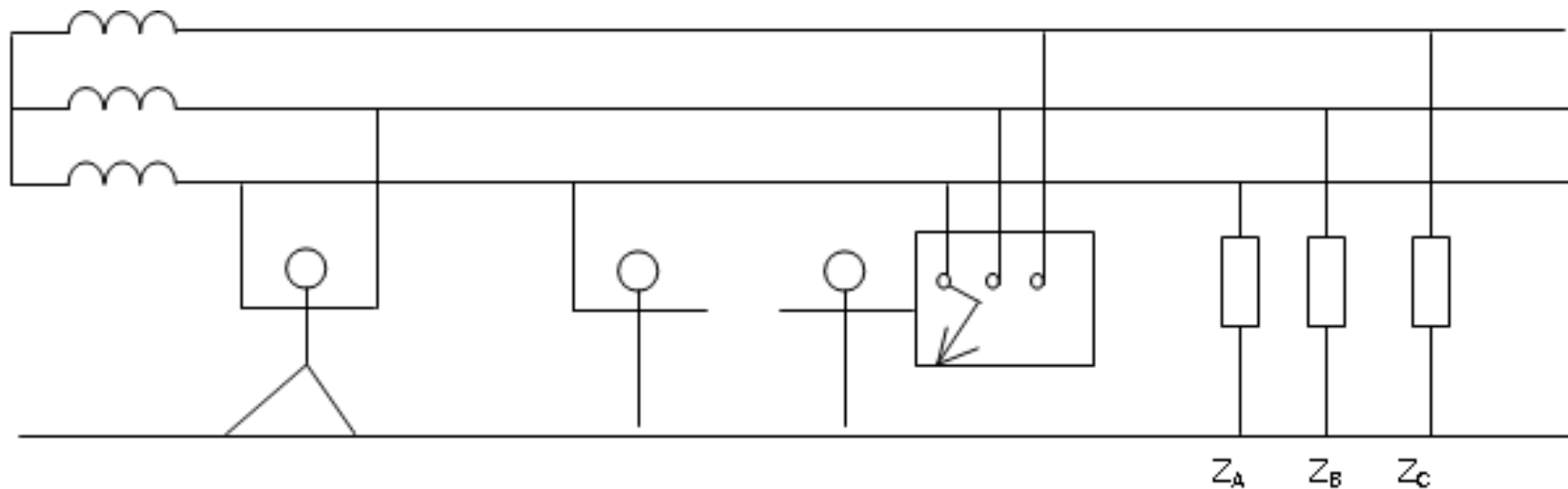


Анализ опасности поражения током в различных электрических сетях



Прямое прикосновение – прикосновение к токоведущим частям:

- **двухфазное прикосновение** – одновременное прикосновение к проводникам двух фаз действующей электроустановки
- **однофазное прикосновение** – прикосновение к проводнику одной фазы действующей электроустановки

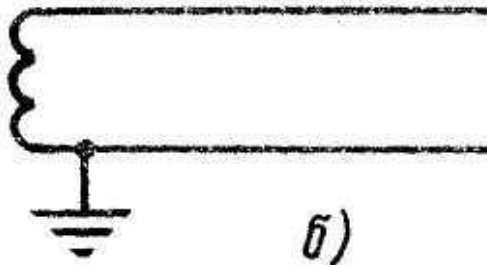
Косвенное прикосновение – прикосновение к нетоковедущим частям электроустановок, оказавшимся под напряжением в результате повреждения изоляции

Виды электрических сетей



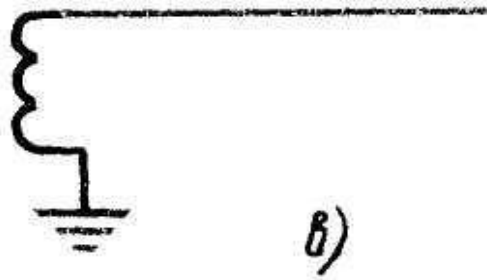
а)

Однофазная двухпроводная сеть
изолированная от земли



б)

Однофазная двухпроводная сеть
с заземленным проводом



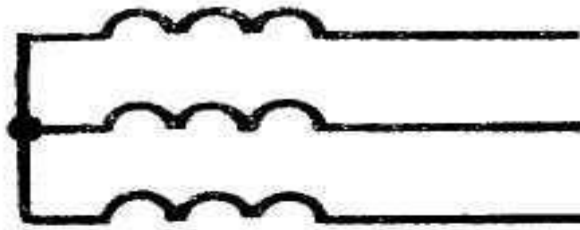
в)

Однофазная однопроводная сеть
(роль второго провода выполняет
земля, рельс и т.д.)

