

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ



проф. Целебровский Юрий Викторович

Консультации – понедельник, 16⁰⁰-18⁰⁰, П-415

Переменный

Широкое применение переменного тока в промышленности и быту обязано Закону электромагнитной индукции, позволяющему:

- преобразовывать механическую энергию в электрическую,
- изменять параметры электрической энергии (напряжение и ток) до необходимых в каждом случае значений.

Переменный ток позволяет создать компактные и экономичные системы передачи большого количества электрической энергии на дальние расстояния.

Самые распространённые электрические двигатели – асинхронные работают на переменном токе.

Расширение понятия «Электрический ток»

1. Ток проводимости
2. Плотность тока проводимости
3. Ток смещения
4. Плотность тока смещения

Общие свойства электрического тока:

- Электрический ток возникает под действием электродвижущей силы.
- Для появления электрического тока необходим замкнутый путь.

Ток проводимости

Электрическим током проводимости называется направленное движение заряженных частиц в соответствии со знаком их заряда и направлением электрического поля.

Единица измерения тока – ампер (А). Ток в 1 А, протекающий по проводнику, означает, что через поперечное (току) сечение проводника за одну секунду проходят частицы с суммарным зарядом одного знака, равным 1 Кл.

$$I = \frac{q}{\tau} \quad A = \frac{\text{Кл}}{c}$$

Электрический ток является скалярной величиной.

Плотность тока проводимости

Плотностью тока проводимости называется вектор, направленный перпендикулярно площадке поперечного сечения, через которое проходит электрический ток, и равный значению тока, поделённому на площадь, через которую он проходит.

Направление вектора соответствует направлению движения положительно заряженных частиц.

$$j = \frac{I}{S}$$

При равномерной
плотности тока

$$j = \frac{\partial I}{\partial S}$$

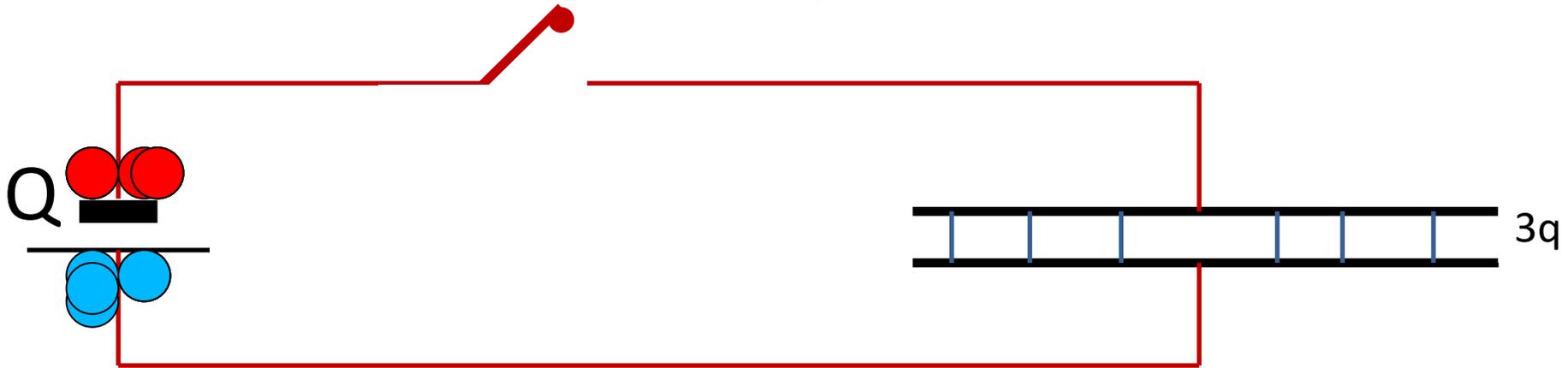
При неравномерной
плотности тока

$$[j] = \frac{A}{m^2}$$

Размерность

Плотность тока проводимости является точечной характеристикой электрического поля в проводящей среде

Ток смещения



$\frac{Q}{\tau}$ Скорость изменения потока электрического смещения $\left[\frac{\text{Кл}}{\text{с}} \right] = \text{А}$

Электрическим током смещения называется изменение потока электрического смещения во времени

$$I_{\text{смещения}} = \frac{\partial Q}{\partial \tau}$$

Плотность тока смещения

Каждая точка поля характеризуется векторной величиной - D , называемой «плотность потока электрического смещения».

$$D = \frac{\partial Q}{\partial S} \left[\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2} \right]$$

При изменении электрического поля изменяется и плотность потока электрического смещения в каждой его точке со

