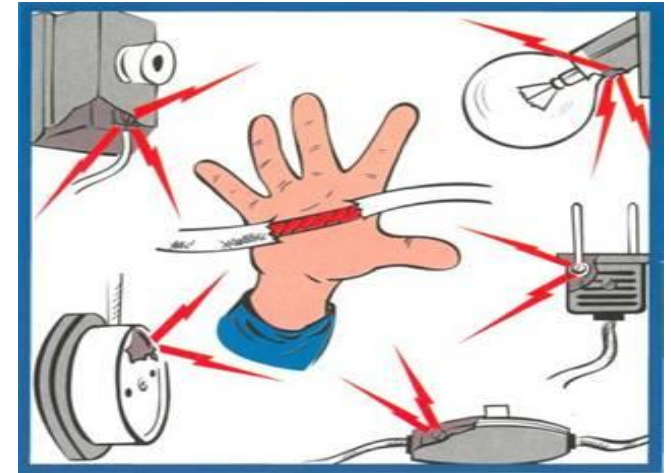


Тема: Влияния режима электрической сети и ее нейтрали на условия электробезопасности



СОДЕРЖАНИЕ

- ВВЕДЕНИЕ
- Системы с изолированной нейтралью
- Системы с компенсированной нейтралью
- Системы с глухозаземлённой нейтралью
- Системы с заземлённой нейтралью при соединении с землёй через активное сопротивление
- Режим нейтрали в сетях напряжением до 1000 В
- *Экономичность.*
- *Надёжность.*
- *Электробезопасность*
- СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ

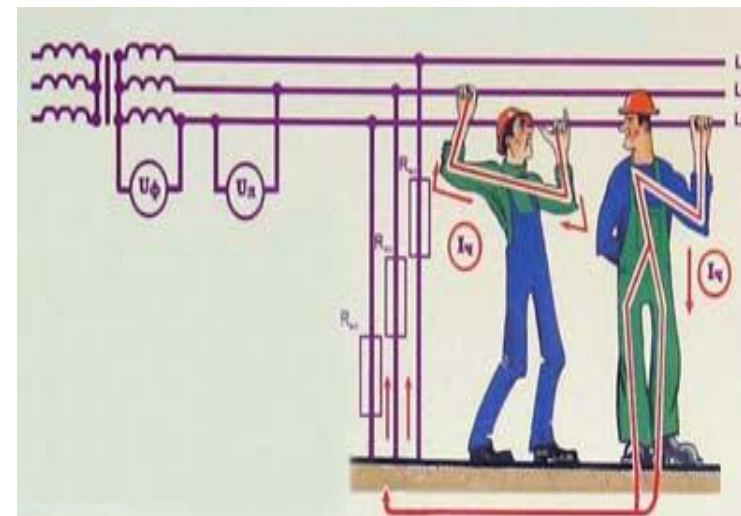
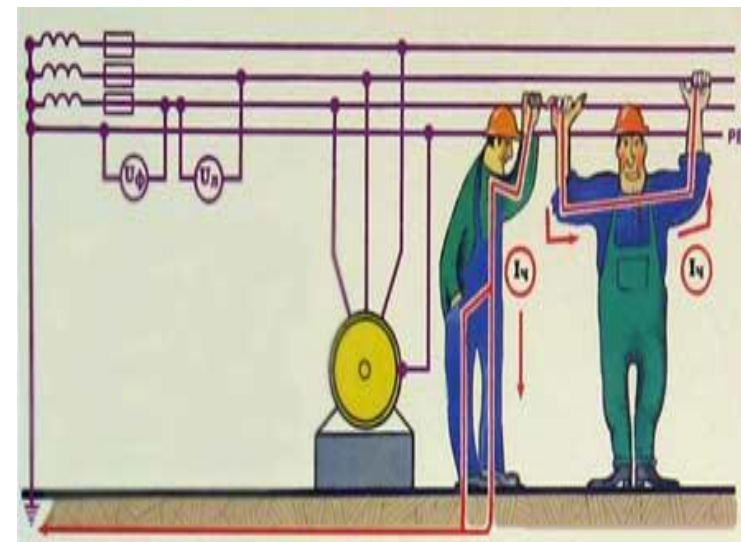


• ВВЕДЕНИЕ

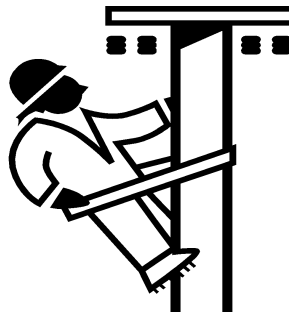
- Проблема влияния земли на работу электрических сетей и различного электрооборудования, а также на их электробезопасность обусловлена тем, что земля является проводником электрического тока. По отношению к земле (как к проводнику) провода электрической сети имеют сопротивление
- $Z = R_{из} - jX_c$. Активная составляющая этого сопротивления (сопротивление изоляции) намного больше ёмкостной, поэтому этой составляющей при расчёте режимов электрической сети обычно пренебрегают.



