

## КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Содержит:

- 1) Задания
- 2) Методические рекомендации
- 3) Пример оформления титульного листа

Прежде чем приступить к выполнению контрольной работы, необходимо изучить соответствующие разделы курса и разобраться в решении задач, примеры которых приведены ниже.

При выполнении контрольной работы следует пользоваться общепринятыми обозначениями, расшифровывая их при первом применении. Решение должно сопровождаться краткими, но четкими пояснениями. Текст, формулы и числовые выкладки должны быть написаны четко и аккуратно. Все единицы измерения должны соответствовать Международной системе единиц СИ. Схемы и векторные диаграммы нужно вычерчивать с применением чертежных принадлежностей и соблюдением масштаба и ГОСТов 2.701-76 СТ СЭВ 158-75, 2.702-75 (Единая система конструкторской документации).

Для каждой задачи следует начертить электрическую схему.

Для замечаний рецензента обязательно оставлять поля шириной около 3 см. В конце работы следует расписаться, поставить дату, указать литературой, которой пользовались

### 1. Задания

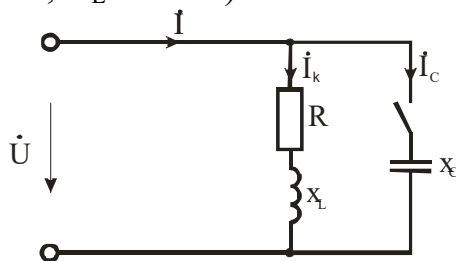
**Задача 1.** В цепь, синусоидального тока напряжением  $U = 100$  В и частотой  $f = 50$  Гц включена катушка с активным сопротивлением  $R$  и индуктивным –  $X_L$ .

Величины сопротивлений принять:

$R$  – предпоследняя цифра в шифре студента,

$X_L$  – последняя цифра шифра.

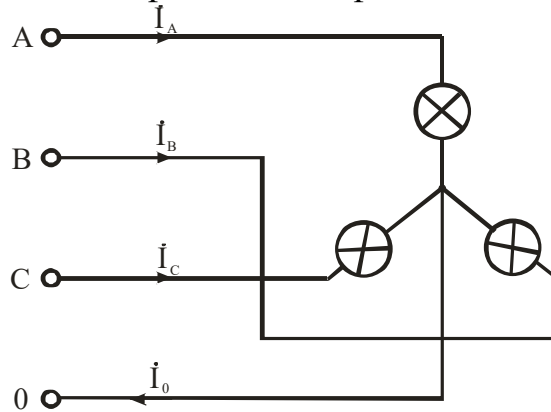
Вместо нуля в шифре проставляется цифра 5. (Пример: шифр 6.1.03407, тогда принимается  $R=7$  Ом,  $X_L = 5$  Ом).



Определить:

1. Ток в катушке.
2. Коэффициент мощности.
3. Полную, активную и реактивную мощности.
4. Емкость, при которой в цепи наступит резонанс токов.
5. Построить векторную диаграмму.

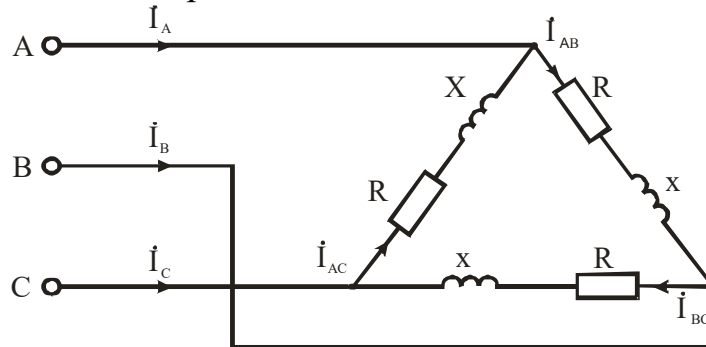
**Задача 2.** В трехфазную сеть с линейным напряжением 380 В по схеме звезда включены лампы накаливания, мощность каждой 100 Вт. Количество ламп взять равным: в фазе А – последней цифре шифра студента, в фазе В — предпоследней и фазе С – третьей с конца. (Например, шифр 6.1.03407, тогда принимается количество ламп: в фазе А – 7, в фазе В – 0 и в фазе С – 4 лампы).



