

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

Осербай Нуржан Бауыржанұлы

### **ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесіндегі (ЭЖЖ) 6-10 кВ қозғалтқыштар үшін статикалық тұрақтылық үшін шектеу режимінің параметрлерін анықтау

5В071800 – Электр энергетикасы

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазак ұлттық техникалық зерттеу университеті  
Энергетика және машина жасау институты  
Энергетика кафедрасы

**ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ**

Кафедра меңгерушісі  
Д.А.ШИМЕ  
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ  
НАО «КазННТУ им.К.И.Сәтбаев»  
Институт энергетика  
и машиностроения»  
PhD докторы, қауым., профессор  
Е.А. Сарсенбаев  
05 2022 ж.

**ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС**

Тақырыбы « Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесіндегі (ЭЖЖ)  
6-10 кВ қозғалтқыштар үшін статикалық тұрақтылық үшін шектеу режимінің  
параметрлерін анықтау»

5В071800-«Электр энергетикасы»

Орындаған

Осербай Н.Б.

Пікір беруші

Жетекші

«Көлік және логистика академиясы»

техн. ғыл. магистрі

«Электроэнергетика» кафедрасының

сениор-лектор

Ассистент-профессоры, PhD

Ж.Ж. Калиев

(қолы)

Р.Ш. Абибаева

(қолы)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 ж.

«27» май 2022 ж.

Активация  
Чтобы активир

Алматы 2022

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Энергетика және машина жасау институты

Энергетика кафедрасы

5B071800 – Электр энергетикасы

**БЕКІТЕМІН**

Кафедра меңгерушісі

PhD докторы,

қауым. профессор

Е.А. Сарсенбаев

«24» 01 2022 ж.

**Дипломдық жұмысты орындауға  
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Осербай Нуржан Бауыржанұлы

Тақырыбы: Кәсіпорынның электрмен жабдықтау жүйесіндегі (ЭЖЖ) 6-10 кВ қозғалтқыштар үшін статикалық тұрақтылық үшін шектеу режимінің параметрлерін анықтау.

Университет ректорының 2021 ж. «24» желтоқсанындағы № 489-ПӨ бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі «30» мамыр 2022 ж.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі:

а) Кәсіпорынның электр жүктемесін есептеу;

б) Синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаты есептеу;

в) Аз әсер ету кезіндегі жүктеме тораптарының тұрақтылығы анықтау.

Активация  
Чтобы активир

Дипломдық жұмысты дайындау  
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге көрсету мерзімдері	Ескерту
Кәсіпорынның электр жүктемесін есептеу		жоқ
Синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаты есептеу		жоқ
Аз әсер ету кезіндегі жүктеме тораптарының тұрақтылығы анықтау		жоқ

Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер, аты, әкесінің аты, тегі (ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Кәсіпорынның электр жүктемесін есептеу	Р.Ш. Абибаева сениор-лектор		
Синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаты есептеу	Р.Ш. Абибаева сениор-лектор		
Аз әсер ету кезіндегі жүктеме тораптарының тұрақтылығы анықтау	Р.Ш. Абибаева сениор-лектор		
Норма бақылаушы	Ә.О. Бердібеков сениор-лектор	27.05.2022	

Ғылыми жетекші \_\_\_\_\_ Р.Ш. Абибаева  
(қолы)

Тапсырманы орындауға алған білім алушы \_\_\_\_\_ Н.Б.Осербаи  
(қолы)

Активация  
Чобы активир

## **АҢДАТПА**

Дипломдық жұмыста кәсіпорынның (СЭС) электрмен жабдықтау жүйелеріндегі 6-10 кВ қозғалтқыштар үшін статикалық орнықтылықты шектеу режимінің параметрлерін айқындау қарастырылған. Кентау трансформатор зауыты кәсіпорын ретінде қарастырылды.

Дипломдық жұмыста электрлік жүктемелер мен реактивті қуаттылықтар есептелген. Қысқа тұйықталу токтары есептелді, коммутациялық, аппараттар мен өлшеу аспаптары таңдалды. Дипломдық жұмыста СЭС жүктеме тораптарының тұрақтылығы және асинхронды және синхронды қозғалтқыштардың тұрақтылығын есептеу қарастырылған.

## **АННОТАЦИЯ**

В дипломной работе рассмотрено определение параметров режима ограничения статической устойчивости для двигателей 6-10 кВ в системах электроснабжения предприятия (СЭС). В качестве предприятия рассматривался Кентауский трансформаторный завод.

В дипломной работе рассчитаны электрические нагрузки и реактивные мощности. Рассчитаны токи короткого замыкания, выбраны коммутационные, аппараты и измерительные приборы. В дипломной работе рассмотрены устойчивости узлов нагрузки СЭС и расчет устойчивости асинхронных и синхронных двигателей.

## **ANNOTATION**

In the thesis, the definition of the parameters of the static stability limitation mode for 6-10 kV motors in the enterprise's power supply systems (SES) is considered. The Kentau Transformer Plant was considered as an enterprise.

In the thesis, electrical loads and reactive power are calculated. Short-circuit currents are calculated, switching devices and measuring devices are selected. In the thesis, the stability of the load nodes of the SES and the calculation of the stability of asynchronous and synchronous motors are considered.

## МАЗМҰНЫ

	Кіріспе	7
1	Кәсіпорынның электр жүктемесін есептеу	9
1.1	Бастапқы мәліметтері	9
1.2	Жарықтану жүктемесін есептеу	9
1.3	Зауыт бойынша электр жүктемесін есептеу	10
1.4	Кернеуі 0,4 кВ шинасындағы цехтық трансформаторлар санын және реактивті қарымталауын анықтау	12
1.5	Кернеуі 6кВ шинасындағы жүктемелердің есептеулері	17
1.5.1	Цехтық трансформаторындағы активті шығын есептеу	17
1.5.2	Синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаты	18
1.5.3	Жоғарғы кернеу конденсатор батареясының қуаттарын анықтау	18
1.6	Сыртқы электрмен жабдықтау схемаларын салыстыру	19
2	Әлсіз бұзылулары кезіндегі жүктеме тораптарының тұрақтылығы	29
	Қорытынды	36
	Әдебиеттер тізімі	37

## КІРІСПЕ

Электр энергиясы халық шарушылығының барлық саласында қолданылады, әсіресе электржетегінің әртүрлі механизмдері үшін, ал кейінгі жылдары әртүрлі электротехнологиялық құрылғылар үшін, оның ішінде электротермиялық және электросваркалық құрылғыларда, электролизда, материалды электроұшқұндық және электродыбыстық өндеуде, электробояуда және т.б.

Электр энергиясы негізгі тұтынушыларына мыналар жатады: өнеркәсіп орындары, ауыл шаруашылығы, көліктер, қала мен ауылдардың коммуналдық шарушылығы. Осыған қарамастан электр энергиясының сексен проценттен астамын өнеркәсіп объектілері тұтынады.

Электрлік энергия тұтынушыларының өз спецификалық ерекшеліктері болады, осыған байланысты электрмен жабдықтауға төмендегідей талаптар қойылады: қорек көзінің сенімділігі, электр энергиясының сапасы, жекелеген элементерді сақтау және қорғау. Өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр жабдықтау жүйесін жобалап жасау және қолдануда технико-экономикалық жағынан дұрыс кернеуді таңдау, электрлік жүктемені анықтау, қосалқы трансформаторлардың қуатын және санын, олардың сақтандырғыштарын, кернеуді реттеу тәсілдерін және реактивті қуаты қалпына келтіру жүйесін таңдау қажет.

Электр энергиясы цехтық таратуда шағын бөлгіш құрылғылар кеңінен қолданылады, қосалқы станциялар және күштік тоқтық желілер де қолданылады. Бұл сенімді және жеңіл тарату жүйесін жасайды, осының арқасында үлкен көлемде желілер мен кабельдер үнемделеді. Автоматиканың жетілдірілген жүйесі кеңінен қолданылады, сонымен қатар өнеркәсіптік кәсіпорындардың электр жабдықтау жүйесінде белгілі бір элементердің қарапайым және сенімді сақтандырғыш құрылғылары бар.

Шағын бұзылулар қуат жүйесінің әсерінен (кернеу мен жиіліктің өзгеруі), сондай-ақ технологиялық процестің шарттары бойынша жүйенің өзі мен оның электр тұтынушыларының жұмысының өзгеруі нәтижесінде пайда болуы мүмкін (қоректендіру желісін санының өзгеруі, жедел коммутация және т.б.). Электрмен жабдықтаудың мұндай жағдайларында жүктеме түйінінің қасиеттері мен қабылдағыштарының түрі оның тұрақтылығына айтарлықтай әсер етеді.

Өнеркәсіптік жүктеме түйінінің статикалық тұрақтылығы келесі ретпен есептеледі:

- 1) Жүктеме түйінін есептеу моделімен ауыстырып және оның параметрлерін анықтау керек;
- 2) берілген электрмен жабдықтау схемасы үшін маңызды параметрлер мен тұрақтылық өлшемдерін ажыратады;
- 3) рұқсат етілген режимді тұрақтылық қорымен маңызды айнымалылардың критикалық мәні бойынша бағаланады.

