**Коммерциялық емес
акционерлік
қоғам**

АЛМАТЫ ЭНЕРГЕТИКА
ЖӘНЕ БАЙЛАНЫС
УНИВЕРСИТЕТІ

Электр станциялары,
тораптары және жүйелері
кафедрасы

ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАР МЕН ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАР

5В071800 – Электр энергетикасы
мамандығының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарды орындау
бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Алматы 2015

ҚҰРАСТЫРУШЫЛАР: Г.Х.Хожин, Е.Г.Михалкова, Ж.Н.Тасыбаева. есептеу – сызба жұмысқа арналған әдістемелік нұсқаулар (5В071800 – Электр энергетикасы мамандығы бойынша дайындалатын студенттерге арналған).

Бұл әдістемелік нұсқаулар «Электр станциялар мен қосалқы станциялар» пәнінен үш есептеу-сызба жұмыстарды орындауға арналған. Оның құрамында мақсаты, міндеті және көлемі көрсетілген. Нақты мысалдар келтірілген.

Сурет 20, кесте 20 , әдебиет көрсеткіші 7 атау.

Пікір беруші: доцент Чежимбаева Қ.С

«Алматы энергетика және байланыс университетінің» коммерциялық емес акционерлік қоғамының 2015 ж. баспа жоспары бойынша басылады.

© «Алматы энергетика және байланыс университеті» КЕАҚ 2015 ж.

1 Есептеу-сызба жұмыс №1

1.1 Есептеу-сызба жұмыстың мақсаты және мәселелері

Жұмыстың мақсаты: студенттерге қойылған тапсырмаларды өз бетімен шешім шығаруын дамыту, теориялық білімдерін баянды ету, техникалық әдебиеттерден алынған ақпараттарды тәжірбиемен ұштастыра отырып электрлік станциялардың құрылымдық сұлбаларын таңдау және жүктемелердің балансын есептеу.

Есептеу-сызба жұмыс, бұл типтік есеп, оған кіретін мәселелер:

- генераторлардың түрін, олардың қоздыру және салқындату жүйелерін таңдау;
- станциялардың алғашқы құрылымдық сұлбаларын сызу (құрастыру);
- қалыпты режимде жүктемелердің қуат балансын есептеу (қалыпты режимде).

Есептеу – сызба жұмыс берілген әр түрлі нұсқалар арқылы орындалады.

1.2 Есептеу-сызба жұмыстың көлемі және мазмұны

1.2.1 Бастапқы берілгендері.

Есептеу-сызба жұмыстың бастапқы берілгендері қосымшаларда (А.1 кесте) көрсетілген, мұндағы берілгендер:

- станцияның және отынның түрі;
- станциядағы генераторлардың қуаты мен саны;
- электрлік жүктемелер, олардың кернеуі және қуаты;
- энерго жүйемен станцияны байланыстыратын электр беру желілерінің саны, кернеуі және тағы басқа да керекті деректер.

Жүктеме графиктерін бірдей етіп алып, олар қарастырылатын мысалда келтіріледі.

1.2.2 Есептеу – түсіндірме жазбасы.

Есептеу – түсіндірме жазбасы 10-15 бет көлемінде стандартты парақта А-4 форматта түсінікті және қысқа түрде орындалады. Жазбада барлық есептеулер, қысқаша негізгі мәселелер, принципиалды жағдайы және жұмысты шешудегі түсіндірмелері келтірілуі тиіс.

Есептеу – түсіндірме жазбаның мазмұны:

1) Салқындату және қоздыру туралы барлық параметрлері және берілгендері көрсетілген генераторлардың түрін таңдау [1.2.3.4].

2) Электр станциялардың құрылымдық сұлбасының 2-3 нұсқасын қарастыру. Қарастырылатын тарату құрылғылардың нұсқалары, әр түрлі кернеудегі тарату құрылғылардағы (ТҚ) электрлік жалғану сұлбалары,

трансформаторлар (автотрансформаторлар) байланысының қуаты салыстырмалы болуы тиіс.

3) Жүктеменің тәуліктік сызбасын тұрғызу, қуат балансын анықтау (есептеу).

1.3 Есептеу-сызба жұмысты орындауға керекті әдістемелік нұсқаулар

1.3.1 Жүктеме сызбаларын тұрғызу және қуат балансын есептеу.

Трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) саны мен қуатын таңдау және құрылымдық сұлбаның сәйкес нұсқаларын анықтау бойынша технико-экономикалық есептерді орындау үшін трансформатор жүктемелерінің тәуліктік сызбаларын тұрғызу керек. Бұл сызбалар құрылымдық сұлбаның әрбір нұсқасына қысқы және жазғы кезеңдерге арналып құралады. Энергожүйеге қуат беру $(S_{\text{жүй.бер(t)}})$ сызбасы, өндірілетін қуаттың $(S_{\text{ген.бер(t)}})$, тұтынушылардың қуатының $(S_{\text{тұт.(t)}})$ және өзіндік мұқтаждығына $(S_{\text{ө.м(t)}})$ керекті қуаттың айырмашылығын есептей отырып алынады.

$$S_{\text{жүй.бер(t)}} = S_{\text{ген.бер(t)}} - S_{\text{тұт.(t)}} - S_{\text{ө.м(t)}}, \qquad (1)$$

мұнда

$$S(t) = P(t) + jQ(t).$$

Электр станциялардағы электр энергияны өндірудің айнымалы сызбасы кезінде өзіндік мұқтаждықтың қуат шығынын [4] тең анықтауға болады.

$$P_{\text{ө.м}}(t) = (0{,}4 + 0{,}6)\frac{P_i(t)}{P_{\text{бел}}} \cdot P_{\text{ө.м.мах}}, \qquad (2)$$

мұнда $P_{\text{ө.м}}(t)$ - t уақытта станцияның шинаға беретін қуаты, МВт;

$P_{\text{бел}}$ - станциялардың (блоктың) белгіленген қуаты, МВт;

$P_{\text{ө.м.мах}}$ - өзіндік мұқтаждықтың максималды қуаты, МВт; отын және станция түрін ескере отырып [4] 5.2 кестеден анықтаймыз.

Тәуліктік сызбалар милиметрлік қағазда масштабпен сызылады немесе қуат балансы түрінде кестелік қалыпта жүргізіледі.

1.1 кесте – Есептік – сызба жұмысты орындауға керекті нұсқаулар тапсырмалары

ЖЫЛУ ЭЛЕКТР ОРТАЛЫҒЫ									
№ нұсқалар	Отын түрі	Генераторлардың саны және қуаты, МВт	Генераторлық кернеудегі желілердің саны, жүктеменің қуаты, МВт	Ө.М. шығыны, %	ОҚТҚ номиналды кернеуі, кВ	ОҚТҚ желілерінің саны, жүктеменің қуаты, МВт	Жүктеменің ұзақтығы, қыс/жаз	Жүйемен байланысты желілердің номиналды кернеуі, кВ	Желілер саны және ұзындығы, км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Газ	2/32	10/3	5	35	2/8	150/215	110	2/25
2	Көмір	3/32	6/4	11	35	5/7	160/205	110	2/60
3	Мазут	3/32	10/3	7	35	2/10	140/225	110	2/55
4	Көмір	3/60	12/3; 10/2	8	35	2/18	150/215	110	2/40
5	Газ	3/60	20/4	6	35	2/15	175/190	110	2/65
6	Газ	3/63	15/5	5	35	3/16	170/195	110	2/55
7	Көмір	3/63	20/4	10	35	4/10	160/205	110	2/96
8	Мазут	3/63	15/3	7	35	4/15	140/225	110	2/60
9	Көмір	3/63	12/3	12	35	2/20	150/215	110	2/50
10	Мазут	3/60	18/4	7	35	2/20	180/185	110	2/40
11	Көмір	3/60	14/5	13	35	2/25	160/205	110	2/80
12	Мазут	4/32	10/5	6	35	3/12	150/215	110	2/50
13	Көмір	4/32	15/3	12	35	2/16	180/185	110	2/50
14	Көмір	4/60	10/1,5 8/5	12	35	4/15	160/205	110	2/45
15	Көмір	4/60	16/4	13	35	4/10	145/220	110	2/65
16	Мазут	4/63	18/4	6	35	2/16	165/200	110	2/60
17	Мазут	4/63	15/5	7	35	2/12	185/180	110	2/75
18	Газ	4/32	8/2	5	35	2/5	170/195	110	2/30
19	Көмір	4/32	10/1,5	9	35	2/7	190/175	110	2/40
20	Мазут	3/12	8/1,5	7	35	1/6	180/185	110	2/55
21	Газ	3/12	6/2	6	35	2/5	190/175	110	2/90
22	Газ	4/12	5/4	6	35	2/10	165/200	110	2/20

1.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
23	Мазут	4/12	10/3	5	35	2/12	170/195	110	2/45
24	Газ	5/32	10/4;5/3	5	35	2/15	175/190	110	2/70
25	Көмір	5/32	15/3;10/2	11	35	2/13	190/175	110	2/85
26	Мазут	5/60	12/4; 8/3	5	35	4/20	180/185	110	2/110
27	Көмір	5/60	20/4;20/3	12	35	2/25	165/200	110	2/75
28	Мазут	5/63	15/6	7	35	2/45	160/205	110	2/90
29	Газ	5/63	24/4	6	35	4/18	195/170	110	2/115
30	Көмір	5/ 32	20/2	14	35	4/10	190/175	110	2/80
31	Мазут	5/60	15/6	5	35	4/15	180/185	110	2/110
32	Мазут	5/63	20/5	6	35	4/25	165/200	110	2/90
33	Көмір	2/12; 1/32	10/2	11	35	1/6	160/205	110	2/40
34	Мазут	2/12; 1/32	10/1,5; 5/2	6	35	1/12	195/170	110	2/20
35	Газ	2/32; 1/60	15/2; 8/4	5	35	1/15	175/190	110	2/45
36	Көмір	2/32; 1/60	14/3; 12/4	10	35	1/20	150/215	110	2/80
37	Көмір	2/60; 1/100	16/5	10	35	3/20	140/225	110	2/70
38	Мазут	2/60; 1/110	14/4	7	35	2/15	155/210	110	2/65
39	Көмір	2/63; 1/120	15/6	12	110	4/20	150/215	220	2/90
40	Газ	2/63; 1/120	12/5	5	110	3/15	195/170	220	2/95
41	Газ	2/63; 1/120	20/4	6	35	4/12	140/225	220	2/82
42	Көмір	3/3; 1/60	24/3	10	35	2/25	155/210	110	2/54
43	Газ	3/32; 1/60	14/2	6	35	2/14	150/215	110	2/64
44	Газ	3/60; 1/100	14/6	5	35	4/40	155/210	110	2/20
45	Газ	3/60; 1/100	24/4	5	110	4/25	140/225	220	2/70
46	Көмір	3/63; 1/120	30/4	10	110	2/30	155/210	220	2/115
47	Газ	3/63; 1/120	10/3; 22/4	6	110	3/24	175/190	220	2/80
48	Газ	3/12; 1/32	10/1,5; 5/1,0	6	35	2/10	170/195	110	2/40
49	Көмір	3/12; 1/32	14/2	9	35	1/14	175/190	110	2/60
50	Газ	4/60; 1/100	10/5	7	110	4/20	150/215	220	2/150

1.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
51	Көмір	4/32; 1/63	8/4; 10/2	11	35	6/15	170/195	110	2/70
52	Газ	2/12; 2/32	6/5	7	35	3/12	160/205	110	2/65
53	Көмір	2/12; 2/32	11/3	12	35	2/13	150/215	110	2/80
54	Газ	2/32; 2/60	22/3	7	110	2/26	180/185	220	2/90
55	Газ	2/32; 2/60	24/2	6	35	2/15	160/205	110	2/55
56	Көмір	2/60; 2/100	20/4; 10/2	10	110	2/25	185/180	220	2/80
57	Мазут	2/60; 2/100	20/5	7	110	4/30	165/200	220	2/150
58	Мазут	4/12; 1/32	10/1,5; 8/3	6	35	2/10	150/215	110	2/40
59	Газ	4/12; 1/32	12/2	5	35	4/8	150/215	110	2/60
60	Көмір	4/32; 1/63	22/4	10	110	4/10	180/185	220	2/80
61	Мазут	4/32; 1/63	16/3	7	110	2/14	160/205	220	2/70
62	Көмір	4/63; 1/100	18/3	11	110	4/13	185/180	220	2/50
63	Мазут	4/63; 1/100	24/3	7	110	2/17	165/200	220	2/80
64	Газ	3/32; 2/60	10/3; 6/2	5	35	4/12	161/205	110	2/30
65	Газ	3/32; 2/60	4/5; 14/4	6	35	4/10	150/215	110	2/65
66	Газ	3/32; 1/120	8/2; 10/3	7	35	2/18	185/180	110	2/80
67	Көмір	2/60; 2/110	10/3; 10/4	10	110	4/20	165/200	220	2/110
68	Көмір	4/12; 1/63	14/3	11	35	2/18	150/215	110	2/40
69	Газ	4/12; 1/63	6/4	6	35	2/11	180/185	110	2/60
70	Көмір	4/32; 1/120	18/4	13	110	2/21	160/205	220	2/80
71	Мазут	3/12; 1/63	15/3	5	35	2/10	180/185	110	2/60
72	Мазут	4/32; 1/100	6/5; 8/4	6	110	5/13	160/205	220	2/120
73	Мазут	3/60; 1/120	15/6	7	110	4/15	170/195	220	2/150
74	Көмір	2/32; 1/100	10/4	8	35	4/15	181/185	110	2/30
75	Мазут	3/32; 1/100	10/5	6	35	6/10	180/185	110	2/70
76	Газ	4/60; 1/120	12/4; 10/5	5	110	4/15	165/200	220	2/80
77	Газ	2/32	15/3	6	35	2/8	150/215	110	2/25
78	Көмір	3/32	20/3	14	35	5/7	160/205	110	2/60
79	Мазут	3/32	15/5	6	35	2/10	140/225	110	2/55

1.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
80	Көмір	3/60	30/4	10	35	2/18	150/215	110	2/40
81	Газ	3/60	40/3	5	35	2/15	175/190	110	2/65
82	Газ	3/63	35/5	6	35	3/16	170/195	110	2/55
83	Көмір	3/63	40/4	9	35	4/10	160/205	110	2/96
84	Мазут	3/63	30/3	8	35	4/15	140/225	110	2/60
85	Көмір	3/63	35/3	12	35	2/20	150/215	110	2/50
86	Мазут	3/60	32/4	8	35	2/20	180/185	110	2/40
87	Көмір	3/60	28/5	12	35	2/25	160/205	110	2/80
88	Мазут	4/32	20/5	8	35	3/12	150/215	110	2/50
89	Көмір	4/32	30/3	11	35	2/16	180/185	110	2/50
90	Көмір	4/60	35/3	13	35	4/15	160/205	110	2/45
91	Көмір	4/60	32/4	15	35	4/10	145/220	110	2/65
92	Мазут	4/63	36/4	7	35	2/16	165/200	110	2/60
93	Мазут	4/63	29/5	8	35	2/12	185/180	110	2/75
94	Газ	4/32	16/2	5	35	2/5	170/195	110	2/30
95	Көмір	4/32	15/1,5	9	35	2/7	190/175	110	2/40
96	Мазут	3/12	9/2	6	35	1/6	180/185	110	2/55
97	Мазут	4/12	8/3	6	35	2/12	170/195	110	2/45
98	Газ	5/32	20/4	6	35	2/15	175/190	110	2/70
99	Мазут	5/60	40/4	6	35	4/20	180/185	110	2/110
100	Көмір	5/60	30/5	14	35	2/25	165/200	110	2/75
101	Мазут	5/63	30/6	8	35	2/45	160/205	110	2/90
102	Газ	5/63	30/5	5	35	4/18	195/170	110	2/115
103	Көмір	5/ 32	40/2	13	35	4/10	190/175	110	2/80
104	Мазут	5/60	40/5	6	35	4/15	180/185	110	2/110
105	Мазут	5/63	42/4	7	35	4/25	165/200	110	2/90
106	Көмір	2/12; 1/32	20/2	13	35	1/6	160/205	110	2/40
107	Мазут	2/12; 1/32	20/2	5	35	1/12	195/170	110	2/20
108	Көмір	2/60; 1/100	32/5	11	35	3/20	140/225	110	2/70

1.1 кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
109	Мазут	2/60; 1/110	28/5	8	35	2/15	155/210	110	2/65
110	Көмір	2/63; 1/120	30/5	13	110	4/20	150/215	220	2/90
111	Газ	2/63; 1/120	24/5	6	110	3/15	195/170	220	2/95
112	Газ	2/63; 1/120	40/4	7	35	4/12	140/225	220	2/82
113	Көмір	3/32; 1/60	40/3	9	35	2/25	155/210	110	2/54
114	Газ	3/32; 1/60	28/2	5	35	2/14	150/215	110	2/64
115	Газ	3/60; 1/100	28/5	6	35	4/40	155/210	110	2/20
116	Газ	3/60; 1/100	30/5	6	110	4/25	140/225	220	2/70
117	Көмір	3/63; 1/120	40/4	11	110	2/30	155/210	220	2/115
118	Газ	3/63; 1/120	10/3; 22/4	8	110	3/24	175/190	220	2/80
119	Газ	3/12; 1/32	10/1,5; 5/1,0	7	35	2/10	170/195	110	2/40
120	Көмір	3/12; 1/32	8/2	10	35	1/14	175/190	110	2/60
121	Газ	4/60; 1/100	40/5	6	110	4/20	150/215	220	2/150
122	Газ	2/12; 2/32	12/5	8	35	3/12	160/205	110	2/65
123	Көмір	2/12; 2/32	12/3	11	35	2/13	150/215	110	2/80
124	Газ	2/32; 2/60	40/3	8	110	2/26	180/185	220	2/90
125	Газ	2/32; 2/60	40/2	7	35	2/15	160/205	110	2/55
126	Мазут	2/60; 2/100	40/4	8	110	4/30	165/200	220	2/150
127	Газ	4/12; 1/32	24/2	6	35	4/8	150/215	110	2/60
128	Көмір	4/32; 1/63	40/2	11	110	4/10	180/185	220	2/80
129	Мазут	4/32; 1/63	32/3	8	110	2/14	160/205	220	2/70
130	Көмір	4/63; 1/100	35/3	10	110	4/13	185/180	220	2/50
131	Мазут	4/63; 1/100	40/3	10	110	2/17	165/200	220	2/80
132	Көмір	4/12; 1/63	20/3	10	35	2/18	150/215	110	2/40
133	Газ	4/12; 1/63	30/2	5	35	2/11	180/185	110	2/60
134	Көмір	4/32; 1/120	36/3	11	110	2/21	160/205	220	2/80
135	Мазут	3/12; 1/63	30/2	6	35	2/10	180/185	110	2/60

Ескерту – Жұмысты орындау барысында кейбір берілген деректер оқытушымен келісіліп өзгеруі мүмкін.

