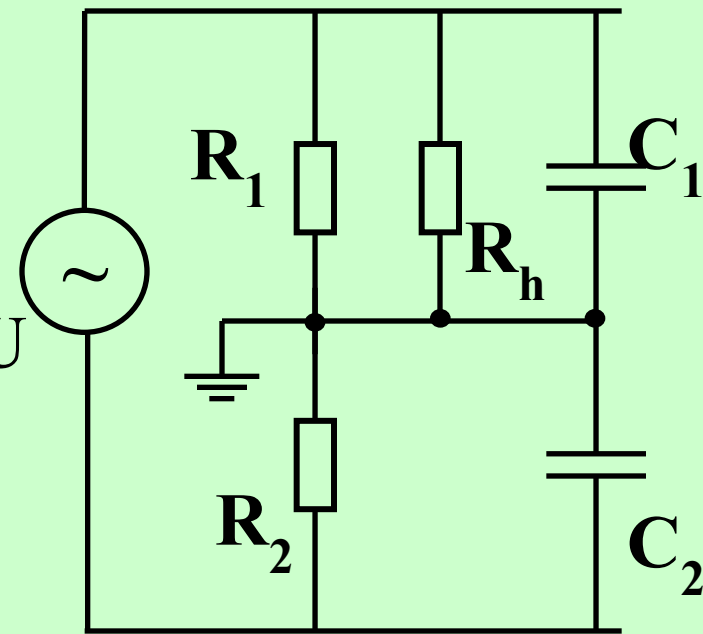


Однополюсное (однофазное) прикосновение в сети изолированной от земли.



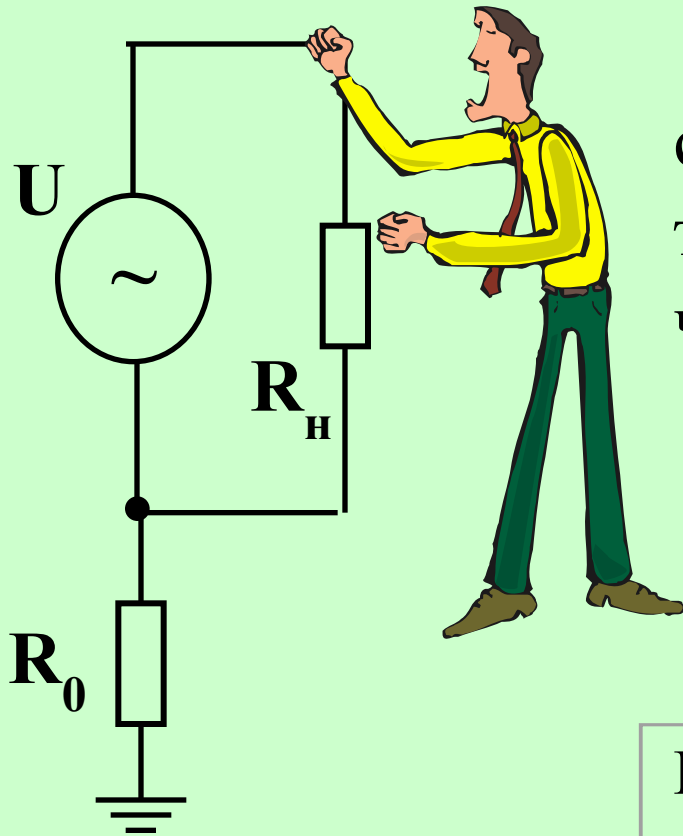
Выводы:

1. Упр – зависит от $R_{1,2}$ и $C_{1,2}$
2. В реальных сетях $0 < R_{1,2} < \text{МОм}$
3. В реальных сетях $0 < C_{1,2} < 10^3 \text{ мкФ}$

4. Если $R_{1,2} \gg X_{C_{1,2}}$ (электрическая сеть большой протяженности)
→ влиянием $R_{1,2}$ можно пренебречь

5. Если $X_{C_{1,2}} \gg R_{1,2}$ (электрическая сеть малой протяженности)
→ влиянием $X_{C_{1,2}}$ можно пренебречь

Однополюсное (однофазное) прикосновение в сети с заземленным полюсом источника.

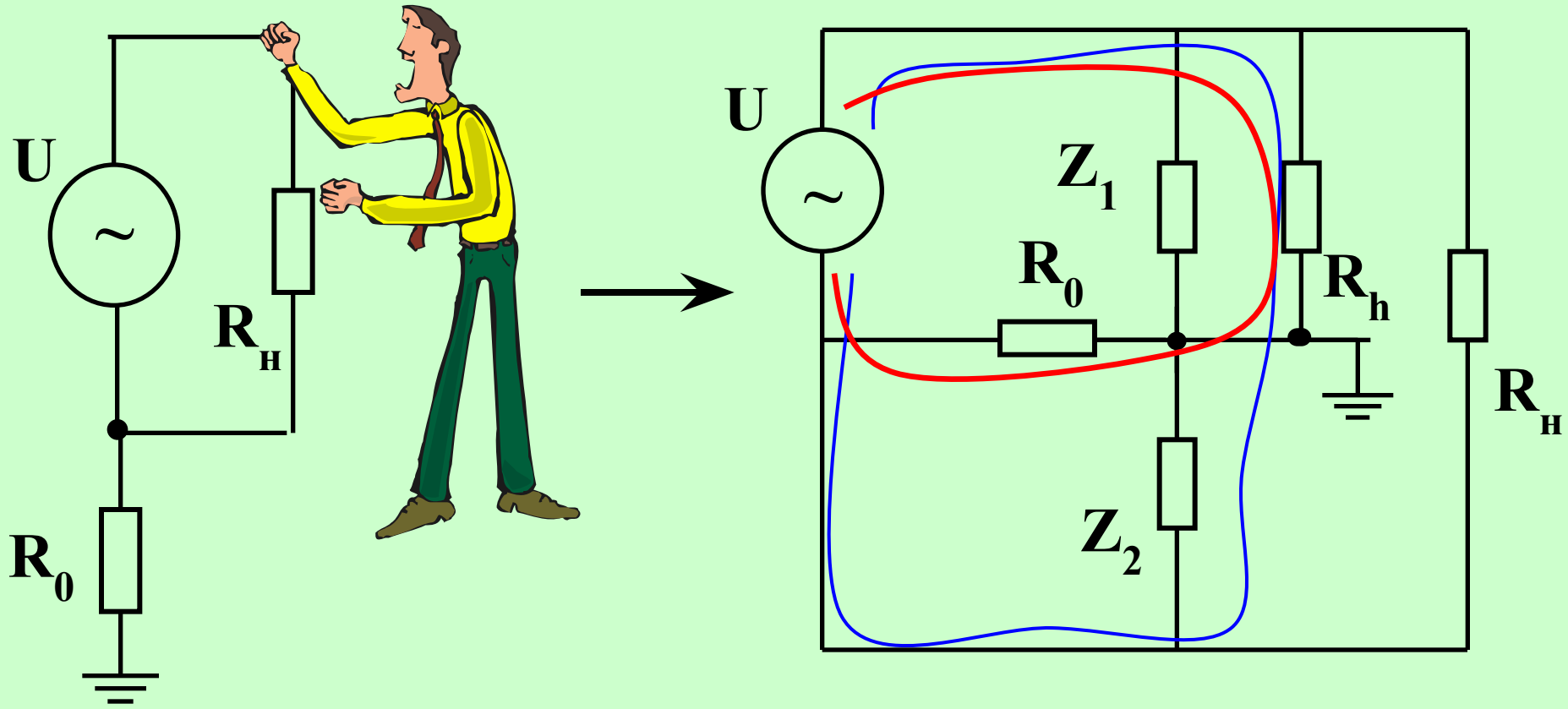


Заземление - это намеренное соединение металлических токоведущих или нетокведущих частей с землей.

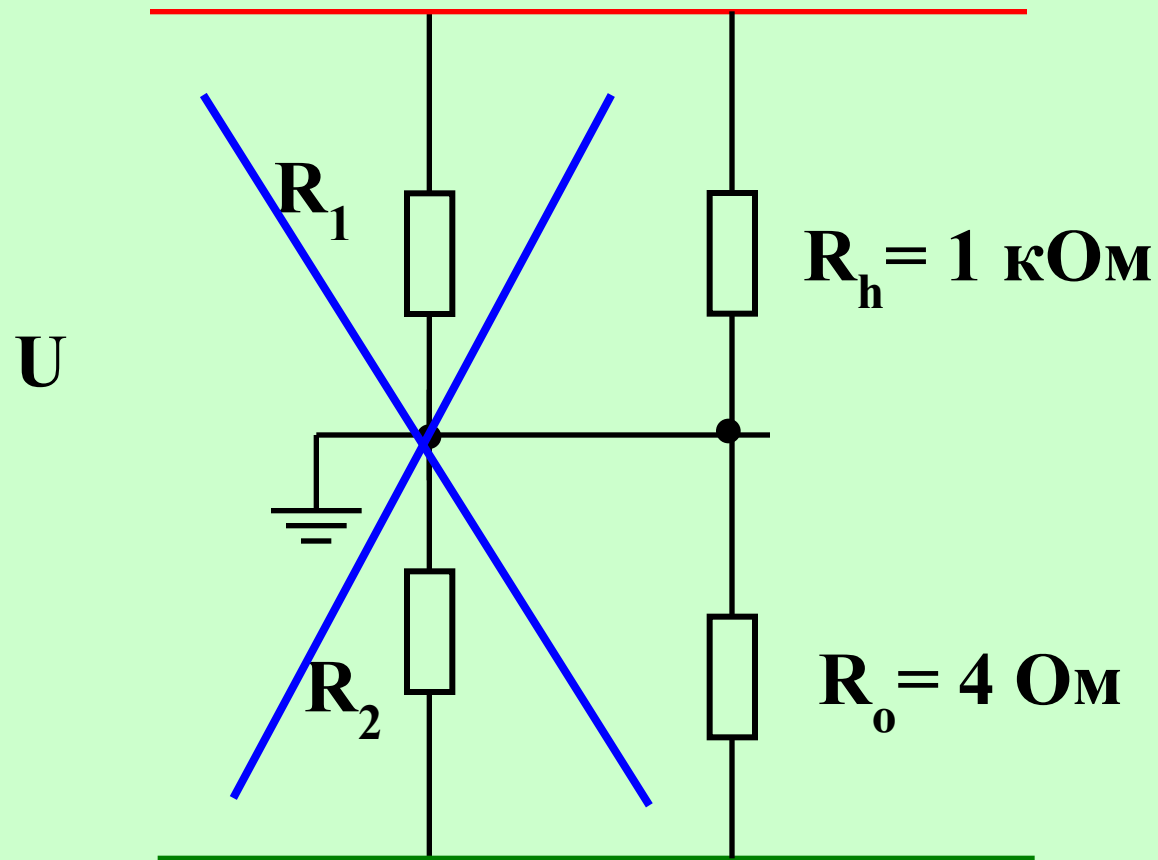
Рабочее заземление – заземление одного из полюсов источника питания.

Рабочее напряжение (U), В	R_0 , Ом
127	8
220	4

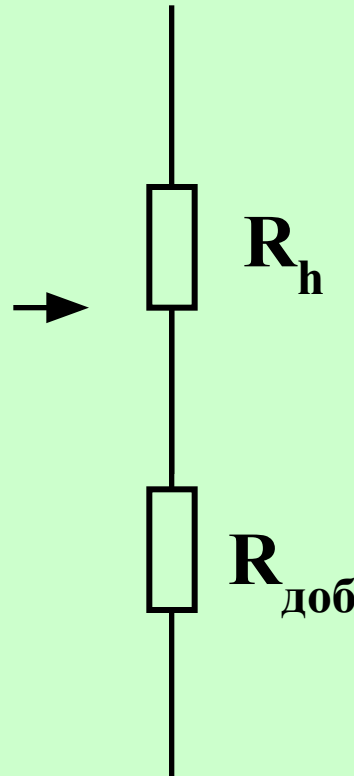
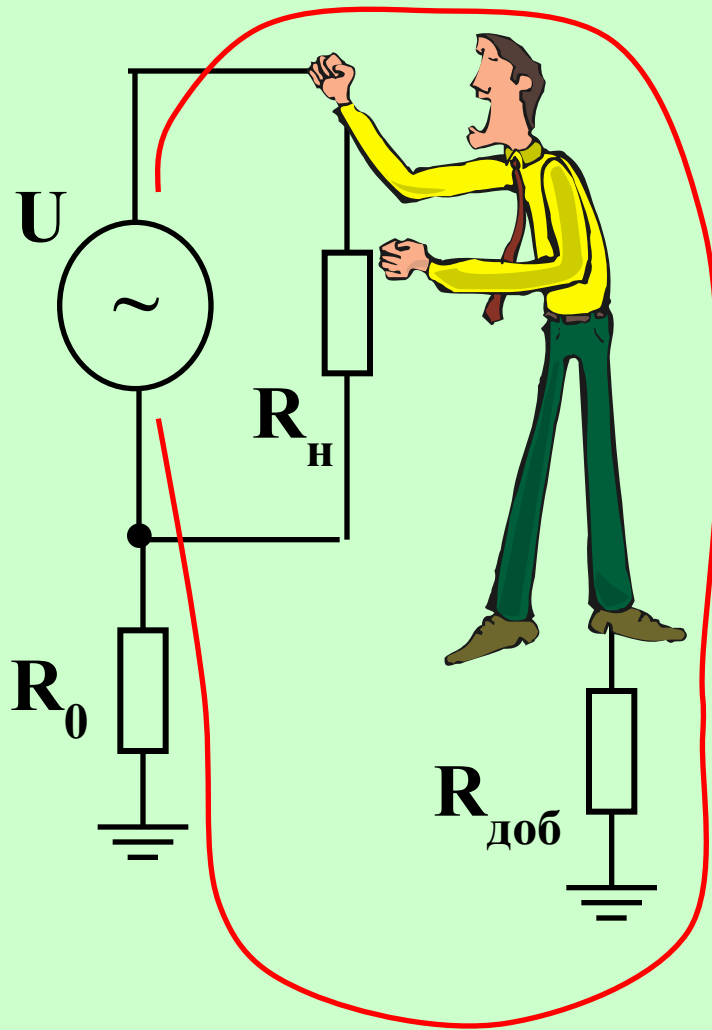
Эквивалентная схема замещения при однополюсном (однофазном) прикосновении



Нормальное состояние изоляции $R_1 \approx R_2 - 10 \text{ кОм} - 10 \text{ МОм}$

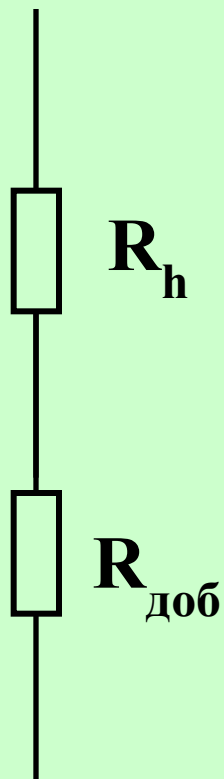


Однополюсное (однофазное) прикосновение в сети с заземленным полюсом источника.



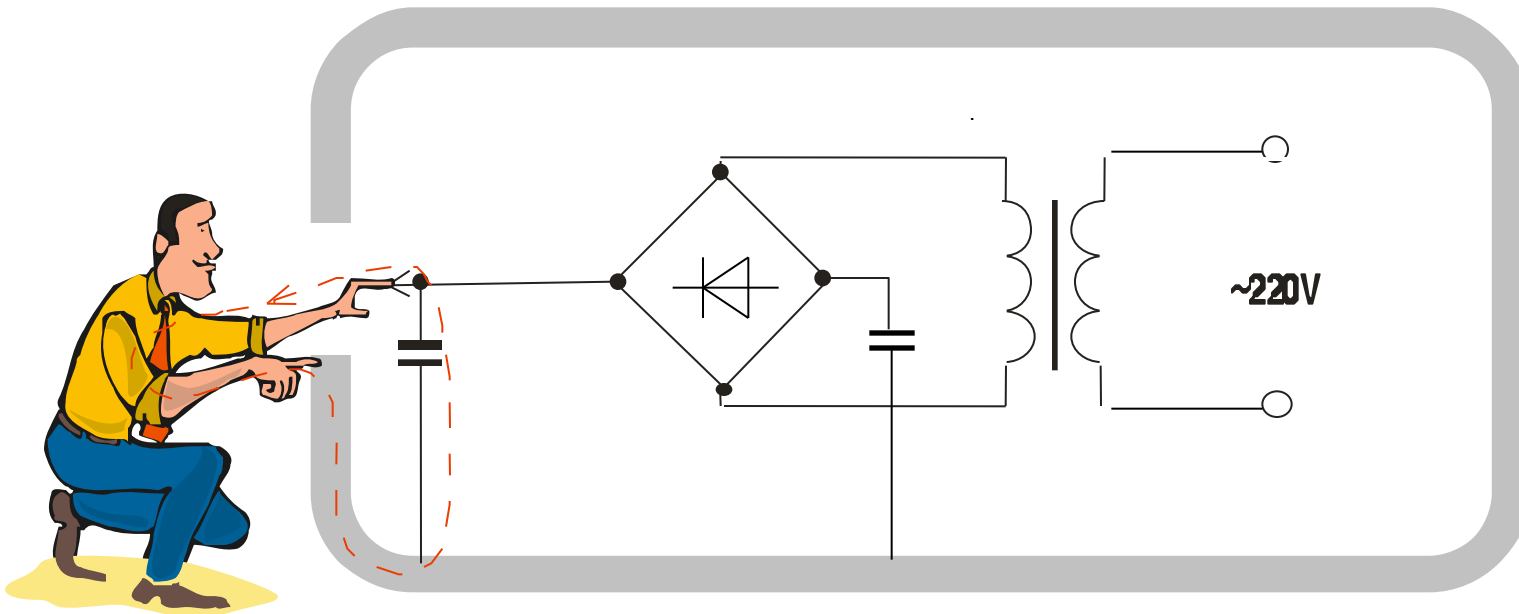
$$U_h = U \cdot \frac{R_h}{R_{доб} + R_h}$$

$$U_h = U \cdot \frac{R_h}{R_{доб} + R_h}$$

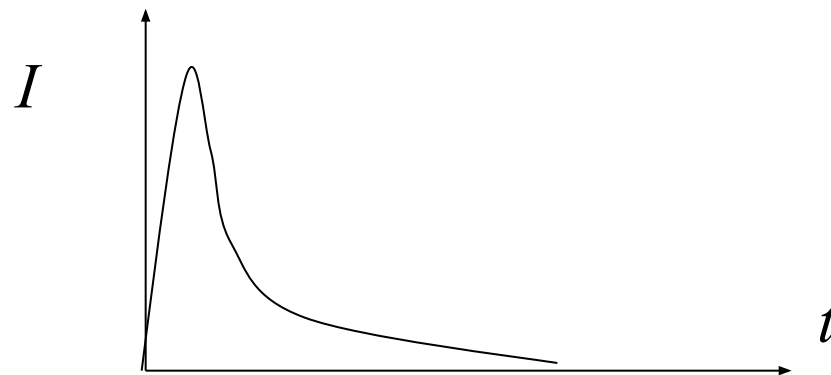


	Сопротивление пола, кОм	
	сухой	влажный
Цемент	3 - 400	0,5 - 4
Паркет	600 - 2000	150 - 1500
Мрамор	50 - 1500	1 - 1200
Земля	1 - 1000	0,03-0,1

