

"Я электрик!"

электронный электротехнический журнал



"Я электрик!" - журнал для облегчения жизни
специалистов-электриков

Автор: Повный Андрей

Сайт журнала: www.electrik.povny.info

e-mail: electroby@mail.ru

Выпуск №3

29 ноября 2006 г.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Эксплуатация электрооборудования загородного дома	3
Датчики (энциклопедическая статья)	9
Промышленное освещение: выбираем оптимальную защиту	19
Измерение сопротивления заземление: понимание процесса	23
Современные методы экономии энергетических ресурсов путем создания систем управления энергохозяйством на базе преобразователей частоты	43
Лучшие книги с доставкой на дом	45

**Электронный электротехнический
журнал “Я электрик!” может
распространяться без каких либо
ограничений при сохранении его
формата**

По поводу размещения рекламы в электронном журнале “Я электрик!” или на сайте “Электротехническая библиотека” обращайтесь на
e-mail: electroby@mail.ru

Эксплуатация электрооборудования частного дома

Эксплуатация электрооборудования любого объекта, в том числе и частного дома, какого бы объема он ни был, должна осуществляться в соответствии с требованиями «Правил пользования электроэнергией», «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей». Эти правила обязательны для всех потребителей электроэнергии, независимо от ведомственной принадлежности дома. Ответственность за техническое состояние и безопасную эксплуатацию электроустановок, электрической проводки, электрооборудования (приборов, аппаратов и т.д.) объектов частной собственности возлагается на ее владельца.

Особое внимание должно уделяться электробезопасности, а также постоянной готовности всех видов противопожарных устройств, если они имеются. При приеме электрооборудования в эксплуатацию от застройщика необходимо получить исполнительную проектную документацию и документы о приемке и возможности подключения электроустановок объекта к электросетям данного района.

Для объектов частной собственности обязательно выполнение проекта электроснабжения (при суммарной установленной мощности более 10 кВт), в котором должны быть следующие материалы:

- схема внешнего и внутриобъектного электроснабжения;
- схема внутренних проводок (тип проводов и способ прокладки);
- схема вводных устройств;
- расчет электрических нагрузок;
- выбор автоматов и плавких вставок предохранителей;
- заземление или зануление (при необходимости);
- установка устройства защитного отключения на вводе (при необходимости - в точке присоединения объекта к питающей сети);
- учет электроэнергии.

Для объектов частной собственности с суммарной установленной мощностью менее 10 кВт может быть выполнен облегченный чертеж-проект, в котором должны быть отражены:

- схема внешнего и внутриобъектного электроснабжения с указанием типов и уставок защитных аппаратов, сечений и марок проводов, расчетных токов, приборов учета электроэнергии, присоединения к питающей сети;
- ситуационный план расположения электрооборудования, прокладки кабелей, проводов, заземляющих и зануляющих проводников;
- спецификация электрооборудования изделий и материалов;
- пояснения, указания, примечания (при необходимости).

Проект электроснабжения, а также чертеж-проект должны быть согласованы с электроснабжающей организацией, выдавшей технические условия, и с местным органом Госэнергонадзора.

На объектах, находящихся территориально в одном месте, как правило, должна предусматриваться установка только одного электросчетчика. Для садовых и дачных домиков перед счетчиком для его отключения допускается установка коммутационного аппарата или предохранителя. Электробезопасность людей как внутри объекта, так и снаружи, должна быть обеспечена комплексом электрозащитных технических мероприятий, включающих применение устройств защитного отключения, как в месте присоединения электрических сетей, так и внутри объекта, повторное заземление нулевого провода на воздушном вводе, зануление электроприемников, использование двойной изоляции ввода в объект. Для зануления должен применяться отдельный проводник с сечением, равным фазному, прокладываемый от вводного шкафа (ящика). Этот проводник подключается к нулевому проводнику питающей сети перед счетчиком. Использование для этой цели рабочего нулевого проводника запрещается.

Присоединение электроустановок к электрической сети производится персоналом энергоснабжающей организации, выдавшей технические условия. Частный владелец-потребитель должен обеспечить исправность своих электроустановок. Ему не разрешается подключать электрическую нагрузку сверх

разрешенной в технических условиях, а также увеличивать номинальные значения токов плавких предохранителей и других защитных устройств.

Взаимоотношения данного потребителя с энергоснабжающими организациями определяются «Правилами пользования электрической энергией» и договором на пользование электрической энергией, заключенным потребителем с энергоснабжающей организацией.

Владелец частного дома должен обеспечить:

- содержание электрического оборудования и сетей в работоспособном состоянии и его эксплуатацию в соответствии с требованиями современной нормативно-технической документации
- надежность работы электроустановок и безопасность их обслуживания. Если владелец заинтересован в бесперебойной работе своего электрооборудования, он должен предусмотреть наличие запасных частей и материалов.

Электроэнергия, поступающая в дом и на участок, необходима для электроосвещения, электроотопления, электроподогрева пищи, питания радио- и другой аппаратуры, сигнализации, приведения в движение электронасосов и электроинструмента (дрелей, пил и т.п.). Следует помнить, что для использования электроэнергии в термических целях необходимо специальное разрешение органов Энергонадзора. Распределение ее по этим потребностям производится от главного вводно-распределительного устройства, которое должно быть установлено возле ввода питающей распределительной линии, идущей от трансформаторной подстанции.

Если есть приусадебный участок, то питание электроэнергией предусмотрено и для вспомогательных сооружений и помещений. Осуществляется оно с помощью изолированных проводов воздушных линий или кабелей внутри-объектной проводки через электросчетчик, установленный в доме.

Устройство электроустановок, их эксплуатация и ремонт должны отвечать требованиям системы стандартов безопасности труда и правилам техники безопасности. Средства защиты, приспособления и инструменты, применяемые при обслуживании электроустановок, должны соответствовать действующим нормативно-техническим документам по охране труда. Владелец или нанятый им персонал должны руководствоваться инструкциями по охране труда.

Электроустановки должны быть обеспечены необходимыми защитными средствами по установленным минимальным нормам.

У владельца дома должна быть техническая документация, в соответствии с которой его электроустановки допущены к эксплуатации:

- генеральный план с нанесенными зданиями, сооружениями и подземными электротехническими коммуникациями;
- утвержденная исполнительная проектная документация (чертежи, пояснительные записки и др.) со всеми последующими изменениями;
- акты приемки скрытых работ, испытаний и наладки электрооборудования, электроустановок;
- технические паспорта основного электрооборудования;
- сертификаты соответствия для материалов и оборудования.

Все изменения в электроустановках, появившиеся в процессе эксплуатации, должны отражаться в схемах и чертежах.

Для грамотной эксплуатации электроустановок необходимо знать, как электроэнергия поступает к зданию или объекту.

Если ввод трехфазный, то к дому подводятся 3 линейных провода и 1 нейтральный или нулевой, который является как рабочим (N), так и защитным (PE) проводником. В современных схемах электроснабжения вместо одного нейтрального провода могут подводиться два, один из которых является защитным (PE, и его окраска зелено-желтая), а другой - рабочим (N - голубая окраска).

Чаще всего в трансформаторной подстанции нейтральная точка трансформатора, от которой на все участки подается нейтральный провод, «глухо» заземлена, то есть соединена с землей, и потенциал этого нейтрального провода соответствует нулевому потенциалу земли (почему и провод иногда называется нулевым). Остальные три провода имеют такие потенциалы, что напряжение между любыми двумя

проводами (напряжение - это разность потенциалов) составляет обычно 380 В, а напряжение между любым из линейных проводов и нейтральным проводом оказывается в этом случае 220 В. Если нейтральный провод заземлен, то напряжение между любым из линейных проводов и землей или заземленной конструкцией здания, опоры воздушной линии и т.д. тоже составляет 220 В, о чем никогда не следует забывать. То же напряжение может оказаться и между землей и любой токоведущей частью электрооборудования, присоединенной к этим линейным проводам проводами электропроводки, клеммами штепсельных розеток, выключателей и т.п.

В настоящее время в подавляющем числе случаев ввод в индивидуальный дом осуществляется по однофазной схеме. В этом случае к каждому дому поселка подводится один из линейных проводов и обязательно нейтральный (нулевой). Как уже было отмечено, в настоящее время различают нулевой защитный (РЕ) и нулевой рабочий (N) проводники. Они могут объединяться в один или подходить к потребителю раздельно двумя проводами. Таким образом, к дому могут быть подведены либо три, либо два провода.

Ввод в строение выполняется изолированным проводом или кабелем с негорючей оболочкой. Сечение, марки проводов и кабелей выбираются с учетом их назначения и условий применения согласно «Правилам устройства электроустановок». Следует отметить, что эти Правила в настоящее время претерпевают изменения, и необходимо пользоваться наиболее современным их изданием, в частности, 1999 г.

Устройство повторного заземления нулевого провода на вводе в объект обязательно на всех трехфазных вводах; необходимость такового для однофазного ввода определяется в каждом конкретном случае проектом (в частности, это необходимо при воздушной линии электропередачи). Повторное заземление нулевого провода на вводе осуществляется с помощью заземлителя, состоящего из одного или лучше нескольких стальных стержней диаметром не менее 12 мм или отрезков угловой стали с толщиной стенки не менее 4 мм, обеспечивающих требуемое сопротивление в зависимости от удельного сопротивления грунта, что определяется проектом.

В местах присоединения проводов ввода к проводам ответвления контактные соединения выполняются только с помощью зажимов. Присоединение проводов ввода к проводам ответвления в пролете запрещается. Это может привести к поражению людей и животных электрическим током.

Электрические вводы в помещения выполняются через стены в изолированных трубах таким образом, чтобы вода не могла скапливаться в проходе и проникать внутрь помещения. В целях пожарной безопасности проходы для вводов в стенах из сгораемых материалов выполняются в стальных трубах.

Необходимо следить за провесами проводов, не допускать излишнего их раскачивания, а также прикасания к проводам ветвей деревьев, вьющихся растений и другой растительности.

Эксплуатация вводно-распределительных устройств производится в соответствии с установленной границей эксплуатационной ответственности между энергоснабжающей организацией и данным объектом, где обслуживание осуществляется владельцем или нанятым персоналом. Граница эксплуатационной ответственности определяется Актом разграничения эксплуатационной ответственности с организацией, эксплуатирующей энергосети данного района.

На всех вводных и отходящих линиях, а также на защитной, коммутационной и измерительной аппаратуре должны быть необходимые надписи и указатели.

Защитная (и другая) аппаратура должна строго соответствовать проектным параметрам. Помещения вводно-распределительных устройств должны отвечать требованиям вентиляции, влажности и температуры и всегда иметь соответствующие защитные средства по технике безопасности. На основании «Правил эксплуатации электроустановок потребителей» планомерно должны производиться замеры сопротивления изоляции, сопротивления заземления, проверка срабатывания автоматических выключателей и других устройств защиты. Установка и эксплуатация средств учета электрической энергии осуществляются в соответствии с требованиями Энергосбыта, «Правил устройства электроустановок» и инструкций заводов-изготовителей. Все средства измерений и учета электрической энергии, а также информационно-измерительные системы должны быть в исправном состоянии и готовы к работе. Все средства учета электрической энергии подлежат обязательной государственной или ведомственной проверке.

Государственная проверка расчетных средств учета электрической энергии и образцовых средств измерений

проводится энергоснабжающей организацией в сроки, устанавливаемые государственными стандартами, а также после ремонта указанных средств.

Ответственность за сохранность и чистоту внешних элементов средств учета электрической энергии несет владелец частного дома. Обо всех нарушениях в их работе он должен незамедлительно сообщать в энергоснабжающую организацию. Вскрытие средств электрических измерений разрешается только персоналу этой организации. Замену и проверку расчетных счетчиков производит тоже персонал. Обо всех дефектах или случаях отказов в работе счетчиков электрической энергии необходимо немедленно поставить в известность энергоснабжающую организацию.

Энергоснабжающая организация должна пломбировать:

- расчетные счетчики;
- коммутирующий или защитный аппарат при его установке перед счетчиком.

Для защиты людей от поражения электрическим током при повреждении изоляции в электроустановках потребителей проектом предусматриваются защитные меры: заземление, зануление, защитное отключение, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов.

При сдаче в эксплуатацию заземляющих устройств электроустановок монтажной организацией, кроме документации, должны быть представлены протоколы приемосдаточных испытаний.

При эксплуатации и ремонте устройств заземления необходимо иметь в виду, что каждая часть электроустановки, подлежащая заземлению (занулению), должна быть присоединена к сети заземления (зануления) с помощью отдельного проводника. Последовательное включение в заземляющий или нулевой защитный проводник заземляемых частей электроустановки запрещается. Заземляющие и нулевые защитные проводники должны иметь покрытие, предохраняющее от коррозии. Открыто проложенные стальные заземляющие проводники должны иметь черную окраску.

Для определения технического состояния заземляющего устройства должны периодически проводиться специализированной организацией:

- измерение сопротивления заземляющего устройства и выборочная проверка со вскрытием грунта элементов заземлителя, находящихся в земле;
- проверка состояния цепей между заземлителями и заземляемыми элементами, а также соединений естественных заземлителей с заземляющим устройством. Периодически должна производиться проверка состояния нулевого защитного проводника, а также его соединения с защищаемым оборудованием, а также устройств защитного отключения в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя.

На всех распределительных щитах должны быть надписи и указатели вводных и отходящих линий, уставок автоматических выключателей, плавких предохранителей и другая необходимая информация. Распределительным щитом называется устройство, куда подводится с помощью распределительных линий электроэнергия от вводно-распределительного устройства и где с помощью защитных аппаратов (предохранителей, автоматических выключателей) осуществляется защита отходящих от распределительного щита групповых линий, питающих непосредственно электроприемники (светильники, бытовое и технологическое оборудование и т.п.).

При эксплуатации и текущем ремонте распределительных щитов необходимо особенно, тщательно следить за состоянием защитной аппаратуры. Плавкие предохранители должны быть калиброванными. Ни в коем случае нельзя вместо стандартных плавких вставок применять «жучки» из проволоки! Автоматические выключатели должны строго соответствовать проектным параметрам и согласно «Правилам эксплуатации электроустановок потребителей» проходить проверку на срабатывание. При использовании не калиброванной или неисправной защитной аппаратуры существует большая вероятность возникновения пожара. В щитах управления следует проверять соответствие раствора контактов контакторов, реле и магнитных пускателей паспортным данным. У рубильников и переключателей во время текущего ремонта приводятся в нормальное состояние контактные поверхности. Их очищают от грязи, окислов, копоти.

Во время эксплуатации распределительных и групповых сетей здания особое внимание следует обращать на скрытые проводки. Необходимо следить за изоляцией проводов. Замеры сопротивления изоляции следует проводить планомерно в соответствии с «Правилами эксплуатации электроустановок потребителей». Причем замеры сопротивления изоляции должна проводить организация, имеющая лицензию. Необходимо обращать

внимание на надежность крепления установочной аппаратуры: выключателей, штепсельных розеток и т.п., на плотность контактов присоединения линий к распределительной и установочной аппаратуре и на их температуру.

При эксплуатации кабельной линии напряжением до 1000 В, кроме указанной выше документации, должна быть оформлена и передана заказчику техническая документация (исполнительный проект кабельной линии, выполненный в масштабе 1 :200, исполнительный чертеж трассы с указанием мест установки соединительных муфт ; акты скрытых работ с указанием пересечений и сближений кабелей со всеми подземными коммуникациями; акты на монтаж кабельных муфт). При приемке в эксплуатацию вновь сооружаемой кабельной линии должны быть произведены испытания в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок» и «Правил эксплуатации электроустановок потребителей».

При эксплуатации небронированных кабелей со шланговым покрытием особое внимание должно быть уделено состоянию шлангов. Кабели со шлангами, имеющими сквозные порывы, задиры и трещины, должны быть заменены. Открыто проложенные кабели, а также все кабельные муфты должны быть снабжены бирками, на которых указаны марка, напряжение, сечение, номер или наименование линии; а на бирках соединительных муфт - номер муфты и дата монтажа. Бирки должны быть стойкими к воздействию окружающей среды и расположены по длине линии через каждые 50 м на открыто проложенных кабелях, на поворотах трассы и в местах прохода кабелей через огнестойкие перегородки и перекрытия (с обеих сторон).

Осмотры кабельной линии проводятся в следующие сроки: трасс кабелей, проложенных в земле, - не реже 1 раза в 3 мес; трасс кабелей, проложенных по стенам зданий, - не реже 1 раза в 6 мес. При обнаружении на кабельной линии признаков разрушения металлических оболочек из-за электрической, почвенной или химической коррозии следует принять срочные меры по их предотвращению. При раскопках кабельных трасс или производстве земляных работ должен быть обеспечен соответствующий надзор за сохранностью кабелей. Рыть траншеи и котлованы в местах нахождения кабелей и подземных сооружений следует с особой осторожностью, а на глубине 0,4 м и более - только лопатами (зимой с отогревом грунта). При этом необходимо следить за тем, чтобы от поверхности отогреваемого слоя до кабелей сохранялся слой грунта толщиной не менее 0,3 м. Оттаявший грунт следует отбрасывать лопатами. Применение ломов и тому подобных инструментов категорически запрещается. Производство раскопок землеройными машинами на расстоянии ближе 1 м от кабеля, а также использование отбойных молотков, ломов и кирок для рыхления грунта над кабелями на глубину более 0,3 м при нормальной глубине прокладки кабелей (0,7 м) запрещается. Применение ударных и вибропогружных механизмов разрешается на расстоянии не менее 5 м от кабелей. Перед началом работ должно быть проведено контрольное вскрытие трассы для уточнения расположения кабелей и глубины их прокладки под надзором электротехнического персонала организации, эксплуатирующей КЛ.

Электрическое освещение играет большую роль в дизайне интерьера и экстерьера индивидуального дома, а также обеспечивает комфорт, невозможный при отсутствии или недостаточности естественного освещения. Очень важны мощность, форма, цвет ламп и светильников, а также их расположение. Освещение во всех помещениях и ландшафта частного дома должно соответствовать норме, если это не противоречит желанию владельца. Светильники должны быть только заводского изготовления и соответствовать требованиям государственных стандартов и технических условий. Светильники аварийного освещения (если они предусмотрены) должны отличаться от них знаками или окраской. При отключении основного источника питания сеть аварийного освещения должна автоматически включаться от независимого источника питания (аккумуляторной батареи и т. п.). Сеть аварийного освещения должна быть выполнена без штепсельных розеток. В распределительных щитах сети освещения на всех автоматических выключателях должны быть надписи с наименованием присоединения, допустимого значения уставки тока, а на предохранителях - с указанием значения тока плавкой вставки. Применение некалиброванных плавких вставок во всех видах предохранителей запрещается. Желателен запас калиброванных плавких вставок, светильников и ламп всех напряжений данной сети освещения. Переносные ручные светильники должны питаться от сети напряжением не более 42 В, а при повышенной опасности поражения электрическим током - не более 12 В.

Вилки приборов на напряжение 12 или 42 В не должны входить в розетки на напряжение 127 и 220 В. На всех штепсельных розетках должны быть надписи с указанием номинального напряжения. Использование автотрансформаторов для питания светильников сети 12 - 42 В запрещается.

Применение для переносного освещения люминесцентных ламп и ламп ДРЛ (ртутные газоразрядные лампы высокого давления), не укрепленных на жестких опорах, запрещается. Установку и очистку светильников сети

электрического освещения, смену перегоревших ламп и плавких калиброванных вставок, ремонт и осмотр сети электрического освещения должны выполнять специалисты.

