

БПОУ ВО «ГРЯЗОВЕЦКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»

РАССМОТРЕНЫ

на заседании цикловой комиссии
общепрофессиональным дисциплинам и
профессиональным модулям отделения
«Электрификация и автоматизация
сельского хозяйства»

Протокол № 1
от «30» августа 2018 г.

Председатель ЦК
Т.В. Невзорова

СОГЛАСОВАНЫ

Зам директора по ОМР
Л Е.А. Ткаченко

«30» 08 2018 г.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ
САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ
ПО ОП.04 Основы электротехники**

**Специальность: 35.02.08 Электрификация и автоматизация
сельского хозяйства**

Форма обучения - заочная

**Грязовец
2018**

Самостоятельная работа

обучающихся заочного отделения при изучении

ОП 04 Основы электротехники.

Тема 1.2. Расчет электрических цепей постоянного тока.

1. Источники тока: типы, характеристики, способы соединения. Сложные электрические цепи. Законы Кирхгофа.
2. Неразветвленная электрическая цепь. Эквивалентное сопротивление. Электрические цепи с несколькими источниками эдс. Потенциальная диаграмма неразветвленной электрической цепи.
3. Разветвленная электрическая цепь. Эквивалентное сопротивление параллельно соединенных резисторов. Электрическая проводимость. Смешанное соединение пассивных элементов.
4. Расчет электрических цепей методом преобразования схем.
5. Метод узловых напряжений.
6. Метод узловых и контурных уравнений.
7. Метод контурных токов.
8. Метод наложения токов.

Лабораторные работы:

1. Последовательное соединение конденсаторов.
2. Параллельное соединение конденсаторов
3. Исследование электрической цепи при последовательном соединении сопротивлений.
4. Исследование электрической цепи при параллельном соединении сопротивлений.
5. Измерение потерь напряжения в линии.
6. Проверка опытным путем метода наложения.

Практические работы:

7. Расчет электростатических полей.
8. Расчет цепи постоянного тока при смещенном соединении сопротивлений.
9. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока методом узловых и контурных уравнений.
10. Расчет сложной электрической цепи постоянного тока методом контурных токов.

Тема: 2.2. Электромагнитная индукция.

1. Явление электромагнитной индукции; закон электромагнитной индукции; правило Ленца; электродвижущая сила, индуцируемая в проводнике, движущемся в магнитном поле; потокосцепление.
2. Взаимное преобразование механической и электрической энергии; принцип действия, устройства электрических машин;

3. Явление и ЭДС самоиндукции, явление и ЭДС взаимоиндукции; коэффициент магнитной связи; устройства, принцип действия трансформатора.
4. Основные правила эксплуатации электрических машин.

Лабораторные работы:

5. Измерение мощности потерь энергии в ферромагнитном сердечнике.
6. Измерение магнитных величин.

Практические работы:

7. Расчет неразветвленных магнитных цепей.
8. Расчет разветвленных магнитных цепей. Изучение устройства электродвигателя.

Тема 3.2. Расчет однофазных цепей переменного тока.

Практические работы:

1. Расчет неразветвленной цепи переменного тока с использование векторных диаграмм.
2. Расчет неразветвленной цепи переменного тока символическим методом.
3. Расчет разветвленной цепи переменного тока с использование векторных диаграмм.
4. Расчет разветвленной цепи переменного тока символическим методом.
5. Расчет цепи переменного тока при смешенном соединении сопротивлений символическим методом.
6. Расчет режима резонанса напряжений.
7. Расчет режима резонанса токов.

Тема 3.3. Трехфазные цепи.

Практические работы:

1. Расчет трехфазной несимметричной цепи при соединении приемников в «звезду с нулевым проводом».
2. Расчет трехфазной несимметричной цепи при соединении приемников в «треугольник».

Тема 3.4. Нелинейные цепи.

1. Методы расчета нелинейных цепей постоянного и переменного тока.

Практические работы:

1. Расчет нелинейной цепи постоянного тока при последовательном соединении нелинейных элементов.
2. Расчет нелинейной цепи постоянного тока при параллельном соединении нелинейных элементов.
3. Расчет нелинейных цепей переменного тока.

Тема 3.5. Переходные процессы.

1. Переходный процесс. Законы коммутации.
2. Переходный процесс при зарядке конденсатора.

3. Переходный процесс при разрядке конденсатора.
4. Переходный процесс при включении (отключении) катушки индуктивности.

Тема 4.1. Электрические измерения.

Практические работы:

1. Определение погрешностей при измерении электрических величин.
2. Определение параметров электрической цепи переменного тока с помощью измерительных приборов.

Тема 4.2. Аппаратура управления и защиты.

1. Принцип действия, устройства, основные характеристики аппаратуры управления.
2. Принцип действия, устройства, основные характеристики аппаратуры защиты.

Практические работы:

1. Изучение устройства рубильника.

Выполнение контрольной работы.

ИТОГО:

самостоятельная работа обучающегося – 209 часов.

БПОУ ВО «Грязовецкий политехнический техникум»

специальность: 35.02.08

«Электрификация и автоматизация сельского хозяйства»

КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

по общепрофессиональной дисциплине

ОП. 04 «Основы электротехники»

Заочное отделение

ЗАДАЧА 1

Задание: Три приемника электрической энергии соединены «звездой с нулевым проводом» в цепь трехфазного тока с линейным напряжением.

1. Начертите схему цепи
2. Определите фазные, линейные токи.
3. Активную, реактивную и полную мощности каждой фазы и всей цепи.
4. Построить векторную диаграмму.

Номер варианта – две последние цифры шифра.

Таблица 1. Исходные данные к задаче

Номер варианта	Задаваемые величины					Номер варианта	Задаваемые величины				
	U, В	Z _A , Ом	Z _B , Ом	Z _C , Ом	Z ₀ , Ом		1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
00, 50	220	4	3 + j4	4 - j3	1	25, 75	380	+ j12	14 + j16	18 - j24	08
01, 51	380	6	4 + j3	3 - j4	1	26, 76	660	+ j16	16 + j18	24 - j18	08
02, 52	660	8	6 + j8	6 - j8	1	27, 77	220	+ j24	20 + j22	20 - j9	08
03, 53	220	10	8 + j6	8 - j6	1	28, 78	380	+ j18	22 + j24	9 - j24	08
04, 54	380	12	9 + j12	12 - j9	1	29, 79	660	+ j20	24 + j26	16 - j24	08
05, 55	660	14	12 + j9	9 - j12	1	30, 80	220	24 + j32	+ j2	4 - j3	07
06, 56	220	16	9 + j16	16 - j9	1	31, 81	380	32 + j24	+ j4	6 - j9	07
07, 57	380	18	12 + j16	12 - j16	1	32, 82	660	24 + j22	+ j16	8 - j12	07
08, 58	660	20	16 + j12	16 - j12	1	33, 83	220	16 + j20	+ j8	10 - j14	07
09, 59	220	22	9 + j9	32 - j24	1	34, 84	380	8 + j8	+ j10	12 - j16	07
10, 60	380	4 + j3	-j3	80 + j60	09	35, 85	660	12 + j16	+ j12	14 - j18	07
11, 61	660	6 + j4	-j4	40 + j30	09	36, 86	220	8 + j14	+ j14	16 - j20	07
12, 62	220	8 + j6	-j5	4 + j3	09	37, 87	380	6 + j12	+ j16	18 - j22	07
13, 63	380	10 + j8	-j6	8 + j6	09	38, 88	660	2 + j10	+ j18	20 - j24	07
14, 64	660	12 + j9	-j7	12 + j9	09	39, 89	220	6 + j8	+ j20	22 - j26	07
15, 65	220	14 + j12	-j8	16 + j12	09	40, 90	380	8 + j6	16 - j22	22	1
16, 66	380	16 + j12	-j9	20 + j15	09	41, 91	660	9 + j18	6 - j9	24	1
17, 67	660	18 + j16	-j10	10 + j7,5	09	42, 92	220	10 + j16	8 - j12	26	1
18, 68	220	20 + j3	-j11	24 + j18	09	43, 93	380	12 + j16	10 - j16	12	1
19, 69	380	22 + j4	-j12	32 + j24	09	44, 94	660	14 + j8	12 - j24	16	1
20, 70	660	+ j3	3 + j4	3 - j4	08	45, 95	220	16 + j12	14 - j32	18	1
21, 71	220	+ j4	6 + j8	4 - j3	08	46, 96	380	18 + j36	16 - j36	20	1
22, 72	380	+ j6	8 + j10	6 - j8	08	47, 97	660	20 + j10	18 - j42	22	1
23, 73	660	+ j8	10 + j12	9 - j16	08	48, 98	220	22 + j9	20 - j48	24	1
24, 74	220	+ j9	12 + j14	12 - j16	08	49, 99	380	24 + j12	22 - j54	26	1

