

АНАЛИЗ ЛИНЕЙНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО  
СИНУСОИДАЛЬНОГО ТОКА

ОДНОФАЗНЫЕ ЦЕПИ

ЗАДАНИЕ I. Анализ электрической цепи с составлением и анализом ее схемы замещения

1.1. В соответствии со стандартными условными графическими обозначениями реальных электротехнических устройств начертить электрическую схему заданной цепи. Варианты анализируемых электрических цепей приведены на рис. 1. Номер заданной цепи указан в табл.1.

1.2. Составить для последующего анализа эквивалентную схему замещения заданной электрической цепи, используя для этого приведенные на рис.2 эквивалентные схемы замещения электротехнических устройств. Начертить полученную схему замещения электрической цепи, показав на ней выбранные положительные направления токов, ЭДС и напряжений. Дать обозначения элементов схемы замещения.

1.3. Используя полученную схему замещения электрической цепи, произвести расчет токов всех приемников (потребителей) и общий ток электрической цепи (значения токов - действующие).

Указание: Численные значения параметров схем замещения элементов цепи взять в табл.1 и 2 в соответствии с групповым и личным вариантом задания. Сопротивления Амперметров принять равными нулю.

Пояснение: угол  $\theta$  для синхронной машины характеризует фазовый сдвиг между напряжением питания  $U$  и ЭДС  $E$  машины:  $\theta = \Psi_E + \Psi_U$ . Отсюда следует:  $\Psi_E = \Psi_U + \theta$  и  $E = Ee^{j(\Psi_U + \theta)}$  При работе синхронной машины в режиме генератора  $\theta > 0$ , в режиме двигателя  $\theta < 0$ .

1.4. Определить показания Амперметров.

1.5. Проверить правильность расчета, составив баланс мощностей электрической цепи.