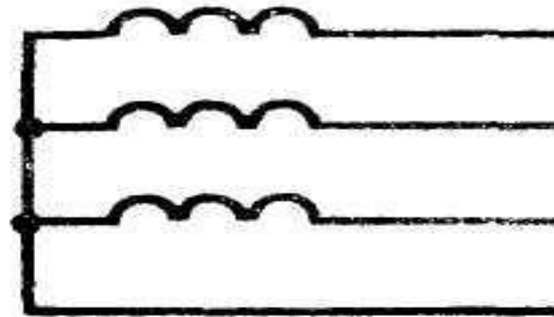
Двухпроводные сети используют для питания малым напряжением (эл. переносной инструмент и т.п.), при более высоких напряжениях – 127 В и выше – для питания сварочных трансформаторов, испытательных установок и др. однофазных потребителей.

Однопроводные сети применяют на электрофицированном транспорте.

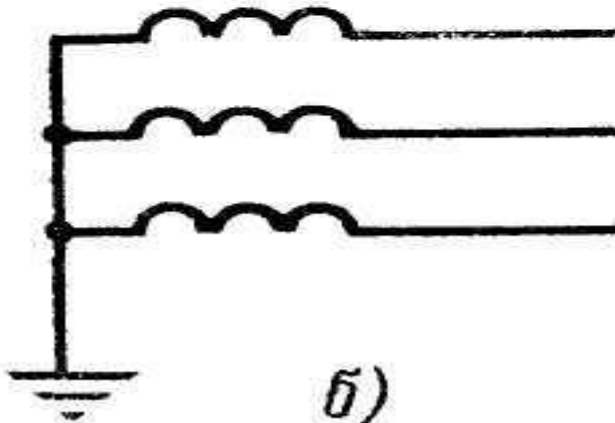
Виды электрических сетей



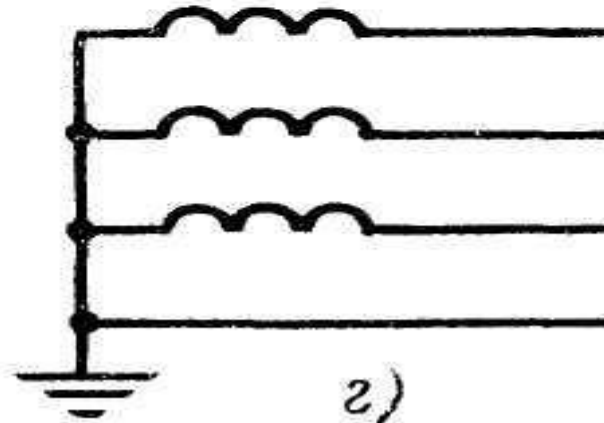
а)



б)



в)



г)

- а) трехфазная трехпроводная сеть с изолированной нейтралью
- б) трехфазная трехпроводная сеть с заземленной нейтралью
- в) трехфазная четырехпроводная сеть с изолированной нейтралью
- г) трехфазная четырехпроводная сеть с заземленной нейтралью

Основные термины

Нейтраль, или нейтральная точка обмотки источника или потребителя энергии – точка, напряжения которой относительно всех внешних выводов обмотки одинаковы по абсолютному значению

Нулевая точка - заземленная нейтральная точка

Глухозаземленная нейтраль – нейтраль, заземленная путем непосредственного присоединения к заземлителю или через малое сопротивление

Нулевой проводник –проводник, присоединенный к нулевой точке

Нейтральный проводник – проводник, присоединенный к нейтральной точке.

При напряжении до 1000 В в нашей стране применяют в основном:

- трехпроводная сеть с изолированной нейтралью (36, 42, 127, 220, 380 и 660 В);
- четырехпроводная сеть с заземленной нейтралью (220/127, 380/220; 660/380 В).

При напряжениях выше 1000 В:

- трехпроводную с изолированной нейтралью при напряжениях до 35 кВ;
- трехпроводную с заземленной нейтралью, при напряжении 110 кВ и выше.

Буквенное обозначение сетей и систем заземления (ГОСТ 30331.1-2013)

Первая буква характеризует режим нейтрали, вторая – заземление открытых проводящих частей (ОПЧ) или корпуса электроустановки.

Первая буква:

I – изолированная нейтраль

T – заземленная нейтраль

Вторая буква:

N – ОПЧ (корпус) занулен

T - ОПЧ (корпус) заземлен

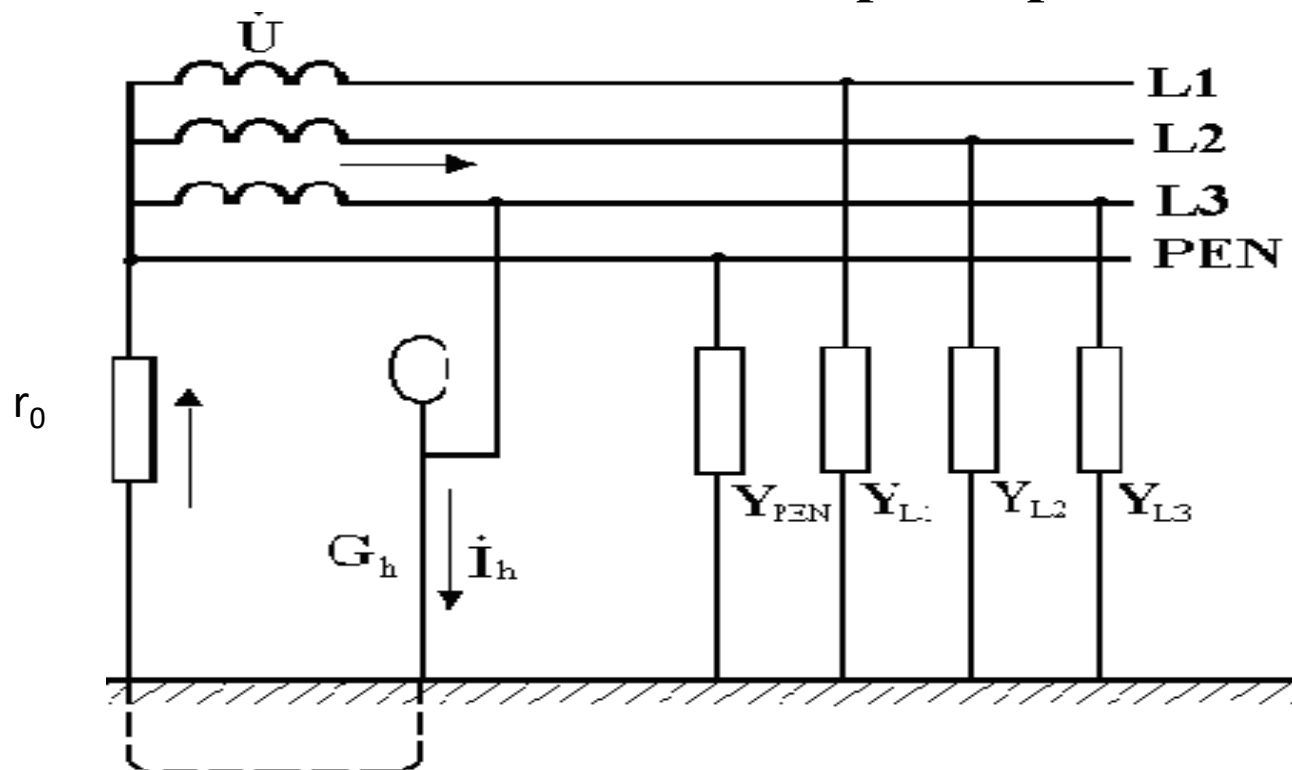
Для обозначения сетей с заземленной нейтралью вводятся следующие буквы, обозначающие функции нулевых проводников:

S – используются раздельно нулевой рабочий (N) и нулевой защитный (PE) проводники;

C – используется общий нулевой проводник (PEN), выполняющий функции защитного и рабочего;

C-S – нулевой проводник (PEN) в части сети разветвляется на рабочий (N) и защитный (PE).

Реальные значения параметров сетей



Активное сопротивление проводов фазы: $r_{L1, L2, L3} = 0,01 \div 0,1 \text{ Ом}$

Сопротивление нулевого провода: $r_{PEN} = 0,02 \div 0,2 \text{ Ом}$

Сопротивление заземления нейтрали: $r_0 = 4 \text{ Ом}$

Сопротивление заземлителей: $R_3 = 1 \div 10 \text{ Ом}$

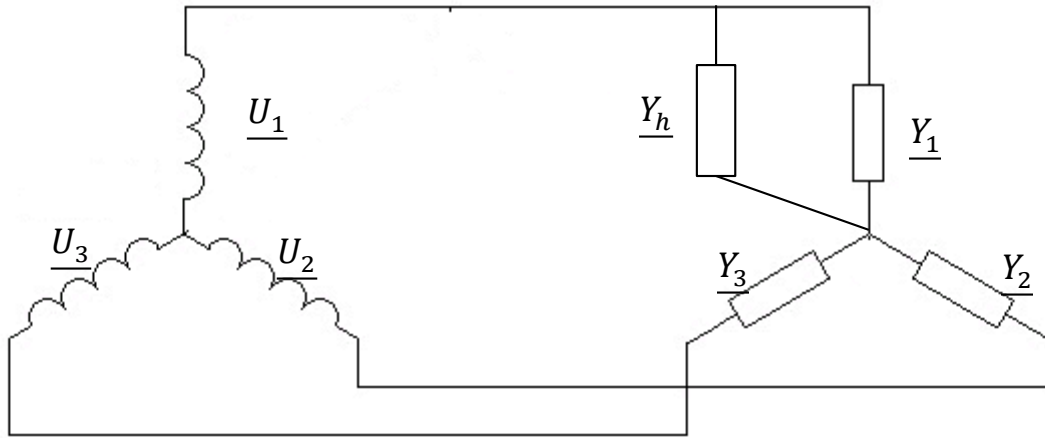
Сопротивление замыкания на землю: $R_{3M} = 10 \div 100 \text{ Ом}$

Сопротивление изоляции проводов относительно земли: $R_{L1, L2, L3} = 10 \div 100 \text{ кОм}$

Емкость фазных проводов относительно земли: $C_{L1, L2, L3} = 0,1 \div 1 \text{ мкФ}$