- По распределённым ёмкостям фазных проводников по отношению к земле протекают токи. Эти токи имеют максимальное значение в начале линии и линейно уменьшаются до нуля к её концу. Величина их зависит от суммарной длины проводников в сети и составляет для неразветвленных сетей 6-10 кВ единицы ампер, а для сильно разветвлённых сетей - до ста и более ампер. Ёмкостные токи всегда значительно меньше токов нагрузки электрических сетей, поэтому их влияние на нагрузку не учитывается.
- Наиболее частым видом повреждений в современных системах электроснабжения является однофазное короткое замыкание на землю - случайное электрическое соединение с землёй находящихся под напряжением частей электроустановки с заземлёнными конструктивными частями или непосредственно с землёй. Ток, проходящий через землю в месте замыкания, называется током однофазного замыкания на землю. В распределительных сетях 6-35 кВ эти повреждения составляют не менее 75 % от общего числа повреждений. В сетях 110 и 220 кВ однофазные повреждения изоляции составляют соответственно 80 % и 90 %.



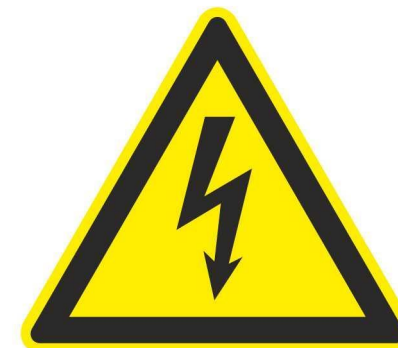
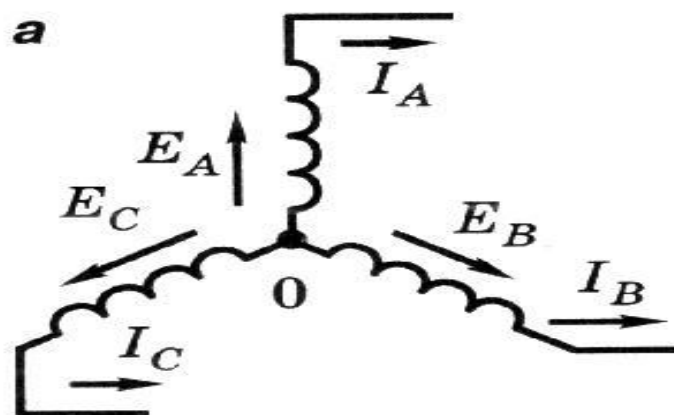
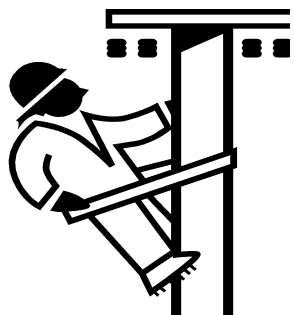
- Степень опасности замыканий на землю в основном зависит от состояния нейтрали сети, которое имеет непосредственное отношение к проблемам борьбы с авариями и, следовательно, к надёжности обеспечения потребителей электроэнергией.
- Нейтраль электроустановки - это общая точка обмоток генераторов или трансформаторов, соединённых в звезду и потенциал которой относительно земли при её нормальном режиме работы равен нулю.



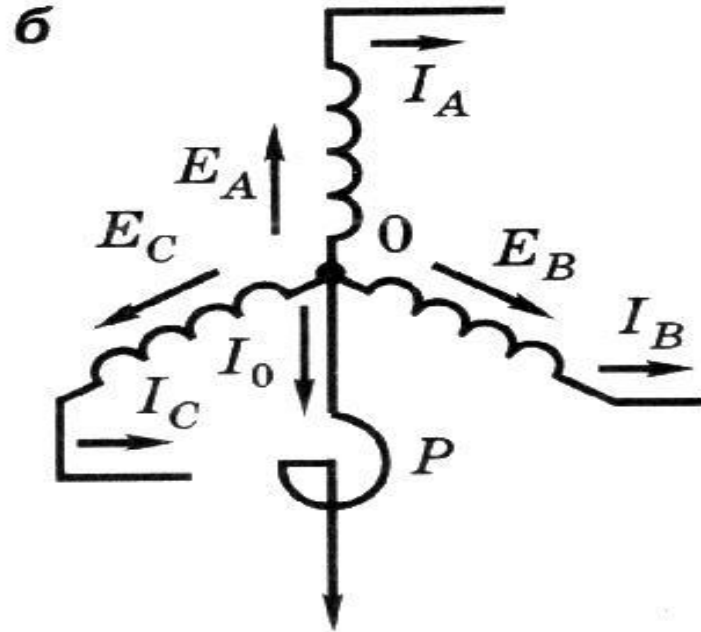
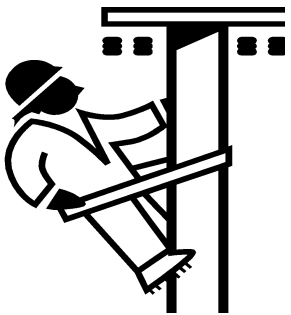
- В зависимости от режима нейтрали электрические сети разделяют на че-тыре группы:
- 1) Сети с изолированной нейтралью, где нейтраль не соединена с землёй

(рис. 1, а).

