

Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Троицкий технологический техникум»

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по ТО

_____/Гартвик Л.В./

(подпись)

« ____ » _____ 20__ г.

Пояснительная записка
к курсовому проекту

ПРОЕКТ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПОДСТАНЦИИ - 500/110/10 кВ
ТТТ.13.02.03.001.09.ПЗ

ДОПУЩЕНА К ЗАЩИТЕ

Преподаватель

_____/Немчинова Э.Т./

« ____ » _____ 20__ г.

Разработал:

_____/Енисеев В.Е. /

(подпись, дата)

Руководитель:

преподаватель ГБ ПОУ «ТТТ»

(ученая степень, должность, место работы)

_____/Немчинова Э.Т./

(подпись, дата)

Работа защищена с оценкой

« ____ » _____ 20__ г.

Нормоконтролер:

преподаватель ГБ ПОУ «ТТТ»

(ученая степень, должность, место работы)

_____/ Немчинова Э.Т./

(подпись, дата)

2021

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разраб.</i>					<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>						2	
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Утверд.</i>							

Содержание

Введение	5
1 Составление структурной схемы	7
1.1 Расчет мощности нагрузки на шинах подстанции	7
1.2 Выбор трансформаторов ПС	9
1.3 Определение количества ЛЭП к потребителям	10
2 Составление принципиальной схемы ПС	12
2.1 Выбор ТСН и схемы питания собственных нужд	12
2.2 Выбор схем электрических соединений на шинах ПС	14
3 Расчет токов короткого замыкания	18
4 Выбор токоведущих частей и электрических аппаратов	26
5 Выбор распределительных устройств ПС	54
6 Техничко-экономические показатели подстанции	56
Заключение	58
Библиография	60

					ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Введение

Тема данной курсовой работы «Проект электрической подстанции 500/110/10 кВ».

Выбор темы обусловлен тем, что электрическая подстанция является одним из важнейших элементов энергосистемы Челябинской области и является специальной установкой, которая служит для преобразования и распределения электрической энергии.

В настоящее время энергосистема Челябинской области представляет собой единый комплекс электрических станций и сетей. Объединение данных узлов имеет технологическую, экономическую и хозяйственно-административную значимость. В энергосистеме концентрируется производство электроэнергии, проводится ее передача и распределение с помощью разветвленной сети. Все это направлено на повышение надежности электроснабжения и качества электроэнергии.

Данная работа имеет теоретическую и практическую актуальность. Ее могут использовать специалисты проектных организаций и электросетевых компаний, занимающиеся проектированием электрических подстанций в расчете на индустриальный рост Челябинской области. Подстанция, выполненная по данному проекту, может являться одним из элементов единой энергетической системы Челябинской области (Россети ФСК ЕЭС «МЭС Урала» Южно-Уральское предприятие магистральных электрических сетей).

Кроме того, энергосистема нашей страны получила свое развитие в 40-ые, 50-ые, 60-ые годы XX века, когда основной акцент ставился на надежность, стабильность энергоснабжения потребителей, на скорость восстановления промышленности в военные и послевоенные годы, а не на экономическую целесообразность и качество получаемой электроэнергии потребителями. Поэтому в данной курсовой работе помимо надежности учитывается экономическая целесообразность и выбирается оборудование,

изготовленное заводом-изготовителем с применением современных технологий и материалов.

Цель данной курсовой работы: выполнить проект электрической подстанции 500/110/10 кВ.

Задачей данной курсовой работы является грамотно, эффективно и обоснованно, учитывая требования НТП, произвести выбор основного оборудования: силовых трансформаторов, трансформаторов собственных нужд, распределительных устройств на все напряжения, главной схемы электроснабжения, токоведущих частей и электрических аппаратов подстанции, выполняя условия надежности и экономической целесообразности подстанции.

Для достижения цели и решения задач данной курсовой работы используются методы расчета и анализа и сравнения информации.

Таким образом, выполнение проекта электрической подстанции 500/110/10 кВ может стать теоретической основой для создания нового объекта энергосистемы Челябинской области.

					ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Составление структурной схемы

1.1 Расчет мощности нагрузки на шинах подстанции

1.1.1 Определяется потребляемая мощность с шин 500кВ

Определяется потребляемая мощность металлургического завода

$$S_{\text{зав}} = \frac{P_{\text{уст}} \cdot K_{\text{спр}}}{\cos\varphi}, \quad (1.1)$$

где $P_{\text{уст}}$ – установленная мощность металлургического завода, $P_{\text{уст}}=380$ МВт;

$K_{\text{спр}}$ – коэффициент спроса, $K = 0,5$;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности, $\cos=0,6$;

$$S_{\text{зав}} = \frac{380 \cdot 0,5}{0,6} = 316,6 \text{ МВА.}$$

Определяется суммарная мощность, потребляемая с шин 500 кВ

$$\sum S_{500} = S_{\text{зав}} + S_{\text{гор}}, \quad (1.2)$$

где $S_{\text{зав}}$ – мощность, потребляемая металлургическим заводом с шин 500 кВ, $S_{\text{зав}} = 316,6$ МВА;

$S_{\text{гор}}$ – мощность, потребляемая городом, $S_{\text{гор}}=0$;

$$\sum S_{500} = 316,6 + 0 = 316,6 \text{ МВА.}$$

1.1.2 Определяется потребляемая мощность с шин 110 кВ

Определяется потребляемая мощность города

$$S_{\text{гор}} = \frac{0,5 \cdot n \cdot K_{\text{спр}}}{\cos\varphi}, \quad (1.3)$$

где $0,5$ кВт/чел– удельная расчетная коммунально-бытовая нагрузка, [6];

$K_{\text{спр}}$ - коэффициент спроса, $K=1$;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности, $\cos=1$;

n - количество жителей, $n=62\ 500$ чел.

$$S_{\text{гор}} = \frac{0,5 \cdot 62500 \cdot 1}{1} = 27\ 500 \text{ кВА} = 27,5 \text{ МВА.}$$

Определяется потребляемая мощность дизельного завода по формуле (1.1),

где $P_{уст}$ – установленная мощность дизельного завода, $P_{уст}=200$ МВт;

$K_{спр}$ - коэффициент спроса, $K=0,45$;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности, $\cos=0,6$;

$$S_{зав} = \frac{200 \cdot 0,45}{0,6} = 150 \text{ МВА} \quad .$$

Определяется суммарная мощность, потребляемая с шин 110кВ по формуле (1.3) ,

где $S_{гор}$ – мощность, потребляемая городом с шин 110кВ, $S_{гор} = 27,5$ МВА;

$S_{зав}$ – мощность, потребляемая дизельным заводом с шин 110 кВ, $S_{зав} = 177,5$ МВА.

$$\sum S_{110} = 27,5 + 150 = 177,5 \text{ МВА}.$$

1.1.3 Определяется потребляемая мощность с шин 10 кВ

Определяется потребляемая мощность города, питающегося с шин 10 кВ по формуле (1.2)

где $0,5$ кВт/чел– удельная расчетная коммунально-бытовая нагрузка, [6];

$K_{спр}$ - коэффициент спроса, $K=1$;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности, $\cos=1$;

n - количество жителей, $n=37\,500$ тысяч.

$$S_{гор} = \frac{0,5 \cdot 37\,500 \cdot 1}{1} = 16500 \text{ кВА} = 16,5 \text{ МВА}.$$

Определяется потребляемая мощность завода по выпуску электроинструмента, питающегося с шин 10 кВ по формуле (1.1)

где $P_{уст}$ – установленная мощность завода по выпуску электроинструмента,

$P_{уст}=50$ МВт;

$K_{спр}$ - коэффициент спроса, $K=0,3$;

$\cos\varphi$ - коэффициент мощности, $\cos=0,7$.

$$S_{зав} = \frac{50 \cdot 0,3}{0,7} = 21,42 \text{ МВА}.$$

Определяется суммарная мощность, потребляемая с шин 10 кВ по формуле (1.3)

где $S_{гор}$ – мощность, потребляемая городом с шин 10кВ, $S_{гор} = 16,5$ МВА;

$S_{зав}$ – мощность, потребляемая заводом по выпуску электроинструмента с шин 10 кВ, $S_{зав} = 21,42$ МВА;

$$\sum S_{10} = 16,5 + 21,42 = 37,92 \text{ МВА.}$$

1.1.4 Определяется суммарная мощность подстанции

$$S_{ПС} = \sum S_{110} + \sum S_{10} , \quad (1.4)$$

где $\sum S_{110}$ – суммарная мощность, потребляемая с шин 110 кВ, $\sum S_{110}=177,5$ МВА;

$\sum S_{10}$ – суммарная мощность, потребляемая с шин 10 кВ, $\sum S_{10}=37,92$ МВА.

$$S_{ПС} = 177,5 + 37,92 = 213,42 \text{ МВА .}$$

1.2 Выбор трансформаторов ПС

Мощность трансформатора выбирается по справочным данным в соответствии с рассчитанной мощностью подстанции.

При установке на ПС двух трансформаторов определяется выполнение следующего условия:

$$S_{ном.тр} \geq 0,7 \cdot S_{ПС} ,$$

где $S_{ном.тр}$ – номинальная мощность трансформатора [3.с 171-173];

$S_{ПС}$ – мощность подстанции, $S_{ПС}=215,42$ МВА.

$$S_{ном.тр} \geq 0,7 \cdot 215,42 \text{ МВА}$$

$$S_{ном.тр} \geq 150,8 \text{ МВА}$$

Выбирается автотрансформатор трансформатора АТДЦТН 250000/500/10 – автотрансформатор трехфазный с дутьем, принудительной циркуляцией масла, трехобмоточный, с устройством РПН.

