МИНИCТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

**В.Н. Черкасов, В.И. Зыков, А.Н. Петренко, В.Е. Мереняшев**

**ЛЕКЦИЯ № 12**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Пожарная безопасность электроустановок»**

Специальность 20.05.01 «Пожарная безопасность»

Ростов-на-Дону

2022

**Учебные вопросы**

1. **Зануление электроустановок как устройств электро- и пожарной безопасности .**

**2. Устройство заземлений и занулений.**

**Учебный вопрос №1: Зануление электро- установок как устройств электро и пожарной безопасности.**

В трехфазных четырехпроводных сетях напряжением 660/380, 380/220 и 220/127 В в соответствии с требованиями ПУЭ **применяется заземление нейтрали трансформаторов или генераторов**. При отсутствии защитного заземления эти сети также обладают электроопасностью и пожаровзрывоопасностью. Прикосновение человека к находящемуся под напряжением корпусу электроприемника (рис. 7.6) образует цепь поражения, замыкающую через его тело, обувь, пол, землю и заземление нейтрали.

Напряжение, воздействию которого в этом случае подвергается человек, представляет собой часть фазного напряжения, действующего в цепи замыкания. В теле человека возникает ток *I*чел, обусловленный фазным напряжением *U*ф и последовательно включенными сопротивлениями тела человека *r*чел и заземления нейтрали *r*о (если сопротивлениями обуви, пола и земли пренебречь):

*I*чел *≈ U*ф/(*r*чел*+r*o).

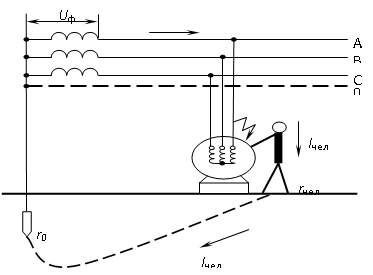


Рис. 7.6. Замыкание на корпус электроприемника в сети с глухозаземленной нейтралью (система ТN)

**Таким образом**, если в электроустановках напряжением до 1000 В с глухозаземленной нейтралью не применять защиту, прикосновение к металлическому корпусу, соединившемуся с любой из фаз, опасно. Однако обеспечить безопасность персонала в электроустановках с заземленной нейтралью так же, как в электроустановках с изолированной нейтралью, простым заземлением электроприемников нельзя. При замыкании на корпус (рис. 7.7) это заземление не обеспечивает безопасной величины напряжения прикосновения и ток *I*З не в состоянии быстро отключить поврежденный элемент электроустановки.

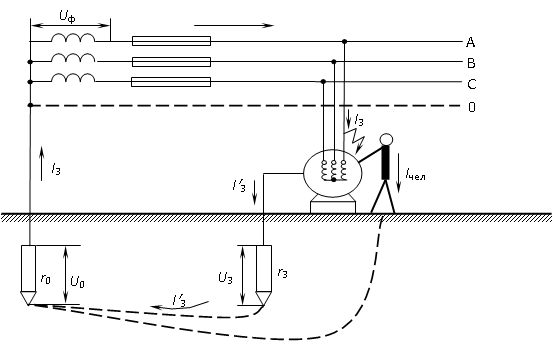


Рис. 7.7. Заземление электроприемника без соединения  
с заземленной нейтралью трансформатора

**Поэтому в сетях напряжением до 1000 В** с глухозаземленной нейтралью металлические нетоковедущие части электроустановки надо соединять не с заземлителями, а с нулевым защитным проводом (рис. 7.8), который подключен к нейтрали трансформатора. Это защитное мероприятие называется *занулением*. В таком случае замыкание на корпус приводит к однофазному КЗ сети через фазный и нулевой провода. Так как сопротивления проводов значительно меньше значений *r*З и *r*0, то токи короткого замыкания – *I*КЗ достигают больших значений. Предохранитель или автомат быстро отключает аварийный участок. Автоматическое отключение поврежденных участков является основным мероприятием по обеспечению электро- и пожаробезопасности в электроустановках с глухозаземленной нейтралью.

*U*> 1000 B

А

С

В

*х*C

*U*< 1000 B

Нулевой защитный провод

*1*

*I*КЗ

*U*ф

*r*ф

*I′*КЗ

*r*н

*r*чел

*I*чел

*r*п

*r*0

*I′*З

0

Рис. 7.8. Замыкание на корпус электроприемника в сети с глухозаземленной нейтралью (система ТN) при наличии зануления. Переход высшего напряжения в цепь низшего

Зануление обеспечивает электробезопасность только при соблюдении ряда условий, усложняющих его устройство и требующих постоянного внимания при эксплуатации. Так, для надежного и очень быстрого отключения аварийного участка необходим достаточный ток КЗ. **Следует обеспечивать безопасность в течение времени** **от момента замыкания** **до срабатывания защитного аппарата, а также при обрыве нулевого провода**. При отказе аппаратов защиты или задержке отключения на всех металлических частях, присоединенных к нулевому проводу, остается потенциал, который может превосходить допустимый. В связи с этим будет существовать реальная угроза поражения людей, прикасающихся к этим частям.

