

**МЧС РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ИНСТИТУТ ГОСУДАРСТВЕННОЙ**  
**ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ**



**ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И ЭЛЕКТРОНИКА**  
**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ**  
**КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ДЛЯ СЛУШАТЕЛЕЙ ЗАОЧНОГО**  
**ОБУЧЕНИЯ ПО СПЕЦИАЛЬНОСТИ 330400 “ПОЖАРНАЯ**  
**БЕЗОПАСНОСТЬ” РАЗДЕЛ ЭЛЕКТРОТЕХНИКА**

**Санкт-Петербург**  
**2004**

Маслаков М.Д., Слепов В.В., Пименова М.А. Методические рекомендации по выполнению контрольной работы для слушателей заочного обучения по специальности 330400 “Пожарная безопасность ” Раздел “Электротехника”. – СПб.: Санкт-Петербургский институт ГПС МЧС России, 2004. - 53 с.

Методические рекомендации обсуждены и одобрены на заседании кафедры пожарной безопасности технологических процессов

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2004 г. (протокол №\_\_\_)

Рецензенты:

**Г.К. Ивахнюк**, д.х.н., профессор, Санкт-Петербургский государственный технологический институт;

**В.А. Родионов**, доцент, к.т.н., Санкт-Петербургский институт Государственной противопожарной службы МЧС России.

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Данное задание содержит контрольные задания по курсу “Электротехника и электроника”.

Задание на контрольные работы состоит из ста вариантов. Две последние цифры номера зачетной книжки слушателя-заочника определяют вариант задания.

Прежде чем приступить к решению конкретной задачи контрольной работы, необходимо изучить учебный материал темы, конспектируя основные понятия по учебнику, ознакомиться с методическими указаниями к решению этой задачи.

Лучше всего пользоваться учебниками, рекомендованными данным пособием, так как в расчете на них составлены методические указания к выполнению контрольной работы.

Рекомендуется следующий порядок решения задачи:

1. Переписать условия задачи.
2. Начертить электрическую схему.
3. Выписать из условия данные в виде буквенных значений физических величин и их цифровые значения .
4. Продумать план решения задачи
5. Решение выполнять, по этапам, с кратким описанием каждого этапа.
6. Результаты решения задачи необходимо проверить по анализу возможности получения такого результата, с помощью обратных действий, примечанием 1-го и 2-го правил Кирхгофа, подсчетом баланса мощностей или построением векторных диаграмм.
7. По результатам вычислений в масштабе вычертить нужные диаграммы, графики и т.д

В конце работы следует указать использованную для решения задач литературу, поставить дату и подпись, оставить две чистые страницы для рецензии.

Неаккуратное выполнение контрольной работы, несоблюдение принятой размерности, плохое выполнение чертежей и схем могут послужить причиной возвращения ее для переделки.

Получив из института проверенную контрольную работу с рецензией, слушатель-заочник обязан внимательно ознакомиться с замечаниями рецензента, внести в работу необходимые исправления и быть готовым к ее защите. Работа, выполненная не по своему варианту, не полностью раскрывающая вопросы задания или имеющая грубые ошибки, не зачитывается. Такая работа должна быть выполнена повторно, с учетом замечаний рецензента. На обложке новой работы следует указать "Повторная" и направить ее в институт вместе с первой работой и рецензией.

Слушатели-заочники, не представившие контрольную работу в срок без уважительной причины, на экзаменационную сессию не вызываются.

## ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ № 1

### ЗАДАЧА №1

Задача 1. Варианты 01-25.

Для цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов (сопротивлений), определить: 1) величины сопротивлений, отмеченных в табл. 1 знаком вопроса, 2) токи, проходящие через каждый резистор, 3) расход электроэнергии в цепи за время  $t = 100$  ч. Проверить решение задачи, применив 1-й закон Кирхгофа. Данные для своего варианта взять в табл. 1.

Задача 1. Варианты 26-50.

Для цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов (сопротивлений), определить: 1) величины сопротивлений, отмеченных в табл. 1 знаком вопроса. 2) напряжение на каждом резисторе, 3) расход электроэнергии в цепи за время  $t = 50$  ч. Проверить решение задачи, применив 2-й закон Кирхгофа. Данные для своего варианта в табл. 1.

Задача 1. Варианты 51-75.

