

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.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
код – наименование направления

Реконструкция электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск,
ул. Генерала Тихонова
тема

Руководитель _____
подпись, дата

доцент, к.т.н.
должность, ученая степень

Е. В. Платонова
инициалы, фамилия

Выпускник _____
подпись, дата

А. А. Чаптыков
инициалы, фамилия

Нормоконтролер _____
подпись, дата

И.А. Кычакова
инициалы, фамилия

Абакан 2024

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

Студенту Чаптыкову Айасу Анатольевичу
(фамилия, имя, отчество)
Группа ЗХЭн 19-01 (3-19) Направление 13.03.02
(код)
Электроэнергетика и электротехника
(наименование)

Тема выпускной квалификационной работы: Реконструкция электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова

Утверждена приказом по институту № _____ от _____

Руководитель ВКР Платонова Е. В., доцент кафедры ЭМиАТ
(инициалы, фамилия, должность и место работы)

Исходные данные для ВКР _____ план расположения оборудования, характеристики электроприемников, режим работы оборудования.

Перечень разделов выпускной квалификационной работы:

Введение

- 1 Характеристика и обоснование объекта реконструкции
- 2 Проверка действующих сетей на возможность присоединения нового потребителя (проверка пропускной способности действующей ВЛ)
- 3 Выбор КЛ 10 кВ
- 4 Выбор столбовой трансформаторной подстанции
- 5 Выбор приборов учета потребителя
- 6 Защита от перенапряжения. Заземление
- 7 Проверка оборудования в ячейке подключения к ПС «Черногорская-городская»
- 8 Локальная смета на реконструкцию

Заключение

Список использованных источников

Перечень обязательных листов графической части

1. Однолинейная схема электроснабжения
2. Общий вид СТП
3. Локальная смета на реконструкцию

Руководитель ВКР

/ Е. В. Платонова
(подпись, инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

/А. А. Чаптыков
(подпись, инициалы и фамилия студента)

« _____ » _____ 2024 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова» содержит 55 страниц текстового документа, 25 использованных источников, 3 листа графического материала, приложений нет.

РЕКОНСТРУКЦИЯ, ОБЪЕКТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, СХЕМА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ, ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ, СИЛОВОЙ ТРАНСФОРМАТОР, ЗАЩИТНЫЙ АППАРАТ, ПИТАЮЩАЯ ЛИНИЯ, ТОК КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ.

Объект исследования – электрические сети 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова.

Предмет исследования – методики расчета электрических нагрузок, выбора электрооборудования и электроустановок на напряжение 0,4-10 кВ.

Целью бакалаврской работы является реконструкция электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова.

В ходе выполнения работы была дана характеристика и обоснование объекта реконструкции. Произведена проверка действующих сетей на возможность присоединения нового потребителя (проверка пропускной способности действующей ВЛ).

Осуществлен выбор питающей КЛ 10 кВ и столбовой трансформаторной подстанции в соответствии с расчетными нагрузками льготного заявителя, подключаемого к существующим электросетям.

Произведен выбор приборов учета потребителя. В качестве электросчетчика выступает электронный счетчик электрической энергии, который взаимодействует и находится в рамках внедренной в электрических сетях автоматизированной информационно-измерительной системой коммерческого учета электроэнергии.

Рассмотрены вопросы защиты от перенапряжений, расчета и организации системы заземления столбовой трансформаторной подстанции потребителя.

Проверено оборудование в ячейке подключения к ПС «Черногорская-городская» по различным критериям (по допустимому току, предельной отключающей способности)

Составлена локальная смета на реконструкцию электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова, могут быть использованы для реконструкции и проектирования различных городских и сельских электрических сетей 6-10/0,4 кВ.

THE ABSTRACT

Final qualifying work on the topic "Reconstruction of 10/0.4 kV electrical networks at the address: Chernogorsk, st. General Tikhonov" contains 55 pages of text document, 25 sources used, 3 sheets of graphic material, no appendices.

RECONSTRUCTION, DESIGN OBJECT, ELECTRICAL SUPPLY DIAGRAM, CAPACITY, ELECTRICAL LOAD, POWER TRANSFORMER, PROTECTIVE DEVICE, SUPPLY LINE, SHORT CIRCUIT CURRENT.

The object of the study is 10/0.4 kV electrical networks at the address: Chernogorsk, st. General Tikhonov.

The subject of the research is methods for calculating electrical loads, selecting electrical equipment and electrical installations for voltages of 0.4-10 kV.

The purpose of the bachelor's work is the reconstruction of 10/0.4 kV electrical networks at the address: Chernogorsk, st. General Tikhonov.

During the work, a description and justification of the reconstruction object was given. The existing networks were checked for the possibility of connecting a new consumer (checking the capacity of the existing overhead line).

The selection of a 10 kV supply cable line and a pole transformer substation was made in accordance with the calculated loads of the preferential applicant connected to existing electrical networks.

A selection of consumer metering devices has been made. An electronic electricity meter acts as an electricity meter, which interacts and is located within the framework of an automated information-measuring system for commercial electricity metering implemented in electrical networks.

The issues of overvoltage protection, calculation and organization of the grounding system for a consumer's pole transformer substation are considered.

The equipment in the connection cell to the Chernogorskaya Gorodskaya substation was checked according to various criteria (permissible current, maximum breaking capacity)

A local estimate has been drawn up for the reconstruction of 10/0.4 kV electrical networks at the address: Chernogorsk, st. General Tikhonov.

The practical significance of the research is due to the fact that the proposed types of electrical equipment and technical solutions relating to 10/0.4 kV electrical networks at the address: Chernogorsk, st. General Tikhonov, can be used for the reconstruction and design of various urban and rural electrical networks 6-10/0.4 kV.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 Характеристика и обоснование объекта реконструкции	9
2 Проверка действующих сетей на возможность присоединения нового потребителя (проверка пропускной способности действующей ВЛ)	14
3 Выбор КЛ 10 кВ	16
4 Выбор столбовой трансформаторной подстанции	18
5 Выбор приборов учета потребителя.....	25
6 Защита от перенапряжения. Заземление.....	33
7 Проверка оборудования в ячейке подключения к ПС «Черногорская- городская».....	37
8 Локальная смета на реконструкцию.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	52
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	53

ВВЕДЕНИЕ

В последнее время наметилась перспектива развития электрификации частных объектов, в том числе крупных коммерческих, в рамках государственной федеральной программы. При этом эффективность затрат на электрификацию таких объектов как децентрализованных потребителей рассматривается как один из наиболее значимых приоритетных критериев [1–3].

Обеспечение потребности в электроэнергии населения, промышленности и сельского хозяйства электрической энергией, особенно в новых строящихся районах, требует развития электрических сетей для электроснабжения вновь вводимых потребителей электроэнергии.

Подключение электричества – это обязательная процедура для того, чтобы местная администрация признала дом жилым. Проведение электричества доступно как на участках с уже построенным домом, так и на территории без строений. Во втором случае сетью можно пользоваться через счетчик в отдельно установленном металлическом ящике [6].

Договор об осуществлении технологического присоединения к электросетям отдельно взятого потребителя заключается с ближайшей территориальной сетевой организацией. Либо это может быть сделано централизованно, например через председателей садоводческих товариществ, которые могут собирать средства с владельцев участков по смете и закупить трансформаторные подстанции, опоры, линии электропередач и в целом все, что с этим связано согласно сметным расчетам или локальным сметам.

Стоимость услуг рассчитывается в рамках подготовки проекта договора об осуществлении технологического присоединения конкретного объекта, исходя из подготовленного по результатам рассмотрения заявки технического решения.

Технологическое присоединение – это услуга, которую оказывают сетевые компании для выдачи электрической мощности, и предусматривающая фактическое присоединение энергопринимающих устройств (энергетических установок) потребителей к объектам электросетевого хозяйства.

Объект исследования – электрические сети 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова.

Предмет исследования – методики расчета электрических нагрузок, выбора электрооборудования и электроустановок на напряжение 0,4-10 кВ.

Целью бакалаврской работы является реконструкция электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова.

Задачами данной ВКР являются:

- характеристика и обоснование объекта реконструкции;
- проверка действующих сетей на возможность присоединения нового потребителя (проверка пропускной способности действующей ВЛ);
- выбор КЛ 10 кВ;
- выбор столбовой трансформаторной подстанции (СТП);
- выбор приборов учета потребителя;
- защита от перенапряжения и заземление СТП;
- проверка оборудования в ячейке подключения к ПС «Черногорская-городская»;
- локальная смета на реконструкцию.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова, могут быть использованы для реконструкции и проектирования различных городских и сельских электрических сетей 6-10/0,4 кВ.

1 Характеристика и обоснование объекта реконструкции

В рамках реконструкции электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова, планируется подключение одного льготного заявителя (коммерческий торговый объект), относящегося к III категории по надежности электроснабжения. В соответствии с договором на технологическое присоединение (строительство сетей 10/0,4кВ для электроснабжения льготного заявителя: г. Черногорск, по ул. Генерала Тихонова (к.н. 19:02:010524:984)) суммарная разрешенная мощность потребителя составляет 150 кВт, коэффициент мощности 0,98.

Расчетные климатические условия приняты согласно справок Хакасского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды.

- район по гололеду (толщина стенки, мм) I (6.7)
- район по ветру (скорость ветра, м/с) III (32)
- максимальная температура, °С 30.9
- минимальная температура, °С -28.7
- средняя годовая температура, °С +0.1
- средняя продолжительность гроз в год, час. 48.8.

Рельеф поверхности спокойный, без перепада высот в пределах трассы проектируемых линий электропередач.

Климат района резко континентальный, характеризуется значительными годовыми и суточными колебаниями температуры воздуха.

Режим атмосферных осадков над районом строительства определяется общей циркуляцией атмосферы юга Восточной Сибири и увлажненностью воздушных масс, приходящих к рассматриваемой территории, Распределение осадков внутри года неравномерное,

Преобладающими, в течение всего года, являются ветры юго-западного и северного направлений, В летние месяцы увеличивается повторяемость ветров восточного и юго-восточного направлений,

Устойчивый переход среднесуточной температуры воздуха через 0 °С

осенью происходит во второй - третьей декаде октября, весной - во второй - третьей декаде апреля.

С поверхности под почвенно-растительным слоем (5-10 см) - мелкогалечниковые породы с песчанно-глинистым заполнителем, в соответствии с данными, предоставленными ООО "Инновационные технологии в энергетике" (см, 1,7/261-вх).

Специфические грунты на площадке строительства отсутствуют.

Удельное эквивалентное сопротивление грунта растеканию электрического тока 300 Ом*м.

Сейсмичность района работ - 7 баллов.

Критерием выбора земельных участков является рекомендации ПУЭ и минимизация нежелательных экологических и связанных с ними социально-экономических последствий, а также оптимизация принимаемых проектных решений в области охраны окружающей среды и материальных затрат на строительство.

В рамках реконструкции планируется переустройство участка ВЛ-10 кВ ф.29-05 в пролетах опор 63-66.

Планируется прокладка кабельной линии электропередачи 10 кВ протяженностью 277 м от уч. №29 по ул. Юбилейная до уч. №1 по ул. Радужная, г. Черногорск. Ситуационный план показан на рисунке 1.1. План трасс показан на рисунке 1.2.