1.4 Қуаты 252 МВт-тық ЖЭО құрылымдық сұлбасын алдын-алы құрастырып генератордың және жүктемелердің қуат балансын есептеу

Бастапқы берілгендері:

- генераторлар саны – 4;
- жекеленген қуаты – 63 МВт;
- генераторлық кернеудегі жүктеме – 7 МВт-тық 10 желі;
- 35 кВт ТҚ-дағы жүктеме – 8 МВт-тық 6 желі;
- ұзындығы 30 км екі желі, кернеуі 110 кВ-тық жүйемен байланысты;
- өзіндік мұқтаждықтың шығынын белгіленген қуаттан 10% етіп аламыз (көмірі тозаң түрінде ЖЭО үшін);
- генераторлық кернеудегі жергілікті жүктеме сызбасы тәулік ішінде өзгермейді, қыста – 100%, жазда – 70%;
- генераторлардың қуат өндіру сызбалары мен генераторлық кернеудегі және 35 кВ кернеудегі жүктеме сызбалары төменде көрсетілген (1 және 2 суреттер).

Бастапқы берілгендеріне сәйкес орнатуға ТВФ-36-2У3 турбогенераторын қолданамыз, сипаттамалары [3, кесте 2.1]. $P_{ном}$=63 МВт, $S_{ном}$=78,75 МВА, $U_{ном}$=10,5 кВ, $\cos\varphi_{ном}$=0,8.

Генераторлардың санына және жүктеме құрамына сәйкес 3 және 4 суретте көрсетілген құрылымдық сұлбаның нұсқалары берілген.

Бірінші нұсқа үшін қуаттың ағындары.

Қалыпты режим үшін қуат балансы 1.2 кестеде келтірілген.

1.2 кесте – 1-ші нұсқа үшін қуат балансы (қалыпты режим)

Анықталатын параметр	Жылдың кезеңі	Уақыты, сағ.		
		0 - 8	8 - 18	18 - 24
1 Г-1 және Г-2 қуаттарын өндіру, МВт	қыс	113,4	126	113,4
	жаз	88,2	100,8	88,2
2 Г-1 және Г-2 ө.м. жүктемесі, МВт	қыс	11,85	12,6	11,85
	жаз	10,3	11,0	10,3
3 Г-3 және Г-4 генераторлардың әрбірінің ө.м.-ның жүктемесі, МВт	қыс	5,92	6,3	5,92
	жаз	5,15	5,55	5,15
4 10 кВ тағы жүктеме, МВт	қыс	70	70	70
	жаз	49	49	49
5 Т-1 және Т-2 жүктелуі, МВт (қосындысы)	қыс	31,55	43,4	31,55
	жаз	28,9	40,8	28,9
6 Т-1 және Т-2 трансформаторлардың әрбірінің жүктелуі, МВт	қыс	15,78	21,7	15,78
	жаз	14,45	20,35	14,45
7 35 кВ-тағы жүктеме, МВт	қыс	38,4	48	38,4
	жаз	28,8	33,6	28,8
8 Т-3 және Т-4 10 кВ-тық орамының жүктелуі, МВт	қыс	57,08	56,7	57,08
	жаз	57,85	57,45	57,85

9 Т-3 және Т-4 35 кВ-тық тық орамының жүктелуі, МВт	қыс жаз	-3,42 -0,05	-2,3 -3,35	-3,42 -0,05
10 Т-3 және Т-4 110 кВ-тық орамының жүктелуі, МВт	қыс жаз	53,65 57,9	54,4 61,05	53,65 57,9

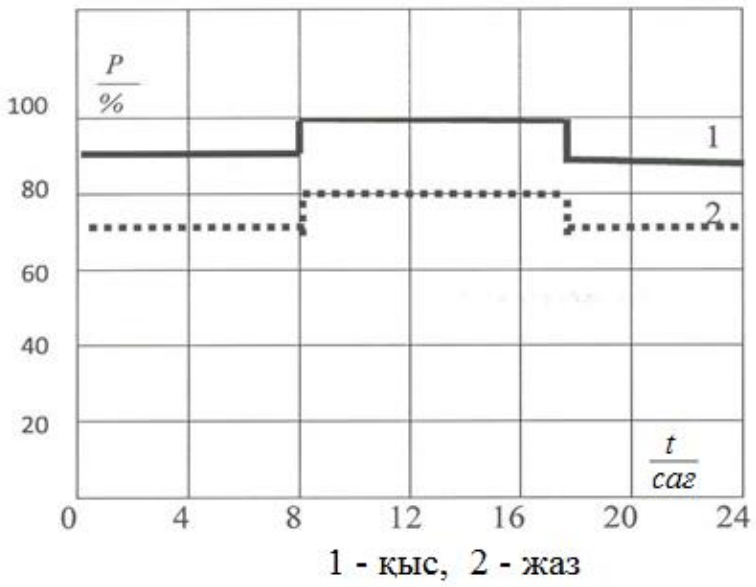
Ескертулер

1 Т-1 және Т-2 трансформаторларының жүктелуі, Г-1 және Г-2 генераторларымен өндірілетін қуатынан, 10 кВ-тық жүктеменің қуатын және генераторлардың ($Г_1$, $Г_2$) өзіндік мұқтаждығына керекті қуатты шегергенге тең деп есептелінеді.

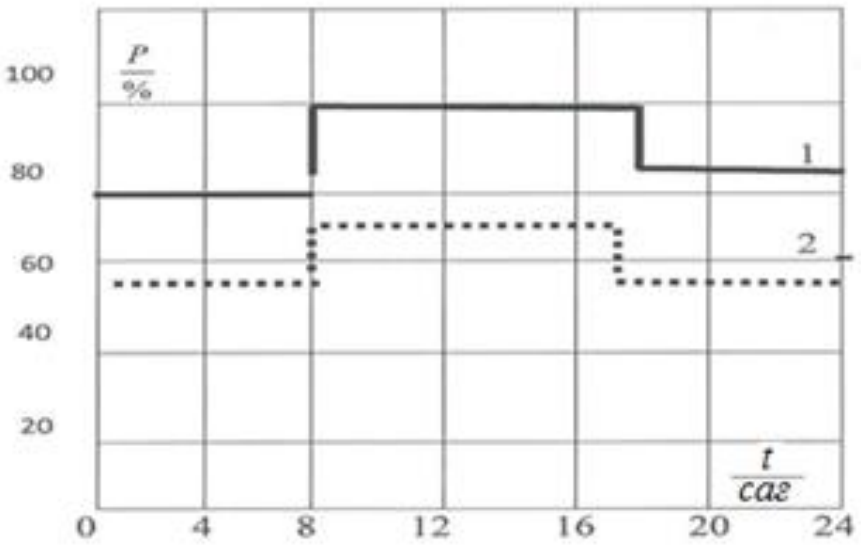
2 Т-3, Т-4 трансформаторларының әрбірінің 35 кВ-тық орамының жүктелуі 35 кВ-тық жүктеме мен Т-1 және Т-2 жүктелулерінің арасындағы айырмасы ретінде анықталады.

3 Т-3 және Т-4 трансформаторларының әрбірінің 110 кВ-тық орамының жүктелуі, генератор өшіруінің және Т-3 немесе Т-4 трансформаторының 35 кВ орамының жүктелуінің, сонымен қатар генератордың өзіндік мұқтаждығының шығыны арасындағы айырмасы ретінде анықталады.

4 Минус белгісі электр энергияның қай жаққа берілетіндігін көрсетеді (шартты түрде). Ол белгі қуаттың абсолюттік мәні емес.

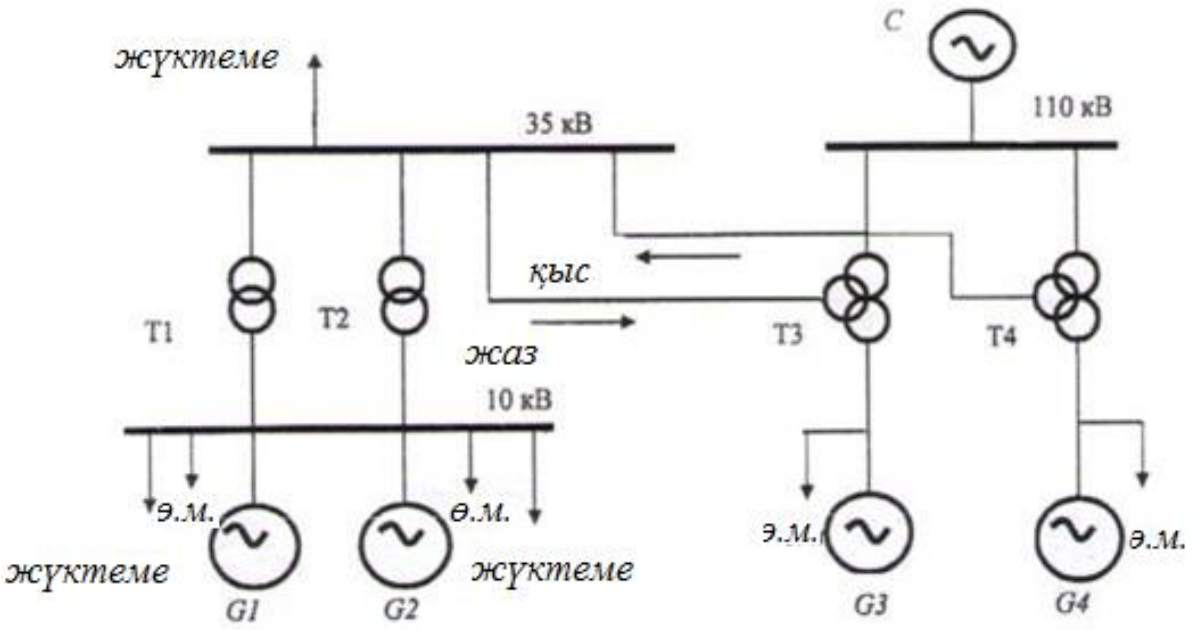


1.1 сурет – ЖЭО генераторларының қуат өндіру сызбасы

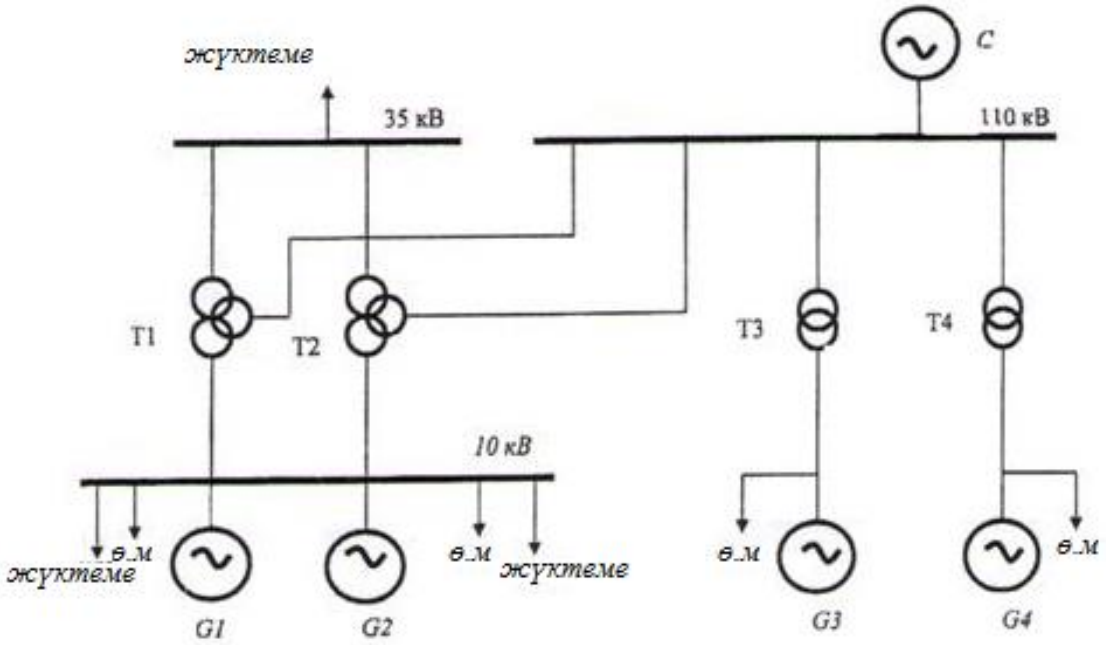


1 - қыс, 2 - жаз

1.2 сурет – 35 кВ-тық кернеудегі жүктеменің сызбасы



1.3 сурет – 1-ші нұсқа



1.4 сурет – 2-ші нұсқа

Екінші нұсқа үшін қуаттың ағындары

1.3 кесте – 2-ші нұсқа үшін қуат балансы (қалыпты режим)

Анықталатын параметр	Жылдың кезеңі	Уақыты, сағ.		
		0 - 8	8 - 18	18 - 24
1 Г-1 және Г-2 қуаттарын өндіру, МВт	қыс	113,4	126	113,4
	жаз	88,2	100,8	88,2
2 Г-1 және Г-2 ө.м. жүктемесі, МВт	қыс	11,85	12,6	11,85
	жаз	10,3	11,0	10,3
3 Г-3 және Г-4 генераторлардың әрбірінің ө.м.-ның жүктемесі, МВт	қыс	5,92	6,3	5,92
	жаз	5,15	5,55	5,15
4 10 кВ тағы жүктеме, МВт	қыс	70	70	70
	жаз	49	49	49
5 Т-1 және Т-2 жүктелуі, МВт (қосындысы)	қыс	31,55	43,4	31,55
	жаз	28,9	40,7	28,9
6 Т-1 және Т-2 трансформаторлардың әрбірінің жүктелуі, МВт	қыс	15,78	21,7	15,78
	жаз	14,45	20,35	14,45
7 35 кВ-тағы жүктеме, МВт	қыс	38,4	48	38,4
	жаз	28,8	33,6	28,8
8 Әрбір Т-1 және Т-2 трансформаторларының 35 кВ-тық пен бірге 110 кВ қуат ағыны	қыс	3,42	2,3	3,42
	жаз	-0,05	-3,35	-0,05
9 Т-1 және Т-2 трансформаторлардың әрбірінің 35 кВ-тық орамының жүктелуі	қыс	19,2	24	19,2
	жаз	14,4	16,8	14,4

Ескертулер

1 Т-1 және Т-2 трансформаторларының әрбірінің 110 кВ орамының қуат ағыны 35 кВ – тегі жүктеме мен Т-1, Т-2-нің 10 кВ-тық орамдарының жүктемелерінің айырмасының жартысы ретінде анықталады.

2 Т-3, Т-4 трансформаторларының әрбірінің 35 кВ-тық орамының жүктелуі 35 кВ-тық ТҚ-на бағытталған 10 кВ және 110 кВ-тық орам қуаттарының қосындысы ретінде анықталады.

Нөмірі 1.1-ші кестеде, нөмірі 1-ші есепті шығаруға керекті нұсқалар тапсырмалары берілген.

Нұсқалардағы тапсырмаларды студент өзінің топтағы тізім нөміріне сәйкес таңдап алады. Мысалы, бірінші топта 20 студент болса, олар алдыңғы 20 нұсқалар тапсырмасын алады, ал екінші топтағы студенттер 21-ден әрі қарай нұсқалар тапсырмаларын алады, т.с.с. (нұсқалардағы тапсырмаларды таңдағанда түсініксіз мәселелерді оқытушымен келісіп шешу керек немесе тапсырмаларды оқытушының өзі анықтауы мүмкін).

2 Есептеу – сызба жұмыс №2

2.1 №2 ЕСЖ-тың мақсаты және есептері

Жұмыстың мақсаты: студенттердің теориялық білімдерін нығайту және нақты есептерді өз бетімен шығаруды дамыту, сонымен қатар техникалық әдебиеттерді, нормативтік және техникалық шарттарды және ЭЕМ (ЭВМ) құралдарын дұрыс пайдалануы бойынша тәжірбие алуы болып табылады. Бұл жұмыс №1 есептеу-сызба жұмыстың жалғасы болып табылады.

№2 ЕСЖ-тың есебі:

1) Күштік трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) түрін, санын және қуатын таңдау.

2) Трансформаторлардағы (автотрансформаторлардағы) электр энергияның жылдық шығынын есептеу.

3) Электр станцияның тиімді құрылымдық сұлбасын технико-экономикалық салыстыру арқылы таңдау.

4) Таңдалынып алынған құрылымдық сұлбаны сызу.

2.2 №2 ЕСЖ-ның мазмұны және көлемі

№2 ЕСЖ есептеу-түсініктемеден және электр станцияның сұлбасының электрлік жалғануынан тұрады.

2.2.1 Есептің берілген мәндері.

№2 ЕСЖ-ты орындауға керекті мәндерді осы пәннің №1 ЕСЖ-да орындалған деректерден аламыз.

2.2.2 Есептеме-түсініктеменің мазмұны.

Есептеме-түсініктеменің мазмұны нақты 20-25 бет көлемінде және АЭжБУ стандартына сай (210х297) А4 форматы стандартты бетіне жинақты түрде жазылуы керек. Есептеме – түсініктемеде барлық есептеу жұмысы толығымен болуы керек және барысында алынған негізгі параметрлер, сипаттамалар қысқаша көрсетіледі.

Есептеу – түсініктеменің мазмұны:

1) Тарату құрылғыларын байланыстыратын күштік трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) түрін, санын және қуатын таңдау.

2) Сол таңдалынып алынған трансформаторлардағы (автотрансформаторлардағы) электр энергияның жылдық шығынын есептеу.

3) Электр станцияның тиімді құрылымдық сұлбасын технико-экономикалық салыстыру арқылы таңдау (біреуін).

4) Таңдап алынған құрылымдық сұлбаны АЭжБУ стандарты бойынша А4 форматты бетте сызу.

