Курсовой проект

на тему «Расчет защитного заземления и зануления»

**Введение**

Электроустановки различного класса напряжения потенциально являются источниками опасности для людей в целом и для обслуживающего их персонала в частности. Травматизм и смертность при их эксплуатации довольно велики. Однако в силу объективных причин их применение является неотъемлемой частью нашей жизни. С целью сокращения несчастных случаев разработана система правил эксплуатации электроустановок – ПУЭ. В этом документе нашли своё отражение, как общие требования, так и специальные. Среди всех их внимание уделено и использованию защитных заземлений и занулений.

**1. Необходимость проведения защитного заземления и зануления**

Согласно ПУЭ [4, глава 1.7] для защиты людей от поражения электрическим током должна быть применена, по крайней мере, одна из следующих защитных мер: заземление, зануление, защитное отключение, разделительный трансформатор, малое напряжение, двойная изоляция, выравнивание потенциалов

Заземлением называется преднамеренное электрическое соединение данной точки системы или установки, или оборудования с локальной землей посредством заземляющего устройства.

Зануление**м** называется преднамеренное электрическое соединение нейтральной проводящей части (нейтрального проводника) в электроустановке до 1 кВ с заземленной нейтралью трансформатора на подстанции.

Нейтральный проводник – часть электроустановки, способная проводить электрический ток, потенциал которой в нормальном эксплуатационном режиме равен или близок к нулю.

Зачастую при эксплуатации электроустановок нетоковедущие части их оказываются под напряжением. Величина его может быть различна в зависимости от причины.

Наиболее частая причина – наведение напряжения от близко расположенных токоведущих частей. В частности, например на корпус трансформатора наводится потенциал от проходящих сквозь него магнитных потоков. Таким образом, не будучи запитанным корпус становится опасным для прикосновения. К таким же объектам можно отнести ещё и сетчатые ограждения на РУ, корпуса двигателей и генераторов, ячеек КРУ и шкафов КСО и другое оборудование.

Второй причиной может стать замыкание на корпус одной или нескольких фаз. При этом корпус оказывается под напряжением.

Таким образом, нетоковедущие части электроустановок или элементы РУ оказываются под напряжением, те имеют потенциал относительно земли не равный нулю. Понятно, что при соприкосновении с ним произойдёт поражение человека электрическим током, что проявляется в электрическом ударе и ожоге наружных и внутренних органов. Следствием электрического удара могут быть судороги мышц грудной клетки, прекращение деятельности органов дыхания, потеря сознания и расстройство сердечной деятельности со смертельным исходом.

Степень поражения определяется величиной тока, путем и длительностью прохождения через тело человека. Величина тока зависит от напряжения прикосновения и сопротивления всей электрической цепи в которую последовательно «включается» человек.

Напряжение прикосновения Uприк определяется разностью потенциалов в двух точках прикосновения тела человека в цепи замыкания. Электрическое сопротивление тела человека Rч зависит от площади соприкосновения, состояния кожи, длительностью действия тока и рядом других факторов.

Таким образом ток проходящий по телу человека определяется как Iч = Uприк \ Rч

При наличии заземлителя эта зависимость может быть выражена следующей формулой

Iч = Iз \* Rз \ Rч

где Rз – сопротивление растеканию тока заземлителя, определяемое сопротивлением почвы между заземлителем и землёй.



Рис. 1 Распределение потенциала и растекание тока в земле от одиночного заземлителя

заземление зануление двигатель защитный

Следовательно, чем меньше сопротивление заземления, тем меньший ток пройдёт через тело человека.

**2. Перечень электроустановок подлежащих защитному заземлению или занулению**

Необходимость проведения защитных мероприятий, а также устройство заземлителей или занулителей любых электроустановок зависит от ряда факторов.

К ним в первую очередь относится:

– рабочее напряжение электроустановки

– режим работы нейтрали электроустановки

Заземление или зануление электроустановок следует выполнять:

1) при напряжении 380 В и выше переменного тока и 440 В и выше постоянного тока – во всех электроустановках.

2) при номинальных напряжениях выше 42 В, но ниже 380 В переменного тока и выше 110 В, но ниже 440 В постоянного тока – только в помещениях с повышенной опасностью, особо опасных и в наружных установках.

К помещениям с повышенной опасностью необходимо отнести те помещения, где есть

– токопроводящая пыль

– токопроводящие полы

– высокая температура более 350

– относительная влажность более 75%

3) во взрывоопасных помещениях при всех напряжениях.

