

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

институт

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.С. Торопов

подпись

инициалы, фамилия

« _____ » _____ 2024 г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме бакалаврской работы

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция подстанции 110 кВ с заменой силовых трансформаторов на большую мощность ПАО «Россети Сибирь» «Хакасэнерго» содержит 68 страниц текстового документа, 37 использованных источников, 3 листа графического материала.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ПОДСТАНЦИЯ, СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР, ЛИНИЯ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ, ТРАНСФОРМАТОР ТОКА, ТРАНСФОРМАТОР НАПРЯЖЕНИЯ, ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ ВЫКЛЮЧАТЕЛЬ, ВЫСОКОВОЛЬТНЫЙ РАЗЪЕДИНИТЕЛЬ, ТРАНСФОРМАТОР СОБСТВЕННЫХ НУЖД.

Объект исследования – Подстанция 110 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго».

Предмет исследования – электрическая часть подстанции.

Целью бакалаврской работы является реконструкция электрической части подстанции 110 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» с учетом замены силовых трансформаторов на большую мощность и применения современного высоковольтного оборудования.

В ходе выполнения работы дана характеристика объекта и питающей линии электропередачи. Произведен выбор силовых трансформаторов и трансформаторов собственных нужд в соответствии с новыми электрическими нагрузками. Расчет токов короткого замыкания произведен с целью выбора высоковольтного оборудования электрической подстанции. На основании расчетных рабочих и максимальных токов, а также токов КЗ выбраны трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, высоковольтные выключатели и разъединители на высоком и низком напряжении. Для управления выключателями и разъединителями выбрана система оперативных токов подстанции. Составлена локальная смета реконструкции подстанции.

Практическая значимость обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения схемы электроподстанции могут быть использованы для проектирования и реконструкции подстанций с высшим напряжением 110-220 кВ и низшим напряжением 6-10 кВ.

THE ABSTRACT

The final qualifying work on the topic “Reconstruction of a 110 kV substation with the replacement of power transformers with higher power” contains 68 pages of text document, 37 used sources, 3 sheets of graphic material.

RECONSTRUCTION, SUBSTATION, POWER TRANSFORMER, POWER LINE, SHORT CIRCUIT CURRENT, CURRENT TRANSFORMER, VOLTAGE TRANSFORMER, HIGH VOLTAGE SWITCH, HIGH VOLTAGE DISCONNECTOR, OWN NEEDS TRANSFORMER.

The object of the study is the 110 kV substation, a branch of PJSC Rosseti Siberia - Khakasenergo.

The subject of the study is the electrical part of the substation.

The purpose of the bachelor's work is the reconstruction of the electrical part of the 110 kV substation Branch of PJSC Rosseti Siberia - Khakasenergo, taking into account the replacement of power transformers with higher power and the use of modern high-voltage equipment.

During the work, the characteristics of the object and the power transmission line were given. A selection of power transformers and auxiliary transformers was made in accordance with the new electrical loads. The calculation of short circuit currents was carried out in order to select high-voltage equipment for an electrical substation. Based on the calculated operating and maximum currents, as well as short-circuit currents, current transformers, voltage transformers, high-voltage switches and disconnectors for high and low voltage were selected. To control switches and disconnectors, a system of operational currents of the substation was selected. A local estimate for the reconstruction of the substation has been drawn up.

The practical significance of the research is due to the fact that the proposed types of electrical equipment and technical solutions for the electrical substation circuit can be used for the design and reconstruction of substations with a higher voltage of 110-220 kV and a lower voltage of 6-10 kV.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 Теоретическая часть.....	10
1.1 Характеристика подстанции 110/10 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» до реконструкции	10
1.2 Обоснование реконструкции подстанции	13
2 Аналитическая часть.....	15
2.1 Анализ перспективных конструкций трансформаторов тока 110 кВ..	15
2.2 Анализ перспективных конструкций трансформаторов напряжения 110 кВ	18
2.3 Анализ перспективных конструкций выключателей 110 кВ	23
2.4 Анализ перспективных конструкций разъединителей 110 кВ	27
2.5 Анализ перспективных конструкций ячеек с выключателями на напряжение 10 кВ.....	29
3 Практическая часть	33
3.1 Выбор силовых трансформаторов.....	33
3.2 Выбор питающей линии 110 кВ	34
3.3 Расчет токов КЗ	37

3.4	Выбор оборудования 110 кВ.....	44
3.4.1	Выбор схем распределительных устройств	44
3.4.2	Расчет рабочих максимальных токов.....	46
3.4.3	Выбор и проверка электрических аппаратов высокого напряжения	47
3.4.4	Выбор контрольно-измерительной аппаратуры	49
3.4.5	Выбор и проверка шин высокой стороны	53
3.5	Выбор оборудования 10 кВ.....	56
3.5.1	Расчет максимальных рабочих токов, выбор и проверка сборных шин на стороне НН	56
3.5.2	Выбор и проверка электрических аппаратов низкого напряжения	59
3.5.3	Выбор контрольно-измерительной аппаратуры	60
3.6	Выбор ТСН	61
3.7	Локальная смета реконструкции подстанции	63
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	64
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	65
	ПРИЛОЖЕНИЕ А	69

ВВЕДЕНИЕ

Электрические подстанции являются незаменимыми звеньями при передаче электрической энергии и трансформации ее до нужного класса напряжения. Т.е. они осуществляют прием электрической энергии от энергосистемы и её распределение. Нарушение их работы может привести к значительному ущербу из-за нарушения технологических процессов или процессов жизнедеятельности различных объектов или повреждения технологического оборудования. Проектирование и реконструкция понизительных подстанций является одним из наиболее ответственных этапов и именно на этой стадии должны быть предусмотрены мероприятия по повышению надежности. Мероприятия заключаются в обоснованном выборе схем распределительных устройств, оборудования и электрических аппаратов, стойких к токам короткого замыкания.

Реконструированная или спроектированная заново электрическая подстанция должна отвечать современному развитию науки и техники и опираться на самые актуальные технические разработки. Иначе, в результате применения ненадежного и не зарекомендовавшего себя электрооборудования на практике, а также нерациональная конфигурация схемы подстанции, она может потерять свою устойчивость к различным факторам, способным спровоцировать аварию на объекте. При этом могут возникнуть перебои в поставках электроэнергии конечным потребителям.

Поэтому правильная организация и эксплуатация электрических подстанций, а также четкое соблюдение техники безопасности в совокупности с протекающими процессами передачи и распределения электроэнергии будет способствовать безопасному и эффективному функционированию подстанции и процветанию предприятия электрических сетей, в ведении которого находится такие объекты.

Объект исследования – Подстанция 110 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго».

Предмет исследования – электрическая часть подстанции.

Целью бакалаврской работы является реконструкция электрической части подстанции 110 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» с учетом замены силовых трансформаторов на большую мощность и применения современного высоковольтного оборудования.

Задачами данной ВКР являются:

- представить характеристику объекта и питающей линии электропередачи;
- произвести выбор силовых трансформаторов и трансформаторов собственных нужд в соответствии с электрическими нагрузками;
- рассчитать токи короткого замыкания с целью выбора высоковольтного оборудования электрической подстанции;
- выбрать основное электрооборудование подстанции: трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, высоковольтные выключатели и разъединители на высоком и низком напряжении на основании расчетных рабочих и максимальных токов, а также токов КЗ.

Практическая значимость обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения схемы электроподстанции могут быть использованы для проектирования и реконструкции подстанций с высшим напряжением 110-220 кВ и низшим напряжением 6-10 кВ.

1 Теоретическая часть

1.1 Характеристика подстанции 110/10 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» до реконструкции

Питание подстанции 110/10 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» осуществляется от двухцепной ВЛ 110 кВ с диспетчерскими наименованиями С-99 и С-100. Подстанция тупикового типа, от которой электрическая энергия передается конечным потребителям, таким как: п. Сахарный; жилой массив п. Ташеба; с. Чапаево; МП АЭС; база (предприниматель Зубарев); п. Сапогово.

Общий вид существующего трансформатора 1Т подстанции (трансформатор 2Т такой же) типа ТМН-6300/110 представлен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Общий вид трансформатора 1Т подстанции ТМН-6300/110

Общая существующая однолинейная схема ПС показана на рисунке 1.2. Она включает в себя:

- на вводе в ПС стоят два разъединителя с двумя заземляющими ножами типа РНДЗ-2-110/1000 У1;
- в ремонтной перемычке установлены два разъединителя типа РНДЗ-16-110/1000 У1 с одним заземляющим ножом
- за ремонтной перемычкой установлен линейный разъединитель типа

РНДЗ-16-110/1000 У1 с одним заземляющим ножом со стороны ВН трансформатора 2Т и линейный разъединитель с двумя заземляющими ножами типа РНДЗ-2-110/1000 У1 со стороны ВН трансформатора 1Т.

– 2 блока с отделителем (ОД-110М/630) и короткозамыкателем (КЗ-110М), между трансформатором 2Т и блоком ОД/КЗ присоединен разрядник РК 110 кВ типа РВС-110М, а между трансформатором 1Т и блоком ОД/КЗ присоединен ограничитель перенапряжений типа ОПН-110;

– в глухозаземленные нейтрали трансформаторов 1Т и 2Т на стороне обмоток ВН 110 кВ установлены заземлители ЗОН-110М, разрядники РВС-33-15, а также трансформаторы тока типа ТВТ-110М;

– на низкой стороне 10 кВ на вводах присоединены ОПН-10 у каждого трансформатора, а также через отпайки присоединены 1ТСН и 2ТСН для питания оборудования собственных нужд типа ТМ-100/10 каждый, на стороне 10 кВ которых стоят разъединитель 10 кВ и высоковольтный предохранитель ПКН-001;

– на низкой стороне 10 кВ на отходящих линиях КРУН 10 кВ установлены ячейки (всего 12 ячеек, из которых 2 вводные и две измерительные с ТН 10 кВ) с высоковольтными выключателями с выкатными элементами (без разъединителей), а именно: ВВУ-СЭЩ-10 (яч.12, 10, 8, 6, 2) – 2 секция шин 10 кВ, на первой секции шин – ВМПП-10-630-20 (яч.1, 5, 7, 9);

– для измерительных целей и для обеспечения устройств релейной защиты и автоматики предусмотрены трансформаторы тока ТТ 10 кВ в ячейках на каждом отходящем присоединении (кроме ячейки с ТН 10 кВ), а именно: ТЛМ-10-2УВ (яч. 1, 5), ТОЛ-10 (яч. 2, 6, 8, 10, 12), ТПЛ-10 (яч.7, 9), ТЛК-10 (яч. 1);

– для измерительных целей и для обеспечения устройств релейной защиты и автоматики предусмотрены трансформаторы напряжения ТН1 (НАМИ-10 (1 сек.)) и ТН2 (НАМИТ-10 (2 сек.)) на 10 кВ в яч.3 и 4, которые защищены предохранителями ПКТ-10 и разрядником и ОПН (РВП-10 (яч. 3), ОПН-10 (яч. 4)).

РНДЗ-2-110/1000 У1
РНДЗ-16-110/1000 У1
РНДЗ-16-110/1000 У1 РНДЗ-2-110/1000 У1
ОД-110М/630 КЗ-110М
РВС-110М ОПН-110
ТМН-6300/110/10 ЗОН-110М РВС-33-15 ТВТ-110М
ТМ-100/10 (2ТСН,1ТСН) ПКН-001 ОПН-10
ВВУ-СЭЩ-10 (яч. 12, 10, 8, 6, 2) ВМПП-10-630-20 ПКТ-10 (яч. 3, 4)
ТЛМ-10-2УВ (яч. 1, 5) ТОЛ10(2,6,8, 10, 12) ТПЛ-10 (яч. 7, 9,) ТЛК-10 (яч. 1) РВП-10 (яч. 3) ОПН-10 (яч. 4)
НАМИ-10 (1 сек.) НАМИТ-10 (2 сек.)
Наименование присоединения

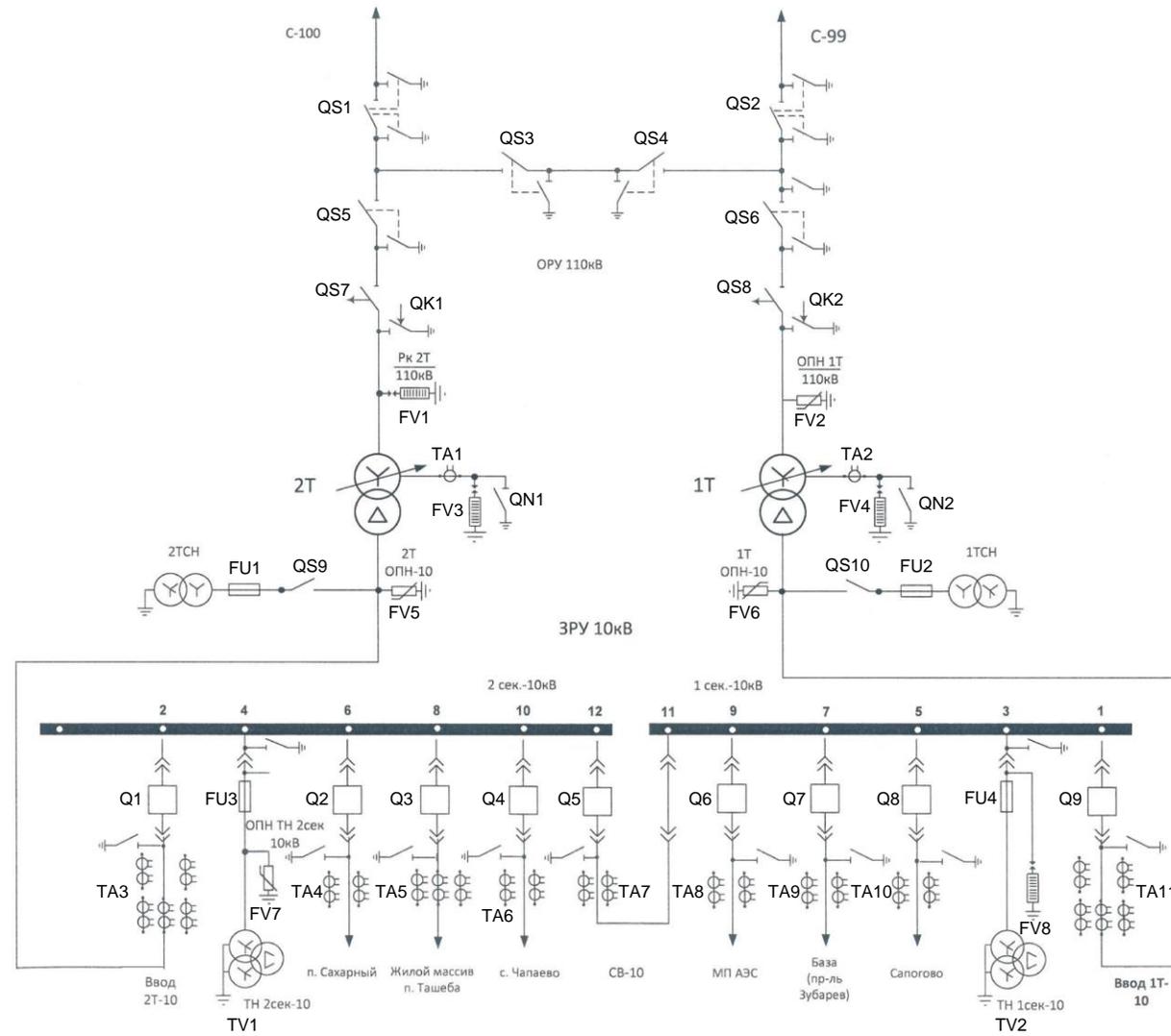


Рисунок 1.1 – Общая однолинейная схема ПС

1.2 Обоснование реконструкции подстанции

За время эксплуатации подстанции ее реконструкция производилась частично с установкой в 2008-2010 гг. ОПН вместо разрядников на напряжениях 110 кВ и 10 кВ. Тем не менее, разрядники в нейтралях трансформаторов на напряжении 110 кВ остались. Также имеется разрядник РВС-110М со стороны ВН трансформатора 2Т, который должен быть заменен на ОПН-110кВ. Разрядник РВП-10 (яч. 3) защиты трансформатора напряжения ТН-1 первой секции также необходимо заменить на ОПН-10 в рамках реконструкции.

В настоящий момент частично имеется устаревшее физически и морально оборудование, описанное в п.1.1, оно стало менее надежное, т.к. участились случаи его отказа. В особенности это касается маломасляных выключателей, присоединенных к первой секции шин – ВМПП-10-630-20 (яч.1, 5, 7, 9). Ячейки 2-ой секции шин 10 кВ (яч.12, 10, 8, 6, 2) замены не требуют, т.к. там установлены современные выключатели типа ВВУ-СЭЩ-10.

На уровне ремонтной переемычки необходимо со стороны каждого силового трансформатора предусмотреть установку трансформаторов напряжения в количестве 2-х штук. Это нужно для обеспечения подключения электроизмерительных приборов с цепями напряжения, а также устройств РЗА.

В последнее время трансформаторы 1Т и 2Т работают с недопустимой нагрузкой, которая была замерена в пике по состоянию на 21.12.2022 и 20.12.2023. Результаты замеров отображены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Результаты замеров по состоянию на 21.12.2022 и 20.12.2023

Дисп. номер	Номинальная мощность/ток, МВА/А	21.12.2022				20.12.2023			
		S/I, МВА/А	%	загрузка в режиме п-1, %		S/I, МВА/А	%	загрузка в режиме п-1, %	
				по мощности	по току			по мощности	по току
1Т	6,3	2,62	41,66	141,54	136,28	4,53	71,84	202,31	196,62
	31,6	12,67	40,10			22,06	69,81		
2Т	6,3	6,29	99,88			8,22	130,47		
	31,6		96,18			40,07	126,81		

Из таблицы 1.1 видно, что трансформаторы перегружены из-за возросшей электрической нагрузки в данном районе (подключение новых потребителей к существующим присоединениям). За год (с конца 2022 и по конец 2023 гг.) загрузка трансформаторов по мощности (аналогично и по току) достигла красной отметки, увеличившись еще в среднем примерно на 30%:

– для трансформатора 1Т коэффициент загрузки фактический:

$$K_{з.1Т} = 0,7184 > 0,7 \text{ (по состоянию на 20.12.2023);}$$

– для трансформатора 2Т коэффициент загрузки фактический:

$$K_{з.2Т} = 1,3047 > 0,7 \text{ (по состоянию на 20.12.2023).}$$

При выходе из строя одного из трансформаторов либо при выводе в ремонт одного из них второй будет пропускать через свои обмотки всю нагрузку ПС, а коэффициенты перегрузки составят:

$$K_{\text{ПЕР.1Т, 2Т}} = 2,0231 > 1,4 \text{ (по состоянию на 20.12.2023).}$$

Таким образом, ни одно из условий не выполняется (в нормальном и послеаварийном режимах), поэтому требуется установка трансформаторов большей мощности.

2 Аналитическая часть

2.1 Анализ перспективных конструкций трансформаторов тока 110 кВ

Возрастающие требования пожаробезопасного оборудования и запрет применения негорючих изоляционных жидкостей породили развитие элегазовых измерительных трансформаторов, применение которых в РФ началось сравнительно недавно.

В трансформаторах тока ТРГ-УЭТМ 110 кВ (рисунок 2.1) для заполнения используется смесь - элегаз и тетрафторметан-14 или элегаз и азот [29, 33].

У трансформатора тока ТРГ-УЭТМ 110 кВ очень хорошая термическая стойкость к токам к.з. (наибольший пик 102 кА, односекундный ток термической стойкости 40 кА).



