

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра электропривода и автоматизации

Составитель
В. А. Негадаев

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Методические материалы

Рекомендовано учебно-методической комиссией
направления подготовки 08.03.01 Строительство
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензенты

Григорьев А. В. – доцент кафедры электропривода и автоматизации
Гаргаев А. Н. – доцент кафедры электропривода и автоматизации

Негадаев Владислав Александрович

Электротехника и электроснабжение: методические материалы [Электронный ресурс] для обучающихся направления подготовки 08.03.01 Строительство всех форм обучения / сост.: В. А. Негадаев; КузГТУ. – Кемерово, 2019.

Методические материалы по дисциплине «Электротехника и электроснабжение» предназначены для использования при выполнении практических работ, а также при самостоятельной подготовке к занятиям. Для занятий приведены цели работ, общие теоретические сведения, порядок выполнения работ, вопросы для самопроверки и список рекомендуемой литературы.

© КузГТУ, 2019
© Негадаев В. А.,
составление, 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1 Электрическая цепь переменного тока с последовательным соединением активных и реактивных элементов	4
2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2 Исследование однофазного трансформатора	10
3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3 Расчет внутренних электрических сетей	16
4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4 Расчет статических моментов на валу двигателя лифта.....	20
5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА	24

1. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

Электрическая цепь переменного тока с последовательным соединением активных и реактивных элементов

Цель работы

Экспериментальная проверка основных теоретических соотношений между током, напряжениями и мощностями на участках цепи, сдвига фаз между приложенным напряжением и током при изменении одного из сопротивлений элементов цепи.

Основные теоретические положения

На рис. 1.1 приведена схема с последовательным соединением реальной катушки индуктивности и активного сопротивления. В реальной катушке индуктивности выделяются индуктивное сопротивление $X_L = \omega L$ и собственное активное сопротивление R_k , обусловленное сопротивлением проводов обмотки.

Модуль полного сопротивления катушки Z_k определяется по треугольнику сопротивлений индуктивного элемента, приведенному на рис. 1.2:

$$Z_k = \sqrt{R_k^2 + X_L^2}. \quad (1.1)$$

Полное сопротивление последовательной цепи, состоящей из резистора R и катушки, можно определить по закону Ома:

$$Z = \frac{U}{I} = \sqrt{(R + R_k)^2 + X_L^2}. \quad (1.2)$$

Действующие значения напряжений на элементах схемы равны:

$$U_R = R \cdot I, \quad (1.3)$$

$$U_k = Z_k \cdot I. \quad (1.4)$$

Приложенное к цепи напряжение источника опережает ток на угол φ :

$$\varphi = \arctg \frac{X_L}{R + R_k}. \quad (1.5)$$

Активная мощность катушки P_k и активная мощность цепи P равны:

$$P_k = R_k \cdot I^2 = U_{ak} \cdot I, \quad (1.6)$$

$$P = (R + R_k) \cdot I^2 = U \cdot I \cdot \cos \varphi. \quad (1.7)$$

При изменении сопротивления резистора от 0 до ∞ активная мощность достигает максимума при $(R + R_k) = X_L$:

$$P_m = \frac{U^2}{2(R + R_k)}. \quad (1.8)$$

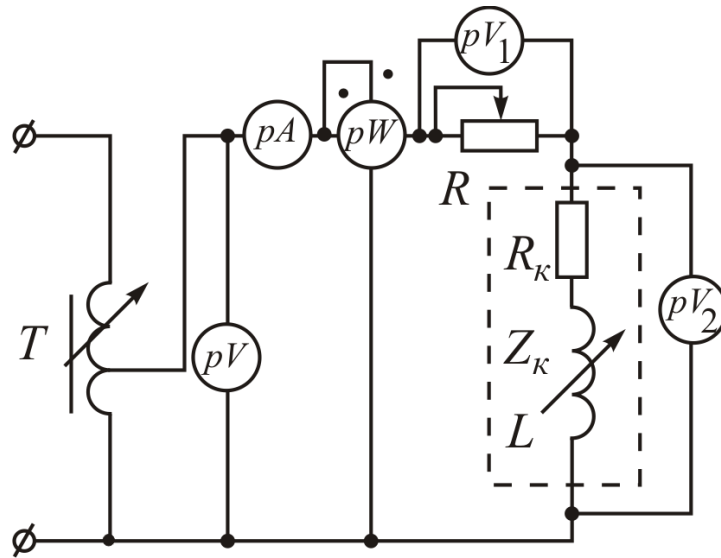


Рис. 1.1

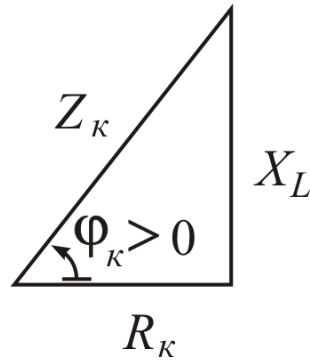


Рис. 1.2

Реактивная мощность индуктивной катушки равна

$$Q_L = U I \sin \varphi = X_L I^2 = U_{pK} I. \quad (1.9)$$

При изменении X_L от 0 до ∞ реактивная мощность максимальна при $X_L = (R + R_K)$:

$$Q_{L_m} = \frac{U^2}{2X_L}. \quad (1.10)$$

Полная мощность цепи определяется по формуле:

$$S = U I = \sqrt{P^2 + Q^2} = Z I^2. \quad (1.11)$$

На рис. 1.3 приведена схема с последовательным соединением конденсатора и активного сопротивления.