скорость

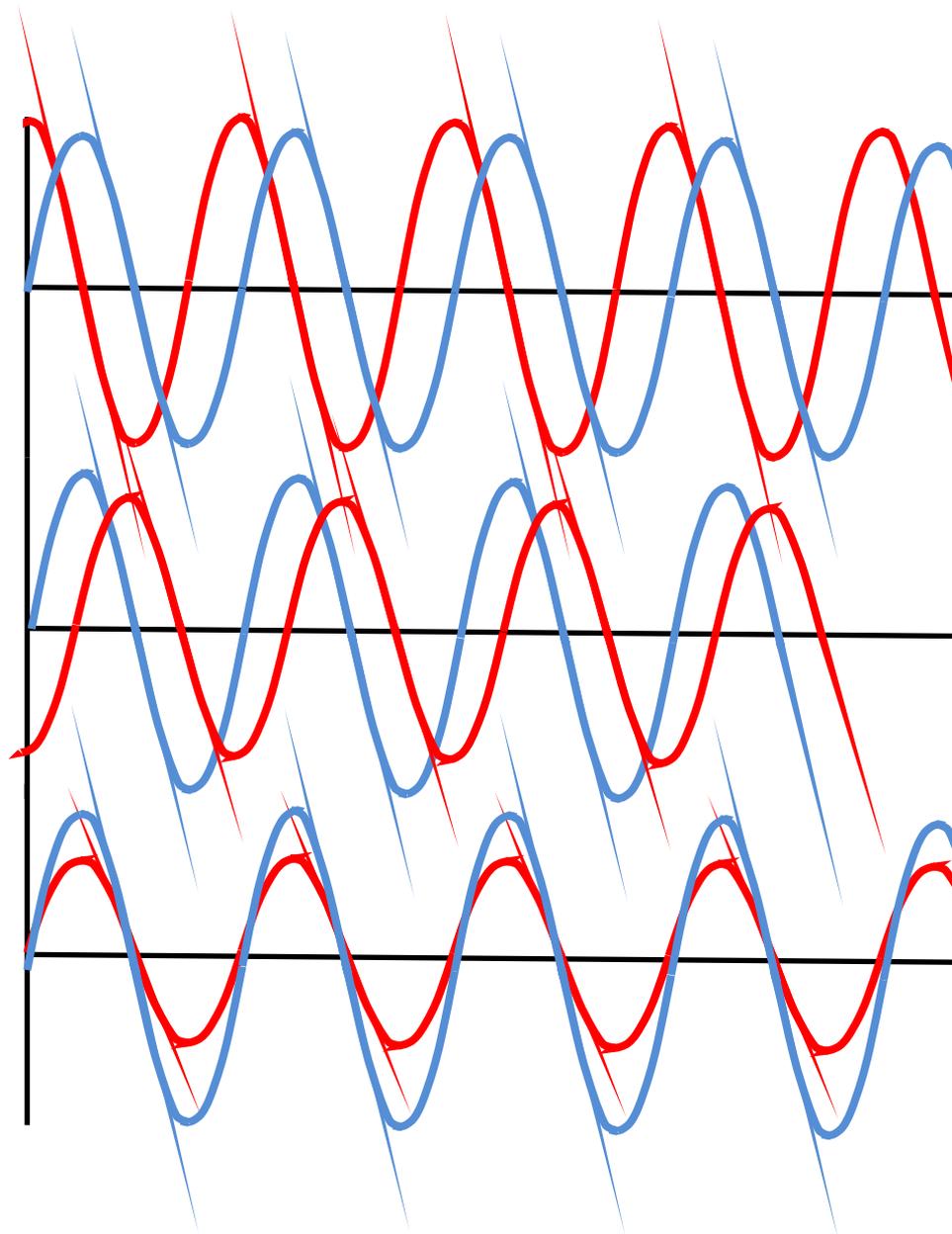
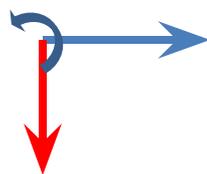
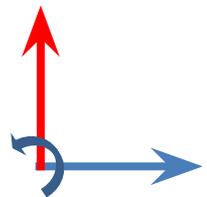
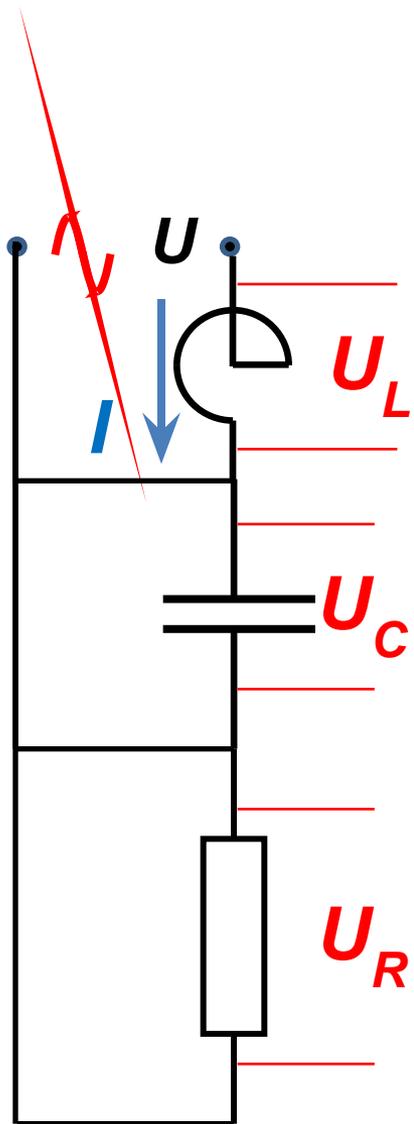
$$\frac{\partial D}{\partial \tau} \left[\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right]$$

\rightarrow **A**

- (*Плотность тока смещения*)

Постоянный ток смещения – изменение плотности потока электрического смещения в одном направлении (увеличение или уменьшение).

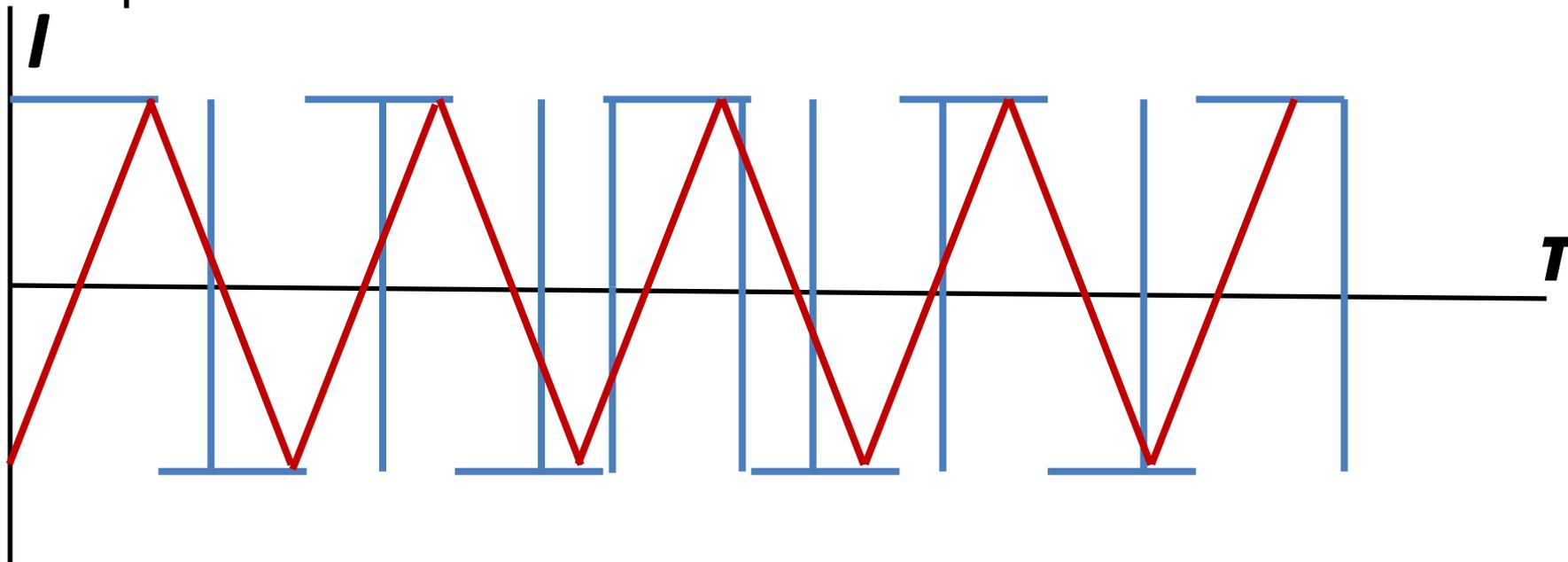
Переменный ток смещения – чередующиеся изменения направления и модуля вектора плотности потока электрического смещения.



