

## **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

## **Тема 4. Монтаж установочной аппаратуры и светильников.**

### **Монтаж аппаратуры автоматики.**

1.1.1. Основные понятия и определения Внедрение автоматизированной системы управления позволяет выполнять множественные функции, способствующие безопасной эксплуатации промышленных и сельскохозяйственных объектов. На объектах переработки и хранения продуктов сельского хозяйства автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) обеспечивают:

- измерение различных параметров (уровень жидкости, уровень разделения сред, давление, температура, расход) в резервуарах и емкостях;
- контроль и регулирование измеряемых параметров;
- подачу сигнала о недопустимых изменениях в системе (утечка, повышение давления и температуры);
- автоматический запуск и остановку технологических процессов в случае превышения предельных значений системы.

Входящие в состав автоматизированных систем программные и аппаратные средства направлены на выполнение заданных функций в автоматическом режиме без постоянного присутствия оператора на объекте. Программно-технические комплексы систем автоматизации осуществляют:

- автоматический сбор информации о техническом состоянии контролируемого оборудования посредством контрольноизмерительных и регистрирующих приборов (датчиков, манометров, контроллеров, преобразователей, термометров, счетчиков, расходомеров и т. д.);
- передачу данных от контроллеров и измерительных приборов на устройства управления посредством различных каналов связи;
- сбор и анализ полученных данных;
- хранение полученных технических параметров;
- формирование, выработку и передачу управляющих решений в соответствии с заданным алгоритмом работы системы.

Функционирование системы автоматического управления заключается в измерении параметров приборов, передаче данных в управляющее устройство (шкаф управления, пульт), автоматическом анализе полученной информации, выработке управленческого решения и передаче его обратно на первичные приборы для изменения режима эксплуатации (рис. 1). Рис. 1. Монтаж систем управления

Непосредственно монтаж технических средств автоматики и программирование системы автоматизированных систем (АС) на самом объекте производится на основании разработанной рабочей документации и проекта производства работ (ППР), в которых на этапе согласования работ отражаются общие технические и программные решения, техническое и программное обеспечение, состав и стадии работ, их аппаратная и программная реализация, расписываются действующие алгоритмы регулирования и управления, предоставляются чертежи, схемы, планы и т. д.

В состав монтажных работ систем автоматизации входят как подготовительные строительные работы, так и непосредственно работы по прокладке разветвленной сети инженерных коммуникаций: · подготовка и устройство помещений автоматики и конструктивов для размещения приборов; · монтаж закладных и защитных конструкций для прокладки проводки и оптоволоконных кабелей различного назначения (импульсные линии, каналы связи, питание и др.);

- предварительная сборка технических средств автоматизации в укрупненные узлы и детали;

- установка технических приборов и микропроцессорных средств на контролируемое оборудование;

- подсоединение установленных приборов; · автономная и комплексная наладка оборудования.

Общие требования при монтаже средств автоматики  
Общие требования при монтаже средств автоматики распространяются на все виды монтажа и наладки электрооборудования и средств автоматики. Электромонтажные работы должны выполняться специалистами, предприятиями и организациями, проектирующими и осуществляющими самые различные виды электромонтажных работ, в соответствии со строительными нормами и порядком, установленным ПУЭ и СНиП. К электромонтажным работам допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, имеющие группу по электробезопасности не ниже III и соответствующую квалификацию согласно тарифно-квалификационного справочника.

Электромонтажник обязан: – выполнять только ту работу, которая определена рабочей инструкцией; – выполнять правила внутреннего трудового распорядка; – правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты; – соблюдать требования охраны труда; – проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения электромонтажных работ и оказанию первой помощи пострадавшим на производстве, инструктаж по охране труда, проверку знаний требований охраны труда; – уметь оказывать первую доврачебную помощь пострадавшим от электрического тока и при других несчастных случаях; – уметь применять средства первичного пожаротушения. При работе с электрооборудованием и средствами автоматики электромонтажник должен быть обеспечен основными и дополнительными защитными средствами, обеспечивающими безопасность его работы (диэлектрические перчатки, диэлектрический коврик, инструмент с изолирующими рукоятками, переносные заземления,

плакаты и т. д.). Приборы, используемые для измерения, автоматического контроля и регулирования параметров, должны соответствовать классу пожарной взрывоопасной зоны, группе и категории взрывоопасных смесей.

Безопасность эксплуатации приборов автоматизации электрооборудования, находящихся в пожароопасных и взрывоопасных зонах, должна обеспечиваться наличием соответствующих средств защиты. В случае производства наладочных работ на действующем предприятии с вредным производством, а также если на вновь строящемся предприятии технологический процесс имеет вредные условия производства и подготовка к нему начинается до окончания работ по наладке приборов контроля и средств автоматизации, наладчики должны выполнять работы с соблюдением санитарных норм и правил, действующих на предприятии. При проведении инструктажа по технике безопасности на рабочем месте должны быть четко сформулированы задание по наладке и условия производства работ, проработаны указания о безопасных методах производства электромонтажных работ и применении конкретных защитных средств.

Временные схемы, собираемые вблизи налаживаемого оборудования для снятия его параметров, опробирования приборов на месте размещения и других целей, должны выполняться на столах достаточной прочности. Площадь этих столов должна позволять удобно и свободно разместить все необходимые приборы и аппаратуру. Запрещается для сборки схем применять столы с металлической рабочей поверхностью или металлическим обрамлением, а также пользоваться металлическими подставками и лестницами. Временные питающие линии должны быть выполнены открыто проводом соответствующего сечения с изоляцией достаточной 36 механической и электрической прочности, надежно закреплены и повешены на высоту, обеспечивающую свободный проход людей и проезд заводского транспорта. Сборку временных схем для электрических испытаний, переключение проводов в схеме, перестановку приборов и аппаратов в ней производить без снятия напряжения и видимого разрыва в питающей сети запрещается.

## **Монтаж светильников.**

Монтаж светильника не такой сложный процесс, как может показаться на первый взгляд. Даже неопытный человек, тщательно разобравшись в теории, легко сможет произвести данную работу. Главное – быть внимательным и соблюдать все правила безопасности. Если Вы проявите интерес и трудолюбие, то необходимость обращаться за помощью к специалистам сразу же отпадет. Итак, для новичков в электромонтажных работах мы приводим подробную инструкцию правильной установки светильника своими руками.

### **Монтаж светильника зависит от его типа**

Осветительные приборы бывают разных видов. Например, настенные (подсветка интерьерная) и потолочные. От того, к какому типу относится тот или иной светильник, зависит процесс установки и его трудоемкость. Настенные светильники отличаются наиболее простым монтажом, который не сопровождается серьезными проблемами. Он заключается в ввинчивании дюбеля или иного крепежного элемента в стену, на котором и установится осветительный прибор. Главное – учитывайте размер питающего провода. Его длины должно хватать для подключения к ближайшей электрической розетке. Подключение потолочного светильника начинается с предварительной установки крепежного элемента. В основном роль крепления выполняет крюк, который вкручивается в монтажную коробку. Безусловно, на сегодняшний день существует множество различных крепежных деталей, выбор которых напрямую связан с типом подвешиваемого светильника. Сегодня большинство подобных устройств прикрепляются к заранее монтируемой к пластине из металла, что исключает возможность подвешивания на крючок в случае необходимости. Как быть в ситуации, если светильник может устанавливаться только при помощи пластины, а в потолок уже вмонтирована коробка. В данном случае металлическая пластинка просто крепится к установочной коробке шурупами или другими деталями.

### **Установка крепления различных типов**

В предыдущем пункте мы поверхностно затронули тот факт, что монтаж крепежных элементов может быть разным. Остановимся на это более подробно.

Может случиться ситуация, когда установочной коробки нет, и она просто на просто не предусмотрена. В таком случае металлическая пластина может устанавливаться другими способами:

прикручивание при помощи саморезов к деревянному бруску, который вставляется в отверстие в потолке;

сделать пару отверстий в потолке, расположение которых соответствует металлической пластине для монтажа. После этого в полученные отверстия вкрутить дюбеля и зафиксировать пластину с помощью шурупов. Аналогичным способом может быть закреплен и крючок.

Проводники, идущие к светильнику: фаза и ноль

Проводники, которые подводятся к осветительному прибору, имеют очень важное значение, поэтому на них нужно обратить особое внимание. В случае с двухклавишным выключателем необходимо заранее разобраться, какой из проводов нулевой или фаза, в соответствии с клавишами. Данный процесс осуществляется с помощью индикаторной отвертки следующим образом: при включенной клавише выключателя по очереди проверяется каждый проводник линии электрической проводки, которая идет к светильнику. В итоге, выявленная фаза должна быть промаркирована или же записана в блокнот. После этого, выключается первая клавиша и включается вторая, которая еще не проверена. И аналогичным способом происходит распознавание проводников с выделением фазного. Оставшийся проводник – нулевой.

Подготовка осветительного прибора к монтажу

Прежде, чем осуществить монтаж светильника, нужно тщательно его проверить на уровень качества сборки. Если болтовые соединения слабые, их обязательно нужно подтянуть. Патроны, контакты и соединения с проводниками также должны быть осмотрены и по необходимости исправлены.

Правильное соединение проводников от патронов

Осветительный прибор с одной лампой (т.е. 1 патрон) не имеет никаких сложностей в монтаже, поскольку нужно подключить к сети всего лишь 2 проводника (фаза и ноль). В случае светильника с количеством патронов более одного нужно осуществить правильное подключение между ними. Кроме того, необходимо решить и разграничить, какая лампа от какой клавиши будет запитываться. После того, как были распределены патроны и фазы, нужно приступить к соединению одного проводника от каждого патрона. То есть, любой патрон имеет черные и красные провода, следовательно, соединяются между собой все красные, которые должны быть подключены к конкретному фазному проводнику. То же самое необходимо осуществить и с проводниками

черного цвета. Аналогичные процессы должны быть произведены и с оставшимися патронами.

