**5 Монтаж и подключение устройств защиты**

**5.1 Защитное заземление и зануление**

При эксплуатации электроустановки возможно нарушение изоляции токоведущих частей, в результате которого корпус, а также другие металлические части оказываются под напряжением. Для защиты человека от поражения электрическим током эти предметы заземляют или зануляют.

Заземление – преднамеренное соединение предмета с зёмлей с помощью заземляющего проводника и заземлителя, естественного или искусственного. Защитный эффект заземления состоит в шунтировании тела человека малым сопротивлением.

Зануление – соединение предмета с предварительно заземлённым нулевым проводом токоподводящей сети. Защитный эффект зануления обусловлен быстрым отключением опасного напряжения. Для четкого срабатывания системы защитного отключения необходимо, чтобы сопротивление петли фаза – ноль не превышало допустимого значения. В противном случае корпус установки с пробитой изоляцией длительное время может находиться под опасным напряжением. Заземление или зануление выполняют:

– при напряжении 380 В и выше переменного, а также 440 В и выше постоянного тока – во всех случаях;

– при напряжении 42380 В переменного тока и 110440 В постоянного тока – в помещениях с повышенной и особой опасностью, а также в наружных установках;

– во взрывоопасных установках при любых напряжениях.

Сопротивление заземляющих устройств в электроустановках до 1 кВ с изолированной нейтралью должно быть не больше 4 Ом, а в электроустановках 220, 380 и 660 В с глухозаземлённой нейтралью – не больше соответственно 8, 4 и 2 Ом.

В электроустановках 335 кВ с изолированной нейтралью сопротивление заземляющих устройств должно быть не больше 250 / *I*Р, но, в то же время, не больше 10 Ом (*I*Р – расчетный ток замыкания на землю). Если заземляющее устройство одновременно используется для установок до и выше 1 кВ, то сопротивление его не должно превышать 125 / *I*Р, а также удовлетворять требованиям, предъявляемым к заземлению (занулению) электроустановок до 1 кВ (не больше 8, 4 или 2 Ом соответственно напряжению).

**Заземлению или занулению подлежат**:

 корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;

 приводы электрических аппаратов;

 вторичные обмотки измерительных трансформаторов;

 каркасы, а также съёмные или открывающиеся части конструкций, на которых установлено электрооборудование напряжением переменного тока выше 42 В или постоянного тока выше 110 В;

 металлические конструкции распределительных устройств;

 металлические кабельные конструкции и кабельные соединительные муфты;

 металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, металлические рукава и трубы электропроводок;

 кожухи и опорные конструкции шинопроводов, лотки, короба, струны, тросы и стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода;

 электрооборудование, установленное на опорах воздушных линий электропередачи;

 металлические корпуса передвижных и переносных электроприёмников;

 электрооборудование, размещённое на движущихся частях станков, машин и механизмов.

Указанные выше металлические части заземляют или зануляют как на стационарных, так и на передвижных электроустановках и переносных электроприёмниках.

**Заземлен****ию или занулению не подлежат** корпуса электроприёмников с двойной изоляцией, а также корпуса электроприёмников, подключаемых к сети через разделительный трансформатор.

Разрешается не выполнять преднамеренного заземления или зануления:

 корпусов электрооборудования, аппаратов, установленных на заземлённых (занулённых) металлических конструкциях при условии надёжного электрического контакта с заземлёнными или занулёнными основаниями;

 арматуры изоляторов всех типов, оттяжек, кронштейнов и осветительной арматуры, установленных на деревянных опорах ВЛ и деревянных конструкциях открытых подстанций;

 металлических скоб, закрепов, обойм, а также отрезков металлических труб, используемых для прохода проводов и кабелей через стены.

**Естественные** **заземлители.** В первую очередь, для заземления электроустановок используются естественные заземлители. Если эти заземлители имеют сопротивление, удовлетворяющее требованию ПУЭ, то искусственные заземлители не применяют.

