



Астраханский государственный технический
университет

Кафедра «Электрооборудование и автоматика судов»

Методические указания к самостоятельной работе студентов

Однофазные цепи синусоидального тока

Разработчик: ст. преп. 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.

[Продолжить](#)

Основные теоретические сведения

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

Продолжить

- 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). В России принята частота $f = 50$ Гц.
 - круговой частотой $\omega = 2\pi f$ (1/с).

Продолжить

■ Мгновенные значения тока:

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

где i – мгновенное значение тока, А;

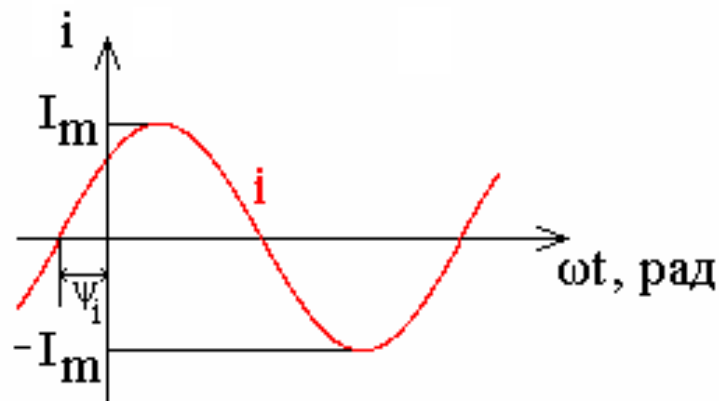
I_m – амплитудное значение тока, А;

ω – круговая (угловая) частота, 1/с;

ψ_i – начальная фаза тока;

t – время, с.

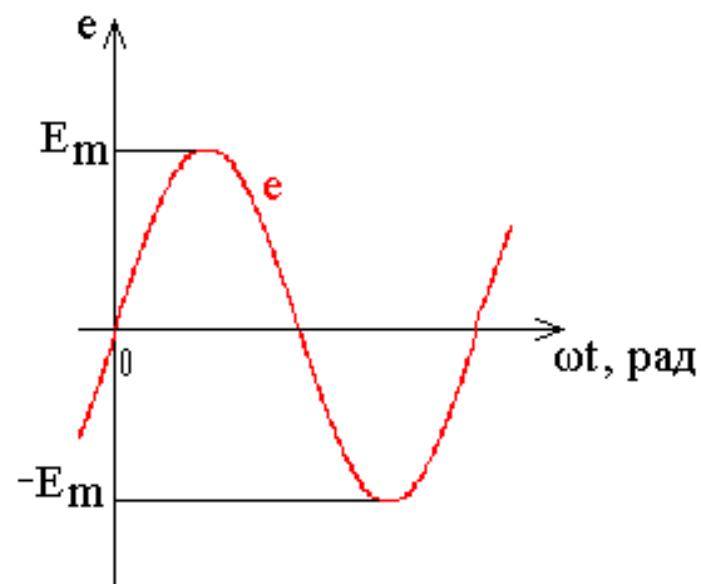
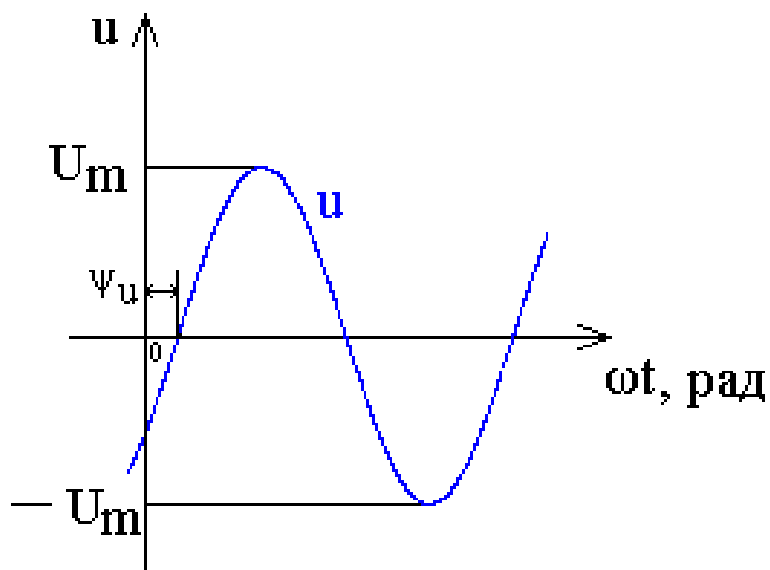
Синусоидальные величины принято изображать графиками в виде зависимости от ωt . На данном графике $\psi_i > 0$.



Продолжить

- 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 $\psi_u < 0$, $\psi_e = 0$.

Продолжить

Начальная фаза тока (ЭДС, напряжения) ψ_i , ψ_e , ψ_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:

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

Продолжить

- 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 :

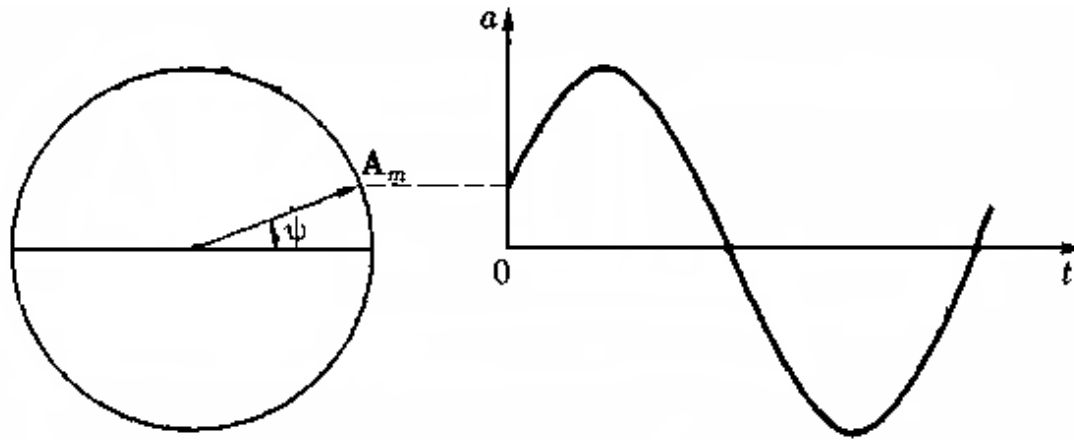
$$I = I_m / \sqrt{2}$$

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

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

Продолжить

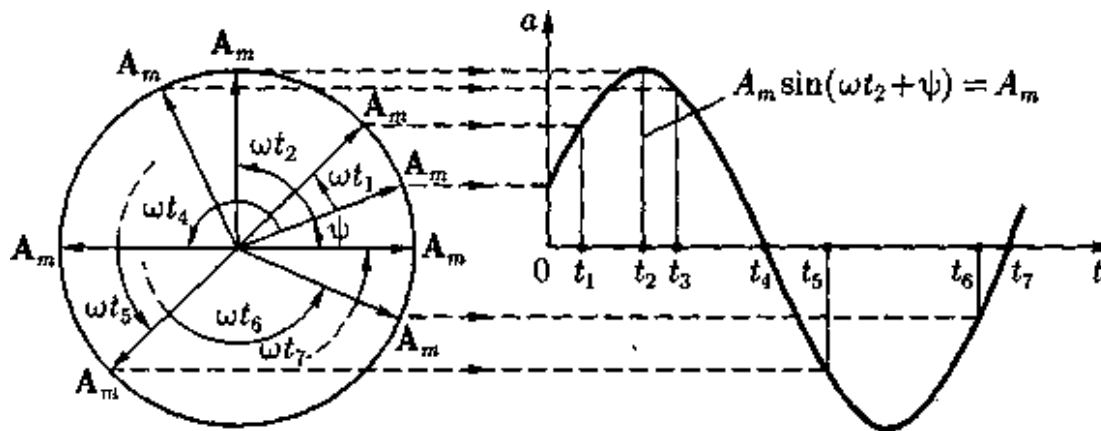
Представление синусоидальных величин вращающимися векторами



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

Продолжить

Представление синусоидальных величин вращающимися векторами

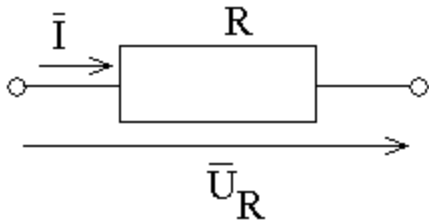


Если радиус-вектор вращать с постоянной угловой скоростью ω против направления движения часовой стрелки, то его проекция на вертикальную ось будет равна $A_m \sin(\omega t + \psi)$.

Применение вращающихся векторов позволяет компактно представить на одном рисунке совокупность различных синусоидально изменяющихся величин одинаковой частоты.