					ТТТ.13.02.03.001.09.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

Таблица 1 – Технические характеристики трансформатора [3,с.172]

Тип трансформатора	Номинальное напряжение, кВ			Потери, кВт		U _{кз} , %		
	ВН	СН	НН	ΔP _{xx}	ΔP _{кз}	ВН-СН	ВН-НН	СН-НН
АТДЦТН-250000/500/110	500	121	10,5	200	690	13	33	18,5

1.3 Определение количества ЛЭП к потребителям

1.3.1 Определяется количество линий электропередач в РУ 500 кВ

$$n = \frac{S_{500}}{S_{\text{проп}}}, \quad (3.1)$$

где S₅₀₀ – мощность, потребляемая с шин 500кВ, S₅₀₀=316,6 МВА;

S_{проп} – пропускная способность линии 500 кВ, S_{проп}=900МВА, [5].

$$n = \frac{316,6}{900} \approx 1 + 1_{\text{рез}} + 2_{\text{св}} = 4 \text{ ЛЭП.}$$

3.1.2 Определяется количество линий электропередач к потребителям, питающихся с шин 110 кВ

$$n = \frac{S_{110}}{S_{\text{проп}}}, \quad (3.2)$$

где S₁₁₀ – мощность потребляемая с шин 110кВ, S₁₁₀=175,5 МВА;

S_{проп} – пропускная способность линии 110 кВ, S_{проп}=30МВА, [5].

$$n = \frac{175,5}{30} \approx 6 + 1_{\text{рез}} = 7 \text{ ЛЭП.}$$

3.1.1 Определяется количество линий электропередач к потребителям, питающихся с шин 10 кВ

$$n = \frac{S_{10}}{S_{\text{проп}}}, \quad (3.1)$$

где S_{10} – мощность потребляемая с шин 10кВ, $S_{10}=37,92$ МВА;

$S_{\text{проп}}$ – пропускная способность линии 10 кВ, $S_{\text{проп}}=4$ МВА, [5].

$$n = \frac{37,92}{4} \approx 10 = 10 \text{ ЛЭП.}$$

Структурная схема проектируемой подстанции представлена на рисунке 1
(добавить посчитанные ЛЭП к схеме)

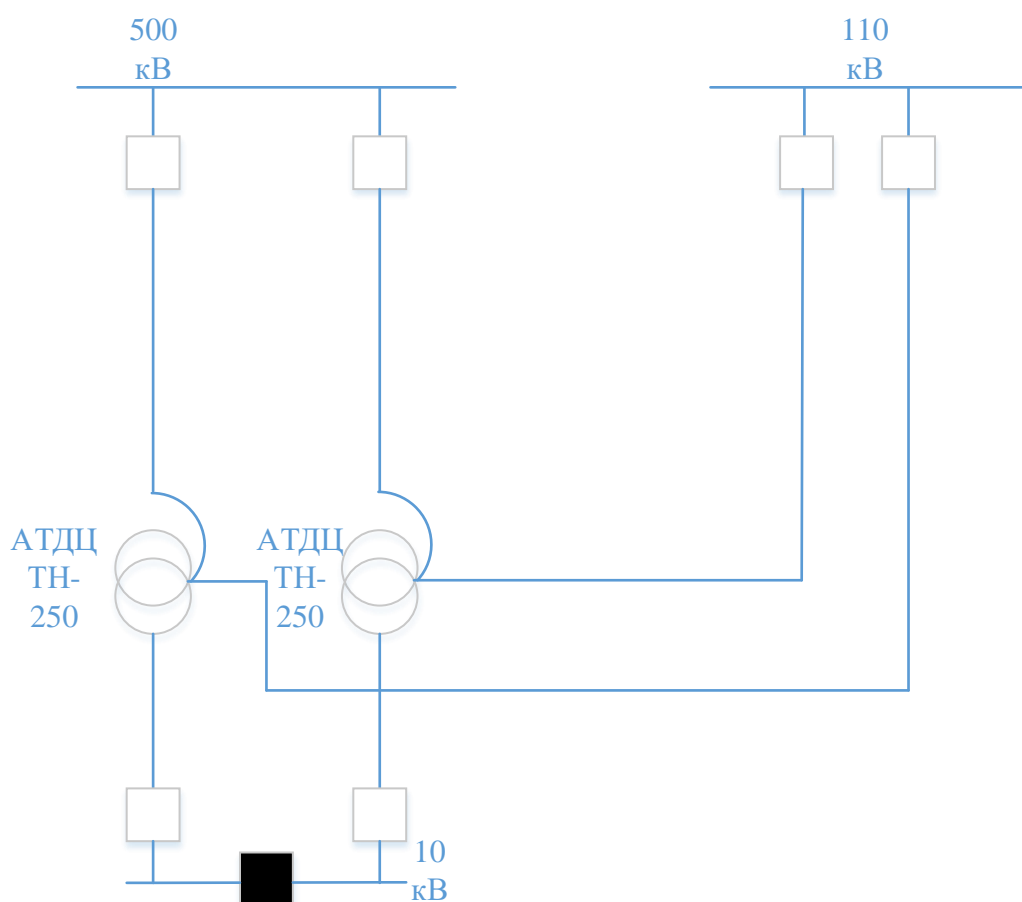


Рисунок 1 – Структурная схема подстанции

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ТТТ.13.02.03.001.09.ПЗ

Лист

11

2 Составление принципиальной схемы ПС

2.1 Выбор ТСН и схемы питания собственных нужд

Таблица 2 – Нагрузка трансформатора собственных нужд

Вид потребителя	Установленная мощность		$\cos \varphi$	Нагрузка	
	Единица, кВт	Всего, кВт		$P_{уст}$, кВт	$Q_{уст}$, кВар
Охлаждение АТДЦТН-250	2·37	74	0,85	74	18,4
Подогрев ВГУ-500	8·15,6	125	1	125	-
Подогрев ВГУ-110	8·15,6	125	1	125	-
Подогрев ВГУ-10	13·1	13	1	13	-
Освещение ОРУ-500		5	1	5	-
Освещение ОРУ-110		5	1	5	-
Освещение КРУН-10		5	1	5	-
Итого:				352	18,4

Определяется расчетная мощность трансформатора собственных нужд

$$S_{\text{расч}} = k_c \cdot \sqrt{P_{\text{уст}}^2 + Q_{\text{уст}}^2}, \quad (4.1)$$

где k_c – коэффициент спроса, $k_c=0,8$;

$P_{\text{уст}}$ - установленная активная мощность, потребляемая с шин собственных нужд, $P_{\text{уст}}=352\text{кВт}$;

$Q_{\text{уст}}$ – установленная реактивная мощность; $Q_{\text{уст}}=18,4\text{кВар}$.

$$S_{\text{расч}} = 0,8 \cdot \sqrt{352^2 + 18,4^2} = 282 \text{ КВА.}$$

Принимается два трансформатора типа ТСЗ-400

Таблица 3 – Технические характеристики трансформатора СН

Тип Трансформатора	Мощность, кВА	Номинальные напряжения		Потери, КВА		$U_{\text{кз}}$, %	I_0 , %
		ВН	НН	$\Delta P_{\text{хх}}$	$\Delta P_{\text{кз}}$		
ТСЗ -400	400	10	0,4	1300	5400	5,5	3

На рисунке 2 представлена схема питания собственных нужд подстанции (схему взять из интернета и скорректировать схему своего трансформатора – схема питания собственных нужд ПС с переменным оперативным током)

Рисунок 2 – Схема питания собственных нужд

2.2 Выбор схем электрических соединений на шинах ПС

(Выбрать на свое напряжение и вставить в КП)

Согласно нормам технологического проектирования на напряжение **500,300кВ** применяется схема с двумя системами шин, с тремя выключателями на две цепи (схема «3/2»)

В распределительных устройствах 330,500 кВ применяется схема с двумя системами шин и тремя выключателями на две цепи. Как видно из рисунка **(вставить свою нумерацию)**, на шесть присоединений необходимо девять выключателей, т.е. на каждое присоединение «полтора» выключателя (отсюда происходит второе название схемы: «полупортная», или «схема с 3/2 выключателя на цепь»).

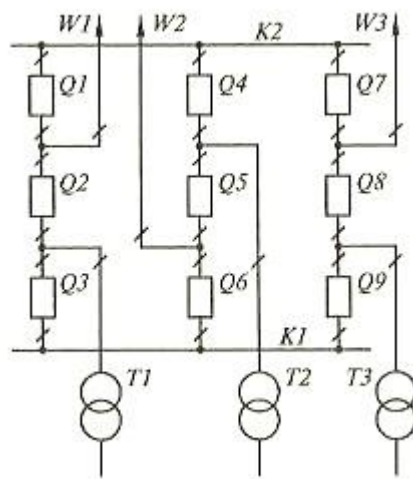


Рисунок **(вставить свою нумерацию)** - Схема с 3/2 выключателя на присоединение.

Каждое присоединение включено через два выключателя, Для отключения линии W1 необходимо отключить выключатели Q1, Q2, для отключения трансформатора T1 — Q2, Q3.

В нормальном режиме все выключатели включены, обе системы шин находятся под напряжением. Для ревизии любого выключателя отключают его и разъединители, установленные по обе стороны выключателя. Количество операций

					ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

для вывода в ревизию — минимальное, разъединители служат только для отделения выключатели при ремонте, никаких оперативных переключений ими не производят.

Достоинства схемы:

1. Схема обладает высокой надёжностью

а) при коротком замыкании на нижней системе шин, отключается нижний ряд выключателей, схема остаётся в работе;

б) при коротком замыкании на верхней системе шин отключается верхний ряд выключателей, схема остаётся в работе;

в) при коротком замыкании на нижней и верхней системе шин отключается нижний и верхний ряд выключателей схема остаётся в работе, но переходит в схему блока генератор – трансформатор – линия, при этом нарушается параллельная работа трансформаторов;

г) надёжность повышается чередованием ячеек, не чередующаяся и чередующаяся.

2. Возможность вывода любого выключателя в ревизию или ремонт не нарушая нормальной работы схемы.

3. Много разъединителей, которые не участвуют в оперативных переключениях.

Недостатки схемы:

1. Схема дорогая, но окупается своей надёжностью.

2. Снижение надёжности схемы, если количество линий не соответствует числу трансформаторов.

3. Удорожание конструкции РУ при нечетном числе присоединений, так как одна цепь должна присоединяться через два выключателя.

4. Усложнение цепей релейной защиты.

Согласно НТП на напряжение **220, 110** кВ выбираем схему, две системы шин с обходной.

Нормальный режим работы схемы. Первая и вторая система шин находятся в работе. Половина присоединений зафиксирована за первой системой шин, а вторая за второй системой шин. Такая система называется с фиксированным присоединением. Шиносоединительный выключатель нормально включен. Он параллелирует работу трансформаторов и равномерно распределяет потенциал по рабочей системе шин. Обходная система шин находится без напряжения и служит для вывода в ревизию или ремонт выключателя любого присоединения с переводом этого присоединения на обходную систему шин. Обходной выключатель нормально отключен и служит для замены любого выключателя.

Достоинства схемы:

- простая, наглядная, экономичная, надежная и гибкая;
- обладает надежностью, так как при коротком замыкании на рабочей системе шин отключает половина присоединений на время перевода их на другую рабочую систему шин;
- обладает оперативной гибкостью и возможностью вывода оборудования на ремонт.

Недостатки схемы:

- много шин, ошиновок, изоляторов, что удорожает схему;
- много шинных разъединителей, участвующих в оперативных переключениях, что снижает надежность схемы;
- при коротком замыкании на одной из рабочей системе шин, потребитель этих шин терпит перерыв в питании на время, необходимое для перевода их на другую систему шин.

Согласно НТП на напряжение **10**кВ применяется одна система сборных шин, секционированная выключателем.

Нормальный режим работы. Обе секции находятся в работе, половина присоединений зафиксирована за первой секцией, а вторая половина за второй. На

										Лист
										50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТТТ 13.02.03.000.06.00.ПЗ					

шинах 10кВ секционный выключатель нормально отключен для ограничения токов короткого замыкания.

Достоинства схемы:

- простая, наглядная, экономичная;
- обладает некоторой надежностью, так как при коротком замыкании на одной из секций теряется только половина присоединений;

Недостатки схемы:

- при коротком замыкании на одной из секций теряется половина присоединений.

Согласно НТП на напряжение **35** кВ применяется одна система сборных шин, секционированная выключателем.

Нормальный режим работы. Обе секции находятся в работе, половина присоединений зафиксирована за первой секцией, а вторая половина за второй. На шинах 35кВ секционный выключатель нормально включен . Он равно мерно распределяет потенциал по шинам и параллелит работу трансформаторов

Достоинства схемы:

- простая, наглядная, экономичная;
- обладает некоторой надежностью, так как при коротком замыкании на одной из секций теряется только половина присоединений;

Недостатки схемы:

- при коротком замыкании на одной из секций теряется половина присоединений.