Сопротивление тела человека: $R_h = 1 \text{ кОм}$

Анализ опасности поражения током в сети ИТ (нормальный режим работы)



$$\underline{Y}_i = \frac{1}{R_i} + j\omega C_i = \frac{1}{R_i} + \frac{j}{X_{C_i}}$$

$$\underline{U}_h = \underline{U}_1 - \underline{U}_{00'}$$

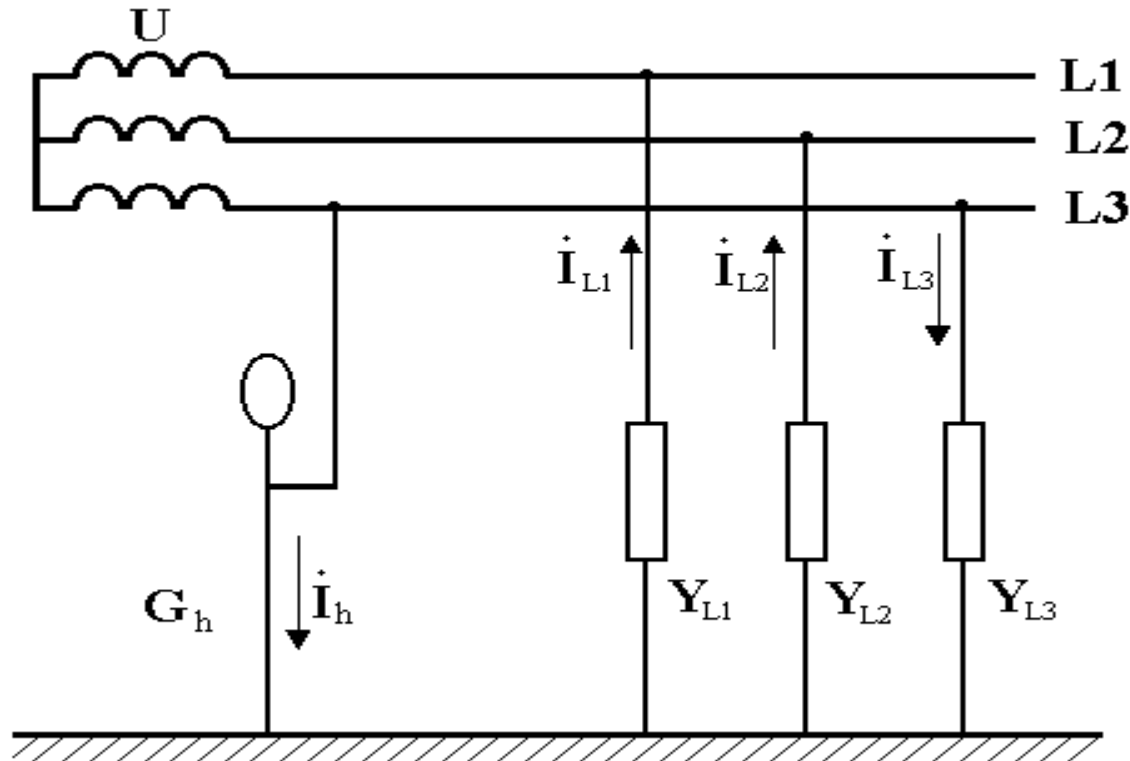
$$\underline{U}_{00'} = \frac{\underline{U}_1 \cdot (\underline{Y}_1 + \underline{Y}_h) + \underline{U}_2 \cdot \underline{Y}_2 + \underline{U}_3 \cdot \underline{Y}_3}{\underline{Y}_1 + \underline{Y}_2 + \underline{Y}_3 + \underline{Y}_h}$$

$$\underline{U}_1 = U_\phi; \quad \underline{U}_2 = a^2 U_\phi; \quad \underline{U}_3 = a U_\phi \quad \underline{Y}_1 = \underline{Y}_2 = \underline{Y}_3 = \underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}}$$

$$\underline{U}_{00'} = U_\phi \frac{\underline{Y} + \underline{Y}_h + a^2 \cdot \underline{Y} + a \cdot \underline{Y}}{3 \cdot \underline{Y} + \underline{Y}_h} = U_\phi \frac{\underline{Y}_h}{3 \cdot \underline{Y} + \underline{Y}_h}$$

$$U_h = U_\phi \frac{3 \cdot \underline{Y} + \underline{Y}_h - \underline{Y}_h}{3 \cdot \underline{Y} + \underline{Y}_h} = U_\phi \frac{3 \cdot \underline{Y}}{3 \cdot \underline{Y} + \underline{Y}_h} = U_\phi \frac{\frac{3}{\underline{Z}}}{\frac{3}{\underline{Z}} + \frac{1}{\underline{Z}_h}} = U_\phi \frac{\underline{Z}_h}{\underline{Z}_h + \frac{\underline{Z}}{3}}$$