Как происходит соединение проводников, идущих от разных патронов?

Некоторые модели осветительных устройств имеют клеммники, внутри которых осуществляется соединение проводников патронов, и клеммы, выполняющие подключение проводников линии электрической проводки.

В случае отсутствия клеммников соединение проводов и их подключение к сети можно осуществить иными методами:

Проводники, идущие из патронов, скручиваются и пропаиваются. То же самое можно сделать и с электрической проводкой из меди;

Алюминиевые провода в электропроводке требуют наличие клеммников. Самый лучший вариант – клеммы Wago, поскольку обеспечивают хорошее соединение и надежную работу устройства в течение долгого времени. Кроме того, данные клеммы очень просты в использовании;

СИЗ – соединительные самоизолирующие зажимы. Кроме того, что этот метод простой в исполнении, он также не подразумевает наличие у пользователя специфических навыков. Процесс подключения сводится к скрутке проводников светильника и проводки между собой с последующим накручиванием колпачков СИЗ. Данные колпачки должны быть определенного сечения, которое вычисляется на основе суммарного сечения скручиваемых проводников;

Если нет ни клеммников, ни иных соединительных приспособлений, помочь смогут обыкновенные болтовые соединения. Болт, гайка и некоторое количество шайб – все, что Вам будет необходимо. Когда и проводники светильника, и проводники проводки изготовлены из меди, то они зажимаются между собой парой шайб. Дополнительная шайба Вам понадобится тогда, когда провода светильника и провода проводки будут произведены из меди и алюминия соответственно. Это поможет избежать их соприкосновения. Специалисты советуют добавлять в болтовые соединения гравер. Данный элемент помогает обеспечить качественное соединение, которое не ослабнет с течением времени. После всех предыдущих процессов необходимо образовавшиеся соединения изолировать либо термоусадочной трубкой.

## **Монтаж электроизмерительных приборов.**

Для монтажа на щитах, панелях и пультах используются электрощитовые и малогабаритные приборы класса точности 1; 1,5; 2,5, предназначенные для контроля и измерения параметров цепей тока (миллиамперметры и амперметры), напряжения (милливольтметры и вольтметры), мощности (ваттметры), частоты (частотомеры), сопротивления (омметры, мегаомметры), а также для регистрации и учета параметров цепей с помощью различных регистрирующих приборов и приборов учета (счетчики активной и реактивной мощности).

На щитах, панелях и пультах устанавливается также большая группа различных реле, предназначенных для защиты от перегрузки, токов КЗ, измерения параметров напряжения, контроля цепей включения и отключения, различных видов блокировок, схем управления и сигнализации. Реле в зависимости от назначения делятся на токовые (РТ-40, РТ-80, РТ-90), напряжения (РН-50, РП-51), времени (ЭВ-100, ЭВ-200, Е-50, ВС 10); промежуточные (ЭП-1, РП-20, РП-40, РП-200 и др.), мощности (РБМ-171, РБМ-177, РБМ-271, РБМ-275), реле сигнализации (РИСЭ2М и ЗМ, РУ-21, ЭС-41) и др.

Приборы и реле поступают на место монтажа в отдельной упаковке в ящиках в комплекте (для щитов, панелей и пультов, изготавливаемых на заводах и снятых с них на время транспортировки) либо поставляются отдельно по заказным спецификациям проекта (для щитов, панелей и пультов, изготавливаемых в мастерских и на месте монтажа). После распаковки ящиков и коробок с приборами и реле по наименованию, внешнему виду или маркировке (в случае поставки с завода-изготовителя щитов, панелей и пультов) устанавливают соответствие их монтажной схеме.

Перед установкой у всех приборов проверяют отсутствие механических повреждений корпусов, целостность стекол, закрывающих шкалы приборов, отсутствие короблений и отклеивания шкалы, наличие стрелки и работу корректора, отсутствие внутри прибора отсоединенных частей или деталей, исправность зажимов, хомуты и винты для крепления и другую комплектацию прибора.

У реле перед установкой проверяют отсутствие повреждений корпуса, крышки и ее стекла, крепление крышки к реле, отсутствие затираний подвижных частей реле и повреждения пружин, состояние контактов, наличие



контактных шпилек (заднее присоединение) или контактных выводов (переднее присоединение), болтов, гаек, винтов крепления. После проверки приборы и реле устанавливают на щите, панели или пульте в предназначенные для них места (согласно монтажной схеме).

Для установки приборов и реле, не демонтированных ранее, в щитах, панелях и пультах должны быть выполнены необходимые окна или отверстия на высоте, обеспечивающей удобство доступа и наблюдения показаний приборов в эксплуатации: щитовые приборы — 1,2—2,2 м, приборы большой точности или с малой шкалой — не более 1,7 м, регистрирующие приборы — 0,6—2 м.

Электроизмерительные приборы бывают в основном утопленного типа, поэтому они устанавливаются в подготовленные для них отверстия и закрепляются сзади панели или щита хомутами и распорными винтами; регистрирующие приборы устанавливаются на эластичных (резиновых) подкладках толщиной 3—4 мм.

Реле обычно устанавливают на панели или щите и крепят к нему болтами с гайками или винтами. Перед установкой реле в зависимости от присоединения проводов на них устанавливают контактные выводы или контактные шпильки. На контактные металлические шпильки необходимо надеть изоляционные трубки из поливинилхлорида или других изоляционных материалов.

Установка реле и приборов в предназначенные для них места на щитах, панелях или пультах производится двумя электромонтажниками: один с лицевой стороны щита выверяет (по отвесу) правильность их установки (допустимое отклонение от вертикали не более  $5^\circ$ ), а другой с задней стороны щита закрепляет их стандартными крепежными изделиями с затяжкой резьбовых соединений. Установка реле с передним присоединением и винтовым креплением к щиту производится одним электромонтажником с лицевой стороны щита. Если щиты, панели или пульта могут в процессе эксплуатации подвергаться вибрации, то резьбовые соединения приборов и реле должны иметь приспособления для предотвращения отвинчивания (пружинные шайбы, контргайки, шплинты и т.д.).

## **Тема 5. Монтаж электроизмерительных приборов.**

### **Монтаж приборов учета с применением трансформаторов тока.**

Область применения, определения

1.5.1. Настоящая глава Правил содержит требования к учету электроэнергии в электроустановках. Дополнительные требования к учету электроэнергии в жилых и общественных зданиях приведены в гл. 7.1.

1.5.2. Расчетным учетом электроэнергии называется учет выработанной, а также отпущенной потребителям электроэнергии для денежного расчета за нее.

Счетчики, устанавливаемые для расчетного учета, называются расчетными счетчиками.

1.5.3. Техническим (контрольным) учетом электроэнергии называется учет для контроля расхода электроэнергии внутри электростанций, подстанций, предприятий, в зданиях, квартирах и т.п.

Счетчики, устанавливаемые для технического учета, называются счетчиками технического учета.

Общие требования

1.5.4. Учет активной электроэнергии должен обеспечивать определение количества энергии:

- 1) выработанной генераторами электростанций;
- 2) потребленной на собственные и хозяйственные (раздельно) нужды электростанций и подстанций;
- 3) отпущенной потребителям по линиям, отходящим от шин электростанции непосредственно к потребителям;
- 4) переданной в другие энергосистемы или полученной от них;
- 5) отпущенной потребителям из электрической сети.

Кроме того, учет активной электроэнергии должен обеспечивать возможность:

- определения поступления электроэнергии в электрические сети разных классов напряжений энергосистемы;
- составления балансов электроэнергии для хозрасчетных подразделений энергосистемы;

- контроля за соблюдением потребителями заданных им режимов потребления и баланса электроэнергии.

1.5.5. Учет реактивной электроэнергии должен обеспечивать возможность определения количества реактивной электроэнергии, полученной потребителем от электроснабжающей организации или переданной ей, только в том случае, если по этим данным производятся расчеты или контроль соблюдения заданного режима работы компенсирующих устройств.

#### Пункты установки средств учета электроэнергии

1.5.6. Счетчики для расчета электроснабжающей организации с потребителями электроэнергии рекомендуется устанавливать на границе раздела сети (по балансовой принадлежности) электроснабжающей организации и потребителя.

1.5.7. Расчетные счетчики активной электроэнергии на электростанции должны устанавливаться:

- 1) для каждого генератора с таким расчетом, чтобы учитывалась вся выработанная генератором электроэнергия;
- 2) для всех присоединений шин генераторного напряжения, по которым возможна реверсивная работа, — по два счетчика со стопорами;
- 3) для межсистемных линий электропередачи — два счетчика со стопорами, учитывающих отпущенную и полученную электроэнергию;
- 4) для линий всех классов напряжений, отходящих от шин электростанций и принадлежащих потребителям (см. также 1.5.10).

Для линий до 10 кВ, отходящих от шин электростанций, во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов (см. 1.5.23), а также предусмотрены места для установки счетчиков;

5) для всех трансформаторов и линий, питающих шины основного напряжения (выше 1 кВ) собственных нужд (СН).

Счетчики устанавливаются на стороне высшего напряжения; если трансформаторы СН электростанции питаются от шин 35 кВ и выше или ответвлением от блоков на напряжении выше 10 кВ, допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов;

б) для линий хозяйственных нужд (например, питание механизмов и установок ремонтнопроизводственных баз) и посторонних потребителей, присоединенных к распределительному устройству СН электростанций;

7) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих расчетный учет, — два счетчика со стопорами.

