

«Безопасность жизнедеятельности»

Лекция № 15

тема «Электрические сети и электроустановки»

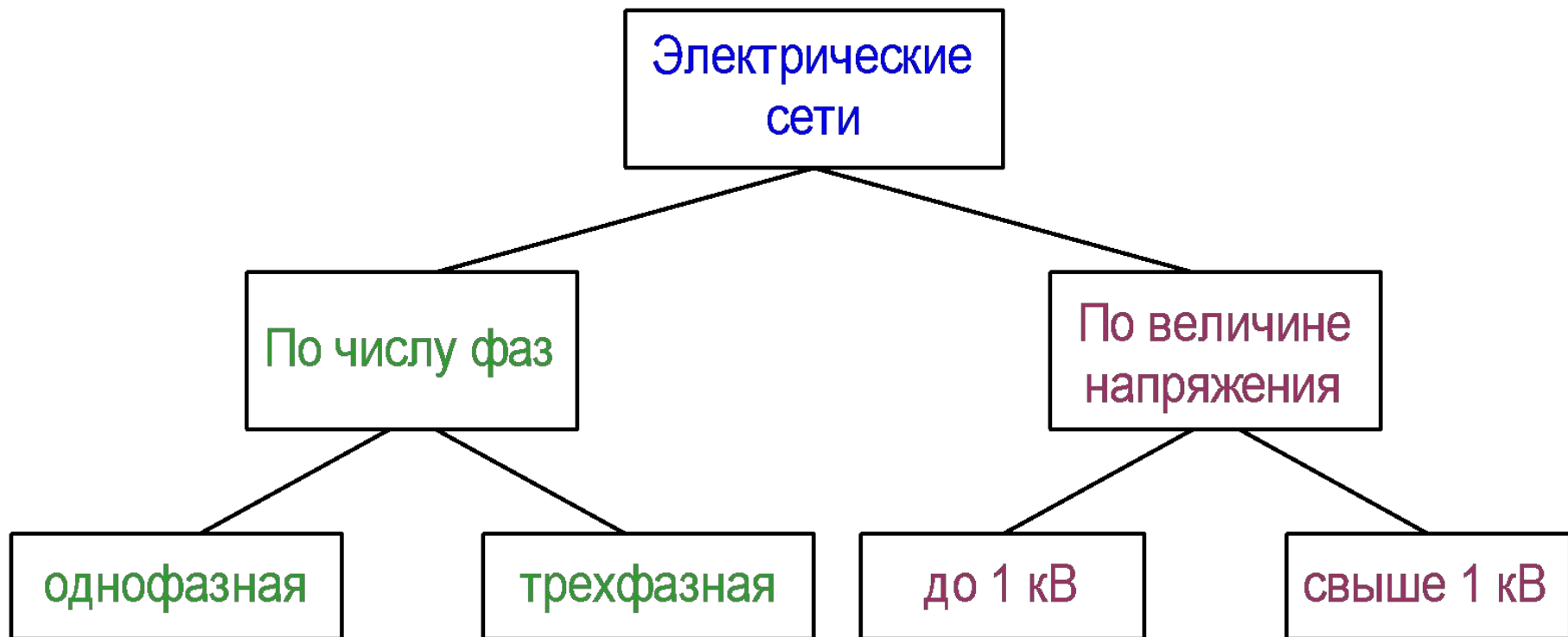
Учебные вопросы:

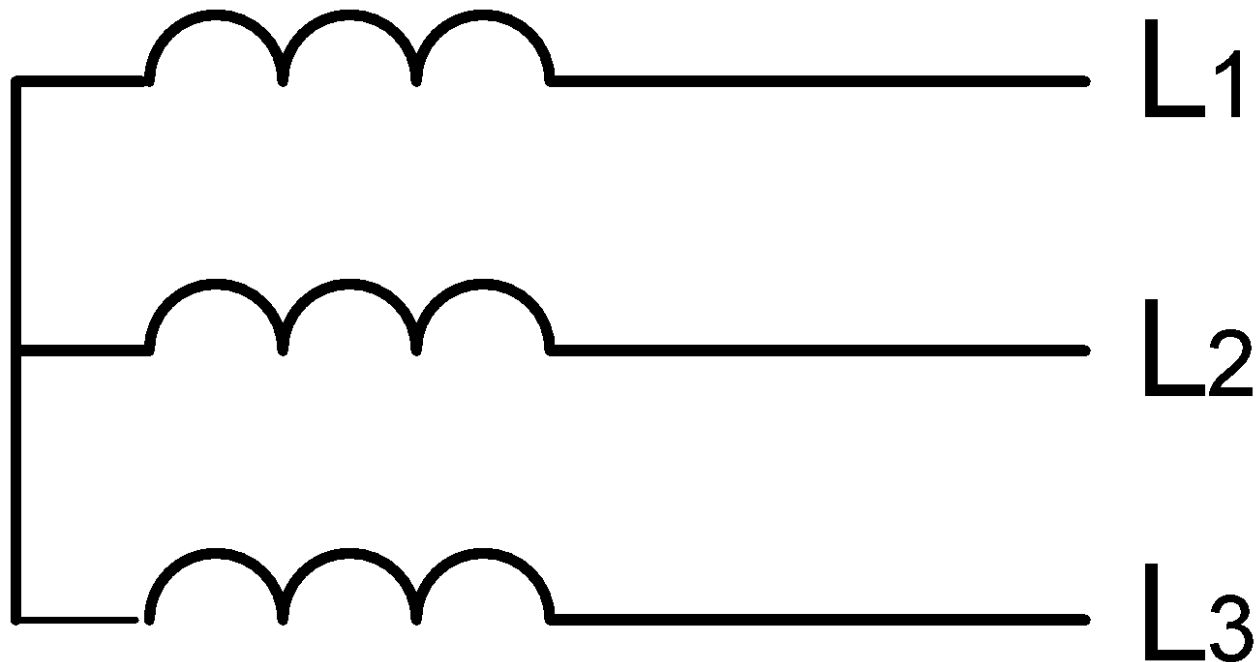
1. Электроустановки и электрические сети.
2. Условия попадания человека под действие электрического тока.
3. Действие электрического тока на организм человека.