К последним можно отнести аккумуляторные на подстанциях, в кислородных, водородных и других цехах различных предприятий.

*Cогласно ПУЭ* [4, глава 1.7] *к частям, подлежащим занулению или заземлению 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.

Ряд требований отражает условия безопасной работы электроустановки для обслуживающего персонала, однако существуют требования, которые напрямую зависят от условий работы электроустановки. Так например, несоблюдение требования по заземлению вторичной обмотки трансформатора тока приведет в лучшем случае изменению класса точности [5, глава 4], что отрицательно скажется на показаниях приборов или работы релейной защиты включенных в цепь трансформатора тока. В худшем случае это приведет к неисправности аппарата.

*Не требуется преднамеренно заземлять или занулять*:

1) корпуса электрооборудования, аппаратов и электромонтажных конструкций, установленных на заземленных (зануленных) металлических конструкциях, распределительных устройствах, на щитах, шкафах, щитках, станинах станков, машин и механизмов, при условии обеспечения надежного электрического контакта с заземленными или зануленными основаниями

2) конструкции, при условии надежного электрического контакта между этими конструкциями и установленными на них заземленным или зануленным электрооборудованием. При этом указанные конструкции не могут быть использованы для заземления или зануления установленного на них другого электрооборудования;

3) арматуру изоляторов всех типов, оттяжек, кронштейнов и осветительной арматуры при установке их на деревянных опорах ВЛ или на деревянных конструкциях открытых подстанций, если это не требуется по условиям защиты от атмосферных перенапряжений.

При прокладке кабеля с металлической заземленной оболочкой или неизолированного заземляющего проводника на деревянной опоре перечисленные части, расположенные на этой опоре, должны быть заземлены или занулены;

4) съемные или открывающиеся части металлических каркасов камер распределительных устройств, шкафов, ограждений и т.п., если на съемных (открывающихся) частях не установлено электрооборудование или если напряжение установленного электрооборудования не превышает 42 В переменного тока или 110 В постоянного тока

5) корпуса электроприемников с двойной изоляцией;

6) металлические скобы, закрепы, отрезки труб механической защиты кабелей в местах их прохода через стены и перекрытия и другие подобные детали, в том числе протяжные и ответвительные коробки размером до 100 см, электропроводок, выполняемых кабелями или изолированными проводами, прокладываемыми по стенам, перекрытиям и другим элементам строений.



В зависимости от режима работы нейтрали предъявляются свои требования к способу и устройству защитных мероприятий.

В электроустановках выше 1 кВ с эффективно заземленной нейтралью сечения заземляющих проводников должны быть выбраны такими, чтобы при протекании по ним наибольшего тока однофазного КЗ температура заземляющих проводников не превысила 400 °С (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия основной защиты и полного времени отключения выключателя).

В электроустановках до 1 кВ и выше с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников, а сечение – не менее приведенных в табл. 1.

Не требуется применения медных проводников сечением более 25 мм, алюминиевых – 35 мм, стальных – 120 мм. В производственных помещениях с такими электрическими магистралями заземления из стальной полосы должны иметь сечение не менее 100 мм. Допускается применение круглой стали того же сечения.



Таблица 1. Наименьшие сечения заземляющих и нулевых защитных проводников

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  | Сталь | | |
| Наименование | Медь | Алюминий | в зданиях | в наружных установках | в земле |
| Неизолированные проводники: |  |  |  |  |  |
| сечение, мм | 4 | 6 | - | - | - |
| диаметр, мм | - | - | 5 | 6 | 10 |
| Изолированные провода: |  |  |  |  |  |
| сечение, мм | 1,5 | 2,5 | - | - | - |
| Заземляющие и нулевые жилы кабелей и многожильных проводов в общей защитной оболочке с фазными жилами: сечение, мм | 1 | 2,5 | - | - | - |
| Угловая сталь: толщина полки, мм | - | - | 2 | 2,5 | 4 |
| Полосовая сталь: |  |  |  |  |  |
| сечение, мм | - | - | 24 | 48 | 48 |
| толщина, мм | - | - | 3 | 4 | 4 |
| Водогазопроводные трубы (стальные): толщина стенки, мм | - | - | 2,5 | 2,5 | 3,5 |
| Тонкостенные трубы (стальные): толщина стенки, мм | - | - | 1,5 | 2,5 | Не допускается |

В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью с целью обеспечения автоматического отключения аварийного участка проводимость фазных и нулевых защитных проводников должна быть выбрана такой, чтобы при замыкании на корпус или на нулевой защитный проводник возникал ток КЗ, превышающий не менее чем:

в 3 раза номинальный ток плавкого элемента ближайшего предохранителя;

в 3 раза номинальный ток нерегулируемого расцепителя или уставку тока регулируемого расцепителя автоматического выключателя, имеющего обратно зависимую от тока характеристику.

