

мерения тех величин, которые вошли в табл.3.1 и 3.2. Величины реактивной Q и полной S мощностей, а также угол φ вычисляются по результатам измерений:

$$S = U_{вх} I_{вх} ; \quad Q = \sqrt{S^2 - P^2} ; \quad \varphi = \arccos \frac{P}{S_{вх}} \quad (3.2)$$

По результатам измерений напряжений, токов и активных мощностей, а также вычислений по формулам (3.2) реактивных и полных мощностей и фазовый сдвигов записываются строки "Эксперимент" в табл.3.2 и 3.3.

Расхождение экспериментальных и расчетных данных определяются по формуле (2.1) и заносятся в строки "Погрешность" табл.3.2 и 3.3.

Контрольные вопросы

Перечень контрольных вопросов приведен в конце лабораторной работы 4.

Лабораторная работа 4. ОДНОФАЗНЫЕ ЦЕПИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Цель работы: приобретение навыков экспериментальных исследований электрических цепей переменного тока.

Расчетное задание

Для одной из схем, представленных на рис.4.1 и включающих в себя элементы (один резистор, одну катушку индуктивности и два различных по емкости конденсатора), которые были исследованы в лабораторных работах 1 и 2:

- 1) определить следующие величины:*
- действующие значения напряжений на всех четырех элементах схемы (U_1, U_2, U_3 и U_4);

* Номер схемы и пункты расчета указываются преподавателями.

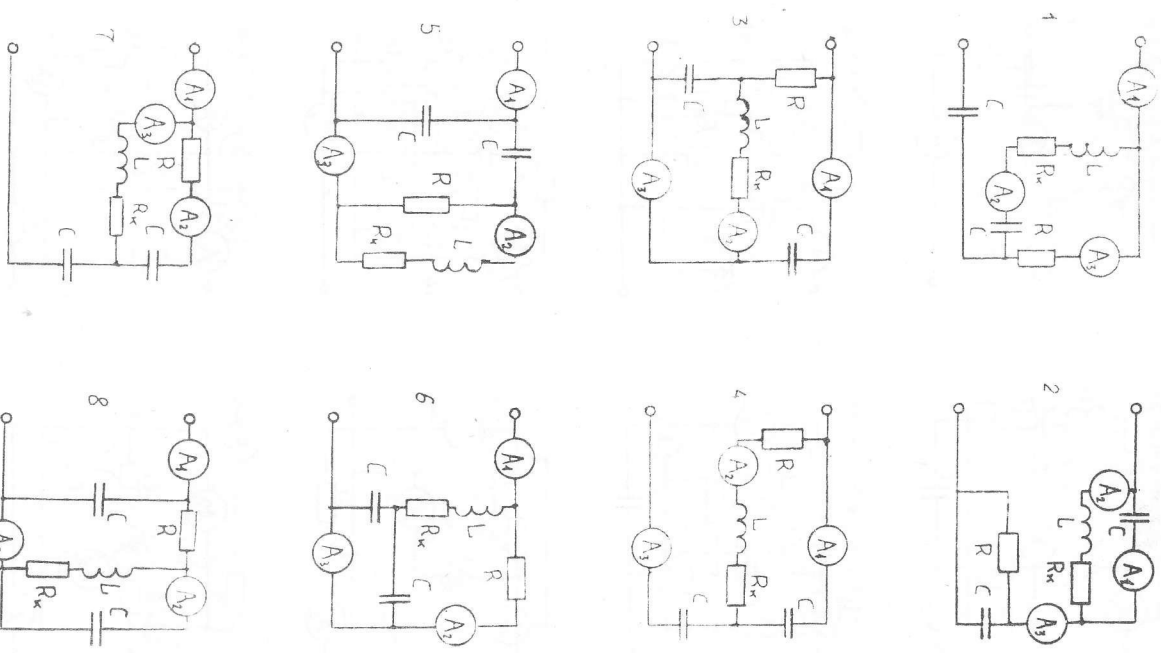


Рис.4.1. Варианты схем к расчетному заданию лабораторной работы 4 (начало)