При высоте подвеса светильников до 5 м допускается их обслуживание с приставных лестниц и стремянок. В случае расположения светильников на большей высоте разрешается их обслуживание со стационарных мостиков (лесов) и передвижных устройств, при обязательном соблюдении мер безопасности, со снятием напряжения. Вышедшие из строя люминесцентные лампы, лампы ДРЛ и другие источники, содержащие ртуть, должны храниться упакованными в специальном помещении. Их необходимо периодически вывозить для уничтожения и дезактивации в отведенные для этого места.

Проверка состояния стационарного оборудования в электропроводки аварийного и рабочего освещения, испытание и измерение сопротивления изоляции проводов, кабелей и заземляющих устройств должны проводиться при вводе сети электрического освещения в эксплуатацию, а в дальнейшем по соответствующему графику. Обнаруженные при проверке и осмотре дефекты должны быть устранены в кратчайший срок.

Электродвигатели, пускорегулирующая аппаратура, контрольно-измерительные приборы, устройства защиты а также все электрическое и вспомогательное оборудование должны соответствовать требованиям «Правил устройства электроустановок» и других действующих нормативно-технических документов. На электродвигателях и приводимых ими в движение механизмах должны быть нанесены стрелки, указывающие направление вращения. На электродвигателях, их коммутационных аппаратах, пуско-регулирующих устройствах, предохранителях и т.п. должны быть надписи с наименованием агрегата и (или) механизма, к которому они относятся. Плавкие вставки предохранителей должны быть калиброванными и иметь клейме завода-изготовителя или подразделения, ответственного за электрохозяйство предприятия, с указанием номинального тока уставки. Применение некалиброванных вставок запрещается. В случае аварийного отключения электродвигателя аппаратом защиты, повторное его включение следует производить только после обследования, проведения контрольных измерений сопротивления изоляции и проверки исправности защитных устройств.

Электродвигатель должен быть немедленно отключен от сети в следующих случаях:

- при несчастных случаях с людьми;
- при появлении дыма или огня из электродвигателя, а также из его пускорегулирующей аппаратуры;
- при поломке приводного механизма, появлении ненормального стука;
- при резком увеличении вибрации подшипников агрегата;
- при нагреве подшипников сверх допустимой температуры, установленной в инструкции завода-изготовителя.

Профилактические испытания и ремонт электродвигателей, их снятие и установку при ремонте должен проводить специально обученный персонал. Профилактические испытания и измерения на электродвигателях должны проводиться в соответствии с нормами «Правил эксплуатации электроустановок потребителей».

В настоящее время в частных домах используется большое количество зарубежного оборудования. В этой связи необходимо помнить, что при использовании импортного электрооборудования особое внимание следует уделять соответствующим заводским инструкциям, которые не должны противоречить российским нормам и правилам.

Источник информации: <http://www.elpf.ru/>

Датчики

Классификация датчиков, основные требования к ним

Автоматизация различных технологических процессов, эффективное управление различными агрегатами, машинами, механизмами требуют многочисленных измерений разнообразных физических величин.

Датчики (в литературе часто называемые также измерительными преобразователями), или по-другому, сенсоры являются элементами многих систем автоматики - с их помощью получают информацию о параметрах контролируемой системы или устройства.

Датчик – это элемент измерительного, сигнального, регулирующего или управляющего устройства, преобразующий контролируемую величину (температуру, давление, частоту, силу света, электрическое напряжение, ток и т.д.) в сигнал, удобный для измерения, передачи, хранения, обработки, регистрации, а иногда и для воздействия им на управляемые процессы.

Или проще, датчик – это устройство, преобразующее входное воздействие любой физической величины в сигнал, удобный для дальнейшего использования.

Используемые датчики весьма разнообразны и могут быть классифицированы по различным признакам:

В зависимости от вида входной (измеряемой) величины различают: датчики механических перемещений (линейных и угловых), пневматические, электрические, расходомеры, датчики скорости, ускорения, усилия, температуры, давления и др.

В настоящее время существует приблизительно следующее распределение доли измерений различных физических величин в промышленности: температура – 50%, расход (массовый и объемный) – 15%, давление – 10%, уровень – 5%, количество (масса, объем) – 5%, время – 4%, электрические и магнитные величины – менее 4%.

По виду выходной величины, в которую преобразуется входная величина, различают *неэлектрические* и *электрические*: датчики постоянного тока (ЭДС или напряжения), датчики амплитуды переменного тока (ЭДС или напряжения), датчики частоты переменного тока (ЭДС или напряжения), датчики сопротивления (активного, индуктивного или емкостного) и др.

Большинство датчиков являются электрическими. Это обусловлено следующими достоинствами электрических измерений:

- электрические величины удобно передавать на расстояние, причем передача осуществляется с высокой скоростью;
- электрические величины универсальны в том смысле, что любые другие величины могут быть преобразованы в электрические и наоборот;
- они точно преобразуются в цифровой код и позволяют достигнуть высокой точности, чувствительности и быстродействия средств измерений.

По принципу действия датчики можно разделить на два класса: *генераторные* и *параметрические* (датчики-модуляторы). Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование входной величины в электрический сигнал.

Параметрические датчики входную величину преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра (R, L или C) датчика.

По принципу действия датчики также можно разделить на омические, реостатные, фотоэлектрические (оптико-электронные), индуктивные, емкостные и др.

Различают три класса датчиков:

- аналоговые датчики, т. е. датчики, вырабатывающие аналоговый сигнал, пропорционально изменению входной величины;
- цифровые датчики, генерирующие последовательность импульсов или двоичное слово;
- бинарные (двоичные) датчики, которые вырабатывают сигнал только двух уровней: "включено/выключено" (иначе говоря, 0 или 1); получили широкое распространение благодаря своей простоте.

Требования, предъявляемые к датчикам:

- однозначная зависимость выходной величины от входной;
- стабильность характеристик во времени;
- высокая чувствительность;
- малые размеры и масса;
- отсутствие обратного воздействия на контролируемый процесс и на контролируемый параметр;
- работа при различных условиях эксплуатации;
- различные варианты монтажа.

Параметрические датчики

Параметрические датчики (датчики-модуляторы) входную величину X преобразуют в изменение какого-либо электрического параметра (R, L или C) датчика. Передать на расстояние изменение перечисленных параметров датчика без энергонесущего сигнала (напряжения или тока) невозможно. Выявить изменение соответствующего параметра датчика только и можно по реакции датчика на ток или напряжение, поскольку перечисленные параметры и характеризуют эту реакцию. Поэтому параметрические датчики требуют применения специальных измерительных цепей с питанием постоянным или переменным током.

Омические (резистивные) датчики – принцип действия основан на изменении их активного сопротивления при изменении длины l, площади сечения S или удельного сопротивления ρ:

$$R = \rho l / S$$

Кроме того, используется зависимость величины активного сопротивления от контактного давления и освещённости фотоэлементов. В соответствии с этим омические датчики делят на: *контактные, потенциометрические (реостатные), тензорезисторные, терморезисторные, фоторезисторные.*

Контактные датчики — это простейший вид резисторных датчиков, которые преобразуют перемещение первичного элемента в скачкообразное изменение сопротивления электрической цепи. С помощью контактных датчиков измеряют и контролируют усилия, перемещения, температуру, размеры объектов, контролируют их форму и т. д. К контактным датчикам относятся *путевые и концевые выключатели, контактные термометры* и так называемые *электродные датчики*, используемые в основном для измерения предельных уровней электропроводных жидкостей.

Контактные датчики могут работать как на постоянном, так и на переменном токе. В зависимости от пределов измерения контактные датчики могут быть одно предельными и многопредельными (рис. 1). Последние используют для измерения величин, изменяющихся в значительных пределах, при этом части резистора R, включенного в электрическую цепь, последовательно закорачиваются.

Рисунок 1 – Многопредельный контактный датчик

Недостаток контактных датчиков — сложность осуществления непрерывного контроля и ограниченный срок службы контактной системы. Но благодаря предельной простоте этих датчиков их широко применяют в системах автоматики.

Реостатные датчики представляют собой резистор с изменяющимся активным сопротивлением (рис.2). Входной величиной датчика является перемещение контакта, а выходной – изменение его сопротивления. Подвижный контакт механически связан с объектом, перемещение (угловое или линейное) которого необходимо преобразовать.

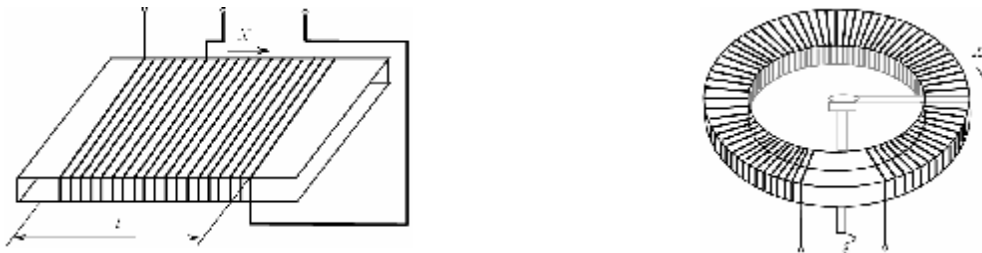
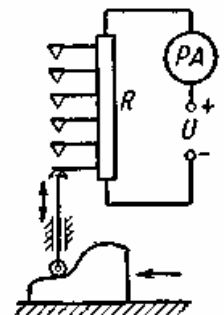
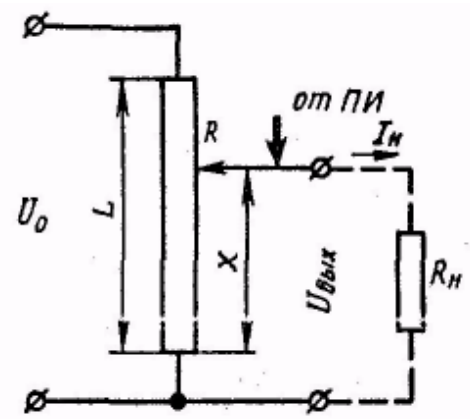


Рисунок 2 – Конструкция реостатных датчиков линейного и углового перемещения

Наибольшее распространение получила потенциометрическая схема включения реостатного датчика, в которой реостат включают по схеме делителя напряжения. Напомним, что делителем напряжения называют

электротехническое устройство для деления постоянного или переменного напряжения на части; делитель напряжения позволяет снимать (использовать) только часть имеющегося напряжения посредством элементов электрической цепи, состоящей из резисторов, конденсаторов или катушек индуктивности. Переменный резистор, включаемый по схеме делителя напряжения, называют потенциометром. Потенциометрическая измерительная цепь для резисторного датчика приведена на рис. 3.

Рисунок 3 – Потенциометрическая схема включения реостатного датчика



Обычно реостатные датчики применяют в механических измерительных приборах для преобразования их показаний в электрические величины (ток или напряжение), например, в поплавковые измерители уровня жидкостей, различных манометрах и т. п.

Датчик в виде простого реостата почти не используется вследствие значительной нелинейности его статической характеристики $I_n = f(x)$, где I_n - ток в нагрузке.

Выходной величиной такого датчика является падение напряжения $U_{\text{вых}}$ между подвижным и одним из неподвижных контактов. Зависимость выходного напряжения от перемещения x контакта $U_{\text{вых}} = f(x)$ соответствует закону изменения сопротивления вдоль потенциометра. Закон распределения сопротивления по длине потенциометра, определяемый его конструкцией, может быть линейным или нелинейным.

Потенциометрические датчики, конструктивно представляющие собой переменные резисторы, выполняют из различных материалов — обмоточного провода, металлических пленок, полупроводников и т. д.

Тензорезисторы (*тензометрические датчики*) служат для измерения механических напряжений, небольших деформаций, вибрации. Действие тензорезисторов основано на тензоэффекте, заключающемся в изменении активного сопротивления проводниковых и полупроводниковых материалов под воздействием приложенных к ним усилий.

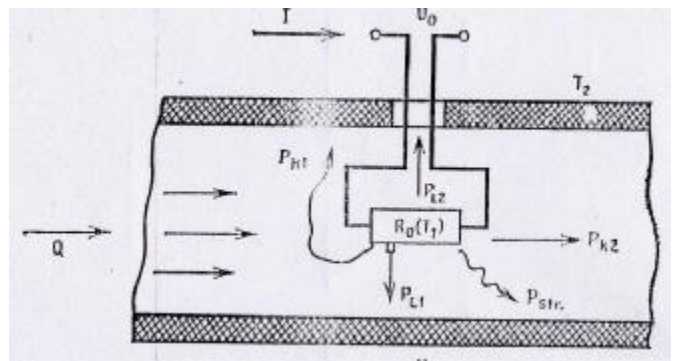
Термометрические датчики (*терморезисторы*) - сопротивление зависит от температуры. Терморезисторы в качестве датчиков используют двумя способами:

1) Температура терморезистора определяется окружающей средой; ток, проходящий через терморезистор, настолько мал, что не вызывает нагрева терморезистора. При этом условии терморезистор используется как датчик температуры и часто называется «термометром сопротивления».

2) Температура терморезистора определяется степенью нагрева постоянным по величине током и условиями охлаждения. В этом случае установившаяся температура определяется условиями теплоотдачи поверхности терморезистора (скоростью движения окружающей среды – газа или жидкости – относительно терморезистора, ее плотностью, вязкостью и температурой), поэтому терморезистор может быть использован как датчик скорости потока, теплопроводности окружающей среды, плотности газов и т. п. В датчиках такого рода происходит как бы двухступенчатое преобразование: измеряемая величина сначала преобразуется в изменение температуры терморезистора, которое затем преобразуется в изменение сопротивления.

Измерения расхода можно осуществить электронным путём, применяя в качестве датчика самонагревающийся резистор. Сопротивление такого резистора изменяется вследствие охлаждения потоком, в результате чего резистор действует как датчик расхода. На рисунке 4 показано омическое сопротивление (элемент датчика) в канале потока.

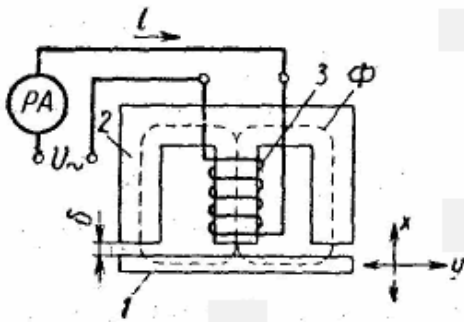
Рисунок 4 – Схематическое изображение процессов теплопередачи от самонагревающегося резистора в канале потока



Терморезисторы изготавливают как из чистых металлов, так и из полупроводников. Материал, из которого изготавливается такие датчики, должен обладать высоким температурным коэффициентом сопротивления, по возможности линейной зависимостью сопротивления от температуры, хорошей воспроизводимостью свойств и инертностью к воздействиям окружающей среды. В наибольшей степени всем указанным свойствам удовлетворяет платина; в чуть меньшей – медь и никель.

По сравнению с металлическими терморезисторами более высокой чувствительностью обладают полупроводниковые терморезисторы (термисторы).

Индуктивные датчики служат для бесконтактного получения информации о перемещениях рабочих органов машин, механизмов, роботов и т.п. и преобразования этой информации в электрический сигнал.



Принцип действия индуктивного датчика основан на изменении индуктивности обмотки на магнитопроводе в зависимости от положения отдельных элементов магнитопровода (якоря, сердечника и др.). В таких датчиках линейное или угловое перемещение X (входная величина) преобразуется в изменение индуктивности (L) датчика. Применяются для измерения угловых и линейных перемещений, деформаций, контроля размеров и т.д.

Рисунок 5 – Индуктивный датчик

В простейшем случае индуктивный датчик представляет собой катушку индуктивности с магнитопроводом, подвижный элемент которого (якорь) перемещается под действием измеряемой величины (рис. 5).

При перемещении якоря в указанных на рис. 5 направлениях либо увеличивается длина воздушного зазора δ между якорем 1 и сердечником 2, либо уменьшается площадь поперечного сечения S воздушного участка магнитопровода. В обоих случаях это приводит к увеличению магнитного сопротивления магнитопровода и к уменьшению магнитного потока, что и выражается в уменьшении индуктивности L катушки 3.

Поскольку индуктивный датчик является параметрическим, то для преобразования изменения L в изменение тока используют различные измерительные цепи. Наиболее простыми являются схемы, в которых изменение L проявляется в изменении индуктивного сопротивления ωL , поэтому питание измерительных цепей с индуктивными датчиками обычно осуществляют переменным напряжением. Ток в такой цепи определяется выражением

$$I = \frac{U_n}{\sqrt{(\omega L)^2 + R_n^2}}$$

где U_n и I - действующие значения напряжения питания и тока в нагрузке.

Если $\omega L \gg R_n$, то ток I в первом приближении пропорционален величине δ и обратно пропорционален S .

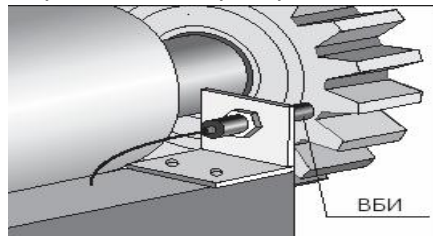
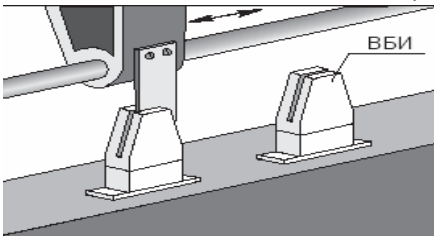


Рисунок 6 – Примеры использования индуктивного датчика

(ВБИ – выключатель бесконтактный индукционный)

На рисунке 6 представлены примеры применения индуктивных датчиков в качестве датчика положения, угла, скорости.

Индуктивный датчик распознает и соответственно реагирует на все токопроводящие предметы. Индуктивный датчик является бесконтактным, не требует механического воздействия, работает бесконтактно за счет изменения электромагнитного поля.

Преимущества

- нет механического износа, отсутствуют отказы, связанные с состоянием контактов
- отсутствует дребезг контактов и ложные срабатывания
- высокая частота переключений до 3000 Hz
- устойчив к механическим воздействиям

Недостатки - сравнительно малая чувствительность, зависимость индуктивного сопротивления от частоты питающего напряжения, значительное обратное воздействие датчика на измеряемую величину (за счет притяжения якоря к сердечнику).

Емкостные датчики - принцип действия основан на зависимости электрической емкости конденсатора от размеров, взаимного расположения его обкладок и от диэлектрической проницаемости среды между ними.

Для двухобкладочного плоского конденсатора (рис. 7) электрическая емкость определяется выражением:

$$C = \epsilon_0 \epsilon S / h$$

где ϵ_0 - диэлектрическая постоянная; ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость среды между обкладками; S - активная площадь обкладок; h - расстояние между обкладками конденсатора.

Зависимости $C(S)$ и $C(h)$ используют для преобразования механических перемещений в изменение емкости.

Емкостные датчики, также как и индуктивные, питаются переменным напряжением (обычно повышенной частоты - до десятков мегагерц). В качестве измерительных схем обычно применяют мостовые схемы и схемы с использованием резонансных контуров. В последнем случае, как правило, используют зависимость частоты колебаний генератора от емкости резонансного контура, т.е. датчик имеет частотный выход.

Достоинства емкостных датчиков - простота, высокая чувствительность и малая инерционность. Недостатки - влияние внешних электрических полей, относительная сложность измерительных устройств.

Рисунок 7 – Конструкция емкостного датчика

Емкостные датчики применяют для измерения угловых перемещений, очень малых линейных перемещений, вибраций, скорости движения и т. д., а также для воспроизведения заданных функций (гармонических, пилообразных, прямоугольных и т. п.).

