

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 76 страниц, 14 рисунков, 37 таблиц, 25 источников литературы.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ПОДСТАНЦИЯ, ТРАНСФОРМАТОР, ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ, СТРУКТУРА, КОНСТРУКЦИЯ.

Объектом исследования является ПС 110/10/6 кВ «РАССВЕТ» филиала ПАО "МРСК-Сибири" «Хакасэнерго»

Цель исследования – разработка проекта по реконструкции подстанции 110/10/6 кВ РАССВЕТ.

В процессе исследования проведен выбор и расчетная проверка основного электротехнического оборудования.

В результате проведенного исследования было выявлено, что реконструкция подстанции приведет к улучшению экономических показателей соответственно повышению надежности оборудования и качества передаваемой электроэнергии.

ABSTRACT

The final qualifying work contains 76 pages, 14 drawings, 37 tables, 25 sources of literature.

RECONSTRUCTION, SUBSTATION, TRANSFORMER, SWITCH, DISCONNECTOR, STRUCTURE, CONSTRUCTION.

The object of the study is 110/10/6 kV SS "RASSVET" of the branch of PJSC "IDGC of Siberia" "Khakasenergo"

The purpose of the study is the development of a project for the reconstruction of 110/10/6 kV substation DAWN.

In the course of the research, a selection and calculation check of the main electrical equipment was carried out.

As a result of the conducted research, it was revealed that the reconstruction of the substation would lead to an improvement in economic indicators, correspondingly, to an increase in equipment reliability and the quality of the transmitted electricity.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 Характеристика ПС 110/10/6 КВ «РАССВЕТ».....	8
1.1 Общие сведения	8
1.2 Перечень установленного оборудования	9
1.3 Анализ загруженности подстанции «РАССВЕТ».....	17
1.3.1 Надежность работы подстанции.....	17
1.3.2 Загруженность подстанции.....	18
1.3.3 Объемы реконструкции подстанции.....	28
2 Реконструкция ПС 110/10/6 КВ «РАССВЕТ».....	29
2.1 Расчёт нагрузок на шинах ПС.....	29
2.2 Расчёт потерь электроэнергии в трансформаторах.....	30
2.3 Расчет рабочих токов и токов короткого замыкания.....	31
2.4 Выбор оборудования для ПС110/10/6 кВ «РАССВЕТ».....	40
2.4.1 Оборудование на стороне 110 кВ.....	40
2.4.2 Оборудование на стороне 10 кВ.....	45
2.4.3 Оборудование на стороне 6 кВ.....	55
2.4.4 Выбор схемы собственных нужд.....	62
3 Экономический расчет замены выключателей.....	64
3.1 Расчет для масляных выключателей.....	64
3.2 Расчет для вакуумных выключателей.....	66
3.3 Расчет капиталовложений.....	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	74

ВВЕДЕНИЕ

Энергетические объекты, а в первую очередь подстанции, введенные в эксплуатацию порядка 30 лет назад и более, необходимо реконструировать.

В данной выпускной квалификационной работе рассмотрен вопрос реконструкции подстанции «РАССВЕТ» 110/10/6 кВ. Решение этого вопроса заключается в том, чтобы после реконструкции подстанция имела наилучшие технико-экономические показатели, то есть при минимальных затратах денежных средств, оборудования и материалов она обеспечивала требуемую надежность электроснабжения и качество электроэнергии. Кроме того, при проектировании задача по электроснабжению решается комплексно, с учетом перспективы развития потребителей.

Целью данной выпускной квалификационной работы явилась установка нового оборудования, отвечающего требованиям изменившегося режима работы.

Задачи, решение вопроса о замене:

- 1) трансформаторов, поскольку они отработали свой срок эксплуатации, который составляет порядка 20 лет;
- 2) коммутационной аппаратуры;
- 3) установка распределительного устройства более современной серии
- 4) установка специально разработанной для нового распределительного устройства быстродействующей селективной световой дуговой защиты.
- 5) Экономический расчет выключателей.

Данная реконструкция подстанции позволяет повысить надежность электроснабжения и качество электроэнергии у потребителей, а так же снизить потери электроэнергии и как следствие затраты на эксплуатацию.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДСТАНЦИИ 110/10/6 КВ РАССВЕТ

1.1 Общие сведения

Подстанция РАССВЕТ расположена в Республике Хакасия, г. Черногорск, ул. Мира, 004 «В». Была введена в эксплуатацию в 1991 г. Максимальная нагрузка (за последние 3 года) по результатам замеров составила 8,12 МВт.

В таблице 1.1 приведены данные по подключению потребителей.

Таблица 1.1 – Данные по подключению потребителей

Шины	Наименование фидера	Потребитель
		Класс напряжения 6 кВ
1 секция	Ф-30-09	Резерв
	Ф-30-11	Резерв
2 секция	Ф-30-06	ТП-240
	Ф-30-08	Резерв
3 секция	Ф-30-21	Котельная
	Ф-30-17	ТП-9
	Ф-30-19	Резерв
4 секция	Ф-30-26	Котельная
	Ф-30-24	ТП-9
	Ф-30-22	Резерв
		Класс напряжения 10 кВ
1 секция	Ф-30-07	Черногорск-промстрой
	Ф-30-09	Резерв
	Ф-30-11	Резерв
	Ф-30-19	Резерв
	Ф-30-17	РТП-07 «Хирургия»
2 секция	Ф-30-04	РТП-07 «Хирургия»
	Ф-30-06	Резерв
	Ф-30-24	Резерв
	Ф-30-08	Город-3

1.2 Перечень установленного оборудования

Тип распределительного устройства: ОРУ-110кВ;

Трансформаторы силовые: 2 шт;

Трансформаторы собственных нужд: 2 шт;

Трансформаторы напряжения: 110кВ-7 шт; 10 кВ – 6 шт; 6 кВ – 12 шт;

Трансформаторы тока: 110 кВ – 24 шт; 10 кВ – 26 шт; 6 кВ – 40 шт;

Высоковольтные выключатели: 110кВ-7шт; 10 кВ – 12 шт; 6 кВ – 18 шт.

Реакторы : 10кВ-2шт; 6кВ-2 шт.

Ограничители перенапряжений: ОПН-110кВ – 8 шт; ОПН-10кВ – 12 шт;
ОПН-6кВ-18шт.

В таблице 1.2 представлен перечень установленного на ПС110/10/6 кВ «Рассвет» оборудования.

Таблица 1.2 – Перечень установленного оборудования

№ п/п	Диспетчерское наименование	Тип оборудования	Количество	Год установки
1	2	3	4	5
	Трансформаторы силовые			
1	1Т,2Т	ТДТН-40000/100-У1; 110/10/6 кВ мощность 40МВА	2	1990
	Трансформаторы собственных нужд			
1	ТСН-1,ТСН-2	ТМ-250/6-75У1; 6/0,4 кВ мощность 250 кВА	2	1990
	Трансформаторы напряжения			
	110кВ			
1	ТН-1сек.-110кВ фаза А	НКФ-110-83У1	1	1990
2	ТН-1сек.-110кВ фаза В		1	

3	ТН-1сек.-110кВ фаза С		1	
---	-----------------------	--	---	--

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5
4	ТН-2сек.-110кВ фаза А		1	
5	ТН-2сек.-110кВ фаза В		1	
6	ТН-2сек.-110кВ фаза С		1	
7	ТН-ОСШ-110кВ фаза В		1	
	10кВ			
1	Яч.№5 ТН 1 сек.-10	ЗНОЛ-10	3	1990
2	Яч.№10 ТН 2 сек.-10		3	
	6кВ			
1	Яч.№5 ТН 1 сек.-6	ЗНОЛ-06-6УЗ	3	1991
2	Яч.№10 ТН 2 сек.-6		3	
3	Яч.№23 ТН 3 сек.-6		3	
4	Яч.№20 ТН 4 сек.-6		3	
	Трансформаторы тока			
	110кВ			
1	ТТ-В-С-89	ТФЗМ-150А	3	1989
2	ТТ-В-С-314		3	
3	ТТ-В-С-316		3	
4	ТТ-В-С-339		3	
5	ТТ-ОВ-110 (ближний к В)	ТФЗМ-110Б-1У1	3	1989
6	ТТ-ОВ-110 (дальний к В)	ТФЗМ-150А-1У1	3	
7	ТТ-1Т-110	ТФЗМ-150А-1У1	3	
8	ТТ-2Т-110	ТФЗМ-150А-1У1	3	
	10кВ			
1	ТТ яч.№3 ввод 1Т	ТЛШ-10	3	2006

2	ТТ яч.№7	ТОЛ-10	2	
---	----------	--------	---	--

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5	
3	ТТ яч.№9		2	2010	
4	ТТ яч.№11		2		
5	ТТ яч.№17		3		
6	ТТ яч.№19		ТОЛ-10		2
7	ТТ яч.№2 СВ-10				2
8	ТТ яч.№4		2		
9	ТТ яч.№6		2		
10	ТТ яч.№8		2		
11	ТТ яч.№12 ввод 2Т	ТЛШ-10	2		
12	ТТ яч.№24		2		
	бкВ				
1	ТТ яч.№3	ТОЛ-6	2	1989	
2	ТТ яч.№7	ТЛШ-6	2		
3	ТТ яч.№9	ТОЛ-6	2	1990	
4	ТТ яч.№11	ТЛШ-6	2		
5	ТТ яч.№13 СВ-1-2 сек		2		
6	ТТ яч. №4 В-ТСН-2		2		
7	ТТ яч.№6:		2	2005	
8	ТТ яч.№8:	ТОЛ-6	2		
9	ТТ яч.№12 ввод 2Т 2 сек		2		
10	ТТ яч.№17:		5	2011	
11	ТТ яч.№19	ТЛШ-6	2		
12	ТТ яч.№21	ТОЛ-6	2	1989	
13	ТТ яч.№25		2		

14	ТТ яч.№18		2	
----	-----------	--	---	--

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5
15	ТТ яч.№22	ТЛШ-6	2	1989
16	ТТ яч.№24	ТОЛ-6	2	2011
17	ТТ яч.№26		2	
18	ТТ яч.№28 СВ-3-4 сек.	ТЛШ-6	2	
19	ТТ 1Т 6 кВ	ТОЛ-6	2	
20	ТТ 2Т 6 кВ		2	
	Высоковольтные выключатели			
	110кВ			
1	В-С-339	ВМТ-110Б-25/1250УХЛ1	1	1990
2	В-С-89		1	
3	ОВ-110		1	
4	В-1Т-110		1	
5	В-2Т-110		1	
6	В-С-314		1	
7	В-1Т-316		1	
	10кВ			
1	Яч.№3 ввод 1Т	ВМПЭ-10/3150	1	1990
2	Яч.№7	ВКЭ-10/630	1	
3	Яч.№9		1	
4	Яч.№11		1	
5	Яч.№17	ВВЭ-М-10/630	1	1990
6	Яч.№19	ВКЭ-М-10/630	1	
7	Яч.№2 СВ-10	ВМПЭ-10/3150	1	
8	Яч.№4	ВКЭ-10/630	1	

9	Яч.№6		1	
---	-------	--	---	--

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4	5
10	Яч.№8		1	
11	Яч.№12 ввод 2Т-10 кВ	ВМПЭ-10/3150/31,5	1	1990
12	Яч.№24	ВКЭ-М-10/630	1	
	6кВ			
1	Яч.№3	ВМПЭ-10/3150	1	1990
2	Яч.№7	ВКЭ-М-10/630	1	
3	Яч.№9		1	
4	Яч.№11		1	
5	Яч.№13 СВ-1-2сек-6 кВ		ВМПЭ-10/3150	
6	Яч.№4 В-ТСН-2	ВКЭ-М-10/630	1	
7	Яч.№6		1	
8	Яч.№8		1	
9	Яч.№12 ввода 2Т 2сек.-6кВ		ВМПЭ-10/3150	
10	Яч.№17	ВКЭ-М-10/630	1	
11	Яч.№19		1	
12	Яч.№21		1	
13	Яч.№25		ВМПЭ-10/3150	
14	Яч.№18		1	
15	Яч.№22	ВКЭ-10/630	1	
16	Яч.№24		1	
17	Яч.№26		1	
18	Яч.№28 СВ-3-4 сек-6кВ		ВМПЭ-10/3150	
	Реакторы			
1	Рр-1Т-10	РБДГ-10-2500-0,25УЗ	1	1989

2	Рр-2Т-10		1	
---	----------	--	---	--

Окончание таблицы 1.2

1	2	3	4	5
3	Рр-1Т-6	РБСДГ-10-2х2500	1	
4	Рр-2Т-6		1	
Ограничители перенапряжений				
110кВ				
1	ОПН-1Т-110	ОПН-110	3	2010
2	ОПН-2Т-110		3	
3	ОПНн-1Т-110	ОПНн-110	1	
4	ОПНн-2Т-110		1	
10кВ				
1	ОПН-1Т-10	ОПН-10	3	2010
2	ОПН-2Т-10		3	
3	ОПН-ТН-1сек.-10	ОПН-10	3	
4	ОПН-ТН-2сек.-10		3	
6кВ				
1	ОПН-1Т-6	ОПН-6	3	2011
2	ОПН-2Т-6		3	
3	ОПН-ТН-1сек.-6		3	
4	ОПН-ТН-2сек.-6		3	
5	ОПН-ТН-3сек.-6	ОПН-6	3	2011
6	ОПН-ТН-4сек.-6		3	

В таблице 1.3 приведены сводные данные по релейной защите ПС 110/10/6 кВ «Рассвет».

Таблица 1.3 – Сводные данные по релейной защите

№	Наименование защищаемого оборудования	Перечень видов установленных защит
1	2	3
1	1Т,2Т	1. Дифференциальная защита 2. МТЗ-110 3. Защита от перегрузки на стороне 110 кВ 4. Обдув на стороне 110кВ по току, температуре 5. УРОВ, газовая защита 1Т 6. ДФЗ реактора сдвоенного 7. МТЗ-6 кВ реактора 8. МТЗ секций, защита от перегруза на стороне 6 кВ, обдув на стороне 6 кВ 9. МТЗ секций шин 10 кВ, защита от дуговых замыканий, защита от перегрузки на стороне 10 кВ
2	ВЛ-110кВ по пунктам: С-89 1÷5; С-314 1÷5; С-316 1÷4; 6÷8; ОВ: 1÷4; ШСВ:3,4,9,10	1. 3-х ступенчатая направленная защита 2. 4-х ступенчатая защита от замыканий на землю 3. Токовая отсечка от замыканий на землю 4. УРОВ 5. ДФЗ-201 6. Одноступенчатая направленная дистанционная защита 7. 3-х ступенчатая токовая защита от МФКЗ 8. 2-х ступенчатая токовая защита от замыканий на землю (направленная) 9. МТЗ от МФКЗ 10. 3-х ступенчатая токовая защита от замыканий на землю- ненаправленная
3	СВ-6,10 кВ	1. МТЗ-3сторонее, АПВ 2. Дуговая защита с кониролем тока в цепи СВ-10кВ
4	СВ-0,4кВ	1. Защита от перегрузки 2. Защита от междуфазных КЗ
5	Шины 110 кВ	ДШЗ-110

В таблице 1.4 приведены сводные данные по вводам 110 кВ и выше трансформаторов.