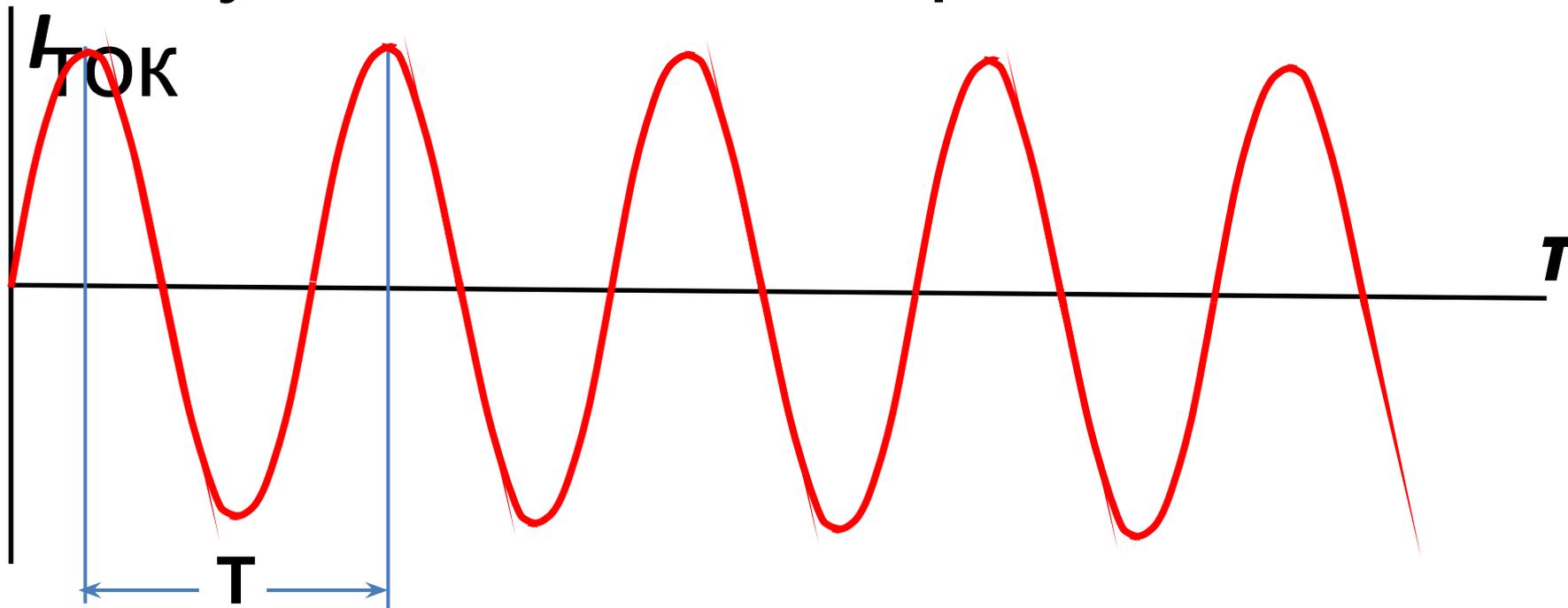
Постоянный ток – электрический ток, вектор плотности которого не меняет направление со временем.

Переменный ток – электрический ток, вектор плотности которого постоянно меняет направление со временем.

Периодический переменный ток – электрический ток, плотность которого через определённые промежутки времени (**периоды**) повторяет значения своего модуля и направления.



Синусоидальный переменный

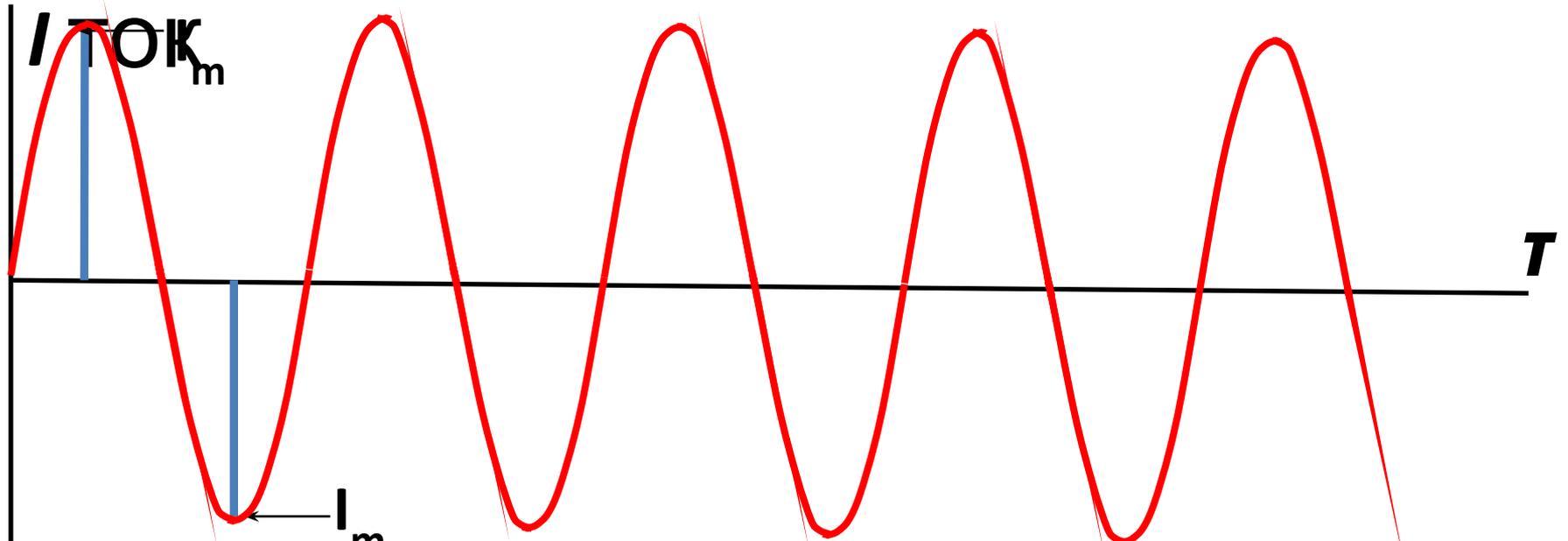


Периодом переменного тока **T** называется минимальный отрезок времени между двумя одинаковыми (по модулю и направлению, кроме нулевых) значениями плотности тока.