Для цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов (сопротивлений), определить: 1) величины сопротивлений, отмеченных в табл. 1 знаком вопроса. 2) мощности на каждом резисторе, 3) количества тепла, выделяемое на всех резисторах цепи за время  $t = 10$  ч. Проверкой баланса мощности убедиться в правильности решения задачи. Данные для своего варианта взять в табл. 1.

Задача 1. Варианты 76-100.

Для цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов (сопротивлений) определить: 1) величины сопротивлений, отмеченных в табл. 1 знаком вопроса. 2) токи, проходящие через каждый резистор. 3) мощности на первом и во втором резисторах. Проверить решение задачи, применив 1-й закон Кирхгофа. Данные для своего варианта взять в табл. 1.

Таблица 1.

Данные к задаче 1, варианты 01-100

Вариант	Номер рисунка	$r_1, \text{Ом}$	$r_2, \text{Ом}$	$r_3, \text{Ом}$	$R_4, \text{Ом}$	$r_5, \text{Ом}$	$r_{\text{экв.}} \text{Ом}$	U, I, P
01	1	1	2	10	15	6	?	$U_{AB}=60\text{В}$
02	2	2	60	15	4	4	?	$P=81\text{Вт}$
03	3	?	3	25	5	20	25	$I=2\text{А}$
04	4	4	8	2	5	10	?	$U_1=8\text{В}$
05	5	5	10	15	20	5	?	$U_{AB}=30\text{А}$
06	6	7	3	15	20	5	?	$I=10\text{А}$

07	7	?	20	40	7	8	15	P=60B <sub>T</sub>
08	8	5	6	20	3	2	?	U <sub>2</sub> =12B
09	9	10	18	3	10	15	?	I=4A
10	10	?	4	10	15	5	20	U <sub>AB</sub> =100B
11	11	3	6	4	7	8	?	P=8B <sub>T</sub>
12	12	9	6	6	4	3	?	I=5A
13	13	60	10	15	4	5	?	U <sub>AB</sub> =120A
14	14	?	7	3	15	6	10	I=4A
15	15	5	8	7	10	4	?	P=60B <sub>T</sub>
16	16	10	15	20	5	4	?	U <sub>AB</sub> =16B
17	17	12	4	10	15	3	?	I=10A
18	18	?	15	4	5	20	8	U <sub>AB</sub> =64B
19	19	4	2	10	15	6	?	I <sub>1</sub> =12B
20	20	6	3	1	60	15	?	P=32B <sub>T</sub>
21	1	5	3	20	5	4	?	I=10A
22	2	?	15	10	6	5	10	U <sub>AB</sub> =60B
23	3	2	8	30	30	30	?	P=120B <sub>T</sub>
24	4	16	14	4	2	5	?	I <sub>1</sub> =4A
25	5	?	6	3	12	4	8	I=5A
26	6	4	2	3	12	4	?	U <sub>AB</sub> =50B
27	7	6	15	5	3	2	?	U <sub>1</sub> =12B
28	8	3	?	6	2	1	10	I=10A
29	9	5	7	12	20	5	?	U <sub>AB</sub> =60B
30	10	2	6	20	5	3	?	P=60B <sub>T</sub>
31	11	4	20	10	15	5	?	I <sub>1</sub> =30A
32	12	19	1	3	2	4	?	U <sub>AB</sub> =20B
33	13	4	20	5	6	2	?	I=4A
34	14	3	8	7	10	3	?	P=20B <sub>T</sub>
35	15	?	16	4	5	4	10	I=4A
36	16	30	20	60	30	20	?	U <sub>AB</sub> =44B
37	17	10	15	15	60	4	?	P=36B <sub>T</sub>
38	18	30	20	4	15	60	?	I=4A
39	19	4	2	30	20	4	?	U <sub>AB</sub> =20B
40	20	?	4	2	10	15	2	P=18B <sub>T</sub>
41	1	?	9	6	3	2	20	U <sub>AB</sub> =100B
42	2	2	20	5	12	?	8	I=4A
43	3	5	3	40	40	15	?	P=80B <sub>T</sub>
44	4	3	3	1	2	3	?	I <sub>5</sub> =4A
45	5	8	30	20	60	30	?	U <sub>1</sub> =16B
46	6	4	8	?	30	20	15	U <sub>AB</sub> =60B
47	7	3	5	1	2	1	?	P=125B <sub>T</sub>
48	8	5	2	12	3	1	?	U <sub>1</sub> =10B
49	9	7	?	4	30	20	20	I=5A
50	10	7	3	30	20	8	?	U <sub>AB</sub> =120B
51	11	4	15	5	12	18	?	P=27B <sub>T</sub>
52	12	18	12	13	7	4	?	I <sub>1</sub> =2A
53	13	10	30	20	2	1	?	I=10A
54	14	?	20	40	30	30	15	U <sub>AB</sub> =30B
55	15	5	4	2	3	3	?	P=40B <sub>T</sub>
56	16	12	4	30	20	4	?	I=10A

