

В подавляющем большинстве электросетей (до 1 кВ) применяется глухозаземленная нейтраль, поскольку такое исполнение наиболее оптимально для действующих требований электробезопасности. Учитывая распространенность этой схемы заземления нейтрали, имеет смысл подробно ознакомиться с ее устройством, принципом работы и техническими особенностями, а также основными требованиями ПУЭ к электроустановкам до 1 кВ.

Содержание

1. [Что такое глухозаземленная нейтраль?](#)
2. [Устройство сетей с глухозаземленной нейтралью](#)
3. [Технические особенности](#)
4. [Принцип действия сетей с глухозаземленной нейтралью](#)
5. [Отличия глухозаземленной нейтрали от изолированной](#)
6. [Системы TN и её подсистемы](#)
7. [Требования ПУЭ](#)

Что такое глухозаземленная нейтраль?

Начнем с определения нейтрали, в электротехнике под этим термином подразумевается точка в месте соединения всех фазных обмоток трансформаторов и генераторов, когда применяется тип подключения «Звезда». Соответственно, при включении «Треугольником» нейтрали быть не может.

Включение обмоток: а) «звездой»; б) «треугольником»

Если нейтраль обмоток генератора или трансформатора заземлить, то такая система получит название глухозаземленной, с ее организацией можно ознакомиться ниже.

Рис. 2. Сеть с глухозаземленной нейтралью

Устройство сетей с глухозаземленной нейтралью

Как видно из рисунка 2, характерной особенностью электросетей TN типа является заземление нейтрали. Заметим, что в данном случае речь идет не о защитном заземлении, а о рабочем соединении между нейтралью и заземляющим контуром. Согласно действующим нормам, максимальное сопротивление такого соединения — 4-е Ома (для сетей 0,4 кВ). При этом нулевой провод, идущий от глухозаземленной средней точки, должен сохранять свою целостность, то есть, не коммутироваться и не оборудоваться защитными устройствами, например, предохранителями или автоматическими выключателями.

В ВЛ до 1-го кВ, используемых в системах с глухозаземленной нейтралью, нулевые провода прокладываются на опорах, как и фазные. В местах, где делается отвод от ЛЭП, а также через каждые 200,0 метров магистрали, положено повторно заземлять нулевые линии.

Пример устройства сети TN-C-S

Если от трансформаторных подстанций отводятся кабели к потребителю, то при использовании схемы с глухозаземленной нейтралью, длина такой магистрали не может превышать 200,0 метров. На вводных РУ также следует подключать шину РЕ к контуру заземления, что касается нулевого провода, то необходимость в его подключении к «земле» зависит от схемы исполнения.

Технические особенности

В данной системе, где используется общая средняя точка, помимо межфазного присутствует и фазное напряжение. Последнее образуется между рабочим нулем и линейными проводами. Наглядно отличие первого от второго продемонстрировано ниже.

Разница между фазным и линейным напряжением

Разность потенциалов U_{F1} , U_{F2} и U_{F3} принято называть фазными, а величины U_{L1} , U_{L2} и U_{L3} – линейными или межфазными. Характерно, что U_L превышает U_F примерно в 1,72 раза.

В идеально сбалансированной сети трехфазного электрического тока должны выполняться поддерживаться следующие соотношения:

$$U_{F1} = U_{F2} = U_{F3};$$

$$U_{L1} = U_{L2} = U_{L3}.$$

На практике добиться такого результата невозможно по ряду причин, например из-за неравномерной нагрузки, токов утечки, плохой изоляции фазных проводников и т.д. Когда нейтраль заземлена, дисбаланс линейных и фазных характеристик энергосистемы существенно снижается, то есть, рабочий ноль позволяет выравнивать потенциалы.

РЕКЛАМА

Обрыв нулевого провода считается серьезной аварией, которая с большой вероятностью приведет к нарушению симметрии нагрузки, более известной под термином «перекос фаз». В таких случаях в сетях однофазных потребителей произойдет резкое увеличение амплитуды электрического тока, что с большой вероятностью выведет из строя оборудование, рассчитанное на напряжение 220 В. Получить более подробную информацию о перекосе фаз и способах защиты от него, можно на страницах нашего сайта.

Принцип действия сетей с глухозаземленной нейтралью

Теперь рассмотрим подробно, с какой целью заземляется нейтраль и как подобная реализация обеспечивает должный уровень электробезопасности, для этого перечислим обстоятельства, которые могут привести к поражению электротоком:

- Непосредственное прикосновение к токоведущим элементам. В данном случае никакое заземление не поможет. Необходимо ограничивать доступ к таким участкам и быть внимательным при приближении к ним.
- Образование зон с шаговым напряжением в результате аварий на ВЛ или других видах электрохозяйства.
- Повреждения внутренней изоляции может привести к «пробою» на корпус электроустановки, то есть, на нем появляется опасное для жизни напряжение.
- В результате нарушения электроизоляции токоведущих линий под напряжением могут оказаться кабельные каналы, короба и другие металлические конструкции, используемые при трассировке.

В идеале между нейтралью и землей разность потенциалов должна стремиться к нулю. Подключение к заземляющему контуру на вводе потребителя существенно способствует выполнению этого условия, в тех случаях, когда ТП находится на значительном удалении. При правильной организации заземления такая особенность может спасти человеческую жизнь, как минимум, в двух последних случаях из указанного выше списка.

