



Астраханский государственный технический  
университет

Кафедра электротехники

Методические указания к самостоятельной работе студентов

# *Однофазные цепи синусоидального тока*

Разработчик: ассистент Сенина О.А.

Научный консультант: профессор Зайнутдинова Л.Х.

[Начать  
работу](#)

# Содержание

1. Основные теоретические сведения: основные понятия о переменном токе, идеальные и реальные элементы в цепи синусоидального тока.
2. Практическое задание: расчет однофазной цепи синусоидального тока.
3. Математическая поддержка: векторы и действия над ними.
4. Задачи для самостоятельного решения.

Продолжит

ь

# Основные теоретические сведения

- **Переменный электрический ток** — это ток, изменяющийся с течением времени.
- Значение этой величины в рассматриваемый момент времени называется **мгновенным значением тока  $i$** .

Продолжит

ь

- Наиболее распространен переменный синусоидальный ток, являющийся синусоидальной функцией времени.
- Переменный синусоидальный сигнал характеризуется:
  - периодом  $T$ , который выражается в секундах (с),
  - частотой  $f$  - величиной, обратной периоду, выражается в герцах (Гц).
  - круговой частотой  $\omega = 2\pi f$  (1/с).

Продолжит

ь

- Мгновенные значения тока:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i),$$

где  $i$  – мгновенное значение тока, А;

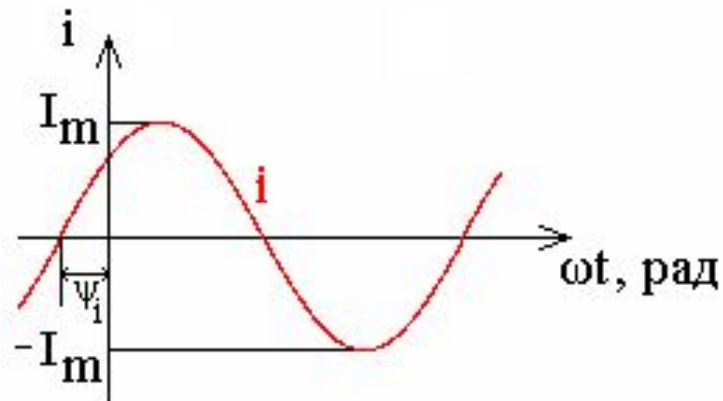
$I_m$  – амплитудное значение тока, А;

$\omega$  – круговая (угловая) частота, 1/с;

$\psi_i$  – начальная фаза тока;

$t$  – время, с.

Синусоидальные величины принято изображать графиками в виде зависимости от  $\omega t$ . На данном графике  $\psi_i > 0$ .

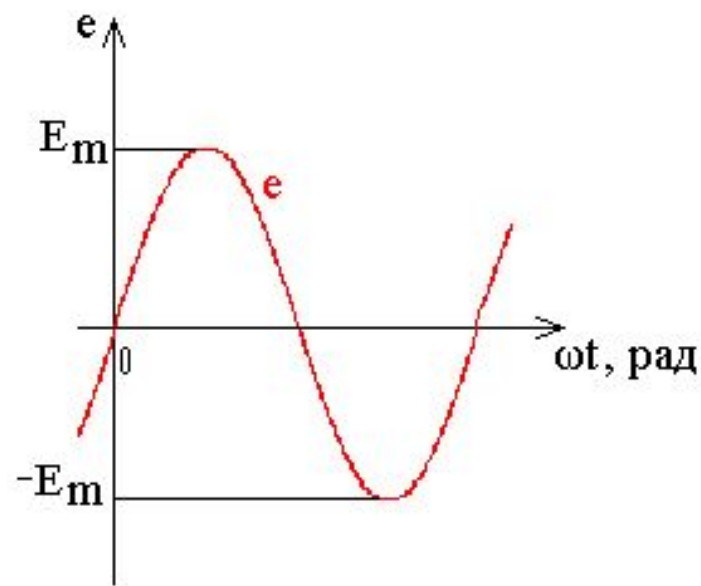
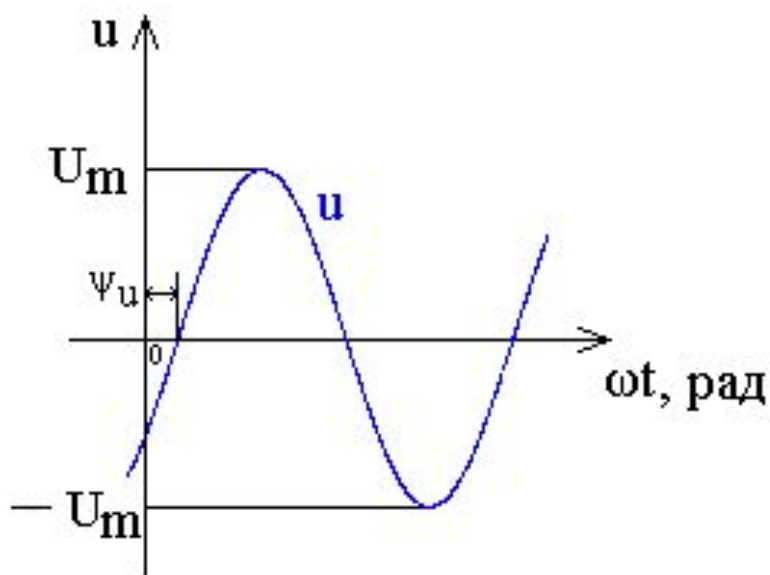


Продолжит

ь

- Аналогично выражаются мгновенные значения напряжения и ЭДС.

$$u = U_m \sin(\omega t + \psi_u), \quad e = E_m \sin(\omega t + \psi_e)$$



На данных графиках  $\psi_u < 0$ ,  $\psi_e = 0$ .

Продолжит

ь

Начальная фаза тока (ЭДС, напряжения)  $\psi_i, \psi_e, \psi_u$  – это значение фазы в момент времени  $t = 0$ .

Разность начальных фаз двух синусоидальных величин одной и той же частоты называют **сдвигом фаз**.

Сдвиг фаз между напряжением и током определяется вычитанием начальной фазы тока из начальной фазы напряжения:

$$\varphi = \psi_u - \psi_i$$

Продолжит

ь

- Действующее значение переменного тока (ЭДС, напряжения) – это среднеквадратичное значение переменного тока (ЭДС, напряжения) за период  $T$ .
- Если ток, ЭДС или напряжение изменяются по синусоидальному закону, то действующее значение составляет :

$$I = I_m / \sqrt{2}$$

$$E = E_m / \sqrt{2}$$

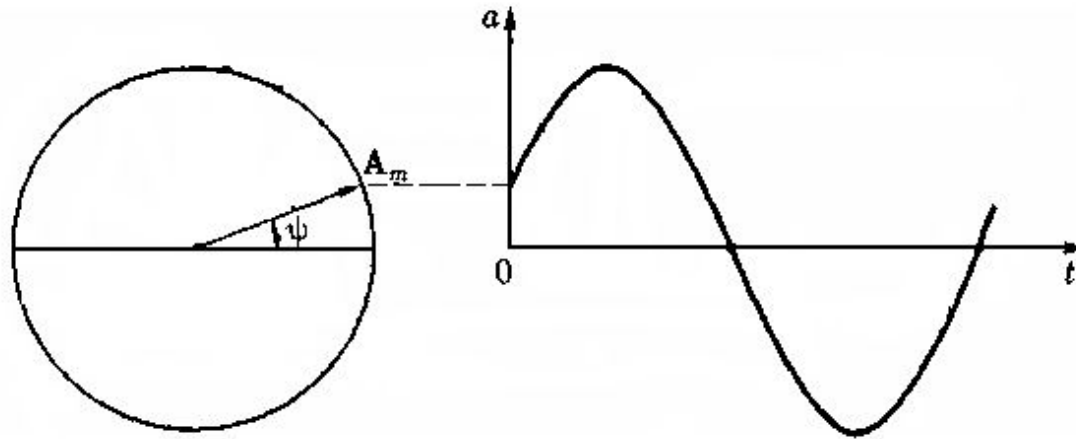
$$U = U_m / \sqrt{2}$$

Продолжит

ь



# Представление синусоидальных величин вращающимися векторами

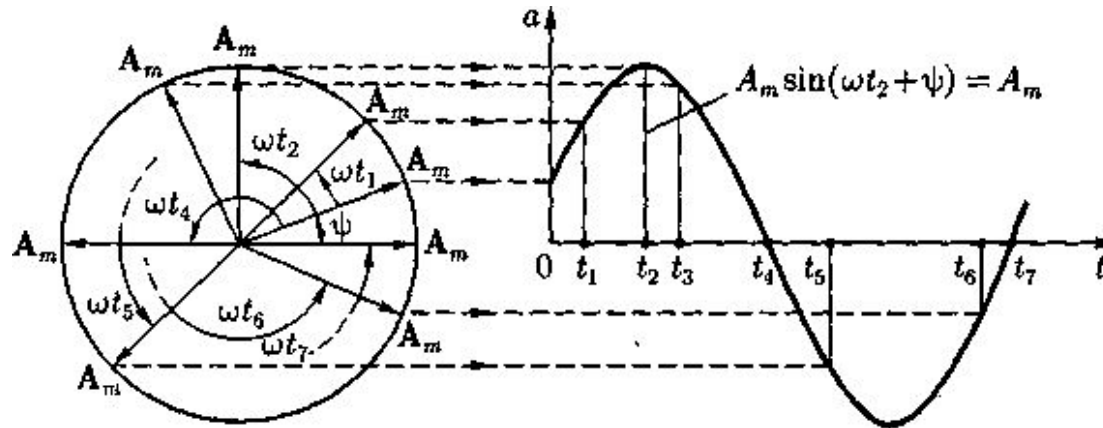


Для представления синусоидально изменяющейся величины  $a=A_m \sin(\omega t+\psi)$  с начальной фазой  $\psi$  вращающимся вектором построим радиус-вектор  $A_m$  этой величины длиной, равной амплитуде  $A_m$  и под углом  $\psi$  к горизонтальной оси. Это будет его исходное положение в момент начала отсчета  $t=0$ .

Продолжит

ь

# Представление синусоидальных величин вращающимися векторами

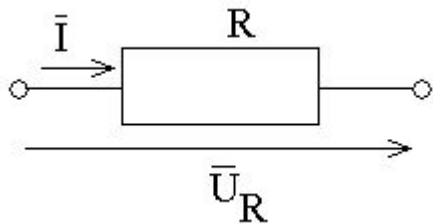


Если радиус-вектор вращать с постоянной угловой скоростью  $\omega$  против направления движения часовой стрелки, то его проекция на вертикальную ось будет равна  $A_m \sin(\omega t + \psi)$ .  
Применение вращающихся векторов позволяет компактно представить на одном рисунке совокупность различных синусоидально изменяющихся величин одинаковой частоты.