[Продолжить](#)

Цепь переменного тока с резистивным элементом



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

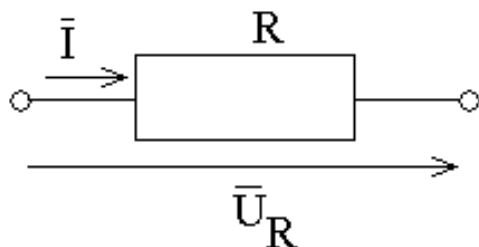
$$u = U_m \sin \omega t,$$

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

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

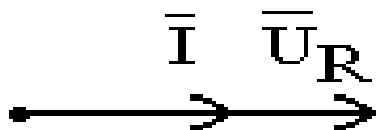
Продолжить

Цепь переменного тока с резистивным элементом



$$U_{Rm} = R I_m$$

$$U_R = R I$$



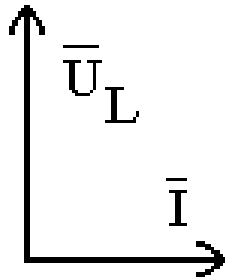
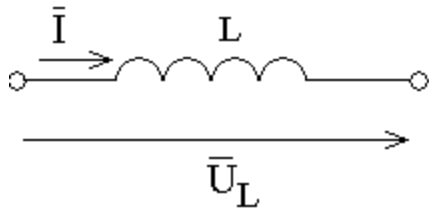
Напряжение и ток совпадают по фазе и в любой момент времени значения тока и напряжения пропорциональны друг другу.

Продолжить

Цепь переменного тока с индуктивным элементом

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

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



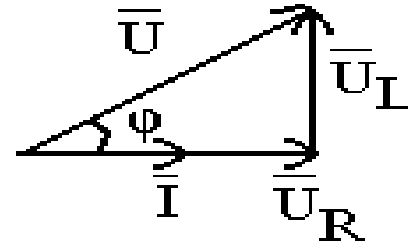
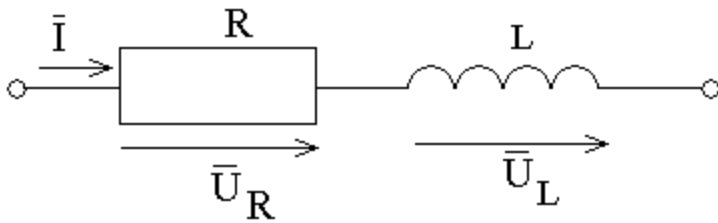
$$U_{Lm} = \omega L I_m$$

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

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

Продолжить

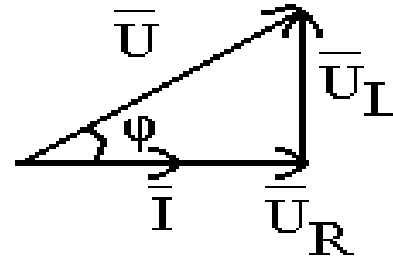
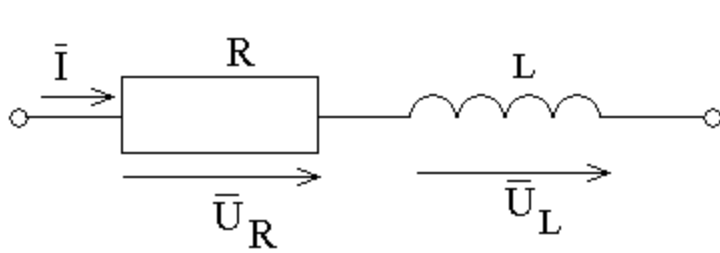
Неразветвленная цепь переменного тока с резистивным и индуктивным элементами



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

Продолжить

Неразветвленная цепь переменного тока с резистивным и индуктивным элементами



Напряжение опережает по фазе ток на угол φ :

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

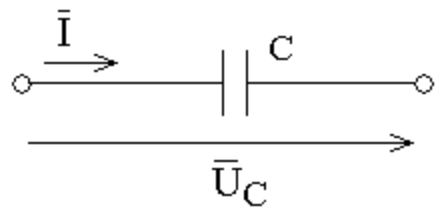
Действующее значение напряжения U (В): $U = \sqrt{U_R^2 + U_L^2}$

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

Ток в цепи I (А): $I = \frac{U}{Z}$

Продолжить

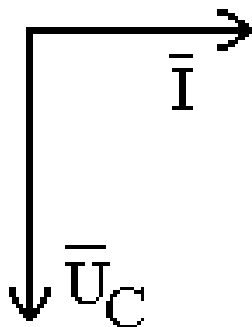
Цепь с емкостным элементом



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

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

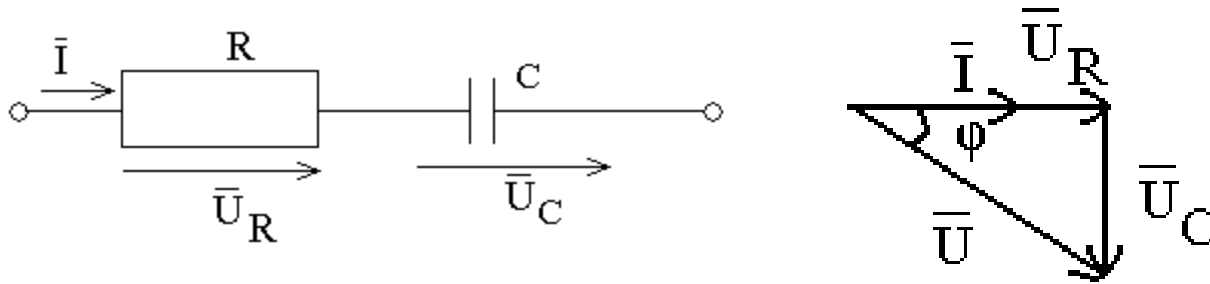


то есть напряжение отстает от тока на угол $\pi/2$.

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

Продолжить

Неразветвленная цепь переменного тока с резистивным и емкостным элементами



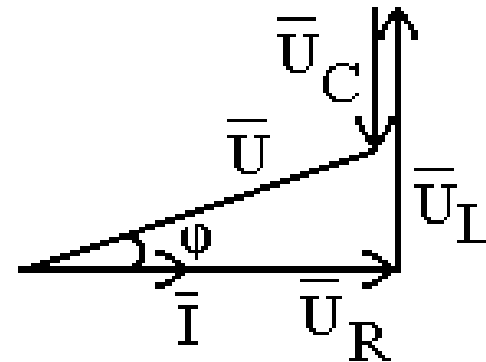
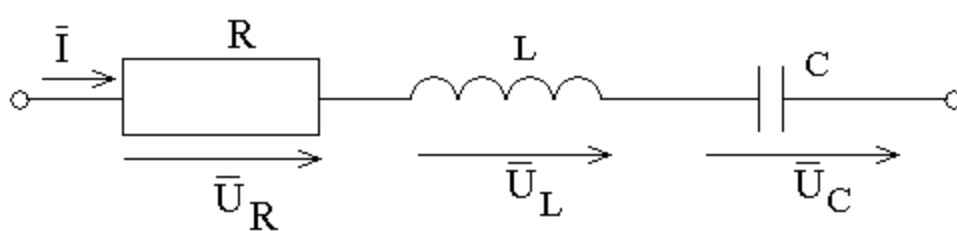
Напряжение на зажимах цепи $\bar{U} = \bar{U}_R + \bar{U}_C$

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

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

Продолжить

Неразветвленная цепь переменного тока с резистивным, индуктивным и емкостным элементами



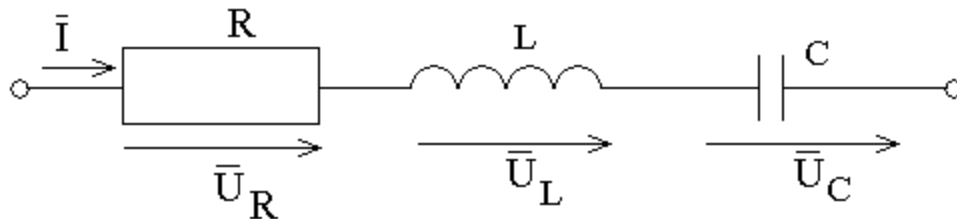
Значение напряжения на зажимах этой цепи равно сумме значений трех составляющих:

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

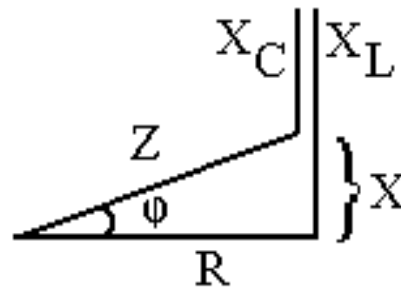
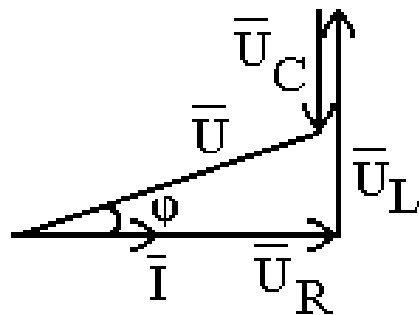
Действующее значение $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$

