

Занятие 3. Мероприятия, обеспечивающие защиту при прямом и косвенном прикосновении к токоведущим частям электроустановки.

1. Мероприятия, обеспечивающие защиту при прямом и косвенном прикосновении к токоведущим частям электроустановки.

1.1. Термины и определения

1.1.1. Проводящая часть - часть, которая может проводить электрический ток.

1.1.2. Токоведущая часть - проводящая часть электроустановки, находящаяся в процессе ее работы под рабочим напряжением, в том числе нулевой рабочий проводник (но не PEN-проводник).

1.1.3. Открытая проводящая часть - доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

1.1.4. Сторонняя проводящая часть - проводящая часть, не являющаяся частью электроустановки.

1.1.5. *Прямое прикосновение - электрический контакт людей или животных с токоведущими частями, находящимися под напряжением.*

1.1.6. *Косвенное прикосновение - электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.*

1.1.7. *Защита от прямого прикосновения - защита для предотвращения прикосновения к токоведущим частям, находящимся под напряжением.*

1.1.8. *Защита при косвенном прикосновении - защита от поражения электрическим током при прикосновении к открытым проводящим частям, оказавшимся под напряжением при повреждении изоляции.*

1.1.9. *Сверхнизкое (малое) напряжение (СНН) - напряжение, не превышающее 50 В переменного и 120 В постоянного тока.*

1.1.10. Уравнивание потенциалов - электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов.

Защитное уравнивание потенциалов - уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности.

1.1.11. Выравнивание потенциалов - снижение разности потенциалов (шагового напряжения) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли.

1.1.12. Защитное автоматическое отключение питания - автоматическое размыкание цепи одного или нескольких фазных проводников (и, если

требуется, нулевого рабочего проводника), выполняемое в целях электробезопасности.

1.1.13. Основная изоляция - изоляция токоведущих частей, обеспечивающая в том числе защиту от прямого прикосновения.

1.1.14. Дополнительная изоляция - независимая изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, выполняемая дополнительно к основной изоляции для защиты при косвенном прикосновении.

1.1.15. Двойная изоляция - изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, состоящая из основной и дополнительной изоляций.

1.1.16. Усиленная изоляция - изоляция в электроустановках напряжением до 1 кВ, обеспечивающая степень защиты от поражения электрическим током, равноценную двойной изоляции.

1.1.17. Защитное электрическое разделение цепей - отделение одной электрической цепи от других цепей в электроустановках напряжением до 1 кВ с помощью:

двойной изоляции;

основной изоляции и защитного экрана;

усиленной изоляции.

1.1.18. Непроводящие (изолирующие) помещения, зоны, площадки - помещения, зоны, площадки, в которых (на которых) защита при косвенном прикосновении обеспечивается высоким сопротивлением пола и стен и в которых отсутствуют заземленные проводящие части.

1.2. Общие требования

1.2.1. Электроустановки по условиям электробезопасности разделяются на электроустановки напряжением до 1 кВ и электроустановки напряжением выше 1 кВ (по действующему значению напряжения).

Безопасность обслуживающего персонала и посторонних лиц должна обеспечиваться выполнением мер защиты, предусмотренных в гл. 1.7 ПУЭ, а также следующих мероприятий:

соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия, ограждения токоведущих частей;

применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;

применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;

использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

1.2.2. В электропомещениях с установками напряжением до 1 кВ допускается применение неизолированных и изолированных токоведущих частей без защиты от прикосновения, если по местным условиям такая защита не является необходимой для каких-либо иных целей (например, для защиты от механических воздействий). При этом доступные прикосновению части должны располагаться так, чтобы нормальное обслуживание не было сопряжено с опасностью прикосновения к ним.

1.2.3. *В жилых, общественных и других помещениях устройства для ограждения и закрытия токоведущих частей должны быть сплошные; в помещениях, доступных только для квалифицированного персонала, эти устройства могут быть сплошные, сетчатые или дырчатые.*

Ограждающие и закрывающие устройства должны быть выполнены так, чтобы снимать или открывать их можно было только при помощи ключей или инструментов.

1.2.4. Все ограждающие и закрывающие устройства должны обладать требуемой (в зависимости от местных условий) механической прочностью. При напряжении выше 1 кВ толщина металлических ограждающих и закрывающих устройств должна быть не менее 1 мм.

1.2.5. Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током, от действия электрической дуги и т. п. *все электроустановки должны быть снабжены средствами защиты, а также средствами оказания первой помощи в соответствии с действующими правилами применения и испытания средств защиты, используемых в электроустановках.*

1.2.6. Токоведущие части электроустановки не должны быть доступны для случайного прикосновения, а доступные прикосновению открытые и сторонние проводящие части не должны находиться под напряжением, представляющим опасность поражения электрическим током как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции.

1.3. Меры защиты от прямого прикосновения

1.3.1. *Для защиты от поражения электрическим током в нормальном режиме должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты от прямого прикосновения:*

- основная изоляция токоведущих частей;*
- ограждения и оболочки;*
- установка барьеров;*
- размещение вне зоны досягаемости;*
- применение сверхнизкого (малого) напряжения.*

Для дополнительной защиты от прямого прикосновения в электроустановках напряжением до 1 кВ, при наличии требований других глав ПУЭ, следует применять устройства защитного отключения (УЗО) с номинальным отключающим дифференциальным током не более 30 мА.

1.3.2. Основная изоляция токоведущих частей должна покрывать токоведущие части и выдерживать все возможные воздействия, которым она может подвергаться в процессе ее эксплуатации. Удаление изоляции должно быть возможно только путем ее разрушения.

Лакокрасочные покрытия не являются изоляцией, защищающей от поражения электрическим током, за исключением случаев, специально оговоренных техническими условиями на конкретные изделия.

В случаях, когда основная изоляция обеспечивается воздушным промежутком, защита от прямого прикосновения к токоведущим частям или приближения к ним на опасное расстояние, в том числе в электроустановках напряжением выше 1 кВ, должна быть выполнена посредством оболочек, ограждений, барьеров или размещением вне зоны досягаемости.

1.3.3. Ограждения и оболочки в электроустановках напряжением до 1 кВ должны иметь степень защиты не менее IP 2X, за исключением случаев, когда большие зазоры необходимы для нормальной работы электрооборудования.

Ограждения и оболочки должны быть надежно закреплены и иметь достаточную механическую прочность.

Вход за ограждение или вскрытие оболочки должны быть возможны только при помощи специального ключа или инструмента либо после снятия напряжения с токоведущих частей.

1.3.4. Размещение вне зоны досягаемости для защиты от прямого прикосновения к токоведущим частям в электроустановках напряжением до 1 кВ или приближения к ним на опасное расстояние в электроустановках напряжением выше 1 кВ может быть применено при невозможности выполнения мер, указанных в [1.7.68 - 1.7.69](#), или их недостаточности. При этом расстояние между доступными одновременному прикосновению проводящими частями в электроустановках напряжением до 1 кВ должно быть не менее 2,5 м. Внутри зоны досягаемости не должно быть частей, имеющих разные потенциалы и доступных одновременному прикосновению.