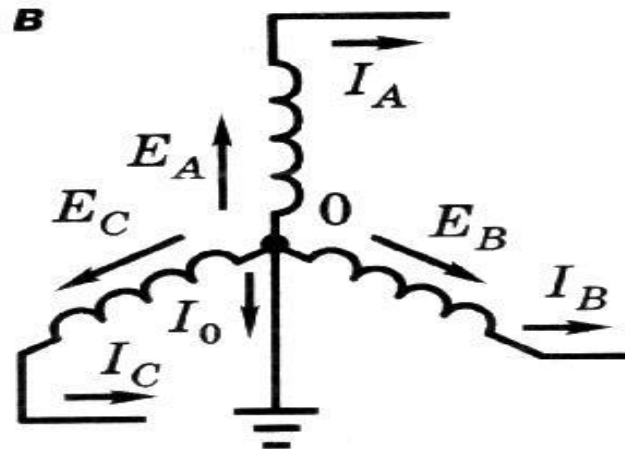
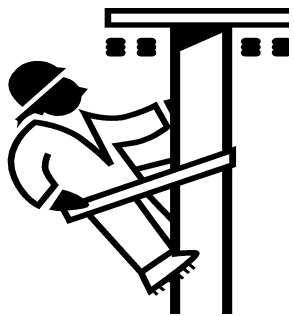
- Изолированной нейтралью называется нейтраль трансформатора или ге-нератора, не присоединённая к заземляющему устройству или присоединённая к нему через приборы или аппараты, имеющие большое сопротивление (приборы сигнализации, измерения, защиты, дугогасящие реакторы, трансформаторы на-пряжения и т.д.).



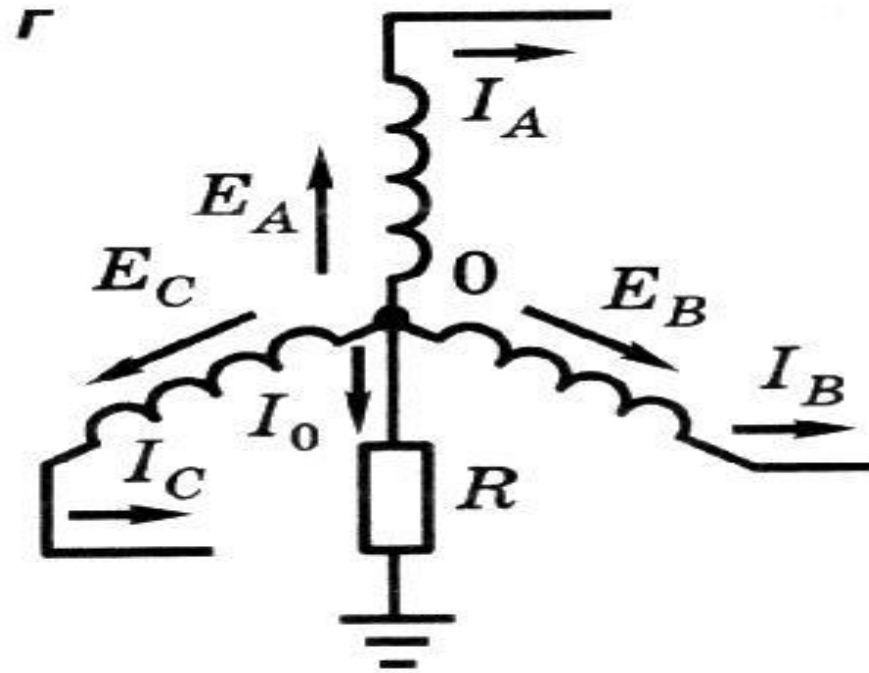
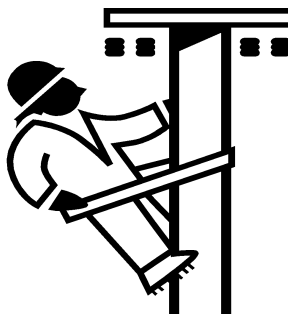
- 2) Резонансно-заземлённые (компенсированные) сети, т. е. сети, заземлённые через дугогасящую катушку без сердечника (рис. 1, б).



- 3) Сети с глухим заземлением нейтрали на землю (рис. 1, в). Короткое замыкание нейтрали на землю принято называть глухим или металлическим замыканием (соединением с землёй).
- Глухозаземлённой нейтралью называется нейтраль трансформатора или генератора, присоединённая к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление например через трансформатор тока.