Продолжить

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

Продолжить

Мощности цепи

Активная мощность, Вт:

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

Реактивная мощность, вар:

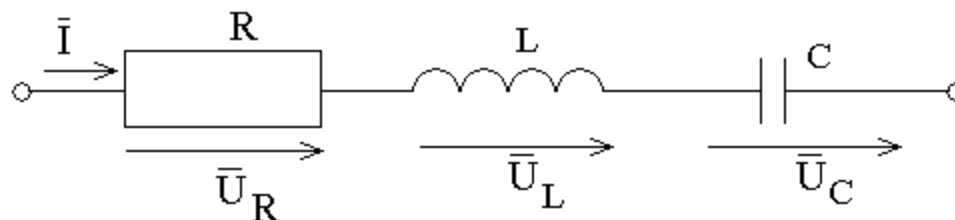
$$Q = U I \sin \varphi = (U_L - U_C) I = I^2 X$$

Полная мощность, ВА:

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

Продолжить

Резонанс напряжений



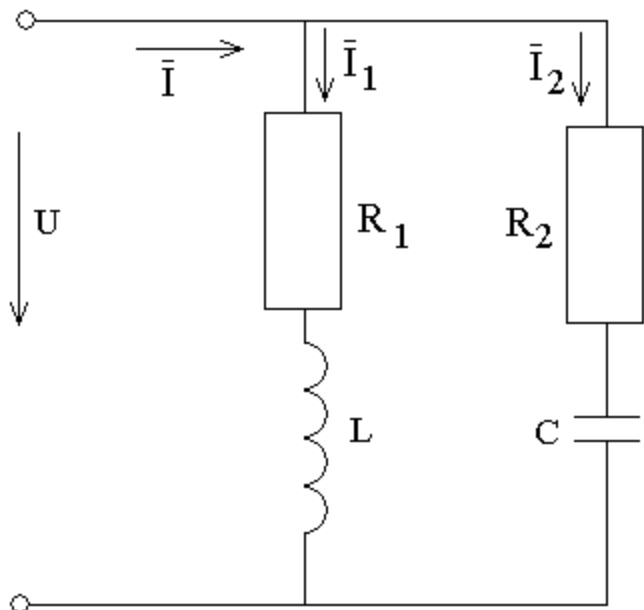
В неразветвленной цепи R-L-C при равенстве реактивных сопротивлений $X_L = X_C$ наступает резонанс напряжений

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 $\cos \varphi = 1$.

Продолжить

Цепь с параллельными ветвями



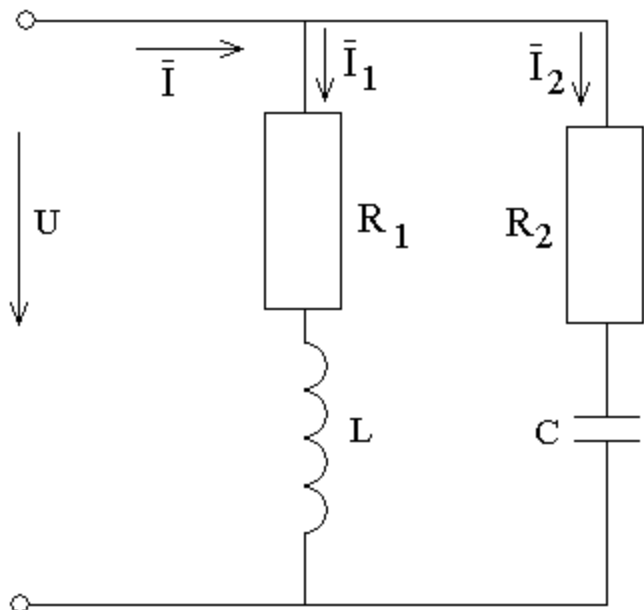
Рассмотрим разветвленную цепь, состоящую из двух ветвей.

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.

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

Продолжить

Цепь с параллельными ветвями



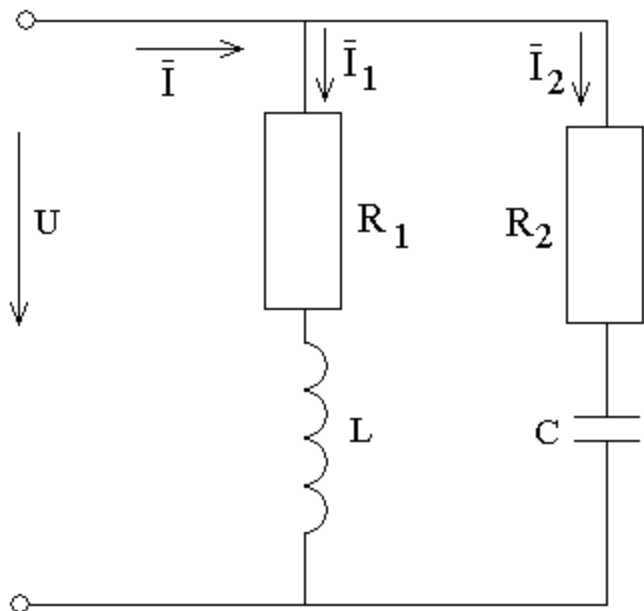
$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{G^2 + B^2}$$

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

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

Продолжить

Цепь с параллельными ветвями



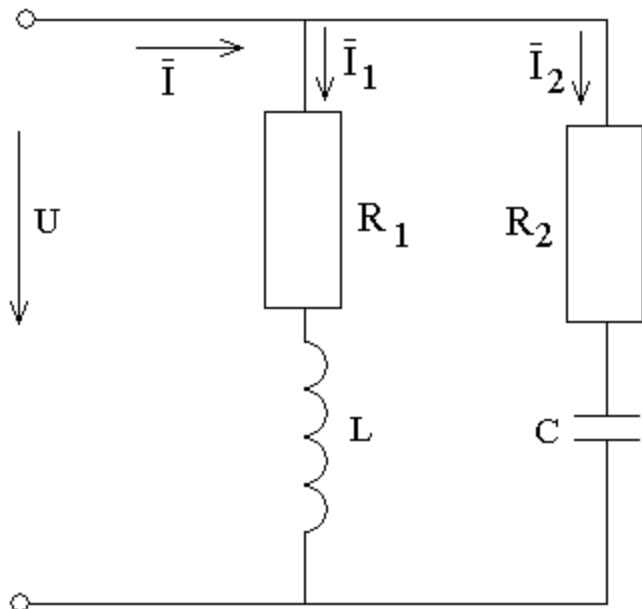
$$Y = \frac{1}{Z} = \sqrt{G^2 + B^2}$$

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

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

Продолжить

Цепь с параллельными ветвями

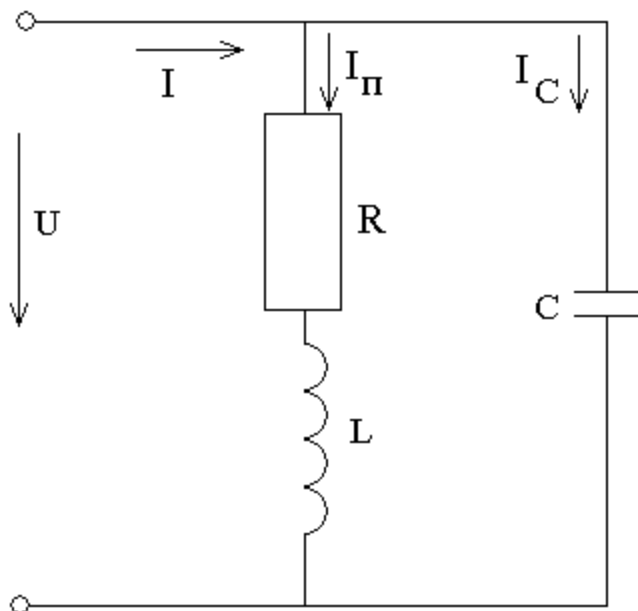


В цепи можно получить резонанс токов при условии равенства проводимостей $B_L = B_C$, тогда полная проводимость цепи $Y = G$. Угол сдвига фаз φ между током I и напряжением U в неразветвленной части цепи равен нулю, так как реактивные составляющие токов в ветвях I_{p1} и I_{p2} равны между собой и находятся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

Цепь обладает только активной мощностью.