Полное сопротивление цепи, состоящей из последовательно соединенных резистора R и конденсатора с емкостным сопротивлением $X_C = \frac{1}{\omega C}$, можно найти по треугольнику сопротивлений, изображенному на рис. 1.4:

$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2}. \quad (1.12)$$

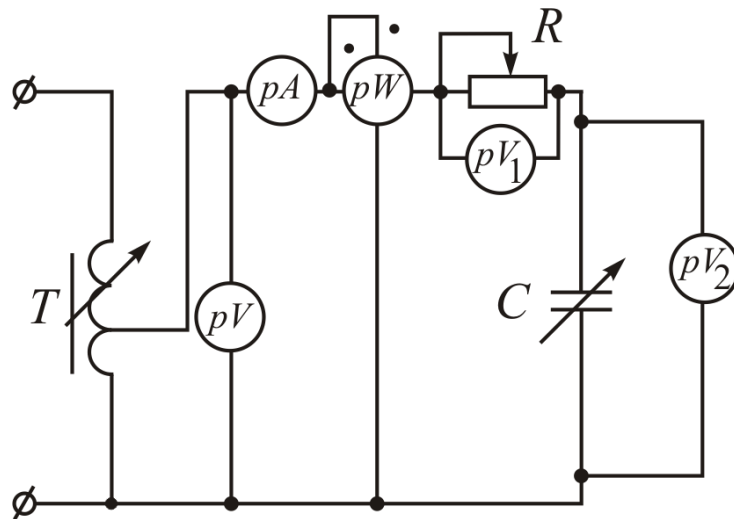


Рис. 1.3

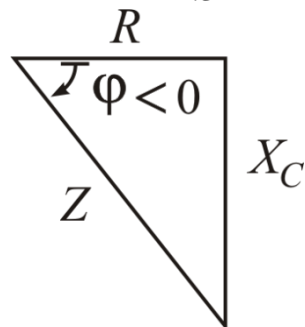


Рис. 1.4

Действующее значение напряжения на конденсаторе U_C равно

$$U_C = X_C \cdot I. \quad (1.13)$$

Активная и полная мощности цепи определяются по формулам

$$P = UI \cos \varphi = RI^2; \quad (1.14)$$

$$S = UI = \sqrt{P^2 + Q^2} = ZI^2. \quad (1.15)$$

Реактивная мощность конденсатора

$$Q_C = UI \cdot \sin \varphi = X_C \cdot I^2 = U_C I. \quad (1.16)$$

Порядок выполнения работы

1. Откройте файл 5.1 и включите цепь по схеме рис. 1.5. При полностью выведенном сопротивлении резистора $R1$ ($R1=0$) измерьте показания приборов и рассчитайте параметры катушки индуктивности. Результаты занесите в первую строку табл. 1.1.

Таблица 1.1

[illegible]

3. При неизменном напряжении на входе цепи исследуйте зависимость тока, напряжений на участках цепи и активной мощности от сопротивления катушки Z_k . Результаты опытов занесите в табл. 1.2.

Таблица 1.2

[illegible]

4. Откройте файл 5.2 и включите цепь по схеме рис. 1.6. При неизменном напряжении на входе цепи исследуйте зависимость тока, напряжений на элементах цепи и активной мощности от величины $R1$. Результаты опытов занесите в табл. 1.3.

5. При неизменном напряжении на входе цепи исследуйте зависимость тока, напряжений на элементах цепи и активной мощности от сопротивления конденсатора X_C . Результаты занесите в табл. 1.4.

Таблица 1.3

№ опыта	Измерено					Вычислено						
	U	U_1	U_2	I	P	Z	$R1$	X_C	$\cos\varphi$	φ	Q	S
	В	В	В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	-	град	ВАр	ВА
1												
2												
...												
6												

6. На основании опытных данных выполните необходимые расчеты и заполните табл. 1.1–1.4.

7. Постройте графики зависимостей I , U_1 , P , Q , $\cos\varphi$ от величины $(R1+R2)$ по данным табл. 1.1; I , U_2 , P , Q , $\cos\varphi$ от величины X_L по данным табл. 1.2; I , U_1 , P , Q , $\cos\varphi$ от величины $R1$ по данным табл. 2.3; I , U_2 , P , Q , $\cos\varphi$ от величины X_C по данным табл. 1.4.

8. Постройте векторные (топографические) диаграммы для одного из опытов по данным табл. 1.1 и табл. 1.2 или табл. 1.3 и табл. 1.4.

9. Постройте треугольники мощностей для одного из опытов по данным табл. 1.1 и табл. 1.2 или табл. 1.3 и табл. 1.4. Найдите по ним полную мощность и сравните ее с расчетной.

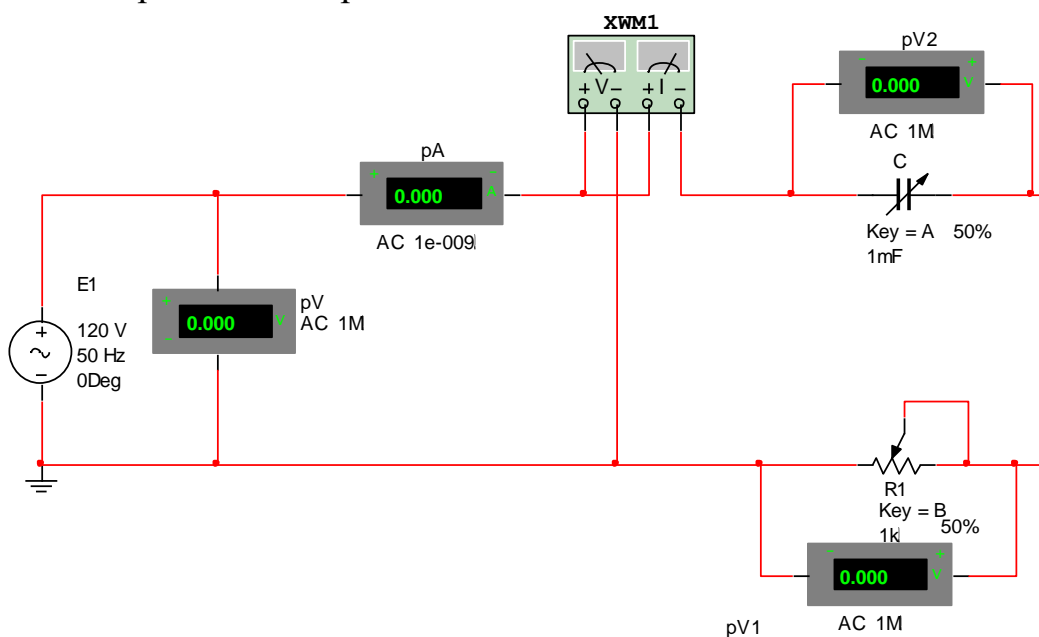


Рис. 1.6

Таблица 1.4

№ опыта	И з м е р е н о					В ы ч и с л е н о						
	U	U_1	U_2	I	P	Z	R_1	X_C	$\cos\varphi$	φ	Q	S
	В	В	В	А	Вт	Ом	Ом	Ом	-	град	ВАр	ВА
1												
2												
...												
6												