В вертикальном направлении зона досягаемости в электроустановках напряжением до 1 кВ должна составлять 2,5 м от поверхности, на которой находятся люди

1.4. Меры защиты при косвенном прикосновении

1.4.1. Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции должны быть применены по отдельности или в сочетании следующие меры защиты при косвенном прикосновении:

защитное заземление;
автоматическое отключение питания;
уравнивание потенциалов;
выравнивание потенциалов;
двойная или усиленная изоляция;
сверхнизкое (малое) напряжение;
защитное электрическое разделение цепей;
изолирующие (непроводящие) помещения, зоны, площадки.

1.4.2. Защиту при косвенном прикосновении следует выполнять во всех случаях, если напряжение в электроустановке превышает 50 В переменного* и 120 В постоянного тока*.

В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках выполнение защиты при косвенном прикосновении может потребоваться при более низких напряжениях, например, 25 В переменного и 60 В постоянного тока или 12 В переменного и 30 В постоянного тока при наличии требований соответствующих глав ПУЭ.

Защита от прямого прикосновения не требуется, если электрооборудование находится в зоне системы уравнивания потенциалов, а наибольшее рабочее напряжение не превышает 25 В переменного или 60 В постоянного тока в помещениях без повышенной опасности и 6 В переменного или 15 В постоянного тока - во всех случаях.

1.4.3. Требования защиты при косвенном прикосновении распространяются на:

- 1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т. п.;
- 2) приводы электрических аппаратов;
- 3) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемных или открывающихся частей, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше 50 В переменного или 120 В постоянного тока (в случаях, предусмотренных соответствующими главами ПУЭ - выше 25 В переменного или 60 В постоянного тока);
- 4) металлические конструкции распределительных устройств, кабельные конструкции, кабельные муфты, оболочки и броню контрольных и силовых кабелей, оболочки проводов, рукава и трубы электропроводки, оболочки и опорные конструкции шинопроводов (токопроводов), лотки, короба, струны, тросы и полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с зануленной

или заземленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;

5) металлические оболочки и броню контрольных и силовых кабелей и проводов на напряжения, не превышающие указанные в [1.7.53](#), проложенные на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т. п., с кабелями и проводами на более высокие напряжения;

6) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;

7) электрооборудование, установленное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

1.4.4. При выполнении автоматического отключения питания в электроустановках напряжением до 1 кВ все открытые проводящие части должны быть присоединены к глухозаземленной нейтрали источника питания, если применена система TN, и заземлены, если применены системы IT или TT.

При этом характеристики защитных аппаратов и параметры защитных проводников должны быть согласованы, чтобы обеспечивалось нормированное время отключения поврежденной цепи защитно-коммутационным аппаратом в соответствии с номинальным фазным напряжением питающей сети.

В электроустановках, в которых в качестве защитной меры применено автоматическое отключение питания, должно быть выполнено уравнивание потенциалов.

Для автоматического отключения питания могут быть применены защитно-коммутационные аппараты, реагирующие на сверхтоки или на дифференциальный ток.

1.4.5. Система дополнительного уравнивания потенциалов должна соединять между собой все одновременно доступные прикосновению открытые проводящие части стационарного электрооборудования и сторонние проводящие части, включая доступные прикосновению металлические части строительных конструкций здания, а также нулевые защитные проводники в системе TN и защитные заземляющие проводники в системах IT и TT, включая защитные проводники штепсельных розеток.

Для уравнивания потенциалов могут быть использованы специально предусмотренные проводники либо открытые и сторонние проводящие части, если они удовлетворяют требованиям [1.7.122](#) к защитным проводникам в отношении проводимости и непрерывности электрической цепи.

1.4.6. Защита при помощи двойной или усиленной изоляции может быть обеспечена применением электрооборудования класса II или

заклЮчением электрооборудования, имеющего только основную изоляцию токоведущих частей, в изолирующую оболочку.

Проводящие части оборудования с двойной изоляцией не должны быть присоединены к защитному проводнику и к системе уравнивания потенциалов.

1.4.7. Защитное электрическое разделение цепей следует применять, как правило, для одной цепи.

Наибольшее рабочее напряжение отделяемой цепи не должно превышать 500 В.

Питание отделяемой цепи должно быть выполнено от разделительного трансформатора, соответствующего ГОСТ 30030 “Трансформаторы разделительные и безопасные разделительные трансформаторы”, или от другого источника, обеспечивающего равноценную степень безопасности.

Токowедущие части цепи, питающейся от разделительного трансформатора, не должны иметь соединений с заземленными частями и защитными проводниками других цепей.

1.4.8. Изолирующие (непроводящие) помещения, зоны и площадки могут быть применены в электроустановках напряжением до 1 кВ, когда требования к автоматическому отключению питания не могут быть выполнены, а применение других защитных мер невозможно либо нецелесообразно.

Сопротивление относительно локальной земли изолирующего пола и стен таких помещений, зон и площадок в любой точке должно быть не менее:

50 кОм при номинальном напряжении электроустановки до 500 В включительно, измеренное мегаомметром на напряжение 500 В;

100 кОм при номинальном напряжении электроустановки более 500 В, измеренное мегаомметром на напряжение 1000 В.

2. Защитное заземление

2.1. Область применения. Термины и определения

Характеристики систем заземления и требования по его оборудованию определены в главе 1.7. «Правил устройства электроустановок»

Настоящая глава Правил распространяется на все электроустановки переменного и постоянного тока напряжением до 1 кВ и выше и содержит общие требования к их заземлению и защите людей и животных от поражения электрическим током, как в нормальном режиме работы электроустановки, так и при повреждении изоляции

В качестве одного из основных технических способов защиты человека от поражения электрического тока выполняется **защитное заземление**.

Защитное заземление – преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетокowедущих частей, которые

могут оказаться под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам (индуктивное влияние соседних токоведущих частей, вынос потенциала, разряд молнии и т. п.)

Защитное заземление - заземление, выполняемое в целях электробезопасности.

Назначение защитного заземления — устранение опасности поражения током в случае прикосновения к корпусу электроустановки и другим нетоковедущим металлическим частям, оказавшимся под напряжением вследствие замыкания на корпус и по другим причинам.

Защитное заземление следует отличать от других видов заземления, например, рабочего заземления и заземления молниезащиты.

2.1.1. Открытая проводящая часть - доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

2.1.2. Заземлитель - проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

2.1.3. Искусственный заземлитель - заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

Искусственные заземлители могут быть из черной или оцинкованной стали или медными.

Искусственные заземлители не должны иметь окраски

2.1.4. Естественный заземлитель - сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

2.1.5. Заземляющий проводник - проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

Открыто проложенные заземляющие проводники должны быть предохранены от коррозии и окрашены в черный цвет.

2.1.6. Заземляющее устройство - совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

Соединения и присоединения заземляющих, защитных проводников и проводников си стемы уравнивания и выравнивания потенциалов должны

быть надежными и обеспечивать непрерывность электрической цепи. Соединения стальных проводников рекомендуется выполнять посредством сварки. Соединения должны быть защищены от коррозии и механических повреждений.

Для болтовых соединений должны быть предусмотрены меры против ослабления контакта.

Визуальные осмотры видимой части заземляющего устройства должны производиться по графику, но не реже 1 раза в 6 месяцев ответственным за электрохозяйство Потребителя или работником, им уполномоченным.