[Продолжить](#)

Компенсация реактивной мощности

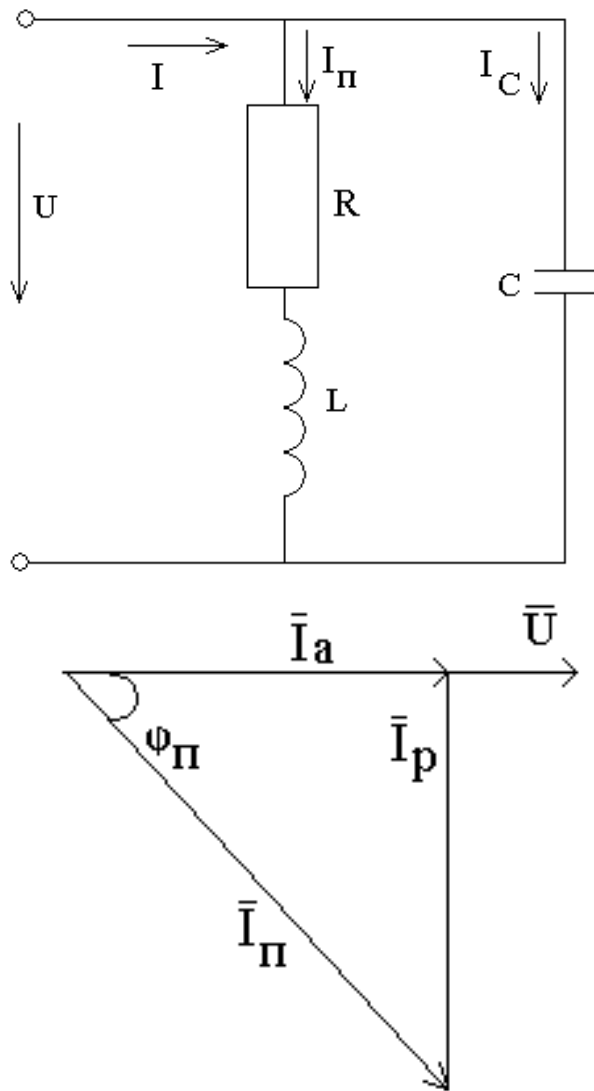


Идея компенсации реактивной энергии индуктивного потребителя заключается в подключении к нему емкостного потребителя, в результате чего потребление реактивной энергии всей установкой уменьшается.

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

[Продолжить](#)

Компенсация реактивной мощности



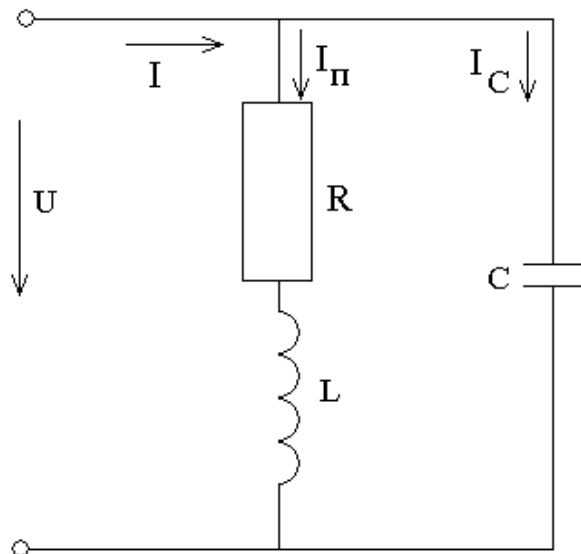
Ток потребителя I_{Π} отстает по фазе от напряжения U на угол φ_{Π} и может быть представлен как сумма двух составляющих: активной I_a и реактивной I_p .

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 .

[Продолжить](#)

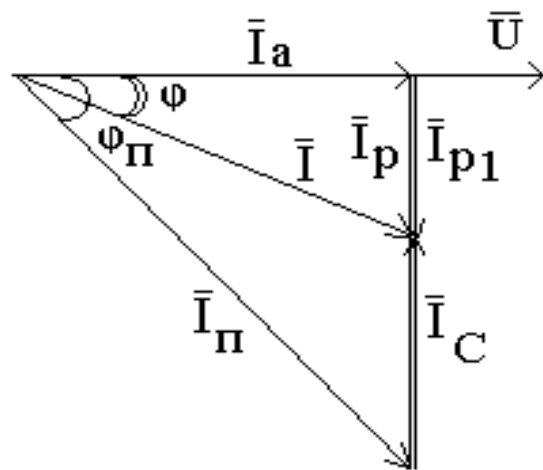
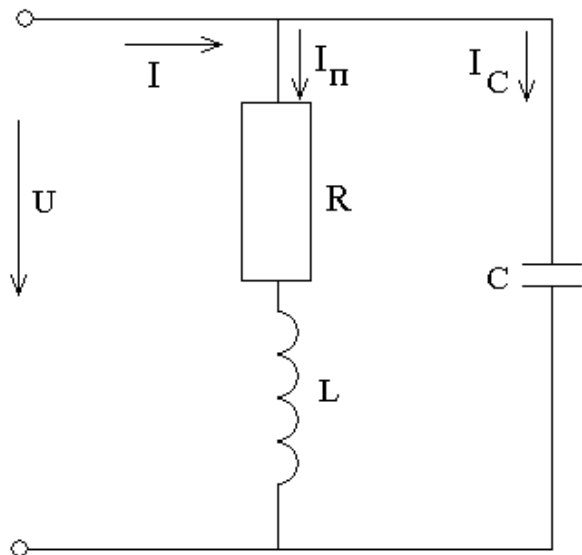
Компенсация реактивной мощности



Необходимо включить параллельно индуктивному потребителю батарею конденсаторов, чтобы повысить коэффициент мощности потребителя $\cos \varphi_{\text{П}}$ до заданного значения $\cos \varphi$.

Продолжить

Компенсация реактивной мощности

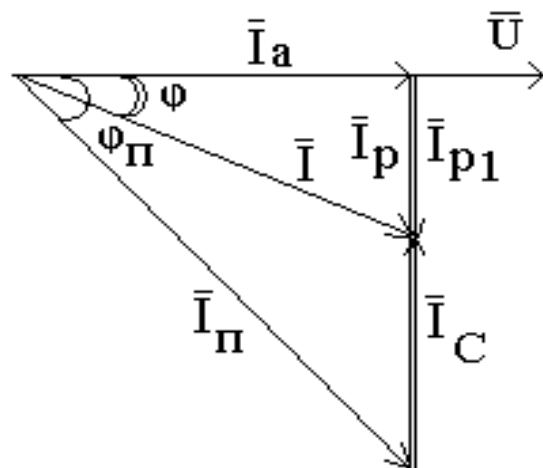
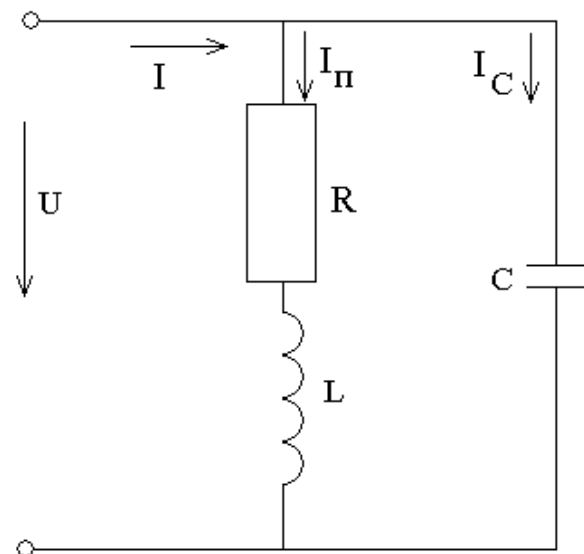


Ток батареи конденсаторов I_C , которая подключается параллельно индуктивному потребителю, должен быть равен разности реактивных составляющих токов потребителя до компенсации I_p и после компенсации I_{p1} .

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

Продолжить

Компенсация реактивной мощности



С другой стороны, ток

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

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 $\cos \varphi = 0,90 \div 0,95$.

[Продолжить](#)

Практическое задание

К однофазной цепи синусоидального тока напряжением

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

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

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

светильники 60 Вт, 2 штуки.

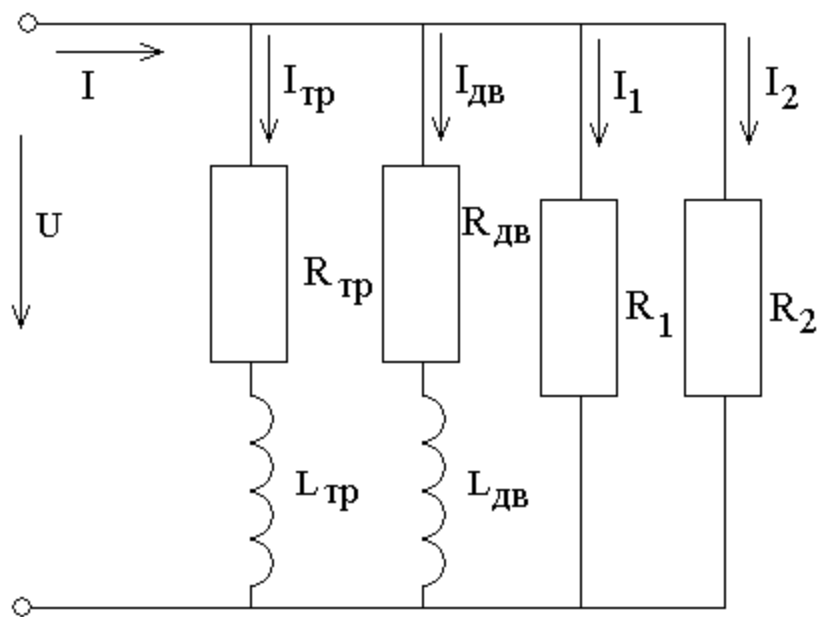
Составить эквивалентную схему замещения потребителей и определить параметры ее элементов.