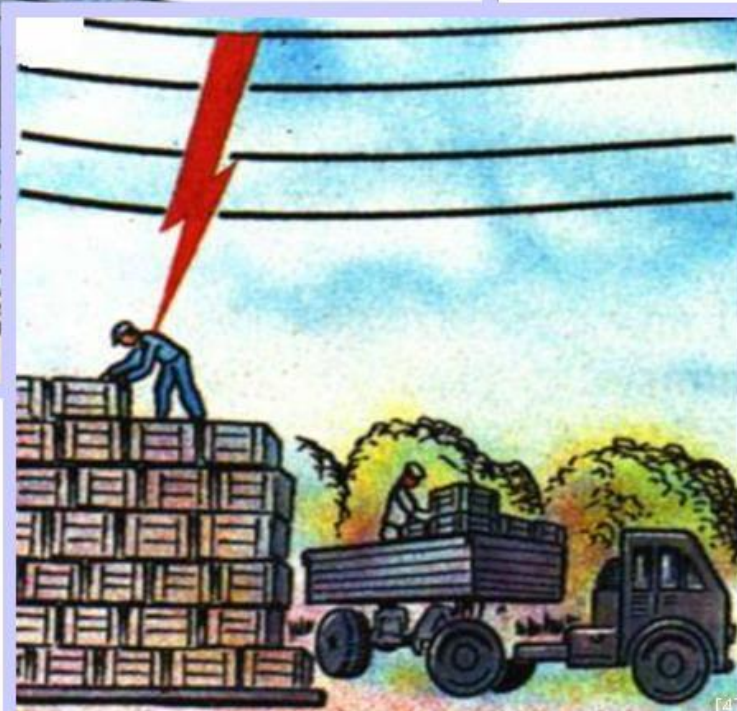
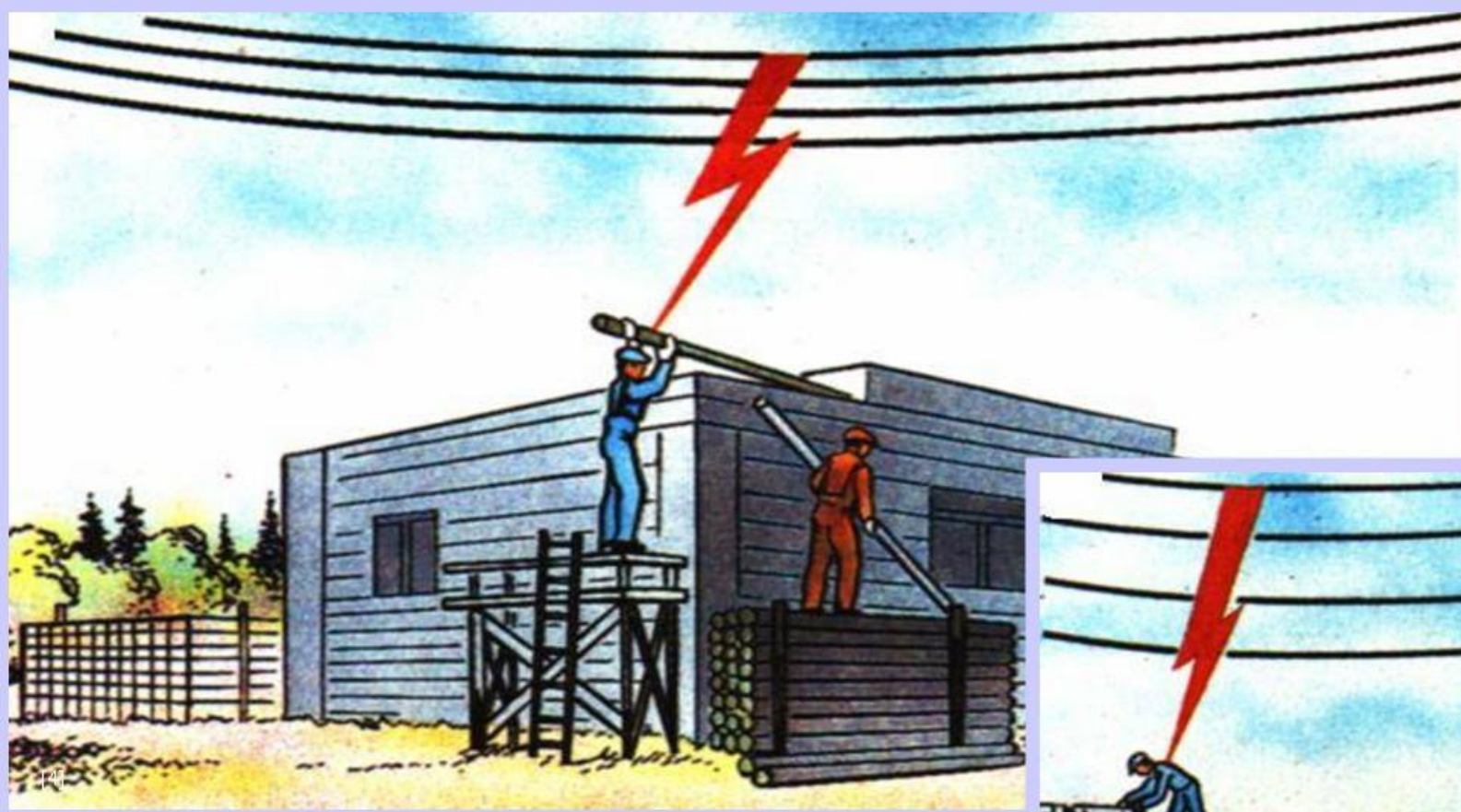
Остаточный заряд



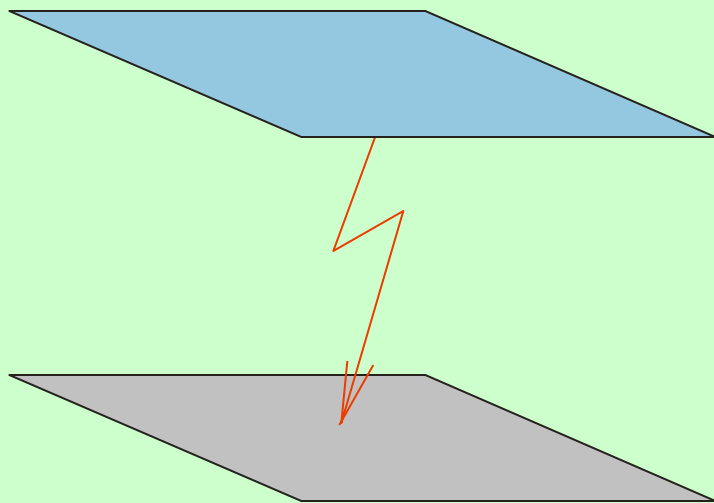
$$I_h = \frac{U_{\text{ост}}}{R_h} e^{-\frac{t}{R_h C}}$$



Электрический пробой воздушного зазора



Равномерное
электрическое поле
(плоскость – плоскость)



$$U_{\text{проб}} = 3 \dots 4 \text{ кВ/мм}$$

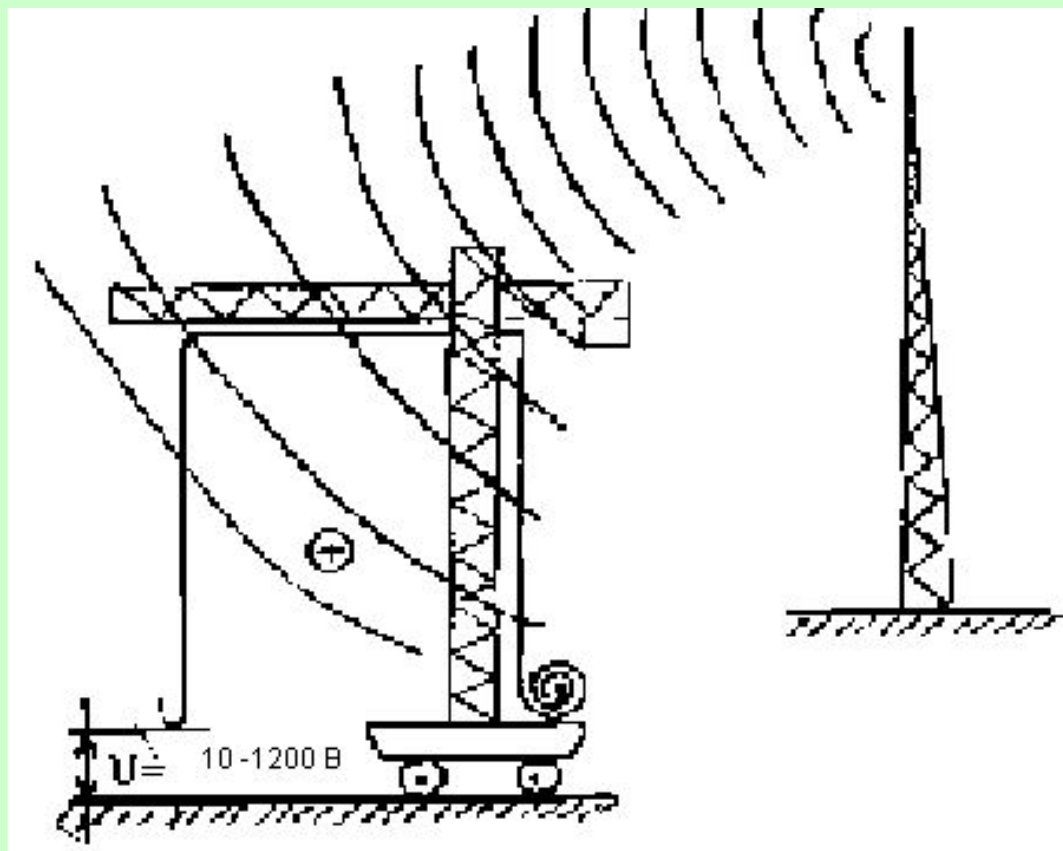
Неравномерное электрическое
поле (линия – игла)



$$U_{\text{проб}} < 0.4 \text{ кВ/мм}$$

Наведенный заряд

Наведенные заряды формируются на металлических предметах в зоне действия электромагнитных полей по законам электромагнитной индукции.

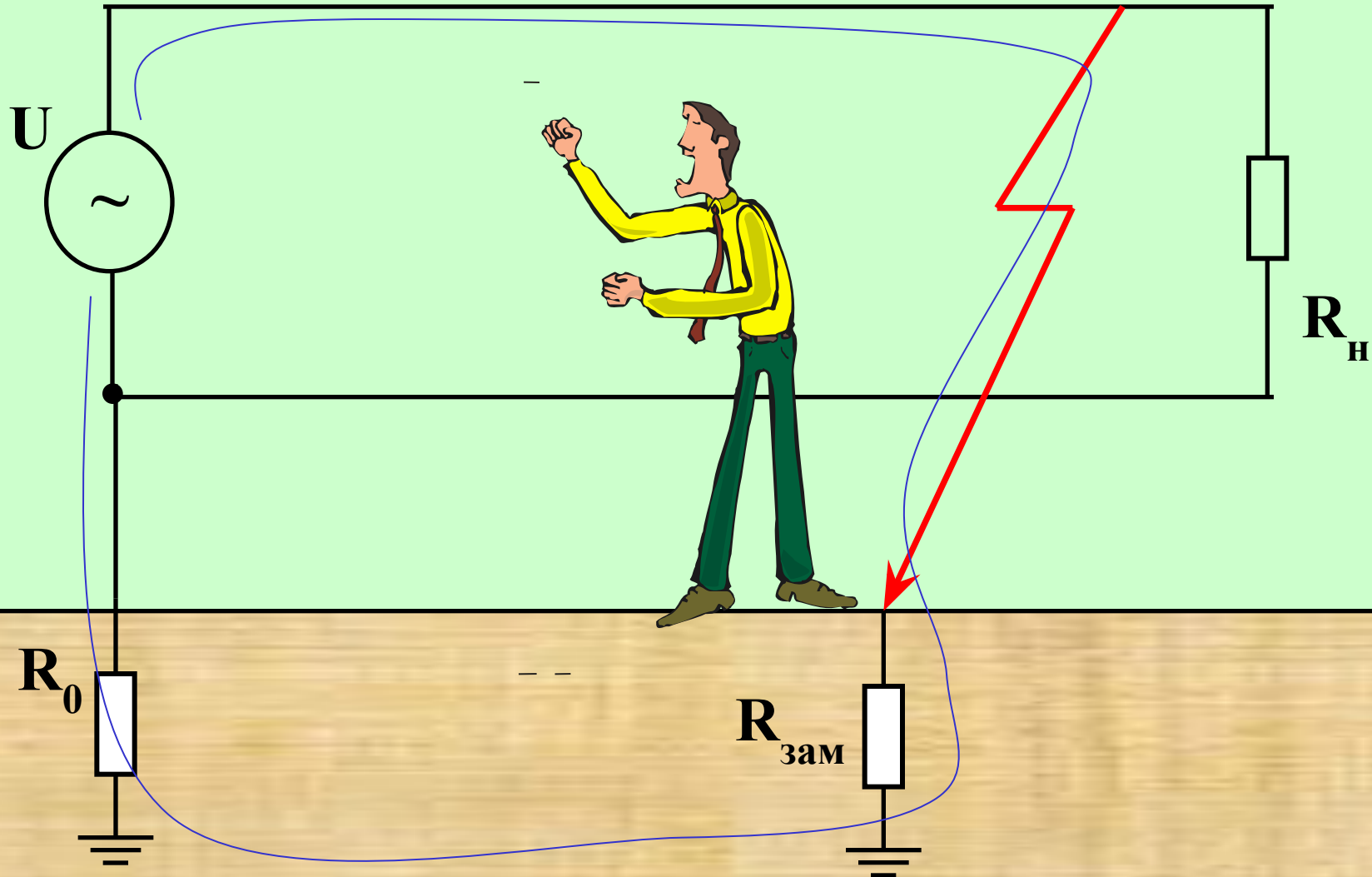


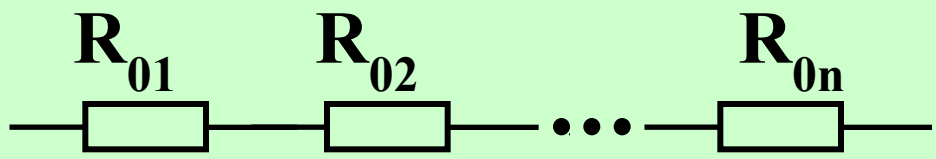
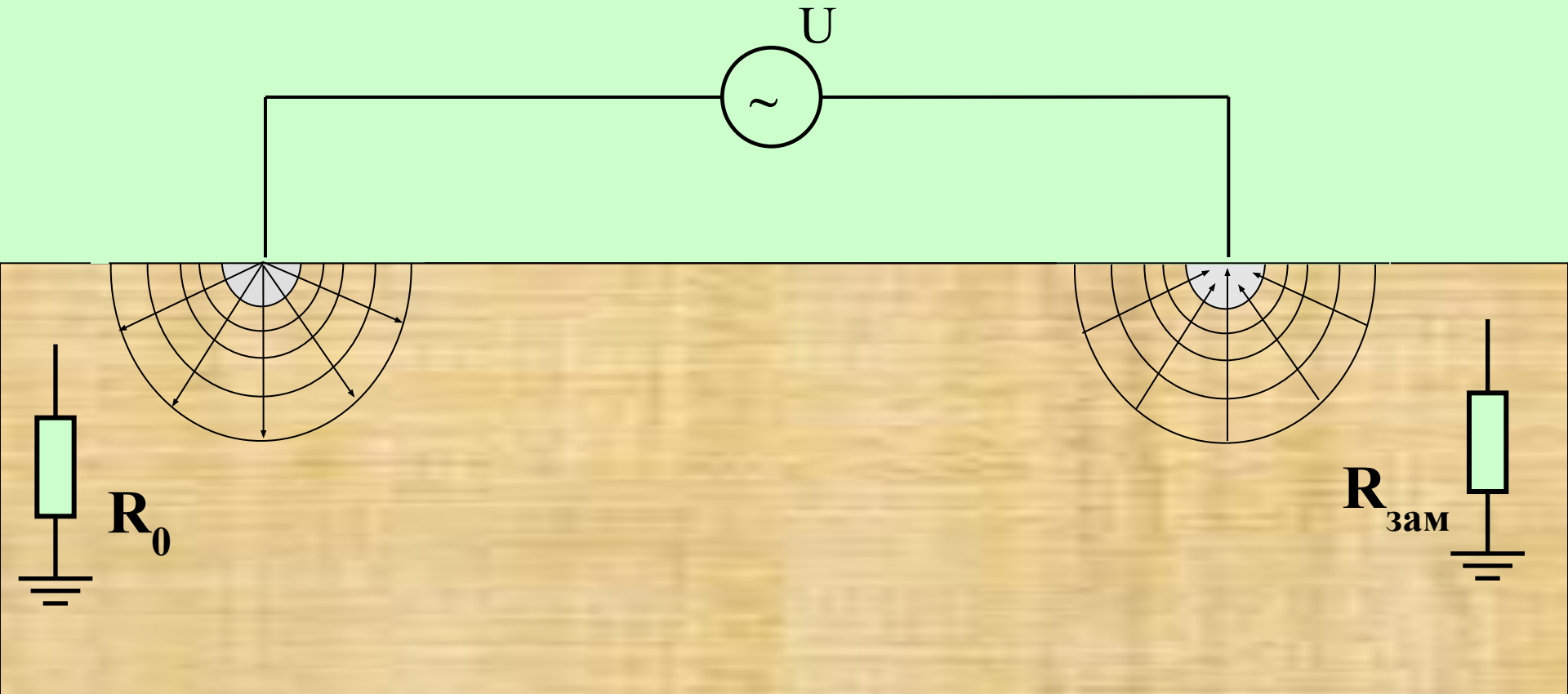
Заряд статического электричества

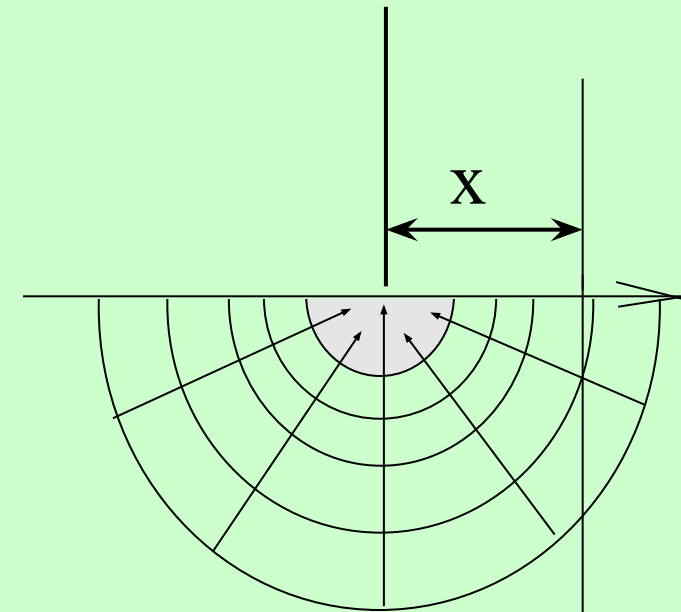
Заряды статического электричества образуются при перемещении (трении) твердых, жидких или газообразных диэлектриков относительно других проводящих или непроводящих ток материалов:

- ❖ **перемещение жидкостей** (транспортировка по трубопроводам, колебания в цистернах и т.п.)
- ❖ **перемещение частиц пыли в воздухе или при транспортировке** (электризация угольной, мучной пыли)
- ❖ **шлифовка металлов и неметаллов**
- ❖ **деформация изоляционных материалов**
- ❖ **разделение складок ткани одежды**