Контрольные вопросы

1. Что такое активное сопротивление?
2. Что такое индуктивность?
3. Как определить угол сдвига фаз тока по отношению к напряжению?
4. Показаний каких приборов достаточно, чтобы определить полное, активное сопротивление цепи?
5. Постройте треугольник напряжений для цепи с r , C , L .
6. Что такое коэффициент мощности? Чему равен коэффициент мощности при резонансе?
7. Что такое резонанс напряжений? В чем состоит условие резонанса?
8. Почему при резонансе напряжений ток в цепи будет максимальным?
9. Почему напряжение на зажимах индуктивной катушки при резонансе не равно напряжению на зажимах конденсатора?
10. При каком условии напряжения U_L и U_C по действующему значению будут больше напряжения, приложенного к зажимам цепи?

2. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

Исследование однофазного трансформатора

Цель работы

Экспериментальное исследование воздушного трансформатора для получения данных, необходимых для вычисления параметров схемы замещения трансформатора и для построения векторных диаграмм при различных нагрузках. Исследование резонансных режимов в трансформаторе.

Основные теоретические положения

Трансформатор, служащий для преобразования напряжения переменного тока, обычно состоит из двух катушек с сердечником.

При высоких частотах и в некоторых электроизмерительных цепях применяются трансформаторы без ферромагнитного сердечника – так называемые воздушные трансформаторы. Исследование воздушного трансформатора представляет интерес, так как дает возможность анализировать работу трансформатора без учета явлений, вносимых в трансформатор наличием стального сердечника.

Уравнения электрического состояния в комплексной форме для первичной и вторичной обмоток трансформатора имеют вид:

$$\begin{cases} \dot{U}_1 = \underline{Z}_1 \dot{I}_1 + \underline{Z}_M \dot{I}_2; \\ \dot{U}_2 = \underline{Z}_2 \dot{I}_2 + \underline{Z}_M \dot{I}_1. \end{cases} \quad (2.1)$$

После решения этих уравнений получим:

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}_1}{\underline{Z}_1 - \frac{\underline{Z}_M^2}{\underline{Z}_2} + \underline{Z}_H}; \quad (2.2)$$

$$\dot{I}_2 = \frac{\underline{Z}_M}{\underline{Z}_2 + \underline{Z}_H} \dot{I}_1. \quad (2.3)$$

Степень индуктивной связи между обмотками трансформатора характеризует коэффициент связи k :

$$k = \frac{M}{\sqrt{L_1 L_2}} = \frac{X_M}{\sqrt{X_{L_1} X_{L_2}}}. \quad (2.4)$$

Во многих случаях оказывается целесообразным заменить трансформатор эквивалентной схемой. Схеме воздушного трансформатора на рис. 2.1 соответствует схема, изображенная на рис. 2.2.

В этих схемах L_1 и L_2 – индуктивности первичной и вторичной катушек, R_1 , R_2 – их активные сопротивления, M – взаимная индуктивность катушек.

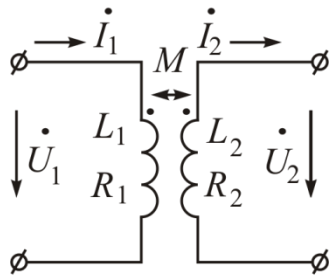


Рис. 2.1

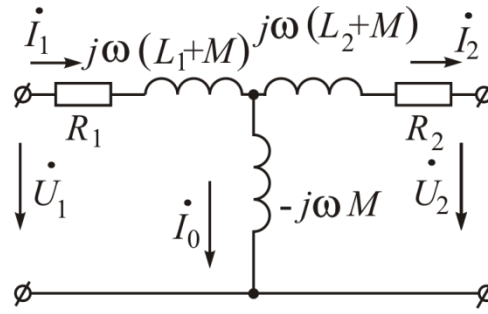


Рис. 2.2

Для исследования резонансных режимов в первичную и вторичную обмотки трансформатора включаются конденсаторы, как это показано на рис. 2.3.

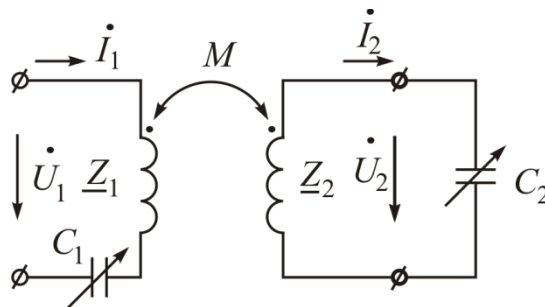


Рис. 2.3

Изменением емкостей конденсаторов можно добиться возникновения частичных резонансов. Условием первого частичного резонанса является равенство

$$X_1 = \frac{X_M^2 X_2}{Z_2^2}, \quad (2.5)$$

где

$$X_1 = \omega L_1 - \frac{1}{\omega C_1}, \quad X_2 = \omega L_2 - \frac{1}{\omega C_2}, \quad Z_2 = \sqrt{R_2^2 + X_2^2}.$$

Условие второго частичного резонанса

$$X_2 = 0. \quad (2.6)$$

При установлении оптимальной индуктивной связи между обмотками (изменением M) можно достичь сложного резонанса:

$$X_M = \sqrt{\frac{R_1}{R_2}} Z_2, \quad (2.7)$$

либо полного резонанса:

$$X_M = \sqrt{R_1 \cdot R_2}. \quad (2.8)$$

Обратите внимание, что в этом опыте напряжение, ток и мощность следует писать в колонках U_{20} , I_{20} и P_{20} табл. 2.1.