Продолжит

ь

## Цепь переменного тока с резистивным элементом



- В резистивном элементе происходит преобразование электрической энергии в тепловую.
- Если приложено синусоидально изменяющееся напряжение

$$u = U_m \sin \omega t,$$

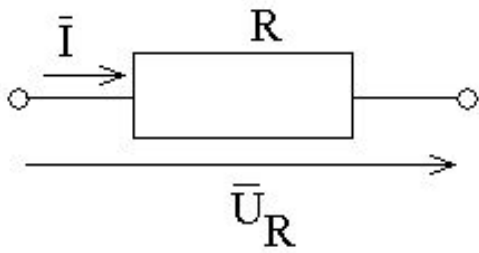
То, по закону Ома, мгновенное значение тока в цепи:

$$i = u/R = (U_m/R) \sin \omega t = I_m \sin \omega t$$

Продолжит

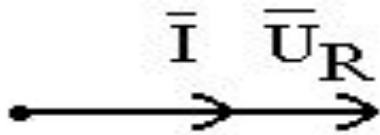
ь

## Цепь переменного тока с резистивным элементом



$$U_{Rm} = R I_m$$

$$U_R = R I$$



Напряжение и ток совпадают по фазе и в любой момент времени значения тока и напряжения пропорциональны друг другу.

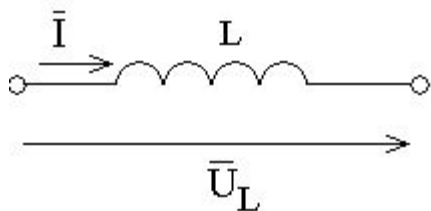
Продолжит

ь

## Цепь переменного тока с индуктивным элементом

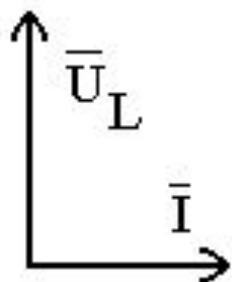
- Индуктивный элемент создает магнитное поле.
- Если ток синусоидальный  $i = I_m \sin \omega t$ , то тогда

$$u = -e = L (d i / d t) = U_{Lm} \cos \omega t = U_{Lm} \sin (\omega t + \pi / 2)$$



$$U_{Lm} = \omega L I_m$$

Величина  $X_L = \omega L$  – индуктивное сопротивление, Ом.

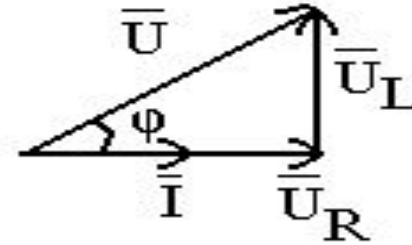
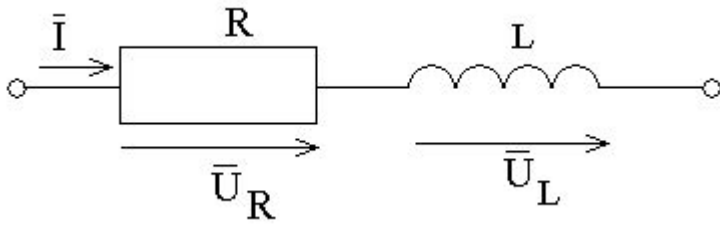


Напряжение на индуктивном элементе по фазе опережает ток на угол  $\varphi = \pi/2$ .

Продолжит

ь

# Неразветвленная цепь переменного тока с резистивным и индуктивным элементами

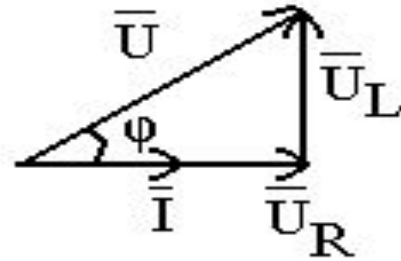
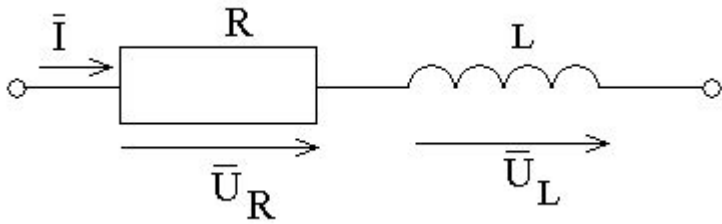


$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L$$

Продолжит

ь

# Неразветвленная цепь переменного тока с резистивным и индуктивным элементами



Напряжение опережает по фазе ток на угол  $\varphi$ :

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{U_L}{U_R} = \operatorname{arctg} \frac{X_L}{R}$$

Действующее значение напряжения  $U$  (В):  $U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$

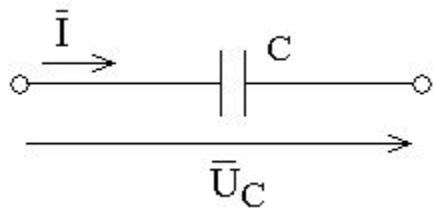
Полное сопротивление цепи  $Z$  (Ом):  $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$

Ток в цепи  $I$  (А):  $I = \frac{U}{Z}$

Продолжит

ь

## Цепь с емкостным элементом



Емкостный элемент создает электрическое поле.

Если в цепи проходит ток  $i=I_m \sin(\omega t)$ ,  $i=dq/dt=C(du_C/dt)$ , то тогда напряжение

$$u_C = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{1}{\omega C} I_m \sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$$

то есть напряжение отстает от тока на угол  $\pi/2$ .

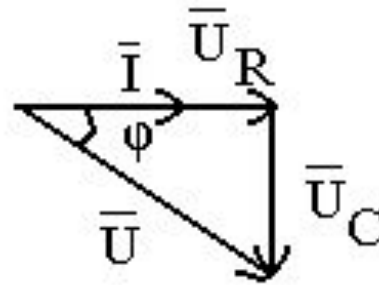
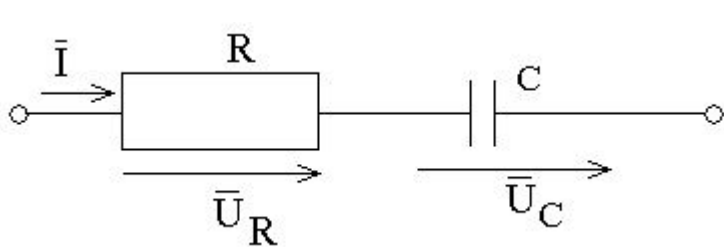
Действующее значение тока в цепи:  $I=U/X_C$ , где  $X_C=1/(\omega C)$  – емкостное сопротивление, Ом.

Продолжит

ь



# Неразветвленная цепь переменного тока с резистивным и емкостным элементами



Напряжение на зажимах цепи

$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_C$$

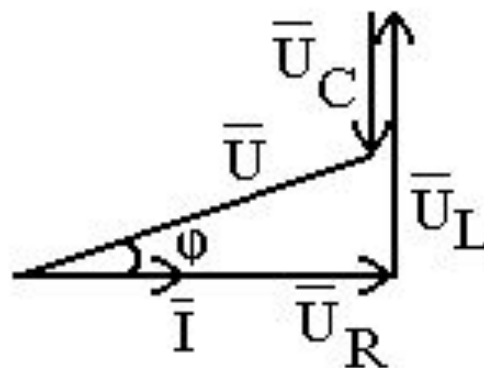
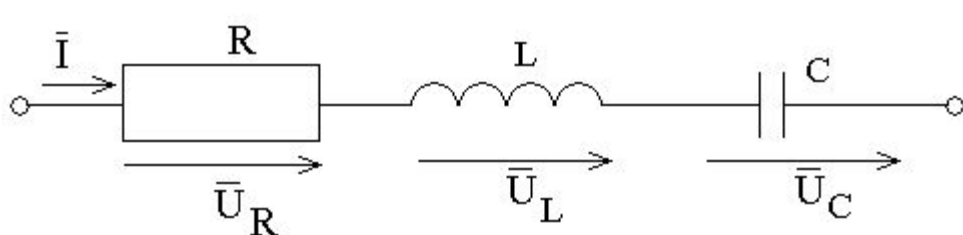
Действующее значение напряжения  $U = I\sqrt{R^2 + X_c^2} = IZ$

Разность фаз  $\varphi = \text{arctg} \frac{-X_c}{R}$

Продолжит

ь

# Неразветвленная цепь переменного тока с резистивным, индуктивным и емкостным элементами



Значение напряжения на зажимах этой цепи равно сумме значений трех составляющих:

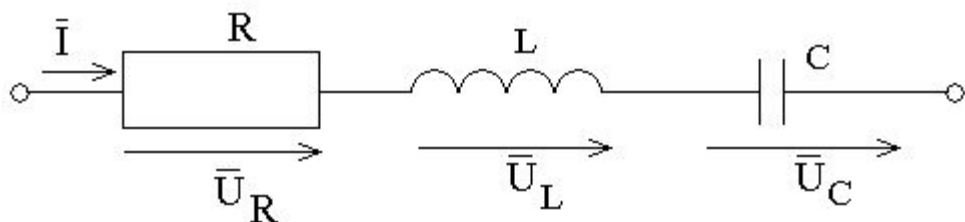
$$\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_L + \bar{U}_C$$

Действующее значение  $U = \sqrt{U_R + (U_L - U_C)^2}$

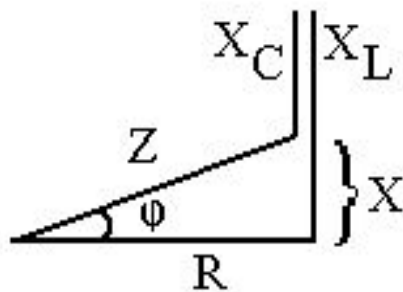
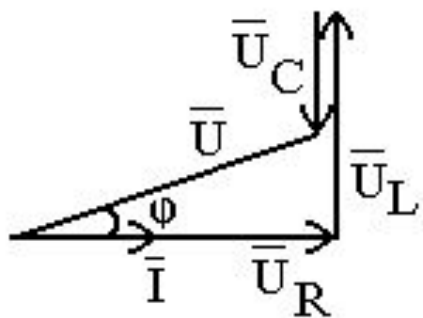
Продолжит

ь

# Неразветвленная цепь переменного тока с резистивным, индуктивным и емкостным элементами



Сдвиг фаз между  
напряжением и током:



$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{U_L - U_C}{U_R} = \operatorname{arctg} \frac{X}{R}$$