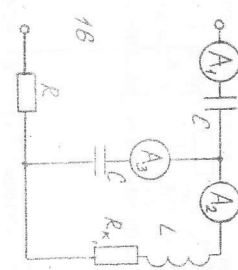
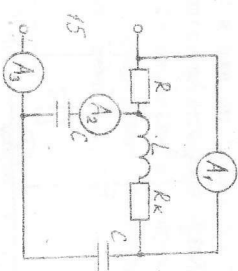
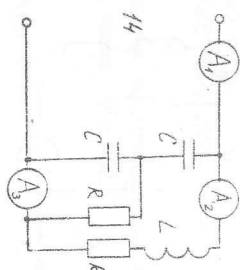
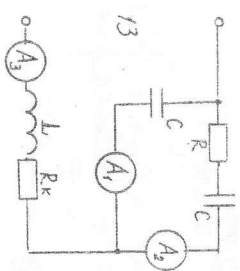
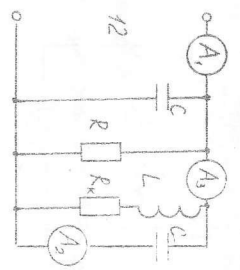
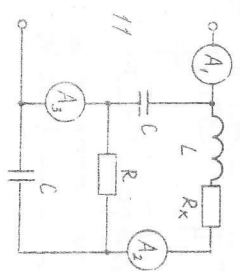
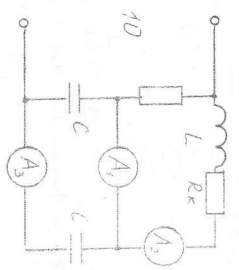
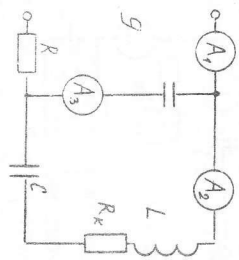


Рис. 4.1. (продолжение)

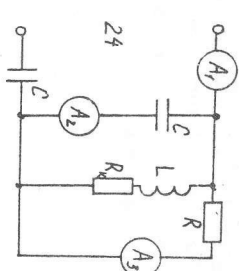
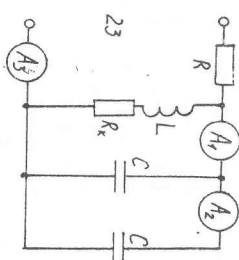
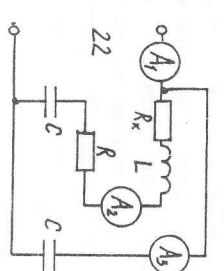
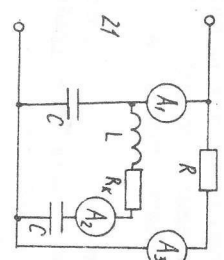
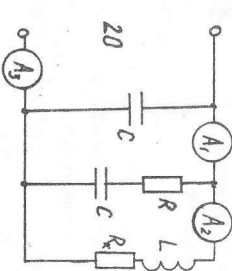
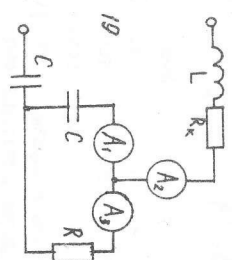
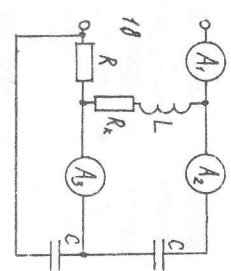
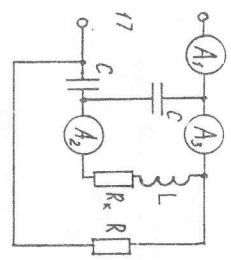


Рис. 4.1. (окончание)

- Действующие значения токов в ветвях, в которых включены амперметры (I_1, I_2 и I_3);
- эквивалентное полное сопротивление всей цепи Z_{Σ} ;
- коэффициент мощности $\cos \varphi$ электрической цепи;
- активную P , реактивную Q и полную S мощности цепи;

2) построить векторную диаграмму, включающую векторы (комплекс) напряжений и токов всех элементов схемы;

3) Для ветви, включающей амперметр A_2 , записать выражения и построить графики мгновенных значений напряжений, тока и мощности.