Таблица 1.4 – Сводные данные по вводам 110 кВ и выше трансформаторов

№	Наименование аппарата	Фаза	Тип ввода
1	2	3	4
1	Т1,Т2	Нейтраль	ИПТ-35/1000Б.01
		А	ГТТБ-60-110/800-У1
		В	
		С	
2	Проходные изоляторы	а,в,с	ИП-10/6300-42,5УХЛ, 6 кВ, 3 шт
		а,в,с	ИП-20/3150-12,5УХЛ, 10 кВ,3 шт

В таблице 1.5 приведены сводные данные по изоляции.

Таблица 1.5 – Сводные данные по изоляции

№	Тип изоляторов	Напряжение	Количество в гирлянде	Место установки
1	2	3	4	5
Подвесная изоляция				
1		10	30	Шинный мост 10 кВ 1Т
2		10	30	Шинный мост 10 кВ 2Т
3	ПС-70Д	110	24	1СШ-110
4			24	2СШ-110
5			24	ОСШ-110
6			18	Шинный мост 110кВ 2Т
7			18	Шинный мост 110кВ 1Т
8			18	С-349
9			6	С-89
10			6	С-314
11			6	С-316
Опорная изоляция				
1	ИОС-35-1000	10	9	Шинный мост 1Т
2		10	9	Шинный мост 2Т
3		6	45	Шинный мост 1Т
4		6	45	Шинный мост 2Т

1.3 Анализ работы подстанции «РАССВЕТ»

1.3.1 Надежность работы подстанции

Подстанция «РАССВЕТ» осуществляет электроснабжение потребителей I, II и III категории.

Первая категория – потребители, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный экономический ущерб, повреждение дорогостоящего оборудования, расстройство сложного технологического процесса, массовый брак продукции.

Вторая категория – потребители, перерыв электроснабжения которых приводит к массовым недоотпускам продукции, массовым простоям рабочих, механизмов. Допустимый интервал продолжительности нарушения электроснабжения для потребителей второй категории не более 30 минут.

Третья категория – все остальные потребители, не подходящие под определение первой и второй категорий. Допустимый интервал продолжительности нарушения электроснабжения для потребителей третьей категории до суток.

В связи с этим при выборе типа и числа трансформаторов необходимо учитывать надежность электроснабжения и возможность резервирования. Надежность электроснабжения обеспечивается за счет установки на подстанции двух трансформаторов. Следует добиваться как экономически целесообразного режима работы, так и соответствующего резервирования питания приемников при отключении одного из трансформаторов, причем нагрузка трансформатора в нормальных условиях не должна (по нагреву) вызывать естественного сокращения срока его службы. Поэтому на подстанции «РАССВЕТ» применена, схема двух трансформаторной подстанции. Установлены два трансформатора ТДТН 40000/110/10/6 с РПН типа РС-4. Этот трансформатор имеет регулирование

напряжения в нейтрали ± 9 ступеней $\times 1,778$ обмотки ВН. Такое решение отвечает требованиям по надежности электроснабжения.

Каждый из двух трансформаторов питает свои секции шин 6 и 10 кВ с одним выключателем на цепь. Шины соединены секционным выключателем. Эта схема выбрана из-за того, что к шинам присоединено большое количество приемников, а также учитывается необходимость 100% резервирования. Обе системы шин находятся в работе при соответствующем фиксированном распределении всех присоединений. В нормальном режиме работы секционный выключатель отключен и каждый трансформатор питает свою секцию шин. При выходе из строя одного из трансформаторов, он отключается, срабатывает секционный выключатель и питание всех потребителей производится через второй трансформатор. Такое распределение присоединений увеличивает надежность схемы. Однако эта схема имеет свои недостатки. Так повреждение шиносоединительного выключателя равноценно короткому замыканию на обеих системах шин, то есть приводит к отключению всех присоединений.

Таким образом, можно сделать вывод, что существующая схема подстанции «РАССВЕТ» обладает достаточной надежностью.

1.3.2 Загруженность подстанции

Для анализа загруженности подстанции построим суточные графики по полученным замерам мощности и определим коэффициент загрузки трансформаторов отталкиваясь от замеров, произведенных 21.12.2017г.

В таблице 1.6 приведены данные замеров зимнего максимума нагрузок на 1Т-10 кВ.

Таблица 1.6– Данные замеров зимнего максимума нагрузок на 1Т-10кВ

Сутки, время	пс "Рассвет"	1Т-10 кВ	P, МВт	Q, Мвар	S, МВА
1	2	3	4	5	6

	(21/12/2017 00:01:42)	(21/12/2017 00:01:42)			
1	684,631	132,423	1,11	0,17	1,12
2	684,649	132,426	1,17	0,17	1,18
3	684,669	132,429	1,32	0,19	1,33
4	684,691	132,432	1,52	0,21	1,53

Окончание таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6
5	684,716	132,435	1,5	0,22	1,52
6	684,741	132,439	1,6	0,22	1,62
7	684,768	132,443	1,64	0,22	1,65
8	684,795	132,446	1,58	0,22	1,60
9	684,822	132,45	1,49	0,2	1,50
10	684,846	132,453	1,48	0,2	1,49
11	684,871	132,457	1,43	0,2	1,44
12	684,895	132,46	1,43	0,19	1,44
13	684,919	132,463	1,55	0,2	1,56
14	684,945	132,467	1,63	0,21	1,64
15	684,972	132,47	1,63	0,22	1,64
16	684,999	132,474	1,6	0,22	1,62
17	685,026	132,477	1,53	0,21	1,54
18	685,051	132,481	1,5	0,2	1,51
19	685,076	132,484	1,39	0,2	1,40
20	685,099	132,488	1,34	0,2	1,35
21	685,122	132,491	1,24	0,18	1,25
22	685,142	132,494	1,18	0,19	1,20
23	685,162	132,497	1,14	0,17	1,15
24	685,181	132,5	1,13	0,17	1,14

Максимальное значение потребляемой мощности по результатам замеров следующее $P_{\max} = 1,64$ МВт.

На рисунке 1.1 представлен суточный график потребления активной мощности на 1Т-10кВ.

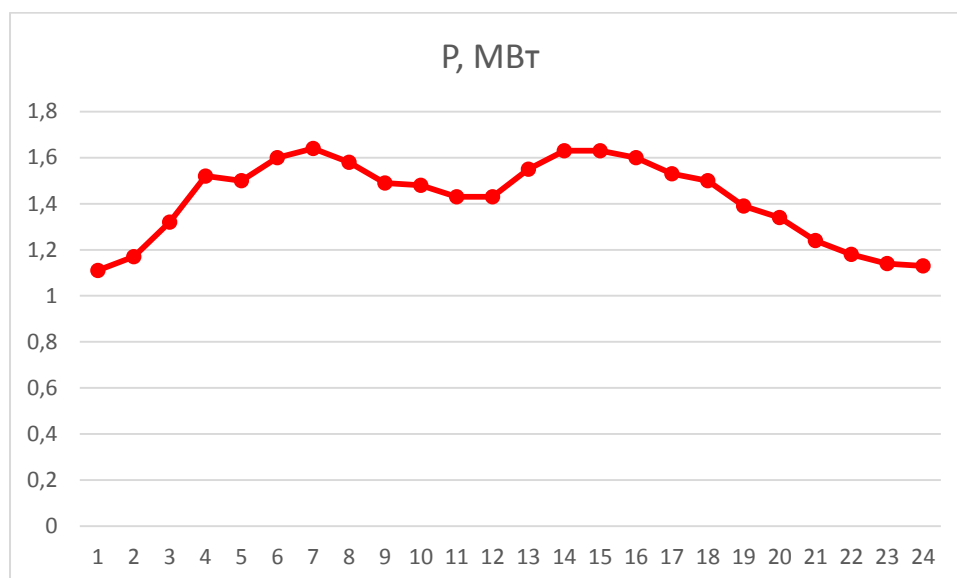


Рисунок 1.1 – Суточный график потребления активной мощности на 1Т-10кВ

В таблице 1.7 представлены данные замеров зимнего максимума нагрузок на 2Т-10 кВ.

Таблица 1.7 – Данные замеров зимнего максимума нагрузок на В 2Т-10кВ

Сутки, час	пс "Рассвет"	2Т-10 кВ	P, МВт	Q, Мвар	S, МВА
1	2	3	4	5	6
	(21/12/2017 00:01:26)	(21/12/2017 00:01:26)			
1	2087,497	624,640	2,24	0,7	2,35
2	2087,534	624,652	2,39	0,68	2,48
3	2087,574	624,663	3,01	0,77	3,11
4	2087,624	624,676	3,4	0,81	3,50
5	2087,681	624,689	3,18	0,74	3,26
6	2087,734	624,702	3,11	0,71	3,19
7	2087,786	624,713	3,12	0,71	3,20
8	2087,838	624,725	3,16	0,73	3,24
9	2087,891	624,738	3,14	0,7	3,22
10	2087,943	624,749	3,04	0,71	3,12
11	2087,994	624,761	3,03	0,72	3,11
12	2088,044	624,773	3,07	0,71	3,15
13	2088,095	624,785	3,32	0,76	3,41
14	2088,151	624,798	3,88	0,94	3,99
15	2088,215	624,813	4,05	0,93	4,16
16	2088,283	624,829	3,95	0,83	4,04
17	2088,349	624,843	3,85	0,82	3,94
18	2088,413	624,856	3,75	0,81	3,84

19	2088,475	624,87	3,37	0,78	3,46
20	2088,531	624,883	3,07	0,75	3,16
21	2088,583	624,895	2,63	0,71	2,72
22	2088,626	624,907	2,47	0,76	2,58
23	2088,667	624,92	2,48	0,82	2,61
24	2088,709	624,933	2,48	0,8	2,61

Максимальное значение потребляемой мощности по результатам замеров следующие $P_{\max} = 4,05$ МВт.

На рисунке 1.2 представлен суточный график потребления активной мощности на 2Т-10кВ.

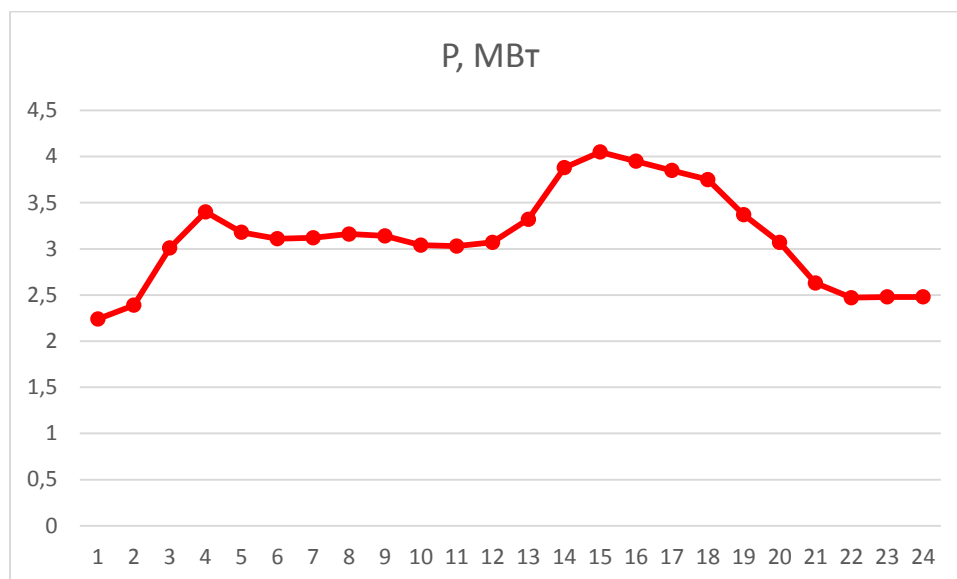


Рисунок 1.2 – Суточный график потребления активной мощности на 2Т-10кВ

В таблице 1.8 приведены данные замеров зимнего максимума нагрузок на 1Т-6 кВ.

Таблица 1.8 – Данные замеров зимнего максимума нагрузок на 1Т-6кВ

Сутки, час	пс "Рассвет"	1Т -6кВ	P, МВт	Q, Мвар	S, МВА
1	2	3	4	5	6
	(21/12/2017 00:02:57)	(21/12/2017 00:02:57)			
1	940.845	644.736	1,1	0,77	1,34

2	940,876	644,757	1,11	0,77	1,35
3	940,906	644,779	1,11	0,77	1,35
4	940,937	644,8	1,1	0,76	1,34
5	940,968	644,821	1,1	0,76	1,34
6	940,998	644,842	1,11	0,77	1,35
7	941,029	644,864	1,11	0,76	1,35
8	941,06	644,885	1,11	0,76	1,35
9	941,09	644,906	1,1	0,76	1,34
10	941,121	644,927	1,1	0,76	1,34
11	941,152	644,948	1,11	0,77	1,35
12	941,182	644,97	1,09	0,75	1,32
13	941,213	644,99	1,09	0,75	1,32
14	941,243	645,011	1,11	0,77	1,35
15	941,274	645,033	1,11	0,76	1,35

Окончание таблицы 1.8

1	2	3	4	5	6
16	941,305	645,054	1,1	0,76	1,34
17	941,335	645,075	1,11	0,76	1,35
18	941,366	645,096	1,1	0,76	1,34
19	941,396	645,117	1,11	0,77	1,35
20	941,427	645,138	1,09	0,76	1,33
21	941,457	645,16	1,1	0,77	1,34
22	941,488	645,181	1,09	0,78	1,34
23	941,518	645,203	1,1	0,77	1,34
24	941,549	645,224	1,1	0,77	1,34

Максимальное значение потребляемой мощности по результатам замеров следующее $P_{\max} = 1,1$ МВт.

На рисунке 1.3 представлен суточный график потребления активной мощности на 1Т-6кВ.

