

# КАБИНЕТ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

[artstend.ru](http://artstend.ru)

# При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.

**Закон Ома**  
 Закон Ома для пассивного участка цепи.

$U_{ab} = I \cdot r$  или  $I = \frac{U_{ab}}{r} = \frac{\Phi_a - \Phi_b}{r}$

Внутреннее сопротивление источника

**Закон Ома для активного участка**

$I = \frac{U_{ac} + E}{r}$  В источнике ток направлен от (-) к (+)

$I = \frac{U_{ac} - E}{r}$  В потребителе ток направлен от (+) к (-)

Напряжение на зажимах потребителя больше его ЭДС на величину внутреннего падения напряжения  $I \cdot r$

**Законы Кирхгофа**

**Первый закон Кирхгофа**

$\sum_{k=1}^n I_k = 0$

n - число токов в узле

$I = I_1 + I_2$

Алгебраическая сумма токов в узле электрической цепи равна нулю

**Второй закон Кирхгофа** a-b-c-d-a - замкнутый контур в разветвленной цепи

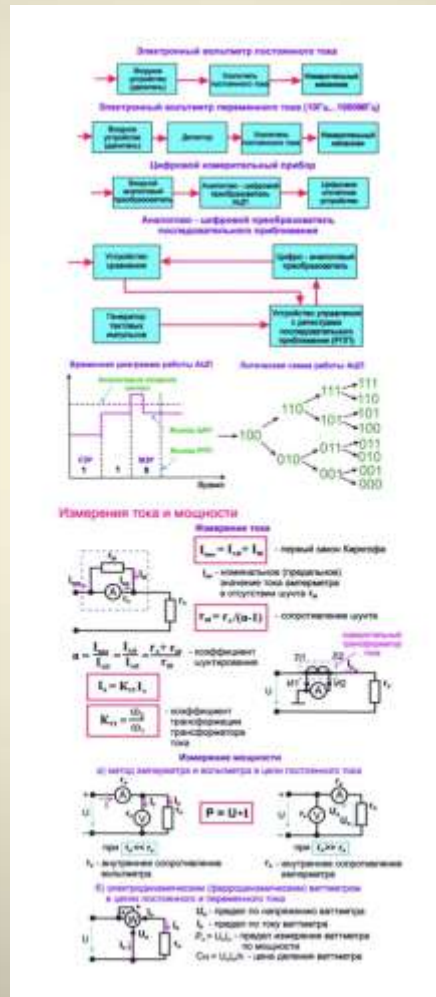
$\sum_{k=1}^n E_k = \sum_{k=1}^m I_k \cdot r_k$

n - число ЭДС в контуре  
 m - число сопротивлений в контуре

$E_1 - E_2 - E_3 = I_1 \cdot r_1 - I_2 \cdot r_2 - I_3 \cdot r_3 - I_3 \cdot r_5$

В замкнутом контуре алгебраическая сумма Э.Д.С. равна алгебраической сумме падений напряжений

# При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.



При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.



# При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.

**Перед и режимы работы электродвигателя**

Перед двигателя:  $t = t_{\text{пер}}(1 - e^{-kT_1})$

Режимы двигателя:  $t = t_{\text{пер}}e^{-kT_2}$

$t = t_{\text{пер}}(1 - e^{-kT_1})$  и  $t = t_{\text{пер}}e^{-kT_2}$

$T_1, T_2$  - постоянные времени нагрева и охлаждения

$k = \frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}$  - коэффициент

Трехфазный электродвигатель работает под температурой окружающей среды

**Длительный режим работы**

**Кратковременный режим работы**

**Получено кратковременный режим работы**

Во время работы по температуре за время работы по температуре двигатель достигает  $t_{\text{пер}}$  и за время паузы не достигает температуры среды

Во время работы по температуре двигатель не достигает  $t_{\text{пер}}$  и за время паузы не достигает температуры среды

Во время работы по температуре двигатель не достигает  $t_{\text{пер}}$  и за время паузы не достигает температуры среды

**Управление электродвигателем**

Управление наведением приводом переменного тока

Управление реверсированием приводом переменного тока

а) б)

Принцип работы инвертирующего привода (инвертирующий мост) - инвертирующий мост с частотой  $f_{\text{инв}} = 2f_{\text{эл}}$  и частотой  $f_{\text{эл}} = 50$  Гц. Частота  $f_{\text{эл}}$  - частота питающей сети. Схема "а" обеспечивает движение электродвигателя вперед. Схема "б" обеспечивает движение электродвигателя назад.