В качестве естественных заземлителей используют:

 железобетонные фундаменты зданий и сооружений;

 проложенные под землёй водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением: трубопроводов для горючих жидкостей и газов, чугунных трубопроводов, а также временных трубопроводов строительных площадок;

 обсадные трубы и другие металлические конструкции, имеющие соединение с землёй;

 свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле.

Алюминиевые оболочки кабелей и неизолированные алюминиевые провода использовать в качестве заземлителей запрещается.

К строительным конструкциям, используемым в качестве заземляющих устройств, предъявляются следующие основные требования:

 все элементы металлических и железобетонных конструкций должны образовывать единую электрическую цепь по металлу;

 в железобетонных элементах (колоннах) должны предусматриваться закладные детали для присоединения корпусов электрического и технологического оборудования на высоте 0,5 м от пола;

 молниеприёмная сетка, расположенная на кровле здания (при наличии молниезащиты), должна иметь металлическую связь с рабочей арматурой железобетонных колонн.

**Искусственные заземлители** должны применяться лишь в случае, если естественные заземлители не удовлетворяют требованиям ПУЭ по значениям сопротивления заземляющего устройства и по напряжению прикосновения. По форме и расположению в грунте искусственные заземлители подразделяют на группы:

Углублённые – изготавливают из круглой или полосовой стали, укладывают горизонтально на дно котлованов по периметру фундаментов зданий.

Вертикальные – стержни, изготовленные из круглой стали, либо отрезки угловой стали вертикально ввинчивают, вдавливают или забивают в грунт.

Горизонтальные – стержни круглого сечения или стальные полосы укладывают горизонтально в траншею.

В практике часто применяют комбинированные заземлители, состоящие из вертикальных стержней и соединяющих их горизонтальных полос.

Обычно для заземлителей применяют круглую сталь диаметром 1016 мм, полосовую сталь сечением 40 х 4 мм и угловую сталь 50 х 50 х 5 мм. Применять трубы не рекомендуется из-за их дороговизны.

Длина вертикальных заземлителей принимается равной: ввинчиваемых 4,55 м, забиваемых 2,53 м. Вертикальные заземлители в плане располагают в соответствии с проектом. При уменьшении расстояния между ними суммарное сопротивление заземляющего устройства увеличивается из-за взаимного экранирования.

На территориях электроустановок с большим удельным сопротивлением земли (больше 200 Ом∙м) применяют углублённые заземлители, а также искусственную обработку земли с укладкой слоёв соли, не увеличивающей коррозию стали, – нитрата натрия либо гидрата оксида кальция. Если вблизи электроустановок есть участки земли с малым удельным сопротивлением, устраивают выносные заземлители. На территориях распространения вечномёрзлых грунтов заземлители помещают в непромерзающие водоёмы или в талые зоны, в том числе искусственные, а также используют артезианские скважины.

В качестве заземляющих и нулевых защитных проводников используют:

 специально предусмотренные для этой цели проводники;

 нулевые рабочие проводники;

 металлические конструкции зданий (фермы, колонны и т. п.);

 металлические конструкции производственного назначения;

 металлические стационарно проложенные трубопроводы различного назначения (кроме трубопроводов горючих и взрывоопасных веществ и смесей, а также канализации и центрального отопления);

 стальные трубы электропроводок;

 алюминиевые оболочки кабелей;

 металлические кожухи шинопроводов, короба и лотки электропроводок.

Не допускается использовать для этих целей металлические оболочки трубчатых проводов, металлорукава, несущие тросы (при тросовой электропроводке), а также броню и свинцовые оболочки кабелей и проводов.

Каждая заземляемая или зануляемая часть электроустановки присоединяется к сети заземления (зануления) при помощи отдельного ответвления. Площадь сечения заземляющего или зануляющего провода регламентируется в зависимости от их материала (сталь, медь, алюминий) и места прокладки (в земле, помещении, в составе питающего кабеля). При заземлении нескольких электроустановок используют магистральную стальную шину, один конец которой соединён с заземлителем. Магистраль прокладывается в непосредственной близости от заземляемого электрооборудования (обычно прибивается по низу стены дюбелями) и имеет короткие ответвления с отверстиями для болтов. Каждый заземляющий проводник должен подключаться к отдельному болту, недопустимо подключение нескольких проводников под один болт.