Асинхронды қозғалтқыштары бар жүктеме түйінін балама асинхронды қозғалтқыш түрінде есептелген модель алмастырады. Ауыстыру қателігі оны жүзеге асыру әдісіне байланысты. Ауыстыру критерийін таңдау шешілетін тапсырманың мақсатына және қажетті дәлдікке байланысты. Жуықталған есептеулерде балама қозғалтқыштың статистикалық параметрлерін қолдануға болады.

Жүктеме тораптарындағы синхронды қозғалтқыштардың әртүрлілігі жоғары емес. Бұл оларды нақты параметрлер мен қалыпты режим параметрлері бойынша ескеруге мүмкіндік береді. Жүктеме тораптарының тұрақтылығының жуықталған есептеулерінде синхронды қозғалтқыштардың параметрлерінің орташа мәндері қолданылады. Олар қозғалтқыштардың түріне байланысты ерекшеленеді (айқын полюсті, анық емес полюсті) қозғалтқыш.

Комплекстік есептеу моделі болып табылатын асинхронды және синхронды қозғалтқыштар бар жүктеме түйіні. Оның параметрлерін статикалық сипаттамалармен сипатталатын жүктеменің жеке сипаттамалық компоненттерін ауыстыру арқылы орнатуға болады. Жуықталған есептеулер үшін модель параметрлерінің орташа мәндерін пайдалануға болады.

## 1 Кәсіпорынның электр жүктемесін есептеу

### 1.1 Бастапқы мәліметтері

Зауыттың электр жүктемесінің мәліметтері 1.1-кестеде көрсетілген.

#### 1.1– кесте–Электр жүктемелерінің сипаттамалары

Аталуы	ЭҚ саны, n	Орнатылған қуат, кВт	
		Біреу ЭҚ, P <sub>н</sub>	Σ P <sub>н</sub>
Негізгі корпус:			
а) 0,4 кВ	200	4-350	2100
б) 6 кВ синхр.қозғалтқыштар	2	400	800
Оқшауламалық бөлім	50	1-30	150
ЦЗЛ (орт. зауыт лабораториясы)	30	2-10	40
Химикаттар қоймасы	15	1-10	50
Депо электрокар, гараж	20	1-20	60
Металл қоймасы	6	3-40	100
Жабдық - жасау цехы	40	5-80	320
Май шаруашылығы	20	1-10	30
Май тазалау станциясы	15	1-10	30
Ағаш өндеу цехы	20	1-40	210
Механикалық цех	120	5-35	570
Асхана	40	4-20	80

Территория және цехтардың жарықтандыруын ауданы бойынша анықтайды.

### 1.2 Жарықтану жүктемесін есептеу

Кәсіпорынның жарықтану жүктемесін есептеу үшін квадрат метрдегі жарықтану жүктемесінің меншікті тығыздығы, ауданы және сұраныс коэффициенті керек болады.

$$P_{po} = K_{co} \cdot P_{уст.o}, \text{ кВт} \quad (1.1)$$

$$Q_{po} = tg\alpha_o \cdot P_{po}, \text{ кВАр},$$

мұндағы  $K_{co}$  – жарықтану жүктемесінің активті қуатындағы сұраныс коэффициенті

$tg\alpha_0$  – реактивті қуаттың коэффициенті.

$P_{уст.о}$  – Цехтегі жарықтандыруға кеткен қуаты және оны келесідей анықтайды:

$$P_{уст.о} = \rho_0 \cdot F, \text{ кВт}, \quad (1.2)$$

мұндағы  $F$  – жұмыс орнының ауданы,  $m^2$ ;

$\rho_0$  – меншікті есептік қуаты  $1_{м2}$ -гі кВт,

$\rho_0$  шамасы жұмыс орнына байланысты.

Жарықтану жүктемесін есептеу 1.2-кестеге енгіземіз.

### 1.3 Зауыт бойынша электр жүктемесін есептеу

1кВ дейінгі кернеудегі зауыт бойынша электр жүктемесін есептеу реттелген диаграмма әдісімен жүзеге асырлады. Цехтың күштік және жарықтану жүктемесінің нәтижелерін 2.3 –кестеге енгіземіз. 0,4кВ кернеудегі жүктемелерді есептеу келесідей жүргізіледі.

Кәсіпорынның картограммасын тұрғызу үшін:

$$R = \sqrt{\frac{P_p}{m \cdot \pi}} \text{ мм}; \quad \alpha = \frac{P_{po}}{P_p} \cdot 360^\circ; \quad (1.3)$$

мұндағы  $R$  – есептеу жүктемесінің радиусы, мм;

$\alpha$  – жарықтану жүктемесінің сектор бұрышы;

$m$  – 0,05кВт/мм тең болатын масштаб. Цех үшін:

$n$  – ЭҚ саны;

$P_{ni}$  – ЭҚ номинал қуаты;

$\Sigma P_n$  – номинал қуаттардың суммасы;

$$m = \frac{P_{n \max}}{P_{n \min}}; \quad (1.4)$$

$$P_{см} = K_n P_n, \text{ кВт}; \quad Q_{см} = P_{см} tg\alpha, \text{ кВАр}; \quad (1.5)$$

$$n_{э} = \frac{2 \Sigma P_n}{P_{n \max}}; \quad (1.6)$$

$$K_m = f(n_{э}; K_n); \quad (1.7)$$

$$P_p = K_m \cdot P_{см}; \quad (1.8)$$

### 1.1 – Жарықтану жүктемесін есептеу

Өндіріс орнының аталуы	Өндіріс ауданы. м <sup>2</sup>	Меншікті жарықтану жүктемесі ρ кВт/м <sup>2</sup>	Сұраныс коэффициенті K <sub>c</sub>	Жарықтану қуаты P <sub>yo</sub> кВт	Жарықтану жүктемесін есептеу		cosφ	tgφ
					P <sub>po</sub> , кВт	Q <sub>po</sub> , кВАр		
Негізгі корпус	22750	0,015	0,8	341,25	273	131,04	0,9	0,48
Оқшауламалық бөлім	954	0,16	0,8	15,264	12,21	5,86	0,9	0,48
ЦЗЛ (орт. зауыт лабораториясы)	1134	0,01	0,8	11,34	9,072	4,35	0,9	0,48
Химикаттар қоймасы	456	0,012	0,8	5,472	4,3776	2,1	0,9	0,48
Депо электрокар, гараж	390	0,01	0,8	3,9	3,12	1,49	0,9	0,48
Металл қоймасы	2054	0,013	0,85	26,702	22,69	10,89	0,9	0,48
Жабдық - жасау цехі	4980	0,02	0,85	99,6	84,66	40,637	0,9	0,48
Май шаруашылығы	900	0,012	0,8	10,8	8,64	4,147	0,9	0,48
Май тазалау станциясы	312	0,01	0,8	3,12	2,496	1,198	0,9	0,48
Ағаш өндеу цехі	1498	0,015	0,85	22,47	19,0995	9,17	0,9	0,48
Механикалық цех	9744	0,01	0,9	97,44	87,696	42,09	0,9	0,48
Асхана	780	0,012	0,8	9,36	7,488	3,59	0,9	0,48
Территория	157200	0,0003	1	47,16	47,16	22,64	0,9	0,48

$$\begin{aligned}
Q_p &= Q_{\text{см}} \text{ егер } n_3 > 10, \\
Q_p &= 1,1Q_{\text{см}} \text{ егер } n_3 \leq 10; \\
S_p &= \sqrt{P_p^2 + Q_p^2};
\end{aligned}
\tag{1.9}$$

#### 1.4 Кернеуі 0,4 кВ шиңасындағы цехтық трансформаторлар санын және реактивті қарымталауын анықтау

Цехтық трансформаторлардың санын және қуатын анықтау үшін техника-экономикалық көрсеткіштерді пайдалану қажет етеді, сонымен қатар келесі факторларға негізделеді: тұтынушыларды электрмен жабдықтаудың сенімділік категориясы; 1кВ дейінгі кернеудегі реактивті қуатты қарымталау; трансформаторлардың қалыпты және апаттық режимдегі жүктемелік мүмкіндігі; стандартты қуаттардың қадамы; жүктеме графигіне байланысты трансформаторлардың қалыпты жұмыс істеуі.

Есептеуге керек мәліметтер:

$$\begin{aligned}
P_{p0,4} &= 2350,34 \text{ кВт}; \\
Q_{p0,4} &= 1298,9 \text{ кВАр}; \\
S_{p0,4} &= 2654,28 \text{ кВА}.
\end{aligned}$$

Трансформатор зауыты 3 смен бойынша жұмыс істейді және трансформатордың жүктеме коэффициенті  $K_{\text{зтр}}=0,8$  тең. Цехтық трансформатордың қуатын  $S_{\text{нт}}=630$  кВА деп аламыз.

Әрбір топтар үшін бірдей цех трансформаторлаының ең кіші қуатын алып төмендегі формуламен есептік қуатын анықтаймыз:

$$N_{\text{min}} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{\text{нт}}} + \Delta N = \frac{2350,34}{0,8 \times 630} + 0,7 = 6,
\tag{1.10}$$

мұндағы  $P_p 0,4$  – активті жүктеменің суммасы;

$K_3$  – трансформатордың жүктемелік коэффициенті;

$S_{\text{нт}}$  – трансформатордың номинал қуаты;

$\Delta N$  – бүтін санға қосылатын қосымша шама.