Принцип работы реверсивного привода (реверсивный мост) - реверсивный мост с частотой  $f_{\text{рев}} = 2f_{\text{эл}}$  и частотой  $f_{\text{эл}} = 50$  Гц. Частота  $f_{\text{эл}}$  - частота питающей сети. Схема "а" обеспечивает движение электродвигателя вперед. Схема "б" обеспечивает движение электродвигателя назад.

**Алгоритм работы электродвигателя**

Алгоритм управления электродвигателем

Электродвигатель

1. Кнопка электродвигателя  
2. Сигналы  
3. Возвратная пружина  
4. Выход (обратная часть) контактной системы  
5. Размыкающие контакты  
6. Запирающие контакты

$K_{\text{эл}}$  - значение величины срабатывания контактной системы, при которой реле включается

$K_{\text{откл}}$  - значение величины отсрочки контактной системы, при которой реле отключается

$K_{\text{кв}}$  - коэффициент возврата реле

При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.

**Одноразные цепи синусоидального тока**  
**Активное сопротивление в цепи синусоидального тока**

**Закон Ома**  
 $i = U/R \sin(\omega t)$      $U = U_m \sin(\omega t)$      $i = I_m \sin(\omega t)$      $R = U/I$

**Векторные диаграммы**  
    **Векторная диаграмма работы с R**

На участке с активным сопротивлением ток и напряжение совпадают по фазе!

**Мгновенная полезная мощность**  
 $P = U \cdot I$

**Мгновенная полезная мощность**  
 $p = u \cdot i = U_m I_m \sin^2(\omega t) = U I (1 - \cos 2\omega t)$

**Средняя полезная мощность**  
 $P_{av} = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = \frac{U I}{T} \int_0^T (1 - \cos 2\omega t) dt = U I$

В электрической цепи активное сопротивление выделяет наибольшее количество энергии в электрических устройствах: электродвигатели, лампы накаливания, электронагревательные приборы, электродвигатели и т.д.

---

**Одноразные цепи синусоидального тока**  
**Индуктивное сопротивление в цепи синусоидального тока**

**Векторные диаграммы**  
    **Векторная диаграмма**

**Закон Ома**  
 $X_L = \omega L = 2\pi f L$      $U_L = I X_L$   
 $i = I_m \sin(\omega t)$ ;     $u = U_m \sin(\omega t + 90^\circ)$

**Мгновенная полезная мощность**  
 $P = \frac{1}{T} \int_0^T p dt = 0$

$Q_L = U_L I_L$      $Q_L$  характеризует перемещение энергии магнитной энергии в электрической цепи и является полной мощностью.

---

**Трёхфазные электросети**  
**Соединение потребителей по схеме "треугольник"**  
**расчёт тока при несимметричной нагрузке**

**Дельта-соединение**  
         $R_A \neq R_B \neq R_C$   
 $\frac{U_A}{R_A} = \frac{U_B}{R_B} = \frac{U_C}{R_C}$   
 $I_A = \frac{U_A}{R_A}$   
 $I_B = \frac{U_B}{R_B}$   
 $I_C = \frac{U_C}{R_C}$

**Звезда-соединение**  
         $\frac{U_A}{R_A} = \frac{U_B}{R_B} = \frac{U_C}{R_C}$   
 $I_A = \frac{U_A}{R_A}$   
 $I_B = \frac{U_B}{R_B}$   
 $I_C = \frac{U_C}{R_C}$   
 $\cos \phi = \frac{P}{S}$

При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.