57	17	60	30	10	15	3	?	$U_{AB}=44B$
58	18	12	?	6	12	4	5	$I=10A$
59	19	5	1	4	30	20	?	$P=18B_T$
60	20	2	5	1	12	4	?	$U_{AB}=10B$
61	1	2	?	12	4	6	10	$I=5A$
62	2	9	6	3	2	10	?	$U_{AB}=80B$
63	3	1	7	10	20	20	?	$P=180B_T$
64	4	?	6	4	2	4	5	$I=10A$
65	5	2	60	15	10	15	?	$I_3=4A$
66	6	20	40	30	60	15	?	$P=128B_T$
67	7	2	7	5	3	1	?	$U_1=10B$
68	8	?	8	30	10	10	30	$U_{AB}=120B$
69	9	10	3	30	60	30	?	$I=4A$
70	10	2	8	6	3	3	?	$U_1=6B$
71	11	30	45	15	5	25	?	$I_2=2A$
72	12	7	8	6	54	?	6	$U_{AB}=60B$
73	13	20	60	30	4	6	?	$I=10A$
74	14	3	9	3	4	6	?	$P=45B_T$
75	15	4	9	3	4	2	?	$U_{AB}=18B$
76	16	60	30	60	15	4	?	$I=2A$
77	17	30	20	30	20	4	?	$P=60B_T$
78	18	?	60	3	10	15	14	$U_{AB}=28B$
79	19	3	1	60	30	30	?	$I=10A$
80	20	?	3	1	20	30	2	$P=8B_T$
81	1	5	2	20	30	4	?	$P=250B_T$
82	2	8	12	4	6	5	?	$I=4A$
83	3	?	4	7	8	10	15	$U_{AB}=60B$
84	4	3	15	3	2	30	?	$U_3=6B$
85	5	4	10	15	30	60	?	$I=2A$
86	6	7	3	15	20	?	10	$I=10A$
87	7	3	18	12	14	6	?	$I_4=3A$
88	8	5	3	60	7	8	?	$U_{AB}=60B$
89	9	?	2	4	60	15	20	$P=80B_T$
90	10	4	3	12	4	10	?	$I=5A$
91	11	6	8	4	3	1	?	$U_{AB}=20B$
92	12	9	3	1	3	6	?	$I_1=10A$
93	13	3	12	4	1	2	?	$P=18B_T$
94	14	?	20	40	15	4	8	$I=4A$
95	15	5	24	6	20	4	?	$U_{AB}=64B$
96	16	10	15	20	5	12	?	$P=36B_T$
97	17	30	20	60	15	4	?	$I=2A$
98	18	12	4	30	60	30	?	$U_{AB}=30B$
99	19	4	?	20	5	12	2	$P=18B_T$
100	20	4	18	12	60	30	?	$I=10A$