Трансформаторлардың санын келесі формуламен анықтайды:

$$N_{\text{т.э}} = N_{\text{min}} + m,
\tag{1.11}$$

мұндағы  $m$  – трансформаторлардың қосымша саны.

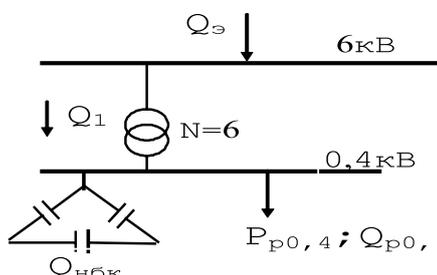
$N_{\text{т.э}}$  - З\*п/ст. шығыны бойынша анықталатын трансформатор саны

$$3^*_{n/cm}=0,5; K_3 = 0,8; N_{min}= 6; \Delta N = 0,7.$$

Онда  $m = 0$  деп алып,  $N_{m.э} = 6 + 0 = 6$  трансформатор санын аламыз.

Алынған трансформатор санына байланысты реактивті қуатын  $Q_1$  анықтаймыз, яғни төмендегідей формуламен:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тэ} \times S_{нт} \times K_3)^2 - P_{p0,4}^2} = \sqrt{(6 \times 630 \times 0,8)^2 - 2350,34^2} = 4251,8 \text{ кВАр.}$$



### 1.1 – сурет Реактивті қуат балансының есептік сұлбасы

Реактивті қуат балансына байланысты 0,4 кВ шинасындағы реактивті қуаты  $Q_{нбк1}$ :

$$Q_{нбк1} + Q_{вбк1} = Q_{p0,4}, \quad (1.12)$$

Осыдан:

$$Q_{нбк1} = Q_{p0,4} - Q_1 = 1298,9 - 1902,75 = -603,85 \text{ кВАр.}$$

Есеп бойынша  $Q_{нбк1} < 0$ , онда  $Q_{нбк1} = 0$ , сондықтан БК таңдамаймын. Қосымша қуатты  $Q_{нбк2}$  НБК келесі формуламен анықтайды:

$$Q_{нбк2} = Q_{p0,4} - Q_{нбк1} - N_{тэ} S_{нт}, \quad (1.13)$$

$$Q_{нбк2} = -278 \text{ кВАр}$$

Есеп бойынша  $Q_{нбк2} < 0$ , онда  $Q_{нбк2} = 0$ , сондықтан БК таңдамаймын.

1.3. пункті бойынша алынған мәліметтермен 1.4 – кестесін құрамыз. Кестеде  $K_3$  – трансформатордың жүктемелік коэффициенті:

$$\frac{S_{p0,4}}{N \cdot S_{нт}}$$

1.2 – кесте–Кернеуі 0,4 кВ жүктеменің есептелуі

Цехтың және ЭҚ аталуы	Саны ЭҚ п	Номинал қуаты		m	K <sub>кол</sub>	cosφ	tgφ	Орташа Жүктеме		nэ	K <sub>м</sub>	Есептік қуат			R мм	α град
		P <sub>min</sub> - P <sub>max</sub> кВт	∑P <sub>н</sub> кВт					P <sub>см</sub> кВт	Q <sub>см</sub> кВАр			P <sub>p</sub> кВт	Q <sub>p</sub> кВАр	S <sub>p</sub> кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Негізгі корпус																
күштік	200	4-350	2100	>3	0,4	0,9	0,48	840	405,12	94	1,08	911,52	405,12			
жарықтану								273				273	131,04			
қорытындысы								1117				1184,52	536,16	1300,2	76,196	107,8
Оқшауламалық бөлім																
күштік	50	1-30	150	>3	0,6	0,9	0,48	90	43,2	10	1,26	113,4	47,52			
жарықтану								12,21	5,86			12,21	5,86			
қорытындысы								102,21	49,06			125,61	53,38	136,48	26,87	38,76
ЦЗЛ (орт. зауыт лабораториясы)																
күштік	30	2-10	40	>3	0,5	0,9	0,48	20	9,6	8	1,4	28	10,56			
жарықтану								9,072	4,35			9,072	4,35			
қорытындысы								29,072	13,95			37,072	14,91	39,96	13,35	116,64
Химикаттар қоймасы																
жарықтану								4,3776	2,1			4,3776	2,1			
қорытындысы								19,37	17,4			31,3776	18,93	36,65	13,11	58,361

**1.2 – кестенің жалғасы**

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Депо электрокар, гараж																
күштік	20	1-20	60	>3	0,6	0,8	1,33	36	47,88	6	1,37	49,32	52,668			
жарықтану								3,12	1,49			3,12	1,49			
қорытындысы								39,12	49,37			52,44	54,158	75,39	17,72	22,77
Металл қоймасы																
күштік	6	3-40	100	>3	0,4	0,8	0,75	40	30	20	1,24	49,6	30			
жарықтану								22,69	10,89			22,69	10,89			
қорытындысы								62,69	40,89			72,29	40,89	83,05	17,77	164,68
Жабдық - жасау цехі																
күштік	40	5-80	320	>3	0,4	0,8	0,75	128	96	21,3	1,21	154,88	96			
жарықтану								84,66	40,637			84,66	40,637			
қорытындысы								212,66	136,637			239,54	136,637	275,77	31,4	196,78
Май шаруашылығы																
күштік	20	1-10	30	>3	0,5	0,7	1,02	15	15,3	4	1,65	24,75	16,83			
жарықтану								8,64	4,147			8,64	4,147			
қорытындысы								23,64	19,447			33,39	20,977	39,43	12,55	125,67
Май тазалау станциясы																
күштік	15	1-10	30	>3	0,4	0,8	0,75	12	9	5	1,76	21,12	9,9			
жарықтану								2,496	1,198			2,496	1,198			
қорытындысы								14,496	10,198			23,616	11,098	26,09	11,59	42,54
Ағаш өндеу цехі																
күштік	20	1-40	210	>3	0,4	0,7	1,02	84	85,68	16,8	1,24	104,16	85,68			
жарықтану								19,0995	9,17			19,0995	9,17			

## 1.2 – кестенің жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
қорытындысы								103,1	94,85			123,26	94,85	155,53	25,76	66
Механикалық цех																
күштік	120	5-35	570	>3	0,3	0,6	1,33	171	227,43	22,8	1,28	218,88	227,43			
жарықтану								87,696	42,09			87,696	42,09			
қорытындысы								258,698	269,52			306,575	269,52	408,2	37,34	144,2
Асхана																
күштік	40	4-20	80	>3	0,5	0,9	0,48	40	19,2	4	1,65	66	21,12			
жарықтану								7,488	3,59			7,488	3,59			
қорытындысы								47,488	22,79			73,488	24,71	77,53	20,5	40,84
Территорияның жарықталуы								47,16	22,64			47,16	22,64			
0,4 кВ шинасының қорытындысы												1350,34	1298,9	1873,64		

Цехтық ТҚС төменгі кернеу жүктемелерінің таратылуы 1.3 – кестеде көрсетілген.

### 1.3 – кесте–Цехтық ТҚС төменгі кернеу жүктемелерінің таратылуы

№ ТҚС $S_{HT}, Q_{H6K}$ ТҚС	Цех №	$P_{p0,4}$ , кВт	$Q_{p0,4}$ , кВАр	$S_{p0,4}$ , кВА	$K_3$
ТҚС 1 (2x630) $\Sigma S_H=2x630=1260$ кВА	6	72,29	40,89		
	8	33,39	20,977		
	9	23,616	11,098		
	10	123,26	94,85		
	11	306,575	269,52		
	12	73,488	24,71		
	жарық	47,16	22,64		
қорытындысы		679,779	484,685	834,88	0,67
ТҚС 2 (2x630) $\Sigma S_H=2x630=1260$ кВА	1	184,52	96,16		
	2	125,61	53,38		
	3	37,072	14,91		
	4	31,3776	18,93		
	5	52,44	54,158		
	7	239,54	136,637		
	қорытындысы		670,56	814,175	1054,7

## 1.5 Кернеуі 6 кВ шинасындағы жүктемелердің есептеулері

### 1.5.1 Цехтық трансформаторындағы активті шығын есептеу

Трансформаторындағы активті шығынын келесі формуламен анықтайды:

$$\Delta P_T = \Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \times K_3^2 \quad (1.14)$$

Трансформатордағы реактивті қуатты келесі формуламен анықтайды:

$$\Delta Q_T = \Delta Q_{XX} + \Delta Q_{KT} \times K_3^2 = \frac{I_{XX}}{100} \times S_{HT} + \frac{U_{K3}}{100} \times S_{HT} \times K_3^2 \quad (1.15)$$

Трансформатор таңдаймыз: ТМН-630-6/0.4

$U_B=6$  кВ,  $U_H=0.4$  кВ,  $\square P_{XX}=1,31$  кВт,  $\square P_{K3}=8,5$  кВт,  $\square_{XX}=2$  %,  $U_{K3}=5,5$  %