**Параллельное соединение потребителей**

**Гидравлическая аналогия**

$I = \frac{U}{R_0} = I_1 + I_2 + I_3 = \sum I_k$ ; - общий ток  
 $I_1 = \frac{U}{R_1} = U \cdot g_1$ ;  $I_2 = \frac{U}{R_2} = U \cdot g_2$ ;  $I_3 = \frac{U}{R_3} = U \cdot g_3$ ; - ток потребителю  
 $\frac{1}{R_0} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \sum \frac{1}{R_k}$ ;  $g_0 = g_1 + g_2 + g_3 = \sum g_k$ ;  
 $R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2}$ ;  $I_1 = I \cdot \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ ;  $I_2 = I \cdot \frac{R_1}{R_1 + R_2}$   
 $R_0 = \frac{R_1 \cdot R_2 \cdot R_3}{R_1 \cdot R_2 + R_1 \cdot R_3 + R_2 \cdot R_3}$ ;  $I_1 = I \cdot \frac{R_2 \cdot R_3}{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2}$ ;  $I_2 = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_3}{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2}$ ;  $I_3 = I \cdot \frac{R_1 \cdot R_2}{R_2 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_3 + R_1 \cdot R_2}$

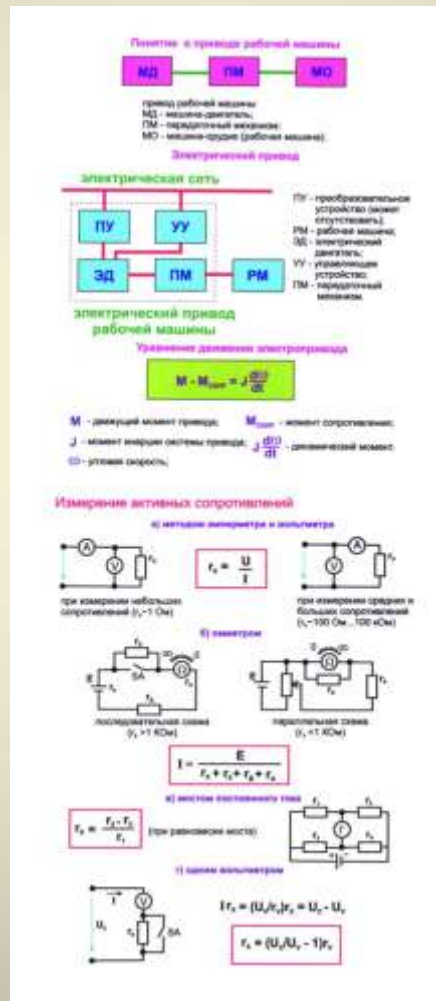
Ток в ветви распределяется обратно пропорционально сопротивлению этих ветвей  
 Распределение тока при изменении сопротивления в  $R_0$

$P = U \cdot I = \sum P_k = P_1 + P_2 = U \cdot I_1 + U \cdot I_2 = I_1^2 \cdot R_1 + I_2^2 \cdot R_2$  [Вт]

**Структурная схема аналогового электромедиающего прибора**

Классификация	Задаваемые условия обозначения	Условные обозначения	Задаваемые условия обозначения
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт и трансформатор тока (электрический прибор)
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Шунт для работы в цепи постоянного тока
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт
	Магнитопроводный шунт и трансформатор тока		Магнитопроводный шунт

# При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.





# При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.

### Последовательное соединение источников и потребителей

$E_{\Sigma} = E_1 + E_2$  Эквивалентная ЭДС цепи  
 $R_{\Sigma} = R_{вт1} + R_{вт2}$  Эквивалентное сопротивление цепи  
 $I = \frac{E}{R_{\Sigma}} = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_{вт1} + R_2 + R_{вт2}}$

$U_1 = E_1 - I R_{вт1}$  - напряжение на зажимах первого источника  
 $U_2 = E_2 - I R_{вт2}$  - напряжение на зажимах второго источника  
 $U = U_1 + U_2$  - напряжение на зажимах потребителя

$R_{\Sigma} = R_1 + R_2 = \sum_{i=1}^n R_i$  Эквивалентное сопротивление  
 $I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{U}{\sum R_i}$  Ток в цепи  
 $U_1 = I \cdot R_1$ ;  $U_2 = I \cdot R_2$

