

Министерство образования и науки Забайкальского края
Государственное профессиональное образовательное учреждение
«Приаргунский государственный колледж»



Утверждаю

и.о. заместителя директора

по УПР ПОУ «ПГК»

Кокухина К. Н.

2025 года

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

для обучающихся

по выполнению практических работ

МДК.04.02.01 «Техническая эксплуатация оборудования электрических подстанций и
распределительных устройств филиала ПАО "Россети Сибирь" - "Читаэнерго"»

по профессии

13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)»

п. Приаргунск, 2025

Методические указания предназначены для организации работы обучающихся при выполнении практических работ по МДК.04.02.01 «Техническая эксплуатация оборудования электрических подстанций и распределительных устройств филиала ПАО "Россети Сибирь" - "Читаэнерго"»

Содержат рекомендации и задания согласно рабочей программе, разработанной в соответствии с ФГОС СПО по профессии 13.01.10 «Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)», утвержденного приказом Минпросвещения России от 28.04.2023 N 316.

Организация-разработчик: ГПОУ «Приаргунский государственный колледж»

Авторы:

Лопатина В.А., – преподаватель профессионального цикла ГПОУ «ПГК»

Вторушина И.А. – заместитель по НМР ГПОУ «ПГК»

Рассмотрено на ПЦК

Протокол № 5 от «15» 01 2025 г.

Председатель ПЦК В.А. Лопатина Лопатина В.А.

СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка.....	4
Тематическое планирование практических работ.....	5
Задания для практических работ.....	6
Литература	41

1.ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по МДК.04.02.01 «Техническая эксплуатация оборудования электрических подстанций и распределительных устройств филиала ПАО "Россети Сибирь"- "Читаэнерго"» по выполнению практических работ предназначены для обучающихся по профессии 13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям).

Практические задания направлены на подтверждение теоретических знаний, формирование учебных, профессиональных и практических умений, они составляют важную часть теоретической и профессионально-практической подготовки по освоению МДК 04.02.01 Технология эксплуатации бесперебойной работы электрооборудования и электроустановок

В результате выполнения лабораторно-практических работ у обучающихся формируются профессиональные компетенции (ПК) и общие компетенции (ОК):

ПК 4.02.1. Выполнять монтаж и наладку оборудования электрических подстанций и распределительных устройств

ПК 4.02.2. Осуществлять техническое обслуживание и ремонт оборудования электрических подстанций и распределительных устройств;

ПК 4.02.3. Производить оперативные переключения и испытания оборудования электрических подстанций и распределительных устройств

ПК 4.02.4. Соблюдать технику безопасности при выполнении монтажа, технического обслуживания, ремонта и эксплуатации оборудования электрических подстанций и распределительных устройств;

ПК 4.02.5. Вести первичную документацию по техническому обслуживанию оборудования электрических подстанций и распределительных устройств

ОК 01.Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;

ОК 02.Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации, и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;

ОК 04. Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде;

ОК 05.Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного подтекста;

ОК 07.Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях;

ОК 09.Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке

Подготовка к практическим занятиям заключается в самостоятельном изучении теории по рекомендуемой литературе, предусмотренной программой. Выполнение заданий производится индивидуально в часы, предусмотренные расписанием занятий в соответствии с методическими указаниями к практическим работам.

Отчёт по практической работе каждый обучающийся выполняет индивидуально с учётом рекомендаций по оформлению. Защита проводится путём индивидуальной беседы или выполнения зачётного задания. Практическая работа считается выполненной (зачёт), если она соответствует критериям, указанным в пояснительной записке.

Отчёты обучающихся о проделанной работе помогают им лучше усвоить объяснения преподавателя и способствуют более прочному закреплению теоретического курса.

Каждая работа оценивается по пятибалльной системе:

оценка «5», если работа выполнена на 90-100%;

оценка «4» выставляется, если работа выполнена на 70-89%;

оценка «3» выставляется, если работа выполнена на 50-69%

2. ТЕМАТИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

№ п/п	Название лабораторных/практических работ	Количество часов
1.	Практическое занятие №1 Схема управления сетевого энергоучастка. Нормативно-техническая документация объекта. Приемка электроустановок в эксплуатацию.	2
2.	Практическое занятие №2 Исследование режимов работы измерительных трансформаторов тока и напряжения	2
3.	Практическое занятие №3 Организация АСКУЭ с проведением автоматического опроса счетчиков локальным центром сбора и обработки данных.	2
4.	Практическое занятие №4 Расчет уставок релейной защиты 6-10 кВ	2
5.	Практическое занятие №5 Управление, автоматика и сигнализация вакуумных выключателей	2
6.	Практическое занятие №6 Изучение устройства защитных искровых промежутков, разрядников и ОПН	2
7.	Практическое занятие №7 СИП Изучение конструкции. Классификация. Этапы монтажа	2
ИТОГО		14

3. ЗАДАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Раздел 1. Раздел 1. Технология эксплуатации для обеспечения бесперебойной работы электрооборудования и электроустановок

Тема 1.1. Организация эксплуатации электрооборудования и электроустановок

Практическая работа № 1

Схема управления сетевого энергоучастка. Нормативно-техническая документация объекта. Приемка электроустановок в эксплуатацию.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение схем управления сетевого энергоучастка. Нормативно-техническая документация объекта. Порядок приёмки электроустановок в эксплуатацию.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Теоретическое обоснование

1.1. Управление технологическими режимами сетевого энергоучастка осуществляет Системный оператор Единой энергетической системы.

Он выдаёт оперативные диспетчерские команды и распоряжения, которые обязательны для всех субъектов оперативно-диспетчерского управления, субъектов электроэнергетики и потребителей электрической энергии с управляемой нагрузкой.

Управление осуществляется через иерархическую трёхуровневую систему диспетчерских центров:

- **Центральное диспетчерское управление (СО-ЦДУ).** Управляет режимами работы ЕЭС России, деятельностью диспетчерских центров второго уровня и организует совместную работу ЕЭС России с энергосистемами других государств.

- **Объединённые диспетчерские управления (СО-ОДУ).** Управляют режимами работы на части территории ЕЭС России (управляют энергообъединениями) и деятельностью диспетчерских центров третьего уровня.

Также для управления сетевым энергоучастком может использоваться **автоматизированная система диспетчерского управления электроснабжением (АСДУЭ)**, которая позволяет собирать и обрабатывать информацию от структурных элементов электрической сети и дистанционно управлять коммутационными электроаппаратами с автоматизированного рабочего места диспетчера.

Структура управления энергоучастка может включать следующие элементы:

- **Главный энергетик или главный механик** (на малых предприятиях — главный инженер). Он отвечает за общее состояние и эксплуатацию теплового хозяйства предприятия.
- **Инженерно-технический персонал в тепловых и технологических цехах.** Он отвечает за техническое состояние и безопасную эксплуатацию котельного оборудования, тепловых сетей, теплообменного и теплоиспользующего оборудования конкретных цехов и участков. Этот персонал непосредственно подчинён главному энергетiku (механику) и имеет в своём распоряжении необходимое количество обслуживающего и ремонтного персонала.
- **Оперативный дежурный или оперативно-ремонтный персонал.** Он управляет работой энергетического хозяйства предприятия, обеспечивая безопасный, надёжный и экономичный режим работы оборудования и систем.

Конкретная структура управления определяется руководством предприятия, исходя из местных условий.

1.2. Нормативно-техническая документация объекта электроэнергетики включает::

Нормативную документацию, включающую нормативные правовые акты, действие которых распространяется на объекты, в отношении которых осуществляются ремонты (далее - нормативная документация);

Техническую документацию, к которой относятся проектная документация, конструкторская документация изготовителей оборудования (чертежи, инструкции по эксплуатации, заводские ремонтные документы, технические паспорта оборудования

или

сооружений объектов электроэнергетики), информационные сообщения и письма

изготовителей оборудования (далее - техническая документация);

Технологическую документацию, к которой относятся документы по технологическим процессам ремонта (маршрутные, операционные и технологические карты, технологические инструкции, рабочие программы), а также технологические инструкции изготовителей оборудования (далее - технологическая документация);

Организационно-распорядительную документацию, к которой относятся документы по планированию, подготовке и выполнению ТОиР, а также учета и отчетности (планы, графики, программы ремонта, ведомости, протоколы, акты, годовые графики ремонта, разрабатываемые собственником и иным законным владельцем объектов электроэнергетики, утверждаемые субъектом электроэнергетики и (или) организацией - исполнителем ремонта и пересматриваемые с учетом опыта эксплуатации (далее - годовые

планы-графики);

Проект производства работ (далее - ППР), разрабатываемый организацией - исполнителем ремонта для подготовки и производства ремонта оборудования и состоящий из комплекта технических и организационно-распорядительных документов с обязательным включением в него главы "Требования безопасности при выполнении работ";

Документы, фиксирующие результаты выполнения ремонта составных частей оборудования и их техническое состояние до и после выполнения ремонтных работ и степень соответствия состояния отремонтированной составной части требованиям нормативной и технической документации (формуляры, карты контроля, карты измерений, протоколы, технические акты на скрытые работы), которые являются отчетными и подлежат представлению в комиссию по приемке оборудования из ремонта;

Если в процессе ремонтной деятельности выявлена необходимость в дополнительной к вышеуказанной ремонтной документации, субъект электроэнергетики вправе разработать и утвердить иную ремонтную документацию.

1.3. Приемка в эксплуатацию электроустановок

1.3.1. Новые или реконструированные электроустановки и пусковые комплексы должны быть приняты в эксплуатацию в порядке, изложенном в настоящих Правилах и других нормативных документах.

1.3.2. До начала монтажа или реконструкции электроустановок необходимо:

получить технические условия в энергоснабжающей организации;

выполнить проектную документацию;

согласовать проектную документацию с энергоснабжающей организацией, выдавшей технические условия, и органом государственного энергетического надзора.

1.3.3. Перед приемкой в эксплуатацию электроустановок должны быть проведены:

в период строительства и монтажа энергообъекта - промежуточные приемки узлов оборудования и сооружений, в том числе скрытых работ;

приемосдаточные испытания оборудования и пусконаладочные испытания отдельных систем электроустановок;

комплексное опробование оборудования.

1.3.4. Приемосдаточные испытания оборудования и пусконаладочные испытания отдельных систем должны проводиться по проектным схемам подрядчиком (генподрядчиком) с привлечением персонала заказчика после окончания всех строительных и монтажных работ по сдаваемой электроустановке, а комплексное опробование должно быть проведено заказчиком.

1.3.5. Перед приемосдаточными и пусконаладочными испытаниями и комплексным опробованием оборудования должно быть проверено выполнение настоящих Правил, правил устройства электроустановок, строительных норм и правил, государственных стандартов, правил безопасности труда, правил взрыво- и пожаробезопасности, указаний заводов-изготовителей, инструкций по монтажу оборудования.

1.3.6. Для проведения пусконаладочных работ и опробования электрооборудования допускается включение электроустановок по проектной схеме на основании временного разрешения, выданного органами госэнергонадзора.

1.3.7. При комплексном опробовании оборудования должна быть проверена работоспособность оборудования и технологических схем, безопасность их эксплуатации; проведены проверка и настройка всех систем контроля и управления, устройств защиты и блокировок, устройств сигнализации и контрольно-измерительных приборов. Комплексное опробование считается проведенным при условии нормальной и непрерывной работы основного и вспомогательного оборудования в течение 72 ч, а линий электропередачи - в течение 24 ч.

1.3.8. Дефекты и недоделки, допущенные в ходе строительства и монтажа, а также дефекты оборудования, выявленные в процессе приемосдаточных и пусконаладочных испытаний, комплексного опробования электроустановок, должны быть устранены. Приемка в эксплуатацию электроустановок с дефектами и недоделками не допускается.

1.3.9. Перед опробованием и приемкой должны быть подготовлены условия для надежной и безопасной эксплуатации энергообъекта:

укомплектован, обучен (с проверкой знаний) электротехнический и электротехнологический персонал;

разработаны и утверждены эксплуатационные инструкции, инструкции по охране труда и оперативные схемы, техническая документация по учету и отчетности;

подготовлены и испытаны защитные средства, инструмент, запасные части и материалы; введены в действие средства связи, сигнализации и пожаротушения, аварийного освещения и вентиляции.

1.3.10. Перед допуском в эксплуатацию электроустановки должны быть приняты Потребителем (заказчиком) в установленном порядке.

1.3.11. Подача напряжения на электроустановки производится только после получения разрешения от органов госэнергонадзора и на основании договора на электроснабжение между Потребителем и энергоснабжающей организацией.

Контрольные вопросы

1. Какие элементы входят в состав электрической сети и как они взаимодействуют?
2. Какие существуют схемы управления распределительных устройств (РУ) и как они применяются?
3. Что такое нормативно-техническая документация и какие её виды существуют?
4. Какие документы входят в её состав, например, технические условия, технологические инструкции, технологические регламенты?
5. Какие мероприятия проводятся перед приёмкой в эксплуатацию электроустановок?
6. Как проводятся приёмосдаточные испытания оборудования и пусконаладочные испытания отдельных систем электроустановок?
7. Как проводится комплексное опробование оборудования?
8. Как устраняются дефекты и недоделки, выявленные в ходе строительства и монтажа, а также в процессе приёмосдаточных и пусконаладочных испытаний?
9. Как подаётся напряжение на электроустановки: после получения разрешения от органов госэнергонадзора или на основании договора на электроснабжение между потребителем и энергоснабжающей организацией?

Тема 1.2 Эксплуатация измерительных трансформаторов(трансформаторы напряжения, трансформаторы тока).

Практическая работа № 2

Исследование режимов работы измерительных трансформаторов тока и напряжения

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение назначения и принципа работы измерительных трансформаторов тока и напряжения.

Теоретическая часть

Измерительные трансформаторы делят на трансформаторы тока и трансформаторы напряжения. Их применение дает возможность пользоваться для измерения самых различных напряжений и токов одними и теми же приборами со стандартными пределами измерения.

Измерительные трансформаторы тока и напряжения предназначены для уменьшения первичных токов и напряжений до значений, наиболее удобных для подключения измерительных приборов, реле защиты, устройств автоматики. Трансформаторы тока преобразуют измеряемый ток большой силы в ток малой силы, а трансформаторы напряжения — измеряемое высокое напряжение в низкое. Применение измерительных трансформаторов обеспечивает безопасность работающих, так как цепи высшего и низшего напряжения разделены, а также позволяет унифицировать конструкцию приборов и реле.