Числовыми значениями параметров элементов схемы следует задаться по результатам лабораторной работы I (см. табл. I.4). Также следует задаться величиной действующего значения $U_{вх}$ входного напряжения $U_{вх}$, подаваемого на схему. Расчет мощности дать величина действующих значений напряжений и токов, которые либо превышают допустимые для рассматриваемых элементов (и схема в целом), либо не могут быть измерены вольтметрами и амперметрами, имеющимися на лабораторном стенде, т.е. нарушаются условия (3.1). В этом случае следует задаться другими величинами параметров элементов (см. табл. I.4), при необходимости изменить величину действующего значения $U_{вх}$ и затем повторить расчет.

Окончательные (подлежащие проверке на лабораторном стенде) результаты расчета заносятся в строку "Расчет" табл. 4.1.

Таблица 4.1

	$U_{вх},$ В	$U_1,$ В	$U_2,$ В	$U_3,$ В	$U_4,$ В	$I_1,$ А	$I_2,$ А	$I_3,$ А
Расчет								
Опыт								
Погрешность								

Эксперимент

На лабораторном стенде собирается схема, которая была рассчитана в соответствии с расчетным заданием. Резистор, катушка индуктивности и конденсатор, включенные в схему, должны иметь параметры, которые были приняты при расчете схемы.

На вход подается напряжение $U_{вх}$, действующее значение которого устанавливается равным расчетному.

По результатам измерений записывается строка "Эксперимент" табл. 4.1.

Расхождение экспериментальных и расчетных данных оценивается по формуле (2.1) и заносится в строку "Погрешность" табл. 4.1.

Контрольные вопросы

1. Каковы основные причины расхождений расчетных и экспериментальных данных, имевших место в данной лабораторной работе?
2. Может ли оказываться, что амперметры, включенные в параллельные ветви электрической цепи переменного тока, зафиксируют большие действующие значения тока, чем амперметр, измеряющий входной (общий) ток этой параллельной электрической цепи?
3. Может ли оказываться, что вольтметры, подключенные к участкам, составляющим последовательную электрическую цепь переменного тока, зафиксируют действующие значения напряжений больше, чем действующее значение входного напряжения этой цепи?
4. Как изменятся все результаты расчета исследованной электрической цепи при изменении (увеличении или уменьшении) в два раза действующего значения входного напряжения?
5. Оценить изменения при увеличении в два раза частоты напряжения, приложенного к рассматриваемой электрической цепи:
 - полного сопротивления цепи;
 - действующего значения входного тока;
 - коэффициента мощности цепи;
 - активной мощности цепи;
 - реактивной мощности цепи;
 - показания амперметра A_2 .

- 5. В чем аналогия между резонансами в электрических цепях и в механических системах?
- 6. Для рассмотренной последовательной электрической цепи построить графики:
 - действующего значения входного тока от частоты входного напряжения;
 - действующего значения напряжения на группе конденсаторов от частоты входного напряжения;
 - действующего значения напряжения на группе катушек индуктивности от частоты входного напряжения.
 На графиках отметить точки, отвечающие резонансу напряжений.
- 7. Для исследованной параллельной электрической цепи построить графики:
 - действующего значения входного тока от частоты входного напряжения;
 - действующего значения тока группы конденсаторов от частоты входного напряжения;
 - действующего значения тока группы катушек индуктивности от частоты входного напряжения.
 На графиках отметить точки, отвечающие резонансу токов.
- 8. Дать примеры практического использования резонансных явлений в электрических цепях.
- 9. Каково влияние на исследованные резонансные явления величины сопротивления R_k катушки индуктивности?

Лабораторная работа 6. ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ

Цель работы: приобретение навыков экспериментальных исследований нормальных и аварийных режимов трехфазных цепей при различных способах соединения фаз приемников (звезда, треугольник) и различных нагрузках (симметричной, несимметричной).

Расчетное задание

Рассчитываются нормальные и аварийные режимы трехфазных цепей, трехфазная нагрузка которых составлена из элементов, изученных в лабораторных работах 1 и 2. Каждая фаза трех-

фазной нагрузки состоит в общем случае из набора следующих элементов: резистора, катушки индуктивности и конденсатора.