Напряжение шага

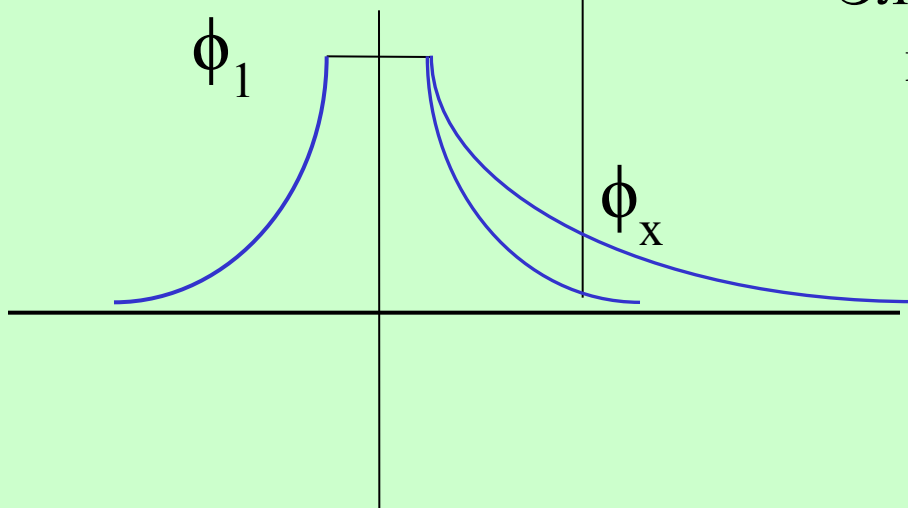






Плотность тока в земле:

$$j = \frac{I_{зам}}{S} = \frac{I_{зам}}{2\pi x^2}$$



Электрические потенциалы
в зоне растекания тока:

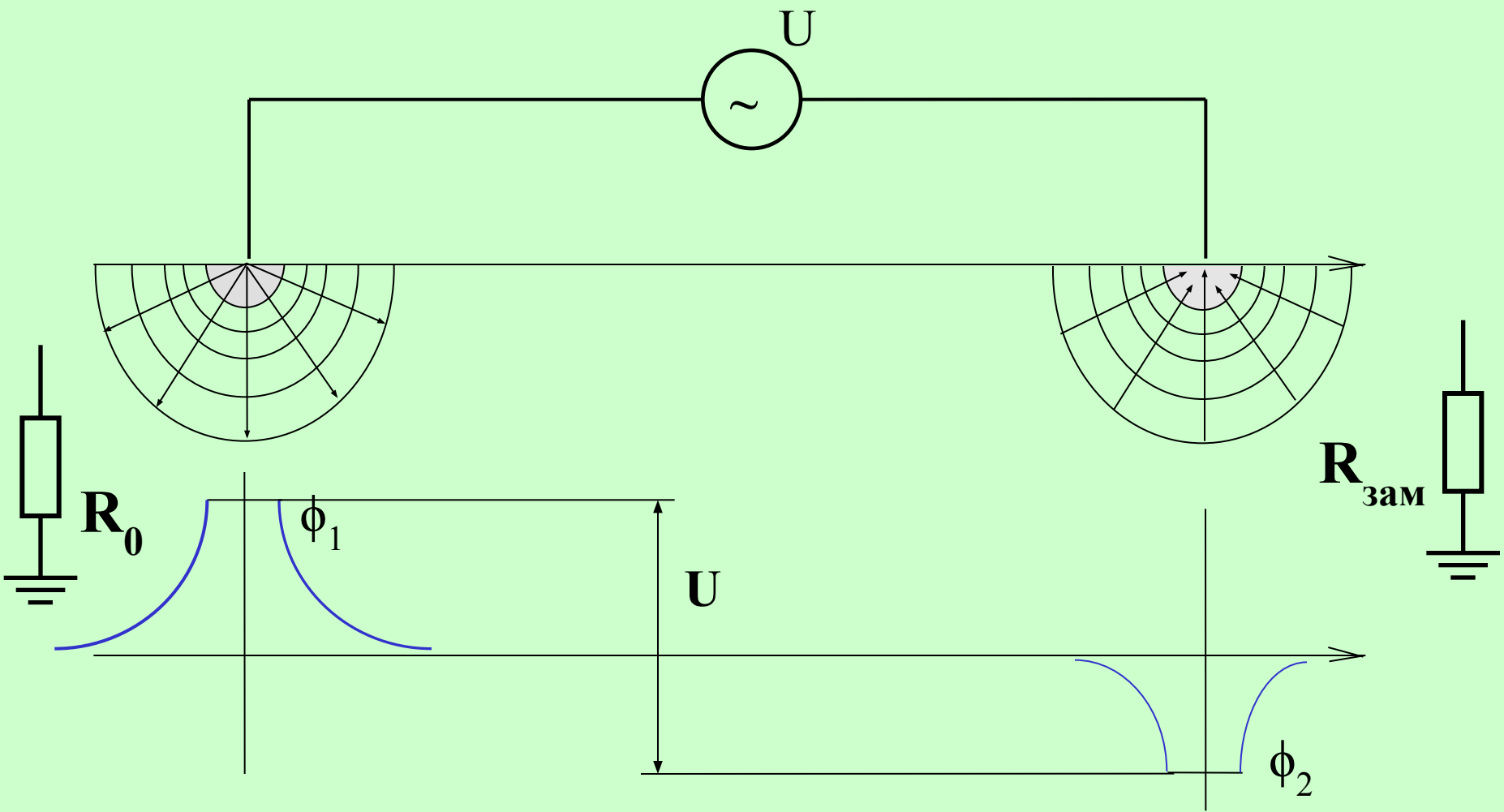
$$\varphi_x = \frac{\rho \cdot I_{зам}}{2\pi \cdot x}$$

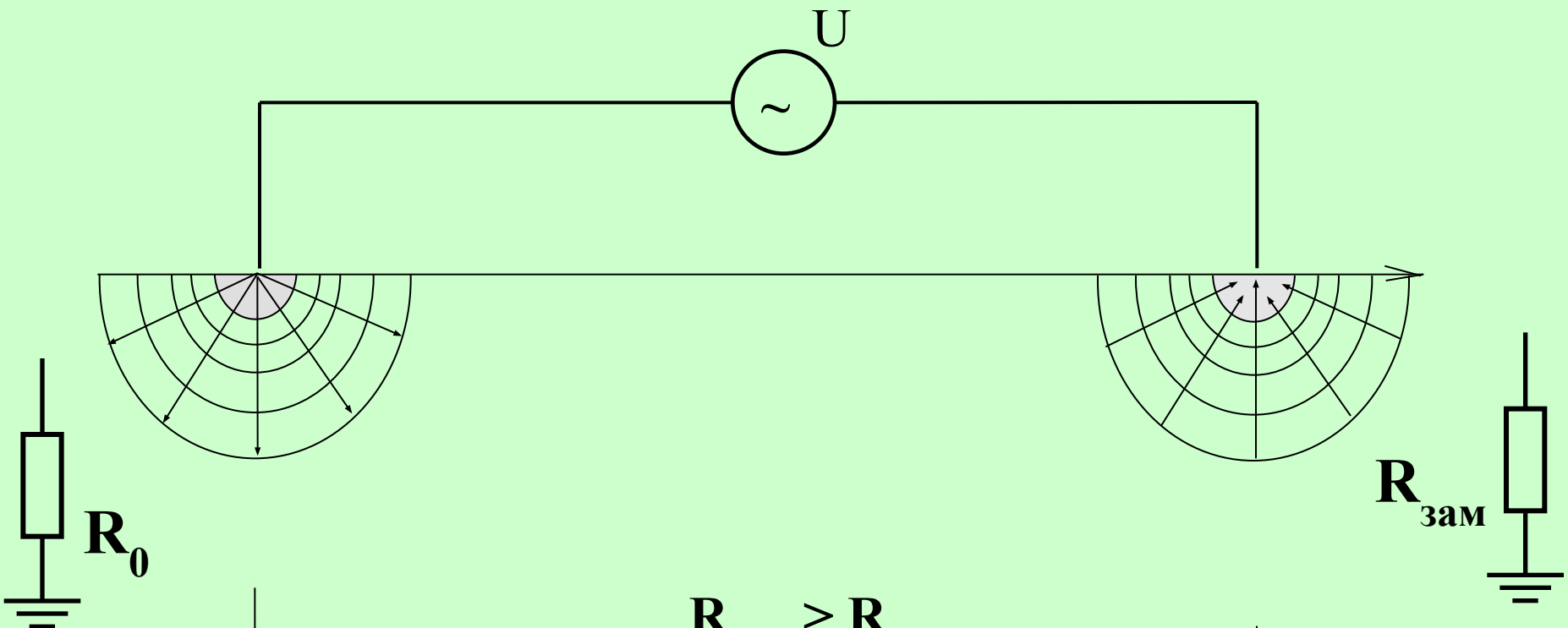
Напряжением шага называется разность потенциалов двух точек поверхности земли, на которых находится человек.
(в расчетах ширина шага принимается равной $a=0,8\text{ м}$)



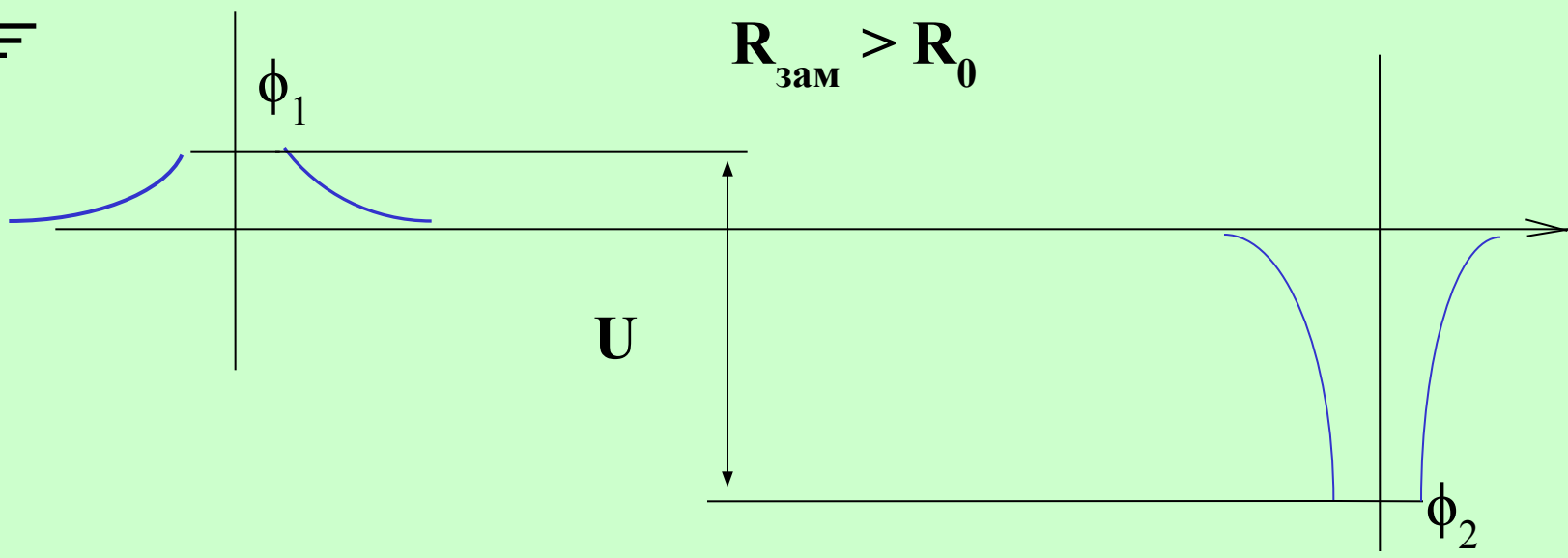
$$U_{ш} = \frac{I_{зам} \cdot \rho}{2\pi} \cdot \frac{a}{x^2 + ax}$$

$$U_{ш} = \phi_x - \phi_{x+a}$$





$$R_{3aM} > R_0$$



ОБОРВАННЫЙ ПРОВОД



РАДИУС ОПАСНОЙ ЗОНЫ

8 м ($U > 1000$ В)
5 м ($U < 1000$ В)



СТОЙ!
ОПАСНО
ДЛЯ
ЖИЗНИ

ПРАВИЛА ВЫХОДА ИЗ ЗОНЫ РАСТЕКАНИЯ ТОКА

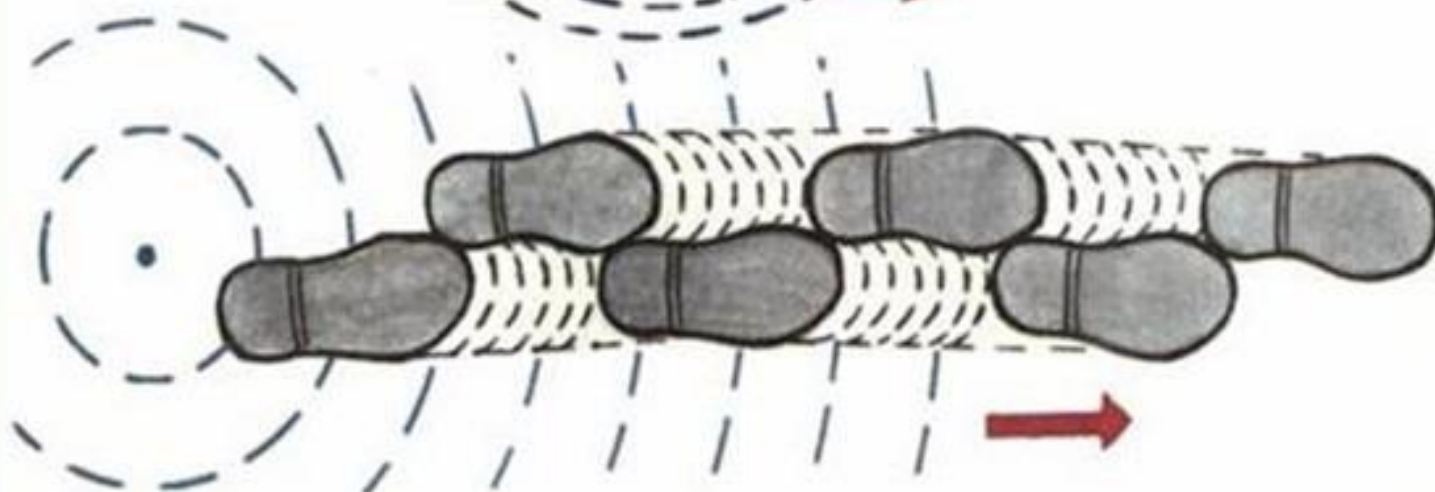
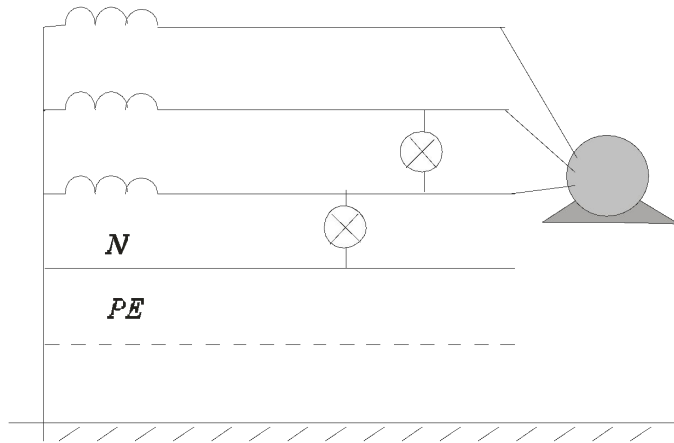


Схема передвижения ступней



Трёхфазные сети

СГЗН (TN)



СИИ (IT)

