

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)
Кафедра БЖД

ОТЧЕТ
по лабораторной работе №2
по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности»
ТЕМА: ИССЛЕДОВАНИЕ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРОБЕЗОПАСНОСТИ В
ТРЕХФАЗНЫХ СЕТЯХ С ЗАЗЕМЛЕННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Студенты гр. 8391

Орещенко Н.В.

Перевертайло Д.А.

Петрухина М.С.

Преподаватель

Овдиенко Е.Н.

Санкт-Петербург

2021

Цель работы.

- Исследование режимов однофазного прикосновения человека.
- Изучение принципа действия зануления.
- Ознакомление с опасностями непрямого прикосновения при использовании защитного заземления и зануления.

Обработка результатов эксперимента.

1. Анализ условий опасности прямого прикосновения в системе TN.

1.1. Прямое прикосновение к фазе А.

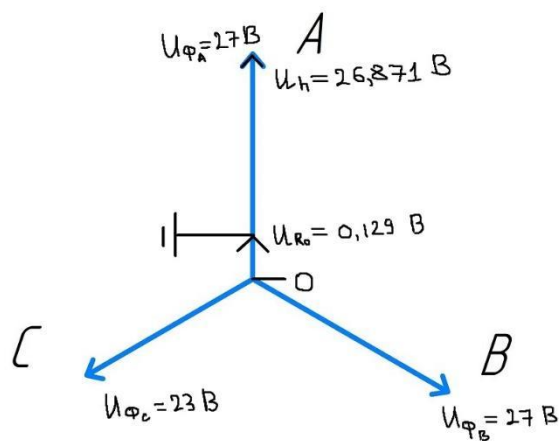
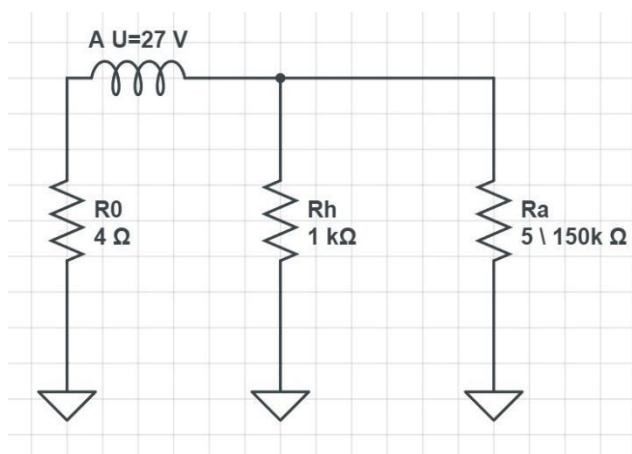


Рис. 1.

$$R_0 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_h = 1 \text{ кОм}$$

$$R_{a1} = 5 \text{ кОм}, R_{a2} = 150 \text{ кОм}$$

$$U_h = U_{\phi A} \frac{R_h || R_a}{(R_h || R_a + R_0)} = 220 \frac{5 * 10^3 * 10^3}{6 * 10^3 (\frac{5 * 10^3 * 10^3}{6 * 10^3} + 4)} = 218.94 \text{ В}$$

$$U_{R_0} = 220 - 218.94 = 1.06 \text{ В}$$

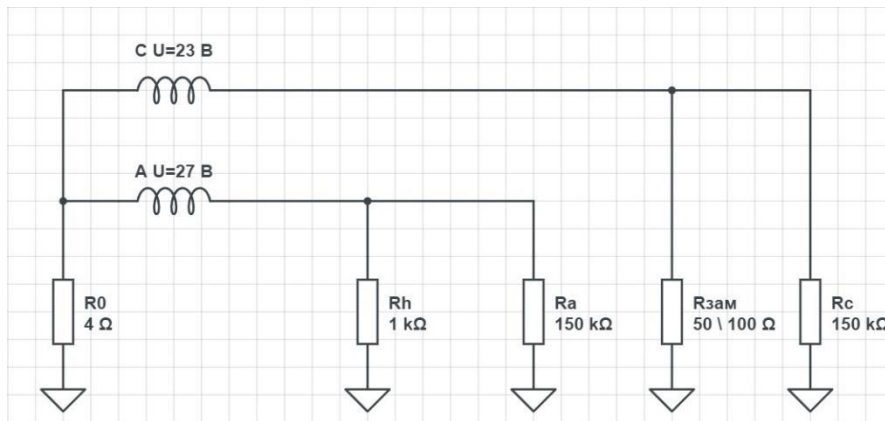
Исходя из увиденного, можно сделать вывод, что практически всё фазное напряжение «падает» на человека. При прикосновении к фазе в СГЗН опасность прикосновения зависит исключительно от U_{ϕ} (по формуле делителя напряжения) и практически не зависит от сопротивления изоляции фаз.