На электростанциях, оборудуемых системами централизованного сбора и обработки информации, указанные системы следует использовать для централизованного расчетного и технического учета электроэнергии. На остальных электростанциях рекомендуется применение автоматизированной системы учета электроэнергии.

1.5.8. На электростанциях мощностью до 1 МВт расчетные счетчики активной электроэнергии должны устанавливаться только для генераторов и трансформаторов СН или только для трансформаторов СН и отходящих линий.

1.5.9. Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции энергосистемы должны устанавливаться:

1) для каждой отходящей линии электропередачи, принадлежащей потребителям (см. также 1.5.10);

2) для межсистемных линий электропередачи — по два счетчика со стопорами, учитывающих отпущенную и полученную электроэнергию; при наличии ответвлений от этих линий в другие энергосистемы — по два счетчика со стопорами, учитывающих полученную и отпущенную электроэнергию, на вводах в подстанции этих энергосистем;

3) на трансформаторах СН;

4) для линий хозяйственных нужд или посторонних потребителей (поселок и т.п.), присоединенных к шинам СН;

5) для каждого обходного выключателя или для шиносоединительного (междусекционного) выключателя, используемого в качестве обходного для присоединений, имеющих расчетный учет, — два счетчика со стопорами.

Для линий до 10 кВ во всех случаях должны быть выполнены цепи учета, сборки зажимов (см. 1.5.23), а также предусмотрены места для установки счетчиков.

1.5.10. Расчетные счетчики, предусматриваемые в соответствии с 1.5.7, п. 4 и 1.5.9, п. 1, допускается устанавливать не на питающем, а на приемном конце линии у потребителя в случаях, когда трансформаторы тока на электростанциях и подстанциях, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии.

1.5.11. Расчетные счетчики активной электроэнергии на подстанции, принадлежащей потребителю, должны устанавливаться:

1) на вводе (приемном конце) линии электропередачи в подстанцию потребителя в соответствии с 1.5.10 при отсутствии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или другого потребителя на питающем напряжении;

2) на стороне высшего напряжения трансформаторов подстанции потребителя при наличии электрической связи с другой подстанцией энергосистемы или наличии другого потребителя на питающем напряжении.

Допускается установка счетчиков на стороне низшего напряжения трансформаторов в случаях, когда трансформаторы тока, выбранные по току КЗ или по характеристикам дифференциальной защиты шин, не обеспечивают требуемой точности учета электроэнергии, а также когда у имеющихся встроенных трансформаторов тока отсутствует обмотка класса точности 0,5.

В случае, когда установка дополнительных комплектов трансформаторов тока со стороны низшего напряжения силовых трансформаторов для включения расчетных счетчиков невозможна (КРУ, КРУН), допускается организация учета на отходящих линиях 6–10 кВ.

Для предприятия, рассчитывающегося с электроснабжающей организацией по максимуму заявленной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем максимума нагрузки при наличии одного пункта учета, при наличии двух или более пунктов учета — применение автоматизированной системы учета электроэнергии;

3) на стороне среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов, если на стороне высшего напряжения применение измерительных трансформаторов не требуется для других целей;

4) на трансформаторах СН, если электроэнергия, отпущенная на собственные нужды, не учитывается другими счетчиками; при этом счетчики рекомендуется устанавливать со стороны низшего напряжения;

5) на границе раздела основного потребителя и постороннего потребителя (субабонента), если от линии или трансформаторов потребителей питается еще посторонний потребитель, находящийся на самостоятельном балансе.

Для потребителей каждой тарификационной группы следует устанавливать отдельные расчетные счетчики.

1.5.12. Счетчики реактивной электроэнергии должны устанавливаться:

1) на тех же элементах схемы, на которых установлены счетчики активной

электроэнергии для потребителей, рассчитывающихся за электроэнергию с учетом разрешенной к использованию реактивной мощности;

2) на присоединениях источников реактивной мощности потребителей, если по ним производится расчет за электроэнергию, выданную в сеть энергосистемы, или осуществляется контроль заданного режима работы. Если со стороны предприятия с согласия энергосистемы производится выдача реактивной электроэнергии в сеть энергосистемы, необходимо устанавливать два счетчика реактивной электроэнергии со стопорами в тех элементах схемы, где установлен расчетный счетчик активной электроэнергии. Во всех других случаях должен устанавливаться один счетчик реактивной электроэнергии со стопором.

Для предприятия, рассчитывающегося с энергоснабжающей организацией по максимуму разрешенной реактивной мощности, следует предусматривать установку счетчика с указателем максимума нагрузки, при наличии двух или более пунктов учета — применение автоматизированной системы учета электроэнергии.

#### Требования к расчетным счетчикам

1.5.13. Каждый установленный расчетный счетчик должен иметь на винтах, крепящих кожух счетчика, пломбы с клеймом госповерителя, а на зажимной крышке — пломбу энергоснабжающей организации. На вновь устанавливаемых трехфазных счетчиках должны быть пломбы государственной поверки с давностью не более 12 мес., а на однофазных счетчиках — с давностью не более 2 лет.

1.5.14. Учет активной и реактивной электроэнергии трехфазного тока должен производиться с помощью трехфазных счетчиков.

1.5.15. Допустимые классы точности расчетных счетчиков активной электроэнергии для различных объектов учета приведены ниже:

Генераторы мощностью более 50 МВт, межсистемные линии электропередачи 220 кВ и выше, трансформаторы мощностью 63 МВ·А и более — 0,5 (0,7\*)

*\* Для импортируемых счетчиков.*

Генераторы мощностью 12–50 МВт, межсистемные линии электропередачи 110–150 кВ, трансформаторы мощностью 10–40 МВ·А — 1,0

Прочие объекты учета — 2,0

Класс точности счетчиков реактивной электроэнергии должен выбираться на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков активной электроэнергии.

#### Учет с применением измерительных трансформаторов

1.5.16. Класс точности трансформаторов тока и напряжения для присоединения расчетных счетчиков электроэнергии должен быть не более 0,5. Допускается использование трансформаторов напряжения класса точности 1,0 для включения расчетных счетчиков класса точности 2,0.

Для присоединения счетчиков технического учета допускается использование трансформаторов тока класса точности 1,0, а также встроенных трансформаторов тока класса точности ниже 1,0, если для получения класса точности 1,0 требуется установка дополнительных комплектов трансформаторов тока.

Трансформаторы напряжения, используемые для присоединения счетчиков технического учета, могут иметь класс точности ниже 1,0.

1.5.17. Допускается применение трансформаторов тока с завышенным коэффициентом трансформации (по условиям электродинамической и термической стойкости или защиты шин), если при максимальной нагрузке присоединения ток во вторичной обмотке трансформатора тока будет составлять не менее 40% номинального тока счетчика, а при минимальной рабочей нагрузке — не менее 5%.

1.5.18. Присоединение токовых обмоток счетчиков к вторичным обмоткам трансформаторов тока следует проводить, как правило, отдельно от цепей защиты и совместно с электроизмерительными приборами.

Допускается производить совместное присоединение токовых цепей, если раздельное их присоединение требует установки дополнительных трансформаторов тока, а совместное присоединение не приводит к снижению класса точности и надежности цепей трансформаторов тока, служащих для учета, и обеспечивает необходимые характеристики устройств релейной защиты.

Использование промежуточных трансформаторов тока для включения расчетных счетчиков запрещается (исключение см. в 1.5.21).

1.5.19. Нагрузка вторичных обмоток измерительных трансформаторов, к которым присоединяются счетчики, не должна превышать номинальных значений.

Сечение и длина проводов и кабелей в цепях напряжения расчетных счетчиков должны выбираться такими, чтобы потери напряжения в этих цепях

составляли не более 0,25% номинального напряжения при питании от трансформаторов напряжения класса точности 0,5 и не более 0,5% при питании от трансформаторов напряжения класса точности 1,0. Для обеспечения этого требования допускается применение отдельных кабелей от трансформаторов напряжения до счетчиков.

Потери напряжения от трансформаторов напряжения до счетчиков технического учета должны составлять не более 1,5% номинального напряжения.

1.5.20. Для присоединения расчетных счетчиков на линиях электропередачи 110 кВ и выше допускается установка дополнительных трансформаторов тока (при отсутствии вторичных обмоток для присоединения счетчиков, для обеспечения работы счетчика в требуемом классе точности, по условиям нагрузки на вторичные обмотки и т.п.). См. также 1.5.18.

1.5.21. Для обходных выключателей 110 и 220 кВ со встроенными трансформаторами тока допускается снижение класса точности этих трансформаторов тока на одну ступень по отношению к указанному в 1.5.16.

Для обходного выключателя 110 кВ и шиносоединительного (междусекционного) выключателя 110 кВ, используемого в качестве обходного, с отдельно стоящими трансформаторами тока (имеющими не более трех вторичных обмоток) допускается включение токовых цепей счетчика совместно с цепями защиты при использовании промежуточных трансформаторов тока класса точности не более 0,5; при этом допускается снижение класса точности трансформаторов тока на одну ступень.

Такое же включение счетчиков и снижение класса точности трансформаторов тока допускается для шиносоединительного (междусекционного) выключателя на напряжение 220 кВ, используемого в качестве обходного, с отдельно стоящими трансформаторами тока и на напряжение 110–220 кВ со встроенными трансформаторами тока.

1.5.22. Для питания цепей счетчиков могут применяться как однофазные, так и трехфазные трансформаторы напряжения, в том числе четырех- и пятистержневые, применяемые для контроля изоляции.

1.5.23. Цепи учета следует выводить на самостоятельные сборки зажимов или секции в общем ряду зажимов. При отсутствии сборок с зажимами необходимо устанавливать испытательные блоки.