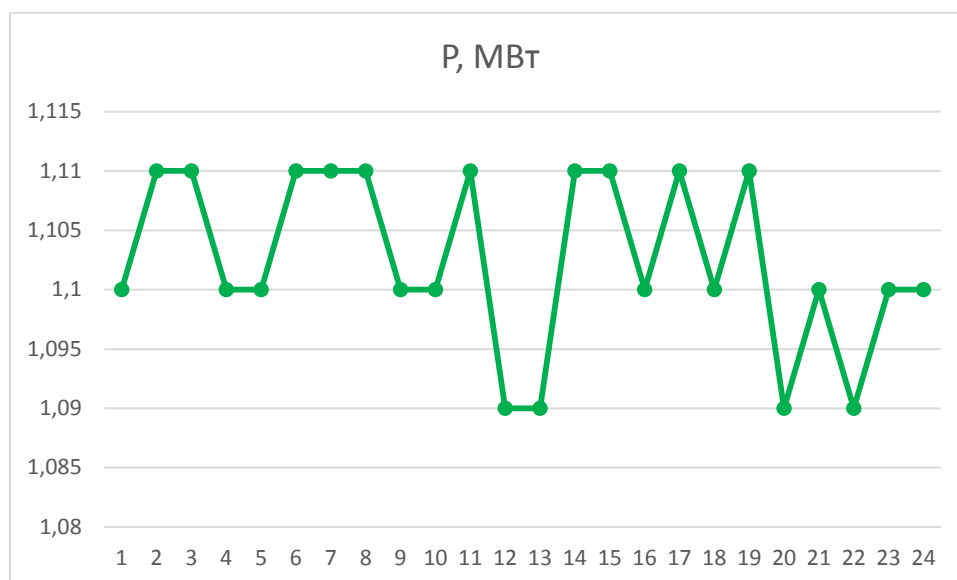


Рисунок 1.3 – Суточный график потребления активной мощности на 1Т-6кВ

В таблице 1.9 приведены данные замеров зимнего максимума нагрузок на 2Т-6 кВ.

Таблица 1.9 – Данные замеров зимнего максимума нагрузок на 2Т-6кВ

Сутки, час	пс "Рассвет"	2Т -6кВ	P, MWт	Q, Mвар	S, MВА
1	2	3	4	5	6
	(21/12/2017 00:02:57)	(21/12/2017 00:02:57)			
1	1099,850	775,489	1,26	1,04	1,63
2	1099,885	775,518	1,26	1,03	1,63
3	1099,92	775,546	1,26	1,03	1,63
4	1099,955	775,575	1,27	1,02	1,63
5	1099,99	775,603	1,26	1,02	1,62
6	1100,025	775,632	1,32	1,15	1,75
7	1100,062	775,664	1,31	1,11	1,72
8	1100,098	775,695	1,26	1,02	1,62
9	1100,133	775,723	1,25	1,02	1,61
10	1100,168	775,751	1,25	1,02	1,61
11	1100,203	775,78	1,25	1,02	1,61
12	1100,237	775,808	1,25	1,03	1,62
13	1100,272	775,837	1,27	1,04	1,64
14	1100,307	775,866	1,31	1,15	1,74

15	1100,343	775,898	1,27	1,04	1,64
16	1100,379	775,927	1,25	1	1,60
17	1100,413	775,954	1,25	1,02	1,61
18	1100,448	775,983	1,25	1,01	1,61
19	1100,483	776,011	1,25	1,02	1,61
20	1100,518	776,039	1,24	1,02	1,61
21	1100,552	776,067	1,24	1,04	1,62
22	1100,587	776,096	1,29	1,17	1,74
23	1100,623	776,128	1,26	1,09	1,67
24	1100,658	776,159	1,23	1,02	1,60

Максимальное значение потребляемой мощности по результатам замеров следующее $P_{\max} = 1,32$ МВт.

На рисунке 1.4 представлен суточный график потребления активной мощности на 2Т-6кВ.

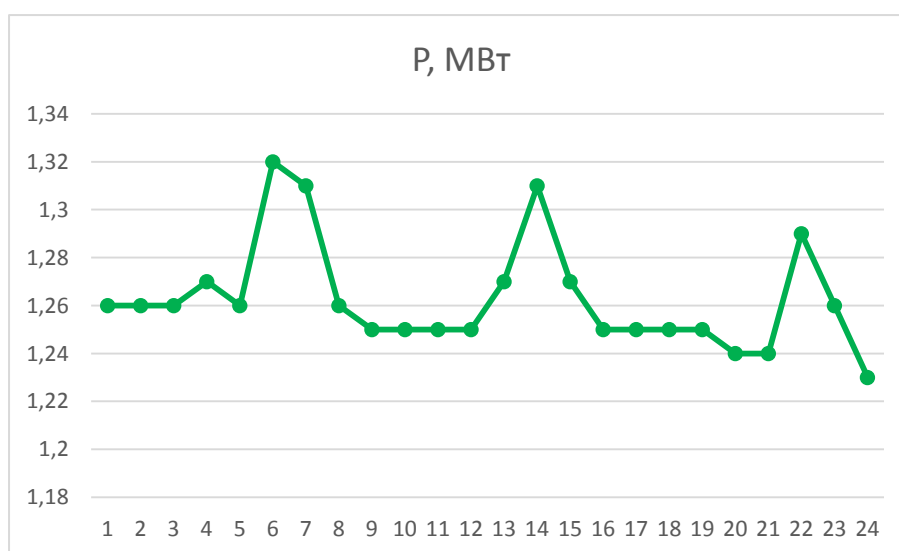


Рисунок 1.4 – Суточный график потребления активной мощности на 2Т-6кВ

В таблице 1.10 приведены суммарные данные замеров зимнего максимума нагрузок на 1Т-10кВ и 1Т-6 кВ.

Таблица 1.10 – Суммарные данные замеров зимнего максимума нагрузок на 1Т

Сутки, час	P, МВт	Q, Мвар	S, МВА
---------------	-----------	------------	-----------

1	2	3	4
1	2,21	0,94	2,47
2	2,28	0,94	2,53
3	2,43	0,96	2,68
4	2,62	0,97	2,87
5	2,6	0,98	2,85
6	2,71	0,99	2,97
7	2,75	0,98	3,00
8	2,69	0,98	2,94
9	2,59	0,96	2,84
10	2,58	0,96	2,83
11	2,54	0,97	2,79
12	2,52	0,94	2,77
13	2,64	0,95	2,89
14	2,74	0,98	2,99
15	2,74	0,98	2,99

Окончание таблицы 1.10

1	2	3	4
16	2,7	0,98	2,95
17	2,64	0,97	2,89
18	2,6	0,96	2,85
19	2,5	0,97	2,76
20	2,43	0,96	2,68
21	2,34	0,95	2,60
22	2,27	0,97	2,54
23	2,24	0,94	2,50
24	2,23	0,94	2,49

Максимальное суммарное значение потребляемой мощности по результатам замеров следующее $S_{\max} = 3,0$ МВА

Максимальный коэффициент загрузки трансформатора 1Т составляет

$$k_{31} = \frac{S_{\max}}{S_{\text{НОМ}}} \cdot 100\% \quad (2.1)$$

$$k_{31} = \frac{3,0}{40} \cdot 100\% = 7,5\%$$

На рисунке 1.5 представлен суточный график потребления суммарной активной мощности на 1Т.

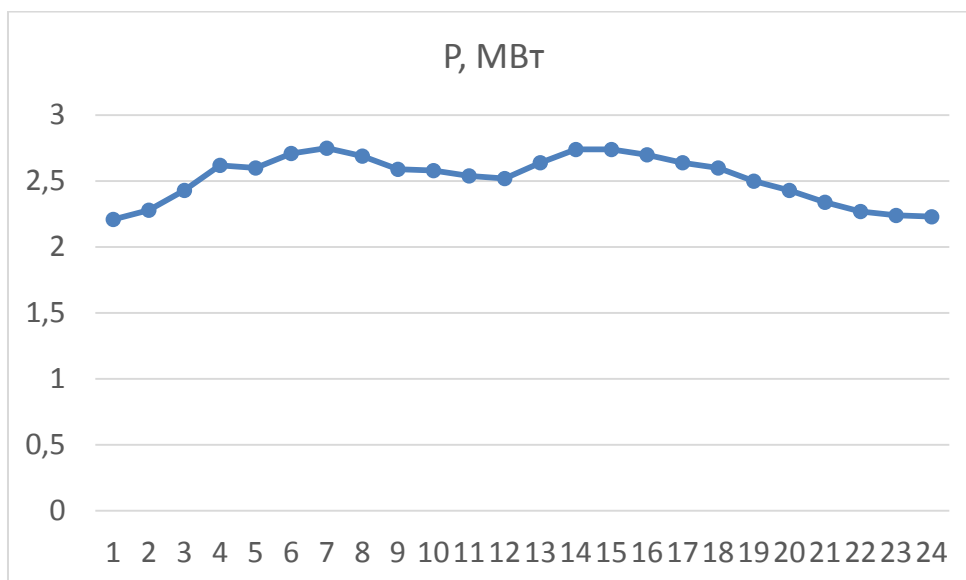


Рисунок 1.5 – Суточный график потребления суммарной активной мощности на 1Т

Суммарный график мощности принял вид графика активной мощности на 1Т-10 кВ, поскольку нагрузка на 1Т-10 кВ выше чем на 1Т-6 кВ.

В таблице 1.11 приведены суммарные данные замеров зимнего максимума нагрузок на 2Т

Таблица 1.11 – Суммарные данные замеров зимнего максимума нагрузок на 2Т

Сутки, час	P, МВт	Q, Мвар	S, МВА
1	2	3	4
1	3,5	1,74	3,98
2	3,65	1,71	4,11
3	4,27	1,8	4,73
4	4,67	1,83	5,12
5	4,44	1,76	4,89
6	4,43	1,86	4,94
7	4,43	1,82	4,92
8	4,42	1,75	4,86
9	4,39	1,72	4,83
10	4,29	1,73	4,74
11	4,28	1,74	4,73

12	4,32	1,74	4,77
13	4,59	1,8	5,05
14	5,19	2,09	5,74
15	5,32	1,97	5,80
16	5,2	1,83	5,64
17	5,1	1,84	5,55
18	5	1,82	5,44
19	4,62	1,8	5,07
20	4,31	1,77	4,77
21	3,87	1,75	4,34
22	3,76	1,93	4,33
23	3,74	1,91	4,28
24	3,71	1,82	4,20

Максимальное суммарное значение потребляемой мощности по результатам замеров следующее $S_{\max}=5,8$ МВА

Максимальный коэффициент загрузки трансформатора 2Т по формуле 2.1 составляет:

$$k_{32} = \frac{5,8}{40} \cdot 100\% = 14,5\%$$

На рисунке 1.6 представлен суточный график потребления суммарной активной мощности на 2Т

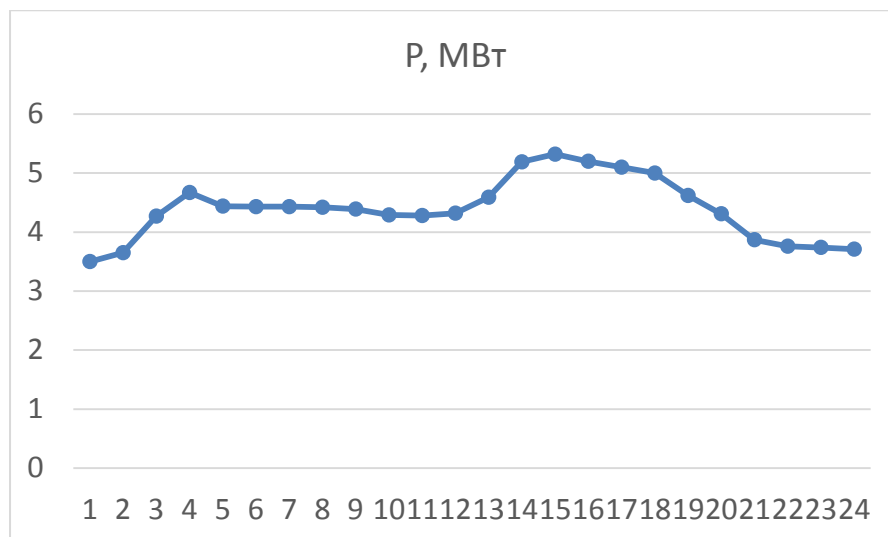


Рисунок 1.6 – Суточный график потребления суммарной

активной мощности на 2Т

Так как трансформаторы загружены не равномерно 1Т – 7,5%, 2Т-14,5% принимаем решение об их замене на менее мощные.

1.3.3 Объемы реконструкции подстанции

Практически 60% оборудования подстанции отработало свой срок эксплуатации, затраты на ремонт и обслуживание повысились, поэтому целесообразно выполнить реконструкцию подстанции «РАССВЕТ» 110/10/6 кВ путем замены оборудования на современное и ныне выпускаемое, отвечающее требованиям изменившегося режима работы.

Необходимо выполнить замену аппаратуры релейной защиты и автоматики; установку распределительного устройства на напряжение 6 кВ и 10 кВ более современной серии и специально разработанной для него быстродействующей селективной световой дуговой защиты, а также произвести замену морально и физически устаревших масляных выключателей на вакуумные, замену трансформаторов на трансформаторы меньшей мощности, поскольку, на сегодняшний день, трансформаторы недогружены.

2 Реконструкция ПС 110/10/6 КВ «РАССВЕТ»

Определив суммарную мощность всех потребителей п 1.3.2 работы, определим расчетную мощность главных понижающих трансформаторов и выберем их тип, а также определим полную мощность подстанции. Расчетная мощность главных понижающих трансформаторов для различных типов подстанций определяется нагрузкой их вторичных обмоток.

2.1 Расчет нагрузок на шинах ПС

Данные для расчетов приняты из аналитической части выпускной квалификационной работы раздел 1, таблицы 1.6-1.11.