Литература: [1.2], [1.3]

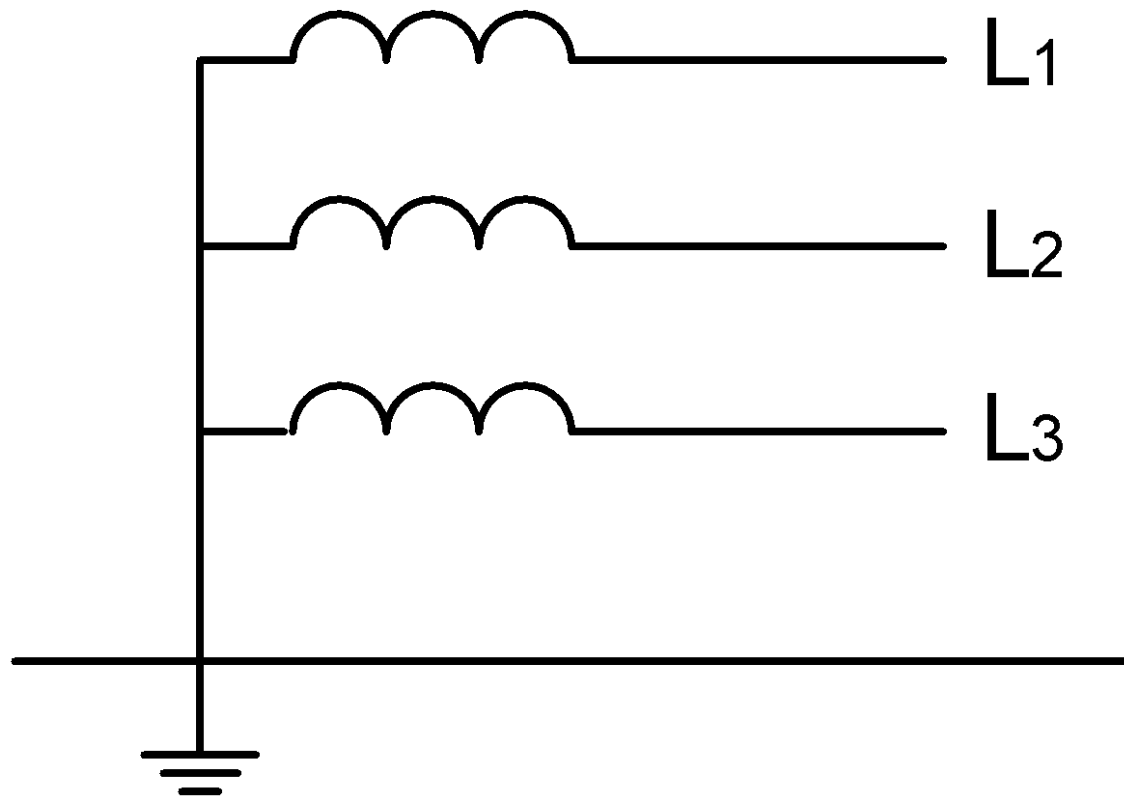
Самостоятельно изучить:

Электроустановка – это совокупность машин, аппаратов, линий и вспомогательного оборудования (вместе с сооружениями и помещениями, в которых они установлены), предназначенных для производства, преобразования, трансформации, передачи, распределения электрической энергии и преобразования её в другие виды энергии.