Последовательное включение заземляемых (зануляемых) частей электроустановки запрещается. При этом разрешается последовательное включение нескольких стационарных металлических конструкций (рельсовых путей, обрамлений каналов, строительных ферм и колонн и т. п.), используемых в качестве заземляющих (нулевых защитных) проводников или магистралей заземления (зануления).

**5.2 Системы заземления**

В настоящее время в нашей стране активно ведётся работа по повышению уровня электробезопасности. Важнейшим аспектом этой работы является усовершенствование и упорядочивание требований нормативных документов, особенно в области стандартизации устройства электроустановок в соответствии с рекомендациями Международной электротехнической комиссии – МЭК.

С этой целью внесены изменения в гл. 7.1 Правил устройства электроустановок (ПУЭ) «Электрооборудование жилых и общественных зданий». В п. 7.1.33 введён дополнительный абзац:

В жилых и общественных зданиях линии групповой сети, прокладываемые от групповых щитков до штепсельных розеток, должны выполняться трёхпроводными (линейный, нулевой рабочий и нулевой защитный проводники). Питание стационарных однофазных электроприёмников следует выполнять трёхпроводными линиями. При этом нулевой рабочий и нулевой защитный проводники не следует подключать на щитке под один контактный зажим.

В ПУЭ 7-го издания требования к выполнению групповых сетей сформулированы следующим образом:

п. 7.1.13. Питание электроприёмников должно выполняться от сети 380/220 В с системой заземления *TN-S* или *TN-C-S*.

п. 7.1.36. Во всех зданиях линии групповой сети, прокладываемые от групповых, этажных и квартирных щитков до светильников общего освещения, штепсельных розеток и стационарных электроприёмников, должны выполняться трёхпроводными (линейный – *L*, нулевой рабочий – *N* и нулевой защитный – *РЕ*-проводники).

Сечения проводников должны отвечать требованиям п. 7.1.45.

п. 7.1.45. Выбор сечения проводников следует проводить согласно требованиям соответствующих глав ПУЭ.

Однофазные двух- и трёхпроводные линии, а также трёхфазные четырёх- и пятипроводные линии при питании **однофазных** нагрузок должны иметь сечение нулевых рабочих *N*-проводников, равное сечению линейных проводников.

Трёхфазные четырёх- и пятипроводные линии при питании **трёхфазных симметричных нагрузок** должны иметь сечение нулевых рабочих *N*-проводников, равное сечению линейных проводников, если линейные проводники имеют сечение до 16 мм2 по меди и 25 мм2 по алюминию, а при больших сечениях не менее 50 % сечения линейных проводников, но не менее 16 мм2 по меди и 25 мм2 по алюминию.

Сечение *РЕN*-проводников должно быть не меньше чем сечение *N*-проводников и не менее 10 мм2 по меди и 16 мм2 по алюминию независимо от сечения линейных проводников.

Сечение *РЕ*-проводников должно равняться сечению линейных при сечении последних до 16 мм2, 16 мм2 при сечении линейных проводников от 16 до 35 мм2 и 50 % сечения линейных проводников при бoльших сечениях.

Сечение *РЕ*-проводников, не входящих в состав кабеля, должно быть не менее 2,5 мм2 – при наличии механической защиты и 4 мм2 при её отсутствии.

Классификация систем заземления для электроустановок напряжением до 1 кВ:

 ***TN*** система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки присоединены к глухозаземлённой нейтрали источника посредством нулевых защитных проводников;

 ***TN-С*** система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники совмещены в одном проводнике на всем её протяжении (рисунок 5.1, *а*);

 ***ТN-S*** система *TN*, в которой нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем её протяжении (рисунок 5.1, *б*);

 ***TN-С-S*** система *TN*, в которой функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике в какой-то её части, начиная от источника питания;

 ***IT*** система, в которой нейтраль источника питания изолирована от земли или заземлена через приборы или устройства, имеющие большое сопротивление, а открытые проводящие части заземлены;

 ***TТ*** система, в которой нейтраль источника питания глухо заземлена, а открытые проводящие части электроустановки заземлены при помощи заземляющего устройства, электрически независимого от глухозаземлённой нейтрали источника.