Во втором случае будет наблюдаться аналогичная картина, убедимся в этом (векторная диаграмма аналогична с небольшой разницей длин векторов):

$$U_h = U_{\phi A} \frac{R_h || R_a}{(R_h || R_a + R_0)} = 220 \frac{150 * 10^3 * 10^3}{151 * 10^3 (\frac{150 * 10^3 * 10^3}{151 * 10^3} + 4)} = 219.12 \text{ В}$$

$$U_{R_0} = 220 - 219.12 = 0.89 \text{ В}$$

1.2. Прямое прикосновение при замыкании фазы С на землю.



$$R_0 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_h = 1 \text{ кОм}$$

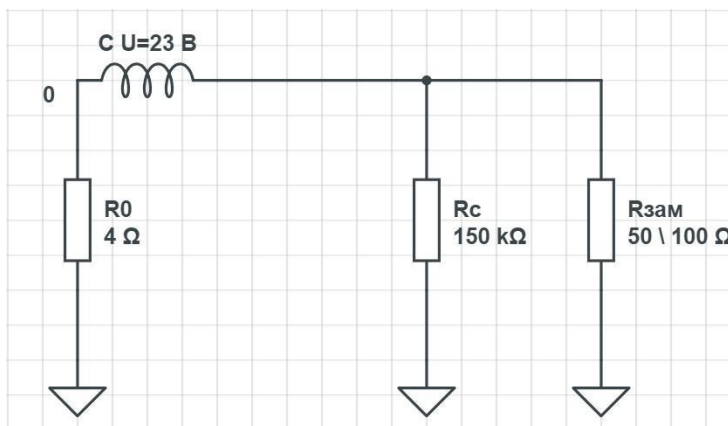
$$R_a = 150 \text{ кОм}$$

$$R_{\text{зам}1} = 50 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{зам}2} = 100 \text{ Ом}$$

Рассмотрим

подробно следующую упрощенную схему для фазы С:



Отметим, что значение $R_c \gg R_{\text{зам}}$. Ввиду этого пренебрежем этим значением и произведем следующие расчеты для $R_{\text{зам}} = 50 \text{ Ом}$:

$$U_{R_{\text{зам}1}} = U_{\phi C} \frac{R_{\text{зам}1}}{R_{\text{зам}1} + R_0} = 220 \frac{50}{50 + 4} = 203.7 \text{ В}$$

$$U_0 = U_{\phi C} - U_{R_{\text{зам}1}} = 220 - 203.7 = 16.3 \text{ В}$$

Выполним построение векторной диаграммы (рис. 2.), а также воспользуемся теоремой косинусов для нахождения U_h .

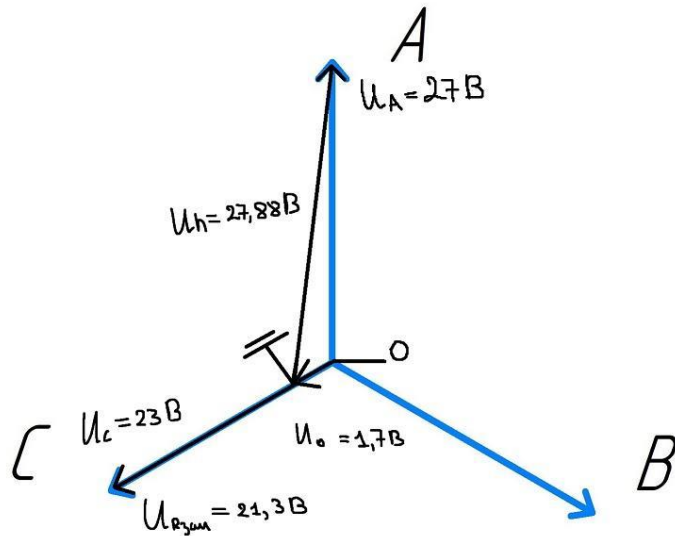


Рис. 2.

$$U_h = \sqrt{U_0^2 + U_{\phi_A}^2 - 2 * U_0 * U_{\phi_A} * \cos (U_0 \wedge U_{\phi_A})} = 228.57 \text{ В}$$

Произведем аналогичные расчеты для $R_{зам} = 100 \text{ Ом}$:

$$U_{R_{зам1}} = U_{\phi_C} \frac{R_{зам1}}{R_{зам1} + R_0} = 220 \frac{100}{100 + 4} = 211.54 \text{ В}$$

$$U_0 = U_{\phi_C} - U_{R_{зам1}} = 220 - 211.54 = 8.46 \text{ В}$$

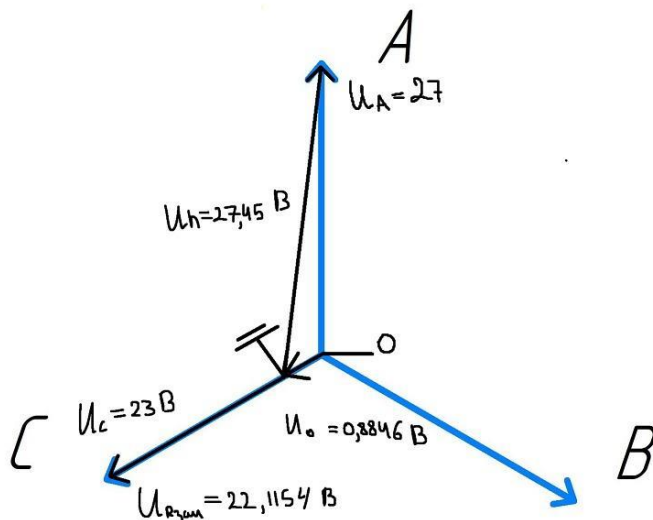


Рис. 3.