ТҚС 1:  $K_3=0.67$ ,  $N=2$ ,

$$\Delta P_T = (1,31 + 8,5 \cdot 0.67^2) \cdot 2 = 10,25 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_T = 0.01 \cdot (2 + 5,5 \cdot 0.67^2) \cdot 1260 = 56,3 \text{кВАр.}$$

ТҚС 2:  $K_3=0,74$ ;  $N=4$ ,

$$\Delta P_T = (1.31 + 8,5 \cdot 0,74^2) \cdot 4 = 23,86 \text{кВт.}$$

$$\Delta Q_T = 0.01 \cdot (2 + 5.5 \cdot 0,74^2) \cdot 4 \cdot 630 = 126,3 \text{кВАр.}$$

Трансформатордағы шығындар суммасы :

$$\Sigma P_{1-2} = 23,86 + 10,25 = 34,11 \text{ кВт,}$$

$$\Sigma Q_{1-2} = 126,3 + 56,3 = 182,6 \text{ кВАр.}$$

### 1.5.2 Синхронды қозғалтқыштардың есептік қуаты

ЖК бөлігіндегі реактивті қуатты қарымтау үшін 1-шы цехтың СҚ пайдаланамыз.

$$P_{нсд} = 400 \text{ кВт}; \cos \varphi = 0,9; N_{сд} = 2; k_3 = \beta = 0,67.$$

СҚ үшін есептік қуатын анықтаймыз:

$$P_{рсд} = P_{нсд} \times N_{сд} \times k_3 = 400 \times 2 \times 0,67 = 536 \text{ кВт.} \quad (1.16)$$

$$Q_{рсд} = P_{рсд} \times \tan \varphi = 536 \times 0,48 = 257,28 \text{ кВАр.} \quad (1.17)$$

$$S_{рсд} = P_{рсд} / \cos \varphi = 536 / 0,9 = 595,6 \text{ кВАр.} \quad (1.18)$$

Бір қозғалтқыш үшін:

$$S_{рсд} = S_{рсд} / N = 595,6 / 2 = 297,8 \text{ кВАр.} \quad (1.19)$$

### 1.5.3 Жоғарғы кернеу конденсатор батареясының қуаттарын анықтау

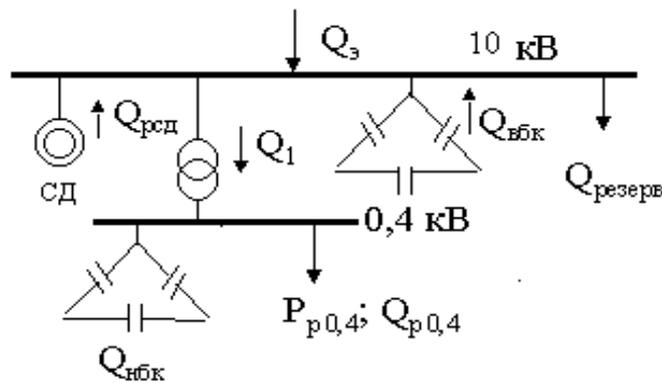
1.2 - суретте алмасу сұлбасын қарастырамыз.

Қосымша қуат:

$$Q_{рез} = 0.1 \times \Sigma Q_{расч} = 0.1 \times (Q_{p0,4} + \Delta Q_T) = 0.1 \times (1298,9 + 178,8) = 147,77 \text{ кВАр.}$$

Энергия жүйеден келетін қуат:

$$Q_3 = 0.25 \times \Sigma P_p = 0.25 \times (P_{p0,4} + \Delta P_T + P_{сд}) = 0.25 \times (2350,34 + 34,11 + 536) = 730,11 \text{ ВАр.}$$



1.2 – сурет – Алмасу сұлбасы

ВБК қуатын реактивті қуаттар балансынан анықтаймыз:

$$Q_{\text{ВБК}} = Q_{p0,4} + \Delta Q_T + Q_{\text{рез}} - Q_3 - Q_{\text{сд}} - Q_{\text{НБК}}, \quad (1.20)$$

$$Q_{\text{ВБК}} = 1298,9 + 182,6 + 147,77 - 730,11 - 257,28 = 641,88 \text{ кВАр.}$$

ВБК таңдамаймыз: 2УКМ-6,3-400 У1.

1.4-кестеде нақты жүктемелік есептеулер көрсетілген.

## 1.6 Электрмен жабдықтау сұлбаларын техника-экономикалық есептеу

220кВ Кентау трансформатор зауыты тұтынады. Онда қуаты 40 МВА және кернеуі 115/37 кВ параллель жалғанған үш орамалы екі трансформатор орнатылған. Зауыттың 115 кВ бөлігіндегі қ.т. қуаты 800 МВА болады. Энергия жүйе қосалқы стансасы мен зауыттың ара-қашықтығы 5 км. Зауыт екі ауысым бойынша жұмыс істейді. Зауыттың электр жүктемесінің мәліметтері 1.1-кестеде, ал цехтың электр жүктемесінің мәліметтері 1.2-кестеде көрсетілген.

Технико-экономикалық салыстыру зауыттың электрмен жабдықтаудың екі вариантын қарастырамыз:

- а) I нұсқа – 115 кВ ЭБЖ;
- ә) II нұсқа – 6 кВ ЭБЖ;

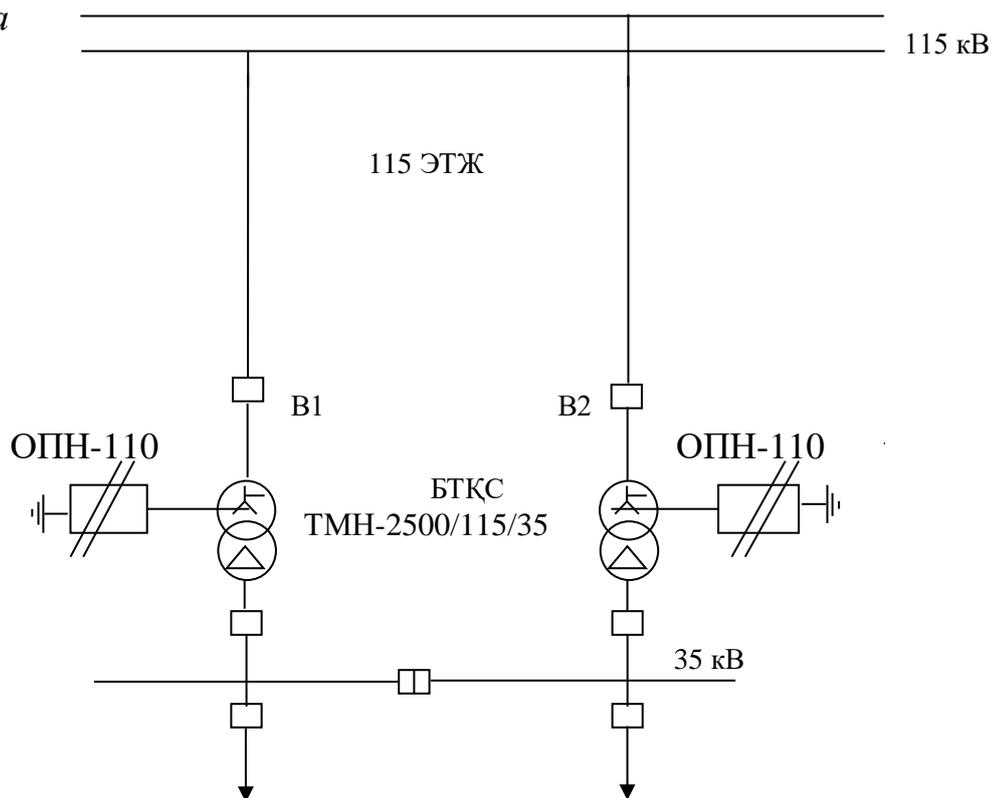
**1.4– кесте–Зауыт бойынша электр жүктемелерінің нақтылы есептеулері**

№ ТҚС	№ цех	$\Sigma P_n$ , кВт	Ки	Орташа қуат		Nэ	Есептік қуат				Кз
				Рсм кВт	Qсм кВАр		Км	Pr, кВт	Qp, кВАр	Sp, кВА	
ТҚС 1 2x630	6	100	0,4	40	30						
	8	30	0,5	15	15,3						
	9	30	0,4	12	9						
	10	210	0,4	84	85,68						
	11	570	0,3	171	227,43						
	12	80	0,5	40	19,2						
			1020	0,4	362	386,61	40,8	1,12	4257,7	386,61	
күштік жарықтану терр. жарықтануы қорытынды								148,1	71,085		
									22,64		
								553,54	480,23	732,82	0,5
ТҚС 2 2x630	1	2110	0,4	844	405,12						
	2	150	0,6	90	43,2						
	3	40	0,5	20	9,6						
	4	50	0,3	15	15,3						
	5	60	0,6	36	47,88						
	7	320	0,4	128	96						
			730	0,4	133	117,13	121,3	1,07	212,31	617,13	
күштік жарықтану қорытынды								386,44	185,477		
								898,75	402,607	1088,9	0,7

#### 1.4 – кесте жалғасы

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
0,4кВ шинасының қорытындысы								2152,3	1282,8			
Трансф.-ғы шығын								34,11	182,6			
0,4кВ жүктемесінің қорытындысы								1186,41	465,4			
Синхронды қозғалтқышы:	1	800						536	257,28			
Зауыт бойынша қорытындысы								722,41	502,68	1477,9		

I нұсқа



### 1.3 – сурет - I нұсқа бойынша электрмен жабдықтау сұлбасы

I нұсқа бойынша ЭҚ таңдаймыз.

