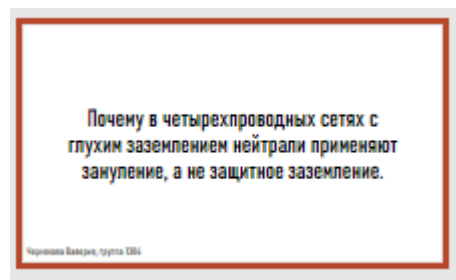


## Слайд 1



Почему в четырехпроводных сетях с глухим заземлением нейтрали применяют зануление, а не защитное заземление

## Слайд 2

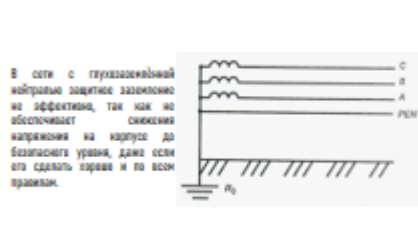


Сеть с глухим заземлением нейтрали (СГЗН) – сеть, в которой нейтраль обмотки трансформатора или генератора присоединена к заземляющему устройству непосредственно или через малое сопротивление (например, через трансформатор тока).

Зануление – преднамеренное электрическое соединение с нулевым защитным проводником металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

Защитное заземление - преднамеренное электрическое соединение с землей или её эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые могут оказаться под напряжением.

## Слайд 3



В сети с глухозаземлённой нейтралью защитное заземление не эффективно, так как не обеспечивает снижения напряжения на корпусе до безопасного уровня, даже если его сделать хорошо и по всем правилам.

## Слайд 4



## Разберемся почему.

При замыкании фазы на заземлённый корпус возникают два контура протекания тока замыкания.

“фаза – корпус – сопротивление защитного заземления – сопротивления изоляции неповреждённых фаз – фазы”  $I_{зам2}$

“фаза – корпус – сопротивление защитного заземления – сопротивление заземления нейтрали – нейтраль источника”  $I_{зам1}$

$I_{зам2}$  пренебрежимо мала по сравнению с составляющей  $I_{зам1}$ , протекающей по контуру, имеющему как минимум в сотни раз меньшее сопротивление.

## Слайд 5



В контуре протекания тока замыкания через сопротивление заземления нейтрали фазное напряжение распределяется на примерно равных сопротивлениях  $R_{заз}$  и  $R_0$ , то есть напряжение между корпусом неисправного приёмника и землёй может уменьшиться всего примерно в два раза относительно фазного:

$$\dot{U}_{Az} \approx U_{\phi} \frac{R_{заз}}{R_{заз} + R_0}.$$

Защитное заземление корпуса, на который произошло замыкание фазы, хоть и позволяет уменьшить напряжение корпуса относительно земли, но в недостаточной степени для обеспечения электробезопасности, то есть действует неэффективно.

Поэтому применяют зануление, сейчас об этом подробнее.

## Слайд 6.

## Зануление. Назначение и принцип действия. Область применения. Расчет зануления.

### Зануление

#### Слайд 7.



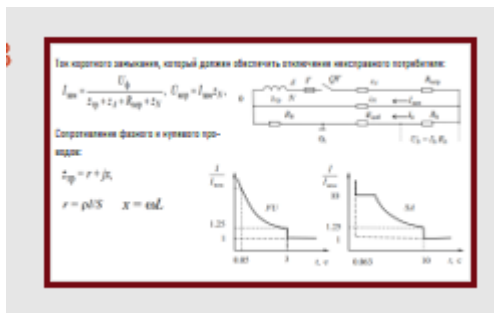
При замыкании фазы на корпус занулённого электроприёмника формируется контур тока короткого замыкания *"фаза – корпус – зануляющий проводник – нулевой провод – нейтраль обмотки трансформатора"*. Под действием тока короткого замыкания срабатывают приборы максимальной токовой защиты (автоматический выключатель, плавкий предохранитель) и отключают неисправный приёмник от питающей сети, в результате чего напряжение прикосновения к корпусу неисправного электроприёмника становится равным нулю. Защитный эффект зануления заключается в уменьшении длительности протекания тока замыкания, и, следовательно, тока через тело человека.

Расчёт зануления проводится с целью определения условий, при которых оно надёжно выполняет возложенную на него задачу – быстро отключить повреждённое электрооборудование от сети. При замыкании фазы на занулённый корпус она автоматически отключится, если сила тока однофазного замыкания между фазным и нулевым защитным проводниками  $I_{кз}$  удовлетворяет условию  $I_{кз} > kI_{ном}$ , где  $k$  – коэффициент кратности номинального тока  $I_{ном}$  плавкой вставки предохранителя или уставки тока срабатывания автоматического выключателя.

*Ток уставки представляет собой максимальное значение электрического тока, при котором происходит срабатывание защитного аппарата, осуществляющего токовую отсечку.*

Значение коэффициента  $k$  принимается в зависимости от типа защиты электроустановки.

## Слайд 8



Ток короткого замыкания, который должен обеспечить отключение неисправного потребителя от сети, и напряжение на корпусе до момента этого отключения рассчитываются по формулам:

$$I_{\text{зам}} = \frac{U_{\phi}}{z_{\text{тр}} + z_A + R_{\text{пер}} + z_N}, \quad U_{\text{кор}} = I_{\text{зам}} z_N,$$

$$z_{\text{тр}}, z_A, z_N, R_{\text{пер}}$$

То что в знаменателе - собственные сопротивления обмотки трансформатора, фазного и нулевого проводов и переходное сопротивление (дополнительное сопротивление в месте замыкания на корпус).

Этот ток сравнивается с током уставки автоматического выключателя или плавкого предохранителя  $I_{\text{уст}}$ , каждый из которых имеет определённую характеристику срабатывания и время отключения.

На нижней картинке вид токовременных характеристик плавкого предохранителя (FU) и автоматического выключателя (SA).

Сопротивления фазного и нулевого проводов определяются суммой сопротивлений

$$z_{\text{тр}} = r + jx,$$

$$r = \rho l / S$$

собственное активное и

$$x = \omega L$$

индуктивное сопротивления.

Изменяя материал и сечение проводов, можно подобрать значение расчётного тока короткого замыкания, достаточное для обеспечения необходимой скорости срабатывания устройств максимальной токовой защиты.

### Слайд 9



Зануление применяется в электроустановках переменного тока с глухозаземлённой нейтралью и постоянного тока с заземлённой средней точкой:

- во всех электроустановках при напряжении переменного тока 380 В и выше и при напряжении постоянного тока 440 В и выше;
- в электроустановках в помещениях с повышенной опасностью поражения током, особоопасных и в наружных пространствах, если рабочее напряжение выше 50 (42) В переменного и 120 (110) В постоянного токов;
- во взрывоопасных зонах – независимо от значения рабочего напряжения электрооборудования.

*(ПУЭ – Правила устройства электроустановок)*

ПУЭ требуют занулять те же металлоконструкции, что и заземлять:

- корпуса электрических машин, трансформаторов, аппаратов, светильников и других приёмников электроэнергии;
- каркасы распределительных щитов, щитов управления и их съёмные и открывающиеся части;
- металлические оболочки кабелей и конструкции для их прокладки (трубы, кожухи, короба и т. п.).