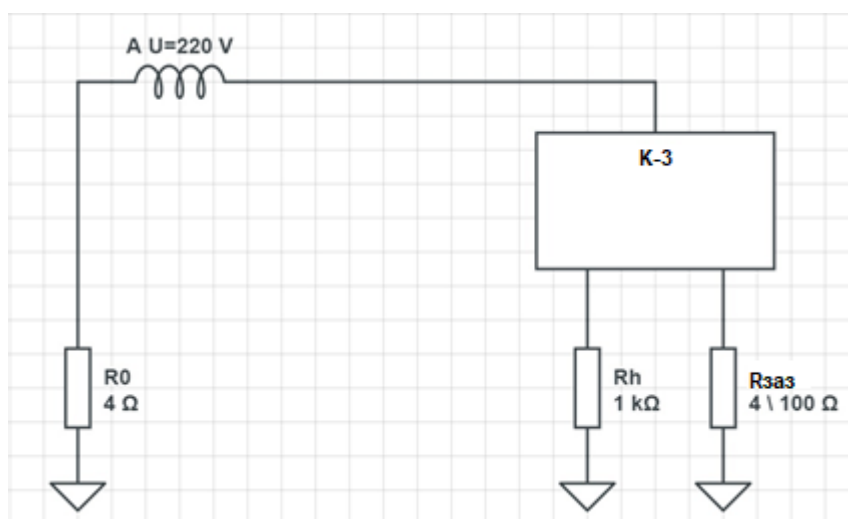
$$U_h = \sqrt{U_0^2 + U_{\phi_A}^2 - 2 * U_0 * U_{\phi_A} * \cos (U_0 \wedge U_{\phi_A})} = 224.35 \text{ В}$$

В данном случае можно сказать, что ситуация немногим хуже, чем в предыдущем случае. Исходя из результатов, полученных на векторной диаграмме, хотелось бы отметить, что при увеличении напряжении на рабочем заземлении нейтрали, возрастает и напряжение между землей и фазой (напряжение прикосновения).

Также увеличение сопротивления замыкания приводит к уменьшению напряжения заземления нейтрали и как следствие уменьшает напряжение прикосновения.

Падение напряжения на человеке немного больше фазного.

2. Оценка опасности заземления корпусов при непрямом прикосновении



$$\begin{aligned} R_0 &= 4 \text{ Ом} \\ R_h &= 1 \text{ кОм} \\ R_{\text{заз1}} &= 4 \text{ Ом} \\ R_{\text{заз2}} &= 100 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Произведем
расчеты, пренебрегая

R_h в виду его высокого сопротивления в сравнении с $R_{\text{заз}} = 4 \text{ Ом}$:

$$U_{R_0} = U_{\phi A} \frac{R_0}{R_0 + R_{\text{заз}}} = 220 * \frac{4}{4 + 4} = 110 \text{ В} = U_{R_{\text{заз1}}} = U_{R_h};$$

При $R_{\text{заз}} = 100 \text{ Ом}$:

$$\begin{aligned} U_{R_0} &= U_{\phi A} \frac{R_0}{R_0 + R_{\text{заз}}} = 220 * \frac{4}{100 + 4} = 8.4 \text{ В} \\ U_{R_{\text{заз1}}} &= U_{R_h} = 220 - 8.4 = 211.6 \text{ В}; \end{aligned}$$

Выполним построение векторной диаграммы, значения U'_B и U'_C были найдены по теореме косинусов.

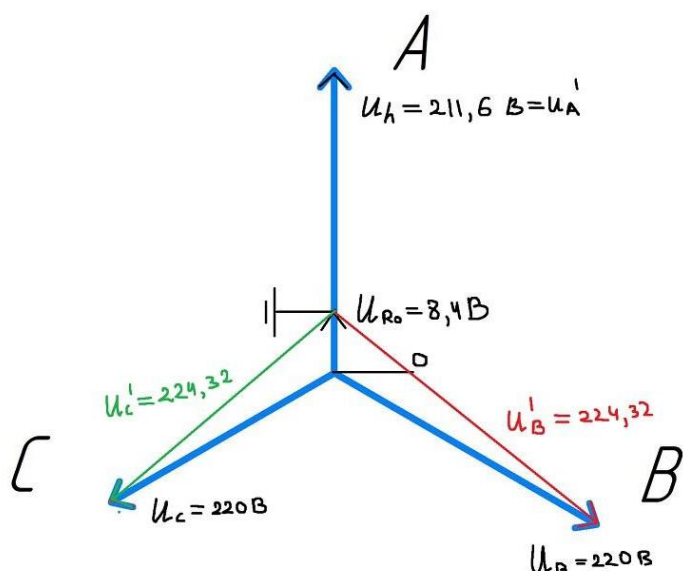


Рис. 5. ($R_{\text{заз}} = 100 \text{ Ом}$)