2.3 Электр станциялардағы күштік трансформаторларды (автотрансформаторларды) таңдау

Электр станциялардың күштік трансформаторларын (автотрансформаторларын) таңдау олардың түрін, санын және қуатын анықтаумен аяқталады. Ол трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) көрсетілген параметрлері, солар арқылы өтетін қуат ағынының мөлшеріне және тұтынушылардың санатына (категориясына) байланысты.

Күштік трансформаторларды (автотрансформаторларды) таңдау үшін ұсыныстар:

1) Бірінші және екінші категориялы тұтынушыларды генераторлық жинақтағыш шинадан қоректендіргенде кем дегенде екі күштік трансформаторлар (автотрансформаторлар) орнатылуы керек. Бұл №1 ЕСЖ-да барлық тұтынушылардың категориясы – I және II деп есептелінеді.

2) Электр станцияның тарату құрылғылары үш кернеуден болса 220/110/10 кВ, 500/220/10 кВ, 500/330/10 кВ, онда мүмкіндігінше автотрансформаторларды таңдау қажет (110 кВ-тан жоғары). Себебі автотрансформаторларды үш орамды күштік трансформаторлармен технико-экономикалық есептеу арқылы салыстырғанда, автотрансформаторлардың құндылығының басым екендігі белгілі.

3) Күштік трансформаторларды (автотрансформаторларды) таңдағанда, оларды 40%-ды апаттық асқын жүктемемен жүктеуге болатындығы ескерілуі керек.

4) Генератор мен күштік трансформатор (автотрансформатор) блоктық байланыста болғанда, трансформатордың қуаты келесі формуламен анықталынады (4):

$$S_{\text{ном.тр}} \geq S_{\text{белг.ген}} - S_{\text{мах.ө.м}}, \tag{2.1}$$

мұнда $S_{\text{белг.ген}}$ - блоктағы генератордың белгіленген қуаты, МВА;

$S_{\text{мах.ө.м}}$ - генератордың өзіндік мұқтаждығының максималды қуаты, МВА.

Блоктағы автотрансформатордың қуаты келесі формуламен анықталынады:

$$S_{\text{авт.ном}} \geq \frac{S_{\text{белг.ген}} - S_{\text{мах.ө.м}}}{К_{\text{тип.}}}, \tag{2.2}$$

мұнда $К_{\text{тип.}}$- типтік қуаттың коэффициенті немесе автрансформаторлардың ұтымдылық коэфициенті.

Ұтымдылық коэфициенті келесі формуламен анықталынады:

$$K_{\text{тип}} = \frac{U_{\text{ж.к}} - U_{\text{о.к}}}{U_{\text{ж.к}}}, \tag{2.3}$$

мұнда $U_{\text{ж.к}}$ - жоғары кернеу мөлшері, кВ;

$U_{\text{о.к}}$ - орта кернеу мөлшері, кВ.

5) Қалыпты режимде жылу электр орталығындағы (ЖЭО) трансформаторладың қосынды қуаты келесі өрнекпен анықталынады:

$$S_{\Sigma\text{к.р}} = S_{\text{белг.ген}} - S_{\text{min.жүкт.}} - S_{\text{мах.ө.м}}, \tag{2.4}$$

мұнда $S_{\text{min.жүкт.}}$ - генераторлық кернеудегі жүктеменің (тұтынушылардың) минималды қуаты, МВА.

Бұл жағдайда генератордың $\cos\varphi_{\text{ген}}$, жергілікті жүктеменің $\cos\varphi_{\text{жүкт.}}$ және өзіндік мұқтаждықтағы жүктемелердің $\cos\varphi_{\text{ө.м}}$ ескерілуі керек.

(2.4) формулада $\cos\varphi$ генераторларда тұтынушыларға және өзіндік мұқтаждықтың жүктемелеріне бірдей деп алынған, яғни $\cos\varphi_{\text{ген}} = \cos\varphi_{\text{тұт.}} = \cos\varphi_{\text{ө.м.}}$

Апаттық асқын жүктемені ескергенде күштік трансформатордың номиналды қуаты келесі формуламен анықталынады [3,4]:

$$S_{\text{ном.тр}} \geq \frac{S_{\text{мах.жүктеме}}}{К_{\text{а.а.ж}}}, \qquad (2.5)$$

мұнда $S_{\text{мах.жүктеме}}$ - апаттық режим кезіндегі максималды жүктеменің қуаты,

$К_{\text{а.а.ж}}$ - апаттық асқын жүктеме коэффициенті, әдетте $К_{\text{а.а.ж}} = 1{,}4$.

ЖЭО-дағы генераторлық кернеудегі күштік байланыс трансформаторларының саны әдетте 3-тен аспайды. Ал блоктық сұлбада күштік трансформаторларының саны генераторлардың санына тең.

6) Кернеуі 110 кВ және оданда жоғары кернеуі бар тарату құрылғыларды бір-бірімен әдетте автотрансформаторлар байланыстырады. Олардың қуаты ең ауыр режимде анықталынатын қуат ағынының мөлшерімен есептелінеді. Қуатты электр станциялардың электр энергиясы энергетикалық жүйеге екі, кейде үш жоғарылатылған кернеулер арқылы беріледі.

7) Күштік трансформаторларды (автотрансформаторларды) таңдағанда бірнеше бағасы бірдей (бағалас) сұлбалардың нұсқаларын қарастыру керек. Бұл жағдайда күштік трансформаторлардың саны, қуаты және түрі әр-түрлі болуы қажет.

2.4 Электр станциялардың құрылымдық сұлбаларын таңдау үшін технико-экономикалық салыстыру

Күштік трансформаторларды (автотрансформаторларды) таңдағанда, кернеудің деңгейі (10;35;110;220;500 кВ) әртүрлі тарату құрылғылардың ең орынды (тиімді) сұлбаларын қарастыру керек.

Сұлбалардың экономикалық тиімділігі (ұтымдылығы) келтірілген минималды шығынмен анықталынады [1,2,3,4]:

$$З = Р_{\text{н}} \cdot К_{\text{к}} + U + У, \qquad (2.6)$$

мұнда $Р = 0{,}12$ - экономикалық тиімділіктің нормативтік каэффициенті;

$К$ - электр қондырғының ғимаратын салуға жұмсалатын күрделі қаржы, ш.б;

U - жылдық пайдалану шығыны, ш.б./жыл;

$У$ - электр энергия берілмегендіктің залалы, ш.б./жыл.

Бұл ЕСЖ-ды орындағанда шартты бірлік ретінде (ш.б.) [3,4] әдебиеттерде көрсетілген деректер пайдаланылады.

Электр энергия берілмегендіктің залалы (У) оқу-жобалау және әрбір нұсқаларды салыстырғанда ескерілмейді. Себебі (У) қоректендіру

сенімділігіне, апаттық ажыратудың мүмкіндігіне және ұзақтығына байланысты. Бұл мәселелер арнайы әдебиеттерде қарастырылады.

Нұсқаларды технико-экономикалық салыстыруда тек қана айырмашылығы бар элементтерді қарастыру керек. Күштік трансформаторлардың (автотрансформаторлардың) құнын келесі формуламен анықтауға болады [3,4]:

$$К_{есепт.} = \alpha \cdot К_{тр.завод}, \tag{2.7}$$

мұнда α - аппараттардың, шиналардың, кабельдердің, құрылыс материалдарының және монтаждаудың бағасын ескеретін коэффициент, 10.3 кесте [3].

Жылдық пайдалану шығыны келесі формуламен анықталынады:

$$U = U_а + U_{қ.е} + U_{шығын}, \tag{2.8}$$

мұнда $U_а + U_{қ.е} = \left[(P_а + P_{қ.е})/100\right] \cdot К$ - амортизацияға және қызмет етуге кететін шығындар;

$P_а$ және $P_{қ.е}$ - амортизацияға және қызмет етуге бөлінетін қаржы, % [(10.2 кесте), 3].

$U_{шығын}$ - электр энергияның шығынына байланысты шығын.

Бұл шығын келесі формуламен анықталынады

$$U_{шығын} = \beta \cdot \Delta W, \tag{2.9}$$

мұнда β - 1 кВт·сағат электр энергияның құны, ш.б./кВт·сағат.

ΔW - сұлбаның элементтеріндегі электр энергияның шығыны, кВт·сағат.

ЕСЖ-ны орындағанда $\beta = 0{,}0115$ ш.б./кВт·сағат деп алуға болады [4,(401б)]. Күштік трансформаторлардағы (автотрансформаторлардағы) жылдық электр энергияның шығынын анықтау [4] 5 бөлімінде келтірілген.

Технико-экономикалық есептеуді кесте түрінде орындаған тиімді деп есептелінеді.

Күрделі қаржыны анықтауға 2.1 кесте ұсынылады.

2.1 к е с т е – Күрделі қаржыны анықтау

Элементтердің атаулары	Есептелінген құны, ш.б.	1 нұсқа		2 нұсқа	
		саны	соммасы ш.б.	саны	соммасы ш.б.
1	2	3	4	5	6
1. Трансформатор (автотрансформатор) 2. ТҚ-ның ұяшығы (ячейкасы) ажыратқышпен					
Барлығы					

Құрылымдық сұлбаның соңғы нұсқасын (тиімдісін) келесі 2.2 кесте бойынша таңдау керек.

2.2 к е с т е – Құрылымдық сұлбаның соңғы (тиімді) нұсқасы

Шығындар	1 нұсқа	2 нұсқа
1	2	3
1. Есептелінген күрделі қаржы, К., ш.б. 2. Амортизацияға және қызмет етуге кететін (бөлінетін) шығын $U_a + U_{қ.е}$, ш.б. 3. Электр энергия шығынының құны, $U_{шығын}$, ш.б. 4. Келтірілген минималды шығын, З, ш.б.		

2.5 Жылу электр орталығының (ЖЭО) құрылымдық сұлбасын таңдауға керекті технико-экономикалық есептеудің мысалы

Бұл мәселені орындау үшін «Электр станциялары мен қосалқы станциялар» пәнінің №1 ЕСЖ-да есептелінген деректерді аламыз. Сол деректердің негізінде екі нұсқа үшін күштік трансформаторларды (автотрансформаторларды) таңдаймыз. Ол үшін қалыпты және апаттық режимдерді қарастырамыз.

2.5.1 Бірінші нұсқа үшін күштік трансформаторларды (автотрансформаторларды) таңдау.

1 Бірінші құсқа үшін трансформаторларды таңдау

Т1 және Т2 трансформаторларының әрбірінің қуаты 2.1 кестеде келтірілген. Оны ескере отырып олардың мүмкіндіктері (қабілеттіліктері) келесідей режимдермен анықталынады:

Қалыпты режим

$$S_{номТ1,Т2} = \frac{P_{Т1,Т2}}{\cos\varphi_{ном}} = \frac{21{,}7}{0{,}8} = 27{,}12 \text{ МВА},$$

мұнда $\cos\varphi_{ном} = 0{,}8$ - есептің берілгеніне сәйкесті алынған

Апаттық режимдер:

1) Қысқы максимумда Т1 ажыратылады. Бұл жағдайда Т2 арқылы 43,4 МВт қуат ағыны өтеді, 1.2 кестеге сәйкесті.

2) Қысқы максимумда Г1 ажыратылады. Т1 және Т2 трансформаторлар арқылы өтетін қуаттың ағыны келесі формуламен анықталынады:

$$P = \frac{\left[P_{10} - (P_{Г2} - P_{с.н})\right]}{2} = \frac{\left[70 - (63 - 6{,}3)\right]}{2} = 6{,}65 \text{ МВт}.$$

3) Г-3→Т-3 блогының ажыратылуы. Бұл жағдайда Т-4 трансформаторындағы 35 кВ-тық орамадағы максималды жүктеме екін есеге көбейеді, яғни $3{,}55 \cdot 2 = 7{,}1 МВт$. (1 кесте, 35 кВ Т3 және Т4, жазғы мезгіл, уақыты 8-18 сағат).

Г1, Г2 генераторларының 10 кВ-тық ТҚ-ның жинақтағыш шинасына ең көп қуатты беретін кезеңі (мезгілі):

Жазғы мезгілде жүктеме аз болғанда (минимум) (бұндай режим энергетикалық жүйенің диспетчерінің тапсырмасымен анықталуы мүмкін) Т-1 және Т-2 арқылы өткен қуат мөлшері келесі формуламен анықталады:

$$P_{Т-1,Т-2} = \frac{\left[(P_{Г1,Г2} - P_{ө.м}) - P_{10})\right]}{2} = \frac{\left[(126 - 12{,}6) - 49\right]}{2} = 32{,}2 \text{ МВт}.$$

Сонда қуат ағынының қосындысы 64,2 МВт болады. Ал 35 кВ-тың орамдары арқылы Т-3 және Т-4 трансформаторларының 110 кВ-тық орамдарына берілетін қуаттың мөлшері келесі формуламен анықталынады:

$$\frac{(P_{Т-1,Т-2} - P_{35кВ.жаз.max})}{2} = \frac{(64{,}4 - 33{,}6)}{2} = 15{,}4 \text{ МВт}.$$

Бұл жағдайда Т3 – Т4 трансформаторларының 110 кВ-тық орамдары арқылы келесідей жүктеме өтеді:

$$P_{\substack{Т3,Т4. \\ 110кВ}} = P_{\substack{Т3,Т4. \\ 10кВ}} + P_{\substack{Т3,Т4. \\ 35кВ}} = 56{,}7 + 15{,}4 = 72{,}1 \text{ МВт}.$$

Апаттық режимді есептегенде, 40%-ды асқын жүктеме мүмкіншілігі ескеріледі:

$$S_{\substack{\text{ном}T1,T2\\8-1,8}} = \frac{P_{T1,T2}}{1,4 \cdot \cos\varphi_{\text{ном}}} = \frac{43,4}{1,4 \cdot 0,8} = 38,75 \text{ МВА}.$$

[1., 1987., 5.,2011,371] оқулықтарында жоғары кернеулі 35 кВ-тық [одан қуаты үлкен (көп) 35/10 кВ-тық трансформатор жоқ] екі орамды трансформаторлардың максималды қуаты 16 МВА-ге тең. Сондықтан ТРДНС-63000-36,75/11/11 кВ трансформаторы таңдап алынады және салыстыру үшін 2.1 суреттегі сұлба қолданылады. 2.1 суретте бір Т1 трансформатор көрсетілген.

Енді, осы ТРДНС-63000-36,72/11/11 трансформаторын қалыпты және апаттық режимдерге тексеруіміз керек. Қалыпты режимдегі қуат балансы қабылданған сұлба үшін сақталады (бірнеше Т-1, Т-2 трансформаторларының орнына бір Т-1 алынады).

Болуы мүмкін апаттық режимдерді қарастырамызда, тексереміз:

а) Қысқы максимумда Т1-дың ажыратылуы. Бұл жағдайда Г-1 және Г-2 генераторлары 10 кВ-тық тарату құрылғыдан 70 МВт-тық жүктемені және өзіндік мұқтаждықтың жүктемелерін қамтамасыздандырады.

Ал Т-3 және Т-4-тің 35 кВ-тық орамдары 48:2=24 МВт жүктелетін болады.

б) Қысқы максимумда Г-1-дің ажыратылуы. Бұл жағдайда 10 кВ-тық тарату құрылғысындағы тұтынушыларға жетіспейтін қуат Т1 арқылы беріледі

$$P_{10} = (P_{\text{Г}-2} - P_{0.\text{м}}) = 70 - (63 - 6,3) = 13,3 \text{ МВт}.$$

Т-3 және Т-4-тің 35 кВ-тық орамдары төмендегідей жүктелетін болады

$$13,3/2 + 48/2 = 30,65 \text{ МВт}.$$

Сонымен, барлық режимдердегі, яғни қалыпты және апаттық режимдерді ескергенде ТРДНС-63000-36,75/11/11 кВ трансформаторы жұмыс сызбасын қамтамассыздандырады.

ТРДНС-63000-36,75/11/11 кВ трансформаторының техникалық деректері 2.3 кестеде келтіріледі [4.,87.614, 5., 2011, 371,].

2.3 к е с т е – ТРДНС-63000-36,75/11/11 кВ трансформаторының техникалық деректері

Шығын, кВт		$U_{қ.т}$%	Заводтық құны, мың рубл. (теңгемен есептеу керек)
$P_{б.ж}$	$P_{к.т.т}$	ЖК-ТК	107
50	250	12,7	

Т-3, Т-4 трансформаторларының қуаты қалыпты және апаттық режимдер шартынан және G3, G4 генераторлары жылдың қай мезгілінде (кезеңінде) қуатты энергетикалық жүйеге көбірек бере алатын режимдерімен анықталынады

а) Қалыпты режим:

$$S_{Т-3,Т-4} \geq \frac{P_{ном.,г}}{\cos\varphi_{ном.,г}} = \frac{63}{0{,}8} = 78{,}75 \text{ МВА:}$$

Ең үлкен жүктеме режимі.