В результате обобщения исходной информации о районе строительства, ознакомления с существующими инженерными коммуникациями к дальнейшему проектированию принят вариант трассы проектируемых линий электропередачи, показанный на рисунке 1.2.

Данный линейный объект предназначен для обеспечения электроэнергией потребителей III категории надежности электроснабжения. Проектом реконструкции предусмотрено строительство линий электропередач.

Площади земельных участков, отводимых для подстанций, распределительных и секционирующих пунктов с высшим напряжением от 6 до 20 кВ, должны быть не более значений приведенных в таблице 3 ВСН № 14278тм-т1 от 01.06.1996 г. «Нормы отвода земель для электрических сетей напряжением 0,38-750 кВ».



Рисунок 1.2 – План трасс

Проект реконструкции разрабатывается на основании применения утвержденных типовых конструкций и оборудования серийного заводского изготовления. Решений, связанных со сносом зданий и сооружений, переселением людей, проектом не предусмотрено.

При этом с аб. №89061908888, как собственником пересекаемой ВЛ-0,4 кВ, произведены все согласования.

Проектом реконструкции электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногоorsk, ул. Генерала Тихонова, предусмотрено выполнение следующих мероприятий для осуществления электроснабжения заявителя:

- строительство: отпайка ВЛЗ-10кВ от КЛ-10кВ (оп.69, Ф.29-05);
- строительство: отпайка ВЛЗ-10кВ от КЛ-10кВ (оп. 14, Ф.03А-08);
- строительство: СТП 160/10/0,4;
- установка приборов учета заявителю;
- КЛ-10кВ, от которых предусмотрено подключение, выполнены в соответствии с планом по переустройству фидеров 29-05 и 03А-08.

Проектом предусмотрено строительство ВЛЗ-10кВ на базе железобетонных стоек марки СВ 110-5 (с минимальным изгибающим моментом 50 кНм), с защищенными проводами по типовому проекту шифр 27.0002 .

Закрепление опор ВЛЗ-10кВ в грунте предусмотрено в копаные котлованы, с заменой грунта. Укрепление стоек производится при помощи ригелей.

Согласно ПУЭ 7, расстояние по вертикали от проводов ВЛЗ до поверхности земли в населенной и ненаселенной местности - не менее 6м, до проезжей части улиц должно быть - не менее 7 м.

2 Проверка действующих сетей на возможность присоединения нового потребителя (проверка пропускной способности действующей ВЛ)

Проверка действующих сетей на возможность присоединения нового потребителя (проверка пропускной способности действующей ВЛ) осуществляется по нагреву и потере напряжения:

Проверим питающую линию ВЛ 10 кВ по потерям напряжения (ее длина с учетом расстояния от центра питания линии до шин РП-10 кВ ПС «Черногорская-городская» №29 составляет для воздушной части – 1,6 км):

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%}{U_{ном}} \quad (2.1)$$
$$\Delta U_{уч.2} = \frac{\sqrt{3} \cdot 44,2 \cdot 1,6 \cdot (0,198 \cdot 0,98 + 0,303 \cdot 0,2) \cdot 100\%}{10000} = 0,312\% .$$

Потери напряжения находятся в пределах ГОСТ 32144–2013.

Проектом предусмотрена подвеска самонесущего изолированного провода. Выбор сечения провода для СТП 160/10/0,4, определен как наименьшее номинальное значение для расчетной нагрузки по условиям срабатывания защит. Линия должна быть проверена по потерям напряжения и токам короткого замыкания.

Подвес провода произвести в соответствии с типовыми проектами ОТП.С.03.6136(и) и т.п. 27.0002.

Фактический ток потребителя:

$$I = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{P_p / \cos \phi}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}}, \quad (2.2)$$

где S – расчетная мощность потребителя.

$$I_p = \frac{150/0,98}{\sqrt{3} \cdot 10} = 8,84 \text{ А.}$$

По замерам ток данного присоединения, протекающий по линии, составляет 44,2 А и подключение потребителя, то есть $44,2+8,84 = 53,04$ А не нарушит пропускной способности действующей ВЛ 10 кВ. Допустимый ток провода ВЛ 10 кВ составляет 210 А:

$$53,04 \text{ А} < 210 \text{ А.}$$

Проверка действующих сетей на возможность присоединения нового потребителя (проверка пропускной способности действующей ВЛ 10 кВ) выполняется.

3 Выбор КЛ 10 кВ

Как указывалось, планируется прокладка кабельной линии электропередачи 10 кВ протяженностью 277 м от уч. №29 по ул. Юбилейная до уч. №1 по ул. Радужная, г. Черногоorsk. Ситуационный план и план трасс – см. рисунки 1.1-1.2.

Выбор сечения линии 10 кВ производят по условию [15]:

$$F_{\text{ЭК}} \geq \frac{I_p}{j_{\text{ЭК}}}, \quad (3.1)$$

где $I_{\text{расч}}$ – расчетный ток линии;

$j_{\text{ЭК}}$ – величина экономической плотности тока [12].

Т.к. к потребителю подходит одна питающая линия, то ее можно выбрать по расчетной нагрузке:

$$I = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}} = \frac{P_p / \cos\phi}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ}}}, \quad (3.2)$$

где S – расчетная мощность потребителя, см. п. 3.1.

$$I_p = \frac{150/0,98}{\sqrt{3} \cdot 10} = 8,84 \text{ А.}$$

Для потребителя при $T_{\text{max}} = 2600$ ч/год – $j_0 = 1,3$ А/мм² [12].

Сечение провода по формуле (3.1):

$$F = \frac{8,84}{1,3} = 6,8 \text{ мм}^2.$$

Для передачи электроэнергии потребителя с помощью СТП от КЛ 10

кВ можно выбрать кабель сечением не менее 10 мм² [8]. Однако по соображениям механической прочности и запаса принимается кабель типа АВБШвнг/А/-LS 3х120 по ГОСТ Р 53769-2010. Кабель силовой, с алюминиевой токопроводящей жилой, с изоляцией из ПВХ-пластиката, бронированный, в защитном шланге из ПВХ-пластиката пониженной пожароопасности, с низким дымо- и газовыделением, на напряжение до 1 кВ.

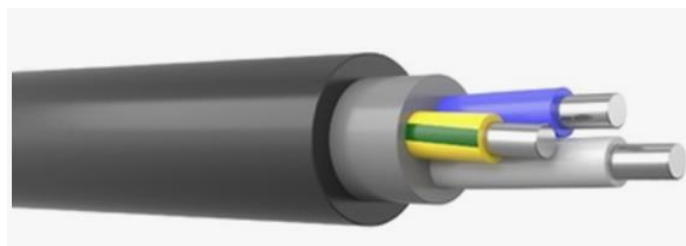


Рисунок 3.1 – АВБШвнг/А/-LS 3х120

Проверим питающую линию 10 кВ по потерям напряжения (ее длина составляет $l = 0,277$ км – для КЛ 10 кВ, для воздушной части – 1,6 км):

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot l \cdot (r_{уд} \cdot \cos \varphi + x_{уд} \cdot \sin \varphi) \cdot 100\%}{U_{ном}} \quad (3.3)$$

$$\Delta U_{уч.1} = \frac{\sqrt{3} \cdot 8,84 \cdot 0,277 \cdot (0,129 \cdot 0,98 + 0,075 \cdot 0,2) \cdot 100\%}{10000} = 0,6\% .$$

Потери напряжения находятся в пределах ГОСТ 32144–2013.

4 Выбор столбовой трансформаторной подстанции

Проектом предусмотрена установка столбовой трансформаторной подстанции, 160кВА, с силовым трансформатором типа ТМГ, с воздушным вводом (ВЛЗ-10кВ) и воздушными выходами по типовому альбому. Схема соединения обмоток силового трансформатора звезда-зигзаг с нулем (согласно требований положения ПАО «Россети» «О единой технической политике в электросетевом комплексе»). Срок службы трансформатора - более 30 лет.

Силовой трансформатор должен соответствовать требованиям СТО 34.01-3.2-011-2021.

По виду климатического исполнения СТП и трансформатор соответствуют УХЛ1.

Мощность СТП определена на основании заявки на ТП и подтверждена расчетами на подключаемую в данном проекте нагрузку.

Условие выбора номинальной мощности одного трансформатора [6]:

$$S_{\text{ном.ТР}} \geq S_{\text{расч}}, \quad (4.1)$$

где $S_{\text{расч}}$ – расчетная нагрузка.

С учетом коэффициента мощности на шинах СТП полная расчетная мощность:

$$S_p = \frac{P_p}{\cos\varphi} = \frac{150}{0,98} = 153,1 \text{ кВА.}$$

Принимаем к установке для питания потребителя трансформатор типа ТМГ-160/10/0,4 с установкой на столбовой подстанции типа СТП-160/10/0,4 (рисунок 3.1) [7].

Загрузка трансформаторов составит (для однострансформаторных СТП рекомендуется не более загрузки потребителя в максимальном режиме [6]):

$$K_3 = S_p / S_{\text{ном.ТР}} = 153,1 / 160 = 0,957.$$

Отличительной особенностью данной подстанции является то, что ее оборудование размещается непосредственно на опоре воздушной линии электропередачи 10 кВ, проходящей вблизи домов, построек и т.д., что позволяет отказаться от сооружения ВЛ 0,4 кВ и тем самым значительно уменьшить стоимость электрической сети. Кроме этого, такое размещение подстанции исключает необходимость в дополнительном земельном участке.

Конструктивно столбовая подстанция выполняется на железобетонной стойке марки СВ110-5.

На металлоконструкциях, закрепленных на стойке, монтируется оборудование подстанции:

- силовой трансформатор,
- силовые предохранители,
- ограничители перенапряжения 10 кВ;
- штыревые изоляторы 10 кВ;
- низковольтный щит (ящик РУНН).

В основном решении столбовой ТП предусматривается присоединение линий 0,4 кВ, выполненных изолированными самонесущими проводами.

Однолинейная схема СТП показана на рисунке 4.1.

Закрепление в грунте железобетонных стоек СТП 10/0,4 кВ, должно осуществляться аналогично креплению стоек опор проектируемой для данного объекта КЛ 10 кВ.

Пусконаладочные работы для КТП:

1. Измерение сопротивления растеканию тока заземлителя (для каждой КТП)

2. Проверка наличия цепи между заземлителями и заземленными элементами:

- трансформатор

- ОПН-10кВ;

- ОПН-0,4кВ.

