

ë

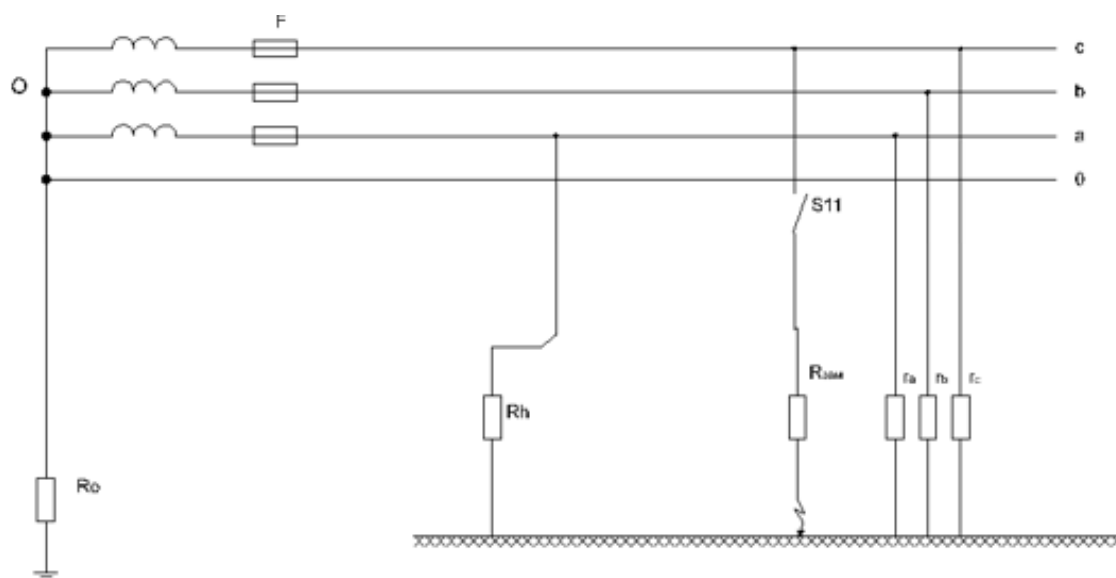


Рисунок 2 – Схема прямого прикосновения в системе TN

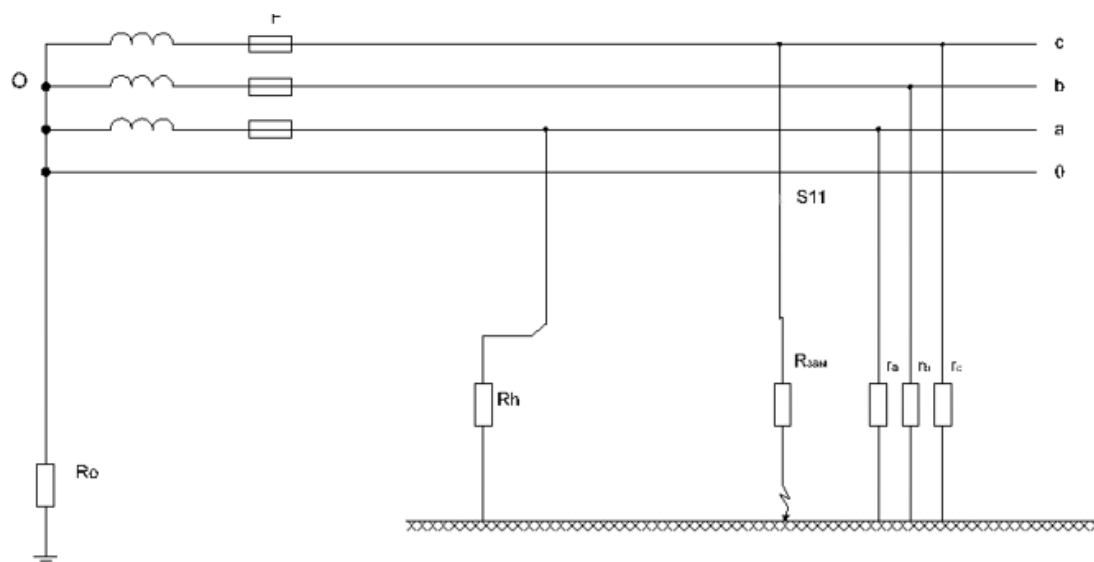


Рисунок 3 – Схема прямого прикосновения при замыкании фазы С на землю

Расчет напряжения прикосновения:

По экспериментальным результатам проведем анализ условий опасности заземления корпусов при непрямом прикосновении. Экспериментальные результаты представим в таблице 2. Расчет напряжения прикосновения произведем по формуле (1). Схему непрямого прикосновения представим на рисунке 4.

Таблица 2 – Значения параметров при непрямом прикосновении к заземленному корпусу

Значения сопротивлений					Напряжения корпусов и фаз относительно земли					
$R_A, \text{кОм}$	$R_B, \text{кОм}$	$R_C, \text{кОм}$	$R_{\text{заз}}, \text{Ом}$	$R_{\text{зам}}, \text{Ом}$	$U_{A01}, \text{В}$	$U_{B01}, \text{В}$	$U_{C01}, \text{В}$	$U_{K1}, U_0, \text{В}$	$U_{K2}, \text{В}$	$U_{K3}, U_h, \text{В}$
150	150	150	-	-	25	26	23	0	0	25
150	150	150	-	4	11	36	33	14	14	11
150	150	150	-	100	23	28	24	2	2	22

Расчет напряжений прикосновения:

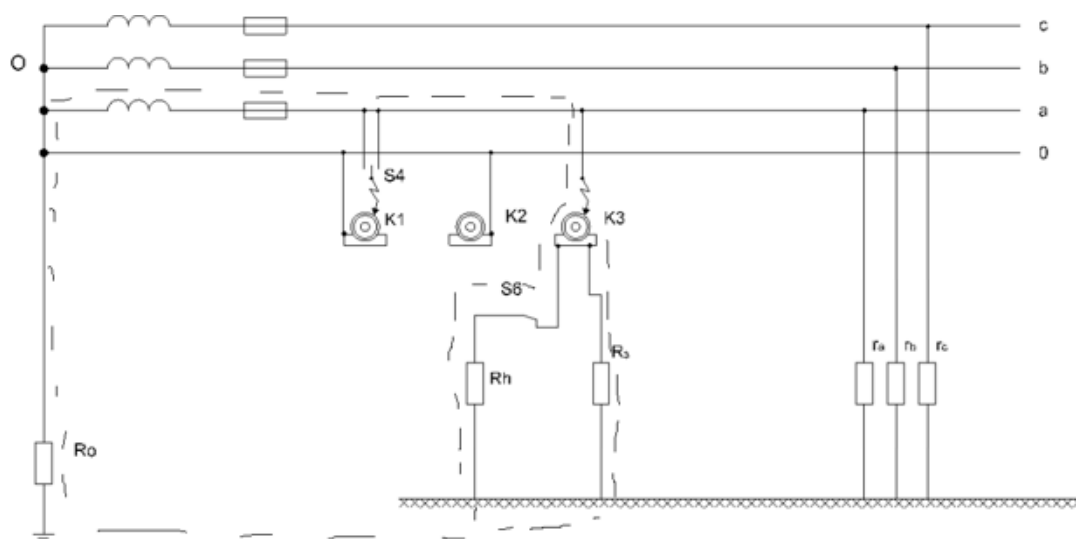


Рисунок 4 – Заземление корпусов при непрямом прикосновении

1. По экспериментальным результатам проведем анализ принципа действия зануления. Экспериментальные результаты представим в таблице 3. Схему действия принципа зануления изобразим на рисунке 5.