Рисунок 2.1 – Трансформатор тока ТРГ УЭТМ напряжением 110 кВ

Преимущества ТРГ УЭТМ напряжением 110 кВ можно проиллюстрировать в виде схемы, представленной на рисунке 2.2 [33].

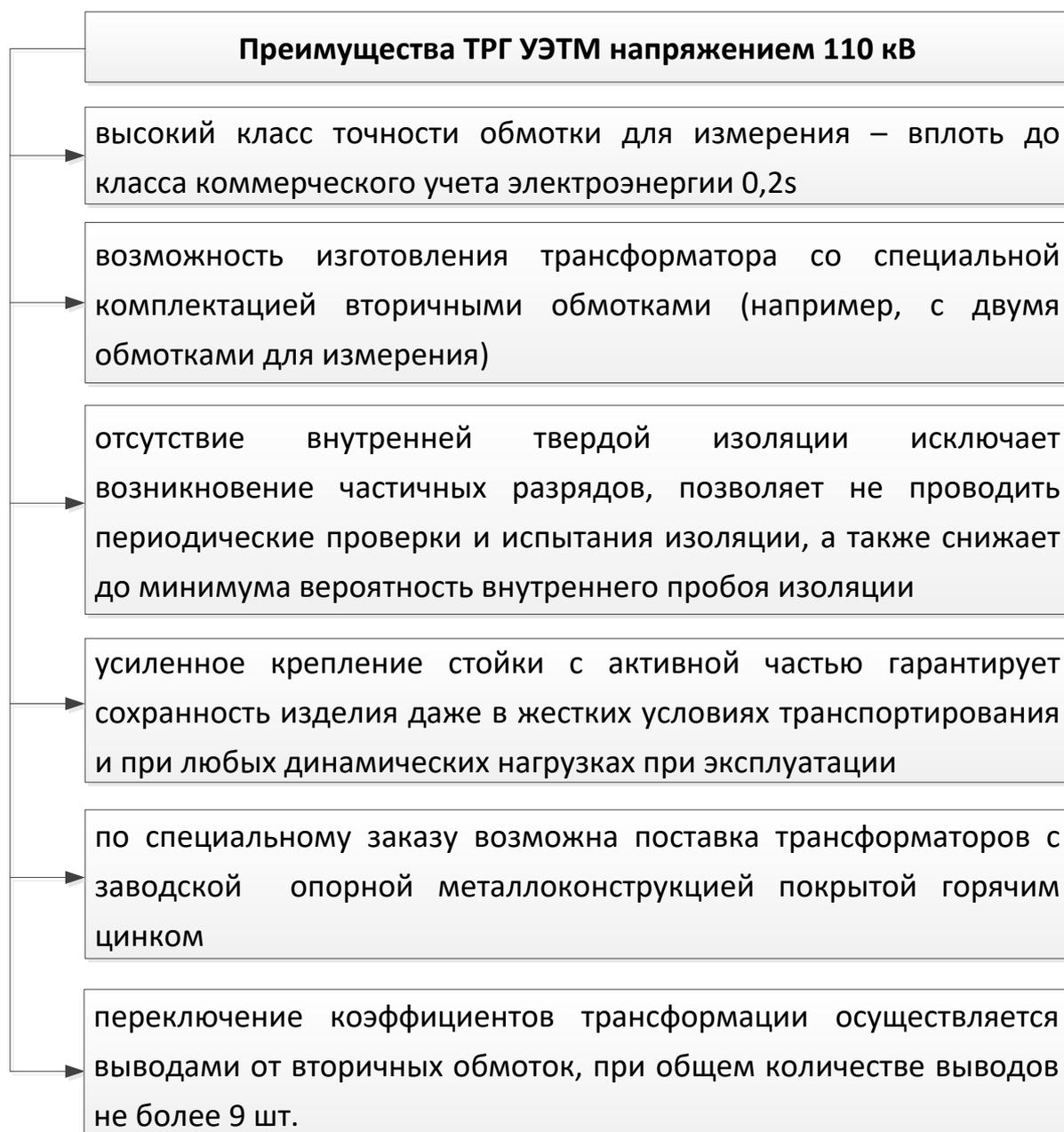


Рисунок 2.2 – Преимущества ТРГ УЭТМ напряжением 110 кВ

ТОГФ-110 (УХЛ1) – трансформаторы тока элегазовые с фарфоровой изоляцией (рисунок 2.3).

Трансформатор тока ТОГФ-110 с азотной изоляцией (точнее смесь элегаз + азот) – трансформатор тока практически без экологических проблем. Основными преимуществами азотного трансформатора тока 110 кВ являются – повышенный коэффициент пожаробезопасности, возможность использования аппарата при низких температурах и др. [27, 29].



Рисунок 2.3 – Трансформатор тока ТОГФ-110

Особенности конструкции ТОГФ-110 можно проиллюстрировать в виде схемы, представленной на рисунке 2.4 [34].

Классы точности вторичных обмоток для защиты: 5Р; 10Р. У трансформатора тока ТОГФ-110 очень хорошая термическая стойкость к токам к.з. (наибольший пик 102 кА, односекундный ток термической стойкости 40 кА).

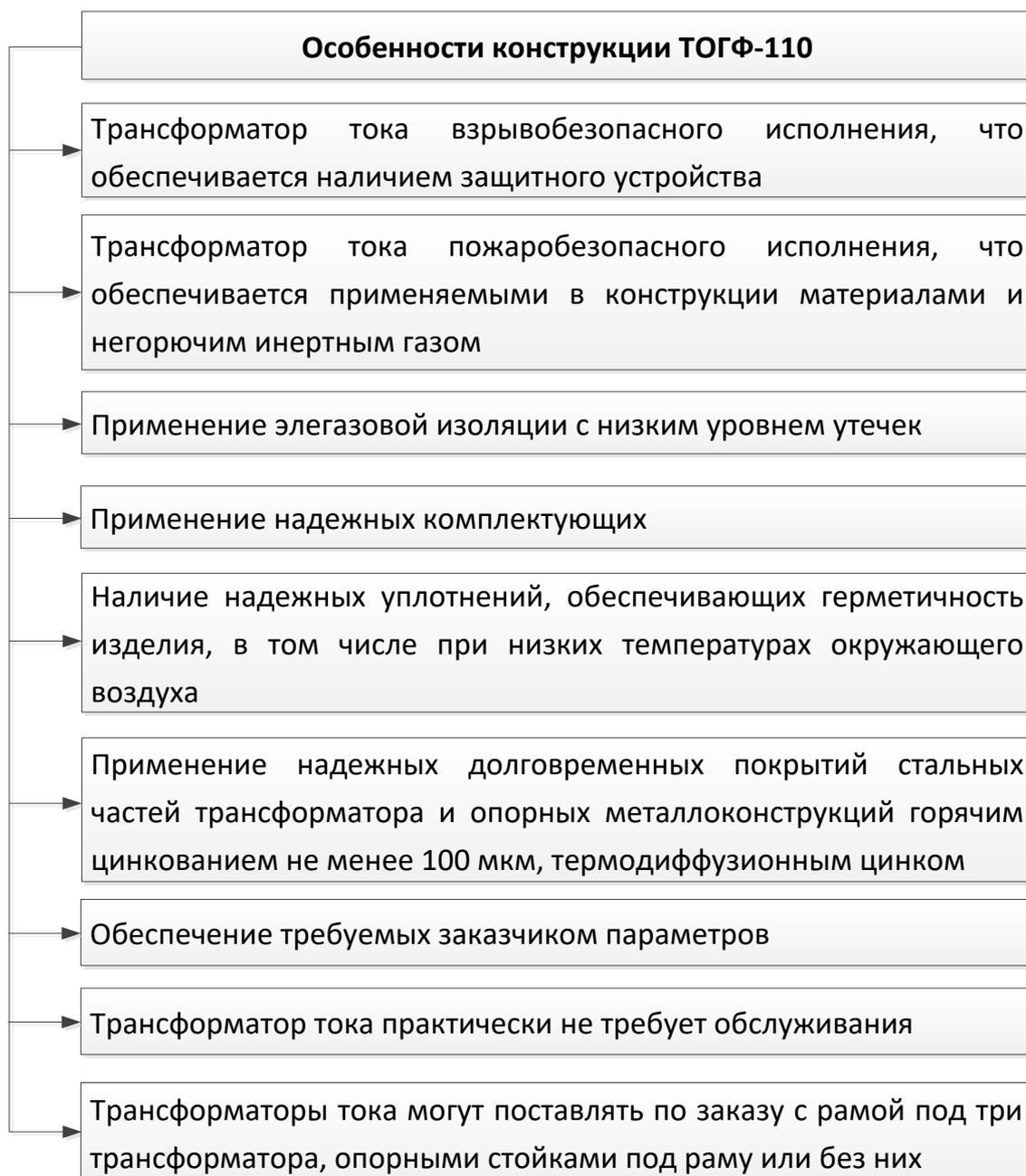


Рисунок 2.4 – Особенности конструкции ТОГФ-110

2.2 Анализ перспективных конструкций трансформаторов напряжения 110 кВ

Трансформаторы напряжения ЗНГ-УЭТМ-110 (рисунок 2.5) – индуктивные заземляемые антирезонансные элегазовые [30].

Особенности конструкции ЗНГ-УЭТМ-110 можно проиллюстрировать в виде схемы, представленной на рисунке 2.6 [30].

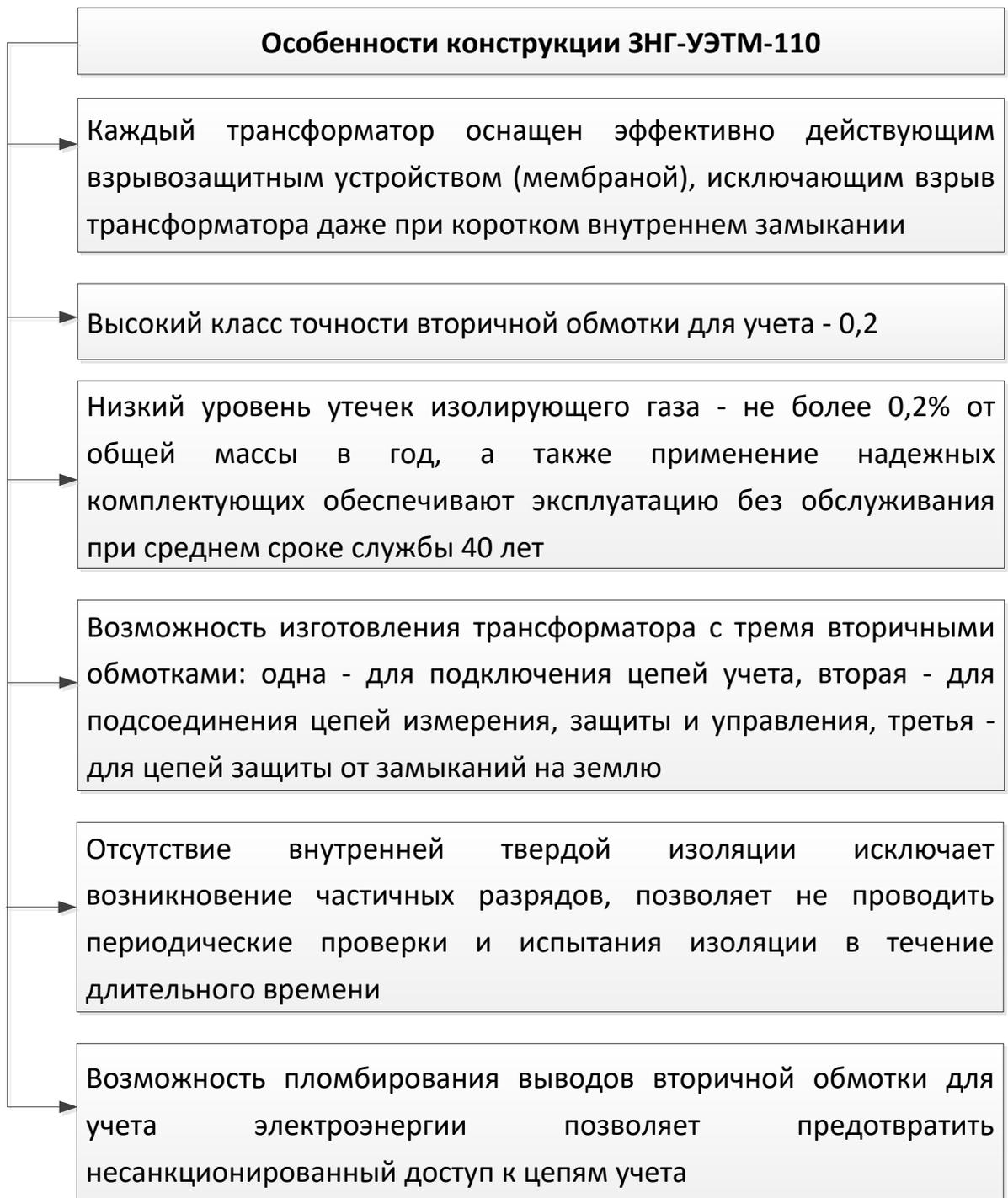


Рисунок 2.5 – Особенности конструкции ЗНГ-УЭТМ-110



Рисунок 2.6 – Трансформатор напряжения типа ЗНГ-УЭТМ-110

Классы точности вторичных обмоток ЗНГ-УЭТМ-110 для защиты при номинальном напряжении основных вторичных обмоток $100/\sqrt{3}$ В: 3Р; 6Р. Предельная мощность трансформатора – до 2000 ВА.

Трансформаторы напряжения индуктивные газонаполненные (элегазовые) серии ЗНОГ-110(У1, УХЛ1) (рисунок 2.7) общего назначения, предназначенные для передачи сигнала измерительной информации измерительным приборам и устройствам защиты, сигнализации и управления в открытых и закрытых распределительных устройствах переменного тока частоты 50 Гц на номинальное напряжение $110/\sqrt{3}$ кВ [26].



Рисунок 2.7 – Трансформатор напряжения типа ЗНОГ-110(У1, УХЛ1)

Особенности конструкции трансформатора типа ЗНОГ-110(У1, УХЛ1) представлены на рисунке 2.8.

Классы точности вторичных обмоток ЗНОГ-110 для защиты при номинальном напряжении основных вторичных обмоток $100/\sqrt{3}$ В: 3Р. Предельная мощность трансформатора – до 1600 ВА.

Основным преимуществом элегазовых трансформаторов является их общая пожаробезопасность. Кроме того, они имеют следующие преимущества по сравнению с маслонаполненными выключателями, устанавливаемыми внутри и снаружи помещений. Это преимущество дает возможность уменьшить размер места, отводимого под него, и снизить стоимость.

Недостатками всегда являются меньшие затраты времени на нагрев по сравнению с масляными трансформаторами. Поэтому допустимое время полной загрузки расширено по величине [26].

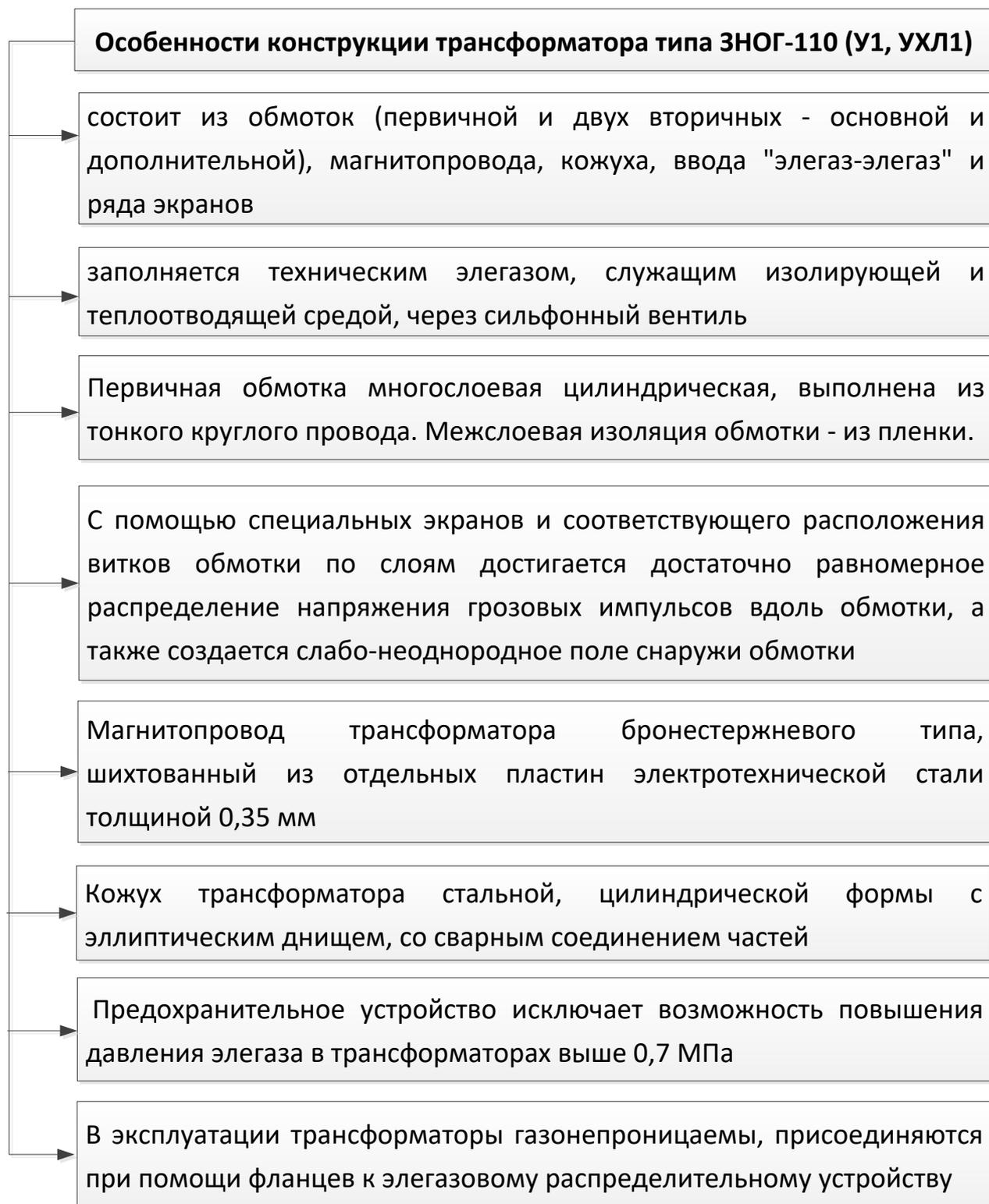


Рисунок 2.8 – Особенности конструкции трансформатора типа ЗНОГ-110(У1, УХЛ1)

2.3 Анализ перспективных конструкций выключателей 110 кВ

В настоящее время широкую популярность из-за своей высокой надежности работы приобретают элегазовые выключатели ВГТ-110 (У1, УХЛ1) [1].

Особенности их конструкции показаны на рисунке 2.9.