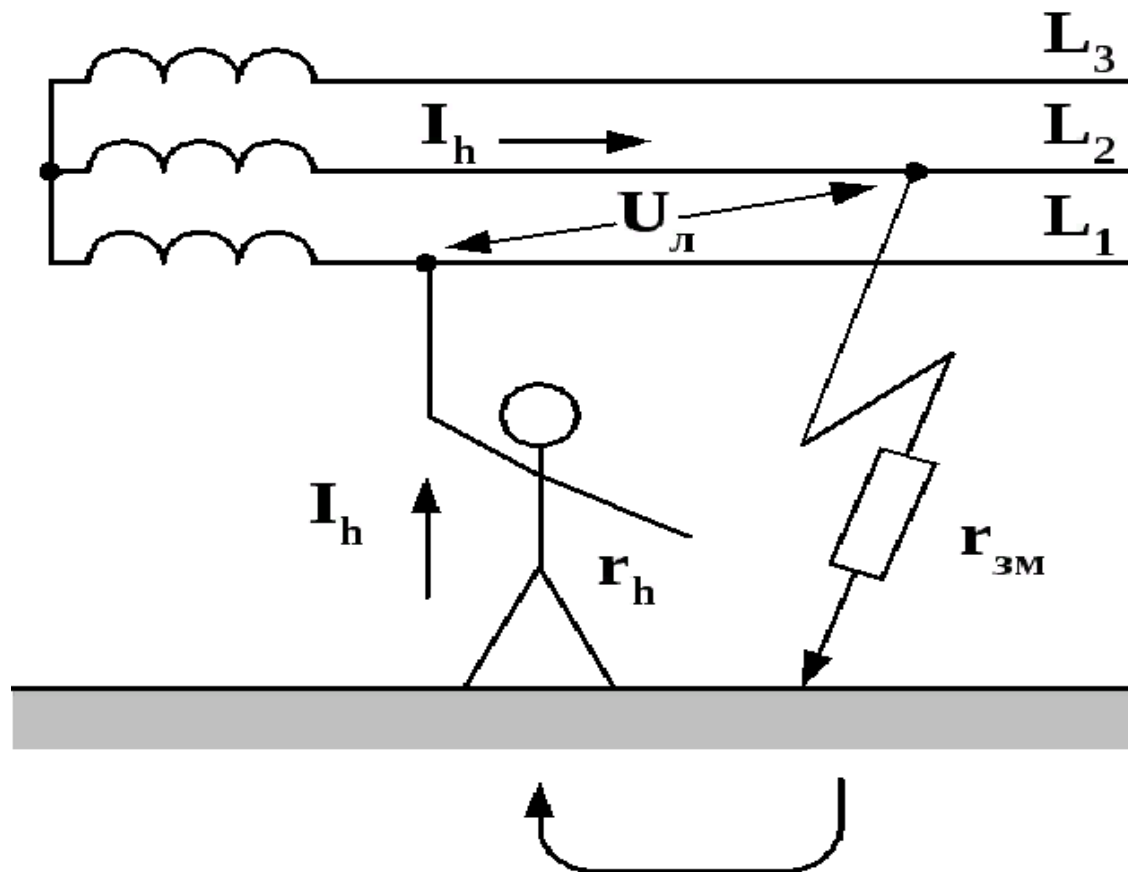
Анализ опасности поражения током в сети IT (нормальный режим работы)



$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + \frac{Z}{3}}$$

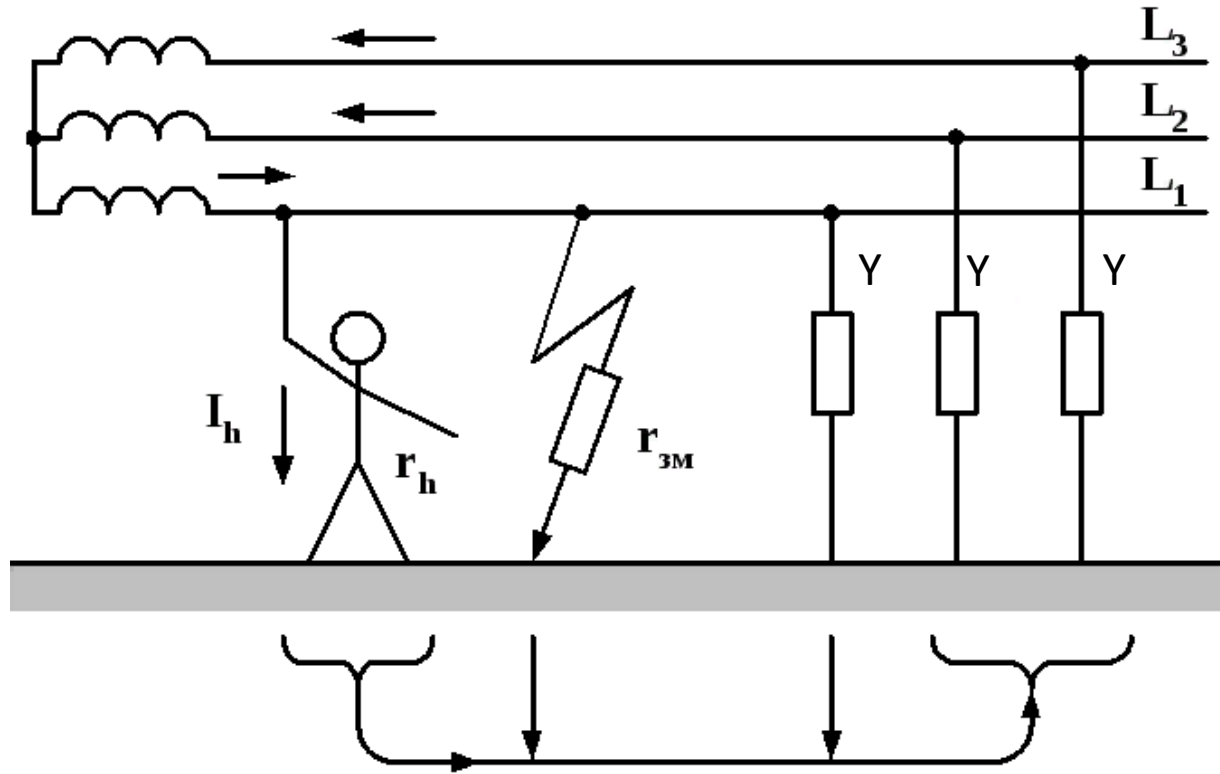
$$I_h = \frac{220}{1000 + \frac{63000}{3}} = 10 \text{ mA}$$