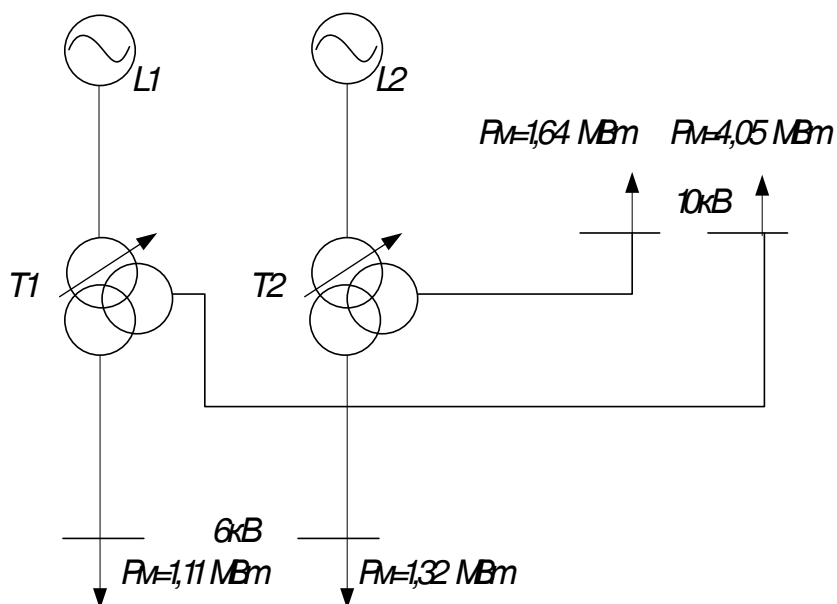


Рисунок 2.1 – Структурная схема ПС

Расчет выполним для 1Т и 2Т раздельный.

Нагрузка силовых трансформаторов ПС была определена в раздел 1.32 трансформаторы загружены неодинаково, поэтому выбор новых трансформаторов проведем по полной загрузке ПС в режиме максимальной мощности:

$$S_{\max} = 3,0 + 5,8 = 8,8 \text{ МВА}$$

тогда,

$$S_{\text{тр}} \geq 0,7 \cdot 8,8 \text{ МВА}$$

$$S_{\text{тр}} \geq 6,16 \text{ МВА}$$

Выбираем трансформаторы ТДТН-10000/110/10/6, из таблицы П2.6 [13] – трехфазные; с системой охлаждения дутье; трех обмоточные с устройством РПН.

Таблица 2.1 – Параметры трансформатора

Тип	$S_{\text{НОМ}}$, МВА	U , кВ	$P_{\text{к}}$, кВт	$P_{\text{хх}}$, кВт	$U_{\text{к}}$, %	$I_{\text{хх}}$, %
-----	------------------------	----------	----------------------	-----------------------	--------------------	---------------------

		ВН	СН	НН			ВН	СН	НН	
ТДТН-10000/110	10	115	11	6,6	76	17	10,5	17,5	6,5	1,0

2.2 Расчет потерь электроэнергии в трансформаторах

Годовые потери электроэнергии в выбранных трансформаторах ТДТН-10000/110 определяем по формуле 2.11:

$$\begin{aligned} \Delta W_T^{1B} = & \Delta P_{XX} \cdot n \cdot T_{\text{вкл}} + \Delta P_K^B \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{S_M^B}{S_{\text{НОМТ}}} \right)^2 \cdot \tau_B + \\ & + \Delta P_K^C \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{S_M^C}{S_{\text{НОМТ}}} \right)^2 \cdot \tau_C + \Delta P_K^H \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{S_M^H}{S_{\text{НОМТ}}} \right)^2 \cdot \tau_H \end{aligned} \quad (2.1)$$

где ΔP_{XX} - потери холостого хода;

$\Delta P_K^B, \Delta P_K^C, \Delta P_K^H$ - - потери короткого замыкания;

$$\Delta P_K^B = \Delta P_K^C = \Delta P_K^H = 0,5 \cdot 76 = 38 \text{ кВт}$$

$S_{\text{НОМТ}}$ - номинальная мощность трансформатора.

Примем значения: $\tau_B = 3650$; $\tau_C = 4075$ $\tau_H = 3410$

$$\begin{aligned} \Delta W_T^{1B} = & 17 \cdot 8760 \cdot 2 + 38 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{3,0 + 5,8}{10} \right)^2 \cdot 3650 + 38 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1,65 + 4,16}{10} \right)^2 \cdot 4075 \\ & + 38 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1,35 + 1,75}{10} \right)^2 \cdot 3410 = 382875 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \end{aligned}$$

Для сравнения определим годовые потери электроэнергии в действующих трансформаторах ТДТН-40000/110 по формуле 2.11:

$$\Delta W_T^{1B/} = 39 \cdot 8760 + 100 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{3,0 + 5,8}{40} \right)^2 \cdot 3650 + 100 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1,65 + 4,16}{40} \right)^2 \cdot 4075$$

$$+100 \cdot \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{1,35 + 1,75}{40} \right)^2 \cdot 3410 = 395796 \text{кВ}$$

В результате сравнения потерь в действующих трансформаторах ТДТН-40000 и в выбранных ТДТН-10000, можно сделать вывод, что потери в ТДТН-10000 существенно ниже.

2.3 Расчет рабочих токов и токов короткого замыкания

Найдем рабочий ток по формуле (2.1):

$$I_p = \frac{S_T \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{ВН}} \quad (2.2)$$

где S_T – расчетная мощность трансформаторов, МВА;

$U_{ВН}$ – напряжение сети, кВ.

$$I_{p1T} = \frac{3,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 16 \text{ А}$$

$$I_{p2T} = \frac{5,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 110} = 30 \text{ А}$$

Максимальный рабочий ток:

$$I_{\text{раб.макс}} = 2 \cdot I_p \quad (2.3)$$

$$I_{\text{раб.макс1}} = 2 \cdot 16 = 32 \text{ А}$$

$$I_{\text{раб.макс2}} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ A}$$

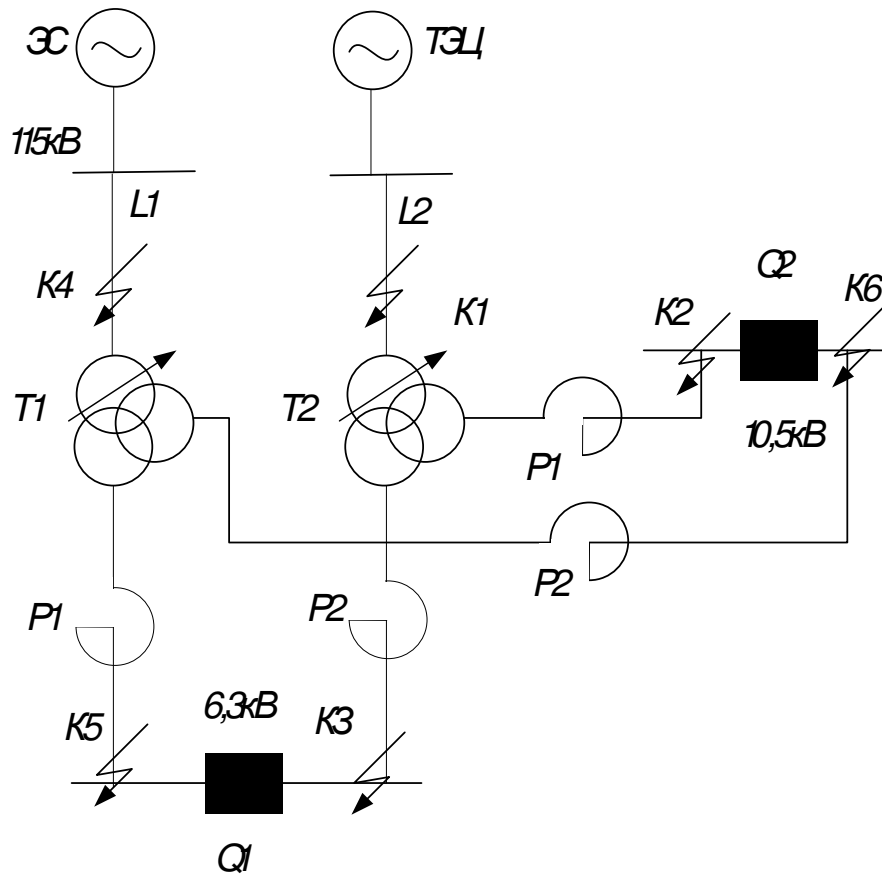


Рисунок 2.2 – Структурная схема ПС

$$S_{\text{КЗ}}^{\text{С}} = 6000 \text{ МВА};$$

Длина линии С-89 от Абакан-районной: $L1 = 18,97 \text{ км}$

Длина линии С-314 от Абаканской ТЭЦ: $L2 = 14,42 \text{ км}$

$$S_{\text{T}} = 10 \text{ МВА}$$

$$u_{\text{КВ-С}} = 10,5\%; \quad u_{\text{КВ-Н}} = 17,5\%; \quad u_{\text{КС-Н}} = 6,5\%;$$

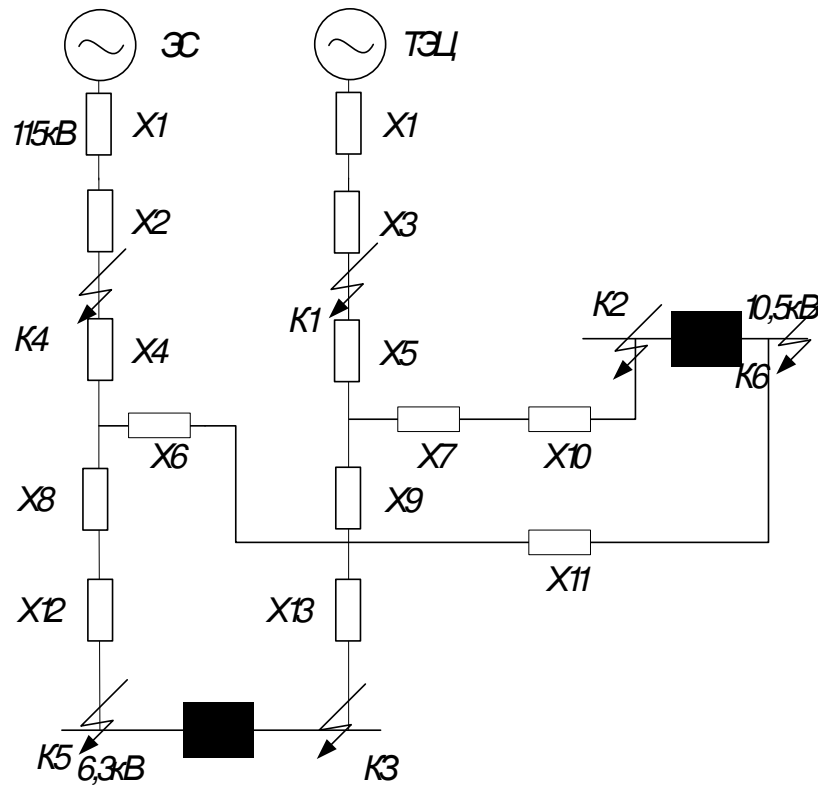


Рисунок 2.3 – Расчетная схема ПС

Выбраны базисные величины:

$S_B = 10000$ МВА – базисная мощность

$U_{B1} = 115$ кВ; $U_{B2} = 10,5$ кВ; $U_{B3} = 6,3$ кВ – базисные напряжения ступеней

Базисные токи ступеней КЗ

$$I_{B1} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B1}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 115} = 50,2 \text{ кА};$$

$$I_{B2} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B2}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 10,5} = 550 \text{ кА};$$

$$I_{B3} = \frac{S_B}{\sqrt{3} \cdot U_{B3}} = \frac{10000}{\sqrt{3} \cdot 6,3} = 91,6 \text{ кА};$$

Сопротивления в схеме замещения в относительных единицах:

Энергосистема:

$$X_1 = \frac{S_B}{S_{K3}} = \frac{10000}{6000} = 1,67$$

Линия:

$$X_2 = l \cdot x_0 \cdot \frac{S_B}{U_{cp}^2} = 18,97 \cdot 0,4 \cdot \frac{10000}{115^2} = 5,7$$

$$X_3 = l \cdot x_0 \cdot \frac{S_B}{U_{cp}^2} = 14,42 \cdot 0,4 \cdot \frac{10000}{115^2} = 4,4$$

Трансформатор:

$$X_{ТВ} \% = 0,5 \cdot (u_{KB-C} \% + u_{KB-H} \% - u_{KC-H} \%) = 0,5 \cdot (10,5 + 17,5 - 6,5) \\ = 10,75\%$$

$$X_{ТС} \% = 0,5 \cdot (u_{KB-C} \% + u_{KC-H} \% - u_{KB-H} \%) = 0,5 \cdot (10,5 + 6,5 - 17,5) = -0,5\% \\ = 0$$

$$X_{ТН} \% = 0,5 \cdot (u_{KB-H} \% + u_{KC-H} \% - u_{KB-C} \%) = 0,5 \cdot (17,5 + 6,5 - 10,5) = 6,75\%$$

$$X_4 = X_5 = \frac{X_{ТВ} \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}} = \frac{10,75}{100} \cdot \frac{10000}{10} = 107,5 \text{ о. е.}$$

$$X_8 = X_9 = \frac{X_{ТН} \%}{100} \cdot \frac{S_B}{S_{НОМ}} = \frac{6,75}{100} \cdot \frac{10000}{10} = 67,5 \text{ о. е.}$$

Реакторы:

$$X_{10} = X_{11}$$

$$X_{12} = X_{13}$$

Номинальные параметры реактора уже заданы в обозначении самого реактора.