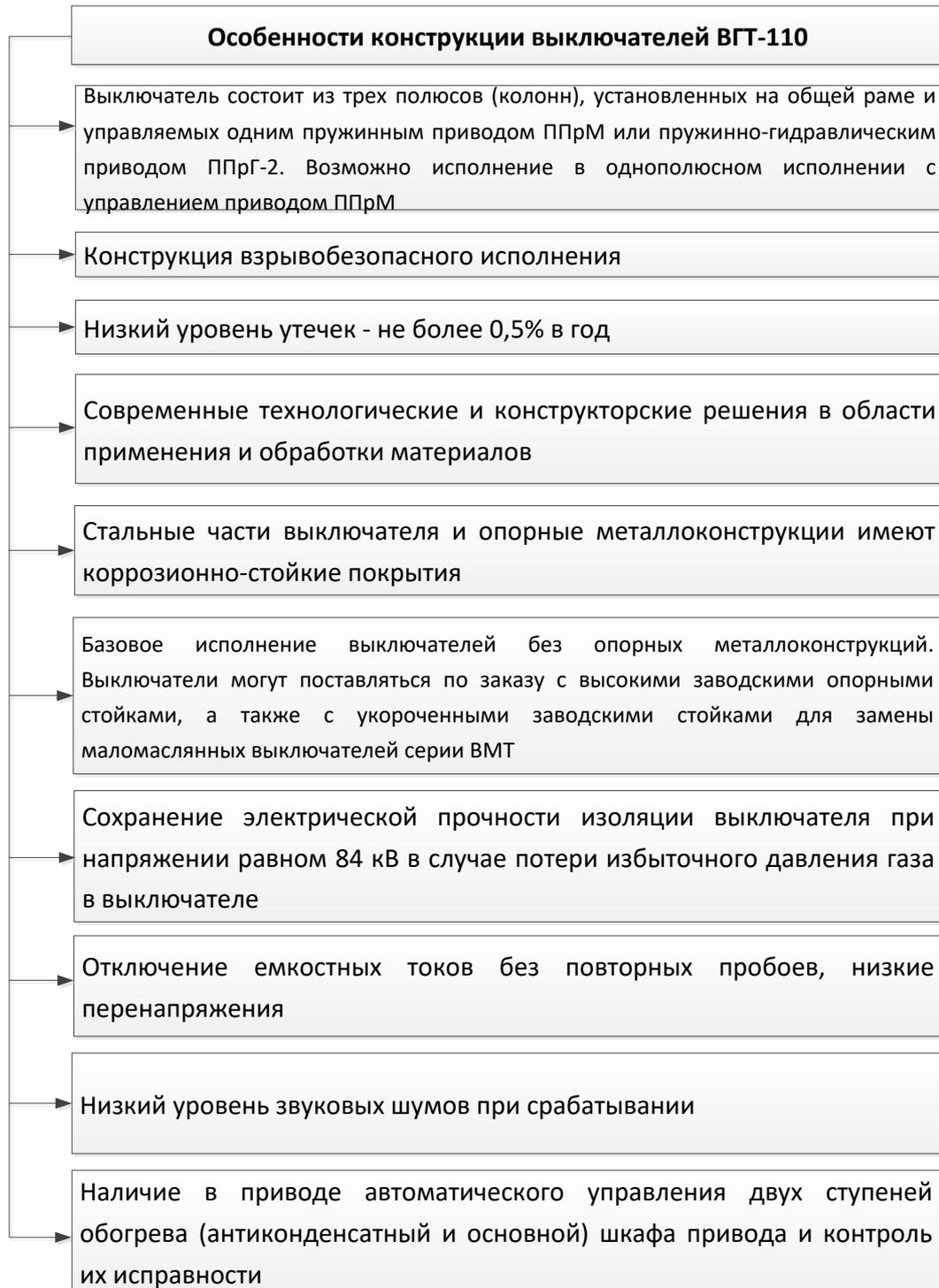


Рисунок 2.9 – Особенности конструкции выключателей ВГТ-110

Преимущества ВГТ-110 показаны на рисунке 2.10.

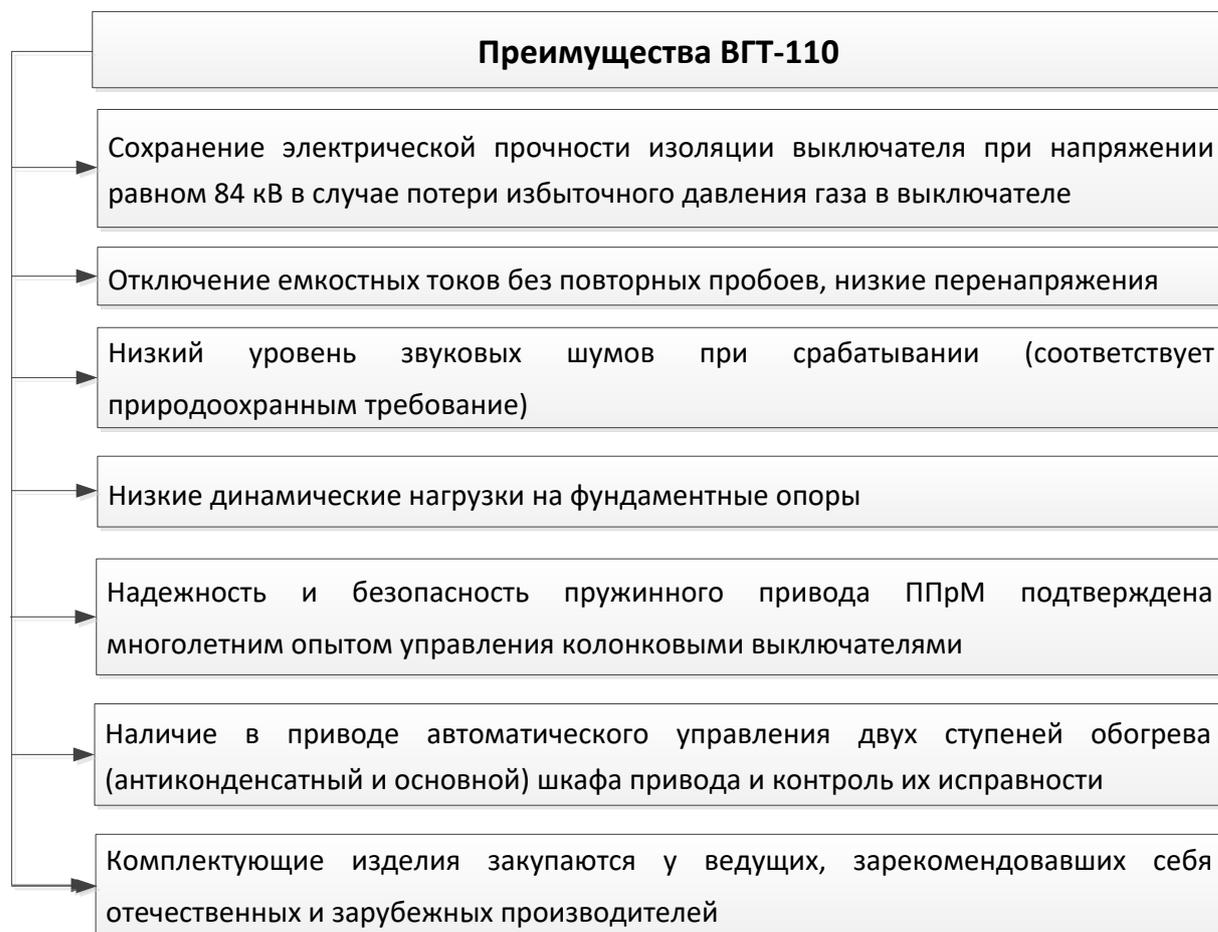


Рисунок 2.10 – Преимущества ВГТ-110

Технические характеристики выключателя ВГТ-110 представлены в [1, 4], а общий вид выключателя ВГТ-110 – на рисунке 2.11.



Рисунок 2.10 – Общий вид выключателя ВГТ-110

Аналогичную конструкцию и характеристики имеет другой подобный современный, но вакуумный выключатель на напряжение 110 кВ с одним разрывом на фазу – типа ВРС-110 [3], общий вид которого показан на рисунке 2.11. Его основные преимущества отражены на рисунке 2.12. В сравнении с элегазовыми выключателями существующих колонковых конструкций на напряжение 110 кВ преимущества заключаются в его стабильности, удобстве сборки, высоком коммутационном ресурсе, экологической безопасности и большей надежности, а в сравнении с масляными выключателями на напряжение 110 кВ можно добавить минимальную стоимость обслуживания, пожаробезопасность и взрывобезопасность.



Рисунок 2.11 – Общий вид выключателя ВРС-110

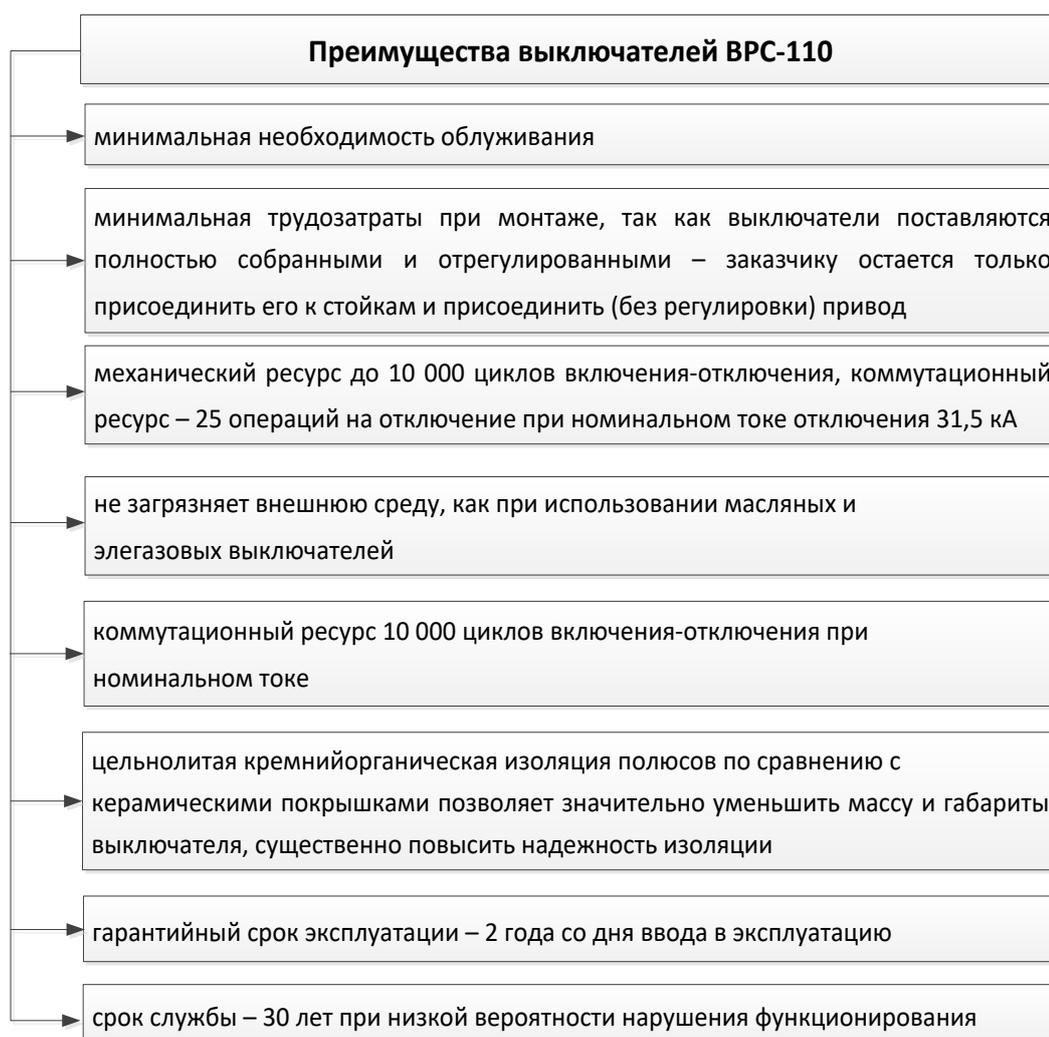


Рисунок 2.12 – Преимущества ВРС-110

Выключатели ВРС-110 по электрической принципиальной схеме привода, а также по внешним соединениям вторичных цепей и величинам токов потребления взаимозаменяемы с выключателями, установленными на подстанциях ранее [3].

2.4 Анализ перспективных конструкций разъединителей 110 кВ

Одна из перспективных конструкций разъединителей – это разъединители серий РГП, РГ на напряжение 110 кВ. Разъединители горизонтально-поворотного типа РГП-110 (рисунок 2.13). РГП-110 в дополнение имеет заземляющие ножи улучшенной конструкции.

Основные технические данные разъединителей различных типов, в том числе и РГП-110, представлены в источниках [8-14].

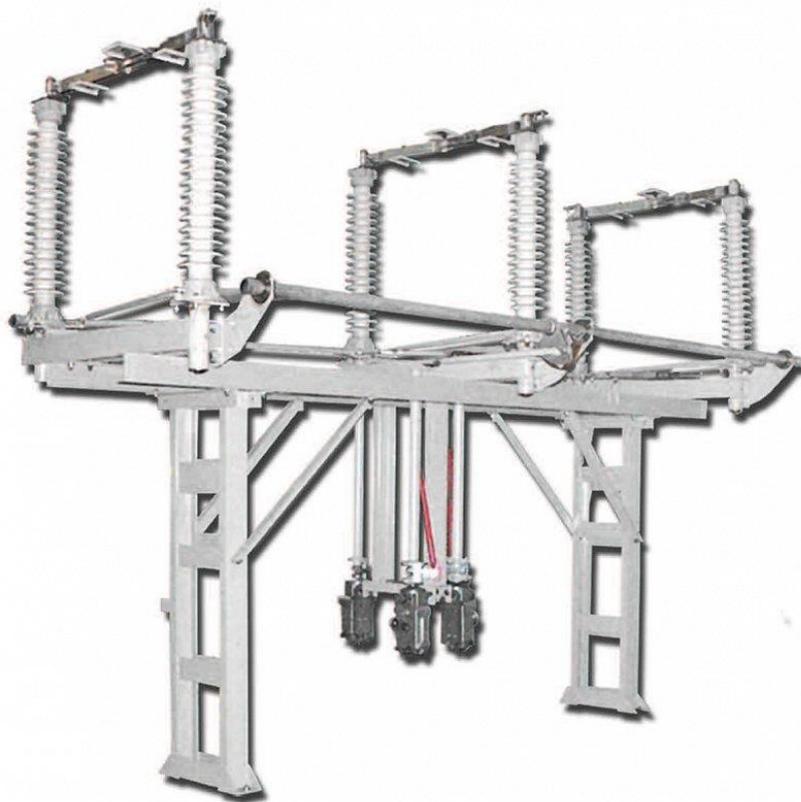


Рисунок 2.13 – Общий вид разъединителя РГП-110

Особенности конструкции разъединителей типов РГП-110, РГП-СЭЩ-110, РГ-110 представлены в виде схемы на рисунке 2.14 [8-14].

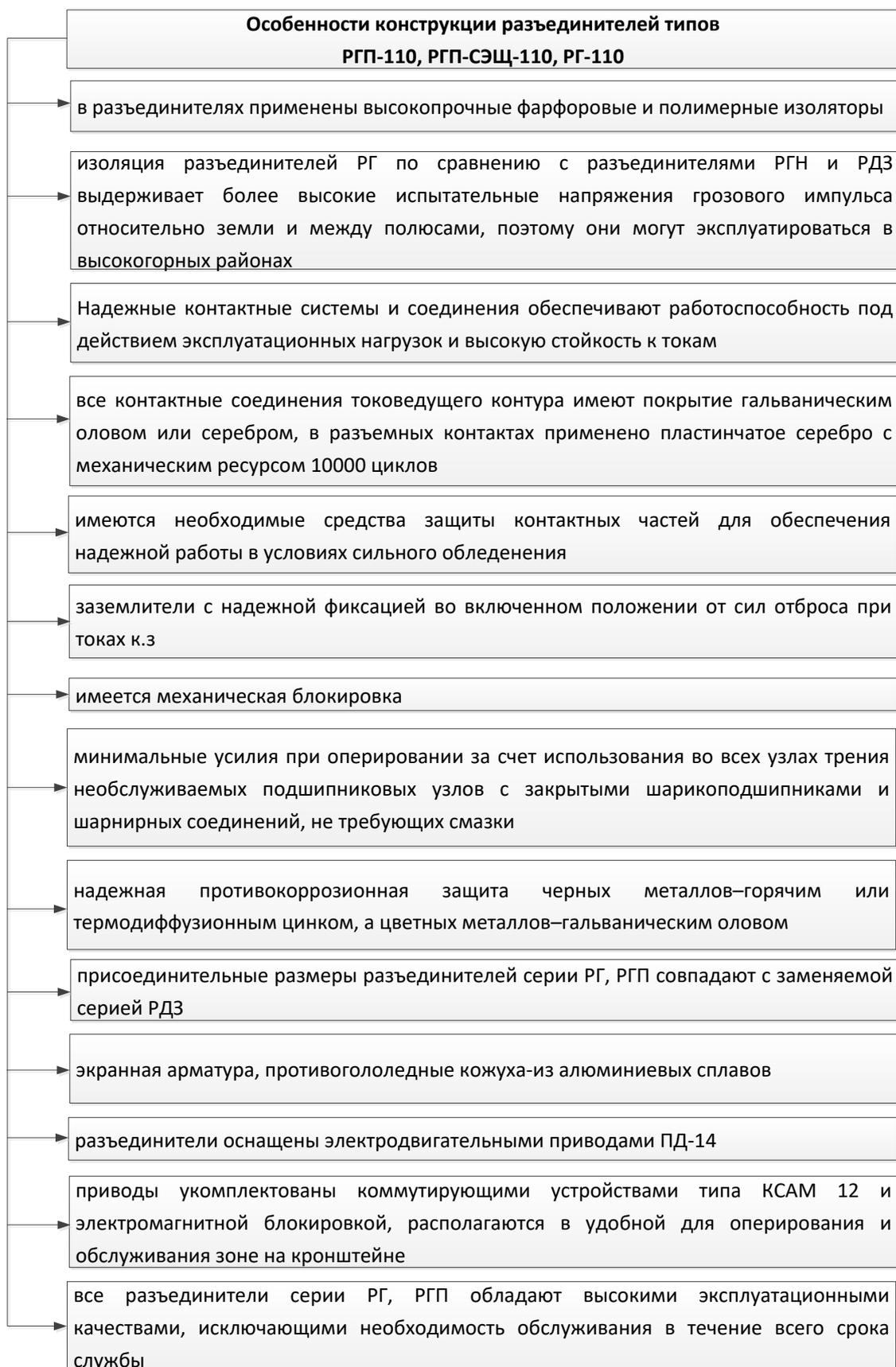


Рисунок 2.14 – Особенности конструкции разъединителей типов РГП-110, РГП-СЭЦ-110, РГ-110

ЗАО «Группа компаний «Электроцит» - ТМ Самара» выпускает разъединители переменного тока наружной установки на напряжение 110 кВ серии РН СЭЩ [10], рисунок 2.15. Параметры и условия эксплуатации идентичны указанным выше соответствующим факторам для РГП-110.



Рисунок 2.15 – Разъединитель серии РН СЭЩ 110 кВ

Есть современные разъединители на напряжение 110 кВ типа РПД(РПДО)-УЭТМ, РГД, но по сути, это разъединители других российских производителей с практически идентичной конструкцией и техническими характеристиками [12, 13].

2.5 Анализ перспективных конструкций ячеек с выключателями на напряжение 10 кВ

Перспективными типами выключателей, которые составляют основу высоковольтных ячеек 10 кВ отходящих фидеров от сборных шин того же напряжения, являются вакуумные выключатели серии ВВ/TEL производства Таврида-Электрик. Они имеют перспективную конструкцию и множество

достоинств. Выключатели предназначены для модернизации камер сборных одностороннего обслуживания (КСО), комплектных распределительных устройств наружного исполнения (КРУН) и шкафов КРУ в сетях с номинальным напряжением 10 кВ [2].