Анализ опасности поражения током в сети IT (аварийный режим работы)



$$I_h = \frac{U_{\phi} \cdot \sqrt{3}}{R_h + R_{3M}}$$

Анализ опасности поражения током в сети IT (аварийный режим работы)

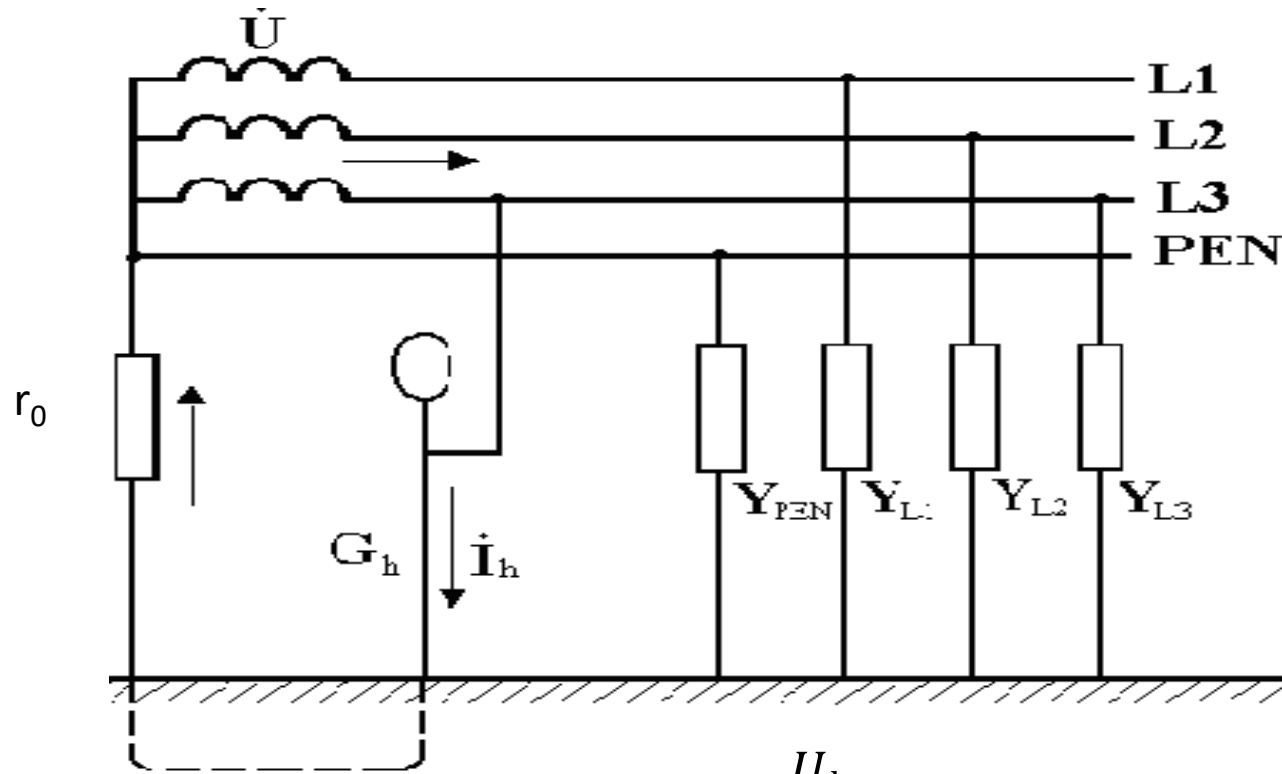


$$I_{3M} = \frac{U_{\phi}}{r_{3M} + \frac{Z}{3}}$$

$$U_{3M} = I_{3M} \cdot R_{3M}$$

$$I_h = \frac{U_{3M}}{R_h}$$

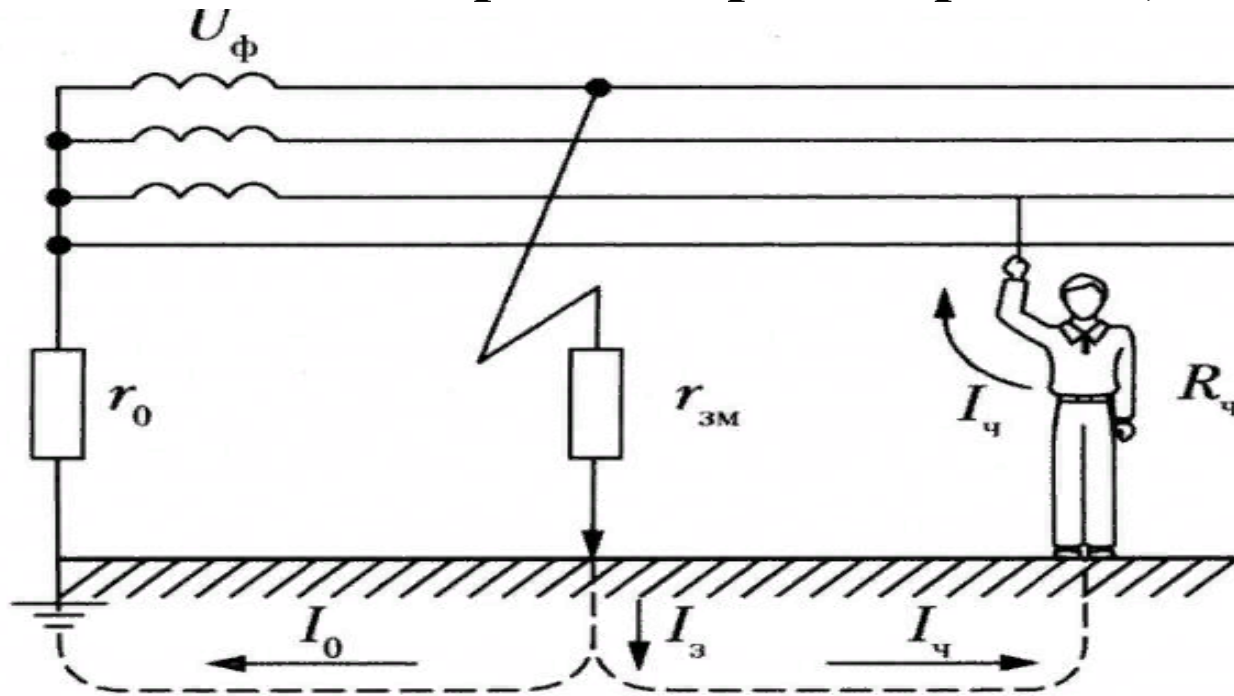
Анализ опасности поражения током в сети TN-C (нормальный режим работы)



$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h + r_0}$$

$$I_h = \frac{220}{1000 + 4} = 219 \text{ mA}$$

Анализ опасности поражения током в сети TN-C (аварийный режим работы)