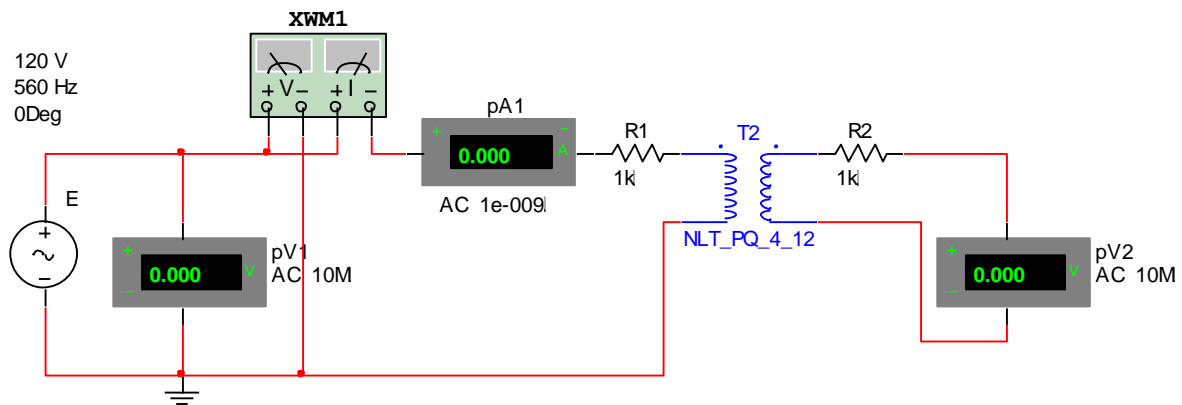


Таблица 2.1

[illegible]

3. Откройте файл 9.2 и включите цепь по схеме рис. 2.6.

Снимите показания приборов для шести различных значений $R_H=R_3$ и запишите данные опытов в табл. 2.2.

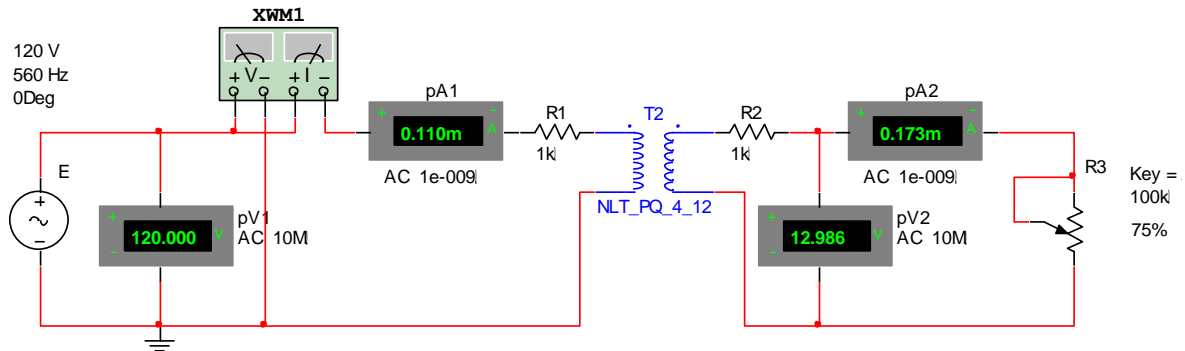


Рис. 2.6

4. Откройте файл 9.3 и включите цепь по схеме рис. 2.7. При изменении емкостной нагрузки снимите замеры для шести различных значений C_1 . Данные опыта занесите в табл. 2.2.

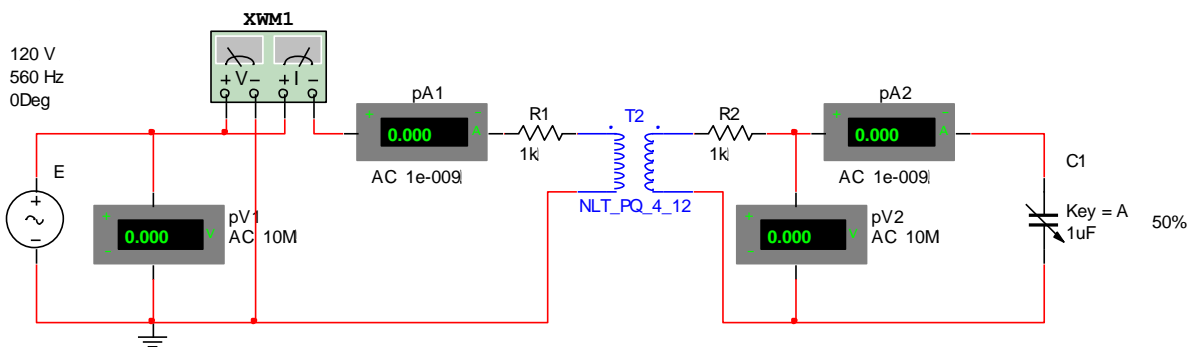


Рис. 2.7

5. Откройте файл 9.4 и включите цепь по схеме рис. 2.8. Данные опыта короткого замыкания занесите в табл. 2.2.

6. Откройте файл 9.5 и включите цепь по схеме рис. 2.9.

Последовательно изменяя величины емкостей C_1 и C_2 , добейтесь возникновения в схеме частичных резонансов. Данные опыта занесите в табл. 2.3. Наличие резонансных режимов определяется по максимальным значениям токов в первичной и вторичной обмотках трансформатора.

7. На основании опытных данных выполните необходимые расчеты и заполните все графы табл. 2.1–2.3.