									Лист
									50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ТТТ 13.02.03.000.06.00.ПЗ				

3 Расчет токов короткого замыкания

Расчетная схема представлена на рисунке 3. (на схеме учесть СВОИ трансформаторы и если НН 10кВ, то выключатель должен быть выключен)

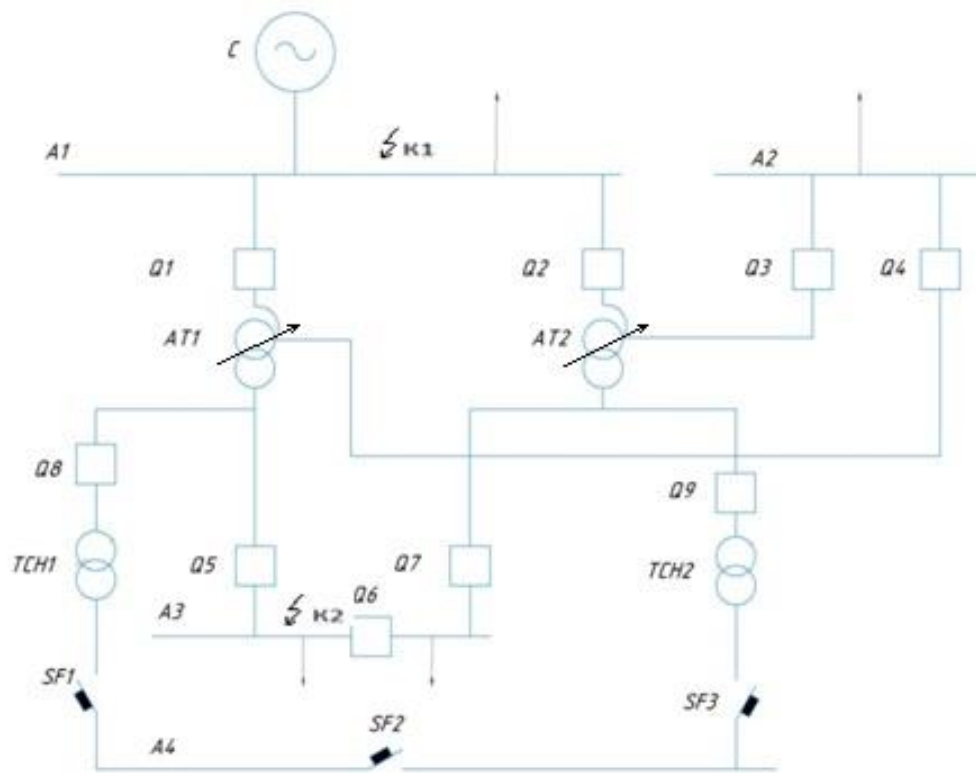


Рисунок 3 - Расчетная схема короткого замыкания

Электрическая схема замещения представлена на рисунке 4. (если на ПС НН-10кВ, то к данной схеме добавить на шине 10кВ отключенный выключатель)

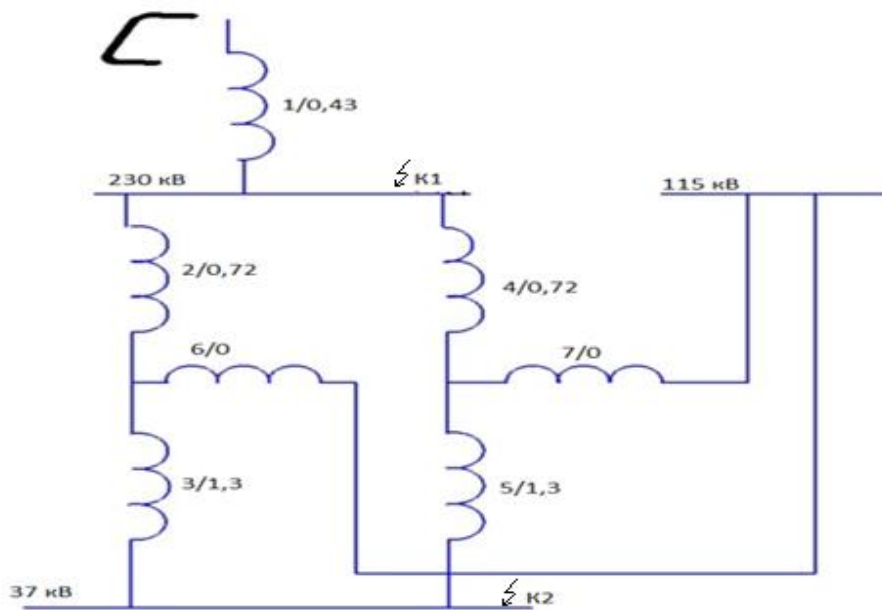


Рисунок 4 –Электрическая схема замещения. Расчет сопротивлений.

2.4.1 Рассчитывается сопротивление системы x_1

$$x_1 = x_c \cdot \frac{S_6}{U_6^2}, \quad (2.14)$$

где x_c – сопротивление системы из задания, $x_c=23$ Ом;

S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

U_6 - базисное напряжение, $U_6=230$ кВ.

$$x_1 = 23 \cdot \frac{1000}{230^2} = 0,43$$

2.4.2 Рассчитывается сопротивление трансформатора x_2, x_4

$$x_2 = x_4 = \frac{0,5}{100} (U_{КЗ\text{ ВН}}\% + U_{КЗ\text{ ВС}}\% - U_{КЗ\text{ СН}}\%) \cdot \frac{S_6}{S_{\text{НОМ}}}, \quad (2.15)$$

где $U_{(КЗ\text{ ВН})}\%$ - напряжение короткого замыкания с ВН на НН, $U_{(КЗ\text{ ВН})}\% = 32$;

$U_{(КЗ\text{ ВС})}\%$ - напряжение короткого замыкания с ВН на СН, $U_{(КЗ\text{ ВН})}\% = 11$;

$U_{(КЗ\ CH)\%}$ - напряжение короткого замыкания со СН на НН, $U_{(КЗ\ ВН)\%} = 20$;

S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

$S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, $S_{ном}=160$ МВА.

$$x_2 = x_4 = \frac{0,5}{100} (32 + 11 - 20) \cdot \frac{1000}{200} = 0,72$$

Рассчитывается сопротивление трансформатора x_3, x_5

$$x_3 = x_5 = \frac{0,5}{100} (U_{КЗ\ ВН}\% + U_{КЗ\ СН}\% - U_{КЗ\ ВС}\%) \cdot \frac{S_6}{S_{ном}}, \quad (2.16)$$

Где $U_{(КЗ\ ВН)\%}$ - напряжение короткого замыкания с ВН на НН, $U_{(КЗ\ ВН)\%} = 32$;

$U_{(КЗ\ ВС)\%}$ - напряжение короткого замыкания с ВН на СН, $U_{(КЗ\ ВН)\%} = 11$;

$U_{(КЗ\ СН)\%}$ - напряжение короткого замыкания со СН на НН, $U_{(КЗ\ ВН)\%} = 20$;

S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

$S_{ном}$ – номинальная мощность трансформатора, $S_{ном}=160$ МВА.

$$x_3 = x_5 = \frac{0,5}{100} (32 + 20 - 11) \cdot \frac{1000}{160} = 1,3$$

$$x_6 = x_7 = 0$$

Для точки К-1 $x_{рез} = x_1$

2.4.3 Расчет токов короткого замыкания в точке К-1

Определяется периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени

$$I_{п0} = \frac{E_*''}{x_{рез}} \cdot I_6, \quad (2.17)$$

где E_*'' – ЭДС источника, для системы $E_*''=1$;

$x_{рез}$ – результирующее сопротивление (сопротивление системы), $x_{рез}=x_1=0,43$;

I_6 – ток базисный.

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (2.18)$$

где S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

U_6 – базисное напряжение, $U_6=230$ кВ.

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 230} = 2,5 \text{ кА.}$$

$$I_{п0} = \frac{1}{0,43} \cdot 2,5 = 5,81 \text{ кА.}$$

Определяется ударный ток

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{п0}, \quad (2.19)$$

где $K_{уд}$ – ударный коэффициент, $K_{уд} = 1,717$ [1, с. 151]

$I_{п0}$ – периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, $I_{п0} = 5,8$ кА.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,717 \cdot 5,8 = 14,1 \text{ кА}$$

Определяется аperiodическая составляющая в любой момент времени

$$I_{a\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot j_{a\tau}, \quad (2.20)$$

где $I_{п0}$ – периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, $I_{п0} = 5,8$ кА;

$j_{a\tau}$ – отношение τ (расчетного времени для определения токов КЗ) к T_a (постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ), находится методом типовых кривых:

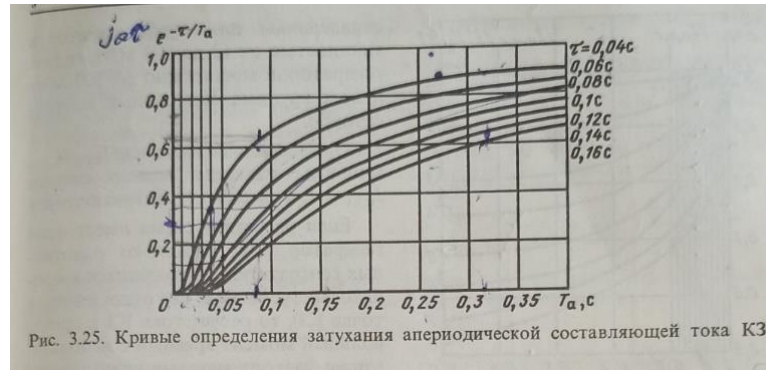


Рис. 3.25. Кривые определения затухания аperiodической составляющей тока КЗ

Рисунок 5 –Кривые определения затухания аperiodической составляющей тока КЗ.

$$\tau = t_{св} + t_{рз}, \quad (2.21)$$

где $t_{св}$ – собственное время отключения выключателя ВГУ-220, $t_{св}=0,027с$; [3,с.201]

$t_{рз}$ – время срабатывания релейной защиты, $t_{рз}=0,01с$.

$$\tau = 0,027 + 0,01 = 0,037с.$$

T_a - постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ, $T_a=0,03с$. [2, с. 151]

По графику определяется $j_{ат}=0,22$

$$I_{ат}=\sqrt{2} \cdot 5,8 \cdot 0,22 = 1,8 \text{ кА.}$$

Определяется периодическая составляющая тока в любой момент времени

Т.к. источник (энергосистема) связан непосредственно с точкой КЗ, то действующее значение периодической составляющей тока от энергосистемы при трехфазном коротком замыкании для любого момента времени можно считать равным : $I_{пт} = I_{п0} = const$ [2, с. 151] .

$$I_{пт} = I_{п0} = 5,8кА.$$

2.4.4 Расчет сопротивлений точки К-2 на шинах 35 кВ

$$x_8 = x_9 = x_2 + x_3 = x_4 + x_5 = 0,72 + 1,3 = 2,02$$

$$x_{10} = x_8 // x_9 = \frac{2,02}{2} = 1,01$$

$$x_{рез} = x_{11} = x_1 + x_{10} = 0,43 + 1,01 = 1,44$$

2.4.4 Расчет сопротивлений точки К-2 на шинах 10кВ

$$x_{рез} = x_8 = x_1 + x_4 + X_5 = 1,13 + 2,68 + 1,56 = 5,37$$

2.4.5 Расчет токов короткого замыкания в точке К-2

Определяется периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени

$$I_{п0} = \frac{E_*''}{x_{рез}} \cdot I_6, \quad (2.22)$$

где E_*'' – ЭДС источника, для системы $E_*''=1$;

$x_{рез}$ – сопротивление результирующее, $x_{рез}=1,44$;

I_6 – ток базисный.

$$I_6 = \frac{S_6}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (2.23)$$

где S_6 – базисная мощность, $S_6=1000$;

U_6 – базисное напряжение, $U_6=37$ кВ.

$$I_6 = \frac{1000}{\sqrt{3} \cdot 37} = 15,6 \text{ кА.}$$

$$I_{п0} = \frac{1}{1,44} \cdot 15,6 = 10,8 \text{ кА.}$$

Определяется ударный ток

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot K_{уд} \cdot I_{п0}, \quad (2.24)$$

где $K_{уд}$ - ударный коэффициент, $K_{уд} = 1,608$ [2,с. 151]

$I_{п0}$ – периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, $I_{п0} = 10,8$ кА.