При защите сетей автоматическими выключателями, имеющими только электромагнитный расцепитель (отсечку), проводимость указанных проводников должна обеспечивать ток не ниже уставки тока мгновенного срабатывания, умноженной на коэффициент, учитывающий разброс (по заводским данным), и на коэффициент запаса 1,1. При отсутствии заводских данных для автоматических выключателей с номинальным током до 100 А кратность тока КЗ относительно уставки следует принимать не менее 1,4, а для автоматических выключателей с номинальным током более 100 А – не менее 1,25.

Полная проводимость нулевого защитного проводника во всех случаях должна быть не менее 50% проводимости фазного проводника.

В электроустановках до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью в целях удовлетворения требований, нулевые защитные проводники рекомендуется прокладывать совместно или в непосредственной близости с фазными.

Использование металлических оболочек трубчатых проводов, несущих тросов при тросовой электропроводке, металлических оболочек изоляционных трубок, металлорукавов, а также брони и свинцовых оболочек проводов и кабелей в качестве заземляющих или нулевых защитных проводников запрещается. Использование для указанных целей свинцовых оболочек кабелей допускается лишь в реконструируемых городских электрических сетях 220/127 и 380/220 В.

**3. Устройство защитного заземления и зануления**

Как отмечалось, заземлением называется *преднамеренное* электрическое соединение данной точки системы или установки, или оборудования с локальной землей посредством заземляющего устройства.

Различают 3 вида заземлений

– защитное, гарантирующее безопасное обслуживание электроустановок

– рабочее, обеспечивающее нормальную работу электроустановок в выбранных режимах

– грозозащитное, которое служит для защиты от атмосферных перенапряжений.

ПУЭ [4, глава 1.7] регламентирует следующие значения сопротивлений защитных заземляющих устройств.

Таблица 2. Допустимые сопротивления заземляющего устройства в электроустановках до и выше 1000 В

|  |  |
| --- | --- |
| Наибольшие допустимые значения , Ом | Характеристика электроустановок |
|  | Для электроустановок напряжением выше 1000 В и расчетным током замыкания на землю А |
|  | Для электроустановок напряжением выше 1000 В и расчетным током замыкания на землю А |
|  | При условии, что заземляющее устройство является общим для электроустановок напряжением до и выше 1000 В и расчетном токе замыкания на землю А |
|  | В электроустановках напряжением 660/380 В |
|  | В электроустановках напряжением 380/220 В |
|  | В электроустановках напряжением 220/127 В |

В качестве последнего, называемым заземлителем, используются различные устройства. Их условно можно разделить на естественные и искусственные. Отличие состоит в том, что устройство первых не требуется, так как они уже существуют независимо от заземляемой электроустановки.

В качестве естественных заземлителей рекомендуется использовать:

1) проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы, за исключением трубопроводов горючих жидкостей, горючих или взрывчатых газов и смесей;

2) обсадные трубы скважин;

3) металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей;

4) металлические шунты гидротехнических сооружений, водоводы, затворы и т.п.;

5) свинцовые оболочки кабелей, проложенных в земле. Алюминиевые оболочки кабелей не допускается использовать в качестве естественных заземлителей.

Если оболочки кабелей служат единственными заземлителями, то в расчете заземляющих устройств они должны учитываться при количестве кабелей не менее двух;

6) заземлители опор ВЛ, соединенные с заземляющим устройством электроустановки при помощи грозозащитного троса ВЛ, если трос не изолирован от опор ВЛ;

7) нулевые провода ВЛ до 1 кВ с повторными заземлителями при количестве ВЛ не менее двух;

8) рельсовые пути магистральных неэлектрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами.

Заземлители должны быть связаны с магистралями заземлений не менее чем двумя проводниками, присоединенными к заземлителю в разных местах. Это требование не распространяется на опоры ВЛ., повторное заземление нулевого провода и металлические оболочки кабелей.

