2,597 \cdot 16 = 71,9 \text{ кВ}.$$

Приставканинг кучланиш бўйича сезгирлик коэффиценти

$$K_{CH} = \frac{U_{C3}}{U_{OCT.MAKC}} = \frac{82,8}{71,9} = 1,15.$$

Бу қиймат бизни қониқтирадиган қиймат 1,2 дан бир оз кичикроқ, лекин юқорида айтиб ўтилганидек, уч фазали қисқа туташувларнинг камлигини ҳисобга олиб бу кэффицентни қабул қилса бўлади.

Ҳимояланаётган трансформаторнинг номинал токи 881 А бўлганда ток трансформаторининг трансформация коэффиценти

$$K_{TT} = \frac{1000}{5} = 200.$$

Кучланиш трансформаторининг трансформация коэффиценти

$$K_{TH} = U_{НОМ} / 100 = 110000 / 100 = 1100$$

Тескари кетма-кетлик фильтр-релесининг ишга тушиш токи

$$I_{2CP} = \frac{I_{2C3}}{K_{TT}} = \frac{440}{200} = 2,2 \text{ А}$$

РТФ – 7/2 релесини қабул қиламиз.

Приставка релесининг ишга тушиш токи

$$I_{CP} = \frac{I_{C3}}{K_{TT}} = \frac{1320}{200} = 6,6 \text{ А}$$

РТ – 40/10 релесини қабул қиламиз.

Минимал кучланиш релесининг ишга тушиш кучланиши

$$U_{CP} = \frac{U_{C3}}{K_{TH}} = \frac{82800}{1100} = 75,2B$$

РН – 54/160 релесини қабул қиламиз.

Ҳимоянинг сабр вақти

$$t = t_{\text{Л}} + \Delta t = 3 + 0,5 = 3,5\text{сек}$$

ЭВ – 122 вақт релесини қабул қиламиз.

ИЛОВА

U_C - тармоқдаги кучланиш;

X_C - системанинг қаршилиги;
 ℓ - линиянинг узунлиги;
 S - нимстанция юкламаси;
 t - ҳимоянинг сабр вақти;
 Δt қ 0,5 – 0,6 сек – сабр вақтининг поғонали ошиб бориш қадами;
 $I_{РАБ.МАКС}$ - ҳимоянинг максимал ишчи токи;
 $U_{НОМ}$ - трансформаторнинг номинал кучланиши;
 $I_{НОМ.ТТ}$ - ток трансформаторининг номинал токи;
 $I_{C.3}$ - ҳимоянинг ишга тушиши токи;
 $K_H = 1,15 - 1,3$ - ишончилилик коэффиценти;
 $K_{C.3}$ - ўз-ўзидан ишга тушиш коэффиценти (бошланғич маълумотлар- да берилган бўлади);
 K_B - реленинг қайтариш коэффиценти;
 $I_{K.3}^{(2)}$ - икки фазали қисқа туташув токи;
 $I_{K.3}^{(3)}$ - уч фазали қисқа туташув токи;
 $K_{T.P}$ - қисқа туташув нуқтасида токнинг линиялар бўйича тақсимла- ниш коэффиценти;
 $I_{K.3.МИН}^{(2)}$ - икки фазали қисқа туташув бўлганда линия охиридаги (минимал) ток кучи;
 K_q - ҳимоянинг сезгирлиги;
 $I_{C.P.}$ - реленинг ишга тушиши токи;
 $K_{CX} = 1$ - ҳимоя тўлиқ ёки тўлиқ бўлмаган юлдуз схемаси бўйича бажарилгандаги схема коэффиценти;
 $K_{ТТ}$ - ток трансформаторининг трансформация коэффиценти;
 X - линия қаршилиги;
 U_B - тармоқ учун қабул қилинган базис кучланиши;
 $X_{уд} = 0,4 Ом / km$ - тармоқнинг солиштирма қаршилиги;
 $X_{\Sigma(K)}$ - қисқа туташув нуқтасигача бўлган натижавий қаршилик;
 ЛЭП – Электр узатиш линияси.

АДАБИЁТЛАР

1. Методические указания к практическим занятиям и самостоятельной работе студентов по курсу «Релейная защита». Ю.Л. Крупенья, В.В. Зеверов. Ташкент, 1991, 52с.
2. Расчёт релейной защиты и автоматики распределительных сетей. М.А. Шаббад. Л.: Энергия, 1985.
3. Электр таъминоти системаларининг релели ҳимоялари ва автоматикаси, Курс иши ва машқлар бажариш учун услубий қўлланма. И.Х.Сиддиқов таҳрири остида. Тип. Узинформэнерго, 1993, 1995, 2001.

МУНДАРИЖА

<i>Умумий кўрсатмалар</i>	3
<i>Биринчи топшириқ бўйича кўрсатмалар</i>	3
<i>Биринчи топшириқни бажаришга мисол</i>	7
<i>Иккинчи топшириқ бўйича кўрсатмалар</i>	12
<i>Иккинчи топшириқни бажаришга мисол</i>	17
<i>Илова</i>	25
<i>Адабиётлар</i>	26
<i>Мундарижа</i>	26