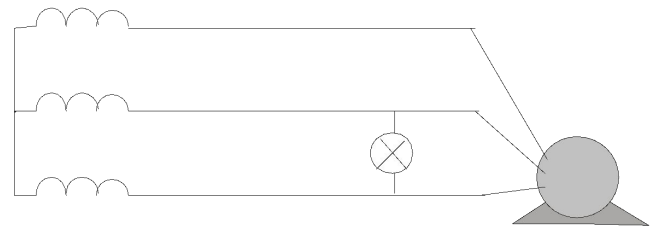


Схема замещения трехфазной сети с изолированной нейтралью

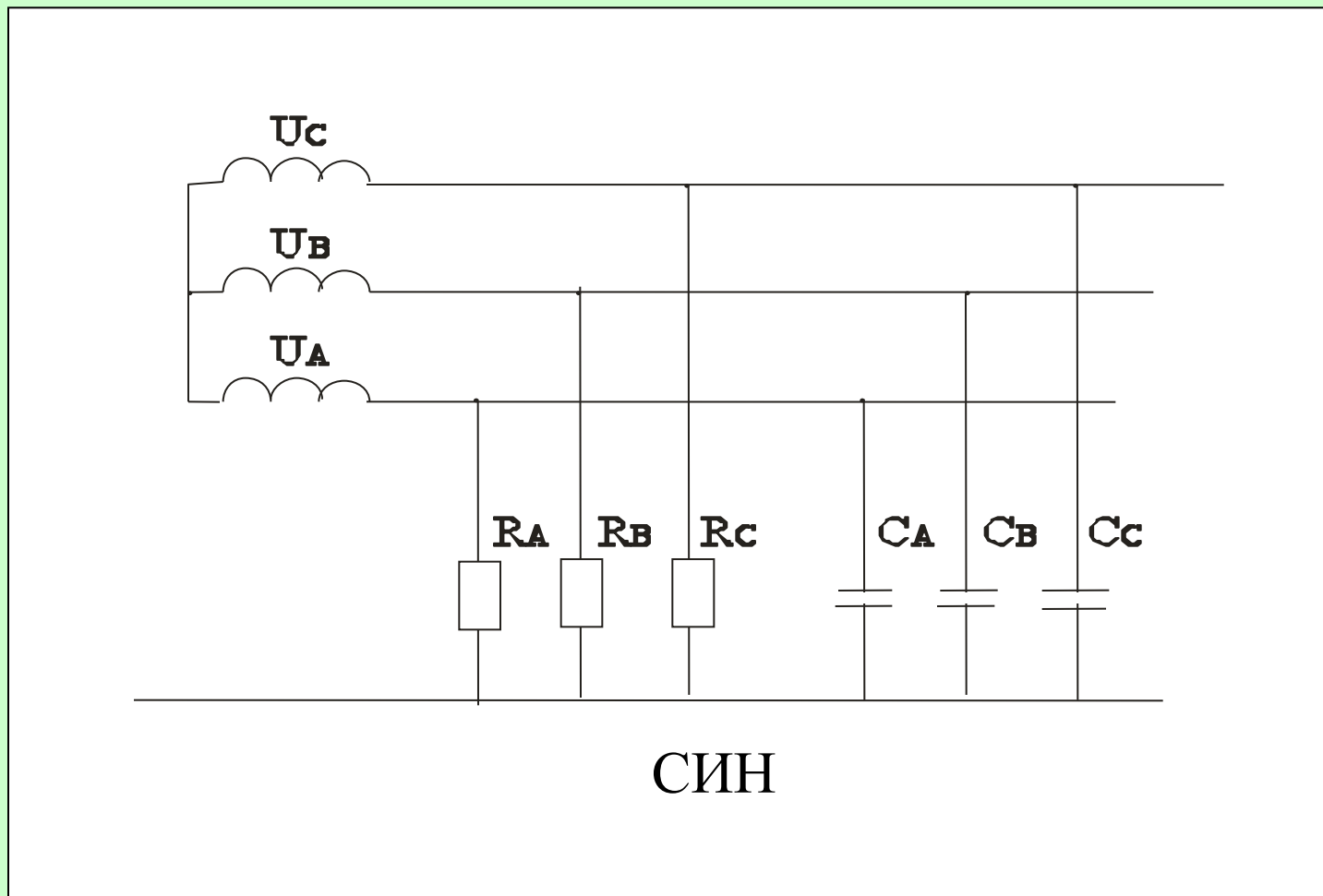
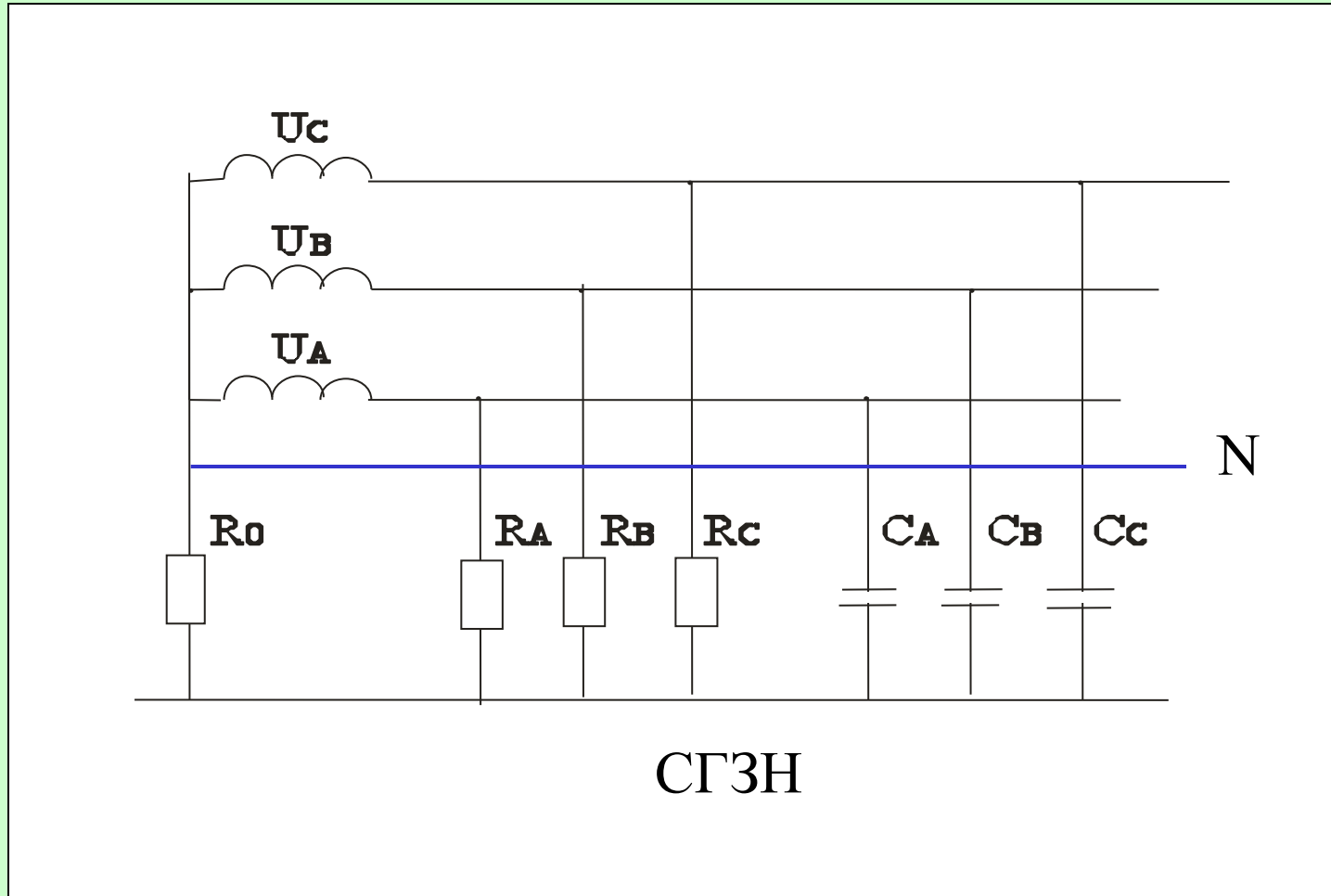
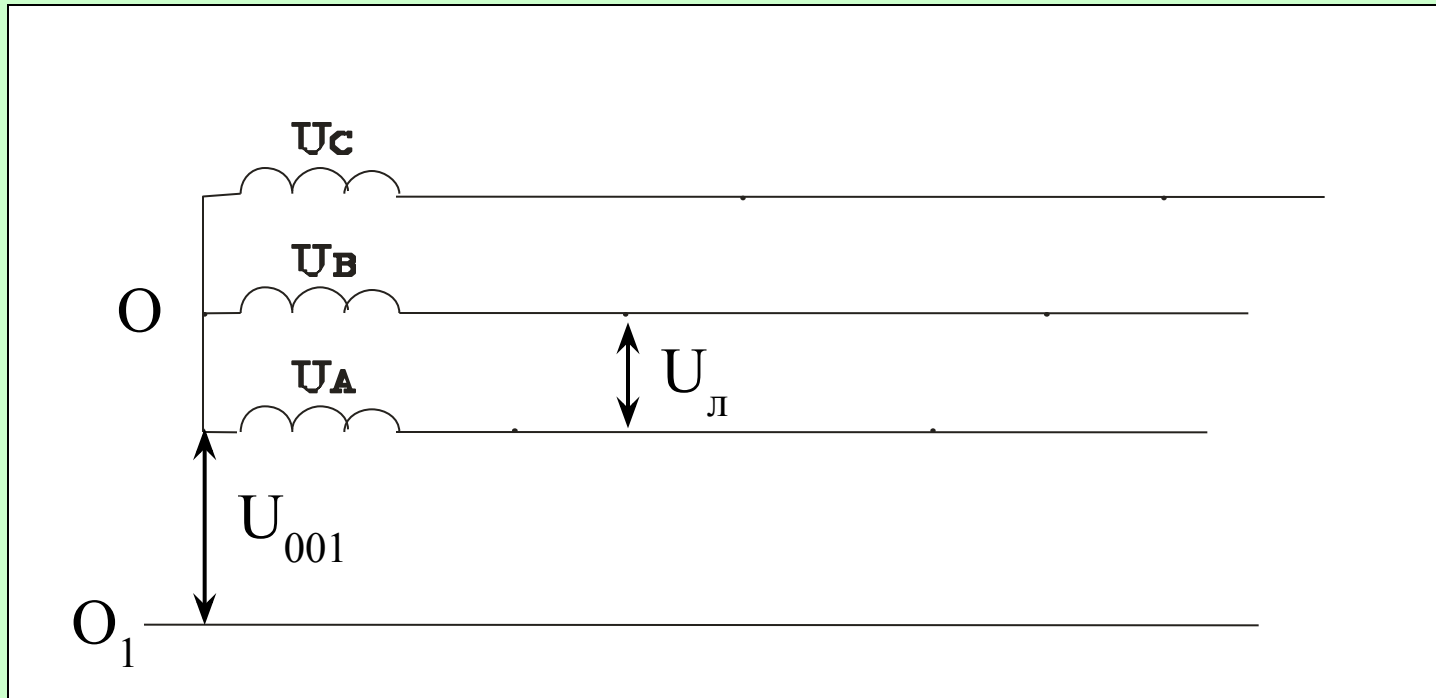


Схема замещения трехфазной сети с заземленной нейтралью



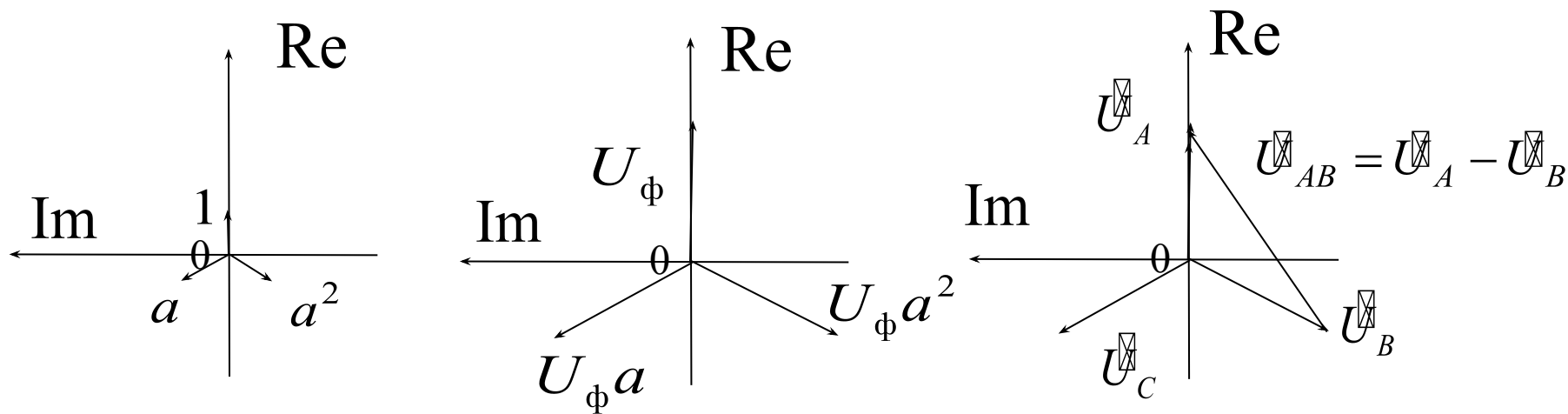


$$U_{Л} = \sqrt{3} U_{\phi}$$

Земля O_1 - в общем случае эквипотенциальный проводник

U_{A01} ; U_{B01} ; U_{C01} - напряжения фаз относительно земли.

U_{001} - напряжение смещения нейтрали.



$$a = e^{j120^\circ} = \cos 120^\circ + j \sin 120^\circ$$

$$a = -\frac{1}{2} + j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

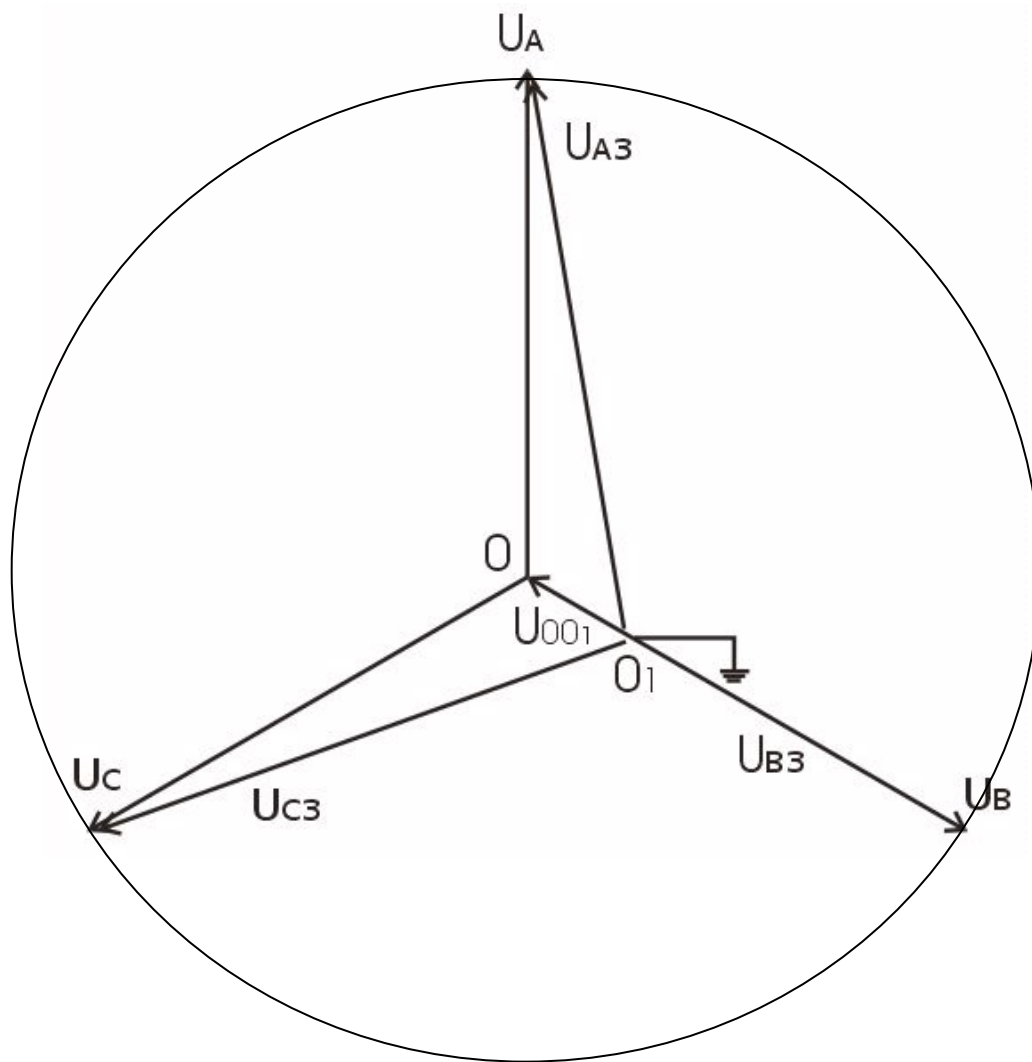
$$a^2 = -\frac{1}{2} - j \frac{\sqrt{3}}{2}$$

a – фазный оператор (множитель)