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot 1,608 \cdot 10,8 = 24,6 \text{ кА}$$

Определяется аperiodическая составляющая в любой момент времени

$$I_{ат} = \sqrt{2} \cdot I_{п0} \cdot j_{ат}, \quad (2.25)$$

где $I_{п0}$ – периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, $I_{п0} = 10,8$ кА;

$j_{ат}$ – отношение τ (расчетного времени для определения токов КЗ) к T_a (постоянной времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ) находится методом типовых кривых:

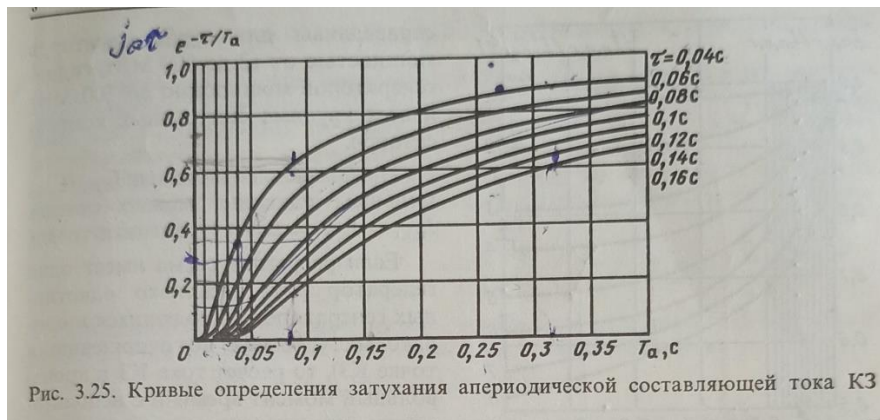


Рисунок 6 –Кривые определения затухания аperiodической составляющей тока КЗ.

$$\tau = t_{св} + t_{рз}, \quad (2.26)$$

где $t_{св}$ – собственное время отключения выключателя ВБН-35, $t_{св}=0,06с$; [3,с.199]

$t_{рз}$ – время срабатывания релейной защиты, $t_{рз}=0,01с$.

$$\tau = 0,06 + 0,01 = 0,07с.$$

T_a - постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ, $T_a=0,02с$. [2, с. 151]

По графику определяется $j_{ат} = 0,1$

$$I_{ат} = \sqrt{2} * 10,8 * 0,1 = 1,5 \text{ кА}.$$

Определяется периодическая составляющая тока в любой момент времени

$$I_{ном} = \frac{S_H}{\sqrt{3} \cdot U_6}, \quad (2.27)$$

где S_H - мощность системы, $S_H=2200$;

U_6 – базисное напряжение, $U_6 = 37кВ$

$$I_{ном} = \frac{2200}{\sqrt{3} \cdot 37} = 34,3 \text{ кА}.$$

Рассчитывается отношение $I_{п0}$ к $I_{ном}$, если $\frac{I_{п0}}{I_{ном}} \leq 1$, то $I_{пт} = I_{п0}$.

$$\frac{10,8}{34,3} = 0,3 \leq 1, I_{пт} = I_{п0} = 10,8 \text{ кА}$$

Таблица 4 - Данные расчета точки КЗ

Точка КЗ	Уост, кВ	Уб, кВ	$I_{п0}$, кА	$i_{уд}$, кА	$I_{ат}$, кА	$I_{пт}$, кА
К-1	220	230	5,8	14,1	1,8	5,8
К-2	35	37	10,8	24,6	1,5	10,8

4 Выбор токоведущих частей и электрических аппаратов

4.1 Составление таблицы для выбора токоведущих частей и электрических аппаратов (Таблица 5)

Точка К-1

$$I_{\text{ном.расч}} = \frac{S_{\text{ном.тр.}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (2.28)$$

где $S_{\text{ном.тр.}}$ – номинальная мощность автотрансформатора, $S_{\text{ном.тр.}} = 160$ МВА;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, $U_{\text{ном}} = 220$ кВ.

$$I_{\text{ном.расч}} = \frac{160 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220} = 419,9 \text{ А.}$$

Рассчитывается полный импульс квадратичного тока КЗ

$$\beta_k = I_{\text{по}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a), \quad (2.29)$$

где $I_{\text{по}}$ – периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, $I_{\text{по}} = 5,8$ кА;

$t_{\text{откл}}(\tau)$ – полное время отключения выключателя, $t_{\text{откл}} = 0,037$ с;

T_a – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ, $T_a = 0,03$ с.

$$\beta_k = 5,8^2 \cdot (0,037 + 0,03) = 2,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Рассчитывается минимальное сечение, отвечающее требованию его термической стойкости при КЗ

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{\beta_k} \cdot 10^3}{C}, \quad (2.30)$$

где β_k – полный импульс квадратичного тока КЗ, $\beta_k = 2,3 \text{ кА}^2$;

C – функция с постоянным значением, $C = 91$;

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{2,3} \cdot 10^3}{91} = 16,7 \text{ мм}^2$$

Точка К-2

$$I_{\text{ном.расч}} = \frac{S_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}, \quad (2.31)$$

где $S_{\text{н}}$ – мощность нагрузки на шины 35 кВ, $S_{\text{н}} = 49,9$ МВА;

$U_{\text{ном}}$ – номинальное напряжение сети, $U_{\text{ном}} = 35$ кВ.

$$I_{\text{ном.расч}} = \frac{49,9 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 35} = 823,1 \text{ А.}$$

Рассчитывается полный импульс квадратичного тока КЗ

$$\beta_{\text{к}} = I_{\text{п0}}^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_{\text{а}}), \quad (2.32)$$

где $I_{\text{п0}}$ – периодическая составляющая тока КЗ в начальный момент времени, $I_{\text{п0}} = 10,8$ кА;

$t_{\text{отк}}(\tau)$ – полное время отключения выключателя, $t_{\text{отк}} = 0,07$ с;

$T_{\text{а}}$ – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ, $T_{\text{а}} = 0,02$ с.

$$\beta_{\text{к}} = 10,8^2 \cdot (0,07 + 0,02) = 10,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с.}$$

Рассчитывается минимальное сечение, отвечающее требованию его термической стойкости при КЗ

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{\beta_{\text{к}}} \cdot 10^3}{\text{С}}, \quad (2.33)$$

где $\beta_{\text{к}}$ – полный импульс квадратичного тока КЗ, $\beta_{\text{к}} = 10,5$ кА²;

С – функция с постоянным значением, $\text{С} = 91$;

$$q_{\text{min}} = \frac{\sqrt{10,5} \cdot 10^3}{91} = 35,6 \text{ мм}^2$$

Таблица 5 - Данные для выбора токоведущих частей

Точка КЗ	Uуст, кВ	Uб, кВ	I _{п0} , кА	i уд, кА	Iат, кА	I _{пт} , кА	I _{ном.расч.} , А	Вк.рас., кА ^{2*с}	q _{min} , мм ²
К-1	220	230	5,8	14,1	1,8	5,8	419,9	2,3	16,7
К-2	35	37	10,8	24,6	1,5	10,8	823,1	10,5	35,6

2.5.2 Выбор гибких шин на напряжение 220 кВ

Не рекомендуется применять сталеалюминиевые провода меньшего сечения, чем:

АС-70/11 (АС-95/16) на 110 кВ;

АС-300/39 (АС-400/22) на 220 кВ;

2АС-600/72 на 330 кВ;

3АС-600/72 на 500 кВ.

Предварительно выбираются гибкие шины на 220кВ АС-300/66 [3,с. 180].

Гибкие шины выбираются по:

1. По допустимому току

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.34)$$

$$419,9\text{А} \leq 705\text{А}$$

2. По термической стойкости

$$q_{\text{min}} \leq q_{\text{выбр}}, \quad (2.35)$$

Согласно ПУЭ сборные шины на термическую стойкость могут не рассчитываться, так как они выполняются голыми проводами на открытом воздухе.

3. По электродинамической стойкости

$$\delta_{\text{расч}} \leq \delta_{\text{доп}}, \quad (2.36)$$

Согласно ПУЭ сборные гибкие шины на электродинамическую стойкость могут не рассчитываться, так как расстояние между фазами велико, а силы взаимодействия между ними малы.

1. По условиям коронирования

$$1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0, \quad (2.37)$$

Определяется критическая напряженность

$$E_0 = 30,3 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}}\right), \quad (2.38)$$

где m - коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности провода, $m=0,82$;

r_0 - радиус провода, $r_0=1,2$ см.

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{1,2}}\right) = 30,63 \text{ кВ/см.}$$

Определяется напряженность вокруг провода для нерасщеплённого провода в фазе

$$E = \frac{K \cdot 0,354 \cdot U}{n \cdot r_0 \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_0}}, \quad (2.39)$$

где K – коэффициент учитывающий количество проводов (n) в расщепленной фазе, $K=1$;

U – линейное напряжение, $U=220$ кВ;

n – количество проводов в фазе, $n=1$;

$D_{\text{ср}}$ – среднее расстояние между фазами.

$$D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot D, \quad (2.40)$$

где D – расстояние между соседними фазами для напряжения 220 кВ, $D=400$ см.

$$D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot 400 = 504 \text{ см.}$$

Определяется напряженность вокруг провода для нерасщеплённого провода в фазе

$$E = \frac{1 \cdot 0,354 \cdot 220}{1 \cdot 1,2 \cdot \lg \frac{504}{r_{\text{экв}}}} = 24,74 \text{ кВ/см}$$

Проверяется условие коронирования:

$$1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0$$

$$1,07 \cdot 24,74 \leq 0,9 \cdot 30,63$$

$$27,47 \leq 27,57$$

Вывод: выбранные гибкие шины АС-300/66 проходят по всем условиям.

Для расщепленного провода, у кого 330,500кВ.

Определяется напряженность вокруг провода для нерасщеплённого провода в фазе

$$E = \frac{K \cdot 0,354 \cdot U}{n \cdot r_0 \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_{\text{экв}}}}$$

K – коэффициент учитывающий количество проводов (n) в расщепленной фазе; для расщепленного провода при $n=2$, K находится по формуле $K = 1 + 2 \cdot \frac{r_0}{a}$, при $n=3$, K находится по формуле $K = 1 + 2\sqrt{3} \cdot \frac{r_0}{a}$

U – напряжение электроустановки, кВ;

$$D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot D$$

D – расстояние между соседними фазами (см);

Для сборных шин в ПУЭ приняты следующие расстояния между фазами (D)

35 кВ - 1,5м; 110 - 3м; 220кВ – 4м; 330кВ – 4,5м; 500кВ – 6м. Не забывайте переводить в см!