Шкафы КРУ серии ВВ/TEL имеют жесткую конструкцию, в которую встраиваются выключатели, трансформаторы напряжения, трансформаторы тока, токоведущие части (сборные шины и отпайки). В верхней части шкафов КРУ устанавливаются релейные шкафы со встроенной аппаратурой релейной защиты и автоматики (РЗА), аппаратурой управления, измерения и сигнализации, клеммниками и цепями вторичных соединений.

В качестве вводных и секционных ячеек, а также для отходящих линий перспективны ячейки типа ISM15-Shell-2 (250 Н) серии ВВ/TEL (рисунок 2.16).

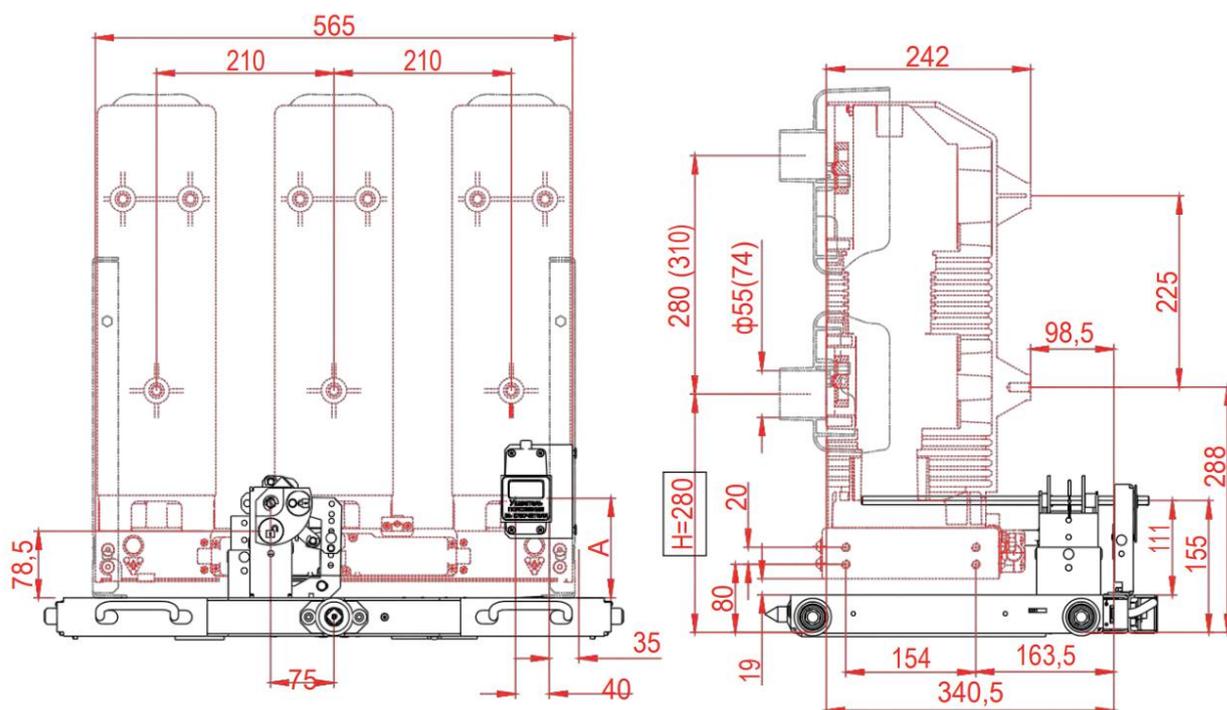


Рисунок 2.16 – Общий вид ячейки типа ISM15-Shell-2 (250 Н) серии ВВ/TEL

В качестве ячейки управления может быть использован электронный модуль управления CM_1501_01(4) (рисунок 2.17), который предназначен для управления коммутационными модулями ISM путем подачи на их элек-

тромагниты порции электрической энергии и для организации схем релейной защиты и автоматики (в том числе, быстрого АВР), управления и сигнализации [2].

Электронный модуль управления CM_1501_01(4) предназначен для установки на выкатных элементах и в релейных шкафах комплектных распределительных устройств (КРУ).

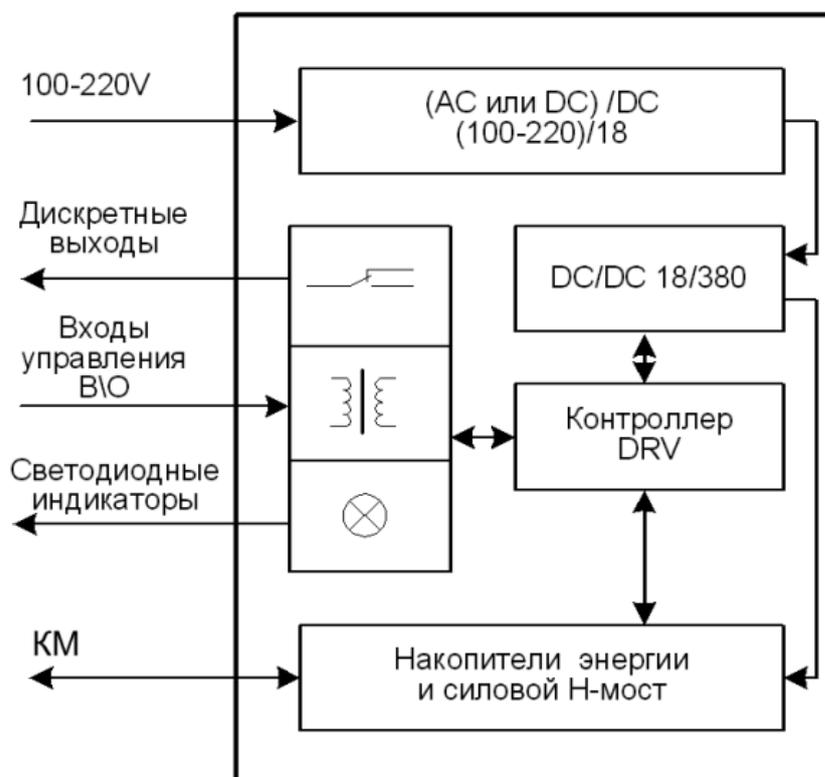


Рисунок 2.17 – Схема электронного модуля управления CM_1501_01(4)

Электронный модуль управления CM_1501_01(4) обеспечивает выполнение следующих функций:

- управление быстродействующим коммутационным модулем ISM15_Shell;
- выполнение цикла АПВ О - 0,1 с – ВО – 10 с – ВО – 10 с – ВО...;
- блокировку повторных включений;
- блокировку команды включения при наличии команды отключения;
- блокировку команды включения при механическом или самопроиз-

вольном отключении коммутационного модуля;

- контроль исправности цепи электромагнитов коммутационного модуля;
- сигнализацию неисправностей внешних цепей и внутренних неисправностей.

Корпус привода коммутационного модуля заземляется в соответствии с требованиями нормативных документов. Каждая ячейка ISM15-Shell-2 имеет болт заземления M12.

Механические блокировки и ручное отключение коммутационных модулей ISM15-Shell-2 реализуют присоединением блокировочного механизма ячеек КРУ к блокировочному валу (с пазом).

Для организации электрических блокировок в ячейке в цепь между коммутационным модулем ISM15_Shell_2 и модулем управления CM_1501_01(4) допустимо последовательно подключать нормально-замкнутые электрические контакты блокираторов (рисунок 2.18).

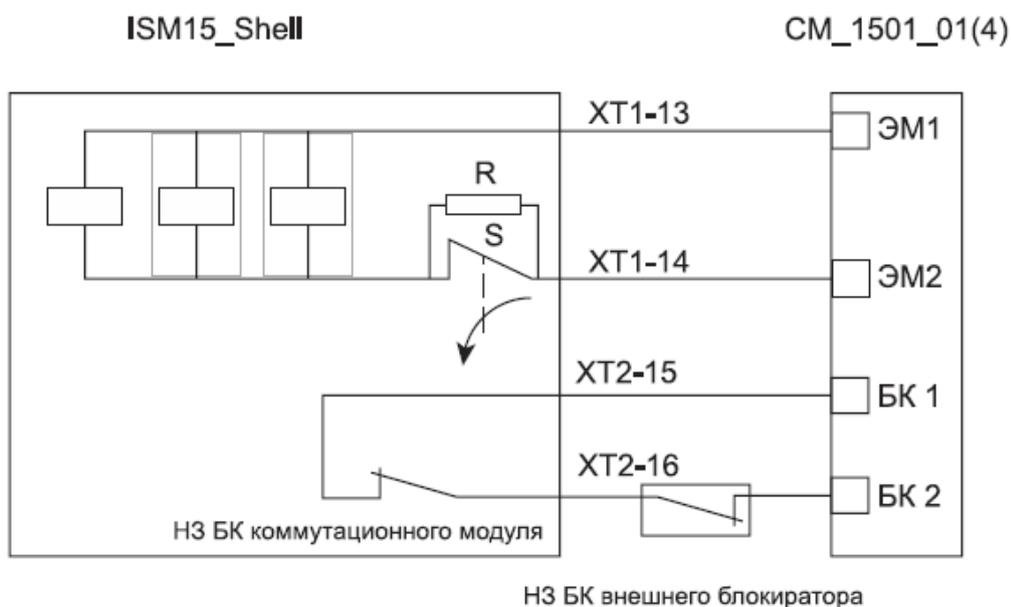


Рисунок 2.18 – Электрическая блокировка ISM15_Shell_2 с CM_1501_01(4)

3 Практическая часть

3.1 Выбор силовых трансформаторов

Выбор трансформаторов необходимо выбрать по расчетной нагрузке, которая возросла в настоящий момент (см. п.1.2). Для этого произведем предварительно несложные расчеты по состоянию на 20.12.2023, наиболее актуальному на данный момент:

– мощность, пропускаемая через трансформатор 1Т:

$$S_1 = 0,7184 * 6,3 = 4,53 \text{ МВА};$$

– мощность, пропускаемая через трансформатор 2Т:

$$S_2 = 1,3047 * 6,3 = 8,22 \text{ МВА}.$$

Таким образом, общая нагрузка подстанции составит:

$$S = S_1 + S_2 = 4,53 + 8,22 = 12,75 \text{ МВА}. \quad (3.1)$$

Т.к. нужно обеспечить загрузку не более 70% одного трансформатора, а количество трансформаторов на подстанции равно двум, то условие выбора новой мощности трансформаторов запишется следующим образом:

$$S_{\text{ном.ТР}} > S / (0,7 * 2) = 12,75 / (0,7 * 2) = 9,11 \text{ МВА}. \quad (3.2)$$

По таблицам справочника [19] выбираем 2 ближайших больших по мощности трансформатора типа ТДН-10000/110 для ПС. Параметры выбранного силового трансформатора представлены в таблице 3.1. Схема соединения $Y_n/D-11$. РПН в нейтрали стороне ВН $+9x1,78\%$, со встроенными в ввод ВН трансформаторами тока с номинальными токами 150/5 А, (по 2 в каждой

фазе; сердечник 1 - [класс/нагрузка/кратность] 0,5/20ВА/5; сердечник 2 - [класс/нагрузка/кратность] 5Р/30ВА/20) и трансформаторами тока встроенными в нейтраль Кт.т=150/5, кл.точности 0,5/5Р.

Таблица 3.1 – Параметры силового трансформатора

Тип трансформатора	U _{ном} , кВ	Пределы регулирования, %	ΔP _к , кВт	ΔP _х , кВт	U _к , %	I _х , %
ТДН-10000/110	115/11	±9×1,78	60	14	10,5	0,7

Общий вид трансформатора типа ТДН-10000/110 похож на существующий (как на рисунке 1.2), но имеет несколько большие габариты.

Таким образом, выбранные силовые трансформаторы типа ТДН-10000/110 в количестве 2-х штук, вновь устанавливаемые на ПС, обеспечат питание заданной величины нагрузки потребителей.

3.2 Выбор питающей линии 110 кВ

Линия, питающая ПС напряжением 110/10 кВ имеет маркировку проводов 3хАС 120/19. Т.к. транзитная линия двухцепная, то имеется возможность подключения к ней двух цепей ответвлений, которые будут питать два трансформатора рассматриваемой ПС.

Полная мощность одной цепи питающей ВЛ в режиме наибольших нагрузок на пятый год эксплуатации находится по формуле:

$$S_{\text{вл}} = \frac{1}{2} \cdot S = \frac{1}{2} \cdot 12,75 = 6,375 \text{ МВА.} \quad (3.3)$$

где S – максимальная полная мощность подстанции (см. п.3.1).

Определяем ток линии на пятый год эксплуатации по формуле:

$$I_5 = \frac{S_{\text{ВЛ}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (3.4)$$

$$I_5 = \frac{6,375 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} = 33,46 \text{ А.}$$

Значение расчетного тока определяется по выражению:

$$I_p = I_5 \cdot a_i \cdot a_t, \quad (3.5)$$

где I_5 – ток линии на пятый год ее эксплуатации в нормальном режиме (А);
 a_i – коэффициент, учитывающий изменение нагрузки по годам эксплуатации линии;
 a_t – коэффициент, учитывающий число часов использования максимальной нагрузки ВЛ.

Значение $a_i = 1,05$. Значение $a_t = 1,2$ при коэффициенте $K_m = 0,8$ [36].

$$I_p = 33,46 \cdot 1,05 \cdot 1,2 = 42,16 \text{ А.}$$

Определяем суммарное сечение проводов фазы ВЛ через нормированную плотность тока [36]:

$$F = \frac{I_p}{j_H} = \frac{42,16}{0,9} = 46,84 \text{ мм}^2. \quad (3.6)$$

Сечение проводников линии, питающей ПС, равно $F = 70 \text{ мм}^2$ (по условиям коронирования разрядов по поверхности проводов) длительно допустимый ток провода $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$.

Проверка провода АС-70/11 по нагреву в послеаварийном режиме в случае обрыва одной питающей цепи:

$$I_{\text{доп}} = 33,46 \cdot 2 = 66,92 \text{ А} < I_{\text{доп}} = 265 \text{ А, условие выполняется.}$$

Подстанция будет иметь 2 стандартных блока приёма ВЛ на напряжение 110 кВ. Блок приёма ВЛ наружной установки климатического исполнения УХЛ1 на напряжение 110 кВ предназначен для установки высокочастотных заградителей на вводе ВЛ на ПС.

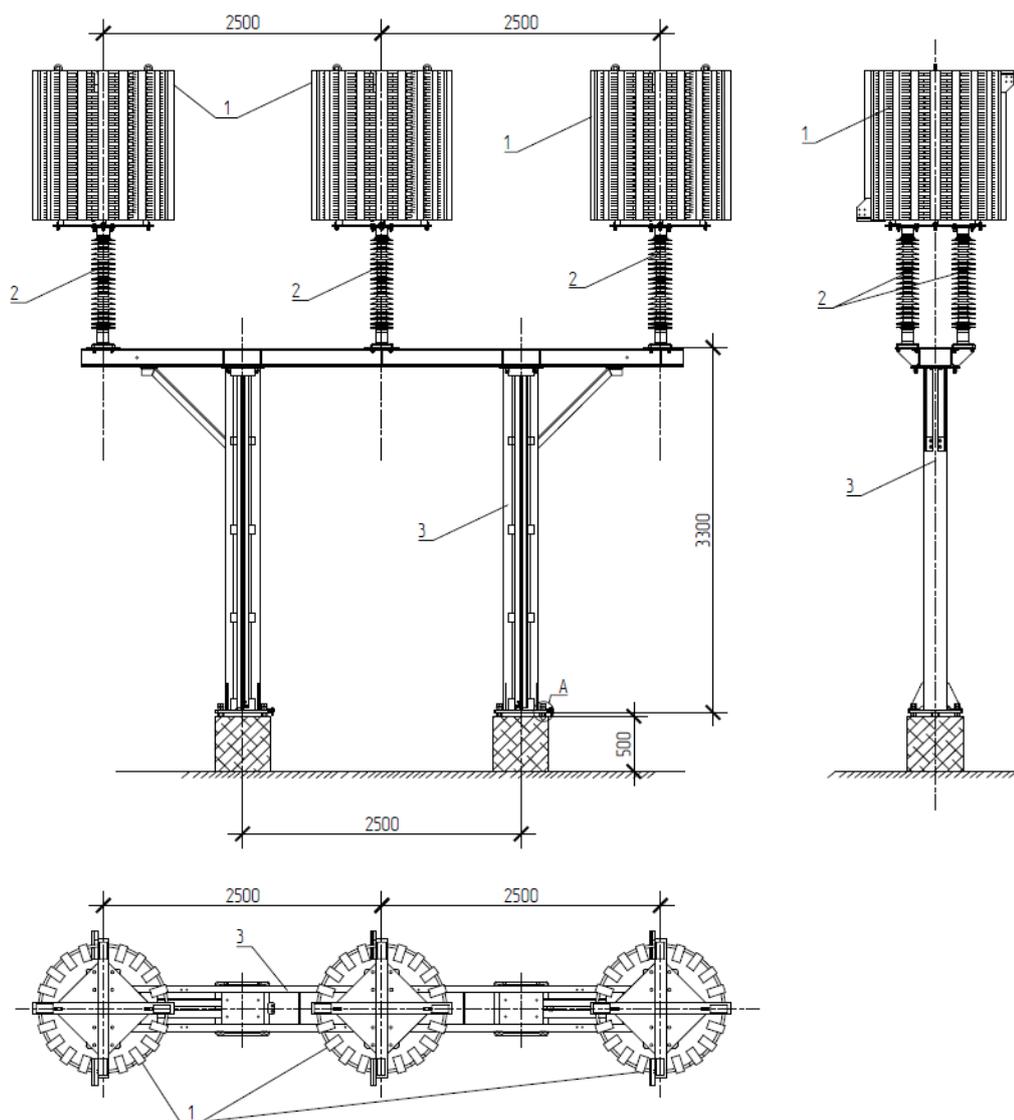
В комплект одного блока входит установочная металлическая конструкция для установки трёх ВЧ заградителей, комплект из трёх ВЧ заградителей, опорные изоляторы

для установки оборудования на несущей конструкции, метизы для установки оборудования на несущей конструкции и установки самого блока.

Параметры ВЧ заградителя ВЗ-630-0,5 УХЛ1 (160-500 кГц):

- тип - ВЗ-630-0,5 УХЛ1;
- номинальное напряжение ВЛ – 110 кВ;
- номинальный длительный ток (действующее значение) – 630 А;
- номинальный кратковременный ток (действующее значение) – 16 кА;
- ударный ток – 41 кА;
- номинальная индуктивность реактора – 0,5 мГн;
- диапазон частот заграждения – 160-500 кГц;
- характеристическое сопротивление ВЛ/ активная составляющая полного сопротивления, не менее – 450/640 Ом;
- схема установки – фаза-земля;
- тип провода АС-70/11 (через аппаратный зажим А2А).

Общий вид заградителя ВЗ-630-0,5 УХЛ1 представлен на рисунке 3.1.



1 – Высокочастотный заградитель; 2 – Опорный изолятор;
3 - Опорная металлоконструкция

Рисунок 3.1 – Общий вид заградителя ВЗ-630-0,5 УХЛ1

3.3 Расчет токов КЗ

Питание подстанции осуществляется от одного центра питания по одной двухцепной воздушной ЛЭП. Упрощенная схема подстанции с привязкой ее к системе внешнего электроснабжения, для расчета токов трехфазного короткого замыкания в максимальном и минимальном режимах, и схема замещения подстанции с привязкой ее к системе внешнего электроснабжения, приведены на рисунке 3.2.