Таблица 3 – Значения параметров при наличии зануления

Значения сопротивлений					Напряжения корпусов и фаз относительно земли					
$R_A, \text{кОм}$	$R_B, \text{кОм}$	$R_C, \text{кОм}$	$R_{\text{заз}}, \text{Ом}$	$R_{\text{зам}}, \text{Ом}$	$U_{A01}, \text{В}$	$U_{B01}, \text{В}$	$U_{C01}, \text{В}$	$U_{K1}, U_0, \text{В}$	$U_{K2}, \text{В}$	$U_{K3}, U_h, \text{В}$
150	150	150	-	-	0	0	0	0	0	0

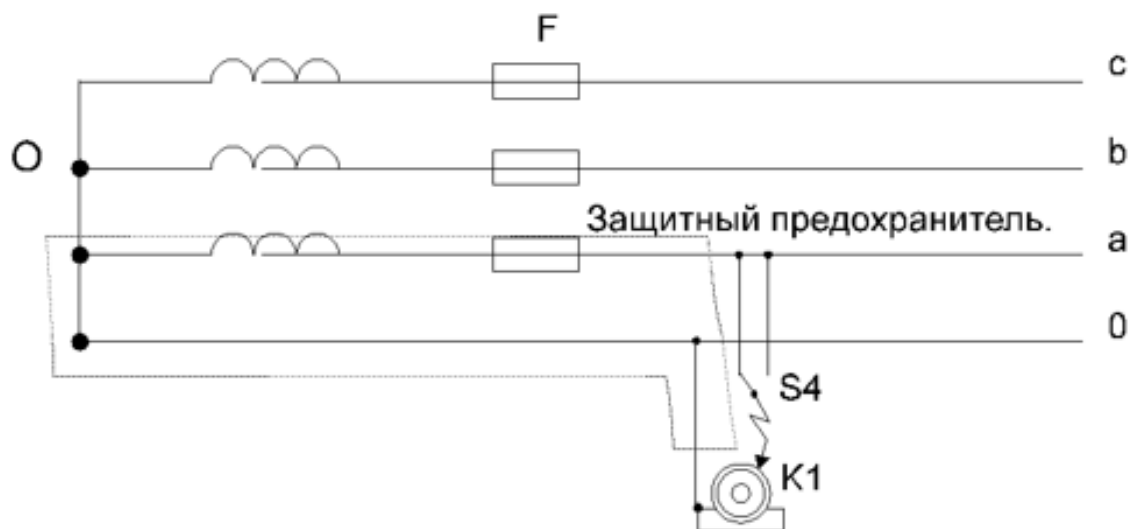


Рисунок 5 – Схема работы принципа зануления

По полученным данным для К-1 и К-2, мы подтвердили что зануление действительно работает. Также измерили напряжение прикосновения и напряжение на фазах, они равны нулю.

2. По экспериментальным результатам проведем анализ условий опасности зануления корпусов при непрямом прикосновении.

Рассмотрим три возможных случая. Экспериментальные результаты представим в таблице 4. Схему случая обрыва нулевого провода или неверной установки выключателя представим на рисунке 6. Схему обрыва цепи при наличии замыкания на землю представим на рисунке 7.

Таблица 4 – Значения параметров при непрямом прикосновении к зануленному корпусу

Значения сопротивлений					Напряжения корпусов и фаз относительно земли					
$R_A, \text{кОм}$	$R_B, \text{кОм}$	$R_C, \text{кОм}$	$R_{\text{заз}}, \text{Ом}$	$R_{\text{зам}}, \text{Ом}$	$U_{A01}, \text{В}$	$U_{B01}, \text{В}$	$U_{C01}, \text{В}$	$U_{K1}, U_0, \text{В}$	$U_{K2}, \text{В}$	$U_{K3}, U_h, \text{В}$
150	150	150	-	-	26	26	22	15	15	-
150	150	150	-	-	26	26	22	0	0	-
150	150	150	-	-	26	26	22	0	22	-
150	150	150	-	-	30	30	16	5	11	-
150	150	150	100	-	43	43	0	22	22	-
150	150	150	100	-	28	28	18	3	3	-