*б*)

*а*)



Рисунок 5.1 – Системы *TN-C* (*а*) и *TN-S* (*б*) переменного тока:

1 – заземлитель нейтрали (средней точки) источника питания;

2 – открытые проводящие части

Условные обозначения систем расшифровываются следующим образом.

Первая буква состояние нейтрали источника относительно земли:

*Т* заземлённая нейтраль (*terra* – земля);

*I* изолированная нейтраль.

Вторая буква состояние открытых проводящих частей относительно земли:

*Т* открытые проводящие части заземлены независимо от отношения к земле нейтрали источника питания или какой-либо точки питающей сети;

*N* открытые проводящие части присоединены к глухозаземлённой нейтрали источника питания.

Последующие (после буквы *N*) буквы совмещение в одном проводнике или разделение функций нулевого рабочего и нулевого защитного проводников:

*S* нулевой рабочий (*N*) и нулевой защитный (*РЕ*) проводники разделены (*select*);

*С* функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников совмещены в одном проводнике (*common*, *РЕN*-проводник).

Приняты следующие графические обозначения проводников:

*N*  нулевой рабочий (нейтральный) проводник;

*PE*  защитный проводник (заземляющий проводник, нулевой защитный проводник, защитный проводник системы уравнивания потенциалов);

*PEN*  совмёщенный нулевой защитный и нулевой рабочий проводники.

При монтаже электроустановок правилами предписано применять для проводников следующие обозначения:

 – первая фаза *L*1 цвет жёлтый;

 – вторая фаза *L*2 цвет зелёный;

 – третья фаза *L*3 цвет красный;

 – нулевой рабочий проводник *N* – цвет голубой;

 – нулевой защитный проводник *РЕ* цвет жёлто-зелёный в полоску.

Наиболее перспективной для нашей страны является комбинированная система *ТN-С-S*, позволяющая в комплексе с широким внедрением устройств защитного отключения УЗО обеспечить высокий уровень электробезопасности в электроустановках без их коренной реконструкции.

В системе *ТN-С-S* во вводно-распределительном устройстве электроустановки совмещённый нулевой защитный и нулевой рабочий проводник *РЕN* разделён на нулевой защитный *РЕ* и нулевой рабочий *N* проводники.

Нулевой защитный проводник *PE* соединён со всеми открытыми проводящими частями и может быть многократно заземлён, в то время как нулевой рабочий проводник *N* не должен иметь соединения с землей.

В плане обеспечения условий электробезопасности при эксплуатации электроустановки серьёзной альтернативой вышерассмотренным системам заземления является сравнительно новое, но всё более широко применяемое эффективное электрозащитное средство двойная изоляция. Достижения современной химической промышленности в области производства пластиков и керамик, имеющих великолепные механические и электроизоляционные характеристики, позволили значительно расширить ассортимент электробезопасных электроприборов и электроинструментов в исполнении «двойная изоляция», при применении которых тип системы заземления в плане обеспечения условий электробезопасности не имеет принципиального значения.

Изделия в исполнении «двойная изоляция» маркируются знаком .

**5.3 Разрядники, предохранители и автоматические выключатели**

**Грозозащитные разрядники**. В процессе эксплуатации электрические сети периодически подвергаются воздействию грозовых перенапряжений. Наиболее часто ударам молнии подвергаются линии электропередачи, что приводит к перекрытиям изоляции и аварийным отключениям линий. При этом возникают так называемые набегающие электромагнитные волны, которые, распространяясь по линии со скоростью, близкой к скорости света, доходят до подстанции и могут вызвать опасные перенапряжения и повреждения изоляции электрооборудования. Надёжная защита изоляции электрических установок не может быть осуществлена только с помощью заземлённых молниеотводов. В качестве дополнительной меры защиты от перекрытия или пробоя применяют грозозащитные разрядники. В настоящее время применяется два типа грозозащитных разрядников – трубчатые, устанавливаемые в основном на линиях электропередачи, и вентильные, предназначенные для защиты подстанционной изоляции.