$X = X_L - X_C$  – реактивное  
сопротивление

Продолжит

ь

# Мощности цепи

Активная мощность, Вт:

$$P = U I \cos\varphi = U_R I = I^2 R$$

Реактивная мощность, вар:

$$Q = U I \sin\varphi = (U_L - U_C) I = I^2 X$$

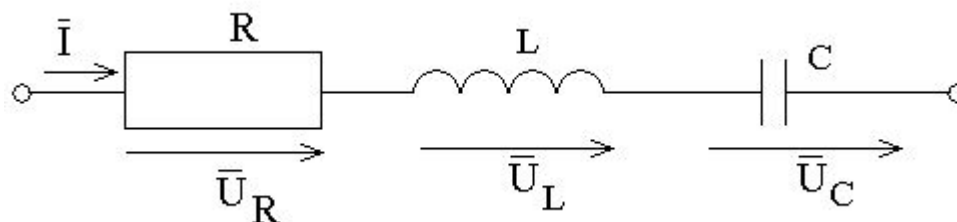
Полная мощность, ВА:

$$S = U I = I^2 Z = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

Продолжит

ь

# Резонанс напряжений



В неразветвленной цепи R-L-C при равенстве реактивных сопротивлений  $X_L = X_C$  наступает резонанс напряжений

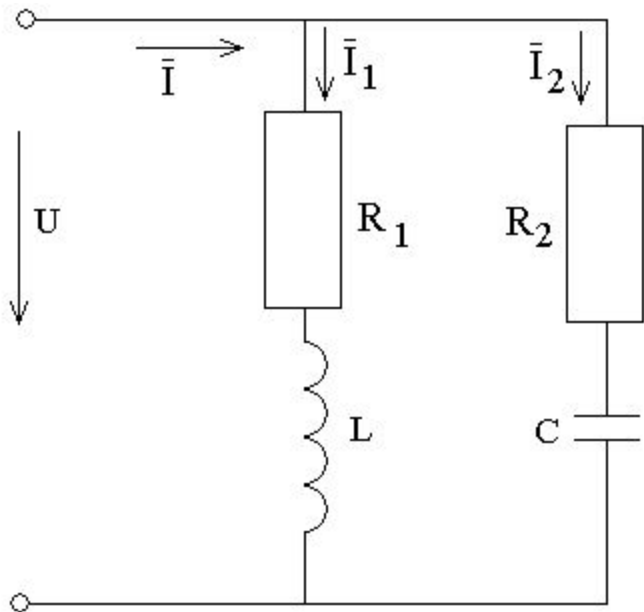
Полное сопротивление принимает минимальное значение, равное активному сопротивлению:  $Z = R$ .

Падения напряжений  $U_L$  и  $U_C$  находятся в противофазе. При резонансе  $U_L = U_C$  равны между собой и приобретают максимальное значение. Ток в цепи имеет наибольшее значение  $I = U/R$  и совпадает по фазе с напряжением, то есть  $\varphi = 0$  и коэффициент мощности  $\cos \varphi = 1$ .

Продолжит

ь

## Цепь с параллельными ветвями



Рассмотрим разветвленную цепь, состоящую из двух ветвей.

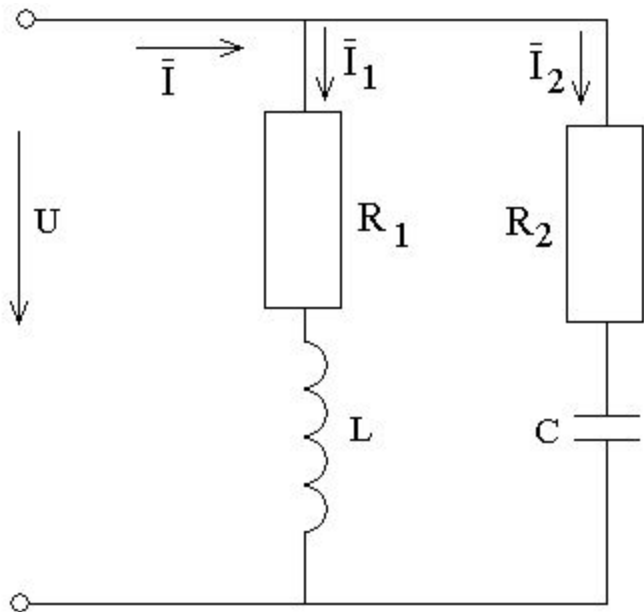
Ток неразветвленной части цепи может быть определен по закону Ома:  $\mathbf{I} = \mathbf{U}/\mathbf{Z} = \mathbf{U}\mathbf{Y}$ , где  $\mathbf{Y}$ -полная проводимость цепи.

$$\mathbf{Y} = \frac{1}{\mathbf{Z}} = \sqrt{\mathbf{G}^2 + \mathbf{B}^2}$$

Продолжит

ь

## Цепь с параллельными ветвями



$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{G^2 + B^2}$$

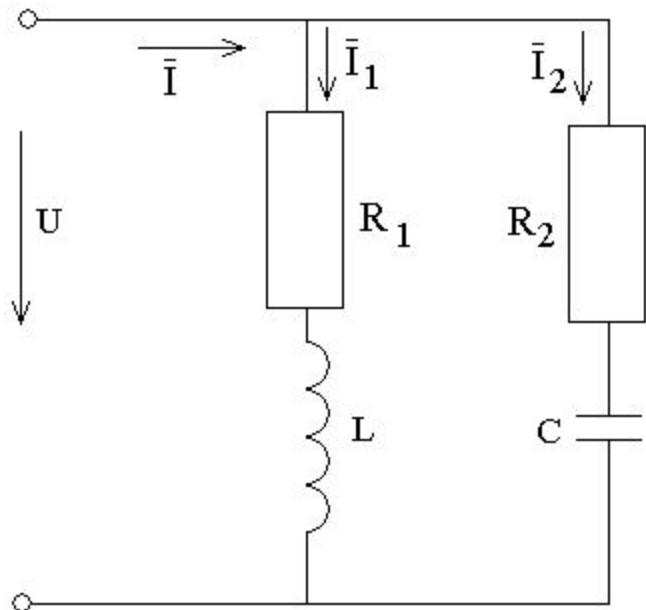
Активная проводимость цепи  $G$  равна арифметической сумме активных проводимостей параллельных ветвей:

$$G = G_1 + G_2 = \frac{R_1}{Z_1^2} + \frac{R_2}{Z_2^2}$$

Продолжит

ь

## Цепь с параллельными ветвями



$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{G^2 + B^2}$$

Реактивная проводимость цепи **B** равна разности индуктивных и емкостных проводимостей параллельных ветвей.

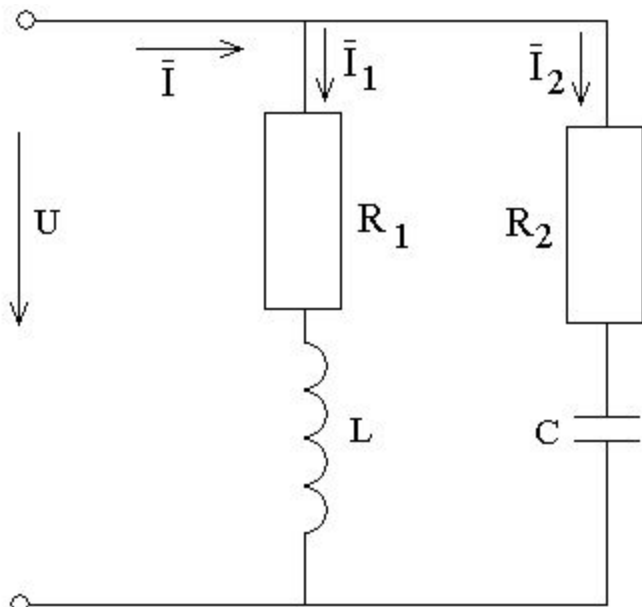
$$B = B_L - B_C = \frac{X_L}{Z_1^2} - \frac{X_C}{Z_2^2}$$

Продолжит

ь



## Цепь с параллельными ветвями



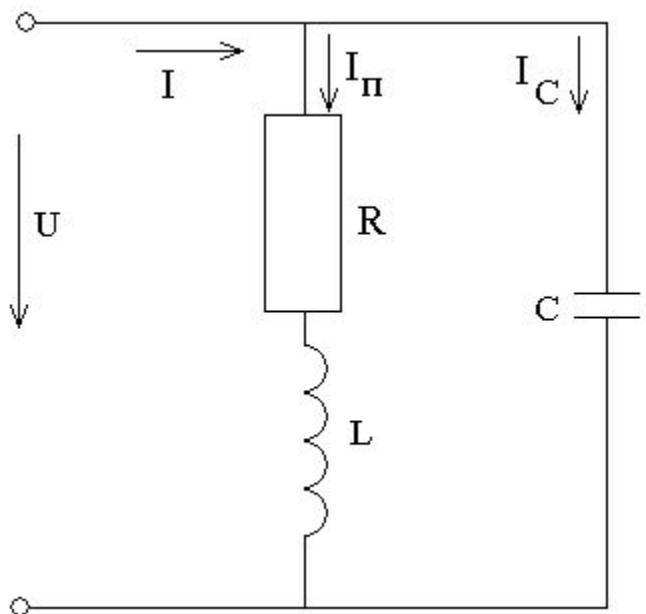
В цепи можно получить резонанс токов при условии равенства проводимостей  $B_L = B_C$ , тогда полная проводимость цепи  $Y = G$ . Угол сдвига фаз  $\varphi$  между током  $I$  и напряжением  $U$  в неразветвленной части цепи равен нулю, так как реактивные составляющие токов в ветвях  $I_{p1}$  и  $I_{p2}$  равны между собой и находятся в противофазе.

Цепь обладает только активной мощностью.