3. Определение удельного сопротивления грунта

4. Испытание силового трехфазного трансформатора (по кол-ву тр-в)

5. Испытание шин 10кВ

6. Испытание проходной изоляции

7. Испытание ОПН-10кВ

8. Испытание ОПН-0,4кВ

Пусконаладочные работы для питающей линии 10 кВ:

Испытание разъединителя согласно главы ПУЭ 1.8.24:

- измерение сопротивления изоляции (ПУЭ п. 1.8.24-1);

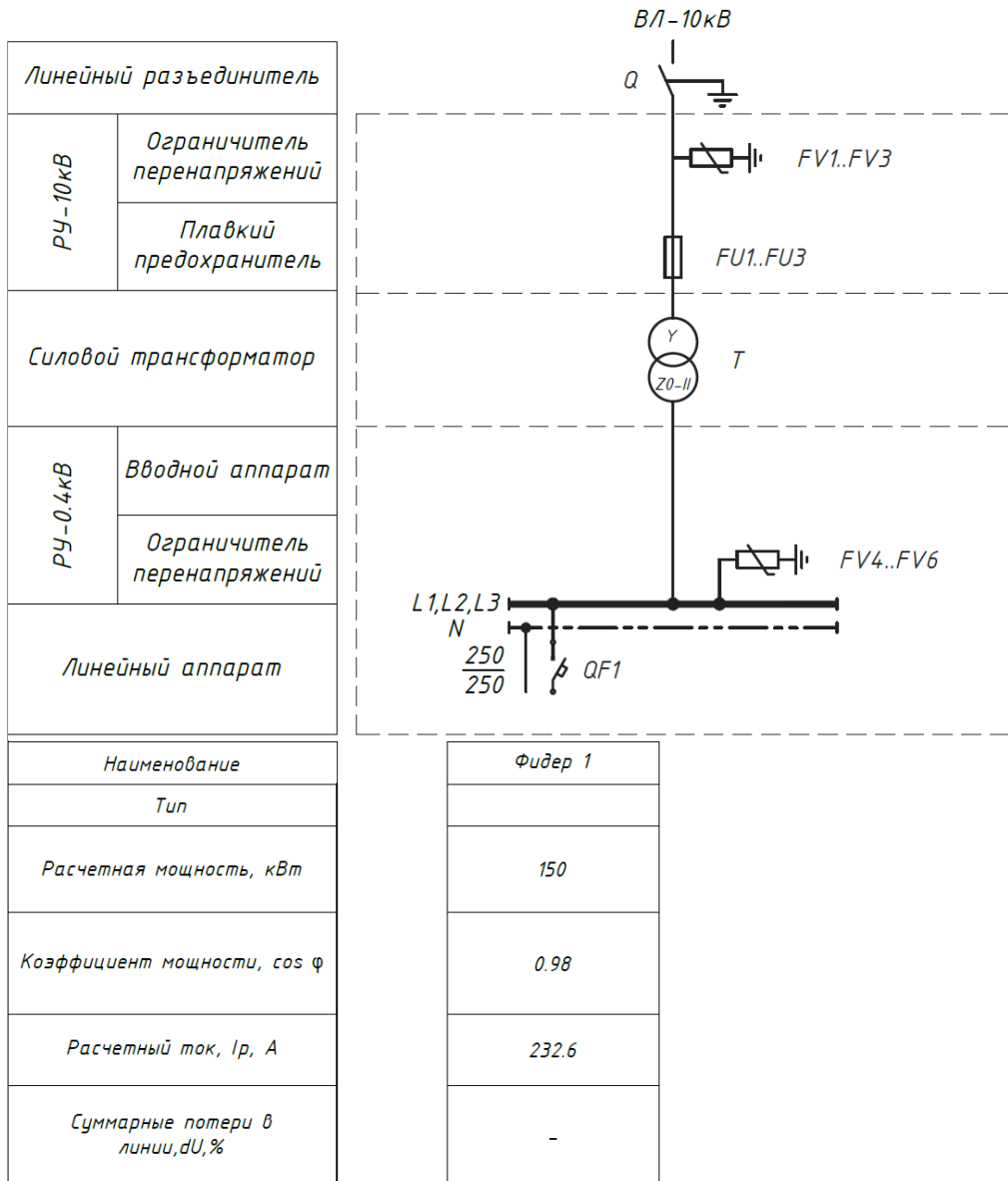
- испытание повышенным напряжением промышленной частоты (ПУЭ п. 1.8.24-2);

- измерение сопротивления постоянному току (ПУЭ п. 1.8.24-3);

- проверка работы разъединителя (ПУЭ п. 1.8.24-5);

- проверка работы механической блокировки (ПУЭ п. 1.8.24-7).

Общий вид СТП и ее оформление показаны на рисунках 4.2-4.3.



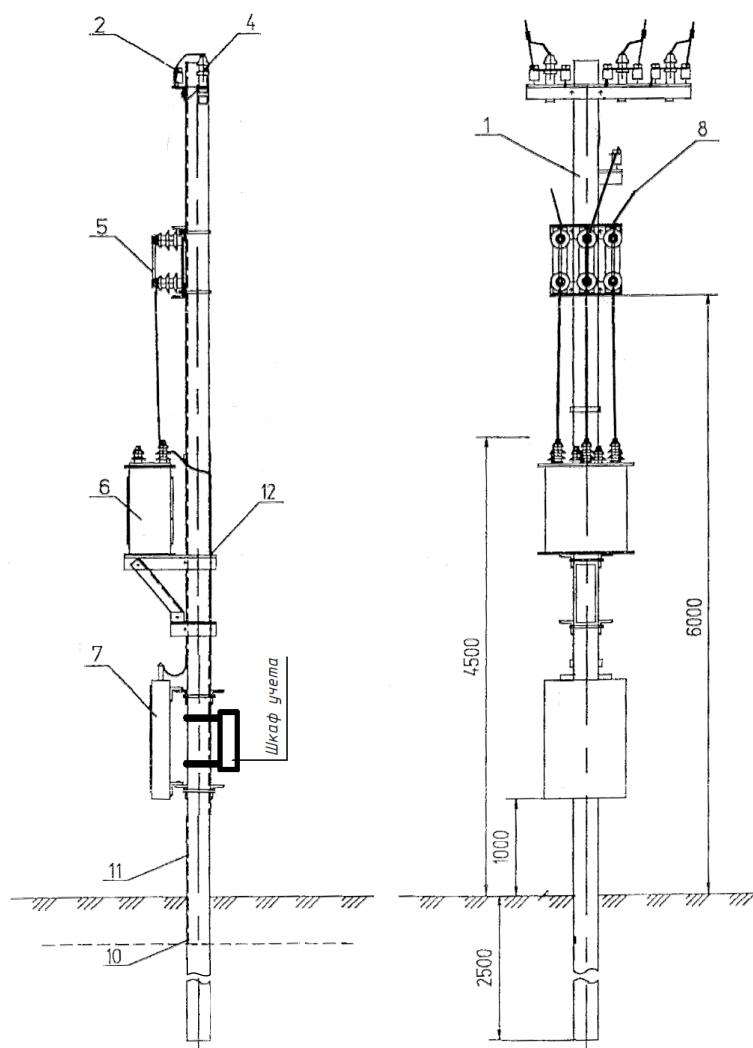
Спецификация

<i>Обозначение</i>	<i>Наименование</i>	<i>Кол.</i>
<i>Q</i>	<i>Разъединитель ВЛ-10кВ</i>	1
<i>FV1..FV3</i>	<i>Ограничитель перенапряжения нелинейный ОПНп-10/12/10/500-III-УХЛ1</i>	3
<i>FU1..FU3</i>	<i>Плавкий предохранитель ПКТ 101-10-20-31.5 У2</i>	3
<i>T</i>	<i>Трансформатор масляный, силовой ТМГэ2-160/10/0.4</i>	1
<i>FV4..FV6</i>	<i>Ограничитель перенапряжения нелинейный ОПНп-0,38/0,4/5/400-УХЛ1</i>	3
<i>QF1</i>	<i>Автоматический выключатель ВА 57-35, Iн.-250А, Iт.р.-250А, Iэ/м.р.-1600А</i>	1

Рисунок 4.1 – Однолинейная схема СТП



Рисунок 4.2 – Оформление СТП



Спецификация

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Прим.
1	СВ110-5 ТУ5863-007-96502166-2016	Стойка железобетонная, Н=11м, 50кНм	2	
2		Штыревой изолятор ШФ20-Г1	3	
3	ГОСТ 18380-80	Колпачок К9	3	
4	ТУ 3414-00300468-683-93	Ограничитель перенапряжения 10кВ	3	
5	ТУ16-521194-81	Предохранитель ПКТ-101-10*	3	
6	ТУ16-521160-87	Трансформатор ТМГ-10/0.4*	1	
7		Шкаф РУНН*	1	
8	ТУ16-705.500-2006	Провод СИП-3 1x50-20	15	(ошибка)
9		Зажим аппаратный А2А-50-2	9	
10	ОТП.С.03.61.36	Проводник заземляющий ЗП1 (d10мм)	1	
11	ОТП.С.03.61.36	Проводник заземляющий ЗП2 (d10мм)	1	
12		Линейная арматура и провод ВЛИ-0,4кВ		По проекту ВЛИ-0,4кВ
14		Зажим петлевой ПА-2-2	11	
15		Зажим пласечный ПС-2-1	4	

Рисунок 4.3 – Общий вид СТП

Схема подключения СТП к сетям 10 кВ и 0,4 кВ показана на рисунке

4.4.