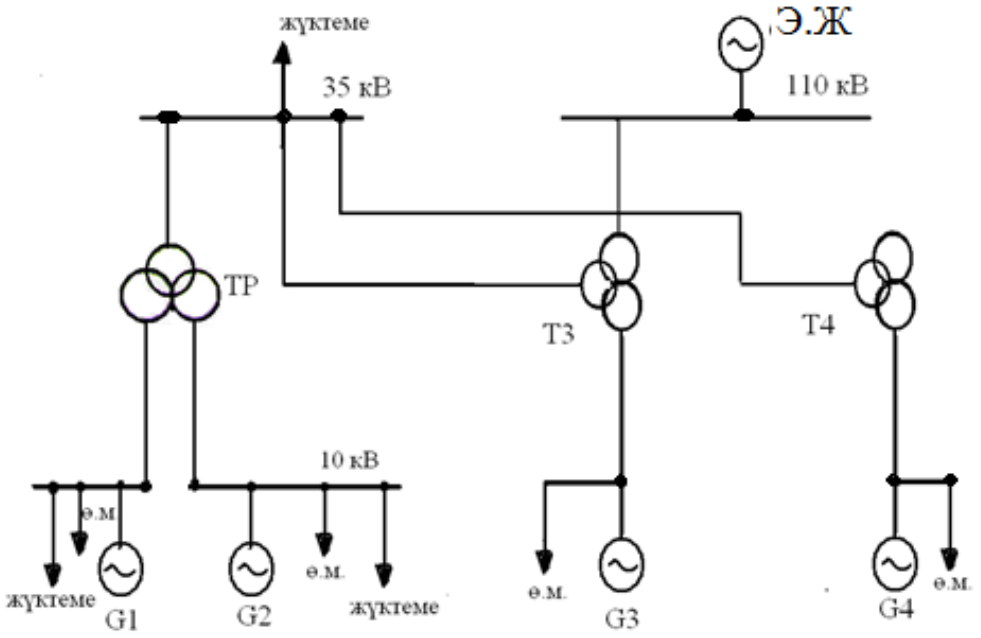
б) Апаттық режим Г3-Т3 блогы ажыратылған (немесе Г4-Т4):

$$S_{\substack{Т3,Т4 \\ 10кВ}} = \frac{P_{\substack{Т3,Т4 \\ 110кВ}}}{1{,}4 \cdot со} = \frac{72{,}1}{1{,}4 \cdot 0{,}8} = 64{,}38 \text{ МВА.}$$

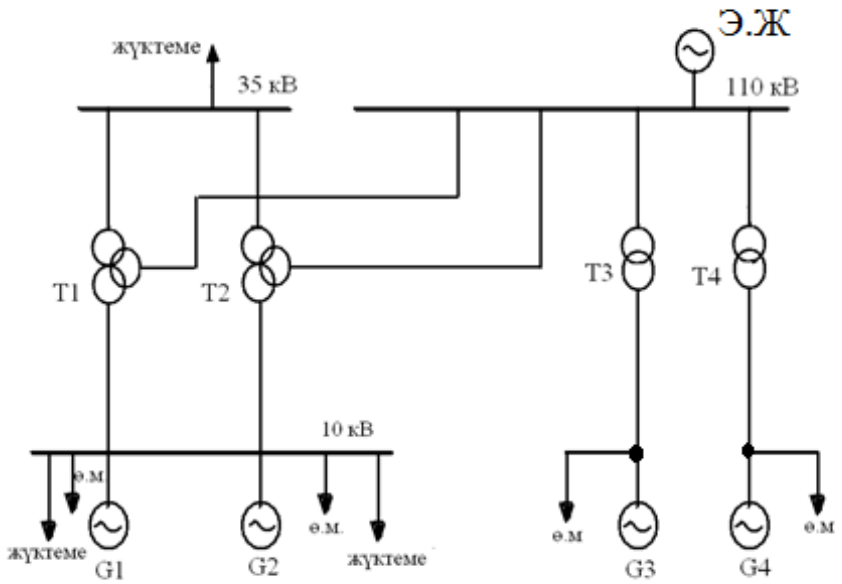
Орнатуға түрі ТДТН-80000-115/38,8/11 кВ күштік трансформаторларын таңдаймыз [5., 2011, 374]. Ол трансформатордың техникалық деректері 2.4 кестеде көрсетілген.

2.4 к е с т е – ТДТН-80000-115/38,8/11 кВ трансформаторлардың техникалық деректері

Шығын, кВт		$U_{қ.т.о}$%			Заводтық құны, мың рубл. (теңгемен есептеу керек) [1.,89.550; 5., 2011, 384]
$Р_{б.ж}$	$Р_{к.т.т}$	ЖК-ТК	ЖК-ОК	ОК-ТК	137
64	365	11	18,5	7	



2.1 сурет – Бірінші нұсқаның құрылымдық сұлбасы



2.2 сурет – Екінші нұсқаның құрылымдық сұлбасы

2.5.2 Екінші нұсқа үшін күштік трансформаторларды (автотрансформаторларды) таңдау.

Т1, Т2 күштік трансформаторларының қуатын келесідей шарттармен анықтаймыз. Ол үшін 1.3 кестені ескереміз.

Қалыпты режим. Т1, Т2 – трансформаторларының әрбірінің қуаты:

$$S_{\underset{T1,T2}{ном}} = \frac{21,7}{0,8} = 27,12 \text{ МВА}.$$

Апаттық режим. Бұл жағдайда 40%-ды асқын жүктеме мүмкіншілігі ескеріледі. Т1 (немесе Т2) күштік трансформаторлары ажыратылуда.

$$S_{\underset{T1,T2}{ном}} = \frac{43.4}{1.4 \cdot 0,8} = 38,75 \text{ МВА}.$$

Г1, Г2 генераторларының 10 кВ-тық тарату құрылғысының жинақтағыш шинасына бере алатын ең көп қуаты:

Қыста

$$S_{\underset{Г1,Г2}{ном}} = \frac{126 - 12,6 - 70}{0,8} = 54,25 \text{ МВА}.$$

Жазда

$$S_{\underset{Г1,Г2}{ном}} = \frac{100.8 - 11,08 - 49}{0,8} = 50,9 \text{ МВА}.$$

Есептеудің нәтижесінде Т1; Т2 трансформаторлары үшін, орнатуға ТДТН-63000/115/38,5/11 трансформаторларын қабылдаймыз [1.89.152, 5.2011, 374].

2.5 к е с т е – ТДТН-63000/115/38,5/11 кВ трансформаторының техникалық деректері

Шығын, кВт		$U_{к.т.о}\%$			Заводтық құны, мың рубл. (теңгемен есептеу керек) [5. 2011, 384.; 1.89.550]
$Р_{б.ж}$	$Р_{к.т.т}$	ЖК-ТК	ЖК-ОК	ОК-ТК	
53	290	10,5	18,0	7	126

Екінші варианттың Т3 және Т4 күштік трансформаторлары ретінде түрі [11] әдістемелік нұсқауларды ескере отырып ТДН-80000/110/10,5 кВ [1.89.148., 5.2011,372] трансформаторлар қабылданады.

2.6 к е с т е - ТДН-80000/110/10,5 кВ күштік трансформатордың техникалық деректері

Шығын, кВт		$U_{к.т.}\%$	Заводтық құны, мың рубл. (теңгемен есептеу керек) [5. 2011, 384; 1.89.550].
$Р_{б.ж}$	$Р_{к.т.т}$		
58	310	10,5	65,5

2.5.3 Күштік трансформаторлардағы электр энергияның жылдық шығынын есептеу.

Станцияның географиялық орналасу ауданы – Орталық Қазақстан: қыс - 200 тәулік (Қ.ұ.), жаз – 165 тәулік (Ж.ұ.), жылдық балама температурасы +10°С. Энергия шығынының меншікті құны шартты түрде 0,0115 ш.б./кВт·сағ-деп қабылдаймыз.

1-ші нұсқа (2.1 сурет) үшін жылдық энергия шығыны.
Трансформатор ТР-ТРДНС-63000/36,75/10,5/10,5 кВ.
Болаттағы энергияның жылдық шығыны [4,5]

$$\Delta W_{Б} = Р_{Б.Ж} \cdot 8760 = 50 \cdot 8760 = 438 \cdot 10^{3} кВт \cdot сағ.$$

Трансформатордың ТК-дегі тармақталған мыс орамындағы энергияның жылдық шығыны екі орамды трансформаторындағыдай ТК-дегі орамдары бірдей жүктелуі шарт деп есептелініп, төмендегі формула бойынша анықталынады

$$\Delta W_{М} = \frac{Р_{К \cdot Т}}{S^{2}_{НОМ \cdot ТР} \cdot \cos^{2} \varphi} \cdot (Р^{2}_{ТР(0-8)^{3}} \cdot t_{(0-8)+(18-24)} \cdot К_{ұ} + Р^{2}_{ТР(18 \cdot 24)} \cdot t_{\cdot(8-18)к} \cdot$$

$$\cdot К_{ұ} + Р^{2}_{ТР(0-8)\cdot} \cdot t_{(0-8)+(18-24)_ж} \cdot Ж_{ұ} + Р^{2}_{ТР(0-8)} \cdot t_{(8-18)ж} \cdot Ж_{ұ}) =$$

$$\frac{250}{63^{2} \cdot 0{,}8^{2}} \cdot (31{,}55^{2} \cdot 14 \cdot 200 + 43{,}4^{2} \cdot 10 \cdot 200 + 28{,}9^{2} \cdot 14 \cdot 165 +$$

$$+ 40{,}7^{2} \cdot 10 \cdot 165) = 1103{,}9 \cdot 10^{3} кВт \cdot сағ.$$

Тәулік ішіндегі жүктеменің мәні осы әдістемелік нұсқаудағы 1.2 кестеден алынады (яғни ЕСЖ №1).

Т-3 және Т-4 трансформаторлары ТДТН-80000/110.

Бір трансформатордың болатындағы энергияның жылдық шығыны

$$\Delta W_{Б} = Р_{Б.Ж} \cdot 8760 = 64 \cdot 8760 = 560{,}6 \cdot 10^{3} кВт \cdot сағ.$$

Үш орамды трансформатордың мыс орамындағы энергияның жылдық шығыны ТК, ОК, ЖК, әрбірінің орамдарының жүктелуіне сәйкес 1.2 кесте бойынша анықталады.

Анықтамалық мәліменттен [1, 3, 3.6 кесте, 5.374б] $P_{К.Т.ЖК-ТК} = 365$ кВт.

$$P_{К.Т.ЖК-ТК} = P_{К.Т.ОК} = P_{К.Т.Т.К.} = 0{,}5 \cdot P_{К.Т.Т.К.} = 0{,}5 \cdot 365 = 182{,}5 \text{ кВт}.$$

$$\Delta W_{МЖК} = \frac{P_{К.Т}}{S^2_{НОМТ-3COS^2\varphi}} \cdot (P^2_{Т-3(0-8)ж} \cdot t_{(0-8)+(18-24)} \cdot К_{ұ} +$$

$$+ P^2_{Т-3(8-18)ж} \cdot t_{(8-18)ж} \cdot К_{ұ} + P^2_{Т-3(0-8)ж} \cdot t_{(0-8)+(18-24)} \cdot Ж_{ұ} +$$

$$+ P^2_{Т-3(8-18)ж} \cdot t_{(8-18)ж} \cdot Ж_{ұ}) = \frac{182{,}5}{80^2 \cdot 0{,}8^2} \cdot (49{,}4^2 \cdot 14 \cdot 200 + 54{,}4 \cdot 10 \cdot 200 +$$

$$+ 38{,}9^2 \cdot 14 \cdot 165 + 41{,}3^2 \cdot 10 \cdot 165 = 849{,}3 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ}.$$

$$\Delta W_{м.о.к} = \frac{182{,}5}{80^2 \cdot 0{,}8^2} \cdot (3{,}42^2 \cdot 14 \cdot 200 + 2{,}3^2 \cdot 10 \cdot 200 + 00{,}5^2 \cdot 14 \cdot 165 +$$

$$+ 3{,}35^2 \cdot 10 \cdot 165) = 2{,}86 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{сағ}.$$

$$\Delta W_{м.тк} = \frac{182{,}5}{80^2 \cdot 0{,}8^2} \cdot (50{,}78^2 \cdot 14 \cdot 200 + 56{,}7^2 \cdot 10 \cdot 200) + 38{,}95^2 \cdot 14 \cdot 165 +$$

$$+ 44{,}85^2 \cdot 10 \cdot 165) = 912{,}2 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{сағ}.$$

$$\Sigma \Delta W_{МТ-3,Т-4} = (849{,}3 + 2{,}86 + 912{,}2) \cdot 10^3 = 1764{,}36 \cdot 10^3 \, кВт \cdot сағ.$$

2-ші нұсқа (2.2 сурет) үшін жылдық энергия шығыны.

ТДТН 63000/110 түрдегі Т-1 және Т-2 трансформаторларындағы энергияның жылдық шығыны [1,5] тен бұл трансформаторлар үшін $P_{хх}$=53 кВт $P_{кз}$=290 кВт – деп қабылдаймыз.

$$\Delta W_{Б} = 53 \cdot 8760 = 464{,}3 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$P_{К,.Т.Ж.К} = P_{К.Т.О.К} = P_{К.Т.Т.К} = 0{,}5 \cdot P_{К.Т.ЖК-ТК} = 0{,}5 \cdot 290 = 145 \text{ кВт},.$$

$$\Delta W_{м.ЖК} = \frac{145}{63^2 \cdot 0{,}8^2} \cdot (3{,}42^2 \cdot 14 \cdot 200 + 2{,}3^2 \cdot 10 \cdot 200 + 0{,}05^2 \cdot 14 \cdot 165 +$$

$$+ 3{,}55^2 \cdot 10 \cdot 165) = 3{,}66 \cdot 10^3 \text{ кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\text{м.О.К}} = \frac{145}{63^2 \cdot 0{,}8^2} \cdot (17{,}16^2 \cdot 14 \cdot 200 + 24^2 \cdot 10 \cdot 200 + 14{,}5^2 \cdot 14 \cdot 165 +$$
$$+ 23{,}9^2 \cdot 10 \cdot 165) = 194{,}06 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\text{м.т.к.}} = \frac{145}{63^2 \cdot 0{,}8^2} \cdot (15{,}78^2 \cdot 14 \cdot 200 + 21{,}7^2 \cdot 10 \cdot 200 + 14{,}45^2 \cdot 14 \cdot 165 +$$
$$+ 20{,}35^2 \cdot 10 \cdot 165) = 159{,}86 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\text{МТ–1,Т–2}} = (3{,}66^2 + 194{,}06 + 159{,}86) \cdot 10^3 = 357{,}58 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{сағ}.$$

Түрі ТДН 80000/110, Т-3 және Т-4 трансформаторларындағы энергияның шығыны келесідей формуламен анықталынады. [3,4,5] әдебиеттен бұл трансформаторлар үшін $P_{\text{хх}}$=58 кВт, $P_{\text{кз}}$=310 кВт – деп қабылдаймыз.

$$\Delta W_{\text{Б}} = 58 \cdot 8760 = 508{,}08 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{сағ},$$

$$\Delta W_{\text{м}} = \frac{310}{80^2 \cdot 0{,}8^2} \cdot (50{,}775^2 \cdot 14 \cdot 200 + 56{,}7^2 \cdot 10 \cdot 200 + 38{,}95^2 \cdot 14 \cdot 165 +$$
$$+ 44{,}85^2 \cdot 10 \cdot 165) = 1555{,}9 \cdot 10^3 \text{кВт} \cdot \text{сағ}.$$

2.6 Өзіндік мұқтаждығына керекті трансформаторларды таңдау (технико-экономикалық салыстыру үшін)

Өзіндік мұқтаждығындағы жұмыс трансформаторларының саны және берілген сұлбада генераторлар саны 4-ке тең. Салыстыруға арналған бірінші нұсқада қолданылған Г-1 және Г-2 генераторлары, өзіндік мұқтаждық жұмыс трансформаторлары 10 кВ-тық жинақтаушы шинаға ажыратқыш арқылы қосылады, ал Г3 (Г4) генератор-трансформатор блоктық сұлбаның өзіндік мұқтаждықтың жұмыс трансформаторлары аралық шықпалар арқылы қосылады. Ажыратқыштардың болуы үш орамды трансформаторлары қолдануға мүмкіндік береді (генераторларды ажырату кезінде 35 кВ және 110 кВ-тық ТҚ-ы байланыстырады).

ТР трансформаторы ТК-дегі тармақталған орамы 10 кВ шиналардың әр түрлі секцияларына екі ажыратқыш арқылы қосылған. Секциялар арасында секциялық ажыратқыш бар. Осылайша 1-ші нұсқада генераторлық кернеу ұяшықтар саны – 7, мұнда өзіндік мұқтаждық ажыратқыш есепке алынбайды, өйткені екі сұлбада да олардың саны бірдей.

2-ші нұсқада блоктық қосылыстарды ажыратқышсыз орнатуға болады, өйткені генераторды ажырату блокты ажыратуға әкеп соғады.

Генераторлық кернеу ұяшықтарының саны – 5. Өзіндік мұқтаждық трансформаторларын технико-экономикалық салыстыруға енгізбейміз, себебі олардың саны мен қуаты салыстырылатын нұсқаларда бірдей.

2.7 1-ші және 2-ші нұсқаларды технико-экономикалық салыстыру

Нұсқалардағы есепті жеңілдету үшін қайталанатын бөліктер есепке алынбайды. Салыстыруды кесте түрінде жүргіземіз (4.1 кесте).

Ол үшін алдымен экономикалық орындылығын (целесобразность) анықтайтын келтірілген минималды шығынның формуласын талдаймыз [4,5]:

$$З_{min} = Р_а \cdot К + И + У;$$

мұнда $Р_а = 0{,}12$ - экономикалық тиімділіктің нормативтік коэффициенті;

К - электр қондырғыға күрделі қаржы салымы, мың теңге;

И - жылдық пайдалану шығыны, мың теңге/жыл;

У - электр энергияны бермегендіктен келетін залал (зиян), мың теңге/жыл.

4.1 к е с т е – Күрделі қаржы салымын анықтаймыз, яғни К.

Бөліктердің атауы	Бірліктің есептік құны, ш.б.	1 – нұсқа		2 – нұсқа	
		бір. саны, дана	қосындысы ш.б.	бір. саны, дана	қосындысы ш.б.
1 Трансформатор ТРДНС - 63000/36,75/10,5/10,5	107·1,6	1	171,2	-	-
2 Трансформатор ТДТН – 80000/110	137·1,5	2	411	-	-
3 АТҚ ұяшығы 35 кВ	10	1	10	-	-
4 ЖТҚ ұяшығы 10 кВ	20	2	40	-	-
5 Трансформатор ТДТН – 63000/110	126·1,5			2	378
6 Трансформатор ТДН – 800000/110	137·1,5			2	411
7 АТҚ ұяшығы 110 кВ	30			2	60
Барлығы			632,2		849

Қуаты >16 МВА 35 кВ трансформаторлар үшін $a = 1{,}6$ ал қуаты >32 МВА 110 кВ трансформаторлар үшін $a = 1{,}5$ [1.89.550., 5. 2011.384].

4.2 к е с т е – Келтірілген минималды шығынды анықтау кестесі

Шығындар	1 нұсқа	2 нұсқа
1 Есептік күрделі қаржы салымы, к.ш.б.	632,2	849,0
2 *Амортизацияға шығару $U_a + U_қ$, ш.б.	$0{,}084 \cdot 632{,}2 = 53{,}1$	$0{,}084 \cdot 849 = 71{,}31$
3 **Энергия шығынының құны, $U_{шыг.}$, ш.б.	$0{,}0115 \cdot 6192{,}52 \cdot 10^3 = 71{,}21$	$0{,}0115 \cdot 5771{,}72 \cdot 10^3 = 66{,}37$
4 Минималды шығынды есептеу $З_{\min}$, ш.б.	$0{,}12 \cdot 632{,}2 + 53{,}171 + 71{,}21 = 200{,}174$	$0{,}12 \cdot 849{,}0 + 71{,}31 + 66{,}37 = 239{,}56$

*[3]-10.2 кестеден: $P_а + P_о = (6.4 + 2)\% = 8.4\% = 0.084$.