Продолжит

ь

# Компенсация реактивной мощности



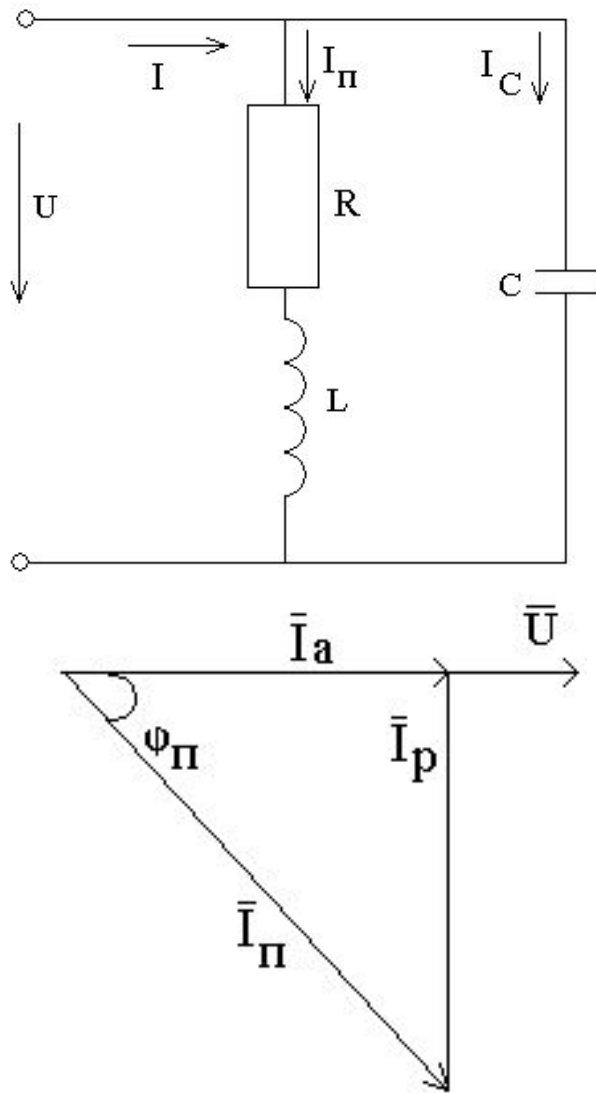
Идея компенсации реактивной энергии индуктивного потребителя заключается в подключении к нему емкостного потребителя, в результате чего потребление реактивной энергии всей установкой уменьшается.

Схема замещения индуктивного потребителя содержит резистивный и индуктивный элементы с сопротивлениями  $R$  и  $X_L$ , активная мощность  $P$  и напряжение  $U$  потребителя заданы.

Продолжит

ь

# Компенсация реактивной мощности



Ток потребителя  $I_{\Pi}$  отстает по фазе от напряжения  $U$  на угол  $\varphi_{\Pi}$  и может быть представлен как сумма двух составляющих: активной  $I_a$  и реактивной  $I_p$ .

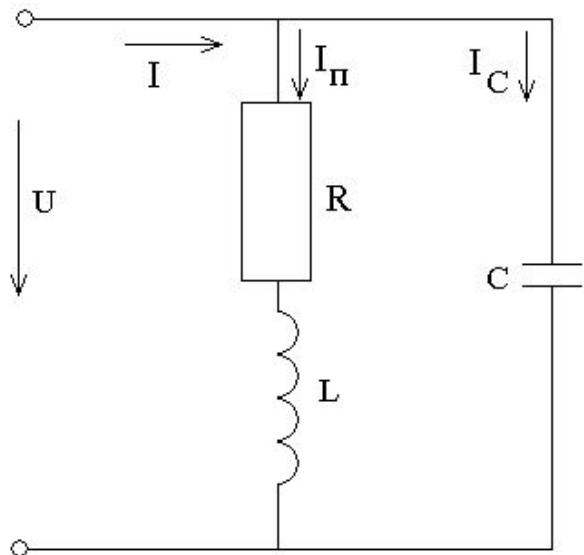
Активная составляющая тока  $I_a$  определяет его активную мощность  $P=UI_a$  и при заданных значениях  $P$  и  $U$  должна остаться неизменной.

Возможно уменьшение реактивной составляющей тока  $I_p$ .

Продолжит

ь

# Компенсация реактивной мощности



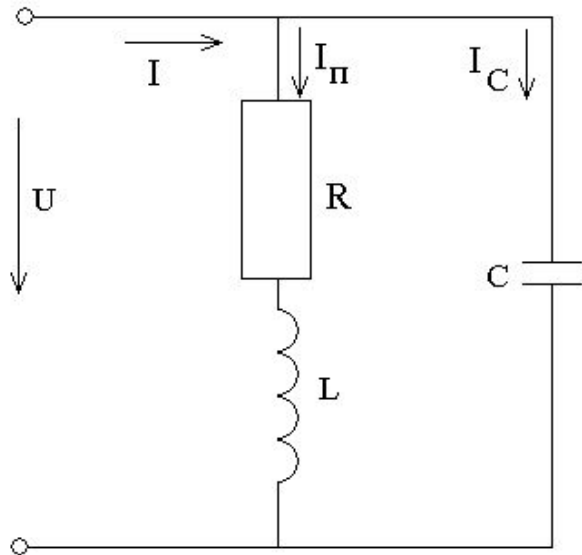
Необходимо включить параллельно индуктивному потребителю батарею конденсаторов, чтобы повысить коэффициент мощности потребителя  $\cos \varphi$

$\varphi_P$  до заданного значения  $\cos \varphi$ .

Продолжит

ь

# Компенсация реактивной мощности



Ток батареи конденсаторов  $I_C$ , которая подключается параллельно индуктивному потребителю, должен быть равен разности реактивных составляющих токов потребителя до компенсации  $I_p$  и после компенсации  $I_{p1}$ .

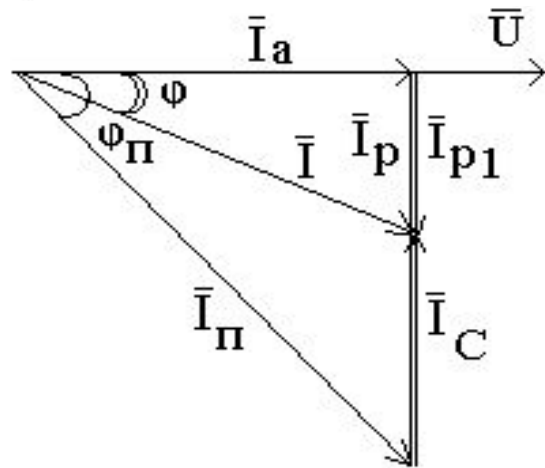
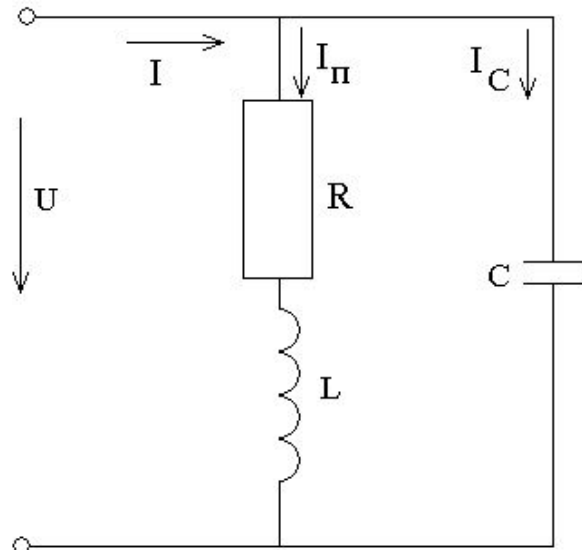
$I_{p1}$ .

$$I_C = I_p - I_{p1} = I_a \operatorname{tg} \varphi_{\Pi} - I_a \operatorname{tg} \varphi = I_a (\operatorname{tg} \varphi_{\Pi} - \operatorname{tg} \varphi)$$

Продолжит

ь

# Компенсация реактивной мощности



С другой стороны, ток

$$I_C = U/X_C, \quad I_a = P/U$$

Тогда 
$$U\omega C = \frac{P}{U} (\operatorname{tg}\varphi_{\Pi} - \operatorname{tg}\varphi)$$

Откуда искомое значение емкости конденсатора

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\operatorname{tg}\varphi_{\Pi} - \operatorname{tg}\varphi)$$

Обычно при помощи батареи компенсации реактивной мощности осуществляют до  $\cos\varphi=0,90\div 0,95$ .

Продолжит

ь

# Практическое задание

К однофазной цепи синусоидального тока напряжением

$U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$  подключены потребители:

однофазный трансформатор ОСМ-0,16,  $\cos \varphi = 0,8$ ;

однофазный асинхронный двигатель ДГ-2-0,14,  $P_{\text{ном}} = 140 \text{ Вт}$ ,  
 $\eta = 66\%$ ,  $\cos \varphi = 0,65$ ;

светильники 60 Вт, 2 штуки.

Составить эквивалентную схему замещения потребителей и определить параметры ее элементов.

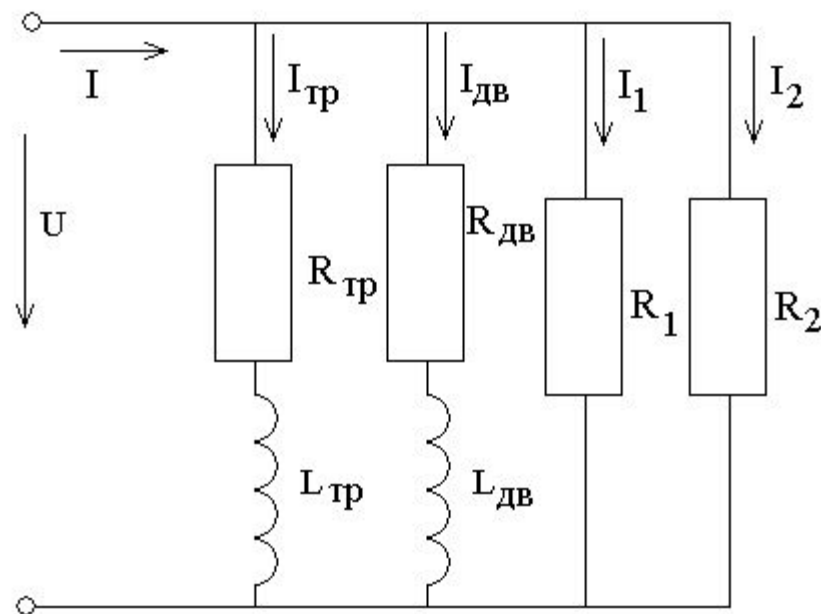
Рассчитать емкость батареи конденсаторов, которую нужно подключить к потребителю для снижения реактивной мощности до нуля.