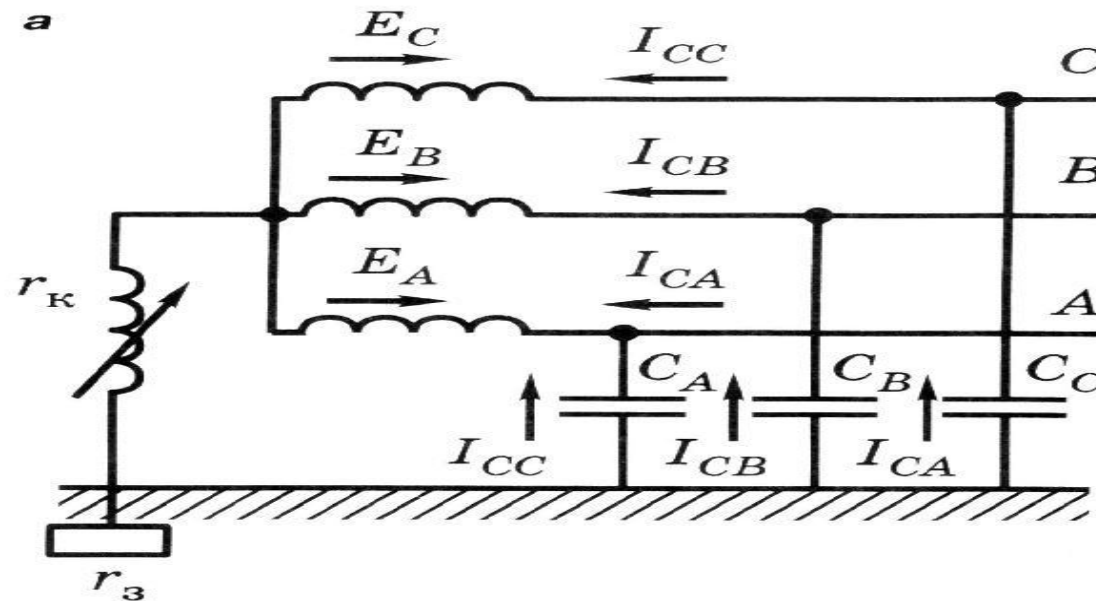


- 4) Сети с заземлённой нейтралью при соединении с землёй через активное сопротивление (рис. 1, з).



• Системы с изолированной нейтралью

- В этих сетях нейтраль изолирована от земли. К ней могут быть подключены обладающие большим сопротивлением приборы измерения, сигнализации и защиты, которые не сказываются на особенностях влияния земли на сеть. Расчётная схема замещения системы для нормального симметричного режима работы представлена на рисунке 2, а.



- Данная расчётная схема характеризуется следующими значениями линейных и фазных напряжений:

$$U_A = U_B = U_C = U_\phi,$$

$$U_O = 0,$$

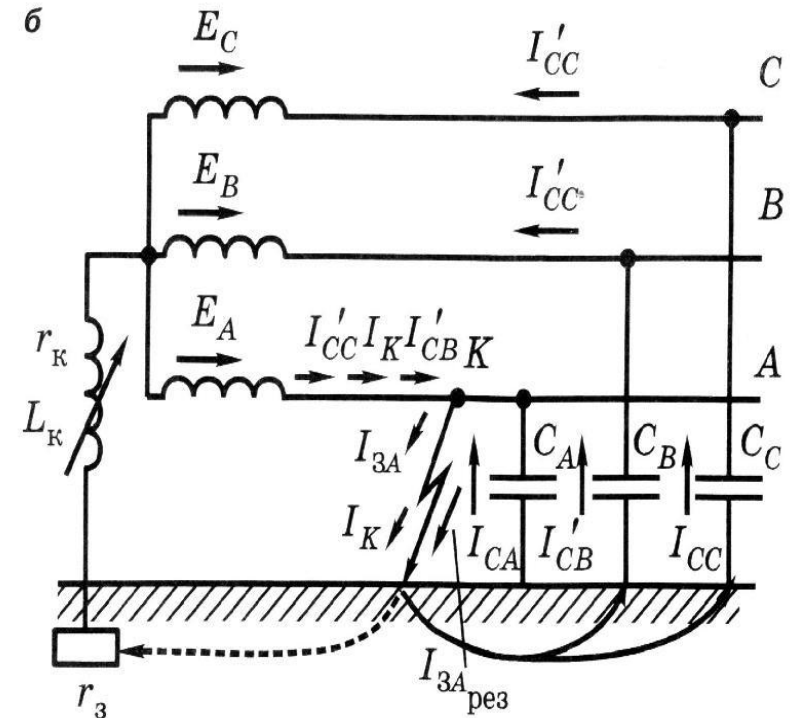
$$I_{CA} = I_{CB} = I_{CC} = I_C,$$

$$I_{CA} + I_{CB} + I_{CC} = I_O = 0.$$

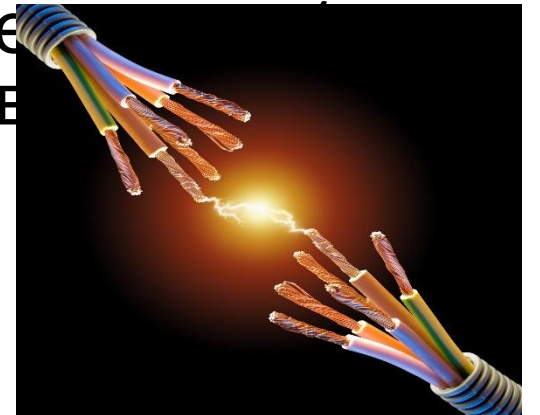
В случае повреждения изоляции и последующего полного замыкания, например, фазы *A* на землю (рис. 2, б) через место аварии *K* проходит ток, который замыкается через ёмкостные проводимости относительно земли «здоровых» фазных проводов. В результате получим, что ёмкостной ток замыкания на землю в системе с изолированной нейтралью равен тройному ёмкостному току «здоровой» фазы в нормальном режиме:

$$I_{3A} = 3 I_C = j 3 \omega C_A U_A,$$

И зависит от напряжения системы, частоты и ёмкости фазы относительно земли, которая, в свою очередь, зависит от конструкции линий сети и их протяжённости.