$r_{\text{экв}}$ – эквивалентный радиус расщепленных проводов, при $n=2$

$$r_{\text{экв}} = \sqrt{r_0 \times a}, \quad \text{при } n=3, r_{\text{экв}} = \sqrt[3]{r_0 \cdot a^2}.$$

a – расстояние между проводами в расщепленной фазе: при $U=220\text{кВ}$, $a=20\text{-}30\text{см}$; при $U=330\text{-}750\text{кВ}$, $a=40\text{см}$.

2.5.3 Выбор гибких шин на напряжение 35 кВ

Предварительно выбираются гибкие шины на 35 кВ АС – 400/22[3,с. 180]

Гибкие шины выбираются по:

По допустимому току

$$I_{\text{ном,расч}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.41)$$

$$823,1\text{А} \leq 830\text{А}$$

1. По термической стойкости

$$q_{\text{min}} \leq q_{\text{выбр}}, \quad (2.42)$$

Согласно ПУЭ сборные шины на термическую стойкость могут не рассчитываться, так как они выполняются голыми проводами на открытом воздухе.

2. По электродинамической стойкости

$$\delta_{\text{расч}} \leq \delta_{\text{доп}}, \quad (2.43)$$

Согласно ПУЭ сборные гибкие шины на электродинамическую стойкость могут не рассчитываться, так как расстояние между фазами велико, а силы взаимодействия между ними малы.

3. По условиям коронирования

$$1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0, \quad (2.44)$$

Определяется критическая напряженность

$$E_0 = 30,3 \cdot m \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{r_0}}\right), \quad (2.45)$$

где m - коэффициент, учитывающий шероховатость поверхности провода, $m=0,82$;

r_0 - радиус провода, $r_0=1,33$ см.

$$E_0 = 30,3 \cdot 0,82 \cdot \left(1 + \frac{0,299}{\sqrt{1,33}}\right) = 31,29 \text{ кВ/см.}$$

Определяется напряженность вокруг провода для нерасщепленного провода в фазе

$$E = \frac{K \cdot 0,354 \cdot U}{n \cdot r_0 \cdot \lg \frac{D_{\text{ср}}}{r_0}}, \quad (2.46)$$

где K – коэффициент учитывающий количество проводов (n) в расщепленной фазе, $K=1$;

U – линейное напряжение, $U=35$ кВ;

n – количество проводов в фазе, $n=1$;

$D_{\text{ср}}$ – среднее расстояние между фазами.

$$D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot D, \quad (2.47)$$

где D – расстояние между соседними фазами для напряжения 35 кВ, $D=150$ см.

$$D_{\text{ср}} = 1,26 \cdot 150 = 189 \text{ см.}$$

$$E = \frac{1 \cdot 0,354 \cdot 35}{1 \cdot 1,33 \cdot \lg \frac{189}{1,33}} = 4,3 \text{ кВ/см}$$

Проверяется условие коронирования:

$$1,07 \cdot E \leq 0,9 \cdot E_0$$

$$1,07 \cdot 4,3 \leq 0,9 \cdot 31,29$$

$$4,6 \leq 28,16$$

Вывод: выбранные гибкие шины АС-400/22 проходят по всем условиям.

У кого напряжение 10кВ

Выбор жестких шин на напряжение 10кВ

Жёсткие сборные шины выбираются по:

1. По допустимому току:

Выбираются жесткие шины А1 60х8.

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}} \quad (2.38)$$

$$817,7 \text{ А} \leq 1025 \text{ А}$$

2. По термической стойкости:

$$q_{\text{min}} \leq q_{\text{выбр}} \quad (2.39)$$

$$25 \text{ мм}^2 \leq 1000 \text{ мм}^2$$

3. По электродинамической стойкости:

$$\delta_{\text{расч}} \leq \delta_{\text{доп}} \quad (2.40)$$

Рассчитывается электродинамическая стойкость выбранных жестких шин:

$$\delta_{\text{расч}} = \frac{M_{\text{изг}}}{W_{\text{сопр}}}, \quad (2.41)$$

где $M_{\text{изг}}$ – момент изгиба шин;

$W_{\text{сопр}}$ – момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной действию усилия, см³.

Рассчитывается момент изгиба шин

$$M_{\text{изг}} = \frac{f \cdot l^2}{10}, \quad (2.42)$$

где f – наибольшее удельное усилие при трехфазном КЗ, Нм;

l – длина пролета между опорными изоляторами шинной конструкции, $l=2\text{м}$.

Рассчитывается наибольшее удельное усилие при трехфазном КЗ

$$f = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot K_{\text{ф}} \cdot \frac{I_{\text{уд}}^2}{a}, \quad (2.43)$$

где $K_{\text{ф}}$ – коэффициент формы, $K_{\text{ф}}=1$;

$I_{\text{уд}}$ – ударный ток; $I_{\text{уд}}=19,7\text{кА}$;

a – расстояние между соседними фазами, $a = 0,8\text{м}$.

$$f = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot 1 \cdot \frac{19,7^2 \cdot 10^6}{0,8} = 84,02\text{Н/м}.$$

$$M_{\text{изг}} = \frac{84,02 \cdot 2^2}{10} = 33,6$$

Рассчитывается момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной действию усилия

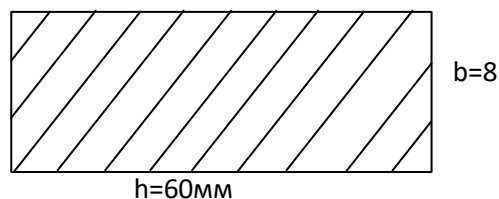
$$W_{\text{сопр}} = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (2.44)$$

где b -высота полосы, $b=8\text{мм}=0,8\text{см}$;

h – ширина полосы, $h=60\text{мм}=6\text{см}$.

$$W_{\text{сопр}} = \frac{0,8 \cdot 6^2}{6} = 4,8 \text{ см}^3.$$

$$\delta_{\text{расч}} = \frac{33,6}{4,8} = 7 \text{ МПа}$$



Проверяется выполнение условия:

$$\delta_{\text{расч}} \leq \delta_{\text{доп}},$$

$$7 \text{ МПа} \leq 40\text{МПа}$$

Вывод: Выбранные жёсткие шины AL60x8 проходят по всем параметрам

2.5.4 Выбор выключателей на напряжение 220 кВ

Таблица 6 – Каталожные данные выключателя [3,с. 201]

Каталожные данные ВГУ-220-45У1 элегазовый		
$U_{\text{ном}} - 220 \text{ кВ}$	$I_{\text{доп}} - 3150 \text{ А}$	$I_{\text{дин}} - 45 \text{ кА}$
$i_{\text{дин}} - 150 \text{ кА}$	$t_{\text{терм}} - 3\text{с}$	$I_{\text{откл.ном}} - 45 \text{ кА}$
$I_{\text{тер}} - 50 \text{ кА}$		

Выключатели выбираются:

1. По напряжению установки

$$U_{уст} \leq U_{ном}, \quad (2.48)$$

$$220 \text{ кВ} \leq 220 \text{ кВ}$$

2. По допустимому току

$$I_{ном.расч} \leq I_{доп}, \quad (2.49)$$

$$419,9 \text{ А} \leq 3150 \text{ А}$$

3. По отключающей способности

$$I_{пт} \leq I_{откл.ном}, \quad (2.50)$$

$$5,8 \text{ кА} \leq 45 \text{ кА}$$

4. По включающей способности

$$i_{уд.расч} \leq i_{вкл}, \quad (2.51)$$

$$14,1 \text{ кА} \leq 150 \text{ кА}$$

$$I_{по} \leq I_{вкл}, \quad (2.52)$$

$$5,8 \text{ кА} \leq 150 \text{ кА}$$

5. По электродинамической стойкости

$$I_{по} \leq I_{дин}, \quad (2.53)$$

$$5,8 \text{ кА} \leq 45 \text{ кА}$$

$$I_{уд} \leq i_{дин}, \quad (2.54)$$

$$14,1 \text{ кА} \leq 150 \text{ кА}$$

6. По термической стойкости

$$\beta_{к.расч} \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}, \quad (2.55)$$

$$2,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 50^2 \cdot 3$$

$$2,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 7500 \text{ кА}^2 \cdot \text{с}$$

Вывод: Выключатель ВГУ-220Б-45У1 проходит по всем параметрам.

2.5.5 Выбор выключателей на напряжение 35 кВ

Таблица 7 – Каталожные данные выключателя [3,с. 199]

Каталожные данные ВБН-35П-20УХЛ1 вакуумный		
$U_{\text{ном}} - 35 \text{ кВ}$	$I_{\text{доп}} - 1600 \text{ А}$	$I_{\text{дин}} - 25 \text{ кА}$
$i_{\text{дин}} - 51 \text{ кА}$	$t_{\text{терм}} - 3 \text{ с.}$	$I_{\text{откл.ном}} - 20 \text{ кА}$
$I_{\text{тер}} - 25 \text{ кА}$		

Выключатели выбираются:

7. По напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}, \quad (2.56)$$

$$35 \text{ кВ} \leq 35 \text{ кВ}$$

8. По допустимому току

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.57)$$

$$823,1 \text{ А} \leq 1600 \text{ А}$$

9. По отключающей способности

$$I_{\text{пт}} \leq I_{\text{откл.ном}}, \quad (2.58)$$

$$10,8 \text{ кА} \leq 20 \text{ кА}$$

10. По включающей способности

$$i_{\text{уд.расч}} \leq i_{\text{вкл}}, \quad (2.59)$$

$$24,6 \text{ кА} \leq 51 \text{ кА}$$

$$I_{\text{п0}} \leq I_{\text{вкл}}, \quad (2.60)$$

$$10,8 \text{ кА} \leq 51 \text{ кА}$$

11. По электродинамической стойкости

$$I_{\text{п0}} \leq I_{\text{дин}}, \quad (2.61)$$

$$10,8 \text{ кА} \leq 25 \text{ кА}$$

$$I_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}, \quad (2.62)$$

$$24,6 \text{ кА} \leq 51 \text{ кА}$$

12.о термической стойкости

$$\beta_{\text{к.расч}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}, \quad (2.63)$$

$$10,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 25^2 \cdot 3$$

$$10,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 1875 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Вывод: Выключатель ВБН-35-20УХЛ1 проходит по всем параметрам.