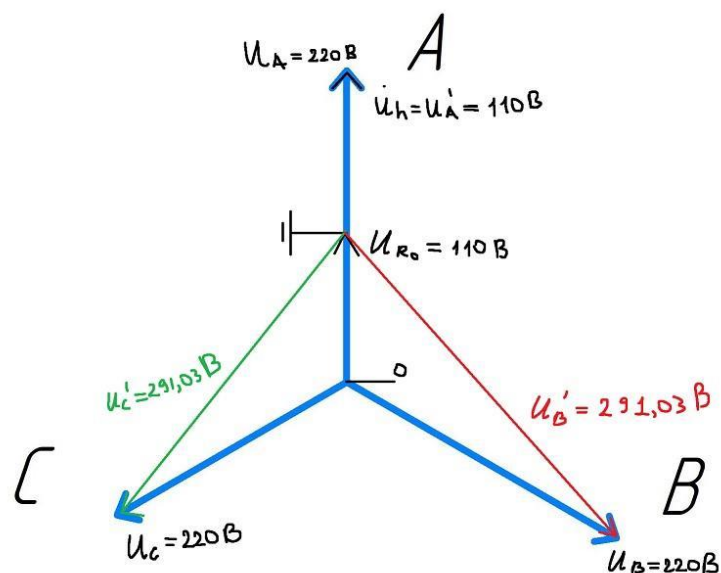
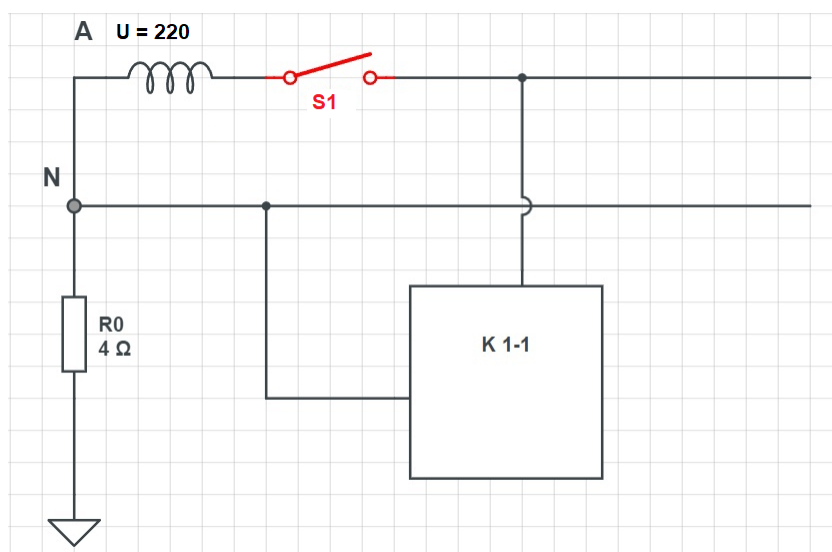


Рис. 5. ($R_{\text{заз}} = 4 \text{ Ом}$)

Подключив корпус к заземляющему устройству с величиной сопротивления $R_{\text{заз}} = 4 \text{ Ом}$, можно добиться снижения напряжения прикосновения до половины фазного.

Величина напряжения прикосновения будет зависеть от соотношения величин сопротивлений рабочего заземления нейтрали к сопротивлению заземления корпуса (по ФДН). Использование резистора номиналом 100 Ом приведет к пагубным последствиям: напряжение прикосновения будет близко к фазному.

3. Изучение принципа зануления.

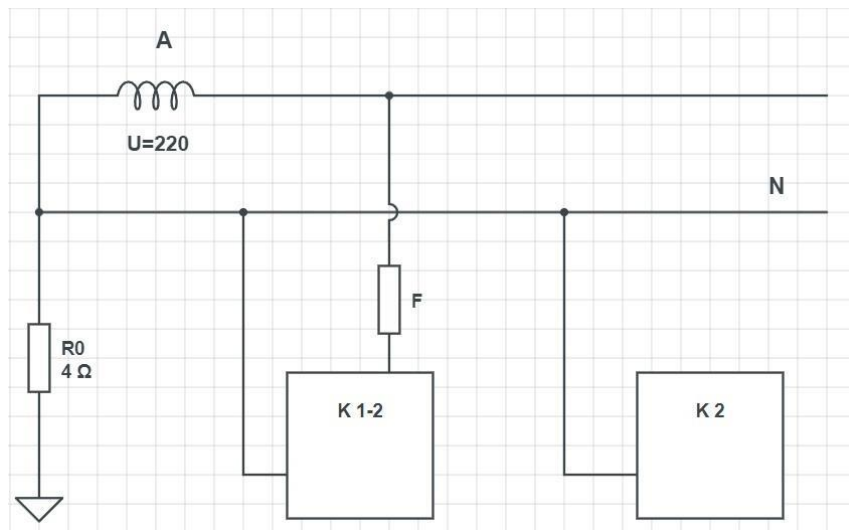


Под действием тока короткого замыкания срабатывают приборы токовой защиты, которые отключают стенд от сети, в результате чего напряжение

прикосновения к корпусу становится равным нулю.