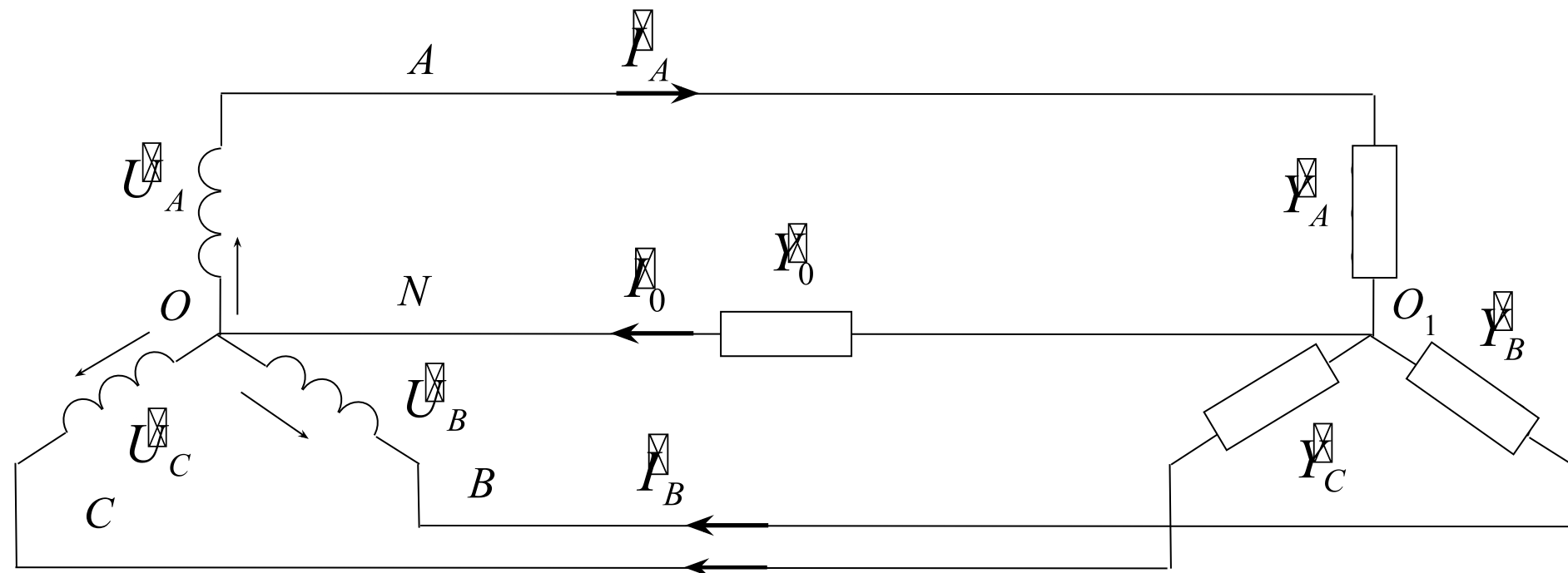
$$U_A = U_\phi$$

$$U_B = a^2 U_\phi$$

$$U_C = a U_\phi$$

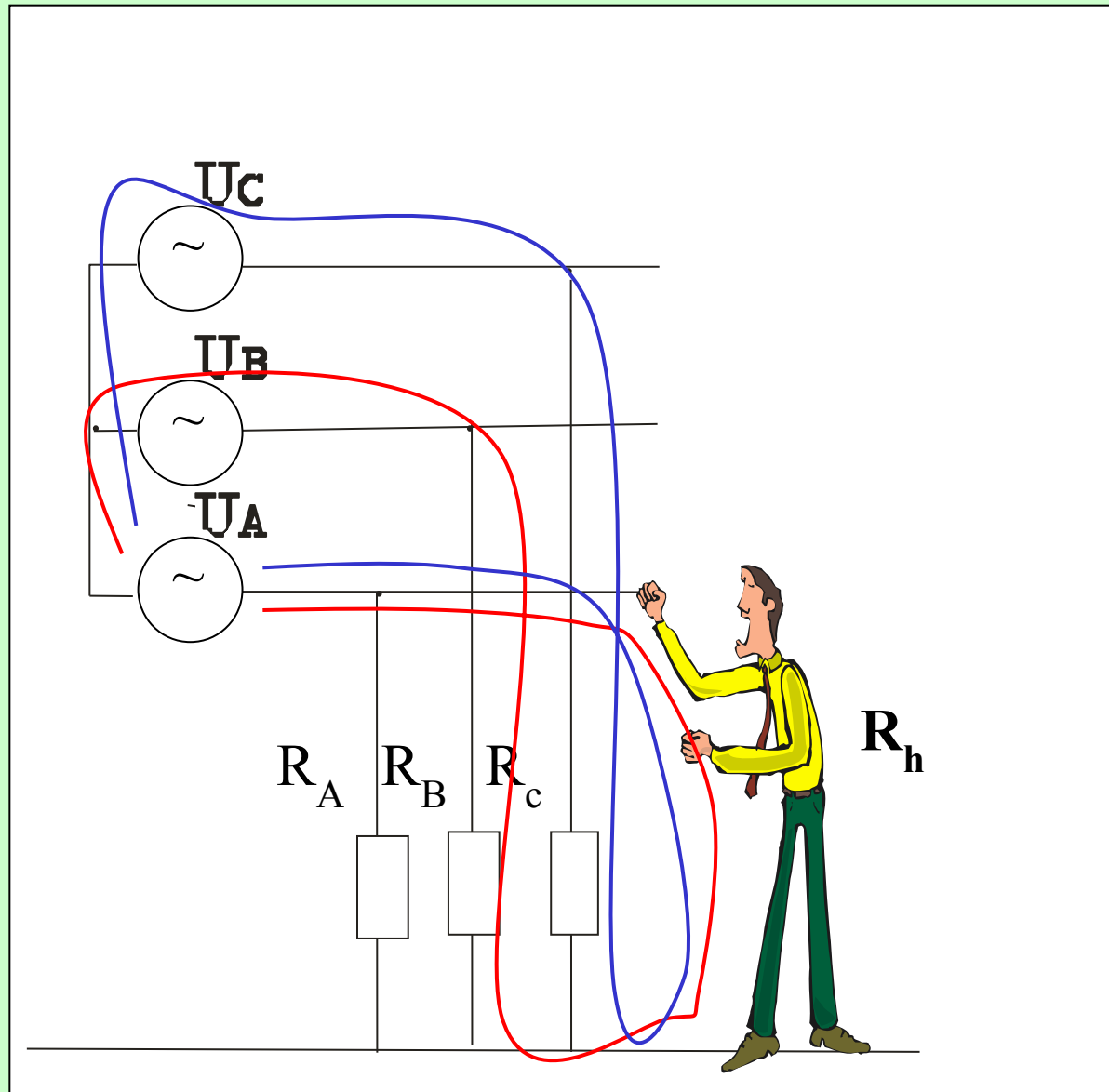


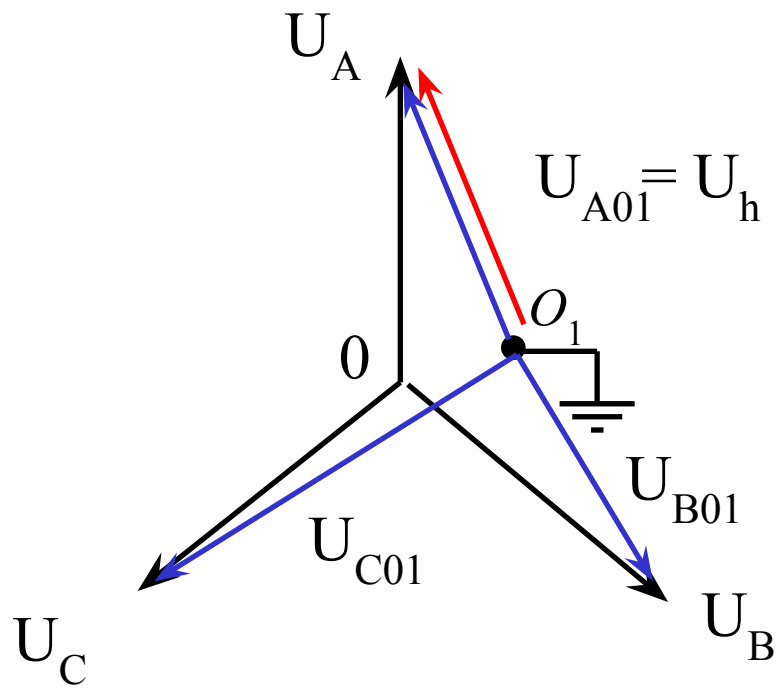
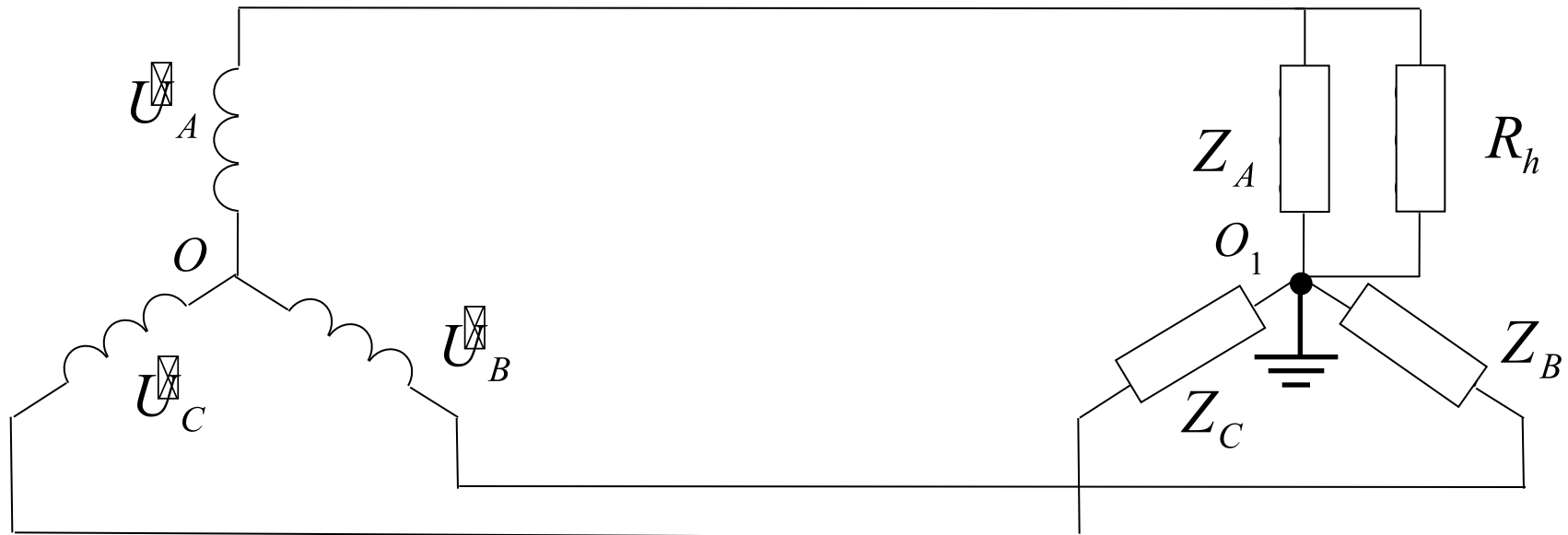
Эквивалентная электрическая схема для расчёта токов по ТОЭ

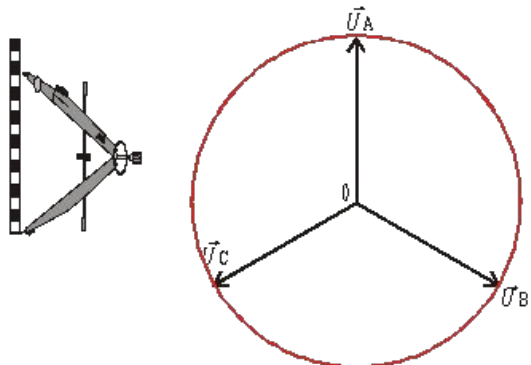
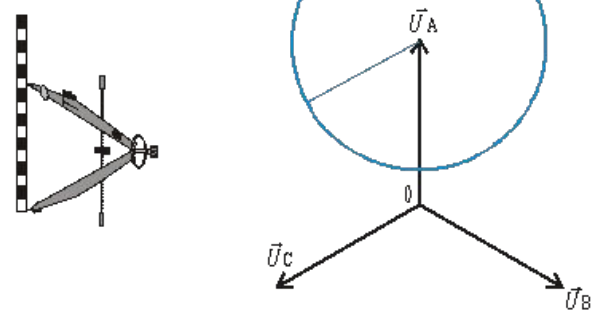
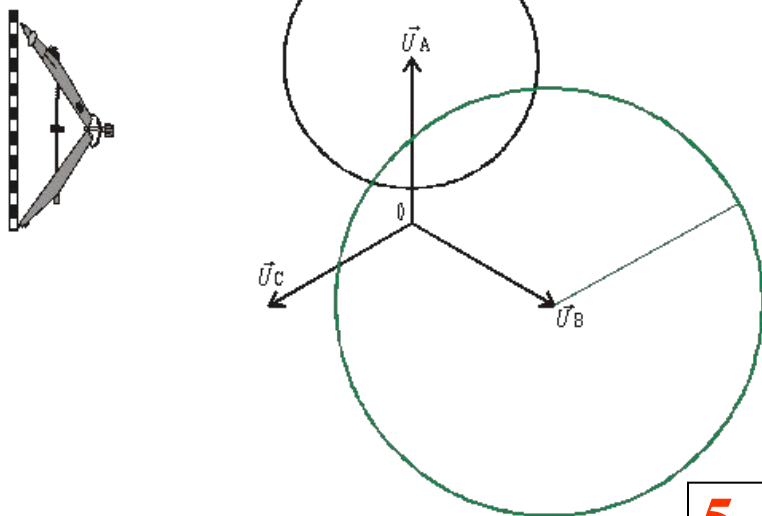
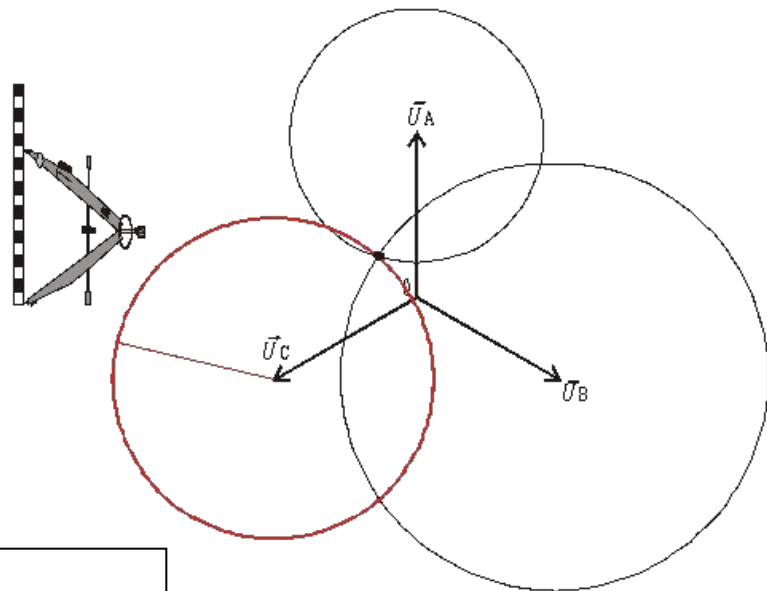
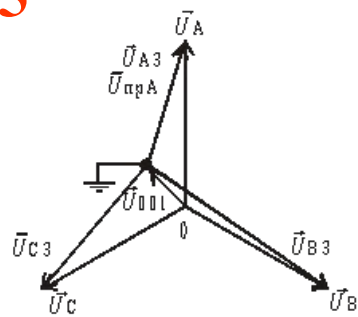


$$U_{OO_1} = \frac{I_C U_C + Y_A U_A + Y_B U_B + Y_C U_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0}$$

ПРИКОСНОВЕНИЕ К ФАЗЕ СЕТИ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

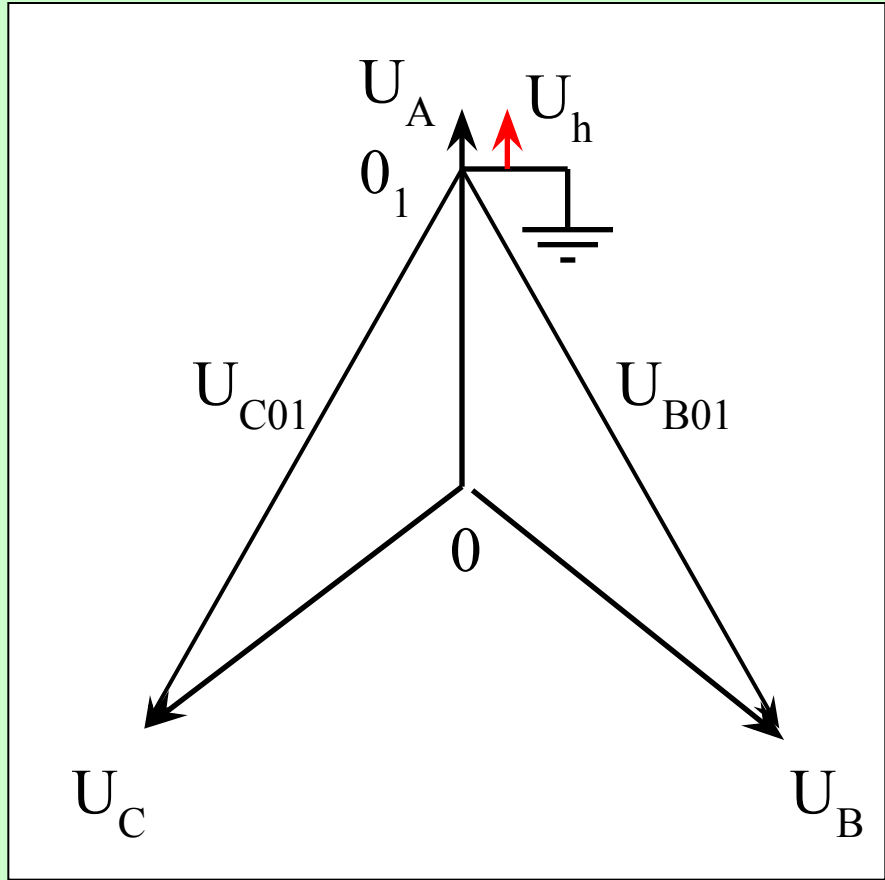
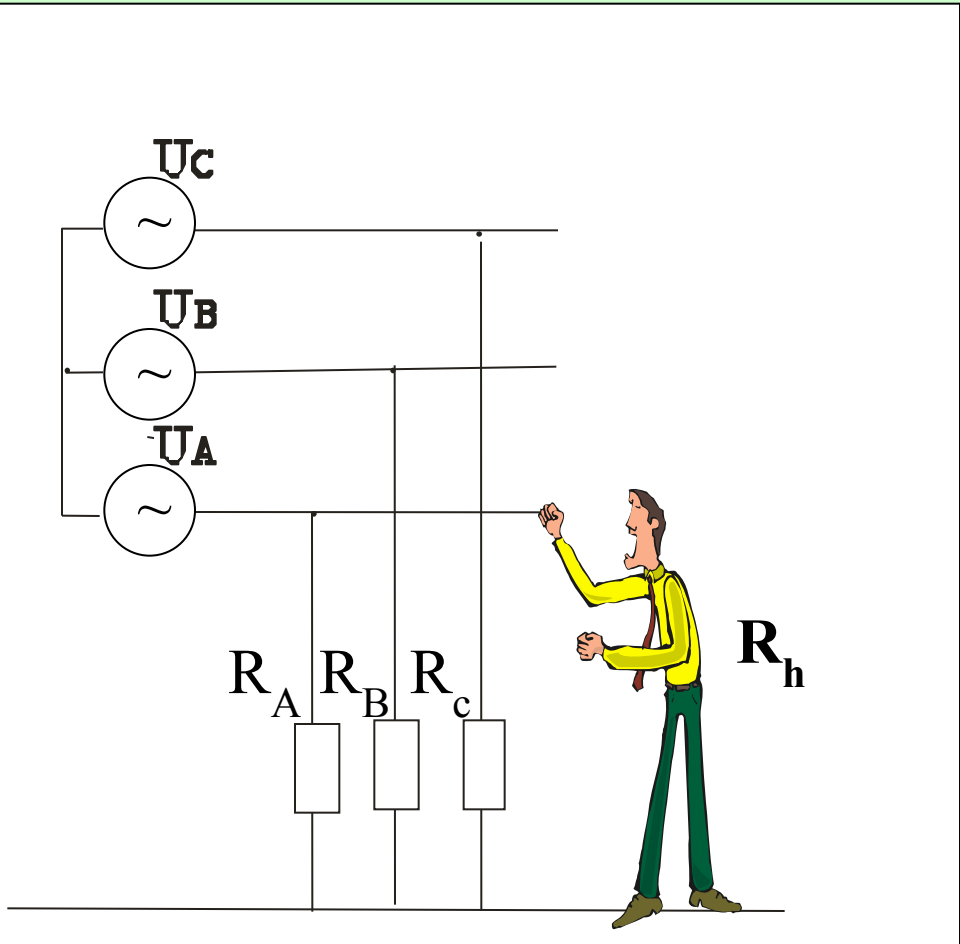




1 U_{ϕ} **2** U_{A01} **3** U_{B01} **4** U_{C01} **5**

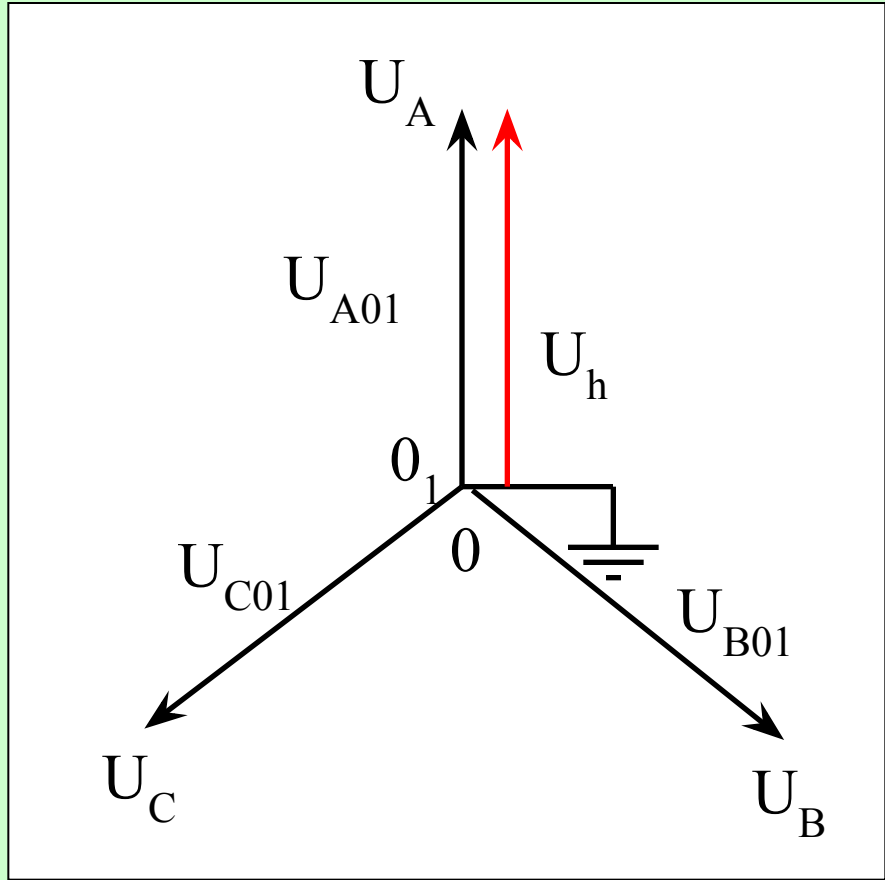
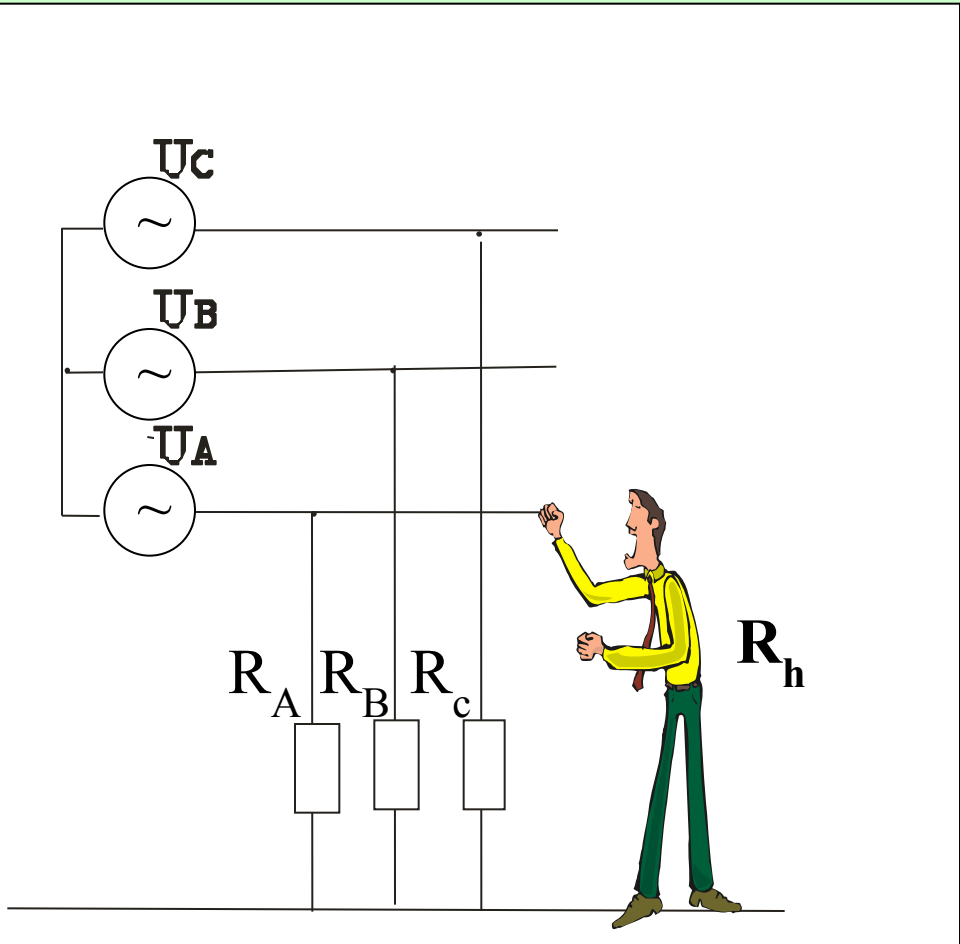
Влияние сопротивления изоляции на напряжение прикосновения