В табл. 6.1 для каждого из вариантов расчетного задания указаны следующие данные:*

1. Схема соединения фаз приемника: Y - звезда без нулевого провода; Y_0 - звезда с нулевым проводом; Δ - треугольник.

2. Нагрузка, включаемая в фазу. В случае нормального режима работы при симметричной нагрузке в каждую из трех фаз включаются катушки индуктивности с одинаковыми количеством витков, одинаковые конденсаторы и одинаковые значения сопротивлений резистора. Число витков катушки, конденсатор и сопротивление резистора указаны для каждой из фаз варианта.

Прочерк в таблице свидетельствует об отсутствии данного элемента в фазе нагрузки, т.е. нагрузка состоит только из тех элементов, параметры которых указаны. В случае аварийного режима для аварийной фазы указано наименование режима: обрыв или короткое замыкание. В двух других фазах нагрузка остается одинаковой.

3. Величина линейного напряжения $U_A = U_{AB} = U_{BC} = U_{CA} = 36$ В (одинаковая для всех вариантов).

Для каждой из заданных трех схем необходимо:
 - начертить схему соединения фаз приемника с указанием мест включения приборов для определения линейных и фазных токов и напряжений;

- вычислить действующие значения фазных и линейных токов и напряжений в каждой из фаз и построить векторную диаграмму токов и напряжений;
 - рассчитать полную, активную и реактивную мощности трехфазной цепи.

Результаты расчетов заносятся в строки "Расчет" табл. 6.2 и 6.3.

* Номер варианта и пункты расчета указываются преподавателем.

Таблица 6.1

Номер варианта	Номер схемы	Схема соединения фаз приемника	Фаза А			Фаза В			Фаза С			
			Резистор, Ом	Число витков катушки	Конденсатор	Резистор, Ом	Число витков катушки	Конденсатор	Резистор, Ом	Число витков катушки	Конденсатор	
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	1	Y	-	3600	C ₁	-	3600	C ₁	-	3600	C ₁	
	2	Y	-	Обрыв			-	3600	C ₁	-	3600	C ₁
	3	Δ	-	Обрыв			-	3600	C ₁	-	3600	C ₁
2	1	Y	-	3600	C ₂	-	3600	C ₂	-	3600	C ₂	
	1	Y ₀	-	Обрыв			-	3600	C ₂	-	3600	C ₂
	3	Δ	-	3600	C ₂	-	-	C ₂	-	-	C ₂	
3	1	Y	-	3600	C ₃	-	3600	C ₃	-	3600	C ₃	
	2	Y	Короткое замыкание			-	3600	C ₃	-	3600	C ₃	
	3	Δ	-	3600	C ₃	-	3600	C ₃	-	3600	C ₃	
4	1	Y	50	1200	-	50	1200	-	50	1200	-	
	2	Y	50	1200	-	Обрыв			50	1200	-	
	3	Δ	50	-	-	-	Обрыв		50	-	-	

5	1	Y	50	2400	-	50	2400	-	50	2400	-
	2	Y ₀	50	2400	-	Обрыв			50	2400	-
	3	Δ	50	-	-	50	2400	-	50	-	-
6	1	Y	50	3600	-	50	3600	-	50	3600	-
	2	Y	50	3600	-	Короткое замыкание			50	3600	-
	3	Δ	50	3600	-	50	3600	-	50	3600	-
7	1	Y	50	2400	C ₁	50	2400	C ₁	50	2400	C ₁
	2	Y	50	2400	C ₁	50	2400	C ₁	Обрыв		
	3	Δ	50	-	-	50	-	-	Обрыв		
8	1	Y	50	2400	C ₂	50	2400	C ₂	50	2400	C ₂
	2	Y ₀	50	2400	C ₂	50	2400	C ₂	Обрыв		
	3	Δ	50	-	-	50	-	-	50	2400	C ₂
9	1	Y	50	2400	C ₃	50	2400	C ₃	50	2400	C ₃
	2	Y	50	2400	C ₃	50	2400	C ₃	Короткое замыкание		
	3	Δ	50	2400	C ₃	50	2400	C ₃	50	2400	C ₃
10	1	Y	50	-	C ₁	50	-	C ₁	50	-	C ₁
	2	Y	Обрыв			50	-	C ₁	50	-	C ₁
	3	Δ	Обрыв			50	-	-	50	-	-