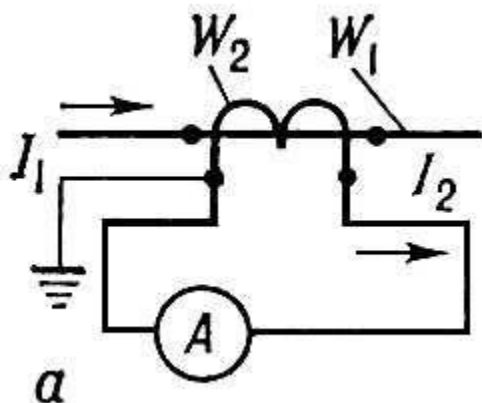
Измерительный трансформатор тока — трансформатор, предназначенный для преобразования тока до значения, удобного для измерения (5А). Первичная обмотка трансформатора тока включается последовательно в цепь с измеряемым переменным током, а во вторичную включаются измерительные приборы. Ток, протекающий по вторичной обмотке трансформатора тока, пропорционален току, протекающему в его первичной обмотке.

Трансформаторы тока широко используются для измерения электрического тока и в устройствах релейной защиты электроэнергетических систем, в связи с чем на них накладываются высокие требования по точности. Трансформаторы тока обеспечивают безопасность измерений, изолируя измерительные цепи от первичной цепи с высоким напряжением, часто составляющим сотни киловольт.

К трансформаторам тока предъявляются высокие требования по точности. Как правило, трансформатор тока выполняют с двумя и более группами вторичных обмоток: одна используется для подключения устройств защиты, другая, более точная — для подключения средств учёта и измерения (например, электрических счётчиков).

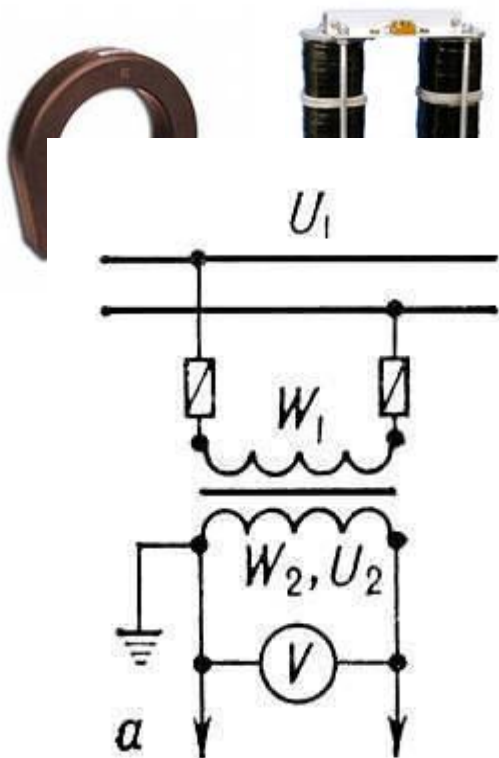
Особенности конструкции

Вторичные обмотки трансформатора тока (не менее одной на каждый магнитопровод)



обязательно нагружаются. Сопротивление нагрузки строго регламентировано требованиями к точности коэффициента трансформации. Незначительное отклонение сопротивления вторичной цепи от номинала (указанного на табличке) приводит к изменению погрешности преобразования и возможно ухудшению измерительных качеств трансформатора. Значительное увеличение сопротивления нагрузки создает высокое напряжение во вторичной обмотке, достаточное для пробоя изоляции трансформатора, что приводит к выходу трансформатора из строя, а также создает угрозу жизни обслуживающего персонала. Кроме того, из-за возрастающих потерь в сердечнике, магнитопровод трансформатора начинает перегреваться, что так же может привести к повреждению (или, как минимум, к износу) изоляции и дальнейшему её пробоя. Полностью разомкнутая вторичная обмотка ТТ не создает компенсирующий магнитный поток в сердечнике, что приводит к перегреву магнитопровода и его выгоранию. При этом магнитный поток, созданный первичной обмоткой имеет очень высокое значение и потери в магнитопроводе сильно нагревают его.

шинные



проходные



Измерительные трансформаторы напряжения - применяют в установках переменного тока для изоляции цепей измерительных приборов и реле от сети высокого напряжения. Непосредственное включение измерительных приборов в цепь высокого напряжения сделало бы опасным прикосновение к ним. Конструкция приборов в этом случае была бы сильно усложнена, так как изоляция токоведущих частей должна была бы быть рассчитана на высокое напряжение, а их сечение — на большие токи.

Особенности конструкции

Измерительные трансформаторы напряжения по устройству подобны силовым трансформаторам небольшой мощности. Первичную обмотку трансформатора напряжения с большим числом витков включают в сеть, напряжение в которой измеряют или контролируют.

Вторичная обмотка с меньшим числом витков замыкается на прибор с большим сопротивлением. Таким прибором может быть вольтметр, параллельная обмотка ваттметра, счетчика или какого-либо иного измерительного прибора или реле. По отношению к измерительному прибору вторичное напряжение должно совпадать по фазе с первичным, что достигается соответствующим соединением вторичной обмотки с прибором. Это необходимо при измерении мощности и энергии. Сопротивление вольтметров, параллельных обмоток ваттметров, счетчиков и других измерительных приборов и реле сравнительно велико (тысячи ом). Поэтому ток в цепи вторичной обмотки трансформатора напряжения весьма мал и режим работы его близок к режиму холостого хода силового трансформатора. В цепи вторичной обмотки трансформатора напряжения могут быть включены помимо вольтметра параллельные обмотки ваттметра, счетчика и т. д. Все эти приборы соединяют параллельно, чтобы на них воздействовало одно и то же напряжение. Включение большого числа приборов в цепь вторичной обмотки трансформатора напряжения увеличивает токи в обмотках и погрешность при измерении. Поэтому общая полная мощность присоединенных ко вторичной обмотке приборов не должна превышать измерительную мощность трансформатора напряжения, на щитке которого указана наибольшая допустимая мощность нагрузки в вольт-амперах. Трансформаторы напряжения характеризуются номинальными значениями первичного напряжения, вторичного напряжения 100 В



трехфазный



однофазный



масляный



Измерительные клещи

Измерительные клещи предназначены для измерения величины (силы) переменного тока в проводниках без нарушения их целостности. Измерения клещами обычно производятся в жилах кабеля по выходе их из концевой разделки, в шинах, в проводах воздушной линии или внутренней проводки. Измерительные клещи изготавливаются для электроустановок напряжением до 1000 в и для электроустановок напряжением выше 1000 в. Применять измерительные клещи для измерения тока в проводниках воздушных линий напряжением выше 1 000 в запрещается.

Измерительные клещи состоят из трех основных частей: рабочей части, изолирующей части и ручек-захватов.

Задание:



1. В лабораторной работе необходимо изучить назначение трансформаторов тока и напряжения.
2. Изучить принцип работы трансформатора тока.
3. Изучить принцип работы трансформатора напряжения.

Работа на занятии.

1. Изучив представленный материал ответить письменно на контрольные вопросы.
2. Начертить принципиальную электрическую схему трансформатора тока.
3. Начертить принципиальную электрическую схему трансформатора напряжения.

Содержание отчета.

1. Цель работы.
2. Принципиальная электрическая схема трансформатора тока.

3. Принципиальная электрическая схема трансформатора напряжения.
4. Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы.

1. Назначение трансформатора тока?
2. Назначение трансформатора напряжения?
3. Что обеспечивает применение измерительных трансформаторов?
4. Что позволяет применение измерительных трансформаторов?
5. Что происходит при разомкнутой вторичной обмотке трансформатора тока?
6. К чему приводит увеличение сопротивления нагрузки трансформатора тока?
7. Какое сопротивление должно быть у подключаемых к трансформатору напряжения измерительных приборов?
8. От чего зависит число приборов, включаемых параллельно во вторичную обмотку трансформатора напряжения?
9. Назначение измерительных клещей?
10. Где обычно производят измерения измерительными клещами?

Тема 1.3 Система учета электрической энергии в сети 0.4-10кВ. Счетчики электрической энергии. Обслуживание приборов учета.

Практическое занятие №3

Организация АСКУЭ с проведением автоматического опроса счетчиков локальным центром сбора и обработки данных.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение системы коммерческого учета (в т.ч. АСКУЭ), методику съема показаний электрической энергии

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ :Получить практические навыки проведения испытаний электропроводок, силовых кабельных линий, электрических машин, вторичных цепей и электрических аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты. Ознакомиться с приборами и схемами для испытания электрооборудования повышенным напряжением.

Теоретическая часть 1.Назначение АСКУЭ.

1.1 Целесообразность введения автоматики

В ходе проектирования любой автоматизированной системы разработчик должен решить важный вопрос: какая степень автоматизации в системе управления данным объектом необходима? Степень автоматизации может изменяться в широких пределах от систем, в которых все функции по управлению выполняются человеком, до систем, в которых все эти функции реализуются автоматически. С одной стороны, современные средства автоматики не всегда могут заменить человека в системе управления. С другой стороны, существуют объекты, управлять которыми человек не может из-за своих ограниченных возможностей. Наиболее эффективно разумное сочетание человека и автоматики в системах

Условия, при которых управление с помощью автоматики является необходимым, следующие.

1 .Физиологические и психологические возможности человека (мускульные усилия, скорость переработки информации, скорость реакции, способность восприятия информации, закодированной в том или ином физическом виде, работоспособность и т. п.) для управления данным объектом или процессом являются недостаточными.

2 Система управления может находиться в среде, опасной для жизни и здоровья человека. В этом случае разработчик выясняет возможности оздоровления и облегчения условий труда в системе управления, повышения техники безопасности с помощью автоматики.

3 Участие человека в управлении объектом может требовать от него весьма высокой квалификации. На некоторых производствах имеются уникальные специалисты, участие которых в процессе управления позволяет достичь решений, близких к оптимальным. Этих

людей нелегко заменить. Трудно, например, переоценить значение мастера, управляющего процессом плавки в доменной печи, работа которого, основанная целиком на колоссальном опыте и интуиции, граничит с искусством. Подготовка таких специалистов почти не планируема: специалист подобного типа, как и поэт, должен обладать как минимум талантом. Если бы удалось описать их коллективный опыт хотя бы в эвристической форме, то и этих специалистов могла бы заменить автоматика. При этом, однако, следует еще выяснить, что больше - потери от нехватки уникальных специалистов или затраты на разработку

и эксплуатацию автоматической системы, заменяющей их труд.

4 Имеется нехватка трудовых ресурсов (например, при создании промышленных объектов в неосвоенных или отдаленных районах).

5 Автоматика необходима при управлении объектом в критических и аварийных ситуациях. Специалист, прекрасно справляющийся со своими обязанностями в обычных условиях, может в аварийных ситуациях оказаться неспособным к принятию правильных решений по управлению под влиянием различных психологических и физиологических факторов. Примером этого может служить разразившаяся в США в 1965 г., когда диспетчерская служба, вполне удовлетворительно справляющаяся с системой, работающей в нормальном режиме, не смогла предотвратить развитие аварии, принесшей стране громадные убытки.

В ходе переговоров о параметрах разрабатываемой системы заказчик должен описать возможные аварийные ситуации и их последствия. Наличие таких ситуаций может оказаться определяющим при решении вопроса о необходимости автоматизации, если потери в результате возможной аварии превышают расходы на автоматику. Как правило, при управлении объектом может быть сформулирован некоторый критерий качества управления.

Этот критерий либо имеет стоимостное выражение, либо выражается в виде задачи оптимизации некоторых параметров, на значения которых непосредственно воздействует

система управления (при этом значения параметров как-то связаны со стоимостной оценкой). Пусть объект управления таков, что имеется принципиальная возможность управлять им вручную. Однако человек, управляя объектом, принимает неоптимальные решения с точки зрения критерия управления. Если автоматика позволяет существенно улучшить качество управления, то применение ее становится целесообразным. Заказчик только должен сопоставить в денежном выражении выигрыш от улучшения качества управления с расходами на автоматизацию (учитывая принятые сроки окупаемости). Если в результате этого сопоставления он выявит экономический выигрыш от автоматизации управления, то человек в системе управления частично или полностью должен быть заменен автоматикой. В заключение приводится таблица, показывающую некоторые функциональные возможности человека и ЭВМ. Таблицы такого типа помогают разработчикам правильно оценивать степень необходимой автоматизации в системе управления.

Таблица 1.-Сравнение функциональных возможностей человека и ЭВМ

Человек имеет преимущество в следующих функциях	Машины имеют преимущество в следующих функциях
Обнаружение сигналов в условиях сильного «шума» (например, отраженного сигнала на индикаторе радиолокационной станции в условиях радиопомех, засветки от земли и помех от морской поверхности)	Реагирование с минимальной задержкой (несколько микросекунд; у человека - около 200 мс)
Опознавание объектов при меняющихся условиях восприятия, (например опознавание замаскированных объектов при обработке фотоснимков)	Точность в выполнении повторных действий—человек в подобной ситуации заведомо склонен к ошибкам
Действия в условиях неожиданных событий, например при выборе путей для устранения неполадок или для ответа на возникновение необычных ситуаций	Накопление больших количеств данных и оперирование ими
Способность рассуждать индуктивно - делать заключения об общем состоянии, исходя из отдельных симптомов	Контроль (способность человека контролировать редко возникающие явления очень мала)
Способность учиться на опыте - модифицирование поведения на основе результатов ранее происходивших событий	Дедуктивное рассуждение - определение принадлежности элемента к некоторому классу
Оригинальность мышления - способность находить новые, совершенно различные решения проблем	Чувствительность к стимулам - машина может воспринимать такие формы энергии, которые лежат вне диапазона сенсорных возможностей человека, например инфракрасные лучи и радиоволны
Гибкость в действиях, например приобретение новых навыков через одни лишь письменные или устные процедурные указания	Использование мощных силовых устройств, например реактивных двигателей в современных самолетах
Способность работать в условиях перегрузок, например в условиях множества радиолокационных целей сосредотачиваться только на угрожающих, игнорируя	

Какая степень автоматизации должна быть выбрана при разработке систем АСКУЭ? Для ответа на этот вопрос необходимо вспомнить основные функции АСКУЭ: сбор данных об энергопотреблении (учет), а также проведение анализа и управления процессом энергоснабжения предприятия. Учет сопряжен с накоплением и оперированием большими

объемами данных, здесь ЭВМ имеют несомненные преимущества перед человеком. Поэтому учет возможно сделать практически полностью автоматическим. Однако при осуществлении управления энергоснабжением предприятия невозможно обойтись без участия человека. В программу ЭВМ невозможно (или очень сложно) вложить все тонкости требований технологического процесса, сложно алгоритмически описать последствия (ущерб) от тех или иных действий автоматики. Без опыта человека-специалиста, без его способности обучаться и находить нетривиальные выходы из сложившихся нестандартных ситуаций автоматическое

управление не будет оптимальным. На ЭВМ в этом случае ложится задача помочь человеку реализовать функции управления (подготовка данных в виде, удобном для анализа оператором, нахождение ошибочных данных и тестирование работы системы, прогнозирование изменения отдельных параметров, протоколирование и контроль правильности действий оператора). Таким образом, в управлении процессом энергоснабжения предприятия должно быть найдена оптимальная степень автоматизации, оптимальное сочетание участия человека-оператора и ЭВМ.