1 БТҚС трансформаторын таңдаймыз:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{2722,41^2 + 1639,38^2} = 3177,9 \text{ кВА} \quad (1.21)$$

2500 кВА екі трансформатор таңдаймыз

Жүктеме коэффициенті:

$$K_3 = \frac{S_p}{2 \cdot S_H} = \frac{3177,9}{2 \cdot 2500} = 0,64 \quad (1.22)$$

Трансформатордың паспортты мәліметі

Трансформатор типі ТМН –2500/115/10,5;

$$S_H = 2500 \text{ кВА}, U_{BH} = 115 \text{ кВ}, U_{HH} = 10,5 \text{ кВ}, \Delta P_{XX} = 6,5 \text{ кВт}, \Delta P_{K3} = 22 \text{ кВт},$$

$$U_{K3} = 10,5\%, I_{XX} = 1,5\%.$$

Трансформатордағы қуат шығыны:

а) активті:

$$\Delta P_{TTPH} = 2 \cdot (\Delta P_{XX} + \Delta P_{K3} \cdot K_3^2) = 2 \cdot (6,5 + 22 \cdot 0,52^2) = 24,9 \text{ кВт} \quad (1.23)$$

ә) реактивті:

$$\Delta Q_{mзnn} = 0.02 \cdot (I_{xx} + U_{кз} \cdot K_3^2) \cdot S_H,$$

$$\Delta Q_{mзnn} = 0.02 \cdot (1,5 + 10,5 \cdot 0.64^2) \cdot 2500 = 290,04 \text{кВАр}.$$

Трансформатордағы энергия шығыны.

Үш ауысым бойынша  $T_{вкл}=6000$  сағ.  $T_{макс}=6000$  сағ. онда максимал шығын уақыты:

$$\tau = (0.124 + T_M \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = (0.124 + 6000 \cdot 10^{-4})^2 \cdot 8760 = 6342,24 \text{са}.$$

Трансформатордағы активті шығыны:

$$\Delta W = 2 \times (\Delta P_{xx} \times T_{вкл} + \Delta P_{кз} \times \tau \times K_3^2). \quad (1.24)$$

$$\Delta W = 2 \times (6,5 \times 6000 + 22 \times 6342,24 \times 0,64^2) = 153457,4 \text{кВт} \cdot \text{сағ}.$$

2 ЭБЖ –115 кВ есептеу.

ЭБЖ –нен өтетін толық қуат:

$$S_{лэн} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{mзnn})^2 + Q_3^2} = \sqrt{(2722,41 + 31,02)^2 + 1639,38^2} = 3204,5 \text{кВА}.$$

Торап бойынан өтетін есептік ток:

$$I_p = \frac{S_{лэн}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{3204,5}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 115} = 8 \text{А}. \quad (1.25)$$

Апаттық режимдегі ток:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 8 = 16 \text{А}. \quad (1.26)$$

Токтың экономикалық тығыздығы бойынша сымның қимасын анықтаймыз :

$$F = \frac{I_p}{j} = \frac{8}{1} = 8 \text{мм}^2. \quad (1.27)$$

мұндағы  $j=1$  А/мм<sup>2</sup>  $T_M=6000$  сағ кезіндегі экономикалық ток тығыздығы және алюминий сымдарындағы; АС –10/1,8 және  $I_{доп}=84$ А сымын аламыз.

Рұқсат етілетін ток бойынша сымды тексереміз.

Есептік ток кезінде:

$$I_{доп} = 84 \text{А} > I_p = 8 \text{А},$$

Апаттық режимде:

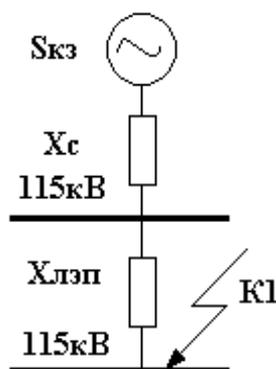
$$I_{доп ав} = 1,3 \times I_{доп} = 1,3 \times 84 = 109,2 \text{А} > I_{ав} = 16 \text{А}.$$

ЭТЖ-гі электр энергиясының шығыны :

$$\Delta W_{\text{лэп5}} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 6,54^2 \cdot 17,05 \cdot 10^{-3} \cdot 6342,24 = 27749,64 \text{ кВт} \cdot \text{сағ} \quad (1.28)$$

мұндағы  $R = r_0 \times L = 3,1 \times 5,5 = 17,0$  Ом,  $r_0 = 3,1$  Ом/км – болат алюминийдің меншікті кедергісі.

Кернеуі 115 кВ ажыратқыш таңдау.



#### 1.4 - сурет Алмасу сұлбасы

Аппарат таңдау алдында алмасу сұлбасын құраймыз (сурет –1.4.) және салыстырмалы шамада қ.т тогын есептейміз

$$S_6 = 1000 \text{ МВА}; U_6 = 115 \text{ кВ}.$$

$$x_c = S_6 / S_{к3} = 1000 / 800 = 1,25 \text{ с.б.}, \quad (1.28)$$

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5,02 \text{ кА}; \quad (1.29)$$

$$X_L = X_0 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{cp}^2} = 0,4 \cdot 5,5 \cdot \frac{1000}{115^2} = 0,17 \text{ с.б.} \quad (1.30)$$

$$Ik1 = \frac{I_6}{X_c + X_L} = \frac{5,02}{1,25 + 0,17} = 3,53 \text{ кА}; \quad i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot Ik1 = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 3,53 = 8,9 \text{ кА}.$$

В1 және В2-ге ажыратқышын таңдаймыз

МКП-110Б-630-20У1

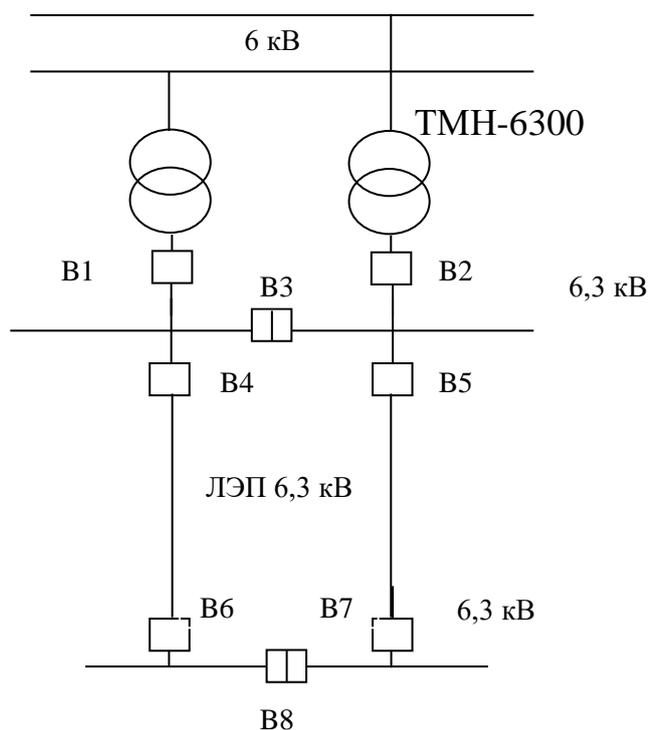
$I_{ном} = 630 \text{ А} > I_{ав} = 16 \text{ А};$

$I_{ажыр} = 20 \text{ кА} > Ik1 = 3,53 \text{ кА};$

$I_{пред} = 524 \text{ кА} > i_y = 8,9 \text{ кА};$

$I_{терм} = 20 \text{ кА} > I_{к1} = 3,53 \text{ кА}$ ,

II нұсқа



### 1.5 – сурет III нұсқа бойынша электрмен жабдықтау сұлбасы

II нұсқа бойынша электр қондырғыны таңдаймыз.

1 ЭБЖ – 6,3кВ.

ЭБЖ –нен өтетін толық қуат:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{2722,41^2 + 1639,38^2} = 3177,9 \text{ кВА} \quad (1.34)$$

Торап бойынан өтетін есептік ток:

$$I_p = \frac{S_{лэп}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{3177,9}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6,3} = 145,6 \text{ А}. \quad (1.35)$$

Апаттық режимдегі ток:

$$I_a = 2 \times I_p = 2 \times 145,6 = 291,2 \text{ А.}$$

Токтың экономикалық тығыздығы бойынша сымның қимасын анықтаймыз:

$$F = I_p / j = 145,6 / 1 = 145,6 \text{ мм}^2. \quad (1.36)$$

мұндағы  $j=1 \text{ А/мм}^2$   $T_m=6000$  сағ кезіндегі экономикалық ток тығыздығы және алюминий сымдарындағы; АС –150/19 және  $I_{доп}=450\text{А}$  сымын аламыз. Рұқсат етілетін ток бойынша сымды тексереміз.