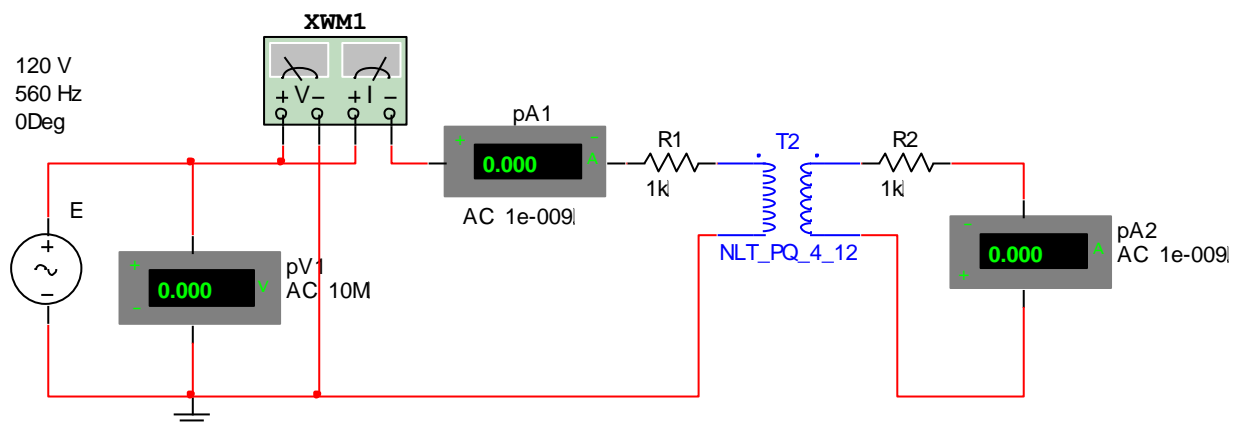


Рис. 2.8

Таблица 2.2

№	Характер нагрузки	Измерено					Вычислено	
		U_1	I_1	P_1	U_2	I_2	$\cos \varphi_1$	P_2
		В	А	Вт	В	А	—	Вт
1	Активная							
2								
3								
4								
5								
6								
7	Емкостная							
8	КЗ							

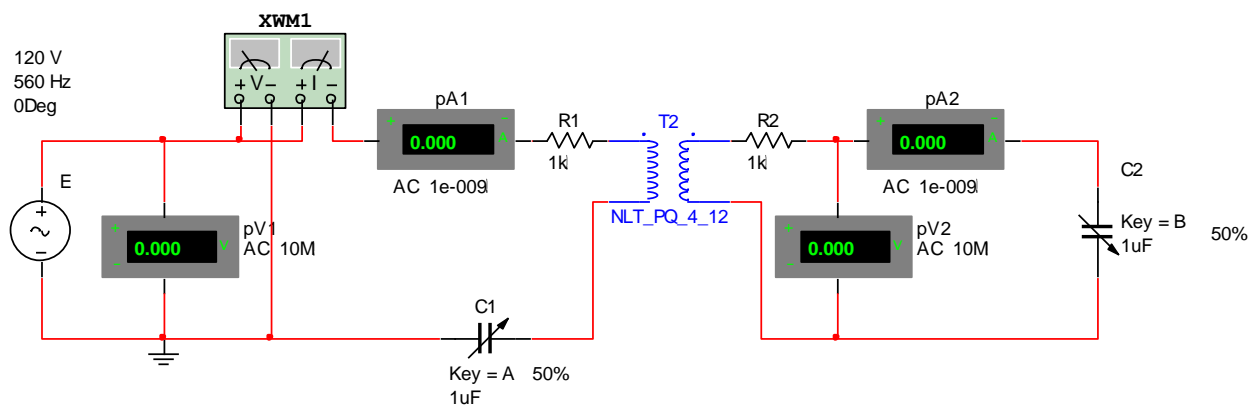


Рис. 2.9

Таблица 2.3

Измерено					Вычислено			
U_1	I_1	P_1	U_2	I_2	$\cos \varphi_1$	Z_{ex}	C_1	C_2
В	А	Вт	В	А	—	Ом	мкФ	мкФ

8. Постройте эквивалентную схему воздушного трансформатора по данным опытов холостого хода (табл. 2.1).

В табл. 2.1 величины Z_{10} и Z_{20} являются входными сопротивлениями в режиме холостого хода соответственно при прямом питании (вторичная обмотка разомкнута) и при обратном питании (первичная обмотка разомкнута).

9. Постройте графики зависимостей I_1 , P_1 , $\cos \varphi_1$, U_2 и P_2 от тока I_2 при работе трансформатора на активную нагрузку. При построении графиков использовать и данные опыта короткого замыкания.

10. Постройте топографические диаграммы напряжений и векторные диаграммы токов для:

- а) холостого хода трансформатора при прямом питании;
- б) одного из режимов работы трансформатора при активной нагрузке;
- в) режима работы трансформатора при емкостной нагрузке;
- г) режима короткого замыкания трансформатора.

11. Вычисление резонансных емкостей для табл. 2.3 производится по данным табл. 2.1 (параметры схемы замещения трансформатора) и табл. 2.3 (входное сопротивление трансформатора) с помощью формул (2.2), (2.4), (2.5).

Контрольные вопросы

1. Как устроен однофазный трансформатор?
2. От чего зависят ЭДС обмоток трансформатора?
3. Что называется коэффициентом трансформации?
4. Что называется внешней характеристикой трансформатора и как ее получить?
5. Какие потери энергии имеются в трансформаторе и от чего они зависят?
6. Что называют схемой замещения трансформатора и как определить ее параметры?
7. Как выполняют опыты короткого замыкания и холостого хода?
8. Какой закон электротехники положен в основу работы трансформатора?
9. Почему магнитный поток трансформатора постоянный и не зависит от нагрузки?
10. Запишите уравнения электрического состояния трансформатора при нагрузке.

3. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

Расчет внутренних электрических сетей

Цель работы

Рассчитать электроосветительную установку в помещении.

Задание

Рассчитать электроосветительную установку в заданном помещении (табл. 3.1). Площадь помещения $S = A \times B$ [м²]. Для освещения предусмотрены светильники с люминесцентными лампами.

Высота установки светильников над освещаемой поверхностью h .