Величина, обратная периоду, называется частотой переменного тока

$$f = \frac{1}{T} \quad \left[\frac{1}{c} \right] = [\text{герц}], [\text{Гц}]$$

Синусоидальный переменный



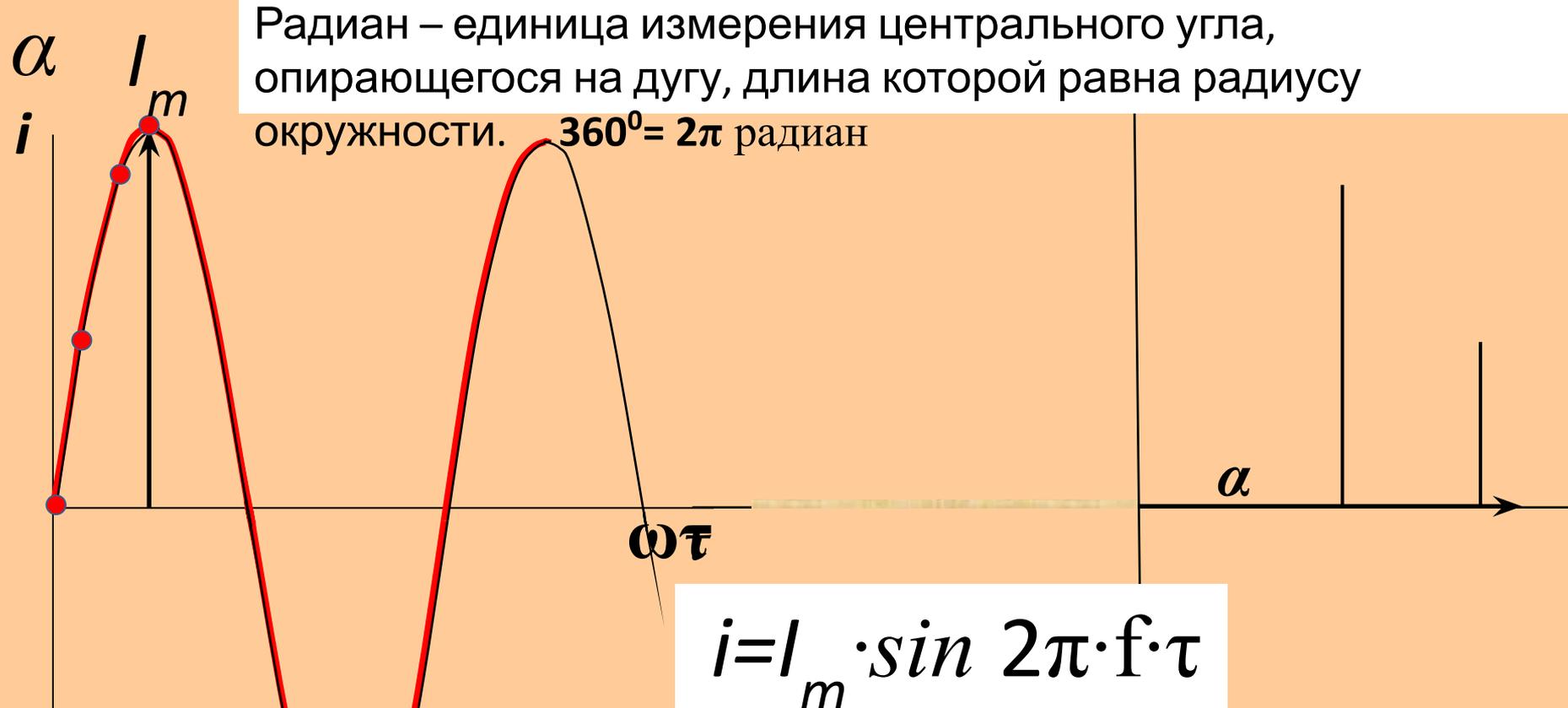
Амплитудой переменного тока I_m называется максимальное абсолютное значение тока за один полупериод колебаний

Действующее значение переменного тока I_d равно значению такого постоянного тока, который выделяет в одном и том же проводнике за одинаковое время то же количество теплоты, что и переменный ток. Для синусоидально

$$I_d = \frac{I_m}{\sqrt{2}}$$

Синусоидальный переменный ток

Мгновенное значение синусоидального тока: $i = I_m \cdot \sin \alpha$

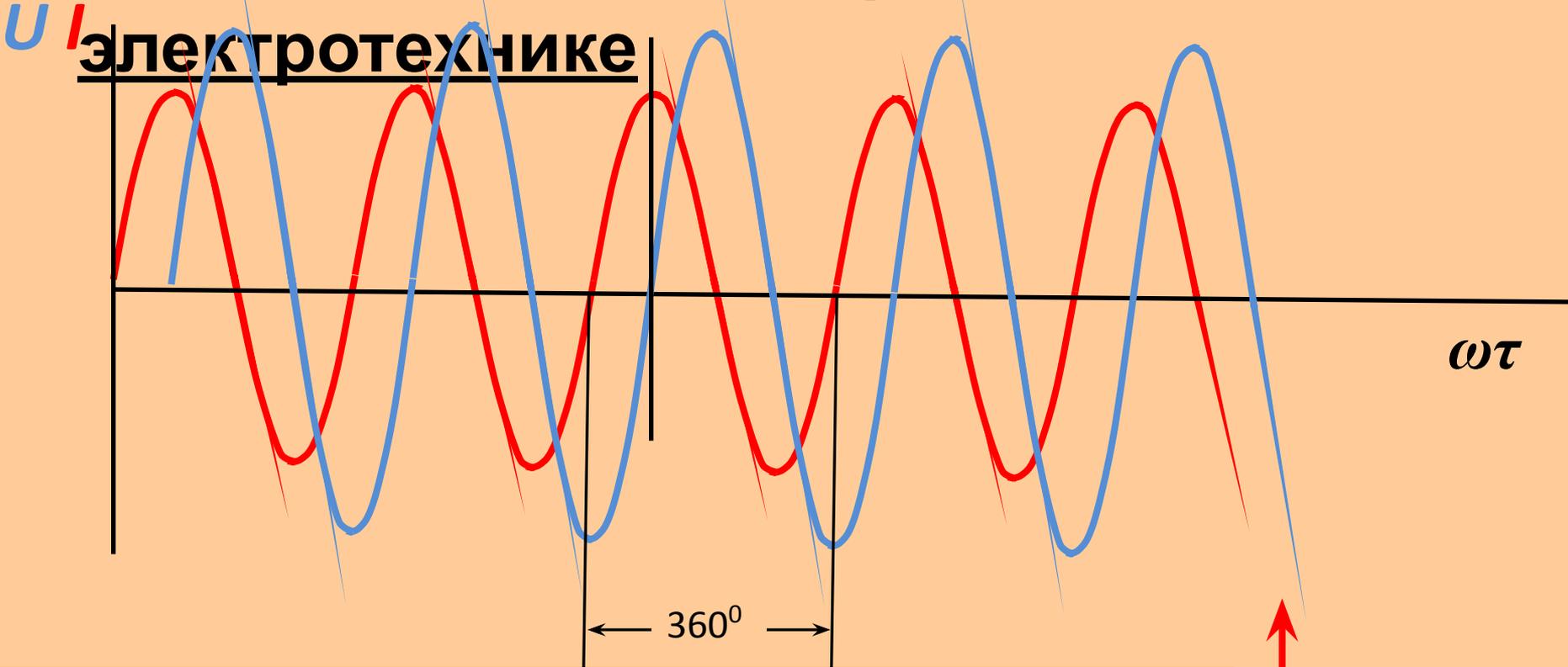


Аргумент синуса $2\pi f t$, определяющий стадию или фазу синусоидального изменения тока, называется фазным углом или просто **ф а з о й**