В качестве естественных заземлителей недопустимо использование теплотрасс, трубопроводов с горючими веществами такими как бензин, природным газом, нефтью и др.

Использование естественных заземлителей уменьшает капиталовложения в установки, упрощает монтаж оборудования и тд.

Если по определенным причинам, такими как: невозможность использования естественных заземлителей, для повышения надёжности заземления, используют искусственные заземлители.

– стальные трубы от 2 м с толщиной стенки от 3.5 мм

– полосовую или угловую сталь толщиной не менее 4 мм

– прутковую сталь диаметром 10 мм длиной 10 метров и более

Устройство защитного заземления

Применение защитного заземления чаще всего требуется на РУ подстанций. Для этого по контуру подстанции вбиваются в землю вертикальные электроды. В их качестве выступают чаще всего стальные стержни. Затем они опоясываются горизонтальным заземлителем, в качестве которого служит стальная полоса. Способ соединения их сварка. Места соединения рекомендуется проливать битумом для уменьшения коррозии. При необходимости число вертикальных электродов, равно как и горизонтальных увеличивают. Это определяется в результате расчета (см. п 5.1), который сводится к определению сопротивления растеканию тока заземлителя. Оно зависит от проводимости грунта, конструкции заземлителя и глубины его заложения. Проводимость грунта характеризуется его удельным сопротивлением – сопротивлением между противоположными сторонами кубика грунта со стороной 1 см. Оно зависит от характера и строения грунта, его влажности, глубины промерзания. Так при промерзании грунта его удельное сопротивление возрастает.

При устройстве заземления на подстанции также необходимо обратить внимание и на устройство входа и въезда в подстанцию. Здесь нужно закладывать две-три стальные полосы в форме козырька с постепенным заглублением на 1,5–2 м, чем достигается снижение напряжения шага. В местах перекрещивания заземляющих проводников с кабелями, трубопроводами, железнодорожными путями, в местах их ввода в здания и в других местах, где возможны механические повреждения заземляющих защитных проводников, эти проводники должны быть защищены. [1, с. 102]

Устройство зануления.

Применение данной защиты требуется чаще всего помещениях с большим количеством электроприемников, так как заземление на месте каждого из них бывает невозможным в силу объективных причин. Для этого, например в цехе [3, с. 155], прокладываются магистральные защитные проводники из полосовой стали, сечение которой указано ранее. В наружных установках заземляющие и нулевые защитные проводники допускается прокладывать в земле, в полу или по краю площадок, фундаментов технологических установок и т.п. Затем зануляемые части приемников подключаются к магистрали. Ответвления от магистралей к электроприемникам до 1 кВ допускается прокладывать скрыто непосредственно в стене, под чистым полом и т.п. с защитой их от воздействия агрессивных сред. Такие ответвления не должны иметь соединений. Способ прокладки их зависит от помещения в котором они выполняются.

В помещениях сухих, без агрессивной среды, заземляющие и нулевые защитные проводники допускается прокладывать непосредственно по стенам.

Во влажных, сырых и особо сырых помещениях и в помещениях с агрессивной средой заземляющие и нулевые защитные проводники следует прокладывать на расстоянии от стен не менее чем 10 мм.

Сама магистраль выводится к месту устройства заземления.

Не допускается использовать в качестве нулевых защитных проводников нулевые рабочие проводники, идущие к переносным электроприемникам однофазного и постоянного тока. Для зануления таких электроприемников должен быть применен отдельный третий проводник, присоединяемый во втычном соединителе ответвительной коробки, в щите, щитке, сборке и т.п. к нулевому рабочему или нулевому защитному проводнику.

Также можно привести и дополнительные требования к устройству цепи заземляющих и нулевых защитных проводников:

– в их не должно быть разъединяющих приспособлений и предохранителей.

– нулевые защитные проводники линий не допускается использовать для зануления электрооборудования, питающегося по другим линиям.

– допускается использовать нулевые рабочие проводники осветительных линий для зануления электрооборудования, питающегося по другим линиям, если все указанные линии питаются от одного трансформатора, и исключена возможность отсоединения нулевых рабочих проводников во время работы других линий. В таких случаях не должны применяться выключатели, отключающие нулевые рабочие проводники вместе с фазными.

– заземляющие и нулевые защитные проводники должны быть предохранены от химических воздействий.