Пример к задаче 1: Три приемника электрической энергии с комплексами полных сопротивлений $Z_A = (8 - j6)$ Ом, $Z_B = (6 - j8)$ Ом, $Z_C = (23 + j15,3)$ Ом соединены звездой и включены в четырехпроводную сеть трехфазного тока с линейным напряжением $U_L = 660$ В. Сопротивление нулевого провода $Z_0 = 1$ Ом. Определить: 1) напряжение на каждой фазе приемника при наличии нулевого провода и при его обрыве; 2) для случая с нулевым проводом: а) фазные, линейные токи и ток в нулевом проводе; б) активную, реактивную и полную мощность каждой фазы и всей цепи.

Построить топографическую диаграмму напряжений при обрыве нулевого провода.

Решение.

Пример необходимо решать символьическим методом.

- При соединении обмоток звездой фазное напряжение

$$U_\phi = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}} = \frac{660}{1,73} = 380 \text{ В.}$$

- Представим напряжение и сопротивление в комплексном виде в алгебраической и показательной формах записи: $\dot{U}_A = 380 e^{j0^\circ} = (380 + j0) \text{ В};$

$$\dot{U}_B = 380 e^{-j120^\circ} = (-190 - j328) \text{ В};$$

$$\dot{U}_C = 380 e^{j120^\circ} = (-190 + j328) \text{ В};$$

$$\underline{Z}_A = 8 + j6 = 10 e^{+j37^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_B = 6 - j8 = 10 e^{-j53^\circ} \text{ Ом};$$

$$\underline{Z}_C = 23 + j15,3 = 27,6 e^{j33^\circ 40'} \text{ Ом.}$$

- Проводимости фаз и нулевого провода:

$$\underline{Y}_A = \frac{1}{\underline{Z}_A} = \frac{1}{10 e^{j37^\circ}} = 0,1 e^{-j37^\circ} = (0,08 - j0,06) \text{ См};$$

$$\underline{Y}_B = \frac{1}{\underline{Z}_B} = \frac{1}{10 e^{-j53^\circ}} = 0,1 e^{-j53^\circ} = (0,06 - j0,08) \text{ См};$$

$$\underline{Y}_C = \frac{1}{\underline{Z}_C} = \frac{1}{27,6 e^{j33^\circ 40'}} = 0,0362 e^{-j33^\circ 40'} = (0,03 - j0,02) \text{ См};$$

$$\underline{Y}_0 = \frac{1}{\underline{Z}_0} = \frac{1}{1} = 1 \text{ См.}$$

- Напряжение смещения нейтрали при наличии нулевого провода:

$$\begin{aligned} \dot{U}_0 &= \frac{\dot{U}_A \cdot \underline{Y}_A + \dot{U}_B \cdot \underline{Y}_B + \dot{U}_C \cdot \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C + \underline{Y}_0}; \\ \dot{U}_0 &= \frac{380 e^{j0^\circ} \cdot 0,1 e^{-j37^\circ} + 380 e^{-j120^\circ} \cdot 0,1 e^{-j53^\circ} + 380 e^{+j120^\circ} \cdot 0,0362 e^{-j33^\circ 40'}}{0,08 - j0,06 + 0,06 + j0,08 + 0,03 - j0,02 + 1} = \\ &= \frac{38 e^{-j37^\circ} + 38 e^{-j67^\circ} + 13,7 e^{j86^\circ 20'}}{1,17} = \\ &= 32,48 e^{-j37^\circ} + 32,48 e^{-j67^\circ} + 11,75 e^{j86^\circ 20'} = \\ &= 26 - j19,5 + 12,7 - j30 + 0,752 + j11,75 = \\ &= 39,45 - j37,75 = 54 e^{-j43^\circ 40'}. \end{aligned}$$

- Напряжение смещения нейтрали при обрыве нулевого провода:

$$\dot{U}'_0 = \frac{\dot{U}_A \cdot \underline{Y}_A + \dot{U}_B \cdot \underline{Y}_B + \dot{U}_C \cdot \underline{Y}_C}{\underline{Y}_A + \underline{Y}_B + \underline{Y}_C} =$$

$$= \frac{38 e^{-j37^\circ} + 38 e^{-j67^\circ} + 13,75 e^{j86^\circ 20'}}{0,17} =$$

$$= 223,5 e^{-j37^\circ} + 223,5 e^{-j67^\circ} + 80,9 e^{j86^\circ 20'} =$$

$$= 178 - j134 + 87 - j205 + 5,17 + j80,74 =$$

$$= 270 - j258 = 372 e^{-j43^\circ 40'}.$$

6. Напряжение на фазах потребителя без нулевого провода:

$$\dot{U}'_A = \dot{U}_A - \dot{U}_0 = 380 - 270 + j258 = 110 + j258 = 280 e^{j66^\circ 60'} B;$$

$$\begin{aligned} \dot{U}'_B &= \dot{U}_B - \dot{U}_0 = -190 - j328 - 270 + j258 = \\ &= -460 - j70 = 464 e^{-j171^\circ} B; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}'_C &= \dot{U}_C - \dot{U}_0 = -190 + j328 - 270 + j258 = \\ &= -460 + j586 = 745 e^{j128^\circ 10'} B. \end{aligned}$$

7. Напряжение на фазах потребителя при наличии нулевого провода:

$$\dot{U}'_A = \dot{U}_A - \dot{U}_0 = 380 - 39,45 + j37,75 = 340,5 + j37,45 = 348 e^{j6^\circ 10'} B;$$

$$\begin{aligned} \dot{U}'_B &= \dot{U}_B - \dot{U}_0 = -190 - j328 - 39,455 + j37,75 = \\ &= -229 - j290 = 370 e^{-j128^\circ 10'} B; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{U}'_C &= \dot{U}_C - \dot{U}_0 = -190 + j328 - 39,45 + j37,75 = \\ &= 229,45 + j365,75 = 433 e^{j122^\circ} B. \end{aligned}$$

8. Токи фазные (равные линейным токам при соединении потребителей звездой):

$$\begin{aligned} I_A &= \dot{U}'_A \cdot \underline{Y}_A = 348 e^{j6^\circ 10'} \cdot 0,1 e^{-j37^\circ} = 34,8 e^{-j30^\circ 50'} = \\ &= (30 - j17,8) A; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_B &= \dot{U}'_B \cdot \underline{Y}_B = 370 e^{-j128^\circ 20'} \cdot 0,1 e^{j53^\circ} = 37 e^{-j75^\circ 20'} = \\ &= (9,35 - j35,7) A; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_C &= \dot{U}'_C \cdot \underline{Y}_C = 433 e^{j122^\circ} \cdot 0,0362 e^{-j33^\circ 40'} = 15,67 e^{j88^\circ 20'} = \\ &= (0,45 + j15,6) A. \end{aligned}$$

9. Ток в нулевом проводе по первому закону Кирхгофа для нейтральной точки:

$$\begin{aligned} I_0 &= I_A + I_B + I_C = 30 - j17,8 + 9,35 - j35,7 + 0,45 + j15,6 = \\ &= 39,8 - j37,9 = 54 e^{-j43^\circ 40'} A. \end{aligned}$$

Из вычислений видно, что ток в нулевом проводе определен правильно.