Емкостные преобразователи, диэлектрическая проницаемость ϵ которых изменяется за счет перемещения, деформации или изменения состава диэлектрика, применяют в качестве датчиков уровня непроводящих жидкостей, сыпучих и порошкообразных материалов, толщины слоя непроводящих материалов (толщиномеры), а также контроля влажности и состава вещества (рис. 8).

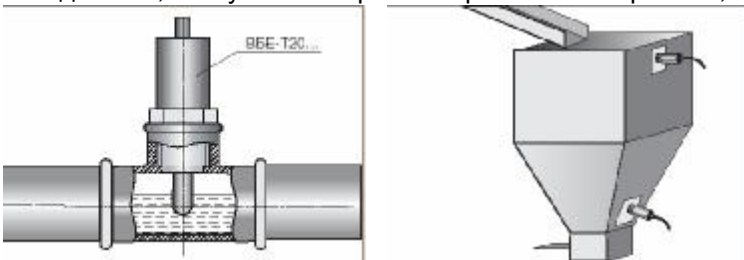
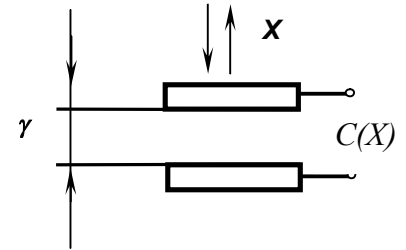


Рисунок 8 – Примеры использования емкостного датчика

(ВВЕ – выключатель бесконтактный емкостной)



Датчики – генераторы

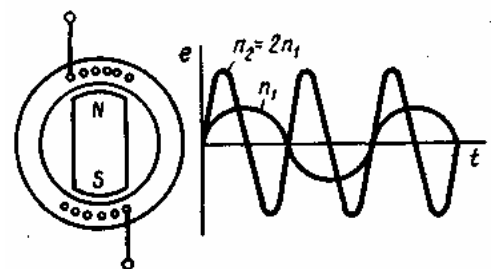
Генераторные датчики осуществляют непосредственное преобразование входной величины X в электрический сигнал. Такие датчики преобразуют энергию источника входной (измеряемой) величины сразу в электрический сигнал, т.е. они являются как бы генераторами электроэнергии (откуда и название таких датчиков - они генерируют электрический сигнал). Дополнительные источники электроэнергии для работы таких датчиков принципиально не требуются (тем не менее дополнительная электроэнергия может потребоваться для усиления выходного сигнала датчика, его преобразования в другие виды сигналов и других целей). Генераторными являются термоэлектрические, пьезоэлектрические, индукционные, фотоэлектрические и многие другие типы датчиков.

Индукционные датчики преобразуют измеряемую неэлектрическую величину в ЭДС индукции. Принцип действия датчиков основан на законе электромагнитной индукции. К этим датчикам относятся тахогенераторы постоянного и переменного тока, представляющие собой небольшие электромашинные генераторы, у которых выходное напряжение пропорционально угловой скорости вращения вала генератора. Тахогенераторы используются как датчики угловой скорости.

Тахогенератор (рис. 9) представляет собой электрическую машину, работающую в генераторном режиме. При этом вырабатываемая ЭДС пропорциональна скорости вращения и величине магнитного потока. Кроме того, с изменением скорости вращения изменяется частота ЭДС.

Применяются как датчики скорости (частоты вращения).

Рисунок 9 – Синхронный тахогенератор



Температурные датчики

В современном промышленном производстве наиболее распространенными являются измерения температуры (так, на атомной электростанции среднего размера имеется около 1500 точек, в которых производится такое измерение, а на крупном предприятии химической промышленности подобных точек присутствует свыше 20 тыс.). Широкий диапазон измеряемых температур, разнообразие условий использования средств измерений и требований к ним определяют многообразие применяемых средств измерения температуры.

Если рассматривать датчики температуры для промышленного применения, то можно выделить их основные классы: кремниевые датчики температуры, биметаллические датчики, жидкостные и газовые термометры, термоиндикаторы, термисторы, термопары, термопреобразователи сопротивления, инфракрасные датчики.

Кремниевые датчики температуры используют зависимость сопротивления полупроводникового кремния от температуры. Диапазон измеряемых температур $-50...+150$ °С. Применяются в основном для измерения температуры внутри электронных приборов.

Биметаллический датчик сделан из двух разнородных металлических пластин, скрепленных между собой. Разные металлы имеют различный температурный коэффициент расширения. Если соединенные в пластину металлы нагреть или охладить, то она изогнется, при этом замкнет (разомкнет) электрические контакты или переведет стрелку индикатора. Диапазон работы биметаллических датчиков $-40...+550$ °С. Используются для измерения поверхности твердых тел и температуры жидкостей. Основные области применения – автомобильная промышленность, системы отопления и нагрева воды.

Термоиндикаторы – это особые вещества, изменяющие свой цвет под воздействием температуры. Изменение цвета может быть обратимым и необратимым. Производятся в виде пленок.

Термопреобразователи сопротивления

Принцип действия термопреобразователей сопротивления (терморезисторов) основан на изменении электрического сопротивления проводников и полупроводников в зависимости от температуры (рассмотрен ранее).

Платиновые терморезисторы предназначены для измерения температур в пределах от -260 до 1100 °С. Широкое распространение на практике получили более дешевые медные терморезисторы, имеющие линейную зависимость сопротивления от температуры. Недостатком меди является небольшое ее удельное сопротивление и легкая окисляемость при высоких температурах, вследствие чего конечный предел применения медных термометров сопротивления ограничивается температурой 180 °С. По стабильности и воспроизводимости характеристик медные терморезисторы уступают платиновым. Никель используется в недорогих датчиках для измерения в диапазоне комнатных температур.

Полупроводниковые терморезисторы (термисторы) имеют отрицательный или положительный температурный коэффициент сопротивления, значение которого при 20 °С составляет $(2...8) \cdot 10^{-2} (^\circ\text{C})^{-1}$, т.е. на порядок больше, чем у меди и платины. Полупроводниковые терморезисторы при весьма малых размерах имеют высокие значения сопротивления (до 1 МОм). В качестве полупров. материала используются оксиды металлов: полупроводниковые терморезисторы типов КМТ - смесь оксидов кобальта и марганца и ММТ - меди и марганца.

Полупроводниковые датчики температуры обладают высокой стабильностью характеристик во времени и применяются для измерения температур в диапазоне от -100 до 200 °С.

Термоэлектрические преобразователи (термопары) - принцип действия термопар основан на термоэлектрическом эффекте, который состоит в том, что при наличии разности температур мест соединений (спаев) двух разнородных металлов или полупроводников в контуре возникает электродвижущая сила, называемая термоэлектродвижущей (сокращенно термо-ЭДС). В определенном интервале температур можно считать, что термо-ЭДС прямо пропорциональна разности температур $\Delta T = T_1 - T_0$ между спаем 1 и концами 2 термопары (рис. 10).

Соединенные между собой концы 1 термопары, погружаемые в среду, температура которой измеряется, называют рабочим концом термопары. Концы 2, которые находятся в окружающей среде, и которые обычно присоединяют проводами к измерительной схеме, называют свободными концами. Температуру этих концов необходимо поддерживать постоянной. При этом условии термо-ЭДС E_T будет зависеть только от температуры T_1 рабочего конца.

$$U_{\text{вых}} = E_T = C(T_1 - T_0),$$

где C – коэффициент, зависящий от материала проводников термопары.

Рисунок 10 – Схема контура термопары

Создаваемая термопарами ЭДС сравнительно невелика: она не превышает 8 мВ на каждые 100 °С и обычно не превышает по абсолютной величине 70 мВ. Термопары позволяют измерять температуру в диапазоне от -200 до 2200 °С.

Наибольшее распространение для изготовления термоэлектрических преобразователей получили платина, платинородий, хромель, алюмель.

Термопары имеют следующие преимущества: простота изготовления и надёжность в эксплуатации,



дешевизна, отсутствие источников питания и возможность измерений в большом диапазоне температур.

Наряду с этим термопарам свойственны и некоторые недостатки - меньшая, чем у терморезисторов, точность измерения, наличие значительной тепловой инерционности, необходимость введения поправки на температуру свободных концов и необходимость в применении специальных соединительных проводов.

Инфрокрасные датчики (пирометры) - используют энергию излучения нагретых тел, что позволяет измерять температуру поверхности на расстоянии. Пирометры делятся на радиационные, яркостные и цветковые.

Радиационные пирометры используются для измерения температуры от 20 до 2500 °С, причем прибор измеряет интегральную интенсивность излучения реального объекта.

Яркостные (оптические) пирометры используются для измерения температур от 500 до 4000 °С. Они основаны на сравнении в узком участке спектра яркости исследуемого объекта с яркостью образцового излучателя (фотометрической лампы).

Цветовые пирометры основаны на измерении отношения интенсивностей излучения на двух длинах волн, выбираемых обычно в красной или синей части спектра; они используются для измерения температуры в диапазоне от 800 °С.

Пирометры позволяют измерять температуру в труднодоступных местах и температуру движущихся объектов, высокие температуры, где другие датчики уже не работают.

Кварцевые термопреобразователи

Для измерения температур от – 80 до 250 °С часто используются так называемые кварцевые термопреобразователи, использующие зависимость собственной частоты кварцевого элемента от температуры. Работа данных датчиков основана на том, что зависимость частоты преобразователя от температуры и линейность функции преобразования изменяются в зависимости от ориентации среза относительно осей кристалла кварца. Данные датчики широко используются в цифровых термометрах.

Пьезоэлектрические датчики

Действие пьезоэлектрических датчиков основано на использовании пьезоэлектрического эффекта (пьезоэффекта), заключающегося в том, что при сжатии или растяжении некоторых кристаллов на их гранях появляется электрический заряд, величина которого пропорциональна действующей силе.

Пьезоэффект обратим, т. е. приложенное электрическое напряжение вызывает деформацию пьезоэлектрического образца - сжатие или растяжение его соответственно знаку приложенного напряжения. Это явление, называемое обратным пьезоэффектом, используется для возбуждения и приема акустических колебаний звуковой и ультразвуковой частоты.

Используются для измерения сил, давления, вибрации и т.д.

Оптические (фотоэлектрические) датчики

Различают *аналоговые* и *дискретные* оптические датчики. У аналоговых датчиков выходной сигнал изменяется пропорционально внешней освещенности. Основная область применения – автоматизированные системы управления освещением.

Датчики дискретного типа изменяют выходное состояние на противоположное при достижении заданного значения освещенности.

Фотоэлектрические датчики могут быть применены практически во всех отраслях промышленности. Датчики дискретного действия используются как своеобразные бесконтактные выключатели для подсчета, обнаружения, позиционирования и других задач на любой технологической линии.

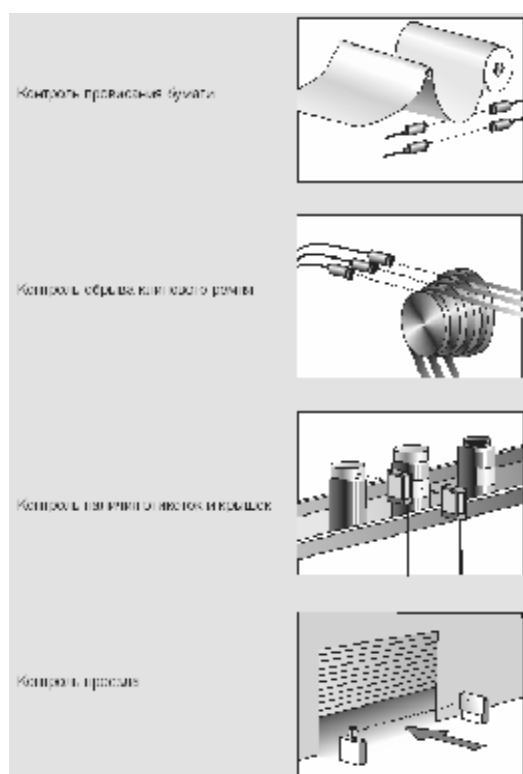
Оптический бесконтактный датчик, регистрирует изменение светового потока в контролируемой области, связанное с изменением положения в пространстве каких-либо движущихся частей механизмов и машин, отсутствия или присутствия объектов. Благодаря большим расстояниям срабатывания оптические бесконтактные датчики нашли широкое применение в промышленности и не только.



Рисунок 11 – Оптический бесконтактный датчик ВБЗ

Оптический бесконтактный датчик состоит из двух функциональных узлов, приемника и излучателя. Данные узлы могут быть выполнены как в одном корпусе, так и в различных корпусах.

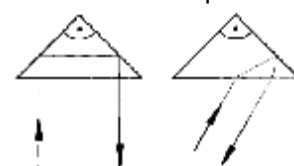
По методу обнаружения объекта фотоэлектрические датчики подразделяются на 4 группы:



1) пересечение луча - в этом методе передатчик и приемник разделены по разным корпусам, что позволяет устанавливать их напротив друг друга на рабочем расстоянии. Принцип работы основан на том, что передатчик постоянно посылает световой луч, который принимает приемник. Если световой сигнал датчика прекращается, в следствии перекрытия сторонним объектом, приемник немедленно реагирует меняя состояние выхода.

2) отражение от рефлектора - в этом методе приемник и передатчик датчика находятся в одном корпусе. Напротив датчика устанавливается рефлектор (отражатель). Датчики с рефлектором устроены так, что благодаря поляризационному фильтру они воспринимают отражение только от рефлектора. Это рефлекторы, которые работают по принципу двойного отражения. Выбор подходящего рефлектора определяется требуемым расстоянием и монтажными возможностями.

Посылаемый передатчиком световой сигнал отражаясь от рефлектора попадает в приемник датчика. Если световой сигнал прекращается, приемник немедленно реагирует, меняя состояние выхода.



3) отражение от объекта - в этом методе приемник и передатчик датчика находятся в одном корпусе. Во время рабочего состояния датчика все объекты, попадающие в его рабочую зону, становятся своеобразными рефлекторами. Как только световой луч отразившись от объекта попадает на приемник датчика, тот

немедленно реагирует, меняя состояние выхода.

4) фиксированное отражение от объекта - принцип действия датчика такой же как и у "отражение от объекта" но более чутко реагирующий на отклонение от настройки на объект. Например, возможно детектирование вздутой пробки на бутылке с кефиром, неполное наполнение вакуумной упаковки с продуктами и т.д.

По своему назначению фотодатчики делятся на две основные группы: датчики общего применения и специальные датчики. К специальным, относятся типы датчиков, предназначенные для решения более узкого круга задач. К примеру, обнаружение цветной метки на объекте, обнаружение контрастной границы, наличие этикетки на прозрачной упаковке и т.д.

Задача датчика обнаружить объект на расстоянии. Это расстояние варьируется в пределах 0,3мм-50м, в зависимости от выбранного типа датчика и метода обнаружения.

Микроволновые датчики

На смену кнопочно - релейным пультам приходят микропроцессорные автоматические системы управления технологическим процессом (АСУ ТП) высочайшей производительности и надежности, датчики оснащаются цифровыми интерфейсами связи, однако это не всегда приводит к повышению общей надежности системы и достоверности ее работы. Причина заключается в том, что сами принципы действия большинства известных типов датчиков накладывают жесткие ограничения на условия, в которых они могут использоваться.

Например, для слежения за скоростью движения промышленных механизмов широко применяются бесконтактные (емкостные и индуктивные), а также тахогенераторные устройства контроля скорости (УКС). Тахогенераторные УКС имеют механическую связь с движущимся объектом, а зона чувствительности бесконтактных приборов не превышает нескольких сантиметров. Все это не только создает неудобства при монтаже датчиков, но и существенно затрудняет использование этих приборов в условиях пыли, которая налипает на рабочие поверхности, вызывая ложные срабатывания. Перечисленные типы датчиков не способны напрямую контролировать объект (например, ленту конвейера) - они настраиваются на движение роликов, крыльчаток, натяжных барабанов и т. д. Выходные сигналы некоторых приборов настолько слабы, что лежат ниже уровня промышленных помех от работы мощных электрических машин.

Аналогичные трудности возникают при использовании традиционных сигнализаторов уровня - датчиков наличия сыпучего продукта. Такие устройства необходимы для своевременного отключения подачи сырья в производственные емкости. К ложным срабатываниям приводит не только налипание и пыль, но и прикосновение потока продукта при его поступлении в бункер. В неотапливаемых помещениях на работу датчиков влияет окружающая температура. Ложные срабатывания сигнализаторов вызывают частые остановки и запуски нагруженного технологического оборудования - основную причину его аварий, приводят к завалам, обрыву конвейеров, возникновению пожаро- и взрывоопасных ситуаций.

Указанные проблемы несколько лет назад привели к разработке принципиально новых типов приборов - радиолокационных датчиков контроля скорости, датчиков движения и подпора, работа которых основана на взаимодействии контролируемого объекта с радиосигналом частотой около 10^{10} Гц.

Использование микроволновых методов контроля за состоянием технологического оборудования позволяет полностью избавиться от недостатков датчиков традиционных типов.

Отличительными особенностями этих устройств являются:

- отсутствие механического и электрического контакта с объектом (средой), расстояние от датчика до объекта может составлять несколько метров;
- непосредственный контроль объекта (транспортной ленты, цепи) а не их приводов, натяжных барабанов и т. д.;
- малое энергопотребление;
- нечувствительность к налипанию продукта за счет больших рабочих расстояний;
- высокая помехоустойчивость и направленность действия;
- разовая настройка на весь срок службы;
- высокая надежность, безопасность, отсутствие ионизирующих излучений.

Принцип действия датчика основан на изменении частоты радиосигнала, отраженного от движущегося объекта. Это явление ("эффект Допплера") широко используется в радиолокационных системах для дистанционного измерения скорости. Движущийся объект вызывает появление электрического сигнала на выходе микроволнового приемо-передающего модуля.

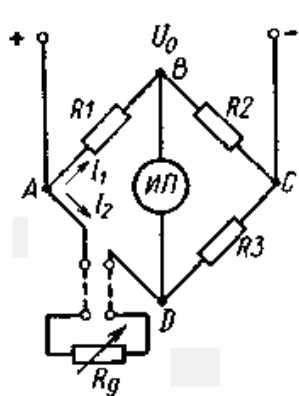
Так как уровень сигнала зависит от свойств отражающего объекта, датчики движения могут использоваться для того, чтобы сигнализировать об обрыве цепи (ленты), наличии на конвейерной ленте каких-либо предметов или материалов. Лента имеет гладкую поверхность и низкий коэффициент отражения. Когда мимо датчика, установленного над рабочей веткой транспортера, начинает двигаться продукт, увеличивая коэффициент отражения, прибор сигнализирует о движении, то есть, фактически о том, что лента не пуста. По длительности выходного импульса можно на значительном расстоянии судить о размере перемещаемых предметов, производить селекцию и т.д. При необходимости заполнить какую-либо емкость (от бункера до шахты) можно точно определить момент окончания засыпки - опущенный на определенную глубину датчик будет показывать движение наполнителя до тех пор, пока не будет засыпан.

Конкретные примеры использования микроволновых датчиков движения в различных отраслях промышленности определяются ее спецификой, но в целом они способны решать самые разнообразные задачи безаварийной эксплуатации оборудования и повысить информативность автоматизированных систем управления.

Схемы включения датчиков

Непосредственное использование выходного сигнала датчика для воздействия на последующие элементы автоматической системы (и даже для непосредственного измерения и сравнения) не всегда возможно. Преобразование выходной величины датчика в удобный для последующего использования осуществляется в измерительных схемах.

Для датчиков с аналоговым выходом широко используют *мостовые, дифференциальные и компенсационные* схемы включения датчиков.