$$R_A, R_B, R_C \gg R_h \rightarrow U_h \approx 0$$

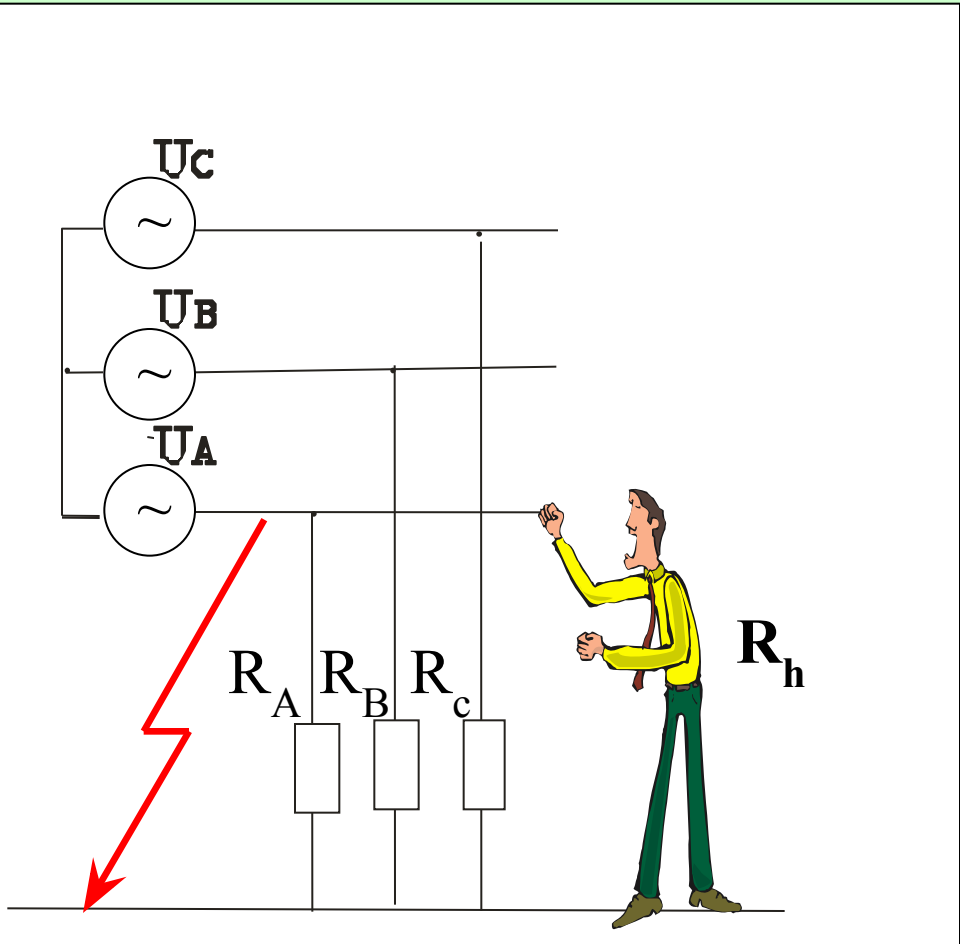


Влияние сопротивления изоляции на напряжение прикосновения

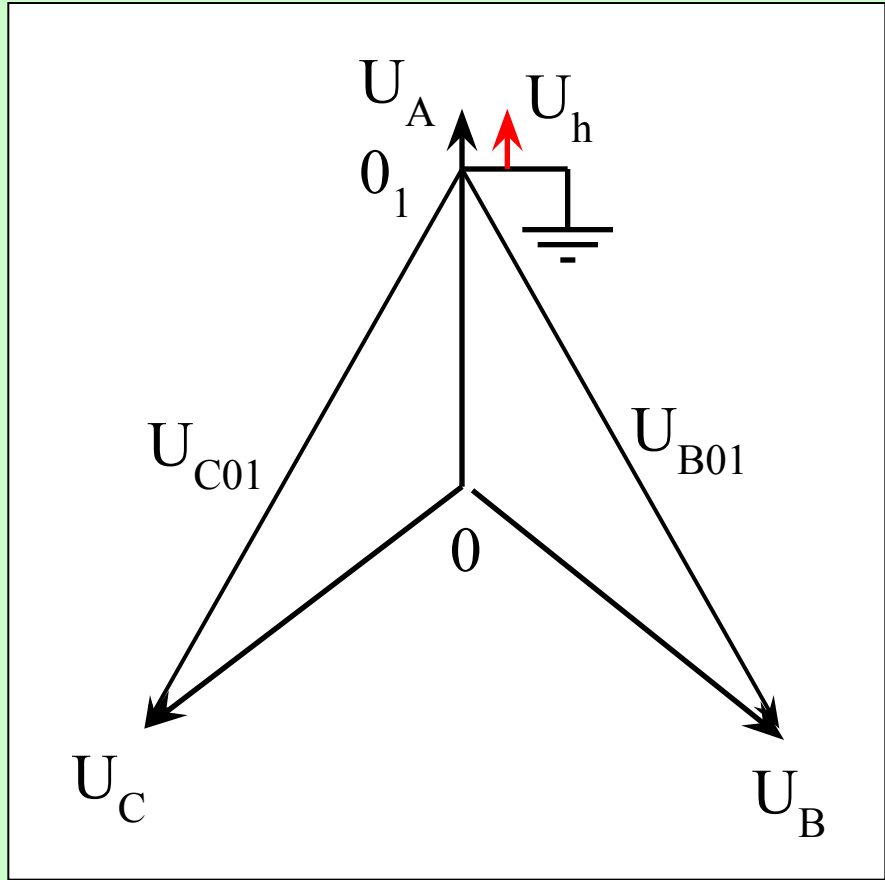
$$R_A, R_B, R_C \ll R_h \rightarrow U_h \approx U_\Phi$$
$$(R_A = R_B = R_C)$$



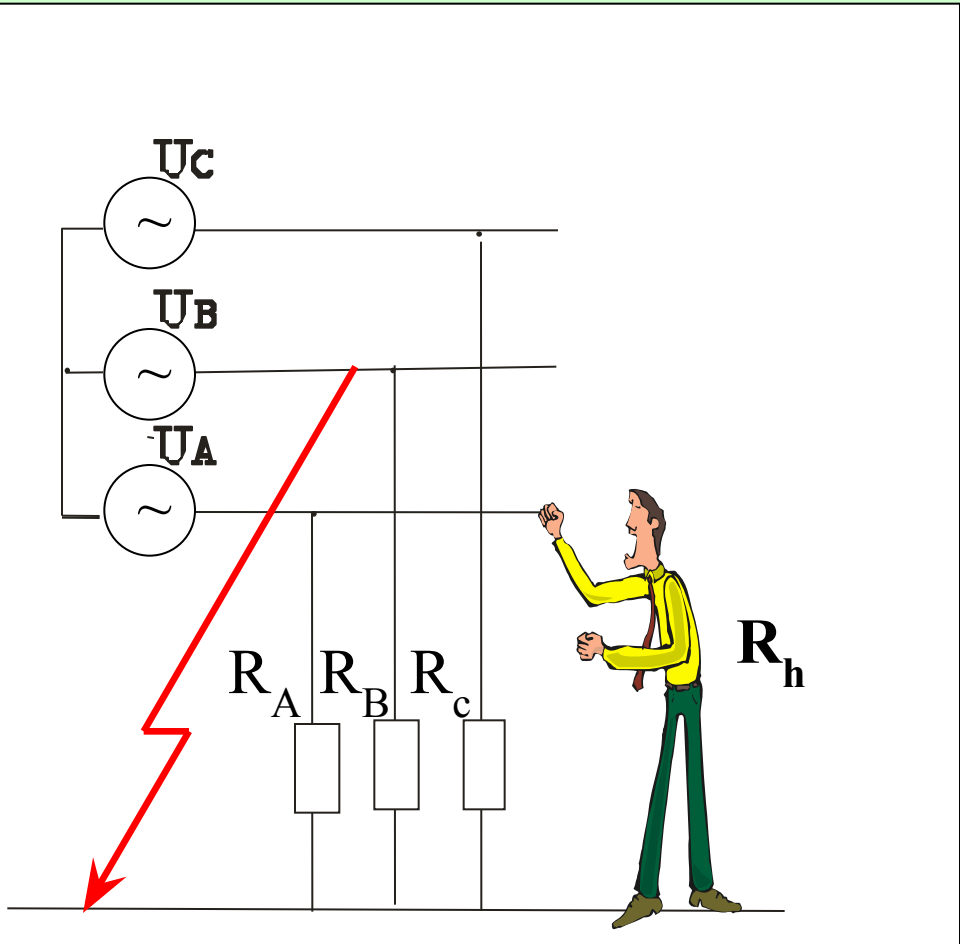
Влияние сопротивления изоляции на напряжение прикосновения



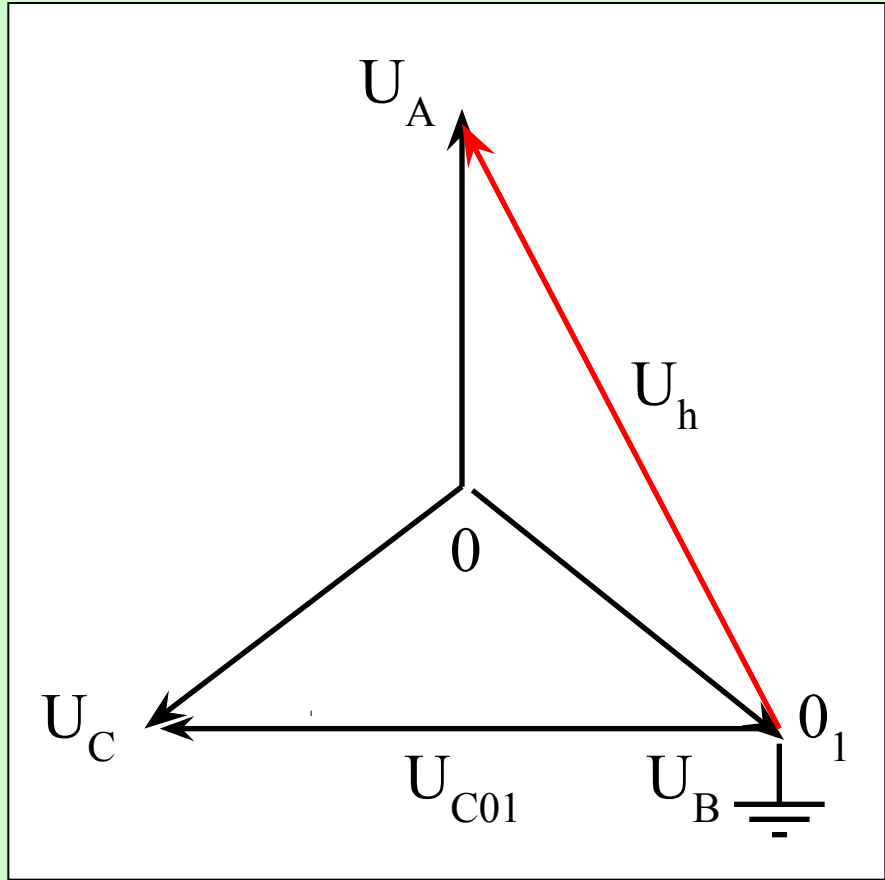
$R_A \rightarrow 0$ $U_h \approx 0$



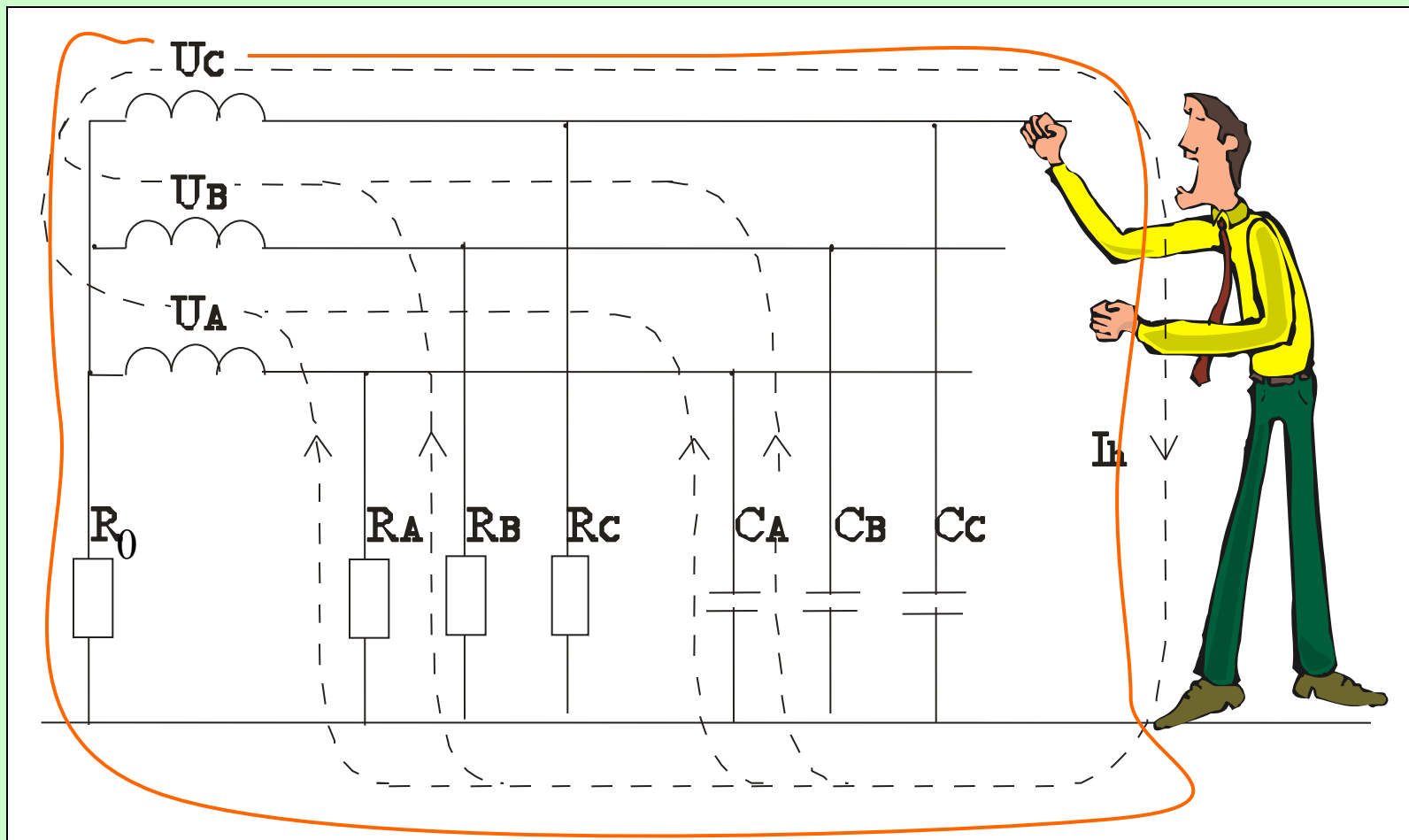
Влияние сопротивления изоляции на напряжение прикосновения

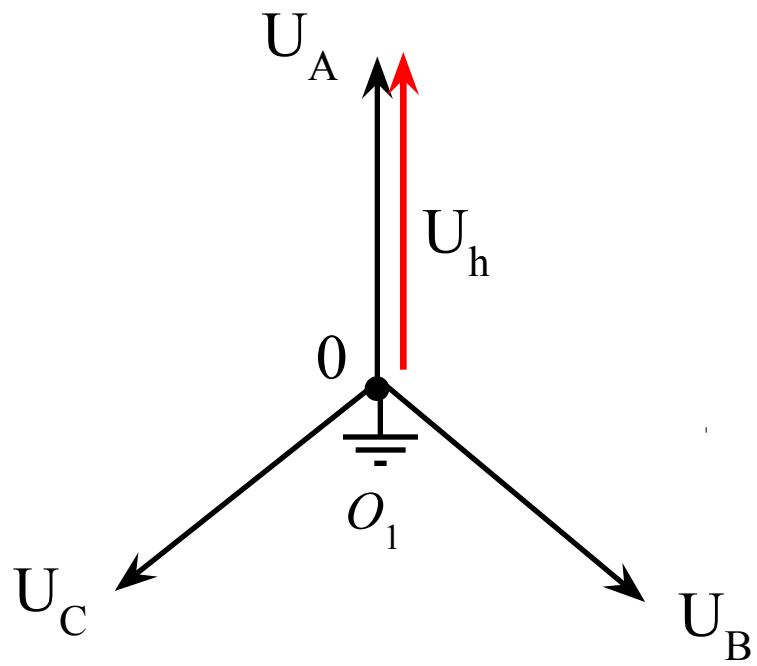
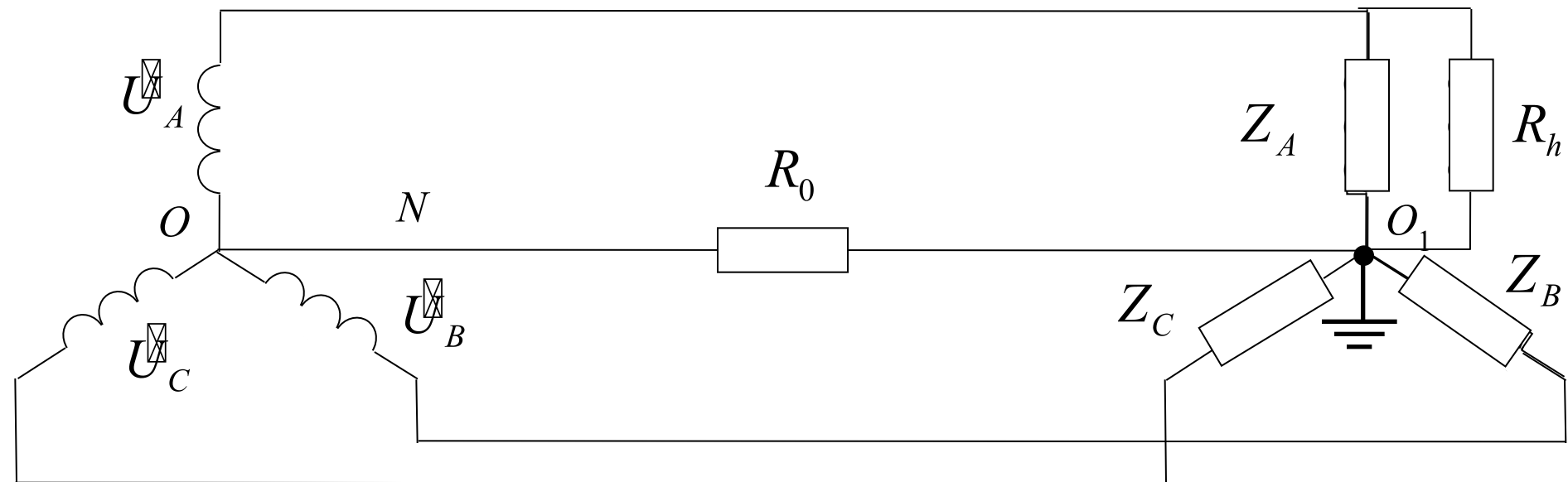