4. Оценка опасности зануления корпусов при непрямом прикосновении.

4.1. Случай неправильно выбранной установки срабатывания токовой защиты.

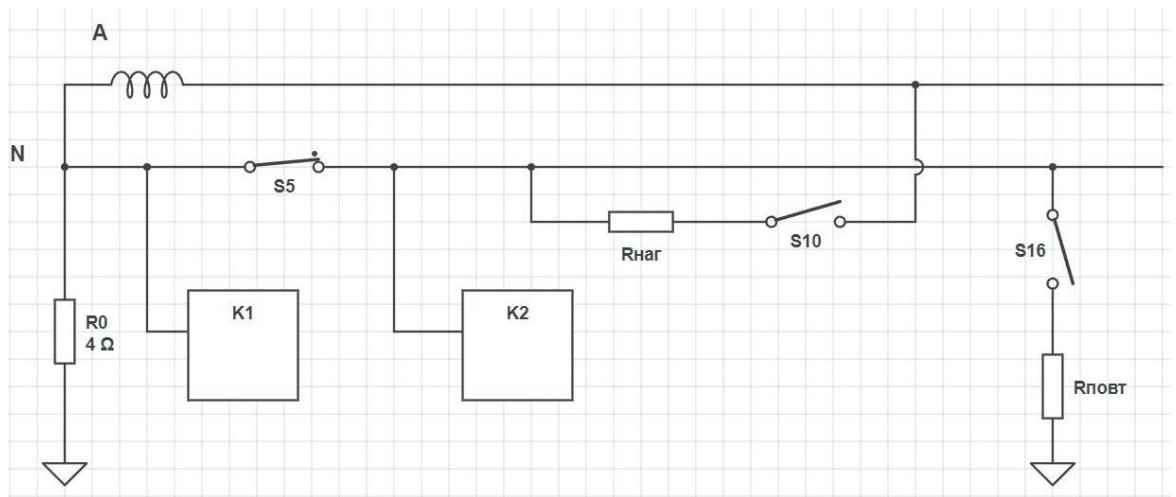


В рассматриваемом случае ток замыкания недостаточен для срабатывания предохранителя F1: он не отключил поврежденный электроприемник, автоматическое снятие напряжения со стенда не произошло. При этом напряжение на нулевом проводе и, соответственно, на всех корпусах неповрежденных электроприемников K1-2 И K2 оказывается велико.

В таком случае прикосновение к корпусу опасно для жизни.

4.2 Случай обрыва нулевого провода или неправильной установки в нем выключателя нагрузки.

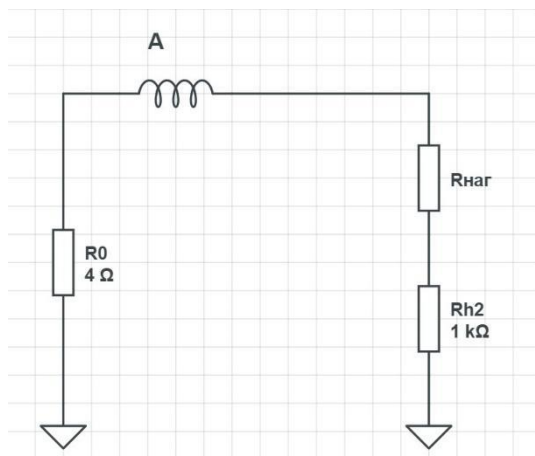
4.2.1. S-10 выкл, S-16 выкл



Ток в цепи отсутствует, т.к. S10 разрывает цепь. Положение остальных переключателей неважно. Прикосновение безопасно.

4.2.2. S-10 вкл, S-16 выкл

Предположим, человек прикоснулся к корпусу K2, рассмотрим упрощенную схему. Прикосновение человека к корпусу K1 не несет опасности, поскольку имеется обрыв на S5.



$$R_0 = 4 \text{ Ом}$$

$$R_h = 1 \text{ кОм}$$

$R_{наг}$ характеризуется мощностью лампы:

$$P = 30 \text{ Вт, тогда } P = UI = \frac{U^2}{R};$$

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{30} = 1613.3 \text{ Ом};$$

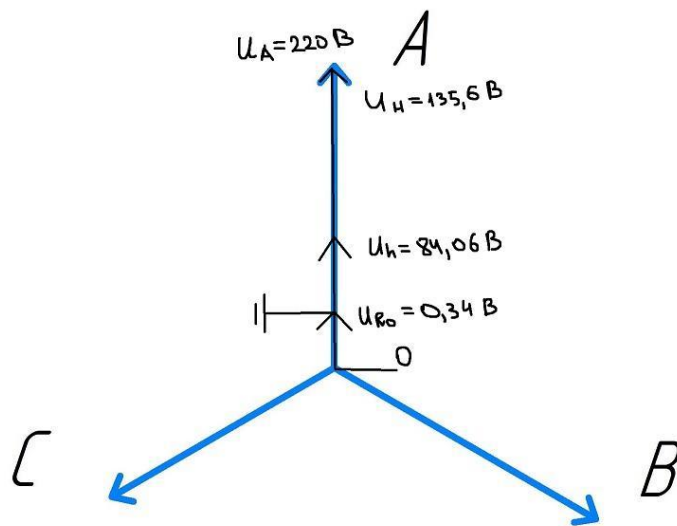
Используем формулу делителя напряжения:

$$U_{R_h} = U_{\phi A} \frac{R_h}{R_0 + R_{наг} + R_h} = 84.06 \text{ В}$$

$$U_{R_0} = U_{\phi A} \frac{R_0}{R_0 + R_{наг} + R_h} = 0.34 \text{ В}$$

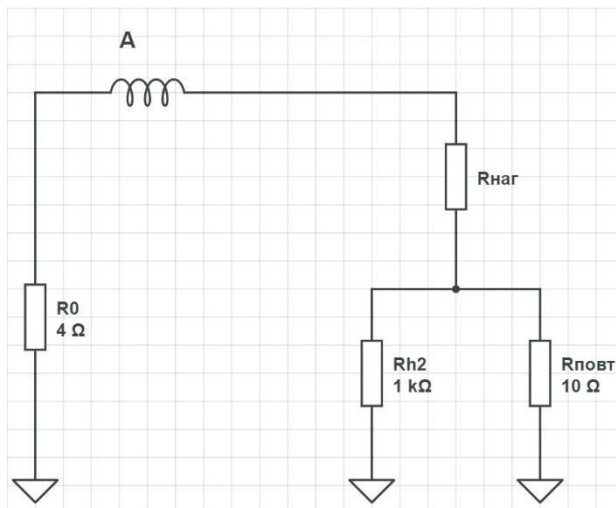
$$U_{R_{наг}} = U_{\phi A} \frac{R_{наг}}{R_0 + R_{наг} + R_h} = 135.6 \text{ В}$$

Векторная диаграмма представлена ниже:



4.2.3. S-10 вкл, S-16 вкл

Рассмотрим упрощенную схему.



$$\begin{aligned} R_0 &= 4 \text{ Ом} \\ R_h &= 1 \text{ кОм} \\ R_{\text{повт}} &= 10 \text{ Ом} \\ R_{\text{нагр}} &= 1613.3 \text{ Ом} \end{aligned}$$

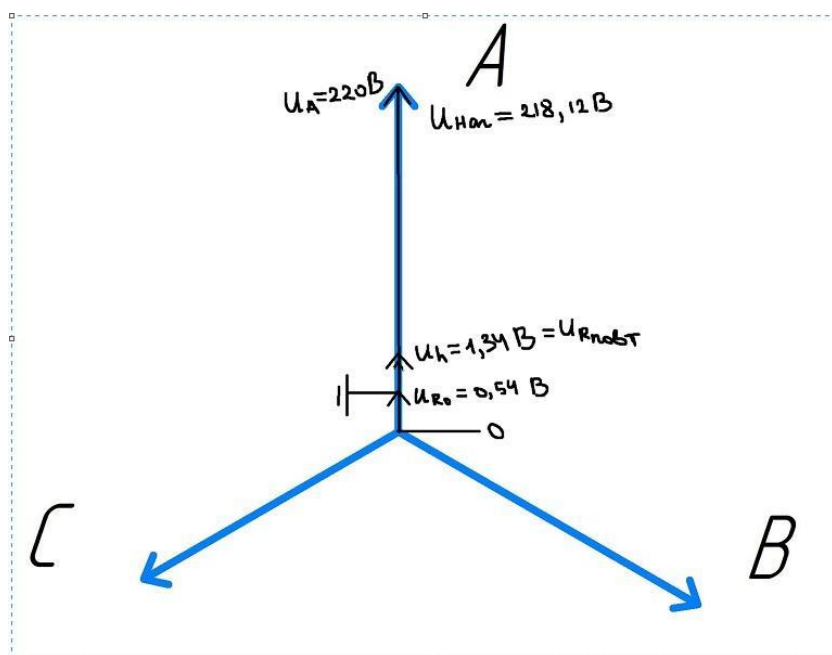
Используем формулу делителя

напряжения:

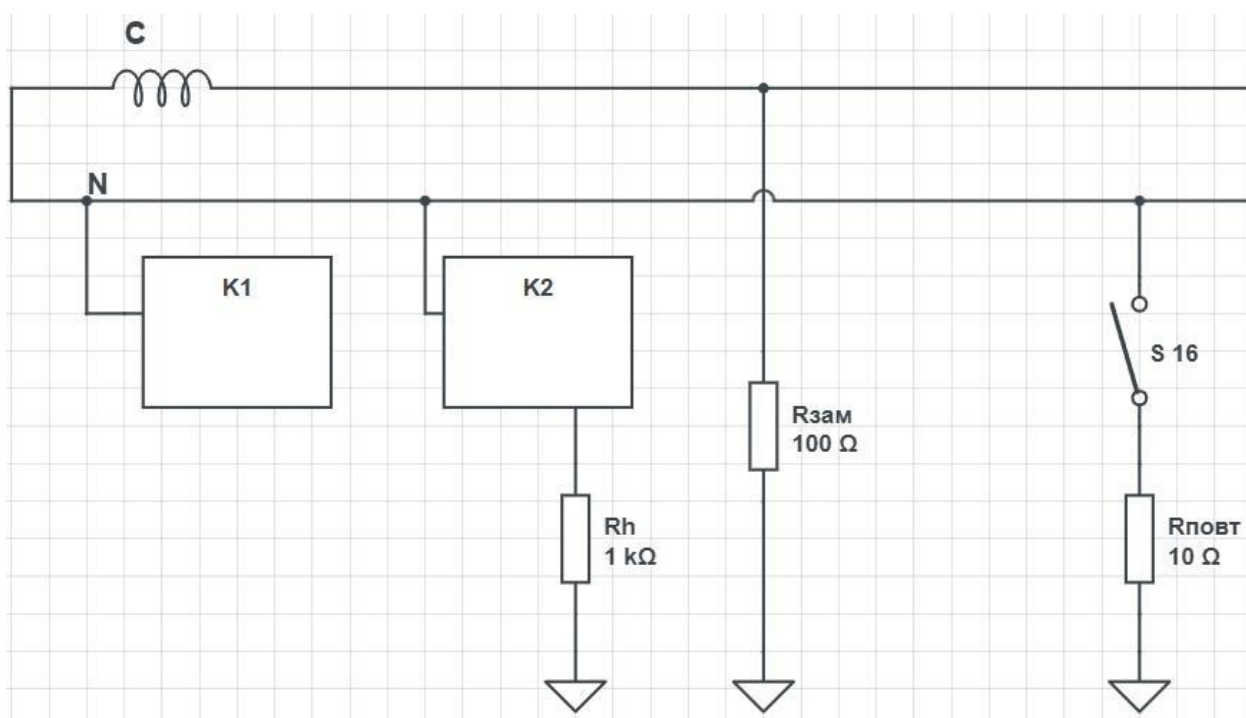
$$\begin{aligned} U_h &= U_{\phi A} \frac{R_h || R_{\text{повт}}}{R_0 + R_{\text{наг}} + R_h || R_{\text{повт}}} = 1.34 \text{ В} \\ U_{R_0} &= U_{\phi A} \frac{R_0}{R_0 + R_{\text{наг}} + R_h || R_{\text{повт}}} = 0.54 \text{ В} \\ U_{R_{\text{наг}}} &= U_{\phi A} \frac{R_{\text{наг}}}{R_0 + R_{\text{наг}} + R_h || R_{\text{повт}}} = 218.12 \text{ В} \end{aligned}$$

При подключении повторного заземления напряжение прикосновения уменьшается в разы.

Векторная диаграмма представлена ниже:



4.3. Случай обрыва цепи заземления нейтрали источника при наличии замыкания фазы на землю.