Чтобы избежать пагубного воздействия электротока необходимо заземлять корпуса электроприборов, а также и других металлических частей электроустановок зданий. Это приведет к тому, что при «пробое» возникнет замыкание фазы на землю. В результате произойдет автоматическое отключение снабжения питанием электроприемников, вызванное срабатыванием устройства защиты от токов КЗ.

Даже если защита не сработает, а кто-либо прикоснется к металлическому элементу, все равно ток будет течь по заземляющему проводнику, поскольку в этой цепи будет меньшее сопротивление.

Движение тока при КЗ на корпус

Говоря о принципе работы защиты заземленной нейтрали нельзя не отметить быстрый выход в аварийный режим, когда один из фазных проводов замыкается на шину PEN. По сути, это КЗ на нейтраль, следствием которого является резкое возрастание тока, приводящее к защитному отключению энергоустановки или проблемного участка цепи.

РЕКЛАМА

При определенных условиях можно даже организовать защиту от образования опасных зон с шаговым напряжением. Для этого на пол в потенциально опасном помещении стелют (если необходимо, то замуровывают в бетон) металлическую сеть, подключенную к общему заземляющему контуру.

Отличия глухозаземленной нейтрали от изолированной

Чтобы дать объяснить различие необходимо, кратко рассказать об основных особенностях изолированной нейтрали, пример такого исполнения приведен ниже.

Рис. 6. Электроустановка с изолированной нейтралью

Как видно из рисунка при данном способе нейтраль изолирована от контура заземления (в случае соединения обмоток «треугольником» она вообще отсутствует), поэтому открытые проводящие части (далее по тексту ОПЧ) электроустановок заземляются независимо от сети. Основное преимущество такой системы заключается в том, что при первом однофазном замыкании можно не производить защитное отключение. Это несомненный плюс для высоковольтных линий, поскольку обеспечивается более высокая надежность электроснабжения. К сожалению, такой режим заземления не удовлетворяет требования электробезопасности для сетей конечных потребителей.

Низкий уровень электробезопасности основной, но не единственный недостаток изолированной нейтрали, с их полным списком, а также другими особенностями этой схемы электроснабжения, можно ознакомиться на нашем сайте.

Системы TN и её подсистемы

Начнем с аббревиатуры. Первые две буквы характеризуют вариант исполнения заземления для нейтрали и ОПЧ соответственно. Варианты для первой литеры:

- Т (от англ. terra — земля) — обозначает глухозаземленную нейтраль.
- I (от англ. isolate — изолировать) – указывает, что соединение с «землей» отсутствует.

Варианты вторых литер говорят об исполнении заземления ОПЧ: N или T, используется глухозаземленная нейтраль или независимый контур, соответственно.

Сейчас практикуется три схемы нейтрали:

1. Эффективное заземление обозначается, как ТТ. Особенность такой схемы заключается в том, что глухозаземленный вывод (N) считается рабочим проводом, а для защиты используется собственный заземляющий проводник (РЕ).

Схема заземления ТТ

2. Изолированная нейтраль (принятое обозначение IT), схема системы была представлена выше на рис. 6.
3. Вариант TN (глухозаземленное исполнение).

У последнего варианта исполнения есть три подвида:

- **Совмещенный вариант, принятое обозначение TN-C.** У данного подвида защитный нуль соединен с нейтральным проводом, что не обеспечивает должного уровня электробезопасности. При обрыве РЕ+N защитное зануление становится бесполезным. Это основная причина, по которой от системы TN-C постепенно отказываются.

Схема заземления TN-C

- **Вариант TN-S,** нулевой и защитный проводники проложены отдельно. Такая схема наиболее безопасна, но для нее требуется использовать не 4-х, а 5-ти жильный кабель, что повышает стоимость реализации.

Схема заземления TN-S

- **Подсистема, совмещающая в себе два предыдущих варианта – TN-C-S.** От подстанции до ввода потребителя идет один провод, в РУ он подключается к шинам РЕ, N и заземляющему контуру. Такая подсистема заземленной нейтрали сейчас наиболее распространена.

Схема заземления TN-C-S

Требования ПУЭ

В Правилах нормам и требованиям к глухозаземленной посвящена глава 1.7, приведем наиболее значимые выдержки из нее:

- Для подключения нейтрали к контуру заземления необходимо использовать специальный проводник.

- При выборе места под заземляющее устройство следует исходить из минимально допустимого расстояния между ним и нейтралью.
- Если в качестве заземления используется жб конструкция фундамента, то к его армирующему основанию следует подключаться не менее чем в 2-х точках, это гарантирует наиболее эффективную защиту.
- Сопротивление заземляющего проводника для трехфазной цепи электрической сети 0,4 кВ имеет ограничение 4-е Ома. В исключительных случаях эта норма может быть пересмотрена исходя из характеристик грунта.
- В линии глухозаземленной нейтрали запрещено устанавливать предохранители, защитные устройства и другие элементы, способные нарушить целостность проводника.
- Правилами предписывается обеспечить заземляющему проводнику надежную защиту от механических повреждений.
- ВЛ должна быть оборудована дублирующими заземлителями, они устанавливаются в начале и конце линии, на отводах, а также через каждые 200 м.
- Дублирующее заземление должно выполняться и на вводе потребителя и обязательно указываться в схеме щитка ВРУ.
- При организации бытовых однофазных сетей от ВРУ должна выполняться разводка тремя проводами, один из которых фаза, второй – ноль (N) и третий – защитный (PE).
- Скорость срабатывания защитных автоматов, установленных в однофазных сетях с глухозаземленной нейтралью, не должна быть продолжительней 0,40 сек.