РБДГ -10-2500-0,25

- 10 – номинальное напряжение 10 кВ;
- 2500 – номинальный ток 2500 А;
- 0,25 – индуктивное сопротивление при частоте 50 Гц равно 0,25 Ом.

$$X_{НОМ} = \frac{U_{НОМ}}{I_{НОМ}} = \frac{10000}{2500} = 4 \text{ Ом}$$

$$X_{\text{о.е.}} = \frac{X}{X_{НОМ}} = \frac{0,25}{4} = 0,0625 \text{ о. е.}$$

В результате перевода в относительные единицы получаем:

$$X_{10} = 0,0625 \text{ о. е.}$$

Преобразуем исходную схему: т.к. Q_1 и Q_2 отключены, то $X_2, X_4, X_6, X_8, X_{11}, X_{12}$ - не учитываются

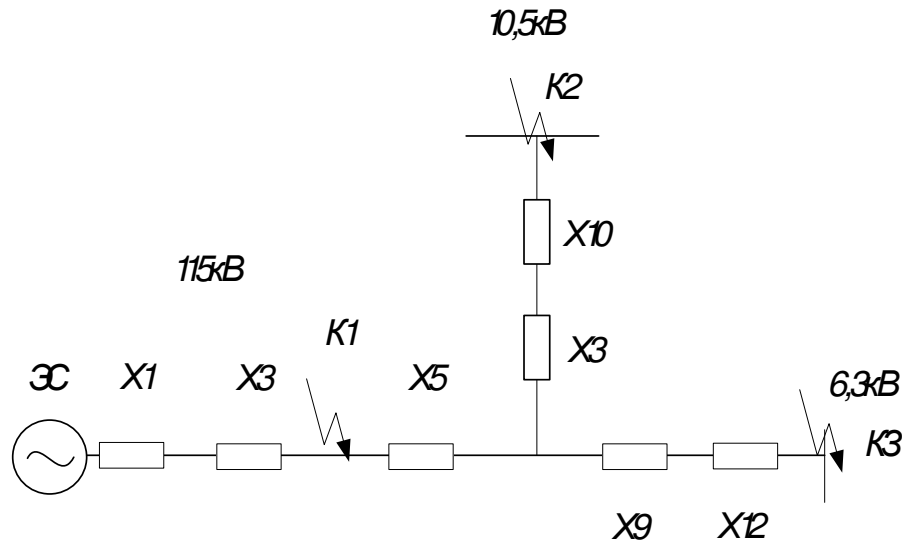


Рисунок 2.4 – Упрощенная схема замещения

Преобразовали схему замещения относительно точки K1:

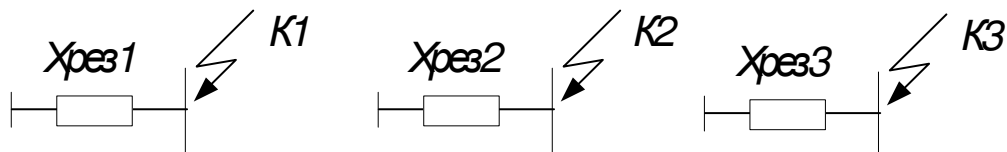


Рисунок 2.5 – Преобразование схемы для различных точек

$$X_{рез1} = X_1 + X_3 = 1,67 + 4,4 = 6,07$$

Преобразовали схему замещения относительно K2:

$$X_{рез2} = X_1 + X_3 + X_5 + X_7 + X_{10} = 1,67 + 4,4 + 107,5 + 0 + 0,0625 = 113,6$$

Преобразовали схему замещения относительно K3:

$$X_{рез3} = X_{рез1} + X_5 + X_9 + X_{13} = 6,07 + 107,5 + 67,5 + 0,0625 = 181,1$$

Преобразовали схему замещения относительно точки К4:

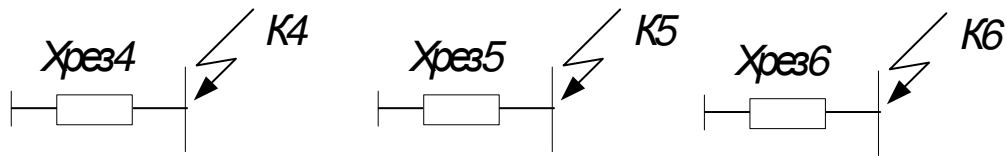


Рисунок 2.6 – Преобразование схемы для различных точек

$$X_{рез4} = X_1 + X_2 = 1,67 + 5,7 = 7,37$$

Преобразовали схему замещения относительно К6:

$$X_{рез6} = X_1 + X_2 + X_4 + X_6 + X_{11} = 1,67 + 5,7 + 107,5 + 0 + 0,0625 = 114,9$$

Преобразовали схему замещения относительно К5:

$$X_{рез5} = X_{рез1} + X_4 + X_8 + X_{12} = 7,37 + 107,5 + 67,5 + 0,0625 = 182,4$$

Токи короткого замыкания

Начальная периодическая составляющая тока К3:

Преобразовали схему замещения относительно К2:

$$K1 \quad I_{по} = \frac{E_C^{II}}{X_{рез}} \cdot I_{Б1} = \frac{1 \cdot 50,2}{6,07} = 8,3 \text{ кА}$$

$$K2 \quad I_{по} = \frac{E_C^{II}}{X_{рез}} \cdot I_{Б2} = \frac{1 \cdot 550}{113,6} = 4,8 \text{ кА}$$

$$\text{К3} \quad I_{\text{ПО}} = \frac{E_C^{II}}{X_{\text{рез3}}} \cdot I_{\text{Б3}} = \frac{1 \cdot 91,6}{181,1} = 0,5 \text{кА}$$

$$\text{К4} \quad I_{\text{ПО}} = \frac{E_C^{II}}{X_{\text{рез4}}} \cdot I_{\text{Б1}} = \frac{1 \cdot 50,2}{7,37} = 6,8 \text{кА}$$

$$\text{К5} \quad I_{\text{ПО}} = \frac{E_C^{II}}{X_{\text{рез5}}} \cdot I_{\text{Б2}} = \frac{1 \cdot 91,6}{182,4} = 0,5 \text{кА}$$

$$\text{К6} \quad I_{\text{ПО}} = \frac{E_C^{II}}{X_{\text{рез6}}} \cdot I_{\text{Б3}} = \frac{1 \cdot 550}{114,9} = 4,8 \text{кА}$$

где $E_C^{II} = 1 - \text{ЭДС}$ источника в о.е.

Мгновенное амплитудное значение ударного тока КЗ:

$$i_y = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ПО}} \cdot K_y$$

где K_y – ударный коэффициент, определенный по таблице 3.8 [11]

$$\text{К1} \quad i_y = \sqrt{2} \cdot 8,3 \cdot 1,608 = 18,9 \text{кА}$$

$$\text{К2} \quad i_y = \sqrt{2} \cdot 4,8 \cdot 1,82 = 12,4 \text{кА}$$

$$\text{К3} \quad i_y = \sqrt{2} \cdot 0,5 \cdot 1,82 = 1,3 \text{кА}$$

$$\text{К4} \quad i_y = \sqrt{2} \cdot 6,8 \cdot 1,608 = 15,5 \text{кА}$$

$$\text{К5} \quad i_y = \sqrt{2} \cdot 4,8 \cdot 1,82 = 12,4 \text{кА}$$

$$K6 \quad i_y = \sqrt{2} \cdot 0,5 \cdot 1,82 = 1,3 \text{ кА}$$

Действующее значение ударного тока КЗ:

$$I_y = I_{\text{ПО}} \cdot \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2}$$

$$K1 \quad I_y = 8,3 \cdot \sqrt{1 + 2(1,608 - 1)^2} = 10,9 \text{ кА}$$

$$K2 \quad I_y = 4,8 \cdot \sqrt{1 + 2(1,82 - 1)^2} = 7,4 \text{ кА}$$

$$K3 \quad I_y = 0,5 \cdot \sqrt{1 + 2(1,82 - 1)^2} = 0,8 \text{ кА}$$

$$K4 \quad I_y = 6,8 \cdot \sqrt{1 + 2(1,608 - 1)^2} = 9,0 \text{ кА}$$

$$K5 \quad I_y = 0,5 \cdot \sqrt{1 + 2(1,82 - 1)^2} = 0,8 \text{ кА}$$

$$K6 \quad I_y = 4,8 \cdot \sqrt{1 + 2(1,82 - 1)^2} = 7,4 \text{ кА}$$

Для любого момента времени переходного процесса значение токов КЗ:

$$K1 \quad i_{\alpha\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ПО}} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 8,3 \cdot 0,44 = 5,2 \text{ кА}$$

где $T_a = 0,03$ по таблице 3.8 [11]

$$\tau = t_{\text{св}} + 0,01 = 0,035 + 0,01 = 0,045 \text{ с}$$

$$e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 0,44$$

$$K2 \quad i_{\alpha\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ПО}} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 4,8 \cdot 0,38 = 2,6 \text{ кА}$$

где $T_a = 0,05$ по таблице 3.8 [11]

$$e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 0,38$$

$$K3 \quad i_{\alpha\tau} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{ПО}} \cdot e^{\frac{-\tau}{T_a}} = \sqrt{2} \cdot 0,5 \cdot 0,45 = 0,3 \text{ кА}$$

где $T_a = 0,03$ по таблице 3.8 [11]

$$e^{\frac{-\tau}{T_a}} = 0,45$$

Полный импульс квадратичного тока КЗ:

$$B_k = I_{\text{ПО}}^2 \cdot (t_{\text{отк}} + T_a) \text{ кА}^2\text{с}$$

где $t_{\text{отк}} = t_{\text{рз}} + t_{\text{св}}$

Таблица 2.2 – Сводная таблица токов КЗ

	$U_{\text{ср}}$	$I_{\text{ПО}}$	$I_{\text{Б}}$	$I_{\text{у}}$	$I_{\text{уд}}$	B_k	$i_{\alpha\tau}$
К1	115	8,3	50,2	18,9	10,9	25,47	5,2
К2	10,5	4,8	550	12,4	7,4	27,4	2,6
К3	6,3	0,5	91,6	1,3	0,88	3,2	0,3
К4	115	6,8	50,2	15,5	9,0	23,32	4,2
К5	6,3	0,5	91,6	1,3	0,8	27,4	1,9
К6	10,5	4,8	550	12,4	7,4	3,2	0,4

2.4 Выбор оборудования для ПС 110/10/6 кВ «РАССВЕТ»

2.4.1 Оборудование на стороне 110кВ

Трансформатор тока – ТА

Выключатель наружной установки – Q

Разъединитель наружной установки – QS

Выбор выключателей и разъединителей

По таблице 5.34 [23] выбраны выключатели вакуумные наружной установки типа ВРС-110. Данные выключатели являются первыми вакуумными выключателями с одним разрывом на фазу. Изоляция полюсов выполнена цельнолитой, кремнийорганической. Выключатели выпускаются с пружинным приводом. Эти выключатели соответствуют ГОСТ Р 52565-2006, а также техническим условиям ТУ 3414-021-95799595-2010. Выключатели типа ВРС-110 предназначены для коммутации электрических высоковольтных цепей при нормальных и аварийных режимах сетей трехфазного переменного тока с номинальным напряжением 110 кВ частотой 50 Гц с заземленной нейтралью с коэффициентом замыкания на землю 1,4. Выключатели типа ВРС-110 применяются как комплектующие для открытых распределительных устройств 110 кВ комплектных трансформаторных подстанций. Выключатели изготавливаются в сейсмостойком исполнении и предназначены для работы на высоте от 0 до 1,2 м. Выключатели типа ВРС-110 могут применяться также для расширения существующих подстанций и замены устаревших воздушных и других выключателей, обладая целым рядом преимуществ над ними. К основным преимуществам, прежде всего, следует отнести: - минимум обслуживания; - минимум монтажа, так как выключатели поставляются полностью собранными и отрегулированными, при монтаже остается только присоединить его к стойкам и присоединить (без регулировки) привод - механический ресурс до 10000 циклов ВО; - коммутационный ресурс 25 операций О при номинальном токе отключения 31,5 кА; - коммутационный ресурс 10000 циклов ВО при номинальном токе; - цельнолитая кремнийорганическая изоляция полюсов по сравнению с керамическими крышками позволила значительно уменьшить массу и габариты

выключателя, существенно повысить надежность изоляции; - гарантийный срок эксплуатации 2,0 года со дня ввода в эксплуатацию [10].

По каталогу выбраны разъединители типа РЛНД 3.2-110/1000У1 (таблица 5.5. [6]) – двухколонковый разъединитель наружной установки; с двумя (2), с одним (1) заземляющими ножами; напряжением 110кВ; усиленной изоляцией; номинальный ток 2000А; для работы на умеренном холодном (ХЛ) климате, категория размещения (1) на открытом воздухе.

Таблица 2.3 –Данные для разъединителя и выключателя

Условия выбора	Данные оборудования		Расчетные данные
	РЛНД3.2-110/1000У1	ВРС-110	
1	2	3	4
$U_{н.выкл} \geq U_{уст}$	110 кВ	110кВ	110 кВ
$I_{н.в} \geq I_{р.м.}$	1000 А	2500 А	30 А
$I_{отк} \geq I_{пт}$	-	31,5	8,3 кА
$I_{пр} \geq I_{по}, \text{кА}$	31,5 кА	81 кА	8,3 кА
$I_{пр.с} \geq I_{уд}, \text{кА}$	80 кА	31,5 кА	10,5 кА
$I_T^2 \cdot t_T \geq B_k, \text{кА}^2\text{с}$	$40^2 \cdot 3 = 4800 \text{кА}^2\text{с}$	$7500\text{кА}^2\text{с}$	$25,47\text{кА}^2\text{с}$
Привод	ПРГ-6	Пружинный	

Проверка по отключающей способности:

$$i_{\alpha} = \sqrt{2} \cdot I_{отк} \cdot \frac{\beta}{100} = \sqrt{2} \cdot 40 \cdot \frac{36}{100} = 20,36 \text{ кА}$$

Выбор трансформаторов тока

По таблице 5.9 [5] выбран трансформатор тока, класс точности 0,5 тип

ТОГ-110.

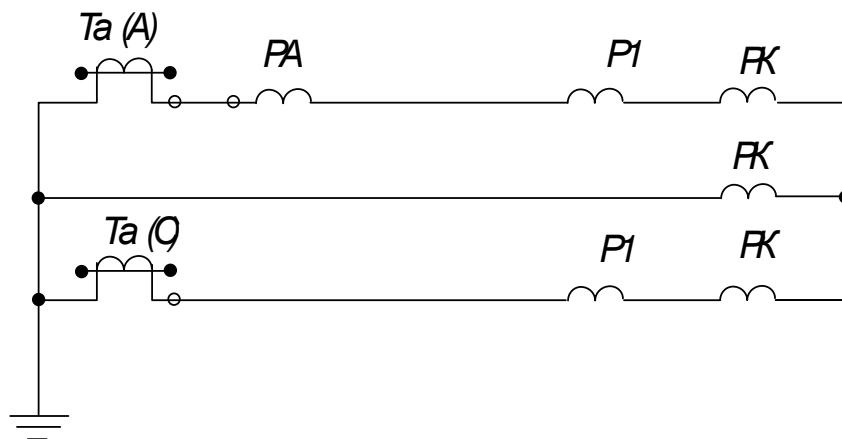


Рисунок 2.7 – Схема соединения вторичных цепей ТТ

Таблица 2.4 – Данные трансформатора

Тип	Номинальный ток		U_n , кВ	Z_2 , ВА	Динамическая стойкость		Термическая стойкость		
	$I_{1ном}$	$I_{2ном}$			K_d	$i_{дин}$	K_T	I_T	t_T
ТОГ-110	200	5	110	60	16	-		20	3

Таблица 2.5 – Данные для выбора трансформатора тока

Расчетные данные	Каталожные данные
	ТОГ-110
$U=110кВ$	$U=110кВ$
$I_{раб.макс}=115А$	$I_{ном}=200А$

По термической стойкости ТТ проходит.