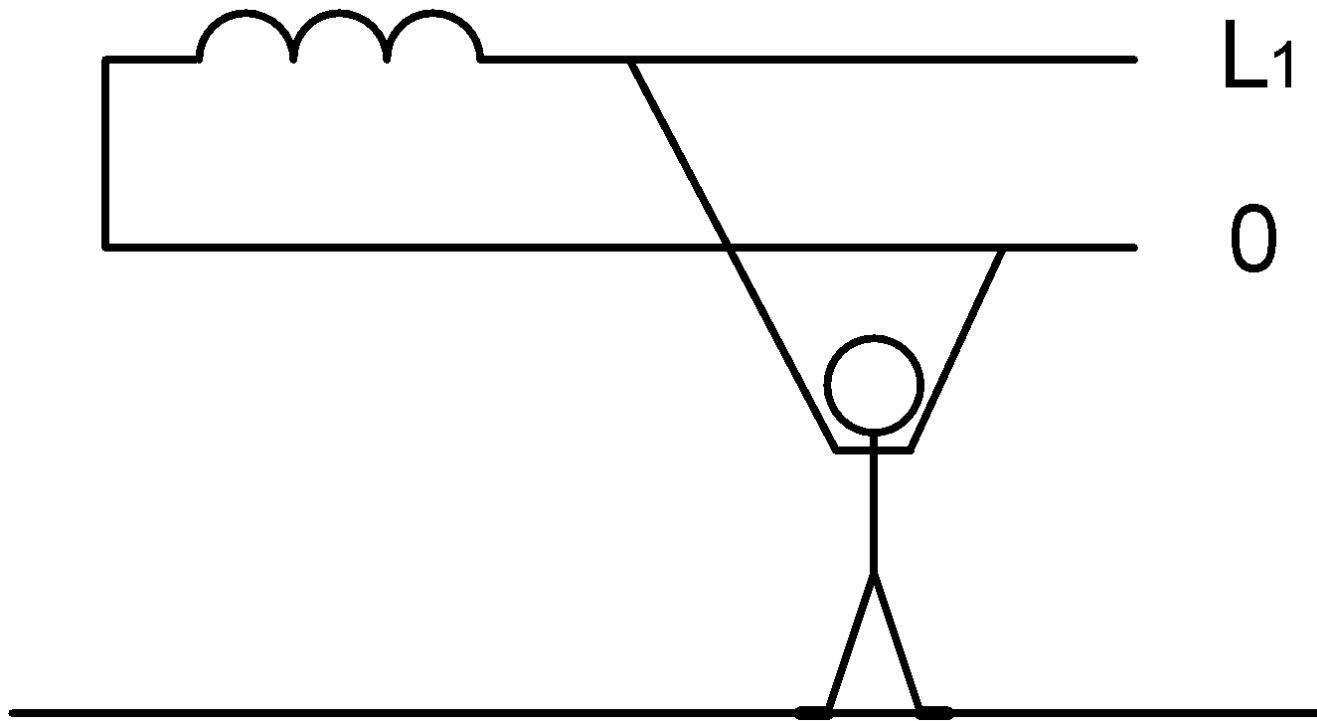




Электрическая сеть с
изолированной нейтралью

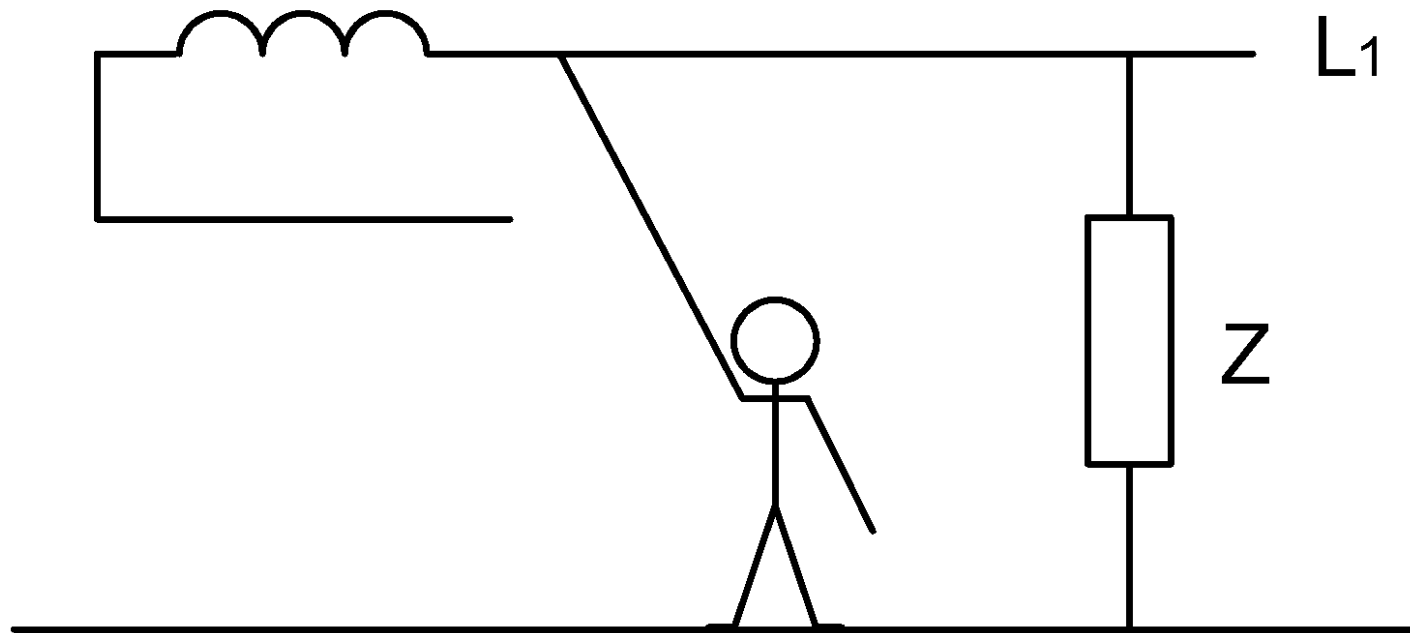


Электрическая сеть с
глухозаземленной нейтралью



Прикосновение человека в однофазной
сети

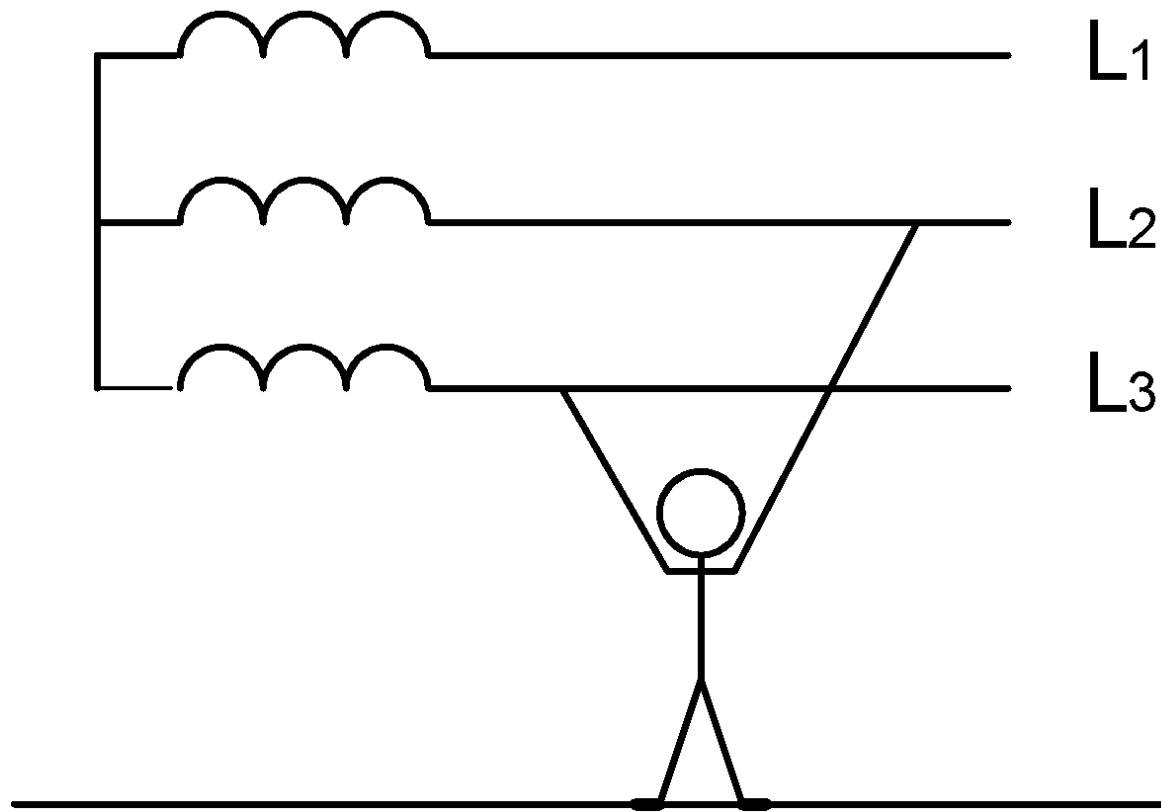
$$I_{\times} = \frac{U}{R_{\times}}$$



Z – полное сопротивление провода относительно земли

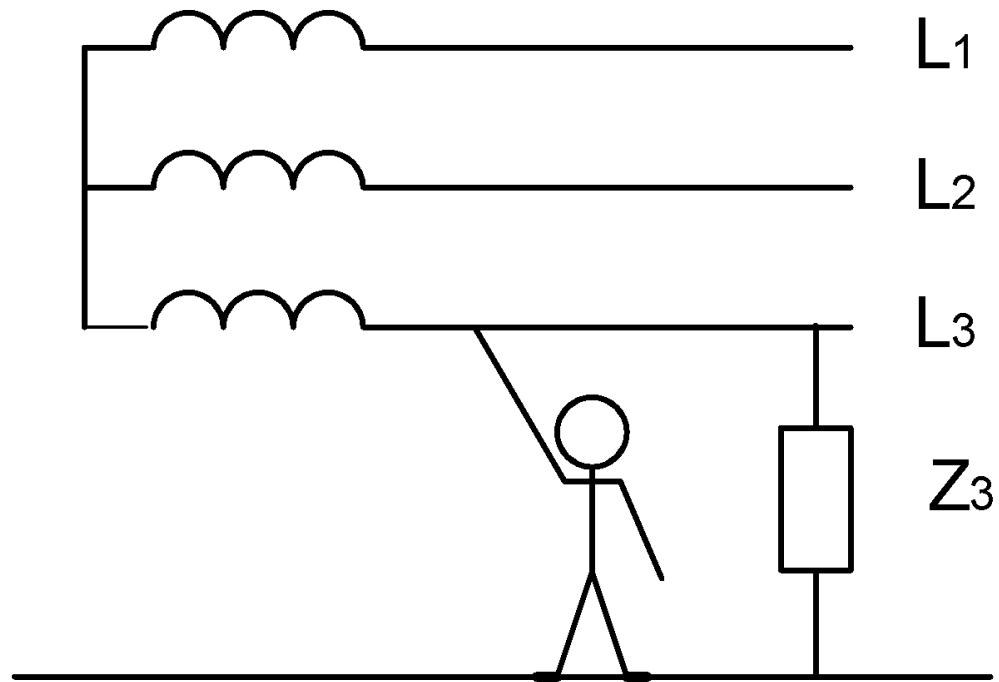
$$R_{\text{ч}} = R_{\text{н}} + R_{\text{об}}$$

$R_{\text{об}}$ – сопротивление обуви (одной подошвы)



Двухфазное прикосновение к трехфазной сети с изолированной нейтралью

$$I_{\times} = \frac{U_{\ddot{E}}}{R_{\times}} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\hat{O}}}{R_{\times}}$$



$$I_{\times} = \frac{U_{\hat{o}}}{\frac{Z_{\zeta}}{3} + R_{\times}}$$

$$Z = \frac{r}{1 + j\omega C_r}$$

где r – активное сопротивление
провода относительно земли,

C – емкость провода относительно
земли,

ω – угловая частота.

$$\omega = 2 \pi f$$

Случай 1.

Если сеть короткая, то $C \rightarrow 0$.

Активное сопротивление r .

$$I_{\times} = \frac{U_{\hat{o}}}{\frac{r}{3} + R_{\times}}$$

при $U_{\Phi} = 220 \text{ В}$, $r = 5 \text{ кОм}$

$I = 1,32 \text{ мА}$

Случай 2.

Если сеть значительной протяженности, то C относительно земли велика, и емкостное сопротивление шунтирует активное сопротивление.