Зажимы должны обеспечивать закорачивание вторичных цепей трансформаторов тока, отключение токовых цепей счетчика и цепей



напряжения в каждой фазе счетчиков при их замене или проверке, а также включение образцового счетчика без отсоединения проводов и кабелей.

Конструкция сборок и коробок зажимов расчетных счетчиков должна обеспечивать возможность их пломбирования.

1.5.24. Трансформаторы напряжения, используемые только для учета и защищенные на стороне высшего напряжения предохранителями, должны иметь контроль целостности предохранителей.

1.5.25. При нескольких системах шин и присоединении каждого трансформатора напряжения только к своей системе шин должно быть предусмотрено устройство для переключения цепей счетчиков каждого присоединения на трансформаторы напряжения соответствующих систем шин.

1.5.26. На подстанциях потребителей конструкция решеток и дверей камер, в которых установлены предохранители на стороне высшего напряжения трансформаторов напряжения, используемых для расчетного учета, должна обеспечивать возможность их пломбирования.

Рукоятки приводов разъединителей трансформаторов напряжения, используемых для расчетного учета, должны иметь приспособления для их пломбирования.

#### Установка счетчиков и электропроводка к ним

1.5.27. Счетчики должны размещаться в легко доступных для обслуживания сухих помещениях, в достаточно свободном и не стесненном для работы месте с температурой в зимнее время не ниже 0 °С.

Счетчики общепромышленного исполнения не разрешается устанавливать в помещениях, где по производственным условиям температура может часто превышать +40 °С, а также в помещениях с агрессивными средами.

Допускается размещение счетчиков в неотапливаемых помещениях и коридорах распределительных устройств электростанций и подстанций, а также в шкафах наружной установки. При этом должно быть предусмотрено стационарное их утепление на зимнее время посредством утепляющих шкафов, колпаков с подогревом воздуха внутри них электрической лампой или нагревательным элементом для обеспечения внутри колпака положительной температуры, но не выше +20 °С.

1.5.28. Счетчики, предназначенные для учета электроэнергии, вырабатываемой генераторами электростанций, следует устанавливать в помещениях со средней температурой окружающего воздуха +15...+25 °С. При

отсутствии таких помещений счетчики рекомендуется помещать в специальных шкафах, где должна поддерживаться указанная температура в течение всего года.

1.5.29. Счетчики должны устанавливаться в шкафах, камерах, комплектных распределительных устройствах (КРУ, КРУН), на панелях, щитах, в нишах, на стенах, имеющих жесткую конструкцию.

Допускается крепление счетчиков на деревянных, пластмассовых или металлических щитках.

Высота от пола до коробки зажимов счетчиков должна быть в пределах 0,8–1,7 м. Допускается высота менее 0,8 м, но не менее 0,4 м.

1.5.30. В местах, где имеется опасность механических повреждений счетчиков или их загрязнения, или в местах, доступных для посторонних лиц (проходы, лестничные клетки и т.п.), для счетчиков должен предусматриваться запирающийся шкаф с окошком на уровне циферблата. Аналогичные шкафы должны устанавливаться также для совместного размещения счетчиков и трансформаторов тока при выполнении учета на стороне низшего напряжения (на вводе у потребителей).

1.5.31. Конструкции и размеры шкафов, ниш, щитков и т.п. должны обеспечивать удобный доступ к зажимам счетчиков и трансформаторов тока. Кроме того, должна быть обеспечена возможность удобной замены счетчика и установки его с уклоном не более 1°. Конструкция его крепления должна обеспечивать возможность установки и съема счетчика с лицевой стороны.

1.5.32. Электропроводки к счетчикам должны отвечать требованиям, приведенным в гл. 2.1 и 3.4.

1.5.33. В электропроводке к расчетным счетчикам наличие паяк не допускается.

1.5.34. Сечения проводов и кабелей, присоединяемых к счетчикам, должны приниматься в соответствии с 3.4.4 (см. также 1.5.19).

1.5.35. При монтаже электропроводки для присоединения счетчиков непосредственного включения около счетчиков необходимо оставлять концы проводов длиной не менее 120 мм. Изоляция или оболочка нулевого провода на длине 100 мм перед счетчиком должна иметь отличительную окраску.

1.5.36. Для безопасной установки и замены счетчиков в сетях напряжением до 380 В должна предусматриваться возможность отключения счетчика установленными до него на расстоянии не более 10 м коммутационным аппаратом или предохранителями. Должно

предусматриваться снятие напряжения со всех фаз, присоединяемых к счетчику.

Трансформаторы тока, используемые для присоединения счетчиков на напряжении до 380 В, должны устанавливаться после коммутационных аппаратов по направлению потока мощности.

1.5.37. Заземление (зануление) счетчиков и трансформаторов тока должно выполняться в соответствии с требованиями гл. 1.7. При этом заземляющие и нулевые защитные проводники от счетчиков и трансформаторов тока напряжением до 1 кВ до ближайшей сборки зажимов должны быть медными.

1.5.38. При наличии на объекте нескольких присоединений с отдельным учетом электроэнергии на панелях счетчиков должны быть надписи наименований присоединений.

#### Технический учет

1.5.39. На тепловых и атомных электростанциях с агрегатами (блоками), не оборудованными информационными или управляющими вычислительными машинами, следует устанавливать стационарные или применять инвентарные переносные счетчики технического учета в системе СН для возможности расчетов технико-экономических показателей. При этом установка счетчиков активной электроэнергии должна производиться в цепях электродвигателей, питающихся от шин распределительного устройства основного напряжения (выше 1 кВ) собственных нужд, и в цепях всех трансформаторов, питающихся от этих шин.

1.5.40. На электростанциях с поперечными связями (имеющих общий паропровод) должна предусматриваться на стороне генераторного напряжения повышающих трансформаторов техническая возможность установки (в условиях эксплуатации) счетчиков технического учета активной электроэнергии, используемых для контроля правильности работы расчетных генераторных счетчиков.

1.5.41. Счетчики активной электроэнергии для технического учета следует устанавливать на подстанциях напряжением 35 кВ и выше энергосистем: на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов; на каждой отходящей линии электропередачи 6 кВ и выше, находящейся на балансе энергосистемы.

Счетчики реактивной электроэнергии для технического учета следует устанавливать на сторонах среднего и низшего напряжений силовых трансформаторов подстанций 35 кВ и выше энергосистем.

Указанные требования к установке счетчиков электроэнергии подлежат реализации по мере обеспечения счетчиками.

1.5.42. На предприятиях следует предусматривать техническую возможность установки (в условиях эксплуатации) стационарных или применения инвентарных переносных счетчиков для контроля за соблюдением лимитов расхода электроэнергии цехами, технологическими линиями, отдельными энергоемкими агрегатами, для определения расхода электроэнергии на единицу продукции или полуфабриката.

Допускается установка счетчиков технического учета на вводе предприятия, если расчетный учет с этим предприятием ведется по счетчикам, установленным на подстанциях или электростанциях энергосистем.

На установку и снятие счетчиков технического учета на предприятиях разрешения энергоснабжающей организации не требуется.

1.5.43. Приборы технического учета на предприятиях (счетчики и измерительные трансформаторы) должны находиться в ведении самих потребителей и должны удовлетворять требованиям 1.5.13 (за исключением требования о наличии пломбы энергоснабжающей организации), 1.5.14 и 1.5.15.

1.5.44. Классы точности счетчиков технического учета активной электроэнергии должны соответствовать значениям, приведенным ниже:

Для линий электропередачи с двусторонним питанием напряжением 220 кВ и выше, трансформаторов мощностью 63 МВ·А и более — 1,0

Для прочих объектов учета — 2,0

Классы точности счетчиков технического учета реактивной электроэнергии допускается выбирать на одну ступень ниже соответствующего класса точности счетчиков технического учета активной электроэнергии.

## **Монтаж элементов электронных устройств.**

Электроника, информационные технологии, средства коммуникаций стали технической базой высоких технологий. Ядром этих технологий являются технические и программные средства обработки информации и вычислений. Вооруженность этими средствами, полнота их использования определяет облик современного общества. Со времен создания первых средств информационной и вычислительной техники (электронных, магнитных, релейных, пневматических, химических, оптических) главная тенденция развития этой техники состоит в стремлении к микроминиатюризации и повышению функциональности ее компонентов. Эта тенденция проявилась в изобретении транзисторов с последующей их интеграцией в микросхемы. Успехи технологии полупроводниковых микросхем создали для микроэлектроники приоритет над другими принципами обработки информации и вычислений. Только в средствах коммуникации электроника уступает волоконно-оптической технике. Но в обработке информации электронный принцип довлеет над другими.

Постоянное совершенствование микроэлектронной технологии, рост степени интеграции микросхем, увеличение функциональной насыщенности электронной аппаратуры, повышение производительности вычислительных процессов требуют постоянного роста плотности печатного монтажа, освоения новых технологий сборочно-монтажного производства, улучшения мер технологического обеспечения надежности. Современные требования к электронным приборам и оборудованию заставляют эти процессы идти со все возрастающей скоростью. Кардинально изменился подход к созданию электронной аппаратуры, которая должна одновременно обеспечивать высокое быстродействие, расширенный динамический диапазон, относительно малое энергопотребление, высокую чувствительность, повышенную стойкость к воздействию внешних факторов.