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	II	I2
II	I	Y	50	-	C ₂	50	-	C ₂	50	-	C ₂
	2	Y ₀	Обрыв			50	-	C ₂	50	-	C ₂
	3	Δ	50	-	C ₂	50	-	-	50	-	-
I2	I	Y	50	-	C ₃	50	-	C ₃	50	-	C ₃
	2	Y	Короткое замыкание			50	-	C ₃	50	-	C ₃
	3	Δ	50	-	C ₃	50	-	C ₃	50	-	C ₃
I3	I	Y	-	2400	C ₁	-	2400	C ₁	-	2400	C ₁
	2	Y	-	2400	C ₁	Обрыв			-	2400	C ₁
	3	Δ	-	-	C ₁	Обрыв			-	-	C ₁
I4	I	Y	-	2400	C ₂	-	2400	C ₂	-	2400	C ₂
	2	Y ₀	-	2400	C ₂	Обрыв			-	2400	C ₂
	3	Δ	-	-	C ₂	-	2400	C ₂	-	-	C ₂
I5	I	Y	-	2400	C ₃	-	2400	C ₃	-	2400	C ₃
	2	Y	-	2400	C ₃	Короткое замыкание			-	2400	C ₃
	3	Δ	-	2400	C ₃	-	2400	C ₃	-	2400	C ₃

I6	I	Y	80	1200	-	80	1200	-	80	1200	-
	2	Y	80	1200	-	80	1200	-	Обрыв		
	3	Δ	80	-	-	80	-	-	Обрыв		
I7	I	Y	80	2400	-	80	2400	-	80	2400	-
	2	Y ₀	80	2400	-	80	2400	-	Обрыв		
	3	Δ	80	-	-	80	-	-	80	2400	-
I8	I	Y	80	3600	-	80	3600	-	80	3600	-
	2	Y	80	3600	-	80	3600	-	Короткое замыкание		
	3	Δ	80	3600	-	80	3600	-	80	3600	-
I9	I	Y	80	3600	C ₁	80	3600	C ₁	80	3600	-
	2	Y	Обрыв			80	3600	C ₁	80	3600	-
	3	Δ	Обрыв			80	-	-	80	-	-
I20	I	Y	80	3600	C ₂	80	3600	C ₂	80	3600	-
	2	Y ₀	Обрыв			80	3600	C ₂	80	3600	-
	3	Δ	80	3600	C ₂	80	-	-	80	-	-
I21	I	Y	80	3600	C ₃	80	3600	C ₃	80	3600	C ₃
	2	Y	Короткое замыкание			80	3600	C ₃	80	3600	C ₃
	3	Δ	80	3600	C ₃	80	3600	C ₃	80	3600	C ₃

I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
22	1	Y	80	-	C ₁	80	-	C ₁	80	-	C ₁
	2	Y	80	-	C ₁	Обрыв			80	-	C ₁
	3	Δ	80	-	-	Обрыв			80	-	-
23	1	Y	80	-	C ₂	80	-	C ₂	80	-	C ₂
	2	Y ₀	80	-	C ₂	Обрыв			80	-	C ₂
	3	Δ	80	-	-	80	-	C ₂	80	-	-
24	1	Y	80	-	C ₃	80	-	C ₃	80	-	C ₃
	2	Y	80	-	C ₃	Короткое замыкание			80	-	C ₃
	3	Δ	80	-	C ₃	80	-	C ₃	80	-	C ₃

Эксперимент

На лабораторном стенде собираются схемы в соответствии с расчетным заданием. Резисторы, катушки индуктивности и конденсаторы, включенные в схемы, должны иметь параметры, которые были приняты при расчете, на вход схемы подается линейное напряжение $U_A = 36$ В.

По результатам измерений заполняются строки "Эксперимент" табл.6.2 и 6.3.