10. Мощности фаз:

$$\begin{aligned} \tilde{S}_A &= \dot{U}'_A \cdot I_A = 348 e^{j6^\circ 10'} \cdot 34,8 e^{-j30^\circ 50'} = 11696 e^{j37^\circ} = \\ &= (9357 + j7017) B \cdot A; \end{aligned}$$

$$S_A = 11696 B \cdot A; P_A = 9357 Bt; Q_A = 7017 var;$$

$$\begin{aligned} \tilde{S}_B &= \dot{U}'_B \cdot I_B = 370 e^{-j128^\circ 10'} \cdot 37 e^{-j75^\circ 20'} = 13690 e^{-j53^\circ} = \\ &= (8214 - j10952) B \cdot A; \end{aligned}$$

$$S_B = 13690 B \cdot A; P_B = 8214 Bt; Q_B = -10952 var;$$

$$\begin{aligned} \tilde{S}_C &= \dot{U}'_C \cdot I_C = 433 e^{j122^\circ} \cdot 15,67 e^{-j88^\circ 20'} = 6785 e^{j33^\circ 40'} = \\ &= (5647 + j3757) B \cdot A; \end{aligned}$$

$$S_C = 6785 B \cdot A; P_C = 5647 Bt; Q_C = 3757 var;$$

11. Мощности всей цепи:

$$\begin{aligned}\tilde{S} = \tilde{S}_A + \tilde{S}_B + \tilde{S}_C &= 9357 + j7017 + 8214 - j10952 + \\ &+ 5647 + j3757 = 23218 - j178 \text{ В} \cdot \text{А}; \\ P &= 23218 \text{ Вт}; Q = -178 \text{ вар.}\end{aligned}$$

Эти же мощности определить по другим формулам:

$$\begin{aligned}P &= P_A + P_B + P_C = I_A^2 \cdot r_A + I_B^2 \cdot r_B + I_C^2 \cdot r_C = \\ &= 34,8^2 \cdot 8 + 37^2 \cdot 6 + 15,67^2 \cdot 23 = 23218 \text{ Вт}; \\ Q &= Q_A + Q_B + Q_C = I_A^2 \cdot X_A + I_B^2 \cdot X_B + I_C^2 \cdot X_C = \\ &= 34,8^2 \cdot 6 - 37^2 \cdot 8 + 15,67^2 \cdot 15,3 = -178 \text{ вар.}\end{aligned}$$

12. Топографическая диаграмма строиться на комплексной плоскости в масштабе $m_u = 100 \text{ В/см}$.

Определяются длины векторов напряжений:

$$\begin{aligned}\bar{U}'_A &= \frac{|U'_A|}{m_u} = \frac{280}{100} = 2,8 \text{ см}; \\ \bar{U}'_B &= \frac{|U'_B|}{m_u} = \frac{464}{100} = 4,64 \text{ см}; \\ \bar{U}'_C &= \frac{|U'_C|}{m_u} = \frac{754}{100} = 7,54 \text{ см}; \\ \bar{U}'_0 &= \frac{|U'_0|}{m_u} = \frac{372}{100} = 3,72 \text{ см}; \\ U_A = U_B = U_C &= \frac{|U_A|}{m_u} = \frac{380}{100} = 3,8 \text{ см.}\end{aligned}$$

Порядок построения топографической диаграммы.

Совмещаем вектор напряжения фазы А источника с положительной вещественной осью, так как его угол равен нулю.

$$U_A = 380e^{j0^\circ}.$$

Откладываем вектор напряжения фазы В источника в сторону от вектора напряжения фазы А на 120° , а вектор напряжения фазы С – в сторону опережения на угол 120° .

$$U_B = 380e^{-j120^\circ}; \quad U_C = 380e^{j120^\circ}$$

Соединяя концы вектора фазных напряжений источников, получим векторы линейных напряжений источников.

Длины векторов линейных напряжений определяются:

$$\bar{U}_{AB} = \bar{U}_{BC} = \bar{U}_{CA} = \frac{U_L}{m_u} = \frac{660}{100} = 6,6 \text{ см.}$$

Векторы напряжений одинаковы, так как генераторы индуцируют симметричные ЭДС, следовательно, и напряжения симметричны. Из начала координат под углом $43^010'$ в сторону отставания от вещественной положительной оси $U_0 = 372e^{-j43^040'} \text{ В}$. откладывается напряжение смещения нейтрали

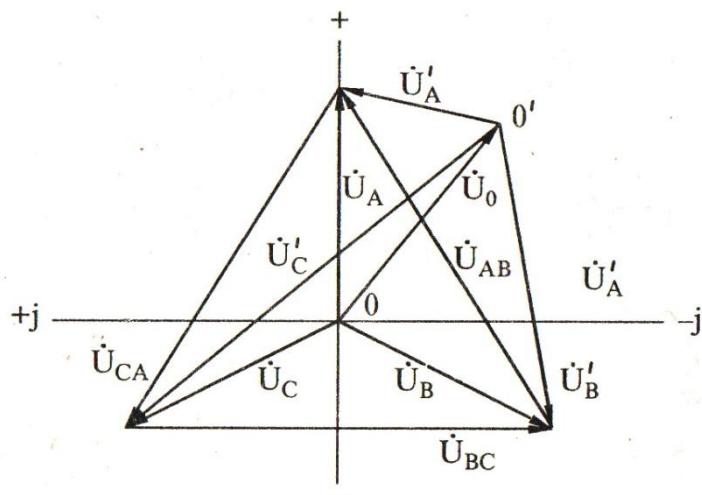
Длина этого вектора в масштабе 3,72 см.

Соединяя конец вектора напряжения смещения нейтрали с началами векторов фазных напряжений источников, получаем векторы фазных напряжений приемников электрической энергии

$$\dot{U}'_A; \dot{U}'_B; \dot{U}'_C.$$

Точка $0'$, в которой сходятся начала векторов напряжений приемников, есть нейтральная точка приемников электрической энергии, а точка 0, в которой сходятся начала векторов фазных напряжений источников, есть нейтральная точка источников электрической энергии.

Топографическая диаграмма показана на рис. 1.



ЗАДАЧА № 2

Какой ток должен протекать по обмотке с числом витков w , в магнитной цепи, изображенной на рисунке 1 а, чтобы магнитная индукция в воздушном зазоре σ была $B\sigma$. Данные для расчетов даны в таблице.