**Трубчатый** разрядник состоит из газогенерирующей трубки, стержневого и кольцевого электродов и двух промежутков – внутреннего (дугогасящего) и внешнего. При набегании волны атмосферного напряжения оба промежутка пробиваются и импульсный ток отводится в землю. После окончания импульса через разрядник проходит рабочий (сопровождающий) ток промышленной частоты – ток однофазного короткого замыкания. Высокая температура дуги переменного тока во внутреннем промежутке вызывает интенсивное выделение газов, устремляющихся к открытому концу трубки (продольное дутьё). В результате этого при первом же переходе рабочего тока через нулевое значение дуга гаснет, разрывая цепь провод –земля. Срабатывание разрядника сопровождается резким звуком и выхлопом раскалённых газов. Материал трубки – фибробакелит или винипласт выделяет при нагреве хлор, способствующий гашению дуги.

Основными элементами **вентильного** разрядника являются многократный искровой промежуток, шунтированный строго калиброванными карборундовыми сопротивлениями, и включённое последовательно с ним нелинейное сопротивление, называемое рабочим. Набегающая волна атмосферного перенапряжения вызывает пробой искрового промежутка с последующим резким падением «срезом» напряжения на изоляции. Проходящий через разрядник импульс тока создаёт на рабочем сопротивлении так называемое остающееся напряжение, величина которого неизменна при различных значениях импульсного тока. Это происходит благодаря способности рабочего сопротивления резко менять своё значение в зависимости от напряжения, обеспечивая пропускание очень больших токов при высоком напряжении и весьма малых при нормальном напряжении. Рабочее сопротивление разрядника выполняют в виде вилитовых дисков. Вилит – материал, получаемый при спекании карборундового порошка SiC и связующего материала (жидкое стекло) при температуре 300 ºС. В результате спекания на границе карборундовых зёрен образуется запорный слой, обладающий вентильным эффектом. После окончания процесса ограничения перенапряжения и отведения тока в землю, напряжение на разряднике снижается до величины рабочего. Благодаря вентильным свойствам вилита сопровождающий ток резко снижается и при переходе через нулевое значение гасится на искровом промежутке.

В последнее время на вновь строящихся и реконструируемых объектах рекомендуется вместо вентильных разрядников применять **нелинейные ограничители перенапряжений** типа ОПН (3–750 кВ). В них отсутствуют искровые воздушные промежутки, а специальный керамический резистор на основе оксида цинка ZnO, обладающий высоконелинейным сопротивлением, позволяет при рабочем напряжении пропускать ток утечки не более 1 мА, а при импульсных перенапряжениях – разрядный ток до 100 кА. Нелинейный ограничитель перенапряжений наряду с грозозащитной функцией эффективно ограничивает коммутационные и резонансные перенапряжения в электроустановках. При замене вентильных разрядников, нелинейные ограничители перенапряжений устанавливаются в тех местах, где были установлены разрядники. Для подстанций напряжением до 10 кВ рекомендуется в полной мере использовать конструктивные достоинства ограничителей, встраивая их в оборудование и применяя как опорные изоляторы для ошиновки. Тем самым сокращается расстояние от нелинейного ограничителя перенапряжений до оборудования и повышается надёжность грозозащиты.

**Плавкие предохранители** предназначены для защиты электрических сетей от перегрузок и коротких замыканий. Они дёшевы и просты по устройству. Плавкий предохранитель состоит из двух основных частей: корпуса (патрона) из электроизоляционного материала и плавкой вставки. Концы плавкой вставки соединены с клеммами, с помощью которых предохранитель включается в линию последовательно с защищаемым потребителем или участком цепи. Плавкая вставка выбирается с таким расчётом, чтобы она плавилась раньше, чем температура проводов линии достигнет опасного уровня или перегруженный потребитель выйдет из строя.