Схема ЭЦ № 1

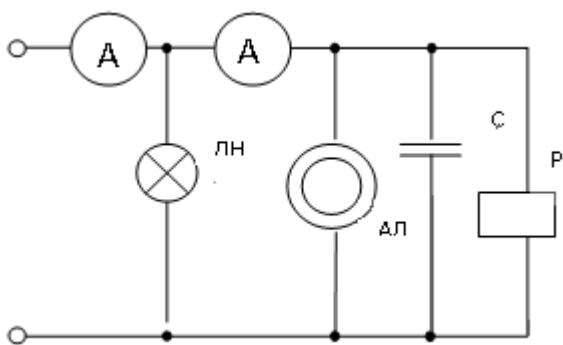


Схема ЭЦ № 2

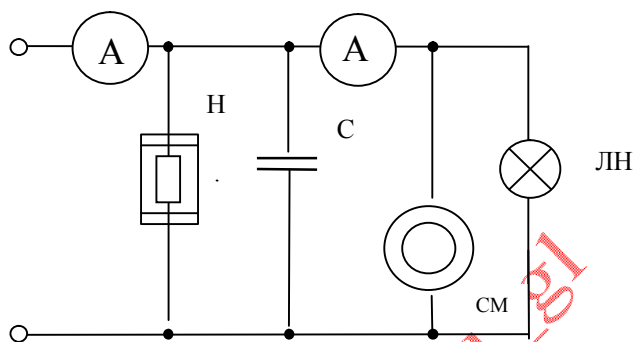


Схема ЭЦ № 3

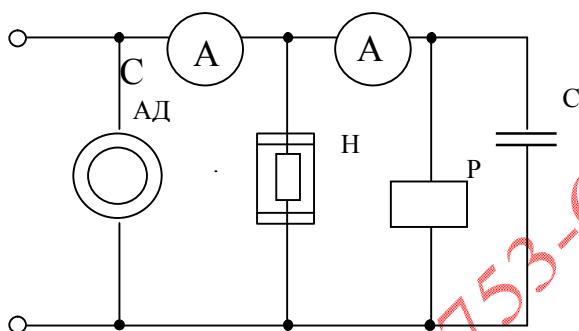


Схема ЭЦ № 4

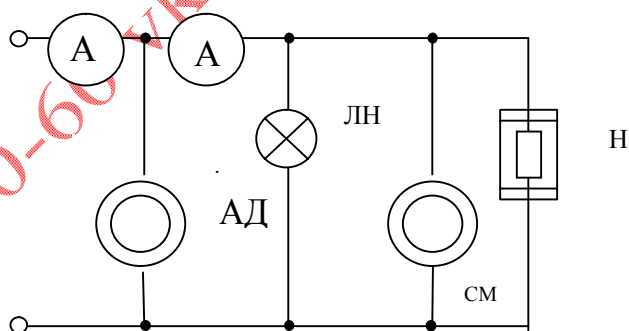


Схема ЭЦ № 5

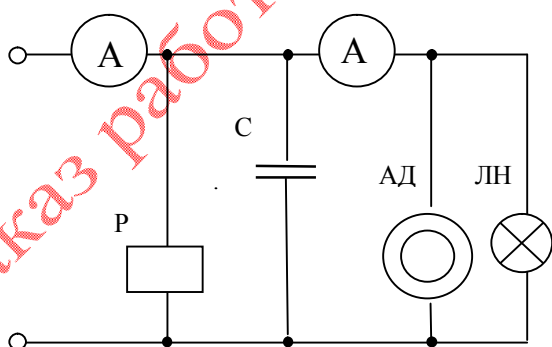


Схема ЭЦ № 6

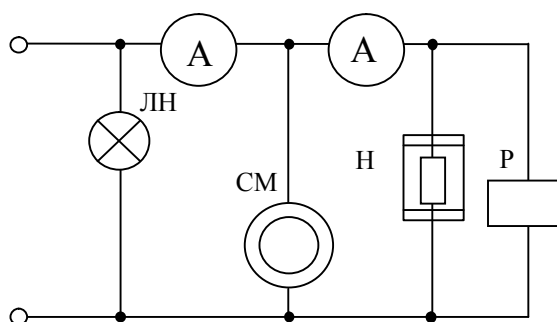


Рис.1. Варианты однофазных электрических цепей (ЭЦ).

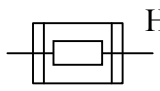
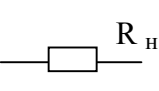
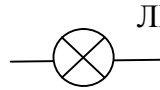
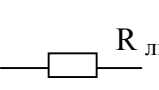

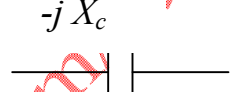
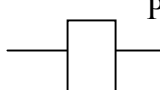
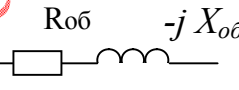
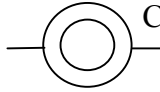
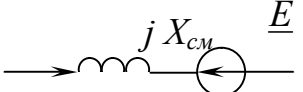
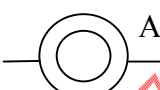
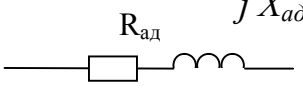