Определить количество светильников, необходимое для обеспечения нормированного освещения E_n , и расстояние между рядами светильников.

Значения удельных мощностей для одной из групп светильников с люминесцентными лампами при $E_n = 100$ лк представлены в табл. 3.2, примеры значений нормированной освещенности – в табл. 3.3.

Таблица 3.1

№ варианта	Размеры помещения		Тип лампы	Количество ламп в светильнике	Высота установки h , м	Вид помещения
	A , м	B , м				
1	3	15	ЛД40	2	2,5	Коридор
2	10	14	ЛДЦ80	4	3	Учебная аудитория
3	12	7	ЛХБ80	2	3	Кабинет
4	11	9	ЛД 80	4	2,7	Кабинет
5	10	3	ЛД40	2	2,6	Проход в здании
6	15	7	ЛДЦ80	2	3	Проектный зал
7	5	8	ЛТБ80	4	3	Учебная аудитория
8	7	6	ЛД65	2	2,8	Коридор
9	12	8	ЛХБ80	2	3	Кабинет
10	9	13	ЛДЦ65	4	3	Проектный зал
11	10	3	ЛД40	2	2,6	Проход в здании
12	3	14	ЛБ40	2	2,5	Коридор
13	12	8	ЛД80	4	2,8	Кабинет
14	10	14	ЛДЦ80	4	3	Учебная аудитория
15	7	16	ЛДЦ65	2	3	Кабинет
16	8	12	ЛДЦ65	4	3	Проектный зал
17	12	3	ЛД40	2	2,6	Проход в здании
18	3	18	ЛБ40	2	2,6	Коридор

№ варианта	Размеры помещения		Тип лампы	Количество ламп в светильнике	Высота установки h , м	Вид помещения
	A , м	B , м				
19	15	9	ЛД80	4	2,8	Кабинет
20	5	12	ЛТБ80	4	3	Учебная аудитория
21	7	18	ЛД65	2	3	Кабинет
22	8	12	ЛДЦ65	4	3	Проектный зал
23	11	3	ЛД40	2	2,6	Проход в здании
24	3,5	16	ЛБ40	2	2,5	Коридор
25	12	10	ЛД80	4	2,8	Кабинет
26	9	16	ЛДЦ80	4	3	Учебная аудитория
27	6	17	ЛД65	2	3	Кабинет
28	8	14	ЛДЦ65	4	3	Проектный зал
29	14	3	ЛД40	2	2,6	Проход в здании
30	3,5	10	ЛБ40	2	2,5	Коридор
31	16	12	ЛД80	4	2,7	Кабинет
32	6	11	ЛТБ80	4	3	Учебная аудитория
33	8	15	ЛДЦ65	2	3	Кабинет
34	10	10	ЛДЦ65	4	3	Проектный зал
35	14	3	ЛД40	2	2,6	Проход в здании
36	3	17	ЛБ40	2	2,6	Коридор
37	10	15	ЛД80	4	2,8	Кабинет
38	10	14	ЛДЦ80	4	3	Учебная аудитория
39	7	13	ЛД65	2	3	Кабинет
40	10	14	ЛДЦ65	4	3	Проектный зал

Таблица 3.2

Расчетная высота подвеса светильника h , м	Удельная мощность $P_{уд}$ (Вт/м ²) для светильников с люминесцентными лампами			
	ЛБ40	ЛД40, ЛБ80, ЛХБ40, ЛТ40	ЛХБ80, ЛТБ80, ЛД65, ЛДЦ40	ЛД80, ЛДЦ65, ЛДЦ80
2-3	9,5	11,6	13,2	15,5

Таблица 3.3

Вид помещения	Нормированная освещенность E_n , лк	
	Газоразрядные лампы	Лампы накаливания
Коридоры и проходы в зданиях	50	20
Кабинеты	300	150
Учебные аудитории	400	200
Проектные залы и комнаты	500	300
Помещение, где требуется выполнение работ наивысшей точности (размер объекта < 0,15 мм)	5000	4000

Порядок выполнения работы

Расчет проводим методом удельных мощностей при освещении светильниками с люминесцентными лампами.

Удельной мощностью называется отношение суммарной мощности всех ламп, установленных в помещении, к площади освещаемой поверхности (пола):

$$P_{\text{уд}} = N \cdot P_{\text{л}} / S \text{ (Вт/м}^2\text{)},$$

где N – число ламп, шт.; $P_{\text{л}}$ – мощность лампы, Вт; S – площадь, м².

Этот метод позволяет без выполнения светотехнического расчета определить мощность всех ламп общего равномерного освещения, необходимый в данном помещении.

Табл. 3.2 удельной мощности при равномерном размещении стандартных светильников общего освещения составлена на основании светотехнических расчетов.

Между значениями освещенности и удельной мощности имеет место прямая пропорциональная зависимость. Поэтому для определения удельной мощности по принятой освещенности следует значение, найденное по табл. 3.2 для 100 лк увеличить или уменьшить во столько раз, во сколько нормируемая освещенность для данного помещения больше или меньше 100 лк.

Рассмотрим методику на примере кабинета.

В кабинете нормируемая освещенность составляет 300 лк (табл. 3.3), по табл. 3.2 для освещенности 100 лк удельная мощность лампы ЛБ40 $P_{\text{уд}} = 9,5 \text{ Вт/м}^2$, фактическую удельную мощность необходимо увеличить в 3 раза:

$$P_{\text{уд}} = 28,5 \text{ Вт/м}^2.$$

Суммарная установленная мощность ламп:

$$P_{\text{уст}} = P_{\text{уд}} \cdot S, \text{ Вт},$$

$$P_{\text{уст}} = 28,5 \cdot 32 = 919, \text{ Вт}.$$

Количество светильников с лампами ЛДЦ80 мощностью 2·80 Вт :

$$N_1 = P_{\text{уст}} / P_{\text{л}}, \text{ шт},$$

$$N_1 = 919 / 80 = 11,48, \text{ шт.}, \text{ принимаем } 12 \text{ светильников}.$$

Рассчитываем расстояние между рядами светильников. Светильники располагаем 3 рядами вдоль длинной стороны кабинета:

- расстояние между рядами:

$$4/2 = 2, \text{ м},$$

- расстояние между светильниками в ряду:

$$8/3 = 2,66, \text{ м}.$$

Светильники крепятся к потолку.