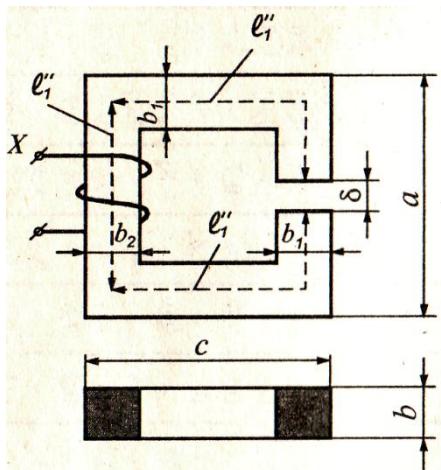


Рис. 1

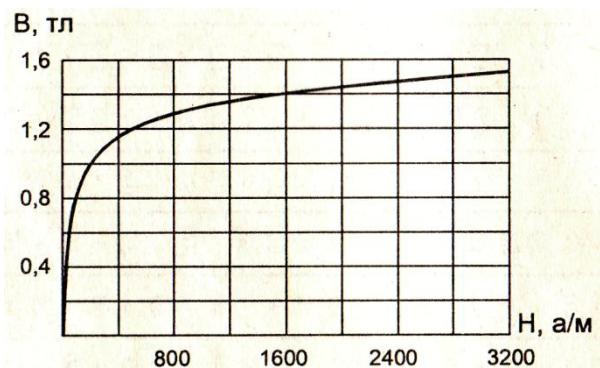


Рис. 2

Номер варианта – последняя цифра шифра.

Таблица. Исходные данные к задаче

Вариант	W, вит.	B _σ , Тл	σ, мм	a, мм	C, мм	b, мм	B ₁ = B, мм	B ₂ , мм
1	450	0,8	0,5	120	80	20	10	15
2	550	0,85	0,6	130	90	30	10	15
3	600	0,9	0,7	140	100	40	15	20
4	700	0,95	0,8	160	110	40	15	20
5	650	1,05	0,9	170	120	50	20	25
6	750	1,1	1,1	180	130	50	20	25
7	800	1,15	1,2	190	140	55	25	30
8	850	1,2	1,3	200	150	55	25	30
9	900	1,35	1,4	210	160	60	30	35
0	950	1,4	1,5	220	170	60	30	35

Методические указания. При решении большинства электротехнических задач все вещества практически подразделяются на ферромагнитные и неферромагнитные. У ферромагнитных веществ относительная магнитная проницаемость μ намного больше единицы, у всех неферромагнитных - μ практически равна единице.

Основными величинами, характеризующими магнитное поле, являются векторные величины: магнитная индукция \vec{B} , намагниченность \vec{J} , напряженность \vec{H} . Эти три величины связаны друг с другом следующей зависимостью:

$$\vec{B} = \mu_0 \left(\vec{H} + \vec{J} \right) \text{ Тл или } \vec{B} = \mu_0 \cdot \mu \vec{H},$$

где $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м, магнитная проницаемость вакуума;

μ - относительная магнитная проницаемость вещества.

Магнитный поток Φ есть поток вектора магнитной индукции через площадь S :

$$\Phi = \vec{B} \cdot S \text{ Вб.}$$

Магнитное поле создается электрическими токами. Количественная связь между линейным интегралом от вектора напряженности магнитного поля \vec{H} вдоль любого произвольного контура является алгебраической суммой токов ΣI , охваченных этим контуром, определяется законом тока $Hl = \Sigma I$.

Магнитодвижущая сила (м.д.с.) или намагничивающая сила (н.с.) катушки или обмотки с током есть произведение числа витков катушки W на протекающей по ней ток

$$F_M = IW.$$

Пример расчета магнитной цепи, показанной на рис. 1, если дано:

$W = 500$ вит.; $B_\sigma = 1$ Тл; $\sigma = 1,0$ мм; $a = 150$ мм; $c = 130$ мм; $b = 30$ мм;

$b_1 = b_2 = 15$ мм; $b_2 = 20$ мм. Найти величину тока в катушке, используя кривую намагничивания на рис. 2.

Решение:

Магнитную цепь разбиваем на три участка: первый с сечением s_1 , длина которого

$$l_1 = l_1' + l_1'' ; \quad l_1' = l_1'' ;$$

$$l_1' = \left(c - \frac{b_1 + b_2}{2} \right) + \frac{a - b}{2} = \left(130 - \frac{15 + 20}{2} \right) + \frac{150 - 15}{2} = 190 \text{ мм} = 0,19 \text{ м};$$

$$l_1 = 2l_1' = 2 \cdot 0,19 = 0,38 \text{ м};$$

$$s_1 = b \cdot b_1 = 15 \cdot 30 = 450 \text{ мм}^2 = 4,5 \text{ см}^2;$$

второй с сечением s_2 , длина которого

$$l_2 = a - b_1 = 150 - 15 = 135 \text{ мм} \quad l_2 = 0,135 \text{ м};$$

$$s_2 = b \cdot b_2 = 20 \cdot 30 = 600 \text{ мм}^2 = 6 \text{ см}^2;$$

третий – воздушный зазор $\sigma \approx 0,1 \text{ см}$; $s_\sigma = s_1 = 4,5 \text{ см}^2$.

Индукция $B_1 = B_\sigma = 1$ Тл.

Индукцию на втором участке найдем, разделив поток $\Phi = B_\sigma \cdot s_\sigma$ на сечение s_2

$$B_2 = \frac{\Phi}{s_2} = \frac{B_\sigma \cdot s_\sigma}{s_2} = \frac{1 \cdot 4,5}{6} = 0,75 \text{ Тл.}$$

Напряженности поля на участках I_1 и I_2 определяем согласно кривой намагничивания (рис. 2) по известным значениям магнитной индукции B_1 и B_2

$$H_1 = 300 \text{ А/м}; \quad H_2 = 115 \text{ А/м.}$$

Напряженность поля в воздушном зазоре

$$H_\sigma = 0,8 \cdot 10^6 \cdot B_\sigma = 0,8 \cdot 10^6 \cdot 1 = 8 \cdot 10^5 \text{ А/м.}$$

Падение магнитного напряжения вдоль всей магнитной цепи

$$\begin{aligned} \sum H_k \cdot l_k &= H_1 \cdot I_1 + H_2 \cdot I_2 + H_\sigma \cdot I_\sigma = \\ &= 300 \cdot 0,38 + 115 \cdot 0,135 + 8 \cdot 10^5 \cdot 10^{-4} = 209,6 \text{ А.} \end{aligned}$$

Сила тока в обмотке

$$I = \frac{\sum H_k l_k}{W} = \frac{209,6}{500} = 0,419 \text{ А.}$$

ЗАДАЧА № 3

Цепь, состоящая из двух параллельных ветвей, параметры которых $r_1, X_{L1}, X_{C1}, r_2, X_{L2}, X_{C2}$, приведены в табл. 1, присоединена к сети напряжением U и частотой $f = 50$ Гц.

1. Начертите схему электрической цепи и определите: а) токи в параллельных ветвях и ток в неразветвленной части цепи; б) коэффициент мощности каждой ветви и всей цепи; в) углы сдвига фаз токов относительно напряжения сети; г) активную, реактивную и полную мощности цепи.

2. Постройте векторную диаграмму.

3. В общем виде в логической последовательности покажите, как влияет изменение указанной в таблице величины на параметры: $g_1, b_1, y_1, g_2, b_2, y_2, I_1, I_2, I$.

Номер варианта – две последние цифры шифра.