Постоянно увеличивается сложность конструкций средств информационной и вычислительной техники. При этом все больше усложняются технологии их реализации. Совершенствование известных технологий сопровождается привлечением новых, без которых сегодня невозможно изготовить сложный электронный узел. Растущие конструктивно-технологические требования к электронной аппаратуре особенно четко установились именно в области информационной и вычислительной техники, поскольку увеличение производительности процессов обработки информации

и вычислений находится в непосредственной зависимости от плотности межсоединений, так как время переключения элементов интегральных схем стало соизмеримым с временами задержки сигналов в линиях связи. Можно сказать, что основная тенденция развития технологий производства информационной и вычислительной техники – увеличение плотности межсоединений вслед за увеличением интеграции и миниатюризации электронных компонентов. В отечественной и зарубежной практике ведется непрерывный поиск новых и совершенствование известных методов межсоединений. Ежемесячно публикуются сотни патентов, описывающих новые процессы и операции, претендующих на новое слово в технологиях электронной аппаратуры. Среди достижений в технологии монтажа появлялись и методы, изобретение которых сопровождалось значительной рекламой, но на практике они оказались маловыгодными или ненадежными либо нашли ограниченное применение.

Ежегодные международные конференции, симпозиумы по международной стандартизации, практика производства, дискуссии специалистов способствуют отбору выверенных решений, на основе которых родились базовые технологии. Именно для базовых общепринятых технологий разрабатываются стандарты, оборудование и материалы. На их основе строятся новые производства с многомиллионными вложениями капитала. Конечно, как сказал один мудрец: «Если бы человечество придерживалось мнения большинства, Земля до сих пор плавала бы на трех китах». Но технология традиционно наиболее консервативная отрасль техники, она не терпит революций и развивается эволюционно. Промышленное освоение новых технологических принципов обходится слишком дорого, чтобы перестраивать под них производство без предварительного опробования в технологических лабораториях.

Сегодня, в условиях рыночной экономики, особенно важно проявлять профессионализм в инвестировании производства, поскольку каждая даже, казалось бы, малозначительная ошибка может привести к большим экономическим потерям. В этом принципиальное отличие нашего времени от предыдущего периода затратной экономики, мало считавшейся с потерями ради дальнейшей цели. Производство средств информационной и вычислительной техники относится к высоким технологиям, требующим от специалистов высокой степени профессионализма. Безусловно, эта книга может служить лишь введением в технологию электроники. Жизнь показывает, что успеха достигают лишь те специалисты-технологи, которые постоянно пополняют свою информационную базу, смело и обдуманно идут на эксперимент и в практике производства приобретают столь ценный опыт, позволяющий им уверенно чувствовать себя в управлении производством.

## Тема 6. Монтаж электрооборудования напряжением выше 1000 В.

### Монтаж электрооборудования напряжением выше 1000 В.

В состав оборудования распределительных устройств входят выключатели, разъединители, предохранители, измерительные трансформаторы тока и напряжения, разрядники, реакторы, система сборных шин, силовые кабели и т.д.

Все оборудование распределительных устройств выше 1000 В выбирается из расчета: длительной работы с номинальными токами, кратковременных перегрузок, токов коротких замыканий и значительных повышений напряжения, связанных с атмосферными или внутренними перенапряжениями (например, при замыкании на землю фазы через дугу, включение длинных холостых линий и др.).

Токоведущие части в нормальном режиме, когда устанавливается тепловое равновесие (т. е. когда тепло, выделяемое токоведущей частью при протекании номинального тока, равно количеству тепла, отдаваемого проводником в окружающую среду), не должны нагреваться выше предельно допустимых по нормам температур:  $70^{\circ}\text{C}$  - для голых (неизолированных) шин и  $75^{\circ}\text{C}$  - для подвижных и неподвижных соединений на шинах и аппаратах.



Длительное превышение температуры токоведущих частей сверх допустимого нормами запрещается. Такой режим влечет за собой увеличение переходного сопротивления в соединениях токоведущих частей оборудования, что в свою очередь ведет к дальнейшему повышению температуры контактного соединения с последующим увеличением переходного

сопротивления в нем и т. д.

В результате такого процесса контактное соединение токоведущей части разрушается и возникает открытая дуга, которая приводит, как правило, к короткому замыканию и аварийному выходу из работы оборудования.

Протекание токов короткого замыкания через шины или аппараты сопровождается:

- а) дополнительным выделением тепла через токоведущие части, по которым протекают токи короткого замыкания (так называемые термические действия токов короткого замыкания),
- б) значительными механическими силами притяжения или отталкивания между проводниками соседних фаз или даже одной и той же фазы, например у реактора (так называемые электродинамические воздействия между токоведущими частями).

Аппараты распределительных устройств должны быть термически устойчивы. Это значит, что при возможных величинах и продолжительностях токов короткого замыкания возникающее кратковременное повышение температуры токоведущих частей не должно вызывать повреждения оборудования.

Кратковременные повышения температуры ограничены: для медных шин  $300^{\circ}\text{C}$ , для алюминиевых шин  $200^{\circ}\text{C}$ , для кабелей с медными жилами  $250^{\circ}\text{C}$  и т. д. После отключения короткого замыкания релейной защитой проводники охлаждаются до температуры, соответствующей установившемуся режиму.



Аппараты и шины распределительных устройств должны быть динамически устойчивы к токам короткого замыкания. Это значит, что они должны выдерживать динамические усилия, вызванные прохождением через них наибольшего (ударного) тока короткого замыкания, соответствующего начальному моменту возникновения тока короткого замыкания, возможного в данном распределительном устройстве.

Таким образом, аппараты для распределительных устройств должны быть так выбраны, а шины так рассчитаны, чтобы их термическая и динамическая устойчивость к воздействию токов короткого замыкания была больше или соответствовала таким максимальным величинам тока короткого замыкания, которые возможны в данном распределительном устройстве.

Для ограничения величины токов короткого замыкания применяют реакторы. Реактор представляет собой катушку без стального сердечника, обладающую значительным индуктивным сопротивлением и малым активным сопротивлением.

Из-за этого потеря мощности в реакторе составляет обычно не более 0,2-0,3% его пропускной мощности. Поэтому в нормальных условиях реактор не оказывает почти никакого влияния на протекание через него активной мощности (потеря напряжения в нем незначительна).

При коротких замыканиях реактор ограничивает величину тока короткого замыкания в цепи за счет своего значительного индуктивного сопротивления. Кроме того, реактор при коротких замыканиях за ним обеспечивает поддержание напряжения на шинах в связи с большим падением напряжения в нем, что обеспечивает другим потребителям возможность продолжать бесперебойную работу.

Реактор, установленный на присоединении, позволяет выбирать аппараты, установленные за реактором (трансформаторы тока, разъединители, выключатели), и, что особенно существенно, аппараты и кабели распределительной сети за линией, рассчитанные на меньшие термические и динамические действия токов короткого замыкания, что значительно упрощает конструкцию и снижает стоимость электрического оборудования распределительных устройств.





Класс изоляции электрооборудования должен быть не ниже номинального напряжения сети. Защитный уровень устройств защиты от перенапряжений должен быть согласован с уровнем изоляции электрооборудования.

При расположении распределительных устройств в местностях, где воздух содержит вещества, разрушительно действующие на оборудование или снижающие уровень изоляции, должны

быть приняты меры, обеспечивающие надежную работу установки.

Изоляция электрических аппаратов должна обеспечить надежную их работу при номинальном напряжении, на которое рассчитаны данные аппараты, а также при максимальном длительном напряжении, допустимом в эксплуатации, и при возможных перенапряжениях.

Электрические аппараты распределительных устройств (высоковольтные выключатели, разъединители и т. д.) изготавливаются на номинальные напряжения, которые соответствуют принятым номинальным напряжениям электрических сетей.

Устанавливать аппараты, рассчитанные на меньшие номинальные напряжения, в сетях с большим номинальным напряжением недопустимо, так как при перенапряжениях они могут быть перекрыты, что приведет к аварийному выходу из работы оборудования. Поэтому номинальное напряжение оборудования должно соответствовать номинальному напряжению сети, к которой это оборудование присоединяется.

Оборудование, рассчитанное для работы в закрытых распределительных устройствах, без специальных мероприятий нельзя применять в открытых установках, так как это оборудование не обеспечивает для этих условий необходимую степень надежности.

В связи с тем, что при выборе уровня изоляции определяющую роль, как правило, играет атмосферное перенапряжение, уровень или класс изоляции данного номинального напряжения принято характеризовать импульсным испытательным напряжением.

На линиях ограничение импульсных напряжений в условиях эксплуатации должно обеспечиваться защитными устройствами (трос и разрядники). Защиту изоляции электрооборудования, установленного на подстанции, от волн импульсного напряжения, набегающих с линии на шины подстанции, должны осуществлять вентильные разрядники.

Характеристики этих разрядников должны также согласовываться с уровнем изоляции электрооборудования, чтобы при перенапряжениях разрядники срабатывали и отводили заряды в землю при импульсных напряжениях, меньших, чем те, которые могут привести к повреждениям изоляции оборудования распределительных устройств (координация изоляции).

## **Тема 7. Монтаж линий электропередач. Монтаж линий электропередач.**

Электрические воздушные линии (ВЛ) предназначены для передачи и распределения электрической энергии по проводам, расположенным на открытом воздухе и прикрепленным к различным опорным конструкциям. Воздушные линии электропередачи могут быть с напряжением до 1 кВ включительно и выше 1 кВ (6, 10, 35 кВ и выше по шкале стандартных напряжений).

Воздушные линии электропередачи широко распространены в России и для них характерны:

- незначительный объем земляных работ при постройке;
- простота эксплуатации и ремонта;
- возможность использования опор воздушных линий с напряжением до 1 кВ для крепления проводов радиосети, местной телефонной связи, наружного освещения, телеуправления, сигнализации;
- более низкая стоимость сооружения 1 км (примерно на 25... 30 %) по сравнению со стоимостью сооружения кабельной линии).