По конструктивным особенностям различают пластинчатые, патронные, трубочные и пробочные предохранители. Сила тока, на который рассчитана плавкая вставка, указывается на их корпусах. Оговаривается также максимально допустимое напряжение, при котором может использоваться предохранитель. Для гашения электрической дуги, возникающей при разрыве тока, плавкие вставки могут помещаться в корпус из фибры или засыпаться песком.

Основной характеристикой плавкой вставки является зависимость времени её перегорания от тока. Эта кривая снимается экспериментально: берётся партия одинаковых предохранителей, которые последовательно пережигаются при разных токах. Замеряются время, по истечении которого вставка перегорает, и ток, проходящий через вставку. Каждому току соответствует определённое время перегорания вставки.

**Автоматические выключатели**, в просторечье автоматы, предназначены для применения в электрических цепях переменного тока, защиты при перегрузках и токах короткого замыкания, пуска и остановки асинхронных электродвигателей и обеспечения безопасности изоляции проводников. Также могут использоваться для нечастых оперативных включений и отключений указанных цепей.

**Конструкция автоматического выключателя.** Частиавтоматического выключателя:

– механизм управления;

– электромагнитный и тепловой расцепители;

– дугогасительная камера и т. д.

Чаще всего автоматические выключатели имеют два типа защиты: тепловую (выполнена на биметаллической пластине), предназначенную для защиты от длительных токовых перегрузок, и динамическую (выполнена на электромагнитной катушке) – для защиты от токов короткого замыкания. Контактная система состоит из неподвижных контактов, закреплённых на корпусе, и подвижных контактов, шарнирно насаженных на полуоси рычага механизма управления, и обеспечивает, как правило, одинарный разрыв цепи. Дугогасительное устройство устанавливается в каждом полюсе выключателя и предназначается для локализации электрической дуги в ограниченном объёме. Комбинированные зажимы из посеребренной меди и анодированной стали обеспечивают надёжный контакт с медными и алюминиевыми проводниками сечением от 1 до 25 мм2.

Автоматические выключатели имеют такую конструкцию механизма управления и механизма свободного расцепления, что во время включения замыкание контактов происходит мгновенно независимо от скорости движения рукоятки управления. Установленная металлическая пластина на боковой стенке в районе размыкающихся контактов предохраняет корпус от прогорания. При изготовлении корпуса используются высококачественные негорючие материалы с высокими огнеупорными, противоударными характеристиками и обладающие высокой механической прочностью. Контактные зажимы, глубоко погруженные внутрь корпуса, обеспечивают высокую степень безопасности при случайном прикосновении человека к корпусу прибора. Биметаллическая пластина соединена с механизмом свободного расцепления без люфта, что улучшает чувствительность прибора на её изгиб.

Автоматические выключатели выпускаются в одно-, двух-, трёх- и четырёхполюсном исполнении. Они предназначены для ручного включения и автоматического или ручного отключения электрических потребителей под нагрузкой. Расцепители могут встраиваться в один, два или три полюса в зависимости от типа исполнения автомата.

**Принцип действия автоматического выключателя.** При перегрузках в защищаемой цепи протекающий ток нагревает биметаллическую пластину. При нагреве пластина изгибается и толкает рычаг, воздействующий на механизм свободного расцепления. Выдержка времени отключения уменьшается с ростом тока.

При коротком замыкании в защищаемой цепи ток, протекающий через электромагнитную катушку, многократно возрастает, соответственно возрастает магнитное поле, которое перемещает сердечник, переключающий рычаг свободного расцепления.

В обоих случаях подвижный контакт отходит от неподвижного, автомат выключается, происходит разрыв цепи, тем самым электрическая цепь защищается от перегрузок и токов короткого замыкания. При перегрузках и токах короткого замыкания отключение автоматического выключателя производится независимо от того, удерживается ли рукоятка управления во включённом положении. Собственное время срабатывания автоматического выключателя – сотые доли секунды.