Расхождения экспериментальных и расчетных данных оцениваются по формуле (2.1) и заносятся в строку "Погрешность" табл.6.2 и 6.3.

Таблица 6.2

Режим работы	Напряжения, В			Токи, А			Мощность					
	линейные			фазные			линейные					
	U _{AB}	U _{BC}	U _{CA}	U ₀	U _φ	U _c	I _A	I _φ	I _c	P	Q	S
Расчет												
Опыт												
Погрешность												
Несимметричный												
Расчет												
Опыт												
Погрешность												

Таблица 6.3

Расчет	Напряжения, В			Токи, А			Мощность					
	линейные			линейные			фазные					
	U _{AB}	U _{BC}	U _{CA}	I _A	I _φ	I _c	I _{aφ}	I _{φc}	I _{ca}	P	Q	S
Эксперимент												
Погрешность												

Контрольные вопросы

1. Каковы основные причины расхождений, расчетных и экспериментальных данных, имеющих место в данной лабораторной работе?
2. Какое соединение фаз трехфазной цепи называется звездой? треугольником?
3. В каком случае применяется соединение фаз звездой без нулевого провода?
4. При какой нагрузке фаз применяются четырехпроводную систему и почему?
5. Будут ли отличаться величины линейных токов при включенном и отключенном нулевом проводе, если сопротивления фаз: равны по модулю? равны по фазе? равны по модулю и фазе?
6. Почему в нулевом проводе не устанавливается предохранитель?
7. Как будут отличаться полная, активная и реактивная мощности, потребляемые одним и тем же симметричным трехфазным приемником при соединении его фаз: 1) звездой; 2) треугольником?
8. Как будут отличаться линейные токи симметричного трехфазного приемника при соединении его фаз: 1) звездой; 2) треугольником?
9. При какой нагрузке и почему для определения токов и напряжений во всех фазах достаточно определить токи и напряжения в одной фазе?
10. Каковы преимущества трехфазного тока перед однофазным?
11. Перечислите методы измерения мощности в трехфазной цепи.
12. Какая нагрузка трехфазной цепи называется симметричной?
13. Как изменяется ток в фазах симметричного приемника, соединенного звездой, при обрыве линейного провода A ?
14. Когда справедливо соотношение $U_A / U_\phi = \sqrt{3}$?
15. Когда справедливо соотношение $I_A / I_\phi = \sqrt{3}$?
16. Когда для расчета мощности трехфазной цепи можно использовать формулу $P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$?

Лабораторная работа 7.
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ЦЕПИ С ПОЛУПРОВОДНИКОВЫМИ ДИОДАМИ

Цель работы: приобретение навыков расчетов и экспериментального исследования электрических цепей с полупроводниковыми диодами.

Расчетное задание

В соответствии с вариантом задания (табл. 7.1):

- составить электрическую цепь, включающую в себя диоды и резисторы и отвечающую заданной вольт-амперной характеристике;

- определить сопротивления резисторов;

- дать способы реализации этих резисторов с использованием конкретных резисторов, которые входят в состав лабораторного стенда (см. лабораторную работу 1);

- из общего перечня пунктов расчета выполнить те, которые указаны в варианте задания (табл. 7.1).

Таблица 7.1

Номер варианта	Номер графика на рис. 7.1	Пункт расчета			Номер варианта	Номер графика на рис. 7.1	Пункт расчета				
		1	2	3			4	5	6	7	8
1	1	2	4	7	10	13	4	2	3	7	12
2	7	1	3	7	12	14	10	5	3	8	12
3	13	6	1	11	12	15	16	4	2	10	11
4	19	1	2	7	10	16	22	5	6	9	10
5	2	3	6	8	11	17	5	3	4	8	11
6	8	4	5	7	10	18	11	4	1	10	12
7	14	5	2	8	11	19	17	2	4	9	10
8	20	3	5	8	12	20	23	1	5	7	11
9	3	4	5	9	12	21	6	4	6	9	10
10	9	6	1	8	11	22	12	3	4	9	8
11	15	5	6	9	10	23	18	4	6	7	11
12	21	3	6	9	10	24	24	3	5	9	10