При осмотре оценивается состояние контактных соединений между защитным проводником и оборудованием, наличие антикоррозионного покрытия, отсутствие обрывов.

Результаты осмотров должны заноситься в паспорт заземляющего устройства.

Осмотры с выборочным вскрытием грунта в местах, наиболее подверженных коррозии, а также вблизи мест заземления нейтралей силовых трансформаторов, присоединений разрядников и ограничителей перенапряжений должны производиться в соответствии с графиком планово-профилактических работ (далее - ППР), но не реже одного раза в 12 лет.

Элемент заземлителя должен быть заменён, если разрушено более 50% его сечения.

2.1.7. Зона нулевого потенциала (относительная земля) - часть земли, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю.

2.1.8. Зона растекания (локальная земля) - зона земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала.

2.1.9. Замыкание на землю - случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей.

2.1.10. Напряжение на заземляющем устройстве - напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала.

2.1.11. Сопротивление заземляющего устройства - отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

2.2. Принцип действия защитного заземления в электроустановках с изолированной нейтралью

*П.У.Э. 1.7.24. **Напряжение прикосновения** - напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного.*

*П.У.Э.1.7.12. **Косвенное прикосновение** - электрический контакт людей или животных с открытыми проводящими частями, оказавшимися под напряжением при повреждении изоляции.*

*П.У.Э. 1.7.25. **Напряжение шага** - напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека.*

Принцип действия защитного заземления заключается в снижении до безопасных значений напряжений прикосновения и шага, обусловленных замыканием на корпус и другими причинами.

Это достигается путем уменьшения потенциала заземленного оборудования (уменьшением сопротивления заземлителя), а также путем выравнивания потенциалов основания, на котором стоит человек, и заземленного оборудования (подъемом потенциала основания, на котором стоит человек, до значения, близкого к значению потенциала заземленного оборудования).

Рассмотрим два случая.

2.2.1. Корпус электроустановки не заземлен.

Вследствие повреждения изоляции фазного провода, произошло однофазное замыкание на корпус электроприемника (электродвигателя, электрического аппарата, либо на металлическую конструкцию, по которой проложены электрические провода) (рис.2.1).

Такое замыкание называется **замыканием на корпус**.

Если при этом корпус электроприемника или конструкция не имеют связи с землей, тогда они приобретают потенциал фазы сети или близкий к нему.

В случае прикосновения к корпусу электроустановки также опасно, как и прикосновение к фазному проводу сети.

Упр- (напряжение прикосновение) равно фазному (220В)

Через тело человека, его обувь, пол, землю, сопротивления утечки и емкостные сопротивления исправных фаз образуется замкнутая цепь.

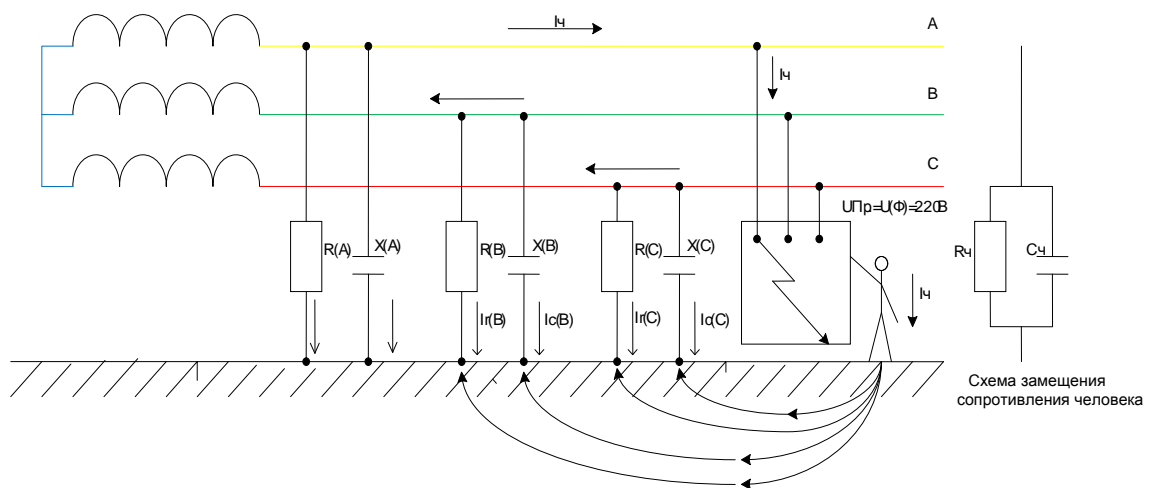


Рисунок 2.1.Замыкание на корпус в сети, с изолированной нейтралью

1. Рассмотрим, как протекает ток в сети при замыкании одной фазы на корпус электроустановки.

Изоляция токоведущих частей имеет определенное сопротивление (или проводимость) по отношению к земле, обычно выражаемое в мегомах. В сетях напряжением до 1000В допустимое активное сопротивление изоляции проводников в производственных помещениях должно быть не менее 0,5 МОм, ($R_{из} = 0,5 \text{ Мом}$). (Требования ПУЭ)

Это означает, что через изоляцию проводников и землю проходит ток некоторой величины. При хорошей изоляции этот ток весьма мал.

Допустим, например, что между проводником одной фазы сети и землей напряжение равно 220В, а измеренное мегомметром сопротивление изоляции этого провода равно 0,5 МОм. Это значит, что ток на землю этой фазы равен $220 / (0,5 \times 1000000) = 0,00044\text{А}$ или 0,44 мА. Этот ток называется **током утечки**.

Условно для наглядности на схеме сопротивления изоляции трех фаз R(A), R(B), R(C) изображаются в виде сопротивлений, присоединенных каждое к одной точке провода. На самом деле токи утечки в исправной сети распределяются равномерно по всей длине проводов, в каждом участке сети они замыкаются через землю и их сумма (геометрическая, т. е. с учетом сдвига фаз) равна нулю.

2. Связь второго рода образуется емкостью проводников сети по отношению к земле. Как это понимать?

Каждый проводник сети и землю можно представить себе как две обкладки протяженного конденсатора. В воздушных линиях проводник и земля — это как бы обкладки конденсатора, а воздух между ними — диэлектрик. В кабельных линиях обкладками конденсатора являются жила кабеля и металлическая оболочка, соединенная с землей, а диэлектриком — изоляция.

При переменном напряжении изменение зарядов конденсаторов вызывает возникновение и прохождение через конденсаторы переменных токов. Эти так называемые емкостные токи в исправной сети равномерно распределены по длине проводов и в каждом отдельном участке также замыкаются через землю. На рис.2.1 сопротивления емкостей трех фаз на землю $X_{(A)}$, $X_{(B)}$, $X_{(C)}$ условно показаны присоединенными каждое к одной точке сети. Чем больше длина сети, тем большую величину имеют токи утечки и емкостные токи.