Проверка ТТ по классу точности:

$$R_{кат} \geq R_{конт} + R_{приб} + R_{пров}$$

Сопротивление переходных контактов: $R_{конт} = 0,05 \text{ Ом}$

Таблица 2.6 – Данные по вторичной обмотке трансформатора тока

Тип прибора	Обозначение	Нагрузка по фазам
-------------	-------------	-------------------

Меркурий -230	P1,PK	0,3	0,3
Э-8030	РА	0,5	
Ц 301/1	PW	0,5	
Итого:		1,3	0,3

Сопротивление приборов:

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_a}{I_{2\text{ТТ}}^2} = \frac{1,3}{25} = 0,052 \text{ Ом}$$

где $I_{2\text{ТТ}}$ - номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока;

S_a - мощность фазы, имеющей наибольшую нагрузку.

Сопротивление проводов:

$$R_{\text{пров}} = R_{\text{кат}} + R_{\text{конт}} + R_{\text{приб}} = 2 - 0,052 - 0,1 = 1,848 \text{ Ом},$$

где $R_{\text{кат}}=0,5$ – выбрано по таблице 5.10 [12] – номинальная нагрузка для класса точности трансформатора тока равного 0,5.

Выбор ограничителей перенапряжения

Преимущества ОПН :

- простота конструкции и высокая надежность;
- по сравнению с разрядниками, более глубокое ограничение перенапряжения;
- стойкость к внешнему загрязнению изоляционного корпуса;
- способность ограничивать внутренние перенапряжения;
- большая взрывобезопасность у ограничителей перенапряжения с полимерным корпусом;
- меньшие габариты и масса, чем у разрядников;
- могут использоваться в сетях постоянного тока.

Ограничители перенапряжений предназначены для защиты электрооборудования сетей с эффективно заземленной нейтралью класса напряжения 110 кВ переменного тока частоты 50 Гц от атмосферных и коммутационных перенапряжений.

Ограничители снабжены предохранительными устройствами, обеспечивающими взрывобезопасность аппарата. ТУ 3414-005-31911579-2007.

Основные параметры ограничителей для сетей 110 кВ с током пропускной способности 550 А.

Таблица 2.7 – Основные технические характеристики ОПН-110

Основные технические характеристики	ОПН- 110/73/ 10/550 УХЛ1	ОПН- 110/77/ 10/550 УХЛ1	ОПН- 110/82 10/550 УХЛ1	ОПН- 110/88/ 10/550 УХЛ1
1	2	3	4	5
1. Класс напряжения сети, кВ	110			
2. Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение, кВ	73	77	82	88
3. Номинальное напряжение ограничителя, кВ	91	96	102	110
4. Номинальный разрядный ток, кА	10			
5. Остающееся напряжение при токе грозовых перенапряжений с амплитудой, кВ, не более:				
5000 А	220	231	244	262
10000 А	239	255	273	280
20000 А	257	272	291	305

Окончание таблицы 2.7

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

6. Остающееся напряжение при токе коммутационных перенапряжений на волне 30/60 мкс с амплитудой, кВ, не более: 250 А	180	190	203	213
500 А	185	196	209	220
1000 А	197	208	220	233
7. Остающееся напряжение при импульсах тока 1/10 мкс с амплитудой 10000 А, кВ, не более	268	286	305	317
8. Классификационное напряжение ограничителя при классификационном токе 1,5 мА ампл., кВ действ., не менее	91	96	102	110
9. Пропускная способность ограничителя: а) 18 импульсов тока прямоугольной формы длительностью 2000 мкс с амплитудой, А б) 20 импульсов тока 8/20 мкс с амплитудой, А в) 2 импульса большого тока 4/10 мкс с амплитудой, кА	550 10000 100			
10. Удельная поглощаемая энергия одного импульса, кДж/кВ(U нр), не менее	2,7			

**-) - диапазон U_{нр} 73 кВ - 100 кВ, шаг 1 кВ

пропускная способность при 2000 мс от 400 А до 1200 А

2.4.2 Оборудование на стороне 10 кВ

Трансформатор тока– ТА

Трансформатор напряжения - TV

Выключатель вакуумный– Q

Рассчитаем рабочий ток :

$$I_{p1T} = \frac{S_{нагр1T} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$$

$$I_{p2T} = \frac{S_{\text{нагр}2T} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}}$$

где $S_{\text{нагр}}$ – полная мощность нагрузки, МВА;

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

$$I_{p1T} = \frac{3,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10} = 173 \text{ A}$$

$$I_{p2T} = \frac{5,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10} = 335 \text{ A}$$

$$I_{p.m.} = \frac{S_{\text{нагр}\Sigma} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10} = \frac{8,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 10} = 509 \text{ A}$$

Принимаем к установке современное комплектное распределительное устройство наружного исполнения КВ-02-10. Оно используется для работы в электроустановках трехфазного переменного тока частоты 50 Гц напряжением 10кВ для систем с изолированной нейтралью или заземленной через дугогасящий реактор.



Рисунок 2.8 – Внешний вид КВ-02-10

Таблица 2.8 – Основные параметры КВ-02-10

$U_{\text{ном}}$, кВ	10
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2;12
$I_{\text{ном}}$ главных цепей шкафов с вакуумным выключателем, А	630;1000;1600;2000;3150
$I_{\text{ном}}$ сборных шин, А	1000;1600;2000;3150
$I_{\text{ном}}$ отключения выключателей - для вакуумных, кА - для других, кА	40; 20;31,5
$I_{\text{динам}}$ главных цепей, кА	61;81
$S_{\text{ном}}$ трансформаторов, кВА	До 40

Выбор выключателя

По каталогу выбран вакуумный выключатель ВВ-TEL-10. Вакуумные выключатели предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трёхфазного переменного тока (частота 50 Гц), номинальным напряжением до 10 кВ включительно с изолированной, компенсированной, заземлённой через резистор или дугогасительный реактор нейтралью. ВВ/TEL-10 в своём составе содержит коммутационный модуль и модуль управления [10].

ВВ/TEL-10, применяемый для систем быстродействующего АВР.

Таблица 2.9 – Данные для выбора выключателя

Условия выбора	Данные оборудования	Расчетные данные
	ВВ-TEL-10	
1	2	3
$U_{н.выкл} \geq U_{уст}$	10,5 кВ	10,5 кВ
$I_{н.в} \geq I_{р.м.}$	1250 А	509 А
$I_{\alpha} \geq I_{откл.ном}$	22,5 кА	7,4 кА
$I_{пр} \geq I_{по}, кА$	16 кА	4,8 кА
$I_{пр.с} \geq I_{уд}, кА$	100 кА	12,4 кА
$I_T^2 \cdot t_T \geq B_{ккА^2с}$	$31,5^2 \cdot 1 = 992,5 \text{ кА}^2\text{с}$	$27,4 \text{ кА}^2\text{с}$

Проверка по отключающей способности:

$$i_{\alpha} = \sqrt{2} \cdot I_{отк} \cdot \frac{\beta}{100} = \sqrt{2} \cdot 40 \cdot \frac{40}{100} = 22,5 \text{ кА}$$

Для вводных и секционных ячеек и выбраны выключатели ВВ-TEL-10

$$I_{н} = 1250 \text{ А}$$

Выбор трансформаторов тока

Выбран трансформатор тока типа ТОЛ-НТЗ-10-31 (таблица 5.9 [5]).

Таблица 2.10 – Данные трансформатора тока

Тип	Номинальный ток		U_n , кВ	Z_2 , ВА	Динамическая стойкость		Термическая стойкость		
	$I_{1ном}$	$I_{2ном}$			K_d	$i_{дин}$	K_T	I_T	t_T
ТОЛ-НТЗ-10-31	1500	5	10	0,4	-	100	-	17,5	1

Таблица 2.11 –Сводные данные для выбора трансформаторов тока

Условия выбора	Данные каталога	Расчетные данные
	ТОЛ-НТЗ-10-31	
$U_{н.т\tau} \geq U_{уст}$	10 кВ	10 кВ
$I_{1\tau\tau} \geq I_{р.м.}$	$I_{1\tau\tau} = 1500\text{А}$	$I_{р.м.} = 1150\text{А}$
$I_{дин} \geq I_{уд}, \text{кА}$	$I_{дин} = 100\text{кА}$	$I_{уд} = 18,47 \text{кА}$
$I_{\tau}^2 \cdot t_{\tau} \geq B_{к}\text{кА}^2\text{с}$	$17^2 \cdot 1 = 306 \text{кА}^2\text{с}$	$27,4 \text{кА}^2\text{с}$

По динамической и термической стойкости ТТ проходит.

Таблица 2.12 –Данные по вторичной обмотке трансформатора тока

Тип прибора	Прибор	Нагрузка по фазам		
		А	В	С
Э-8030	Амперметр	0,5	0,5	-
Ц301/1	Ваттметр	0,5	0,5	-
Меркурий-230	Счетчик акт. и реакт. энергии	0,3	0,3	0,3
Итого:		1,3	1,3	0,3

Проверка ТТ по классу точности:

$$R_{кат} \geq R_{конт} + R_{приб} + R_{пров}$$

Сопротивление переходных контактов: $R_{\text{конт}} = 0,05 \text{ Ом}$

Сопротивление приборов:

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_a}{I_{2\text{ТТ}}^2} = \frac{1,3}{25} = 0,052 \text{ Ом}$$

где $I_{2\text{ТТ}}$ - номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока;

S_a - мощность фазы, имеющей наибольшую нагрузку.

Сопротивление проводов:

$$R_{\text{пров}} = R_{\text{кат}} - R_{\text{конт}} - R_{\text{приб}} = 0,5 - 0,052 - 0,05 = 1,318 \text{ Ом},$$

где $R_{\text{кат}}=0,5$ – выбрано по таблице 5.10 [12] – номинальная нагрузка для класса точности трансформатора тока равного 0,5.

Перечень необходимых измерительных приборов выбран по таблице П 4.7. [3].

Расчетная длина проводов:

$$l_p = K_{\text{сх}} \cdot l = 1,73 \cdot 40 = 69,2 \text{ м}$$

где $K_{\text{сх}}$ – коэффициент, определяющий зависимость от схемы соединения трансформаторов тока.

Минимально допустимое сечение проводов:

$$F = \frac{l_p \cdot \rho}{R_{\text{пров}}} = \frac{69,2 \cdot 0,0283}{1,318} = 0,615 \text{ мм}^2$$

По условию механической прочности выбран контрольный кабель марки АПВ-(1x4) мм².

Выбор трансформаторов напряжения

Таблица 2.13 – Данные по вторичной обмотке трансформатора напряжения

Прибор		Тип прибора	Кол-во приборов	Кол-во обмоток	Мощность одной обмотки S, ВА	Общая потребляемая мощность, S, ВА
1		2	3	4	5	6
Ваттметр	Ввод 10 кВ	Ц301/1	2	2	1,5	3
Счетчик активной и реактивной энергии		Меркурий-230	2	1	2	2
Счетчик активной и реактивной энергии	Линии 10 кВ	Меркурий-230	2	1	2	8
Вольтметр (сборные шины)		М 369-2М	1	1	2	2
Итого		-	-	-	-	13

Производим выбор ТН согласно рассчитанной мощности:

- по конструкции и схеме соединения: принимаем трансформатор наружной установки со схемой включения звезда.
- по напряжению установки:

$$U_{уст} \leq U_{ном}$$

$$10кВ \leq 10 кВ$$

- по вторичной нагрузке:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{ном}$$

$$13 ВА \leq 3 \cdot 50 = 150 ВА$$

- по классу точности: принимаем класс точности равный 0,5

Выбран к установке ЗНОЛ.09-10 Т2 (таблица 5.13[5]) трансформатор напряжения однофазный, литой изоляцией на 10 кВ.

Выбор ограничителей перенапряжения

Предназначены для защиты электрооборудования сетей с изолированной нейтралью класса напряжения 10 кВ переменного тока частоты 50 Гц от атмосферных и коммутационных перенапряжений ТУ 3414-005-31911579-2007.

Таблица 2.14 - Основные технические характеристики ОПН-10

Наименование параметра	Норма для $U_{нр}$, кВ *)			
	11,5	12,0	11,5	12,0
1	2	3	4	5
1. Класс напряжения сети, кВ	10			
2. Наибольшее длительно допустимое рабочее напряж., кВ	11,5	12,0	11,5	12,0

3. Номинальное напряжение ограничителя, кВ	14,4	15,0	14,4	15,0
4. Номинальный разрядный ток, кА	10			
5. Пропускная способность ограничителя (значение ампл прямоугольного импульса тока длительностью 2000 мкс), А	400		500	
6. Остающееся напряжение при токе грозовых перенапряжений с амплитудой, кВ, не более:				
5000 А	36,0	37,0	34,6	35,5
10000 А	38,2	39,9	37,1	38,7
7. Остающееся напряжение при токе коммутационных перенапряжений на волне 30/60 мкс с ампл., кВ, не более:				
250 А	30,1	31,5	28,6	29,9
500 А	31,7	33,0	30,4	31,7
8. Остающееся напряжение при импульсах тока 1/10 мкс с амплитудой 10000 А, кВ, не более	43,0	45,0	42,4	44,3

Продолжение таблицы 2.14

1	2	3	4	5
9. Пропускная способность ограничителя:				
а) 18 импульсов тока прямоугольной формы длительностью 2000 мкс с амплитудой, А	400		500	
б) 20 импульсов тока 8/20 мкс с амплитудой, А	10000		10000	
в) 2 импульса большого тока 4/10 мкс с амплитудой, кА	65		100	
10. Удельная поглощаемая энергия одного импульса, кДж/кВ(U _{нр}), не менее	2,0		2,7	
11. Масса не более, кг	4,2			
12. Высота, мм	250±5			

13.Длина пути утечки внешней изоляции, см, не менее	24,5
-----------------------------------------------------	------

*)- диапазон $U_{нр}$ 10 кВ - 12,7 кВ, шаг 0,1кВ

пропускная способность при 2000 мс от 400 А до 550 А

2.4.3 Оборудование на стороне 6кВ

Трансформатор тока– ТА

Трансформатор напряжения - ТВ

Выключатель вакуумный– Q

Рассчитаем рабочий ток :

$$I_{p1T} = \frac{S_{нагр1T} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$$

$$I_{p2T} = \frac{S_{нагр2T} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{НОМ}}$$

где $S_{\text{нагр}}$ – полная мощность нагрузки, МВА;

$U_{\text{ном}}$ - напряжение сети, кВ.

$$I_{\text{р1Г}} = \frac{3,0 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6} = 289 \text{ А}$$

$$I_{\text{р2Г}} = \frac{5,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6} = 559 \text{ А}$$

$$I_{\text{р.м.}} = \frac{S_{\text{нагр}\Sigma} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6}$$

$$I_{\text{р.м.}} = \frac{8,8 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6} = 848 \text{ А}$$

Принимаем к установке современное комплектное распределительное устройство наружного исполнения КВ-02-6. Оно используется для работы в электроустановках трехфазного переменного тока частоты 50 Гц напряжением 6 кВ для систем с изолированной нейтралью или заземленной через дугогасящий реактор.