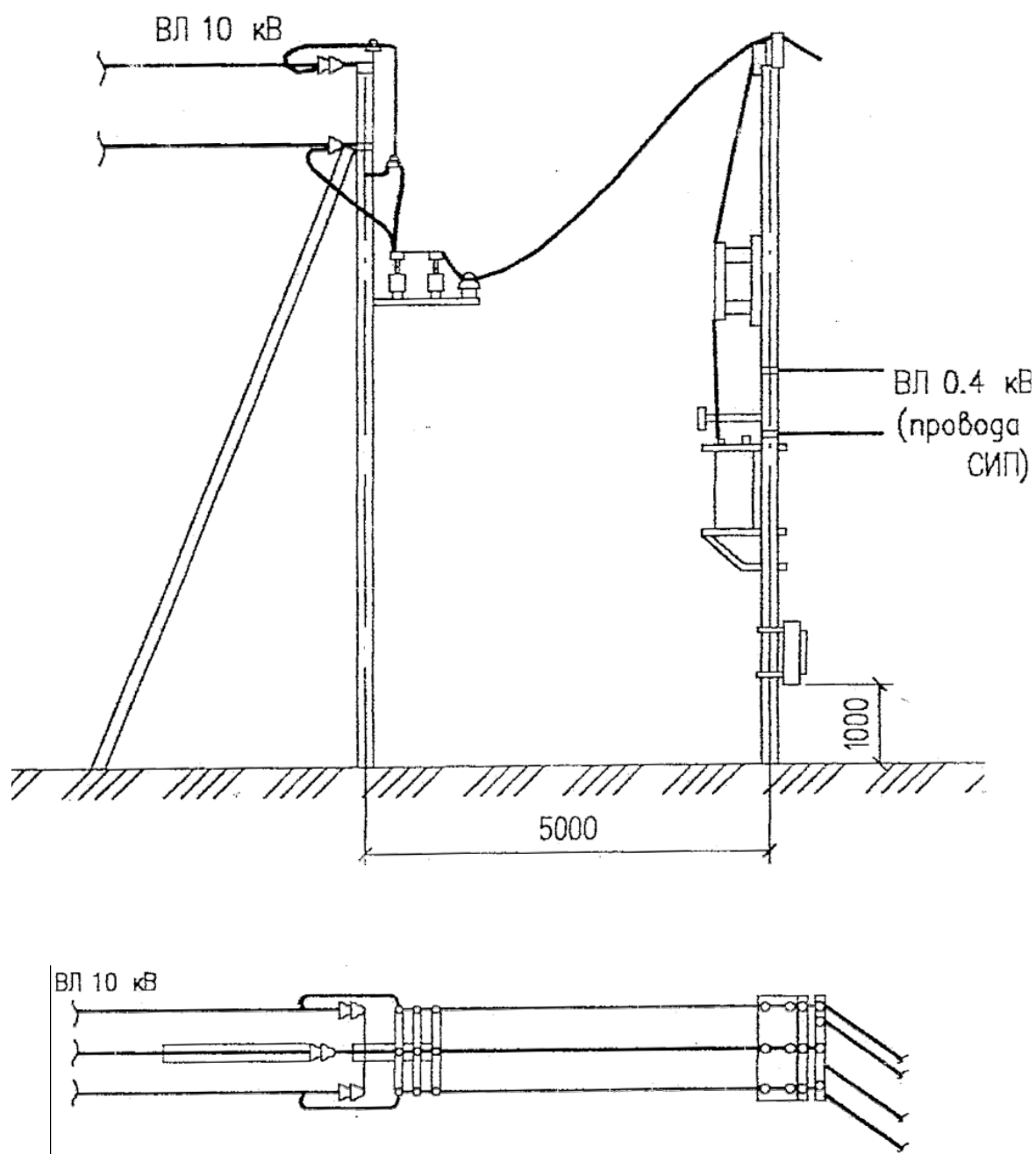


Рисунок 4.4 – Схема подключения СТП к сетям 10 кВ и 0,4 кВ

5 Выбор приборов учета потребителя

АИСКУЭ внедрено у потребителей сети 0,4 кВ на каждой ТП по каждому фидеру ПС 110/10 «Черногорская-Городская» №29 Черногорского РЭС ПАО «Россети Сибирь» - «Хакасэнерго» в 2023 году.

На уровне ИИК (см. п.1.1) АИСКУЭ выступают однофазные и трехфазные многофункциональные электронные счетчики компании «Энергомера». Подробные технические характеристики этих счетчиков, каналов связи и других вспомогательных устройств приведены в источниках [24, 25, 29].

АИСКУЭ представляет собой систему дистанционного сбора данных по каждому подключенному потребителю с целью корректного и безошибочного контроля отдаваемой в сеть и принимаемой конечными потребителями объемов электрической энергии. Этот процесс очень важно осуществлять правильно, чтобы энергоснабжающая организация не терпела финансовые убытки, а баланс электроэнергии соблюдался, в том числе, с учетом лимитов электропотребления.

На нижних уровнях АИСКУЭ происходит сбор всей первичной информации, которая затем передается на более верхние уровни для обработки и анализа (построение графиков и таблиц) [1].

Уровень ИИК (информационно-измерительных комплексов) – это первый, самый низший уровень АИСКУЭ. Как правило, в качестве ИИК выступает счетчик электроэнергии – прибор учета (в настоящее время в основном электронные первичные измерительные приборы), который может быть либо прямого включения, либо через трансформаторы тока и напряжения, если конструкция счетчика это не позволяет. Часто прямое включение в зависимости от модификации электросчетчика применяется только в сетях до 1000 В (преимущественно 0,4 кВ), т.к. такие приборы с более усиленной изоляцией изготавливать нецелесообразно. Поэтому, в сетях высокого напряжения, например, 6-10 кВ или более применяют косвенное включение счетчиков, т.е. через трансформаторы тока и напряжения, которые также можно отнести как

составляющую низшего уровня АИСКУЭ.

Уровень ИВКЭ (информационно-вычислительных комплексов электроэнергии) – это второй уровень АИСКУЭ или уровень устройств сбора и передачи (в том числе подготовки, обработки) данных. Они систематизируют (обобщают) и пакуют информацию и передают ее на уровень выше.

Связь между первым и вторым уровнем осуществляется с помощью проводных и беспроводных каналов связи. В самом начале развития АИСКУЭ преимущественно использовались проводные технологии, включая технологии Ethernet и с передачей по интерфейсам RS-485 и RS-232. Есть также и активно используемые PLC-технологии передачи сигналов непосредственно по питающим проводам и кабелям), а сейчас все больше они вытесняются беспроводными, среди которых можно отметить GSM/GPRS-связь, организуемую беспроводными модемами и другими подобными устройствами.

Третий уровень АИСКУЭ – уровень ИВК (информационно-вычислительных комплексов), т.е. в сущности мощных компьютеров (серверов сбора данных, серверов баз данных и др.), которые осуществляют обработку поступивших данных от УСПД второго уровня ИВКЭ. Центральный сервер может быть расположен на территории какого-либо объекта, либо в специализированной обслуживающей организации. Каждый сервер имеет программное обеспечение, осуществляющее обработку данных.

Четвертый уровень АИСКУЭ может включать в себя не только автоматизированные рабочие места (АРМ) администраторов, но и АРМ смежных субъектов, РДУ, коммерческого оператора АО «АТС», действующего в отношении субъектов рынка электроэнергии и мощности, и других структур.

В АРМ имеется не только программное обеспечение, как это имеется в серверах третьего уровня АИСКУЭ, но и пользовательский интерфейс, с помощью которого сотрудник на АРМ может проанализировать данные по каждому потребителю или по их совокупности, и визуализировать их в этом интерфейсе в виде схем, графиков и таблиц. Доступны онлайн или офлайн

режимы, а дальнейшая выгрузка производится в информационную среду (ИС) энергоснабжающей или другой контролирующей организации.

В целом же состав уровней, как правило, такой, какой описан выше – четырехуровневый, но могут быть и более высокие уровни, куда передаются сведения о балансах электроэнергии для еще более тщательного анализа и нахождения пробелов в работе системы.

Одним из преимуществ является наличие модульной структуры, т.е. необязательно собирать приборы всех уровня одного и того же производителя, а главное, чтобы они были совместимы и была доступна информация об этом.

Оборудование АИСКУЭ различных объектов (коммунально-бытовой сектор, предприятия, организации и т.д.) позволяет исключать ошибки при формировании счетов за электроэнергию по действующим тарифам (в том числе заложенным в программу счетчиков, которые могут считать потребленную энергию в рублях), поскольку все процессы автоматизированы, а пользователям АРМ необходимо прилагать при этом минимум усилий. Точность сбора и обработки данных также повышенная, т.к. в современных АИСКУЭ используются первичные измерительные приборы учета (электронные счетчики электроэнергии) повышенного класса точности, например, 0,5, 0,5S и другие.

Другие преимущества АИСКУЭ перед неорганизованными (классическими) системами учета электроэнергии (счетчиками самими по себе) отобразим схематично на рисунке 1.2. Среди них можно отметить сокращение коммерческой потери электроэнергии, возникающих преимущественно в результате хищений электрической энергии как важного энергетического ресурса.

Главным недостатком АИСКУЭ является их дороговизна, но как показывает практика, такие системы достаточно быстро окупаются от нескольких месяцев (средние и крупные предприятия) до нескольких лет (коммунально-бытовой сектор, мелкие организации). Вопреки высокой стоимости

устройств АИСКУЭ исключается нестабильность каналов связи и риски повреждения отдельных элементов и участков этой системы. Других недостатков АИСКУЭ в настоящее время не выявлено. Но надо понимать, что надежность работы каждого элемента АИСКУЭ определяется качеством их изготовления организациями-производителями. В настоящее время, и в особенности в условиях санкций, отечественные производители научились отлично выполнять эти функции, постоянно разрабатывая новые АИСКУЭ и повышая качество АИСКУЭ и их элементов уже выпущенных систем.

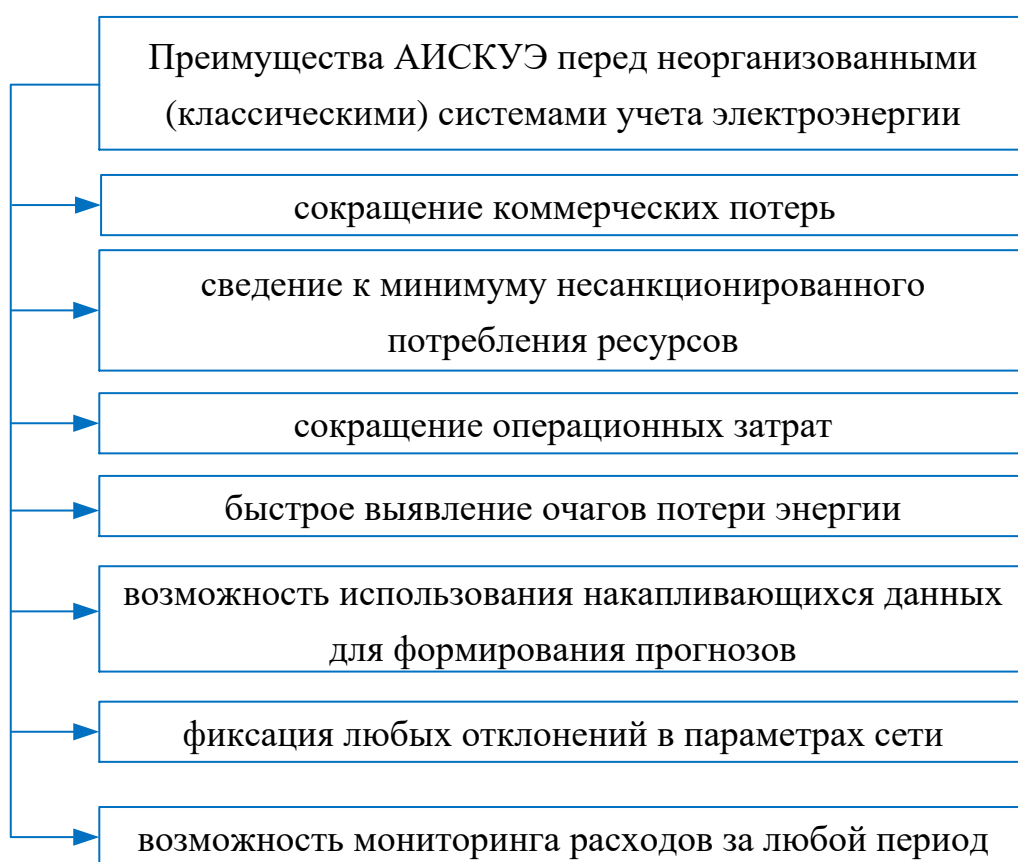


Рисунок 1.2 – Преимущества АИСКУЭ перед неорганизованными системами учета электроэнергии

Подключаемый потребитель – трехфазный.

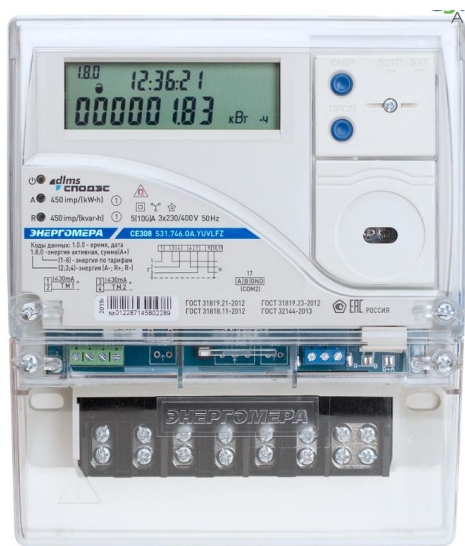
Самыми главными достоинствами счетчиков CE308-S31 (трехфазный, рисунок 5.1), помимо того, что они являются сертифицированными устройствами и соответствуют требованиям ПАО «Россети», выступают [24, 25, 29]:

- защита от хищений;
- высокая точность измерений;
- наличие нескольких каналов связи (PLC, GSM/GPRS);
- поддержка протоколов обмена СПОДЭС/DLMS;
- возможность использования в АИСКУЭ на базе канала связи

LoRaWAN.