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

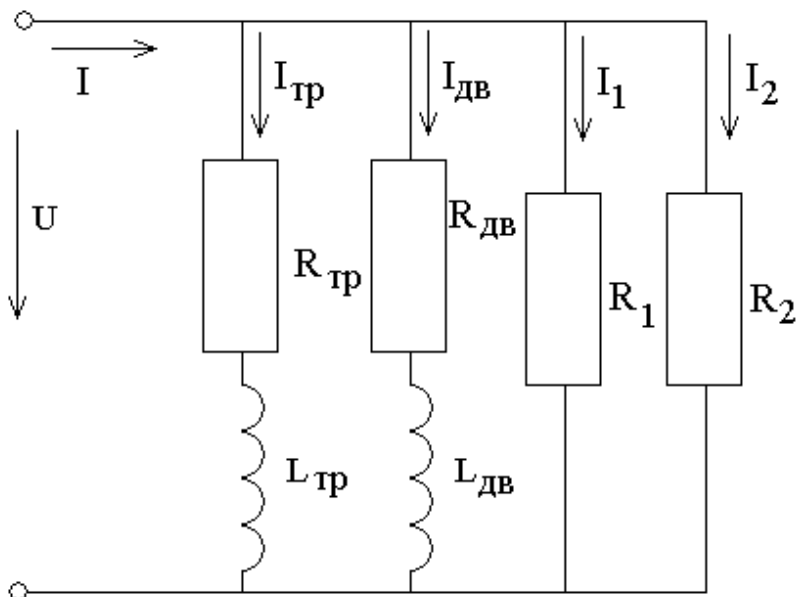
[Продолжить](#)

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.



Продолжить



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:

$$S_{\text{тр}} = 0,16 \text{ кВА} = 160 \text{ ВА}$$

$$P_{\text{тр}} = S_{\text{тр}} \cos \varphi_{\text{тр}} = 128 \text{ Вт}$$

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

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

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

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

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

Продолжить

Расчет двигателя:

Сначала необходимо определить активную мощность, потребляемую двигателем из сети:

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

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

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

сопротивления:

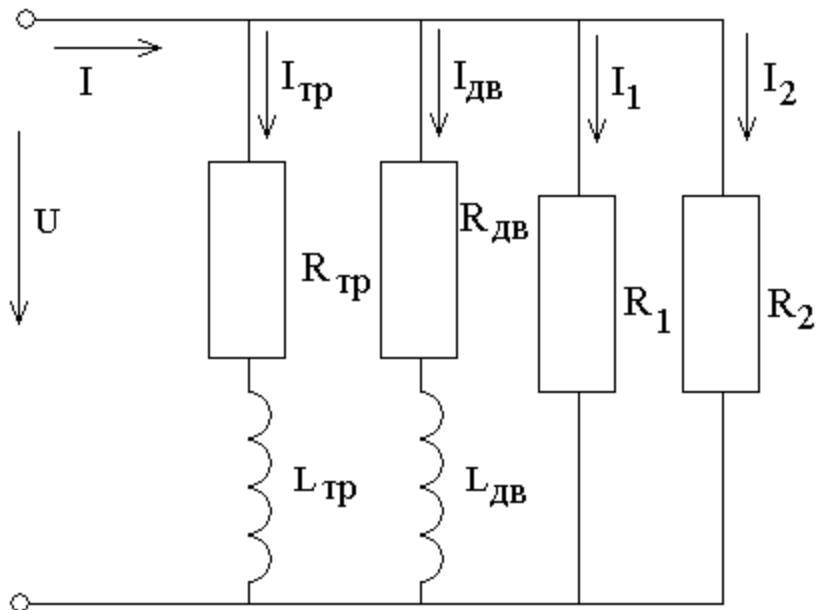
$$Z_{\text{дв}} = U / I_{\text{дв}} = 220 / 1,483 = 148,348 \text{ Ом}$$

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

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

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

Продолжить



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

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

Продолжить

Свернем данную схему в её эквивалентную методом активно-реактивных проводимостей

Определяем проводимости:

активные:

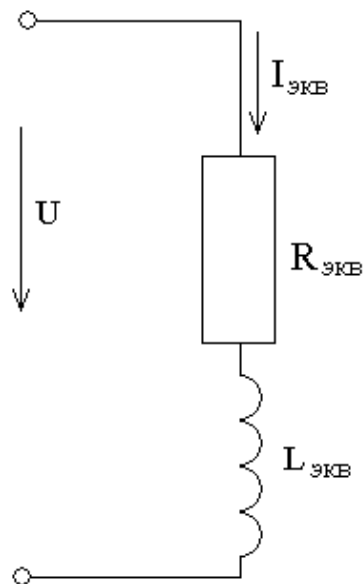
$$G_{\text{тр}} = R_{\text{тр}} / Z_{\text{тр}}^2 = 242,182 / 302,613^2 = 0,002645 \text{ СМ}$$

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

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

Эквивалентная активная проводимость цепи:

$$G = G_{\text{тр}} + G_{\text{дв}} + G_1 + G_2 = 0,009512 \text{ СМ}$$



Продолжить

Определяем проводимости:

реактивные:

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

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

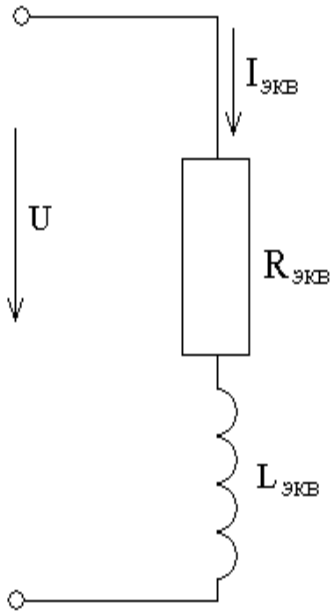
$$B_1 = B_2 = 0$$

Эквивалентная реактивная проводимость цепи:

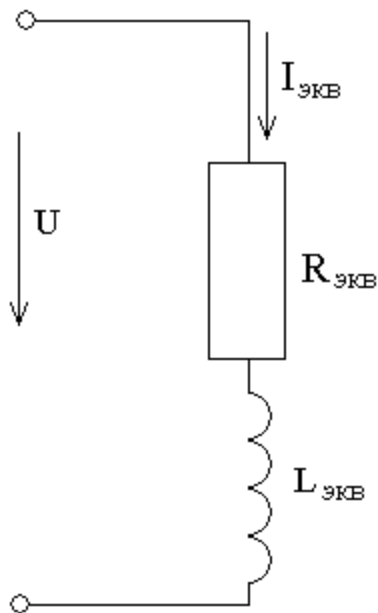
$$B = B_{тр} + B_{дв} = 0,007103 \text{ См}$$

Эквивалентная полная проводимость

$$Y = \sqrt{G^2 + B^2} = 0,01187 \text{ См}$$



Продолжить



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

$$Z_{\text{эКВ}} = 1/Y = 1/0,01187 = 84,246 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{эКВ}} = G/Y^2 = 67,5104 \text{ Ом}$$

$$X_{L_{\text{эКВ}}} = B/Y^2 = 50,4127 \text{ Ом}$$

$$L_{\text{эКВ}} = X_{L_{\text{эКВ}}}/2\pi f = 0,16 \text{ Гн}$$

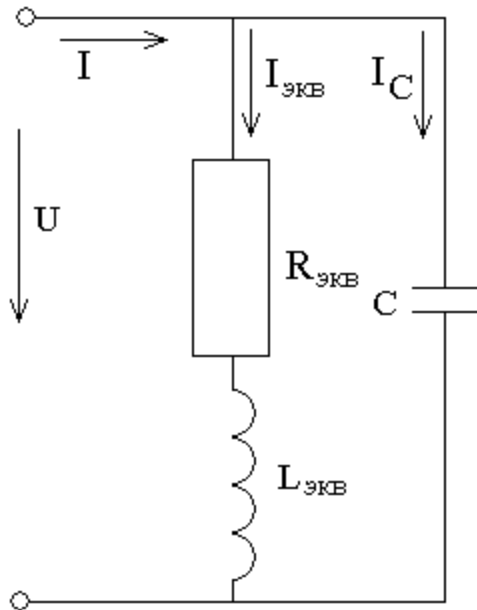
$$I_{\text{эКВ}} = U/Z_{\text{эКВ}} = 2,6114 \text{ А}$$

$$P = R_{\text{эКВ}} I_{\text{эКВ}}^2 = 460,381 \text{ Вт}$$

Проверь себя: $P_{\text{тр}} + P_{\text{дв}} + P_{\text{св}} * n = P$

Продолжить

2. Подключаем блок конденсаторов для снижения реактивной мощности



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

Определяем:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi_{\Pi} &= \operatorname{tg} \varphi_{\text{экв}} = X_{L_{\text{экв}}} / R_{\text{экв}} = \\ &= 50,4127 / 67,5104 = 0,7467 \end{aligned}$$