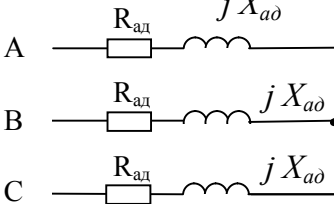

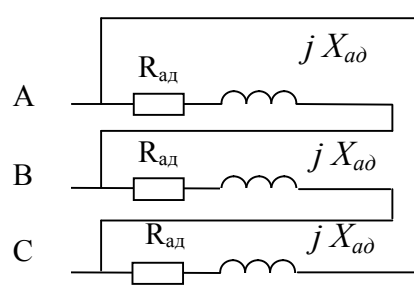
Название элемента электрической цепи	Обозначение элемента на электрической схеме цепи	Эквивалентная схема замещения элемента электрической цепи
Нагреватель, электрическая печь	 Н	 $R_H$
Лампа накаливания	 ЛН	 $R_{ЛН}$
Конденсатор	 С	 $-j X_C$
Обмотка реле, контактора	 Р	 $R_{об} \quad -j X_{об}$
Синхронная машина	 СМ	 $j X_{см} \quad \underline{E} = E e^{j\psi_E}$
Асинхронный двигатель однофазный	 АД	 $R_{ад} \quad j X_{ад}$
Асинхронный двигатель трехфазный при соединении обмоток звездой (Y)	 АД	 A $R_{ад} \quad j X_{ад}$ B $R_{ад} \quad j X_{ад}$ C $R_{ад} \quad j X_{ад}$
Асинхронный двигатель трехфазный при соединении обмоток треугольником ( $\Delta$ )	 АД	 A $R_{ад} \quad j X_{ад}$ B $R_{ад} \quad j X_{ад}$ C $R_{ад} \quad j X_{ад}$

Рис.2. Эквивалентные схемы замещения элементов электрической цепи.

Таблица 1

НОМЕРА ЛИЧНЫХ ВАРИАНТОВ	НОМЕР СХЕМЫ ЭЛ. ЦЕПИ	ЛАМПА НАКАЛ.	НАГРЕВАТЕЛЬ	КОНДЕНСАТОР	ОБМОТКА РЕЛЕ	
		R <sub>лн</sub> , Ом	R <sub>н</sub> , Ом	X <sub>с</sub> , Ом	R об, Ом	X об, Ом
1	1	50	-	100	2	100
2	2	70	25	80	-	-
3	3	-	50	120	3	150
4	4	60	40	-	-	-
5	5	80	-	60	5	200
6	6	40	30	-	2	150
7	1	85	-	50	2	200
8	2	55	45	90	-	-
9	3	-	35	60	3	200
10	4	75	55	-	-	-
11	5	65	-	120	2	140
12	6	45	20	-	3	180
13	1	85	-	70	2	120
14	2	50	40	110	-	-
15	3	-	55	50	2	135
16	4	65	20	-	-	-
17	5	40	-	90	4	180
18	6	55	30	-	3	200
19	1	65	-	70	3	150
20	2	45	20	60	-	-
21	3	-	35	90	4	200
22	4	85	45	-	-	-
23	5	75	-	120	3	150
24	6	55	50	-	2	200
25	1	70	-	80	4	150
26	2	50	35	100	-	-
27	3	-	45	70	2	140
28	4	80	60	-	-	-
29	5	45	-	90	3	150
30	6	65	55	-	5	200

Проверку баланса мощности выполнить для активной и реактивной мощностей.

Указание: При различии мощностей генератора (питающей сети переменного тока) и потребителей более 1% расчет электрической цепи (п.1.3) произвести заново.

1.6. Построить векторную диаграмму токов заданной электрической цепи.

1.7. Сделать выводы по результатам анализа цепи.

Таблица 2

Номера групповых вариантов	Напряжение питания $U$ , В	Асинхронный двигатель		Синхронная машина		
		$R_{ад}$ , Ом	$X_{ад}$ , Ом	$X_{см2}$ , Ом	$E$ , В	$\theta$ , град.
1	127	10	7,5	5	128	+10
2	220	6	12	7	262	-14
3	380	8	24	10	360	-28
4	127	18	18	6	155	+27
5	220	30	15	10	228	-15,5
6	380	21	36	15	430	+17
7	127	10	12	4	110	+28
8	220	12	12	8	310	-18
9	380	60	45	12	396	+18
10	220	25	45	9	270	-22

ЗАДАНИЕ 2. Анализ эквивалентной схемы замещения однофазной электрической цепи (рис.3).