Организация АСКУЭ с проведением автоматического опроса счетчиков локальным центром сбора и обработки данных

Счетчики постоянно связаны с центром сбора данных прямыми каналами связи и опрашиваются в соответствии с заданным расписанием опроса (рис 1.). Первичная информация со счетчиков записывается в БД. Синхронизация времени счетчиков происходит в процессе опроса со временем компьютера центра сбора данных. В качестве компьютера центра

сбора данных используется локальная ПЭВМ. На ней же происходит обработка данных и ведение БД. В зависимости от количества пользователей, количества счетчиков и интервалов их профиля, квалификации пользователей, сложности математической обработки и т.д. Локальная

БД может функционировать либо под MS Access, либо под СУБД ORACLE8.X. Сбор данных в БД происходит периодически с заданными интервалами.

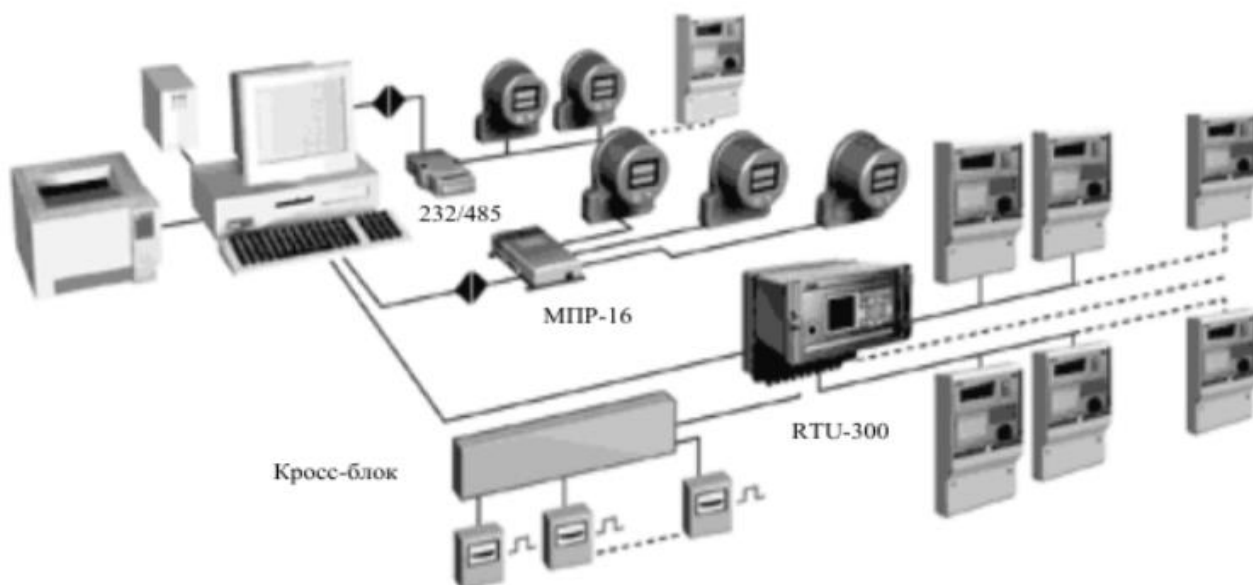


Рис 1. Организация автоматического опроса счетчиков локальным центром сбора и обработки данных

Организация АСКУЭ с проведением автоматического опроса счетчиков локальным центром сбора и обработки данных позволяет решать следующие задачи:

- точное измерение параметров поставки/потребления;
- комплексный автоматизированный коммерческий и технический учет энергоресурсов по предприятию, его инфраструктурным элементам (котельная и объекты жилкомбыта, цеха, подразделения, субабоненты);
- контроль энергопотребления и параметров качества электроэнергии (ПКЭ) по точкам и объектам учета в заданных временных интервалах (5 минут, 30 минут, зоны, смены, сутки, декады, месяцы, кварталы и годы) относительно заданных лимитов и технологических ограничений мощности;
- обработка данных и формирование отчетов по учету электроэнергии и контролю ПКЭ;
- фиксация отклонений контролируемых параметров энергоресурсов, их оценка в абсолютных и относительных единицах для анализа как энергопотребления, так и производственных процессов;
- сигнализация (цветом, звуком) об отклонениях контролируемых величин от допустимого диапазона значений;
- диагностику полноты данных;
- описание электрических соединений объектов и их характеристик;
- параметризацию коммуникаций и характеристик опроса;
- диагностику системы;
- поддержание единого системного времени.

Контрольные вопросы.

- 1 Что входит в систему АСКУЭ?
- 2 Перечислите основные преимущества систем АСКУЭ.
- 3 Опишите основные способы организации АСКУЭ.
- 4 Опишите устройство и принцип действия электронного счетчика электроэнергии.

Тема 1.4. РЗА : требования к устройствам релейной защиты и автоматики.

Практическое занятие №4 **Расчет уставок релейной защиты 6-10 кВ**

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучение методики расчета уставок защит ВЛ-10кВ. Расчет уставок МТЗ, ТО ВЛ-10кВ.

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Теоретическая часть

Расчёт уставок релейной защиты 10 кВ заключается в выборе рабочих параметров срабатывания как отдельных реле, так и многофункциональных устройств защиты.

Для расчёта необходимы следующие исходные данные:

- первичная схема защищаемой сети и режимы её работы;
- сопротивление и ЭДС (или напряжения) питающей системы для максимального и минимального режимов её работы;
- режимы заземления нейтралей силовых трансформаторов;
- параметры линий, трансформаторов, реакторов и т. д.;
- значения максимальных рабочих токов линий, трансформаторов и т. п. в рабочих, ремонтных и послеаварийных режимах;
- характеристики электроприёмников (особенно крупных электродвигателей);
- типы выключателей;
- типы и параметры измерительных трансформаторов тока и трансформаторов напряжения с указанием мест их установки в схеме сети;
- типы и параметры срабатывания (уставки) существующих устройств защиты и автоматики на смежных элементах (как питающих, так и отходящих);
- типы и принципиальные схемы устройств релейной защиты и автоматики, подлежащих расчёту.

Расчёт уставок состоит из нескольких разделов:

1. **Исходные данные** (с указанием источников информации).
2. **Расчёт токов КЗ.**
3. **Выбор уставок** (с необходимым графическим материалом в виде схем, карт селективности и др.).
4. **Результаты расчёта.** Этот раздел должен содержать окончательно выбранные характеристики, уставки и данные для регулировки (программирования терминалов).

Для обеспечения селективности РЗ рабочие уставки защит на смежных элементах (линиях, трансформаторах) должны быть согласованы между собой.

Расчёт уставок релейной защиты — сложная инженерная задача, которую лучше доверить специалисту.

Тема 1.5. Управление приводами выключателей, разъединителей. Телемеханика.

Практическое занятие №5

Управление, автоматика и сигнализация вакуумных выключателей

ЦЕЛЬ РАБОТ : Изучение схем управления, автоматики и сигнализации вакуумных выключателей. на примере ВВ/TEL-10

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Для включения и отключения цепей переменного тока высокого напряжения под нагрузкой и при КЗ применяются высоковольтные выключатели. (масляные, воздушные, вакуумные и элегазовые).

Операция включения высоковольтного выключателя, удержание его во включенном положении и отключение выполняется при помощи специального механизма, называемого приводом. Привод должен обеспечить не только ручное или дистанционное отключение выключателя, но и автоматическое - при срабатывании релейной защиты.

В зависимости от способа выполнения операции включения различают несколько разновидностей приводов: ручные, пружинные, электромагнитные, электродвигательные и др.

Выключатели с ручным приводом включаются за счет мускульной силы человека, а в пружинных – энергия предварительно сжатых (или растянутых) пружин. Включение электромагнитных приводов производится за счет мощных электромагнитов включения. Выключатели с двигательным приводом включаются с помощью электродвигателя.

Включение высоковольтных выключателей производится действием привода при подаче соответствующей команды от ключа (кнопки) управления, от устройств автоматики или по каналам телемеханики. Команда на включение большинства типов выключателей подается непосредственно на электромагнит включения.

Для отключения выключателей в качестве отключающего элемента используются электромагниты отключения, освобождающие в приводе удерживающее приспособление, а отключение высоковольтных выключателей происходит под действием предварительно сжатых (при операции включения) пружин.

Управление высоковольтными выключателями. Рассмотрим принципы работы и примеры выполнения схем управления и сигнализации высоковольтных выключателей различных типов.

Существует два вида управления выключателями: местное и дистанционное. Под местным управлением понимается управление выключателем с помощью командных аппаратов, расположенных на его приводе или в непосредственной близости от него.

Дистанционное управление высоковольтными выключателями осуществляется со щита управления путем подачи на схему управления команд «Включить» или «Отключить» при помощи ключа (кнопки) управления. Щит управления может быть удален от управляемых выключателей на значительное расстояние.

Контроль за положением выключателя осуществляется при помощи контрольных ламп или светодиодов. Включенному положению выключателя соответствует свечение красной сигнальной лампы, отключенному – зеленой.

Дистанционное управление выключателями может осуществляться на значительном расстоянии с рабочего места диспетчера по каналам связи через аппаратуру телемеханики или посредством локальной сети микропроцессорных устройств РЗА.

Схема управления высоковольтного выключателя включает в себя командный аппарат (ключ управления или кнопки), реле и вспомогательное оборудование, встроенное в привод формирования управляющих воздействий для него и для контроля его состояния (электромагниты включения и отключения, блок-контакты), провода и контрольные кабели.

Принципы построения схем управления и сигнализации выключателей определяется типом применяемых выключателей и их приводов, родом оперативного тока (постоянный или переменный).

Схемы управления высоковольтными выключателями должны отвечать следующим общим требованиям:

- После завершения операции включения или отключения выполняется автоматический съем управляющего импульса, поскольку электромагниты и контакторы не рассчитаны на длительное прохождение токов.
- Обеспечивается блокировка от многократных включений и отключений выключателя (блокировка от «прыгания») при включении на КЗ.
- Для предотвращения неполного завершения или срыва операции предусматривается подхват командных импульсов.
- Цепи управления и сигнализации имеют защиту от КЗ предохранителями или автоматическими выключателями. Предусматривается контроль исправности цепей управления и сигнализации.
- Предусматривается непрерывный автоматический контроль исправности цепей включения и отключения выключателя, поскольку обрыв цепи может привести к отказу в срабатывании устройств релейной защиты и автоматики.
- Обеспечивается возможность не только дистанционного управления или по каналам телемеханики (ключами или кнопками), но и автоматического управления (релейной защитой, АПВ, АВР и др.).

· Выполняется сигнализация положения выключателя, поскольку с места управления не видно положения выключателя.

Принципы выполнения схем управления высоковольтными выключателями, а так же назначение основных ее элементов, показаны на примере схем выполненных на постоянном оперативном токе. На рис. 1 - 5 приведены элементы схем управления и сигнализации как с новыми, так и со старыми (в скобках) позиционными обозначениями.

Включение выключателя (рис.1) осуществляется подачей команды «Включить» при помощи ключа управления SA (КУ) на исполнительный орган – электромагнит (соленоид) включения YAC (ЭВ). Параллельно ключу управления подключены так же контакты AKS реле автоматического повторного включения (АПВ). Цепи электромагнитов управления привода выключателя должны автоматически размыкаться после завершения операции включения или отключения.

Время, необходимое для включения выключателя составляет доли секунды и поэтому соленоид включения рассчитан на кратковременную работу. Для ограничения длительности протекания тока по катушке электромагнита включения в ее цепь включаются блок-контакты выключателя QF (В), замкнутые в отключенном положении выключателя и разрывающие цепь после завершения операции включения. Во избежание пригорания контактов ключа управления или контактов реле, блок-контакты регулируются таким образом, чтобы они размыкались первыми.

AKS (АПВ)

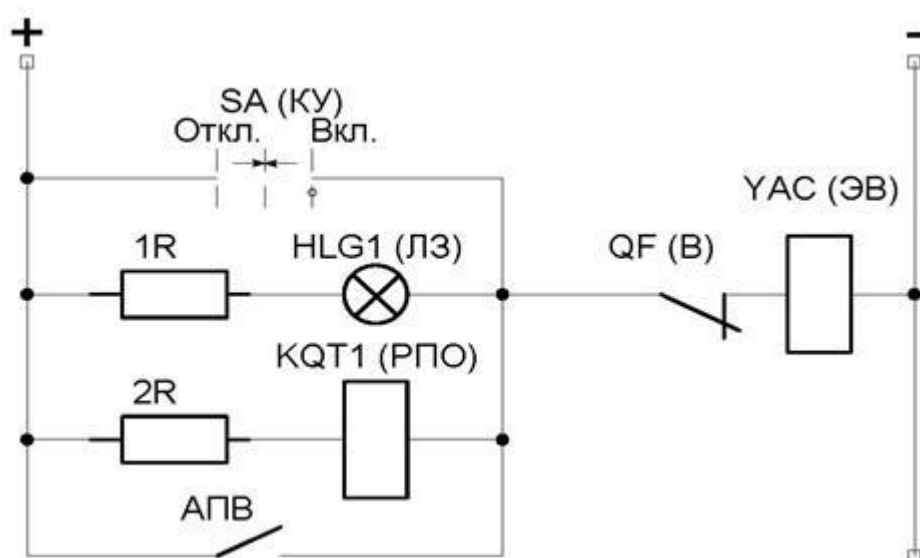


Рис.1 Цепи включения выключателя.

Для сигнализации отключенного положения выключателя и контроля исправности цепи включения выключателя может быть использована сигнальная лампа HL (ЛЗ) зеленого цвета, включенная параллельно контактам ключа управления. Для защиты от ложного включения выключателя при КЗ в самой лампе (например, при ее перегорании) последовательно с ней устанавливается добавочное сопротивление.