Мостовые схемы применяют преимущественно совместно с датчиками, работа которых основана на изменении активного и реактивного сопротивлений. Простейшая схема моста (рис. 12) состоит из трех постоянных резисторов $R_1 - R_3$ и резисторного датчика R_d , которые составляют плечи моста. Источник напряжения U_0 включен в одну диагональ AC моста, а выходное напряжение моста $U_{\text{вых}}$ снимается с другой его диагонали BD - измерительной, в которую включен измерительный прибор.

Рисунок 12 – Мостовая измерительная схема

Дифференциальная схема состоит из двух смежных контуров, в каждом из которых действует отдельная ЭДС (рис. 13). Измерительный прибор, включаемый в ветвь, общую для обоих контуров, реагирует на разность контурных токов I_1 и I_2 . Когда внешнего воздействия нет, то ЭДС и сопротивления контуров равны, токи I_1 и I_2 равны и ток через прибор равен нулю: $I_{\text{ип}} = 0$. Изменение параметров датчика пропорционально показаниям ИП.

Дифференциальные схемы применяют при необходимости сравнения двух величин или измерения не абсолютного значения контролируемой величины, а ее изменения в некотором диапазоне. По сравнению с мостовой схемой дифференциальная имеет большую чувствительность.

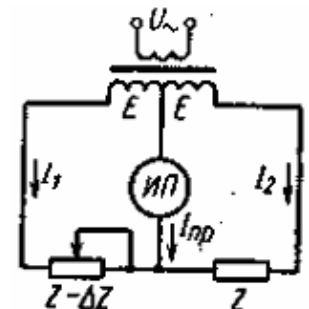
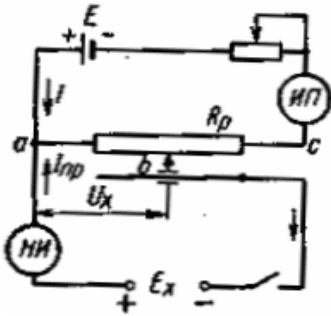


Рисунок 13 - Дифференциальная измерительная схема

Для измерений малых ЭДС, например, создаваемых генераторными датчиками, используется компенсационная схема.



Принцип компенсации заключается в том, что измеряемая ЭДС уравнивается равным и противоположным по знаку падением напряжения, значение которого может быть установлено и определено с высокой точностью. Простейшая компенсационная схема для измерения ЭДС постоянного тока приведена на рис. 14. Основными достоинствами компенсационного метода измерения являются высокая чувствительность (благодаря нулевому методу измерения); отсутствие потребления энергии от исследуемого датчика в момент компенсации.

Рисунок 14 - Компенсационная измерительная схема

Бинарные (двоичные) датчики, которые вырабатывают сигнал только двух уровней: "включено/выключено" называют также бесконтактными выключателями. Бесконтактные выключатели выпускают для работы в цепях постоянного и переменного тока. На рисунке 15 представлены схемы подключения и функции коммутационного элемента датчиков такого типа.

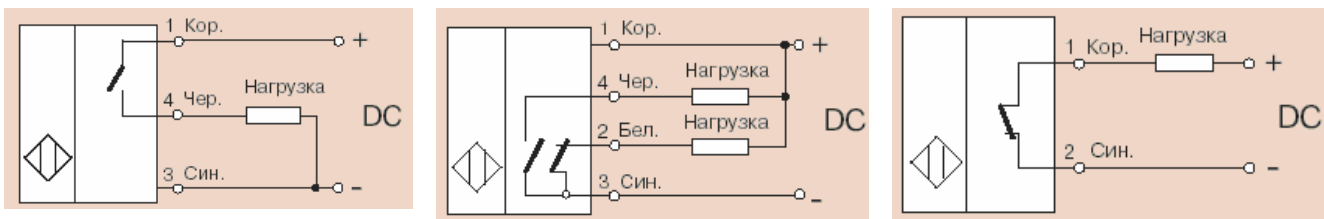


Рисунок 15 -Схемы с тремя или четырьмя выводами

- а) - подключение нагрузки между выходом и минусом питания (PNP-выход), схема с тремя выводами
- б) - подключение нагрузки между выходом и плюсом питания (NPN-выход), схема с четырьмя выводами
- в) - схема подключения с двумя выводами

Функция включения (НО) обеспечивает протекание тока нагрузки при обнаружении объекта воздействия и прерывание протекания тока при отсутствии объекта воздействия.

Функция отключения (НЗ) обеспечивает прерывание протекания тока нагрузки при обнаружении объекта воздействия и протекание тока при отсутствии объекта воздействия.

Функция включения-отключения или переключения («ИЛИ») является комбинированной функцией, включающей в себя как функцию включения, так и функцию отключения.

Программируемая функция - один выход ВБ может программироваться пользователем как функция НО, или как функция НЗ.

Список использованных источников

- 1) Е.М. Гордин, Ю.Ш. Митник, В.А. Тарлинский Основы автоматики и вычислительной техники Москва «Машиностроение», 1978
- 2) Густав Олссон, Джангуидо Пиани Цифровые системы автоматизации и управления СПб.: Невский Диалект, 2001
- 3) В.В.Сазонов Методические указания к выполнению лабораторной работы «Исследование реостатного датчика линейных перемещений»
- 4) Чугайнов Н.Г. Реферат «Температурные датчик», Красноярск 2003
- 5) Федосов А. В. Реферат «Датчики скорости» - Москва 2003
- 6) Д. Н. Шестаков, генеральный директор ООО "ПромРадар" Микроволновые датчики промышленного применения
- 7) Журнал «Современная электроника» 6, 2006
- 8) Каталог предприятия «Сенсор»
- 9) Компоненты OMRON / Фотоэлектрические датчики

Автор статьи: Сергей Никулин

Промышленное освещение: выбираем оптимальную защиту

Вопрос грамотного выбора осветительного оборудования для различных зон жилища давно занимает владельцев частных квартир и домов самого различного масштаба. Действительно, собственников всех мастей очень заботит качество каждого винтика, применяемого в их хозяйстве. Благодаря этому многие «домашне-интерьерные» издания посвящают целые трактаты существующим конструкциям и особенностям люстр, ночников и светильников для ванных комнат. Но не стоит забывать и о той многочисленной категории потребителей освещения, которых с советских времен принято называть «хозяйственниками». Это снабженцы и главные инженеры частных и государственных компаний, принимающие решения о выборе тех или иных осветительных систем для нужд вверенных им производственных и складских помещений. Тем более что решаемая ими задача требует куда более ответственного подхода, нежели подбор настенного светильника, подходящего к люстре.

В рамках данного материала мы затронем только один из аспектов комплектации промышленного освещения, а именно выбор оборудования для помещений с неустойчивыми внутренними средами. Несмотря на угрожающе отдаленное от повседневной практики название, эта категория производственных интерьеров весьма обширна. Например, сюда входят помещения с открытыми водными поверхностями, зоны повышенного выделения пыли и аэрозолей, камеры химической и лакокрасочной обработки и даже обычные зоны, располагающиеся под навесами на открытом воздухе. Под неустойчивой средой подразумевается наличие в воздухе, окружающем светильники, паров либо частиц различных веществ, не характерных для так называемых «нормальных сред», имеющих место в обычных закрытых отапливаемых помещениях общего назначения.



Любое оборудование в таких зонах, в том числе осветительное, помимо своих основных функций должно обладать невосприимчивостью к условиям окружающей его среды. Это означает, что воздействие находящихся в воздухе частиц не должно приводить к нарушению работоспособности устройства, к созданию взрыво- и пожароопасных ситуаций либо к появлению угрозы для жизни и здоровья работающих в помещении людей. Степень защиты оборудования от воздействия сред регламентируется нормами МЭК, на которых основаны различные национальные стандарты (включая российские).

Защита электротехнических устройств (к которым относятся также и светильники) от попадания внутрь корпуса пыли и влаги характеризуется двумя цифрами так называемого индекса IP (International Protection). Данные о соответствии уровней защиты цифровым обозначениям приведены в таблице.

Степени защиты светильника от пыли и воды тесно связаны, так как обычно обеспечиваются за счет одних и тех же конструктивных приемов (например, уплотнения корпуса). Для рассматриваемой категории помещений наибольший интерес представляют модели с IP от 23 до 65 (при этом не будем забывать, что это не обычные десятичные числа и, например, защита IP40 оказывается хуже, чем IP33).

На первый взгляд выбор подходящего светильника не вызывает никаких затруднений. Действительно, в нормах освещения явным образом указаны минимально необходимые в каждом случае индексы IP (например, IP23 для ванных, душевых, умывальных и моечных комнат и бассейнов). Однако настоящего хозяина должен интересовать не столько формальный подход к проблеме, сколько «тонкости» тех или иных разновидностей осветительных приборов, а значит, и целесообразность их применения в том или ином случае.

Таблица. Степени защиты светильников согласно индексу IP

Первая цифра	Описание	Вторая цифра	Описание
0	Защита отсутствует	0	Защита отсутствует
1	Защита от твердых объектов размером более 50 мм	1	Защита от вертикально падающих капель воды
2	Защита от твердых объектов размером более 12 мм	2	Защита от капель воды, падающих под углом до 15°
3	Защита от твердых объектов размером более 2,5 мм	3	Защита от водяной пыли
4	Защита от твердых объектов размером более 1,0 мм	4	Защита от брызг
5	Защита от пыли	5	Защита от струй воды
6	Пыленепроницаемое исполнение	6	Защита от потока воды
7		7	Возможность кратковременного погружения в воду
8		8	Возможность длительного нахождения в воде

Одним из классических и к тому же сравнительно недорогих решений в области влагозащищенного освещения являются светильники с люминесцентными лампами, у которых защищены (уплотнены) лишь зоны патронов. Подобные модели, представленные у многих отечественных и иностранных производителей, обычно имеют IP не более 44, благодаря чему подходят для многих применений. Существует, тем не менее, несколько моментов, заставляющих относиться к этому виду светильников с некоторой осторожностью. Например, нетрудно заметить, что конструкция прибора такова, что лампа вынесена из корпуса светильника, а значит, индекс IP указывает нам лишь на защиту от пыли и влаги элементов, находящихся в корпусе (балласт, конденсатор, стартер...), но не самой лампы. Это означает, что пыль может свободно оседать на колбе лампы, заметно ухудшая световые характеристики осветительной установки.



Традиционно светильники с открытыми лампами не содержат отражателей, благодаря чему световой поток лампы равномерно распределяется во все (нужные и ненужные) стороны. Для достижения наибольшей эффективности светильника рекомендуется устанавливать в нем весьма редкие рефлекторные лампы, которые к тому же заметно дороже обычных. Это дополнительно снижает ценовую привлекательность такого решения.

Третья особенность открытых уплотненных светильников исключительно эксплуатационная, не всегда заметная заранее. Собственно уплотненные детали (кольца для ламповых патронов и крышки для стартеров) имеют обыкновение теряться даже при аккуратном обслуживании, а при случайном падении с высоты всего 4 м легко разбиваются. Стоит ли говорить, что без этих элементов светильник полностью теряет свои влагозащитные свойства.

Ради справедливости необходимо упомянуть модификацию светильников этого типа, в которой решены все три указанные выше эксплуатационные проблемы. В данном случае лампа вынесена из корпуса в специальном герметичном отсеке. Светильники этой группы, которые можно условно отнести к классу hi-end,



содержат встроенный в этот отсек зеркальный параболический отражатель, что снимает необходимость в специальных лампах с отражателем и позволяет направлять световой поток в пространстве путем поворота надеваемого на лампу отсека относительно его оси.

Несколько более дорогой и качественной альтернативой описанному решению являются закрытые модели светильников с прозрачными рассеивателями из различных пластмасс. Корпуса подобных приборов изготавливаются из металла либо поликарбоната, а элементы электрической схемы обычно находятся на съемном металлическом элементе, который может служить и отражателем. Такая конструкция свободна от недостатков светильников с открытыми лампами, причем обеспечивает более высокий IP: от 54 до 66.



Пылевлагозащищенные люминесцентные светильники с рассеивателями составляют основу оптимального ассортимента для рассматриваемых помещений. Благодаря своей универсальности и удобству обслуживания разновидности этих моделей можно обнаружить в каталогах практически любых производителей «технологического» осветительного оборудования. Вместе с тем, даже такая

сравнительно несложная конструкция имеет ряд нюансов, которые необходимо учитывать при выборе «бренда» изготовителя.



Для светильников, корпуса которых изготовлены из окрашенного металла, повышенную важность имеет качество краски и ее нанесения. При прочих равных показателях срок службы такого прибора будет заведомо меньше, чем у модели с пластмассовым корпусом. Например, при постоянной эксплуатации в условиях влажности воздуха близкой к 100% может наблюдаться деградация даже качественного нитроэмалевого покрытия. В первую очередь повреждению будет подвергаться покрытие тех частей корпуса, которые напрямую контактируют со съемными и подвижными частями светильника (например, с рассеивателем). По этой и другим причинам ведущие иностранные производители выпускают уплотненные светильники только с пластмассовыми (обычно поликарбонатными) корпусами.

Второй элемент конструкции, качество которого напрямую влияет на характеристики светильника, — рассеиватель. В данном случае наиболее важным показателем является хрупкость материала, из которого он изготовлен. Применяемый многими производителями традиционный для люминесцентных светильников полиметакрилат метила (PMMA) вряд ли можно признать удачным решением. Сделанные из него рассеиватели крайне легко повреждаются даже при обычных манипуляциях по замене ламп, причем малейшая образовавшаяся трещина нарушает защищенность светильника и его компонентов от влаги. Намного лучше зарекомендовали себя рассеиватели, изготовленные из полиэтилена (PE) и поликарбоната (PC). В последнем случае светильник может дополнительно приобрести защиту от механических воздействий (ударопрочность).

В отличие от моделей для освещения общественных зданий, рассеиватель уплотненного светильника не несет на себе практически никакой эстетической нагрузки. Строго говоря, его функции способен выполнять обыкновенный защитный колпак из прозрачной пластмассы. Однако для некоторого улучшения внешнего вида, а также для снижения слепящего действия прямого света ламп на его поверхность наносят различные призматические либо сферические узоры (эффект «запотевшего стекла»). Для того чтобы определить, ответственно ли производитель подошел к проработке конструкции, достаточно посмотреть, с какой стороны рассеивателя нанесены узоры (а они должны быть внутри). Если рифление стекла выполнено снаружи, такой светильник практически не подлежит чистке, а по мере засорения ложбинок в стекле его придется выбросить. Применение рассеивателей из белого (молочного) оргстекла также нельзя признать целесообразным, так как это существенно снижает КПД светильника по световому потоку.

Даже самый качественный рассеиватель не всегда может «спасти положение» в части защиты корпуса от взаимодействия с внешней средой. Дело в том, что между корпусом и рассеивающим элементом присутствует «посредник» в виде уплотнительной прокладки. В качественном светильнике уплотнитель обязательно должен быть прочно закреплен по всему периметру прилегания защитного стекла к корпусу, в противном случае он просто выпадет или приведет к разрушению рассеивателя при первом же обслуживании. Имеет значение и материал, из которого изготовлена прокладка. Известные производители используют исключительно плотную резину, не крошащуюся и не рассыхающуюся со временем и от воздействия температуры (до 80 °С). Все остальные варианты, включая мягкое пенополиуретановое (поролонное) уплотнение, как правило, оказываются недолговечны, и степень защиты светильника быстро снижается по мере эксплуатации.

Помимо типа рассеивателя на светораспределение уплотненного светильника влияют свойства отражателя. Хотя в данном качестве может выступать и окрашенная в белый цвет внутренняя поверхность корпуса, наибольшей эффективностью обладают приборы с отражателями в виде отдельных элементов. Наряду с обычной окрашенной в белый цвет сталью, для их изготовления применяются нержавеющие металлы с зеркальной или направленно отражающей поверхностью, а также металлизированные термостойкие пластмассы. В последнем случае дополнительно достигается снижение общего веса светильника.

Все вышеописанные приемы формирования светораспределения позволяют получить одну из разновидностей светового прибора рассеянного света. Вместе с тем в промышленных условиях часто приходится размещать светильники на большой высоте (4 м и более), при которой рассеянный свет неэффективен. Специально для этих целей выпускаются уплотненные светильники класса hi-end, содержащие внутри корпуса не только зеркальный отражатель, но и зеркальную решетку, аналогичную применяемой в офисных светильниках. Это позволяет сформировать направленную кривую силы света, эффективную и в высоких помещениях.

К заслуживающим внимания конструктивным особенностям закрытых светильников можно также отнести исполнение внутренней части корпуса. Традиционно балласты, конденсаторы, стартерные и ламповые

патроны устанавливаются на внутренней стороне общего металлического основания, внешняя поверхность которого служит отражателем. Для обслуживания электрической схемы светильника необходимо временно демонтировать это основание, что при работе на высоте трех и более метров затруднительно. Наиболее продуманные модели светильников содержат приспособления для подвеса демонтированного основания к корпусу в виде металлических цепочек либо эластичных полимерных креплений. Следует помнить, что последние при длительном нагреве от работающих ламп и балластов могут потерять эластичность и таким образом со временем утратить свои функции.

Выбор конкретного типа защищенных светильников для каждого применения необходимо производить с учетом специфики характерной окружающей среды. Например, для условий открытого воздуха важны теплоизоляционные свойства светильника, обеспечивающие устойчивую работу лампы при низких температурах окружающей среды. В помещениях с повышенной влажностью помимо индекса IP важное значение имеет также электробезопасность (защита от поражения человека электрическим током). Это свойство светильников описывается одним из трех классов безопасности, имеющих рекомендованные области применения.



При наличии в воздухе паров химически агрессивных веществ (кислот, щелочей или органических растворителей) для освещения применяют закрытые светильники с полностью пластмассовыми корпусами, проверенными на устойчивость к конкретным видам паров. Надо также помнить, что во взрывоопасных средах обычный индекс защиты по IP не гарантирует безопасной работы оборудования, и выбирать следует только специальные светильники, имеющие соответствующую маркировку взрывозащиты (ExEd).

В качестве общей рекомендации можно отметить, что указанные в нормах освещения индексы IP для различных помещений являются лишь минимально допустимыми. Это означает, что при требовании установки светильников с IP23 вместо них можно выбрать и модель с IP54 или IP65. Факторами, влияющими на такой выбор, являются, с одной стороны, рост цены с повышением IP, а с другой — возможность некоторого снижения расчетного коэффициента запаса освещенности (а значит, и количества светильников) при меньшем их загрязнении вследствие лучшей защиты.

*Автор статьи: Александр Фомин
(по материалам журнала “Цоколь”)*

**Лучше всего книги читать не согнувшись у монитора,
а лежа на любимом диване!**

"Золотая коллекция электротехнической литературы"

Подробные аннотации на 300 книг электротехнической тематики.

Четырнадцать тематических разделов: новинки, популярные, учебники, проектирование электрооборудования и систем электроснабжения, нормы и правила, монтаж, эксплуатация, справочники, сети и системы, энергосбережение, охрана труда, релейная защита, транспорт, классика.

Постоянные обновления всех разделов! Удобная система поиска!

[Узнать подробнее!](#)

Измерение сопротивления заземления. Понимание процесса

ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Под термином *заземление* подразумевается электрическое подключение какой-либо цепи или оборудования к земле. Заземление используется для установки и поддержания потенциала подключенной цепи или оборудования максимально близким к потенциалу земли. Цепь заземления образована проводником, зажимом, с помощью которого проводник подключен к электроду, электродом и грунтом вокруг электрода.

Заземление широко используется с целью электрической защиты. Например, в осветительной аппаратуре заземление используется для замыкания на землю тока пробоя, чтобы защитить персонал и компоненты оборудования от воздействия высокого напряжения.