– использование специально проложенных заземляющих или нулевых защитных проводников для иных целей не допускается.

**4. Расчет защитного заземления и зануления**

Расчет защитного заземления

Рассчитать заземляющее устройство трансформаторной подстанции напряжением 10/0,4 кВ. Подстанция понижающая, имеет два трансформатора с изолированными нейтралями на стороне 10кВ и с глухозаземленными нейтралями на стороне 0,4 кВ; размещена в отдельном кирпичном здании. Предполагаемый контур искусственного заземлителя вокруг здания имеет форму прямоугольника длиной 15 м и шириной 10 м.

Таблица 3. Исходные данные к расчету

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № вар. | U, кВ | Контур заземлителя | | Re, Ом | , км | , км | , м | d, мм | Lг, м | Сечение полосы (размеры), мм | to, м | , Ом∙м | , Ом∙м |
| длина, м | ширина, м |
| 19 | 10 | 15 | 15 | 34 | 165 | 160 | 2,5 | 12 | 60 | 40х4 | 0,5 | 120 | 176 |

В качестве естественного заземлителя будет использована металлическая технологическая конструкция, частично погруженная в землю; ее расчетное сопротивление растеканию, с учетом сезонных изменений, составляет Rв=34 Ом. Ток замыкания на землю неизвестен, однако известна протяженность линий 10 кВ – кабельных км, воздушных км.



Заземлитель предполагается выполнить из вертикальных стержневых электродов длиной м, диаметром d=12 мм, верхние концы которых соединяются с помощью горизонтального электрода – стальной полосы длиной Lг=50 м, сечением 4х40 мм, уложенной в землю на глубине



to = 0,8 м.

Расчетные удельные сопротивления грунта, полученные в результате измерений и расчета равны:

для вертикального электрода длиной 5 м Ом∙м;



для горизонтального электрода длиной 50 м Ом∙м.



Рис. 2. Предварительная схема контурных искусственных заземлителей подстанции: (n=10 шт., а=5 м, LГ=50 м)

Проводим расчет заземлителя в однородной земле методом коэффициентов использования по допустимому сопротивлению [2].

Расчетный ток замыкания на землю на стороне с напряжением U=6 кВ, [2, с. 204]:

А



Требуемое сопротивление растеканию заземлители, который принимаем общим для установок 10 и 0,4 кВ, [2, табл. 1]:

Ом



Требуемое сопротивление искусственного заземлители [2, с. 207]:

Ом



Тип заземлителя выбираем контурный, размещенный по периметру прямоугольника длиной 15 м и шириной 10 м вокруг здания подстанции. Вертикальные электроды размещаем на расстоянии а=5 м один от другого.

Из предварительной схемы следует, что в принятом нами заземлителе суммарная длина горизонтального электрода LГ=50 м, а количество вертикальных электродов n=LГ/a = 50/5 = 10 шт., рис. 1а.

Уточняем параметры заземлителя путем проверочного расчета.

Определяем расчетное сопротивление растеканию вертикального электрода

[2. с. 90, табл. 3.1]:

Ом



d =12 мм =0,012 м – диаметр электрода,

м.



Определяем расчетное сопротивление растеканию горизонтального электрода [4, с. 90, табл. 3.1.]:

Ом,



где

В=40 мм=0,04 м – ширина полосы,

t=t0=0,8 м – глубина заложения электрода.

Для принятого нами контурного заземлителя при отношении и n=10 шт. по таблице 4 определяем коэффициенты использования электродов заземлителя:



– коэффициент использования вертикальных электродов,



– коэффициент использования горизонтального электрода.



Находим сопротивление растеканию принятого нами группового заземлителя, [2, с. 181]:

Ом



Это сопротивление R=3,9 Ом больше, чем требуемое RИ=0,778 Ом, поэтому принимаем решение увеличить в контуре заземлителя количество вертикальных электродов.

Решение этой задачи представим в виде таблицы

Таблица 4. Расчет защитного заземления

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Число вертикальных электродов | Длина горизонтальных электродов | Rг |  |  | R |
| 10 | 50 | 6,7 | 0,34 | 0,56 | 3,896681 |
| 28 | 210 | 1,98 | 0,24 | 0,43 | 1,773492 |
| 54 | 450 | 1,018 | 0,38 | 0,2 | 1,298128 |
| 88 | 770 | 0,634 | 0,372 | 0,197 | 0,816924 |
| 97 | 855 | 0,578 | 0,362 | 0,191 | 0,748988 |

Это сопротивление R=0,748 меньше требуемого RИ=0,753 но так как разница между ними невелика и она повышает условия безопасности, принимаем этот результат как окончательный.