Определить:

1. Мощность ламп в каждой фазе и общую мощность.
2. Ток в фазах.
3. Построить векторную диаграмму и из нее определить значение тока в нулевом проводе.

**Задача 3.** В трехфазную цепь с линейным напряжением 380 В включена по схеме "треугольник" симметричная активно-индуктивная нагрузка. Значения  $R$  и  $X_L$  взять из первой задачи.



Определить:

1. Фазные и линейные токи.
2. Коэффициент мощности.
3. Активную мощность нагрузки.
4. Построить векторную диаграмму.
5. Начертить схему включения этой нагрузки по схеме «звезда» и определить ток и мощность нагрузки.

**Задача 4.** Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором включен в сеть на номинальное напряжение 380 В. Технические данные электродвигателя приведены в таблице 2.

Определить:

1. Номинальный  $I_n$  и пусковой  $I_{пуск}$  токи.
2. Номинальный  $M_n$ , пусковой  $M_{пуск}$  и максимальный  $M_{макс}$  моменты.
3. Мощность, потребляемую двигателем из сети при номинальной нагрузке  $P_1$ .
4. Полные потери в двигателе при номинальной нагрузке  $\Delta P_n$ .
5. Как изменится пусковой момент двигателя при снижении напряжения на его зажимах на 20% и возможен ли пуск двигателя при этих условиях с номинальной нагрузкой?
6. Построить механическую характеристику двигателя и обозначить на ней пусковой, максимальный и номинальный моменты.

Таблица 2

Варианты к задаче 4

Номер варианта	Типоразмер электродвигателя	Основные технические данные электродвигателя							
		Мощность $P$ , кВт	КПД $\eta$ , %	Коэффициент мощности $\cos \varphi$	Номинальное скольжение $S_n$ , %	Критическое сложение $S_{кр}$ , %	Кратность пуск. тока $I_p/I_n$	Кратность пуск момента $M_p/M_n$	Перегрузочная способность $M_{макс}/M_n$
при $n_c = 3000 \text{ об/мин}$									
1	4A63A2	0,37	70,0	0,86	8,3	50,5	4,5	2,0	2,2
2	4A63B2	0,55	73,0	0,86	8,5	54,5	4,5	2,0	2,2
3	4A71A2	0,75	77,0	0,87	5,9	38,0	5,5	2,0	2,2
4	4A71B2	1,1	77,5	0,87	6,3	39,0	5,5	2,0	2,2
5	4A80A2	1,5	81,0	0,85	4,2	35,5	6,5	2,1	2,6
6	4A80B2	2,2	83,0	0,87	4,3	38,0	6,5	2,1	2,6
7	4A90L2	3,0	84,5	0,88	4,3	32,5	6,5	2,1	2,5
8	4A100S2	4,0	86,5	0,89	3,3	28,0	7,5	2,0	2,5
9	4A100L2	5,5	87,5	0,91	3,4	29,0	7,5	2,0	2,5
10	4A112M2	7,5	87,5	0,88	2,5	17,0	7,5	2,0	2,8
при $n_0 = 1500$									
11	4A71A4	0,55	70,5	0,70	7,3	39,0	4,5	2,0	2,2
12	4A71B4	0,75	72,0	0,73	7,5	40,0	4,5	2,0	2,2
13	4A80A4	1,1	75,0	0,81	5,4	34,0	5,0	2,0	2,2
14	4A80B4	1,5	77,0	0,83	5,8	34,5	5,0	2,0	2,2
15	4A90L4	2,2	88,0	0,83	5,1	33,0	6,0	2,1	2,4
16	4A100S4	3,0	82,0	0,83	4,4	31,0	6,0	2,0	2,4
17	4A100L4	4,0	84,0	0,84	4,6	31,5	6,0	2,0	2,4
18	4A11M4	5,5	85,5	0,85	3,6	25,0	7,0	2,0	2,2
19	4A132S4	7,5	87,5	0,86	2,9	19,5	7,5	2,2	3,0
20	4A132M4	11,0	87,5	0,87	2,9	19,5	7,5	2,2	3,0

Примечание: в обозначении типоразмера электродвигателя цифры и буквы обозначают:

4 – порядковый номер серии двигателя,

A – род двигателя – асинхронный,

двухзначная или трехзначная цифра – высота оси вращения,

S, M, L – условная длина станины,

A или B – длина сердечника статора (отсутствие данных букв означает, что двигатель изготавливается с одной длиной сердечника в установочном размере),

2 или 4 – число полюсов.