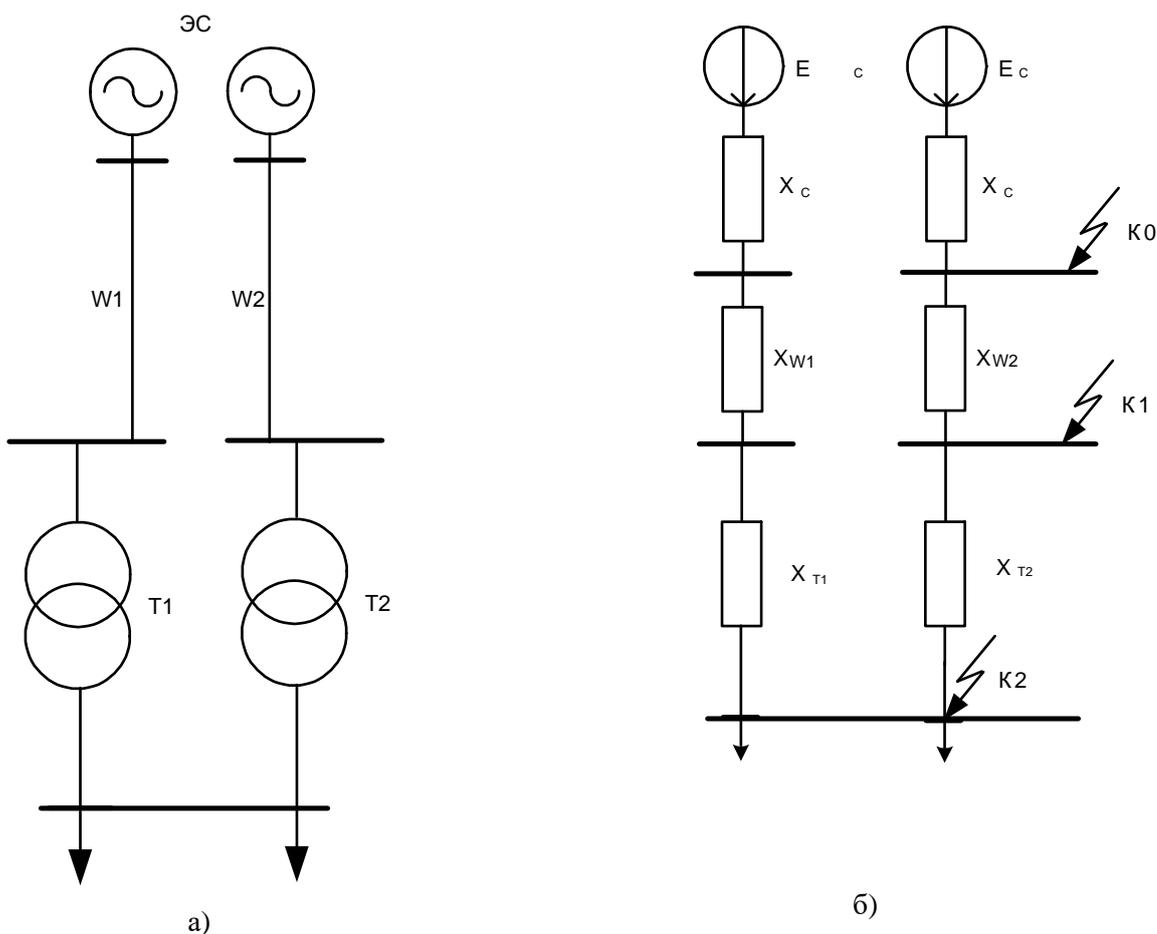


Рисунок 3.2 – Расчетная схема (а) и схема замещения (б) ПС

На схеме (рисунок 3.2) активные сопротивления элементов в сетях 110-220 кВ могут не учитываться из-за малого их значения по сравнению с индуктивными сопротивлениями элементов (линий, трансформаторов). Т.е. элементы в сети 110 кВ и выше представляются постоянным индуктивным сопротивлением, и пренебрегают активным сопротивлением элементов схемы [18, 36]. Поэтому активные сопротивления элементов линий и трансформаторов на схеме замещения рисунка 3.2 отсутствуют.

Мощность короткого замыкания на шинах питающей энергосистемы неизвестна, поэтому задаемся типом выключателя на стороне 110 кВ, защищающего вводы в подстанцию ВРС-110 III-31,5/2500 УХЛ1. Его предельная отключающая способность в максимальном режиме составляет 31,5 кА. Для минимального режима возьмем минимально возможную отключающую способность выключателей 110 кВ, равную 12,5 кА. Исходя из этих соображе-

ний, вычислим мощности короткого замыкания в максимальном и минимальном режимах:

$$S_{c \max} = \sqrt{3} \cdot I_{K3 \max \text{ЭС1}} \cdot U_{\text{ср.ном}} = \sqrt{3} \cdot 31,5 \cdot 115 = 6274,17 \text{ МВА}, \quad (3.7)$$

$$S_{c \min} = \sqrt{3} \cdot I_{K3 \min \text{ЭС1}} \cdot U_{\text{ср.ном}} = \sqrt{3} \cdot 12,5 \cdot 115 = 2489,75 \text{ МВА}. \quad (3.8)$$

Произведем расчет токов КЗ в максимальном режиме. Расчет произведем в относительных (безразмерных) единицах.

Определяем индуктивные сопротивления для каждой электрической системы:

$$X_c = \frac{S_6}{S_c} = \frac{1000 \cdot 10^6}{6274,17 \cdot 10^6} = 0,16, \quad (3.9)$$

где S_6 – базисная мощность (задается 1000 МВА); S_c – мощность короткого замыкания системы (МВА).

Индуктивное сопротивление линий электропередач высокого напряжения (одной цепи из двух), выполненных проводами АС-70/11, определим по формуле:

$$X_W = X_{W1} = X_{W2} = \frac{x_{\text{уд}} \cdot l_W \cdot S_6}{U_{\text{ср.ном}}^2} = \frac{0,422 \cdot 16 \cdot 1000 \cdot 10^6}{(115 \cdot 10^3)^2} = 0,52. \quad (3.10)$$

где $x_{\text{уд}}$ – удельное индуктивное сопротивление линии, Ом/км, в расчете принимаем $x_{\text{уд}} = 0,422$ Ом/км [18]; l – длина линии электропередачи, км, $U_{\text{ср.ном}}$ – среднее номинальное напряжение линии электропередач, В.

Суммарное индуктивное сопротивление питающих линий и системы согласно обозначениям на схеме замещения (рисунок 4.1, б):

$$X_{\Sigma} = X_c + X_W = 0,16 + 0,52 = 0,68. \quad (3.11)$$

Индуктивное сопротивление трехфазного трансформатора определяем по выражению:

$$X_{T1,T2} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_H} \cdot (1 \pm \Delta U_{РПН}), \quad (3.12)$$

где U_k – напряжение короткого замыкания трансформатора (%); S_H – номинальная мощность трансформатора (ВА).

$$U_{k.cр} = 10,5\%; \quad U_{k.min} = 10\%; \quad U_{k.max} = 11\%.$$

$$X_{T.1} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_H} = \frac{10}{100} \cdot \frac{1000 \cdot 10^6}{10 \cdot 10^6} \cdot (1 - 0,16) = 8,4.$$

$$X_{T.2} = \frac{U_k}{100} \cdot \frac{S_{\delta}}{S_H} = \frac{11}{100} \cdot \frac{1000 \cdot 10^6}{10 \cdot 10^6} \cdot (1 + 0,16) = 12,76.$$

Преобразование схемы выполняем в направлении от источника питания к месту короткого замыкания.

Определяем результирующее сопротивление до точки короткого замыкания К1 как наименьшее суммарное сопротивление:

$$X_{\Sigma_{общ}(K1)} = X_{\Sigma} = 0,68. \quad (3.13)$$

Результирующее сопротивление до точки короткого замыкания К2, с учетом параллельного соединения двух ветвей, включающих электрическую систему, линию и трансформатор (рисунок 3.2, б), определим по формуле:

$$X_{\Sigma_{общ}(K2)} = \frac{X_{\Sigma_{общ}(K1)} + X_{T.1}}{2} = \frac{0,68 + 8,4}{2} = 4,54. \quad (3.14)$$

Рассчитаем базисные токи по формулам:

$$I_{\text{б}(K1)} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.ном}(K1)}} = \frac{1000 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 115 \cdot 10^3} = 5020,44 \text{ А.} \quad (3.15)$$

$$I_{\text{б}(K2)} = \frac{S_{\text{б}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ср.ном}(K2)}} = \frac{1000 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 10,5 \cdot 10^3} = 54985,74 \text{ А.} \quad (3.16)$$

Далее рассчитываем токи трехфазного короткого замыкания.

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания в точке К0 (т.е. сразу после электрической системы) определяем по выражению:

$$I_{\text{п}(K0)}^{(3)} = \frac{I_{\text{б}(K0)}}{X_{\text{с}}} = \frac{5020,44}{0,16} = 31378 \text{ А.} \quad (3.17)$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания в точке К1 определяем по выражению:

$$I_{\text{п}(K1)}^{(3)} = \frac{I_{\text{б}(K1)}}{X_{\Sigma\text{общ}(K1)}} = \frac{5020,44}{0,68} = 7383 \text{ А.} \quad (3.18)$$

Начальное значение периодической составляющей тока трехфазного короткого замыкания в точке К2 определяем по выражению:

$$I_{\text{п}(K2)}^{(3)} = \frac{I_{\text{б}(K2)}}{X_{\Sigma\text{общ}(K2)}} = \frac{54985,74}{4,54} = 12111 \text{ А.} \quad (3.19)$$

Затем рассчитаем ударный ток трехфазного короткого замыкания.

Ударный ток определяем по формуле:

$$i_{уд} = \sqrt{2} \cdot I_{п}^{(3)} \cdot k_{уд}, \quad (3.20)$$

где $k_{уд}$ – ударный коэффициент, который при расчете токов к.з. в сетях напряжением выше 1000 В можно принять равным 2 ввиду отсутствия влияния активного сопротивления [18].

Тогда ударный ток для короткого замыкания в точке К0:

$$i_{уд(К0)} = \sqrt{2} \cdot 31378 \cdot 2 = 88750 \text{ А.} \quad (3.21)$$

Тогда ударный ток для короткого замыкания в точке К1:

$$i_{уд(К1)} = \sqrt{2} \cdot 7383 \cdot 2 = 20882 \text{ А.} \quad (3.22)$$

Ударный ток для короткого замыкания в точке К2:

$$i_{уд(К2)} = \sqrt{2} \cdot 12111 \cdot 2 = 34255 \text{ А.} \quad (3.23)$$

Аналогично произведем расчет токов КЗ в минимальном режиме:

$$X_c = \frac{S_6}{S_c} = \frac{1000 \cdot 10^6}{2489,75 \cdot 10^6} = 0,4. \quad (3.24)$$

$$X_{\Sigma} = X_c + X_w = 0,4 + 0,52 = 0,92. \quad (3.25)$$

$$X_{\Sigma\text{общ}(К0)} = X_c = 0,4. \quad (3.26)$$

$$X_{\Sigma\text{общ}(К1)} = X_{\Sigma} = 0,92. \quad (3.27)$$

$$X_{\Sigma\text{общ}(К2)} = X_{\Sigma\text{общ}(К1)} + X_{Т.2} = 0,92 + 12,76 = 13,68. \quad (3.28)$$

$$I_{п(К0)}^{(3)} = \frac{I_{6(К0)}}{X_{\Sigma\text{общ}(К0)}} = \frac{5020,44}{0,4} = 12551 \text{ А.} \quad (3.29)$$

$$I_{п(К1)}^{(3)} = \frac{5020,44}{0,92} = 5457 \text{ А.} \quad (3.30)$$

$$I_{п(K2)}^{(3)} = \frac{54985,74}{13,68} = 4019 \text{ А.} \quad (3.31)$$

$$i_{уд(K0)} = \sqrt{2} \cdot 12551 \cdot 2 = 35500 \text{ А.} \quad (3.32)$$

$$i_{уд(K1)} = \sqrt{2} \cdot 5457 \cdot 2 = 15435 \text{ А.} \quad (3.33)$$

$$i_{уд(K2)} = \sqrt{2} \cdot 4019 \cdot 2 = 11367 \text{ А.} \quad (3.34)$$

Результаты расчета токов КЗ сведем в таблицу 3.1. В данной таблице вычислим токи двухфазного КЗ в максимальном и минимальном режимах по следующей упрощенной формуле:

$$I_{КЗ}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{КЗ}^{(3)}. \quad (3.35)$$

Таблица 3.1 – Результаты расчета токов КЗ

Точка к.з.	$I_{\max}^{(3)}$, кА	$I_{\max}^{(2)}$, кА	$i_{уд.\max}$, кА	$I_{\min}^{(3)}$, кА	$I_{\min}^{(2)}$, кА	$i_{уд.\min}$, кА
К0	31,378	27,174	88,75	12,551	10,869	35,5
К1	7,383	6,394	20,882	5,457	4,726	15,435
К2	12,111	10,488	34,255	4,019	3,48	11,367

Импульс квадратичного тока КЗ на стороне ВН:

$$B_{к} = \left(I_{п1}^{(3)} \right)^2 \cdot (t_{откл} + T_a), \quad (3.36)$$

$$B_{к} = 7,383^2 \cdot (0,18 + 0,025) = 11,174 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)},$$

где $I_{п}^{(3)}$ – начальное значение периодической составляющей тока трехфазного КЗ в рассматриваемой точке схемы (кА) [36]; $t_{откл}$ – время отключения электроустановки, равное сумме времени действия основной релейной защиты и времени отключения выключателя (0,18 с); T_a – постоянная времени затухания тока короткого замыкания (с) [36].

Импульс квадратичного тока КЗ на стороне НН:

$$B_k = \left(I_{п2}^{(3)} \right)^2 \cdot (t_{откл} + T_a), \quad (3.37)$$

$$B_k = 12,111^2 \cdot (0,18 + 0,025) = 30,07 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)},$$

Таким образом, вычисленные токи КЗ в дальнейшем позволят осуществить выбор и проверку электрооборудования подстанции.

3.4 Выбор оборудования 110 кВ

3.4.1 Выбор схем распределительных устройств

По условию электроснабжение электрической подстанции осуществляется от одного центра питания по двухцепной линии ЛЭП 110 кВ. Используя типовые схемы РУ высокого напряжения и указания области их применения, приведенные в стандарте организации ОАО «ФСК ЕЭС» [23], выбираем схему 110-4Н (Два блока с выключателями и неавтоматической перемычкой со стороны линий) (рисунок 3.3). Данная схема применяется для РУ на напряжения 110-750 кВ двухтрансформаторных ПС. Выбранная схема предназначена для тупиковых двухтрансформаторных ПС питаемых по 2-м ВЛ.

На стороне низкого напряжения (10 кВ) применяется система сборных шин, которые секционируются выключателем (рисунок 3.4), т.е. схема 10-1 – одна секционированная выключателями система шин [23].

Ячейки КРУ для каждого потребителя распределяются на шинах НН с учетом баланса мощности на шинах. В данном случае было принято 16 ячеек КРУ, в том числе ячейки для ввода, СР и СМВ, ячейки с ТСН. Схема электрических соединений подстанции комплектуется с учетом блочно-модульного принципа с учетом современных схемных решений (см. графическую часть).

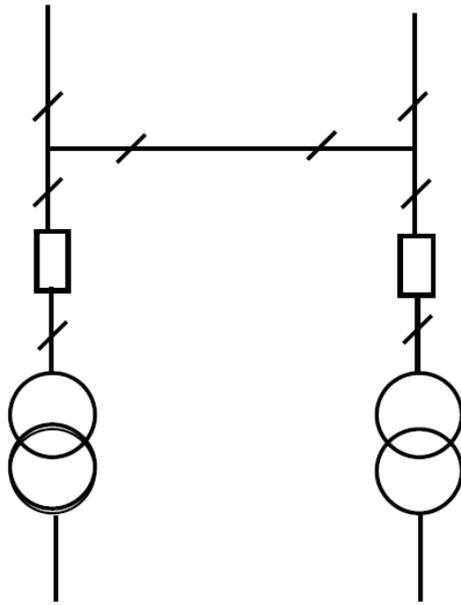


Рисунок 3.3 – Схема ОРУ ВН (110-4Н)

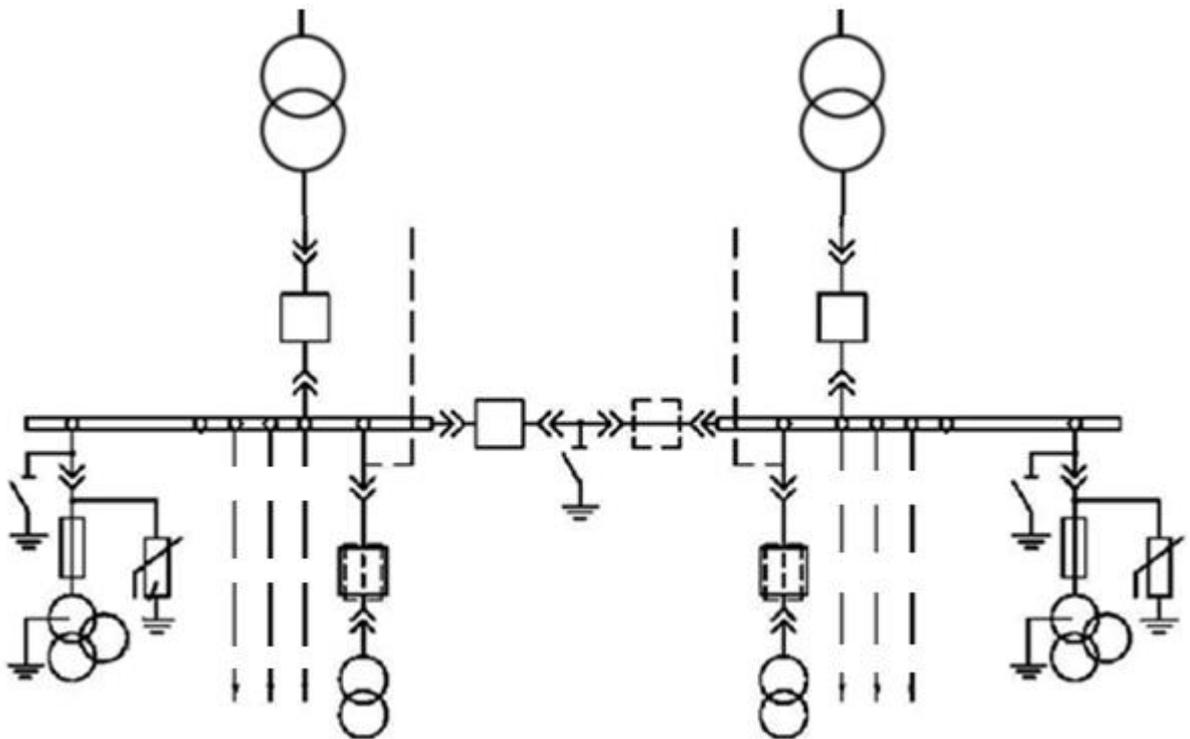


Рисунок 3.4 – Схема 10-1 – одна секционированная выключателями система шин

3.4.2 Расчет рабочих максимальных токов

Все электрические аппараты и токоведущие части на электрических подстанциях выбираем, исходя из условий длительной работы с учетом проверки по условиям короткого замыкания.

При выборе аппаратов и проводников учитываем следующие факторы:

- род установки (в помещении или на открытом воздухе);
- температура окружающей среды;
- влажность и загрязненность атмосферы и помещения;
- габариты, вес аппарата и удобство его размещения в распределительном устройстве;
- стоимость аппарата.