Продолжит

ь

# 1. Составление эквивалентной схемы замещения потребителей

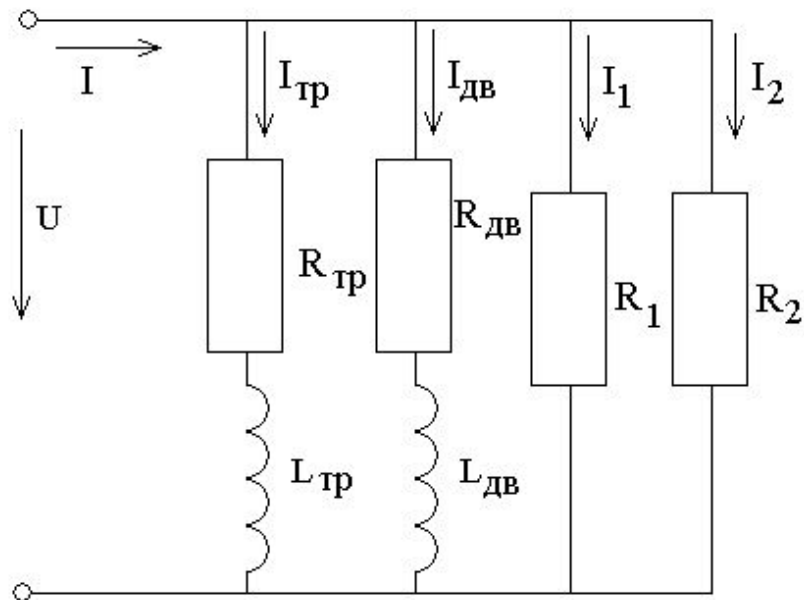
Схемы замещения трансформатора и двигателя представляют собой совокупности активного и индуктивного элементов, светильники являются активными элементами. Все потребители соединяются параллельно.



Продолжит

ь





Для определения параметров схемы замещения рассматриваем каждую из параллельных ветвей цепи отдельно.

Расчет трансформатора:

Число 0,16 в маркировке трансформатора означает его полную мощность, выраженную в киловольтамперах, то есть:

$$S_{\text{тр}} = 0,16 \text{ кВА} = 160 \text{ ВА} \quad P_{\text{тр}} = S_{\text{тр}} \cos \varphi_{\text{тр}} = 128 \text{ Вт}$$

$$\text{ток } I_{\text{тр}} = S_{\text{тр}} / U = 160 / 220 = 0,727 \text{ А}$$

$$\text{сопротивления: } Z_{\text{тр}} = U / I_{\text{тр}} = 220 / 0,727 = 302,613 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{тр}} = P_{\text{тр}} / I_{\text{тр}}^2 = 128 / 0,727^2 = 242,182 \text{ Ом}$$

$$X_L = \sqrt{Z_{\text{тр}}^2 - R_{\text{тр}}^2} = 181,446 \text{ Ом}$$

$$\text{индуктивность } L_{\text{тр}} = X_L / 2\pi f = 0,578 \text{ Гн}$$

Продолжит

Расчет двигателя:

Сначала необходимо определить активную мощность, потребляемую двигателем из сети:

$$P_{\text{дв}} = P_{\text{ном}} / \eta_{\text{дв}} = 140 / 0,66 = 212,121 \text{ Вт}$$

полная мощность  $S_{\text{дв}} = P_{\text{дв}} / \cos\varphi_{\text{дв}} = 212,121 / 0,65 = 326,34 \text{ ВА}$

ток  $I_{\text{дв}} = S_{\text{дв}} / U = 326,34 / 220 = 1,483 \text{ А}$

сопротивления:

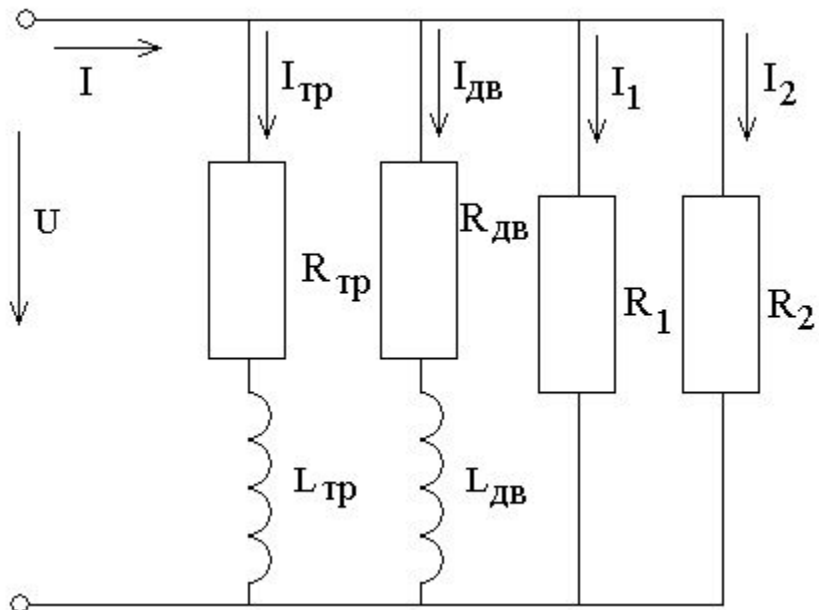
$$Z_{\text{дв}} = U / I_{\text{дв}} = 220 / 1,483 = 148,348 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{дв}} = P_{\text{дв}} / I_{\text{дв}}^2 = 212,121 / 1,483^2 = 96,45 \text{ Ом}$$

$$X_{L_{\text{дв}}} = \sqrt{Z_{\text{дв}}^2 - R_{\text{дв}}^2} = 112,714 \text{ Ом}$$

индуктивность  $L_{\text{дв}} = X_{L_{\text{дв}}} / 2\pi f = 0,359 \text{ Гн}$

Продолжит



## Расчет светильников

Так как мощность светильников одинакова, значит параметры светильников будут равны между собой:

ТОКИ

$$I_1 = I_2 = P_{\text{св}} / U = 60 / 220 = 0,273 \text{ А}$$

сопротивления

$$R_1 = R_2 = P_{\text{св}} / I^2 = 60 / 0,273^2 = 805,056 \text{ Ом}$$

Продолжит

## Свернем данную схему в её эквивалентную методом активно-реактивных проводимостей

Определяем проводимости:

**активные:**

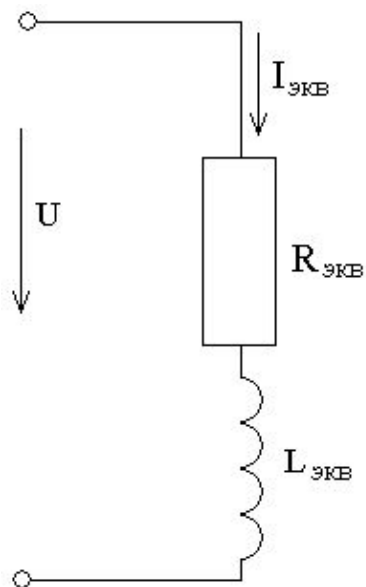
$$G_{\text{тр}} = R_{\text{тр}} / Z_{\text{тр}}^2 = 242,182 / 302,613^2 = 0,002644 \text{ См}$$

$$G_{\text{дв}} = R_{\text{дв}} / Z_{\text{дв}}^2 = 96,45 / 148,348^2 = 0,004383 \text{ См}$$

$$G_1 = G_2 = 1/R_1 = 1/R_2 = 1/805,056 = 0,001242 \text{ См}$$

Эквивалентная активная проводимость цепи:

$$G = G_{\text{тр}} + G_{\text{дв}} + G_1 + G_2 = 0,009511 \text{ См}$$



Продолжит

ь

Определяем проводимости:

реактивные:

$$B_{\text{тр}} = X_{L\text{тр}} / Z_{\text{тр}}^2 = 181,446 / 302,613^2 = 0,001981 \text{ См}$$

$$B_{\text{дв}} = X_{L\text{дв}} / Z_{\text{дв}}^2 = 112,714 / 148,348^2 = 0,005122 \text{ См}$$

$$B_1 = B_2 = 0$$

Эквивалентная реактивная проводимость цепи:

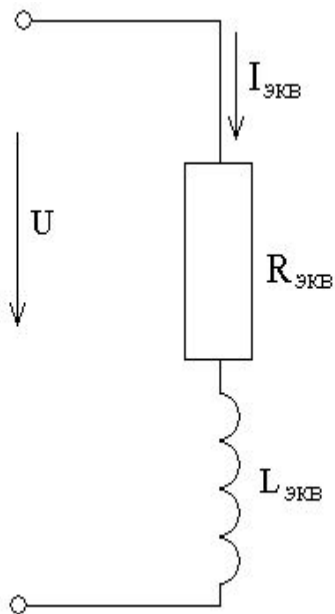
$$B = B_{\text{тр}} + B_{\text{дв}} = 0,007103 \text{ См}$$

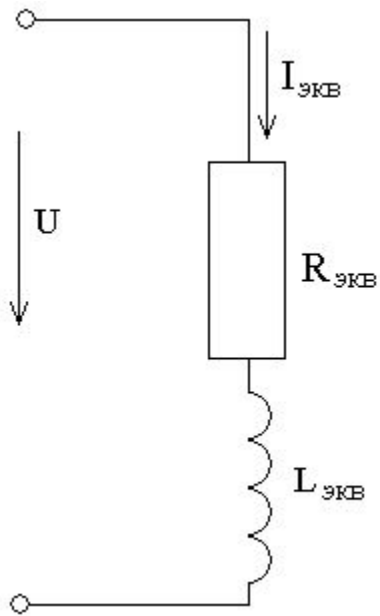
Эквивалентная полная проводимость

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2} = 0,0119 \text{ См}$$

Продолжит

ь





Определяем эквивалентные сопротивления всей цепи, индуктивность, ток и активную мощность:

$$Z_{\text{ЭКВ}} = 1/Y = 1/0,0119 = 84,0336 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{ЭКВ}} = G/Y^2 = 67,1633 \text{ Ом}$$

$$X_{L_{\text{ЭКВ}}} = B/Y^2 = 50,1589 \text{ Ом}$$

$$L_{\text{ЭКВ}} = X_{L_{\text{ЭКВ}}} / 2\pi f = 0,1597 \text{ Гн}$$

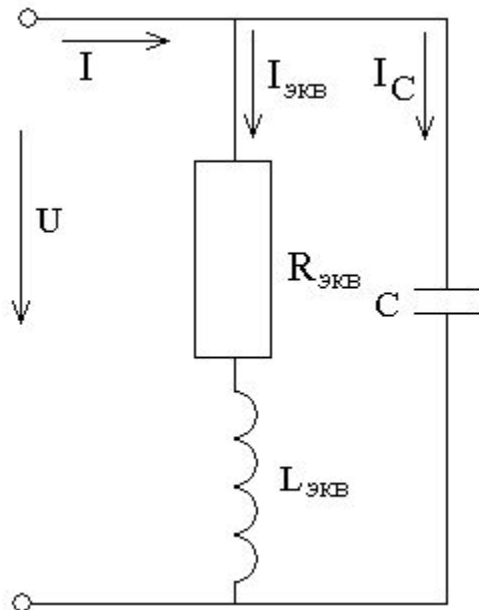
$$I_{\text{ЭКВ}} = U/Z_{\text{ЭКВ}} = 2,618 \text{ А}$$

$$P = R_{\text{ЭКВ}} I_{\text{ЭКВ}}^2 = 460,3322 \text{ Вт}$$

Продолжит

ь

## 2. Подключаем блок конденсаторов для снижения реактивной мощности



$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\operatorname{tg} \varphi_{\Pi} - \operatorname{tg} \varphi)$$