$U_1 : U_2 = R_1 : R_2$

Перераспределение в нагрузочной цепи  
 Изменяемые соотношения сопротивлений

### Параллельное соединение источников

$U_{\Sigma} = U_{вт} = U_{вт} - E_1$  Эквивалентный источник ЭДС  $E_{\Sigma}$  с внутренним сопротивлением  $R_{\Sigma}$   
 Неэлектрический источник на параллельную работу

$\frac{1}{R_{\Sigma}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \sum \frac{1}{R_i}$  или  $G_{\Sigma} = G_1 + G_2 = \sum G_i$

$E_{\Sigma} = U_{вт} = \frac{E_1 \cdot \frac{1}{R_1} + E_2 \cdot \frac{1}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{E_1 G_1 + E_2 G_2}{G_1 + G_2} = \frac{\sum E_i G_i}{\sum G_i}$  ЭДС эквивалентного источника (напряжение холостого хода)

$I_{\Sigma} = \frac{E_{\Sigma} - U_{вт}}{R_{\Sigma}} = I_1 + I_2$   
 $I_1$  - ток нагрузки

Эквивалентная

$U_{вт} = \frac{E_1 G_1 + E_2 G_2}{G_1 + G_2 + G_{наг}}$  - межэлектродное напряжение (напряжение на нагрузке)

$I_1 = \frac{E_1 - U_{вт}}{R_1}$  - ток первого источника     $I_2 = \frac{E_2 - U_{вт}}{R_2}$  - ток второго источника

При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.

**Преобразование энергии в асинхронном двигателе**

$P_1 = P_2 + P_{\Sigma}$   
 $P_2 = P_{\Sigma} + P_{\Sigma}$   
 (на 1 динию, преобразованная)

Преобразование энергии в асинхронном двигателе

Преобразование энергии в асинхронном генераторе

$P_1 = P_2 + P_{\Sigma}$   
 $P_2 = P_{\Sigma} + P_{\Sigma}$   
 (на 1 динию, преобразованная)

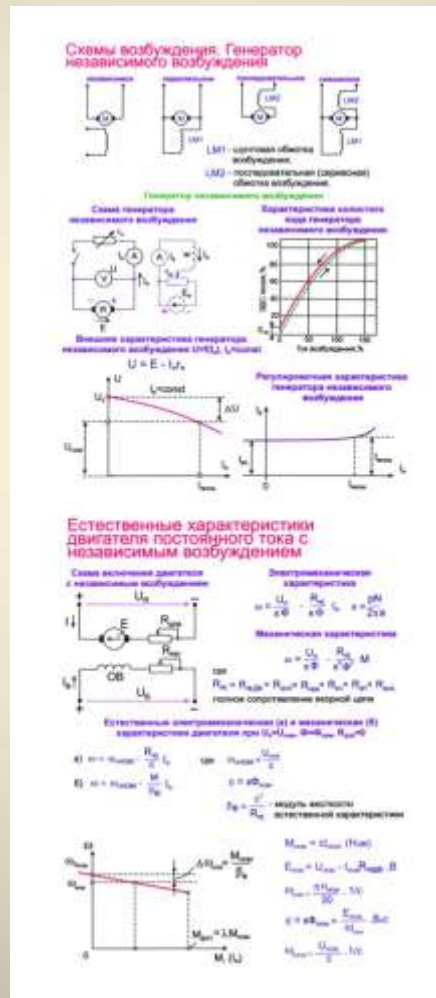
Преобразование энергии в асинхронном генераторе

**Энергетическая диаграмма и момент на валу асинхронного двигателя**

$P_1 = P_2 + P_{\Sigma}$   
 $P_2 = P_{\Sigma} + P_{\Sigma}$   
 $P_{\Sigma} = P_{\Sigma 1} + P_{\Sigma 2} + P_{\Sigma 3} + P_{\Sigma 4} + P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 1} = P_{\Sigma 2} + P_{\Sigma 3} + P_{\Sigma 4} + P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 2} = P_{\Sigma 3} + P_{\Sigma 4} + P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 3} = P_{\Sigma 4} + P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 4} = P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 5} = P_{\Sigma 5}$