В общем случае для сигнализации отключенного положения выключателя и контроля исправности цепи включения выключателя используется реле положения «Отключено» KQT1(РПО)

Пример цепи отключения выключателя приведен на рис.2. Команда на отключение выключателя от ключа управления SA (КУ) подается на электромагнит отключения YAT (ЭО). Параллельно контактам ключа управления подключены замыкающиеся контакты (РЗ) выходных реле релейной защиты, действующей на отключение выключателя.

Для ограничения длительности протекания тока по катушке электромагнита отключения, в ее цепь включаются блок-контакты выключателя QF (В), замкнутые во

включенном положении выключателя, и разрывающие ее цепь после завершения операции отключения.

Для сигнализации включенного положения выключателя и контроля исправности цепи отключения выключателя, аналогично рассмотренной выше цепи включения, могут быть использованы сигнальная лампа *HL* (ЛК) красного цвета, или реле положения «Включено» *KQC1* (РПВ), включенные параллельно контактам ключа управления.

Импульс на включение выключателя может длительное время сохраняться из-за приваривания выходных контактов *AKS* реле АПВ из-за задержки подаваемой команды на включение оператором и по другим причинам. В таком случае при отсутствии специальной блокировки включение выключателя на устойчивое КЗ приводит к его «прыганию»: выключатель будет отключаться действием релейной защиты и вновь включаться на КЗ до тех пор, пока не будет снята команда на включение. Это может привести к повреждению выключателя и к развитию аварии.

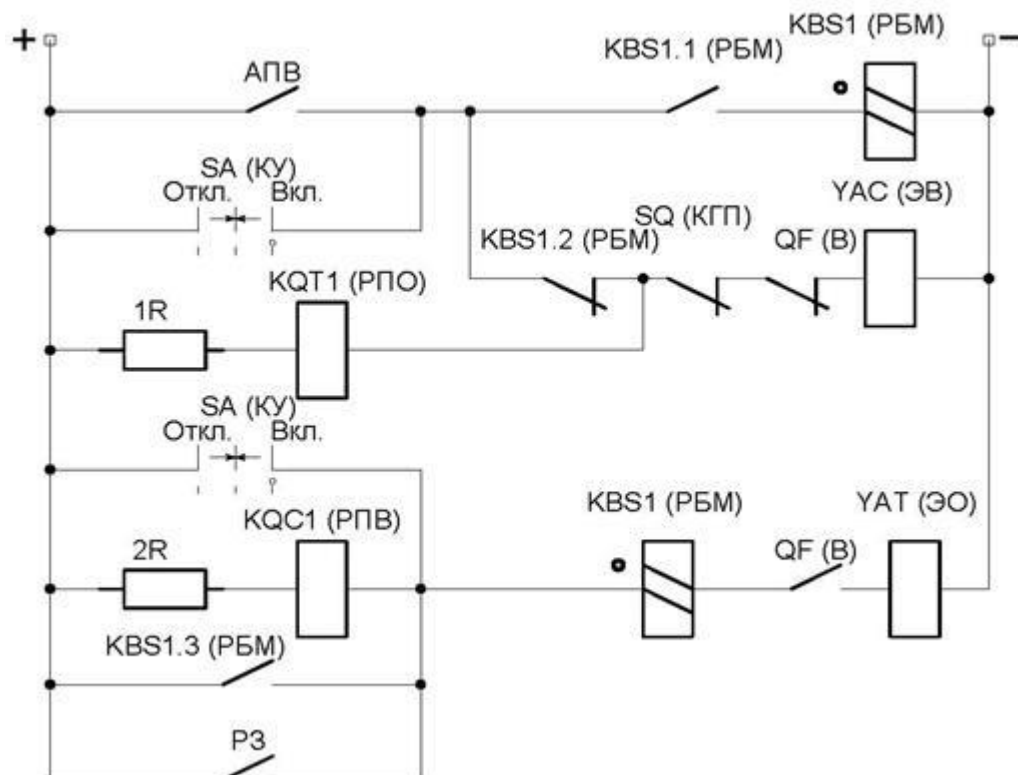


Рис.2. Схема блокировки от «прыгания» с применением специального реле блокировки от многократных включений.

Блокировка от прыгания выполняется с использованием специального двухобмоточного реле. Схема блокировки от «прыгания» выключателя со специальным двухобмоточным промежуточным реле *KBS1* (РБМ), приведенная на рис.2. Для пружинных приводов в цепь электромагнита включения введен дополнительный блок-контакт *SQ* (КГП), который замыкается при заведенных пружинах и готовности привода к включению.

Для предотвращения многократных включений выключателя на устойчивое КЗ используется специальное промежуточное реле РБМ, например, типа РП-232 имеющее две обмотки: последовательную (токовую) рабочую и удерживающую параллельную (обмотку напряжения). При отключении выключателя, реле *KBS1*(РБМ) срабатывает при прохождении тока по катушке электромагнита отключения выключателя, самоудерживается через контакт *KBS1.3* до отключения выключателя. И если к моменту отключения выключателя команда на включение еще сохранилась, реле *KBS1*(РБМ) удерживается в сработавшем положении через контакт *KBS1.1* (РБМ) до снятия команды на включение выключателя. При этом, размыкающий контакт *KBS1.2* (РБМ) разрывает цепь электромагнита включения, блокируя включение выключателя.

Включающие электромагниты высоковольтных выключателей с электромагнитным приводом потребляют значительный ток, достигающий сотен ампер. Так как контакты ключа управления и промежуточных реле рассчитаны на замыкание цепей с током не превышающим 10-15А, и цепи электромагнита включения отделены от остальных цепей управления и команда включения подается через промежуточный контактор, коммутирующий цепь электромагнита (соленоида) включения. Пример схемы силовых цепей соленоида включения приведен на рис. 5.6.

Силовые шинки питания электромагнитов включения (+EY, -EY) обычно выполняются по схеме разомкнутого кольца, позволяющей выполнять их секционирование, выделять и резервировать поврежденный участок.

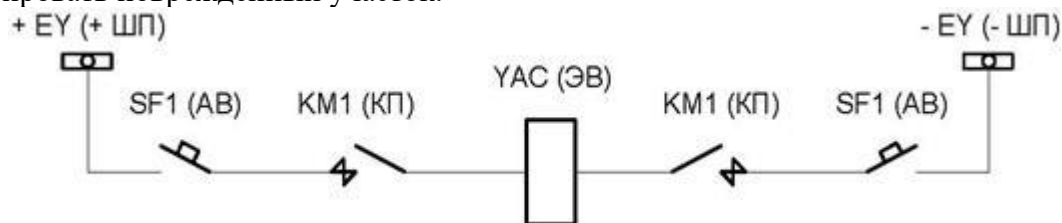


Рис. 5 Схема силовых цепей электромагнита включения выключателя.

Электромагнит включения выключателя подключается к шинкам питания через автоматический выключатель или предохранители, служащие для защиты силовых цепей от КЗ и для защиты электромагнитов от длительного протекания тока при неисправности привода.

Коммутация цепей электромагнита осуществляется контактами контактора KM1 (КП), оснащенными дугогасящими камерами. Катушка контактора включается в схему управления выключателя (рис.5) вместо электромагнита включения YAC (ЭВ).

Управление и сигнализация вакуумных выключателей. Наибольшее распространение в сетях получили вакуумные выключатели: серии BB/TEL-10, производства фирмы «Таврида Электрик»; серий ВР и ВБЗП-35 (ВБЗЕ-35), производства ОАО РЗВА; серии ВВВ-10 (РЗВА) и их дальнейшей модификации ВВЕЛ-10, а также других серий.

Для включения выключателя BB/TEL на параллельно соединенные катушки электромагнитных приводов фаз выключателя подается импульс тока от предварительно заряженных конденсаторов. При этом замыкается силовая цепь в вакуумных камерах и сжимаются отключающие пружины.

Удержание деталей выключателя во включенном положении осуществляется за счет «магнитной защелки» - остаточного магнетизма стальных подвижных и неподвижных полюсов электромагнитов. Отключение выключателя BB/TEL производится путем подачи на полюсные электромагниты размагничивающего импульса обратной полярности.

Для формирования управляющих импульсов вакуумного выключателя BB/TEL служат специальные электронные блоки, использующие энергию предварительно заряженных конденсаторов.

Вследствие практически полного отсутствия в приводе BB/TEL-10 механики, выключатели очень надежны и долговечны, и практически, не нуждаются в обслуживании на протяжении всего срока эксплуатации. Коммутационный ресурс выключателя при максимальном токе отключения составляет 1 млн. циклов включить-отключить.

Для управления (включения и отключения) вакуумными выключателями BB/TEL-10, а также для сопряжения с устройствами релейной защиты и автоматики используются специальные привода - электронные блоки управления BU/TEL, подающие на электромагниты привода управляющие импульсы от предварительно заряженных батарей конденсаторов. Блоки управления имеют малое энергопотребление от цепей оперативного тока и могут работать в широком диапазоне питающего напряжения. В качестве блок-контактов выключателя BB/TEL-10 используются герметические магнитоуправляемые контакты – герконы.

Выключатели *BB/TEL-10* отличаются малым весом и габаритами, позволяющими легко и просто монтировать его в ячейки КРУ и КСО любых типов.

Включить выключатель *BB/TEL-10* вручную при отсутствии напряжения оперативного тока невозможно. Для включения его, в таком случае, предусмотрен вспомогательный вход по питанию для подключения аккумуляторной батареи напряжением 12 В.

Предусматривается только ручное отключение выключателя при помощи кнопки аварийного отключения, которая воздействует на якоря электромагнитов и механически разрывает магнитную систему.

При применении *BB/TEL-10* на переменном оперативном токе, предусматривается его отключение от цепей трансформаторов тока присоединения.

Для управления выключателями *BB/TEL-10* применяются блоки *BU/TEL-05A*, *BU/TEL-10* и *BU/TEL-12*. Выбор типа блока управления зависит от рода оперативного напряжения (постоянное, переменное, выпрямленное), его источников, типа и объема устройств РЗА и др. параметров. Блок *BU/TEL-12* выполнен на микропроцессорной базе.

В настоящее время для комплектации *BB/TEL-10* наиболее широкое распространение получили **блоки управления типа *BU/TEL-05A***, используемые только в комплекте с блоком питания *BP/TEL-02A*. Так как блок питания *BP/TEL-02A* имеет гальваническую связь входных и выходных цепей, применение блоков *BU/TEL-05A* и *BP/TEL-02A* на постоянном и выпрямленном оперативном токе не рекомендуется. Для гальванической развязки цепей при использовании этих блоков на переменном оперативном токе используется разделительный трансформатор 220/220В, входящий в комплект поставки.

На рис.6 приведен пример выполнения схемы управления, автоматики и защиты вакуумного выключателя *BB/TEL-10* на переменном оперативном токе с использованием блока управления *BU/TEL-05A* и блока питания *BP/TEL-02A*. Защита и автоматика выключателя выполнена на базе микропроцессорного устройства *УЗА-10А.2*.

Питание схемы управления вакуумного выключателя *BB/TEL-10* и устройства *УЗА-10А.2* осуществляется от шин переменного оперативного тока *EC1(1ШУ)* и *EC2 (2ШУ)* через автоматический выключатель *SF1*. Кроме того, цепи защиты *УЗА-10* и отключения *BB/TEL-10* могут питаться только от цепей трансформаторов тока защищаемого присоединения (рис.6).

Блок питания *BP/TEL-02A* содержит импульсный преобразователь, от которого заряжается до напряжения 230 В встроенная в блок конденсаторная батарея емкостью 5000 мкф. Энергия предварительно заряженных конденсаторов используется для включения и отключения выключателя. Необходимо учитывать, что при разряженных конденсаторах, через блок *BP/TEL-02A* в момент включения напряжения питания кратковременно протекает ток до 2А.

Для управления выключателем при отсутствии напряжения оперативного тока, предусматривается возможность питания блока *BP/TEL-02A* от постороннего источника – аккумулятора напряжением 12 В.

Напряжение от заряженных конденсаторов блока питания *BP/TEL-02A* подается на электронный блок управления *BU/TEL-220-05A*, служащий для формирования управляющих импульсов полюсных электромагнитов выключателя (*L1, L2, L3*). Управление выключателем осуществляется контактами ключа (кнопок) управления (*SB1*- «Включить», *SB2* - «Отключить»), или контактами устройства *УЗА-10* (*RL1*- «Включить», *RL2*- «Отключить»).

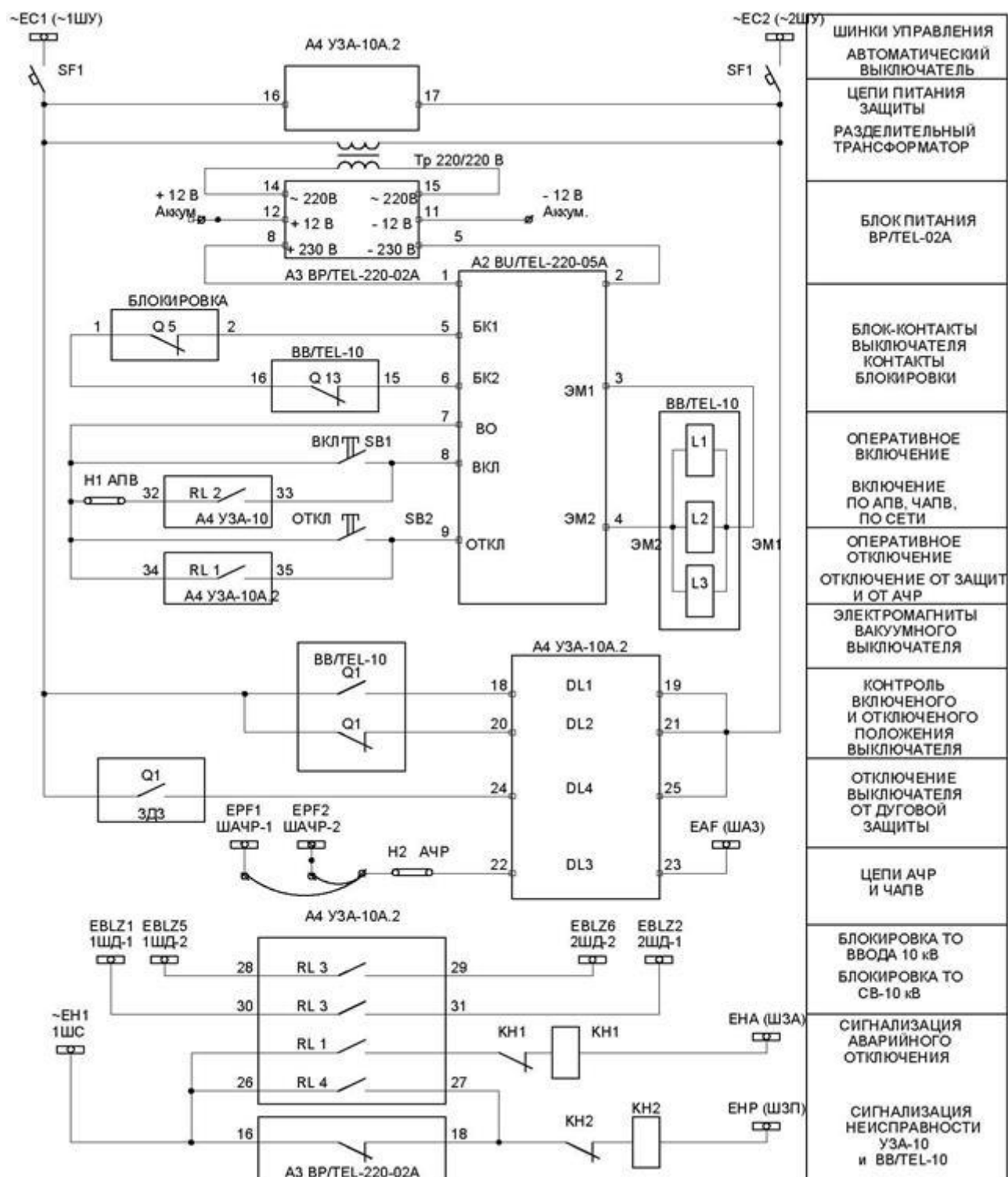


Рис.6 Схема цепей управления и автоматики и защиты вакуумного выключателя *BB/TEL-10* на переменном оперативном токе с блоками *BU/TEL-220-05A* и *BP/TEL-220-02A* и микропроцессорным устройством *УЗА-10А.2*.