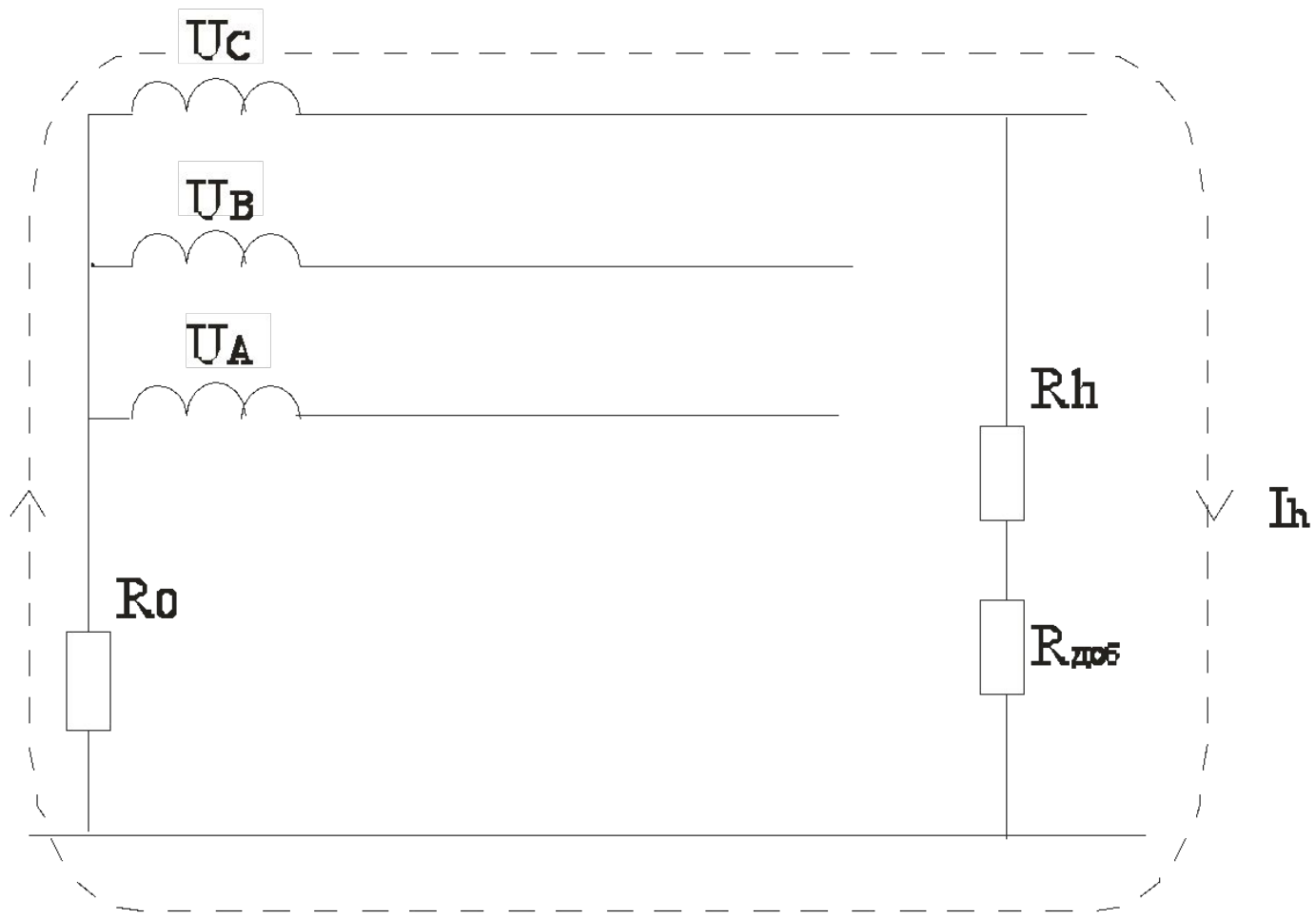
$$R_B \rightarrow 0 \qquad U_h \approx U_{\text{л}}$$



ПРИКОСНОВЕНИЕ К ФАЗЕ СЕТИ С ГЛУХИМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ

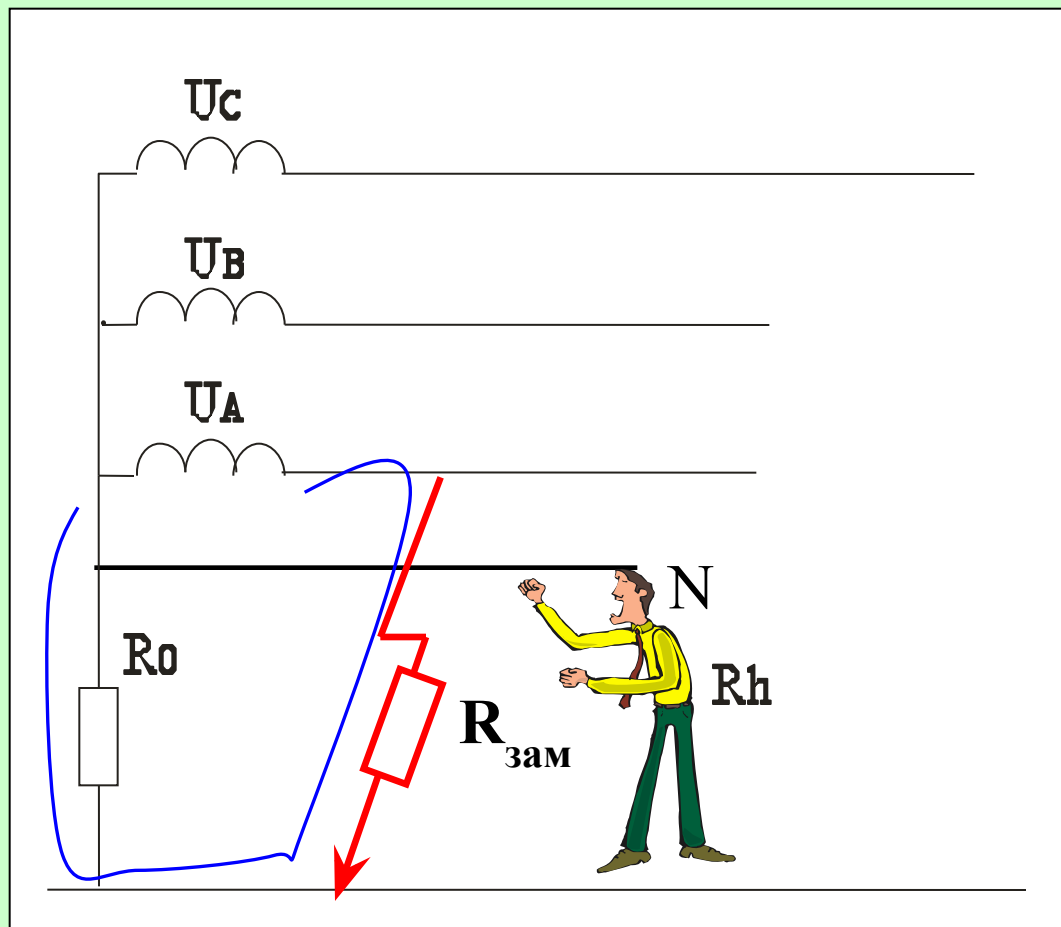






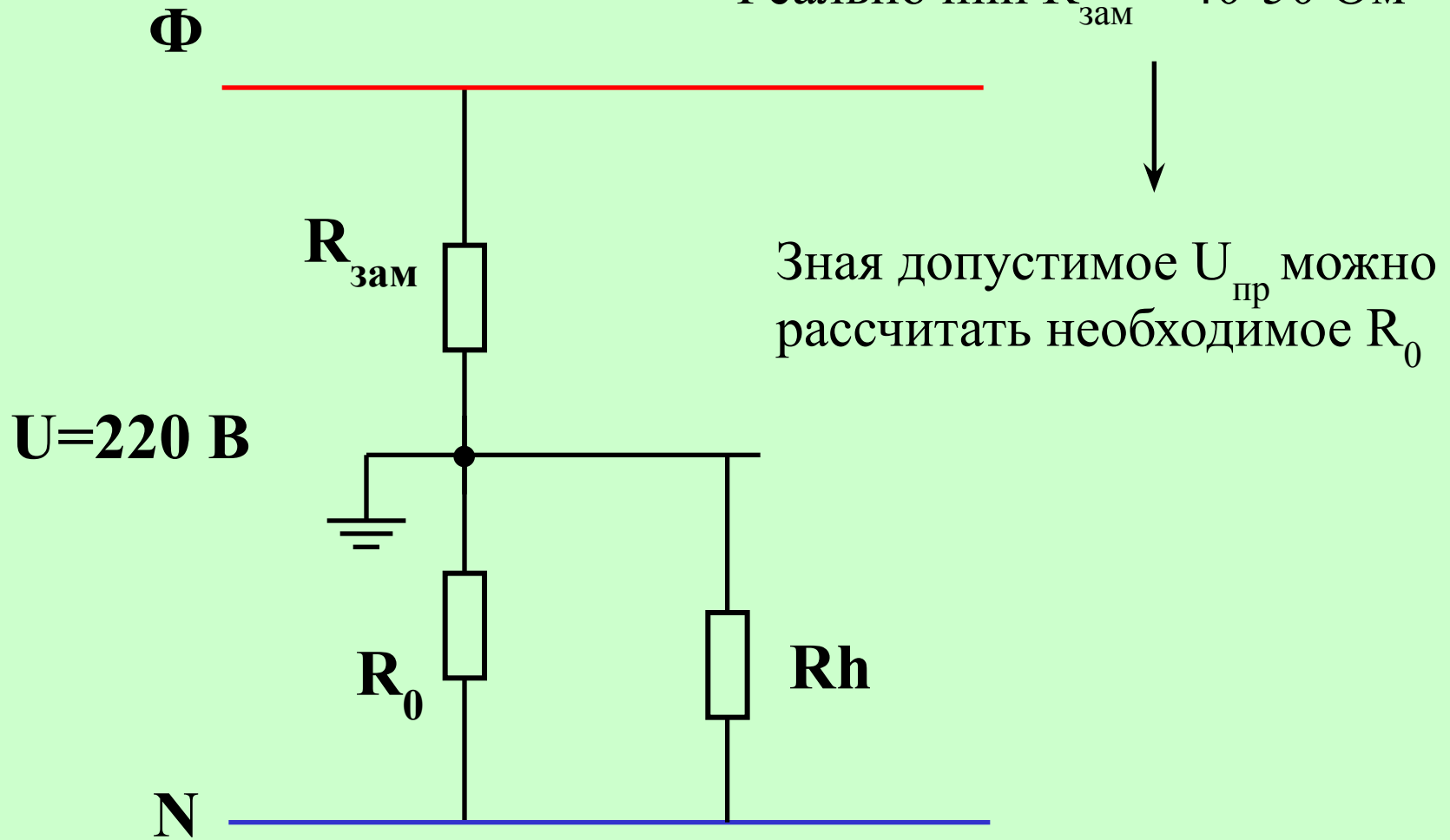
Рабочее напряжение $U_{\text{раб}}$, В	R_0 , Ом
127/220	8
220/380	4
380/660	2
Выше 1000	0.5

Обоснование требования нормирования R_0

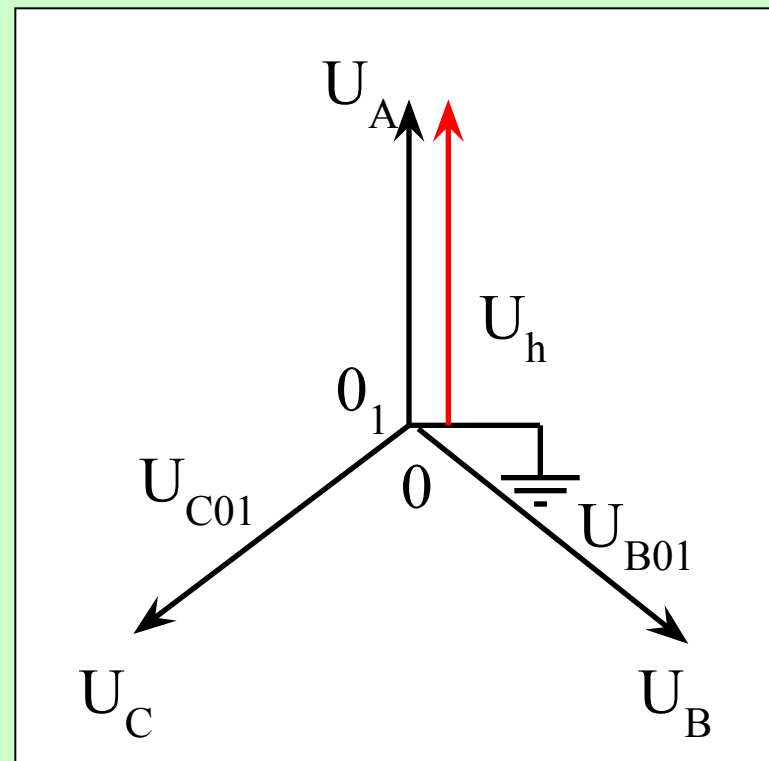
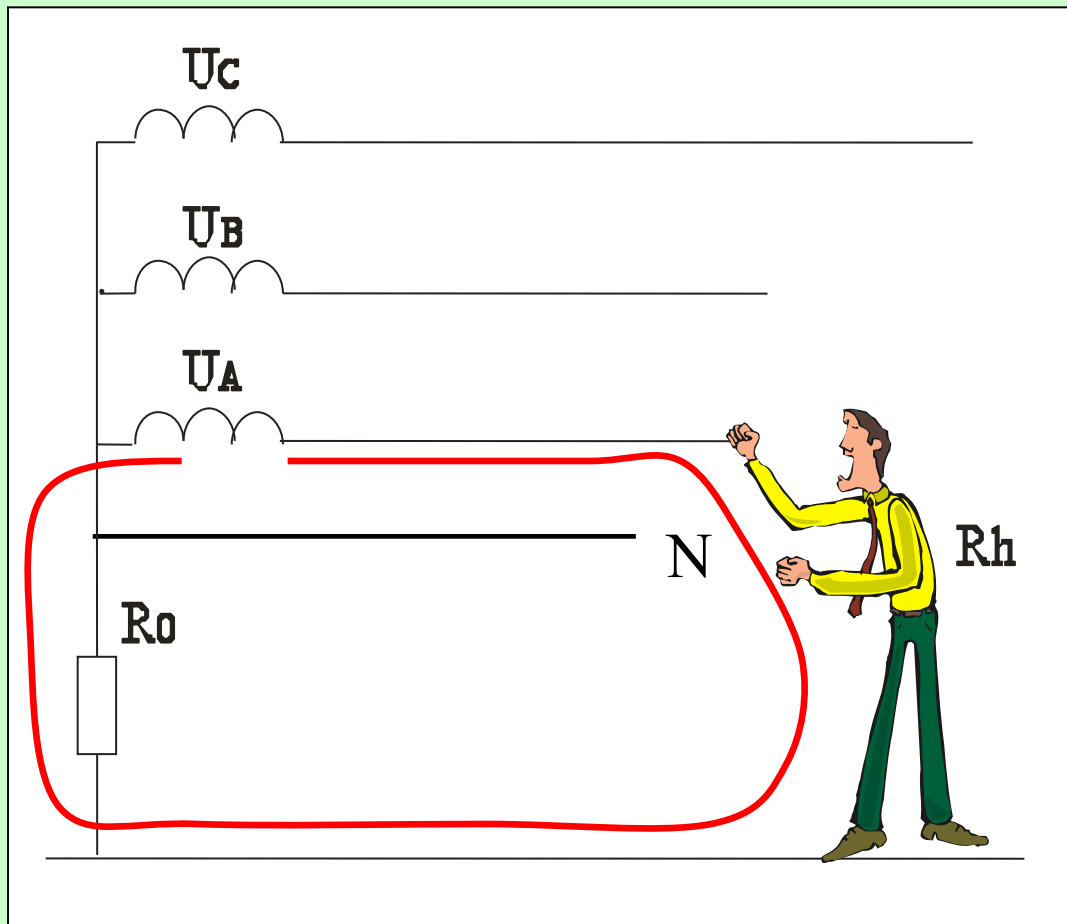