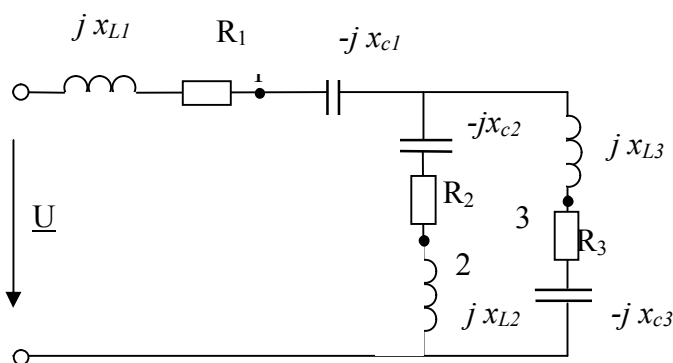


Рис.3. Схема замещения однофазной электрической цепи

2.1. Определить действующие значения токов всех ветвей и записать выражения для их мгновенных значений.

Указание: Численные значения параметров элементов схемы замещения взять из табл.3 и 4 в соответствии с групповым и личным вариантом задания.

2.2. Определить показания вольтметров, включенных в электрическую цепь в местах, соответствующих точкам 1 и 2, 2 и 3 на схеме замещения цепи (рис.3).

Указание: Принять токи, потребляемые вольтметрами, равными нулю.

2.3. Определить мощности всей цепи, и построить по полученным результатам треугольник мощностей.

2.4. Построить совместно векторную диаграмму токов ветвей и топографическую диаграмму напряжений ветвей и их элементов.

2.5. Методом эквивалентного генератора найти общее выражение для действующего значения тока  $I_3$  в третьей ветви электрической цепи в зависимости от сопротивления  $R_3$  и конкретные значения этого тока для четырех значений сопротивления  $R_3$ : а)  $R_3 = 0$ , б)  $R_3 = R_{3нсм}$  (из табл.3), в)  $R_3 = 2R_{3нсм}$ , г)  $R_3 = 5 R_{3нсм}$ .

Построить график зависимости  $I_3(R_3)$ .

2.6. Сделать выводы по результатам анализа цепи.

Таблица 3

Номера групповых вариантов	Сопротивления элементов, Ом								
	$R_1$	$X_{L1}$	$X_{C1}$	$R_2$	$X_{L2}$	$X_{C2}$	$R_3$	$X_{L3}$	$X_{C3}$
1	10	10	5	5	3	8	7	6	6
2	5	7	15	6	9	9	10	12	4
3	15	8	8	7	10	5	5	3	10
4	6	10	6	8	3	9	10	12	12
5	10	5	15	9	5	5	12	15	6
6	8	6	6	10	15	10	6	8	12
7	12	8	5	15	9	15	8	10	10
8	9	5	10	12	8	8	6	15	5
9	7	15	15	10	12	9	5	4	9
10	5	10	5	8	10	10	12	12	3

Таблица 4

Номера личных вариантов	Заданные электрические величины (напряжения, токи, мощности)
1	$u_{c1} = 50 \sin(\omega t - \pi/9)$
2	$P_2 = 100 \text{ Вт}$
3	$u_{RL3} = 40 \sin(\omega t + \pi/12)$
4	$Q_{L1} = 200 \text{ ВАр}$
5	$u_{R2} = 60 \sin(\omega t - 2\pi/9)$
6	$S_3 = 300 \text{ ВА}$
7	$u_{L1} = 45 \sin(\omega t + \pi/3)$
8	$Q_{C2} = 150 \text{ ВАр}$
9	$u_{RC3} = 60 \sin(\omega t - \pi/2)$
10	$P_1 = 250 \text{ Вт}$
11	$u_{RL2} = 80 \sin(\omega t + \pi/18)$
12	$Q_{L3} = 200 \text{ ВАр}$
13	$u_{R1} = 40 \sin(\omega t - \pi/12)$
14	$S_2 = 350 \text{ ВА}$
15	$u_{L3} = 50 \sin(\omega t + \pi/4)$
16	$S_1 = 250 \text{ ВА}$
17	$u_{c2} = 30 \sin(\omega t - \pi/6)$
18	$P_3 = 150 \text{ Вт}$
19	$u_{RL1} = 70 \sin(\omega t + \pi/5)$
20	$U_2 = 100 \text{ В}$
21	$u_{R3} = 35 \sin(\omega t - 2\pi/10)$
22	$U_1 = 80 \text{ В}$
23	$u_{L2} = 50 \sin(\omega t + \pi/10)$
24	$U_3 = 120 \text{ В}$
25	$u_{RC1} = 80 \sin(\omega t - \pi/6)$
26	$i_3 = 10 \sin(\omega t + \pi/9)$
27	$u_{RC2} = 100 \sin(\omega t - 2\pi/5)$
28	$i_1 = 8 \sin(\omega t + 2\pi/3)$
29	$u_{c3} = 20 \sin(\omega t - \pi/4)$
30	$i_1 = 6 \sin(\omega t + \pi/2)$