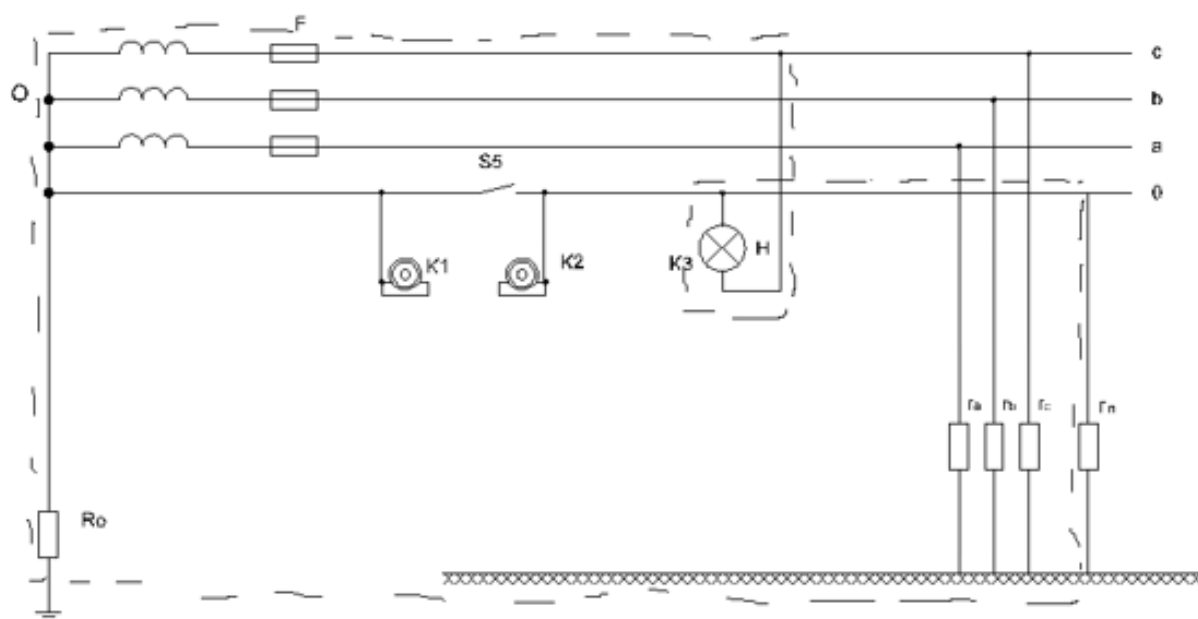


Рисунок 6 – Схема обрыва нулевого провода или неправильной установки в нем выключателя нагрузки

При введении повторного заземления нулевого провода уменьшается опасность поражения на зануленных корпусах в период замыкания фазы на корпус. В случае обрыва — уменьшает напряжение.