1) Если $r_{3M}=0$

$$I_h = \frac{U_\phi \cdot \sqrt{3}}{R_h}$$

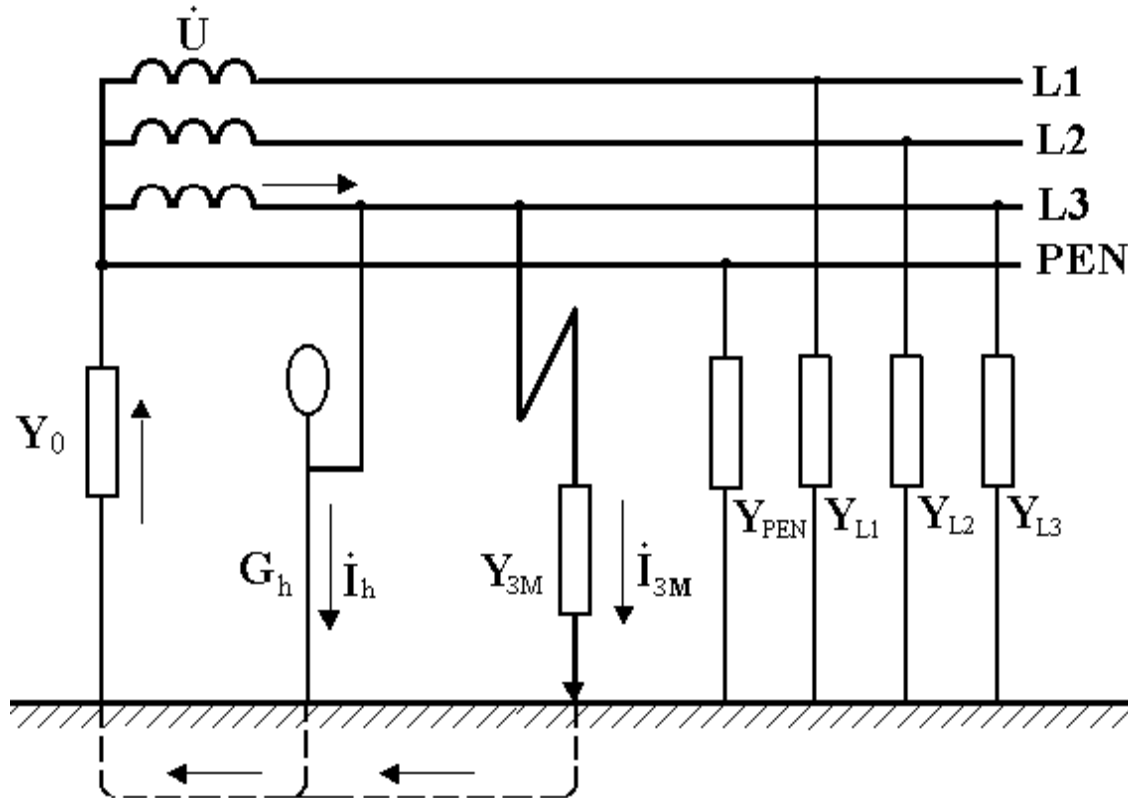
2) Если $r_0=0$

$$I_h = \frac{U_\phi}{R_h}$$

Таким образом:

$$\frac{U_\phi}{R_h} \leq I_h \leq \frac{U_\phi \cdot \sqrt{3}}{R_h}$$

(аварийный режим работы)

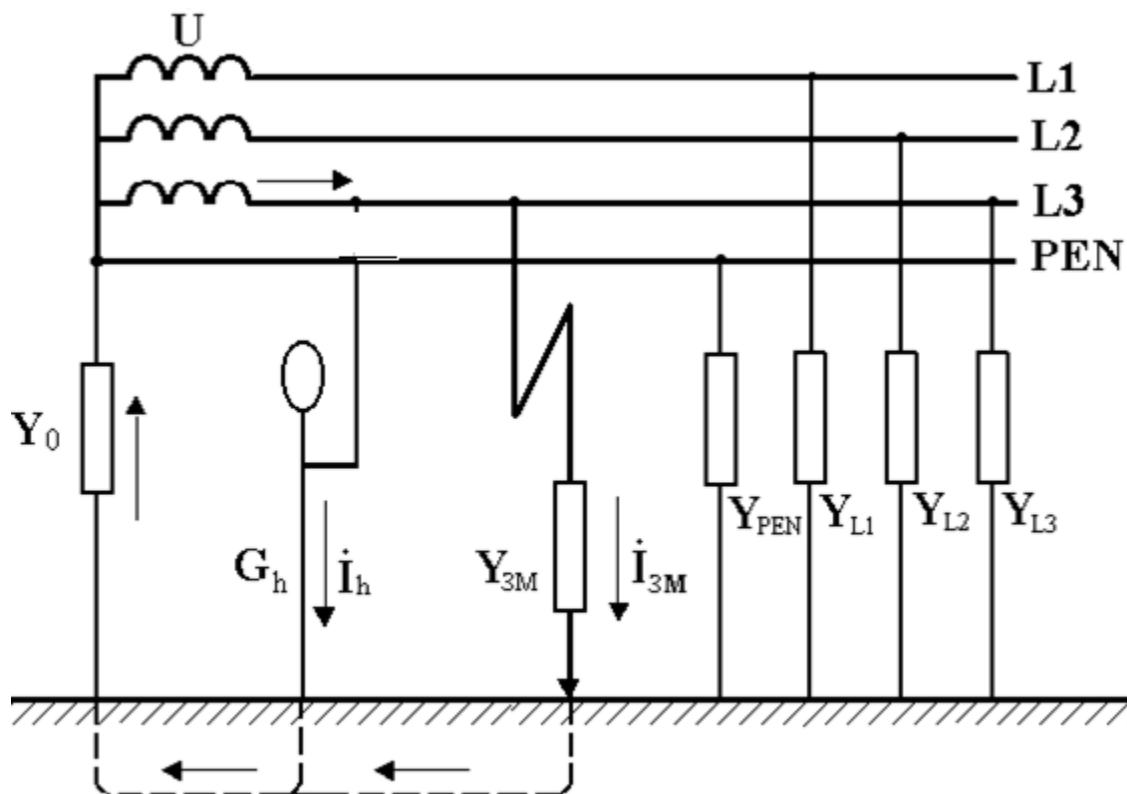


$$I_{3M} = \frac{U_{\phi}}{r_{3M} + r_0}$$

$$U_{3M} = I_{3M} \cdot R_{3M}$$

$$I_h = \frac{U_{3M}}{R_h}$$

Анализ опасности поражения током в сети TN-C (аварийный режим работы)



$$I_{3M} = \frac{U_{\phi}}{r_{3M} + r_0}$$

$$U_0 = I_{3M} \cdot r_0$$

$$I_h = \frac{U_0}{R_h}$$