- Токи однофазного короткого замыкания на землю в системе с изолированной нейтралью малы по сравнению с токами нагрузки и сами по себе не опасны для системы. При этом работа приёмников электроэнергии в аварийном режиме не нарушается.
- Возможность бесперебойного электроснабжения приёмников в аварийном режиме однофазного замыкания на землю является основным преимуществом системы с изолированной нейтралью. Однако это преимущество можно использовать без ущерба для срока службы изоляции лишь в тех случаях, когда работа установки с замыканием на землю ограничена сравнительно небольшим периодом времени, необходимым для отыскания и устранения повреждённого участка (обычно не более двух часов), а ток замыкания на землю невелик.



- Основными недостатками систем с изолированной нейтралью является:

- 1) повышенные капитальные вложения, вызываемые требуемым уровнем изоляции электроустановок (увеличение напряжения неповреждённых фаз относительно земли до величины линейного напряжения);

- 2) возможность замыкания фазы на землю через электрическую дугу и появление перемежающихся дуг, имеющих перенапряжения, превосходящие в 2,5–3,2 раза нормальное фазное напряжение, которое распространяется на всю электрически связанную сеть.

- Рассмотренные недостатки значительно усложняют эксплуатацию систем изолированной нейтралью, ограничивают область их применения системами, где ёмкостной ток однофазного короткого замыкания на землю не может привести к появлению устойчивых перемежающихся дуг. Согласно ПУЭ системы изолированной нейтралью рекомендуются при ёмкостных токах однофазного КЗ на землю не более 10 А при напряжении сетей 35 кВ; 15 А – для сетей от 15 до 20 кВ; 20 А – для сетей 10 кВ; 30 А – для сетей 6 кВ; 5 А – в блоках генератор-трансформатор.
- Если токи однофазного КЗ на землю превышают указанные выше значения, то применяют либо компенсацию ёмкостных токов путём введения в нейтраль дугогасящей катушки, либо заземление нейтрали.

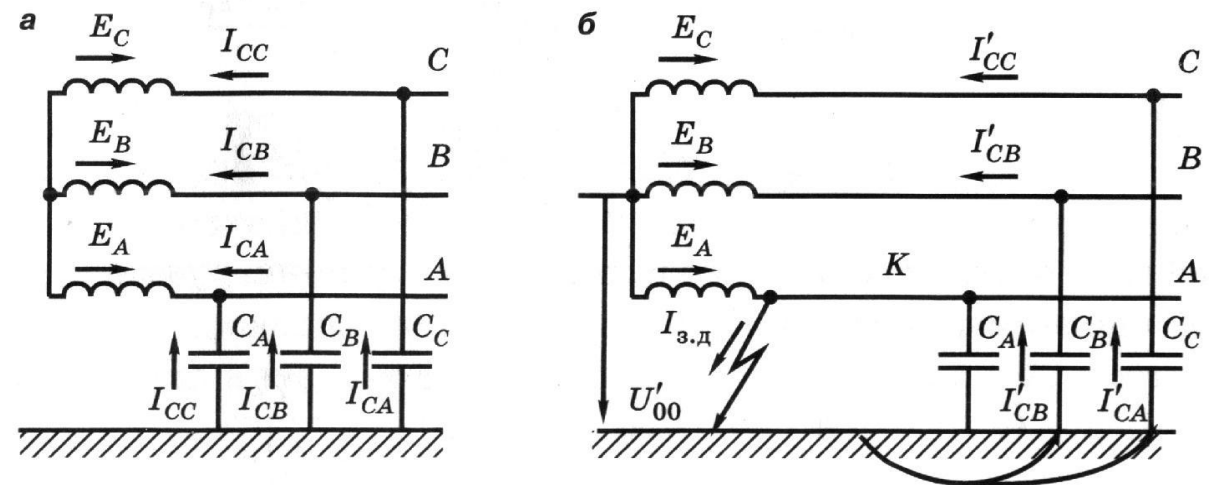
- **Системы с компенсированной нейтралью**

- Для уменьшения ёмкостных токов однофазного замыкания на землю между нейтралью источников или приёмников электроэнергии и землёй включаются компенсирующие устройства: заземляющие катушки с настроенной индуктивностью или трёхфазные заземляющие трансформаторы. Наибольшее распространение получили заземляющие катушки, называемые также дугогасящими. Расчётные схемы в нормальном и аварийном режимах работы приведены на рисунке 3.

Система с нейтралью, заземлённой через дугогасящую катушку:

а – расчётная схема замещения в нормальном режиме работы;