** Энергия шығынының құны

$$U_{шыг.} = \beta \cdot \Delta W, \quad \beta = 0{,}0115 ш.б./кВт \cdot сағ;$$

1 – ші құсқа үшін

$$\Delta W_Б = 438 \cdot 10^3 + 560{,}6 \cdot 10^3 \cdot 2 = 1559{,}2 \cdot 10^3 кВт \cdot сағ;$$

$$\Delta W_М = 1103{,}9 \cdot 10^3 + 1764{,}36 \cdot 10^3 \cdot 2 = 4632{,}62 \cdot 10^3 кВт \cdot сағ;$$

$$\Delta W = \Delta W_Б + \Delta W_М = 1559{,}2 \cdot 10^3 + 4632{,}62 \cdot 10^3 = 6192{,}52 \cdot 10^3 кВт \cdot сағ.$$

2 - нұсқа үшін

$$\Delta W_Б = 464{,}3 \cdot 10^3 \cdot 2 + 508{,}08 \cdot 10^3 \cdot 2 = 1944{,}76 \cdot 10^3 кВт \cdot сағ;$$

$$\Delta W_М = 357{,}58 \cdot 10^3 \cdot 2 + 1555{,}9 \cdot 10^3 \cdot 2 = 3826{,}96 \cdot 10^3 кВт \cdot сағ;$$

$$\Delta W = \Delta W_Б + \Delta W_М = 1944{,}76 \cdot 10^3 + 3826{,}96 \cdot 10^3 = 5771{,}72 \cdot 10^3 кВт \cdot сағ.$$

1-ші және 2-ші нұсқалардың шығындарының арасындағы айырмашылығы төмендегі өрнекпен анықталынады

$$З_{\min\%} = \frac{239{,}56 - 200{,}174}{200{,}174} \cdot 100\% = 19{,}67\% > 5\%.$$

1-ші нұсқаның тиімділігі жоғары болғандықтан, оны қабылдауға болады.

3 Есептеу – сызба жұмыс №3

3.1 №3 ЕСЖ-тың мақсаты мен есептері

№2 ЕСЖ- тың мақсаты студенттердің теориялық білімдерін нығайту және нақты есептерді өз бетімен шығаруы, электр құрылғылардағы қ.т тогын есептеу бойынша тәжірбие алуы болып табылады.

№3 ЕСЖ есебі:

№2 ЕСЖ-ғы таңдалған құрылымдық сұлбасынан есептеу сұлбасын және алмастыру сұлбасын құру.

№2 ЕСЖ–тың оқытушысынан ТКТҚ-дан немесе ЖКТҚ-дан немесе ОКТҚ-ң қысқа тұйықталу (қ.т.) нүктесін алу.

Сұлба элементтерінің кедергісін анықтау және оларды базалық шартқа келтіру.

Алмастыру сұлбасын түрлендіріп, қорытынды кедергілерді анықтау.

Қ.т. тогының периодикалық құрамының бастапқы мәнін, содан соң апериодикалық құрамын, қ.т тоғының соққы тогын және берілген уақыт моменті үшін қ.т. тогын анықтау.

Коммутациялық аспаптарды таңдау (жоғарғы кернеулі ажыратқыштарды және айырғыштарды).

ЖЭО-ң электрлік жалғануының жеңілдетілген ұстанымдық сұлбасын құру.

3.2 №3 ЕСЖ-тың мазмұны

№3 ЕСЖ есептеу - түсініктеме электр станцияның жеңілдетілген ұстанымды сұлбасының электрлік жалғануынан тұрады.

3.2.1 Есептің берілген мәндері.

№3 ЕСЖ- ты орындауға керекті мәнді «Электр станция мен қосалқы станция» пәнінен №1,2 ЕСЖ-тан берілген мәндерінен аламыз.

3.2.2 Есептеу – түсініктеменің көлемі.

Есептеме - түсініктеме хаты нақты 20-25 бет көлемінде және АУЭС стандартына сай (210х297) А4 форматы стандартты бетте жинақты түрде жазылуы керек. Есептеме-түсініктеме жазбада барлық есептер болуы керек және есептеу жұмысында алынған негізгі бөлімдер қысқаша көрсетіледі.

Есептеу – түсініктеме жазбаның мазмұны:

1) Есептеу сұлбасын құру.

2) Алмастыру сұлбасын құру.

3) №2 ЕСЖ - тың оқытушысынан қ.т. тогының нүктесін алу.

4) Сұлба элементтерінің кедергісін анықтау және оларды базистік шартқа келтіру.

5) Алмастыру сұлбасын түрлендіріп, сұлбаның қорытынды кедергісін анықтау.

6) Қ.т. тогының периодикалық және апериодикалық құрамаларын анықтау. Содан соң қ.т. соққы тогын және берілген уақыт моментінің қ.т.. тогын анықтау.

7) Коммутациялық аспаптарды таңдау (жоғарғы кернеулі ажыратқыштар мен айырғыштарды).

8) Электр станцияның электрлік жалғанған жеңілдетілген ұстанымдық сұлбасын құру.

3.3 Қысқа тұйықталу токтарын есептеу және электр жабдықтарын таңдау

3.3.1 Жалпы түсініктер. Есептеу аймақтарын анықтау.

Есептеу–сызба жұмыста электр жабдықтарын таңдау мен тексеру үшін үшфазалық қысқа тұйықталу тогын (қ.т.т) анықтау жеткілікті, оның есептеу реті келесі жолдармен анықталады [4,5,6]:

а) электр қосылысының басты сұлбасы бойынша есептеу сұлбасы, содан кейін электр алмастыру сұлбасы қарастырылуы қажет;

б) алмастыру сұлбасын түрлендіру жолымен біз оны жай түріне келтіреміз; ол жағдайда Э.Қ.К. белгілі мәнімен сипатталатын қорек көзі немесе қорек көздері тобы, бір қорытынды кедергі арқылы Қ.Т. нүктесімен байланыста болуы керек;

в) қорытынды Э.Қ.К. мен қорытынды кедергінің шамасы бойыша Қ.Т. тогының периодикалық құрамының бастапқы мәні содан соң қ.т. тогының апериодикалық құрамасы, соққы ток және бөлек тармақтардағы токтың периодикалық құрамасы және де керек жағдайда берілген t-уақыт моменті үшін Қ.Т. тогының құрамаларының шамасы анықталады.

Қондырғының есептеу сұлбасы, жұмыстың қалыпты режимін көрсетуі керек. Сұлбада Қ.Т. нүктелерін, аппараттар мен өткізгіштердің неғұрлым ауыр жұмыс режимінде, Қ.Т. тогының ағыны болатындай жағдайда таңдайды.

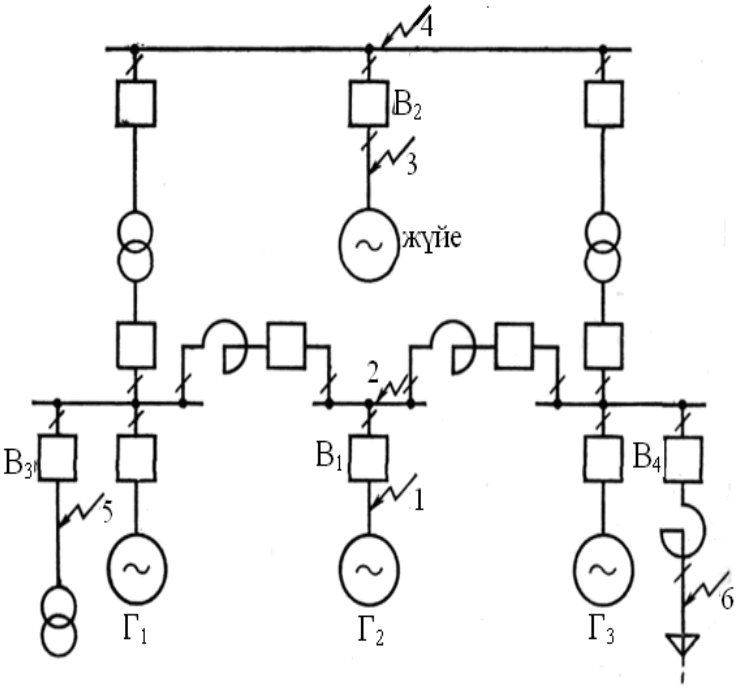
Мысалы, 1-суретпен сәйкес В1 ажыратқышын (генератордың) таңдау үшін, екі нүктені қарастыру қажет. Қ.Т. кезінде 1 нүктеде генератор тогынан басқа, ажыратқыш арқылы барлық көздердің токтары ағып өтеді; ал 2 нүкте арқылы тек бір генератордың тогы ағып өтеді.

Ажыратқыш Қ.Т. тогының ең үлкен мәніне қарап таңдалады. В2 ажыратқышы арқылы Қ.Т. кезінде 3 нүктеде ток қарастырылып жатқан станцияның көздерінен ағып шығады; ал 4 нүктеде - ток жүйе көзінен ағады.

В3 ажыратқышы үшін есептеу нүктесі 5 нүкте болып есептеледі. Бұл ажыратқыш апатты режим кезінде берілген кернеу ажыратқыштарына қарағанда неғұрлым ауыр режимде болады.

Реакторлы тармақталып орналасқан В4 ажыратқышы үшін есептеу нүктесі болып реактордағы 6 нүкте қарастырылады.

Есептеу көлемінің жұмысын қысқарту үшін электр қондырғылар бірдей шарттарда Қ.Т. режимінде шамамен бір шартта болатын, электр қондырғыларының бірнеше тізбектерін топтастыру мүмкіндіктерін қолданады. Мұндай жағдай электр қондырғының сұлбасын жалпы есептік шарттар қалыптасатын бірнеше аймаққа бөлуге мүмкіндік туғызады .



3.1 сурет - Қысқа тұйықталу токтарын есептеудің сұлбасы

3.3.2 Сұлба элементтерінің кедергілері және оларды базисті шарттарға келтіру.

Қ.Т. токтарын есептеу кезіндегі алмастыру процесін жеңілдету үшін шамалардың барлығы базистік шарттарға келтіріледі. Базистік шама деп, базистік қуаттарды және базистік кернеулерді қарастырады, оның көмегімен базистік ток пен базистік кедергі анықталады.

Базистік қуаты кез-келген шамамен беріледі, ондық еселікті $S_б$=100 МВА немесе 1000 МВА қолданған ыңғайлы. Базистік кернеу, Қ.Т. болжанатын орташа қолданыстық кернеу қадамымен (0.4; 3.15; 6.13; 10.5; 13.8; 15.75; 20; 37; 115; 154; 230; 340; 575 кВ) анықталады [4,5,6,7].

Базистік ток келесі формуламен анықталады

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \cdot U_б} \qquad (3.1)$$

Осы формулаға (3.1) сүйене отырып, жеңіл түрлендіру жолымен базистік шарттағы салыстырмалы бірліктегі Қ.Т. тізбегінің барлық элементтерінің кедергілерін анықтауға болады.

Синхронды генераторлар мен компенсаторлар үшін қолданылатын формула

$$X_{*г} = X''_{d*} \cdot \frac{S_б}{S_{ном.}}, \tag{3.2}$$

мұнда - анықтама деректері бойынша, компенсатор немесе генератордың бойлық X''_{d*} осьтерінің полюстері бойынша асқын индуктивтік кедергісі.

Екі орамды трансформатор үшін қолданылатын формула

$$X_{*т} = \frac{U_k\%}{100} \cdot \frac{S_б}{S_{ном}}, \tag{3.3}$$

мұнда $U_k\%$ - анықтама немесе құжат деректерімен анықталатын қ.т. кернеуі.

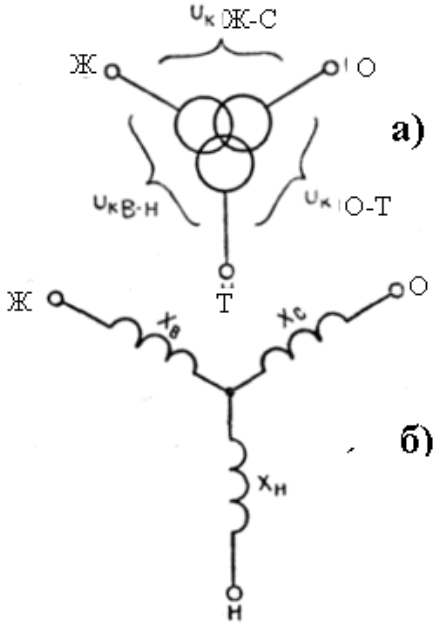
Үш орамды трансформатордың немесе автотрансформатордың, қ.т. кернеуі әрбір жұптасқан орамдары $U_{кв-н}\%$, $U_{кс-н}\%$, $U_{кв-с}\%$ үшін трансформатор немесе АТ номиналды қуатына келтірілген.

Бұл трансформаторлардың сұлбалары 3.2-суретте көрсетілген. Базистік шарттарға келтірілген сұлбаның салыстырмалы кедергісін келесі формулалар көмегімен анықтауға болады.

$$X_{*т} = \frac{1}{200}\left(U_{ж-т}\% + U_{ж-о}\% - U_{о-т}\%\right) \cdot \frac{S_б}{S_{ном}}, \tag{3.4}$$

$$X_{*ор} = \frac{1}{200}\left(U_{ж-о}\% + U_{о-т}\% - U_{ж-т}\%\right) \cdot \frac{S_б}{S_{ном}}, \tag{3.5}$$

$$X_{*ж} = \frac{1}{200}\left(U_{ж-т}\% + U_{о-т}\% - U_{ж-о}\%\right) \cdot \frac{S_б}{S_{ном}}. \tag{3.6}$$



3.2 сурет - Үш орамды трансформатордың сұлбасы

3.3-суретте көрсетілгендей, базистік шарттарға келтірілген, екі орамды трансформаторлары әр жағдайда екі немесе үш тарамдалған орамды сұлбаға реактивтілік кедергі қосылады.

$$X_{Ж} = X_{ЖТ} - \frac{X_{тарамд.}}{2n}, \tag{3.7}$$

$$X_{Т1} = X_{Т2} = \ldots = \frac{X_{тарамд.}}{2n}, \tag{3.8}$$

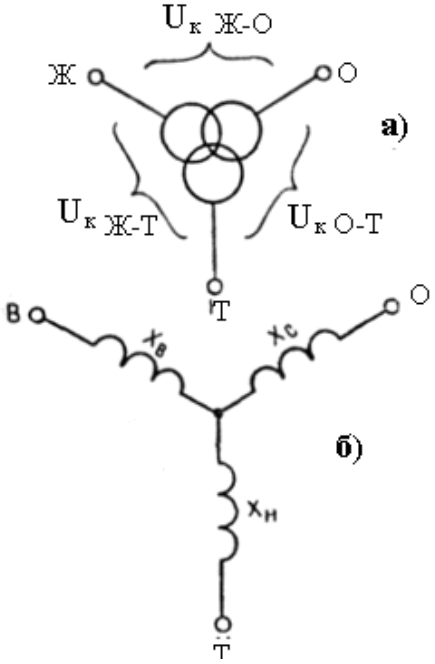
$$X_{тарамд.} = X_{Т1} - X_{Т2}. \tag{3.9}$$

Тарамдалған орамды трансформатордың ток шектейтін әсері келесіні сипаттайды

$$K_{тарамд.} = \frac{X_{тарамд.}}{X_{Ж-Т}}. \tag{3.10}$$

Тәжірибе деректері бойынша үшфазалы трансформаторларда $K_{есеп}$=3,5 тарамдалу коэффициенті бар, сондықтан n=2 жағдайында алмастыру сұлбадағы трансфоматор түрі 3.3 а-суреттегідей сұлбаға сәйкес болады.

Бір фазалы трансформатор үшін $K_{есеп}$=2 тең ал n=3 кезінде алмастыру сұлбадағы трансформатордың түрі 3.3 б - суретіне сәйкес болады.



3.3 сурет - Тарамдалған орамы бар трансформатордың сұлбасы

Әуе және кабель желілері үшін кедергілер аталған бірлік түрінде алдын ала анықталады, яғни олар геометриялық өлшемдермен және номиналды кернеумен беріледі. Желілер кедергілерін келесі анықтамалардан табуға болады [1].

1 км желі үшін индуктивті кедергінің орташа мәндерімен қолданылып алуға болады (Хо):

- әуе желінің кернеуі 6 – 330 кВ – 0,4 Ом/км;
- әуе желінің кереуі 500 – 750 кВ – 0,3 Ом/км;
- кабельді желінің кернеуі 6 кВ – 0,08 Ом/км дейін;
- кабельді желінің кернеуі 10 кВ – 0,1 Ом/км дейін;
- кабельді желінің кернеуі 35 кВ – 0,12 Ом/км дейін.

Базистік шарттарға келтірілген желінің салыстырмалы кедергісі

$$X_{*Ж} = X_0 \cdot l \cdot \frac{S_б}{U^2_{орт.}}, \qquad (3.11)$$

мұнда *l* - желі ұзындығы, км.

Ток шектейтін реакторларды қолданатын болсақ, реактордың салыстырмалы базистік кедергісі келесі формуламен анықталады:

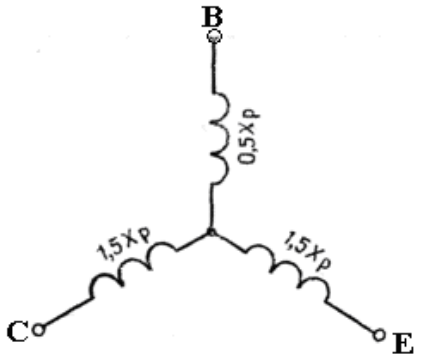
$$X_{*к} = \frac{X_Р\% \cdot I_В \cdot U_{НОМ.}}{100 \cdot I_{НОМ} \cdot U_Б}, \qquad (3.12)$$

$$X_{*к} = \frac{X_р\% \cdot S_б}{100 \cdot S_{ном}}, \qquad (3.13)$$

мұнда S ном. – реактордың номиналды қуаты;

Xр% – каталог бойынша реактордың салыстырмалы кедергісі.

Тарамдалған қосарлы реактордың салыстырмалы кедергісі қ.т. жеріне және 3.4-суреттегі қосарлы реактордың алмастыру сұлбасына байланысты анықталады. Базистік шарттарға келтірілген салыстырмалы кедергі реактордың қарапайым анықталу жолдарымен табылады.