Напряжение от заряженных конденсаторов блока питания *BP/TEL-02A* подается на электронный блок управления *BU/TEL-220-05A*, служащий для формирования управляющих импульсов полюсных электромагнитов выключателя (*L1, L2, L3*). Управление выключателем осуществляется контактами ключа (кнопок) управления (*SB1* - «Включить», *SB2* - «Отключить»), или контактами устройства *УЗА-10* (*RL1* - «Включить», *RL2* - «Отключить»).

Для включения выключателя необходимо замкнуть выводы 7 («ВО») и 8 («Вкл.») блока *BU/TEL-220-05A*. Для отключения выключателя необходимо замкнуть выводы 7 («ВО») и 9 («Откл.») блока *BU/TEL-05A*. Входы управления блока *BU/TEL-220-05A* имеют входное

ток фаз *A* и *C* включены токовые входы устройства УЗА-10 и блока управления BU/TEL-220-02А. Токовые входы УЗА-10 служат для контроля тока защищаемого присоединения. Кроме того, от цепей трансформаторов тока осуществляется питание защиты при отсутствии напряжения переменного оперативного тока. Для отключения выключателя в этом случае, используются токовые входы блока управления, обеспечивающие его отключение при токе более 3А.

При «холодном» (после длительного отсутствия напряжения оперативного тока) включении на КЗ, УЗА-10А.2 действует на отключение выключателя с задержкой не более 0,2 с, необходимых для подготовки устройства к работе. Таким образом, обеспечивается надежная работа устройств защиты и автоматики выключателя во всех режимах.

Контрольные вопросы.

- 1) Какие виды управления существуют для вакуумных выключателей?
- 2) Что такое дистанционное управление и как оно осуществляется?
- 3) Что такое местное управление и как оно используется для вакуумных выключателей?
- 4) Какие элементы входят в схему управления вакуумного выключателя?
- 5) Какие общие требования предъявляются к схемам управления вакуумными выключателями?
- 6) Как осуществляется сигнализация положения выключателя?
- 7) Как обеспечивается блокировка от многократных включений и отключений выключателя?
- 8) Как осуществляется непрерывный автоматический контроль исправности цепей включения и отключения выключателя?
- 9) Как обеспечивается возможность не только дистанционного управления, но и управления автоматическим (релейной защитой, автоматикой)?
- 10) Как осуществляется дистанционное включение и отключение выключателя посредством локальной сети?

Тема 1.6 Устройства защиты от перенапряжений.

Практическое занятие №6

Изучение устройства защитных искровых промежутков, разрядников и ОПН.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: Изучить конструкции, принцип действия и назначение искровых промежутков, разрядников и нелинейных ограничителей перенапряжений

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Защитные искровые промежутки, трубчатые и вентильные разрядники и нелинейные ограничители перенапряжений (ОПН) предназначены для защиты электроустановок от перенапряжений. Принцип действия их состоит в том, что они предотвращают появление на электроустановке импульсов перенапряжений, опасных для ее изоляции, не препятствуют работе электроустановки при рабочем напряжении.

Простейшим защитным устройством является искровой промежуток, включенный параллельно изоляционной конструкции. Для предупреждения пробоя изоляции вольт-секундная характеристика защитного искрового промежутка должна лежать ниже вольт-секундной характеристики защищаемой изоляции.

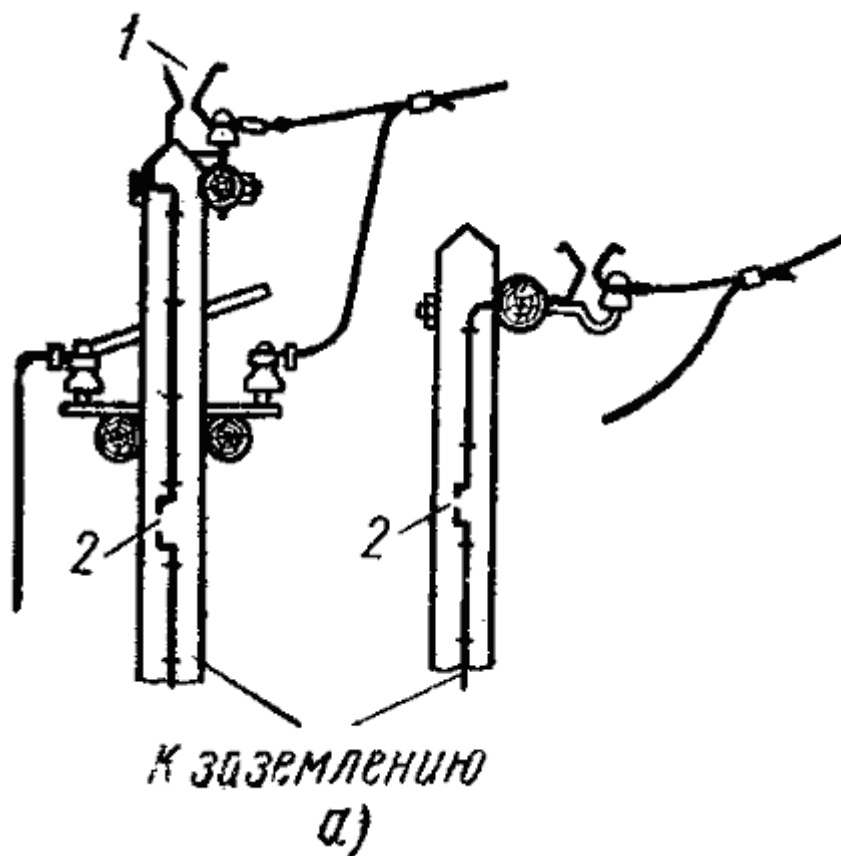
Конструктивно защитные промежутки выполняются в виде строжневых электродов (рогов). Один из электродов промежутка присоединяют к фазному проводу, а другой заземляют. При набегании импульса напряжения происходит пробой защитного промежутка. Вслед за импульсным током через защитный промежуток по ионизированному пути течет ток, обусловленный напряжением промышленной частоты, – сопровождающий ток. При работе электроустановки в сети с заземленной нейтралью или, если пробой промежутка произошел в двух или трех фазах, дуга сопровождающего тока может не погаснуть и пробой переходит в устойчивое короткое замыкание. Поэтому для повышения надежности электроснабжения

защитные искровые промежутки применяют в сочетании с автоматическим повторным включением (АПВ) линий.

В установках до 35 кВ защитные промежутки имеют небольшую длину для избежания случайного их замыкания например, птицами в заземляющих спусках защитных промежутков создаются дополнительные искровые промежутки.

На рис. 1.12, а показана установка рогообразных искровых промежутков на опорах воздушных линий напряжением 10 кВ. Основной промежуток 1 имеет расстояние 30-60 мм, а дополнительный промежуток 2, выполнен на спуске 10-15 мм. Искровой промежуток, показанный на рис. 1.1,б, устанавливают на траверсе железобетонных и одностоечных деревянных опор воздушных линий, а также на подстанциях. Он монтируется на шейках штыревых опорных изоляторов.

Защитный промежуток не обеспечивает надежную работу грозозащиты, так как он не гасит электрической дуги сопровождающего тока. Защитные аппараты, обеспечивающие не только защиту изоляции от перенапряжений, но и гашение дуги сопровождающего тока в течение времени меньшего, чем время действия релейной защиты, получили название защитных разрядников. Имеются два различных способа гашения дуги: в трубчатых разрядниках гашение происходит в результате интенсивного продольного дутья, в вентильных разрядниках – благодаря снижению значения сопровождающего тока с помощью сопротивления, включенного последовательно с искровым промежутком.



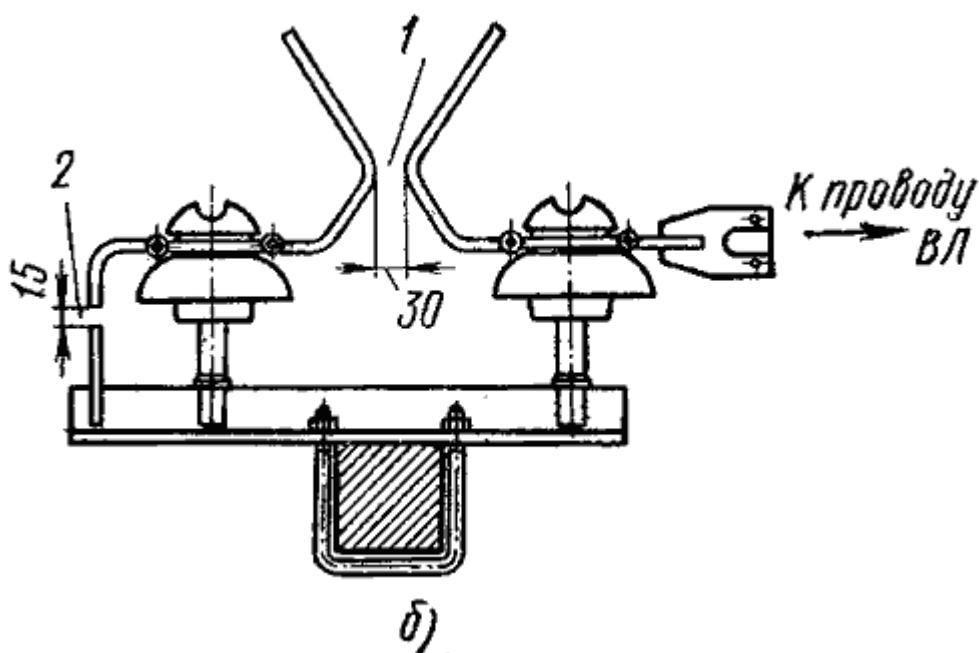


Рис. 1.12. Установка роговых искровых промежутков:
а) на штыках и крюках опор воздушных линий;
б) на траверсах железобетонных и деревянных опор
1 – основной искровой промежуток; 2 – дополнительный

Основу трубчатого разрядника составляет трубка из газогенерирующего материала 1 (рис. 1.13). Один конец трубки закрывается металлической крышкой, на которой укреплен внутренний электрод 2. На открытом конце трубки расположен другой электрод в виде кольца 3. Промежуток ИП1 между стержневым и кольцевым электродами называется внутренним или дугогасящим промежутком. Трубка отделяется от провода фазы внешним искровым промежутком ИП2, иначе газогенерирующий материал трубки постоянно разлагался бы под действием токов утечки.

При пробое наружного и внутреннего промежутков трубчатого разрядника фазный провод соединяется через разрядник с заземлением, и таким образом волна перенапряжения отводится в землю. Электрическая дуга сопровождающего тока разлагает стенки трубки, обеспечивая интенсивное газообразование, создающее в трубке высокое давление. Под действием этого давления горячие газы устремляются к выхлопному отверстию, создают продольное дутье, в результате чего дуга гасится при первом же прохождении тока через нулевое значение. Срабатывание разрядника сопровождается выхлопом раскаленных газов и звуком, напоминающим выстрел.

Волна перенапряжения в вентильных разрядниках гасится совместным действием искровых промежутков и вилитовых дисков: искровые промежутки пробиваются, сопротивление дисков уменьшается, и ток разряда отводится в землю.

Наибольшее напряжение промышленной частоты на разряднике, при котором надежно обрывается сопровождающий ток, называется напряжением гашения.

Комплект искровых промежутков и вилитовых дисков помещается в герметизированный фарфоровый чехол. Герметизация необходима для предохранения вилита от действия влаги и для обеспечения стабильности разрядных характеристик искровых промежутков.

Наша промышленность выпускает вентильные разрядники типов: РВС – стационарные, РВМ – для защиты вращающихся машин, РВМГ – с магнитным гашением дуги, РВО – облегченной конструкции, РС – для защиты электроустановок сельскохозяйственного назначения.

Для сельских станций и подстанций применяют разрядники типов РВО на токи до 10 А и РС на токи до 30 А, РН – низкого напряжения для защиты от атмосферных перенапряжений изоляции электрооборудования напряжением 0,4 кВ.

Основной недостаток вентильных разрядников связан с тем, что резисторы на основе карборунда обладают сравнительно невысокой нелинейностью.

Разрядники в качестве средств защиты от перенапряжений на вновь проектируемых подстанциях 110 кВ и выше согласно [14] не применяются.

Выпускаемые в настоящее время нашей промышленностью и за рубежом резисторы на основе окиси цинка обладают значительно большей нелинейностью, чем резисторы на основе карборунда. Это позволило создать новый тип защитного аппарата – нелинейный ограничитель перенапряжений (ОПН). Преимуществами ОПН являются возможность глубокого ограничения перенапряжений, в том числе междофазных, малые габариты, позволяющие использовать их в качестве опорных изоляционных колонн.