Тогда

$$Z = X_C = \frac{1}{\omega C}$$

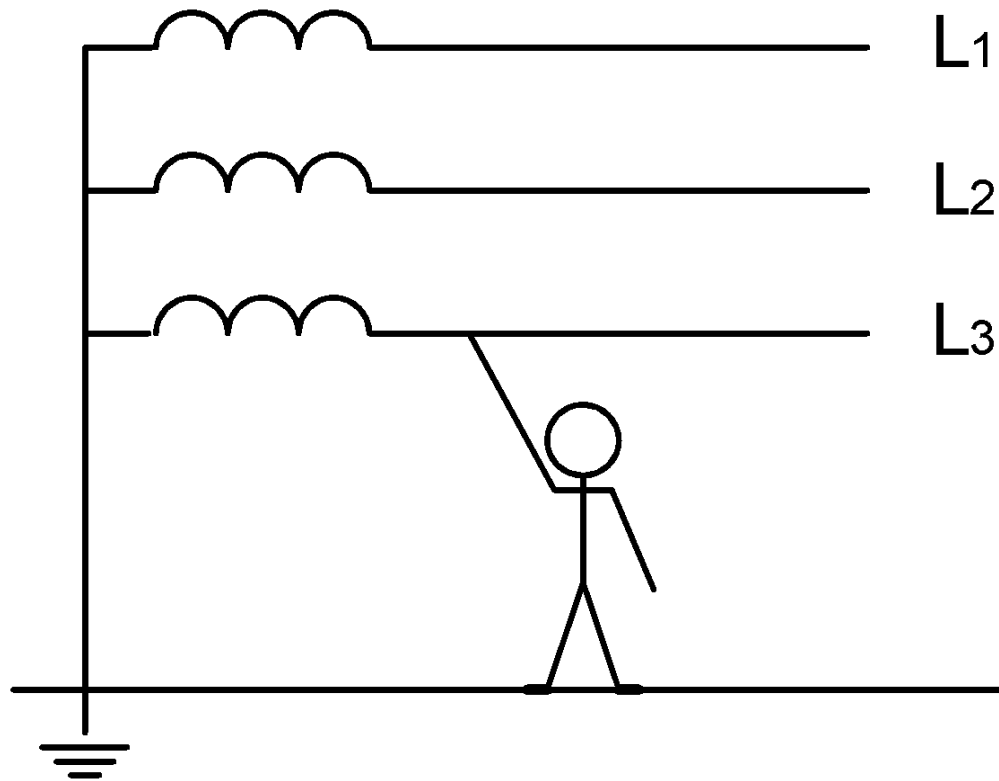
и

$$I_{\times} = \frac{U_{\delta}}{\sqrt{R_{\times}^2 + \left(\frac{\omega C}{3}\right)^2}}$$

при $U_{л} = 380$ В, $l = 1$ км, сечение = 25 мм²,
 $C = 0,2$ мкФ

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6}} = 15 \hat{\Omega}$$

$$I_{\times} = \frac{220}{\sqrt{1000^2 + \left(\frac{15000}{3}\right)^2}} = 45 \hat{A}$$



$$I_{\times} = \frac{U_{\hat{o}}}{R_{\times} + R_0}$$

R_0 - сопротивление заземления
нейтрالي.

$$R_0 = 2 \text{ Ом при } U = 660/380 \text{ В}$$

$$R_0 = 4 \text{ Ом при } U = 380/220 \text{ В}$$

$$R_0 = 8 \text{ Ом при } U = 220/127 \text{ В}$$

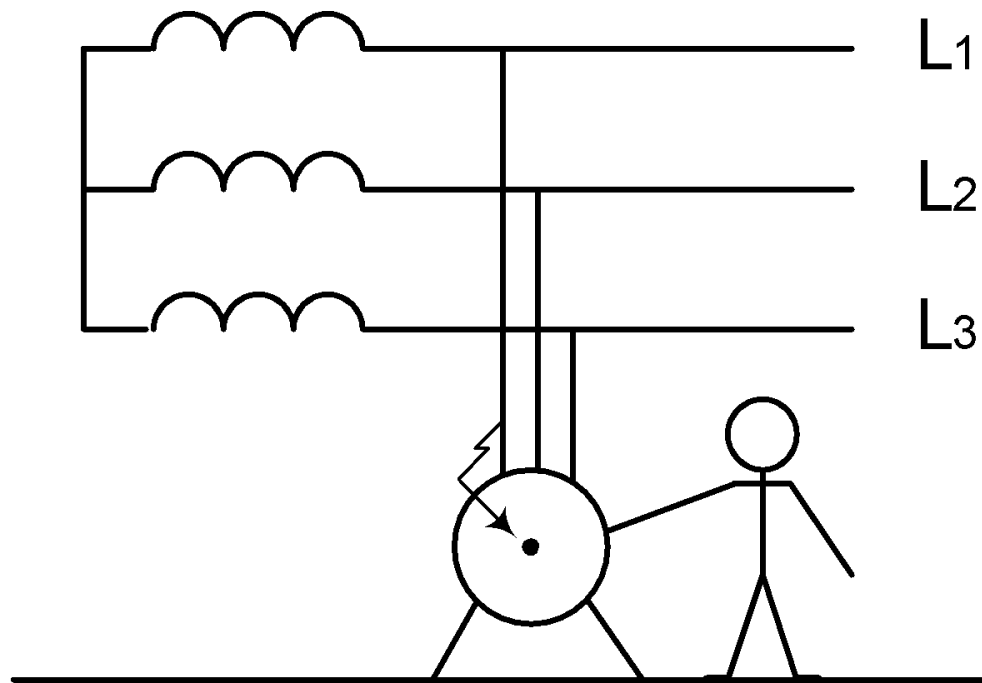
(ПУЭ-7)

$$R_{\text{ч}} = R_{\text{h}} + R_{\text{об}} + 0,5(R_{\text{оп}} + R_{\text{об}})$$

где $R_{\text{оп}}$ - сопротивление опорной поверхности одной ноги,

$R_{\text{об}}$ - сопротивление обуви.