Обозначения: 1,2,3-номера ветвей; R, L, C, RL, RC - участки ветвей.

ВНИМАНИЕ! Если аргумент синусоидальной функции выражается в градусах, то следует использовать другую форму записи синусоидальной функции:  $i = I_m \sin(360 ft + \Psi_i)$ ,

$$U = U_m \sin(360 ft + \Psi_u) /$$

## ТРЕХФАЗНЫЕ ЦЕПИ

### АНАЛИЗ ЗАДАННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ С СОСТАВЛЕНИЕМ ЕЕ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ

#### ЗАДАНИЕ 3. Электрические цепи с соединением фазных приемников звездой с нейтральным проводом

3.1. Начертить общую полную электрическую схему заданной электрической цепи в соответствии со своим личным вариантом. Характер фазных приемников задан в табл.5.

Пояснение обозначений в табл.5:

АД – асинхронный двигатель (АД-3 -трехфазный, АД-1- однофазный); ЛН - лампа накаливания; Н - нагреватель; С- конденсатор.

Цифры 1 и 2 для несимметричной нагрузки обозначают количество одинаковых элементов (ЛН С Ч) в одном фазном приемнике, которые соединены параллельно. Цифра 3 обозначает симметричную трехфазную нагрузку.

3.2. Составить эквивалентную схему замещения всей заданной цепи используя ранее приведенные схемы замещения отдельных элементов цепи (рис.2). Начертить полученную схему замещения цепи, оказав на ней выбранные положительные направления токов всех приемников и соединительных проводов и фазных и линейных напряжений.

Дать обозначения фаз и элементов схемы замещения.

3.3. Используя схему замещения цепи рассчитать действующие значения фазных токов всех приемников и токов линейных проводов и нейтрального провода /для прямой последовательности фаз/.

Указание: Численные значения параметров схем замещения отдельных элементов взять из табл.6.

3.4. Определить результирующие мощности:  $P$ ,  $Q$  и  $S$  всей электрической цепи.

3.5. Построить совмещенные векторную диаграмму токов и топографическую векторную диаграмму напряжений электрической цепи.