Посмотрим, что же произойдет в изображенной на рисунке 2.1 сети, если в одной из фаз (например, А) произойдет **замыкание на корпус**, т. е. провод этой фазы будет соединен с токопроводящим корпусом электроустановки и сопротивление $R_{(A)}$ в месте замыкания будет стремиться к «нулю». Теперь под воздействием линейного напряжения сети $U_{(BC)}$ и напряжение замкнувшей фазы, через место замыкания, человека прикоснувшегося к этому корпусу, основания на котором стоит человек и землю будет проходить ток замыкания. Пути прохождения тока показаны стрелками на рисунке.

Ток в этой цепи замыкания зависит от ее сопротивления и может нанести человеку тяжелое поражение или оказаться для него смертельным.

$$I_{ч} = \frac{U_{пр}}{R_{ч} + Z/3} \quad (1)$$

где: $I_{ч}$ – ток протекающий через тело человека;

$U_{пр}$ – напряжение прикосновения на корпусе электроустановки

$R_{ч}$ – сопротивление человека :

$$R_{ч} = R_a + R_c \quad (2)$$

где: R_a – активное сопротивление человека (включает в себя сопротивление тела человека, сопротивление обуви, сопротивление основания на котором стоит человек)

При расчётах принимается минимальное активное сопротивление человека, без учёта сопротивления обуви и сопротивления основания

$$R_{ч} = 1000 \text{ Ом}$$

Ёмкостное сопротивление человека зависит от строения тела человека, частоты приложенного напряжения и колеблется в пределах от нескольких сотен пикофард до нескольких микрофард.

При расчёте принимают $C_{ч} = 0,1 \text{ мкФ}$

$$R_c = \frac{1}{2\pi f c} = \frac{1}{\omega c} \quad (3)$$

Z- комплекс полного сопротивления фазных проводников, которое в трехфазных сетях определяется через сумму проводимостей Y отдельных сопротивлений: Z(A); Z(B); Z(C)

$$Z(A) = \frac{R \frac{1}{\omega c}}{\sqrt{R^2 + (\frac{1}{\omega c})^2}} \quad (4)$$

Ток в действительной форме равен (A):

$$I_{ч} = \frac{U_{пр}}{R_{ч} \sqrt{1 + \frac{R_{из}(R_{из} + 6R_{ч})}{9R_{ч}^2(1 + R_{из}^2 \omega^2 C^2)}}} \quad (5)$$

Если емкость проводов относительно земли мала, т. е. C = 0, что обычно имеет место в воздушных сетях небольшой протяженности, то уравнение (5) примет вид

$$I_{ч} = \frac{U_{пр}}{R_{ч} + \frac{R_{из}}{3}} \quad (6)$$

Если же емкость велика, а проводимость изоляции незначительна, т. е. R_{из} ≈ ∞, что обычно имеет место в кабельных сетях, то согласно выражению (5) ток через человека (A) будет:

$$I_{ч} = \frac{U_{пр}}{\sqrt{R_{ч}^2 + (\frac{R_{ч}}{3})^2}} \quad (7)$$

Из выражения (6) следует, что в сетях с изолированной нейтралью, обладающих незначительной емкостью между проводами и землей, опасность для человека, прикоснувшегося к одной из фаз в период нормальной работы сети, зависит от сопротивления проводов относительно земли: с увеличением сопротивления опасность уменьшается.

Поэтому очень важно в таких сетях обеспечивать высокое сопротивление изоляции и контролировать ее состояние в целях своевременного выявления и устранения возникших неисправностей.

Однако в сетях с большой емкостью относительно земли роль изоляции проводов в обеспечении безопасности прикосновения утрачивается, что видно из уравнений (5) и (7).

В нашем случае, при прикосновении человека к корпусу с однофазным замыканием сети:

$$U_{пр} = 220В;$$

$$R_{ч} = 1000 Ом;$$

R_c - примем равным 0 (наиболее неблагоприятное для нас сопротивление)

$$I_{\text{ч}} = \frac{220}{1000} = 0,220 \text{ А}$$

Получили значение тока - опасное для жизни человека.

2.2.2. Корпус электроустановки заземлен

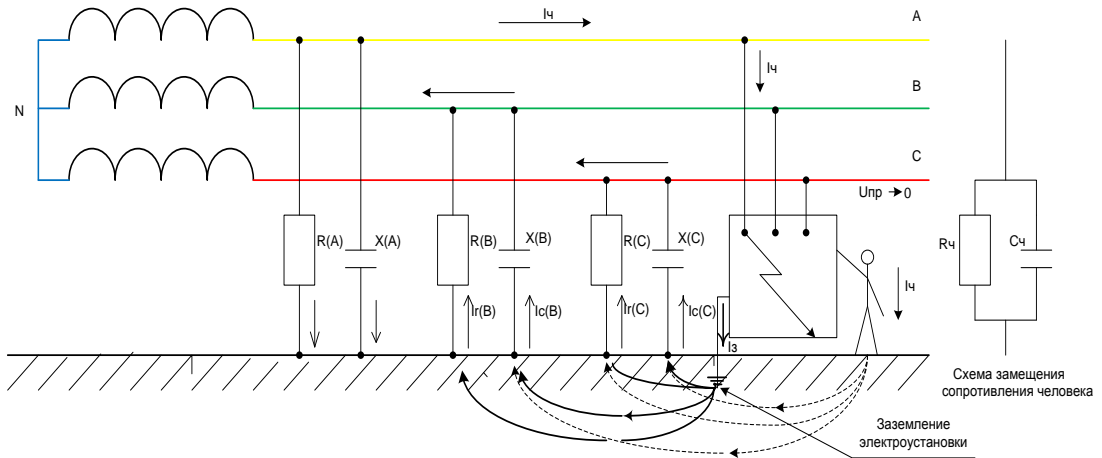


Рисунок 2.2. Корпус электроустановки заземлен

В этом случае напряжение корпуса электроустановки (напряжения прикосновения) относительно земли уменьшится и станет равным разности потенциалов корпуса и земли:

$$U_{\text{пр}} = \varphi(\kappa) - \varphi(\text{з}) \quad (8)$$

$$U_{\text{пр}} = I_3 R_3 \quad (9)$$

где : $U_{\text{пр}}$ – напряжение корпуса электроустановки относительно земли;
 I_3 – ток замыкания на землю;
 R_3 – сопротивление заземлителя растеканию тока.

Напряжение прикосновения и ток через тело человека в этом случае будут определяться по формулам:

$$U_{\text{пр}} = I_3 R_3 a_1 \quad (10)$$

$$I_{\text{ч}} = I_3 \frac{R_3}{R_{\text{ч}}} \alpha_1,$$

где a_1 - коэффициент напряжения прикосновения;

Ток замыкания на землю в сети IT зависит от сопротивления изоляции и емкости фазных проводов относительно земли, сопротивления растеканию R_{3M} , R_n . Если принять во внимание, что обычно $R_{3M} \ll R_n$,

$$I_3 = U / (R_3 + Z/3) \quad (11)$$

Где Z - где полное сопротивление фазного провода относительно земли в комплексной форме.

Из сказанного следует, что для прохождения тока через землю необходимо наличие замкнутой цепи (иногда представляют себе, что ток «уходит в землю» — это неверно). **В сетях с изолированной нейтралью напряжением до 1000В токи утечки и емкостные токи обычно невелики.** Они зависят от состояния изоляции и длины сети. Даже в разветвленной сети они находятся в пределах нескольких ампер и ниже. Поэтому эти токи, как правило, недостаточны для расплавления плавких вставок или отключения [автоматических выключателей](#).