Таблица. Исходных данных к задаче

Номера вариантов	Номера рисунка схемы	Задаваемые величины						1	2	3	4	5	6	7	8	9
		U, В	r_1 , Ом	X_{L1} , Ом	X_{C1} , Ом	r_2 , Ом	X_{L2} , Ом									
1	2	3	4	5	6	7	8	14, 64	21,5	380	75	—	80	80	90↑	15
00, 50	2.1.1	127	75↑	75	10	10	20	15, 65	21,1	660	80↓	5	10	80	90	—
01, 51	2.1.2	220	10	70↑	15	15	25	16, 66	21,2	127	75	10↓	15	75	80	25
02, 52	2.1.3	380	15↓	65	—	20	30	1 19, 69	2,1,5	660	60	—	30	60	70↓	40
03, 53	2.1.4	660	20	60	25	25↑	—	2 21, 71	2,1,2	220	50↑	35	40	50	60	50
04, 54	2.1.5	127	25	—	30	30	40↑	2 22, 72	2,1,3	380	45	40↑	—	45	55	55
05, 55	2.1.1	220	30↓	50	35	35	45	23, 73	2,1,4	660	40	45	45	40↑	—	60
06, 56	2.1.2	380	35	45↓	40	40	50	3 24, 74	2,1,5	127	35	—	50	35	45↑	65
07, 57	2.1.3	660	40	40	—	45↓	55	3 25, 75	2,1,1	220	30	55	55↓	30	40	—
08, 58	2.1.4	127	45	35	50↓	50	—	6 26, 76	2,1,2	380	25	60↑	60	25	35	75
09, 59	2.1.5	220	50	—	55	55↓	65	7 27, 77	2,1,3	660	20	65	—	20↑	30	80
10, 60	2.1.1	380	55↑	25	60	60	70	8 28, 78	2,1,4	127	15	70	65	15	—	85↑
11, 61	2.1.2	660	60	20↑	65	65	75	9 29, 79	2,1,5	220	10	—	70	10	20↑	90
12, 62	2.1.3	127	65↓	15	—	70	80	10 30, 80	2,1,1	380	10↓	50	5	100	50	—
13, 63	2.1.4	220	70	10	75	75↑	—	11 31, 81	2,1,2	660	20	45↓	10	90	55	45
								12 32, 82	2,1,3	127	30	40	—	80	60↑	40

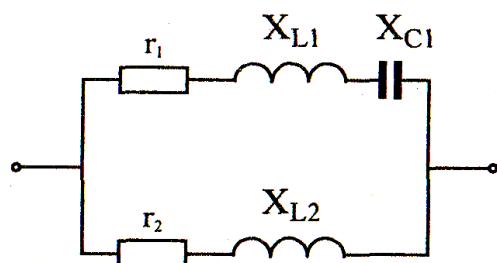


Рис. 2.1.1

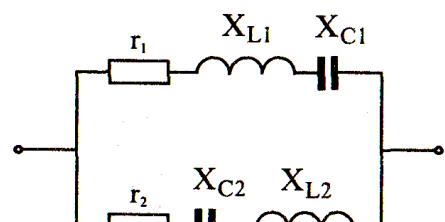


Рис. 2.1.2

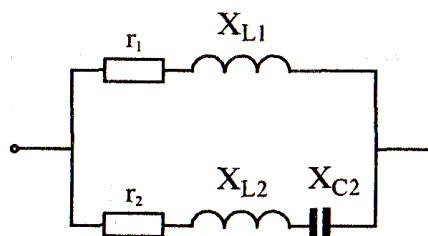


Рис. 2.1.3

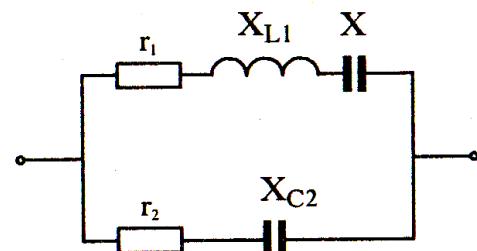


Рис. 2.1.4

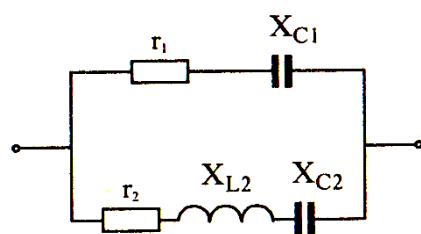


Рис. 2.1.5

Примечание. « \uparrow » - величина, указанная в таблице 1, увеличивается, « \downarrow » - уменьшается.

Задача. Цепь, состоящая из двух параллельных ветвей, параметры которых $r_1 = 16 \text{ Ом}; X_{L1} = 12 \text{ Ом}; r_2 = 30 \text{ Ом}; X_{C2} = 40 \text{ Ом}$, присоединена к сети с напряжением $U = 179 \sin 628t$.

Определить: 1) частоту электрической сети; 2) действующее значение напряжения сети; 3) токи в параллельных ветвях и ток в неразветвленной части цепи; 4) коэффициент мощности каждой ветви и всей цепи; 5) углы сдвига фаз токов относительно напряжения сети; 6) активную, реактивную и полную мощности цепи.

Построить векторную диаграмму напряжения и токов.

Решение.

1. Частота электрической цепи определяется из формулы угловой частоты $\omega = 2\pi f$:

$$f = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{628}{2 \cdot 3,14} = 100 \text{ Гц.}$$

2. Действующее значение напряжения определяется по известному амплитудному значению напряжения (U_m):

$$U = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = \frac{179}{1,41} = 127 \text{ В.}$$

3. Для определения токов необходимо найти проводимость ветвей и всей цепи:

1) активная, реактивная и полная проводимости первой ветви:

$$g_1 = \frac{r_1}{Z_1^2} = \frac{16}{16^2 + 12^2} = \frac{16}{400} = 0,04 \text{ См};$$

$$b_1 = \frac{X_{L1}}{Z_1^2} = \frac{12}{16^2 + 12^2} = \frac{12}{400} = 0,03 \text{ См};$$

$$y_1 = \sqrt{g_1^2 + b_1^2} = \sqrt{0,04^2 + 0,03^2} = \sqrt{0,0025} = 0,05 \text{ См};$$

2) активная, реактивная и полная проводимости второй ветви:

$$g_2 = \frac{r_2}{Z_2^2} = \frac{30}{30^2 + 40^2} = \frac{30}{2500} = 0,012 \text{ См};$$

$$b_2 = \frac{-X_{C2}}{Z_2^2} = \frac{40}{30^2 + 40^2} = \frac{40}{2500} = -0,016 \text{ См};$$

$$y_2 = \sqrt{g_2^2 + b_2^2} = \sqrt{0,012^2 + (-0,016)^2} = \sqrt{0,0004} = 0,02 \text{ См};$$

3) активная, реактивная и полная проводимости всей цепи:

$$g = g_1 + g_2 = 0,04 + 0,012 = 0,052 \text{ См};$$

$$b = b_1 + b_2 = 0,03 + (-0,016) = 0,014 \text{ См.}$$

$$y = \sqrt{g^2 + b^2} = \sqrt{0,052^2 + 0,014^2} = \sqrt{0,0029} = 0,054 \text{ См.}$$

4. Токи в ветвях и ток в неразветвленной части цепи:

$$I_1 = U \cdot y_1 = 127 \cdot 0,05 = 6,35 \text{ А};$$

$$I_2 = U \cdot y_2 = 127 \cdot 0,02 = 2,54 \text{ А};$$

$$I = U \cdot y = 127 \cdot 0,054 = 6,86 \text{ А.}$$

5. Коэффициент мощности и углы сдвига фаз относительно напряжения каждой ветви и всей цепи:

$$\cos \varphi_1 = \frac{g_1}{y_1} = \frac{0,04}{0,05} = 0,8; \quad \varphi_1 = 37^\circ;$$

$$\cos \varphi_2 = \frac{g_2}{y_2} = \frac{0,012}{0,02} = 0,6; \quad \varphi_2 = -53^\circ;$$

$$\cos \varphi = \frac{g}{y} = \frac{0,052}{0,054} = 0,963; \quad \varphi = 12^\circ.$$

По коэффициентам мощности $\cos\varphi$ с помощью таблиц Брадиса или логарифмической линейки определяются углы сдвига фаз между токами и напряжениями.