Синусоидальный переменный ток

Символические векторы в

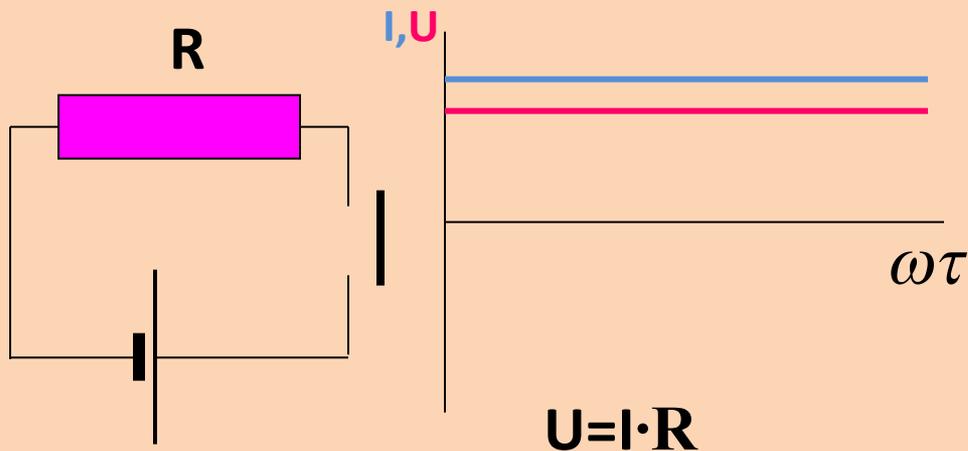
электротехнике



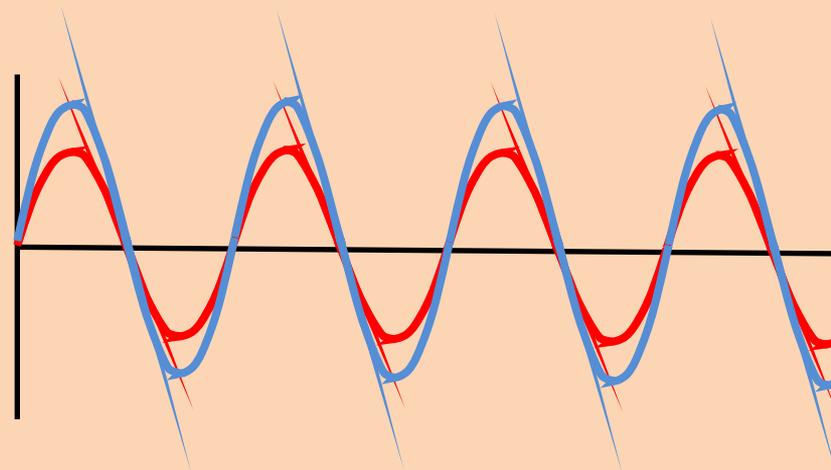
Символический вектор – графическое изображение синусоидального тока в виде прямой, поворачивающейся против часовой стрелки вокруг центра, закреплённого в начале прямой. При этом длина символического вектора равна амплитуде, его проекция на вертикальную ось – мгновенному значению, а частота оборота соответствует частоте переменного тока.

Символические векторы в электротехнике

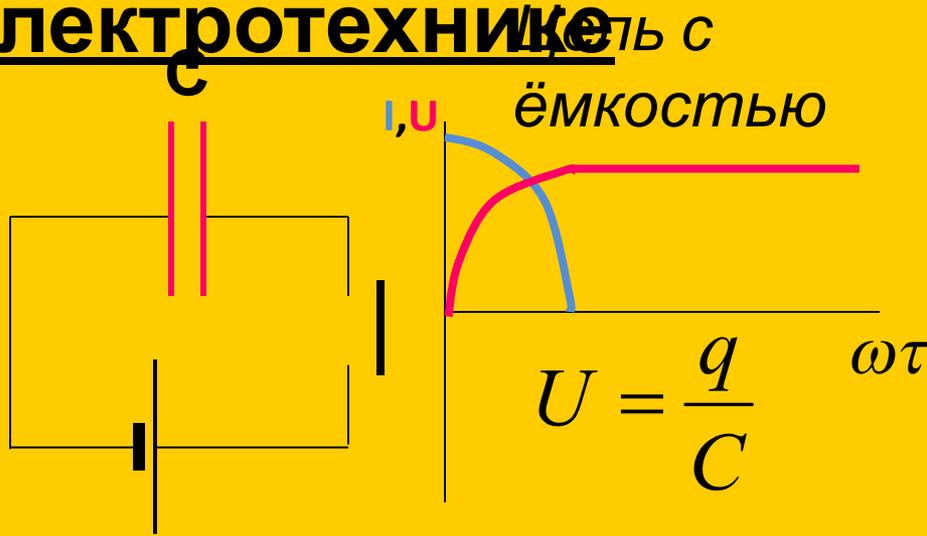
Цепь с активным
сопротивлением



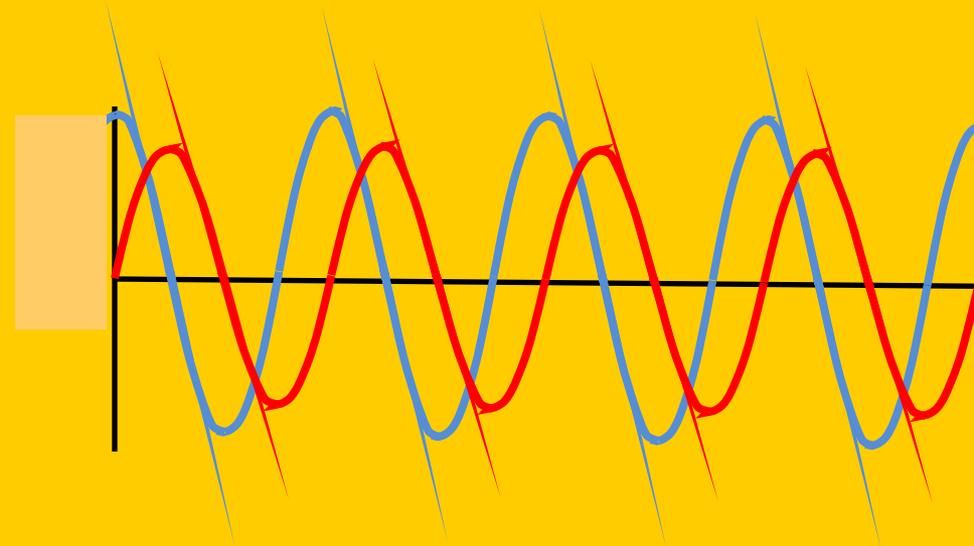
В цепи переменного тока с активным сопротивлением ток совпадает по фазе с напряжением.