Определяем:

$$\operatorname{tg} \varphi_{\Pi} = \operatorname{tg} \varphi_{\text{эКВ}} = X_{L\text{эКВ}} / R_{\text{эКВ}} = 59,7845 / 69,5985 = 0,859$$

По условию задачи

$$\operatorname{tg} \varphi = 0.$$

$$C = \frac{460,3322}{314 \cdot 220^2} (0,859 - 0) = 0,00002602 \text{ Ф} = 26,02 \text{ мкФ}$$

Продолжит

ь

## Построим векторную диаграмму токов (повторить сложение векторов)

Параметры диаграммы:

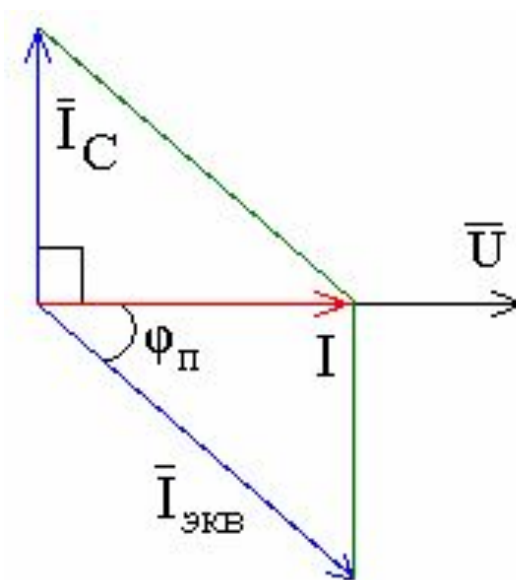
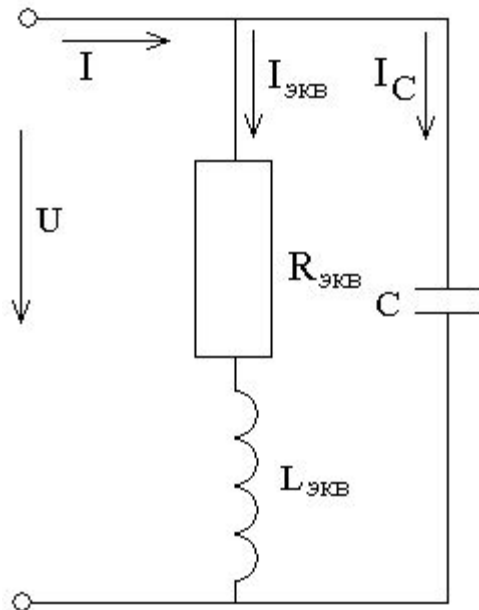
$$I_{\text{ЭКВ}} = 2,618 \text{ А}$$

$$I_C = U/X_C = U \cdot 2\pi f C = 1,5626 \text{ А}$$

$$\varphi_{\text{П}} = \varphi_{\text{ЭКВ}} = \arctg(X_{L_{\text{ЭКВ}}} / R_{\text{ЭКВ}}) = \arctg 0,859 = 40,66^\circ$$

$$\varphi = 0$$

Масштаб выбираем произвольно, например  $1 \text{ см} = 0,5 \text{ А}$



Таким образом,  
при полной  
компенсации  
реактивной  
мощности

$$I = I_{\text{ЭКВ}} \cos \varphi_{\text{пр}} = 2,09 \text{ А}$$

Продолжит

ь



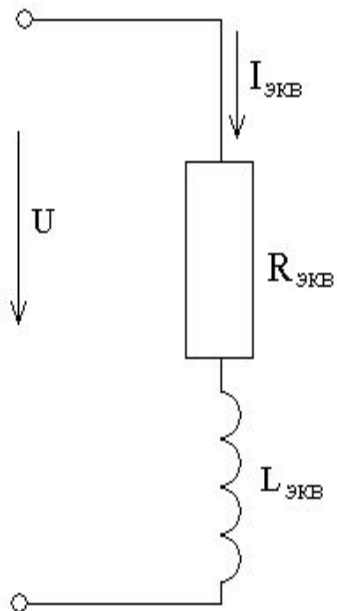
# Покажем построение графиков мгновенных значений тока и напряжения для эквивалентной схемы

$$I_{\text{ЭКВ}} = 2,618 \text{ А}$$

$$\varphi_{\text{П}} = 40,66^\circ$$

$$I_{\text{м ЭКВ}} = \sqrt{2}I_{\text{ЭКВ}} = 3,7024 \text{ А}$$

$$U_{\text{м}} = \sqrt{2}U = 311,127 \text{ В}$$



Мгновенные значения токов и напряжения определяются:

$$i = I_{\text{м}} \sin(\omega t + \psi_i)$$

$$u = U_{\text{м}} \sin(\omega t + \psi_u)$$

$$\varphi_{\text{П}} = \psi_u - \psi_i = 40,66^\circ$$

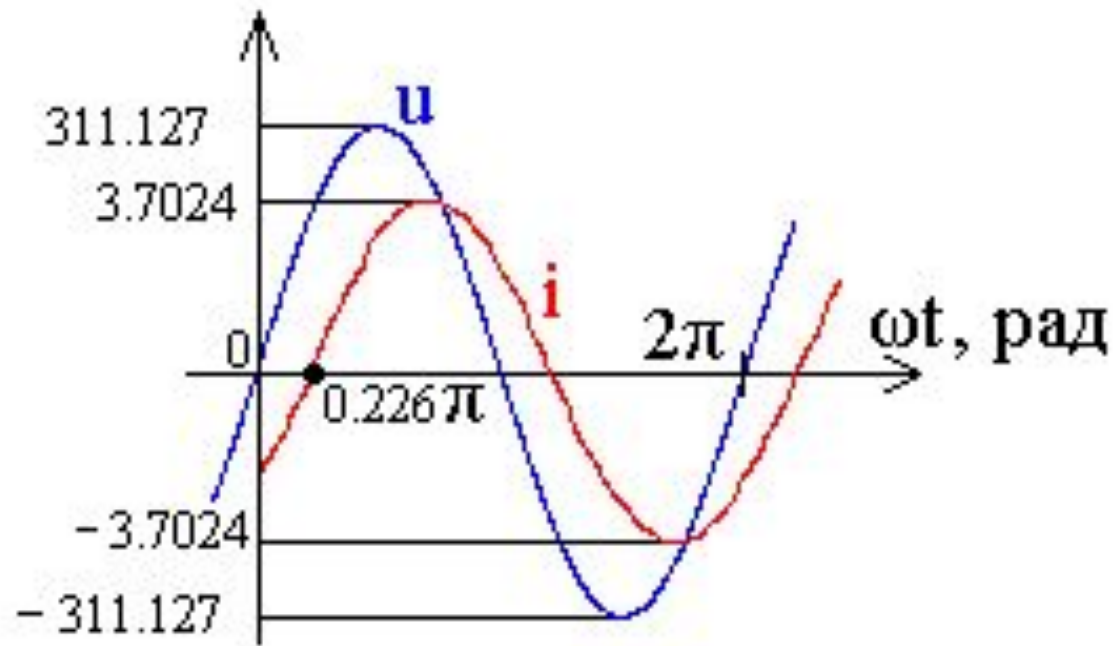
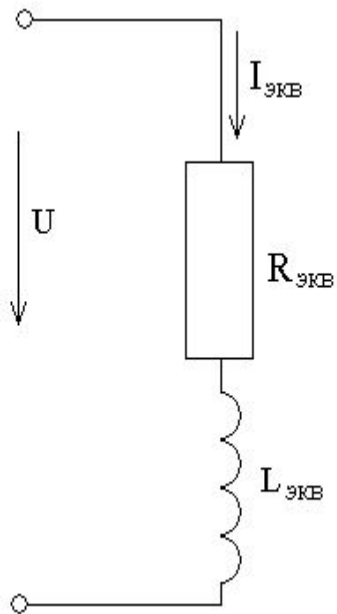
Примем  $\psi_u = 0$ , тогда  $\psi_i = -40,66^\circ =$

$$= -(40,66^\circ / 180^\circ)\pi = -0,226\pi \text{ радиан}$$

Продолжит

ь

$$i = 3,7024 \sin(\omega t - 0,226\pi), u = 311,127 \sin \omega t$$



Продолжит

ь

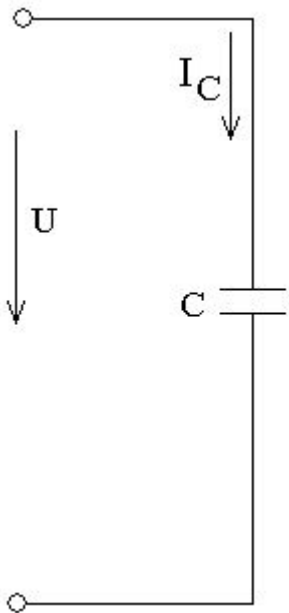
Покажем построение графиков мгновенных значений для

емкостного элемента

$$I_C = 1,5626 \text{ A}$$
$$\varphi_C = -90^\circ$$

$$I_{mC} = \sqrt{2}I_C = 2,21 \text{ A}$$

$$U_m = \sqrt{2}U = 311,127 \text{ В}$$



Мгновенные значения токов и напряжения определяются:

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi_i)$$
$$u = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$$