6. Активная, реактивная и полная мощности цепи:

$$P = U^2 \cdot g = 127^2 \cdot 0,052 = 838,7 \text{ Вт};$$

$$Q = U^2 \cdot b = 127^2 \cdot 0,014 = 225,8 \text{ вар};$$

$$S = U^2 \cdot y = 127^2 \cdot 0,054 = 871 \text{ В·А.}$$

Для построения векторной диаграммы токов и напряжения определяются активные и реактивные составляющие токов ветвей и всей цепи:

$$I_{a1} = I_1 \cdot \cos\varphi_1 = 6,35 \cdot 0,8 = 5,08 \text{ А};$$

$$I_{a2} = I_2 \cdot \cos\varphi_2 = 2,54 \cdot 0,6 = 1,524 \text{ А};$$

$$I_a = I \cdot \cos\varphi = 6,86 \cdot 0,963 = 6,604 \text{ А};$$

$$I_{p1} = I_1 \cdot \sin\varphi_1 = 6,35 \cdot 0,6 = 3,81 \text{ А};$$

$$I_{p2} = I_2 \cdot \sin\varphi_2 = 2,54 \cdot 0,8 = 2,032 \text{ А};$$

$$I_p = I \cdot \sin\varphi = 6,86 \cdot 0,259 = 1,78 \text{ А};$$

Выбирают масштабы напряжения и токов:

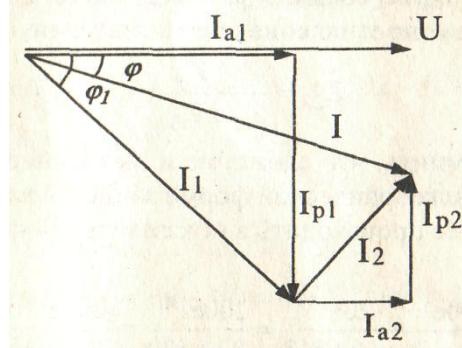
$$m_U = 25 \text{ В/см}; m_I = 1 \text{ А/см.}$$

Определяются длины векторов напряжения и токов:

$$\begin{aligned} \bar{U} &= \frac{|U|}{m_U} = \frac{127}{25} = 5,08 \text{ см}; & \bar{I}_a &= \frac{|I_a|}{m_I} = \frac{6,604}{1} = 6,604 \text{ см}; \\ \bar{I}_{a1} &= \frac{|I_{a1}|}{m_I} = \frac{5,08}{1} = 5,08 \text{ см}; & \bar{I}_p &= \frac{|I_p|}{m_I} = \frac{1,78}{1} = 1,78 \text{ см}; \\ \bar{I}_{p1} &= \frac{|I_{p1}|}{m_I} = \frac{3,81}{1} = 3,81 \text{ см}; & \bar{I}_l &= \frac{|I_l|}{m_I} = \frac{6,35}{1} = 6,35 \text{ см}; \\ \bar{I}_{a2} &= \frac{|I_{a2}|}{m_I} = \frac{1,524}{1} = 1,524 \text{ см}; & \bar{I}_2 &= \frac{|I_2|}{m_I} = \frac{2,54}{1} = 2,54 \text{ см}; \\ \bar{I}_{p2} &= \frac{|I_{p2}|}{m_I} = \frac{2,032}{1} = 2,032 \text{ см}; & \bar{I} &= \frac{|I|}{m_I} = \frac{6,86}{1} = 6,86 \text{ см}; \end{aligned}$$

Построение векторной диаграммы для разветвленных электрических цепей начинают с вектора напряжения \bar{U} , который располагают по горизонтальной оси. Вектор активной составляющей тока первой ветви \bar{I}_{a1} совпадает с вектором напряжения, поэтому он откладывается также по горизонтальной оси. Из конца вектора активной составляющей тока первой ветви \bar{I}_{a1} в сторону отставания на 90° от вектора напряжения \bar{U} (для цепи с реактивно-индуктивным сопротивлением) откладывается вектор реактивной составляющей тока первой ветви \bar{I}_{p1} . Соединяя конец вектора реактивной составляющей тока первой ветви \bar{I}_{p1} с началом вектора активной составляющей тока первой ветви \bar{I}_{a1} , получаем вектор тока первой ветви \bar{I}_{p1} . Из конца вектора реактивной составляющей тока первой ветви \bar{I}_{p1} откладывается вектор активной составляющей тока второй ветви \bar{I}_{a2} , совпадающий с вектором напряжения \bar{U} , а из его конца в сторону опережения вектора напряжения \bar{U} на 90° (для цепи с реактивно-емкостным сопротивлением) откладывается

вектор реактивной составляющей тока второй ветви \bar{I}_{p2} . Соединяя конец вектора реактивной составляющей тока второй ветви \bar{I}_{p2} с началом вектора активной составляющей тока второй ветви \bar{I}_{a2} , получаем вектор тока второй ветви \bar{I}_2 . Соединяя конец вектора тока второй ветви \bar{I}_2 с началом вектора тока первой ветви \bar{I}_1 , получаем вектор тока в неразветвленной части цепи \bar{I} . Векторная диаграмма построена на рис. 1.



**Рис. 1
ЗАДАЧА 4.**

Для локального обогрева поросят применяются различного типа электронагревательные панели из бетона, в толщу которых вмонтирована жесткая металлическая рама с намотанной на неё электронагревательным проводом марки ПНВСВ. К электросети напряжением 220 В панели подключают либо последовательным соединением, либо через понижающий трансформатор типа ТС3-2,5/1 мощностью 2,5 кВ·А и вторичным напряжением 36 В; 50 В.

Активное сопротивление образованной катушки R , при включении панели в сеть переменного тока с частотой 50 Гц и действующим напряжением U сила тока в панели имеет действующее значение I_1 (табл. 1.).

Требуется:

1. Для указанных условий:
 - 1.1. Начертить эквивалентную схему катушки, включенной на переменное напряжение, и определить ее полное сопротивление.
 - 1.2. Определить индуктивное сопротивление катушки X_L и построить в масштабе треугольник сопротивлений.
 - 1.3. Определить:
 - Силу тока I_3 в цепи;
 - Полное сопротивление цепи Z ;
 - Коэффициент мощности $\cos \varphi$ цепи;
 - Напряжение на катушке и конденсаторе.

Вариант по последней цифре шифра.