Автоматические выключатели иногда оснащают независимыми расцепителями, с помощью которых выполняют их дистанционное отключение.

После подачи напряжения на цепь управления независимого расцепителя его электромагнитный механизм воздействует на удерживающее приспособление автоматического выключателя, инициируя размыкание контактов его главной цепи. Управляющий сигнал для независимого расцепителя может быть сформирован вручную, например, с помощью кнопочного выключателя с замыкающим контактом, или сгенерирован каким-либо коммутационным или электронным устройством, выполняющим роль датчика, по выполнению каких-то предопределённых условий, например, таймером при наступлении определённого часа.

Включение автоматического выключателя после осуществления его дистанционного отключения с помощью независимого расцепителя производят вручную.

Автоматические выключатели могут быть также укомплектованы расцепителями минимального напряжения, отключающими их при снижении напряжения в заданных точках электроустановки здания ниже определённых значений.

Расцепитель минимального напряжения может инициировать размыкание автоматического выключателя при снижении напряжения в своей цепи управления до 70 % от его номинального значения (например, равного 230 В переменного тока) и менее, а также допускает замыкание автоматического выключателя, если напряжение в этой цепи не менее 85 % от номинального. Расцепитель минимального напряжения может иметь замыкающие и размыкающие контакты, которые используют для дополнительных цепей и цепей управления автоматическим выключателем. Некоторые модификации расцепителей минимального напряжения имеют кратковременную задержку на срабатывание и допускают регулировку напряжения срабатывания.

Включение автоматического выключателя после осуществления его отключения с помощью расцепителя минимального напряжения обычно также производят вручную. Независимый расцепитель, а также расцепитель минимального напряжения крепят к автоматическому выключателю с помощью пружинных скобок или винтов.

**Общие указания и порядок установки автоматических выключателей.** Перед установкой АВ необходимо проверить автомат на отсутствие внешних повреждений, также произвести несколько включений и отключений, чтобы убедиться, что механизм работает исправно. Проверьте маркировку на автомате, соответствует ли она требуемым условиям. Для подсоединения необходимо использовать медные проводники (кабели) или медные соединительные шины. Подвод напряжения к выводам АВ от источника питания осуществляется сверху, а отвод снизу. Автоматические выключатели допускают монтаж без промежутков между ними. Не надо также забывать, что для однофазной сети выпускаются однофазные автоматы, для трёхфазной – трёхфазные. Если вы поставите три однофазных автомата на трёхфазный электродвигатель, то при срабатывании одного автомата двигатель останется в работе на двух фазах, что может привести к сгоранию двигателя. Также запрещается устанавливать отдельный автомат защиты на ноль. Для таких особенных случаев существуют двухполюсные автоматы, которые отключают и фазу и ноль одновременно.

**5.3 Устройства защитного отключения**

Для защиты от поражения человека электрическим током при нарушении изоляции используются различные системы защитного отключения, которые можно подразделить на две группы, основанные на контроле:

1) потенциала (напряжения) на металлических частях корпуса. Если на корпусе появляется опасное напряжение, это фиксируется датчиком и вызывает защитное отключение электроустановки;

2) токов утечки. Для контроля токов утечки применяют специальный датчик (трансформатор тока), который устанавливают: в однофазной цепи – на оба провода, идущих к потребителю; в трёхфазной – на все три либо четыре провода (в зависимости от схемы подключения). Таким образом, датчик тока фиксирует сумму всех токов, протекающих через потребитель, а в соответствии с первым правилом Кирхгофа эта сумма должна быть равна нулю. Если у потребителя есть утечка тока через изоляцию любого из линейных проводов на корпус, а следовательно и на землю, на выходе датчика появляется сигнал, который вызывает защитное отключение потребителя. Такие устройства сокращённо называют УЗО.