Низкое сопротивление цепи заземления обеспечивает стекание тока пробоя на землю и быстрое срабатывание защитных реле. В результате постороннее напряжение как можно быстрее устраняется, чтобы не подвергать его воздействию персонал и оборудование.

Чтобы наилучшим образом фиксировать опорный потенциал аппаратуры в целях ее защиты от статического электричества и ограничить напряжения на корпусе оборудования для защиты персонала, идеальное сопротивление цепи заземления должно быть равно нулю. Из дальнейшего описания станет ясно, что на практике этого добиться невозможно.

Достаточно низкие, но не предельные, значения сопротивления заданы в последних стандартах безопасности NEC®, OSHA и др.

СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕГО ЭЛЕКТРОДА

На рис.1 показан заземляющий штырь. Его сопротивление определяется следующими компонентами:

(А) сопротивление металла штыря и сопротивление контакта проводника со штырем;

(Б) сопротивление контакта штыря с грунтом;

(В) сопротивление поверхности земли протекающему току, иначе говоря, сопротивление земли, которое часто является самым важным из перечисленных слагаемых.

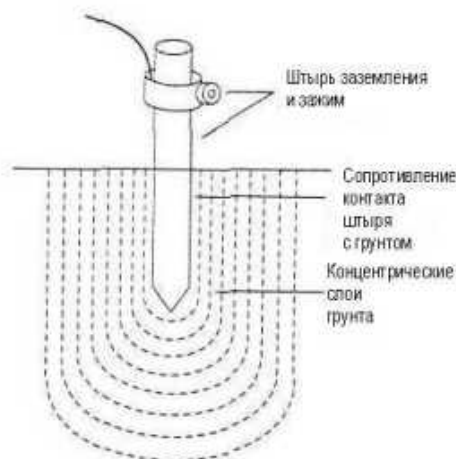


Рис. 1

Подробнее:

(А) Обычно заземляющий штырь делается из хорошо проводящего металла (полностью медный штырь или с медным покрытием) и клеммой соответствующего качества, поэтому сопротивлением штыря и его контакта с проводником можно пренебречь.

(Б) Национальное бюро стандартизации показало, что сопротивлением контакта электрода с грунтом можно пренебречь, если электрод плотно вбит и на его поверхности нет краски, масла и подобных веществ.

(В) Остался последний компонент – сопротивление поверхности грунта. Можно представить, что электрод окружен концентрическими слоями грунта одинаковой толщины. Ближний к электроду слой имеет наименьшую поверхность, но наибольшее сопротивление. По мере удаления от электрода поверхность слоя увеличивается, а его сопротивление уменьшается. В конечном счете, вклад сопротивления удаленных слоев в сопротивление поверхности грунта становится незначительным. Область, за пределами которой сопротивлением слоев земли можно пренебречь, называется областью эффективного сопротивления. Ее размер зависит от глубины погружения электрода в грунт.

Теоретически сопротивление земли можно определить общей формулой: $R = \rho L / A$ (Сопротивление = Удельное сопротивление x Длина / Площадь)

Эта формула объясняет, почему уменьшается сопротивление концентрических слоев по мере их удаления от электрода:

$R = \rho \times \text{Толщина слоя} / \text{Площадь}$

При вычислении сопротивления земли удельное сопротивление грунта считают неизменным, хотя это редко встречается в практике. Формулы сопротивления земли для систем электродов очень сложны и при этом зачастую позволяют вычислять сопротивление лишь приблизительно. Наиболее часто используется формула сопротивления заземления для случая одного электрода, полученная профессором Дуайтом (H. R. Dwight) из Массачусетского технологического института:

$$R = \rho / 2\pi L \times ((\ln 4L) - 1) / r$$

$R =$, где R – сопротивление заземления штыря в омах, L – глубина заземления электрода, r – радиус электрода, ρ - среднее удельное сопротивление грунта в Ом·см.

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРОВ ЭЛЕКТРОДА И ГЛУБИНЫ ЕГО ЗАЗЕМЛЕНИЯ



Рис. 2

Влияние размера: увеличение диаметра штыря уменьшает сопротивление заземления незначительно. Удвоение диаметра снижает сопротивление меньше, чем на 10% (см. рис.2).

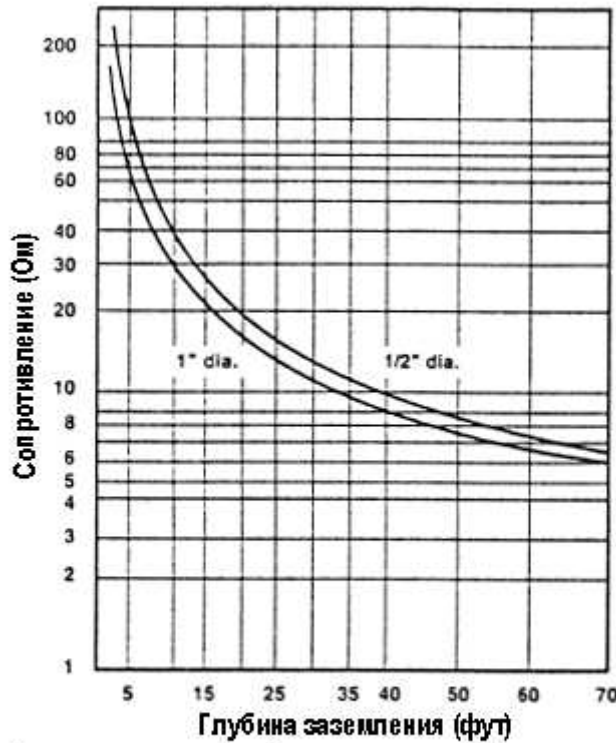
Влияние глубины заземления штыря: сопротивление заземления уменьшается с увеличением глубины. Теоретически при удвоении глубины сопротивление уменьшается на 40 %. Стандарт NEC (1987, 250-83-3) предписывает заземлять штырь минимум на 8 футов (2,4 м) для обеспечения хорошего контакта с землей (см. рис.3). В большинстве случаев штырь, заземленный на 10 футов (3 м), удовлетворяет требованиям NEC.

Минимальный диаметр стального штыря равен 5/8 дюйма (1,59 см), а медного или покрытого медью стального штыря — равен 1/2 дюйма (1,27 см) (NEC 1987, 250-83-2).

На практике минимальный диаметр 3 м штыря заземления равен:

- 1/2 дюйма (1,27 см) для обычного грунта,

- 5/8 дюйма (1,59см) для сырого грунта,
- 3/4 дюйма (1,91 см) для твердого грунта или для штыря длиннее 10 футов.



Сопротивление устройства заземления в виде электрода в зависимости от глубины его заземления

Рис. 3

ВЛИЯНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА

Приведенная выше формула Дуайта показывает, что сопротивление заземления зависит не только от глубины и площади поверхности электрода, но и от удельного сопротивления грунта. Оно является главным фактором, который определяет сопротивление заземления и глубину заземления штыря, какая потребуется для обеспечения малого сопротивления. Удельное сопротивление грунта сильно изменяется в зависимости от района земного шара и времени года. Оно в значительной степени зависит от содержания в почве электропроводящих минералов и электролитов в виде воды с растворенными в ней и солями. Сухая почва, не содержащая растворимых солей, имеет высокое сопротивление (см. рис. 4).

Рис. 4

Почвы	Удельное сопротивление, Ом·см		
	Мин.	Среднее	Макс.
Зольные почвы, шлаки, засоленные почвы, пустынные	590	2370	7000
Глины, глинистые сланцы, илистая, суглинок	340	4060	16000
Те же с песком или гравием	1020	15 800	135000
Гравий, песок, камни с небольшим количеством глины или суглинка	59000	94000	458000

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА УДЕЛЬНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ГРУНТА

Два типа почвы в сухом виде могут стать фактически изоляторами с удельным сопротивлением более 109 Ом · см. Как можно видеть в таблице на рис 5, сопротивление образца почвы изменяется весьма быстро при увеличении содержания влаги в ней приблизительно до 20%.

Рис. 5

Содержание влаги, %	Удельное сопротивление, Ом·см	
	Земля	Песчаный суглинок
0	>109	>109
2,5	250000	150000
5	165000	43000
10	53000	18500
15	19000	10500
20	12000	6300
30	6400	4200

Удельное сопротивление почвы, также, зависит от температуры. Рис. 6 показывает, как меняется удельное сопротивление песчаного суглинка с содержанием влаги 12,5% при изменении температуры от +20 до -15°С. Как можно видеть, удельное сопротивление изменяется от 7200 до 330 000 Ом-сантиметров.

Рис. 6

Температура, °С	Температура по Фаренгейту, F	Удельное сопротивление, Ом·см
20	68	7200
10	50	9900
0	32(вода)	13800
0	32(лед)	30000
-5	23	79000
-15	14	330000

Поскольку удельное сопротивление грунта сильно зависит от температуры и содержания влаги, разумно считать, что сопротивление устройства заземления будет зависеть от времени года. Такие изменения показаны на рис.7. Поскольку стабильность температуры почвы и содержания в ней влаги улучшается по мере удаления от поверхности, то система заземления будет эффективна в любое время, если штырь вбит на значительную глубину. Отличные результаты получаются, когда штырь достигает уровня воды.

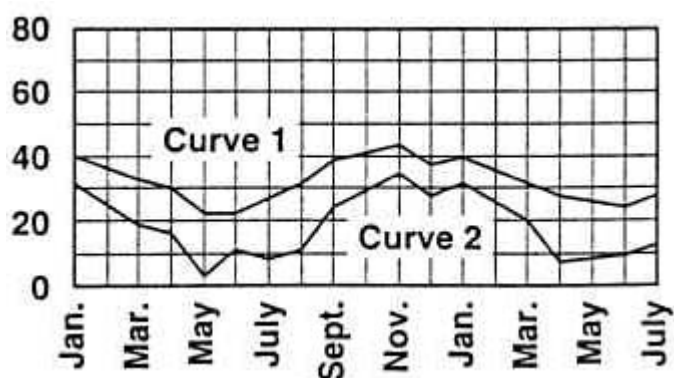


Рис. 7 Сезонные изменения сопротивления заземления водопроводной трубы диаметром 3/4 дюйма в каменистом грунте. Кривая 1 – заглубление трубы 3 фута, кривая 2 – 10 футов.

В некоторых случаях удельное сопротивление грунта настолько велико, что для получения низкого сопротивления заземления требуется сложное устройство и значительные затраты. В этих случаях оказывается более экономичным использовать заземленный штырь небольших размеров и снижать сопротивление заземления, периодически повышая содержание растворимых веществ в почве вокруг электрода. Рисунок 8 показывает существенное уменьшение сопротивления песчаного суглинка при увеличении содержания в нем соли.

Рис. 8

Влияние содержания соли в грунте на его удельное сопротивление (песчаный суглинок, содержание воды 15% от веса, температура 17°C)	
Количество добавленной соли (% от веса воды)	Удельное сопротивление (Ом-сантиметров)
0	1800
0,1	460
1,0	190
5	130
10	120
20	10700

На рис. 9 показана зависимость удельного сопротивления грунта, пропитанного раствором соли, от температуры. Конечно, если используется пропитка грунта соляным раствором, штырь заземления должен быть защищен от химической коррозии.

Рис. 9

Влияние температуры на удельное сопротивление грунта, содержащего соль (песчаный суглинок, 20% воды, 5% соли от веса воды)	
Температура, °C	Удельное сопротивление, Ом-см
20	142
10	190
0	312
- 5	1440
- 13	110

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДА НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Чтобы помочь инженеру приблизительно определить глубину заглабления электрода, необходимую для получения заданного сопротивления устройства заземления, можно воспользоваться так называемой Номограммой заземления. Она показывает, что для получения сопротивления заземления 20 Ом на грунте с удельным сопротивлением 10000 Ом-сантиметров, потребуется дюймов заглубить на 20 футов штырь диаметром 5/8.

Работа с Номограммой заземления

1. Выберите необходимое сопротивление по шкале R.
2. Отметьте на шкале P точку удельного сопротивления грунта.
3. Проведите прямую линию через точки на шкале R и P до шкалы K.
4. Отметьте точку на шкале K.
5. Выберите диаметр штыря и проведите прямую линию до шкалы D через точки на шкале DIA и на шкале K.
6. Пересечение этой прямой с линией шкалы D покажет величину заглабления штыря, необходимую для того, чтобы обеспечить выбранное вначале сопротивление заземления.

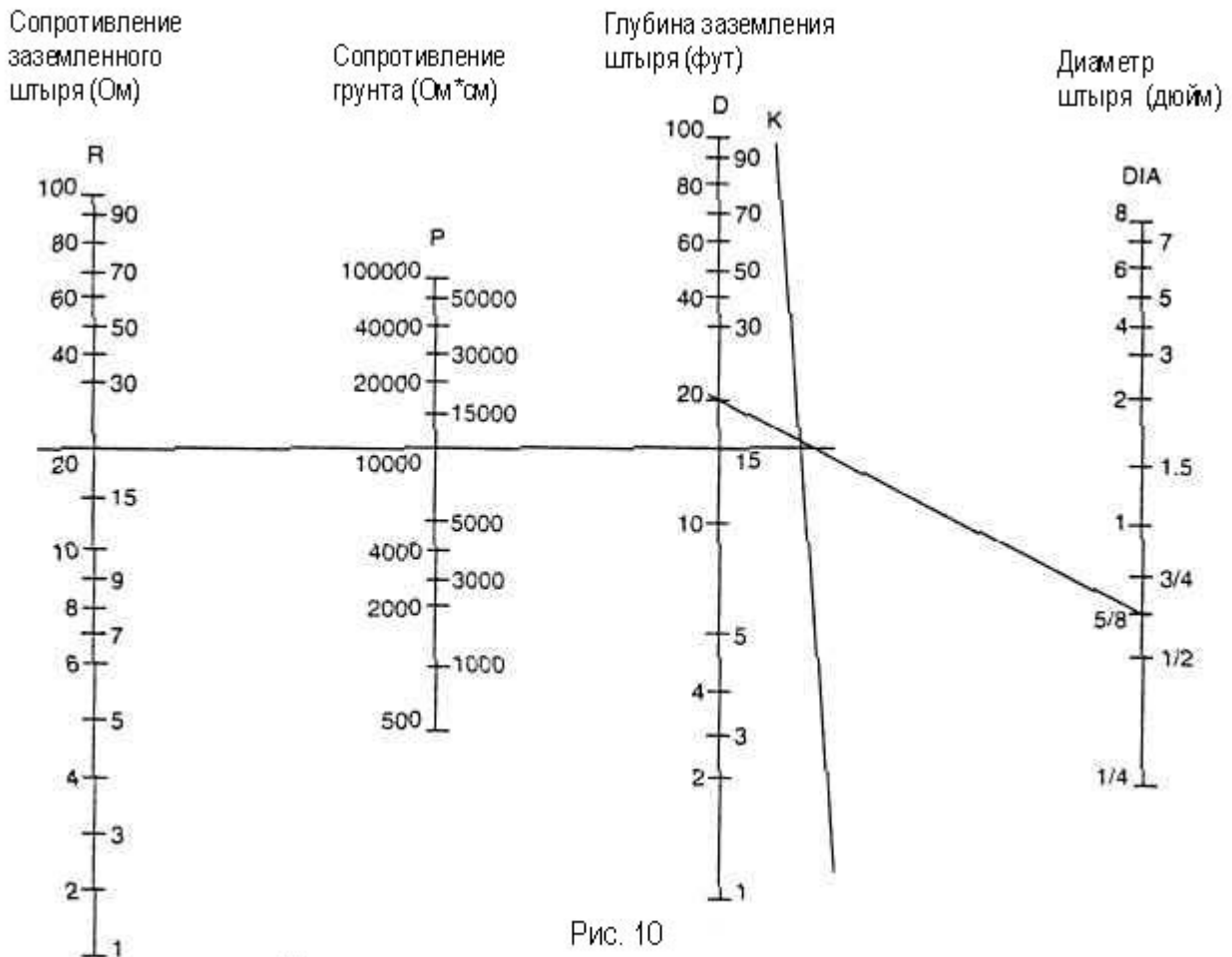


Рис. 10
Номограмма для расчета заземления в виде штыря

ЗНАЧЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

В разделе «Сопротивление искусственных электродов» стандарта NEC ® 250-84 (1987) написано: «Если один электрод в виде штыря, трубы или пластины не обеспечивает сопротивление равное или меньшее, чем 25 Ом, то необходимо применить дополнительно любое из устройств, описанных в части 250-83. Где бы ни устанавливалась группа штырей, труб или пластин, указанный раздел требует, чтобы расстояние между ними было не менее 1,8 м.»

Национальный кодекс по электричеству (NEC® — National Electrical Code) устанавливает, что сопротивление заземления не должно быть больше 25 Ом. Эта директива является верхней границей и во многих случаях требуется гораздо меньшее значение.

Возникает вопрос: «Насколько низким должно быть значение сопротивления заземления?» Трудно назвать конкретное количество Ом. Низкое сопротивление заземления обеспечивает большую защиту персонала и оборудования. Поэтому стоит стремиться сделать его меньше одного Ом. Однако, было бы непрактично добиваться такого низкого значения сопротивления по всей сети распределения и передачи электроэнергии или на малых подстанциях. В некоторых регионах можно получить без значительных усилий значение 5 Ом. В других — трудно достигнуть и 100 Ом сопротивления заземления.

Стандарты, принятые в промышленности, устанавливают, что передающая электроэнергию подстанция должна обеспечивать сопротивление заземления, не превышающее одного Ом. Для подстанций, распределяющих электроэнергию, рекомендуется сопротивление заземления не выше 5 и даже 1 Ом. На большинстве подстанций требуемое значение сопротивления может обеспечить система заземления в виде решетки.

В сетях электроосвещения или на узлах связи часто приемлемым значением считается 5 Ом. Если в сетях электроосвещения применяется громоотвод, то он должен подключаться к цепи заземления с сопротивлением не больше одного Ом.

Именно такие значения сопротивления заземления, вытекающие из теории, обычно и применяются на практике. Однако всегда существуют случаи, когда очень трудно обеспечить сопротивление заземления, удовлетворяющее стандарту NEC ® или другим стандартам безопасности. Для этих случаев существует несколько методов уменьшения сопротивления заземления. В их числе система из параллельно соединенных электродов, система с глубоким заземлением составных электродов и химическая обработка грунта. Кроме того, в других публикациях обсуждается заземление в виде закопанных пластин, проводников (электрический противовес), в виде подключения к стальным конструкциям зданий и арматуре железобетонных конструкций.

Низкое сопротивление заземления может обеспечить подключение к трубам систем водо- и газоснабжения. Однако, применение с недавнего времени неметаллических труб и непроводящих стыков между трубами сделали проблематичным или вовсе невозможным обеспечить в этом случае низкое сопротивление заземления.

Для измерения сопротивления заземления требуются специальные приборы. Большинство из них используют принцип падения потенциала, созданного переменным током (AC – alternative current) протекающим между вспомогательным и проверяемым электродом. Измерение проводится в омах и показывает сопротивление между заземленным электродом и окружающей его землей. В числе приборов CA® недавно появились измерители сопротивления заземления, применяющие клещи тока.

Примечание. National electric code ® и NEC ® являются зарегистрированными торговыми марками Национальной противопожарной ассоциации (National Fire Protection Association).

ПРИНЦИП ИЗМЕРЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЕНИЯ

(Принцип падения потенциала, 3-точечная схема.)

Вольтметром измеряется напряжение между штырями X и Y и амперметром — ток, протекающий между штырями X и Z (см. рис. 11).