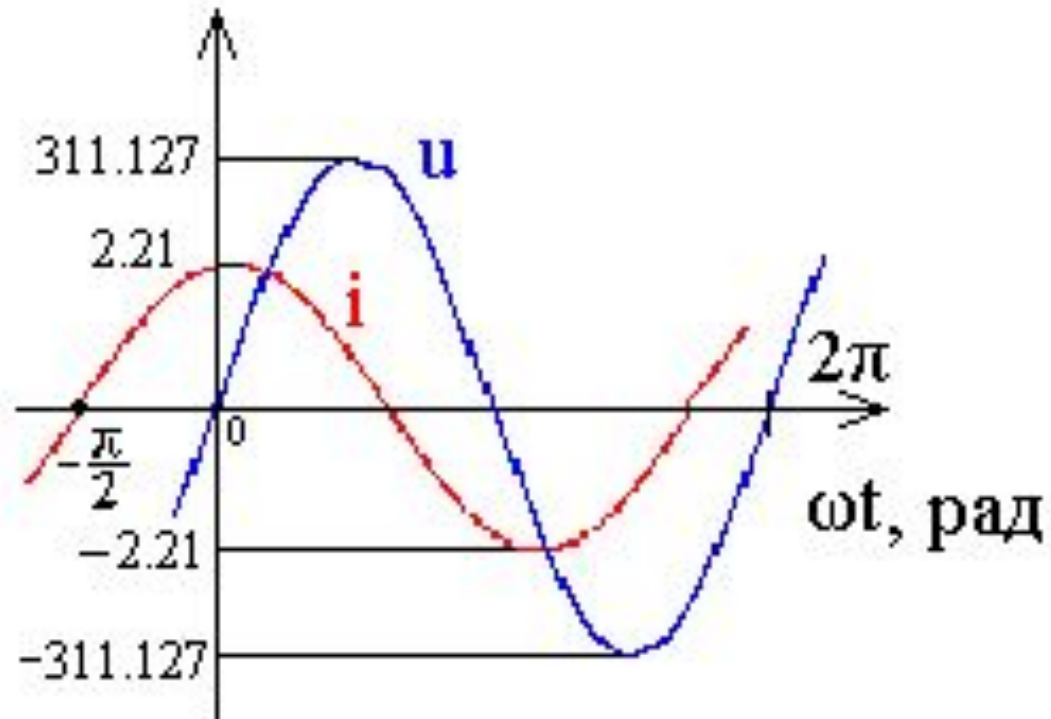
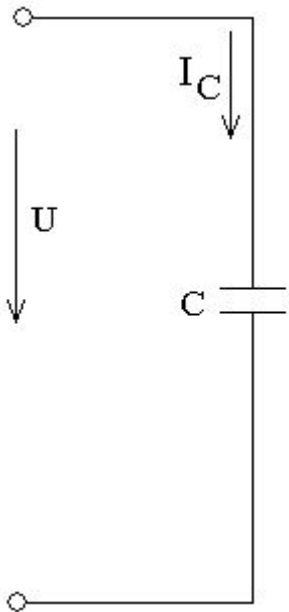
Примем  $\psi_u = 0$ , тогда

$$\psi_i = 90^\circ = \pi/2 \text{ радиан}$$

Продолжит

ь

$$i = 2,21 \sin (\omega t + \pi/2), u = 311,127 \sin \omega t$$



Продолжит

ь

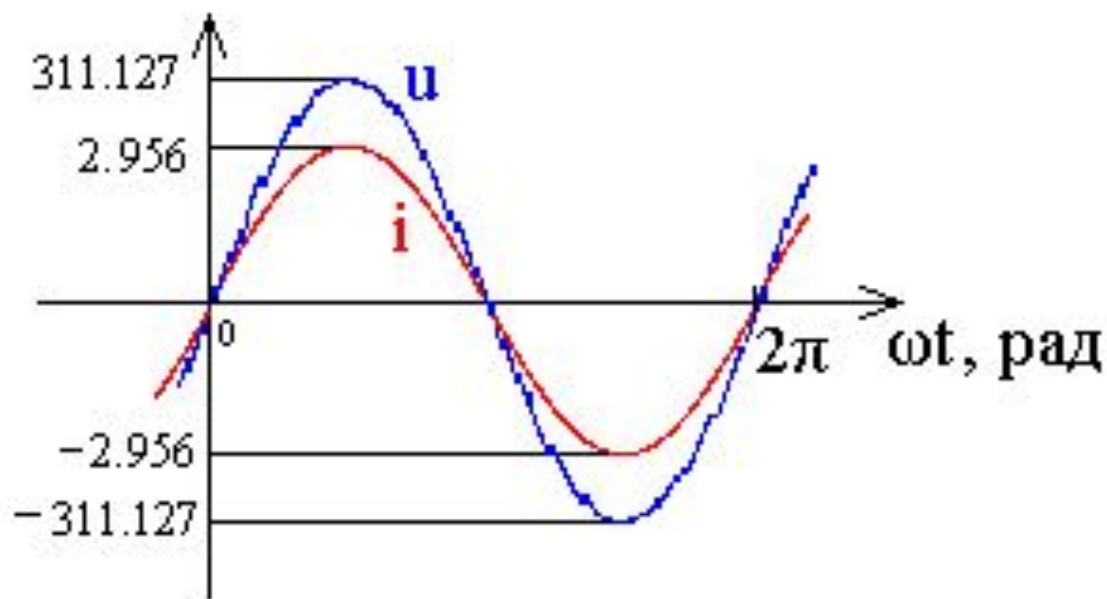
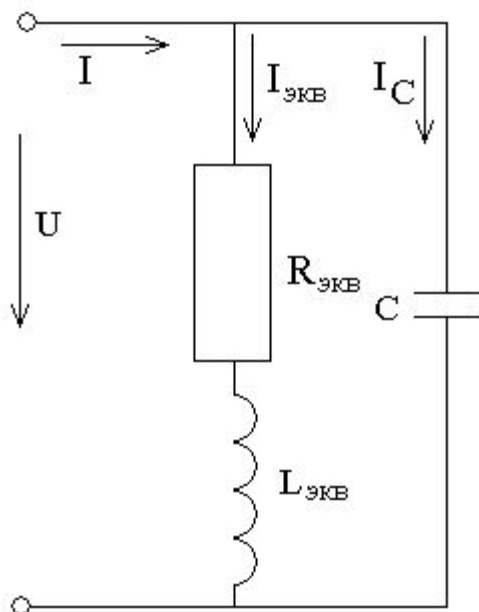
# Построение графиков мгновенных значений входного напряжения и тока

$$I = 2,09 \text{ A}$$

$$I_m = \sqrt{2}I = 2,956 \text{ A}$$

$$U_m = \sqrt{2}U = 311,127 \text{ B}$$

$$i = 2,956 \sin \omega t, \quad u = 311,127 \sin \omega t$$



Продолжит

ь

# Задачи для самостоятельного решения

К однофазной цепи синусоидального тока напряжением  $U_n = 220$  В подключены потребители, типы и характеристики которых приведены в таблице.

Для светильников  $\cos \varphi = 1$ .

Составить эквивалентную схему замещения потребителей и определить параметры ее элементов.

Рассчитать емкость батареи конденсаторов, которую нужно подключить к потребителю для снижения реактивной мощности до нуля.

№ п/п	Однофазный трансформатор		Однофазный асинхронный двигатель				Светильники Р <sub>ном</sub> , Вт х кол-во
	тип	cos φ	тип	Р <sub>ном</sub> , Вт	η, %	cos φ	
1	ОСМ-0,4	0,78	4ААЕ56В2	120	53	0,76	40x2
2	ОСМ-0,063	0,75	АОЛБО 11-4	18	22	0,62	25x2
3	ОСМ-0,25	0,85	4ААТ56А4	120	51	0,90	25x2
4	ОСМ-0,1	0,75	АОЛБ012-4	30	28	0,62	40x2
5	ОСМ-0,16	0,85	4ААЕ56А4	60	37	0,70	15x3
6	ОСМ-0,063	0,75	АОЛБ11-4	50	34	0,62	25x2
7	ОСМ-0,4	0,85	4ААТ56В4	120	51	0,90	40x2
8	ОСМ-0,1	0,8	АОЛБ12-4	80	41	0,62	40x2
9	ОСМ-0,1	0,85	4ААУ56В4	90	39	0,65	25x2
10	ОСМ-0,25	0,75	АОЛБ21-4	120	47	0,62	60x2
11	ОСМ-0,063	0,85	4ААТ50А2	60	56	0,80	15x3
12	ОСМ-0,4	0,75	АОЛБ22-4	180	53	0,62	60x3
13	ОСМ-0,16	0,82	4ААЕ50А2	40	51	0,68	15x2
14	ОСМ-0,63	0,75	АОЛБ31-4	240	60	0,62	40x4
15	ОСМ-0,25	0,8	4ААТ50В2	90	60	0,9	40x2

№ п/п	Однофазный трансформатор		Однофазный асинхронный двигатель				Светильники P <sub>ном</sub> , Вт x кол-во
	тип	cos φ	тип	P <sub>ном</sub> , Вт	η, %	cos φ	
16	ОСМ-1,0	0,75	АОЛБ32-4	400	67	0,62	200x2
17	ОСМ-0,16	0.8	4ААЕ50В2	60	53	0,59	25x2
18	ОСМ-0,063	0,78	АО Л Б011 -2	30	41	0,68	15x2
19	ОСМ-0,1	0,82	4ААТ50А4	40	50	0,67	15x3
20	ОСМ-0,16	0,78	АОЛБ012-2	50	48	0,70	15x3
21	ОСМ-0,063	0.82	4ААУ50А4	25	23	0,51	15x2
22	ОСМ-0,1	0.78	АОЛБ11-2	80	51	0,72	25x3
23	ОСМ-0,1	0.8	4ААТ50В4	60	55	0,82	25x2
24	ОСМ-0,16	0,78	АОЛБ12-2	120	55	0,72	40x2
25	ОСМ-0.063	0.8	4ААЕ50В4	40	28	0,54	15x2
26	ОСМ-0,25	0,78	АОЛБ21-2	180	59	0,72	80x2
27	ОСМ-1,0	0,78	АОЛБ32-2	600	69	0,72	100x5
28	ОСМ-0,4	0,78	АОЛБ22-2	240	63	0,72	40x5
29	ОСМ-0,63	0,78	АОЛБ31-2	400	66	0,72	100x3
30	ОСМ-0,1	0,9	АВЕО42-4	18	40	0,90	15x2



№ п/п	Однофазный трансформатор		Однофазный асинхронный двигатель				Светильники P <sub>ном</sub> , Вт x кол-во
	тип	cos φ	тип	P <sub>ном</sub> , Вт	η, %	cos φ	
31	ОСМ-0,63	0,78	4ААТ56В2	180	64	0,94	60x2
32	ОСМ-0.063	0,78	АВЕ041-4	10	30	0,90	15x2
33	ОСМ-0,1	0,78	4ААУ56А2	90	50	0,82	25x2
34	ОСМ-0,4	0,78	АВЕ072-2	400	72	0,95	100x3
35	ОСМ-0,16	0,78	4ААТ56А2	120	45	0,95	15x5
36	ОСМ-0,25	0,78	АВЕ071-2	270	70	0,95	60x3
37	ОСМ-0,25	0,9	4ААУ63В4	180	47	0,65	40x4
38	ОСМ-0,16	0,78	АВЕ062-2	180	68	0,96	40x3
39	ОСМ-0,4	0,9	4ААТ63В4	250	58	0,90	60x3
40	ОСМ-0,1	0,78	АВЕ061-2	120	66	0,95	25x3
41	ОСМ-0,4	0,9	4ААЕ63А4	120	46	0,65	25x4
42	ОСМ-0,25	0,85	АВЕ052-2	80	58	0,95	15x4
43	ОСМ-0,4	0,75	4ААЕ63В2	250	62	0,75	80x2
44	ОСМ-0,16	0,85	АВЕ051-2	50	55	0,90	25x2
45	ОСМ-0,16	0,9	4ААТ63А4	180	62	0,90	60x2