$P_1 = P_2 + P_{\Sigma}$   
 $P_2 = P_{\Sigma} + P_{\Sigma}$   
 $P_{\Sigma} = P_{\Sigma 1} + P_{\Sigma 2} + P_{\Sigma 3} + P_{\Sigma 4} + P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 1} = P_{\Sigma 2} + P_{\Sigma 3} + P_{\Sigma 4} + P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 2} = P_{\Sigma 3} + P_{\Sigma 4} + P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 3} = P_{\Sigma 4} + P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 4} = P_{\Sigma 5}$   
 $P_{\Sigma 5} = P_{\Sigma 5}$

# При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.



# При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.

### Принцип действия однофазного трансформатора



Переменная магнитная поле индуцирует ЭДС:

$$E_1 = 4,44k_1 f \Phi_m$$

$$E_2 = 4,44k_2 f \Phi_m$$

$$\frac{E_2}{E_1} = \frac{W_2}{W_1} = k - \text{коэффициент трансформации}$$

Уравнение напряжений первичной обмотки:

$$U_1 = -E_1 + I_1(R_1 + jX_1)$$

где  $R_1$  - активное сопротивление первичной обмотки, связанное с потерями на нагрев обмотки,  $X_1$  - индуктивное сопротивление обмотки, связанное с потерями рассеяния.

Уравнение напряжений вторичной обмотки:

$$U_2 = -E_2 + I_2(R_2 + jX_2)$$

где  $R_2$  связано с потерями на нагрев обмотки,  $X_2$  связано с потерями рассеяния.

---

### Режимы работы трансформатора

**Режим холостого хода**

$$Z_m \rightarrow \infty, I_2 = 0$$

$$U_{10} = E_1, I_1 = I_0 = (1 + 10\%) I_{10}$$

$$U_1 = E_1 = 4,44k_1 f \Phi_m$$

**Выходы:**  
 Амплитуда магнитного потока в сердечнике 4ππ пропорциональна напряжению в обмотке и не зависит от режима работы.

**Режим короткого замыкания**

$$Z_m = 0, U_2 = 0, I_{1(кз)} = \frac{E_1}{\sqrt{R_1^2 + X_1^2}}$$

$$I_{1(кз)} \gg I_{20}$$

Для большинства трансформаторов режим короткого замыкания - аварийный режим.

**Полная нагрузка**

$$0 < Z_m < \infty$$

Действие для МДС, создавая магнитный поток:

$$\Phi_1 = \frac{I_1 W_1}{R_{маг1}}, \Phi_2 = \frac{I_2 W_2}{R_{маг2}}$$

**Результующий магнитный поток:**  
 $\Phi = \Phi_1 + \Phi_2$

Уравнение магнитодвижущей силы:

$$I_1 W_1 = I_2 W_2$$

Тогда относительная обмотка:

$$I_1 = I_2 \frac{W_2}{W_1}$$

Зависит от тока вторичной обмотки (тока нагрузки). Чем больше ток нагрузки, тем больше потребляется из сети ток.

---

### Трехфазный трансформатор



**Трансформатор с независимой магнитной цепью**

Связи обмоточных обмоток:

$$U_{1A} = U_{1B} = U_{1C}$$

Коэффициенты трансформации:

$$k = \frac{E_{1A}}{U_{1A}} = \frac{W_{1A}}{W_{1B}} = \frac{W_{1A}}{W_{1C}}$$

$$k = \frac{E_{2A}}{U_{2A}} = \frac{W_{2A}}{W_{2B}} = \frac{W_{2A}}{W_{2C}}$$

Примеры КУ, АД:  $k_{12} = k_{23}$

**Трансформатор со связной магнитной цепью**

Третья обмоточная обмотка - связь по фазе между левыми и правыми и средней сторонами, расположенными по часовой стрелке и движению на 30.

Детально ГОСТ допускается 3/2/3 и 11 группы соединений.

При размере 600x1500мм, цена плакат: 900 руб., стенд: 1890 руб.