Трехфазные счетчики типа CE308-S31 прямого включения используются как приборы учета электроэнергии на стороне НН трансформаторных подстанций и крупных общественных или производственных потребителей,.

Для учета электроэнергии и контроля ее баланса на ВН трансформаторных подстанций установлены трехфазные счетчики типа CE308-S31, но включенные не напрямую, а через измерительные трансформаторы (рисунок 5.1).



Показатели	Величины
Класс точности по активной/реактивной энергии	0,5S/0,5; 0,5S/1; 1/1
Номинальное напряжение, В	3x57.7/100; 3x230/400
Базовый (максимальный) ток, А	5 (10); 5 (100)
Стартовый ток (чувствительность), мА	5; 10
Частота измерительной сети, Гц	50±2,5
Число тарифов	8
Время усреднения профилей нагрузки, мин	1; 2; 3; 4; 5; 6; 10; 12; 15; 20; 30; 60
Глубина хранения профиля (при времени усреднения 60 мин.), сутки	256
Диапазон рабочих температур, °С	от минус 40 до плюс 70
Габаритные размеры (ВхШхГ), не более, мм	210,5 x 175 x 71,5

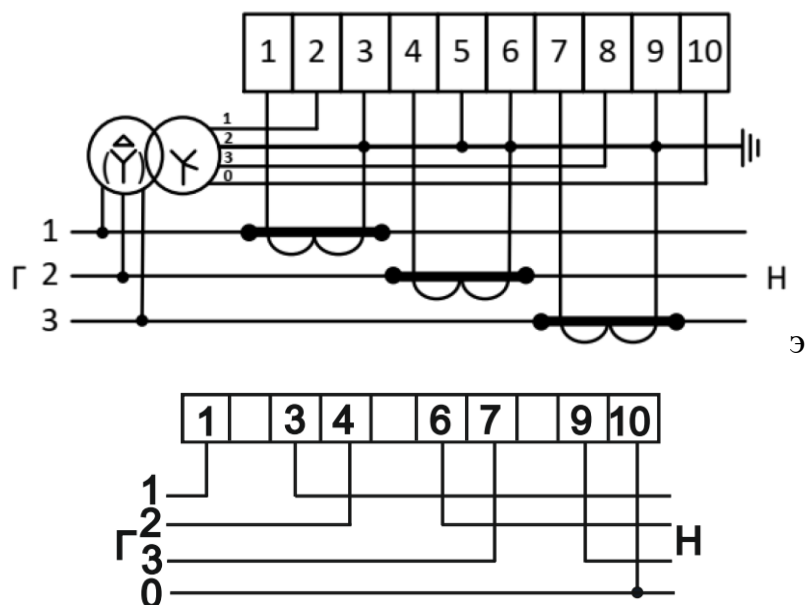


Рисунок 5.1 – Счетчик электроэнергии CE308-S31 и схемы его включения в сеть напряжением 10 кВ с помощью измерительных трансформаторов и прямого включения

Структура АИСКУЭ на основе канала связи LoRaWAN с применением счетчиков типа CE308-S31 представлена на рисунке 5.2. В ней используются узлы линий связи на основе базовых станций LoRaWAN и модулирующих исходящий от счетчиков сигнал с обеспечением его передачи на большие расстояния (до 15 км) без потери качества и в случаях использования аккумуляторного питания электронных устройств, что актуально в условиях протяженных электрических сетей в городских и сельских местностях.

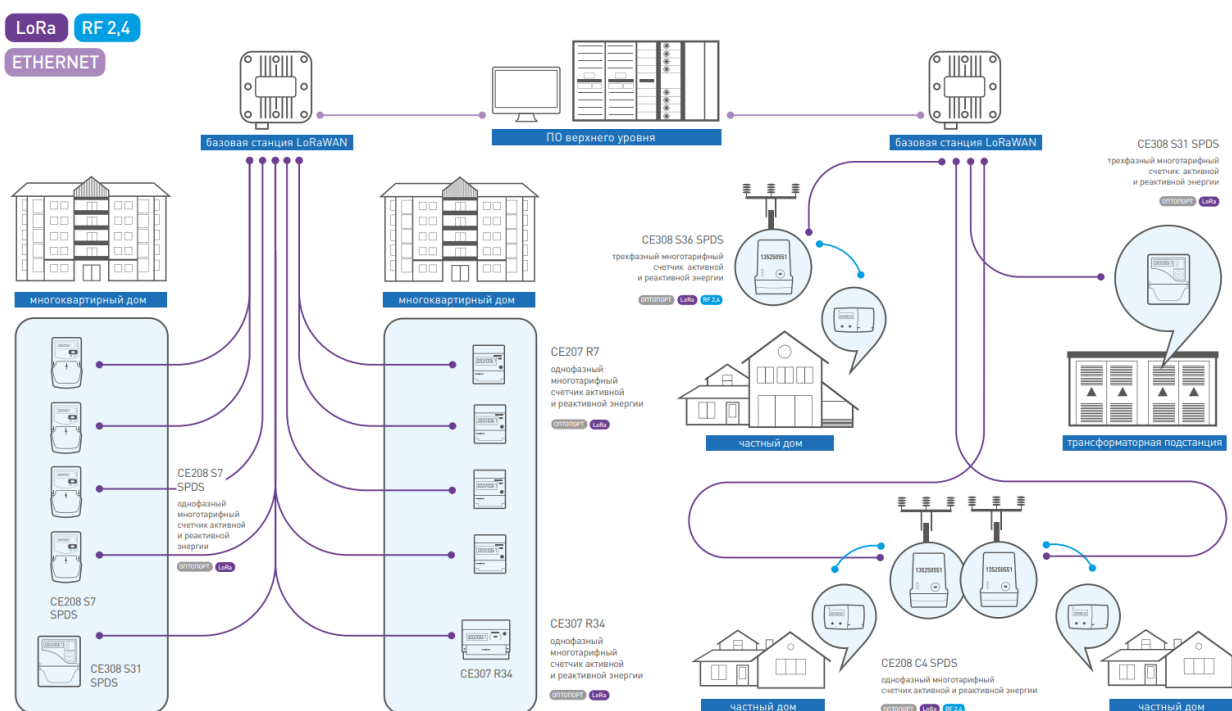


Рисунок 5.2 – Структура АИСКУЭ на основе канала связи LoRaWAN

Используемая базовая станция типа LRST-868-VGA-2a9 представлена на рисунке 5.3. Она обеспечивает прием и передачу данных с приборов учета с интегрированными модулями LoRa «Лартех» [28].

Схема работы канала связи LoRa показана на рисунке 5.4. Т.е. она повторяет классическую структуру АИСКУЭ и включает в себя три уровня, минуя второй уровень, т.к. сбор и подготовка данных для анализа здесь осуществляется в облачных технологиях:

– нижний уровень состоит из модулей связи, которые интегрированы в

конечные устройства;

– средний уровень включает в себя базовые станции, обслуживающие модули связи конечных устройств;

– верхний уровень представлен облачным сервером, передающий данные в личные кабинеты пользователей.



Рисунок 5.3 – Базовая станция типа LRST-868-VGA-2a9

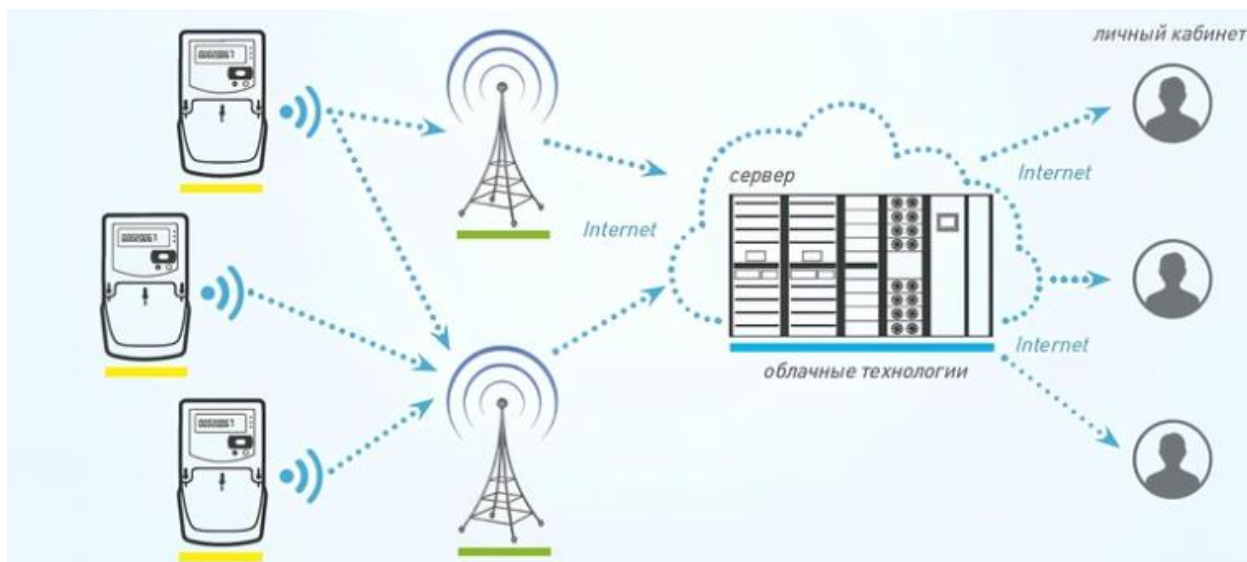


Рисунок 5.4 – Схема работы канала связи LoRa

6 Защита от перенапряжения. Заземление

Самонесущий изолированный провод защищается ограничителями перенапряжения, устанавливаемыми на крайних опорах проектируемой ВЛИ-0,4кВ, не далее 50м от последней опоры и не более 100м между прочими опорами.

Ограничители перенапряжения соединяются с заземляющим устройством отдельным заземляющим спуском.

Проектом реконструкции предусмотрено использование существующих заземляющих устройств опор совместного подвеса и дополнительно монтируемое ЗУ проектируемой опоры.

В начале и конце фидера предусмотрена установка зажимов для наложения переносного заземления.

Для защиты от атмосферных перенапряжений предусмотрена установка нелинейных ограничителей типа ОПН-10 кВ и ОПН-0,4 кВ.

В качестве защиты от перенапряжений на СТП применяем ограничитель перенапряжений типа ОПНп-10/12/10/1-III УХЛ1 (рисунок 6.1) на стороне ВН, а на низкой стороне – ОПНп-0,4/0,4/10/400 УХЛ1 (рисунок 6.2).