3.4 сурет – Қосарлы реактордың алмастыру сұлбасы

Электр жүйемен параллель жұмыс істеп тұрған электр станциялардың қ.т. токтарын есептеу кезінде, жүйені сипаттайтын мәліметтерді міндетті түрде қарастыру қажет.

Егер де жүйе сұлбасы және элементтер параметрлері – генераторлар, трансформаторлар, ЭБЖ (ЛЭП) белгілі болса, жүйедегі қ.т. токтары станциямен сәйкес жүргізіледі. Бірақ жеңілдету үшін келесі жағдайларды қарастырамыз:

а) Sном жүйесінің қосынды қуаты белгілі болған жағдайда, Xс сұлбаларының барлық элементтерінің қосынды кедергісі, жобаланатын қондырғының жалғанатын тораптың кейбір нүктесіне дейін кедергілері беріліп, есептеу қарапайым жолмен жүргізіледі;

б) тораптың белгілі нүктесінде жүйенің қ.т. кезінде асқын ауыспалы қ.т. қуатымен, жүйенің номиналды қуаты қарастырылуы мүмкін. Бұл жағдайда берілген нүкте бойынша салыстырмалы кедергі келесі формуламен анықталады:

$$X_{*ЭЖ} = \frac{S_б}{S''_C}, \qquad (3.14)$$

$$X_{\text{есеп.ЭЖ}} = \frac{S_{\text{с.ном}}}{S_C''}; \quad (3.15)$$

в) жүйенің қуаты ескерілген кезінде есептеу шектелмеген қуат жүйесінің әдісімен жүргізіледі, сол жағдайда жүйе кедергісі мына өрнекпен анықталады

$$X_{*эж} = \frac{S_б}{S_C''}, \quad (3.16)$$

3.1 кесте – Электр қондырғылары элементтерінің кедергілерін есептеп анықтауға керекті формулалар

Электр қондырғылардың элементтері	Белгілі (берілген параметр)	Атаулы бірлігі	Салыстырмалы бірлігі
Генератор	$x = x''_{d*ном}$ $S_{ном}$	$x = x''_{d*(ном)} \frac{U_б^2}{S_{ном}}$	$x_* = x''_{d*(ном)} \frac{S_б}{S_{ном}}$
	$x''_{d*ном}\%$ $S_{ном}$	$x = \frac{x''_d\%}{100} \frac{U_б^2}{S_{ном}}$	$x_* = \frac{x''_d\%}{100} \frac{S_б}{S_{ном}}$
Энергетикалық жүйе	$S_{к.т}$	$x = U_б^2 / S_{к.т.т}$	$x_* = S_б / S_{к.т.т}$
	$I_{ном,ажр}$	$x = \frac{U_б^2}{\sqrt{3} I_{ном.ажр} \cdot U_{орт}}$	$x_* = \frac{S_б}{\sqrt{3} I_{ном,ажр} \cdot U_{орт}}$
	$x_{*ж(ном)}$ $S_{ном}$	$x = x_{*ж(ном)} \frac{U_б^2}{S_{ном}}$	$x_* = x_{*ж(ном)} \frac{S_б}{S_{ном}}$
Трансформатор	$x_т\%$ $S_{ном}$	$x = \frac{x_т\%}{100} \frac{U_б^2}{S_{ном}}$	$x_* = \frac{x_м\%}{100} \frac{S_б}{S_{ном}}$
Реактор	$x_Р$	$x = x_р \frac{U_б^2}{U_{орт}^2}$	$x_* = x_р \frac{S_б}{U_{орт}^2}$
Электр энергиясын жеткізу желісі	$x_м$ l	$x = x_м \cdot l \frac{U_б^2}{U_{орт}^2}$	$x_* = x_м \cdot l \frac{S_б}{U_{орт}^2}$

Ескерту

$S_{ном}$ - элементтердің номинальды қуаты (генератор, трансформатор, энергожүйесі), МВ·А; $S_б$ - базалық қуат, МВ·А; $S_{к.т}$ - энергожүйенің қ.т. қуаты МВ·А; $\sqrt{3} I_{ном.ажр}$ - ажыратқыштың номиналды ажырату тогы, кА; $x_{*ж(ном)}$ - энергожүйенің салыстырмалы номиналды кедергісі; $x_м$ - трансформатордың салыстырмалы кедергісі, трансформатордың ($U_{к.т}$) қ.т. кернеуі арқылы анықталынады; $I_б$ - базалық ток, кА; ($U_{орт}$)- элементтің қондырылған

жеріндегі орта кернеу, кВ; $x_м$ - ұзындығы 1 км желінің меншікті индуктивті кедергісі, Ом/км; l - желінің ұзындығы, км.

3.3.3 Электрлік сұлбаларды түрлендіру, кедергілердің қосындыларын және қысқа тұйықталу токтарын анықтау.

Базистік шамаларға келтірілген сұлба кедергісінің элементтері алмастыру сұлбасына қосылады. Ол үшін алмастыру сұлбасының әрбір элементін бөлшекпен белгілейді: алымында элементтің реттік нөмірін, ал бөлімінде – индуктивтік кедергінің салыстырмалы мәнін белгілейді. Әрі қарай сұлбаны түрлендіру жолымен кедергілердің қосындыларын анықтау қажет. Сұлбалардың келесі түрлендіру мүмкіндіктері қарастырылады.

Тізбектей және параллель байланысқан кедергілердің қосындысын келесі формуламен анықтаймыз

$$X_* = X_{*1} + X_{*2} + \ldots + X_{*n,}; \tag{3.17}$$

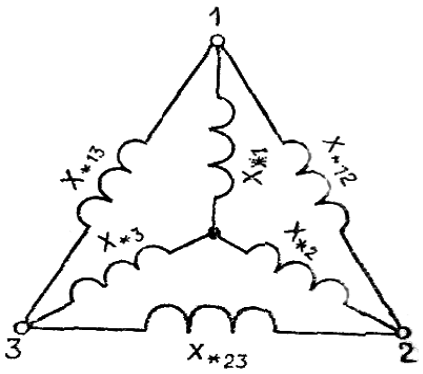
$$\frac{1}{X_*} = \frac{1}{X_{*1}} + \frac{1}{X_{*2}} + \ldots + \frac{1}{X_{*n}}. \tag{3.18}$$

5 суретке сәйкес, жұлдызшамен байланысқан $X_{*1,} X_{*2,} X_{*3,}$ сәулелерді эквивалентті үшбұрыш немесе келесі формуламен алмастыра алады

$$X_{*12} = X_{*1} + X_{*2} + \frac{X_{*1} \cdot X_{*2}}{X_{*3}}, \tag{3.19}$$

$$X_{*13} = X_{*1} + X_{*3} + \frac{X_{*1} \cdot X_{*3}}{X_{*2}}, \tag{3.20}$$

$$X_{*23} = X_{*2} + X_{*3} + \frac{X_{*2} \cdot X_{*3}}{X_{*1}}. \tag{3.21}$$



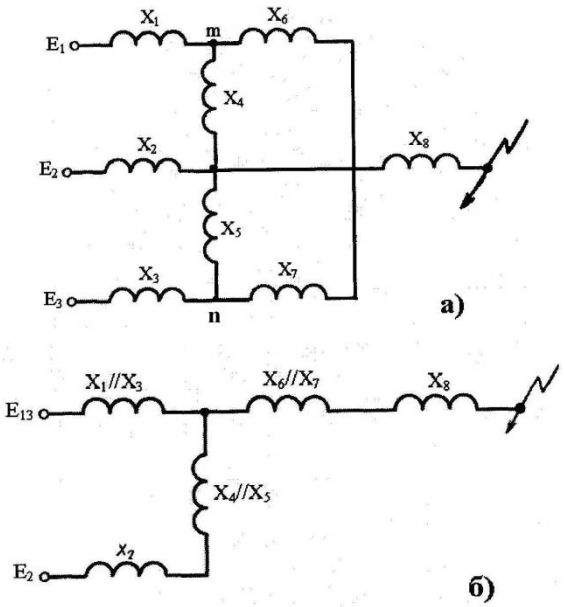
3.5 сурет – Үшбұрыш – жұлдызша түрленуі және кері түрлендіру сұлбасы

Салыстырмалы кедергілердің үшбұрыш сұлбасын эквивалентті жұлдызшаға түрлендіру келесі формулалардың көмегімен іске асады

$$X_{*1} = \frac{X_{*12} \cdot X_{*13}}{X_{*12} + X_{*13} + X_{*23}}, \tag{3.22}$$

$$X_{*1} = \frac{X_{*12} \cdot X_{*23}}{X_{*12} + X_{*13} + X_{*23}}, \tag{3.23}$$

$$X_{*3} = \frac{X_{*12} \cdot X_{*23}}{X_{*12} + X_{*13} + X_{*23}}. \tag{3.24}$$



3.6 сурет - Бірдей потенциал нүктелерін қосу, біріктіру жолымен өтетін сұлбаның түрленуі

Бірдей потенциал нүктелерінің біріктірілуі жолымен сұлбаның жеңілдетуі іске асады. Егер де қорек көздерінің ЭҚК. бірдей деп алатын болсақ, онда 3.6, а суреттегі сұлбада, m және n нүктелері тең потенциалды болып келеді. Әртүрлі потенциалды нүктелердің кедергілерінің элементтерін параллель біріктіретін болса, 3.6,б суреттегідей сұлба шығады.

Нәтижесінде, түрленген сұлба 3.7 суреттегідей сұлбада бөлек генераторларының Қ.Т. токтарының есептеуін жеңілдететін ыңғайлы жағдайға келеді.

Негізінен сұлбаны екі-үш сәулеге біріктіреді, сонымен қатар бөлек сәулені әртипті генераторларды немесе біртипті Қ.Т. нүктелері қатысты әртүрлі ұзындығына байланысты (бір станция генераторлары, әртүрлі кернеулі Қ.Т.) іріктейді. Әрбір сұлбаның нәтижелі кедергісі келесі формуламен анықталады.

3.7, а суреттегі сұлба үшін

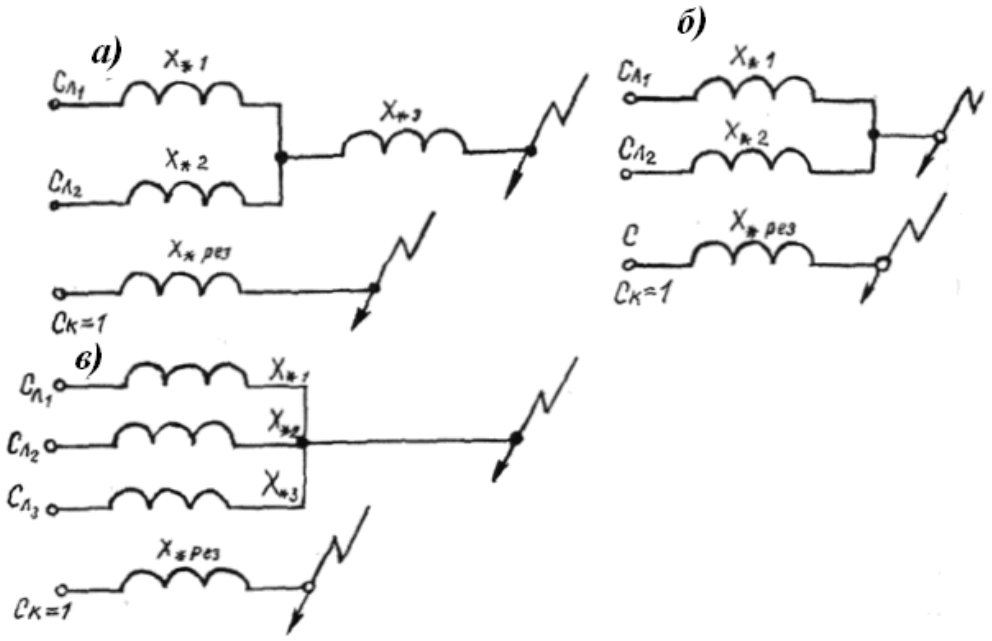
$$X_{*кор.} = \frac{X_{*1} \cdot X_{*2}}{X_{*1} + X_{*2}} + X_{*3}. \qquad (3.25)$$

3.7, б суреттегі сұлба үшін

$$X_{*кор.} = \frac{X_{*1} \cdot X_{*2}}{X_{*1} + X_{*2}}. \qquad (3.26)$$

3.7, в суреттегі сұлба үшін

$$X_{*кор.} = \frac{X_{*1} \cdot X_{*2} \cdot X_{*2}}{X_{*1} \cdot X_{*2} + X_{*1} \cdot X_{*3} + X_{*2} \cdot X_{*3}}. \qquad (3.27)$$



3.7 сурет - Жеке өзгерісті ескеріп отыратын қ.т. тогын есептеудің сұлбасы

Алғашқы жоғары өтпелі ток келесі формуламен анықталады

$$I'' = \frac{E''_*}{X_{*рез.}} \cdot I_б, \tag{3.28}$$

мұнда $I_б = S_б / \sqrt{3} \cdot U_б - U_б = U_{орт.}$ кезіндегі базисті ток;

E''_* - салыстырмалы бірлік (с.б.) кезіндегі генератор Э.Қ.К. жоғары өтімділігі; есептеу кезінде

ЭҚК. орташа мәнін шамасында алуға болады (1.1-1.15) [4,9].

Қ.Т. соққы тогы

$$i_c = \sqrt{2} \cdot K_c \cdot I'', \tag{3.29}$$

мұнда $K_c = 1 + e^{-\frac{0.01}{T_a}}$ - соққы коэффициенті;

T_a – қ.т. тізбегінің уақыт тұрақтысы.

Әр типті қорек көздері бар бірнеше сұлбаларда соққы тогының есептеу методикасы Қ.Т. нүктесінің орналасуына тәуелді болады, ол үшін соққы тогын анықтайды. Сонда, соққы тогын анықтайтын үш сипаттық жағдайды қарастыруға болады:

1) Өшірілген Қ.Т. кезінде (ТҚ және жоғары кернеу станция тораптарында, төменгі кернеулі ТҚ, станцияның желілік реакторынан кейінгі қосалқы станцияларының ТҚ)

$$i_c = \sqrt{2} \cdot K_c \cdot I''_{\Sigma}, \tag{3.30}$$

мұнда I''_{Σ} - барлық қорек көздеріндегі қосынды тогы.

Уақыт тұрақтысын былай табады

$$T_a \approx \frac{x_{\text{қор.}}}{\omega \cdot r_{\text{қор.}}}. \tag{3.31}$$

Барлық элемент сұбаларының активті және реактивті кедергілерін анықтаған соң, r=0 кезінде эквивалентті сұлбаны құрастырады және $x_{кор}$ табады, содан кейін x=0 кезінде эквивалентті сұлбаны құрастырып $r_{кор}$ табады. Жеңілдету үшін T_a шамасын қарастыру міндетті емес, оның орнына T_a және K_y орташа мәндерін қолдануға болады, олардың шамалары 3.2 кестеде, электр желілерде көрсетілген.

2) Генератор (генератор кернеуінің жинақтылық шамаларында немесе генератор блогының шығыны кезінде) жанындағы қ.т. кезінде берілген станция мен басқа жүйе көздерінің генератор соққы тогының құрауыштары бөлінеді

$$i_c = \sqrt{2}(I''_{\Gamma} \cdot K_{С.Г} + K_{с.ЭЖ} \cdot I_{ЭЖ}) \tag{3.32}$$

Генераторлар мен басқа көздердің тұрақты уақыттарын есептегеннен кейін, K_c (2 кесте), соққы тогының мәнін есептейді.

3) Қозғалтқыш жүктеме түйіндегі қ.т. кезіндегі соққы тогы (ТҚ-3-6 кВ жылу станциялары, ТҚ – 6-10 кВ қосалқы станциялары)

$$i_c = \sqrt{2}(K_{СҚ} \cdot I''_{Қ} + K_{С.ЭЖ} \cdot I_{ЭЖ}) \tag{3.33}$$

мұнда $K_{с.қ}$, $K_{с.эж}$ - қозғалтқыш пен жүйе тармақтарындағы соққы коэффициенттері;

$I''_{д}$ - қозғалтқыштан шығатын жоғары өтпелі ток.