При напряжениях выше 1000В основное значение имеют емкостные токи, они могут достигать нескольких десятков ампер (если не предусмотрена их компенсация). Однако в этих сетях отключение поврежденных участков при однофазных замыканиях обычно не применяется, чтобы не создавать перерывов в электроснабжении.

Таким образом, в сети с изолированной нейтралью при наличии однофазного замыкания (о чем сигнализируют приборы контроля изоляции) продолжают работать электроприемники. Это возможно, так как при однофазных замыканиях линейное (междуфазное) напряжение не изменяется и все электроприемники получают энергию бесперебойно. Но при всяком однофазном замыкании в сети с изолированной нейтралью напряжения неповрежденных фаз по отношению к земле возрастают до линейных, а это способствует возникновению второго замыкания на землю в другой фазе.

Образовавшееся двойное замыкание на землю создает серьезную опасность для людей. Следовательно, любая сеть с наличием в ней однофазного замыкания должна рассматриваться как находящаяся в аварийном состоянии, так как общие условия безопасности при таком состоянии сети резко ухудшаются.

Уменьшая значение сопротивления заземлителя растеканию тока R_3 , можно уменьшить напряжение корпуса электроустановки относительно земли, в результате чего уменьшаются напряжение прикосновения и ток через тело человека.

Заземление будет эффективным лишь в том случае, если ток замыкания на землю I_3 практически не увеличивается с уменьшением сопротивления заземлителя.

Такое условие выполняется в сетях с **изолированной нейтралью** (типа IT) напряжением до 1 кВ, так как в них ток замыкания на землю в основном определяется сопротивлением изоляции проводов относительно земли, которое значительно больше сопротивления заземлителя (рис.2.2).

В сетях переменного тока с заземленной нейтралью напряжением до 1 кВ защитное заземление в качестве основной защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении не применяется, т.к. оно не эффективно.

2.3. Принцип действия защитного заземления в электроустановках с глухозаземлённой нейтралью

2.3.6. Корпус электроустановки не заземлен.

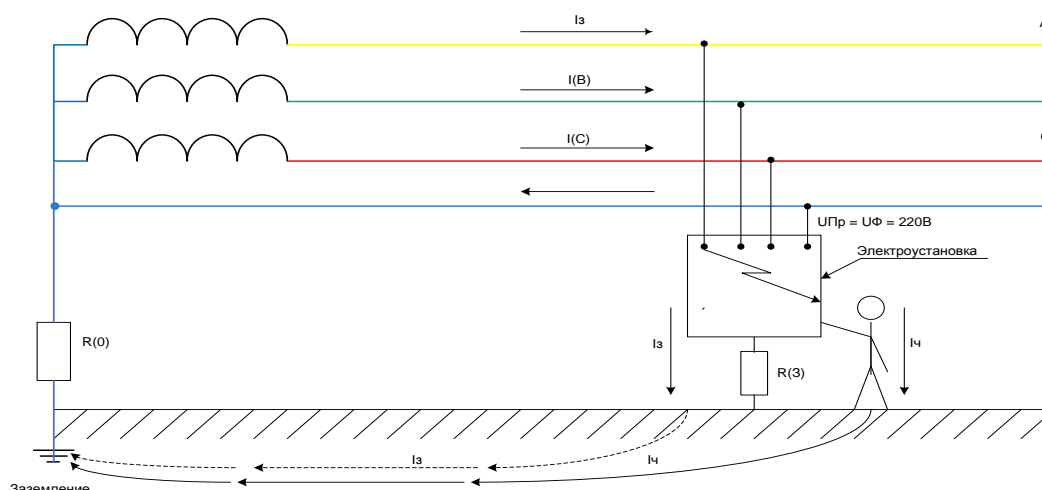


Рисунок 2.3.5 Электрическая сеть с глухозаземлённой нейтралью

В трехфазной четырехпроводной сети с заземленной нейтралью проводимость изоляции и емкостная проводимость проводов относительно земли малы по сравнению с проводимостью заземления нейтрали, поэтому при определении тока через человека, касающегося электропроводящего корпуса электроустановки при однофазном замыкании сети, ими можно пренебречь.

На (Рис.2.3.5) мы имеем схему без нулевого защитного проводника, роль которого выполняет земля.

При замыкании фазы на корпус по цепи, образовавшейся через землю, будет проходить ток:

$$I_з = \frac{U_ф}{R(0)+R(к)} \quad (12)$$

где: $R(0)$ – сопротивление заземления нейтрали;
 $R(к)$ – сопротивление корпуса, Ом

Сопровитвления обмоток источника тока (например, трансформатора , питающего данную сеть) и проводов сети малы по сравнению с $R(0)$ и $R(k)$, поэтому их в расчет не принимаем.

В результате протекания тока через сопротивление $R(k)$ в землю на корпусе возникает напряжение относительно земли U_k равное падению напряжения на сопротивлении $R(k)$:

$$U_{\text{пр.}(k)} = I_3 R(k) = U_{\text{ф}} \frac{R(k)}{R(0)+R(k)} \quad (13)$$

Ток I_3 может оказаться недостаточным, чтобы вызвать срабатывание максимальной токовой защиты, т. е. установка может не отключиться.

В случае прикосновения человека к данному корпусу, его сопротивление $R(ч)$ шунтирует сопротивление корпуса $R(k)$ и через тело человека протекает ток $I_ч$

$$I_ч = \frac{220 \times 1000}{1000} = 220 \text{ мА} \quad (14)$$

Ток опасный для жизни человека.

Чтобы устранить эту опасность, надо обеспечить быстрое автоматическое отключение установки, т. е. увеличить ток, проходящий через защиту, что достигается уменьшением сопротивления цепи этого тока путем введения в схему нулевого защитного проводника соответствующей проводимости.

Следовательно вытекает вывод: ***в трехфазной сети напряжением до 1 кВ с заземленной нейтралью без нулевого защитного проводника невозможно обеспечить безопасность при косвенном прикосновении, поэтому такая сеть применяться не должна.***

2.3.7. Корпус электроустановки заземлен.