Обоснование требования нормирования R_0

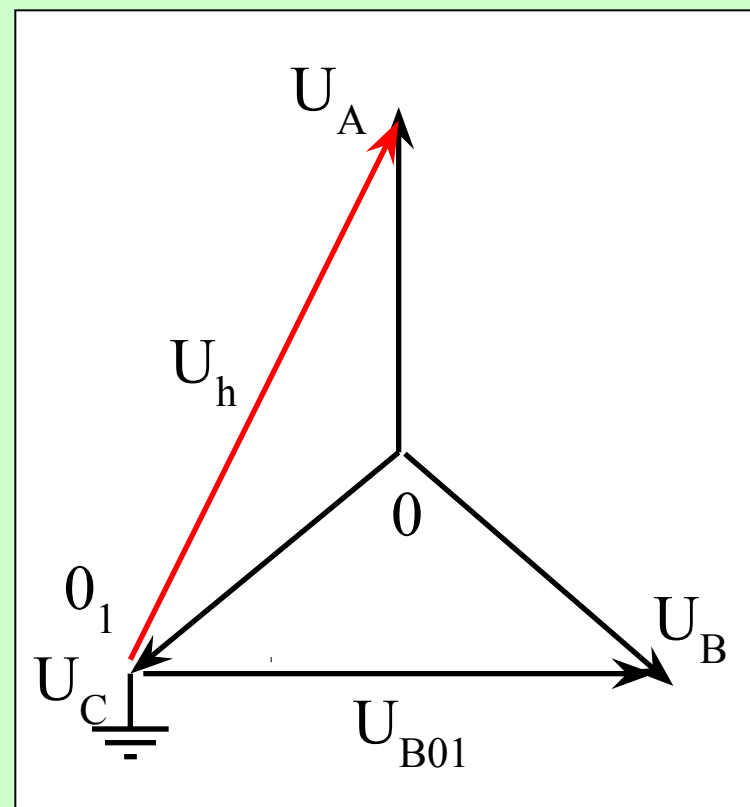
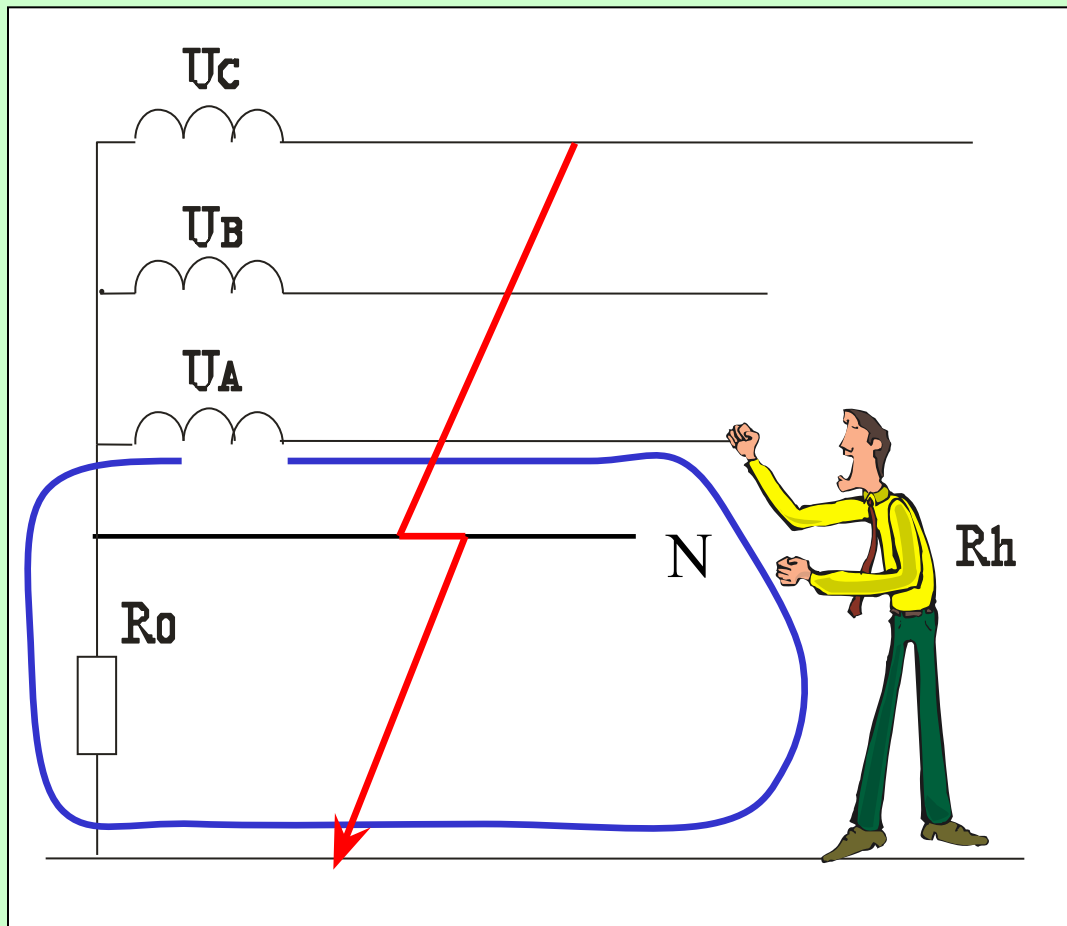
Реально $\min R_{\text{зам}} \approx 40-50 \text{ Ом}$



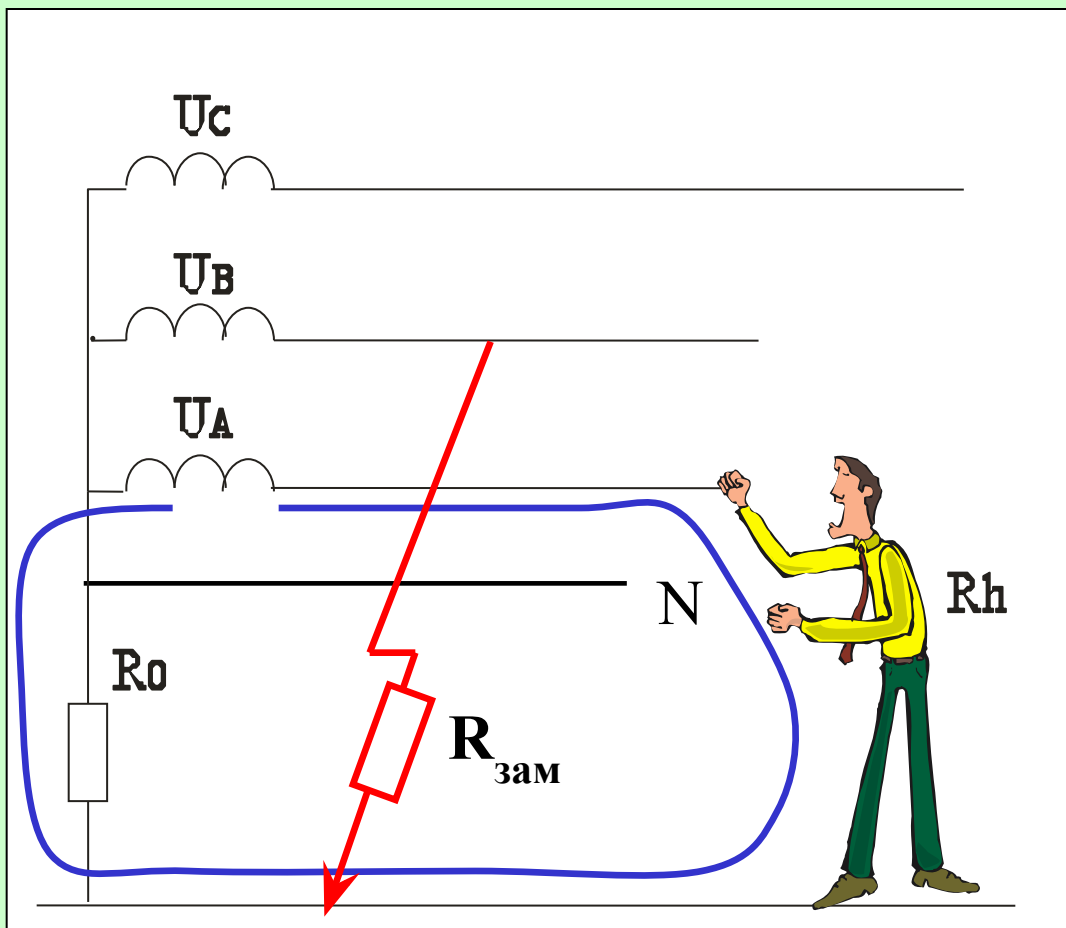
ПРИКОСНОВЕНИЕ К ФАЗЕ СЕТИ С ГЛУХИМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ



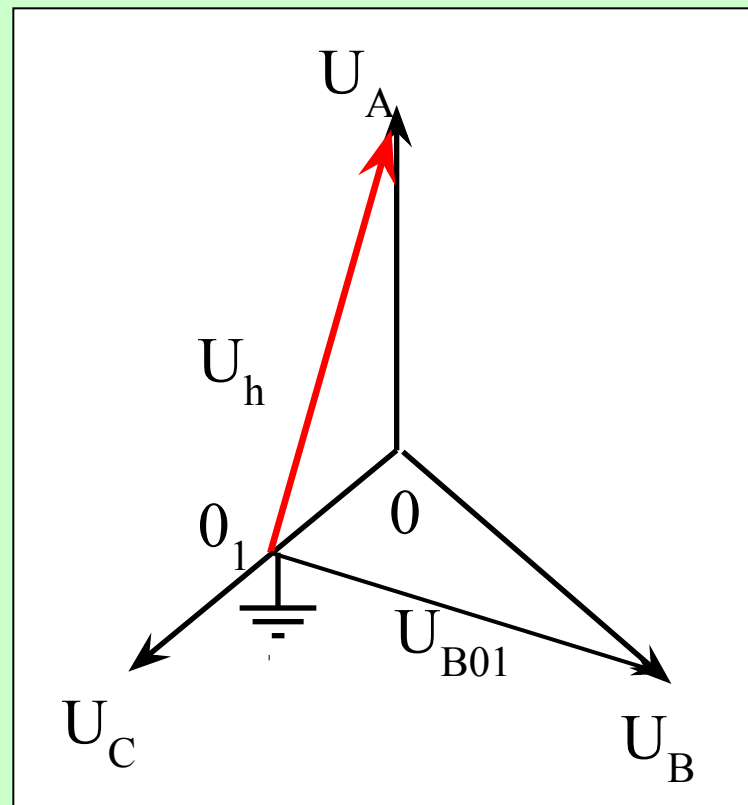
ПРИКОСНОВЕНИЕ К ФАЗЕ СЕТИ С ГЛУХИМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ



ПРИКОСНОВЕНИЕ К ФАЗЕ СЕТИ С ГЛУХИМ ЗАЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ

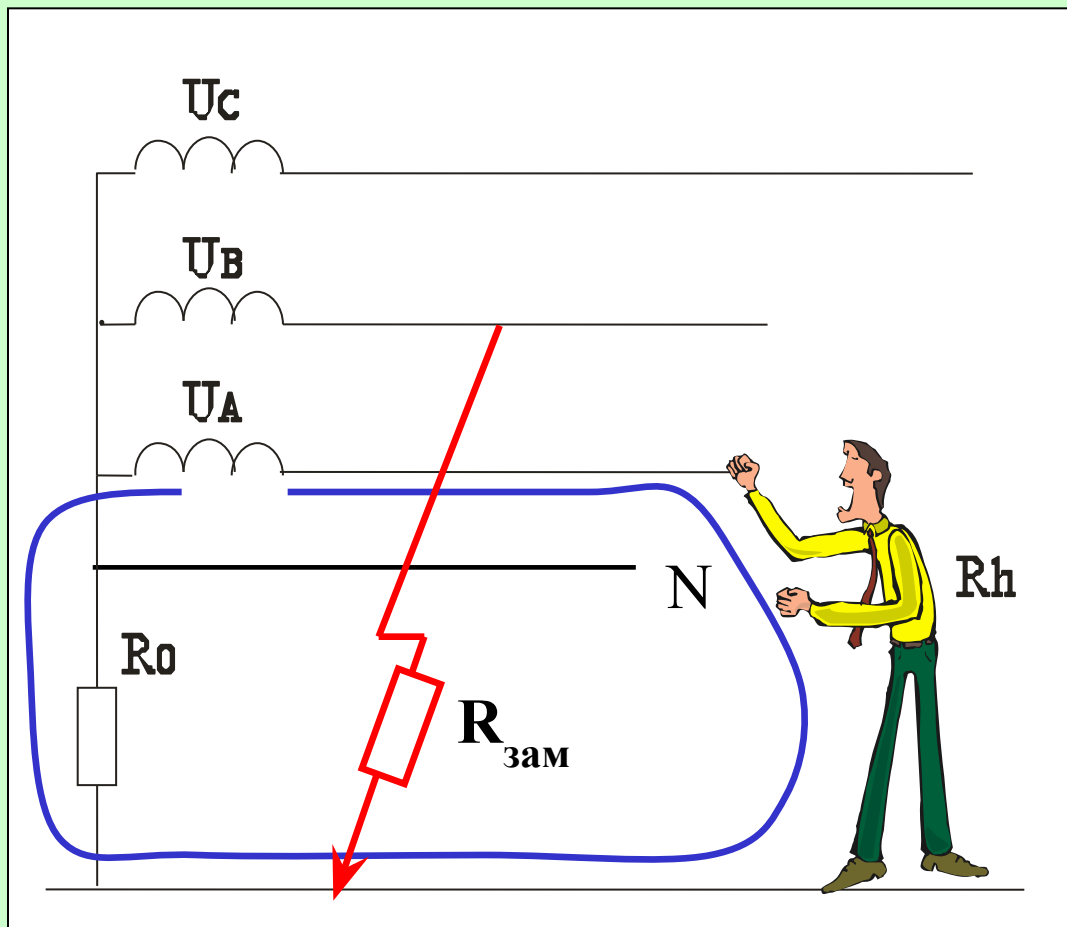


$$R_{\text{зам}} \approx R_0$$

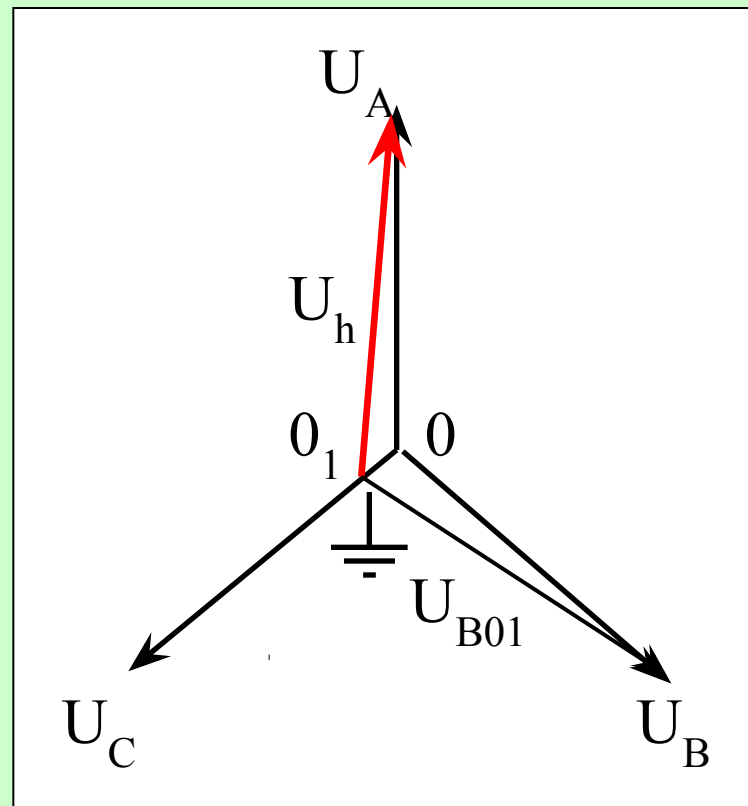


$$U_{\text{пр}} \approx U_{\phi} \frac{R_{\text{зам}} + R_0 \sqrt{3}}{R_0 + R_{\text{зам}} + R_0 R_{\text{зам}} / R_h} > U_{\phi}$$

ПРИКОСНОВЕНИЕ К ФАЗЕ СЕТИ С ГЛУХИМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ

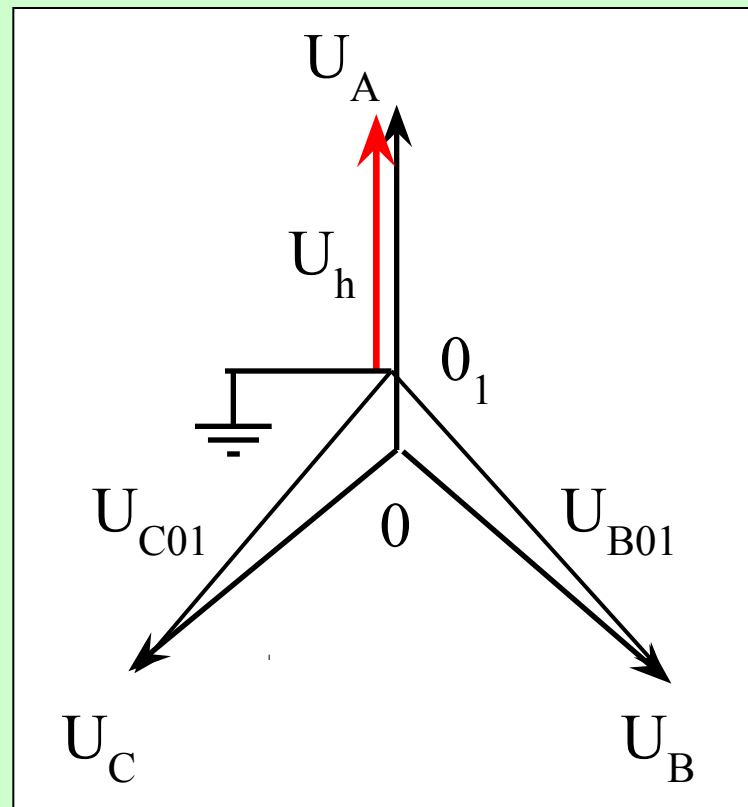
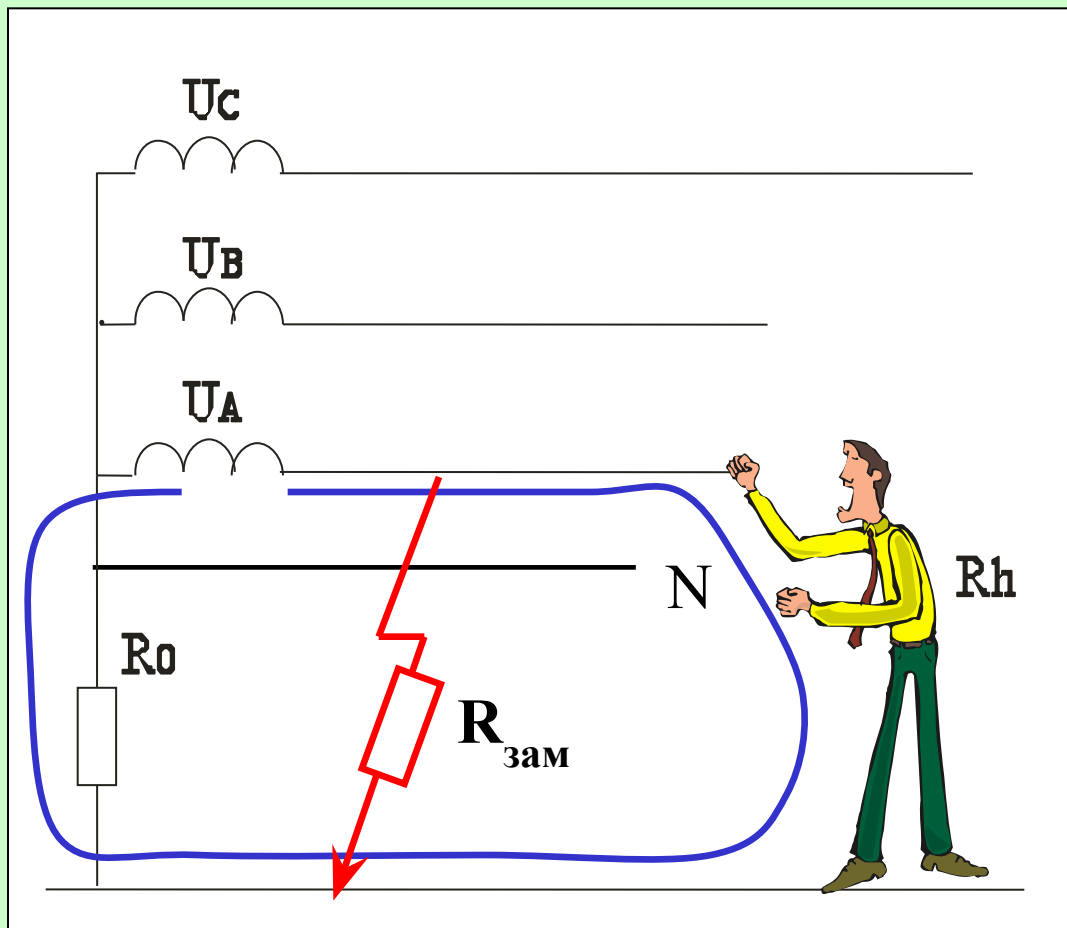


$$R_{\text{зам}} \gg R_0$$



$$U_{\text{пр}} \approx U_{\phi} \frac{R_{\text{зам}} + R_0 \sqrt{3}}{R_0 + R_{\text{зам}} + R_0 R_{\text{зам}} / R_h} > U_{\phi}$$

ПРИКОСНОВЕНИЕ К ФАЗЕ СЕТИ С ГЛУХИМ ЗАЗЕМЛЕНИЕМ НЕЙТРАЛИ



$$U_{np} \approx U_{\phi} \frac{R_{зам}}{R_0 + R_{зам} + R_0 R_{зам} / R_h} < U_{\phi}$$