б – расчётная схема замещения в аварийном режиме

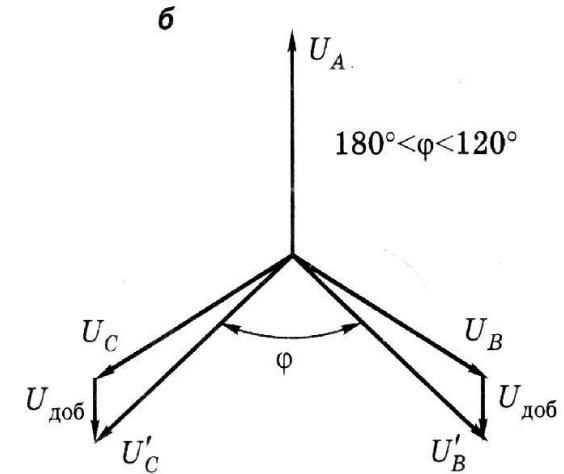
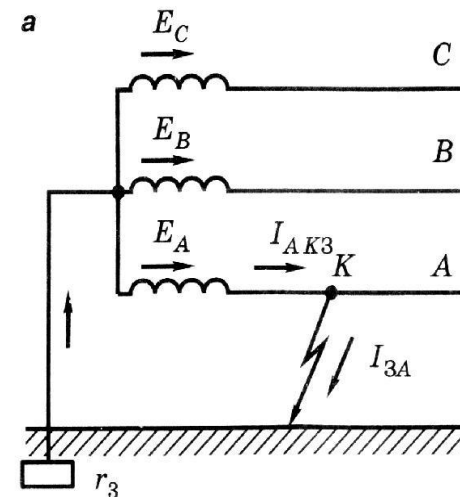


• Системы с глухозаземлённой нейтралью

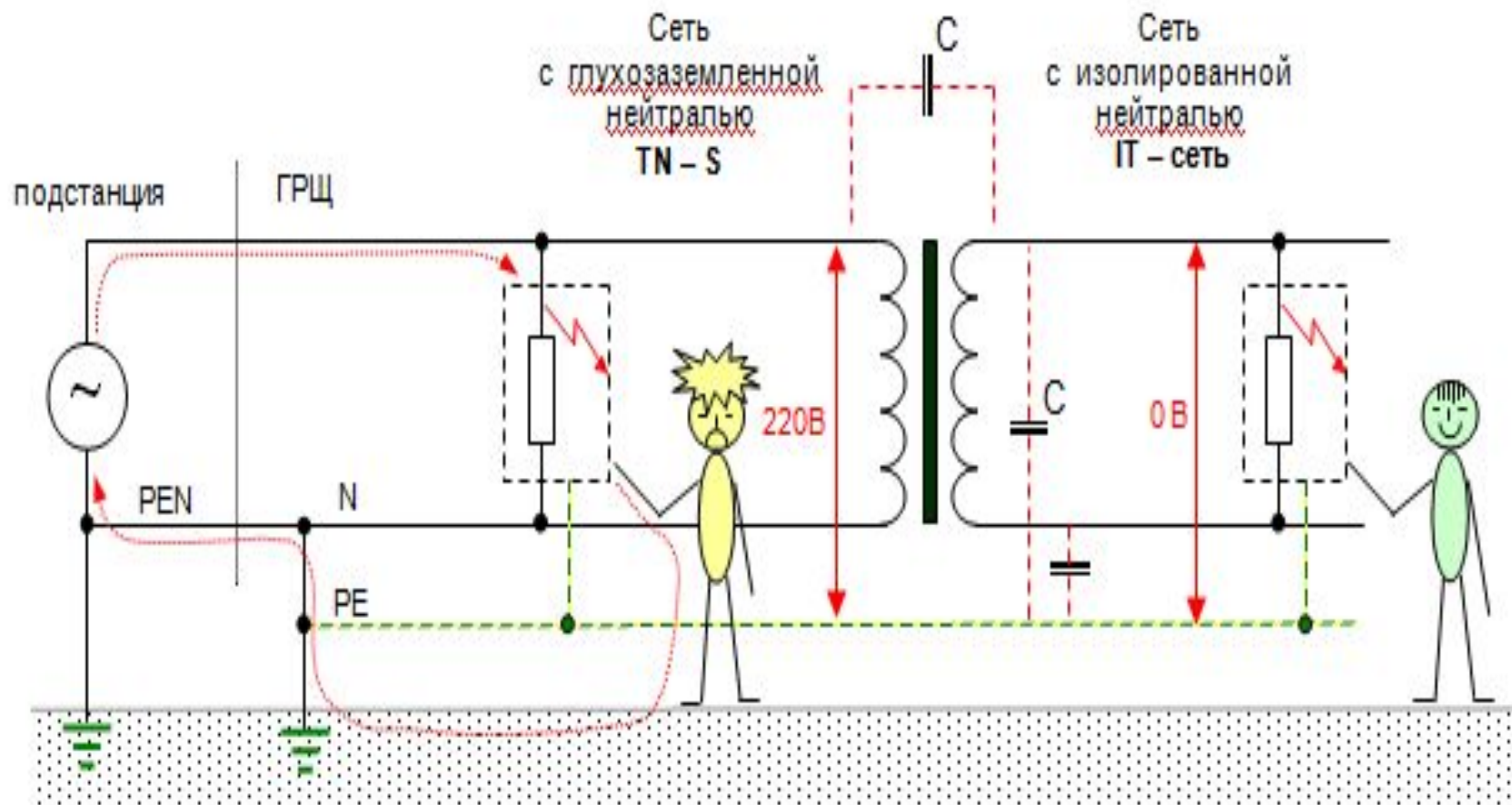
- Однофазное замыкание на землю (например, фазы А) в системе с глухозаземлённой нейтралью (рис.4) представляет собой однофазное короткое замыкание, так как повреждённая фаза оказывается короткозамкнутой через землю нейтраль трансформатора или генератора. Ток в месте повреждения ограничен только сопротивлениями линий и внутренним сопротивлением источника питания и поэтому является током КЗ. Данный ток практически не зависит от величины сопротивления изоляции и ёмкости системы относительно земли.