По условию задачи
 $\operatorname{tg} \varphi = 0$.

$$C = \frac{460,381}{314 \cdot 220^2} (0,7467 - 0) = 0,0000226 \text{ Ф} = 22,6 \text{ мкФ}$$

Продолжить

Построим векторную диаграмму токов (повторить сложение векторов)

Параметры диаграммы:

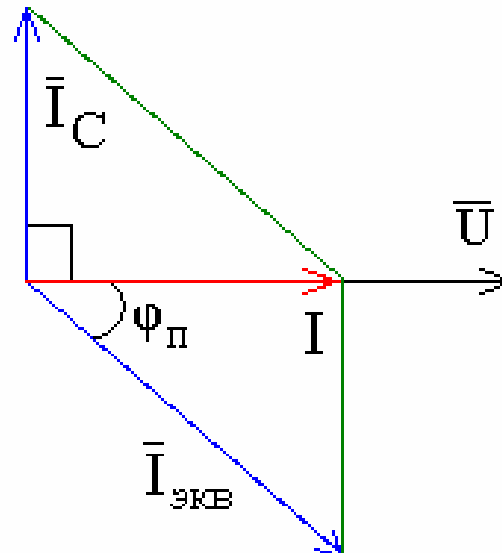
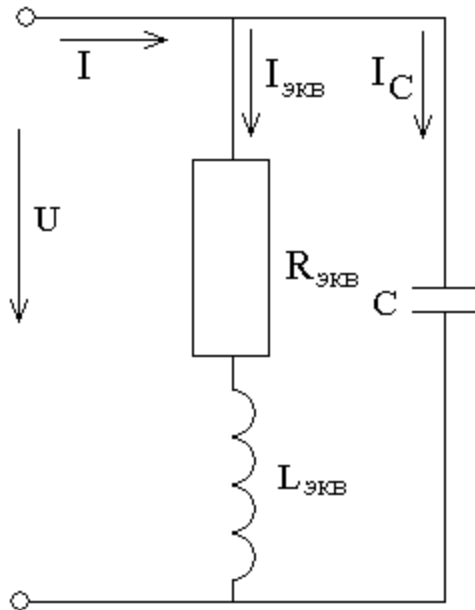
$$I_{\text{ЭКВ}} = 2,6114 \text{ A}$$

$$I_C = U/X_C = U \cdot 2\pi f C = 1,56 \text{ A}$$

$$\varphi_{\Pi} = \varphi_{\text{ЭКВ}} = \arctg(X_{L\text{ЭКВ}}/R_{\text{ЭКВ}}) = \arctg 0,7467 = 36,8^\circ$$

$$\varphi = 0$$

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



Продолжить

Таким образом,
при полной
компенсации
реактивной
мощности

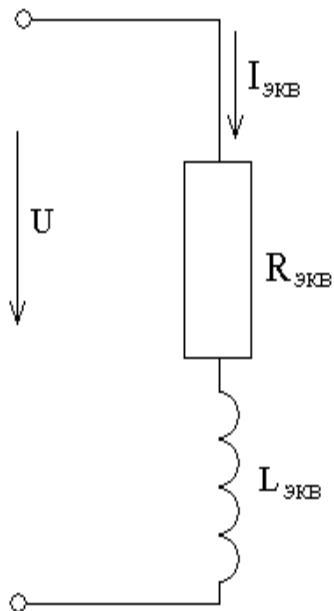
$$I = I_{\text{ЭКВ}} \cos \varphi_{\text{пр}} = 2,091 \text{ A}$$

Покажем построение графиков мгновенных значений тока и напряжения для эквивалентной схемы

$$I_{\text{ЭКВ}} = 2,6114 \text{ A} \quad I_{m \text{ ЭКВ}} = I_{\text{ЭКВ}} \sqrt{2} = 3,693 \text{ A}$$

$$\varphi_{\Pi} = 36,8^{\circ}$$

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



Мгновенные значения токов и напряжения определяются:

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

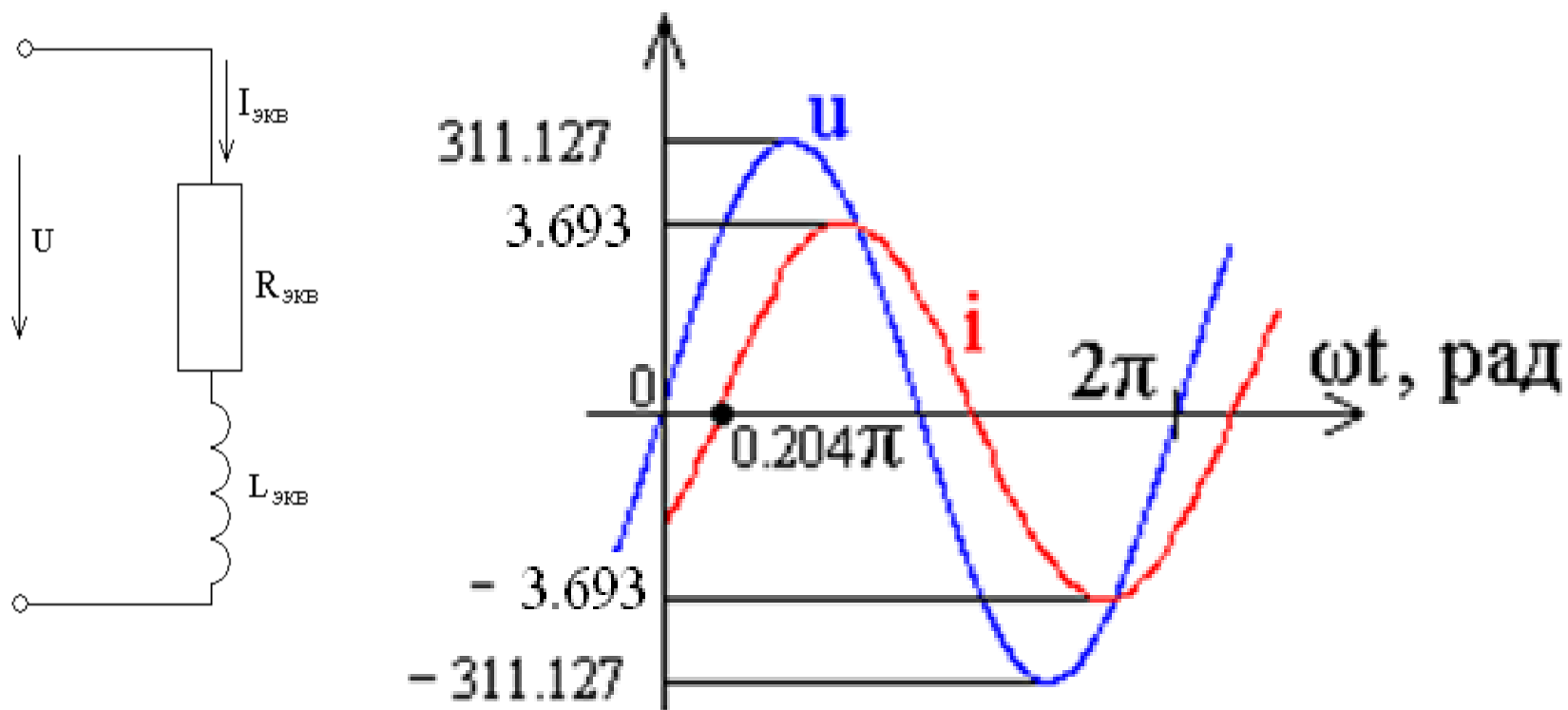
$$u = U_m \sin (\omega t + \psi_u)$$

$$\varphi_{\Pi} = \psi_u - \psi_i = 36,8^{\circ}$$

Примем $\psi_u = 0$, тогда $\psi_i = -36,8^{\circ} =$
 $= -(36,8^{\circ}/180^{\circ})\pi = -0,204\pi$ радиан

Продолжить

$$i = 3,693 \sin (\omega t - 0,204\pi), u = 311,127 \sin \omega t$$



Продолжить

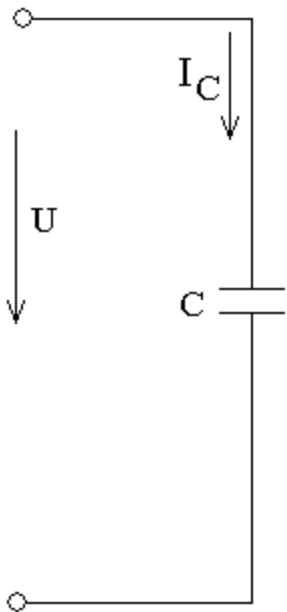
Покажем построение графиков мгновенных значений для
емкостного элемента

$$I_C = 1,56 \text{ A}$$

$$\varphi_C = -90^\circ$$

$$I_{mC} = I_C \sqrt{2} = 2,206 \text{ A}$$

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



Мгновенные значения токов и напряжения
определяются:

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

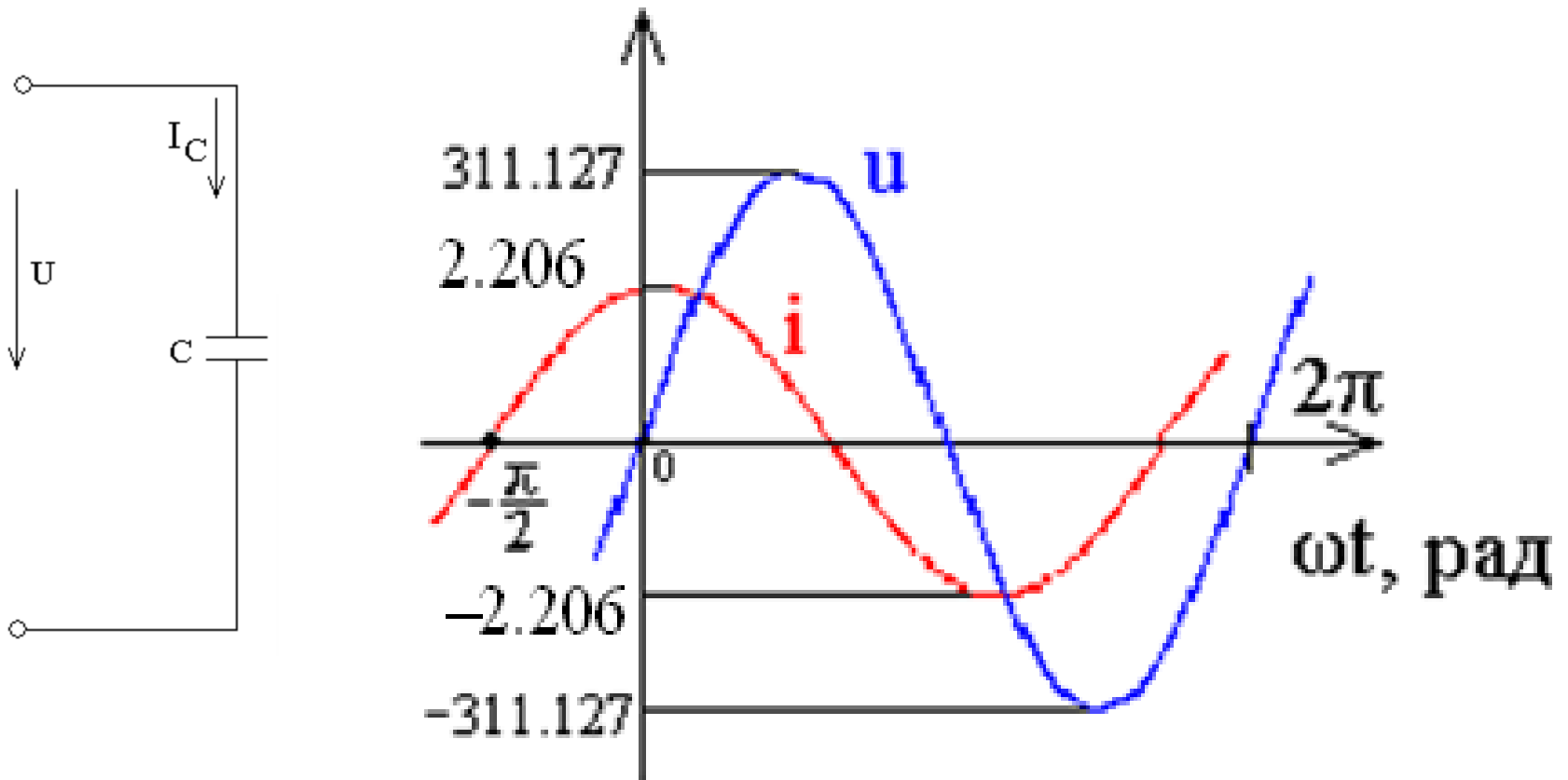
$$u = U_m \sin (\omega t + \psi_u)$$

Примем $\psi_u = 0$, тогда

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

Продолжить

$$i = 2,206 \sin (\omega t + \pi/2), u = 311,127 \sin \omega t$$



Продолжить

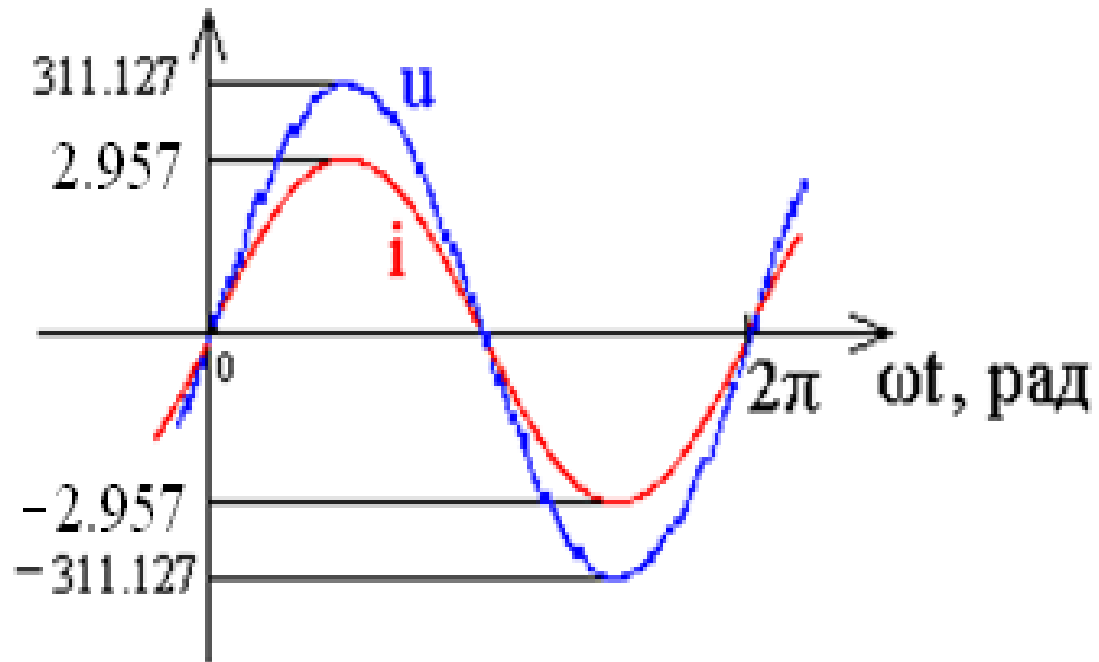
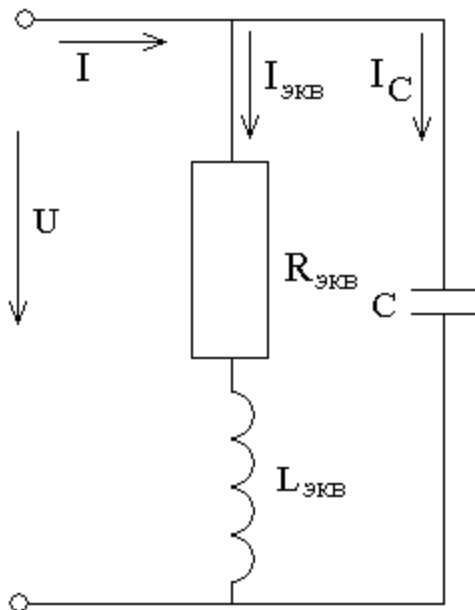
Построение графиков мгновенных значений входного напряжения и тока

$$I = 2,091 \text{ A}$$

$$I_m = I\sqrt{2} = 2,957 \text{ A}$$

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

$$i = 2,957 \sin \omega t, \quad u = 311,127 \sin \omega t$$



Продолжить

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 _{ном} , Вт х кол-во
	тип	cos φ	тип	Р _{ном} , Вт	η, %	cos φ	
1	ОСМ-0,4	0,78	4ААЕ56В2	120	53	0,76	40х4
2	ОСМ-0,063	0,75	АОЛБО 11-4	18	22	0,62	25х3
3	ОСМ-0,25	0,85	4ААТ56А4	120	51	0,90	25х2
4	ОСМ-0,1	0,75	АОЛБ012-4	30	28	0,62	40х3
5	ОСМ-0,16	0,85	4ААЕ56А4	60	37	0,70	15х3
6	ОСМ-0,063	0,75	АОЛБ11-4	50	34	0,62	25х2
7	ОСМ-0,4	0,85	4ААТ56В4	120	51	0,90	40х4
8	ОСМ-0,1	0,8	АОЛБ12-4	80	41	0,62	40х2
9	ОСМ-0,1	0,85	4ААУ56В4	90	39	0,65	25х2
10	ОСМ-0,25	0,75	АОЛБ21-4	120	47	0,62	60х2
11	ОСМ-0.063	0,85	4ААТ50А2	60	56	0,80	15х3
12	ОСМ-0,4	0,75	АОЛБ22-4	180	53	0,62	60х3
13	ОСМ-0,16	0,82	4ААЕ50А2	40	51	0,68	15х3
14	ОСМ-0,63	0,75	АОЛБ31-4	240	60	0,62	40х4
15	ОСМ-0,25	0,8	4ААТ50В2	90	60	0,9	40х2