Ограничители комплектуются в виде параллельно соединенных колонок из дисков. Торцы дисков металлизированы и обеспечивают контакт между дисками. В соответствии с пропускной способностью число параллельных колонок резисторов в ОПН варьируется в зависимости от напряжения. Под рабочим напряжением через ОПН протекает ток величиной доли миллиампер, ток носит емкостный характер. Повышение напряжения, при появлении импульса перенапряжения, вызывает снижения активного сопротивления резисторов ОПН. Ток через ОПН возрастает до сотен ампер при появлении коммутационных перенапряжений и до нескольких килоампер при воздействии грозových перенапряжений. После прохождения волны перенапряжения к ОПН вновь прикладывается рабочее напряжение, и он переходит в непроводящее состояние. Полупроводниковый характер проводимости ОПН обеспечивает практически мгновенный ($<1\text{нс}$) переход из “закрытого” состояния в “открытое”, что выгодно отличает их от вентильных разрядников с искровым промежутком, обладающих временем действия до нескольких микросекунд. Коэффициент нелинейности резисторов ОПН в области ограничения коммутационных перенапряжений имеет значение 0,03-0,05. При ограничении грозových перенапряжений, коэффициент нелинейности возрастает до 0,07-0,1. Такая высокая нелинейность позволяет исключить искровой промежуток и подключать резистор ОПН непосредственно к сети. Однако при постоянном подключении ОПН под напряжение возникает необходимость в обеспечении тепловой устойчивости его резистора при рабочих напряжениях, при сравнительно длительных повышениях напряжения частотой 50 Гц и при установившихся перенапряжениях.

Применительно к ОПН отсутствует понятие напряжения гашения. Однако длительное воздействие резонансных перенапряжений, связанных с прохождением через ОПН больших токов, может нарушить тепловую устойчивость аппарата и привести к аварии. В связи с этим для ОПН установлены допустимые длительности приложения повышенных напряжений, которые должны быть скоординированы с действием релейных защит.

Применение ОПН позволяет глубоко ограничивать также и междофазные перенапряжения. В настоящее время нашей промышленностью выпускаются ОПН практически на все классы напряжения, начиная с напряжения 0,5 кВ, для установки со стороны обмотки низкого напряжения на трансформаторных подстанциях 10/0,4 кВ.

У ОПН нормируются следующие параметры:

1. Длительно допустимое наибольшее рабочее напряжение $U_{длит}$, которое неограниченно долго может быть приложено между выводами ОПН. Ток, протекающий через ОПН при воздействии этого напряжения, не более 1 мА.

2. Наибольшее допустимое напряжение $U_{доп.наиб}$, промышленной частоты, которое ОПН должен выдержать в течение определенного времени. По стандарту МЭК ОПН должен выдерживать это напряжение в течение 10 с после предварительного нагрева до 60 °С и воздействия энергетическим импульсом, соответствующим удельной энергоемкости данного типа ограничителя.

3. Временно допустимое повышение напряжения U_t промышленной частоты. Значение этого напряжения зависит от времени воздействия и, как правило, приводится в паспортных данных ОПН.

4. Энергоемкость ОПН – его способность поглощать энергию нормированных коммутационных перенапряжений, которая характеризуется удельной энергоемкостью.

Для нормальной работы ОПН необходимо, чтобы описанные выше параметры соответствовали параметрам сети, в которой предполагается его установка.

Таблица 1.1

Электрические параметры ОПН (ОПН/TEL)

Параметр	Тип ОПН			
	ПН-6	ПН-10	ПН-35	ПН-110
Класс напряжения сети, кВ	6	10	35	110
Наибольшее длительно допустимое рабочее напряжение, кВ	6,0 - 6,9	10,5 - 12,0	35,4	110,7
Пропускная способность, не менее, А	250		550	

Указания к выполнению работы

Записать технические данные выключателя, помещенные на табличке.

Разобрать устройство и конструкцию искровых промежутков, выполненных в виде рогов. Ознакомиться с правилами их установки на опорах воздушных линий.

Разобрать конструкцию трубчатых разрядников на 10 кВ типов РТФ и РТВ. Ознакомиться с правилами подключения разрядников.

Рассмотреть конструкцию вентильного разрядника. Ознакомиться с принципом его работы и способом установки.

Рассмотреть конструкцию ОПН. Ознакомиться с принципом его работы и способом установки.

Оформление отчета

Отчет должен содержать:

1. Цель работы.
2. Схему включения искрового промежутка.
3. Эскиз трубчатого разрядника.
4. Эскиз единичного искрового промежутка, вентильного разрядника.
5. Паспортные данные всех разрядников и ОПН, установленных в лаборатории.

Контрольные вопросы

1. Каково назначение разрядников и защитных искровых промежутков?
2. Чем определяются защитные свойства защитных искровых промежутков и разрядников?

3. Каков принцип гашения дуги в трубчатых разрядниках?
4. Для чего необходим внешний искровой промежуток при установке трубчатых разрядников?
5. Принцип работы и устройства вентильных разрядников.
6. Какие марки разрядников применяются для защиты сельских электроустановок?
7. Каково назначение нелинейного сопротивления в вентильном разряднике?
8. Разрешается ли располагать в зоне выхлопа трубчатых разрядников какие-либо элементы электроустановок?
9. Каково основное преимущество ОПН перед вентильными разрядниками?
10. Почему при реконструкции и проектировании новых подстанций вентильные разрядники необходимо заменять ОПН?

Тема 1.7 Провода СИП: виды, характеристики и этапы монтажа

Практическое занятие №7

СИП Изучение конструкции. Классификация. Этапы монтажа.

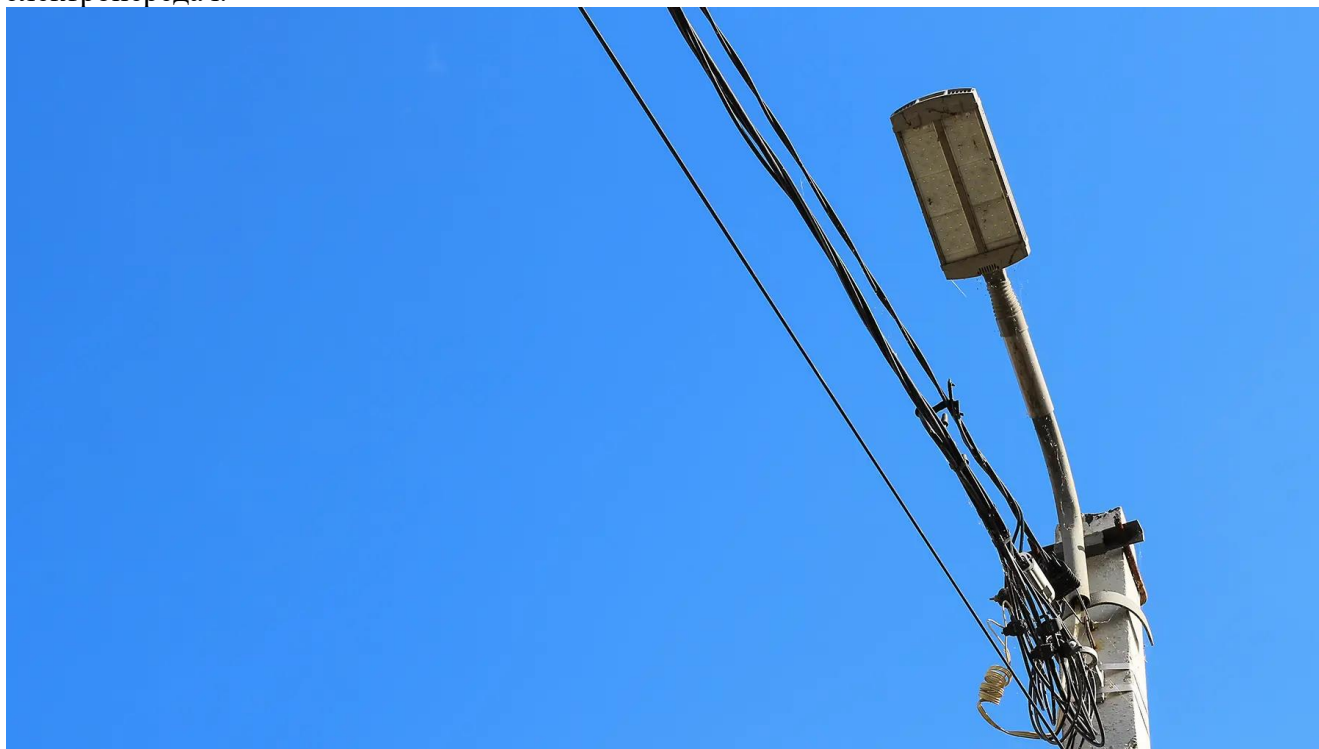
ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

Изучение конструкции кабелей СИП. Этапы монтажа СИП

УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

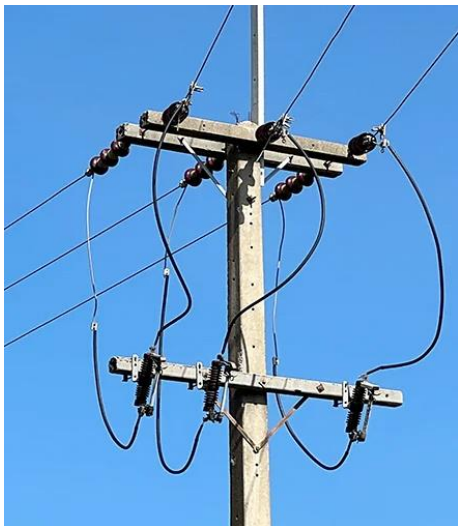
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

В частные дома или на дачу электричество в большинстве случаев подается по проводам, закрепленным на опорах. Расскажем, почему для магистральных линий и ответвлений от них лучше всего использовать провода СИП и как с их помощью подключить дом к линии электропередач.



Что такое СИП кабель и для чего он нужен

Расшифровка аббревиатуры СИП — самонесущий изолированный провод. Этот тип кабелей используют для прокладки магистральных воздушных линий (ВЛ) электропередач и ответвлений от них, например от ВЛ к дачному дому или коттеджу. Эти провода нельзя прокладывать в земле, так как их изоляция для таких условий работы не подходит. СИП используют в сетях переменного тока с напряжением от 0,6 до 35 кВ при температуре воздуха от -60 до $+50$ °С. Срок службы проводов — не меньше 40 лет.



Воздушная линия из неизолированных проводов.



Воздушная линия с применением СИП.

Кабелями СИП повсеместно заменяют отслужившие свой срок линии электропередач из неизолированных и подвешенных на тросах проводов. Новые линии энергоснабжения и отводы от них к домам делают почти исключительно из СИП.

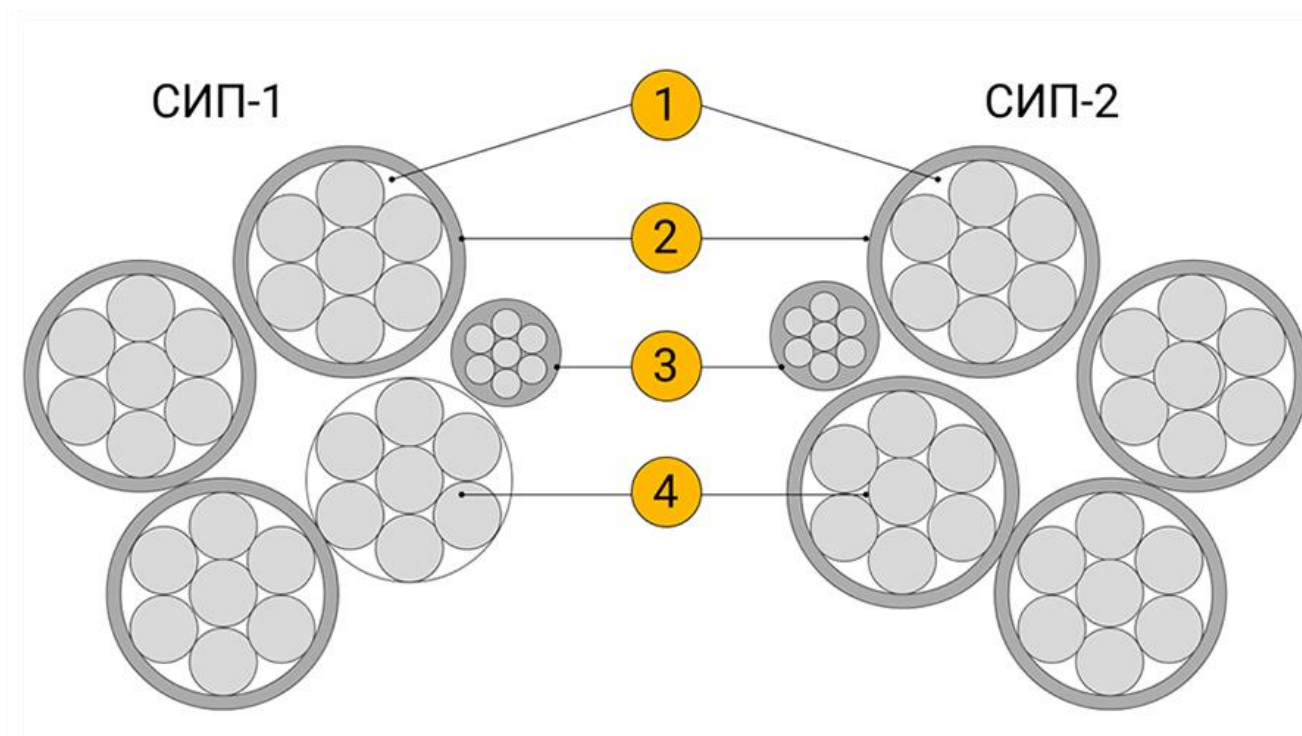
Конструкция и маркировка СИП

Токопроводящие жилы СИП представляют собой несколько алюминиевых проводников, свитых между собой. В зависимости от функций различают такие виды жил:

- основные (фазные) — присоединяют к фазам электрической сети
- нулевая — присоединяют к нулю электрической сети
- вспомогательные (есть не во всех проводах) — используют для дополнительного оборудования, например для питания фонарей уличного освещения

Нулевые жилы могут быть несущими и не несущими. У несущих нулевых жил есть стальной сердечник, который воспринимает вес провода, висящего на столбах. Если нулевая шина не несущая (без сердечника), нагрузка распределяется на все жилы.

Токопроводящие жилы покрыты полимерной защитной изоляцией из полиэтилена черного цвета. Он устойчив к атмосферным воздействиям — солнечному свету, дождю, налипанию снега, колебаниям температуры.