Воздушные линии состоят из следующих основных конструктивных элементов:

- опор различного типа для подвески проводов и грозозащитных тросов;
- проводов различных конструкций и сечений для передачи по ним электрического тока;
- грозозащитных тросов для защиты линий от грозовых разрядов;
- изоляторов, собранных в гирлянды, для изоляции проводов от заземленных частей опоры;
- линейной арматуры для крепления проводов и тросов к изоляторам и опорам, а также для соединения проводов и тросов;
- заземляющих устройств для отвода токов грозовых разрядов или короткого замыкания в землю.

Проектирование и сооружение ВЛ ведется в соответствии с ПУЭ. Проектирование строительных конструкций опор и фундаментов производится на основании СНиП. ПУЭ устанавливают требования к линиям с различным напряжением исходя из их назначения: чем выше передаваемые напряжение и мощность линии, тем больший ущерб приносит ее повреждение, поэтому к линиям с более высоким напряжением предъявляются и более строгие требования.

Линии с напряжением до 1 кВ предназначены для передачи и распределения электроэнергии на небольшие расстояния внутри городов, поселков и деревень до вводов в дома или на предприятия.

Линии с напряжением 1 ... 35 кВ используются для передачи электроэнергии от районных подстанций к населенным пунктам и предприятиям на расстояние 10 ... 20 км.

Линии с напряжением 110 ... 330 кВ предназначены для передачи больших мощностей между электрическими станциями и крупными

районными подстанциями для энергоснабжения крупных городов или экономических районов на расстояние от 100 до 600 км.

Линии с напряжением 500 кВ используются для передачи мощности до 1 млн. кВт и служат для связи различных энергетических систем, находящихся на расстоянии до 1200 км.

Линии с напряжением 750 кВ передают мощность 2 ... 2,5 млн. кВт на расстояние 2000 ... 2200 км.

Основными факторами, определяющими конструктивное исполнение линий, являются воздействия ветра, температуры, дождя, гололеда, грозы и их возможных сочетаний.

Для линий на различные напряжения ПУЭ предусмотрены различные расчетные климатические условия, т. е. сочетание внешних атмосферных нагрузок (например, ветра и гололеда).

Расчетные скорости ветра принимаются не менее: 16 м/с – для линий с напряжениями до 1 кВ, 21 м/с – от 1 кВ до 35 кВ, 25 м/с – 110...330 кВ, 30 м/с – 400 кВ и выше [2].

Расчетная толщина слоя гололеда принимается не менее 0,5 см для всех линий с напряжением до 330 кВ и не менее 1,0 см для линий с напряжением 400 кВ и выше.

На основании данных, полученных в результате достаточно продолжительных наблюдений за температурой воздуха, скоростью ветра, интенсивностью и удельным весом гололеда в районе, где сооружается линия, могут быть приняты для расчета другие, более высокие значения указанных величин.

Вся территория России делится на пять районов по уровню гололеда (I ... IV и особый) и семь районов по силе ветра (I ... VII).

Определение расчетных климатических условий для строящейся линии, как правило, производится в соответствии с картами климатического районирования, помещенными в ПУЭ и СНиП.

Различают нормальный и аварийный режимы работы линии. Нормальным режимом считается работа линии при неповрежденных проводах и тросах. Аварийный режим определяет работу линии при полностью или частично оборванных проводах или тросах. Для каждого режима работы предусматриваются соответствующие требования к конструктивным элементам линии. Кроме того, требования ПУЭ обуславливаются типом местности (населенная, ненаселенная, труднодоступная), где проходит линия и плотностью населения.

Для каждого типа местности ПУЭ установлены нормированные расстояния поднятия проводов над землей, а также от пересекаемых ими или параллельно расположенных с ними объектов, именуемые соответственно габаритами провода, габаритами пересечения и габаритами сближения.

Для нормальной работы и безопасного обслуживания ВЛ соблюдение норм, установленных ПУЭ, обязательно. Приведем примеры.

Расстояние от проводов до земли или проезжей части улицы при наибольшей стреле провеса должно быть не менее 6 м. В труднодоступной

местности его разрешается уменьшать до 3,5 м, а в недоступной местности (скалы, утесы) – до 1 м. Если ответвление от ВЛ пересекает тротуар или пешеходную дорожку, расстояние от провода до земли также может быть уменьшено до 3,5 м (если это требование выполнить невозможно, устанавливают либо дополнительную опору, либо крепежную конструкцию на здании).

Судоходные реки и каналы, как правило, воздушными линиями не пересекаются, но если линия пересекает небольшую реку, пруд или озеро, то габарит до наивысшего уровня воды должен быть не менее 2 м, а до поверхности льда – не менее 6 м, причем опора должна быть установлена от воды на расстоянии, равном или превышающем высоту опоры.

При пересечении железных дорог переходный пролет ВЛ монтируют на анкерных опорах, алюминиевые провода в этом пролете должны иметь сечение не менее 70 мм<sup>2</sup>, а медные – не менее 35 мм<sup>2</sup>.

При пересечении воздушными линиями автомобильных дорог должны соблюдаться следующие правила. Переходный пролет над автодорогой первой категории монтируется на анкерных опорах, в остальных случаях разрешается использовать промежуточные опоры. В переходном пролете используются алюминиевые провода с сечением не менее 35 мм<sup>2</sup> и сталеалюминиевые – не менее 25 мм<sup>2</sup>, а габарит пересечения должен быть не менее 7 м. Опоры переходного пролета должны быть удалены от бровки земляного полотна не менее чем на свою высоту (в стесненных условиях не менее чем на 5 м).

Если трасса ВЛ проходит по населенному пункту, провода подвешивают не ближе 1,5 м от окон, террас и балконов и не ближе 1 м от глухих стен. Прохождение проводов над зданиями (за исключением пристанционных служебных строений и домиков путевых обходчиков) вообще не разрешается. Опоры могут быть расположены не ближе 1 м от трубопроводов и кабелей, не ближе 2 м от колодцев подземной канализации и водоразборных колодцев, не ближе 10 м от бензоколонок. От подземных кабельных линий связи и сигнализации опору ВЛ следует устанавливать как можно дальше, и даже в стесненных условиях расстояние между опорой и кабелем не должно быть менее 0,5 м.

Очень важно правильно выполнять пересечения ВЛ. Пересечение двух линий с напряжениями до 1 кВ чаще всего делают на перекрестных опорах (допускается пересечение в пролете при условии, что расстояние между ближайшими проводами при температуре воздуха +15 °С без ветра будет не менее 1 м).

При пересечении ВЛ разных классов провода линии с напряжением выше 1 кВ должны располагаться над проводами линии с напряжением ниже 1 кВ. Расстояние между ближайшими пересекающимися проводами должно быть не менее 2 м для линий с напряжением 6 ... 10 кВ и не менее 3 м – для линий с напряжением 35 ... 110 кВ. Место пересечения по возможности должно находиться ближе к опоре верхней линии, но при этом расстояние между этой опорой и проводами нижней линии (с учетом наибольшего отклонения проводов) должно быть не менее 6 м.

При пересечении ВЛ с линией связи вертикальное расстояние между их проводами должно быть не менее 1,5 м (провода линии связи располагают ниже проводов ВЛ).

#### 4.2.2. Опоры воздушных линий

Опоры служат для подвески проводов на определенной (в зависимости от напряжения) высоте над уровнем земли или воды. Опоры линий выполняются деревянными, металлическими или железобетонными.

Древесина является наиболее дешевым материалом для сооружения опор и применяется в основном в лесных районах страны. Для деревянных опор используют сосну, лиственницу, ель и пихту. Существенным недостатком древесины является подверженность ее гниению. Одной из наиболее стойких пород древесины является лиственница. Сосна уступает лиственнице по прочности и гнилостойкости, однако она легко подвергается пропитке специальными составами – антисептиками, препятствующими гниению древесины.

Дерево обладает неплохими механическими свойствами, особенно если учитывать его легкость. Предел прочности при растяжении (вдоль волокон, т. е. в направлении длины ствола) древесины разных пород составляет 700... 1300 кг/см<sup>2</sup>, причем объемная масса дерева колеблется примерно от 0,5 до 0,8 г/см<sup>3</sup>, редко – до 1 г/см<sup>3</sup>; в то же время обычная сталь имеет предел прочности при растяжении 4000...5000 кг/см<sup>2</sup>, но при плотности 7,8 г/см<sup>3</sup>. Таким образом, прочность дерева, отнесенная не к геометрическим размерам, а к массе, не ниже прочности стали. Тяжелые породы деревьев прочнее, чем легкие. Прочность дерева в различных направлениях различна: прочность поперек волокон меньше, чем вдоль.

Различают маслянистые антисептики, не растворимые в воде, и водорастворимые антисептики. Маслянистые антисептики – это продукты переработки нефти. Пропитке маслянистыми антисептиками можно подвергать только сухую древесину. Для пропитки водорастворимыми антисептиками древесина, наоборот, должна иметь повышенную влажность, так как только в этом случае антисептик диффундирует в глубь древесины; если столб сухой, диффузии не происходит.

Пропитка деревянных опор водорастворимыми антисептиками может производиться как перед установкой их на линии, так и непосредственно на линиях, находящихся в эксплуатации.

Ель и пихта незначительно уступают сосне в прочности, но очень плохо поддаются пропитке антисептиком, поэтому применяются они только для линий с напряжением до 35 кВ, линий связи и иногда в качестве вспомогательных элементов опор на линиях с напряжением выше 35 кВ.

Для изготовления металлических опор применяются обычная углеродистая сталь марки Ст3 и низколегированная сталь марок 14Г2 и НЛ-2, а в редких случаях алюминиевые сплавы. Основным недостатком металлических опор является подверженность их коррозии: незащищенная поверхность опоры под действием влаги и воздуха покрывается слоем ржавчины, что приводит к потере прочности конструкции.