Таблица 2.15 –Основные параметры КВ-02-6

$U_{\text{ном}}$, кВ	6
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	7,2;12
$I_{\text{ном}}$ главных цепей шкафов с вакуумным выключателем, А	630;1000;1600;2000;3150
$I_{\text{ном}}$ сборных шин, А	1000;1600;2000;3150
$I_{\text{ном}}$ отключения выключателей	
- для вакуумных, кА	40;
- для других, кА	20;31,5

$I_{\text{динам}}$ главных цепей, кА	61;81
$S_{\text{ном}}$ трансформаторов, кВА	До 40

Выбор выключателя

По каталогу выбран вакуумный выключатель ВВ-TEL-6. Вакуумные выключатели предназначены для коммутации электрических цепей при нормальных и аварийных режимах в сетях трёхфазного переменного тока (частота 50 Гц), номинальным напряжением до 6 кВ включительно с изолированной, компенсированной, заземлённой через резистор или дугогасительный реактор нейтралью. ВВ/TEL-6 в своём составе содержит коммутационный модуль и модуль управления

ВВ/TEL-6, применяемый для систем быстродействующего АВР.

Таблица 2.16 – Данные для выбора выключателя

Условия выбора	Данные оборудования	Расчетные данные
	ВВ-TEL-6	
1	2	3
$U_{\text{н.выкл}} \geq U_{\text{уст}}$	6,3 кВ	6,3 кВ
$I_{\text{н.в}} \geq I_{\text{р.м.}}$	1250 А	848 А
$I_{\alpha} \geq I_{\text{откл.ном}}$	22,5 кА	0,88 кА
$I_{\text{пр}} \geq I_{\text{ПО}}, \text{кА}$	16 кА	0,5 кА
$I_{\text{пр.с}} \geq I_{\text{уд}}, \text{кА}$	100 кА	1,3 кА
$I_{\text{T}}^2 \cdot t_{\text{T}} \geq B_{\text{к}} \text{кА}^2 \text{с}$	$31,5^2 \cdot 1 = 992,5 \text{кА}^2 \text{с}$	$3,2 \text{кА}^2 \text{с}$

Проверка по отключающей способности:

$$i_{\alpha} = \sqrt{2} \cdot I_{\text{отк}} \cdot \frac{\beta}{100} = \sqrt{2} \cdot 0,88 \cdot \frac{40}{100} = 0,5 \text{ кА}$$

Для вводных и секционных ячеек и выбраны выключатели ВВ-TEL-6

$$I_{\text{н}} = 1250 \text{ А}$$

Выбор трансформаторов тока

Выбран трансформатор тока типа ТОЛ-НТЗ-6-31 (таблица 5.9 [6]).

Таблица 2.17 – Данные трансформатора тока

Тип	Номинальный ток		$U_{\text{н}}$, кВ	Z_2 , ВА	Динамическая стойкость		Термическая стойкость		
	$I_{1\text{ном}}$	$I_{2\text{ном}}$			$K_{\text{д}}$	$i_{\text{дин}}$	$K_{\text{т}}$	$I_{\text{т}}$	$t_{\text{т}}$
ТОЛ-НТЗ-6-31	1500	5	6	0,4	-	100	-	17,5	1

Таблица 2.18 – Сводные данные для выбора трансформаторов тока

Условия выбора	Данные каталога	Расчетные данные
	ТОЛ-НТЗ-6-31	
$U_{\text{н.тт}} \geq U_{\text{уст}}$	6 кВ	6 кВ
$I_{1\text{тт}} \geq I_{\text{р.м.}}$	$I_{1\text{тт}} = 1500 \text{ А}$	$I_{\text{р.м.}} = 1150 \text{ А}$
$I_{\text{дин}} \geq I_{\text{уд}}, \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$	$I_{\text{уд}} = 18,47 \text{ кА}$
$I_{\text{т}}^2 \cdot t_{\text{т}} \geq B_{\text{к}} \text{ кА}^2 \text{ с}$	$17^2 \cdot 1 = 306 \text{ кА}^2 \text{ с}$	$27,4 \text{ кА}^2 \text{ с}$

По динамической и термической стойкости ТТ проходит.

Проверка ТТ по классу точности:

$$R_{\text{кат}} \geq R_{\text{конт}} + R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}}$$

Сопротивление переходных контактов: $R_{\text{конт}} = 0,05 \text{ Ом}$

Сопротивление приборов:

$$R_{\text{приб}} = \frac{S_a}{I_{2\text{ТТ}}^2} = \frac{1,3}{25} = 0,052 \text{ Ом}$$

где $I_{2\text{ТТ}}$ - номинальный ток вторичной обмотки трансформатора тока;

S_a - мощность фазы, имеющей наибольшую нагрузку.

Сопротивление проводов:

$$R_{\text{пров}} = R_{\text{кат}} - R_{\text{конт}} - R_{\text{приб}} = 0,5 - 0,052 - 0,05 = 1,318 \text{ Ом},$$

где $R_{\text{кат}}=0,5$ – выбрано по таблице 5.10 [12] – номинальная нагрузка для класса точности трансформатора тока равного 0,5.

Перечень необходимых измерительных приборов выбран по таблице П 4.7. [12].

Таблица 2.19–Данные по вторичной обмотке трансформатора тока

Тип прибора	Прибор	Нагрузка по фазам		
		А	В	С
Э-8030	Амперметр	0,5	0,5	-
Ц301/1	Ваттметр	0,5	0,5	-
Меркурий-230	Счетчик акт. и реакт. энергии	0,3	0,3	0,3
Итого:		1,3	1,3	0,3

Расчетная длина проводов:

$$l_p = K_{\text{сх}} \cdot l = 1,73 \cdot 40 = 69,2 \text{ м}$$

где $K_{сх}$ – коэффициент, определяющий зависимость от схемы соединения трансформаторов тока.

Минимально допустимое сечение проводов:

$$F = \frac{l_p \cdot \rho}{R_{пров}} = \frac{69,2 \cdot 0,0283}{1,318} = 0,615 \text{ мм}^2$$

По условию механической прочности выбран контрольный кабель марки АПВ-(1x4) мм².

Выбор трансформаторов напряжения

Таблица 2.20 – Данные по вторичной обмотке трансформатора напряжения

Прибор		Тип прибора	Кол-во приборов	Кол-во обмоток	Мощность одной обмотки S, ВА	Общая потребляемая мощность, S, ВА
1		2	3	4	5	6
Ваттметр	Ввод 6 кВ	Ц301/1	2	2	1,5	3
Счетчик активной и реактивной		Ртуть-230	2	1	2	2

энергии						
Счетчик активной и реактивной энергии	Линии 6кВ	Ртутный-230	4	1	2	8
Вольтметр (сборные шины)		М 369-2М	1	1	2	2
Итого		-	-	-	-	13

Производим выбор ТН согласно рассчитанной мощности:

- по конструкции и схеме соединения: принимаем трансформатор наружной установки со схемой включения звезда.
- по напряжению установки:

$$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$$

$$6\text{кВ} \leq 6\text{кВ}$$

- по вторичной нагрузке:

$$S_{2\Sigma} \leq S_{\text{ном}}$$

$$13\text{ ВА} \leq 3 \cdot 50 = 150\text{ ВА}$$

- по классу точности: принимаем класс точности равный 0,5

Выбран к установке ЗНОЛ.09-6 Т2 (таблица 5.13[5]) трансформатор напряжения однофазный, литой изоляцией на 6 кВ.

Выбор ограничителей перенапряжения

Предназначены для защиты электрооборудования сетей с изолированной нейтралью класса напряжения 6 кВ переменного тока частоты 50 Гц от атмосферных и коммутационных перенапряжений ТУ 3414-005-31911579-2007.

Таблица 2.21 – Основные технические характеристики ОПН-6

Наименование параметра	Норма для $U_{нр}^{*})$, кВ			
	6,9	7,2	6,9	7,2
1	2	3	4	5
1. Класс напряжения сети, кВ	6			
2. Наибольшее длительно допустимое рабочее напряж., кВ	6,9	7,2	6,9	7,2
3. Номинальное напряжение ограничителя, кВ	8,6	9,0	8,6	9,0
4. Номинальный разрядный ток, кА	10			
5. Пропускная способность ограничителя (значение ампл прямоугольного импульса тока длительностью 2000 мкс), А	400		500	
6. Остающееся напряжение при токе грозových перенапряжений с амплитудой, кВ, не более:				
5000 А	23,0	24,0	22,1	23,0
10000 А	23,7	25,0	23,0	24,3
20000 А	25,0	26,0	24,5	25,5

Продолжение таблицы 2.21

1	2	3	4	5
7. Остающееся напряжение при токе коммутационных перенапряжений на волне 30/60 мкс с ампл., кВ, не более:				
250 А	18,3	19,1	17,4	18,1
500 А	18,9	20,3	18,1	19,9
1000 А				

	19,2	21,0	18,6	20,4
8. Остающееся напряжение при импульсах тока 1/10 мкс с амплитудой 10000 А, кВ, не более	26,5	28,0	26,1	27,6
9. Пропускная способность ограничителя: а) 18 импульсов тока прямоугольной формы длительностью 2000 мкс с амплитудой, А б) 20 импульсов тока 8/20 мкс с амплитудой, А в) 2 импульса большого тока 4/10 мкс с амплитудой, кА	400 10000 65	500 10000 100		
10. Удельная поглощаемая энергия одного импульса, кДж/кВ($U_{нр}$), не менее	2,0	2,7		
11. Масса не более, кг	2,9			
12. Высота, мм	200			
13. Длина пути утечки внешней изоляции, см, не менее	18			

*)- диапазон $U_{нр}$ 6,6 кВ - 8,0 кВ, шаг 0,1кВ

пропускная способность при 2000 мс от 400 А до 850 А

2.4.4 Выбор схемы собственных нужд

От типа электрооборудования и подстанции, а так же мощности трансформаторов ПС зависит состав потребителей собственных нужд. По упрощенным схемам без постоянного дежурства персонала на ПС подключается наименьшее количество потребителей собственных нужд – это освещение подстанции, электродвигатели обдува трансформаторов, обогрев шкафов КРУН, обогрев баков и приводов выключателей. Эти потребители подключаются к сети 380/220 В, которая получает питание от понижающих трансформаторов, так как их мощность невелика.

Мощность ТСН выбирается более 630 кВА, в соответствии с нагрузками в разных режимах работы ПС. Принимаем нагрузку СН по таблице 5.8 [12]:

Таблица 2.22 – Данные по нагрузке собственных нужд для ПС

Электроприемники	Количество приемников	Суммарная мощность, кВт	Установленная мощность, кВт
Обогрев В-10, В-6	29	33,4	1,15
Обогрев В-110	7	12,25	1,75
Электродвигатели обдува	2	3	1,5
Опер.цепи	1	1,8	1,8
Отопление и освещение помещения ОВБ	1	5,5	5,5
Наружное освещение	1	4,5	4,5
Итого		60,45	

Для рассматриваемой ПС, учитывая коэффициент загрузки равный 0,7, выбраны два сухих ТСН типа ТСЗ-63кВА 10/0,4кВ с предохранителями ПКТ-10

3 Экономический расчет замены выключателей

Замена масляных выключателей на вакуумные на подстанции «РАССВЕТ» позволит повысить надежность электроснабжения потребителей, а так же снизить потери электроэнергии.

Экономический эффект замены масляных выключателей на вакуумные определяется по следующим показателям:

- капиталовложения
- годовая экономия
- срок окупаемости
- годовой экономический эффект

3.1 Расчет для масляных выключателей

Рассчитаем фонд заработной платы при обслуживании масляных выключателей за год:

$$ЗП = ТФ + Кдоп + Котч \quad (3.1.5)$$

где ТФ – тарифный фонд заработной платы, руб

Кдоп – премиальные в размере 75%

Котч – коэффициент отчислений в размере 26%

Определим тарифный фонд ЗП:

$$ТФ = Чт.с \cdot ЗТ \quad (3.1.6)$$

где Чт.с – тарифная ставка за час, руб/час

ЗТ – затраты труда, чел·час

Для того, чтобы обслуживать масляный выключатель, необходим эл.монтер 4 разряда. Его оклад примем равным 15000 рублей.

$$Чт.с = \text{оклад} / 176 \quad (3.1.7)$$

где 176 – среднее число часов работы в месяц

$$Чт.с = 15000 / 176 = 85,23 \text{ руб/час}$$

Затраты труда определяем по формуле:

$$ЗТ = \sum y.e. \cdot 7 \quad (3.1.8)$$

где $\sum y.e. = 5,4$ – переводной коэфф. при обслуживании масляного выключателя.

7 – коэффициент обслуживания одной усл. единицы, чел·час

$$ЗТ = 5,4 \cdot 7 = 37,8 \text{ чел·час}$$

Тогда тарифный фонд определяется как

$$ТФ = 85,23 \cdot 37,8 = 3221,7 \text{ руб}$$

Определим фонд ЗП:

$$ЗП = 3221,7 \cdot 1,75 \cdot 1,26 = 7103,8 \text{ руб}$$

Затраты на все выключатели:

$$ЗП = 7103,8 \cdot (7 + 12 + 18) = 62840,6 \text{ руб}$$

Рассчитываем затраты на эксплуатацию:

$$ЭЗ = ЗП + A_o + P_{то} + P_r \tag{3.1.9}$$

где A_o – отчисления на амортизацию, руб

$P_{то}$ – расходы на ремонт и техническое обслуживание, руб

P_r – прочие расходы, руб

Амортизационные расходы составляют 3,5% от стоимости выключателя

$$A_o = KB \cdot 0,035 \tag{3.1.10}$$

$$110кВ \quad A_o = 1\,727\,010 \cdot 0,035 \cdot 7 = 423117 \text{ руб}$$

$$6кВ, 10кВ \quad A_o = 130\,000 \cdot 0,035 \cdot 18 + 130\,000 \cdot 0,035 \cdot 12 = 1365000 \text{ руб}$$

Затраты на техническое обслуживание и капитальный ремонт для данных выключателей равны 40% от стоимости выключателя.

$$P_{то} = KB \cdot 0,4 \quad (3.1.11)$$

$$110кВ \quad P_{то} = 1\,727\,010 \cdot 0,4 \cdot 7 = 4835628 \text{ руб}$$

$$6кВ, 10кВ \quad P_{то} = 130\,000 \cdot 0,4 \cdot 30 = 1560\,000 \text{ руб}$$

На прочие расходы отводится 1% от стоимости выключателя

$$P_{р} = KB \cdot 0,001 \quad (3.1.12)$$

$$110кВ \quad P_{р} = 1\,727\,010 \cdot 0,001 \cdot 7 = 120891 \text{ руб}$$

$$6кВ, 10кВ \quad P_{р} = 130\,000 \cdot 0,001 \cdot 30 = 3900 \text{ руб}$$

Эксплуатационные затраты будут равны:

$$\text{ЭЗ} = 423,117 + 1365 + 4835,628 + 1560,0 + 120,891 + 3,9 = 8308,536 \text{ т. руб.}$$

3.2 Расчет для вакуумных выключателей

Капиталовложения определяются по формуле по (3.1.1)

$$KB = Ц + T + M$$

где Ц – стоимость закупки вакуумных выключателей в руб.