Прикосновение к нетоковедущим открытым проводящим частям

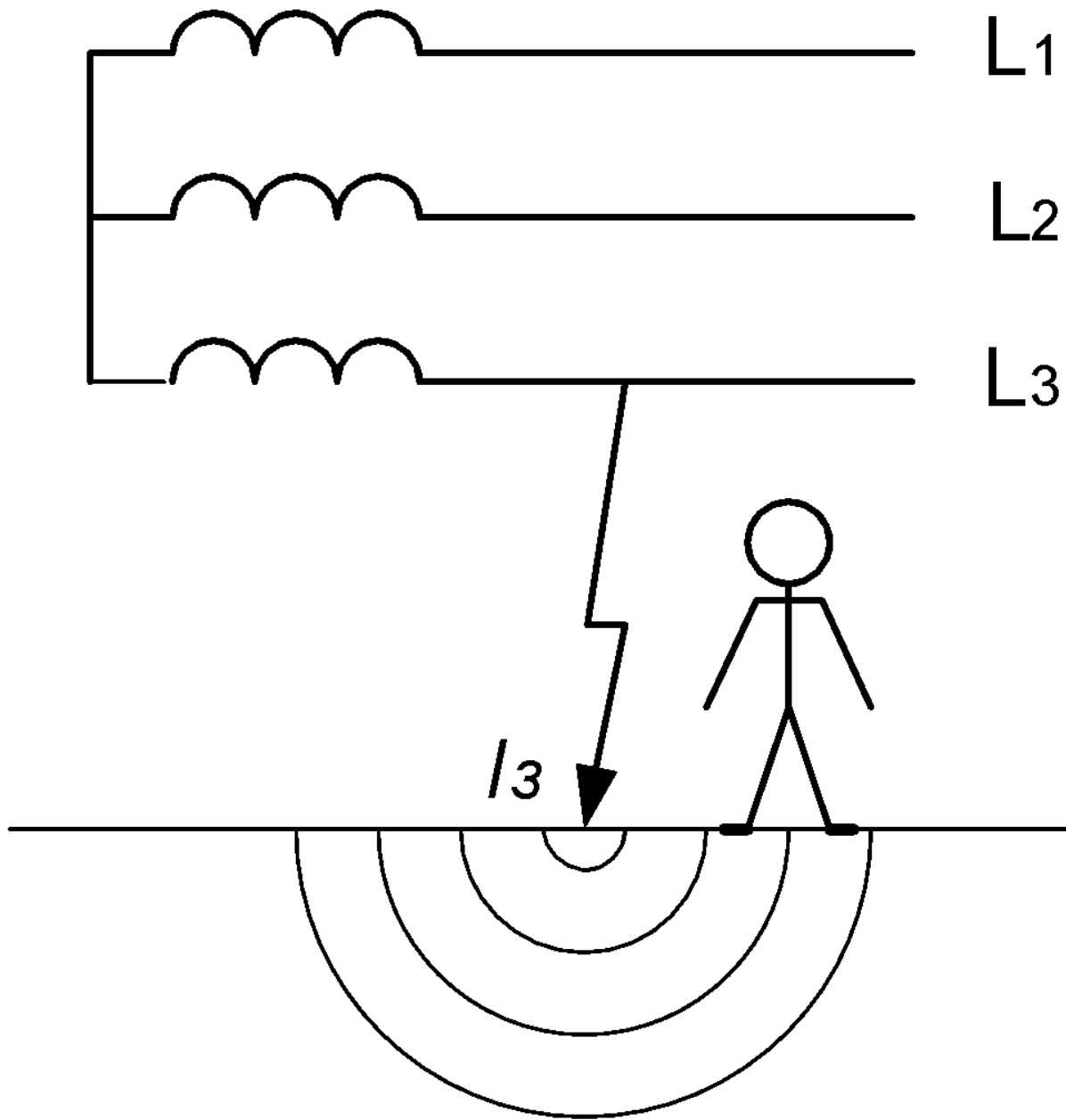


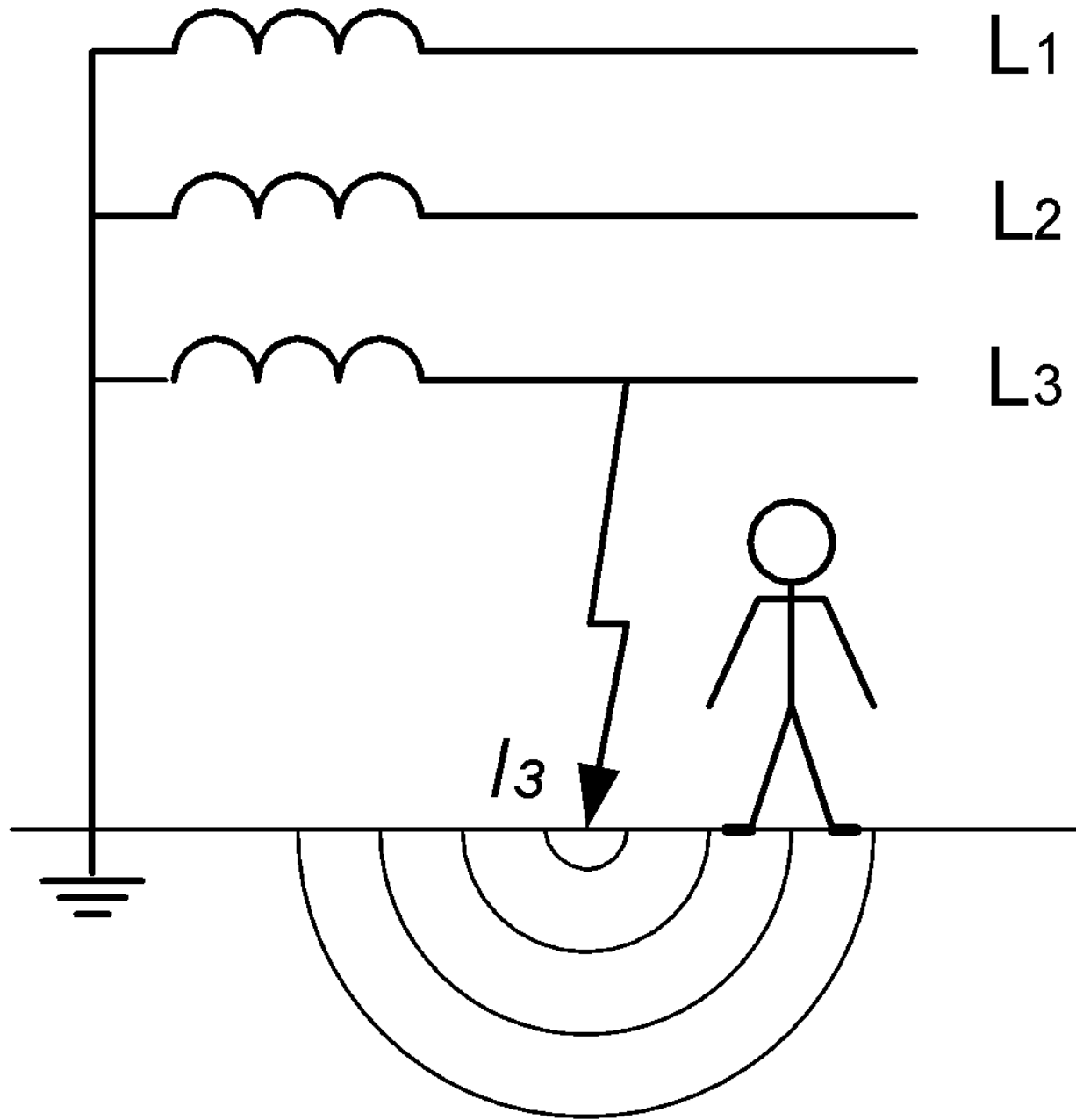
$$I_{\text{ч}} = f(I_{\text{з}})$$

При заземленном оборудовании – часть $I_{\text{з}}$.

При незаземленном оборудовании – весь ток замыкания.

Напряжение между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека называют **напряжением прикосновения.**





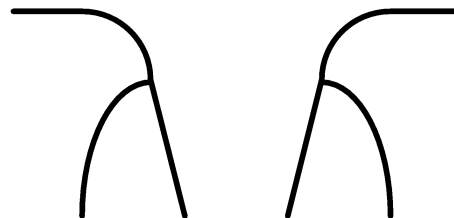
Напряжение между 2-мя точками на поверхности земли в зоне растекания тока замыкания на расстоянии длины шага человека называют **напряжением шага**.

Пути прохождения тока через тело человека

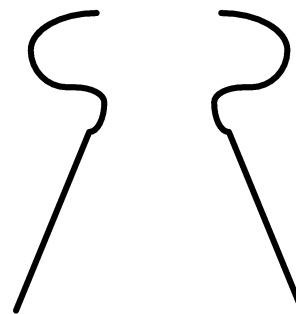
1. «Рука - рука»



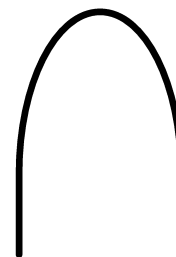
2. «Рука - ноги»



3. «Голова - ноги»



4. «Нога – нога»



Воздействие электрического тока на организм человека зависит от:

- индивидуальных особенностей организма,
- рода и величины тока,
- продолжительности воздействия тока,
- частоты тока,
- путей тока в организме человека,
- окружающей внешней среды.

$R_{\text{ч}}$ → роговой слой кожи.