Особенно сильной коррозии подвержены металлические опоры линий, находящихся в зоне выбросов промышленных предприятий, а также на берегах морей и соленых озер. Лучшим способом защиты металлических опор от коррозии является их горячая оцинковка. Кроме того, для защиты опор применяют различные антикоррозионные лаки и краски.

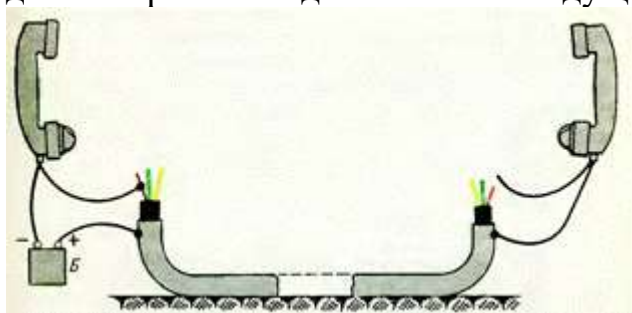
В настоящее время при сооружении линий широко применяется железобетон. Применение железобетонных опор весьма эффективно, так как они не подвергаются коррозии и гниению, т. е. эксплуатация их значительно проще, чем деревянных и металлических. Металлические детали, применяемые при изготовлении железобетонных опор, должны быть оцинкованы горячим способом или защищены антикоррозионными покрытиями.

## Прозвонка и фазировка проложенных кабелей.

### Простые способы фазировки кабеля

Простейшим способом отыскания в конце кабеля токоведущих жил, соответствующих определенным фазам его начала, является способ проверки "прозвонки" жил кабелей при помощи телефонных трубок, например при проверке силовых кабелей, прокладываемых между различными помещениями станций и подстанций. Схема присоединения телефонных трубок показана на рисунке 1.

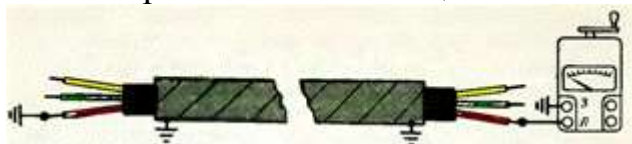
В качестве одного из проводов для установления связи используют заземленные конструкции (заземленную металлическую оболочку кабеля), к которым подсоединяют телефонные трубки. Далее, с одной из сторон кабеля провод от батарейки соединяют с токоведущей жилой (допустим, фазой С).



### Схема присоединения телефонных трубок при фазировке кабеля

С другой стороны кабеля вторым проводом от телефонной трубки поочередно касаются токоведущих жил, каждый раз подавая голосом сигнал в трубку. Найдя жилу, по которой будет получен отзыв проверяющего, ее помечают как фазу С и в том же порядке продолжают поиск других жил. Вместо обычных телефонных трубок целесообразно применение телефонных гарнитуров, пользование которыми освобождает руки проверяющих для работы.

Для проверки чередования фаз достаточно широко используют мегаомметр, схема включения которого показана на рисунке 2. Для этого поочередно заземляют жилы в начале кабеля, а в конце производят измерение сопротивления изоляции жил относительно земли.



### Схема присоединения мегаомметра при фазировке кабеля

Заземленную жилу обнаруживают по показаниям мегаомметра, так как сопротивление ее изоляции на землю будет равно нулю, а двух других жил — десяткам и даже сотням мегаом.

При этом способе проверки трижды устанавливают и снимают заземления. Кроме того, персонал, находящийся у концов кабеля, должен иметь между собой связь, чтобы координировать свои действия. Все это относится к недостаткам такого способа проверки.

Более совершенным способом фазировки кабеля является способ измерений по схеме, приведенной на рисунке 3.

Одну из трех жил кабеля (назовем ее фазой А) жестко соединяют с заземленной оболочкой, другую жилу (фазу С) заземляют через сопротивление 8—10 МОм В качестве сопротивления обычно используют трубку с резисторами указателя УВНФ. Третью жилу (фазу В) не заземляют, она остается свободной. С другого конца кабеля мегаомметром измеряют сопротивление жил относительно земли.

Очевидно, что фазе А будет соответствовать жила, сопротивление которой на землю равно нулю, фазе С — жила, имеющая сопротивление на землю 8 — 10 МОм, и фазе В — жила с бесконечно большим сопротивлением.

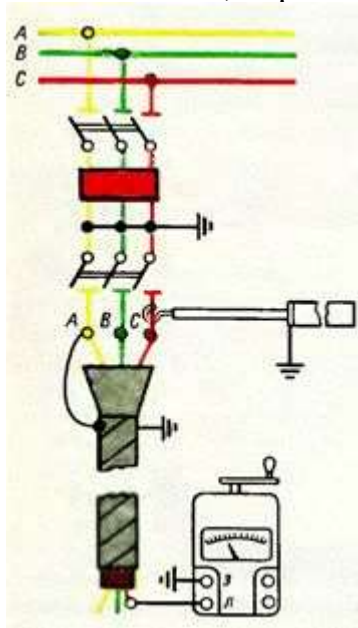


Схема присоединения мегаомметра и дополнительного резистора при фазировке кабеля

Техника безопасности при производстве фазировки кабелей

По условиям безопасности при производстве фазировки кабелей фазировка производится только на отключенной со всех сторон кабельной линии. При этом должны быть приняты меры против подачи на кабель рабочего напряжения. Перед началом фазировки при помощи мегаомметра весь персонал, находящийся вблизи кабеля, предупреждается о недопустимости прикосновения к токоведущим жилам.



Соединительные провода от мегаомметра должны иметь усиленную изоляцию (например, провод типа ПВЛ). Присоединение их к токоведущим жилам производится после того, как кабель будет разряжен от емкостного тока. Для снятия остаточного заряда кабель заземляют на 2—3 мин.

Проверка чередования фаз силовых кабелей по расцветке изоляции жил

Токосоведущие жилы силовых кабелей с изоляцией из пропитанной бумаги расцветивают навитыми на их изоляцию лентами цветной бумаги. Одну из жил, как правило, опоясывают красной лентой, другую — синей, а



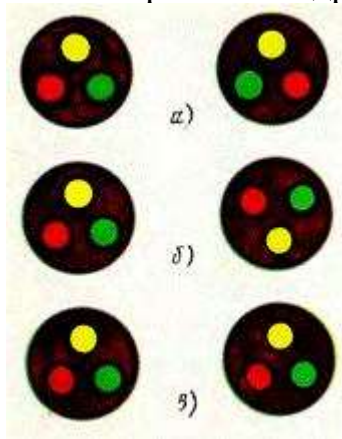
изоляцию третьей специально не расцветчивают — она сохраняет цвет кабельной бумаги.

При изготовлении кабелей жилы скручивают между собой так, что на протяжении одного шага скрутки каждая жила меняет свое положение в площади сечения, делая один оборот вокруг оси кабеля. Рассматривая площади сечений с обоих концов кабеля, можно обнаружить, что по отношению к наблюдателю фазы в сечениях чередуются в разных направлениях. Эти особенности конструкции кабелей учитывают при фазировке и соединении жил.



Чередования фаз в сечениях кабеля. Стрелками показаны направления обхода фаз.

Допустим, что необходимо произвести фазировку и соединение жил двух концов трехфазного кабеля. Фазировка в данном случае элементарно проста. Она заключается в том, что из шести жил выбирают пары, имеющие одинаковую расцветку. Эти жилы замечают и готовят к соединению. Для соединения необходимо, чтобы оси жил одинаковой расцветки совпадали, а направление чередования фаз в площади сечения одного конца кабеля было зеркальным отражением другого.



Некоторые варианты чередования расцветченных жил в сечениях двух кабелей: а — соединение жил одинакового цвета возможно; б — то же после поворота сечения на  $180^\circ$ ; в — соединение трех жил по их цветам невозможно.

При укладке кабелей в траншею вероятность совпадения осей жил невелика. Чаще всего фазы одного цвет а оказываются повернутыми относительно друг друга на некоторый угол, значение которого может достигать до  $180^\circ$ .



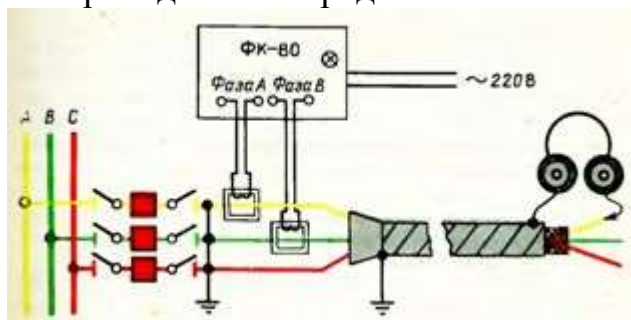
Кабели с несовпадающими осями одинаково расцветченных жил при монтаже (или ремонте) подкручивают вокруг оси, пока не будет зафиксировано точное совпадение осей жил. Однако сильное подкручивание не безопасно. Оно вызывает механические напряжения в защитных и изоляционных покровах кабелей и влечет за собой снижение надежности в работе.

Для того чтобы по цвету совпали все соединяемые между собой жилы, направления чередований фаз в сечениях кабелей должны быть противоположными. Это проверяется заранее, до укладки кабеля в траншею, если на его концах отсутствуют метки с указанием направления чередования фаз. Заметим, что у кабелей с чередованием фаз, направленным в одну сторону, по цвету совпадает только одна жила, а две другие не могут совпадать.