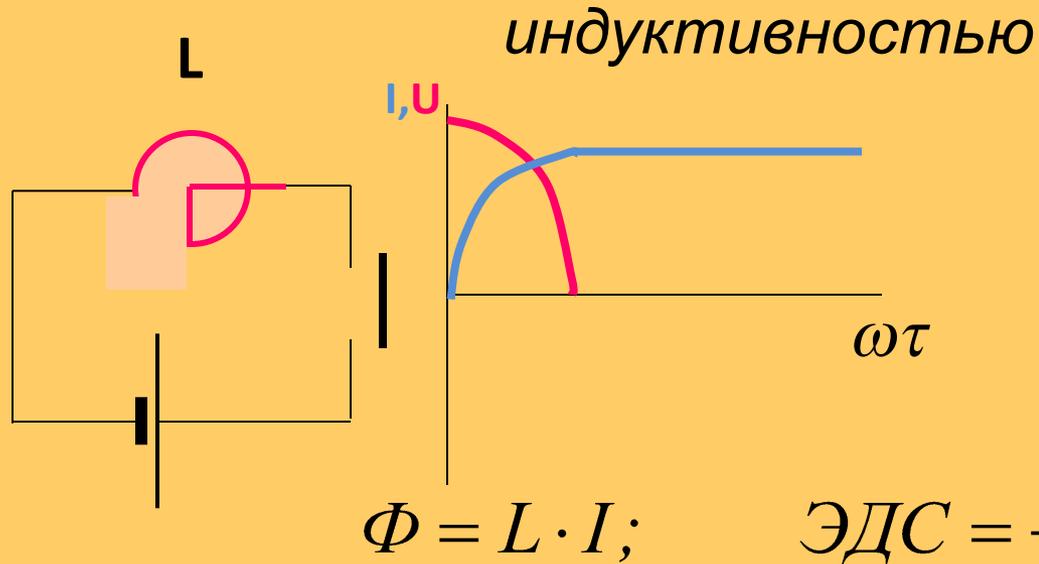
Символические векторы в электротехнике



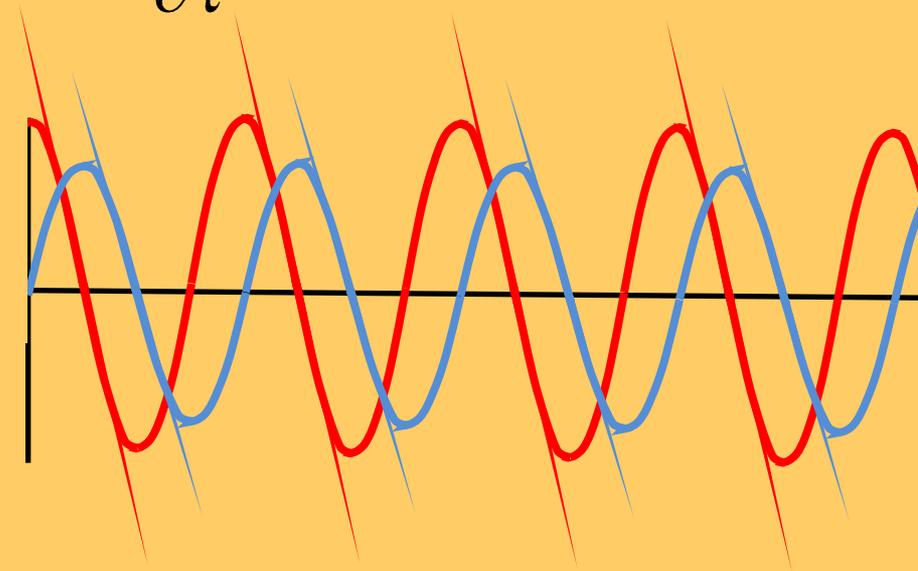
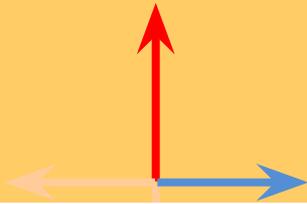
В цепи переменного тока с ёмкостью ток опережает напряжение на 90°



Символические векторы в электротехнике



В цепи переменного тока с индуктивностью ток отстаёт от напряжения на 90°



Электроустановки переменного тока



Электроустановка однофазного переменного
тока

I – действующее значение переменного тока

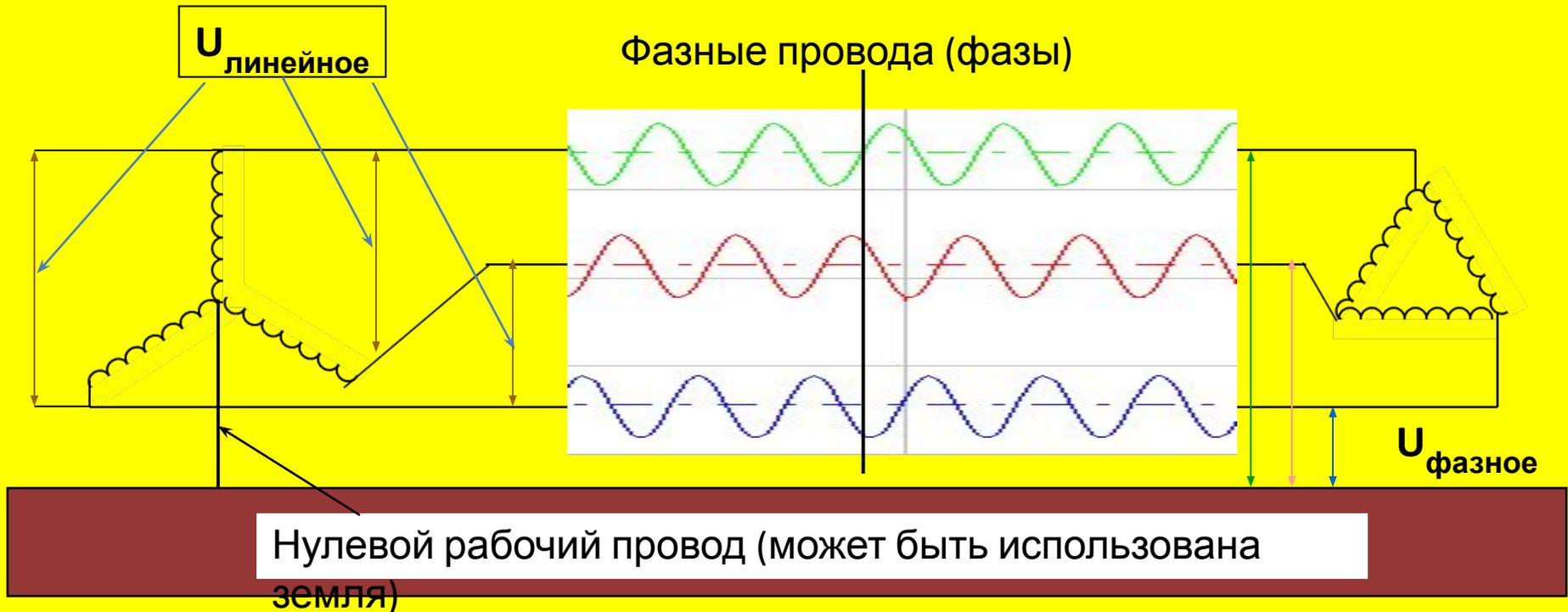
$$I_{\text{действующее}} = \frac{I_{\text{амплитудное}}}{\sqrt{2}}$$