Согласно схеме подстанции – установлено 12 штук на 10 кВ, 18 шт на 6 кВ, стоимость одного вакуумного выключателя на 10,(6) кВ составляет 130 т.руб, а на 110 кВ 1727,010 т.руб. в количестве 7 шт.

Следовательно, цена на приобретение всех выключателей по формуле (3.1.2) будет равна:

$$Ц = C \cdot N$$

где C – стоимость за один вакуумный выключатель

$$Ц = 130 \cdot (18 + 12) + 1727,010 \cdot 7 = 15989 \text{ т. руб}$$

Стоимость расходов на доставку будет составлять 12% от цены оборудования и определяется по формуле (3.1.3):

$$T = 15989 \cdot 0,12 = 1919 \text{ т.руб}$$

Стоимость монтажа и пуско-наладочных работ вакуумных выключателей составляет 20% от стоимости оборудования и вычисляется по формуле (3.4):

$$M = 15989 \cdot 0,2 = 3198 \text{ т. руб}$$

Определяем капиталовложения по формуле (3.1.1):

$$KB = 15989 + 1919 + 3198 = 21106 \text{ т. руб}$$

Рассчитаем фонд заработной платы за год:

Тарифный фонд ЗП вычисляем из формулы (3.1.6)

Для того, чтобы обслуживать вакуумный выключатель, необходим эл.монтер 4 разряда. Его оклад примем равным 15000 рублей, то, соответственно, и почасовая тарифная ставка его будет равна 85,2 руб/час

Трудовые затраты определяем по формуле (3.1.8)

где $\sum y.e = 3,1$ – переводной коэфф. при обслуживании вакуумного выключателя, чел·час [22]

$$ЗТ = 3,1 \cdot 7 + 3,1 \cdot (12 + 18) = 114,7 \text{ чел}\cdot\text{час}$$

Значит, тарифный фонд определим по формуле (3.1.6)

$$ТФ = 85,2 \cdot 114,7 = 9772 \text{ руб}$$

Фонд заработной платы определим исходя из формулы (3.1.5)

$$ЗП = 9772 \cdot 1,75 \cdot 1,26 = 21547 \text{ руб}$$

Затраты на эксплуатацию рассчитаем из формулы (3.1.9)

Амортизационные расходы составляют 3,5% от капиталовложений и вычисляются по формуле (3.1.10)

$$А_о = 21106 \cdot 0,035 = 738,7 \text{ т. руб}$$

Затраты на техобслуживание и ремонт для вакуумных выключателей равняются 15% от капиталовложений и вычисляются по формуле (3.1.11)

$$Р_{то} = 21106 \cdot 0,4 = 8442,4 \text{ т. руб}$$

На прочие расходы отводится 1% от капиталовложений и вычисляем их по формуле (3.1.12)

$$Пр = 21106 \cdot 0,001 = 21,106 \text{ т. руб}$$

Значит, затраты на эксплуатацию будут равны:

$$\text{ЭЗ} = 21547 + 738,7 + 8442,4 + 21,106 = 30749 \text{ т. руб}$$

Приведенные затраты рассчитаем по формуле (3.1.13)

$$З = 21106 \cdot 0,1 + 30749 = 32860 \text{ т. руб}$$

3.3 Расчет капиталовложений

Капиталовложения для реконструкции подстанции рассчитываются по формуле:

$$K_{рек} = K_n - K_{возвр} + K_{дем}, \text{ руб.}$$

где K_n – капитальные вложения в новое оборудование, руб;

$K_{возвр}$ – возврат стоимости ремонтируемого оборудования, которое может быть использовано на других объектах, руб;

$K_{дем}$ – цена демонтажа оборудования (принимается 0,5 стоимости его монтажа), руб.

Для начала расчетов этого раздела составим спецификации на устанавливаемое и демонтируемое оборудование.

Таблица 3.1 – Спецификация на устанавливаемое оборудование.

№ п/п	Наименование оборудования	Единица измерения	Кол-во, шт.	Марка
1	2	3	4	5
1	Вакуумный выключатель	компл.	10	ВРС-110
2	Разъединитель 110кВ	компл.	10	РНДЗ – 3.2 – 110/1000

3	Ограничитель перенапряжения 110кВ	компл.	4	ОПН-110/550/88-10-III-УХЛ1
4	Измерительный ТТ	компл.	10	ТОГ 110
5	Измерительный ТН	компл.	2	НКФ – 110 – 83У1

Составим смету на приобретение и монтаж электрооборудования.

Таблица 3.2 – Смета на приобретение и монтаж электрооборудования.

№ п / п	Наименование оборудования	Марка, тип	Ко л- во, шт.	Составляющие капиталовложений на единицу оборудования, тыс.руб.		Общи е капит ало- вложе ния, руб.
				Коб	Кмонт	
1	2	3	4	5	6	7
1	Вакуумный выключатель	ВРС-110	7	1400	70	10290
2	Разъединитель 110кВ	РЛНДЗ – 3.2 – 110/1000	7	800	40	5880
3	Ограничитель перенапряжения 110кВ	ОПН- 110/550/88-10- III-УХЛ1	4	120	6	504
4	Измерительный ТТ	ТОГ-110	8	720	36	6048
5	Измерительный ТН	НКФ – 110 – 83У1	7	1140	57	8379
ИТОГО:						31101

Капитальные вложения на монтаж и покупку электрооборудования составили 31101 тыс. руб.

К годовым эксплуатационным издержкам относят все расходы, которые взаимосвязаны с содержанием электрических сетей в нормальном техническом состоянии. Годовые эксплуатационные затраты рассчитываются по формуле:

$$I = I_{ам} + I_{тр.обсл} + I_{ном}, \text{руб.}, \quad (3.2.1)$$

где $I_{ам}$ – отчисления на амортизацию, руб/год;

$I_{тр.обсл}$ – затраты на текущее обслуживание и ремонт, руб/год;

$I_{пот}$ – затраты на компенсацию потерь электроэнергии, руб/год.

Размеры отчислений на амортизацию и отчислений на обслуживание и текущий ремонт рассчитываются по формуле:

$$I_{тр.обсл} = K_{рек} \cdot \frac{\alpha_{ам}}{100}, \text{ руб.} \quad (3.2.2)$$

$$I_{тр.обсл} = K_{рек} \cdot \frac{\alpha_{тр.обсл}}{100}, \text{ руб.} \quad (3.2.3)$$

где $\alpha_{ам}$ – норма отчислений на амортизацию, %;

$\alpha_{тр.обсл}$ – норма отчислений на обслуживание и текущий ремонт, %.

Определяем отчисления на амортизацию и отчисления на обслуживание и текущий ремонт:

$$I_{ам} = 31101 \cdot \frac{3,5}{100} = 1089 \text{ тыс.руб.}$$

$$I_{тр.обсл} = 31101 \cdot \frac{3}{100} = 933 \text{ тыс.руб}$$

Расходы на компенсацию потерь определяются по формуле

$$I_{пот} = C \cdot \Delta_{пот}, \text{ руб.} \quad (3.2.4)$$

где C – тариф на электрическую энергию, руб/кВт·ч;

$\Delta_{пот}$ – суммарные потери электрической энергии на подстанции, кВт·ч.

Определим затраты на компенсацию потерь электроэнергии:

$$I_{пот} = 3,0 \cdot 382875 = 1148625 \text{ руб.}$$

Определяем годовые затраты на эксплуатацию:

$$I = 1089 + 933 + 1148,625 = 3170,625 \text{ тыс.руб.}$$

Таблица 3.3 – Основные технико-экономические показатели.

№ п/п	Наименование показателей	Значение
1	2	3
1	Капитальные вложения, тыс.руб	31101
2	Годовые эксплуатационные расходы, тыс.руб	
	всего	3170,625
	в т.ч. - на амортизацию	1089
	на текущий ремонт	933
	на компенсацию потерь	1148,625

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Целью реконструкции подстанции 110/10/6 кВ «РАССВЕТ» филиала ПАО "МРСК-Сибири" «Хакасэнерго» является улучшение её функционирования и надежности электроснабжения.

В работе определяется расчетная нагрузка участка, проверяется число и мощность силовых трансформаторов, решается вопрос о замене устаревших масляных выключателей на более надежные и современные вакуумные.

Приведен расчет электрических нагрузок, расчет токов короткого замыкания и на его основе сделан выбор электрооборудования подстанции.

Реконструкция подстанции выполнена в следующем объеме: заменены масляные выключатели 6кВ, 10 кВ на вакуумные, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения. Все оборудование, вновь устанавливаемое и существующее ныне выпускаемое, проверено на устойчивость при токах короткого замыкания. Проведен выбор и расчет релейной защиты подстанции.

Установка вакуумных выключателей позволяет повысить надежность и экономичность схемы подстанции. Так как вакуумные выключатели, в сравнении с масляными, имеют ряд преимуществ.

В выпускной квалификационной работе был произведен выбор необходимого сопутствующего оборудования 110 кВ. Выполнено обеспечение релейной защиты трансформаторов на основе РСТ-15.

Так же выполнены технико-экономические расчеты вместе с приведенной сметой на реконструкцию ПС 110/10/6 кВ «Рассвет».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дорошев К.И. Комплектные распределительные устройства 6-35 кВ. – М. Энергоиздат 2013.
2. Дулесова, Н. В. Системы электроснабжения : Учебное пособие по курсовому проектированию, 2016.
3. Идельчик В. И. Электрические системы и сети: Учебник для ВУЗов.-М. Энергоатомиздат,2014-252с.
4. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения [Текст]: учебное пособие / Б.И. Кудрин. – М: Академия, 2011. – 352с.: ISBN 978-5-7695-6789-6.
5. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового проектирования: Учебное пособие для вузов. 4-е изд.перераб. и доп. –М.: Энергоатомиздат, 2014.-608 с: ил.
6. Неклепаев, Б. Н. Электрическая часть электростанций и подстанций. Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования / Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. – М.: Энергоатомиздат, 2015. – 608 с.
7. Ополева, Г. Н. Схемы и подстанции электроснабжения. Справочник. // Г.Н. Ополева. – М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2010. – 480 с.
8. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей и Правила техники безопасности электроустановок потребителей. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 2013. – 424 с: ил.

9. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) 7-ое издание. Главы 1.1-1.2, 1.7-1.9, 2.4-2.5, 4.1-4.2, 7.1-7.2, 7.5-7.6, 7.10, раздел 6. – М.: Ростехнадзор, 2010. – 411 с.
10. Разгильдеев Г.И., Курехин В.В. Эксплуатация вакуумных выключателей. М.: Недра, 2016.
11. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998. – М.: Издательство МЭИ, 2003. – 131 с.
12. Рожкова Л.Д., Козулин В.С. Электрооборудование станций и подстанций. Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.
13. Рокотян С.С., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических систем. – М., Энергия, 1987. – 247 с.
14. РТМ 36.18.32.4-92. Указания по расчету электрических нагрузок; дата введ. 01.01.1993. – М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 2007. – 27 с.
15. Синенко, Л. С. Электроснабжение. Версия 1.0 [Электронный ресурс] : учеб. пособие по курсовому проектированию / Л. С. Синенко, Е. Ю. Сизганова, Ю. П. Попов. – Электрон. дан. (2 Мб). – Красноярск: ИПК СФУ, 2008.
16. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования/Под. ред. Ю. Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 2011. – 464 с.: ил. – (Электроустановки промышленных предприятий/Под. общ. ред. Ю. Н. Тищенко и др.).
17. Справочник по проектированию электроснабжения / Ю. Г. Барыбин. – М.: Энергоатомиздат, 2012. – 200 с.
18. Старкова, Л. Е. Учебное пособие для курсового и дипломного проектирования по электроснабжению промышленных

- предприятий: Учебное пособие для вузов / А. А. Федоров, Л. Е. Старкова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 2015. – 386 с.
- 19.Торопов А.С, Дипломное проектирование по специальности 140211.65 «Электроснабжение»: учеб. пособие / Л. Л. Латушкина, А. Д. Макаревич, А. С. Торопов, А. Н. Туликов ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2012. – 232 с.
- 20.Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехов М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: М. Издательство стандартов 2014.
- 21.Фабисович Д.Л. Справочник по проектированию электрических сетей – М. :Изд-во НЦ ЭНАС,2006. – 352 с
- 22.Хорольский В.Я. Эксплуатация систем электроснабжения [Текст]: учебное пособие / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов – М: ИНФРА-М, 2013. – 288с.: ISBN 978-5-16-009088-7
- 23.Чунихин А.А. Электрические аппараты высокого напряжения. Выключатели. Том 2. – М. 2012.
- 24.Шабад М.А. Расчёт релейной защиты и автоматики. – Л., Энергоатом-издат, 2015. – 296 с.
- 25.Шеховцов, В. П. Расчет и проектирование схем электроснабжения. Методическое пособие для курсового проектирования. – М.: ФОРУМ: ИНФРА–М, 2010. – 214 с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Хакасский технический институт – филиал
ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»
институт

Электроэнергетика
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

И.о.заведующего кафедрой

Г.Н.Чистяков
подпись инициалы, фамилия

«29» 06 2018г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код - наименование направления

Реконструкция подстанции 110/10 кВ «Рассвет»
тема

Руководитель Е.В.Платонова «25» 06 2018г. доцент каф. ЭЭ,к.т.н. Е.В.Платонова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Выпускник Е.В.Догадкина «19» 06 2018г. Е.В.Догадкина
подпись дата инициалы, фамилия

Нормоконтролер И.А.Кычакова «25» 06 2018г. И.А.Кычакова
подпись, дата должность, ученая степень инициалы, фамилия

Абакан 2018