3.2 кесте - T_a және K_y орташа мәндері

Қысқа тұйықталу нүктесі	T_a, С	K_C
Қуаты 40 МВА және одан да төмен (3 және 6 кВ) трансформатордан кейінгі өзіндік мұқтаждықтың (ө.м) секциялары	0,185	1,95
Станциядағы 30-60 МВт генераторлардың 6-10 кВ шиналарында	0,115	1,92
Станциядағы қуаты 32 МВ·А және одан да жоғары трансформаторлардың жоғары кернеу шиналарында	0,14	1,935
Станциядағы қуаты 100 МВ·А және одан да жоғары трансформаторлардың жоғары кернеу шиналарында	0,125	1,93
Генератор кернеуінің желілік реакторынан кейін	0,095	1,9
Төмендеткіш қосалқы станциялардағы қуаты 100 МВА және оданда жоғары трансформаторлардың жинақтауыш шиналарында	0,065	1,8 және одан жоғары
Төмендеткіш қосалқы станциялардағы қуаты 25 МВА және одан да жоғары трансформаторлардың жинақтауыш шиналарында	0,045 және одан төмен	1,8 және одан жоғары

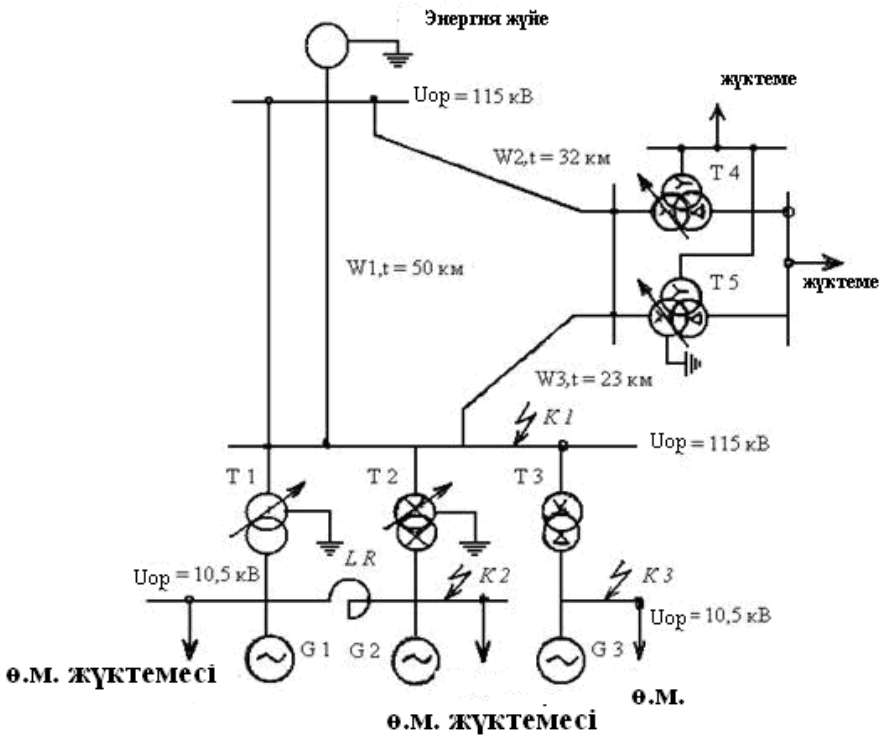
3.3 кесте - $e^{-\frac{\tau}{T_a}}$ мәнін есептеу

τ, c	Та кезіндегі $e^{-\frac{\tau}{T_a}}$					
	0,04	0,045	0,05	0,1	0,2	0,3
0	1	1	1	1	1	1
0,01	0,773	0,8	0,81	0,9	0,95	0,97
0,02	0,636	0,61	0,67	0,81	0,9	0,94
0,03	0,472	0,512	0,548	0,74	0,86	0,9
0,04	0,368	0,411	0,44	0,67	0,818	0,87
0,05	0,286	0,329	0,368	0,606	0,778	0,85
0,06	0,233	0,264	0,301	0,548	0,74	0,818
0,07	0,174	0,212	0,247	0,496	0,7	0,79
0,08	0,135	0,168	0,202	0,449	0,67	0,77
0,09	0,105	0,135	0,142	0,406	0,637	0,74

3.4 Қысқа тұйықталу тогын анықтау бойынша есептерді шығару

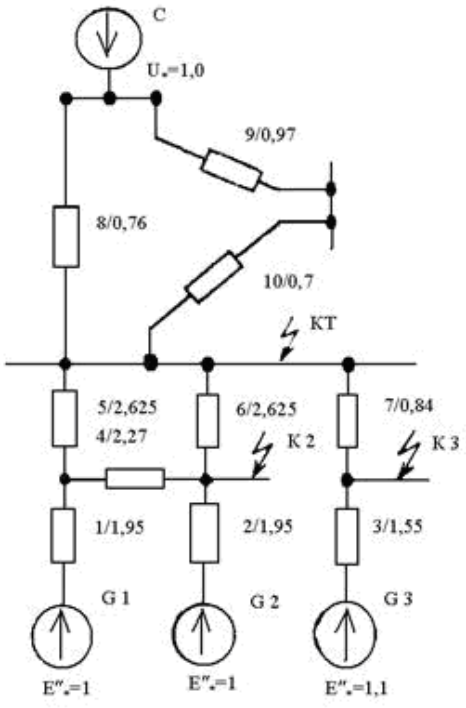
1 Есеп. Үш фазалы ҚТ есептеу үшін алмастыру сұлбасын құру және электр станция тізбегіндегі $I_{по}$ - қ.т тогының периодикалық құрамының бастапқы мәнін анықтау, есептеу сұлбасы және берілген мәндері 3.8 суретте көрсетілген [4,5,7].

Берілген мәндері: жеке элементтер параметрлері: $T1$ және $T2-ТДН-40000/110,\ 40МВ\cdot А, u_к=10{,}5\%;\ 125МВ\cdot А, u_к=10{,}5\%;\ T3-ТД-125000/110,$ $T4$ және $T5-ТДТН-40000/110,\ 40МВ\cdot А, u_{кВ\cdot Н}=10{,}5\%;\ G1$ және $G2-ТВФ-60-2,$ $75МВ\cdot А, x''_{d*(ном)}=0{,}146;\ G3-ТФН-100-2{,}118МВ\cdot А, x''_{d*(ном)}=0{,}183;$ $LR-РБДТ10-2500-0{,}25,\ I_{ном}=2{,}5кА,\ x_р=0{,}25Ом.$

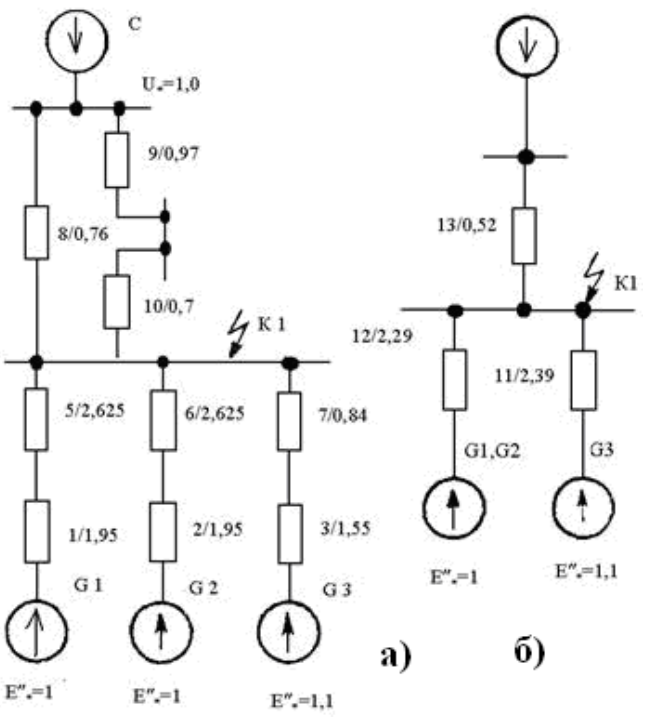


3.8 сурет- ҚТ тогын анықтауға арналған сұлбаны есептеу мысалы

Шешімі: есепті екі нұсқада есептейік: А нұсқасы салыстырмалы бірлік бойынша; Б нұсқасы атаулы бірлік бойынша (тек К1 нүктесі үшін ғана).



3.9 сурет- Толық алмастыру сұлбасы



3.10 сурет - К1 нүктесі үшін алмастыру сұлбасы

3.4.1 Есепті салыстырмалы бірлікте шешу.

Үш фазалы қ.т тогын есептеу үшін 3.9 суретте алмастыру сұлбасы көрсетілген. Сұлбадағы әр кедергіге өзінің реттік нөмірі беріледі, ол бүкіл есептеу кезінде сол кедергінің нөмірі болып қала береді. Сұлбада кедергі сызықша арқылы жазылады. Сызықша алымында кедергі нөмері, бөлімінде кедергінің сан мәні.

G1 және G2 генераторына жақын орналасқан жүктемені генераторлардың ЭҚК $E^{11}_{*} = 1$ дейін төмендетілді деп ескеріледі. Салыстырмалы аз Ө.М жүктемесінің әсері қашықтықтағы мен ҚТ-нан жүктемесінің әсері ескерілмейді.

К1 нүктесіндегі қысқа тұйықталу тогы (ҚТ).

Базалық қуат кезіндегі $S_б$=1000 МВА сұлба кедергілерін анықтаймыз.

G1 және G2 кедергілері:

$$x_{*} = x_{*2} = x^{//}_{d*ном}\frac{S_б}{S_{ном}} = 0{,}146\frac{1000}{75} = 1{,}95. \qquad (3.34)$$

Ары қарай жеңілдету үшін «$*$» индексін қолданбаймыз, сол арқылы барлық алынған кедергілер салыстырмалы бірлікте берілгенін көреміз және базистік шартқа келтірілген деп есептейміз.

Сонымен, $x_1=x_2=1{,}95$.

G1 және G2 генераторлары үшін Е.Қ.К жоғарыда ескерткендей Е = 1 деп аламыз.

G3 генераторының кедергісі

$$x_3 = 0{,}183\frac{1000}{118} = 1{,}55. \qquad (3.35)$$

G3 генераторының ЕҚК –н анықтаймыз:

$$E''_{*} = \sqrt{\begin{array}{l}(I_0 x''_d \cos\varphi_0)^2 + (U_{(0)} + I_{(0)} x''_d \sin\varphi_{(0)})^2 = \\ = \sqrt{(1\cdot 0.183}\cdot 0.85)^2 + (1+1\cdot 0.183\cdot 0.53)^2 \approx 1.1\end{array}}, \qquad (3.36)$$

мұндағы $I_{(0)} = 1;\ U_{(0)} = 1;\ \cos\varphi_{(0)} = 0{,}85;\ \sin\varphi_{(0)} = 0{,}53.$

Салыстырмалы бірліктегі параметрлер мәндерінде G3 генераторы ҚТ -ға дейін номиналды жүктемелі болды деп есептелінеді (шартты түрде).

Реактор кедергісі

$$x_4 = x_р\frac{S_б}{U^2_{ср}} = 0{,}25\frac{1000}{10{,}5^2} = 2{,}27. \qquad (3.37)$$

Т1 және Т2 трансформаторлар кедергісі

$$x_5 = x_6 = \frac{u_к\%}{100} \cdot \frac{S_6}{S_{ном}} = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{40} = 2,625. \quad (3.38)$$

Т3 трансформатор кедергісі

$$x_7 = \frac{10,5}{100} \cdot \frac{1000}{125} = 0,84. \quad (3.39)$$

Электр беру желісінің кедергісі

W1 (екі тізбекті)

$$x_8 = \frac{x_{уд} l}{2} \cdot \frac{S_6}{U_{ор}^2} = \frac{0,4 \cdot 50}{115^2} = 0,76, \quad (3.40)$$

(110 кВ желінің меншікті кедергісі 0,4 Ом/км тең деп алынған);

W2

$$x_9 = x_м l \cdot \frac{S_6}{U_{ор}^2} = 0,4 \cdot 32 \frac{1000}{115^2} = 0,97, \quad (3.41)$$

W3

$$x_{10} = 0,4 \cdot 23 \frac{1000}{115^2} = 0,7. \quad (3.42)$$

К1 нүктесіндегі ҚТ (110 кВ станция шинасы). G1 және G2 генераторлар тармақтары К1 ҚТ нүктесіне салыстырмалы түрде симметриялы. Сондықтан реактор кедергісі x_4 алмастыру сұлбасынан алып тастауға болады, өйткені ол бірдей потенциалды түйіндер ортасына қосылған және токқа әсер етпейді деп есептейміз. Осыны ескере отырып, К1 нүктесінде ҚТ үшін алмастыру сұлбасы 3.10, а суретінде көрсетілгендей болады.

Сұлбаны жеңілдетейік:

G3 генератор тізбегінің қорытынды кедергісі:

$$x_{11} = x_3 + x_7 = 1,55 + 0,84 = 2,39. \quad (3.43)$$

Жалпы қуаты 150МВА G1 және G2 бір типті генераторлар тізбегінің қорытынды кедергісі (3.10,б сурет):

(3.44)

$$x_{12} = (x_1 + x_5) // (x_2 + x_6) = \frac{1{,}95 + 2{,}625}{2} = 2{,}29.$$

Энергия жүйе тармақтарының қорытынды кедергісі (кернеуі өзгермейтін шинасы)

$$x_{13} = (x_9 + x_{10}) // x_8 = \frac{(0{,}97 + 0{,}7) \cdot 0{,}76}{0{,}97 + 0{,}7 + 0{,}76} = 0{,}52. \quad (3.45)$$

ҚТ тогының периодикалық құрамының бастапқы мәні

$$I_{п.0} = \frac{E''_*}{x_*} I_б; \quad (3.46)$$

мұндағы x_* - сұлба тармақтарының қорытынды кедергісі;

$I_б$- базалы ток:

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} U_{ср.К1}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 5{,}03 \text{ кА}; \quad (3.47)$$

Токтардың тармақтар бойынша мәндері:
G1 және G2 генераторлары

$$I_{п.0} = \frac{1}{2{,}29} \cdot 5{,}03 = 2{,}2 \text{ кА}; \quad (3.48)$$

G генераторы

$$I_{п.0} = \frac{1{,}1}{2{,}39} \cdot 5{,}03 = 2{,}31 \text{ кА}; \quad (3.49)$$

Энерго жүйесі

$$I_{п.0} = \frac{1}{0{,}52} \cdot 5{,}03 = 9.67 \text{ кА}; \quad (3.50)$$

К1 нүктесіндегі ҚТ қорытынды тогы

$$I_{п.0К1} = 2{,}2 + 2{,}31 + 9{,}67 = 14{,}18 \text{ кА}. \quad (3.51)$$

К2 нүктесіндегі ҚТ. Осы нүктенің ҚТ үшін алмастыру нүктесін алдыңғы есептеменің алмастыру нәтижесін қолдана отырып, 3.11, а суретінде көрсетілгендей алуға болады.

G3 генераторы ҚТ болған жерден едәуір алыста орналасқан, сондықтан есептеуді жеңілдету үшін жүйе тармағының құрамына оның кедергісін өңдей отырып, оны қосқан дұрыс. (3.11, б суретті қара):

$$x_{14} = x_{13} // x_{11} = \frac{0{,}52 \cdot 2{,}39}{0{,}52 + 2{,}39} = 0{,}427. \qquad (3.52)$$

Осылай, ҚТ нүктесіне ток үш қорек көзінен келіп отырады, G2 генераторы ҚТ нүктесіне әрдайым қосулы.

G2 генераторынан ҚТ тогы

$$I_{n.0} = \frac{E''_*}{x_*} I_б. \qquad (3.53)$$

мұндағы $I_б$- ҚТ тогында орташа кернеу кезіндегі токтың базалық мәні:

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} U_{ср.К2}} = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 10{,}5} = 55 \text{ кА}., \qquad (3.54)$$

$$U_{ср.К2} = 10{,}5 \text{ кВ}. \qquad (3.55)$$

Осылай, G2 генераторынан үш фазалы ҚТ тогы

$$I_{n.0} = \frac{1{,}0}{1{,}95} \cdot 55 = 28{,}2 \text{ кА}. \qquad (3.56)$$

Сонда G1 және G3 генераторлары энергия жүйесінен К2 нүктесіндегі ҚТ тогын егер осы қорек көздерін бір эквивалентті тармаққа біріктірсек, анықтау оңайырақ болады. Осы жолдағы аралық адым жасалған- G1 және G3 тармақтары біріктірілген және x_{14} жинақтық кедергілер көрсетілген.

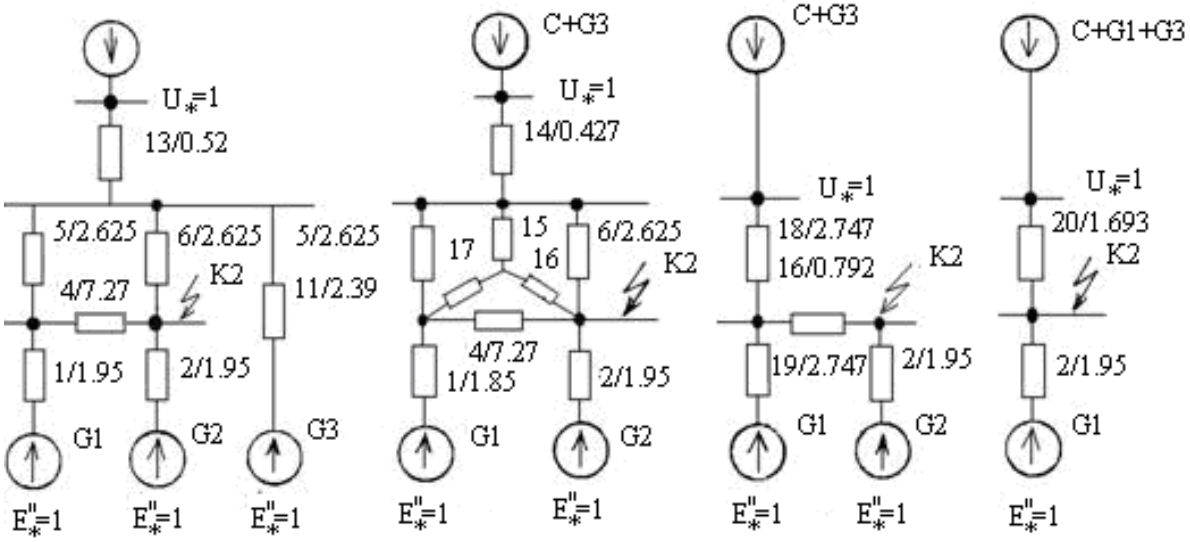
x_4, x_5, x_6- үшбұрыш кедергілерді эквиваленттілік жұлдызға x_{15}, x_{16}, x_{17} алмастырамыз [7].

$$x_{15} = \frac{x_5 x_6}{x_4 + x_5 + x_6} = \frac{2{,}625 \cdot 2{,}625}{2{,}27 + 2{,}625 + 2{,}625} = 0{,}916, \qquad (3.57)$$

$$x_{16} = \frac{x_4 x_6}{x_4 + x_5 + x_6} = \frac{2{,}27 \cdot 2{,}625}{7{,}52} = 0{,}792, \tag{3.58}$$

$$x_{17} = \frac{x_4 x_5}{x_4 + x_5 + x_6} = \frac{2{,}27 \cdot 2{,}625}{7{,}52} = 0{,}792. \tag{3.59}$$

$$x_{18} = x_{14} + x_{15} = 0{,}427 + 0{,}916 = 1{,}343, \tag{3.60}$$



а) б) в) г)

3.11 сурет – К2 ҚТ нүктесінің алмастыру сұлбасы

3.11,б суреттегі алмастыру сұлбасы, 3.11,в суретіне алмасады, онда

$$x_{19} = x_1 + x_{17} = 1{,}95 + 0{,}792 = 2{,}742., \tag{3.70}$$

К2 нүктесінде ҚТ тогын есептегенде қорытынды алмастыру сұлбасы 3.11, г суретіндегідей болады. Эквивалентті тармақтағы кедергі

$$x_{20} = x_{16} + x_{18} // x_{19} = 0{,}792 + \frac{1{,}343 \cdot 2{,}742}{1{,}343 + 2{,}742} = 1{,}693. \tag{3.71}$$

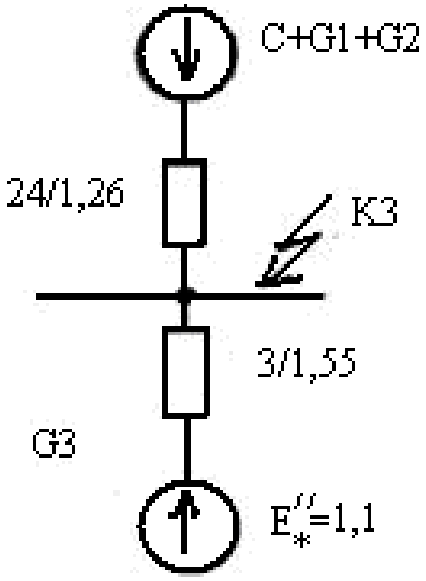
Эквивалентті қорек көзінің қорытынды тогы

$$I_{п.0} = \frac{E''_*}{x_{20}} I_б = \frac{1}{1{,}693} \cdot 55 = 32{,}49 \text{ кА.} \quad (3.72)$$

К2 нүктесіндегі ҚТ тогының периодикалық құрамының бастапқы мәні

$$I_{п.0}К2 = 28{,}2 + 32{,}49 = 60{,}69 \text{ кА.} \quad (3.73)$$

К3 нүктесіндегі ҚТ. G1 және G2 генераторлары ҚТ болған жерден едәуір қашықтықта орналасқан, сондықтан есептеуді жеңілдету үшін жүйе тармақтарының құрамына кедергілерін алмастыра отырып, оларды қосқан абзал. Қорытынды алмастыру сұлбасы 3.12 суретте көрсетілген.