2.5.6 Выбор разъединителей на напряжение 220 кВ

Таблица 8 – Каталожные данные разъединителя [3,с. 205]

Каталожные данные РГН-220/1000УХЛ1		
$U_{\text{ном}} - 220 \text{ кВ}$	$I_{\text{доп}} - 1000 \text{ А}$	$i_{\text{дин}} - 80 \text{ кА}$
$I_{\text{тер}} - 31,5 \text{ кА}$	$t_{\text{терм}} - 3 \text{ с.}$	

Разъединители выбираются:

1. По напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}, \quad (2.64)$$

$$220 \text{ кВ} \leq 220 \text{ кВ}$$

2. По допустимому току

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.65)$$

$$419,9 \text{ А} \leq 1000 \text{ А}$$

3. По конструкции и роду установки

РГН-220/1000 – разъединитель горизонтальный наружной установки

4. По электродинамической стойкости

$$i_{\text{уд.расч}} \leq i_{\text{дин}}, \quad (2.66)$$

$$14,1 \text{ кА} \leq 80 \text{ кА}$$

$$I_{п0} \leq i_{дин}, \quad (2.67)$$

$$5,8 \text{ кА} \leq 80 \text{ кА}$$

5. По термической стойкости

$$\beta_{к.расч} \leq I_{терм}^2 \cdot t_{терм}, \quad (2.68)$$

$$2,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 31,5^2 \cdot 3$$

$$2,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 2976,8 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Вывод: Разъединитель РГН-220/1000 по всем условиям проходит

2.5.7 Выбор разъединителей на напряжение 35 кВ

Таблица 9 – Каталожные данные разъединителя [3, с. 204]

Каталожные данные РГ-35/1000УХЛ1		
$U_{ном} - 35 \text{ кВ}$	$I_{доп} - 1000 \text{ А}$	$i_{дин} - 40 \text{ кА}$
$I_{тер} - 16 \text{ кА}$	$t_{терм} - 3 \text{ с.}$	

Разъединители выбираются:

1. По напряжению установки

$$U_{уст} \leq U_{ном}, \quad (2.69)$$

$$35 \text{ кВ} \leq 35 \text{ кВ}$$

2. По допустимому току

$$I_{ном.расч} \leq I_{доп}, \quad (2.70)$$

$$823,1 \text{ А} \leq 1000 \text{ А}$$

3. По конструкции и роду установки

РГ-35/1000 – разъединитель горизонтальный

4. По электродинамической стойкости

$$i_{уд.расч} \leq i_{дин}, \quad (2.71)$$

$$24,6 \text{ кА} \leq 40 \text{ кА}$$

$$I_{\text{по}} \leq i_{\text{дин}}, \quad (2.72)$$

$$10,8 \text{ кА} \leq 40 \text{ кА}$$

5. По термической стойкости

$$\beta_{\text{к.расч}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}, \quad (2.73)$$

$$10,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 16^2 \cdot 3$$

$$10,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 768 \text{ кА}^2 \text{с}$$

Вывод: Разъединитель РГН-35/1000 по всем условиям проходит

У кого НН 10 кВ разъединители выбирать НЕ НУЖНО!!!!

2.5.8 Выбор измерительных трансформаторов тока 220 кВ

Таблица 10 – Каталожные данные трансформатора тока [3,с. 208]

Каталожные данные ТГФ-220-У1		
$U_{\text{ном}} - 220 \text{ кВ}$	$I_{\text{доп}} - 750-1500 \text{ А}$	$i_{\text{дин}} - 125-150 \text{ кА}$
$I_{\text{тер}} - 50-80 \text{ кА}$	$t_{\text{терм}} - 3 \text{ с.}$	$S_{2\text{ном}} = 30 \text{ ВА}$

Трансформаторы тока выбираются:

1. По напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}, \quad (2.74)$$

$$220 \text{ кВ} \leq 220 \text{ кВ}$$

2. По допустимому току

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.75)$$

$$419,9 \text{ А} \leq 750 - 1500 \text{ А}$$

3. По конструкции и классу точности

ТГФ-220-У1 – трансформатор тока с газовой изоляцией в фарфоровом корпусе

Класс точности:

0,2 – точные лабораторные приборы;

0,5- приборы учета электроэнергии.

4. По электродинамической стойкости

$$i_{\text{уд.расч}} \leq i_{\text{дин}}, \quad (2.76)$$
$$14,1 \text{ кА} \leq 125 \text{ кА}$$

$$I_{\text{по}} \leq i_{\text{дин}}, \quad (2.77)$$
$$5,8 \text{ кА} \leq 125 \text{ кА}$$

5. По термической стойкости

$$\beta_{\text{к.расч}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}, \quad (2.78)$$

$$2,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 50^2 \cdot 3$$

$$2,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 7500 \text{ кА}^2 \text{с}$$

6. По вторичной нагрузке

$$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}, \quad (2.79)$$

где Z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока, соответствует полному сопротивлению;

$Z_{2\text{ном}}$ – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности, соответствует номинальному полному сопротивлению. Так как индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, то учитывается их активное сопротивление, $Z_{2\text{ном}} \approx r_{2\text{ном}}$, $Z_2 \approx r_2$

$$r_{2\text{НОМ}} = \frac{S_{2\text{НОМ}}}{I_2^2}, \quad (2.80)$$

где $S_{2\text{НОМ}}$ - номинальная нагрузка измерительной обмотки, $S_{2\text{НОМ}}=30\text{ВА}$;

I_2 – вторичный номинальный ток прибора, $I_2=5\text{А}$.

$$r_{2\text{НОМ}} = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом.}$$

Рассчитывается сопротивление вторичной цепи

$$r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}}, \quad (2.81)$$

где – $r_{\text{приб}}$ – сопротивление приборов;

$r_{\text{пр}}$ – сопротивление соединительных проводов;

$r_{\text{к}}$ – переходное сопротивление контактов.

Таблица 11 - Приборы подключенные к трансформаторам тока

Приборы	Тип	Нагрузка по фазам		
		А	В	С
1	2	3	4	5
Амперметр	Э-335	0,5	0,5	0,5
Ваттметр	Д-335	0,5	-	0,5

Продолжение таблицы 11

Приборы	Тип	Нагрузка по фазам		
		A	B	C
1	2	3	4	5
Варметр	Д-345	0,5	-	0,5
Фиксирующий прибор	ФИП	-	-	-
Счетчик активной энергии	СА3-И680	2,5	-	2,5
Счетчик реактивной энергии	СР3-И676	2,5	-	2,5
Итого		6,5	0,5	6,5

Определяется сопротивление приборов

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2}, \quad (2.82)$$

где $S_{\text{приб}}$ - мощность потребляемая приборами, Таблица..., мощность наиболее нагруженной фазы, $S_{\text{приб}} = 6,5 \text{ ВА}$,

I_2 – вторичный номинальный ток прибора, $I_2 = 5 \text{ А}$.

$$r_{\text{приб}} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом.}$$

При количестве приборов больше двух-трех, сопротивление контактов $r_k = 0,1 \text{ Ом}$

Определяется сопротивление провода:

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{q_{\text{min}}}, \quad (2.83)$$

где ρ – удельное сопротивление медного провода, $\rho=0,0175$,

l – длина соединительных проводов от трансформаторов тока до приборов, $l = 100\text{м}$. [1,301];

q_{min} – минимальное сечение медного провода, $q_{\text{min}}= 2,5 \text{ мм}^2$

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0175 \cdot 100}{2,5} = 0,7 \text{ Ом}.$$

$$r_2 = 0,26 + 0,7 + 0,1 = 1,06 \text{ Ом}$$

$$r_2 \leq r_{2\text{ном}}$$

$$1,06 \text{ Ом} \leq 1,2 \text{ Ом}$$

Так как $Z_{2\text{ном}} \approx r_{2\text{ном}}$, $Z_2 \approx r_2$, то

$$Z_{2\text{ном}} \leq Z_2$$

На рисунке 7 представлена схема подключения приборов к трансформатору тока.

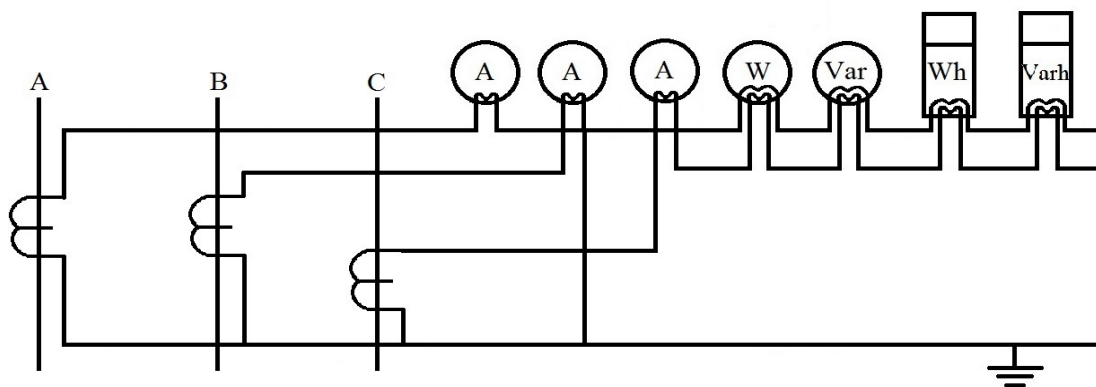


Рисунок 7 – Схема подключения приборов к трансформатору тока

Вывод: Выбранный трансформатор тока ТГФ-220 проходит по всем параметрам. [3,с. 208]

2.5.9 Выбор измерительных трансформаторов тока 35 кВ

Таблица 12 – Каталожные данные трансформатора тока

Каталожные данные ТФЗМ 35-У1		
$U_{\text{ном}} - 35 \text{ кВ}$	$I_{\text{доп}} - 1000 \text{ А}$	$i_{\text{дин}} - 134 \text{ кА}$
$I_{\text{тер}} - 37 \text{ кА}$	$t_{\text{терм}} - 3 \text{ с.}$	$S_{2\text{ном}} = 30 \text{ ВА}$

Трансформаторы тока выбираются:

1. По напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}, \quad (2.84)$$
$$35 \text{ кВ} \leq 35 \text{ кВ}$$

2. По допустимому току

$$I_{\text{ном.расч}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (2.85)$$
$$823,1 \text{ А} \leq 1000 \text{ А}$$

3. По конструкции и классу точности

ТФЗМ-35-У1 – трансформатор тока в фарфоровом корпусе, звеньевой, масляный [3,с. 207]

Класс точности:

0,2 – точные лабораторные приборы;

10Р- приборы релейной защиты.

4. По электродинамической стойкости

$$i_{\text{уд.расч}} \leq i_{\text{дин}}, \quad (2.86)$$

$$24,6 \text{ кА} \leq 134 \text{ кА}$$

$$I_{\text{п0}} \leq i_{\text{дин}}, \quad (2.87)$$

$$10,8 \text{ кА} \leq 134 \text{ кА}$$

5. По термической стойкости

$$\beta_{\text{к.расч}} \leq I_{\text{терм}}^2 \cdot t_{\text{терм}}, \quad (2.88)$$

$$10,5 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 37^2 \cdot 3$$

$$2,3 \text{ кА}^2 \cdot \text{с} \leq 4107 \text{ кА}^2 \text{с}$$

6. По вторичной нагрузке

$$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}, \quad (2.89)$$

где Z_2 – вторичная нагрузка трансформатора тока, соответствует полному сопротивлению;

$Z_{2\text{ном}}$ – номинальная допустимая нагрузка трансформатора тока в выбранном классе точности, соответствует номинальному полному сопротивлению. Так как индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, то учитывается их активное сопротивление, $Z_{2\text{ном}} \approx r_{2\text{ном}}$, $Z_2 \approx r_2$

$$r_{2\text{ном}} = \frac{S_{2\text{ном}}}{I_2^2}, \quad (2.90)$$

где $S_{2\text{ном}}$, - номинальная нагрузка измерительной обмотки, $S_{2\text{ном}}=30\text{ВА}$;

I_2 – вторичный номинальный ток прибора, $I_2=5\text{А}$.

$$r_{2\text{ном}} = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом.}$$

Рассчитывается сопротивление вторичной цепи

$$r_2 = r_{\text{приб}} + r_{\text{пр}} + r_{\text{к}}, \quad (2.91)$$

где $r_{\text{приб}}$ – сопротивление приборов;

$r_{\text{пр}}$ – сопротивление соединительных проводов;

$r_{\text{к}}$ – переходное сопротивление контактов.