Длительный ток однофазного КЗ может вызвать серьезные повреждения токоведущих частей электрооборудования, их защитных оболочек или корпусов. Особенно опасна задержка отключения токов однофазного КЗ во взрывоопасных зонах, приводящая к возникновению длительной дуги и повреждению (прожигу) оболочки, панели с зажимами или труб электропроводки с последующим выбросом пламени в окружающее пространство. Так, двухдюймовая труба может прогореть через 3 с при токе 500 А, а при токе 350 А – через 5 с. Поэтому лучшим решением следует считать применение во взрывоопасных зонах не предохранителей (за исключением специальных быстродействующих, например ПНБ5), а автоматов с электромагнитными или полупроводниковыми расцепителями, срабатывающими мгновенно и отключающими все три фазы, что предотвращает пожароопасный режим работы электродвигателей на двух фазах.

**Во время срабатывания защиты** на зануленных металлических частях могут кратковременно создаваться значительные и даже опасные потенциалы. Однако в цепях со встроенными или близко расположенными подстанциями и насыщенных технологическим оборудованием напряжение прикосновения при замыканиях на корпус не превосходит безопасного значения и нередко равно 10-12 В. Это объясняется включением параллельно с нулевым проводом проводников большой проводимости; заземленных металлических частей электроустановок, металлических оболочек кабелей, трубопроводов, технологического оборудования, металлических конструкций зданий и т.п., а также выполненного по ПУЭ повторного заземления нулевого провода

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью напряжением 380-220 В запрещается применение защитного заземления без одновременного зануления, а также применение земли в качестве нулевого проводника, так как при этом в случае повреждения изоляции заземленного оборудования возникли бы те же опасные условия, что и при обрыве нулевого провода.

В электроустановках с глухозаземленной нейтралью защита от опасности, связанной с переходом высшего напряжения в цепь низшего  
(см. рис. 7.8), достигается заземлением нейтрали трансформатора *r*0. При этом повышение напряжения в цепи низшего напряжения ограничивается малым значением *r*0. Напряжение нейтрали относительно земли получается равным *U*н*=I*З*r*0. Величина *r*0 не должна превосходить значение, определяемое выражением (7.7).

**Зануление** – одна из первых защитных мер в электроустановках. Зануление имеет как экономические (проще и дешевле заземлители, используемые в системе зануления), так и качественные преимущества перед защитным заземлением – оно снимает напряжение с поврежденных частей электроустановки. Выполнение зануления в соответствии с правилами [3] обеспечивает его высокую надежность. **Однако зануление имеет ряд принципиальных недостатков, например:**

не обеспечивает безопасности при непосредственном прикосновении человека к токоведущим частям электроустановки;

нулевой защитный проводник обеспечивает вынос потенциала (даже при отсутствии замыкания на корпус) на все зануленные электропотребители, что представляет опасность поражения и создает помехи радиоэлектронному оборудованию;

в сети с занулением нельзя использовать заземление отдельных электропотребителей (без соединения их с нулевым защитным проводником), так как при замыкании на заземленный корпус зануленные электропотребители оказываются под опасным напряжением в течение длительного времени;

одновременное прикосновение к токоведущим частям электроустановки и ее зануленному корпусу, а также к незануленному и зануленному электрооборудованию представляет большую опасность;

ошибки при монтаже и подключении электропотребителя могут привести к тому, что его корпус окажется непосредственно подключенным к фазе через нулевой защитный проводник;

перегорание плавкой вставки одного предохранителя при замыкании на корпус не обеспечивает полного отключения от сети трехфазного потребителя, и он (например, трехфазный электродвигатель) окажется в пожароопасном неполнофазном режиме работы;

токи КЗ, токи утечки, искры при замыкании на корпус, перегрев трехфазных потребителей при работе на двух фазах, обусловленные наличием зануления, могут создать пожароопасную ситуацию;

трудности выполнения требований ПУЭ к занулению по формулам (3.12) и (3.13) в протяженных сетях и при занулении мощных потребителей;

трудности контроля (целостности цепи зануления).

**Перечисленные недостатки показывают,** что зануление уже не соответствует современному уровню электрификации страны и нуждается в принципиальной переработке или замене более совершенными мерами защиты, например устройством защитного отключения УЗО .

**Учебный вопрос №2: Устройство заземлений и занулений**

Заземление или зануление применяют во всех случаях при напряжении 380 В (и выше) переменного и 440 В и выше постоянного тока. В помещениях с повышенной опасностью, особо опасных, в наружных установках эти защитные меры применяют при напряжениях выше 42 В переменного и 110 В постоянного тока.