Есептік ток кезінде:

$$I_{доп} = 450\text{А} > I_p = 145,6 \text{ А,}$$

Апаттық режимде:

$$I_{доп ав} = 1,3 \times I_{доп} = 1,3 \times 450 = 585\text{А} > I_{ав} = 291,2\text{А.}$$

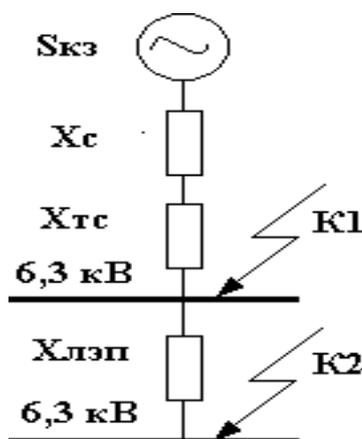
ЭТЖ-гі электр энергиясының шығыны :

$$\Delta W_{лэп5} = 2 \cdot 3 \cdot I_p^2 \cdot R \cdot 10^{-3} \cdot \tau = 2 \cdot 3 \cdot 118,4^2 \cdot 0,75 \cdot 10^{-3} \cdot 4591,8 = 298936,2 \text{ кВт} \cdot \text{сағ,}$$

мұндағы  $R=r_0 \times L=0,25 \times 3=0,75 \text{ Ом}$ ,  $r_0=0,25\text{Ом/км}$  – болат алюминийдің меншікті кедергісі.

Таңдалған аппараттар бойынша ашық тарату құрылғысын (АТҚ) құрамыз Кернеуі  $U=6,3 \text{ кВ}$  ажыратқыш таңдау..

Аппарат таңдау алдында алмасу сұлбасын құраймыз (1.7-сурет) және салыстырмалы шамада қ.т. тогын есептейміз.



1.6 - сурет Алмасу сұлбасы

$$S_6=1000 \text{ МВА}; \quad U_6=6,3 \text{ кВ}; \quad x_c=1,67 \text{ с.б.};$$

$$I_{\dot{a}} = \frac{S_{\dot{a}}}{\sqrt{3} \times U_i} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 6,3} = 92 \text{ А};$$

$$X_{\text{Л}} = X_0 / 3 \cdot L \cdot \frac{S_6}{U_{\text{ср}}^2} = 0,3/3 \cdot 3 \cdot \frac{1000}{6,3^2} = 7,56 \text{ с.б.}$$

$$X_{mc} = \frac{U_k \cdot S_6}{100 \cdot S_H} = \frac{10,5 \cdot 1000}{100 \cdot 25} = 4,2 \text{ с.б.}$$

$$I_{k1} = \frac{I_6}{X_c + X_{mc}} = \frac{92}{1,67 + 4,2} = 15,67 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k1} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 15,67 = 39,9 \text{ кА.}$$

$$I_{k2} = \frac{I_6}{X_c + X_{mc} + X_{\text{Л}}} = \frac{92}{1,67 + 4,2 + 7,56} = 6,85 \text{ кА};$$

$$i_y = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{k2} = \sqrt{2} \cdot 1,8 \cdot 6,85 = 17,4 \text{ кА.}$$

В1 және В2 трансформатордың апаттық тогына байланысты ажыратқыштарды таңдаймыз

Трансформатор екіншілік орамасын екіге бөліп қарастырамыз, яғни апаттық режимдегі қуаты  $2 \times 12,5 = 25 \text{ МВА}$ .

$$I_{AB} = \frac{S_{AB}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 2291 \text{ А.}$$

$$I_P = \frac{S_{AB}}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{25}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6,3} = 1146 \text{ А.}$$

$$I_{AB} = \frac{S_{AB}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{25}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 2291 \text{ А.}$$

ВБКЭБ-10-31,5/1000У3 ажыратқышы

$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А} > I_{\text{ав}} = 2291 \text{ А};$

$I_{\text{откл}} = 40 \text{ кА} > I_{k1} = 15,67 \text{ кА};$

$I_{пред} = 128 \text{ кА} > i_y = 39,9 \text{ кА};$

$I_{терм} = 40 \text{ кА} > I_{к1} = 15,67 \text{ кА};$

ВБКЭР-10-20/1600У3 вакумдық ажыратқыш

$I_{ном} = 1600 \text{ А} > I_p = 1146 \text{ А};$

$I_{откл} = 40 \text{ кА} > I_{к1} = 15,67 \text{ кА};$

$I_{пред} = 128 \text{ кА} > i_y = 39,9 \text{ кА};$

$I_{терм} = 40 \text{ кА} > I_{к1} = 15,67 \text{ кА};$

В4-5 ажыратқыштары: ВБКЭР-10-20/1600УЗ

$I_{ном} = 1600\text{А} > I_{ав} = 291,2\text{А};$

$I_{откл} = 40\text{кА} > I_{к1} = 15,67\text{кА};$

$I_{пред} = 128\text{кА} > i_y = 39,9\text{кА};$

$I_{терм} = 40\text{кА} > I_{к1} = 15,67\text{кА};$

## 2 Аз әсер ету кезіндегі жүктеме тораптарының тұрақтылығы

Аз әсер ету қуат беру жүйесінің әсерінен (кернеу мен жиіліктің өзгеруі), сондай-ақ СЭС-тің және оның электр қабылдағыштарының жұмыс режимдерінің өзгеруі нәтижесінде пайда болуы мүмкін (іске қосу, технологиялық процестің шарттары бойынша қозғалтқыштардың моментінің ауытқуы және шамадан тыс жүктелуі, қуат желілерінің санының өзгеруі, тарату желісіндегі жедел коммутация және т.б.). Электрмен жабдықтаудың мұндай жағдайларында жүктеме қондырғысының қасиеттері мен қабылдағыштарының түрі оның тұрақтылығына айтарлықтай әсер етеді.

Егер жалпы тұтынылатын қуат бойынша жүктеме түйіндері қуат беруші ЭЭС қуатымен шамалас болса немесе электр энергиясы көздерінен электрден алыстаса, онда әлсіз бұзылулары бар олардың жұмыс режимі тұрақсыз болуы мүмкін.

Жүктеме тораптарының орнықтылығын бағалау КЭС орнықтылығын қамтамасыз ету міндетін шешудің ажырамас бөлігі болып табылады. Өнеркәсіптік жүктеме түйінінің тұрақтылығы келесі ретпен есептеледі:

1) Жүктеме түйінін есептеу моделімен алмастырады және оның параметрлерін анықтайды;

2) Осы электрмен жабдықтау схемасы үшін маңызды параметрлер мен тұрақтылық өлшемдерін ажыратады;

3) Шекті режимді елеулі айнымалылардың сыни мәндері және орнықтылық қоры бойынша бағалайды.

$M_{\text{мх}} = \text{const}$  және қозғалтқыштарды жүктеме торабының шиналарына тікелей қосу кезінде оның статикалық орнықтылығының шекті режиміне сәйкес келетін критикалық параметрлер бірнеше өрнектермен анықталады.

Асинхронды қозғалтқыштар үшін тұрақтылықтың бұзылуының негізгі шарты-шекаралық теңдік  $d(M - M_{\text{мх}})/ds = 0$ .

Егер белсенді қарсылықтар ескерілмесе, онда  $x'_s = x_s + x_{\text{вн}}$ . Есептеу өрнектері келесідей болады.

$$s'_{\text{кр}} = \frac{r_2}{x_s + x_{\text{вн}}} = \frac{s_{\text{кр}}}{\left(1 + \frac{x_{\text{вн}}}{x_s}\right)};$$
$$P'_{\text{max}} = \frac{U_c^2}{2(x_s + x_{\text{вн}})} = \frac{P_{\text{max}}}{1 + \frac{x_{\text{вн}}}{x_s}};$$
$$U'_{\text{с.кр}} = \sqrt{2mP_{\text{ном}}(x_s + x_{\text{вн}})} = U_{\text{с.кр}} \sqrt{1 + \frac{x_{\text{вн}}}{x_s}}; \quad (2.1)$$
$$K_{3S} = (s_{\text{ном}} - s'_{\text{кр}}) \cdot 100 / s_{\text{ном}} \quad \text{немесе}$$
$$K_{SU} = (U_c - U'_{\text{кр}}) \cdot 100 / U_c.$$

Қозғалтқыш қысқыштарындағы критикалық кернеуді анықтауға арналған өрнекті жазуға болады:

$$U_{\text{дв.кр}} \approx I_2' \sqrt{\left(\frac{r^2}{s_{\text{кр}}}\right)^2 + x_s^2} = \quad (2.2)$$

$$U_{\text{с.кр}} \sqrt{1 + 1/(1 + x_{\text{вн}} + x_s)/\sqrt{2}}$$

Тұрақты кернеу мен жиілік мәндері бар жүктеме түйініне қосылған синхронды қозғалтқыштардың статикалық тұрақтылығы  $\frac{d(M-M_{\text{МК}})}{d\delta} = 0$  шекаралық жағдайда бұзылады.