U – действующее значение напряжения

$$U_{\text{действующее}} = \frac{U_{\text{амплитудное}}}{\sqrt{2}}$$

Электроустановки переменного тока

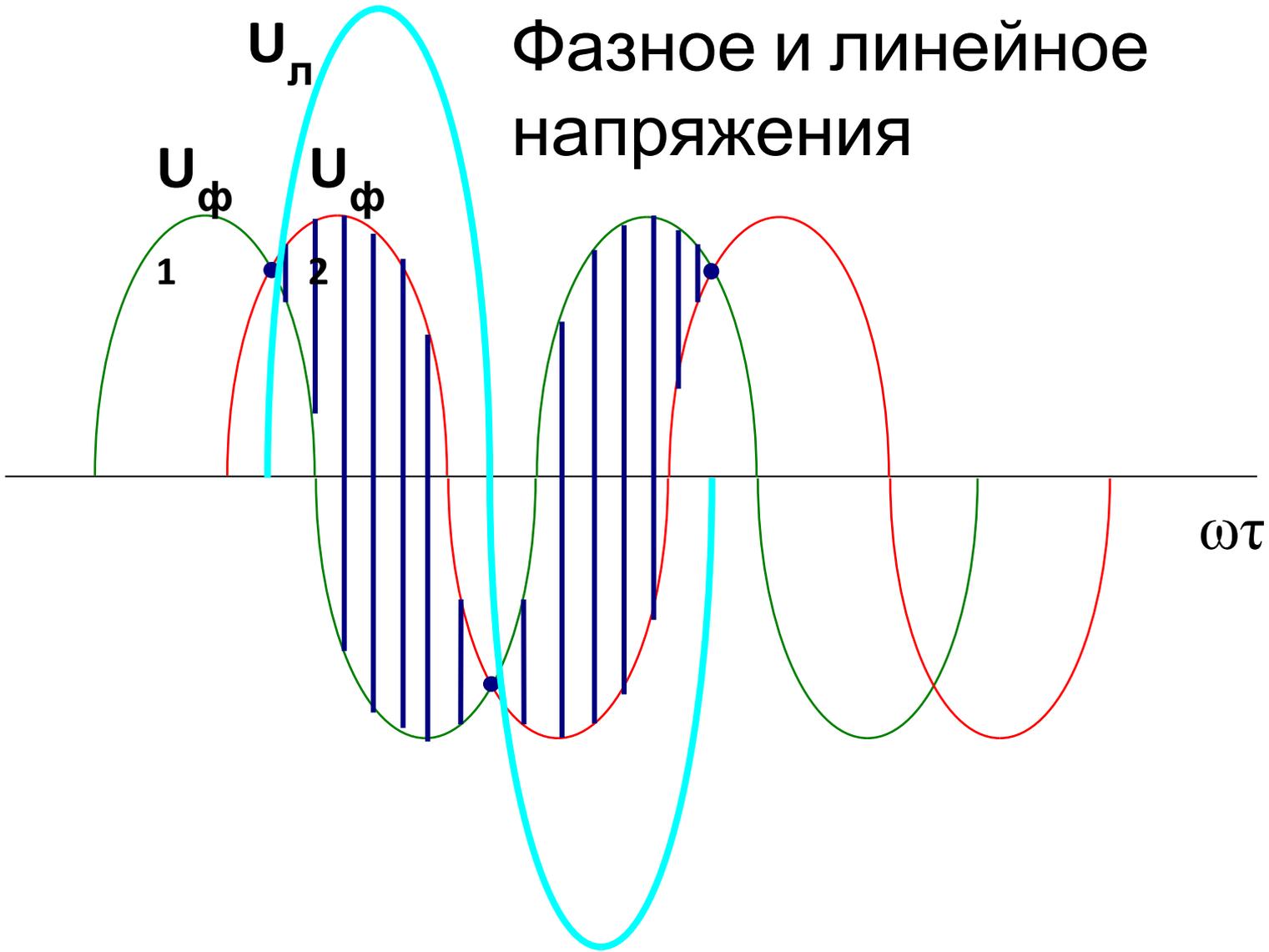
Электроустановка трехфазного переменного тока



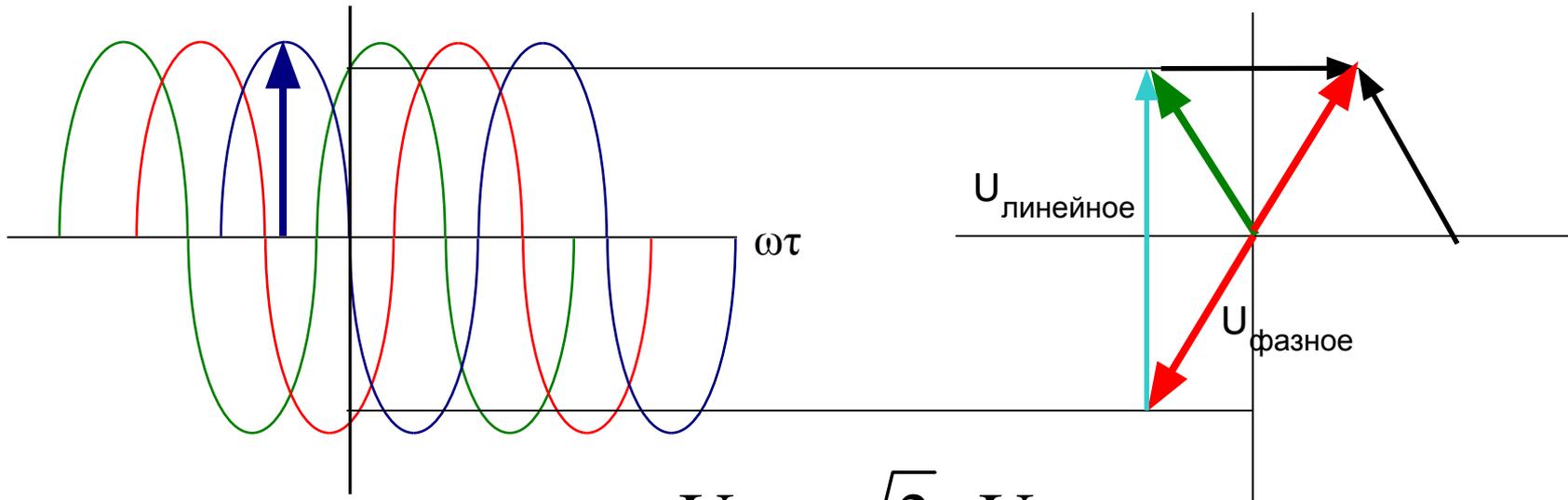
При одинаковых действующих значениях токов по фазным проводам ток в нулевом рабочем проводе равен нулю.