Рисунок 6.1 – Ограничитель перенапряжений ОПНп-10/12/10/1-III УХЛ1



Рисунок 6.2 – Ограничитель перенапряжений ОПНп-0,4/0,4/10/400 УХЛ1

Сопротивление заземляющего устройства для СТП 10/0,4 кВ – не более 4 Ом.

Таблица 6.1 – Ведомость заземляющих устройств

<i>Номер опоры</i>	<i>Наименование заземляемого сооружения</i>	<i>Количество</i>	<i>Номер схемы ЗУ</i>	<i>Расход стали $\varnothing 12\text{мм}$ (кг. на 1ЗУ) [хх]</i>	<i>Расход стали $\varnothing 18\text{мм}$ (кг. на 1ЗУ) [хх]</i>	<i>Нормируемое сопротивление ЗУ</i>	<i>Удельное сопр. грунта</i>
<i>СТП</i>	<i>Заземление СТП</i>	<i>2</i>	<i>ЗУ-7</i>	<i>37.30</i>	<i>130.0</i>	<i>4</i>	<i>350</i>

Типы траншей для прокладки горизонтального заземлителя показаны на рисунке 6.1.

Заземление подстанции выполнено из электродов круглой стали диаметром 18мм, длиной 3м (вертикальные заземлители) и соединенных между собой круглой сталью диаметром 12мм, длиной 3м (горизонтальные заземлители). Сопротивление заземляющего устройства подстанции не должно превышать 4-х Ом в любое время года. После замера сопротивления заземляющего устройства, добыть дополнительные электроды по необходимости.



Рисунок 6.1 – Типы траншей для прокладки горизонтального заземлителя

План заземления конструкции ЗУ представлена на рисунке 6.3, а объем работ и расход конкретных стальных элементов – в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Объем работ и расход конкретных стальных элементов

Поз.	Обозначение	Наименование	Ед. изм	Кол-во на исполнение							Масса единицы
				ЗУ-1	ЗУ-2	ЗУ-3	ЗУ-4	ЗУ-5	ЗУ-6	ЗУ-7	
1	ГОСТ 2590-88	Сталь круглая, $\varnothing 10\text{мм}$, $L=2,5\text{м}$	шт.	-	-	1	2	1	1	1	вып. стойки
2	ГОСТ 2590-88	Сталь круглая, $\varnothing 18\text{мм}$, $L=2,5\text{м}$	шт.	2	2	3	3	3	-	10	5.2
3	ГОСТ 2590-88	Сталь круглая, $\varnothing 12\text{мм}$, $L=3,0\text{м}$	шт.	1	1	2	2	2	1	14	2.8
4	ГОСТ 2590-88	Сталь круглая, $\varnothing 12\text{мм}$, $L=10,0\text{м}$	шт.	-	-	-	-	1	1	-	8.9
Объем земляных работ (рытье с засыпкой) вручную, м.куб.				0.45	0.45	0.9	0.9	2.2	1.5	6.3	

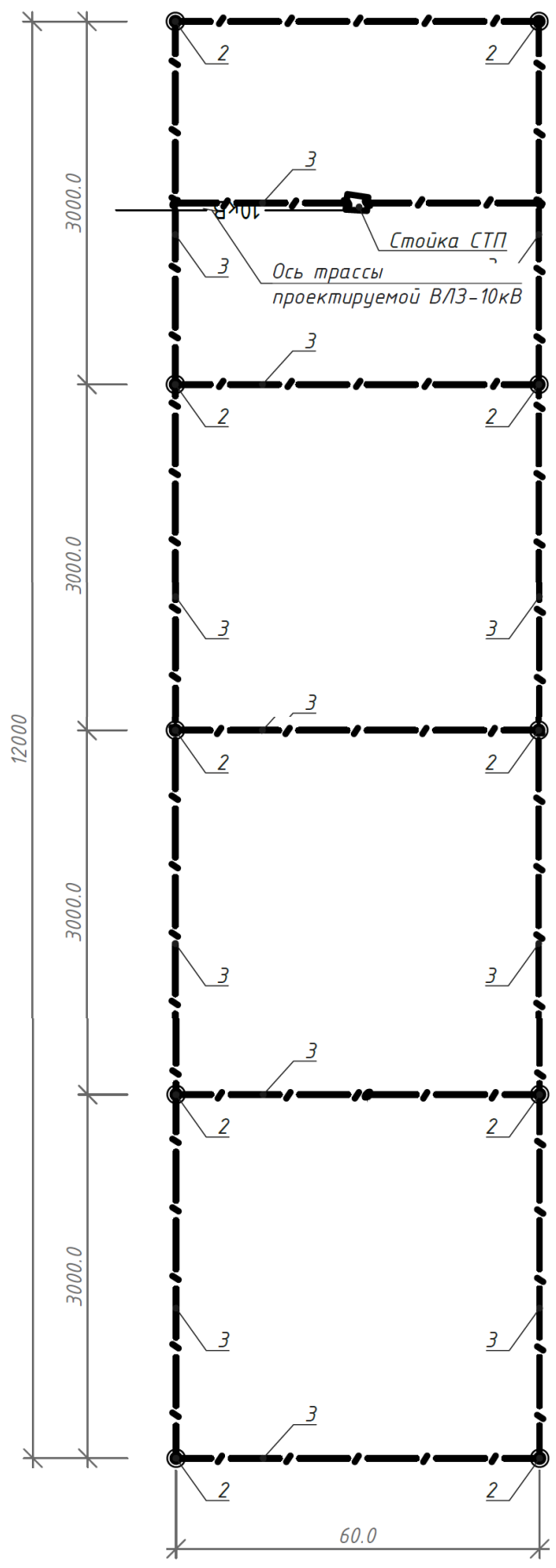


Рисунок 6.3 – План заземления конструкции 3У

7 Проверка оборудования в ячейке подключения к ПС «Черногорская-городская»

Необходимое количество линейных разъединителей на одноцепной линии – один РЛНД.1-10.П/400 УХЛ1 (в месте присоединения отпайки к питающей транзитной линии), рисунок 7.1.

Условия выбора и проверки разъединителей 10 кВ представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Расчетная таблица выбора разъединителя 10 кВ

Условие выбора	Тип разъединителя	Расчетные данные	Каталожные данные
1	2	3	4
$U_{уст} \leq U_{ном}$	РЛНД.1-10.П/400 УХЛ1	$U_{уст} = 10$ кВ	$U_{ном} = 10$ кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$		$I_{расч} = 8,84$ А	$I_{ном} = 400$ А



Рисунок 7.1 – Разъединитель РЛНД.1-10.П/400 УХЛ1 с приводом ПРН3-10

В СТП установим выключатели нагрузки типа ВМП-М1-10-У3, рисунок 7.2 [24]. Условия выбора и проверки выключателей представлены в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Расчетная таблица выбора выключателя нагрузки 10 кВ в СТП

Условие выбора	Тип выключателя	Расчетные данные	Каталожные данные
1	2	3	4
$U_{уст} \leq U_{ном}$	ВНП-М1-10-У3	$U_{уст}=10$ кВ	$U_{ном}=10$ кВ
$I_{расч} \leq I_{ном}$		$I_{расч}=8,84$ А	$I_{ном}=400$ А



Рисунок 7.2 – Выключатель нагрузки ВНП-М1-10-У3

В СТП установим предохранители ПКТ-103-10-10-20-У3, рисунок 7.3 [24].

Условия выбора:

$$U_{ном.пр.} \geq U_{ном.сети};$$

$$I_{ном.пр.} \geq I_{раб.мах.};$$

$$I_{ном.вст.} \geq I_{раб.мах.},$$

(7.1)

$$10 \text{ кВ} = 10 \text{ кВ};$$

$$10 \text{ А} > 8,84 \text{ А};$$

$$10 \text{ А} > 8,84 \text{ А}.$$



Рисунок 7.3 – Предохранитель плавкий кварцевый ПКТ-103-10-10-20-УЗ

Источник питания: ПС 110/10 «Черногорская-Городская» №29 Черногорского РЭС. Год ввода в эксплуатацию: 1995 г.

Рабочее напряжение: 110/10 кВ.

Количество силовых трансформаторов – 2

Установленная мощность трансформаторов: 2x25=50 МВА.

Расчет токов короткого замыкания производим для выбранной схемы электроснабжения и ее схемы замещения (рисунок 7.4).

Рассчитаем ток короткого замыкания с учетом сопротивления АС, а сопротивление системы – через предельную отключающую способность (20 кА) выключателя, установленного в голове питающей линии (расстояние от источника питания 10 кВ составляет 1,6 км). Тогда сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U_{\text{ср.ном}}^2}{S_c} = \frac{10,5^2}{363,73} = 0,3 \text{ Ом}, \quad (3.5)$$

где $S_c = \sqrt{3} \cdot I_{\text{ном откл.}} \cdot U_{\text{ср.ном}} = \sqrt{3} \cdot 20 \cdot 10,5 = 363,73 \text{ МВА}$.

Сопротивления проводов:

$$x_{Л} = x_0 \ell_{Л} = 0,08 \cdot 1,6 = 0,1 \text{ Ом.}$$

$$r_{Л} = r_0 \ell_{Л} = 0,6 \cdot 1,6 = 0,74 \text{ Ом.}$$

Ток КЗ в точке К1:

$$x_{\Sigma K1} = x_C = 0,3 \text{ Ом.}$$

$$I_{K1} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot x_{\Sigma K1}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot 0,3} = 20 \text{ кА.} \quad (3.6)$$

$$i_{уд K1} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{K1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 2 \cdot 20 = 69,3 \text{ кА.} \quad (3.7)$$

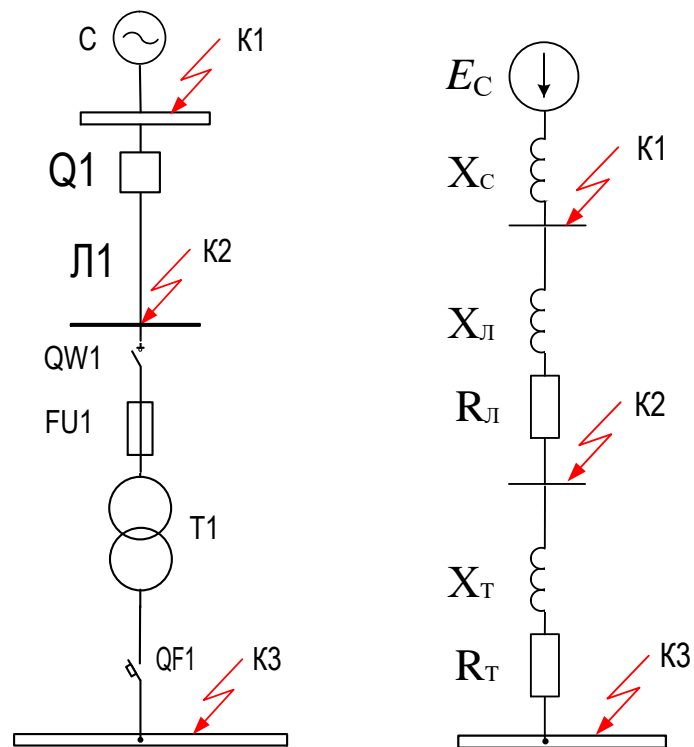


Рисунок 7.4 – Расчетная схема и схема замещения

Ток КЗ в точке К2:

$$x_{\Sigma K2} = x_C + x_{Л} = 0,3 + 0,1 = 0,4 \text{ Ом.}$$

$$r_{\Sigma K2} = r_{Л} = 0,74 \text{ Ом.}$$

$$I_{K2} = \frac{U_{\text{ср.ном}}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma K2}^2 + r_{\Sigma K2}^2}} = \frac{10,5}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,74^2 + 0,4^2}} = 7,21 \text{ кА} .$$

$$i_{\text{уд} K2} = \sqrt{2} \cdot k_{\text{уд}} \cdot I_{K2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 7,21 = 7,25 \text{ кА} .$$

Импульс квадратичного тока КЗ:

$$B_K = \left(I_{\text{п}}^{(3)} \right)^2 \cdot (t_{\text{откл}} + T_a), \quad (3.8)$$

$$B_K = 7,21^2 \cdot (0,18 + 0,025) = 10,66 (\text{кА}^2 \cdot \text{с}).$$

Пересчет сопротивлений к другой ступени напряжения производится по выражению [8, 12]:

$$X_K = X_{\text{ном}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2, \quad (3.9)$$

где x_K – сопротивление (Ом), приведенное к ступени напряжения $U_{\text{ср.к}}$.