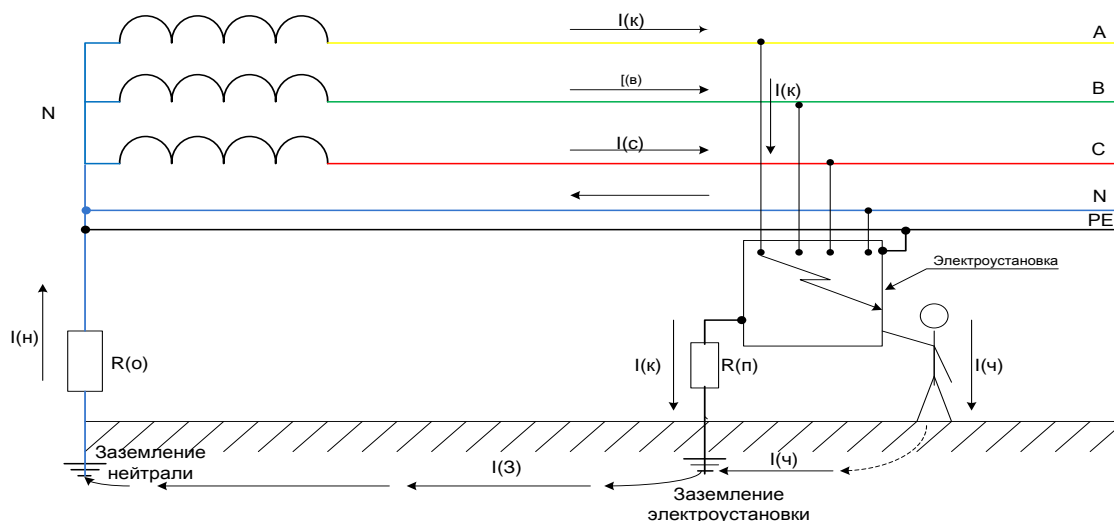


Рисунок 2.3.6 Электрическая сеть с глухозаземлённой нейтралью и занулённым корпусом электроустановки

Для обеспечения безопасности при косвенном прикосновении к токопроводящим частям электроустановки выполняется **защитное зануление** (рис.2.3.6)

Зануление – это преднамеренное электрическое соединение открытых проводящих частей электроустановок с глухозаземленной нейтральной точкой генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности.

Для соединения открытых проводящих частей потребителя электроэнергии с глухозаземленной нейтральной точкой источника используется нулевой защитный проводник.

Нулевым защитным проводником (PE – проводник в системе TN – S) называется проводник, соединяющий зануляемые части (открытые проводящие части) с глухозаземленной нейтральной точкой источника питания трехфазного тока или с заземленным выводом источника питания однофазного тока, или с заземленной средней точкой источника питания в сетях постоянного тока.

Зануление необходимо для обеспечения защиты от поражения электрическим током при косвенном прикосновении за счет снижения напряжения корпуса относительно земли и быстрого отключения электроустановки от сети.

Область применения зануления: электроустановки напряжением до 1 кВ в трехфазных сетях переменного тока с заземленной нейтралью (система TN – S; обычно это сети 220/127, 380/220, 660/380 В);

Принцип действия зануления.

При замыкании фазного провода на зануленный корпус электропотребителя (рис.2.3.6) образуется цепь тока однофазного короткого замыкания (то есть замыкания между фазным и нулевым защитным проводниками). Ток однофазного короткого замыкания вызывает срабатывание максимальной токовой защиты, в результате чего происходит отключение поврежденной электроустановки от питающей сети. Кроме того, до срабатывания максимальной токовой защиты происходит снижение напряжения поврежденного корпуса относительно земли, что связано с защитным действием повторного заземления нулевого защитного проводника и перераспределением напряжений в сети при протекании тока короткого замыкания.

Рис. 2.3.6 – Принципиальная схема зануления в системе TN–S:

$R(o)$ – сопротивление заземления нейтрали обмотки источника тока;

$R(p)$ – сопротивление повторного заземления нулевого защитного проводника;

I_k – ток КЗ;

I_n – часть тока КЗ, протекающего через нулевой защитный проводник;

I_z – часть тока КЗ, протекающего через землю.

Следовательно, зануление обеспечивает защиту от поражения электрическим током при замыкании на корпус за счет ограничения времени прохождения тока через тело человека и за счет снижения напряжения прикосновения.

В качестве максимальной токовой защиты, обеспечивающей быстрое отключение электроустановки в аварийном режиме могут использоваться плавкие предохранители и автоматические выключатели, устанавливаемые для защиты от токов короткого замыкания, магнитные пускатели со встроенной тепловой защитой, контакторы в сочетании с тепловыми реле, осуществляющие защиту от перегрузки, автоматы с комбинированными расцепителями, осуществляющие защиту одновременно от токов короткого замыкания и перегрузки и др.

Из рис. 2.3.6. видно, что для схемы зануления необходимы нулевой защитный проводник, глухое заземление нейтрали источника тока и повторное заземление нулевого защитного проводника.

В главе 1.7.39. ПУЭ определено:

В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью или глухозаземленным выводом источника однофазного тока, а также с глухозаземленной средней точкой в трехпроводных сетях постоянного тока должно быть выполнено зануление.

Применение в таких электроустановках заземления корпусов электроприемников без их зануления не допускается.

2.3.8. К частям, подлежащим занулению или заземлению согласно ПУЭ относятся:

- 1) корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и т.п;
- 2) приводы электрических аппаратов;
- 3) вторичные обмотки измерительных трансформаторов;
- 4) каркасы распределительных щитов, щитов управления, щитков и шкафов, а также съемные или открывающиеся части, если на последних установлено электрооборудование напряжением выше 42 В переменного тока или более 110 В постоянного тока;
- 5) металлические конструкции распределительных устройств, металлические кабельные конструкции, металлические кабельные соединительные муфты, металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей, металлические оболочки проводов, металлические рукава и трубы электропроводки, кожухи и опорные конструкции шинопроводов, лотки, короба, струны, тросы и стальные полосы, на которых укреплены кабели и провода (кроме струн, тросов и полос, по которым проложены кабели с заземленной или зануленной металлической оболочкой или броней), а также другие металлические конструкции, на которых устанавливается электрооборудование;
- 6) металлические оболочки и броня контрольных и силовых кабелей и проводов напряжением до 42 В переменного тока и до 110 В постоянного тока, проложенных на общих металлических конструкциях, в том числе в общих трубах, коробах, лотках и т.п. Вместе с кабелями и проводами, металлические оболочки и броня которых подлежат заземлению или занулению;
- 7) металлические корпуса передвижных и переносных электроприемников;
- 8) электрооборудование, размещенное на движущихся частях станков, машин и механизмов.

2.3.9. Требование ПУЭ к заземлению источника переменного тока и повторному заземлению электроустановки

1.7.60. Нейтраль генератора, трансформатора на стороне до 1 кВ должна быть присоединена к заземлителю при помощи заземляющего проводника. Сечение заземляющего проводника должно быть не менее указанного в [табл.1.7.1](#).

Использование нулевого рабочего проводника, идущего от нейтрали генератора или трансформатора на щит распределительного устройства, в качестве заземляющего проводника не допускается.

Указанный заземлитель должен быть расположен в непосредственной близости от генератора или трансформатора. В отдельных случаях, например, во внутрицеховых подстанциях заземлитель допускается сооружать непосредственно около стены здания.

1.7.61. Вывод нулевого рабочего проводника от нейтрали генератора или трансформатора на щит распределительного устройства должен быть выполнен: при выводе фаз шинами - шиной на изоляторах, при выводе фаз кабелем (проводом) - жилой кабеля (провода). В кабелях с алюминиевой оболочкой допускается использовать оболочку в качестве нулевого рабочего проводника вместо четвертой жилы.

Проводимость нулевого рабочего проводника, идущего от нейтрали генератора или трансформатора, должна быть не менее 50% проводимости вывода фаз.

1.7.62. Сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов или трансформаторов или выводы источника однофазного тока, в любое время года должно быть не более:

20 Ом при линейном напряжении 660 В;

40 Ом при линейном напряжении 380 В;

80 Ом при линейном напряжении 220 В;

При этом сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока, должно быть не более: 15, 30 и 60 Ом соответственно при линейных напряжениях 660, 380 и 220 В источника трехфазного тока или 380, 220 и 127 В источника однофазного тока.