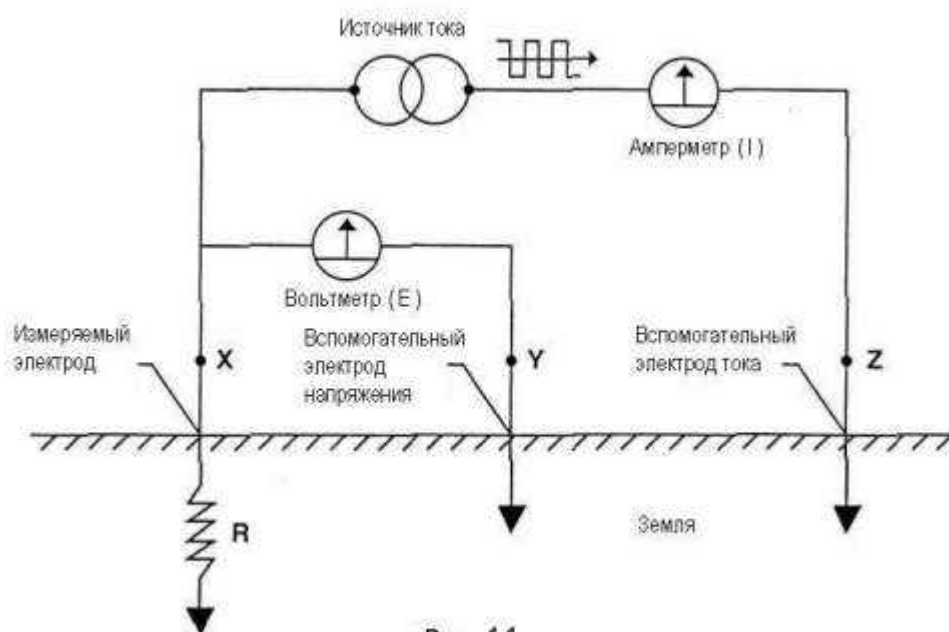


Рис. 11

(Заметьте, что точки X,Y и Z соответствуют точкам X,P и C прибора, работающего по 3-точечной схеме или точкам C1,P2 и C2 прибора, работающего по 4-точечной схеме.)

Пользуясь формулами закона Ома $E = R I$ или $R = E / I$, мы можем определить сопротивление заземления электрода R. Например, если $E = 20$ В и $I = 1$ А, то: $R = E / I = 20 / 1 = 20$ Ом

При использовании тестера заземления не потребуется производить эти вычисления. Прибор сам сгенерирует необходимый для измерения ток и прямо покажет значение сопротивления заземления.

ПОЛОЖЕНИЕ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ

Для точного измерения сопротивления заземления размещать вспомогательный электрод тока Z достаточно далеко от измеряемого электрода для того, чтобы потенциал на вспомогательном электроде напряжения Y измерялся за пределами зон эффективного сопротивления как проверяемого электрода X, так и вспомогательного электрода тока Z. Наилучшим способом проверить, находится ли электрод за пределами зон эффективного сопротивления остальных электродов, будет проводить измерения, меняя его местоположение. Если вспомогательный электрод напряжения Y находится в зоне эффективного сопротивления одного из остальных электродов (или одновременно в обеих зонах, если зоны перекрываются), то при смене его местоположения показания прибора будут значительно меняться и в этом случае нельзя точно определить сопротивление заземления (см. рис 12).

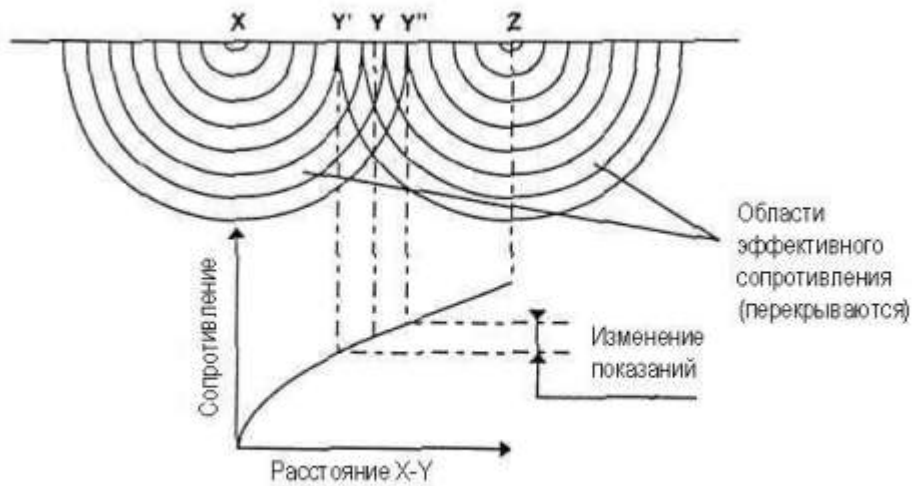


Рис. 12

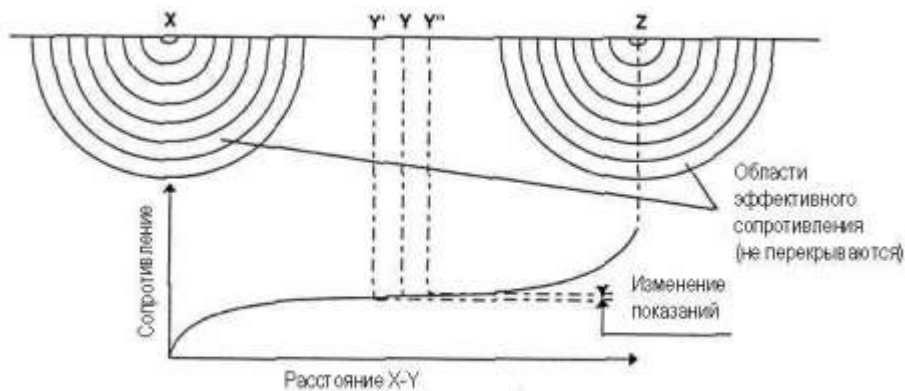


Рис. 13

С другой стороны, если вспомогательный электрод напряжения Y расположен за пределами зон эффективного сопротивления (рис. 13), то при его перемещении показания будут изменяться незначительно. Это и есть наилучшая оценка сопротивления заземления электрода X . Результаты измерения лучше изобразить на графике, чтобы убедиться, что они находятся на почти горизонтальном участке кривой, как показано на рис.13. Часто расстояние от этого участка до проверяемого электрода равно приблизительно 62% расстояния от вспомогательного электрода тока до проверяемого электрода.

ИЗМЕРЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ ЗАЗЕМЛЕННОГО ЭЛЕКТРОДА (Метод 62-х процентов)

Метод 62% был принят после изучения графиков и практических проверок. Этот метод обеспечивает наибольшую точность при условии однородности грунта.

Этот метод применяется, если проверяемое устройство заземления и два вспомогательных электрода можно расположить в линию и когда проверяемое устройство заземления состоит из одного штыря, одной трубы, одной пластины и т.п., как показано на рис. 14.

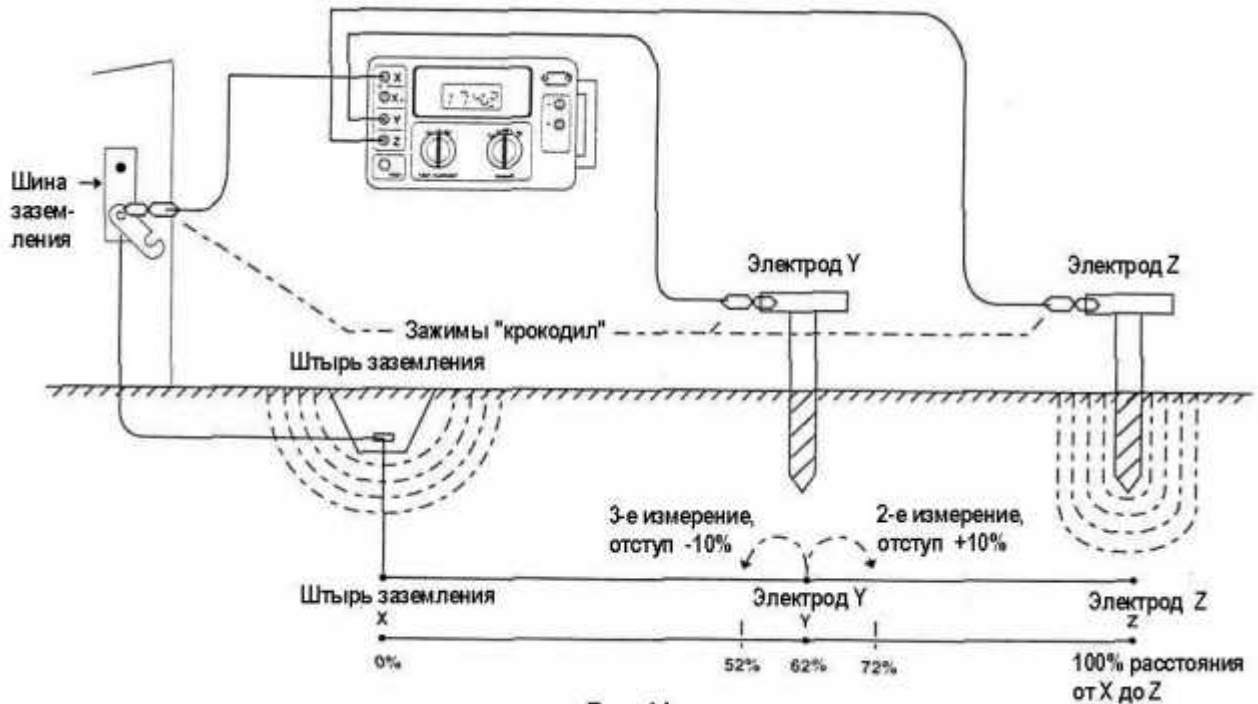


Рис. 14

На рис. 15 показано, что зоны эффективного сопротивления (группа концентрических поверхностей вокруг штырей) проверяемого электрода X и вспомогательного электрода тока Z перекрываются. Если переместить электрод потенциала Y по направлению к электроду X или Z и повторить измерение, то показания будут сильно различаться и измеренное значение будет неприемлемо далеко от истинного сопротивления заземления. Области эффективного сопротивления пересекаются и это приводит к тому, что измеренное значение сопротивления возрастает по мере удаления электрода X от проверяемого электрода Y.

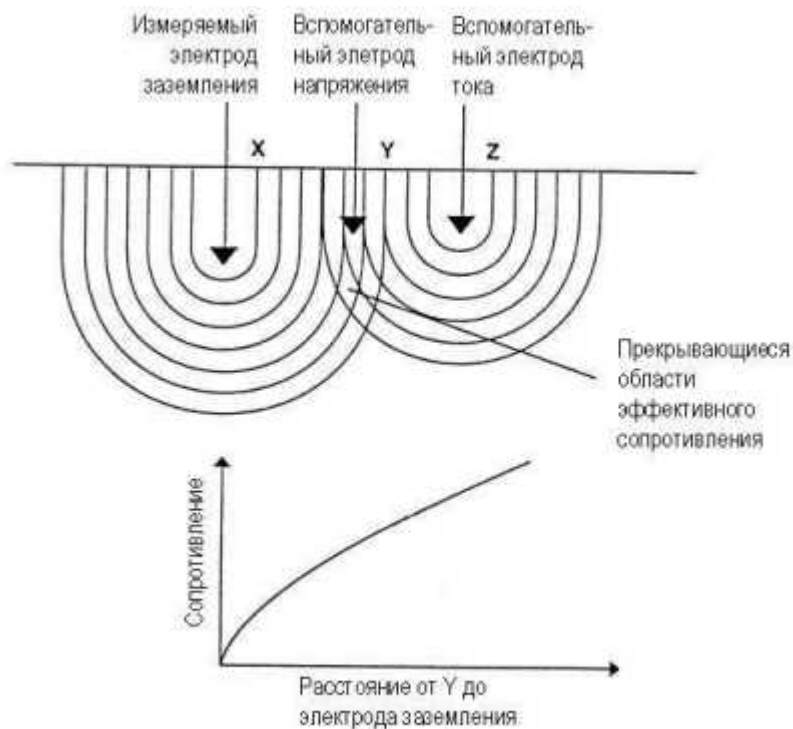


Рис. 15

Теперь рассмотрим рисунок 16, на котором электроды X и Z удалены на расстояние достаточное, чтобы зоны эффективного сопротивления электродов не пересекались. Если мы теперь построим график сопротивления в зависимости от расстояния между электродами X и Y, мы увидим, что разница между сопротивлением слева и справа от точки 62% (относительное расстояние от Y X) приемлемо мала. Обычно эта разница измеряется в процентах от измеренной величины: $\pm 2\%$, $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ и т.д.

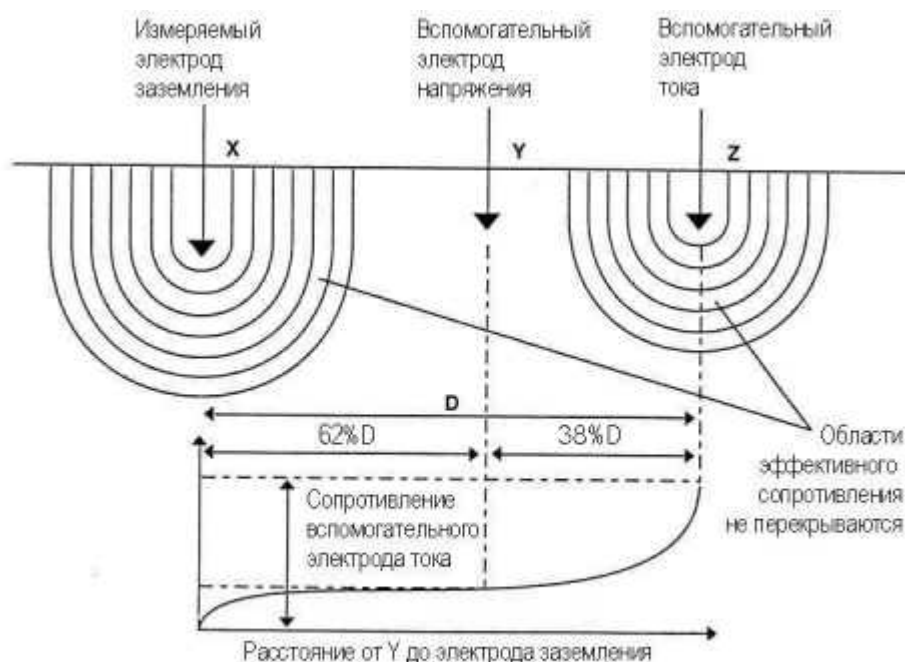


Рис. 16

УДАЛЕННОСТЬ ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОДА

Нельзя назвать одно на все случаи значение расстояния от вспомогательного электрода тока Z до проверяемого электрода X, поскольку оно зависит от длины и диаметра проверяемого электрода, однородности грунта и, особенно, от размеров эффективных областей сопротивления электродов. Однако, в данном параграфе дано приблизительное значение этого расстояния для электрода диаметром 1 дюйм при однородном грунте (для диаметра ? дюйма уменьшите расстояние на 10%, для диаметра 2 дюйма увеличьте расстояние на 10%).

Приблизительное расстояние до вспомогательных электродов для метода 62%

Глубина заземления проверяемого электрода, футов	Расстояние до электрода Y, футов	Расстояние до электрода Z, футов
6	50	72
8	55	80
10	60	88
12	71	96
18	74	115
20	86	120
30	45	140

ИЗМЕРЕНИЕ ПРОВОДИМОСТИ ПРОВОДНИКА ЗАЗЕМЛЕНИЯ

Проводимость проводника заземления можно измерить, включив его между двумя входами измерительного прибора (см. рис. 17).

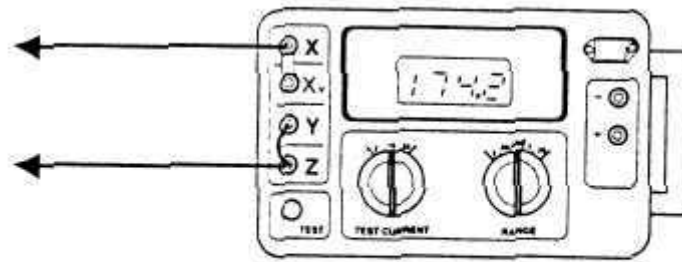


Figure 17

ДВУХТОЧЕЧНЫЙ МЕТОД ИЗМЕРЕНИЯ (Упрощенный метод)

Этот альтернативный способ применяется, когда доступно другое очень хорошее заземление, кроме измеряемого.

В густонаселенных районах, где трудно найти места для установки двух вспомогательных электродов, можно применить двухточечный метод. Измерение показывает сопротивлению двух устройств заземления, включенных последовательно. Поэтому второе заземление должно быть очень хорошим, настолько, чтобы его сопротивлением можно было пренебречь. Необходимо, также, измерить сопротивление провода и вычесть его из полученного измерения.

Двухточечный метод не такой точный, как 3-точечный метод (метод 62%), поскольку зависит от расстояния между измеряемым электродом и вспомогательным заземлением (неиспользуемое заземление или водопроводная труба). Этот метод нельзя использовать как стандартный. Скорее, — это выход из положения в густонаселенных районах.
См. рис. 18.

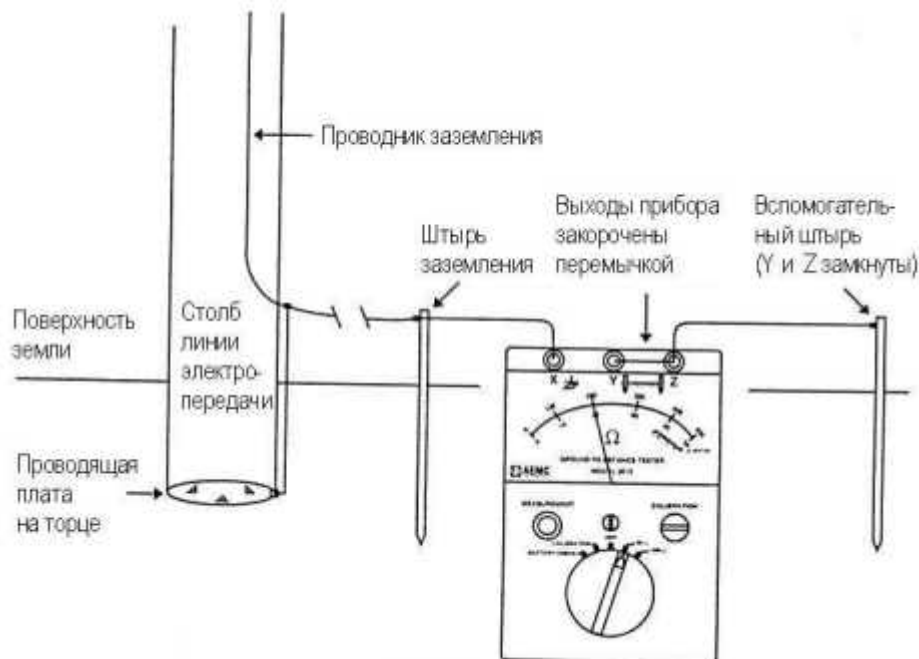


Рис. 18

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА (4-точечный метод)

Почему так важно измерять сопротивление грунта?

Измерение сопротивления грунта преследует тройную цель. Во-первых, эти данные используются для геофизического изучения залегающих пород с целью определения зон и глубины залегания руд и для изучения других геофизических феноменов. Во-вторых, сопротивление грунта оказывает непосредственное влияние на степень коррозии подземных трубопроводов. Уменьшение сопротивления грунта приводит к усилению процесса коррозии и, следовательно, заставляет проводить специальную защитную обработку труб. В-третьих, сопротивление грунта непосредственно влияет на конструкцию устройств заземления. И именно поэтому здесь обсуждается вопрос о сопротивлении грунта. При разработке систем заземления большого размера, разумно определить области наименьшего сопротивления грунта, чтобы сконструировать наиболее экономичную установку.