Таблица 13 – Приборы, подключенные к трансформаторам тока

Приборы	Тип	Нагрузка		
		А	В	С
1	2	3	4	5
Амперметр	Э-335	0,5	-	-
Счетчик активной мощности	САЗ-И680	2,5	-	2,5
Счетчик реактивной мощности	СРЗ-И676	2,5	-	2,5
Итого		5,5	-	5

Определяется сопротивление приборов

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2}, \quad (2.92)$$

где $S_{\text{приб}}$ - мощность потребляемая приборами, Таблица..., мощность наиболее нагруженной фазы, $S_{\text{приб}} = 5,5 \text{ВА}$,

I_2 – вторичный номинальный ток прибора, $I_2 = 5 \text{А}$.

$$r_{\text{приб}} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом.}$$

При количестве приборов больше двух-трех, сопротивление контактов $r_k=0,1\text{ Ом}$

Определяется сопротивление провода:

$$r_{\text{пр}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{q_{\text{min}}}, \quad (2.93)$$

где ρ – удельное сопротивление медного провода, $\rho=0,0175$,

l – длина соединительных проводов от трансформаторов тока до приборов, $l = 60\text{ м}$. [1,301];

q_{min} – минимальное сечение алюминиевого провода, $q_{\text{min}}= 4 \text{ мм}^2$

$$r_{\text{пр}} = \frac{0,0175 \cdot 60}{4} = 0,26 \text{ Ом.}$$

$$r_2 = 0,21 + 0,26 + 0,1 = 0,57 \text{ Ом}$$

$$r_2 \leq r_{2\text{ном}}$$

$$0,57 \text{ Ом} \leq 1,2 \text{ Ом}$$

Так как $Z_{2\text{ном}} \approx r_{2\text{ном}}$, $Z_2 \approx r_2$, то

$$Z_{2\text{ном}} \leq Z_2$$

На рисунке 8 представлена схема подключения приборов к трансформатору тока.

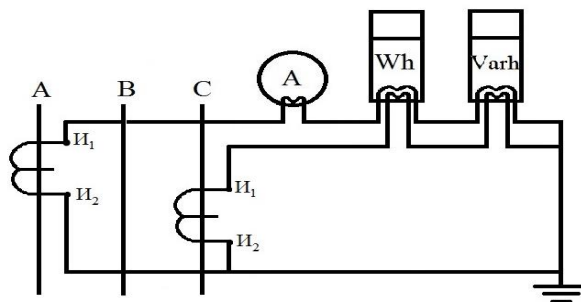


Рисунок 8 – Схема подключения приборов к трансформатору тока

Вывод: Выбранный трансформатор тока ТФЗМ-35 проходит по всем параметрам.

2.5.10 Выбор трансформатора напряжения на напряжение 220 кВ

Таблица 14 - Каталожные данные трансформатора напряжения [3,с. 213]

Каталожные данные ЗНОГ-220	
$U_{\text{ном}} = 220 \text{ кВ}$	$S_{2\text{ном}} = 3200\text{ВА}$

1. По напряжению установки

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}, \quad (2.94)$$

$$220 \text{ кВ} \leq 220 \text{ кВ}$$

2. По конструкции и схеме соединения обмоток

ЗНОГ-220 заземляемый трансформатор напряжения, однофазный, газонаполненный

На рисунке 9 представлена схема соединения обмоток.



Рисунок 9 - Схема соединения обмоток

3. По классу точности

0,2 – точные лабораторные приборы;

0,5 - приборы учета электроэнергии;

1,0 – все типы защит и щитовые приборы;

3,0 – токовые защиты и амперметры.

4. По вторичной нагрузке

$$S_{2\text{расч.}} \leq S_{2\text{ном.}}, \quad (2.95)$$

где $S_{2\text{ном}}$ – максимальная мощность, подключаемых приборов, $S_{2\text{ном}}=3200$ ВА.

$$S_{2\text{расч}} = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (2.96)$$

где P – активная мощность, подключаемых приборов, $P=57$ Вт (Таблица 15)

Q – реактивная мощность подключаемых приборов, $Q=24,3$ Вар (Таблица..)

$$S_{2\text{расч}} = \sqrt{60^2 + 24^2} = 64,6 \text{ ВА.}$$

$$64,6 \text{ ВА} \leq 3200 \text{ ВА}$$

На рисунке 10 представлена схема подключения приборов к трансформатору напряжения.

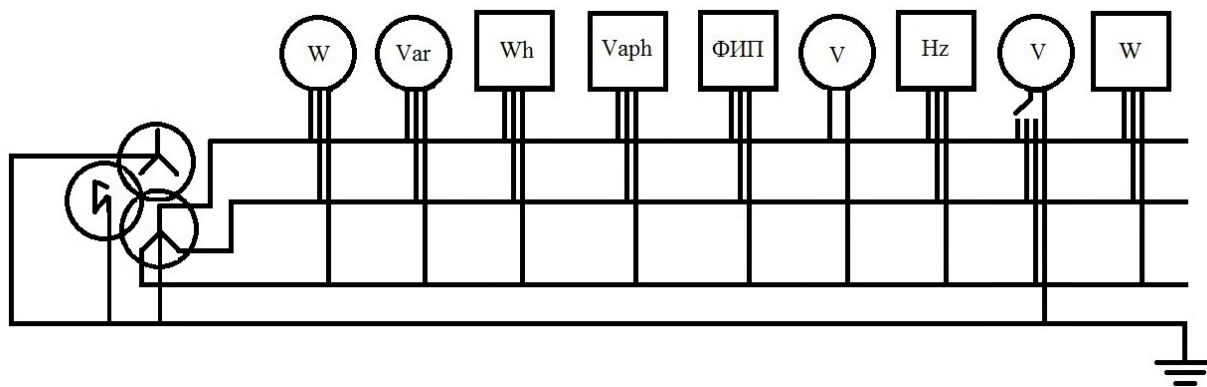


Рисунок 10 - Схема подключения приборов к трансформатору напряжения

Таблица 15 - Приборы, подключенные к ТН

Приборы	Тип	Мощность одной обмотки ВА	Число обмоток	$\cos \varphi$	$\sin \varphi$	Число приборов	Общая потребляемая мощность	
							P. Вт	QВар
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ваттметр	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Варметр	Д-345	2	2	1	0	1	4	-
Счетчик активной энергии	САЗ-И680	2	2	0,38	0,925	1	4	9,4
Фиксирующий прибор	ФИП	3	1	1	0	1	3	-
Вольтметр	Э-335	2	1	1	0	1	3	-
Счетчик реактивной энергии	СРЗ-И676	2	1	0,38	0	1	6	14,6
Регистрирующие приборы								
Частотомер	Н-397	7	1	1	0	1	7	-
Вольтметр	Н-394	10	1	1	0	1	10	-
Ваттметр изолирующий	Н-395	10	1	1	0	1	20	-
Итого							60	24

Вывод: выбранный трансформатор напряжения ЗНОГ-220 проходит по всем условиям

2.5.11 Выбор трансформатора напряжения на напряжение 35 кВ

Таблица 18 -Каталожные данные трансформатора напряжения

Каталожные данные НАМИ-35	
$U_{\text{ном}} - 35 \text{ кВ}$	$S_{2\text{ном}} = 1200 \text{ ВА}$

1. По напряжению установки

$$U_{уст} \leq U_{ном}, \quad (2.97)$$

$$35 \text{ кВ} \leq 35 \text{ кВ}$$

2. По конструкции и схеме соединения обмоток

НАМИ-35 трансформатор напряжения антирезонансный, масляный, для измерений.

На рисунке 13 представлена схема соединения обмоток.



Рисунок 13 - Схема соединения обмоток

3. По классу точности

0,2 – точные лабораторные приборы;

0,5 - приборы учета электроэнергии;

1,0 – все типы защит и щитовые приборы;

3,0 – токовые защиты и амперметры.

4. По вторичной нагрузке

$$S_{2расч.} \leq S_{2ном.}, \quad (2.98)$$

где $S_{2ном}$ – максимальная мощность, подключаемых приборов, $S_{2ном}=1200$ ВА.

$$S_{2расч} = \sqrt{P^2 + Q^2}, \quad (2.99)$$

где P – активная мощность, подключаемых приборов, $P=57$ Вт (Таблица...)

Q – реактивная мощность подключаемых приборов, $Q=24,3$ Вар (Таблица..)

$$S_{2расч} = \sqrt{38^2 + 24,4^2} = 45,2 \text{ ВА.}$$

$$45,2 \text{ ВА} \leq 1200 \text{ ВА}$$

Таблица 19 – Приборы, подключенные к ТН

Приборы	Тип	Мощность одной обмотки ВА	Число обмоток	$\cos \varphi$	Число приборов в	Общая потребляемая мощность	
						Р. Вт	QVar
Счетчик активной энергии	САЗ-И 680	2	2	0,38	1	4	9,7
Счетчик реактивной энергии	СРЗ-И 676	10	1	0	1	30	14,7
Вольтметр	Э-335	2	1	0	1	2	-
Вольтметр	Э-350	2	1	0	1	2	-
Итого						38	24,4

На рисунке 14 представлена схема подключения приборов к трансформатору напряжения.

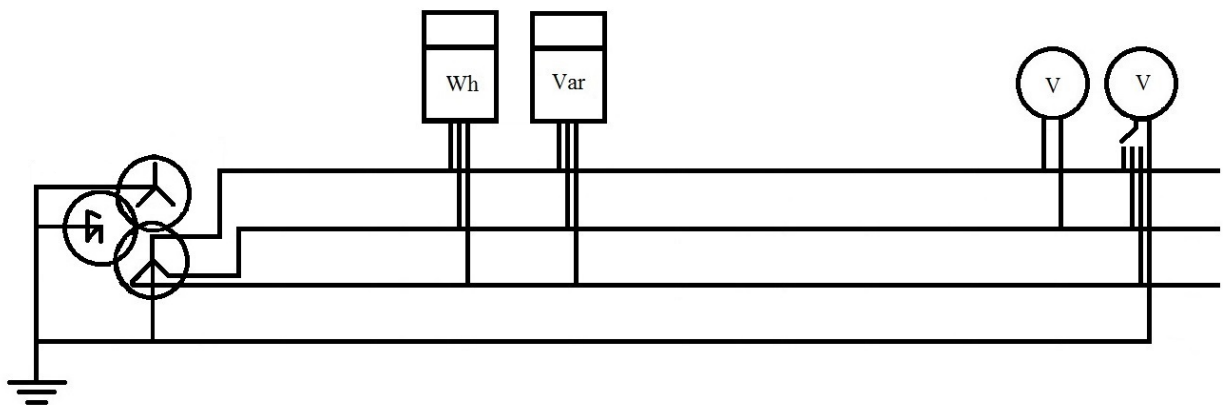


Рисунок 14 - Схема подключения приборов к трансформатору напряжения

Вывод: выбранный трансформатор напряжения НАМИ-35 проходит по всем условиям.