Система с глухозаземлённой нейтралью:

а – расчётная схема замещения в аварийном режиме работы;
б – векторная диаграмма напряжений



Системы с глухозаземлённой нейтралью



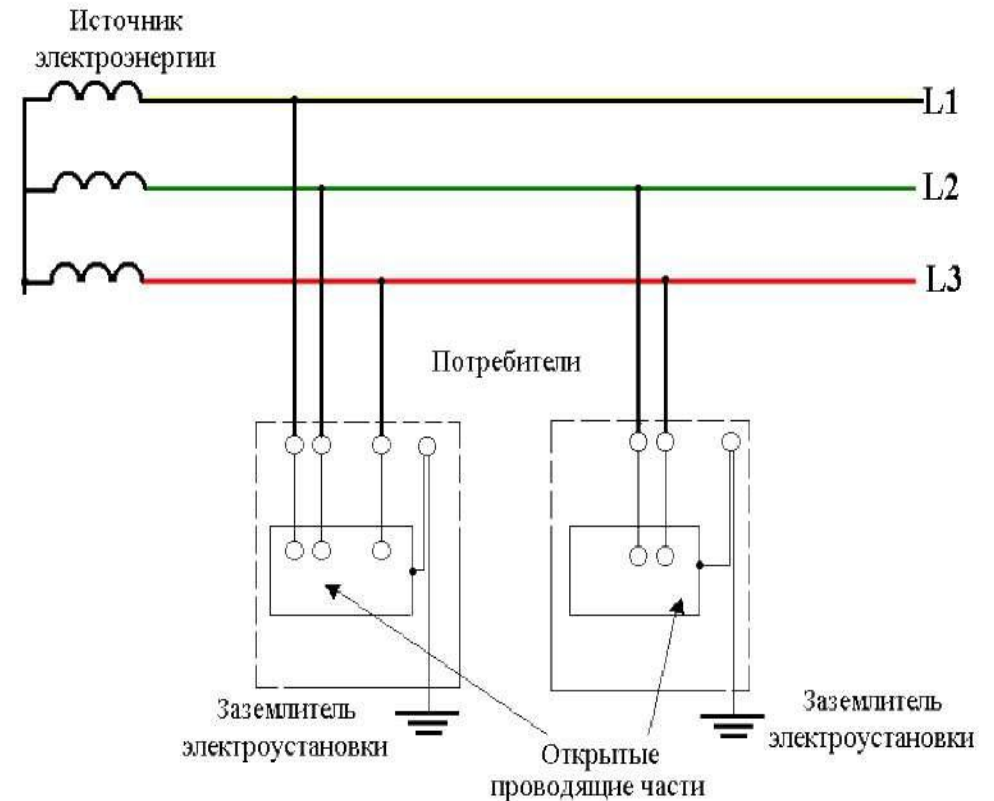
- Поэтому ток короткого замыкания на землю, например фазы А, определяется выражением, т. е. при глухом заземлении нейтрали величина может достигать больших значений (сотни ампер).
- Основные достоинства системы с глухим заземлением нейтрали заключается в следующем:

- 1) устраняются возможности появления устойчивых заземляющих дуг и связанные с ними последствия;
- 2) облегчается работа изоляции при замыканиях на землю в переходных процессах, что даёт возможность либо снижения уровня изоляции (а следовательно, экономии в затратах), либо повышения надёжности работы установок вследствие большого запаса прочности изоляции при сохранении уровня изоляции по сравнению с другими способами заземления нейтрали;
- 3) обеспечивается выполнение чёткой, надёжной, селективной и быстро действующей релейной защиты;
- 4) облегчается эксплуатация системы в отношении режима нейтрали.

- Однако система с глухим заземлением нейтрали имеет некоторые недостатки, которые заключаются в следующем:
- 1) любое однофазное замыкание на землю является полным однофазным коротким замыканием, и релейная защита немедленно отключает повреждённый коротким замыканием участок, т. е. нарушает бесперебойность электроснабжения, что требует для ограничения бестоковых пауз применения быстродействующих устройств автоматического повторного включения (АПВ) и выполнения систем с резервированием для наиболее ответственных потребителей (повышение затрат, дополнительные капиталовложения и т. п.);
- 2) значительное электромагнитное влияние на линии связи приводит к увеличению затрат на защиту последнего;
- 3) релейная защита в связи с устройством её в трёхфазном исполнении является более дорогостоящей;
- 4) при больших токах КЗ уменьшается синхронизирующий момент (синхронные двигатели могут затормозиться, а параллельно работающие станции – выйти из синхронизма);
- 5) возрастает опасность поражения людей вследствие больших напряжений прикосновения и шага из-за токов КЗ при однофазном замыкании на землю;
- 6) значительно увеличиваются затраты на заземления.