Повторные заземления нулевого провода должны быть осуществлены при помощи отдельных искусственных заземлителей, которые не должны иметь металлических соединений с подземными трубопроводами. Заземляющие проводники для повторных заземлений нулевого провода должны быть выбраны из условия длительного прохождения тока не менее 25 А.

3. Меры безопасности при эксплуатации отдельных категорий электроприёмников.

1. Электрическое освещение
2. Электроинструмент и ручные электрические машины.
3. Электродвигатели

1. Электрическое освещение

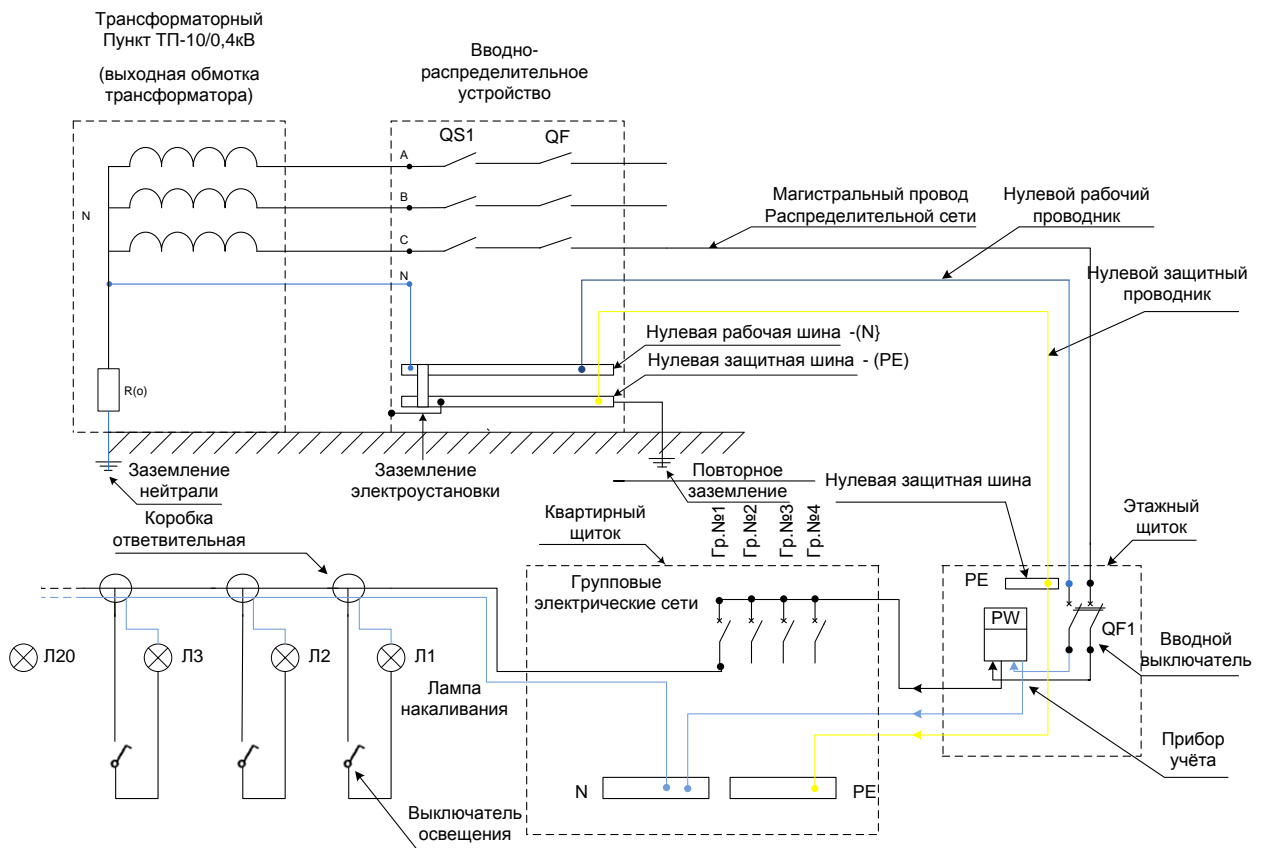


Рисунок 1.1. Схема включения освещения в жилом здании

1.1. Распределительная сеть - сеть от ВУ (Вводного устройства), ВРУ (Вводно-распределительного устройства), ГРЩ (Главного распределительного щита) до распределительных пунктов, щитков и пунктов питания наружного освещения.

1.2. Групповая сеть - сеть от щитков до светильников, штепсельных розеток и других электроприёмников.

1.3. Нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N) - проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для питания электроприемников и соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока.

1.4. Защитный (PE) проводник - проводник, предназначенный для целей электробезопасности.

Нулевой защитный проводник - защитный проводник в электроустановках до 1 кВ, предназначенный для присоединения открытых проводящих частей к глухозаземленной нейтрали источника питания.

1.5. Для питания светильников местного стационарного освещения с лампами накаливания должны применяться напряжения:

- в помещениях без повышенной опасности - не выше 220 В;

- в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных - не выше 50 В.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных допускается напряжение до 220В для светильников, в этом случае должно быть предусмотрено или защитное отключение линии при токе утечки до 30 мА, или питание каждого светильника через разделяющий трансформатор (разделяющий трансформатор может иметь несколько электрически не связанных вторичных обмоток).

Для питания светильников местного освещения с люминесцентными лампами может применяться напряжение не выше 220 В.

При этом в помещениях сырых, особо сырых, жарких и с химически активной средой применение люминесцентных ламп для местного освещения допускается только в арматуре специальной конструкции.

1.6. Для питания переносных светильников в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должно применяться напряжение не выше 50 В.

1.7. При наличии особо неблагоприятных условий, а именно когда опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями (например работа в котлах), и в наружных установках для питания ручных светильников должно применяться напряжение не выше 12 В.

1.8. Питание светильников напряжением до 50В должно производиться от разделяющих трансформаторов или автономных источников питания.

Групповая сеть

1.9. Линии групповой сети внутреннего освещения должны быть защищены предохранителями или автоматическими выключателями.

1.10. Каждая групповая линия, как правило, должна содержать на фазу ***не более 20 ламп накаливания, ДРЛ, ДРИ, ДРИЗ, ДНаТ***, в это число включаются также, штепсельные розетки.

В производственных, общественных и жилых зданиях на однофазные группы освещения лестниц, этажных коридоров, холлов, технических подполий и чердаков допускается ***присоединять до 60 ламп накаливания каждая мощностью до 60 Вт.***

Для групповых линий, питающих световые карнизы, световые потолки и т.п. с лампами накаливания, а также светильники с люминесцентными лампами мощностью до 80 Вт, рекомендуется присоединять до 60 ламп на фазу;

- для линий, питающих светильники с люминесцентными лампами мощностью до 40 Вт включительно, может присоединяться до 75 ламп на фазу

- мощностью до 20 Вт включительно - до 100 ламп на фазу.

1.11. Над проезжей частью улиц, дорог и площадей светильники должны устанавливаться на высоте не менее 6,5 м.