5 Выбор распределительных устройств ПС

Согласно норм технологического проектирования на напряжение 500-35 кВ применяется открытое распределительное устройство (ОРУ).

Распределительное устройство, расположенное на открытом воздухе, называется открытым распределительным устройством. РУ напряжением 500-35 кВ выполняются открытыми, они должны обеспечить надёжность работы, безопасность и удобство обслуживания при минимальных затратах на сооружение, возможность расширения, максимальное применение крупноблочных узлов заводского изготовления. Все аппараты доступны для наблюдения. Расстояние между токоведущими частями и от них различных элементов ОРУ должно выбираться в соответствии с требованиями ПУЭ.

Все аппараты ОРУ обычно располагаются на невысоких основаниях. По территории ОРУ предусматриваются проезды для возможности механизации, монтажа и ремонта оборудования.

Под силовыми трансформаторами, предусматриваются маслоприемники, укладывается слой гравия толщиной не менее 25 см и масло стекает в аварийных случаях в маслосборники. Кабели оперативных цепей управления, релейной защиты, автоматики и воздухопроводы прикладываются в лотках из железобетонных конструкций без заглабления их в почву или металлических лотках, подвешенных к конструкциям ОРУ. Шины используются гибкие из

многопроволочных проводов. Гибкие шины крепятся с помощью подвесных изоляторов на железобетонных стойках.

Используется килевое расположение разъединителей. Расположение называется килевым, когда каждый полюс шинных разъединителей второй системы шин, расположен под проводами соответствующей фазы сборных шин.

Килевое расположение позволяет выполнять соединение шинных разъединителей непосредственно под сборными шинами и на этом же уровне присоединить выключатель.

Но открытые РУ менее удобны в обслуживании при низких температурах и в ненастье, аппараты на ОРУ подвержены запылению и колебаниям температуры.

Согласно НТП на напряжения 10 кВ применяется КРУН . Комплектное распределительное устройство наружной установки – это распределительное устройство, состоящее из закрытых шкафов со встроенными аппаратами , измерительными, защитными приборами и вспомогательными устройствами. Шкафы КРУН изготавливаются на заводах , что позволяет добиться тщательной сборки всех узлов и обеспечить надежность снабжения и работы электрооборудования. Применение КРУН позволяет ускорить монтаж распределительных устройств КРУН безопасно в обслуживании, так как все части, находящиеся под напряжением , закрыты металлическим кожухом. В качестве изоляции между токоведущими частями в КРУН могут использоваться; воздух, масло, твердая изоляция и инертные газы. Для КРУН 10 кВ применяются выключатели обычной конструкции, а вместо разъединителей - втычные контакты. Применение КРУН приводит к сокращению объема и сроков проектирования.

6 Технико-экономические показатели подстанции

Экономическая целесообразность схемы определяется минимальными приведенными затратами:

$$Z = P_n \cdot K + И \quad (8.1)$$

K – капиталовложения на сооружение электроустановки, тыс. руб.

P_n – нормативный коэффициент экономической эффективности.

$$P_n = 0,15$$

$И$ – годовые эксплуатационные издержки

При выборе оптимальных схем выдачи электроэнергии определяют по укрупненным показателям стоимости элементов схемы.

Вторая составляющая расчётных затрат – годовые эксплуатационные издержки, которые определяются по формуле:

$$И = \frac{P_a + P_0}{100} \cdot K + \beta \cdot \Delta W \cdot 10^{-5} \quad (8.2)$$

K – капиталовложение на сооружение подстанции.

P_a – отчисления на амортизацию, %

$$P_a = 4,8\%$$

P_0 – отчисления на обслуживание, %

$$P_0 = 5,2\%$$

ΔW – потери электроэнергии

β – стоимость электроэнергии 1кВт/ч.

$$\beta = 2,5 \text{ руб.}$$

№ п/п	Оборудование	Количество	Стоимость единицы, тыс.руб	Общая стоимость тыс.руб
1	Трансформатор 250000/500/110	3	12000	36000
2	ВГУ-500Б-40У1	1	950	950
3	ВГУ-110	1	405	405
4	ВБМЭ-10-40У3	2	344	688

Итого:

38043

K= 38043 [тыс.руб]

Определение эксплуатационных расходов. Определение издержек на потери электрической энергии.

$$\Delta W = P_{XX} \cdot T + P_{K.3.B} \cdot \left(\frac{S_{maxB}}{S_{НОМ}}\right)^2 \cdot \tau_B + P_{K.3.C} \cdot \left(\frac{S_{maxC}}{S_{НОМ}}\right)^2 \cdot \tau_C + P_{K.3.H} \cdot \left(\frac{S_{maxH}}{S_{НОМ}}\right)^2 \cdot \tau_H \quad (8.3)$$

τ - время максимальных потерь

$$\tau_B = \tau_C = \tau_H = 7200$$

$$P_{K.3.B} = P_{K.3.C} = P_{K.3.H} = 0,5 \cdot \Delta P_{K3} \quad (8.4)$$

$$S_{maxH} = \frac{S_{Гор} + S_{Зав}}{3} \text{ [MBA]} \quad (8.5)$$

$$S_{maxC} = \frac{S_{Гор} + S_{Зав}}{3} \text{ [MBA]} \quad (8.6)$$

$$S_{maxB} = S_{maxC} + S_{maxH} \text{ [MBA]} \quad (8.7)$$

$$P_{K.3.B} = P_{K.3.C} = P_{K.3.H} = 0,5 \cdot 690 = 345$$

$$S_{maxH} = \frac{37,92}{3} = 12,64$$

$$S_{maxC} = \frac{177,5}{3} = 59,16$$

$$S_{maxB} = 59,16 + 12,64 = 71,8$$

$$\Delta W = 200 \cdot 7200 + 345 \cdot \left(\frac{71,8}{2500}\right)^2 \cdot 7200 + 345 \cdot \left(\frac{59,16}{2500}\right)^2 \cdot 7200 + 345 \cdot \left(\frac{12,64}{2500}\right)^2 \cdot 7200 = 1443500$$

$$И = \frac{10}{100} \cdot 38043 + 2,5 \cdot 1443500 \cdot 10^{-5} = 3840,38$$

$$З = 0,15 \cdot 38043 + 3840,38 = 9546,83$$

					ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

Заключение

Курсовой проект выполнен в соответствии с заданием. Выбраны силовые трансформаторы и автотрансформаторы последнего поколения, с улучшенным жаростойким изоляционным покрытием типа АДЦТН мощностью 250 МВА, трансформаторы собственных нужд ТСЗ-400 кВА. Выбраны современные элегазовые и вакуумные электрические аппараты с полимерной изоляцией – правильность выбора подтверждена расчетами токов короткого замыкания в заданных точках, на шинах высокого напряжения 500 кВ и на секции 10 кВ.

Расчеты выполнены согласно нормативной, справочной и учебной литературы и по их результатам выбраны гибкие сталеалюминевые шины 3хАС-600/72 на 500 кВ и жёсткие сталеалюминевые шины АД015х3 на 10 кВ.

Приняты надёжные схемы распределительных устройств согласно норм технологического проектирования с учетом безопасности, удобства их обслуживания, экономичности, а в перспективе возможности их расширения. Схемы типовые, что облегчает их строительство.

На 500 кВ принята схема две системы шин с тремя выключателями на две цепи. На 110 кВ схема две системы шин с обходной. На 10 кВ одна система сборных шин секционированной выключателем.

Распределительное устройство на 500 и 110 кВ выполнено открытого типа, на 10 кВ закрытого типа.

Подробно рассмотрен вопрос по технике безопасности, определены средства защиты при работах в электроустановке.

Пояснительная записка и графическая часть выполнена в электронном виде согласно ЕСКД и нормоконтроля.

Цель проекта достигнута, все поставленные задачи решены.

					ТТТ.13.02.03.001.09.00.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

Проект может быть использован проектными организациями при проектировании электрической подстанции.

					ТТТ.13.02.03.000.21.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

Библиография

1. **Крючков, Н.П.** Электрическая часть электрических станций и подстанций: справочные материалы для курсового и дипломного проектирования /Н.П.Крючков, Б.Н.Неклепаев. -М.: Энергоатомиздат, 2018. - 608 с.– ISBN978-5-383-01270-3.
2. **Рожкова, Л.Д.** Электрооборудование электрических станций и подстанций: учебник/ Л.К.Карнеева, Т.В.Чиркова - 12-е издание, - М: ИЦ Академия, 2010. - 448 с– ISBN 978-5-7695-7575-4.
3. **Карнеева, Л.К.** Электрооборудование электрических станций и подстанций: справочник/Л.К.Карнеева, Л.Д. Рожкова –Иваново: 2006. – ISBN 5-93901-002-4.
4. Нормы технологического проектирования электрических подстанций/утверждены Минэнерго РФ. - // Теплоэлектропроект: [сайт]. -URL: <https://meganorm.ru/Index2/1/4294853/4294853911.htm> (дата обращения: 20.03.2021).
5. Пропускная способность ЛЭП - [Общие сведения | Энергия \(energiya63.ru\)](http://energiya63.ru)
6. Нормативы для определения расчетных электрических нагрузок зданий (квартир), коттеджей, микрорайонов (кварталов) застройки и элементов городской распределительной сети, утверждены Приказом Минтопэнерго России от «29» июня 1999г. № 213.
7. Электроэнергетика Уральского ФО: по пути интенсивного развития [сайт]. - URL: <http://marketelectro.ru/content/elektroenergetika-uralskogo-fo-po-puti-intensivnogo-razvitiya>. (дата обращения: 21.05.2021).
8. Свободная энциклопедия//[сайт]. - URL: <https://www.wikipedia.org>(дата обращения: 13.04.2021).
9. Измерительные трансформаторы напряжения Школа для электрика: электротехника и электроника//[сайт]. - URL:<http://electricalschool.info/main/electroshemy/512-izmeritelnye-transformatory.html>(датаобращения:15.04.2021).

					ТТТ.13.02.03.000.21.02.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

10. Схемы соединения измерительных трансформаторов напряжения » Школа для электрика: электротехника и электроника
<http://electricalschool.info/main/electroshemy/1293-skhemy-soedinenija-izmeritelnykh.html> (дата обращения: 12.05.2021).
11. Справочные данные параметров трансформаторов
https://powersystem.info/index.php?title=Справочные_данные_параметров_трансформаторов_от_35_кВ (дата обращения: 18.05.2021).
12. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению. - // Техэксперт: [сайт]. -URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200069439> (дата обращения: 20.05.2021)
13. ГОСТ 2.702-2011 ЕСКД. Правила выполнения электрических схем. - // Техэксперт: [сайт]. -URL:<http://docs.cntd.ru/document/1200086241> (дата обращения: 10.04.2021)
14. ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах - // Техэксперт: [сайт]. -URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200001985> (дата обращения: 01.05.2021)
15. ГОСТ 2.105-2019 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам. - // Техэксперт: [сайт]. -URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200164120> (дата обращения: 20.04.2021).

					ТТТ.13.02.03.000.21.02.ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		