Изоляция электрических аппаратов и кабелей должна соответствовать номинальному напряжению установки $U_{уст}$, для чего должно быть выполнено условие:

$$U_{уст} \leq U_{ном}, \quad (3.38)$$

где $U_{ном}$ – номинальное напряжение аппарата.

Рабочий режим делится на нормальный и утяжеленный. Под нормальным режимом установки понимают режим, предусмотренный планом эксплуатации. Утяжеленным режимом называется режим при вынужденном отключении части присоединений вследствие их повреждения или в связи с профилактическим ремонтом.

Расчет рабочих токов нормального $I_{раб.норм}$ и утяжеленного $I_{раб.утяж}$ режимов необходимо произвести на всех участках схемы подстанции, где производится выбор аппаратов и проводников. Расчетные рабочие токи присоединений определяются по-разному для различных элементов системы.

Полная мощность, протекающая по одному из трансформаторов в режиме наибольших нагрузок находим по формуле:

$$S_{T1} = \frac{1}{2} \cdot S_{\text{нагр}} = \frac{1}{2} \cdot 12,75 = 6,375 \text{ МВА.} \quad (3.39)$$

Ток, протекающий через один трансформатор в нормальном режиме:

$$I_{\text{норм}} = \frac{6,375 \cdot 10^6}{\sqrt{3} \cdot 110 \cdot 10^3} = 33,46 \text{ А.} \quad (3.40)$$

Ток, протекающий через один трансформатор в послеаварийном режиме (в случае отключения второго):

$$I_{\text{утяж}} = 2 * 33,46 = 66,92 \text{ А.} \quad (3.41)$$

В дальнейшем расчетные токи используются для выбора электрооборудования 110 кВ.

3.4.3 Выбор и проверка электрических аппаратов высокого напряжения

Выбор существующих разъединителей РНДЗ-2-110/1000 У1 с двумя заземляющими ножами и РНДЗ-16-110/1000 У1 с одним заземляющим ножом осуществляется по электродинамической и термической стойкости [36]. Результаты представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Расчетная таблица выбора разъединителей ВН

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{\text{уст}} \leq U_{\text{ном}}$	РНДЗ-2-110/1000 У1,	$U_{\text{уст}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110 \text{ кВ}$
$I_{\text{расч}} \leq I_{\text{ном}}$		$I_{\text{расч}} = 66,92 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 1000 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{пр.с}}$	РНДЗ-16-	$i_{\text{уд}} = 20,882 \text{ кА}$	$i_{\text{пр.с}} = 80 \text{ кА}$
$B_k \leq I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t_\tau$	110/1000 У1	$B_k = 11,174 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$	$I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t_\tau =$ $= 25^2 \cdot 3 = 1875 \text{ (кА}^2 \cdot \text{с)}$

Установленные разъединители 110 кВ проверку проходят.

На подстанции установлены 2 блока с отделителем (ОД-110М/630) и короткозамыкателем (КЗ-110М) – это устаревшая конструкция, и данные блоки необходимо заменить высоковольтными выключателями 110 кВ типа ВРС-110 III-31,5/2500 УХЛ1, которые имеют перспективную конструкцию и массу достоинств перед другими типами.

Выбор выключателей осуществляется по назначению и роду установки, конструктивному исполнению, номинальному напряжению, длительному току и отключающей способности. Выключатели проверяют по электродинамической и термической стойкости. Результаты представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Расчетная таблица выбора выключателей ВН [1]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{уст} \leq U_{ном}$	ВРС-110 III- 31,5/2500 УХЛ1	$U_{уст}=110$ кВ	$U_{ном}=110$ кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$		$I_{расч}=66,92$ А	$I_{ном}=2500$ А
$I_n^{(3)} \leq I_{нр.с}$		$I_n^{(3)}=7,383$ кА	$I_{нр.с}=20$ кА
$i_{y\partial} \leq i_{нр.с}$		$i_{y\partial}=20,882$ кА	$i_{нр.с}=52$ кА
$B_k \leq I_{нр.т}^2 \cdot t_\tau$		$B_k = 11,174$ (кА ² · с)	$I_{нр.т}^2 \cdot t_\tau = 20^2 \cdot 3 = 1200$ (кА ² · с)

Выбор ограничителей перенапряжения (ОПН) 110 кВ осуществляется по назначению и номинальному напряжению. Ими необходимо заменить разрядники в нейтралях трансформаторов на напряжении 110 кВ, а также разрядник РВС-110М со стороны ВН трансформатора 2Т.

Результаты выбора ограничителей перенапряжения ПС заносятся в расчетную таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Расчетная таблица выбора ОПН ВН [6]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{уст} = U_{ном}$	ОПНП-П1- 110/83/10/3 III УХЛ1	$U_{уст} = 110$ кВ	$U_{ном} = 110$ кВ

3.4.4 Выбор контрольно-измерительной аппаратуры

Трансформатор тока предназначен для уменьшения первичного тока до значений, наиболее удобных для измерительных приборов и реле, а также для отделения цепей измерения и защиты от первичных цепей высокого напряжения.

Индуктивное сопротивление токовых цепей невелико, поэтому $Z_2 \approx r_2$. Вторичная нагрузка состоит из сопротивления приборов $r_{приб}$, соединительных проводов $r_{пров}$ и переходного сопротивления контактов r_k :

$$r_2 = r_{приб} + r_{пров} + r_k \text{ (Ом)}, \quad (3.42)$$

Сопротивление приборов определяется по выражению:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_{2ном}^2} \text{ (Ом)}, \quad (3.43)$$

где $S_{приб}$ — мощность, потребляемая приборами (ВА); $I_{2ном}$ — вторичный номинальный ток прибора (А).

Сопротивления контактов принимается 0,05 Ом при двух-трех измерительных приборах и 0,1 Ом - при большем количестве приборов.

Сопротивление соединительных проводов зависит от их длины и сечения. Чтобы трансформатор тока работал в выбранном классе точности, необходимо выдержать условие:

$$r_{приб} + r_{пров} + r_k \leq Z_{2ном} \text{ (Ом)}, \quad (3.44)$$

откуда можно найти допустимое сопротивление соединительных проводов:

$$r_{\text{пров}} \leq Z_{2\text{ном}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{к}} \text{ (Ом)}. \quad (3.45)$$

Зная $r_{\text{пр}}$, можно определить необходимую площадь сечения соединительных проводов:

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пр}}} \text{ (мм}^2\text{)}. \quad (3.46)$$

где ρ — удельное сопротивление провода (0,0283 Ом · мм²/м); $l_{\text{расч}}$ — расчетная длина проводов. Схема соединения трансформаторов тока - полная звезда, тогда $l_{\text{расч}} = l$, где l — длина соединительных проводов от трансформатора тока до приборов (в один конец) (м). Для цепи РУ 110 кВ $l = 80$ м.

Для стороны ВН выберем измерительные приборы: ваттметр, варметр, амперметр регистрирующий, счетчик активной энергии, ваттметр регистрирующий, ваттметр (щит турбины).

Из таблицы 3.5 видно, что наиболее загружены трансформаторы тока фаз А и С.

Определим сопротивление приборов:

$$r_{\text{приб}} = \frac{14}{5^2} = 0,56 \text{ (Ом)},$$

где 14 ВА — наибольшая нагрузка фазы, из таблицы 3.5.

Определим сопротивление проводов:

$$r_{\text{пров}} \leq 1,2 - 0,56 - 0,1 \leq 0,54 \text{ (Ом)}.$$

Определим сечение проводов:

$$q = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{r_{\text{пров}}} = \frac{\rho \cdot l}{r_{\text{пров}}} = \frac{0,0283 \cdot 80}{0,54} = 4,2 \text{ (мм}^2\text{)}. \quad (3.47)$$

По таблице 1.3.5 «ПУЭ» выбираем сечение соединительных проводов

$$q = 5 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Пересчитаем $r_{\text{пров}}$ для получения реального значения:

$$r_{\text{пров}} = \frac{\rho \cdot l_{\text{расч}}}{q} = \frac{\rho \cdot l}{q} = \frac{0,0283 \cdot 80}{5} = 0,45 \text{ (Ом)}. \quad (3.48)$$

Таблица 3.5 – Измерительные приборы ТТ для ВН

Прибор	Нагрузка, ВА, фазы		
	А	В	С
Ваттметр	0,5	-	0,5
Варметр	0,5	-	0,5
Счетчик активной энергии	2,5	-	2,5
Счетчик реактивной энергии	0,5	-	0,5
Амперметр регистрирующий	-	10	-
Ваттметр регистрирующий	10	-	10
Итого	14	10	14

Определим сопротивление вторичной нагрузки трансформатора тока:

$$r_2 = 0,56 + 0,45 + 0,1 = 1,11 \text{ (Ом)}.$$

Расчетная таблица выбора трансформатора тока ВН, которые необходимо установить перед выключателями с учетом анализа в п.2 их перспективных конструкций, на основе расчетной нагрузки представлена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Расчетная таблица выбора трансформатора тока ВН [28]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{сети.ном} \leq U_{ном}$	ТОГФ-110-II- 0,2S/0,5/5P/5P/5P -37,5-75-150/1 УХЛ1	$U_{сети.ном} = 110$ кВ	$U_{ном} = 110$ кВ
$I_{ном} \leq I_{ном1}$		$I_{расч} = 66,92$ А	$I_{ном} = 150$ А
$i_{уд} \leq i_{дин}$		$i_{уд} = 20,882$ кА	$i_{дин} = 126$ кА
$B_k \leq I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau$		$B_k = 11,174$ (кА ² · с)	$I_{пр.т}^2 \cdot t_\tau = 12^2 \cdot 3 =$ $= 432$ (кА ² · с)
$Z_2 \leq Z_{2ном}$		$Z_2 = 1,11$ (Ом)	$Z_{2ном} = 1,2$ (Ом)

Измерительные приборы для выбора трансформаторов напряжения (ТН) приведены в таблице 3.7. На уровне ремонтной перемычки необходимо со стороны каждого силового трансформатора предусмотреть установку трансформаторов напряжения в количестве 2-х штук. Это нужно для обеспечения подключения электроизмерительных приборов с цепями напряжения, а также устройств РЗА.

Таблица 3.7 – Измерительные приборы ТН для ВН

Прибор	S одной обмотки, ВА	Число обмоток	cosφ	sinφ	Число приборов	Общая потребляемая мощность		
						P, Вт	Q, ВА	
Вольтметр (сборные шины)	2	1	1	0	1	2	-	
Ваттметр	Ввод 110 кВ от трансформатора	1,5	3	1	0	1	4,5	-
Счетчик активный		3 Вт	3	0,38	0,925	1	9	14,5
Счетчик реактивный	Линии 110 кВ	3 Вт	3	0,38	0,925	1	9	14,5
Счетчик активный		3 Вт	3	0,38	0,925	4	36	58
Счетчик реактивный		3 Вт	3	0,38	0,925	4	36	58
Итого						96,5	145	

Результаты выбора ТН с учетом анализа в п.2 их перспективных конструкций заносятся в расчетную таблицу 3.8.

Для линии ВН при выборе измерительного трансформатора напряже-

ния необходимо произвести расчет вторичной нагрузки.

Вторичная нагрузка трансформатора напряжения:

$$S_2 = \sqrt{P_{\text{приб}}^2 + Q_{\text{приб}}^2}, \quad (3.49)$$

$$S_2 = \sqrt{96,5^2 + 145^2} = 174,2 \text{ ВА.}$$

Таблица 3.8 – Расчетная таблица выбора трансформатора напряжения [26]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{\text{сети.ном}} \leq U_{\text{ном}}$	ЗНОГ-110 УХЛ1	$U_{\text{сети.ном}} = 110 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 110/\sqrt{3} \text{ кВ}$
$S_2 \leq S_{2\text{ном}}$		$S_2 = 174,2 \text{ (ВА)}$	$S_{2\text{ном}} = 400 \text{ (ВА)}$

3.4.5 Выбор и проверка шин высокой стороны

Сечение гибкого проводника ОРУ ВН примем равным сечению провода линии высокого напряжения. Выбран провод марки АС-70/11 (таблица 3.9), соразмерные с проводами питающей ЛЭП 110 кВ. Согласно ПУЭ гибкие проводники проверяются на термическую стойкость и не проверяются на электродинамическую стойкость.

Таблица 3.9 – Параметры шин высокой стороны

Сечение шины, мм ²	Допустимый ток I _{доп} , А	Максимальный ток I _{max} , А
70	265	66,92

Проверка выбранного сечения шин на термическую стойкость при протекании тока КЗ осуществляется по условию:

$$\vartheta_k \leq \vartheta_{\text{к.доп}} \text{ (}^\circ\text{C)}, \quad (3.50)$$

где ϑ_k – расчетная температура нагрева шины током короткого замыкания;

$\vartheta_{к.доп}$ – допустимая температура нагрева шины при коротком замыкании (для алюминиевых гибких шин 200 °С).

Для определения расчетной температуры проводника предварительно находится температура проводника ϑ_n до момента возникновения КЗ:

$$\vartheta_n = \vartheta_0 + (\vartheta_{доп} - \vartheta_{о.ном}) \cdot \left(\frac{I_{max}}{I_{доп}} \right)^2, \quad (3.51)$$

$$\vartheta_n = 35^\circ + (70^\circ - 25^\circ) \cdot \left(\frac{66,92}{265} \right)^2 = 38^\circ \text{С}.$$

где ϑ_0 – температура окружающей среды (+35°С); $\vartheta_{доп}$ – длительно допустимая температура проводника (+70°С); $\vartheta_{о.ном}$ – номинальная температура воздуха (+25°С); I_{max} – максимальный ток утяжеленного рабочего режима шины (А); $I_{доп}$ – длительно допустимый ток шины (А).

По кривой, представленной в [36], используя ϑ_n , определим сложную функцию температуры проводника f_n (°С) до момента возникновения КЗ:

$$f_n = 38^\circ \text{С}.$$

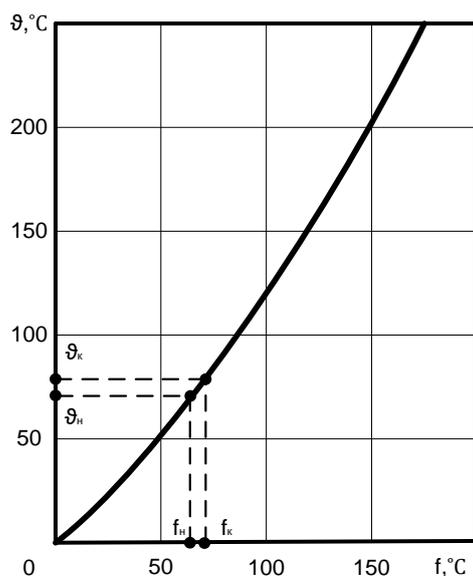


Рисунок 3.5 – Кривая определения температуры нагрева проводника при коротком замыкании

Сложная функция температуры проводника при протекании тока КЗ определяем по выражению:

$$f_k = f_n + \frac{k \cdot B_k}{g^2}, \quad (3.52)$$

где k – коэффициент, учитывающий удельное сопротивление и эффективную теплоемкость проводника (для алюминиевых шин и проводов – 1,054); B_k – импульс квадратичного тока КЗ ($\text{кА}^2 \cdot \text{с}$); g – сечение проводника (мм^2).

$$f_k = 38 + \frac{1,054 \cdot 11,174 \cdot 10^3}{70^2} \approx 45 \text{ }^\circ\text{C}.$$

По рисунку 5.1 определим конечное значение температуры проводника в режиме короткого замыкания:

$$\vartheta_k = 45 \text{ }^\circ\text{C}.$$

В результате расчетов получаем:

$$\vartheta_k \leq \vartheta_{\text{к,доп}} \text{ (}^\circ\text{C)}, \text{ т. е. } 45^\circ\text{C} < 200^\circ\text{C}.$$

Выбранные гибкие шины удовлетворяют условию проверки на термическую стойкость.

Выбранные высоковольтные электрические аппараты, шины и контрольно-измерительная аппаратура отображаются на однолинейной схеме подстанции (графическая часть).

3.5 Выбор оборудования 10 кВ

3.5.1 Расчет максимальных рабочих токов, выбор и проверка сборных шин на стороне НН

Рассчитаем $I_{\text{норм}}$ и $I_{\text{утяж}}$ для шины низкого напряжения, отходящих от трансформаторов.

$$I_{\text{норм}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6,375 \cdot 10^6}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} = 184 \text{ А.} \quad (3.53)$$

$$I_{\text{утяж}} = \frac{S_{\text{нагр}}}{(n - 1) \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} = \frac{6,375 \cdot 10^6}{1 \cdot \sqrt{3} \cdot 10 \cdot 10^3} = 368 \text{ А.} \quad (3.54)$$

В закрытых РУ 10 кВ ошиновка и сборные шины выполняются жесткими шинами. Выбор сечения жестких проводников производим по нагреву (по допустимому току) по справочнику (ПУЭ таблица 1.3.31 [13]), используя в качестве расчетных токи утяжеленного рабочего режима.

По значению $I_{\text{утяж}}$ проверяем сечение существующих шин марки ШАТ, взяв допустимый длительный ток из таблицы 1.3.31 ПУЭ [13]:

$$S = 50 \cdot 6 = 300 \text{ мм}^2.$$

$$I_{\text{доп}} = 740 \text{ А.}$$

В соответствии с методикой проверки шин ВН, по аналогии производим необходимую проверку:

$$\vartheta_{\text{н}} = 35^\circ + (70^\circ - 25) \cdot \left(\frac{368}{740}\right)^2 = 46 \text{ (}^\circ\text{C)},$$

где I_{max} – максимальный ток утяжеленного рабочего режима шины (А).

По кривой, представленной на рисунке 5.1, используя $\vartheta_{\text{н}}$, определим

сложную функцию температуры проводника f_H (°C) до момента возникновения КЗ:

$$f_H = 46 \text{ °C.}$$

$$f_K = 46 + \frac{1,054 \cdot 30,07 \cdot 10^3}{300^2} \approx 139 \text{ (°C).}$$

По рисунку 6.1 определим конечное значение температуры проводника в режиме короткого замыкания:

$$\vartheta_K = 175 \text{ °C.}$$

В результате расчетов получаем:

$$\vartheta_K \leq \vartheta_{K, \text{доп}} \text{ (°C), т. е } 175 \text{ °C} < 200 \text{ °C.}$$

Выбранные шины марки ШАТ 50х6 удовлетворяют условию проверки на термическую стойкость.

Сделаем проверку жестких шин на электродинамическую стойкость.

Жесткие шины, закрепленные на изоляторах, представляют собой динамическую колебательную систему, находящуюся под воздействием электродинамических сил.

Наибольшее удельное усилие в однополосной шине при трехфазном КЗ определяется по выражению:

$$f = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{i_{yD}^2}{a} = \sqrt{3} \cdot 10^{-7} \cdot \frac{(11367)^2}{0,26} = 89,42 \text{ (Н/м)}, \quad (3.55)$$

где i_{yD} – ударный ток трехфазного КЗ (А); a – расстояние между фазами (м), в расчете принимаем $a = 0,26$ м.

Равномерно распределенная сила f создает изгибающий момент (шина рассматривается как многопролетная балка, свободно лежащая на опорах):

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10} = \frac{89,42 \cdot 0,7^2}{10} = 4,38 \text{ (Н} \cdot \text{м)}, \quad (3.56)$$

где l – длина пролета между опорными изоляторами шинной конструкции (м) (в расчете принимаем $l = 0,70 \text{ м}$ [36]).