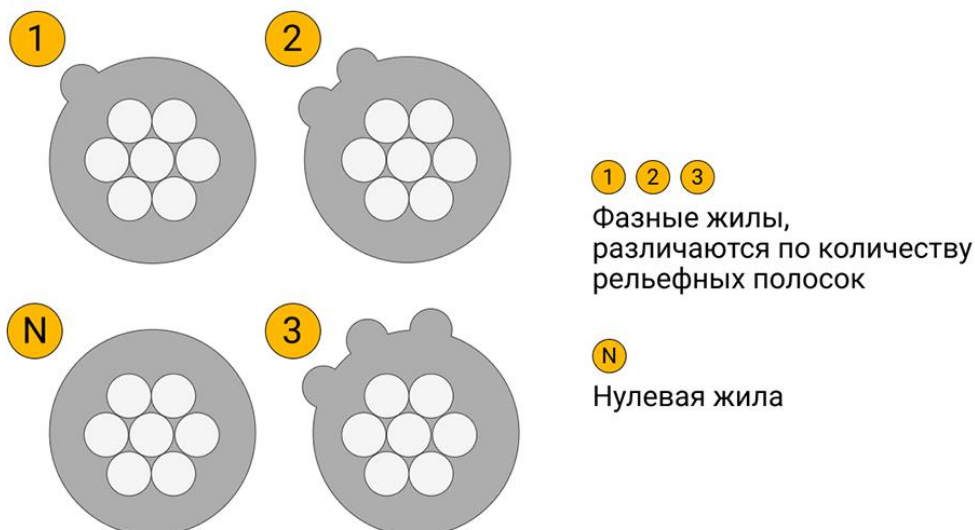


Сечение СИПа со вспомогательной жилой (провод освещения). 1 — токопроводящая жила из алюминиевой проволоки, 2 — изоляция из светостабилизированного сшитого полиэтилена, 3 — провод освещения, 4 — нулевая несущая жила из сплава алюминия



Сечение СИПа из четырех жил

Нулевая жила никак не маркирована. А фазные жилы многожильных проводов обозначаются продольными цветными или рельефными полосками на изоляции. Количество полосок на фазных жилах одного пучка разное — по ним можно отличить одну жилу от другой.



Условное обозначение проводов включает:

- марку — СИП-1, 2, 3, 4 и 5
- дополнительные буквы (присутствуют в маркировке не всегда): нг — не распространяющий горение, г — герметизированный
- число и номинальное сечение в мм² основных, нулевой несущей и вспомогательных жил (если они есть), разделенных между собой знаком плюс
- номинальное напряжение провода в киловольтах
- обозначение технических условий (ТУ) или ГОСТа на провод конкретной марки

Примеры:

СИПнг-2 3×70 + 1×95 – 0,6/1 ТУ 3553-001-90364697-2015

Провод марки СИП-2, не распространяющий горение, три основные жилы сечением 70 мм², нулевая жила сечением 95 мм², номинальное напряжение 0,6–1 кВ, изготовлены по ТУ

СИП-4 2х16 - 0,6/1 ГОСТ 01-8892-2

Провод марки СИП-4, две жилы сечением по 16 мм², номинальное напряжение 0,6–1 кВ, изготовлены по ГОСТу.

Виды СИП кабеля и их назначение

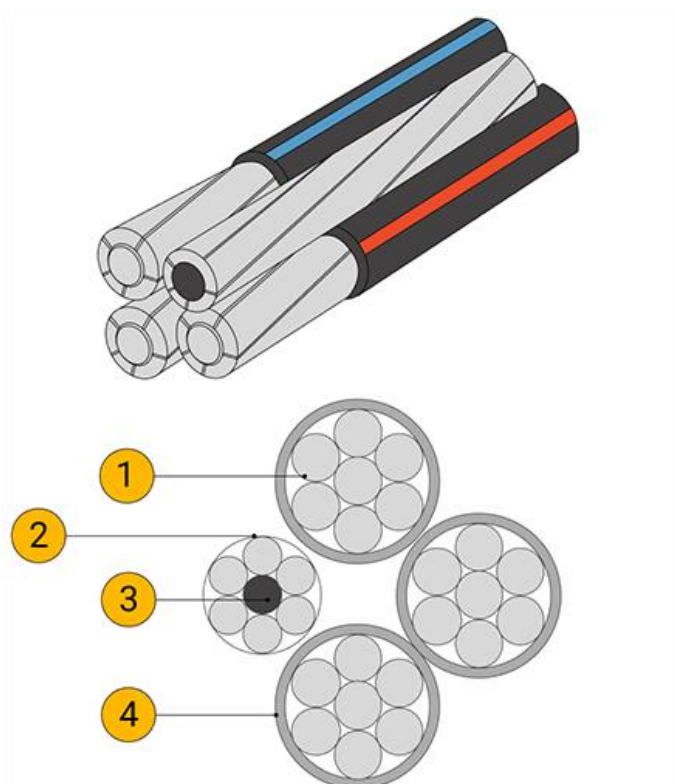
В соответствии с ГОСТ 31946-2012, самонесущие изолированные провода делятся на разные типы в зависимости от количества, диаметра и материала жил, наличия или отсутствия нулевого проводника и особенностей материала изоляции. Рассмотрим их подробнее.

СИП-1 и СИП-2

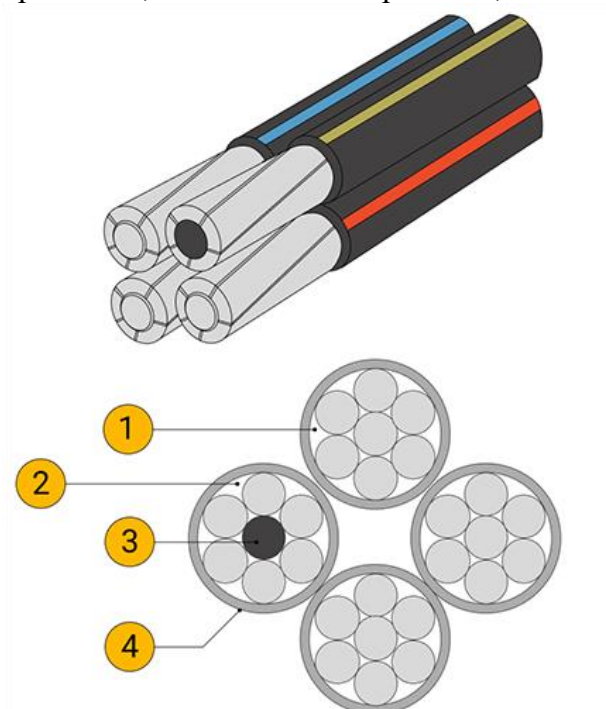
Кабели этих типов используют для магистральных воздушных линий, работающих под напряжением до 1 кВ, и ответвлений от них. В их составе — основные алюминиевые токопроводящие жилы и нулевая несущая жила из сплава алюминия со стальным сердечником. Сечение жил — от 16 до 120 мм². Нулевая жила может быть неизолированной или изолированной. Кабели с изолированной жилой обозначают дополнительной буквой А: СИП-1А или СИП-2А.

Провода 1 и 2 типов идентичны, но различаются материалом изоляции:

- у первого — термопластичный полиэтилен (ПЭТ), выдерживающий при нормальных условиях нагрев до +70 °С
- у второго — светостабилизированный полиэтилен, работающий при температуре до +90 °С



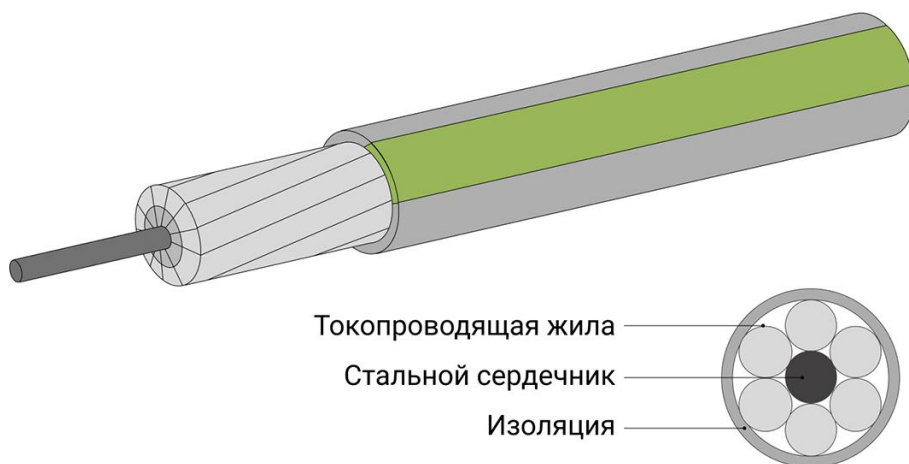
СИП-1 и СИП-2: 1 — фазная токопроводящая жила, 2 — нулевая жила, несущая, неизолированная, 3 — стальной сердечник, 4 — изоляция



СИП-1А и СИП-2А: 1 — фазная токопроводящая жила, 2 — нулевая жила, несущая, изолированная, 3 — стальной сердечник, 4 — изоляция

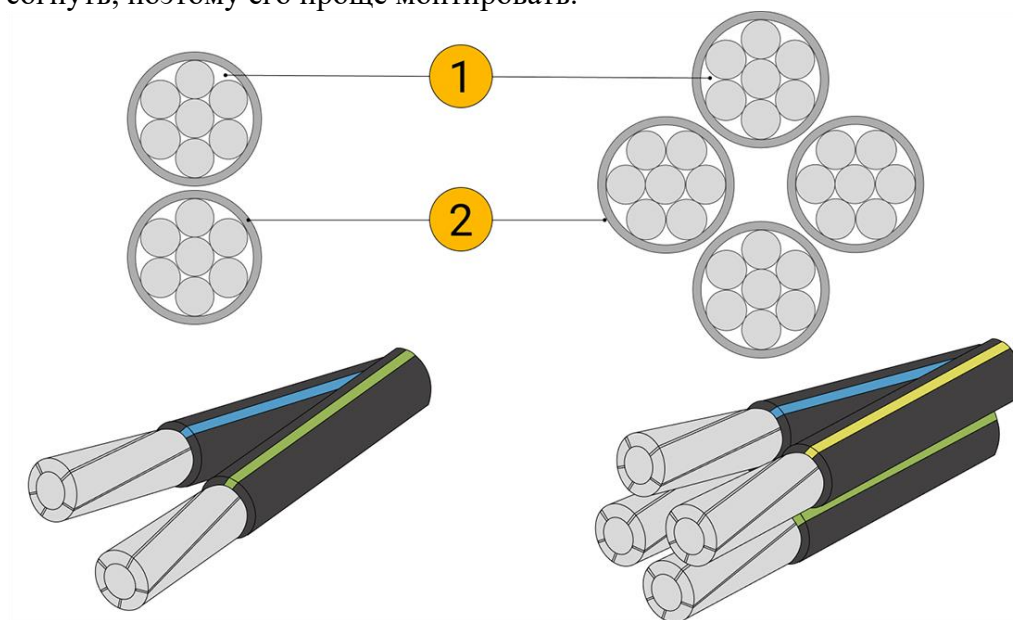
СИП-3

Провода этого типа используют в высоковольтных магистральных сетях, работающих под напряжением от 6 до 35 кВ. Такой кабель представляет собой одиночную изолированную токопроводящую жилу сечением от 35 до 240 мм² со стальным сердечником.



СИП-4 и СИП-5

В проводах этих типов нет несущей жилы, поэтому несущая способность кабеля в целом ниже. По этой причине СИП-4 и СИП-5 иногда называют ответвительными и используют для коротких линий электропередачи с напряжением до 1 кВ, например от трансформаторной подстанции или магистральной линии к зданию или сооружению. Сечение жил — от 16 до 120 мм². Из-за отсутствия несущей жилы со стальным сердечником провода этого типа легче согнуть, поэтому его проще монтировать.



СИП-4. 1 — Токопроводящая жила, 2 — изоляция

Кабели СИП-4 и СИП-5 аналогичны по конструкции и различаются только материалом изоляции. В СИП-4 это полиэтилен высокого давления (ПВД), в СИП-5 — светостабилизированный сшитый полиэтилен. Он может работать при более высоких температурах, чем ПВД, благодаря чему выдерживает более высокие токи короткого замыкания.

Сводная таблица основных характеристик СИП кабелей

Марка провода	СИП-1	СИП-2	СИП-3	СИП-4
Количество токопроводящих жил, шт	1 + 4	1 + 4	1	2 - 4
Сечение жил, мм ²	16 + 120	16 + 120	35 + 240	16 + 120
Нулевая жила, несущая	сплав алюминия (со стальным сердечником)	сплав алюминия (со стальным сердечником)	отсутствует	отсутствует
Токопроводящая жила	алюминиевая	алюминиевая	сплав алюминия (со стальным сердечником)	алюминиевая
Класс напряжения, кВ	0.4 + 1	0.4 + 1	10 + 35	0.4 + 1
Тип изоляции жил	термопластичный полиэтилен	светостабилизир. полиэтилен	светостабилизир. полиэтилен	термопластичный полиэтилен
Температура эксплуатации	-60°C + +50°C	-60°C + +50°C	-60°C + +50°C	-60°C + +50°C
Допустимый нагрев жил при эксплуатации	+70°C	+90°C	+70°C	+90°C
min радиус изгиба провода	не менее 10 Ø	не менее 10 Ø	не менее 10 Ø	не менее 10 Ø
Срок службы	не менее 40 лет	не менее 40 лет	не менее 40 лет	не менее 40 лет
Применение	- ответвлений от ВЛ; - ввод питания в жилые помещения; - хоз. постройки; - прокладка по стенам зданий и сооружений.	Магистраль ВЛ	- для монтажа ВЛ напряжением 10-35 кВ	- ответвлений от ВЛ; - ввод питания в жилые помещения; - хоз. постройки; - прокладка по стенам зданий и сооружений.

Преимущества СИП

По сравнению с устаревшими типами воздушных линий из неизолированных проводов у линий из СИП есть ряд преимуществ. Вот они:

- 1 . монтаж и присоединение новых построек можно выполнять под напряжением без отключения остальных потребителей от электросети
- 2 . линия остается работоспособной даже при схлестывании проводов во время ветра
- 3 . зимой на СИП не налипает снег — сокращается количество обрывов
- 4 . изолированные кабели безопасны при случайном прикосновении к ним, исключены короткие замыкания при контакте токонесущих жил с заземленными элементами, уменьшается риск пожаров

Как подключить СИП кабель: пошаговая инструкция

Прежде чем монтировать провода, нужно получить разрешение и технические условия (ТУ) на подключение. Этот документ выдает местная энергосбытовая компания.

Подключение СИП происходит под напряжением, поэтому для монтажа нужен допуск к работе с высоковольтным оборудованием — 3 группа допуска. Если у вас его нет, лучше не рискуйте и пригласите специалиста.