Функционально УЗО можно определить **как быстродействующий защитный выключатель, реагирующий на дифференциальный ток в проводниках, подводящих электроэнергию к защищаемой электроустановке.**

Принцип действия УЗО дифференциального типа основан на применении электромагнитного сумматора токов – дифференциального трансформатора тока. Суммарный магнитный поток в сердечнике – ФΣ, пропорциональный разности токов в проводниках, являющихся первичными обмотками трансформатора, *iL* и *iN*, наводит во вторичной обмотке трансформатора тока соответствующую ЭДС, под действием которой в цепи вторичной обмотки протекает ток *i*Δвт, также пропорциональный разности первичных токов.

Следует отметить, что к магнитному сердечнику трансформатора тока электромеханического УЗО предъявляются чрезвычайно высокие требования по качеству – высокая чувствительность, линейность характеристики намагничивания, температурная и временная стабильность и т. д. По этой причине для изготовления сердечников трансформаторов тока, применяемых при производстве УЗО, используется специальное высококачественное аморфное (некристаллическое) железо.

Основные функциональные блоки устройства защитного отключения представлены на рисунке 5.2. Важнейшим функциональным блоком УЗО является дифференциальный трансформатор тока 1. Пусковой орган (пороговый элемент) 2 выполняется, как правило, на чувствительных поляризованных магнитоэлектрических реле прямого действия или электронных компонентах. Исполнительный механизм 3 включает в себя силовую контактную группу с механизмом привода.



Рисунок 5.2 – Принцип действия УЗО

В нормальном режиме при отсутствии дифференциального тока – тока утечки через нарушенную изоляцию, в силовой цепи по проводникам, проходящим сквозь окно магнитопровода трансформатора тока 1, протекает рабочий ток нагрузки. Проводники, проходящие сквозь окно магнитопровода, образуют встречно включённые первичные обмотки дифференциального трансформатора тока.

Если обозначить ток, протекающий по направлению к нагрузке, как *I*1, а от нагрузки – как *I*2, то можно записать равенство

*I*1 = *I*2.

Равные токи во встречно включённых обмотках наводят в магнитном сердечнике трансформатора тока равные, но векторно встречно направленные магнитные потоки Ф1 и Ф2.

Результирующий магнитный поток равен нулю, ток во вторичной обмотке дифференциального трансформатора также равен нулю. Пусковой орган 2 находится в этом случае в состоянии покоя. При прикосновении человека к открытым токопроводящим частям или к корпусу электроприёмника, на который произошел пробой изоляции, по фазному проводнику через УЗО кроме тока нагрузки *I*1 протекает дополнительный ток – ток утечки (*I*Δ), являющийся для трансформатора тока дифференциальным (разностным).

Неравенство токов в первичных обмотках (*I*1 + *I*Δ в фазном проводнике и *I*2, равный *I*1, в нулевом рабочем проводнике) вызывает небаланс магнитных потоков и, как следствие, возникновение во вторичной обмотке трансформированного дифференциального тока. Если этот ток превышает значение уставки порогового элемента пускового органа 2, последний срабатывает и воздействует на исполнительный механизм 3.

Исполнительный механизм, обычно состоящий из пружинного привода, спускового механизма и группы силовых контактов, размыкает электрическую цепь. В результате защищаемая УЗО электроустановка обесточивается.

Для осуществления периодического контроля исправности (работоспособности) УЗО предусмотрена цепь тестирования 4.

При нажатии кнопки «Тест» искусственно создаётся отключающий дифференциальный ток. Срабатывание УЗО означает, что оно в целом исправно.

Различают три типа УЗО:

*АС* – реагирующие на переменный дифференциальный ток;

*А* – реагирующие на переменный и пульсирующий постоянный дифференциальные токи;

*В* – реагирующие на переменный, пульсирующий постоянный и сглаженный постоянный дифференциальные токи.

Чувствительность УЗО общего применения – 30 мА. В помещениях с повышенной температурой и влажностью (бани, бассейны, ванные комнаты и т. п.) применяют УЗО с чувствительностью 10 мА.