Контрольные вопросы

1. Назовите критерии выбора сечений проводников.
2. Как производится выбор сечений проводников по нагреву?
3. Как производится выбор сечений проводников по потере напряжения?
4. Как производится выбор сечений проводников по экономической плотности тока?
5. Как определить количество светильников, необходимое для обеспечения нормированного освещения?

4. ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4

Расчет статических моментов на валу двигателя лифта

Цель работы

Получить навыки расчета статических моментов на валу двигателя лифта в различных режимах работы.

Задание

По техническим данным быстроходного пассажирского лифта определить статические моменты на валу двигателя в различных режимах работы.

Необходимые данные о лифте представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

№ варианта	Максимальная грузоподъемность, Н	Скорость движения, м/с	Высота подъема, м	Вес кабины, Н	Вес противовеса, Н	Диаметр канатодущего шкива, м	Передаточное число редуктора	КПД передачи	Вес каната, Н
1	4400	1,5	40	5900	9100	0,90	36	0,5	836
2	4450	1,4	39	6700	9200	0,91	35	0,6	840
3	4500	1,3	45	6550	9300	0,95	38	0,65	790
4	4550	1,4	46	6450	9410	0,92	43	0,6	810
5	4600	1,2	48	6150	9560	0,93	41	0,55	826
6	4650	1,5	50	6600	8970	0,94	40	0,5	844
7	4700	1,0	38	6000	9000	0,98	39	0,6	827
8	4750	1,6	48	6200	9070	0,97	37	0,65	820
9	4800	1,7	45	6300	9060	0,93	42	0,6	830
10	4850	1,2	44	6700	9260	0,96	43	0,55	845
11	4900	1,0	40	6860	9310	0,95	40	0,6	862
12	5000	1,4	39	5900	9350	0,90	36	0,5	836
13	5050	1,3	45	6700	9340	0,91	35	0,6	840
14	5100	1,4	46	6550	9330	0,95	38	0,65	790
15	5150	1,2	48	6450	9200	0,92	43	0,6	810
16	5200	1,5	50	6150	9090	0,93	41	0,55	826
17	5250	1,0	38	6600	9050	0,94	40	0,7	844
18	5300	1,6	48	6000	9140	0,98	39	0,65	827
19	5350	1,7	45	6200	9220	0,97	37	0,6	820
20	5400	1,2	44	6300	9340	0,93	42	0,5	830

Порядок выполнения работы

Противовес для лифтов выбирается с таким расчетом, чтобы он уравновешивал вес кабины и часть номинального поднимаемого груза:

$$G_{\text{пр}} = G_0 + \alpha \cdot G_{\text{н}},$$

где $G_{\text{н}}$ – вес номинального поднимаемого груза, Н; G_0 – вес кабины, Н; $G_{\text{пр}}$ – вес противовеса, Н; α – коэффициент уравновешивания, обычно принимается равным 0,4–0,6.

Наличие противовеса приводит к выравниванию графика нагрузки двигателя, что снижает его нагрев в процессе работы. Если обратиться к схеме, приведенной на рис. 4.1, а, то при значении веса противовеса

$$G_{\text{пр}} = G_0 + \alpha \cdot G_{\text{н}}$$

и при отсутствии уравнивающего каната и трения кабины и противовеса о направляющие, можно записать:

$$\begin{aligned} F_1 &= G_0 + G + g_k \cdot X, \\ F_2 &= G_{\text{пр}} + g_k \cdot (H - X), \end{aligned}$$

где g_k – вес 1 м каната, Н/м.

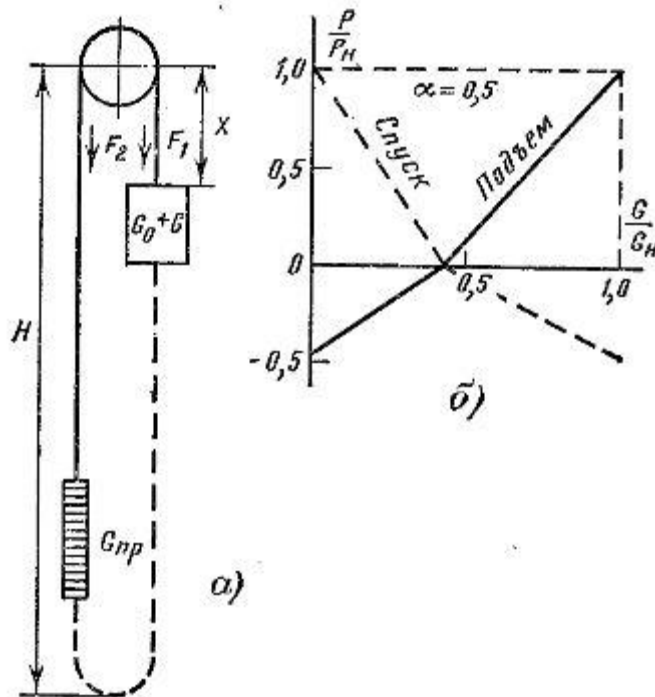


Рис. 4.1. К расчету нагрузки на валу двигателя лифта

Усилие на канатоведущем шкиве:

$$F = F_1 - F_2 = G - \alpha \cdot G_{\text{н}} + g_k \cdot (2 \cdot X - H)$$

Момент и мощность на валу двигателя определяются на основании следующих формул:

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= \frac{F}{i \cdot \eta_1} \cdot \frac{D}{2}; & P_1 &= \frac{F \cdot v}{\eta_1} \cdot 10^{-3} \\ M_2 &= \frac{F}{i} \cdot \frac{D}{2} \cdot \eta_2; & P_2 &= F \cdot v \cdot \eta_2 \cdot 10^{-3} \end{aligned} \right\}$$

где M_1, P_1 – момент и мощность при работе привода в двигательном режиме, соответственно момент (Н·м) и мощность (кВт); M_2, P_2 – момент и мощность при работе привода в генераторном режиме, соответственно момент (Н·м) и мощность (кВт); η_1, η_2 – КПД червячного редуктора при прямой и обратной передаче энергии.