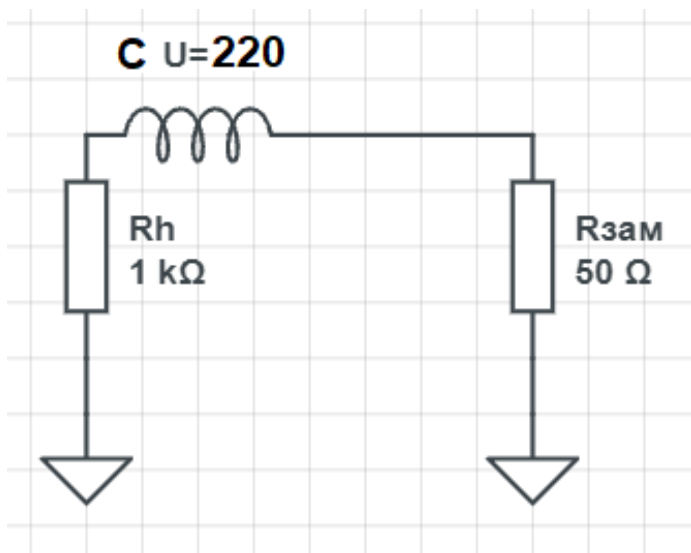
$$R_h = 1 \text{ кОм}$$

$$R_{повт} = 10 \text{ Ом}$$

$$R_{зам} = 50 \text{ Ом}$$

4.3.1. S-16 выкл.

Рассмотрим упрощенную схему



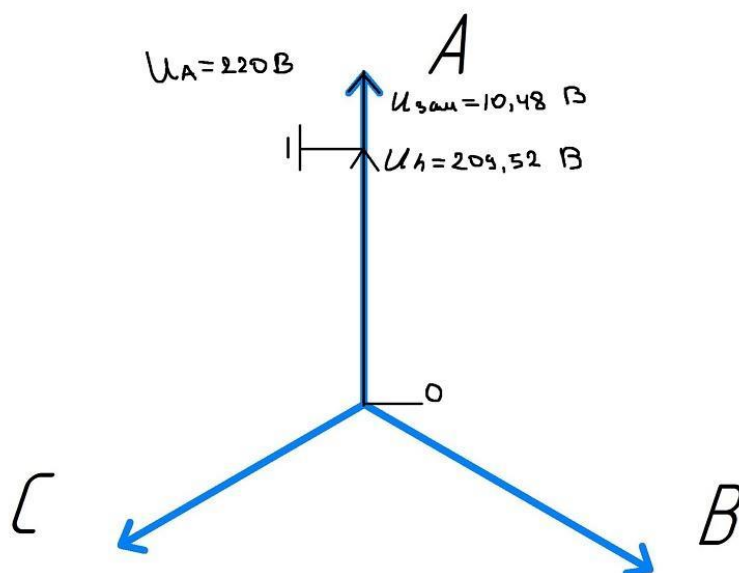
$$U_h = U_{\phi A} \frac{R_h}{R_{\text{зам}} + R_h} = 209.52 \text{ В}$$

При отключенном повторном заземлении прикосновение к защищенному корпусу опасно для жизни.

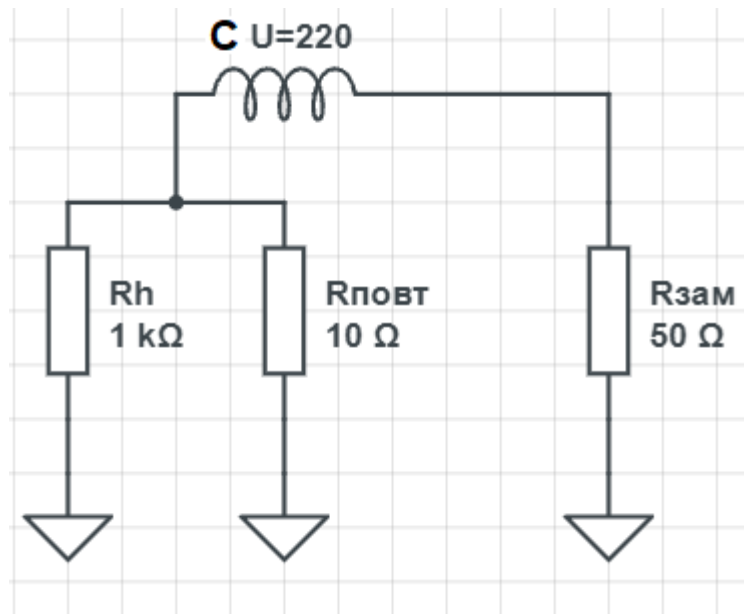
$$U_{R_{\text{зам}}} = 220 - 209.52 = 10.48 \text{ В}$$

Векторная диаграмма

представлена ниже:



4.3.2. S-16 ВКЛ.

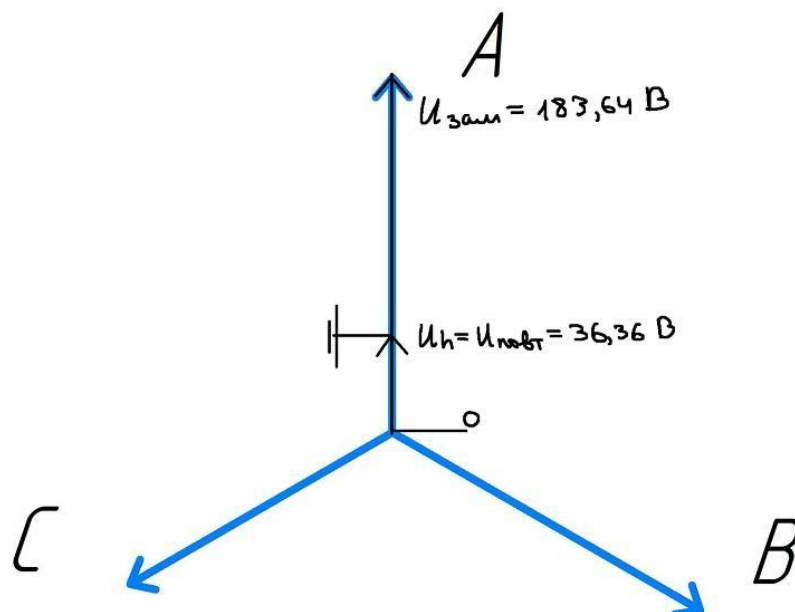


$$U_h = U_{\phi A} \frac{R_h || R_{\text{повт}}}{R_{\text{зам}} + R_h || R_{\text{повт}}} = 36.36 \text{ В}$$

$$U_{R_{\text{зам}}} = 220 - 36.36 = 183.64 \text{ В}$$

При подключенном повторном заземлении происходит перераспределение напряжения (по ФДН) и напряжение прикосновения падает в разы.

Векторная диаграмма представлена ниже:



При включении повторного заземления параллельно человеку снижается общее сопротивление включения, в следствие чего уменьшается и напряжение прикосновения согласно ФДН.