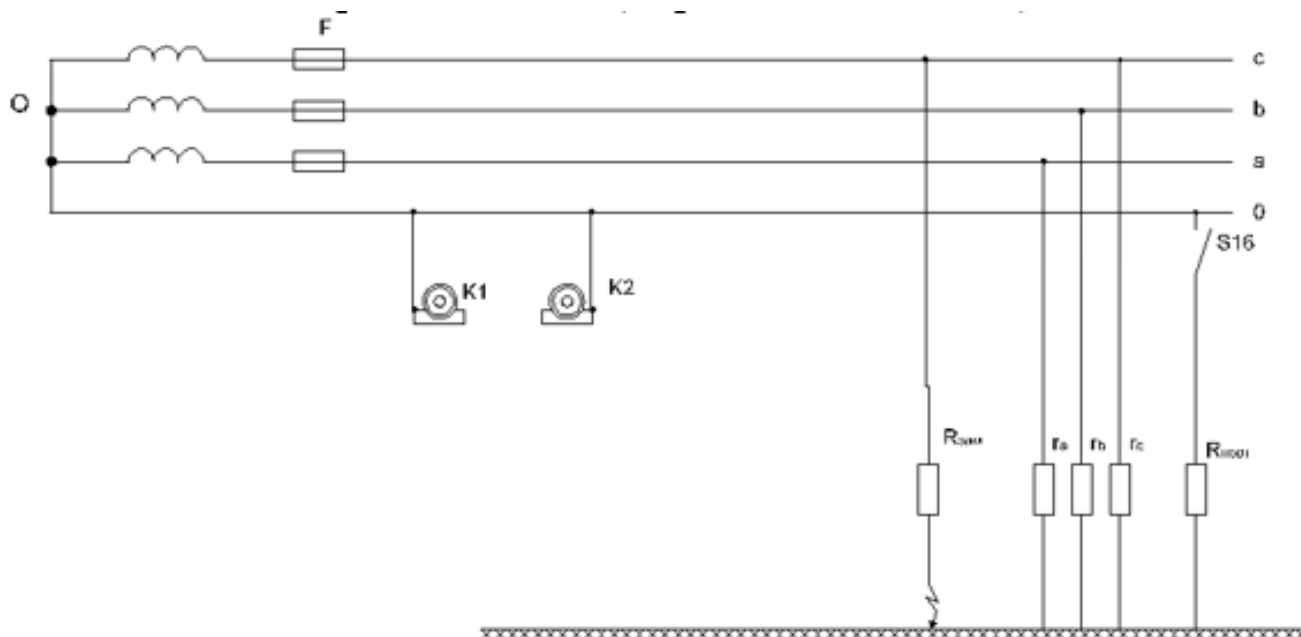


Рисунок 7 – Схема обрыва цепи заземления нейтрали источника при наличии замыкания фазы на землю

При введении повторного заземления напряжение уменьшилось.

## ВЫВОД:

Лабораторная работа позволила изучить различные сценарии однофазного прикосновения человека к электрооборудованию и оценить степень их опасности.

**Прямое однофазное прикосновение:** Этот тип прикосновения опасен из-за воздействия полного фазного напряжения, поскольку низкое сопротивление рабочего заземления нейтрали (4 Ом) делает напряжение прикосновения практически равным фазному напряжению и слабо зависящим от сопротивления тела человека относительно

земли. Ток, протекающий через тело и рабочее заземление, может достигать опасных значений.

	$U_{\text{пр}}, \text{В}$	$I_h, \text{мА}$
Переменный:		
50 Гц	2	0,3 (0,5)
400 Гц	3	0,4
Постоянный	8	1,0

**Замыкание фазы на землю:** В этом случае напряжение прикосновения может превышать фазное, что делает этот режим более опасным по сравнению с прямым прикосновением.

**Эффективность защитного заземления:** При использовании защитного заземления, соответствующего нормативным требованиям ( $R_{\text{зз}} = 4 \text{ Ом}$ ), напряжение прикосновения можно снизить максимум вдвое. Однако, если заземление выполнено на элементы со случайной связью с землей и высоким сопротивлением ( $R_{\text{зз}} = 100 \text{ Ом}$ ), то напряжение прикосновения практически не отличается от фазного.

**Замыкание фазы на корпус зануленного приемника:** В такой ситуации возникает короткое замыкание ( $I_{\text{кз}}$ ) по контуру “фаза-ноль”, что должно приводить к немедленному срабатыванию защиты и обесточиванию цепи.

**Неправильная установка защиты:** Если установка максимальной токовой защиты выбрана некорректно, ток короткого замыкания ( $I_{\text{кз}}$ ) может оказаться недостаточным для срабатывания защиты. В этом случае поврежденный электроприемник не отключается, напряжение остается на корпусе, а также появляется опасное напряжение на



нулевом проводе и на корпусах других, исправных электроприемников. Прикосновение к нулевому проводу в такой ситуации становится крайне опасным.

**Обрыв заземления нейтрали:** В случае обрыва заземления нейтрали источника и одновременного замыкания фазы на корпус, на нулевом проводе и на корпусах всех исправных электроприемников появляется опасное, высокое напряжение. Подключение повторного заземления создает контур “фаза-земля- $R_{\text{повт-ноль}}$ ”, что приводит к снижению напряжения на нулевом проводе и корпусах.

**Обрыв нулевого провода:** В случае обрыва нулевого провода, наступает нарушение симметрии напряжений на фазах (напряжения начнут значительно отличаться друг от друга). Также будет непредсказуемое распределение токов, что может вызвать перегрузку отдельных фаз, что приведет к срабатыванию защиты.