Чтобы подвести электричество к частному дому, обычно используют СИП с сечением токопроводящих жил 16 мм². Они выдерживают ток нагрузки до 100 А — при однофазном подключении этого достаточно, чтобы подключить электроприборы суммарной мощностью до 22 кВт. Конкретный тип провода указан в ТУ на подключение.

Необходимые инструменты и материалы

Для монтажа потребуются:

- СИП кабель нужной длины — от столба до места присоединения к дому плюс 2 м на запас
- бандажный комплект
- абонентские анкерные зажимы — 2 шт.
- изолированный ответвительный зажим — по 2 шт. для каждой жилы
- анкерный кронштейн — 2 шт.
- фасадные крепления (при необходимости)
- стяжные хомуты
- концевые изолированные заглушки
- ключ на 13
- монтерские когти-лазы, страховочная система
- одежда из диэлектрической ткани
- каска
- диэлектрические перчатки
- диэлектрическая обувь



Принадлежности для подключения: 1 — СИП, 2 — ответвительные зажимы, 3 — анкерные зажимы, 4 — анкерные кронштейны, 5 — бандажный комплект, 6 — фасадное крепление. Источник: petrovich.ru

Работайте в сухую погоду при температуре не ниже –20 °С, лучше с помощником. Сначала вам нужно будет закрепить СИП на столбе — для этого с помощью монтерских когтей-лазов поднимитесь по нему к линии электропередач. Затем другой конец провода прикрепите к фасаду дома.

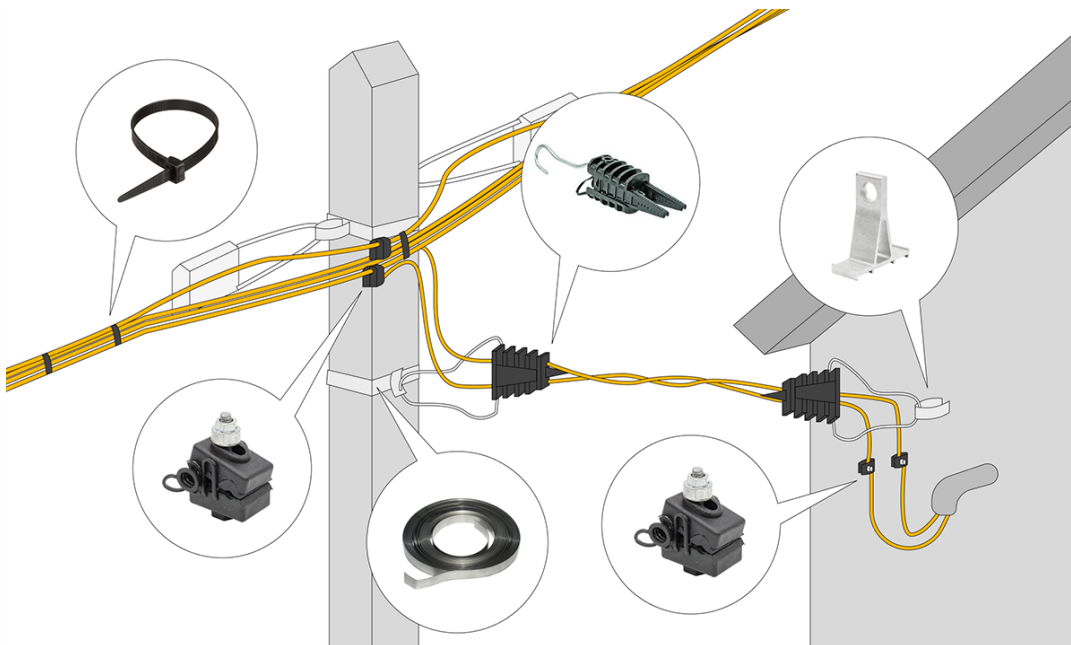


Схема монтажа однофазного ответвления от воздушной линии. Источник: petrovich.ru

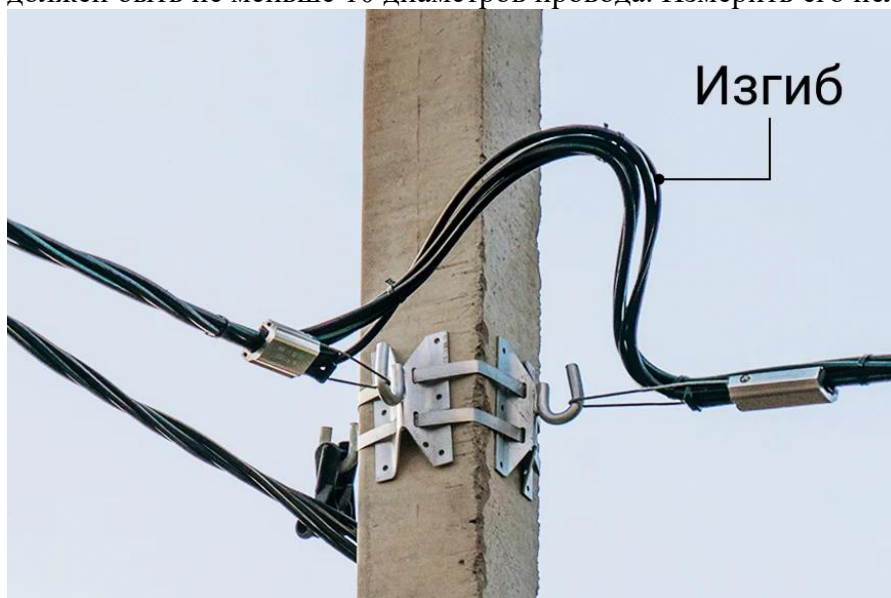
Этапы монтажа

Перед работой убедитесь, что у провода, который вы будете монтировать, не повреждена изоляция, и проверьте исправность крепежа. Во время монтажа используйте средства индивидуальной защиты: страховочный пояс, одежду из диэлектрической ткани, диэлектрические перчатки и обувь, каску.

Монтаж провода СИП

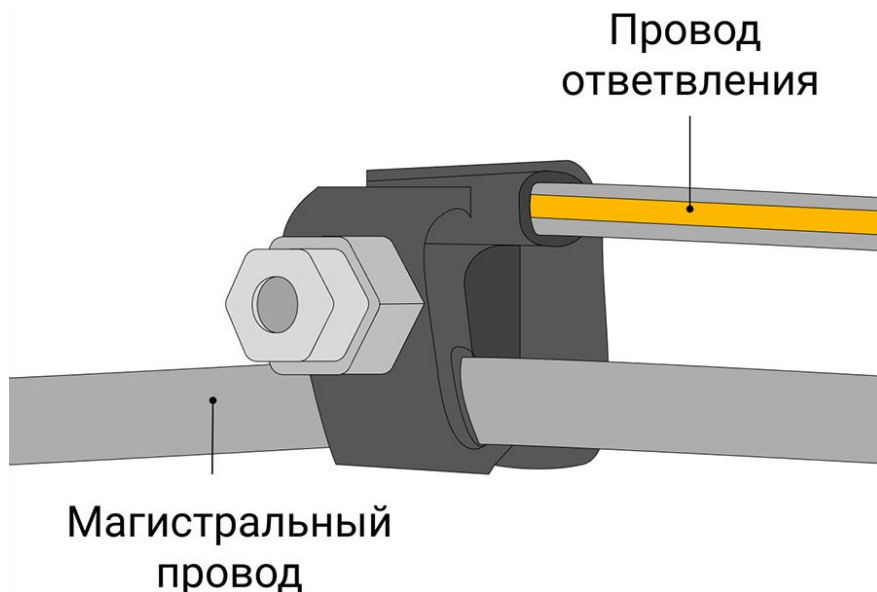
1

С помощью бандажного комплекта закрепите на столбе анкерный кронштейн. Наденьте на провод анкерный зажим и прикрепите его к кронштейну. Учтите, что радиус изгиба СИП должен быть не меньше 10 диаметров провода. Измерить его нельзя — определяйте на глаз.



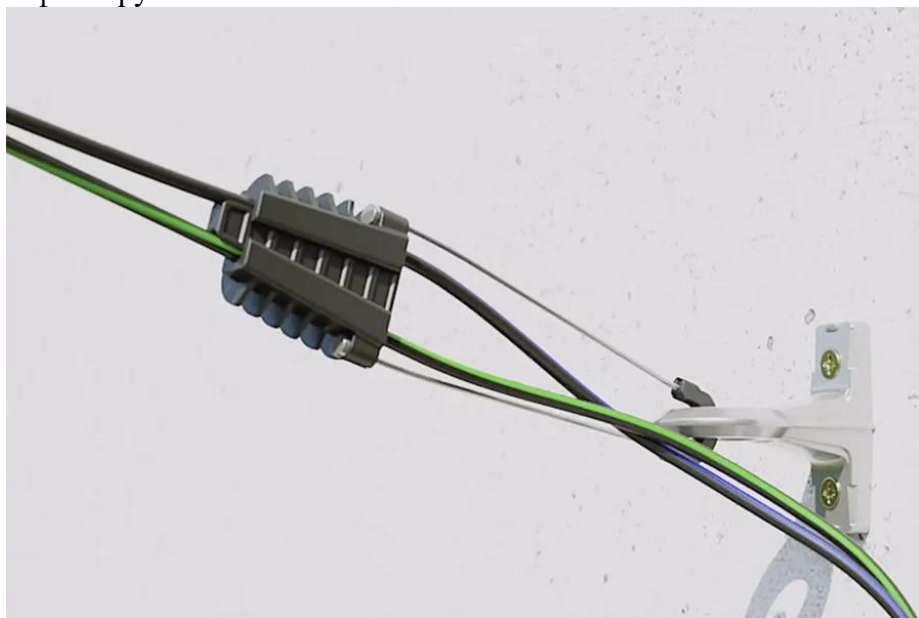
2

Поочередно присоедините к линии жилы кабеля. Для этого вставьте конец присоединяемого провода в ответвительный зажим — до упора. Затем пропустите через зажим жилу магистральной линии. С помощью ключа затяните болт на зажиме. Второй оголенный конец жилы изолируйте с помощью изоленты или колпачка. Аналогично присоедините остальные жилы. На этом работы на столбе закончены.



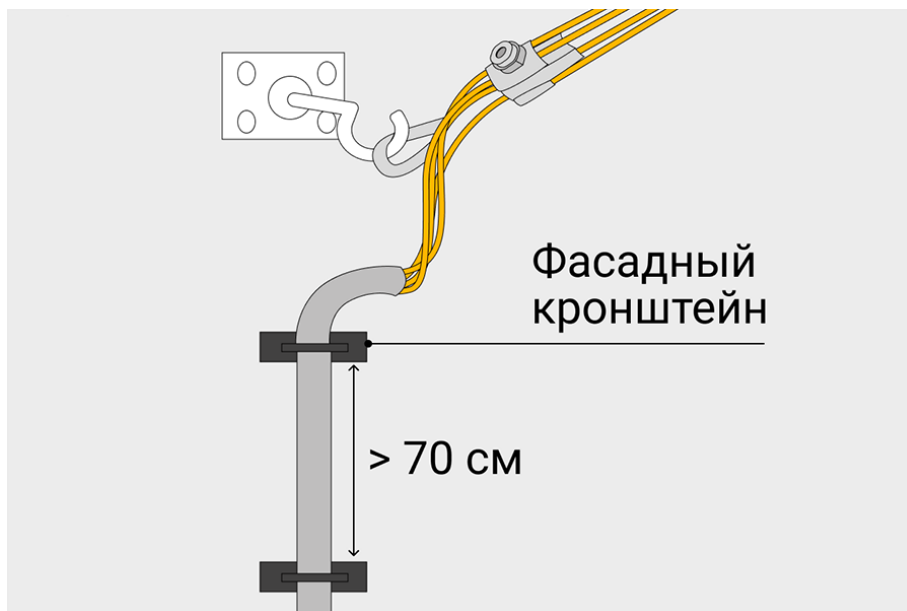
3

Протяните кабель к дому. Закрепите на фасаде второй анкерный кронштейн на высоте не меньше 2,75 м. Пропустите СИП через второй анкерный зажим, натяните и окончательно зафиксируйте его болтом зажима.



4

При необходимости с помощью фасадных креплений проложите провод по фасаду до ввода в дом или наружного распределительного щитка. Крепления устанавливайте с интервалом не больше 70 см.



5

Присоедините СИП к вводу в дом — через ответвительные зажимы или клеммы в распределительном щитке. На этом монтаж закончен.



Содержание отчета :

1. Цели работы.
2. Фотоотчет процесса монтажа ВЛИ
3. Фотоотчет смонтированной воздушной линии.
4. Вывод

Литература

Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные печатные и/или электронные издания

1. Котеленец Н.Ф. Техническая эксплуатация, диагностика и ремонт электрического и электромеханического оборудования: учебное издание / Котеленец Н.Ф., Сентюрихин Н.И. - Москва: Академия, 2023. - 320 с. (Специальности среднего профессионального образования). - URL: <https://academia-moscow.ru> - Режим доступа: Электронная библиотека «Academiamoscow». - Текст: электронный

2. Полищук В.И. Эксплуатация, диагностика и ремонт электрооборудования: уч.пособ.- М.: НИЦ-ИНФРА-М, 2022.-190с. <https://znanium.com/>

3. Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок :уч.пос.- М.:Издательство Форум, 2022.- 367с. <https://znanium.com/>

4. Сайты: [www. Smart – home. Spb.ru](http://www.Smart-home.Spb.ru); [www. eleczon.ru](http://www.eleczon.ru); [www. ekb.pulscen.ru](http://www.ekb.pulscen.ru); [www. elektrotehnik.ru](http://www.elektrotehnik.ru); www.semi.com.tw; www.chat.ru/~vare.ru; www.rizne.by.ru.

Дополнительные источники:

Учебники:

1. Акимов Н.А. Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт электрического и электромеханического оборудования, М. изд.центр «Академия», 2017

2. Александровская А.Н. Организация технического обслуживания и ремонта электрического и электромеханического оборудования М.: Изд.центр «Академия», 2016

3. Макаров В.А. «Техническое обслуживание и ремонт электрооборудования станций и подстанций», М. изд.центр «Академия», 2015

4. Нестеренко Е.Ф. Обслуживание и ремонт электрооборудования электростанций и сетей, М. изд.центр «Академия», 2014

5. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. Учебник. Книга 1 – М.: Академия, 2012

6. Сибикин Ю.Д. Техническое обслуживание, ремонт электрооборудования и сетей промышленных предприятий. Учебник. Книга 2 – М.: Академия, 2014.