Напряжение в материале шины, возникающее при воздействии изгибающего момента:

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{M}{W} \text{ (МПа)}, \quad (3.57)$$

где W – момент сопротивления шины относительно оси, перпендикулярной действию усилия (см^3) [36].

$$M = \frac{f \cdot l^2}{10} = \frac{89,42 \cdot 0,7^2}{10} = 4,38 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (3.58)$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{0,6 \cdot 5^2}{6} = 2,5 \text{ (см}^3\text{)}. \quad (3.59)$$

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{M}{W} = \frac{4,38}{2,5} = 1,75 \text{ (МПа)}. \quad (3.60)$$

Шины механически прочны, если выполняется условие:

$$\sigma_{\text{расч}} \leq \sigma_{\text{доп}} \text{ (МПа)}, \quad (3.61)$$

где $\sigma_{\text{доп}}$ – допустимое механическое напряжение в материале шин, МПа.

Т.е. $1,75 \text{ МПа} < 40 \text{ МПа}$ выбранные алюминиевые шины марки ШАТ из алюминия марки АД0 сечением $50 \times 6 \text{ мм}^2$ удовлетворяют условию проверки на электродинамическую стойкость.

3.5.2 Выбор и проверка электрических аппаратов низкого напряжения

Выбор и проверка электрических аппаратов низкого напряжения осуществляется аналогично аппаратам высокого напряжения. Замене подлежат маломасляные выключатели, присоединенные к первой секции шин ПС – ВМПП-10-630-20 (яч.1, 5, 7, 9).

Результаты выбора выключателей на вводах заносятся в расчетную таблицу 3.10. Секционные выключатели выбираются в таблицу 3.11.

Таблица 3.10 – Расчетная таблица выбора выключателей НН на вводах [2]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{уст} \leq U_{ном}$	ВВ/TEL-10-31,5/630УЗ	$U_{уст}=10$ кВ	$U_{ном}=10$ кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$		$I_{расч}=368$ А	$I_{ном}=630$ А
$I_{п}^{(3)} \leq I_{пр.с}$		$I_{п}^{(3)}=12,111$ кА	$I_{пр.с}=31,5$ кА
$i_{уд} \leq i_{пр.с}$		$i_{уд}=34,255$ кА	$i_{пр.с}=80$ кА
$B_k \leq I_{пр.т}^2 \cdot t_{\tau}$		$B_k=30,07$ (кА ² · с)	$I_{пр.т}^2 \cdot t_{\tau}=31,5^2 \cdot 4 = 3969$ (кА ² · с)

Таблица 3.11 – Расчетная таблица выбора секционного выключателя НН [2]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{уст} \leq U_{ном}$	ВВ/TEL-10-31,5/630УЗ	$U_{уст}=10$ кВ	$U_{ном}=10$ кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$		$I_{расч}=184$ А	$I_{ном}=630$ А
$I_{п}^{(3)} \leq I_{пр.с}$		$I_{п}^{(3)}=12,111$ кА	$I_{пр.с}=31,5$ кА
$i_{уд} \leq i_{пр.с}$		$i_{уд}=34,255$ кА	$i_{пр.с}=80$ кА
$B_k \leq I_{пр.т}^2 \cdot t_{\tau}$		$B_k=30,07$ (кА ² · с)	$I_{пр.т}^2 \cdot t_{\tau}=31,5^2 \cdot 4 = 3969$ (кА ² · с)

Результаты выбора ограничителей перенапряжения заносятся в расчетную таблицу 3.12. Замене подлежит разрядник РВП-10 (яч. 3) защиты трансформатора напряжения ТН-1 первой секции, и его необходимо заменить на ОПН-10 в рамках реконструкции.

Таблица 3.12 – Расчетная таблица выбора ОПН НН [6]

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{уст} = U_{ном}$	ОПНП-П1-6/6,9/10/2 УХЛ1	$U_{уст} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ

3.5.3 Выбор контрольно-измерительной аппаратуры

Выбор контрольно-измерительной аппаратуры на стороне НН производится по аналогии со стороной ВН. Расчетная таблица проверки ТТ на вводах НН показана в таблице 3.13, в секционной перемычке – в таблице 3.14, а на отходящих присоединениях – в таблице 3.15 [30].

Таблица 3.13 – Расчетная таблица проверки ТТ на вводах НН

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{\text{сети ном}} \leq U_{\text{ном}}, \text{ кВ}$	ТЛК-10 (яч.1), ТОЛ-10 (яч. 2)	$U_{\text{сети ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{раб.ном}} \leq I_{\text{ном}}, \text{ А}$		$I_{\text{раб.ном}} = 368 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 800 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}, \text{ кА}$		$I_{\text{уд}} = 34,255 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$
$W_{\text{к}} \leq I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t, \text{ кА}^2\text{с}$		$W_{\text{к}} = 30,07 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t = 31,5^2 \cdot 1 = 992,25 \text{ кА}^2\text{с}$
$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}, \text{ Ом}$		0,11	$Z_{2\text{ном}} = 0,4 \text{ Ом}$

Таблица 3.14 – Расчетная таблица проверки ТТ в секционной перемычке

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{\text{сети ном}} \leq U_{\text{ном}}, \text{ кВ}$	ТОЛ-10 (яч. 12)	$U_{\text{сети ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{раб.ном}} \leq I_{\text{ном}}, \text{ А}$		$I_{\text{раб.ном}} = 184 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 400 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}, \text{ кА}$		$I_{\text{уд}} = 34,255 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$
$W_{\text{к}} \leq I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t, \text{ кА}^2\text{с}$		$W_{\text{к}} = 30,07 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t = 31,5^2 \cdot 1 = 992,25 \text{ кА}^2\text{с}$
$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}, \text{ Ом}$		0,11	$Z_{2\text{ном}} = 0,4 \text{ Ом}$

Таблица 3.15 – Расчетная таблица проверки ТТ в секционной перемычке

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{\text{сети ном}} \leq U_{\text{ном}}, \text{ кВ}$	ТЛМ-10- 2УВ (яч. 5), ТПЛ-10 (яч.7, 9), ТОЛ-10 (яч. 6,8,10)	$U_{\text{сети ном}} = 10 \text{ кВ}$	$U_{\text{ном}} = 10 \text{ кВ}$
$I_{\text{раб.ном}} \leq I_{\text{ном}}, \text{ А}$		$I_{\text{раб.мах}} = 120 \text{ А}$	$I_{\text{ном}} = 300 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{дин}}, \text{ кА}$		$I_{\text{уд}} = 34,255 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 100 \text{ кА}$
$W_{\text{к}} \leq I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t, \text{ кА}^2\text{с}$		$W_{\text{к}} = 30,07 \text{ кА}^2\text{с}$	$I_{\text{пр.т}}^2 \cdot t = 31,5^2 \cdot 1 = 992,25 \text{ кА}^2\text{с}$
$Z_2 \leq Z_{2\text{ном}}, \text{ Ом}$		0,11	$Z_{2\text{ном}} = 0,4 \text{ Ом}$

Результаты проверки ТН на НН заносятся в расчетную таблицу 3.16 [25].

Таблица 3.16 – Расчетная таблица выбора трансформатора напряжения НН, установленных на шинах 10 кВ (1 сек. и 2 сек.)

Условие	Тип	Расчет	Справочник
$U_{сети.ном} \leq U_{ном}$	НАМИ-10 (1 сек.), НАМИТ-10 (2 сек.)	$U_{сети.ном} = 10 \text{ кВ}$	$U_{ном} = 10 \text{ кВ}$
$S_2 \leq S_{2ном}$		$S_2 = 174,2 \text{ (ВА)}$	$S_{2ном} = 300 \text{ (ВА)}$

Выбранные высоковольтные электрические аппараты и контрольно-измерительная аппаратура отображаются на однолинейной схеме подстанции (графическая часть).

3.6 Выбор ТСН

Щит собственных нужд (ЩСН) будут запитывать на ПС следующие виды (группы) оборудования:

- обогрев выключателей, шкафов ОРУ;
- освещение (шкафы управления наружным, охранным и ремонтным освещением);
- розетки распределительных шкафов;
- блоки управления разъединителей;
- шкафы приводов главных ножей разъединителей;
- шкафы приводов выключателей;
- шкафы зажимов трансформаторов тока;
- шкафы зажимов трансформаторов напряжения;
- шкафы сетей связи;
- шкафы центральной сигнализации;
- шкафы охлаждения трансформаторов;
- шкафы АСУ ТП;
- контроллер РПН SHM-K трансформаторов;
- приводы SHM-D регулирования напряжения со стороны высоковольтных вводов трансформаторов;

- щит обогрева здания ОПУ;
- шкафы АИИС КУЭ;
- шкаф ППУ (панель противопожарных устройств);
- шкаф оперативного тока (ШОТ).

ЩСН питается от ТСН, мощность которого необходимо выбрать.

Мощность потребителей собственных нужд невелика, поэтому питание можно осуществить от сети 380/220 В понижающих трансформаторов. На двухтрансформаторных подстанциях 35-750 кВ устанавливаются два трансформатора собственных нужд (ТСН), мощность которых выбирают в соответствии с нагрузками, с учетом допустимой перегрузки при выполнении ремонтных работ и отказах одного из трансформаторов.

Для определения общей мощности потребителей собственных нужд ПС составляется таблица 3.17 электрических нагрузок собственных нужд ПС.

Таблица 3.17 – Нагрузка собственных нужд ПС

Вид потребителя	Установленная мощность		cosφ	tgφ	Нагрузка	
	единицы, кВт × кол-во	всего, кВт			P _{уст} , кВт	Q _{уст} , квар
Охлаждение ТДН-10000/110	3x2	6	0,85	0,62	6	3,72
Подогрев выключателей	5x2	10	1	0	10	-
Подогрев КРУ	2x12	24	1	0	24	-
Питание приводов разъединителей и выключателей	3x16	48	1	0	48	-
Отопление и освещение ОПУ	-	10	1	0	10	-
Освещение, вентиляция КРУ	-	17	1	0	17	-
Освещение ОРУ 110 кВ	-	15	1	0	15	-
Итого					130	3,72

Нагрузка собственных нужд с учетом коэффициента спроса:

$$S_{\text{сн}} = k_c \cdot \sqrt{\sum P^2 + \sum Q^2} = 0,9 \cdot \sqrt{130^2 + 3,72^2} = 117 \text{ кВА.} \quad (3.62)$$

Мощность трансформаторов собственных нужд:

$$S_{мсн} \geq \frac{S_{сн}}{2 \cdot 0,7} \geq \frac{117}{2 * 0,7} = 84 \text{ (кВА)}. \quad (3.63)$$

Таким образом, можно оставить существующие трансформаторы 1ТСН и 2ТСН, в качестве которых выступают силовые трансформаторы типа ТМ-100/10.

3.7 Локальная смета реконструкции подстанции

Все расчеты выполняются в рамках Федерального закона Российской Федерации от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...» [37].

Сметный расчет проводится для реконструированной схемы электрической части ПС 110/10 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» с учетом замены силовых трансформаторов на большую мощность и применения современного высоковольтного оборудования и включает в себя затраты на электрооборудование и его монтаж. Стоимость схемы ПС определяется на основе укрупненных показателей сметной стоимости отдельных его элементов. Согласно выбранной схеме и перечню необходимого оборудования рассчитывается суммарная величина капитальных вложений.

При определении цен на оборудование рекомендуется пользоваться данными, полученными на действующих предприятиях, и реальными отпускными ценами поставщиков. В расчетах учитываются транспортные расходы и сметная стоимость монтажных работ.

Локальная смета реконструкции электрической части ПС 110/10 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» с учетом замены силовых трансформаторов на большую мощность и применения современного высоковольтного оборудования приведена в Приложении А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над ВКР реконструирована электрическая часть Подстанции 110/10 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» с учетом замены силовых трансформаторов на большую мощность (2x10 МВА) и применения современного высоковольтного оборудования и составления локальной сметы на него.

В ходе выполнения работы дана характеристика объекта и питающей линии электропередачи. Произведен выбор силовых трансформаторов и трансформаторов собственных нужд в соответствии с новыми электрическими нагрузками. Расчет токов короткого замыкания произведен с целью выбора высоковольтного оборудования электрической подстанции. На основании расчетных рабочих и максимальных токов, а также токов КЗ выбраны трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, высоковольтные выключатели и разъединители на высоком и низком напряжении. Для управления выключателями и разъединителями выбрана система оперативных токов подстанции. Составлена локальная смета реконструкции подстанции.

Предложенные виды электрооборудования и технические решения схемы электроподстанции могут быть использованы для проектирования и реконструкции подстанций с высшим напряжением 110-220 кВ и низшим напряжением 6-10 кВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Выключатели элегазовые серии ВГТ-УЭТМ® на 35, 110 и 220 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dv-electro.ru/images/opros/VGT-35,110,220.pdf> (дата обращения 11.05.2024).
2. Выключатель ВВ/TEL-10-31,5/1600УЗ [сайт]. – URL: <http://forca.ru/spravka/spravka/tehnicheskie-harakteristiki-rossiyskih-vakuumnyh-vyklyuchateley-10-kv.html> (дата обращения 11.05.2024).
3. Выключатель ВРС-110 III-31,5/2500 УХЛ1 [сайт]. – URL: <https://dv-electro.ru/images/opros/vrs-110.pdf> (дата обращения 11.05.2024).
4. Выключатель элегазовый колонковый ВГТ-110 (У1, УХЛ1) (трехполюсное/однополюсное исполнение) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zeto.ru/products_and_services/high_voltage_equipment/elegazovye-kolonkovye-vyklyuchateli-tipa-vgt-110 (дата обращения 11.05.2024).
5. Ограничитель перенапряжения ОПНП-П1-10/11,5/10/2 УХЛ1 [сайт]. – URL: <http://www.razrad.sp.ru/opn10.html> (дата обращения 11.05.2024).
6. Ограничитель перенапряжения ОПНП-П1-110/83/10/3 III УХЛ1 [сайт]. – URL: <http://www.razrad.sp.ru/opn110.html> (дата обращения 11.05.2024).
7. Правила устройства электроустановок. – СПб.: ДЕАН, 2013. – 676 с.
8. Разъединители наружной установки 110 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.electroshield.ru/catalog/razyediniteli-i-vla/razediniteli-naruzhnoy-ustanovki-110-kv/> (дата обращения 11.05.2024).
9. Разъединители наружной установки серии РГ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://zeto.ru/products_and_services/high_voltage_equipment/rg-110-kv (дата обращения 11.05.2024).

10. Разъединители переменного тока на напряжение 110 кВ серии РН. Руководство по эксплуатации 0ГК.412.235 РЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://demsli.by/sites/default/files/demslifiels/re_rn110_elsh.ru.pdf (дата обращения 11.05.2024).

11. Разъединители серии РГП на напряжение 110 кВ. Руководство по эксплуатации ИВЕЖ.674214.038-01 РЭ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.elec.ru/viewer?url=/files/127/000000087/attfile/rukovodstvo-po-ekspluatatsii-razedinitelej-serii-rgp-na-napryazhenie-110-kv.pdf> (дата обращения 11.05.2024).

12. Разъединители типа РГД-110 на напряжение 110 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elektrozavod.ru/sites/default/files/pcomplexes/ea/production/rgd110/rgd-110.pdf> (дата обращения 11.05.2024).

13. Разъединители типа РПД(РПДО)-УЭТМ на напряжение 110 кВ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dv-electro.ru/raz-ediniteli-i-vyklyuchateli-nagruzki/raz-ediniteli-110-kv> (дата обращения 11.05.2024).

14. Разъединитель РГНП.2-110/1000-40 УХЛ1 [сайт]. – URL: http://www.zaokurs.ru/downloads/pdf/raz_proshl_pok.pdf (дата обращения 11.05.2024).

15. РД 153-34.0-20.527-98 Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования.

16. СО 153-34.20.501-2003 Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.

17. СП 76.13330.2016 «Электротехнические устройства. Актуализированная редакция СНиП 3.05.06-85.

18. Справочник по проектированию электрических сетей / под ред. Д.Л. Файбисовича. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : ЭНАС, 2012. – 376 с.

19. СТО 569447007-29.130.15.114-2012 Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ.

20. СТО 569447007-29.130.15.114-2012 Руководящие указания по проектированию заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ.

21. СТО 56947007-29.240.043-2010 Руководство по обеспечению электромагнитной совместимости вторичного оборудования и систем связи электросетевых объектов.

22. СТО 56947007-29.240.044-2010 Методические указания по обеспечению электромагнитной совместимости на объектах электросетевого хозяйства.

23. СТО 56947007-29.240.30.010-2008. Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кВ. Типовые решения. – Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС», Дата введения - 2007-12-20.

24. Технический циркуляр №11/2006 от 12.10.2006 г. «О заземляющих электродах и заземляющих проводниках».

25. Трансформатор напряжения ЗНОЛП.4-10 У2 [сайт]. – URL: <http://www.ielectro.ru/gelem90938.html> (дата обращения 11.05.2024).

26. Трансформатор напряжения НАМИ-110 УХЛ1 [сайт]. – URL: <http://www.ielectro.ru/gelem90931.html> (дата обращения 11.05.2024).

27. Трансформатор тока ТОГФ-110 с азотной изоляцией:сайт / Каталог. – URL:<http://zaokurs.ru/uploads/files/89/togf-110sazotnoyizolyaciey.pdf>(дата обращения 11.05.2024).

28. Трансформатор тока ТОГФ-110-II [сайт]. – URL: <http://www.tdtransformator.ru/catalog/izmeritelnye/toka/ot-110-kv/tfzm-110-tfzm-110-tfzm-500.htm> (дата обращения 11.05.2024).

29. Трансформатор тока ТРГ-УЭТМ 110/220 кВ: сайт / Каталог. – URL:<https://dv-electro.ru/izmeritelnye-transformatory/transformatory-110-220-kv>(дата обращения 11.05.2024).

30. Трансформаторы напряжения ЗНГ-УЭТМ®-110:сайт / Каталог. – URL: <http://www.uetm.ru/katalog-produktsii/item/znguetm110/>(дата обращения 11.05.2024).

31. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия : ГОСТ 1983-2001. – Введ. 01.01.2003. – URL: http://standartgost.ru/g/ГОСТ_1983-2001 (дата обращения 11.05.2024).

32. Трансформаторы напряжения. Общие технические условия : ГОСТ 1983-2001. – Введ. 01.01.2003.

33. Трансформаторы тока ТРГ-УЭТМ®-110:сайт / Каталог. – URL: <http://www.uetm.ru/katalog-produktsii/item/trguetm110/>(дата обращения 11.05.2024).

34. Трансформаторы тока элегазовые с фарфоровой изоляцией ТОГФ-110, 220 (УХЛ1):сайт / Каталог. – URL: https://zeto.ru/products_and_services/high_voltage_equipment/elegazovye-transformatory-toka-serii-togf-110-220-330-500(дата обращения 11.05.2024).

35. Трансформаторы тока. Общие технические условия : ГОСТ 7746-2001. – Введ. 01.01.2003.

36. Электрические станции и подстанции. Проектирование электрической части подстанции: метод. указания к выполнению курсового проектирования / сост. П. В. Валь ; Сиб. федер. ун-т, ХТИ – филиал СФУ. – Абакан : Ред.-изд. сектор ХТИ – филиала СФУ, 2014. – 38 с.

37. Федеральный закон Российской Федерации от 23 ноября 2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности...».