№ п/п	Однофазный трансформатор		Однофазный асинхронный двигатель				Светильники Р _{ном} , Вт х кол-во
	тип	cos φ	тип	Р _{ном} , 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	25x3
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	40x4
25	ОСМ-0.063	0.8	4ААЕ50В4	40	28	0,54	15x5
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	15x3

№ п/п	Однофазный трансформатор		Однофазный асинхронный двигатель				Светильники Р _{ном} , Вт x кол-во
	тип	cos φ	тип	Р _{ном} , 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	15x4
33	ОСМ-0,1	0,78	4ААУ56А2	90	50	0,82	25x3
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

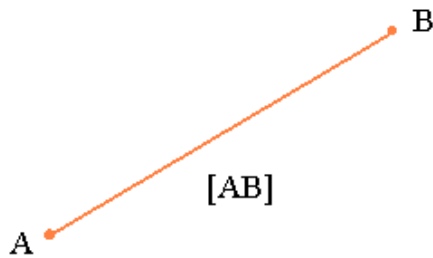
№ п/п	Однофазный трансформатор		Однофазный асинхронный двигатель				Светильники Р _{ном} , Вт х кол-во
	тип	cos φ	тип	Р _{ном} , Вт	η, %	cos φ	
46	ОСМ-0,1	0,95	ABE042-2	30	50	0,90	15x2
47	ОСМ-0,63	0,75	4AAT63B2	370	68	0,95	100x3
48	ОСМ-0,063	0,85	ABE041-2	18	40	0,90	15x2
49	ОСМ-0,16	0,75	4AAE63A4	120	46	0,65	25x3
50	ОСМ-0,63	0,85	4AXT71A2	550	64	0,95	200x2
51	ОСМ-0,25	0,75	4AAT63A2	250	66	0,95	40x5
52	ОСМ-0,4	0,8	4AXE71A2	370	55	0,74	100x3
53	ОСМ-0,4	0,82	4AXE71B4	370	51	0,70	60x4
54	ОСМ-1,0	0,8	4AXT71B2	750	66	0,95	150x4
55	ОСМ-1,0	0,82	4AXT71B4	550	66	0,92	100x4
56	ОСМ-0,63	0,8	4AXE71B2	550	60	0,83	150x3
57	ОСМ-0,25	0,82	4AXE71A4	250	50	0,70	40x4
58	ОСМ-0,4	0,8	4AXT71A4	370	62	0,92	100x2
59	ОСМ-0,4	0,85	4AAU63B2	250	62	0,75	60x2
60	ОСМ-0,1	0,82	ABE061-4	80	56	0,95	25x2

№ п/п	Однофазный трансформатор		Однофазный асинхронный двигатель				Светильники Р _{ном} , Вт х кол-во
	тип	cos φ	тип	Р _{ном} , 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

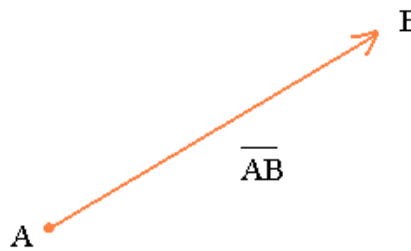
Закончить работу

Векторы

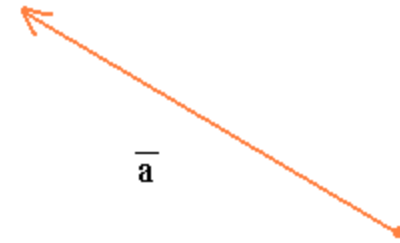
- Вектор – направленный отрезок, имеет определенную длину, направление указывает стрелка.



Отрезок AB



Вектор \overline{AB}

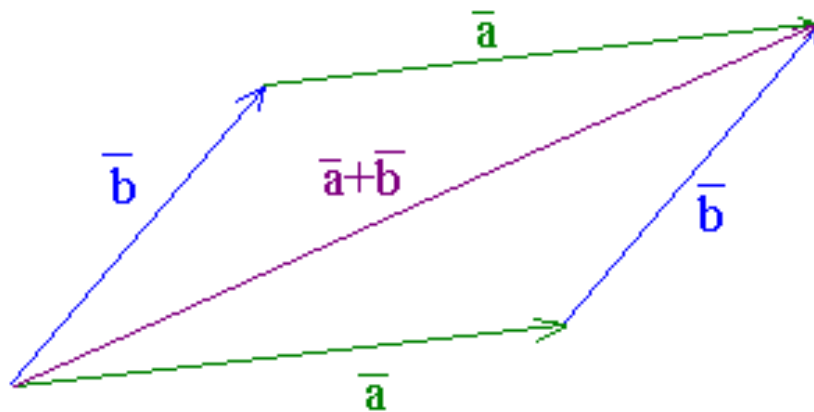


Вектор \overline{a}

Продолжить

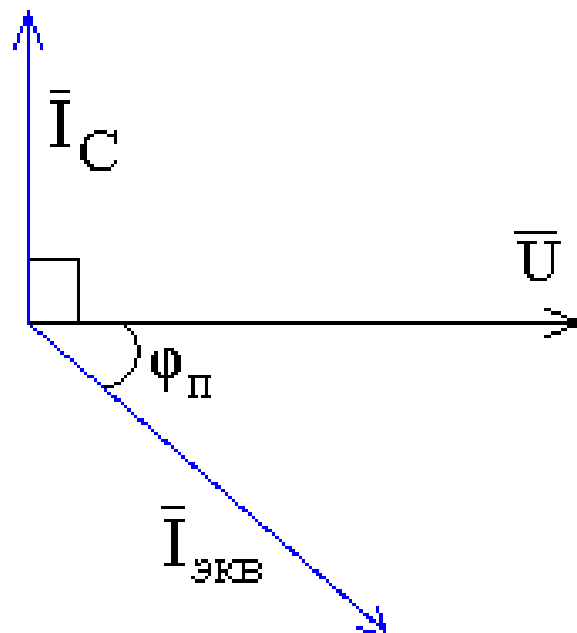
Сложение векторов

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



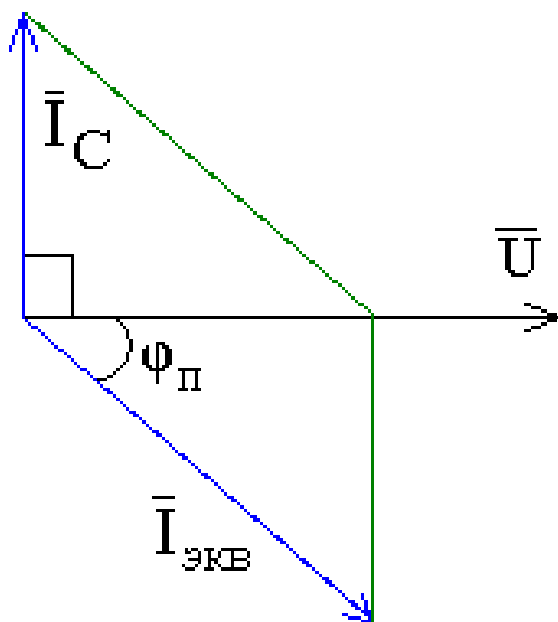
Продолжить

- 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° , ток $\bar{I}_{\text{ЭКВ}}$ отстает на угол $36,8^\circ$ (положительное направление угла – против часовой стрелки):



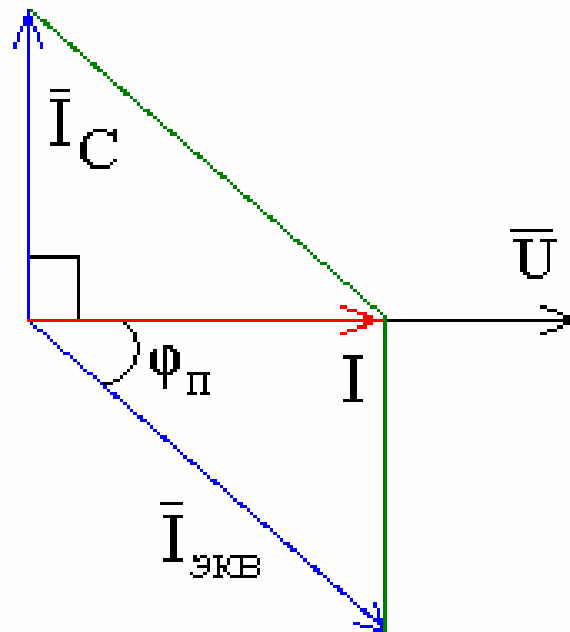
Продолжить

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



Продолжить

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



[Вернуться в задачу](#)