Таблица 5

Номер личного варианта	Типы фазных приемников							
	При соединении звездой				При соединении треугольником			
	Симметр. нагрузка А, В,С	Несимметр. нагрузка фаз А В С			Симметр. нагрузка АВ,ВС,СА	Несимметр. нагрузка фаз АВ ВС СА		
1	С-3	Н-1	АД-1	-	АД-3	-	Н-1	С-2
2	ЛН-3	-	Н-1	АД-1	С-3	ЛН-3	-	Н-1
3	Н-3	АД-1	-	С-2	ЛН-3	Н-1	АД-1	-
4	АД-3	Н-1	ЛН-1	-	Н-3	-	ЛН-2	АД-1
5	ЛН-3	-	АД-1	ЛН-2	АД-3	ЛН-1	-	Н-1
6	Н-3	ЛН-2	-	С-1	С-3	Н-1	ЛН-2	-
7	С-3	Н-1	ЛН-2	-	Н-3	-	С-1	ЛН-1
8	АД-3	-	Н-2	АД-1	ЛН-3	АД-1	-	Н-1
9	Н-3	АД-1	-	ЛН-2	АД-3	Н-1	ЛН-1	-
10	АД-3	ЛН-1	С-2	-	С-3	-	АД-1	ЛН-2
11	С-3	Н-1	-	АД-1	ЛН-3	АД-1	Н-2	-
12	ЛН-3	Н-2	АД-1	-	Н-3	-	С-1	АД-1
13	Н-3	-	С-2	АД-1	АД-3	Н-1	-	ЛН-1
14	АД-3	ЛН-2	-	Н-1	ЛН-3	С-1	ЛН-2	-
15	С-3	ЛН-1	Н-2	-	Н-3	-	АД-1	ЛН-1
16	Н-3	-	АД-1	ЛН-1	С-3	Н-1	-	ЛН-2
17	ЛН-3	АД-1	-	Н-1	АД-3	ЛН-1	Н-2	-
18	АД-3	Н-1	С-1	-	Н-3	-	АД-1	С-2
19	С-3	-	АД-1	ЛН-2	АД-3	С-2	-	Н-1
20	Н-3	ЛН-2	-	АД-1	ЛН-3	ЛН-1	АД-1	-
21	АД-3	ЛН-2	Н-1	-	С-3	-	Н-1	ЛН-2
22	ЛН-3	-	АД-1	Н-2	Н-3	АД-1	-	ЛН-1
23	АД-3	Н-2	-	ЛН-1	ЛН-3	ЛН-2	Н-1	-
24	С-3	ЛН-1	АД-1	-	АД-3	-	Н-2	ЛН-1
25	Н-3	-	ЛН-2	АД-1	С-3	Н-2	-	АД-1
26	ЛН-3	ЛН-1	-	АД-1	Н-3	АД-1	ЛН-2	-
27	АД-3	ЛН-2	АД-1	-	ЛН-3	-	АД-1	Н-2
28	С-3	-	ЛН-1	Н-2	АД-3	Н-2	-	С-1
29	Н-3	С-2	-	ЛН-1	С-3	АД-1	Н-2	=
30	АД-3	-	Н-2	ЛН-1	Н-3	ЛН-1	-	АД-1

#### ЗАДАНИЕ 4. Электрические цепи с соединением фазных приемников треугольником

4.1. Начертить общую электрическую схему заданной электрической цепи в соответствии со своим личным вариантом. Характер фазных приемников задан в табл.5. Пояснения к табл.5 даны в п.3.1.

4.2. Составить эквивалентную схему замещения заданной цепи, используя приведенные на рис.2 схемы замещения элементов цепи. Начертить полученную схему замещения цепи, показав на ней выбранные положительные направления токов всех приемников и соединительных проводов и фазных и линейных напряжений. Дать обозначений фаз и элементов схемы замещения.

4.3. Произвести расчет схемы замещения цепи. Определить действующие значения фазных токов всех приемников и токов линейных проводов.

Указание: Численные значения параметров схем замещения отдельных элементов взять из табл.6.

4.4. Определить результирующие мощности  $P$ ,  $Q$ , и  $S$  всей электрической цепи.

4.5. Построить совмещенные векторную диаграмму токов и векторную диаграмму напряжений электрической цепи.

Таблица 6

Номер группового варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Линейное напряжение, В	180	150	200	160	220	250	150	175	240	270
Значение сопротивлений элементов цепи, Ом										
Асинхронный двигатель:										
$R_{ад}$	15	5	6	20	15	15	12	9	30	35
$X_{ад}$	6	10	15	20	30	24	15	10	25	50
Лампа накаливания:										
$R_{лн}$	100	120	150	80	100	120	150	80	100	120
Нагреватель:										
$R_{н}$	150	100	50	100	120	80	200	150	120	150
Конденсатор:										