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Локальная смета реконструкции подстанции

СОГЛАСОВАНО:

УТВЕРЖДАЮ:

_____ 20_ г.

_____ 20_ г.

Реконструкция ПС 110 кВ Филиал ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго»
(наименование стройки)

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ № (локальная смета)

на Приобретение и монтаж оборудования ПС

(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание: 10-20-ЭР.С л. 1.1 - л. 1.7

Сметная стоимость _____	133139,44 тыс.руб.
строительных работ _____	34,85 тыс.руб.
монтажных работ _____	3463,67 тыс.руб.
оборудования _____	129640,92 тыс.руб.
Средства на оплату труда _____	381,870 тыс.руб.
Сметная трудоемкость _____	2914,94 чел.час
Трудозатраты механизаторов _____	273,49 чел.час

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Раздел 1. Монтаж оборудования										
1	ТЕРм08-01-009-05	Выключатель вакуумный на напряжение 110 кВ: типа ВРС-110 Ш-31,5/2500 УХЛ1 (компл. (3 фазы)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (4254 руб.): 95% от ФОТ (4478 руб.) СП, (2911 руб.): 65% от ФОТ (4478 руб.)	1	101294,9 36585,6	55601,7 4623,0	101290	36590	55600 4620	335,34	335,34
2	ТЕРм08-01-011-06	Разъединитель, напряжение, кВ 110 и 150, на ток 1000-3200 А: с одним или двумя заземляющими ножами (компл. (3 полюса)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (1963 руб.): 95% от ФОТ (2066 руб.) СП, (1343 руб.): 65% от ФОТ (2066 руб.)	2	25558,0 7362,3	13092,8 2142,9	51120	14720	26190 4290	67,482	134,96

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	ТЕРм08-01-011-05	Разъединитель, напряжение, кВ 110 и 150, на ток 1000-3200 А: без заземляющих ножей (компл. (3 полюса)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (720 руб.): 95% от ФОТ (758 руб.) СП, (493 руб.): 65% от ФОТ (758 руб.)	1	19525,7 5435,1	8987,5 1537,9	19530	5440	8990 1540	49,818	49,82
4	ТЕРм08-01-009-01	Выключатель масляный, напряжение 35 кВ: типа ВТД-35 (компл. (3 фазы)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (879 руб.): 95% от ФОТ (925 руб.) СП, (601 руб.): 65% от ФОТ (925 руб.)	1	21486,1 7603,2	12230,9 907,9	21490	7600	12230 910	69,69	69,69

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	ТЕРм08-01-026-01	<p>Распределительные устройства комплектные 6-10 кв. Шкаф наружной установки с коридором обслуживания с: выключателем (шт.) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (13791 руб.): 95% от ФОТ (14517 руб.) СП, (9436 руб.): 65% от ФОТ (14517 руб.)</p>	22	10470,9 5841,7	28520 230,3	230360	128520	62750 5070	53,544	1177,97
6	ТЕРм08-01-062-01	<p>Трансформатор силовой, автотрансформатор или масляный реактор, масса, т, до: ТДН-10000/110 (шт.) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (799 руб.): 95% от ФОТ (841 руб.) СП, (547 руб.): 65% от ФОТ (841 руб.)</p>	2	28590,4 3237,1	6662,6 633,4	57180	6470	13330 1270	29,67	59,34

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7	ТЕРм08-01-015-02	Разрядник вентильный, напряжение, кВ: 110 (компл. (3 фазы)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (591 руб.): 95% от ФОТ (622 руб.) СП, (404 руб.): 65% от ФОТ (622 руб.)	1	21071,7 4607,1	9413,7 1110,6	21070	4610	9410 1110	42,228	42,23
8	ТЕРм08-01-015-02	ОПН, напряжение, кВ: 110 (компл. (3 фазы)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> К=0,33 на один ограничитель ПЗ=0,33 (ОЗП=0,33; ЭМ=0,33 к расх.; ЗПМ=0,33; МАТ=0,33 к расх.; ТЗ=0,33; ТЗМ=0,33) (1-й уровень); 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15 (1-й уровень); 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 (2-й уровень) НР, (246 руб.): 95% от ФОТ (259 руб.) СП, (168 руб.): 65% от ФОТ (259 руб.)	1	8179 1923	3929,2 463,6	8180	1920	3930 460	17,6256	17,63

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	ТЕРм08-01-066-01	ОПН, кВ, до: 10 (компл. (3 фазы)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (48 руб.): 95% от ФОТ (51 руб.) СП, (33 руб.): 65% от ФОТ (51 руб.)	1	892,7 451,7	327,1 21,1	890	450	330 20	4,14	4,14
10	ТЕРм08-03-524-01	Ящик с одним двухполюсным рубильником, или с двухполюсным рубильником и двумя предохранителями, или с двумя блоками "предохранитель-выключатель", или с двумя предохранителями, устанавливаемый на конструкции на полу, на ток, А, до: 100 ЯПР-100, ЯРП-100 (шт.) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (135 руб.): 95% от ФОТ (142 руб.) СП, (92 руб.): 65% от ФОТ (142 руб.)	3	12658,8 433,6	53,4 2,1	37980	1300	160 10	3,864	11,59

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
11	ТЕРм08-03-524-03	<p>Ящик с одним двухполюсным рубильником, или с двухполюсным рубильником и двумя предохранителями, или с двумя блоками "предохранитель-выключатель", или с двумя предохранителями, устанавливаемый на конструкции на полу, на ток, А, до: 400 Ящик обогрева выключателей (шт.)</p> <p><i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (82 руб.): 95% от ФОТ (86 руб.) СП, (56 руб.): 65% от ФОТ (86 руб.)</p>	1	15738 788,1	79,5 3,4	15740	790	80	7,0242	7,02
12	ТЕРм08-01-026-04	<p>Распределительные устройства комплектные 6-10 кв. Шкаф наружной установки с выключателем без коридора обслуживания Шкаф распределения собственных нужд (шт.)</p> <p><i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (508 руб.): 95% от ФОТ (535 руб.) СП, (348 руб.): 65% от ФОТ (535 руб.)</p>	1	8573,6 4772,7	2023,6 163,1	8570	4770	2020 160	43,746	43,75

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
13	ТЕРм08-01-055-01	Разъединитель однополюсной с одной тягой напряжением до 10 кВ, ток, А, до: 600 (шт.) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> <i>4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15;</i> <i>5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2</i> <i>НР, (33 руб.): 95% от ФОТ (35 руб.)</i> <i>СП, (23 руб.): 65% от ФОТ (35 руб.)</i>	2	241,2 161,0	29,7 1,9	480	320	60	1,4766	2,95
14	ТЕРм08-03-573-02	Пульт управления напольный, высота до 1200 мм, глубина и ширина по фронту, мм, до: 700x1000 (шт.) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> <i>4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15;</i> <i>5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2</i> <i>НР, (54 руб.): 95% от ФОТ (57 руб.)</i> <i>СП, (37 руб.): 65% от ФОТ (57 руб.)</i>	1	2777,1 366,9	2315,2 158,7	2780	370	2320 160	3,2706	3,27

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
15	ТЕРм08-01-082-01	<p>Зажим наборный без кожуха ((ШЗН-1В для блока трансформатора напряжения, ШЭВ-60 для блока трансформатора тока) (100 шт.) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (1171 руб.): 95% от ФОТ (1233 руб.) СП, (801 руб.): 65% от ФОТ (1233 руб.)</p>	1,6	12980,6 7076,2	348,3 21,1	20770	11320	560 30	64,86	103,78
16	ТЕРм08-03-526-01	<p>Выключатели установочные автоматические (автоматы) или неавтоматические. Автомат одно-, двух-, трехполюсный, устанавливаемый на конструкции на стене или колонне, на ток, А, до: 25 (шт.) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (72 руб.): 95% от ФОТ (76 руб.) СП, (49 руб.): 65% от ФОТ (76 руб.)</p>	3	2320,8 232,5	21 0,4	6960	700	60	2,1528	6,46

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
17	ТЕРм08-03-524-12	Шкаф отбора напряжения (шт.) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (195 руб.): 95% от ФОТ (205 руб.) СП, (133 руб.): 65% от ФОТ (205 руб.)	2	7154,7 939,9	75,8 3,0	14310	1880	150 10	8,2662	16,53
18	ТЕРм08-01-021-05	Шина сборная, напряжение, кВ 110-150, сечение до 400 мм2, количество проводов в фазе: 1 (пролет (3 фазы)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (6483 руб.): 95% от ФОТ (6824 руб.) СП, (4436 руб.): 65% от ФОТ (6824 руб.)	8	31054,6 6308,4	24719,5 1540,1	248440	50470	197760 12320	57,822	462,58

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
19	ТЕРм08-01-023-01	Спуск, петля или перемычка, сечение провода, мм ² , до 300, количество проводов в фазе: 1 (спуск, петля или перемычка (3 фазы)) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> <i>4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15;</i> <i>5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2</i> <i>НР, (1676 руб.): 95% от ФОТ (1764 руб.)</i> <i>СП, (1147 руб.): 65% от ФОТ (1764 руб.)</i>	16	1698,8 719,7	963,8 294,9	27180	11510	15420 4720	6,5964	105,54
20	СЦМ-507-0075	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 70/11 мм ² (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> <i>4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15;</i> <i>5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2</i>	0,051	720992,6		36770				

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
21	СЦМ-507-0077	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 120/19 мм ² (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях: ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	0,05	720992,6		36050					
22	СЦМ-507-0079	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 185/24 мм ² (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях: ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	0,195	7453411		1453400					

№ п/п	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
23	СЦМ-507-0081	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 240/32 мм ² (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях: ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	0,02	738673,9		14770					
24	СЦМ-507-0082	Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи из стальных оцинкованных проволок 1 группы и алюминиевых проволок марки АС, сечением 300/39 мм ² (т) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях: ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	0,238	738673,9		175800					

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
25	Прайс лист "ТАИЗ" от 15.05.2024 г	Ящик зажимов (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	2	72200		144400					
26	Прайс лист "ТАИЗ" от 15.05.2024 г	Изолятор ПС 70-Е 302,5/4,12=73,42 руб./шт (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	172	734,2		126280					
27	Прайс лист "ТАИЗ" от 15.05.2024 г	Серьга СР7-1633,00/4,12=8,01руб./шт (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	80,1		960					

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
28	Прайс лист "ТАИЗ" от 15.05.2024 г	Узел крепления гирлянды КГП-7-1 (109,78/4,12*1,16=30,91 руб./шт) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	309,1		3710				
29	"ТАИЗ" от 15.05.2024 гПрайс лист	Ушко У1-12-16 120,00/4,12=29,13руб./шт (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	291,3		3500				
30	"ТАИЗ" от 15.05.2024 гПрайс лист	Зажим НБН-3-6 (350,00/4,12=84,95руб./шт) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	849,5		10190				

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
31	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Скоба СК-7-1 (45,00/4,12=10,92руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	6	194,2		1170				
32	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Серьга СР-7-16 ((38/4,12*1,16=9,223руб./шт) (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	4	1716,4		6870				
33	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Ушко УС-7-16 125,00/4,12=30,34руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	4	303,4		1210				

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
											оплаты труда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
34	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Коромысло 2 КУ12-1 (495/4,12*1,16=120,15 руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	2	1201,5		2400					
35	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Звено ПРТ-21-1 (202,96/4,12*1,16=57,143руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	2	571,4		1140					
36	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Зажим ОА-185-1 (96/4,12*1,16=23,3 руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	8	233		1860					

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
37	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Зажим А2А-185-2А (192/4,12*1,16=46,61 руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	21	466,1		9790				
38	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Зажим А4А-185-8 (208/4,12*1,16=50,49 руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	6	504,9		3030				
39	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Зажим А4А-300-5 (228/4,12*1,16=55,34 руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	6	553,4		3320				

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
40	Прайс лист от 17.05.2024 г СЦМ тех. п. 6 К=1,16	Ящики обогрева выключателей (14496,00/2,46/1,18*1,16=5792,40руб./шт) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	57924		57920				
41	Прайс-лист ООО "Электрошит" 17.05.2024г К=2,46 СЦМ т. ч. п. 6 К=1,16	Щкаф питания привода выключателя (14415/2,46*1,16=6797,32) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	67983,2		67980				
42	ТЕРм08-02-472-02	Заземлитель горизонтальный из стали: полосовой сечением 160 мм2 (100 м) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (796 руб.): 95% от ФОТ (838 руб.) СП, (545 руб.): 65% от ФОТ (838 руб.)	3,1	12238,6 2446,6	1004,1 42,2	37940	7580	3110 130	22,908	71,01

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
43	ТЕРм08-02-471-03	Заземлитель вертикальный из круглой стали, диаметр, мм: 12 (10 шт.) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (396 руб.): 95% от ФОТ (417 руб.) СП, (271 руб.): 65% от ФОТ (417 руб.)	3,1	4598,5 1221,9	521,8 15,3	14260	3790	1620 50	11,4402	35,46
44	ТЕР01-02-057-01	Разработка грунта вручную в траншеях глубиной до 2 м без креплений с откосами, группа грунтов: 1 (100 м3 грунта) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (679 руб.): 80% от ФОТ (849 руб.) СП, (382 руб.): 45% от ФОТ (849 руб.)	0,54	14460,2 14460,2		7810	7810		162,84	87,93

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
45	ТЕР01-02-061-01	Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, группа грунтов: 1 (100 м3 грунта) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2 НР, (486 руб.): 80% от ФОТ (607 руб.) СП, (273 руб.): 45% от ФОТ (607 руб.)	0,54	10356,6 10356,6		5590	5590		122,13	65,95	
Оборудование											
46	Спецификация №2 ООО "Рекстром"	Выключатель вакуумный наружной установки на напряжение 110 кВ ВРС-110 Ш-31,5/2500 УХЛ1 с пружинным приводом (4090205/1,18/2,92=1187080,62) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	1187080,62		11870810					

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
47	Прайс-лист	Разъединитель 3х полюсный блок РНДЗ 110-20/2-1000 А-У1 (блок) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	2	3239510		6479020					
48	Прайс-лист	Разъединитель 3х полюсный блок РНДЗ 110-21/4-1000 А-У1 (блок) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	3239510		3239510					
49	Прайс-лист ООО "Разряд"	Ограничитель перенапряжения ОПНп-110/550/12-УХЛ1-0 (19600/3,14=6242,04) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	62420,4		62420					

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
50	Прайс-лист ООО "Разряд"	Ограничитель перенапряжения ОПН-110 (29400/3,14=9363,05) (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	3	93630,5		280890				
51	Прайс-лист	Трансформатор силовой понижающий трехфазный ТДН-10000/110-У1 (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	2	465000		930000				
52	Прайс-лист	Ячейки КРУ серии ВВ/TEL (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	9	4130589,2		90872960				

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
53	Прайс-лист	Ячейки КРУ для трансформатора собственных нужд (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	2760589,2		2760590					
54	Прайс-лист	Ограничитель перенапряжений ОПН-10 (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	2	15286,6		30570					
55	Прайс лист "ТАИЗ" от 15.05.2024 г	Изолятор ПС 70-Е 302,5/4,12=73,42 руб./шт (шт) <i>КОЭФ. К ПОЗИЦИИ:</i> 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	172	734,2		126280					

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
56	Прайс лист "ТАИЗ" от 15.05.2024 г	Серьга СР7-1633,00/4,12=8,01руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	80,1		960				
57	Прайс лист "ТАИЗ" от 15.05.2024 г	Узел крепления гирлянды КГП-7-1 (109,78/4,12*1,16=30,91 руб./шт) (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	309,1		3710				
58	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Ушко У1-12-16 120,00/4,12=29,13руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	291,3		3500				

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
59	"ТАИЗ" от 15.05.2024 гПрайс лист	Зажим НБН-3-6 (350,00/4,12=84,95руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	12	849,5		10190				
60	"ТАИЗ" от 15.05.2024 гПрайс лист	Скоба СК-7-1 (45,00/4,12=10,92руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	6	194,2		1170				
61	"ТАИЗ" от 15.05.2024 гПрайс лист	Серьга СР-7-16 ((38/4,12*1,16=9,223руб./шт) (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	4	1716,4		6870				

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
											оплаты труда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
62	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Ушко УС-7-16 125,00/4,12=30,34руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	4	303,4		1210					
63	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Коромысло 2 КУ12-1 (495/4,12*1,16=120,15 руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	2	1201,5		2400					
64	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Звено ПРТ-21-1 (202,96/4,12*1,16=57,143руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	2	571,4		1140					

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
65	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Зажим ОА-185-1 (96/4,12*1,16=23,3 руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	8	233		1860				
66	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Зажим А2А-185-2А (192/4,12*1,16=46,61 руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	21	466,1		9790				
67	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Зажим А4А-185-8 (208/4,12*1,16=50,49 руб./шт (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	6	504,9		3030				

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин		
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего	
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда						в т.ч. оплаты труда
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
68	"ТАИЗ" от 15.05.2024 г Прайс лист	Зажим А4А-300-5 (228/4,12*1,16=55,34 руб./шт) (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	6	553,4		3320					
69	Прайс лист от 17.05.2024 г СЦМ тех. тех. п. 6 К=1,16	Ящички обогрева выключателей (14496,00/2,46/1,18*1,16=5792,40руб./шт) (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	57924		57920					
70	Прайс-лист ООО "Электроштит" 17.05.2024г К=2,46 СЦМ т. ч. п. 6 К=1,16	Шкаф питания привода выключателя тип ЯПВМ-2 (14415/2,46*1,16=6797,32) (шт) КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 4. Производство строительных и других работ на открытых и полукрытых производственных площадках в стесненных условиях ОЗП=1,15; ЭМ=1,15 к расх.; ЗПМ=1,15; ТЗ=1,15; ТЗМ=1,15; 5. Производство строительных и других работ вблизи объектов, находящихся под высоким напряжением, в том числе в охранной зоне действующей воздушной линии электропередачи ОЗП=1,2; ЭМ=1,2 к расх.; ЗПМ=1,2; ТЗ=1,2	1	67983,2		67980					
Итого прямые затраты по смете в ценах 2024г.						121959640	314520	416080 36880		2914,94	
Итого прямые затраты по смете с учетом коэффициентов к итогам						132533550	341790	452150 40080		2914,94	

№ пп	Шифр и номер позиции норматива	Наименование работ и затрат, единица измерения	Количество	Стоимость единицы, руб.		Общая стоимость, руб.			Затраты труда рабочих, чел.-ч, не занятых обслуживанием машин	
				всего	эксплуатации машин	Всего	оплаты труда	эксплуатация машин	на единицу	всего
				оплаты труда	в т.ч. оплаты труда					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
		Накладные расходы				360590				
		Сметная прибыль				245300				
		Итого по смете:								
		Итого Строительные работы				34850				153,88
		Итого Монтажные работы				3463670				2761,06
		Итого Оборудование				129640920				
		Итого				133139440				2914,94
		В том числе:								
		Материалы				2098690				
		Машины и механизмы				452150				
		ФОТ				3818700				
		Оборудование				129640920				
		Накладные расходы				360590				
		Сметная прибыль				245300				
		ВСЕГО по смете				133139440				2914,94

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

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

«Электроэнергетика, машиностроение и автомобильный транспорт»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

А.С. Горюнов
подпись инициалы, фамилия

« 29 » 06 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция подстанции 110 кВ с заменой силовых трансформаторов на
большую мощность филиала ПАО «Россети Сибирь» «Хакасэнерго»

Тема

Руководитель А.С. Горюнов доцент, к.т.н.
подпись, дата должность, ученая степень

Выпускник И.А. Кычакова
подпись, дата

Нормоконтролер И.А. Кычакова
подпись, дата

Н.В. Дулесова
подпись, фамилия

К.С. Попов
подпись, фамилия

И.А. Кычакова
подпись, фамилия

Абакан 2024