$$P_{1\phi} = U_{\phi} \cdot I ; \quad P_{3\phi} = 3U_{\phi} \cdot I$$

Фазное и линейное напряжения



Фазное и линейное напряжения

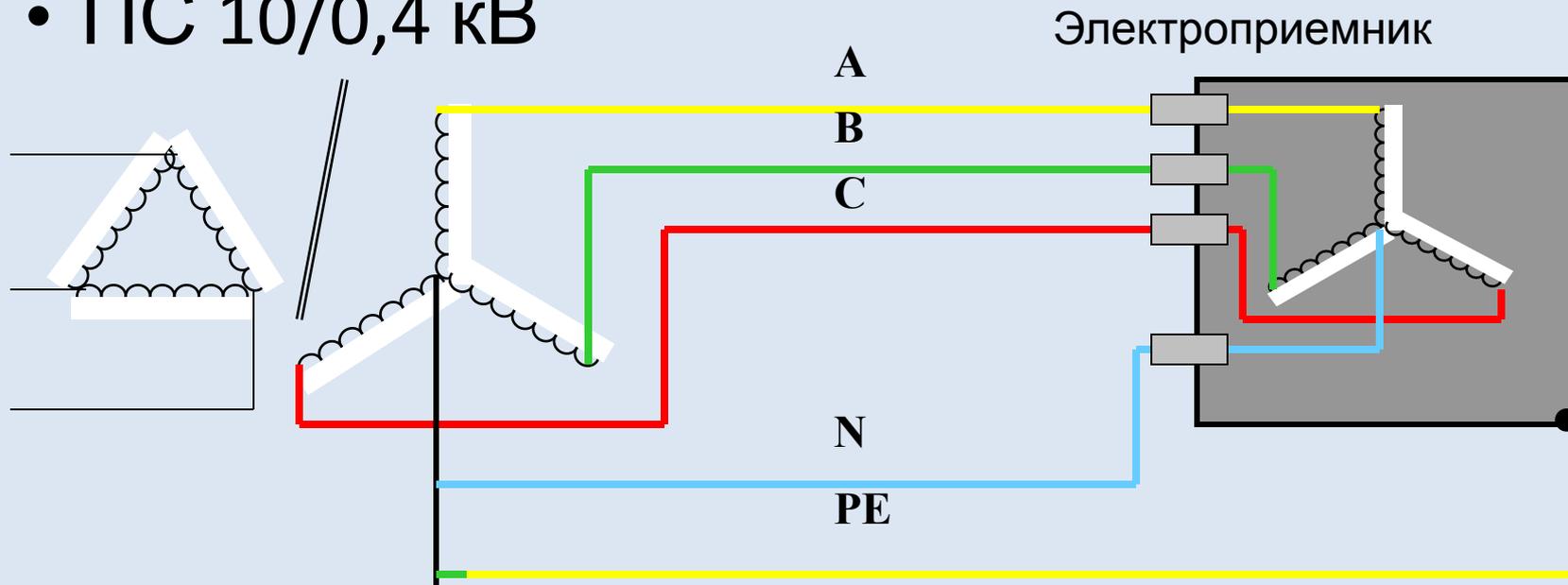


$$U_{\text{л}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ф}}$$

$$P_{3\phi} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot I$$

Электроустановки напряжением 0,4 кВ с глухозаземленной нейтралью

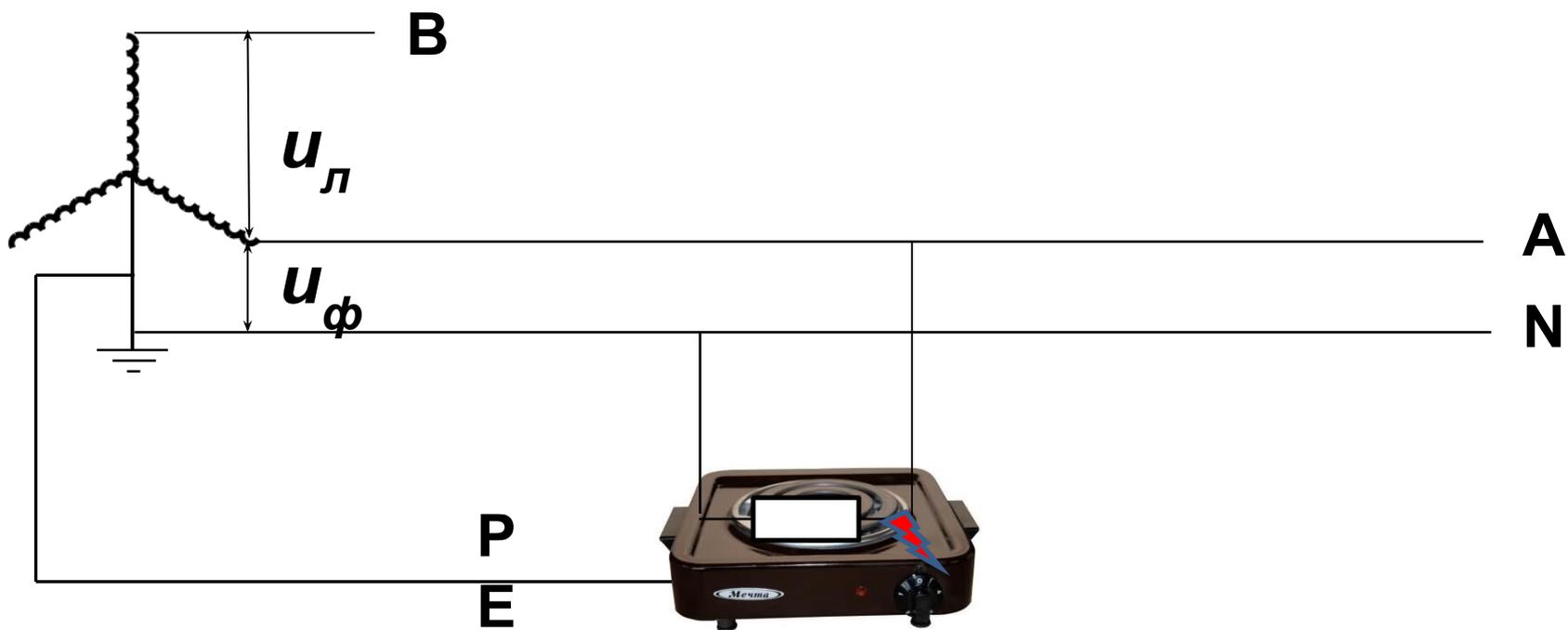
- ПС 10/0,4 кВ



A, B, C – фазные проводники (**A**-жёлтый, **B**-зелёный, **C** –

N – нулевой рабочий проводник

PE – нулевой защитный проводник (желто-зелёный)



Основные понятия переменного

i, u - мгновенное значение тока (напряжения)

I_m, U_m - амплитудное значение тока (напряжения)

I_d - действующее значение тока

U_d - действующее значение напряжения

U_ϕ - фазное напряжение

$U_l (U_{ном})$ - линейное (номинальное) напряжение

A, B, C - обозначения фазных проводов

N - нулевой рабочий проводник

PE - нулевой защитный проводник

Лекция окончена.

***Прошу задавать вопросы.
Можно в письменном виде.***