**Заземлять или занулять необходимо** следующие части электроустановок: корпуса трансформаторов; рамы и приводы выключателей и других коммутационных аппаратов; вторичные обмотки измерительных трансформаторов; каркасы распределительных щитов и щитков, пультов и щитов управления, шкафов с электрооборудованием. Съемные или открывающиеся части щитов и шкафов должны быть занулены отдельным гибким проводником, если на этих частях установлено электрооборудование напряжением выше 42 В переменного или 110 В постоянного тока. Зануляют также металлические оболочки и броню кабелей, проводов, металлические кабельные конструкции и муфты, стальные трубы электропроводки, тросы, на которых подвешены провода, кожухи шинопроводов, короба и лотки, арматуру железобетонных опор и проволочные оттяжки любых опор, а также все другие металлоконструкции, связанные с установкой электрооборудования.

ПУЭ не требуют заземлять или занулять что-либо в помещениях без повышенной опасности поражения электрическим током, в частности в жилых и общественных помещениях с деревянными или пластиковыми полами, если номинальное напряжение электрооборудования 220 В и ниже. Зануление здесь только повысило бы опасность при случайном прикосновении одновременно к токоведущим частям и к зануленным, т. е. к связанному с землей корпусу электрооборудования. Не требуется также занулять в кухнях, ванных комнатах и туалетах квартир металлические корпуса стационарно установленного осветительного электрооборудования и переносных электроприборов и машин мощностью до 1,3 кВт (стиральные и швейные машины, холодильники, утюги и т. п.).

Заземляющие и нулевые (РЕ) защитные проводники подразделяются на магистральные и ответвления от них к отдельным электроприемникам. Там, где это допустимо, в качестве нулевых защитных проводников в первую очередь используют нулевые рабочие проводники. Для заземлений и занулений электроприемников рекомендуется применять отдельные жилы кабелей и провода электропроводок (четвертая жила, четвертый и третий провод), открыто проложенные проводники, преимущественно стальные; металлические конструкции различного назначения; алюминиевые оболочки кабелей (но не броню)

В сетях с изолированной нейтралью сечение заземляющих проводников должно составлять не менее 1/3 сечения фазных, а проводимость проводников из разных металлов должна быть не менее 1/3 проводимости фазных.

**Заземлители**. Для заземляющих устройств любого назначения используются естественные и искусственные заземлители или их сочетание. В качестве естественных заземлителей можно использовать проложенные в земле водопроводные трубы и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопро­водов горючих жидкостей и газов; обсадные трубы различного назначения: металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, имеющие надежное соединение с землей; металлические шпунты гидротехнических сооружений; свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле. Если оболочки кабелей служат единственными заземлителями, учитывать их в расчете заземляющих устройств можно только при числе кабелей не менее двух.

**Преимуществом** протяженных естественных заземлителей является их малое сопротивление растеканию тока, а также отсутствие специальных затрат на их устройство. **Недостато****к естественных заземлителей** – доступность неэлектротехническому персоналу. При ремонтных работах могут быть нарушены соединения между отдельными элементами протяженных заземлителей, а главное – между заземляющими проводниками и заземлитетелями.

Если естественных заземлителей нет или их использование не дает нужных результатов, применяют искусственные заземлители – вертикально забитые стержни (электроды) из круглой или угловой стали из газоводопроводных (некондиционных) труб, а также горизонтально проложенные стальные полосы или круглую сталь. Стержни из круглой стали для вертикаль­ных заземлителей рекомендуются диаметром10 мм и длиной 5 м. Применяют также угловую сталь 50 х 50 х5 мм длиной 3м. Используются трубы диаметром50 мм и длиной 2,5-3 м. Чтобы уменьшить колебания сопротивленийзаземлителей, связанные с изменениямивнешней температуры и влажности грунта, их располагают ниже уровня земли на 0,5-0,8 м. Еще меньше подвергаются атмосферным влияниям углубленные заземлители из полосовой или круглой стали, закладываемые на дно котлованов при сооружении фундаментов зданий цехов, подстанций и т.д.

Электрические свойства грунта характеризуются удельным сопротивлением –, измеряемым в Ом⋅м или Ом⋅см. Оно зависит от состава грунта (песок, суглинок, глина, чернозем и т. д.), содержания влаги и растворенных веществ, а также от температуры.

При устройстве заземлителей следует избегать размещения их в местах, где возможна пропитка грунта маслами, нефтью и т. п., а также вблизи трубопроводов горячей воды, пара и дру­гих сооружений, вызывающих высыхание почвы. В этих случаях сопротивление заземлителей резко возрастает.