Примечание. Номер варианта выбирается по последним двум цифрам шифра. Если эта цифра больше 20, то чтобы получить номер варианта надо вычесть 20, 40, 60, или 80. Например, шифр 6.1.03476, тогда номер варианта будет  $76-60=16$ .

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

### К задаче 1

1. Ток в катушке определяется по закону Ома  $I = \frac{U}{Z}$ , где  $Z$  полное сопротивление катушки  $Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$ .

2. Коэффициент мощности при известных сопротивлениях определяется по формуле  $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ .

3. Полная мощность определяется по формуле  $S=UI$ . Активная и реактивная мощности могут быть определены по одной из двух формул

$$P = UI \cos \varphi \text{ или } P = I^2 R;$$

$$Q = UI \sin \varphi \text{ или } Q = I^2 X.$$

При решении обязательно укажите единицы измерения.

4. Емкость, при которой в цепи наступает резонанс тока, может быть определена из условия резонанса: равенства индуктивной и емкостной проводимостей параллельных ветвей

$$B_L = B_C \quad B_l = \frac{X_L}{Z_K^2} = \frac{X_L}{R^2 + X_K^2}$$

Емкостная проводимость  $B_C = \frac{1}{X_C} = \omega C = 2\pi f$ , так как в ветви с емкостью активное сопротивление равно нулю.

Вычислив  $B_l$  и приравняв ее значение  $B_C$  вы определите значение емкости в фарадах.

Можно определить емкость несколько иначе. При резонансе индуктивная составляющая тока катушки  $I_L = I \cdot \sin \varphi$  будет равна емкостному току

$$I_C = \frac{U}{X_C} = U \omega C.$$

Определив  $I_L$  и приравняв ее  $I_C$  можно определить емкость  $C$

$$I_L = U \omega C, \text{ откуда } C = \frac{I_L}{\omega U}$$

5. Построение векторной диаграммы целесообразно начинать с построения вектора напряжения  $U$ . Вектор тока, а катушке будет сдвинут в сторону отставания (по часовой стрелке) на угол  $\varphi$ , который определяется по значению  $\cos \varphi$  ( $\varphi = \arccos \varphi$ ).

Вектор емкостного тока будет сдвинут в сторону опережения на  $90^\circ$ . Вектор тока на головном участке совпадает с вектором напряжения. Векторы тока следует обязательно строить в определенном масштабе.

## К задаче 2

1. Электрическая мощность каждой фазы определяется умножением мощности одной лампы на число ламп в фазе.

2. Ток в фазе (он же при схеме «звезда» и линейный) определяется из формулы

$$P_\phi = U_\phi I_\phi \quad (\cos \varphi = 1)$$

Не ошибитесь при выборе, фазного напряжения. При "звезде"  $U_\phi = \frac{U_l}{\sqrt{3}}$

3. Построение векторной диаграммы надо начинать с построения звезды векторов фазных напряжений (векторы сдвинуты друг относительно друга на  $120^\circ$ ).

Векторы тока будут совпадать по напряжению с соответствующими фазными напряжениями (т. к. нагрузка активная). Откладывать их необходимо в одном и том же масштабе.

Сложив все векторы тока, вы получите вектор тока в нулевом проводе. Измерив его и умножив на масштаб тока, вы получите значение тока в нулевом проводе.

## К задаче 3

1-3. При расчете симметричных трехфазных цепей расчет достаточно выполнить для одной фазы, так как все фазные токи равны.

Фазный ток определяется по закону Ома

$$I_\phi = \frac{U_\phi}{Z_\phi}$$

При схеме «треугольник» фазное напряжение  $U_\phi$  равно линейному  $U_l$ , а линейный ток в  $\sqrt{3}$  раз больше фазного. Мощность трехфазной системы равна сумме мощностей трех фаз, а при симметричной нагрузке определяется по формуле

$$P = 3P_\phi = 3U_\phi I_\phi \cos \varphi = \sqrt{3} U_l I_l \cos \varphi$$

( $U$  линейных напряжений и токов индекс "л" не пишется).

Коэффициент мощности определяется для фазной нагрузки.