$$U_{\text{пробоя}} = 2 d_{\text{р}} \cdot E_{\text{пр}}$$

$d_{\text{р}}$ – толщина рогового слоя,

$E_{\text{пр}}$ – напряженность

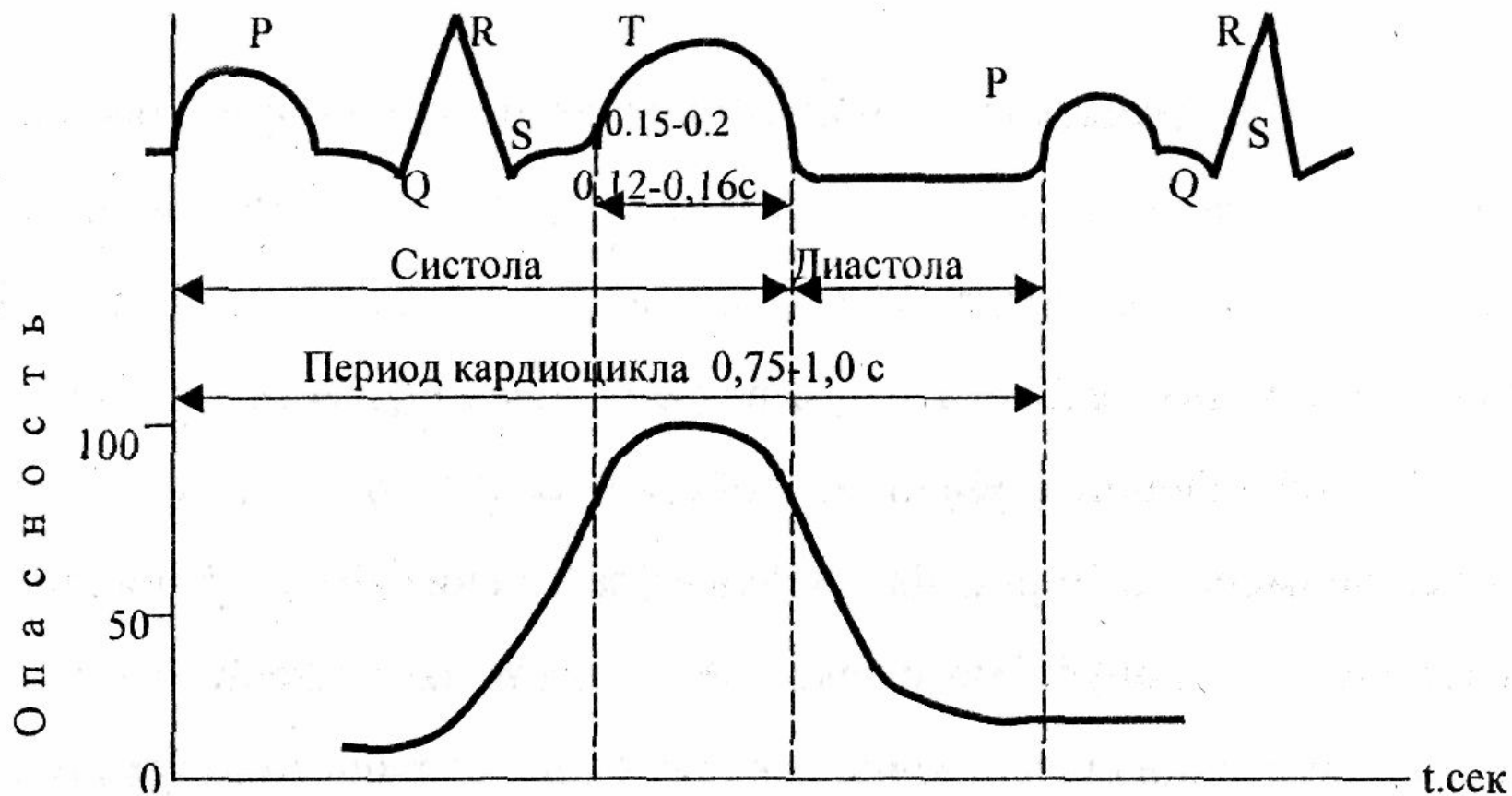
электрического поля вызывающего пробой.

$$E_{\text{пр}} = 500 - 2000 \text{ В/мм}$$

$$\text{При } d_{\text{р}} = 0,05 \text{ мм } U_{\text{пр}} = 50 \div 200 \text{ В}$$

Ток через тело человека, мА	Характер воздействия	
	Переменный ток 50 - 60 Гц	Постоянный ток
0,6 - 1,5	Начало ощущения, легкое дрожание пальцев, слабый зуд, пощипывание кожи.	Не ощущается.
2,0 - 4,0	Ощущение распространяется на запястье и слегка сводит руки, сильное дрожание пальцев.	Не ощущается.
5,0 - 7,0	Болевые ощущения усиливаются и сопровождаются судорогами во всей руке.	Начало ощущения. Зуд. Ощущение нагрева.
8,0 - 10,0	Сильные боли и судороги во всей руке. Руки трудно, но еще можно оторвать от электродов.	Усиление ощущения нагрева.
10 - 15	Едва переносимые боли. Руки невозможно оторвать от электродов.	Большое усиление нагрева.
20 - 25	Паралич рук, оторвать их от электрода невозможно. Очень сильные боли, дыхание затруднено.	Еще большее усиление нагрева. Незначительное сокращение мышц.

Ток через тело человека, мА	Характер воздействия	
	Переменный ток 50 - 60 Гц	Постоянный ток
25 - 50	Очень сильная боль в руках и груди. Дыхание крайне затруднено. Возможны паралич дыхания и потеря сознания.	Ощущение сильного нагрева, боли и судороги в руках. Едва переносимые боли при отрыве от электродов.
50 - 80	Остановка дыхания. Нарушение работы и начало фибрилляции сердца.	Ощущение очень сильного нагрева, сильные боли в руках и груди. Затруднение дыхания, судороги. Руки невозможно оторвать от электродов из-за сильных болей при отрыве.
90 - 100	Фибрилляция сердца. Остановка дыхания. Через 3 сек. и более - остановка сердца.	Остановка дыхания при длительном протекании тока.
300	То же действие за меньшее время.	Фибрилляция сердца и остановка дыхания через 2-3 сек.
Более 5000	Немедленная остановка дыхания и сердца. При длительном протекании тока (несколько секунд) тяжелые ожоги, разрушение тканей.	



Зависимость опасности поражения при протекании тока через сердце

Из таблицы видно:

1. Порог ощущения (ощутимый ток) -
ощутимые раздражения. 0,5 - 1,5 мА для $\sim I$
и 5 - 7 мА для $= I$

2. Порог неотпускающего тока
(неотпускающий ток) – человек не может
самостоятельно освободиться от
проводников действием мышц, через
которые ток проходит. 10 - 15 мА для $\sim I$ и 50
- 80 мА для $= I$

3. Порог фибрилляционного тока – ток,
вызывающий фибрилляцию сердца. 100 мА
- 5 А для $\sim I$ и 300 мА - 5 А для $= I$

Воздействие тока:

- термическое,
- механическое,
- электролитическое,
- биологическое