Итак, окончательная схема контурного группового заземлителя состоит из 97 вертикальных стержневых электродов длиной 5 м, диаметром 12 мм, с расстоянием между ними равным 5 м и горизонтального электрода в виде сетки длиной 855 м, сечением 4х40 мм, заглубленных в землю на 0,8 м.

Расчет зануления.

Требуется проверить обеспечена ли отключающая способность зануления в сети, при нулевом защитном проводнике – стальной полосе сечением 30x4 мм. Линия 380/220 В с медными проводами 3х6 мм2 питается or трансформатора 100 кВА, 6/0,4 кВ со схемой соединения обмоток «треугольник – звезда с нулевым проводом» (). Двигатели защищены предохранителями I1ном=30 А (двигатель 1) и I2ном=20 А (двигатель 2). Коэффициент кратности тока К=3.



**Решение**

Решение сводится к проверке условия. (2, с. 233, ф. 6.3):

,



где

– ток однофазного короткого замыкания, проходящий по петле фаза-нуль;



– наименьший допустимый ток по условию срабатывания защиты (предохранителя);



- номинальный ток плавкой вставки предохранителя.



Выполнение этого условия обеспечит надежное срабатывание защиты при коротком замыкании (КЗ) фазы на зануленный корпус электродвигателя, т.е. соединенный нулевым защитным проводником с глухозаземленной нейтральной точкой трансформатора.

– Определяем наименьшие допустимые значения токов для двигателей 1 и 2:

А;



А



– Находим полное сопротивление трансформатора

Ом [2, табл. 6.5]



– Определяем на участке м км активное и индуктивное сопротивления фазного провода; активное и индуктивное сопротивления нулевого защитного провода и внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль:



Согласно паспортным данным кабеля марки АПВ 4х6 [6]:

Rуд = 5,21 ом/км

Xуд, ом/км=0.1 ом/км

Ом,



Ом



Принимаем =0 Ом



Находим ожидаемую плотность тока в нулевом защитном проводе – стальной полосе сечением

мм2;



А/мм2



По [2, табл. 6.6] для А/мм2 и мм2 находим:



Ом/км – активное сопротивление 1 км стального провода,



Ом/км – внутреннее индуктивное сопротивление 1 км стального провода.



Далее находим и для м км:



Ом; Ом



Определяем для м км:



Ом



Ом/км – внешнее индуктивное сопротивление 1 км петли фаза-нуль, величина которого принята по рекомендации [2, с. 240].



– Определяем на всей длине линии активное и индуктивное сопротивления фазного провода; активное и индуктивное сопротивления нулевого защитного провода и внешнее индуктивное сопротивление петли фаза-нуль:



Ом



Ом



Аналогично предыдущему принимаем:

=0 Ом



Ожидаемая плотность тока в нулевом защитном проводе:

А/мм2



По [2, табл. 6.5] для А/мм2 и мм2 находим:



Ом/км



Ом/км



Далее находим и для :



Ом;



Ом



Определяем для :



Ом,



где Ом/км принято по рекомендации [2, с. 240] как и в предыдущем случае.



Рис. 3 Схема сети к расчету зануления

– Находим действительные значения токов однофазного короткого замыкания, проходящих по петле фаза-нуль по формуле [2, с. 235, ф. 6.8]:



для следующих случаев:

а) при замыкании фазы на корпус двигателя 1

А



б) при замыкании фазы на корпус двигателя 2:

А



– **Вывод:** поскольку действительные значения токов однофазного короткого замыкания А и А превышают соответствующие наименьшие допустимые по условиям срабатывания защиты токи А и А, нулевой защищенный провод выбран правильно, т.е. отключающая способность системы зануления обеспечена.



**Литература**

1. Бургсдорф В.В., Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. М: Энергоатомиздат, 1987.

2. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб. пособие для вузов 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 448 с.

3. Постников Н.П., Рубашов Г.М. Электроснабжение промышленных предприятий. Учебник для вузов. – Л., Стройиздат, 1980. – 376 с.

4. ПУЭ 2002 г.

5. ПТЭЭ 2002 г.

6. http://www.electroshield.ru