1.12. Над бульварами и пешеходными дорогами светильники должны устанавливаться на высоте не менее 3 м.

1.13. Осветительные приборы должны устанавливаться так, чтобы они были доступны для их монтажа и безопасного обслуживания с использованием при необходимости инвентарных технических средств

1.14. Светильники, обслуживаемые со стремянок или приставных лестниц, должны устанавливаться на высоте не более 5 м (до низа светильника) над уровнем пола. При этом расположение светильников над крупным оборудованием, приемками и в других местах, где невозможна установка лестниц или стремянок, не допускается.

6.1.12. Для аварийного освещения рекомендуется применять светильники с лампами накаливания или люминесцентными.

2. Электроринструмент и ручные электрические машины.

2.1. Классификация оборудования по способу защиты от поражения электрическим током.

Классификацию электротехнического и электронного оборудования переменного тока напряжением до 1000 В по способу защиты от поражения электрическим током устанавливает ГОСТ Р МЭК 536-94.

Оборудование класса 0

Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией; при этом отсутствует электрическое соединение открытых проводящих частей, если таковые имеются, с защитным проводником стационарной проводки. При пробое основной

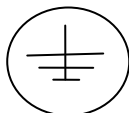
изоляции защита должна обеспечиваться окружающей средой (воздух, изоляция пола и т. п.).

Оборудование класса I

Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается основной изоляцией и соединением открытых проводящих частей, доступных прикосновению, с защитным проводником стационарной проводки.

В этом случае открытые проводящие части, доступные прикосновению, не могут оказаться под напряжением при повреждении изоляции после срабатывания соответствующей защиты.

Обозначение у заземляющего контакта - РЕ или бело-зеленые полосы или слово «земля» в кружке



Примечания.

1. У оборудования, предназначенного для использования с гибким кабелем, к этим средствам относится защитный проводник, являющийся частью гибкого кабеля.

Оборудование класса II

Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током обеспечивается применением двойной или усиленной изоляции.

В оборудовании класса II отсутствуют средства защитного заземления и защитные свойства окружающей среды не используются в качестве меры обеспечения безопасности.

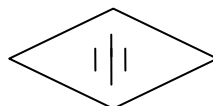
Обозначение - двойной квадрат



Оборудование класса III

Оборудование, в котором защита от поражения электрическим током основана на питании от источника безопасного сверхнизкого напряжения и в котором не возникают напряжения выше безопасного сверхнизкого напряжения.

Обозначение - ромб с III



Примечания.

- 1. В оборудовании класса III не должно быть заземляющего зажима.

Согласно ПУЭ (п.1.7.87, табл. 1.7.3) при выполнении мер защиты в электроустановках до 1 кВ класса применяемого оборудования по способу защиты человека от поражения электрическим током следует принимать согласно табл. 2.1.

Таблица 2.1.

Класс по ГОСТ Р 12.2.007.0 МЭК536	Маркировка	Назначение защиты	Условия применения электрооборудования в электроустановке
Класс 0	-	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях. 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника
Класс I	Защитный зажим - знак или буквы PE, или желто-зеленые полосы 	При косвенном прикосновении	1. Применение в непроводящих помещениях. 2. Питание от вторичной обмотки разделительного трансформатора только одного электроприемника
Класс II	Знак 	При косвенном прикосновении	Независимо от мер защиты, принятых в электроустановке
Класс III	Знак 	От прямого и косвенного прикосновений	Питание от безопасного разделительного трансформатора

2.2. Ручные светильники и переносные электрифицированные инструменты.

Переносные ручные светильники должны :

- быть, снабжены рукояткой из изоляционного материала;
- иметь решетку из толстой проволоки, защищающую лампу от ударов;
- с одной стороны лампы укреплен экран для защиты от слепящих лучей и крючок, позволяющий подвешивать светильник.

Переносные электрические светильники в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных должны иметь напряжение не выше 50 В.

При работе в особо неблагоприятных условиях (в колодцах, барабанах котлов, металлических резервуарах) — не выше 12 В.

Переносные электрифицированные инструменты должны соответствовать требованиям ГОСТ в части электробезопасности.

Они изготавливаются относящимися к классам I...III по способу защиты от поражения током.

Все электроинструменты должны иметь питающий кабель (шнур) шлангового типа с защитной трубкой ввода в корпус, чтобы кабель здесь не мог изгибаться с малым радиусом кривизны, отчего проволочки токоведущих жил могли бы изламываться и, проколов изоляцию кабеля, соприкасаться с корпусом электроинструмента.

У инструментов I класса в кабеле должна быть заземляющая (нулевая защитная) жила, соединяющая корпус инструмента с защитным контактом в вилке втычного (штепсельного) соединения. Конструкция соединения должна исключать вставление защитного штыря вилки в фазное гнездо розетки. Защитный штырь вилки должен быть длиннее остальных, чтобы соединять защитную жилу кабеля раньше, чем соединятся фазные.

Электрифицированный инструмент класса I допускается использовать только на производстве; его нельзя продавать населению.

Как в помещениях с повышенной опасностью, так и без нее во время работы надо применять хотя бы одно электроизолирующее средство (диэлектрические перчатки, галоши, коврик). Без них допускается работа, если питание инструмента осуществляется через УЗО или разделительный трансформатор (или преобразователь частоты с отдельными обмотками).

Причем в помещениях с повышенной опасностью работать с использованием электроинструмента может персонал, имеющий

квалификацию не ниже группы II.

В особо опасных помещениях и вне помещений применять электроинструмент класса I не допускается

Электроинструменты классов II и III можно применять везде и без электроизоляционных защитных средств, кроме как в особо опасных условиях (котлы, колодцы), где инструмент класса II может использоваться с применением хотя бы одного из защитных средств (диэлектрические перчатки, галоши, коврик).

2.3. Правила применения электроинструмента.

2.3.1. Возможность и правила применения электроинструмента определяются категорией помещения, в котором инструмент применяется, по степени опасности поражения электрическим током

2.3.2. Применять электроинструмент следует согласно таблице 2.

Условия применения электроинструмента в зависимости от категории помещения

Категория помещений	Класс инструмента по ГОСТ 12.2.013.0-87	Правила применения
Без повышенной опасности	0	С индивидуальными средствами защиты.
	I	С заземлением корпусов, с индивидуальными средствами защиты.
	II	Без индивидуальных средств защиты
	III	Без заземления корпусов, без индивидуальных средств защиты.
С повышенной опасностью	0	При системе TN-C – с применением хотя бы одного электрозащитного средства и при питании только одного электроприемника от отдельного источника
	I	Применение запрещается
	II	Без индивидуальных средств защиты.

	Ш	Без заземления корпусов, без индивидуальных средств защиты.
Особо опасные и вне помещений	0-I II III	Применение запрещается Применение запрещается Без заземления корпусов, без индивидуальных средств защиты.

2.3.3. Работа вне помещений разрешается только с электроинструментом, защищенным от воздействия влаги (в составе маркировки инструмента имеются "капля в треугольнике" или "две капли"). С инструментом, не имеющим такой маркировки, работа вне помещений разрешается только в сухую погоду, а при дожде и снегопаде - под навесом на сухой земле или настиле.