Бұл шартты келесі түрде жазуға болады:

$$\frac{d(M-M_{\text{МК}})}{d\delta} = \frac{\left(\frac{dE_q}{d\delta}\right)U_c \sin\delta}{x_d + x_{\text{вн}}} + \frac{U_c E_q \cos\delta}{x_d + x_{\text{вн}}} = 0. \quad (2.3)$$

Қозғалтқыштардың АРВ құрылғылары болмаған кезде туынды  $\frac{dE_q}{d\delta} = 0$  және статикалық орнықтылық бойынша шекті режим  $\delta = \pi/2$  бұрыш мәніне сәйкес келеді, егер:

$$P_{\text{max}} = \frac{U_c E_q}{x_d + x_{\text{вн}}}; \quad (2.4)$$

$$U_{\text{с.кр}} = \frac{m P_{\text{НОМ}}(x_d + x_{\text{вн}})}{E_q}. \quad (2.5)$$

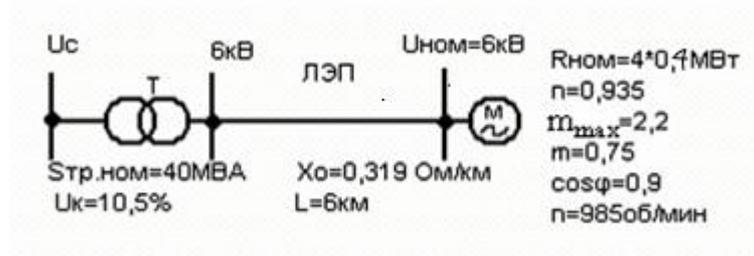
$E_q$  электр қозғаушы күші бос кезде оның мәнінің фракцияларында өрнекпен анықталады.

$$E_{*q} = \frac{[U_c^4 - U_c^2 Q(X_d + X_q) + (P^2 + Q^2)X_d X_q]}{\left(U_c \sqrt{U_c^4 - 2U_c^2 Q X_q + (P^2 + Q^2)X_q^2}\right)}, \quad (2.6)$$

мұндағы  $X_d = x_d + x_{\text{вн}}; X_q = x_q + x_{\text{вн}}$ .

Асинхронды және синхронды қозғалтқыштардың жүктеме Түйініне қосылған кезде сыртқы кедергінің болуы максималды белсенді қуаттың статикалық тұрақтылығы бойынша шекті мәндерін төмендетеді және жүктеме түйініндегі критикалық кернеудің мәнін арттырады. Бұл өз кезегінде қуат кернеуінің тұрақтылығына қойылатын талаптарды күшейтеді.

А3 типті төрт асинхронды қозғалтқыштардан тұратын электр қабылдағыштар тобы үшін статикалық тұрақтылық бойынша шекті режим параметрлерін анықтаңыз-13-59-6, олар ГПП-дан электр желілері арқылы қоректенеді (2.1-сурет). Есептеуге арналған бастапқы деректер суретте көрсетілген.



## 2.1 – сурет –Асинхронды қозғалтқыштың қуат схемасы

Біз  $U_6 = 6\text{kV}$  негізгі кернеуге және негізгі қуатқа келтірілген электр жеткізу элементтерінің параметрлерін және жүктеме параметрлерін алдын-ала есептейміз.

$$S_6 = S_{\text{в.дв.ном}} = \frac{4P_{\text{ном}}}{\eta \cos \phi_{\text{ном}}} = 4 \cdot \frac{0,4}{0,935 \cdot 0,9} = 4,75 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

Трансформатордың кедергісі:

$$x_{*tr} = u_k S_6 / (100 S_{\text{тр.ном}}) = 10,5 \cdot 4,75 / (100 \cdot 40) = 0,01.$$

ЭБЖ кедергісі:

$$x_{*л} = x_0 l S_6 / U_6^2 = 0,319 \cdot 6 \cdot 4,75 / 6^2 = 0,202$$

Қозғалтқыштың магниттік тізбегінің индуктивті шашырау кедергісі:

$$x_{*S} = 1 / (2m \cos \phi_{\text{номмах}})$$

Белсенді қуат, қозғалтқыштың бастапқы режимінде тұтынушы:

$$P_* = 4m P_{\text{дв.ном}} / S_6 = 4 \cdot 0,75 \cdot 0,4 / 4,75 = 0,252$$

Бастапқы режимдегі қозғалтқыш роторының белсенді кедергісі (асинхронды қозғалтқыштың жеңілдетілген ауыстыру схемасы)

$$P_* = U_{*6}^2 (r_2/s) / [x_{*S}^2 + (r_2/s)^2] \Rightarrow 0,252 = 1^2 (r_2/s) / [0,253^2 + (r_2/s)^2],$$

Бұл жерде:

$$r_2/s = 1,54$$

Қозғалтқыштардың бастапқы режимінде тұтынылатын реактивті қуаты:

$$Q_* = [P_* / (r_2/s)] x_{*S} = (0,252 / 1,54) \cdot 0,253 = 0,0414$$

Бастапқы режимдегі жүйенің шиналарындағы кернеу:

$$U_{*c0} = \sqrt{(U_{*6} + Q_*x_{*BH}/U_{*6})^2 + (P_*x_{*BH}/U_{*6})^2} = \\ = \sqrt{(1 + 0,104 \cdot 0,212)^2 + (0,252 \cdot 0,212)^2} = 1,031$$

Қозғалтқыштардың тежелуі орын алатын жүйенің шиналарындағы кернеу:

$$U_{*c.kp} = \sqrt{2P_*(x_{*S} + x_{*BH})} = \sqrt{2 \cdot 0,252(0,253 + 0,01 + 0,202)} = 0,665$$

Кернеу бойынша тұрақтылық қоры:

$$K_{aU} = (U_{*c0} - U_{*c.kp}) \cdot 100/U_{*c0} = (1,031 - 0,766) \cdot 100/1,031 = 26,8 \%$$

2.2 – суретте – СНД типті синхронды қозғалтқыштың қуат схемасы көрсетілген-18-61-20. Қозғалтқыштың максималды рұқсат етілген жүктемесін оның статикалық тұрақтылығын сақтау жағдайына және қозғалтқыштың статикалық тұрақтылық қорына сүйене отырып анықтаңыз. Есептеуге арналған бастапқы деректер суретте көрсетілген.

Схема элементтерінің параметрлері және қозғалтқыш режимінің параметрлері кернеудің базистік мәндеріне әкеледі:

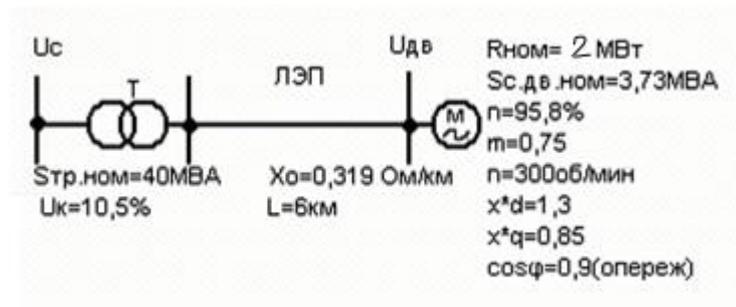
$$U_6 = 6кВ (U_{*6} = 1) \text{ және қуаты } S_6 = S_{c.дв.ном} = 3,73МВ \cdot А$$

Трансформатордың кедергісі:

$$x_{*тр} = i_k S_6 / (100 S_{тр.ном}) = 10,5 \cdot 3,73 / (100 \cdot 40) = 0,0098$$

Сопротивление ЛЭП:

$$x_{*л} = x_0 l S_6 / U_6^2 = 0,319 \cdot 6 \cdot 3,73 / 6^2 = 0,187$$



## 2.2 – сурет – Синхронды қозғалтқыштың қуат схемасы

Қозғалтқыштың кедергісі:

$$x_{*d} = x_{*d_{\text{НОМ}}} \cdot S_6 / S_{\text{С.ДВ.НОМ}} = 1,3;$$

$$x_{*q} = x_{*q_{\text{НОМ}}} \cdot S_6 / S_{\text{С.ДВ.НОМ}} = 0,85.$$

Қозғалтқыштың активті және реактивті жүктемесі:

$$P_{*0} = mP_{\text{НОМ}}/S_6 = 0,75 \cdot 2/3,73 = 0,402;$$

$$Q_{*0} = P_{*0} \cdot \text{tg}\phi = 0,402 \cdot \text{tg}(\arccos 0,9) = -0,411.$$

Бастапқы режим үшін жүйедегі кернеу:

$$U_{*c0} = \sqrt{(U_{*6} + Q_{*0} \cdot x_{*ВН}/U_{*6})^2 + (P_{*0} \cdot x_{*ВН}/U_{*6})^2};$$

$$U_{*c0} = \sqrt{[1 + 0,411 \cdot (0,098 + 0,187)/1]^2 + [0,402 \cdot (0,098 + 0,187)/1]^2} = 1,05.$$