Измерять сопротивление можно двумя методами: двухточечным или 3-точечным. Двухточечный метод заключается просто в измерении сопротивления между двумя точками. В большинстве случаев наиболее точным является 4-точечный метод, который применен в тестере заземления модели 4500.

Как следует из названия, 4-точечный метод (см рис. 19 и 20 ниже) на измеряемом участке требуется установить в линию четыре равноудаленных электрода. Между крайними электродами протекает ток известной величины, созданный генератором тока. Между внутренними электродами измеряется падение напряжения. Модель 4500 показывает непосредственно значение сопротивления в омах:

$$\rho = 4\pi AR / (1 + 2A/(A^2 + 4B^2) - 2A/(4A^2 + 4B^2))$$

A – расстояние между электродами в см; B – глубина заземления электродов в см. Если $A > 20$ В, то формула такова: $\rho = 2\pi AR$ (если A — в см) $\rho = 191,5\pi AR$ (если A – в футах)
 ρ = Сопротивление грунта (в Ом·см) Это значение есть среднее удельное сопротивление грунта на глубине равной расстоянию A между электродами.

ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ГРУНТА ПРИБОРОМ TERCA 2

Имеется обширный участок земли, на котором надо определить место с наилучшим удельным сопротивлением. Немного интуиции не помешает. Поскольку наша цель найти место с наименьшим сопротивлением, сухой песчаной почве мы предпочтем влажный суглинок. Также следует оценить глубину залегания слоя с наименьшим удельным сопротивлением.

Пример:

После обследования зона поиска сократилась приблизительно до 75 квадратных футов (22,5 м²). Допустим, необходимо определить сопротивление на глубине 15 футов (450 см). Расстояние между крайними штырями заземления равно глубине, на которой необходимо измерить среднее удельное сопротивление (15 футов или 450 см). Чтобы применить более простую формулу Венера ($r = 2\pi AR$), необходимо заземлять электрод на глубину равную 1/20 расстояния между электродами или на 8 7/8 футов (22,5 см).

Устанавливайте электроды по сетке, как показано на рис. 19, и подключайте тестер заземления модели 4500 по схеме на рис. 20. Выполните следующие действия:

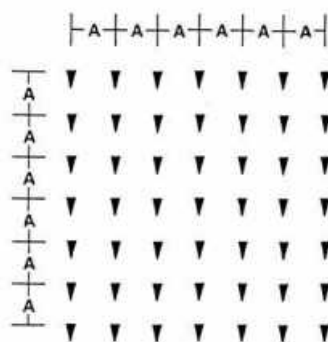


Рис.19

- Снимите перемычку, замыкающую выводы X и X V (С1 и P1) прибора;
- Подключите прибор ко всем четырем штырям (см. рис.20).

Например, пусть измерено сопротивление $R = 15$, ρ (удельное сопротивление) = $2 \mu\Omega \cdot \text{м}$ (расстояние между электродами) = 450 см.

Тогда : $\rho = 6,28 \times 15 \times 450 = 42\,390 \text{ Ом} \cdot \text{см}$.

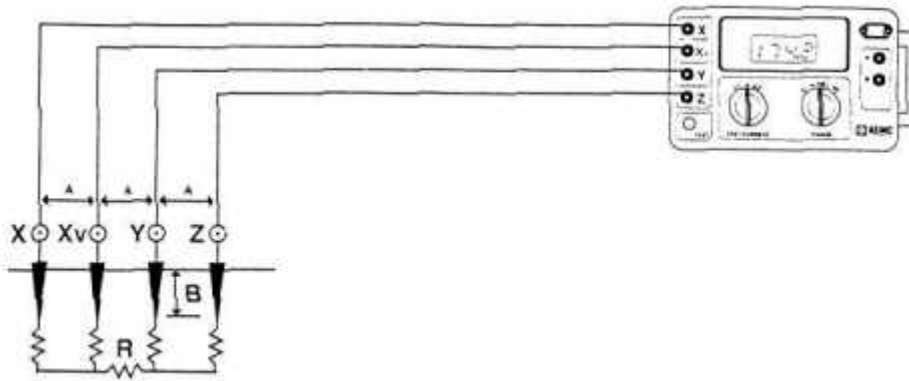


Рис.20

ИЗМЕРЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИКОСНОВЕНИЯ

Первой причиной для измерения напряжения прикосновения является необходимость оценить безопасность персонала и защиту оборудования от высокого напряжения. Однако, в некоторых случаях степень электрической безопасности можно оценивать с различных точек зрения.

Периодические измерения сопротивления устройства заземления в виде электрода или решетки электродов рекомендуются в следующих случаях:

1. Когда устройство заземления в виде электрода или решетки относительно мало и его удобно отключать.
2. Когда есть подозрение, что идет коррозия электрода, вызванная низким сопротивлением грунта и гальваническими процессами.
3. Когда пробой на землю поблизости от проверяемого устройства заземления маловероятен.

Измерение напряжения прикосновения является альтернативным способом определения безопасности. Он рекомендуется в следующих случаях:

1. Когда невозможно физически или по экономическим соображениям отключать заземление для того, чтобы произвести измерение.
2. Когда можно ожидать пробоев на землю рядом с проверяемым заземлением или рядом с оборудованием, которое подключено к проверяемому заземлению.
3. Когда «след» оборудования сравним с размером заземления, которое подлежит проверке. («След» – контур той части оборудования, которая соприкасается с землей.)

Ни измерение сопротивления заземления методом падения потенциала, ни измерение напряжения прикосновения не говорят о способности проводника заземления выдержать большие токи утечки с проводника фазы на проводник заземления. Требуется другой тест с использованием большого тока для того, чтобы это проверить.

Для измерения напряжения прикосновения применяется 4-точечный тестер заземления. В процессе измерения прибор генерирует в земле небольшое напряжение, имитирующее напряжение неисправности неподалеку от проверяемой точки на земле. Прибор показывает значение в вольтах на ампер тока, протекающего при этом в

цепи заземления. Отображенное на экране значение затем умножается на максимальную величину тока, ожидаемого в земле, чтобы вычислить напряжение прикосновения данной установки для худшего случая.

Например, если при проверке системы с максимальным ожидаемым током неисправности 5000 А, прибор показал значение 0,100, то напряжение прикосновения будет равно 500 В.

Измерение напряжения прикосновения похоже на метод падения потенциала тем, что так же требует установки вспомогательных электродов в землю или на ее поверхность. Но расстояние между вспомогательными электродами будет другое — см. рис. 21.

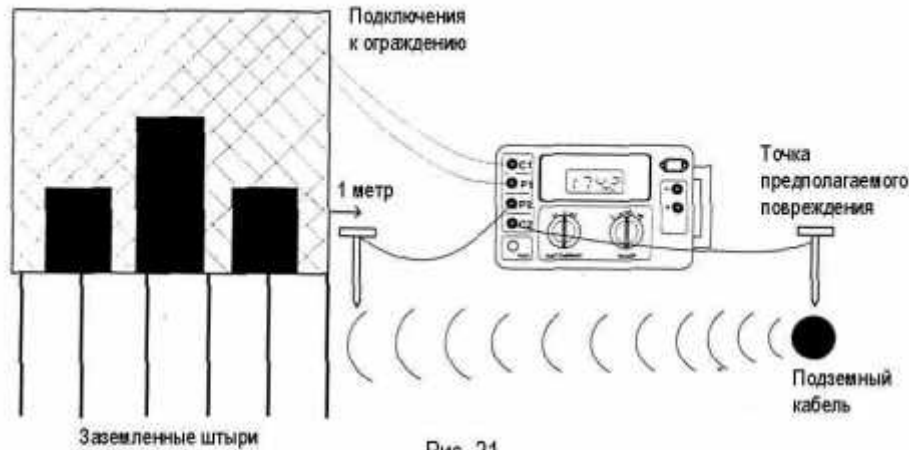


Рис. 21

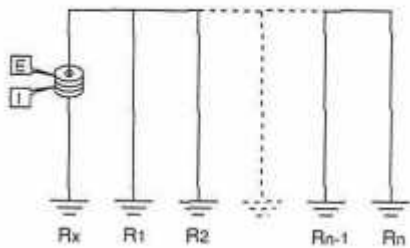


Рис. 22

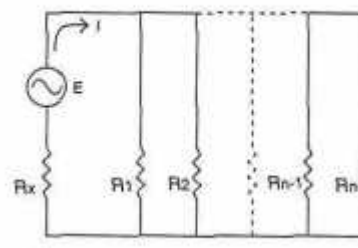


Рис. 23

Рассмотрим следующий пример. Пусть изоляция изображенного на рисунке подземного кабеля была пробита недалеко от изображенной подстанции. В земле появятся токи, вызванные аварией, которые потекут к устройству заземления подстанции, создавая разность потенциалов. Это напряжение может быть опасным для здоровья, и даже жизни, персонала, который находится на данном участке земли.

Чтобы приблизительно измерить напряжение прикосновения для данной ситуации, выполните следующие действия. Включите кабели между ограждением подстанции и точками С1 и Р1 4-точечного тестера заземления. Установите электрод в земле в точке, где можно ожидать пробой кабеля и подключите электрод к выводу С2 прибора. Установите в земле еще один электрод на линии между первым электродом и точкой подключения к ограждению на расстоянии одного метра (или вытянутой руки) от места подключения к ограждению и подключите этот электрод к точке Р2 прибора. Включите прибор, выберите диапазон 10 мА и снимите измерение. Умножьте его на максимально возможный в случае аварии ток.

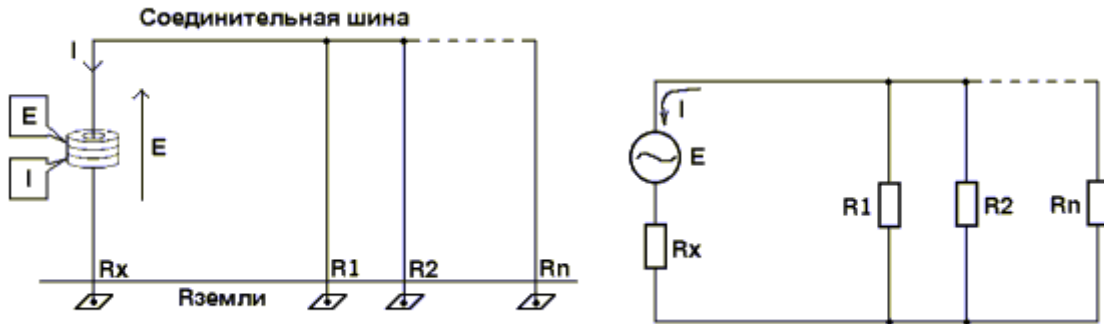
Устанавливая электрод, подключенный к выводу Р2 прибора, в различные места вокруг ограждения, примыкающие к неисправной линии, можно получить карту изменения потенциала.

ИЗМЕРЕНИЕ ПРИБОРОМ С.А 6415 С ПРИМЕНЕНИЕМ ТОКОВЫХ КЛЕЩЕЙ

Это новый уникальный метод измерения сопротивления заземления. Он позволяет проводить измерение без отключения цепи заземления. Кроме того, преимущество метода в том, что он позволяет измерять общее сопротивление устройства заземления, включая сопротивление соединений в цепи заземления.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

рис.22 рис.23



Обычно, проводник заземления электросети общего назначения можно представить схемой, показанной на рис. 22 или эквивалентной схемой, показанной на рис. 23. Если в какой-нибудь ветви с сопротивлением R_X с помощью трансформатора создать напряжение E , через цепь потечет ток I .

Описанные величины связаны соотношением $E / I = R_X$. При известном неизменном напряжении E сопротивление R_X можно получить, измерив ток I .

Обратимся снова к рис. 22 и 23. Ток создается специальным трансформатором, подключенным к через усилитель мощности к источнику напряжения с постоянной амплитудой и частотой 1,6 кГц. Этот ток регистрируется в образующем контуре. Измеряемый сигнал регистрируется синхронным детектором, усиливается избирательным усилителем, преобразуется аналогово-цифровым преобразователем и отображается на ЖК-дисплее.

Избирательный усилитель применяется для очищения полезного сигнала от сигналов с частотой сети и от высокочастотных шумов. Напряжение регистрируется катушками, охватывающими проводник в возбуждаемом контуре, затем усиливается и очищается, когда сравнивается в компараторе с опорным сигналом. Если клещи тока неправильно закрыты, на дисплее появляется сообщение «open jaws» («клещи открыты»).

ПРИМЕРЫ ИЗМЕРЕНИЙ НА МЕСТНОСТИ

Ниже следуют примеры измерения сопротивления заземления на местности в типовых ситуациях.

ИЗМЕРЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ ТРАНСФОРМАТОРА, СМОНТИРОВАННОГО НА СТОЛБЕ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ

Снимите защитную крышку с провода заземления и обеспечьте достаточно свободного места для захвата проводника клещами тока. Клещи должны свободно охватывать проводник заземления. Клещами можно захватить и непосредственно штырь заземления.

Примечание: клещи должны находиться на электрическом пути от нейтрали системы или проводника заземления к штырю или штырям (в зависимости от исполнения)

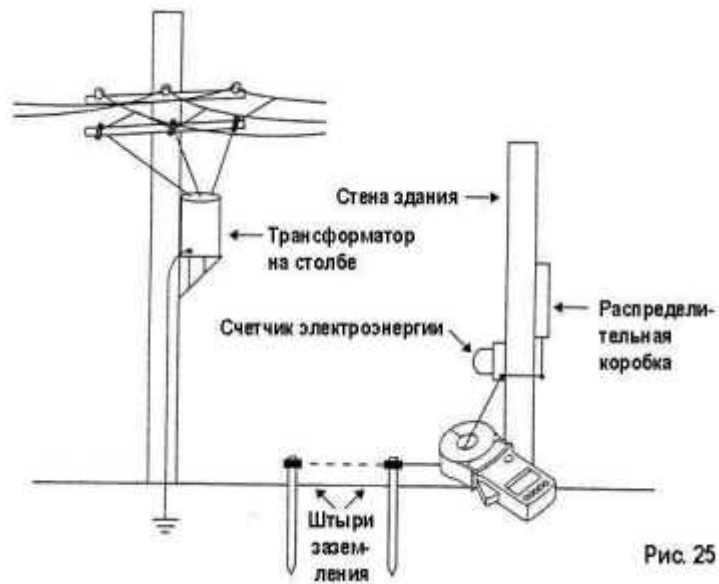
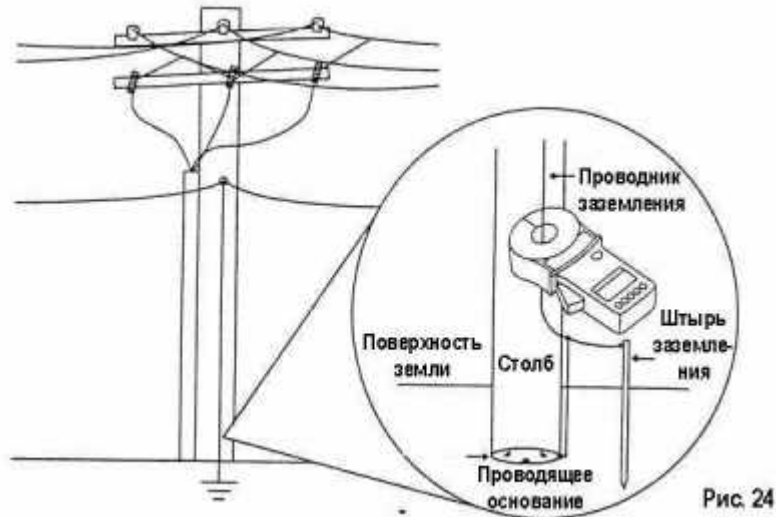
Выберите измерение тока «А». Захватите клещами проводник заземления и измерьте ток в проводнике. Максимальное значение равно 30 А. Если значение тока превышает 30 А, измерение сопротивления заземления невозможно. Прекратите измерение. Снимите прибор С.А 6415 с данной точки и продолжите измерение в других точках.

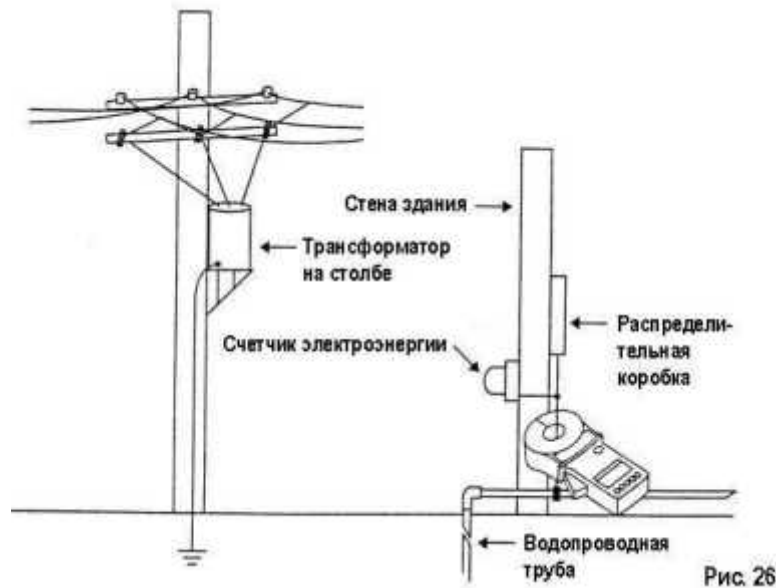
Если измеренный в цепи заземления ток не превышает допустимого, выберите режим «?» прибора и прочитайте результат измерения в омах. Измеренное значение соответствует не только сопротивлению системы заземления, но и включает сопротивление контакта нейтрали со штырем и всех соединений между нейтралью и штырем.

Заметьте, что на рисунке 24 заземление обеспечивается торцом столба и заземленным штырем. Необходимо подключить клещи выше точки соединения проводников от торца столба и от штыря, чтобы измерить общее сопротивление заземления обоих заземлителей. Для последующих обращений к результату запишите дату,

ток, сопротивление заземления в омах и номер столба.
Примечание: большое значение сопротивления может быть вызвано:

- А) плохим заземлением штыря;
- Б) отключенным проводником заземления;
- В) большим сопротивлением контактов или мест срачивания проводника; осмотрите клещи, соединение на конце штыря, нет ли заглублённых трещин на стыках.





ИЗМЕРЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ КОРОБКЕ ИЛИ НА СЧЕТЧИКЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Следуйте в основном описанной выше методике. Заметьте на рис. 25, что заземление может быть исполнено в виде группы штырей или, как показано на рис. 26, в качестве заземления может быть использована выходящая из земли водопроводная труба. Можно использовать одновременно оба вида заземления. В этом случае следует выбирать точку измерения на нейтрали так, чтобы измерить общее сопротивление заземления системы.

ИЗМЕРЕНИЕ ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА ТРАНСФОРМАТОРЕ, УСТАНОВЛЕННОМ НА ПЛОЩАДКЕ

- Замечание. Никогда не открывайте ограждение трансформатора. Это — имущество коммунальной службы. Данное измерение может выполнять только специалист.
- Соблюдайте все необходимые меры безопасности.
- Присутствует опасное напряжение.



Определите и посчитайте все штыри заземления (обычно имеется единственный штырь). Если штыри заземления находятся внутри ограждения, обратитесь к рис. 27, а если за пределами ограждения – к рис.28. Если имеется единственный штырь заземления и он находится внутри ограждения, то для измерения следует подключиться к проводнику сразу после контакта проводника со штырем. Часто, от зажима на штыре возвращается к нейтрали или внутрь ограждения несколько проводников.