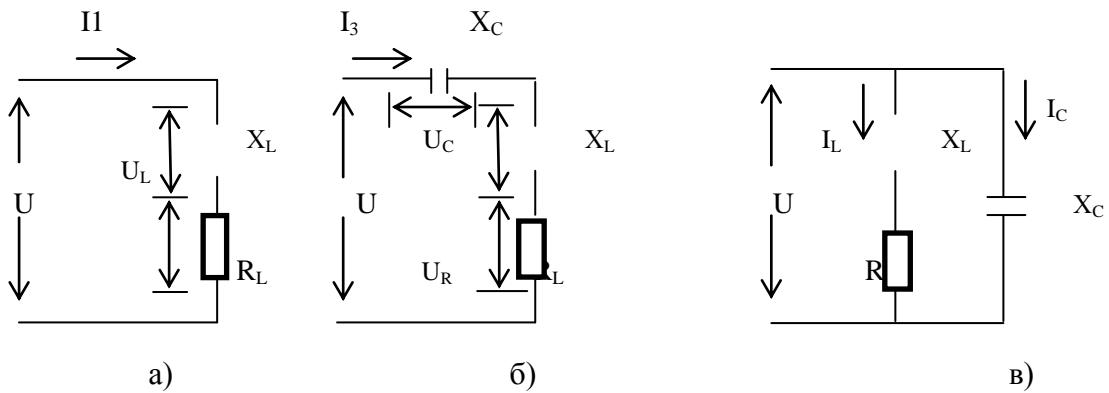
Таблица 1.1.

Исходные данные	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Переменное напряжение U , В	150	30	50	40	60	240	26	52	55	110
Переменный ток I_1 , А	30	6	5	4	6	12	2	4	11	22
Активное сопротивление панели R , Ом	3	4	6	8	6	16	5	12	3	4
Емкостное сопротивление конденсатора X_C , Ом	5	10	25	8	20	24	26	13	5	11

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ к выполнению контрольной работы

К задаче 4:

Схема замещения катушки представлена на рис. 1.1а. Катушка эквивалентируется индуктивностью с сопротивлением X_L и резистором R_L .



а) эквивалентная схема катушки, б) схема последовательного и параллельного в) соединения катушки конденсатора.

Резистор R_L равен внутреннему омическому сопротивлению катушки, или ее сопротивлению постоянному току.

Индуктивное сопротивление X_L пропорционально частоте тока катушки и ее индуктивности L

$$X_L = 2\pi fL = \omega L, \text{ Ом},$$

где f – частота тока сети, 50 Гц

ω – угловая частота тока, с^{-1} .

Индуктивность катушки является мерой ее электромагнитной инерции и зависит от конфигурации, размеров, числа витков катушки, а также от наличия или отсутствия в катушке магнитопровода.

Полное сопротивление катушки

$$Z_L = \underline{\hspace{2cm}}.$$

Полное сопротивление может быть определено и в соответствии с законом Ома:

$$Z = U_I / I_I, \text{ Ом}.$$

Катушка (панель) потребляет активную P и реактивную Q мощности. Первая соответствует омическим потерям в витках катушки:

$$P = I_I^2 \cdot R_L, \text{ или } P = U \cdot I_I \cos \varphi_I, \text{ Вт}.$$

Реактивная мощность идет на создание магнитного поля катушки:

$$Q = I_I^2 \cdot X_L, \quad Q = U \cdot I_I \sin \varphi_I, \text{ ВАр}.$$

Полная мощность электроприемника обозначается S :

$$S = \underline{\hspace{2cm}} \text{ или } S = U \cdot I_I, \text{ ВА.}$$

Нетрудно видеть, что полная активная и реактивная мощности геометрически соотносятся как гипотенуза и катета прямоугольного треугольника (треугольника мощностей), причем угол φ заключен между гипотенузой S и катетом P . Величина

$$\cos \varphi = P/S = P/\underline{\hspace{2cm}}$$

показывает, какую долю в структуре потребляемых мощностей занимает активная мощность. Поэтому величину $\cos \varphi$ называют коэффициентом мощности. Наряду с коэффициентом полезного действия, $\cos \varphi$ является важнейшим энергетическим показателем электроприемника.

Конденсатор в цепи постоянного тока представляет собой бесконечно большое сопротивление (разрыв цепи), так как состоит из двух пластин, между которыми имеется диэлектрик – изолятор. При подключении конденсатора к источнику постоянного тока в течение очень короткого времени в цепи идет зарядный ток. Как только конденсатор зарядится до напряжения источника, ток в цепи прекратится.

В цепи **переменного тока** конденсатор будет периодически заряжаться, разряжаться и перезаряжаться, так как ток источника периодически меняет свою величину и направление. При этом **ток в своих изменениях опережает напряжение по фазе на 90°**.

Чем больше емкость конденсатора **C** и частота переменного тока **f**, тем больше его ток заряда и разряда, а увеличение тока равноценно уменьшению сопротивления. Емкостное сопротивление **X_C** определяется по формуле:

$$X_C = \frac{1}{fC}, \text{ Ом}$$

Из формулы видно, что с увеличением частоты **f** и емкости **C** емкостное сопротивление **X_C** уменьшается.

В цепи постоянного тока частота **f=0**, а деление на ноль дает бесконечность ∞ , что означает разрыв цепи.

Конденсатор точно так же, как чистая индуктивность является реактивным сопротивлением, и потребляет реактивную мощность **Q_C**, которая при заряде конденсатора потребляется от источника, а при его разряде возвращается в сеть.

$$Q_C = -1 \cdot X_C \cdot \varphi, \text{ вар.}$$

В общем случае, в цепи переменного тока могут быть участки с активным **R**, индуктивным **X_L** и емкостным **X_C** сопротивлениями. Индуктивное сопротивление вызывает отставание по фазе тока от напряжения, а емкостное сопротивление дает обратный эффект, ток в нем опережает по фазе напряжение, то есть оба эти сопротивления действуют в противофазе. Это означает, что когда конденсатор запасает энергию, индуктивность в этот момент ее отдает. В следующий момент – наоборот.

Для того, чтобы учесть эти противоположные действия индуктивного и емкостного сопротивления при последовательном соединении, их складывают с разными знаками. Общее реактивное сопротивление цепи $X_p = X_L - X_C$ и напряжение на нем $U_p = U_L - U_C$.

При параллельном соединении этих сопротивлений складываются их проводимости, общий реактивный ток $I_p = I_L - I_C$.

$$\text{Реактивная мощность цепи } Q = Q_L - Q_C.$$

Пример 1.1.

Индуктивная катушка имеет активное сопротивление **R = 3 Ом**, включена в цепь переменного тока с частотой **f = 50 Гц** и действующим напряжением **U = 36 В**, при этом сила тока в катушке имеет действующее значение **I₁ = 7,2 А**.

Требуется:

1. Для указанных условий:

- 1.1. Начертить эквивалентную схему катушки, включенной на переменное напряжение, и определить ее полное сопротивление.
- 1.2. Определить индуктивное сопротивление и построить в масштабе треугольник сопротивлений.
- 1.3. Определить:
 - индуктивность катушки **L**;
 - коэффициент мощности катушки $\cos\varphi$;
 - активную **P**, реактивную (индуктивную) **Q** и полную **S** мощности, потребляемые катушкой.

2. Для изменения энергетических характеристик электрической цепи параллельно катушке подключили конденсатор **C** с емкостным сопротивлением **X_C = 9 Ом**.

Требуется:

- 1.1 Вычертить электрическую схему включения конденсатора параллельно катушке;
- 1.2 Определить силу тока, протекающего по конденсатору;

- 1.3 Определить емкость конденсатора C ;
 - 1.4 Определить силу тока в неразветвленной части цепи I_2 и $\cos\varphi$ всей цепи; активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи;
 - 1.5 Ответить письменно на вопрос: как влияет на $\cos\varphi$ параллельное подключение конденсатора и индуктивной катушки?
2. Обмотку катушки и конденсатора соединили последовательно.