Преимущество способа соединения кабелей одинаково расцветочными жилами состоит в том, что фазировка здесь не является самостоятельной операцией, она выполняется в ходе самих работ, а процесс прокладки, ремонта и эксплуатации кабелей приобретает более стройную систему и требует меньших трудозатрат.

#### Проверка чередования фаз силовых кабелей прибором ФК-80

Для фазировки на две жилы кабеля на питающем его конце накладываются два излучателя: на фазу А — излучатель непрерывного сигнала И1, на фазу В — излучатель прерывистого сигнала И2, фаза С остается свободной. Заземление с кабельной линии не снимается — оно не мешает проведению фазировки. На время фазировки или задолго до этого прибор ФК-80 включается в сеть 220 В. Излучатели наводят в жилах кабеля соответствующие ЭДС. На другом конце линии телефонные трубки подсоединяют одним проводом к заземлению (заземленной оболочке кабеля), а другим проводом поочередно касаются токоведущих жил кабеля.



#### Применение прибора ФК-80 при фазировке кабеля

Принадлежность жилы кабеля той или иной фазе определяется по характеру звука в телефонных трубках. Если будет услышан непрерывный сигнал — трубки подключены к фазе А, прерывистый — к фазе В и отсутствие звука укажет, что трубки подключены к фазе С. Наводимая в жилах кабеля ЭДС звуковой частоты (ее значение не превышает 5 В) не является помехой для выполнения ремонтных работ на кабельной линии.

## **Тема 8. Монтаж защитного заземления.**

### **Монтаж защитного заземления, защитного зануления.**

Заземление электроустановки - это обеспечение электробезопасности путём целенаправленной электрической связи корпуса устройства с "землёй". Защита делится на два варианта: заземление и зануление. Их общей целью является нейтрализация вредного для человека при касании воздействия электрического тока, если оборудование на корпусе или же в любой другой доступной точке пробило на опасное напряжение.

#### **Заземление**

Суть защитного заземления в обеспечении безопасной эксплуатации электрооборудования путём соединения его защищаемой части с соответствующим устройством - "землёй". Если на внешнем кожухе установки или любой другой её детали внезапно окажется электрический потенциал, вред для человека будет сведён к минимуму. Главная характеристика заземляющего устройства - его сопротивление, качество защиты улучшается с его понижением. Заземление можно разделить на две основные детали - заземлитель и проводящие соединители, обеспечивающие контакт с заземляемой деталью. Областью использования защитного заземления являются трёхфазные сети, нейтраль в которых изолирована.

Защитное заземление действует на основе серьёзного уменьшения разности потенциалов между деталью, на которую пробило напряжение (корпус и т.д.), и землёй, вплоть до безопасного для человека уровня. Если заземление отсутствует, контакт с опасным местом электроустановки является непосредственным контактом с фазой. У возникающего электрического тока нет иных путей, кроме тела человека. При низком электрическом сопротивлении надетой обуви, самого пола и наличии изолированности проводов от "земли" величина тока окажется недопустимой для пострадавшего. Если организация работы по охране труда была выполнена грамотно и проблемная деталь имеет защитное заземление, то даже в случае больших значений воздействующего напряжения, оно не вызовет серьёзных последствий для организма. Согласно закону Ома, сила тока будет обратно пропорциональна сопротивлению. При наличии двух параллельных цепей - человеческого тела и заземляющего контура, при равном значении исходного напряжения (фаза), сила проходящего тока будет тем выше, чем меньше сопротивление цепи. Сконструированное с учётом обеспечения минимального сопротивления защитное заземление примет на себя основной электрический ток, обезопасив имеющего значительно более высокое сопротивление человека.

#### **Два типа заземления**

Заземлители делятся на два типа - естественные и искусственные. Если для заземления используются уже существовавшие при постройке здания металлические конструкции (трубы, арматура и т.п.), заземлитель называют естественным. Когда стальные стержни, уголки или трубы специально забивают или закапывают в землю, конструкция является искусственной. В целях повышения безопасности длина искусственного заземлителя не может

быть меньше 2.5 м., а улучшая защиту, металлические фрагменты комбинируют путём сварки стальными накладками или проволокой. Чтобы обеспечить электрический контакт между заземляемым прибором и заземлителем, принято использовать шины, выполненные из меди или стали. Заземляющие проводники крепят к корпусу оборудования при помощи сварки или с использованием надёжного резьбового соединения. Обязательная защита с использованием технологии заземления требуется для трансформаторов, электрических шкафов и щитов, а также большинства промышленных и некоторых бытовых приборов и механизмов.

Хотя защитное заземление в большой степени уменьшает риск для человека, оно не ликвидирует его полностью. Потенциальная проблема в наличии своего собственного сопротивления у заземлителя, соединительных проводов и даже земли. Если изоляция нарушена, замыкающий ток проделает путь от заземляемой детали до земли, и на каждом этапе имеющееся сопротивление создаст дополнительную разность потенциалов. Итоговое суммарное напряжение будет значительно ниже общепринятых в России 220 В, однако всё ещё может составлять небезопасные для человека значения. Чтобы снизить суммарное напряжение надо уменьшить сопротивление заземлителя относительно финальной точки - земли. Общепринятой практикой является увеличение количества искусственных заземлителей.

#### Зануление

Вторым видом защиты от удара током при пробое на корпус является защитное зануление. Оно заключается в целенаправленном соединении частей электрического прибора, потенциально могущих оказаться под фазой, с заземленным выводом источника переменного или с аналогичной средней точкой в сетях постоянного тока. Тем самым пробой любой фазы на корпус оборудования переводится в короткое замыкание с заземлённым нулём. Протекающий при защитном занулении ток в разы больше, чем в случае заземления. Поэтому основной целью создания защитного зануления является быстрое прекращение работы и полное обесточивание сломанного устройства в принципе.

Нулевой проводник бывает рабочим и защитным. Рабочий проводник предназначен для полноценного питания электроустановки, поэтому не отличается от других носителей по толщине и качеству изоляции, материалу и сечению провода. Защитный проводник имеет целью всего лишь создание в краткий период времени короткого замыкания очень высокого тока, который позволит сработать защите и оперативно обесточить неисправное устройство. В качестве нулевого защитного провода часто выступают используемые при прокладывании проводки стальные трубы или нулевые провода без дополнительных деталей (выключателей и предохранителей). Равно как и заземление, зануление не может полностью защитить человека от воздействия электричества при непосредственном контакте с находящимся под фазой элементом конструкции. Если обеспечение электробезопасности в помещении требует повышенного внимания, строго необходимо комбинировать

зануление с другими мерами защиты - выравниванием потенциала и защитным отключением.

## Монтаж устройств защитного отключения

УЗО является одним из главных элементов электросистемы жилых домов, коттеджей и квартир. При монтаже электропроводки устройство защитного отключения в обязательном порядке размещается в электрощите наряду со счетчиком и автоматическими выключателями.

Устройство защитного отключения или УЗО представляет собой компактный коммутационный прибор, который выполняет автоматическое отсоединение электрической цепи при появлении токов утечки, проходящих по непредназначенным для этого открытым проводящим путям или токоведущим частям электроприборов, металлическим трубам водоснабжения или отопления.

Сегодня на рынке электропитания появились модели УЗО в виде розеток и специальных переходников. Но в нашей статье пойдет речь именно о модульных типах, которые монтируются в распределительные электрощиты.

При отсутствии системы заземления установка УЗО в доме является обязательной!

В любой электросистеме УЗО выполняет важную функцию – защищает пользователя от опасного для его жизни поражения электрическим током при пробое изоляции проводки или неисправности бытовых приборов, например, холодильника, бойлера, стиральной или посудомоечной машин.

Некоторые пользователи ошибочно полагают, что УЗО способно защитить электросеть от короткого замыкания, когда при пробое изоляции кабеля фазный ток начинает течь на землю или напрямую на ноль этого же провода. Однако от этого может защитить автоматический выключатель. УЗО же срабатывает:

- на утечку через человека (прикосновение к токопроводящему корпусу, на который попала фаза, но нет заземления);
- на утечку фазы через воду/влагу (пробитый ТЭН стиральной машины);
- на утечку тока на землю, не связанную с жилой РЕ, этого же провода (пробитый в бетонной стене провод, и ток утекает через арматуру всей конструкции дома).

Токи утечки, при которых срабатывает УЗО настолько малы, что при их протекании проводка никак не будет греться и не сможет загореться.

Нормативное регулирование установки УЗО регламентируется следующими документами:

- Правила устройства электроустановок (ПУЭ);
- Свод правил СП 31-110-2003 «Проектирование и монтаж электроустановок жилых и общественных зданий»;
- ГОСТ ИЕС 61009-1-2014 «Выключатели автоматические, срабатывающие от остаточного тока, со встроенной защитой от тока перегрузки, бытовые и аналогичного назначения»;
- ГОСТ Р 51326.1-99 (МЭК 61008-1-96) «Выключатели автоматические, управляемые дифференциальным током, бытового и аналогичного назначения без встроенной защиты от сверхтоков».

Виды УЗО по принципу работы

В магазинах можно встретить различные модели УЗО для однофазных или трехфазных электросетей: 2-полюсные и 4-полюсные, конструктив которых в основном будет различаться количеством входных и выходных разъемов для подключения. Как правило, приборы имеют компактное исполнение и предназначаются для укрепления на DIN-рейке.

Подключение УЗО может выполняться несколькими вариантами в зависимости от схемы электропроводки. Разберем самые популярные схемы установки и подключения УЗО и дадим несколько рекомендаций.

Последовательность установки автоматического выключателя и УЗО не имеет значения: подключенный прибор перед или после автомата будет одинаково защищать электрическую цепь от утечки тока. Однако на практике УЗО для каждой линии часто размещается все же после автомата, но это связано прежде всего с удобством монтажа.