Во многих случаях, наилучшее измерение можно получить при помощи клещей 3710 или 3730, подключенных непосредственно к заземленному штырю. При этом измеряется исключительно сопротивление устройства заземления. Подключайте клещи только в той точке, где имеется единственный путь для тока, текущего в нейтраль.

Обычно, если вы получили очень низкое значение сопротивления, то это означает, что вы подключились к петле и вам следует переместить точку измерения ближе к штырю. На рис. 28 штырь заземления вне ограждения. Чтобы получить правильный результат, выберите точку подключения клещей, как показано на рисунке. Если внутри ограждения имеется несколько штырей в разных углах, надо определить, как они подключены, чтобы правильно выбрать точку измерения.

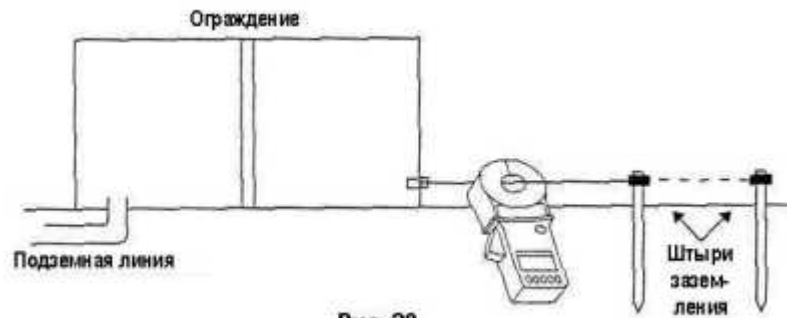


Рис. 28

ПЕРЕДАЮЩИЕ СТОЙКИ

Соблюдайте все необходимые меры безопасности. Присутствует опасное напряжение.

Найдите проводник заземления около фундамента стойки. Заметьте, что существует много конфигураций. Будьте осторожны при определении проводников заземления. На рис. 29 показана одна стойка на бетонном фундаменте с внешним проводником заземления. Точка подключения клещей должна находиться выше места электрического соединения частей системы заземления, которая может быть выполнена в виде группы штырей, пластин, витков или элементов фундамента.

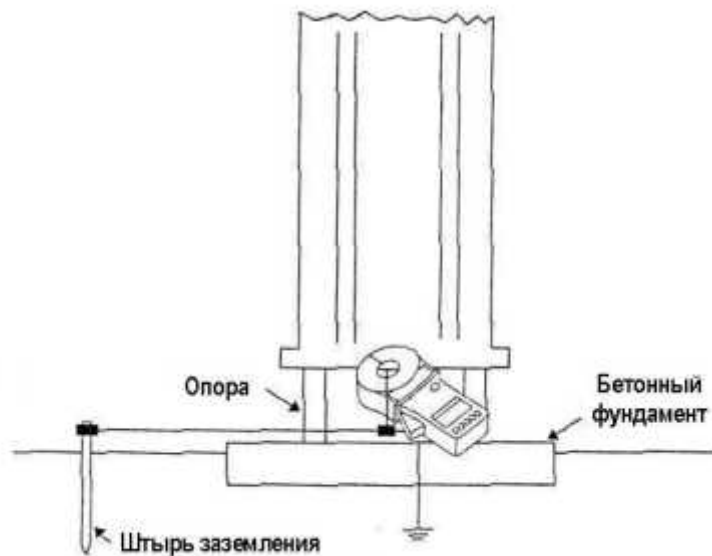


Рис. 29

Источник информации: <http://www.diagnost.ru/>

Современные методы экономии энергетических ресурсов путем создания систем управления энергохозяйством на базе преобразователей частоты

На современных металлургических и горнорудных предприятиях значительную долю составляют теплоэнергетические установки, насосные агрегаты, а также технологическое и вспомогательное оборудование, где в электрическом приводе машин и механизмов применяются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором мощностью от нескольких до сотен и тысяч киловатт. Удельный вес двигателей других типов (постоянного тока, синхронных и асинхронных с фазным ротором), особенно в энергоустановках предприятия, не значителен.

Анализ энергетических и технологических установок с асинхронным приводом показывает, что в большинстве случаев управление технологическими процессами агрегатов, приводимых в действие этими двигателями, осуществляется применением разного рода регулирующих устройств, воздействующих на характеристики этих механизмов или создаваемые ими технологические потоки. Так, например, при перекачке центробежными насосами жидкого продукта (в частности, воды) в случае необходимости изменения расходов или давления, как правило, регулируют поток в нагнетающей сети насоса его дросселированием (заслонкой, задвижкой и т.п.).

Существенной альтернативой при управлении технологическими процессами в агрегатах с асинхронными приводами может быть регулирование скорости их двигателей.

С позиции теории электрических машин и электропривода основным и наиболее экономичным способом регулирования скорости асинхронного двигателя является частотное управление им.

Принципиальная возможность регулирования угловой скорости асинхронного двигателя изменением частоты питающего напряжения вытекает из формулы

$$\omega = \frac{2f_1(1-S)}{P},$$

где f_1 — частота питающего напряжения, S — скорость двигателя; P — число пар полюсов асинхронной машины.

При регулировании частоты возникает необходимость регулирования питающего двигатель напряжения U , что следует из выражения

$$U_1 = k \cdot \Phi \cdot f_1,$$

где Φ — значение магнитного потока в машине;
 k — коэффициент пропорциональности.

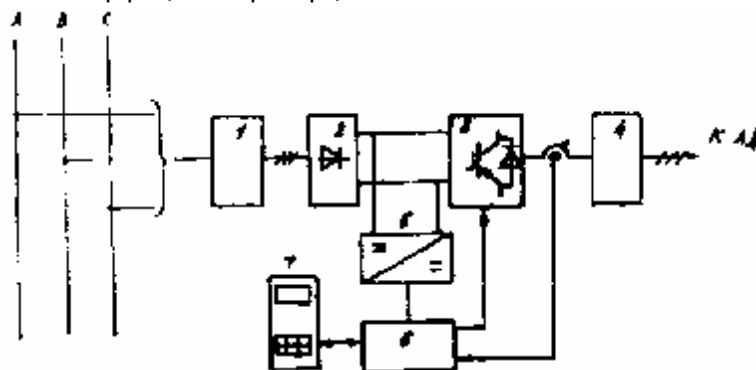


Рис.1. Структурная схема частотного преобразователя:

1 — фильтр входной; 2 — выпрямитель; 3 — инвертор (АИИ); 4 — фильтр выходной; 5 — источник питания; 6 — микропроцессорный контроллер (МК); 7 — пульт управления

Из формулы (2) явствует, что если при неизменном напряжении U изменять частоту f_1 , то поток Φ будет изменяться обратно пропорционально частоте. Например, при уменьшении частоты и неизменном напряжении поток возрастает, что может привести к насыщению стали машины, и как следствие, к резкому увеличению тока и превышению температуры двигателя. При увеличении частоты f_1 , при тех же условиях следствием уменьшения потока Φ является снижение допустимого момента двигателя. Поэтому для наилучшего использования асинхронного двигателя при регулировании его угловой скорости изменением частоты необходимо одновременно регулировать питающее напряжение в функции частоты в

разомкнутых и в функции частоты и нагрузки в замкнутых системах.

Сегодня на рынке Украины и стран СНГ для управления скоростью асинхронных двигателей появилось большое количество технических средств, из которых, на наш взгляд, наибольший интерес представляют транзисторные частотные преобразователи. В указанных преобразователях реализовано частотное управление асинхронными двигателями, заключающееся во взаимосвязанном регулировании частоты f_1 , и действующего значения U_1 основной гармоники питающего электродвигатель напряжения. Закон изменения U_1 от f_1 программируется.

Основу преобразователей составляет трехфазный инвертор напряжения (АИН) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ). Система управления преобразователя выполнена на базе программируемого микропроцессорного контроллера (МК). В АИН преобразование постоянного напряжения в трехфазное переменное осуществляется в мостовом транзисторном инверторе, собранном на трех транзисторно-диодных модулях. Каждый модуль содержит два IGBT-транзистора с шунтирующими обратными диодами. IGBT-транзисторы переключаются многократно в течение периода выходной частоты в соответствии с ШИМ-алгоритмом МК. Алгоритм ШИМ-управления поддерживает требуемое регулирование частоты и действующего значения основной гармоники выходного напряжения, обеспечивая при этом синусоидальность формы тока нагрузки.

Приведенные выше частотные преобразователи имеют большое количество свободно программируемых автоматически выполняемых функций, из которых для энергетических и технологических агрегатов представляют интерес и могут быть использованы:

- частотные пуск и останов двигателя с оптимальными по времени разгоном и торможением;
- регенеративное торможение двигателя;
- реверс двигателя;
- обеспечение заданной диаграммы скорости с количеством ступеней регулирования не менее шестнадцати;
- автоматическая идентификация параметров двигателя;
- самонастройка минимального тока двигателя с обеспечением требуемого момента;
- полное управление моментом во всем диапазоне частот;
- бессенсорное и (или) сенсорное векторное управление двигателем (при разомкнутой системе управления);
- ПИД-регулирование управляемого технологического параметра (при замкнутой системе с датчиком этого параметра);
- дистанционное оперативное управление преобразователем и двигателем;
- сетевой обмен данными с использованием стандартных интерфейсов и системных шин;
- самодиагностика и диагностика состояния двигателя;
- электрические защиты преобразователя и управляемого двигателя;
- отображение значений основных параметров на средствах встроенной или удаленной индикации.

На базе частотных преобразователей могут быть реализованы системы регулирования скорости следующих объектов:

- насосных агрегатов воды в системах водо- и теплоснабжения, вспомогательного оборудования котелен, ТЭС, ТЭЦ и т.п.;
- вентиляторов и дымососов котлоагрегатов;
- песковые и пульповые насосы в технологических линиях обогатительных фабрик;
- рольганги, конвейеры, транспортеры и другие транспортные средства;
- дозаторы и питатели;
- лифтовое оборудование;
- дробилки, мельницы, мешалки, экструдеры;
- центрифуги различных типов;
- оборудование прокатных станов и других металлургических агрегатов;
- приводы буровых станков, электробуров, бурового оборудования;
- электроприводы станочного оборудования;
- высокооборотные механизмы (шпиндели шлифовальных станков и т.п.);
- экскаваторное оборудование;
- крановое оборудование;
- механизмы силовых манипуляторов и т.п.

Основной эффект от применения частотных преобразователей в системах регулирования - экономия электроэнергии.

В качестве примера сравним два способа регулирования производительности насосного агрегата. Первый – традиционный, дросселированием потока в нагнетающей сети. Второй - изменением скорости рабочего колеса насоса.

Регулирование дросселированием - это способ, при котором изменение рабочего режима агрегата при его неизменной скорости достигается изменением гидравлического сопротивления сети. При этом в области

допустимых диапазонов изменения рабочих параметров насоса зависимость мощности на его валу N от расхода рабочей жидкости Q может быть с высокой степенью точности представлена в виде

$$N = N_0 + K_q Q,$$

где N_0 и K_q - коэффициенты линеаризации.

На основании этой формулы можно оценить относительное уменьшение мощности при уменьшении производительности насоса дросселированием, например, от номинального значения заданного Q

$$\frac{N_n - N}{N_n} = \frac{K_q(Q_n - Q)}{N_0 + K_q Q_n},$$

где N_n - мощность на валу насоса при номинальной производительности Q_n .

При глубине регулирования насоса производительности $1/2$, относительное уменьшение мощности составляет 8-12%.

При изменении скорости рабочего колеса насоса его производительность пропорциональна первой, а потребляемая мощность - третьей степени отношения соответствующего значения скорости n к его номинальному значению n_n

$$Q = Q_n \left(\frac{n}{n_n} \right), \quad N = N_n \left(\frac{n}{n_n} \right)^3.$$

В этом случае относительное уменьшение потребляемой мощности при уменьшении производительности насоса от номинального значения Q_n до заданного Q равна

$$\frac{N_n - N}{N_n} = 1 - \left(\frac{n}{n_n} \right)^3 = 1 - \left(\frac{Q}{Q_n} \right)^3,$$

т.е. теоретически может достигать значения 87,5%.

На рис.2 показаны типичные графики изменения мощности насоса на его валу при регулировании дросселированием и скоростью рабочего колеса, а также график ее экономии.

Регулирование скорости рабочего колеса обеспечивается регулированием скорости вращения связанного с ним вала приводного двигателя.

Экономия электроэнергии при переменных графиках нагрузок с использованием регулируемого электропривода для насосов, по данным фирмы Strometrg (Финляндия), в среднем составляет 50-75% от мощности, потребляемой насосами при дроссельном регулировании. Аналогичная картина имеет место при регулировании тягодутьевых механизмов котельных установок и котлоагрегатов, вентиляторов и т.п.

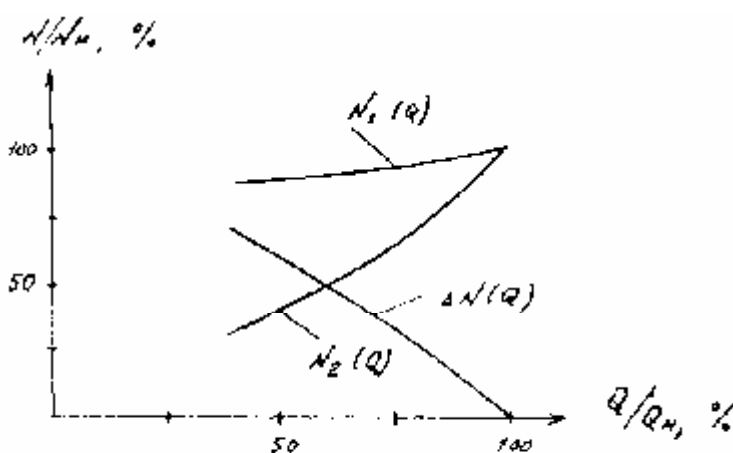


Рис.2. График зависимостей потребляемой мощности при регулировании подачи насосного агрегата:

$N_1(Q)$ - дросселирование, $N_2(Q)$ - регулирование скоростью;
 $\Delta N(Q)$ - экономия мощности

Рассмотрим другой пример - регулирование скорости конвейера.

Мощность приводного двигателя P конвейера в общем случае имеет две составляющие:

P_0 - квазипостоянную часть холостого хода;

P_x - переменную часть, зависящую от нагрузки конвейера.

Составляющая P_x всецело зависит от массы груза M на ленте конвейера и его скорости, которая пропорциональна скорости вращения при водного барабана n (K - коэффициент пропорциональности)

$$P = P_0 + KMn$$

Таким образом рациональным для конвейера может быть режим работы с переменной скоростью, которой бы обеспечил требуемую производительность,

сохраняя неизменным тянущее усилие. К таким относятся входные конвейера дробильных и обогатительных фабрик.

Применение частотного пуска позволит снизить на 20 - 30 % мощность двигателя конвейера.

С точки зрения экономии электроэнергии представляет определенный интерес функция самонастройки минимального тока двигателя с обеспечением требуемого момента. Действие функции заключается в поиске напряжения, при котором ток при требуемом моменте минимален.

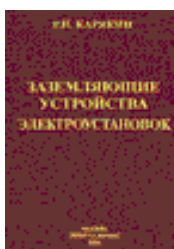
Применение частотных преобразователей, помимо экономии электроэнергии, дает ряд дополнительных преимуществ, например:

- плавный пуск и останов двигателя исключает вредное воздействие переходных процессов (гидравлический удар и т.п.);
- пуск двигателя осуществляется при токах, ограниченных на уровне номинального значения, что повышает долговечность двигателя, снижает требования к мощности питающей сети и мощности коммутирующей аппаратуры;
- реализация систем регулирования параметров управляемого технологического оборудования;
- возможна модернизация действующих технологических агрегатов без замены основного оборудования и практически без перерывов в его работе.

В заключение отметим, что системы управления на базе асинхронных приводов с частотными преобразователями могут иметь любые технологически требуемые функции, реализация которых возможна как за счет встроенных в преобразователи программируемых контроллеров, так и дополнительных контроллеров, функционирующих совместно с ними. Например, регулирование содержания кислорода в продуктах сгорания путем изменения производительности вентилятора позволит оптимизировать потребление природного газа и дать дополнительный эффект с точки зрения энергосбережения при функционировании котлоагрегата.

Авторы статьи: А.П. Крячко, П.А. Новицкий

Лучшие книги с доставкой на дом



"Заземляющие устройства электроустановок. 2-е издание" Автор: Карякин Р. Н. 500-страничный справочник известного специалиста содержит **нормативно-технические рекомендации по заземляющим устройствам электроустановок.**

Заказать книгу "Заземляющие устройства электроустановок":

<http://knigi.povny.info/book/koryakin.php>

"Нормы устройства сетей заземления" Автор: Карякин Р. Н. 4-е издание Норм является технологическим дополнением гл. 1.7 "Заземление и защитные меры электробезопасности" Правил устройства электроустановок (ПУЭ — 7 издание). По сравнению с предыдущим изданием объем книги увеличен за счет добавления новых **практических рекомендаций по устройству сетей заземления.**



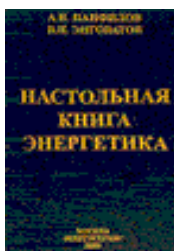
Заказать книгу "Нормы устройства сетей заземления": <http://knigi.povny.info/book/zazemlen.php>



"УЗО - устройства защитного отключения". Учебно-справочное пособие. В Пособии приведены сведения из **нормативно-технических документов**, регламентирующих применение УЗО, технических требований на УЗО, о порядке проектирования, проведения и **документального оформления испытаний** электроустановок с применением УЗО.

Заказать учебно-справочное пособие "УЗО - устройства защитного отключения":

<http://knigi.povny.info/book/uzo.php>



"Настольная книга энергетика" Автор: Панфилов А. И. Названием сказано все! В книге даны **конкретные ответы на вопросы** из Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей, Межотраслевых правил по охране труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок, Правил устройства электроустановок, Правил технической эксплуатации тепловых энергоустановок, Правил пользования газом и предоставления услуг по газоснабжению, Инструкции по применению и испытанию средств защиты, используемых в электроустановках и другой нормативно-технической документации.

Заказать книгу "Настольная книга энергетика": <http://knigi.povny.info/book/kniga.php>

"Электроустановки потребителей". Справочник В справочнике приведены достаточно подробные сведения об электрических линиях, трансформаторных подстанциях, распределительных устройствах, внутреннем электрооборудовании и средствах защиты. Даны рекомендации по строительству, монтажу, наладке и устранению возможных неисправностей электроустановок. Универсальная книга!

Заказать справочник "Электроустановки потребителей": <http://knigi.povny.info/book/eustpotr.php>

"Защитные меры электробезопасности в электроустановках" Автор: Монахов А.Ф. В этой книге проведён подробнейший **анализ условий поражения электрическим током в сетях с различными режимами нейтрали, характеристиками изоляции и системами заземления**. Кроме этого, дана оценка эффективности таких защитных мер, как защитное зануление, уравнивание потенциалов, устройства защитного отключения, электрическое разделение цепей, сверхнизкие (малые) напряжения, а также обоснованы требования к их выполнению.



Заказать книгу "Защитные меры электробезопасности в электроустановках":

<http://knigi.povny.info/book/zashcita.php>

Подробнее узнать об этих и других новых книгах, а также заказать их с доставкой по почте можно перейдя по этой ссылке: http://knigi.povny.info/index_m.htm

По поводу **размещения рекламы** в электронном журнале “Я электрик!” или на сайте “Электротехническая библиотека” обращайтесь на e-mail: electroby@mail.ru