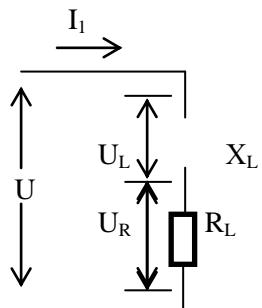
Требуется:

- 1.1 Вычертить электрическую схему последовательного соединения катушки и конденсатора.
- 1.2 Определить:
 - силу тока I_3 в цепи;
 - полное сопротивление Z ;
 - коэффициент мощности цепи $\cos\varphi$;
 - действующие значения напряжений на катушке и конденсаторе U_K и U_C .

Решение:

1. Катушка включена в цепь переменного тока без конденсатора.

1.1. Эквивалентная схема катушки, включенной на переменное напряжение (см.рис.)



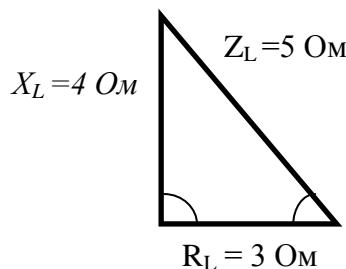
$$\text{Полное сопротивление катушки } Z = U/I_1 = 36/7,2 = 5 \Omega$$

1.2. Индуктивное сопротивление катушки

$$X_L = \frac{U}{I_1} = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R_L + X_L} = 4 \Omega.$$

Строим в масштабе треугольник сопротивлений:

- по горизонтали откладываем отрезок равный $R_L = 3 \Omega$ (например 3 см);
- к концу отрезка вверх под углом 90° откладываем отрезок, равный X_L ;
- начало отрезка R_L и конец отрезка X_L соединяем и получаем треугольник сопротивлений;
- $\cos\varphi = R_L/Z$, следовательно угол φ находится в начале отрезка R_L , между R_L и Z_L .



1.3. Определяем:

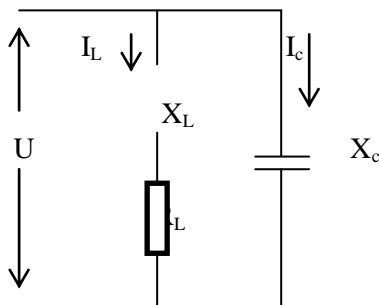
- индуктивность катушки из выражения $X_L = 2\pi f L$
 $L = X_L/2\pi f = 4/2\pi \cdot 3,14 \cdot 50 = 0,013 \text{ Гн.}$
- коэффициент мощности катушки:

$$\cos\varphi = R_L/Z = 3/5 = 0,6;$$

- активная мощность, потребляемая катушкой
 $P = I_1^2 \cdot R_L = 7,2^2 \cdot 3 = 155,5 \text{ Вт}$ или
 $P = U \cdot I_1 \cos\varphi = 36 \cdot 7,2 \cdot 0,6 = 155,5 \text{ Вт};$
- реактивная мощность, потребляемая катушкой
 $Q = I_1^2 \cdot X_L = 7,2^2 \cdot 4 = 207,4 \text{ вар}$ или
 $Q = U \cdot I_1 \cdot \sin\varphi = 36 \cdot 7,2 \cdot 0,8 = 207,4 \text{ вар} - \text{полная мощность, потребляемая катушкой}$
 $S = I_1^2 \cdot Z = 7,2^2 \cdot 5 = 259 \text{ В} \cdot \text{А}$ или
 $S = U \cdot I = 36 \cdot 7,2 = 259 \text{ В} \cdot \text{А}$

2. Параллельно катушке подключили конденсаторов С.

2.1. Электрическая схема включения конденсатора параллельно катушке (см. рис.)



2.2. Сила тока, протекающая по конденсатору

$$I_c = U/X_C = 26/9 = 4 \text{ А}$$

2.3. Сила тока в неразветвленной части цепи

$$I_2 = \frac{U}{Z} = \frac{U}{R_L + jX_L} = \frac{U}{\sqrt{R_L^2 + X_L^2}},$$

$$I_a = I_1 \cdot \cos\varphi_1 = 7,2 \cdot 0,6 = 4,32 \text{ А}$$

$$I_L = I_1 \cdot \sin\varphi = 7,2 \cdot 0,8 = 5,76 \text{ А}$$

$$\sin\varphi = \frac{I_c}{I_2} = \frac{4}{\sqrt{R_L^2 + X_L^2}} = 0,8$$

$$\text{тогда } I_2 = \frac{U}{\sqrt{R_L^2 + X_L^2}} = \frac{26}{\sqrt{3^2 + 4^2}} = 4,66 \text{ А.}$$

Коэффициент мощности всей цепи

$$\cos\varphi_2 = I_a / I_2 = 4,32/4,66 = 0,927$$

Активная мощность цепи

$$P = U \cdot I_1 \cos\varphi_2 = 36 \cdot 4,66 \cdot 0,927 = 155,5 \text{ Вт.}$$

Реактивная мощность цепи

$$Q = U \cdot I_2 \cdot \sin\varphi_2 = 36 \cdot 4,66 \cdot 0,374 = 62,7 \text{ Вт,}$$

$$\text{где } \sin\varphi_2 = \frac{Q}{P} = \frac{62,7}{155,5} = 0,374$$

Полная мощность цепи

$$S = U \cdot I_2 = 36 \cdot 4,66 = 168 \text{ В} \cdot \text{А}$$

$$S = \frac{P^2}{\cos\varphi_2} = \frac{155,5^2}{0,927} = 168 \text{ В} \cdot \text{А}$$

2.4. Емкость конденсатора С определяем из выражения

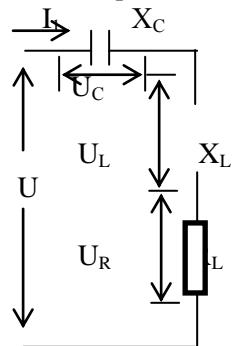
$$X_C = 1/2 \cdot \pi \cdot f \cdot C = 1/2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 9 = 0,00035 \text{ Ф}$$

$$\text{или } C = 0,00035 \cdot 10^6 = 350 \text{ мкФ}$$

2.5. Как видно из результатов расчета, коэффициент мощности цепи без подключения конденсатора составил $\cos\varphi_1 = 0,6$; при подключении конденсатора параллельно катушке увеличился $\cos\varphi_2 = 0,927$, при этом ток в неразветвленной части уменьшился с $I_1 = 7,2 \text{ A}$ до $I_2 = 4,66 \text{ A}$.

3. Обмотку катушки и конденсатор соединили последовательно.

3.1. Электрическая схема включения конденсатора последовательно катушке (см. рис.)



3.2. Определяем:

- полное сопротивление цепи

$$Z = \underline{\hspace{10cm}} = 5,83 \Omega$$

- сила тока в цепи I_3
 $I_3 = U/Z = 36/5,83 = 6,17 \text{ A}$
- коэффициент мощности цепи
 $\cos\varphi_3 = R/Z = 3/5,83 = 0,51$
- напряжение на конденсаторе
 $U_C = I_3 \cdot X_C = 6,17 \cdot 9 = 55,5 \text{ В}$
- напряжение на индуктивном сопротивлении
 $U_L = I_3 \cdot X_L = 6,17 \cdot 4 = 24,7 \text{ В}$
- напряжение на активном сопротивлении
 $U_R = I_3 \cdot R_L = 6,17 \cdot 3 = 18,5 \text{ В}$

- напряжение на катушке

$$U_K = \underline{\hspace{10cm}} = 30,8 \text{ В}$$

- напряжение сети

$$U = \underline{\hspace{10cm}} \approx 36 \text{ В}$$