Приведенное сопротивление системы:

$$x_c = \frac{U_{\text{ном}}^2}{S_c} \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 = \frac{10000^2}{363,73 \cdot 10^6} \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,4 \text{ мОм} .$$

Приведенные сопротивления линии:

$$x_L = x_{\text{удЛ}} \ell_L \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 = 0,08 \cdot 1,23 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 0,14 \text{ мОм} .$$

$$r_L = r_{\text{удЛ}} \ell_L \cdot \left(\frac{U_{\text{ср.к}}}{U_{\text{ср.ном}}} \right)^2 = 0,6 \cdot 1,23 \cdot 10^3 \cdot \left(\frac{0,4}{10,5} \right)^2 = 1,07 \text{ мОм} .$$

Определяем сопротивление трансформатора:

$$r_{mp} = \frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6; \quad (3.10)$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{U_{к.}}{100}\right)^2 - \left(\frac{\Delta P_{к.з.}}{S_{ном.тр.}}\right)^2} \cdot \frac{U_{ном.}^2}{S_{ном.тр.}} \cdot 10^6. \quad (3.11)$$

$$r_{mp} = \frac{3,1}{160} \cdot \frac{0,4^2}{160} \cdot 10^6 = 19,4 \text{ мОм};$$

$$x_{mp} = \sqrt{\left(\frac{4,5}{100}\right)^2 - \left(\frac{3,1}{160}\right)^2} \cdot \frac{0,4^2}{160} \cdot 10^6 = 40,62 \text{ мОм}.$$

Рассчитаем ток КЗ в точке КЗ.

$$x_{\Sigma КЗ} = x_C + x_L + x_{mp} = 0,4 + 0,14 + 40,62 = 41,16 \text{ мОм}.$$

$$r_{\Sigma КЗ} = r_{mp} + r_L + r_{доб} = 19,4 + 1,07 + 15 = 35,47 \text{ мОм}.$$

$$I_{КЗ} = \frac{U_{ср.ном}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{x_{\Sigma КЗ}^2 + r_{\Sigma КЗ}^2}} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{41,16^2 + 35,47^2}} = 4,25 \text{ кА}.$$

$$i_{уд КЗ} = \sqrt{2} \cdot k_{уд} \cdot I_{КЗ}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,0 \cdot 4,25 = 6,01 \text{ кА}.$$

Рассчитанные уровни токов короткого замыкания и ударных токов позволяют сделать вывод о том, что отключающие способности аппаратов на напряжении 10 кВ больше указанных значений найденных токов к.з., и условие по предельной отключающей способности выполняется.

8 Локальная смета на реконструкцию

Сметный расчет проводится для реконструированной схемы электрических сетей 10/0,4 кВ учитывает затраты на установку СТП, крепление проводов 10 кВ на штыревых изоляторах, установку разъединителей на опоре, 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 на реконструкцию электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова приведена в таблице 8.1.

СОГЛАСОВАНО:

_____ 20__ г.
" ____ " _____

УТВЕРЖДАЮ:

_____ 20__ г.
" ____ " _____

Реконструкция электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова
(наименование стройки)

ЛОКАЛЬНАЯ СМЕТА №

на СТП-160-10/0,4, ФЕР 3.24г. по зам.
(наименование работ и затрат, наименование объекта)

Основание:

Сметная стоимость _____ 1485,98 тыс.руб.
строительных работ _____ 97,11 тыс.руб.
монтажных работ _____ 193,86 тыс.руб.
оборудования _____ 1195,01 тыс.руб.
Средства на оплату труда _____ 112,0 тыс.руб.
Сметная трудоемкость _____ 109,25 чел.час
Составлена в текущих ценах по состоянию на _____ 20__ г.

№ п п	Обоснование	Наименование	Ед. изм.	Кол.	Стоимость единицы, руб.			Общая стоимость, руб.			Т/з осн. раб.н а ед.	Т/з осн. раб. Все- го	Т/з мех . на ед.	Т/з мех. Все- го		
					Всего	В том числе		Всего	В том числе							
						Осн.З/ п	Эк.Ма ш		З/пМе х	Осн.З/ п					Эк.Ма ш	З/пМе х
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Раздел 1. Строительные работы																
1	ФЕР33-04-027-24 В ред. пр. № 253 Минрегиона РФ	Установка столбовых трансформаторных подстанций мощностью до 160 кВ·А.; установка строительных конструкций	1 подстанция	1	1414,4	178,1	1205,3	100,9	1410	180	1210	100	2,01	2,01	0,87	0,87
2	ФЕР06-01-080-24 В ред. пр. № 253 Минрегиона РФ	Приготовление тяжелого бетона: на гравии класса В 25 (М 300)	100 м3 бетона	0,00 3	277513, 9	23533,4	21186,4	4167,9	830	70	60	10	301,71	0,91	41,43	0,12
3	ФЕР06-01-001-24 В ред. пр. № 253 Минрегиона РФ	Устройство фундаментов-столбов: бетонных 11 461,48 = 68 581,48 - 102 х 560,00	100 м3 бетона, бутобетона и железобетона в деле	0,00 3	114614, 8	51031,6	17810,3	2504,4	340	150	50	10	598,26	1,79	18,62	0,06
4	ФССЦ-403-2431-24 В ред. пр. № 308 Минрегиона РФ	Стойка железобетонная: сборная под электрооборудование	м3	0,47	33448				15720							
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2024г.									18300	400	1320	120		4,71		1,05
Накладные расходы									510							
Сметная прибыль									320							
Итого по разделу 1 Строительные работы :																

Линии электропередачи:																
Итого Поз. 1																
Накладные расходы 105% ФОТ (от 28)																
Сметная прибыль 60% ФОТ (от 28)																
Итого с накладными и см. прибылью																
Изготовление в построечных условиях материалов и полуфабрикатов,металлических и трубопроводных заготовок:																
Итого Поз. 2																
Накладные расходы 66% ФОТ (от 8)																
Сметная прибыль 65% ФОТ (от 8)																
Итого с накладными и см. прибылью																
Бетонные и железобетонные монолитные конструкции в промышленном строительстве:																
Итого Поз. 3																
Накладные расходы 105% ФОТ (от 16)																
Сметная прибыль 65% ФОТ (от 16)																
Итого с накладными и см. прибылью																
Материалы:																
Итого Поз. 4																
Итого																
Всего с учетом "Перевод цен в 2кв.24г. СМР=4,43"																
Справочно, в ценах 2024г.:																
Материалы																
Машины и механизмы																
ФОТ																
Накладные расходы																
Сметная прибыль																
Итого по разделу 1 Строительные работы																
Раздел 2. Монтаж																
5	ФЕР33-04-027-24 В ред. пр. № 253 Минрегиона РФ	Установка столбовых трансформаторных подстанций мощностью до 160 кВ·А.; установка оборудования	1 подстанция	1	10023,7	5901	4122,7	478,9	10020	5900	4120	480	62,05	62,05	3,85	3,85

6	ФЕРм08-01-062-24 В ред. пр. № 321 Минрегиона РФ	Трансформатор силовой, автотрансформатор или масляный реактор, масса: до 1 т	1 шт.	1	14132,6	2068,3	5495	445,5	14130	2070	5500	450	21,5	21,5	3,3	3,3
Заземление КТП																
7	ФЕР01-02-055-24 В ред. пр. № 253 Минрегиона РФ	Разработка грунта вручную с креплениями в траншеях шириной до 2 м, глубиной: до 2 м, группа грунтов 2 КОЭФ. К ПОЗИЦИИ: 3.192 Разработка траншей глубиной до 2м с вертикальными стенками без креплений ОЗП=0,8; ТЗ=0,8; 3.193 Разработка грунта в траншеях шириной менее 1м при наличии креплений ОЗП=1,1; ТЗ=1,1	100 м3 грунта	0,06	13937,7	13937,7			840	840			166,32	9,98		
8	ФЕР01-02-061-24 В ред. пр. № 253 Минрегиона РФ	Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, группа грунтов: 1	100 м3 грунта	0,06	6637,5	6637,5			400	400			88,5	5,31		
9	ФЕРм08-02-472-24 В ред. пр. № 321 Минрегиона РФ	Заземлитель горизонтальный из стали: полосовой сечением 160 мм2	100 м	0,15	10822,1	1560,4	785,8	29,7	1620	230	120		16,6	2,49	0,22	0,03

10	ФЕРм08-02-471-24 В ред. пр. № 321 Минрегиона РФ	Заземлитель вертикальный из угловой стали размер: 50x50x5 мм	10 шт.	0,3	8537,7	1005,8	601,5	25,7	2560	300	180	10	10,7	3,21	0,19	0,06	
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2024г.									29570	9740	9920	940		104,54		7,24	
Накладные расходы									10600								
Сметная прибыль									6380								
Итого по разделу 2 Монтаж :																	
Итого по Строительным работам																	
Земляные работы, выполняемые ручным способом:																	
Итого Поз. 7-8									1240	1240				15,29			
Накладные расходы 80% ФОТ (от 124)									990								
Сметная прибыль 45% ФОТ (от 124)									560								
Итого с накладными и см. прибылью									2790					15,29			
Итого									2790					15,29			
Всего с учетом "Перевод цен в 2кв.24г. СМР=4,43"									12360					15,29			
Итого по Монтажным работам																	
Монтаж оборудования линии электропередач:																	
Итого Поз. 5									10020	5900	4120	480		62,05		3,85	
Накладные расходы 105% ФОТ (от 638)									6700								
Сметная прибыль 60% ФОТ (от 638)									3830								
Итого с накладными и см. прибылью									20550					62,05		3,85	
Электромонтажные работы на других объектах:																	
Итого Поз. 6, 9-10									18310	2600	5800	460		27,2		3,39	
Накладные расходы 95% ФОТ (от 306)									2910								
Сметная прибыль 65% ФОТ (от 306)									1990								
Итого с накладными и см. прибылью									23210					27,2		3,39	
Итого									43760					89,25		7,24	
Всего с учетом "Перевод цен в 2кв.24г. СМР=4,43"									193860					89,25		7,24	
Итого									206220					104,54		7,24	
Справочно, в ценах 2024г.:																	