4. Построение векторной диаграммы следует начинать с построения треугольника фазных напряжений (они же линейные).

Стрелки напряжений направляются в точку, обозначение которой стоит в индексе напряжения на первом месте (на схеме – наоборот: и напряжение и

ток направлены от точки А к точке В). К каждому напряжению следует пристроить под углом фазный ток. Затем приступают к построению линейных токов.

Сначала необходимо получить выражения для каждого линейного тока через определяющие его фазные токи. Для этой цели необходимо составить для каждой узловой точки уравнение по первому закону Кирхгофа. Для облегчения построения нужно вспомнить, что разность векторов можно заменить суммой, поменяв знак вычитаемого вектора на обратный. Например,  $\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} - \dot{I}_{CA}$  можно заменить

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{AB} + (-\dot{I}_{CA})$$

5. Переключив сопротивления с треугольника на звезду, фазное напряжение будет равно

$$U_\phi = \frac{U_\Delta}{\sqrt{3}}$$

Определите по закону Ома фазный ток (он же будет и линейным).

Мощность определяется по той же формуле. Обратите внимание, что при переключении нагрузки с треугольника на звезду мощность уменьшилась в три раза.

#### К задаче 4

1. Номинальный ток может быть определен из формулы номинальной мощности двигателя (мощности на валу).

$$P_H = \sqrt{3} U_H I_H \cos \varphi_n n_H$$

2. Номинальный момент двигателя в (Н·м) определяется по формуле

$$M_H = 9550 \frac{P_H}{n_n},$$

где  $P_H$  – номинальная мощность двигателя, кВт,

$n_n$  – номинальная скорость вращения ротора, об/мин.

$$n_n = n_c (1 - S_n),$$

где  $n_c$  – скорость вращения магнитного поля статора,

$S_n$  – номинальное скольжение в долях единицы.

Пусковой ток, пусковой и критический (максимальный) моменты определяются по соответствующим отношениям к номинальным значениям, приведенным в табл. 2.

3 и 4. Мощность, потребляемая двигателем из сети, отличается от его номинальной мощности на величину потерь в двигателе, а коэффициент полезного действия вам дан

$$\eta = \frac{P_H}{P_1}$$

С учетом этого вы просто определите необходимые величины.

5. Чтобы ответить на этот вопрос надо знать, что вращающий момент пропорционален квадрату напряжения. Например, если напряжение снизилось на 10%, то есть стало равным 90% номинального, то момент будет

$$M_M = 0,9^2 M_H = 0,81 M_H$$

Чтобы осуществился запуск, пусковой момент должен быть больше момента сопротивления рабочей машины (в условии задачи принимается равным номинальному моменту двигателя).

6. Механическую характеристику двигателя можно построить, используя формулу

$$M = \frac{2M_{\text{макс}}}{\frac{S_{\text{кр}}}{S} + \frac{S}{S_{\text{кр}}}}$$

где  $S_{\text{кр}}$  – критическое скольжение, при котором двигатель развивает максимальный (критический) момент,

$S$  – текущее скольжение (вы принимаете сами несколько значений от 0 до 1, в том числе для  $S_n$  и  $S_{\text{кр}}$ ).

Скорость вращения ротора (вала) определяется по скольжению  $n = n_c(1 - S)$ .

Рассчитанные для построения механической характеристики величины, надо представить в виде таблицы

s									
n									
M									

Следует иметь в виду, что этот метод расчета механической характеристики дает приближенные результаты. Для оценки точности нанесите на график точки пускового, максимального и номинального моментов. Особенно большие расхождения будут в области больших скольжений и в пусковом моменте. С учетом каталожных данных (нанесенные точки  $M_{\text{пуск}}$ ,  $M_{\text{макс}}$  и  $M_n$ ) пунктиром уточните механическую характеристику.

### 3. Пример оформления титульного листа контрольной работы

#### **КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА**

по дисциплине «Электротехника и электроника»

Вариант № (указать шифр зачетки или номер пропуска)

**Выполнил (-а)**

Студент (-ка) \_\_\_\_\_ курса

Группы \_\_\_\_\_

Шифр направления подготовки: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

**Проверил (-а):** \_\_\_\_\_

(должность, уч. степень, уч. звание Ф.И.О.)

Дата сдачи: \_\_\_\_\_