Значения η_1 и η_2 нелинейно зависят от скорости вала червяка и могут быть рассчитаны по формулам

$$\eta_1 = 0,95 \cdot k_1 \cdot \frac{\tan \lambda}{\tan(\lambda + \rho)},$$

$$\eta_2 = k_2 \cdot \left(2 - \frac{\tan \lambda}{0,95 \cdot \tan(\lambda + \rho)} \right),$$

здесь λ – угол подъема винтовой линии на делительном цилиндре червяка; k_1 – коэффициент, учитывающий потери в подшипниках и масляной ванне редуктора; ρ – угол трения, зависящий от скорости вращения вала червяка.

Из формулы усилия на канатоведущем шкиве следует, что при отсутствии уравновешивающего каната нагрузка электропривода зависит от положения кабины.

Так как нагрузка в процессе работы лифтов меняется, то для определения мощности или момента на валу двигателя при любом грузе удобно строить по нескольким точкам график зависимости указанных величин от нагрузки, который имеет примерно такой характер, как это показано на рис. 4.1, б, а затем пользоваться им при построении нагрузочных диаграмм.

При этом должен быть известен режим работы электропривода лифта, который во многом определяется относительной продолжительностью включения ПВ и числом включений в час двигателя.

В жилых домах график движения носит относительно равномерный характер, а относительная продолжительность – ПВ и частота включений двигателя h соответственно равны 40% и 90–120 включений в час.

Пример расчета.

Дано:

- максимальная грузоподъемность $G_n = 4900$ Н;
- скорость движения $v = 1$ м/с;
- высота подъема $H = 43$ м;
- вес кабины $G_0 = 6860$ Н;
- вес противовеса $G_{пр} = 9310$ Н;
- диаметр канатоведущего шкива $D_m = 0,95$ м;
- передаточное число редуктора подъемной лебедки $i = 40$;
- КПД передачи с учетом трения кабины о направляющие шахты $\eta = 0,6$;
- вес каната = 862 Н.

Усилие на канатоведущем шкиве:

$$F_c = G + G_0 - G_{пр} + G_{кан} \cdot \left(2 \cdot \frac{X}{H} - 1 \right),$$

$$F_c = G - 2450 + 862 \cdot \left(2 \cdot \frac{X}{H} - 1 \right).$$

При работе лифтовой установки на подъем, когда $F_c > 0$, приводная электрическая машина работает в двигательном режиме, а при $F_c = 0$ и при $F_c < 0$ – в генераторном.

Результаты расчетов статических моментов сведены в табл. 4.2 и представлены на графике рис. 4.2. При более точных расчетах следует учитывать сопротивление движению направляющих шахты, которое составляет 5–15% от F_c .

Таблица 4.2

X	$F_c, \text{ Н}$	$M_c \text{ Н}\cdot\text{м, при}$				$G, \text{ Н, при}$ $M_c=0$
		подъеме		спуске		
		$G=0$	$G=G_H$	$G=0$	$G=G_H$	
0	G-3312	-23,5	+31,5	-65,7	+11,3	3312
0,5H	G-2450	-17,4	+48,6	-48,6	+17,4	2450
H	G-1588	-11,3	+65,7	-31,5	+23,5	1588

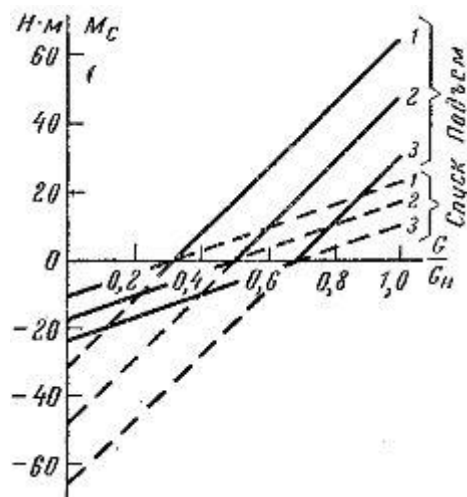


Рис. 4.2. Зависимости момента электропривода от загрузки кабины лифта при нахождении последней на первом этаже (1), в середине шахты (2) и на последнем этаже (3)

Контрольные вопросы

1. Для чего нужен противовес в лифтах?
2. Почему КПД червячного редуктора при прямой и обратной передаче энергии различны?
3. От чего зависит направление усилия на канатоведущем шкиве?
4. Что нужно сделать, чтобы повысить грузоподъемность лифта, не меняя двигатель?

5. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Общие положения

Целью самостоятельной работы по дисциплине «Электротехника и электроснабжение» является систематическое изучение дисциплины в течение семестра, закрепление и углубление полученных знаний и навыков, подготовка к предстоящим занятиям, формирование культуры умственного труда и самостоятельности в поиске и приобретении новых знаний и умений для углубления профессиональных компетенций.

Содержание самостоятельной работы

Содержание теоретического материала дисциплины для самостоятельного изучения представлено в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Вид самостоятельной работы
Самостоятельное изучение учебного материала по разделу «Однофазные и трехфазные электрические цепи переменного тока»
Подготовка к практической работе №1
Самостоятельное изучение учебного материала по разделу «Электроснабжение населенных пунктов»
Подготовка к практической работе №2
Самостоятельное изучение учебного материала по разделу «Электрические машины, применяемые в строительстве»
Подготовка к практической работе №3
Самостоятельное изучение учебного материала по разделу «Электрооборудование лифтов»
Подготовка к практической работе №4

Самостоятельная работа заключается в подготовке по тематике курса с изучением основной и дополнительной литературы, подготовке к практическим занятиям.

Форма текущего контроля: тестирование.