Материалы					9910									
Машины и механизмы					9920									
ФОТ					10680									
Накладные расходы					10600									
Сметная прибыль					6380									
Итого по разделу 2 Монтаж					206220						104,54		7,24	
Раздел 3. Оборудование														
11	ЗАО "Орский з-д электромонтажных изделий" Счет №08/655-6 27.05.24г.	Столбовая трансформаторная подстанция СТП-160-10/0.4-У1 в/к / 420000:2.97x1.108=156687	шт	1	156687				156690					
12	ЗАО "Орский з-д электромонтажных изделий" Счет №08/655-6 05.05.24г.	Трансформатор ТМГз2-160 / 620000:2.97x1.108=231299, 7	шт	1	231299, 7				231300					
Итого прямые затраты по разделу в ценах 2024г.									387990					
Итого по разделу 3 Оборудование :														
Оборудование:														
Итого Поз. 11-12									387990					
Итого									387990					
Всего с учетом "Оборудование 2кв.24г.стр.к=3.08 "Вестник ценообразования" СМР=3,08"									119501 0					
Справочно, в ценах 2024г.:														
Итого по разделу 3 Оборудование									119501 0					
ИТОГИ ПО СМЕТЕ:														

Итого прямые затраты по смете в ценах 2024г.	435860	10140	11240	1060		109,25		8,29
Накладные расходы	11110							
Сметная прибыль	6700							
Итого по смете:								
Итого по Строительным работам								
Линии электропередачи:								
Итого Поз. 1	1410	180	1210	100		2,01		0,87
Накладные расходы 105% ФОТ (от 28)	290							
Сметная прибыль 60% ФОТ (от 28)	170							
Итого с накладными и см. прибылью	1870					2,01		0,87
Изготовление в построчных условиях материалов и полуфабрикатов,металлических и трубопроводных заготовок:								
Итого Поз. 2	830	70	60	10		0,91		0,12
Накладные расходы 66% ФОТ (от 8)	50							
Сметная прибыль 65% ФОТ (от 8)	50							
Итого с накладными и см. прибылью	930					0,91		0,12
Бетонные и железобетонные монолитные конструкции в промышленном строительстве:								
Итого Поз. 3	340	150	50	10		1,79		0,06
Накладные расходы 105% ФОТ (от 16)	170							
Сметная прибыль 65% ФОТ (от 16)	100							
Итого с накладными и см. прибылью	610					1,79		0,06
Материалы:								
Итого Поз. 4	15720							
Земляные работы, выполняемые ручным способом:								
Итого Поз. 7-8	1240	1240				15,29		
Накладные расходы 80% ФОТ (от 124)	990							
Сметная прибыль 45% ФОТ (от 124)	560							
Итого с накладными и см. прибылью	2790					15,29		
Итого	21920					20		1,05
Всего с учетом "Перевод цен в 2кв.24г. СМР=4,43"	97110					20		1,05
Итого по Монтажным работам								
Монтаж оборудования линии электропередач:								
Итого Поз. 5	10020	5900	4120	480		62,05		3,85

Накладные расходы 105% ФОТ (от 638)	6700							
Сметная прибыль 60% ФОТ (от 638)	3830							
Итого с накладными и см. прибылью	20550					62,05		3,85
Электромонтажные работы на других объектах:								
Итого Поз. 6, 9-10	18310	2600	5800	460		27,2		3,39
Накладные расходы 95% ФОТ (от 306)	2910							
Сметная прибыль 65% ФОТ (от 306)	1990							
Итого с накладными и см. прибылью	23210					27,2		3,39
Итого	43760					89,25		7,24
Всего с учетом "Перевод цен в 2кв.24г. СМР=4,43"	193860					89,25		7,24
Итоги по Оборудованию								
Оборудование:								
Итого Поз. 11-12	387990							
Итого	387990							
Всего с учетом "Оборудование 2кв.24г.стр.к=3.08 "Вестник ценообразования" СМР=3,08"	119501 0							
Итого	148598 0					109,2 5		8,29
Справочно, в ценах 2024г.:								
Материалы	26490							
Машины и механизмы	11240							
ФОТ	11200							
Оборудование	119501 0							
Накладные расходы	11110							
Сметная прибыль	6700							
ВСЕГО по смете	148598 0					109,2 5		8,29

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над ВКР выполнена реконструкция электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова.

В ходе выполнения работы была дана характеристика и обоснование объекта реконструкции. Произведена проверка действующих сетей на возможность присоединения нового потребителя (проверка пропускной способности действующей ВЛ).

Осуществлен выбор питающей КЛ 10 кВ и столбовой трансформаторной подстанции в соответствии с расчетными нагрузками льготного заявителя, подключаемого к существующим электросетям.

Произведен выбор приборов учета потребителя. В качестве электросчетчика выступает электронный счетчик электрической энергии, который взаимодействует и находится в рамках внедренной в электрических сетях автоматизированной информационно-измерительной системой коммерческого учета электроэнергии.

Рассмотрены вопросы защиты от перенапряжений, расчета и организации системы заземления столбовой трансформаторной подстанции потребителя.

Проверено оборудование в ячейке подключения к ПС «Черногорская-городская» по различным критериям (по допустимому току, предельной отключающей способности)

Составлена локальная смета на реконструкцию электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова.

Практическая значимость исследований обусловлена тем, что предложенные виды электрооборудования и технические решения, касающиеся электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск, ул. Генерала Тихонова, могут быть использованы для реконструкции и проектирования различных городских и сельских электрических сетей 6-10/0,4 кВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров, Н. В. Особенности эксплуатации электрических сетей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-ekspluatatsii-elektricheskikh-setey> (дата обращения 25.05.2024).
2. В населенных пунктах ремонтируют электросети [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mrsk-sib.ru/index.php?option> (дата обращения 25.05.2024).
3. В филиале МРСК Сибири специалистами завершены ремонтные работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://portalenergetika.com/news/v_rezultate_zavershenija_remontnoj_programmy_energopoteri_snizilis (дата обращения 25.05.2024).
4. Герасименко А.А. Передача и распределение электрической энергии [Текст] : учебное пособие / А.А. Герасименко, В.Т. Федин. – 4-е изд., стер. – М. : КНОРУС, 2014. – 648 с.
5. Кабель СИП. Виды и устройство. Маркировка и применение. Монтаж [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://electrosam.ru/glavnaja/jelektroobustrojstvo/jelektroprovodka/kabel-sip/> (дата обращения 25.05.2024).
6. Костюченко, Л.П. Проектирование систем сельского электроснабжения: учеб. пособие / Л.П. Костюченко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. -3-е изд., испр. и доп. - Красноярск, 2016. - 264 с.
7. СТП – подстанции столбового типа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nezpk.ru/catalog/detail/stp/> (дата обращения 25.05.2024).
8. Лещинская Т.Б. Практикум по электроснабжению сельского хозяйства/ Т.Б. Лещинская, И.В. Наумов – М.: Изд-во БИБКМ – ТРАНСЛОГ, 2015. – 455 с.
9. Повышение эффективности управления распределительными сетями [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=3046(дата обращения 25.05.2024).

10. Положение ПАО «Россети» о единой технической политике в электросетевом комплексе. - М.: ПАО «Россети». - 2017. – 196 с.

11. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации [Текст]. – М. :Энергия, 2013. – 348 с.

12. Правила устройства электроустановок [Текст] : утверждены Министерством энергетики Российской Федерации. –М. : Проспект, 2019. – 831 с.

13. РД 153-34.0-20.527-98. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования; дата введ. 23.03.1998 [Текст]. – М.: Издательство МЭИ, 2013. – 131 с.

14. РД 34.20.178-81 Методические указания по расчету электрических нагрузок в сетях 0,38-110 кВ сельскохозяйственного назначения.

15. РД 34.20.185-94 Инструкция по проектированию городских электрических сетей.

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

17. СП 256.1325800.2016 Электроустановки жилых и общественных зданий. Правила проектирования и монтажа (с Изменениями N 1, 2, 3)

18. СТО 34.01-2.2-002-2015 Арматура для воздушных линий электропередачи с самонесущими изолированными проводами напряжением до 1 кВ. Анкерная и поддерживающая арматура для СИП-1 и СИП-2. Общие технические требования.

19. СТО 34.01-2.2-026-2017 Опоры деревянные. Общие требования

20. СТО 34.01-3.2-011-2017 Трансформаторы силовые распределительные 6-10 кВ мощностью 63-2500 кВА. Требования к уровню потерь холостого хода и короткого замыкания.

21. Схема территориального планирования района. Инженерная инфраструктура [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rosseti.org/regulatory> (дата обращения 25.05.2024).

22. Тарифы на электроэнергию в Челябинской области. Действуют с 1

января 2024 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uralsbyt.ru/clients/tarify-normativy-zakonodatelstvo/tarify-i-normativy/> (дата обращения 25.05.2024).

23. Федотов А.И. Проектирование городских электрических сетей: учеб.пособие / А.И. Федотов, О.В. Наумов, Н.В. Чернова. – Казань: Казан.гос. энерг. ун-т, 2015. – 108 с.

24. Счетчик электроэнергии однофазный многотарифный CE208-C4 : сайт / Энергомера. – URL: http://www.energomera.ru/ru/products/meters/ce208c4_spodes (дата обращения 30.05.2024).

25. Счетчик электроэнергии однофазный многотарифный CE308-S31 : сайт / Энергомера. – URL: http://www.energomera.ru/ru/products/meters/ce308s31_spodes (дата обращения 30.05.2024).

26. АСКУЭ. Варианты построения. Каталог фирмы «Энергомера» : сайт / Энергомера. – URL: http://www.energomera.ru/documentations/catalog/energomera_catalog_askue_8680.pdf (дата обращения 30.05.2024).

27. АСКУЭ на базе канала связи LoRaWAN : сайт / Энергомера. – URL: http://www.energomera.ru/ru/products/askue/variants/askue_lora (дата обращения 30.05.2024).

28. АСКУЭ на базе канала связи LoRa : сайт / ВК. – URL: https://vk.com/@energo_spec_askue-na-baze-kanala-svyazi-lr (дата обращения 30.05.2024).

29. Руководство пользователя счетчиков CE208, CE308 : сайт / Энергомера. – URL: http://www.energomera.ru/documentations/product/ce208_ce308_v9_x_10_x_spds_gp.pdf (дата обращения 30.05.2024).

30. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 N 861 (ред. от 28.04.2023) «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг...». – Москва : Проспект, 2017. – 61 с.

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.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

код – наименование направления

Реконструкция электрических сетей 10/0,4 кВ по адресу: г. Черногорск,
ул. Генерала Тихонова

тема

Руководитель

Е.В. Платонова
подпись, дата

доцент, к.т.н.

должность, ученая степень

Е. В. Платонова

инициалы, фамилия

Выпускник

А.А. Чаптыков
подпись, дата

А. А. Чаптыков

инициалы, фамилия

Нормоконтролер

И.А. Кычакова
подпись, дата

И.А. Кычакова

инициалы, фамилия

Абакан 2024