Бастапқы режимдегі қозғалтқыштың электр қозғаушы күші:

$$E_{*q} = [U_{*6}^4 + U_{*6}^2 \cdot Q_{*0}(x_{*q} + x_{*d}) + (P_{*0}^2 + Q_{*0}^2) \cdot x_{*q}x_{*d}] \left( U_{*6} \sqrt{U_{*6}^4 + 2U_{*6}^2 Q_{*0}x_{*q} + (P_{*0}^2 + Q_{*0}^2)x_{*q}^2} \right).$$

$$E_{*q} = [1^4 + 1^2 \cdot 0,411 \cdot (0,85 + 1,3) + (0,402^2 + 0,312^2) \cdot 0,85 \cdot 1,3] \cdot \left( 1 \cdot \sqrt{1^4 + 2 \cdot 1^2 \cdot 0,411 \cdot 0,85 + (0,402^2 + 0,411^2) \cdot 0,85} \right) = 1,72.$$

Жүйеде белсенді қуаттың максималды мәні:

$$P \cdot c0_{*q}(x_{*d} + x_{*ВН})(1,3 + 0,208)_{*max}$$

Қозғалтқыштың статикалық орнықтылығының шекарасына сәйкес келетін жүйедегі кернеудің мәні:

$$U_{*c.кр} = P_{*0} \cdot (x_{*d} + x_{*ВН})/E_{*q} = 0,402 \cdot (1,3 + 0,208)/1,72 = 0,352.$$

Кернеу бойынша қозғалтқыштың статикалық орнықтылық қоры:

$$K_{3U} = (U_{*c0} - U_{*c.кр}) \cdot 100/U_{*c0} = (1,07 - 0,352) \cdot 100/1,05 = 50,7 \ %.$$

Алдыңғы екі есептулерден алынған нәтижелерді қолдана отырып, электр жеткізу параметрлеріне байланысты жүктеме түйіндерінің статикалық тұрақтылығының өзгеруін бағалаңыз.

Алдыңғы есептерде орындалған есептеулер негізінде режим

параметрлерінің электр беру кедергісіне тәуелділігі теңдеулермен сипатталады:  
асинхронды қозғалтқыштары бар жүктеме торабы үшін:

$$U_{*c0} = \sqrt{(1 + 0,0414x_{*BH})^2 + 0,399x_{*BH}^2};$$

$$U_{*c.kp} = \sqrt{0,32 + 1,264x_{*BH}};$$

асинхронды қозғалтқышы бар жүктеме торабы үшін:

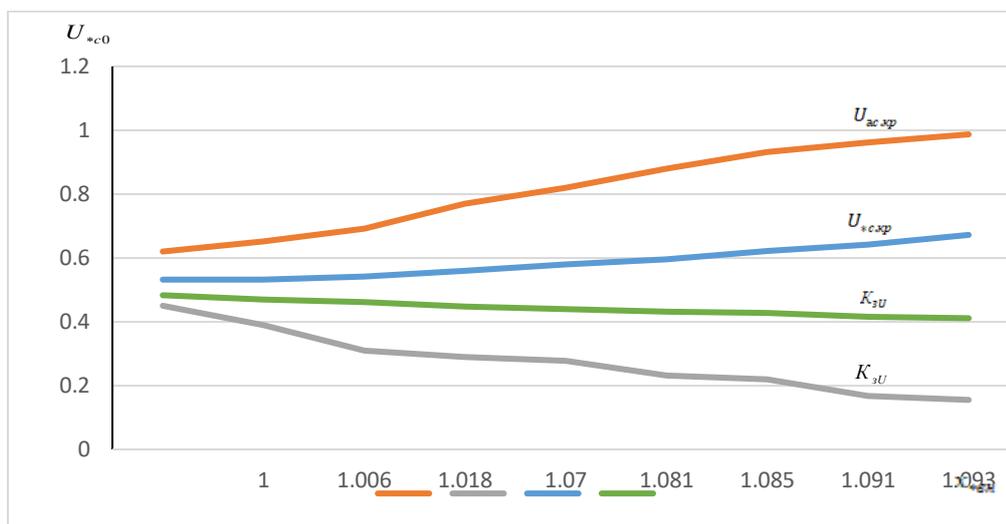
$$U_{*c0} = \sqrt{(1 + 0,411x_{*BH})^2 + 0,413x_{*BH}^2};$$

$$U_{*c.kp} = 0,519 + 0,399x_{*BH};$$

## 2.1 – кесте – Қозғалтқыштардың жұмыс режимінің параметрлерін есептеу нәтижелері

Трансформатордың кедергісі және КЛ	$x_{*BH}$	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
Асинхронды қозғалтқыштары бар торап	$U_{*c0}$	1,0	1,00 6	1,01 8	1,07	1,08 1	1,08 5	1,09 1	1,09 3	1,097
	$U_{*c.kp}$	0,62	0,65 1	0,69 1	0,77	0,85	0,92	0,93 2	0,96 1	0,987
	$K_{зU}$	0,45	0,39	0,31	0,29	0,27 7	0,23 2	0,21 9	0,16 7	0,155
Синхронды қозғалтқышы бар торап	$U_{*c0}$	1,0	1,01 7	1,04 8	1,04 9	1,08 1	1,09 1	1,13	1,14	1,161
	$U_{*c.kp}$	0,53 2	0,54 1	0,56	0,58	0,59 5	0,62 1	0,64 1	0,67 2	0,71
	$K_{зU}$	0,48 3	0,47	0,46 1	0,44 8	0,44	0,43 2	0,42 7	0,41 6	0,411

Асинхронды қозғалтқышы бар жүктеме түйіні асинхронды қозғалтқыштары бар жүктеме түйініне қарағанда электр беру кедергісінің жоғарылауымен статикалық тұрақтылық бойынша режимнің шекті параметрлерінің жоғарырақ мәндерін сақтайтынын көруге болады.



**2.3 – сурет –Режим параметрлерінің электр беру кедергісіне тәуелділік графигі**

## ҚОРЫТЫНДЫ

Бұл дипломдық жұмыс трансформатор жасау зауытын электрмен жабдықтауға арналған. Дипломдық жұмыста келесідей негізгі нәтижелер алынды.

Электр қабылдағыштары мен олардың қуаттарының саны мен шамасына сәйкес “реттелген диаграммалар” әдісімен трансформатор зауытының жүктемесі есептелді:  $S_p=749,6$  кВА. Осы есептемелер нәтижесінде, зауыттағы 0,4 кВ кернеудегі толық жүктеме анықталды:  $S_p=13374,9$  кВА. Зауыт бойынша БТҚС шинасындағы 6 кВ кернеудегі жүктемелер есептелді. Реактивті жүктемені қарымталау үшін ВБК 2УКМ – 6,3 – 400У1 таңдалды. ТҚС трансформаторындағы шығындар есептелді:  $S_{p\text{ зав}}=18057$  кВА.

Жұмыста зауытты сыртқы электрмен жабдықтаудың екі нұсқасы қарастырылды. Экономикалық және техникалық тұрғыдан ең тиімді нұсқа болып ЭБЖ – 115 кВ желі бойынша зауытты электрмен жабдықтау табылды.

Таңдалынған нұсқа үшін жоғары вольтті жабдықтар таңдалып алынды: кірістік ажыратқыштар, секциялық ажыратқыш, жүктемелік ажыратқыштар, қайтушы желі үшін ажыратқыштар және де оларға күштік кабельдер. Өлшеу аспаптары, ток және кернеу трансформаторлары таңдалды. БТҚС шинасы мен оқшаулатқыштары алынды.

Екінші бөлімде жүктеме түйіндерінің статикалық тұрақтылығын талдауға арналған асинхронды және синхронды қозғалтқыштардың тұрақтылығын есептеу. Электрмен жабдықтаудың мұндай жағдайларында жүктеме қондырғысының қасиеттері мен қабылдағыштарының түрі оның тұрақтылығына айтарлықтай әсер етеді.

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Рогозин Г.Г Об использовании функциональных характеристик при учете влияния насыщения синхронных машин / Г.Г. Рогозин, И.И. Ларина // Изв. АН СССР Энергетика и транспорт. - 2006. - № 6. - С.61-68
- 2 Машины электрические синхронные Трехфазные. Методы испытания. ГОСТ 10169-77. М.: Госкомстандарт СМ СССР, 2007
- 3 Казовский Е.Я. Переходные процессы в электрических машинах переменного тока. - М.: Изд-во АН СССР, 2008. - 624 с
- 4 Переходные процессы в системах электроснабжения: Учебник / В. Н. Винославский, Г.Г. Пивняк, Л.И. Несен и др.; Под ред. В. Н. Винославского. - М.: Выща шк. Головное изд-во, 2009. - 422 с.: Ил
- 5 Переходные электромеханические процессы в электрических системах: Учеб. для электроэнергет. спец. вузов. - 2-е изд, перераб. и доп. В. А. Венников / М.: Высш. шк, 2007. - 472 с, ил
- 6 Князевский Б.А., Липкин Б.Ю. «Электроснабжение промышленных предприятий» Москва Высшая школа, 2006 г
- 7 Федоров А.А. «Основы электроснабжения промышленных предприятий» Москва «Энергия» 2007 г
- 8 «Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования» /Под редакцией Ю.Г. Барыбина и др. Москва Энергоатомиздат 2006 г
- 9 Андреев В.А. «Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения» Москва Высшая школа, 2005 г