- **Системы с заземлённой нейтралью при соединении с землёй через активное сопротивление**
- Уменьшение токов однофазного КЗ в системе с глухозаземлённой нейтралью достигается за счёт введения в нейтраль токоограничивающего сопротивления (активного или индуктивного) до величины тока трёхфазного КЗ, определяющего необходимую отключающую способность выключателей.
- При заземлении нейтрали через индуктивное сопротивление (реактор) ток месте повреждения будет значительно больше ёмкостного тока замыкания на землю, но не более допустимых величин, ограниченных возможностью появления устойчивого дугового замыкания на землю. Напряжение неповреждённых фаз относительно земли в аварийном режиме составляет $(0,8-1) U_{л}$ (уровень изоляции, как в системах с изолированной нейтралью). Реакторы в нейтрали повышают устойчивость системы при однофазных замыканиях на землю и ограничивают коммутационные перенапряжения до допустимых пределов.

Вид системы заземления



- При заземлении нейтрали через активное сопротивление ток в месте повреждения будет больше ёмкостного тока замыкания на землю (но меньше, чем при заземлении нейтрали через индуктивное сопротивление), а напряжения «здоровых» фаз относительно земли могут быть выше, чем в системе с изолированной нейтралью – $(1,73-1,9)U_{\phi}$.
- При правильно выбранной величине активного сопротивления устойчивость системы при однофазных замыканиях на землю обычно выше, чем при глухозаземлённой нейтрали. Заземление нейтрали через активное сопротивление является эффективной мерой для предотвращения перенапряжений при переходных процессах на землю.

- Система с нейтралью, заземлённая через активное сопротивление, по сравнению с системой, нейтраль которой заземлена через индуктивное, имеет следующие недостатки;
- 1) для достижения одной и той же степени ограничения тока замыкания на землю требуется большая величина активного сопротивления, так как индуктивное сопротивление реактора складывается с индуктивным сопротивлением системы, а следовательно, напряжения в системе и потери мощности при коротких замыканиях больше;
- 2) конструктивно подбор токоограничивающего активного сопротивления сложнее, особенно в системах высоких напряжений и больших мощностей, стоимость сооружения выше, чем для реакторов (усложняются способы охлаждения).

- **Режим нейтрали в сетях напряжением до 1000 В**
- Электроустановки напряжением до 1000 В работают как с глухозаземлённой, так и с изолированной нейтралью. При выборе режима нейтрали в сетях напряжением до 1000 В руководствуются соображениями экономии, надёжности и электробезопасности.



- **Экономичность.**

- Системы с изолированной нейтралью при наличии в них устройств контроля изоляции экономичнее систем с заземлённой нейтралью, поскольку не требуют установки в них третьего трансформатора тока и токовых реле.
- Всякое замыкание на землю в системах с глухозаземлённой нейтралью приводит к немедленному отключению повреждённого участка и, как следствие – к убыткам, связанным с недоотпуском электроэнергии.

• **Надёжность.**

- в установках с изолированной нейтралью требование немедленного от-ключения участка с замыканием на землю не ставится. Такая система может работать до отыскания повреждения несколько часов.
- С этой точки зрения считается, что надёжность электроснабжения в установках с изолированной нейтралью выше. Однако при работе сети с изолированной нейтралью с замыканием на землю в одной точке в любой момент может произойти замыкание на землю в другой точке другой фазы, особенно в сетях с ослабленной изоляцией; при этом ток двойного замыкания на землю, эквивалентный току двухфазного КЗ, вызовет неселективное отключение одного или обоих мест с замыканием на землю.

- **Электробезопасность.**

- Системах с глухозаземлённой нейтралью при прикосновении человека к токоведущим частям электроустановки образуется цепь «фаза источника тело человека, обувь, пло, земля, заземление нейтрали источника».
- Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля и статического электричества



Плакаты и знаки безопасности

- **Предупреждающие:** Стой! Напряжение, Не влезай! Убьет, Испытание! Опасно для жизни;



- **Запрещающие:** Не включать! Работают люди, Не включать! Работа на линии, Не открывать! Работают люди, Работа под напряжением! Повторно не включать;

- **Предписывающие:** Работать здесь, "Влезать здесь"



- **Указательные:** Заземлено



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 ПУЭ. Правила устройства электроустановок / М., СПб. : Деан, 2005. –с.
- 2 Щербаков, Е. Ф. Электроснабжение и электропотребление в строительстве : учеб. пособие / Е. Ф. Щербаков, Д. С. Александров, А. Л. Дубов. – СПб. : Лань, 2012. – 512 с.
- 3 Анчарова, Т. В. Электроснабжение и электрооборудование зданий и сооружений : учеб./ Т. В. Анчарова, М. А. Рашевская, Е. Д. Стебунова. – М. : Форум; НИЦ ИНФРА-М, 2012. – 416 с.
- 4 Фролов, Ю. М. Основы электроснабжения : учеб. пособие / Ю. М. Фролов, В. П. Шелякин. – СПб. : Лань, 2012. – 418 с.
- 5 Князевский, Б. А., Электроснабжение промышленных предприятий : учеб. для студ. вузов по спец. «Электропривод и автоматизация промышленных установок» / Б. А. Князевский. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1986. – 400 с.
- 6 Коробов, Г. В. Электроснабжение. Курсовое проектирование : учеб. пособие / под общ. ред. Г. В. Коробова [и др.]. – 2-е изд. испр. и доп. – СПб. :Лань, 2011. – 192 с.
- 7 Файбисович, Д. Л. Справочник по проектированию электрических сетей : учеб./ Д. Л. Файбисович, И. Г. Карапетян, И. М. Шапиро. – М. : Издательство НЦ ЭНАС, 2012. – 352 с