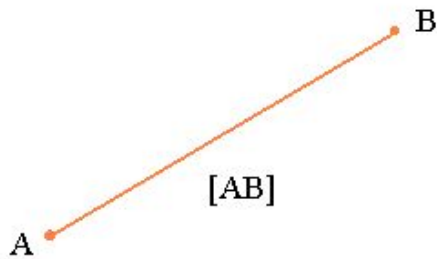
№ п/п	Однофазный трансформатор		Однофазный асинхронный двигатель				Светильники P <sub>ном</sub> , Вт x кол-во
	тип	cos φ	тип	P <sub>ном</sub> , Вт	η, %	cos φ	
46	ОСМ-0,1	0,95	АВЕ042-2	30	50	0,90	15x2
47	ОСМ-0,63	0,75	4ААТ63В2	370	68	0,95	100x3
48	ОСМ-0,063	0,85	АВЕ041-2	18	40	0,90	15x2
49	ОСМ-0,16	0,75	4ААЕ63А4	120	46	0,65	25x3
50	ОСМ-0,63	0,85	4АХТ71А2	550	64	0,95	200x2
51	ОСМ-0,25	0,75	4ААТ63А2	250	66	0,95	40x5
52	ОСМ-0,4	0,8	4АХЕ71А2	370	55	0,74	100x3
53	ОСМ-0,4	0,82	4АХЕ71В4	370	51	0,70	60x4
54	ОСМ-1,0	0,8	4АХТ71В2	750	66	0,95	150x4
55	ОСМ-1,0	0,82	4АХТ71В4	550	66	0,92	100x4
56	ОСМ-0,63	0,8	4АХЕ71В2	550	60	0,83	150x3
57	ОСМ-0,25	0,82	4АХЕ71А4	250	50	0,70	40x4
58	ОСМ-0,4	0,8	4АХТ71А4	370	62	0,92	100x2
59	ОСМ-0,4	0,85	4ААУ63В2	250	62	0,75	60x2
60	ОСМ-0,1	0,82	АВЕ061-4	80	56	0,95	25x2

№ п/п	Однофазный трансформатор		Однофазный асинхронный двигатель				Светильники Р <sub>ном</sub> , Вт x кол-во
	тип	cos φ	тип	Р <sub>ном</sub> , Вт	η, %	cos φ	
61	ОСМ-0,1	0,85	4ААУ63А4	120	46	0,65	40x2
62	ОСМ-0,063	0,9	АВЕ052-4	50	50	0,90	25x2
63	ОСМ-0,25	0.85	4ААУТ63В4	250	58	0,90	80x2
64	ОСМ-0,16	0,82	АВЕ062-4	120	60	0,95	25x4
65	ОСМ-0,16	0,85	4ААЕ63В4	180	47	0,65	60x2
66	ОСМ-0,25	0,82	АВЕ071-4	180	63	0,95	40x3
67	ОСМ-0,1	0,75	4ААЕ56А2	90	50	0,82	25x2
68	ОСМ-0,4	0,83	АВЕ072-4	270	63	0,95	60x3
69	ОСМ-0,16	0,75	4ААУ56В2	120	53	0,76	40x2
70	ОСМ-0,063	0,82	ДГ-0,07	70	60	0,54	15x3
71	ОСМ-0,4	0,8	ДГ-2-0,2	200	71	0,71	40x4
72	ОСМ-0,1	0,8	ДГ-0,115	115	66	0,63	40x2
73	ОСМ-0,25	0,8	ДГ-2-0,18	180	71	0,63	40x3
74	ОСМ-0,16	0,8	ДГ-2-0,14	140	66	0,65	60x2

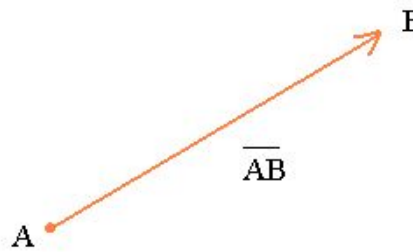
Закончить  
работу

# Векторы

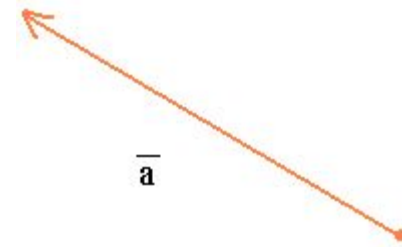
- Вектор – направленный отрезок, имеет определенную длину, направление указывает стрелка.



Отрезок  $AB$



Вектор  $\overrightarrow{AB}$



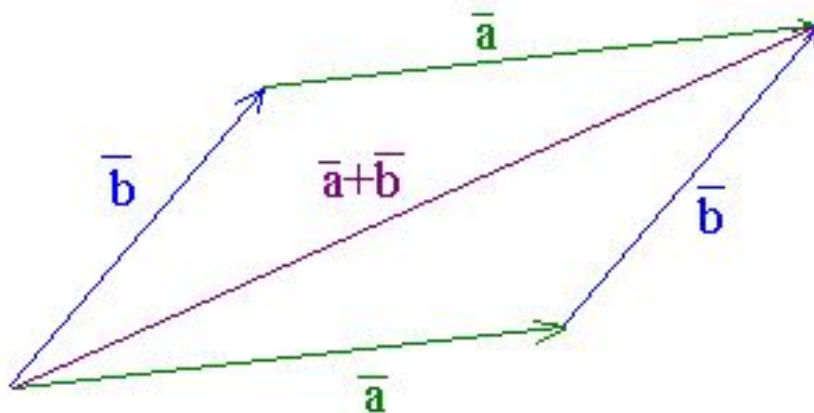
Вектор  $\overrightarrow{a}$

Продолжит

ь

## Сложение векторов

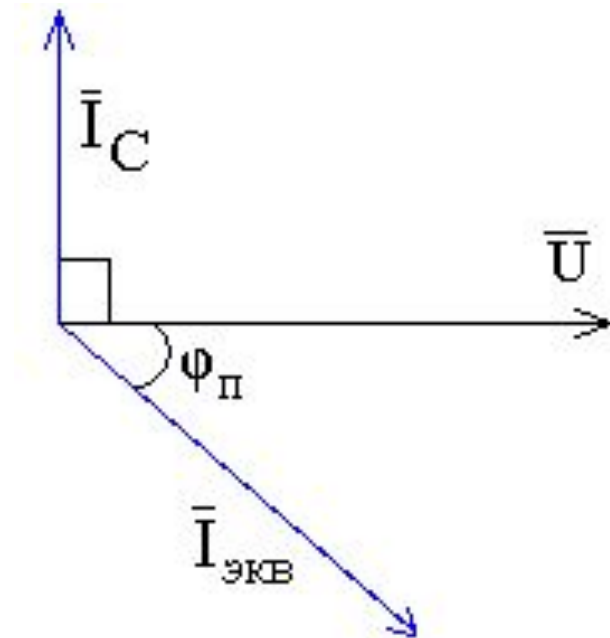
- **Правило параллелограмма:** для векторов с общим началом их сумма изображается диагональю параллелограмма, построенного на этих векторах.



Продолжит

ь

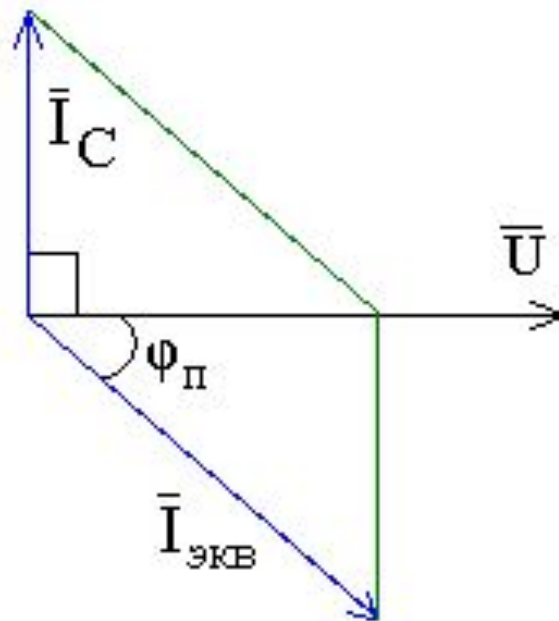
- В нашем случае откладываем в качестве основного вектор напряжения цепи.
- Строим векторы тока в произвольно выбранном масштабе: ток  $\bar{I}_C$  на конденсаторе опережает напряжение на угол  $90^\circ$ , ток  $\bar{I}_{\text{ЭКВ}}$  отстает на угол  $40,66^\circ$  (положительное направление угла – против часовой стрелки):



Продолжит

ь

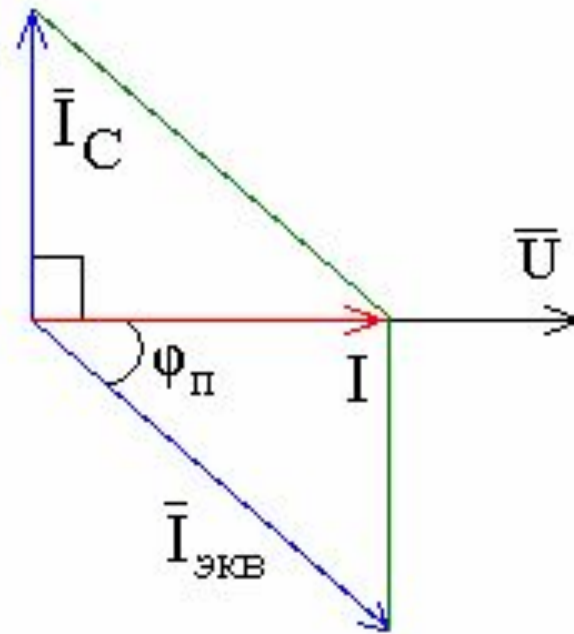
- На данных векторах  $\bar{I}_C$  и  $\bar{I}_{ЭКВ}$  достраиваем параллелограмм.



Продолжит

ь

- Тогда диагональ параллелограмма покажет вектор тока  $\bar{I}$  – сумму векторов  $\bar{I}_C$  и  $\bar{I}_{\text{ЭКВ}}$ .
- При правильном расчете и построении векторы тока  $\bar{I}$  и напряжения  $\bar{U}$  должны совпадать по направлению ( $\varphi=0$ ).



[Вернуться в задачу](#)