3.12 сурет - ҚТ нүктесі үшін алмастыру сұлбасы

мұнда

$$x_{21} = x_7 + x_{12} // x_{13} = 0{,}84 + \frac{0{,}52 \cdot 2{,}29}{0{,}52 + 2{,}29} = 1{,}26. \quad (3.73)$$

(3.9 және 3.10 а, б суреттегі сұлбаны қара).

К3 нүктесіндегі ҚТ кезіндегі сұлба тармағы бойынша токтар $U_{ср}$=10,5 және $I_б$=55кА;

G3 генераторы

$$I_{п.0} = \frac{E''_*}{x_3} I_б = \frac{1,1}{1,55} \cdot 55 = 39,03 \text{ кА.} \quad (3.74)$$

Энерго жүйесі

$$I_{п.0} = \frac{I}{x_{21}} I_б = \frac{1,0}{1,26} \cdot 55 = 43,65 \text{ кА.} \quad (3.75)$$

К3 нүктесіндегі үш фазалы ҚТ кезіндегі қорытынды тогы

$$I_{п.0К3} = 39,03 + 43,65 = 82,68 \text{ кА.} \quad (3.76)$$

5 Атаулы бірлікте есептеу

К1 нүктесіндегі үш фазалы ҚТ алмастыру сұлбасы 3.13, а суретінде көрсетілген, ол 11,а суретіндегі сұлбаға ұқсас болады. Бірақ сұлбадағы барлық кедергілер Ом түрінде көрсетілген және ҚТ сатылы кернеуге келтірілген $U_б$=115 кВ;

Кедергілер нөмірленуін бірінші нөмірден бастаймыз және алмастыру сұлбасының кедергілерінің мәндерін келесідей формулаға $U_б = U_{орт.R1}$=115 кВ келтіріп, анықтаймыз:

G1 және G2 генераторларының

$$x_1 = x_2 = x''_{d*(ном)} \frac{U_б^2}{S_{ном}} = 0,146 \frac{115^2}{75} = 25,75 \text{ Ом.} \quad (3.77)$$

G3 генераторының

$$x_3 = 0,183 \frac{115^2}{118} = 20,51 \text{ Ом.} \quad (3.78)$$

Т1 және Т2 трансформаторларының

$$x_5 = x_6 = \frac{u_К\%}{100} \frac{U_б^2}{40} = 34,71 \text{ Ом.} \quad (3.79)$$

Т3 трансформаторының

$$x_7 = \frac{10,5}{100} \frac{115^2}{125} = 11,11 \text{ Ом.} \quad (3.80)$$

Электр беру желісінің:

W1

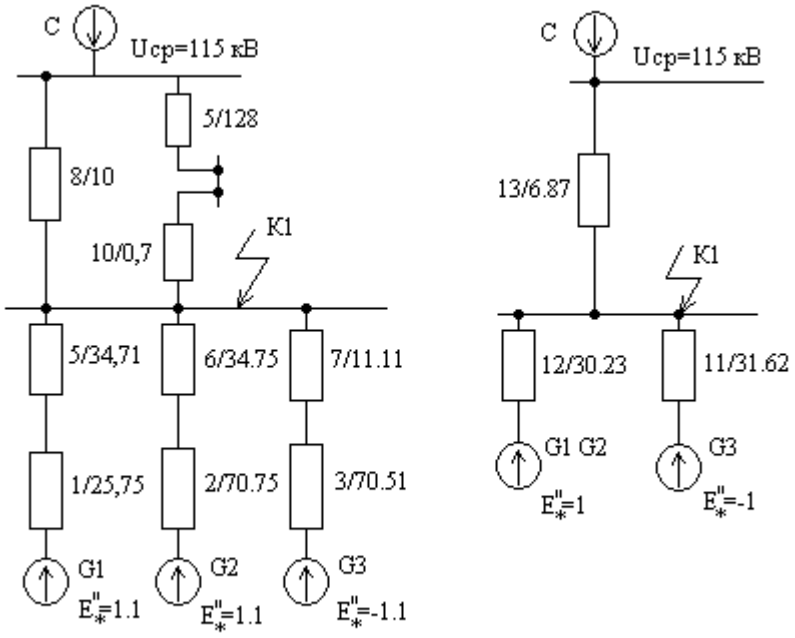
$$x_8 = \frac{x_{уд} l}{2} = \frac{0{,}4 \cdot 50}{2} = 10 \text{ Ом.} \quad (3.81)$$

W2

$$x_9 = x_{уд} l = 0{,}4 \cdot 32 = 12{,}8 \text{ Ом.} \quad (3.82)$$

W3

$$x_{10} = 0{,}4 \cdot 23 = 9{,}2 \text{ Ом.} \quad (3.83)$$



а) б)

3.13 сурет- К1 ҚТ нүктесі үшін алмастыру сұлбасы

Алынған мәндерді алмастыру сұлбасына енгіземіз. Сұлбаны 3.13, б суретте көрсетілген түрге келтіреміз.

$$x_{11} = x_3 = x_1 = 20{,}51 + 11{,}11 = 31{,}62 \text{ Ом.} \quad (3.84)$$

$$x_{12} = (x_1 + x_5) // (x_2 + x_6) = \frac{25{,}75 + 34{,}71}{2} = 30{,}23 \text{ Ом.} \quad (3.85)$$

$$x_{13} = x_8 // (x_9 + x_{10}) = \frac{10 \cdot (12{,}8 + 9{,}2)}{10 + 12{,}8 + 9{,}2} = 6{,}87 \text{ Ом.} \quad (3.86)$$

ҚТ орнындағы периодикалық құрамасының бастапқы мәні, келесі формула арқылы анықталады, кА

$$I_{n.0} = \frac{E''_* U_b [кВ]}{\sqrt{3}[Ом]}. \quad (3.87)$$

Тармақтар бойынша ток мәндері:
G1 және G2 генераторлары үшін

$$I_{n.0} = \frac{1{,}0 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 30{,}23} = 2{,}2 \text{ кА}. \quad (3.88)$$

G3 генераторы үшін

$$I_{n.0} = \frac{1{,}0 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 31{,}62} = 2{,}31 \text{ кА}. \quad (3.89)$$

Энерго жүйесі үшін

$$I_{n.0} = \frac{1{,}0 \cdot 115}{\sqrt{3} \cdot 6{,}87} = 9{,}67 \text{ кА}. \quad (3.90)$$

К1 нүктесіндегі ҚТ жиынтық тогы

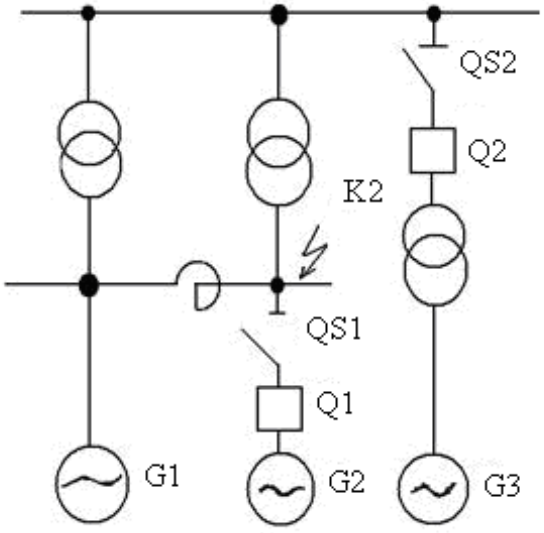
$$I_{n.0K1} = 2{,}2 + 2{,}31 + 9{,}67 = 14{,}18 \text{ кА}. \quad (3.91)$$

ҚТ аймағындағы жеке тармақтар бойынша есептеме қорытындысы бойынша ҚТ тогының салыстырмалы бірліктегі есептелген ток мәніне тең болады. Атаулы бірліктегі есептеу аса айқын, бірнеше сатылы кернеулі күрделі сұлбаны зерттегенде салыстырмалы бірлік бойынша есептеу одан да ыңғайлы.

3.4.3 2 Есеп (мысал). 10,5 кВ шинасында жұмыс істейтін ТВФ-63-2 генератор тізбегіндегі Q1 ажыратқышты және QS1 айырғышты және ТФВ-120-2 генераторы мен блок тізбегіндегі QS2 айырғыш пен Q2 ажыратқышты таңдау 3.14 суретті қара. 3.4-ші кестеде есептеу токтары берілген.

3.4 кесте – Ажыратқыш пен айырғышты таңдау үшін ҚТ тогының есептемесі

ҚТ тогы	Қорек көзі	I, кА	I, кА	I, кА	i кА
К1	G1 және G2 G3 жүйесі	2,2 2,21 9,67	2 2,01 9,67	6,04 6,12 22,08	1,94 2,38 0,69
	Жиынтық мәні	14,08	13,68	34,24	5,01
К2	G2 Жүйе + G1, G2	28,3 32	20,4 27,8	78,4 85,2	27,93 15,3
	Жиынтық мәні	60,3	48,2	163,6	43,23



3.14 сурет - 2 ші мысалға арналған жеңілдетілген сұлба

Шешімі: QS2, Q1 таңдау. Ұзақ мерзімді жұмыс режимінің есептеу токтары былай анықталады, [4]

$$I_{норм} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3}U_{ном}\cos\varphi_{ном}} = \frac{63\cdot10^3}{\sqrt{3}\cdot10{,}5\cdot0{,}8} = 4330\ \text{А}. \qquad (3.92)$$

$$I_{max} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3}U_{ном}\cdot0{,}95\cos\varphi_{ном}} = \frac{63\cdot10^3}{\sqrt{3}\cdot10{,}5\cdot0{,}95\cdot0{,}8} = 4558\ \text{А}. \qquad (3.93)$$

1 кесте бойынша ҚТ тогының есептемесі

$$I_{n.0} = 32кА; \quad I_{n.r} = 27,832кА \quad i_{n.r} = 85,2 \ кА; \tag{3.94}$$

$$I_{a.r} = 15,3кА; \ B_K = 32^2(4 + 0.14) = 4239кА^2 \cdot с. \tag{3.95}$$

02.01.05-84 анықтамасы бойынша МГГ-10-5000-45У3 аз майлы ажыратқышты таңдаймыз. (майлы генераторлық, 10кВ –ты, номиналды сөну тогы 45кА, орташа климат үшін, жабық қондырғыда).

02.11.01-80 анықтамасы арқылы РВК-10-5000 айырғышын таңдаймыз $i_{дин} = 200$ кА; $i_{дин} = 200$ кА; $i_{тер} = 70$ кА; $i_{тер} = 10$ с. Есептік және каталогты мәндер 3.5 кестеде көрсетілген.

QS2, Q2 Таңдау. ТВФ-120-2 (125 МВА) генераторының ең жоғарғы электрлік қуаты бойынша, генератор – ұзақ мерзімдегі жұмыс режимінің трансформатор блок тізбегіндегі есептеу тогы келесі формуламен анықталады.

$$I_{норм} = I_{мах} = \frac{125 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 626 \ А. \tag{3.96}$$

Шиналардағы қорытынды ҚТ тогы арқылы ЖК - гі барлық тізбектер тексерілетінін ескере отырып, 3.4 кесте бойынша есептік ҚТ тогын қабылдаймыз.

02.00.06-81 анықтамасы бойынша майлы бакты ажыратқышты таңдаймыз У-110-2000-40У1 (Урал сериясы, 110 кВ, 2000 А, сөну тогы 40 кА, орташа климатқа арналған, ашық қондырғыда).

ШПЭ - 44У1 ажыратқышына арналған жетек. 02.10.05-81 анықтамасы бойынша РНДЗ 110/1000У1 типті айырғышты таңдаймыз (сыртқы қондырғыға арналған айырғыш, екі колонкалы жерге тұйықталу пышағы бар, 110 кВ, 1000 А).

ПР-У1- жетегі. Барлық есептеу және анықтама мәндері 3.6 кестеге енгізілген.

3.5 кесте- Есептелген анықтама мәндері, 10 кВ-тық тарату құрылғысы

Есептеме мәндері	Анықтама мәндері	
	Ажыратқыш МГГ-10-5000-45У3	Айырғыш РВК-10-5000
$U_{дв т} = 10,5$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ
$I_{max} = 4558$А	$I_{ном} = 5000$ А	$I_{ном} = 5000$ А
$I_{n.\tau} = 27,8$ кА	$I_{ном.ажыр} = 45$ кА	–
$i_{a.r} = 15,3$ кА	$i_{а.ном} = \sqrt{2}\beta_н I_{ном.ажыр}/100 = \sqrt{2}\cdot 0,1\times 45 = 6,34$кА	–
$\sqrt{2}I_{а.\tau} = i_{а.\tau} = \sqrt{2}\cdot 27,8 + 15,3 = 54,5$ кА	$\sqrt{2}I_{ном.ажыр}(1+\beta_н/100) = \sqrt{2}\cdot 45(1+0,1) = 69,8$ кА	–
$I_{n.0} = 32$ кА	$I_{дин} = 45$ кА	-
$i_c = 85,2$ кА	$I_{дин} = 120$ кА	$i_{дин} = 200$ кА
$B = 4239$ кА^2	$I^2_{тер}\cdot t_{тер} = 45^2\cdot 4 = 8100$ кА$^2\cdot$с	$I^2_{тер}\cdot t_{тер} = 70^2\cdot 10 = 49000$ кА$^2\cdot$с

Ескерту

Егерде ажыратқыш, қ.т. тогының апериодикалық құрамы бойынша ажырату талабына жарамсыз болса, онда ГОСТ 687-78Е сәйкес оны ҚТ тогының толық тогымен тексеру керек [7].

3.6 кесте- Есептелген анықтама мәндері, 110 кВ-тық тарату құрылғысы

Есептеме мәндері	Анықтама мәндері	
	Ажыратқыш У-110-2000-40У1	Айырғыш РНДЭ-110/1000У1
$U_{ном} = 110$ кВ	$U_{ном} = 110$ кВ	$U_{уст} = 110$ кВ
$I_{max} = 656$ А	$I_{ном} = 2000$ А	$I_{ном} = 1000$ А
$I_{n.r} = 13{,}68$ кА	$I_{ном.ажыр} = 40$ кА	–
$I_{n.r} = 5{,}01$ кА	$i_{а.ном} = \sqrt{2}(\beta_к I_{отк.ном})/100 = $ $= \sqrt{2} \cdot 0{,}20 \cdot 40 = 11{,}3$ кА	–
$I_{n.0} = 14{,}08$ кА	$I_{дин} = 40$ кА	-
$i_у = 34{,}24$ кА	$I_{дин} = 102$ кА	$I_{дин} = 80$ кА
$\beta_л = 63{,}44$ кА$^2 \cdot$с	$I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 40^2 \cdot 3 = 4800$ кА$^2 \cdot$с	$I^2_{тер} \cdot t_{тер} = 31{,}5^2 \cdot 3 =$ $= 30000$ кА$^2 \cdot$с

Әдебиеттер тізімі

1 Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанции и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 2 изд. - М.: Энергоатомиздат, 1989.-608 б.

2 Хожин Г.Х. Электрическая часть электростанции: Учебное пособие. – Алматы, АИЭС, 1996.-75 б.

3 Хожин Г. Электр станциялар мен қосалқы станциялар, Оқулық.- Алматы: «Ғылым» ғылыми баспа орталығы, 2002. – 312 б.

4 Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудования электростанции и подстанций: Учебник для техникумов. - 3 изд. - М.: Энергоатомиздат, 1987 - 648 б.

5 Хожин Г. Электрэнергетика («Электр станциялары бөлімі»): Оқулық. - Алматы: ЖШС РПБҚ «Дәуір», 2011. - 416 б.

6 Правила устройства электроустановок. – М.: Энергосервис, 2002. – 280 б.

7 Хожин Г.Х., Электр станциялары мен қосалқы станциялар, Оқулық, Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым министрлігінің «Оқулық» республикалық ғылыми-практикалық орталығы бекіткен, ҚР жоғары оқу орындарының қауымдастығы, 2014, ҚР., «Полиграфкомбинат» ЖШС. - Алматы, 2014. – 452 б.

Мазмұны

1 Есептеу-сызба жұмыс №1.....3
2 Есептеу-сызба жұмыс №2.....14
3 Есептеу-сызба жұмыс. №3.....30
Әдебиеттер тізімі.....58

2015ж. жиынтық жоспары, реті 6

Гамиль Хожаұлы Хожин
Елена Григорьевна Михалкова
Жанар Нұрғалиқызы Тасыбаева

ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАР МЕН ҚОСАЛҚЫ СТАНЦИЯЛАР

5В071800 – Электр энергетикасы мамандығының студенттері үшін есептеу-сызба жұмыстарды орындау бойынша әдістемелік нұсқаулықтар

Редактор Изтилеуова Ж.Н
Стандарттау бойынша маман Молдабекова Н.Қ

Басылымға қол қойылды _____ Пішімі 60×84/16
Таралымы _____ дана Баспаханалық қағаз №1
Көлемі оқу _____есептік баспа табақ Тапсырыс _____ Бағасы _____теңге

Алматы энергетика және байланыс университеті
коммерциялық емес акционерлік қоғамының
көшірмелі - көбейткіш бюросы
050013 Алматы, А. Байтұрсынұлы көшесі, 126