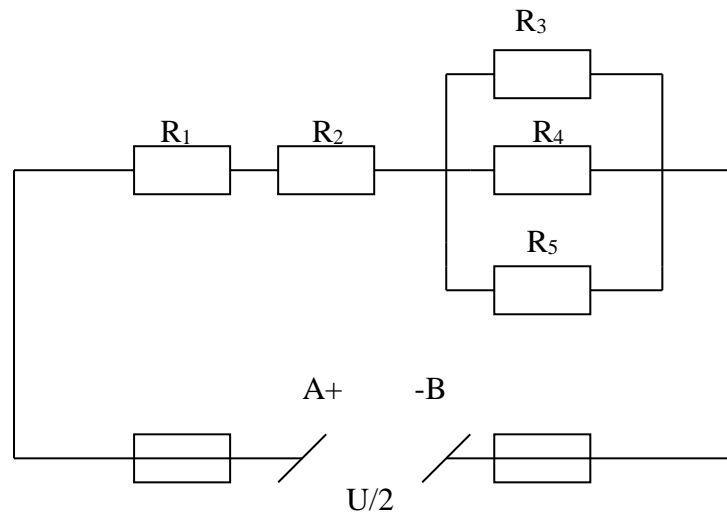


Рис.1

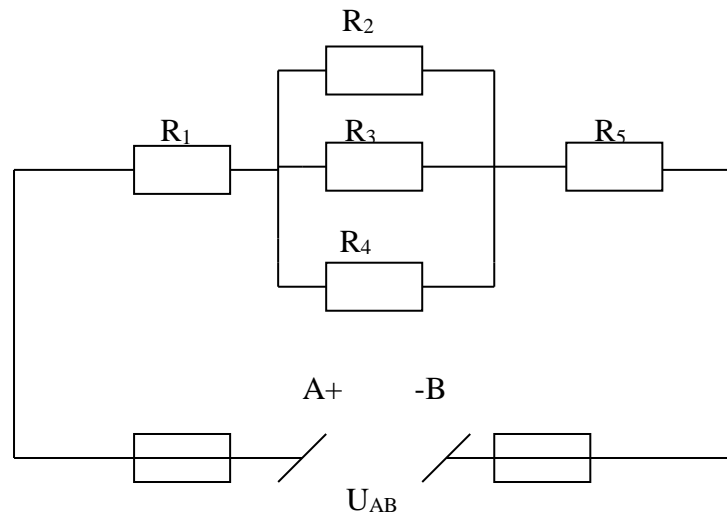


Рис.2

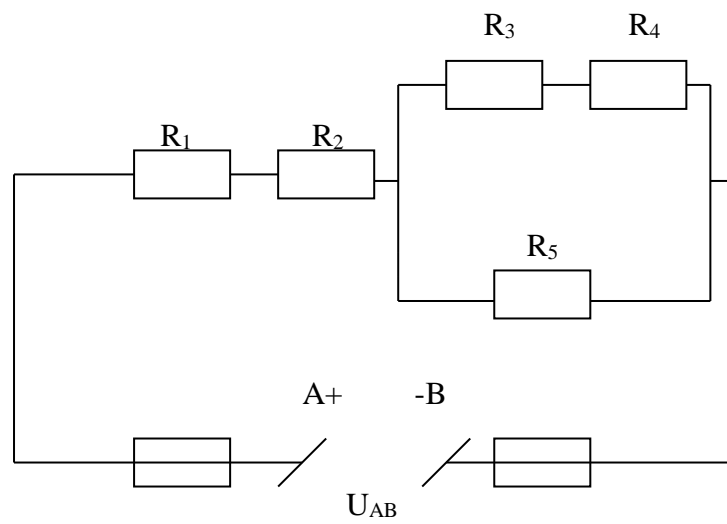


Рис.3

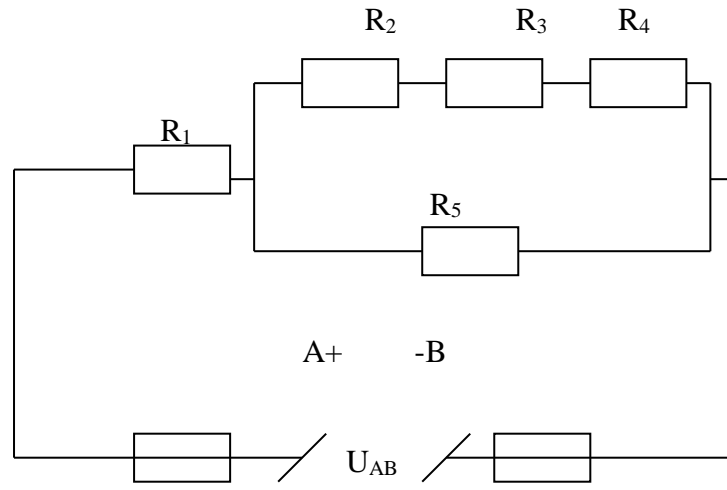


Рис.4

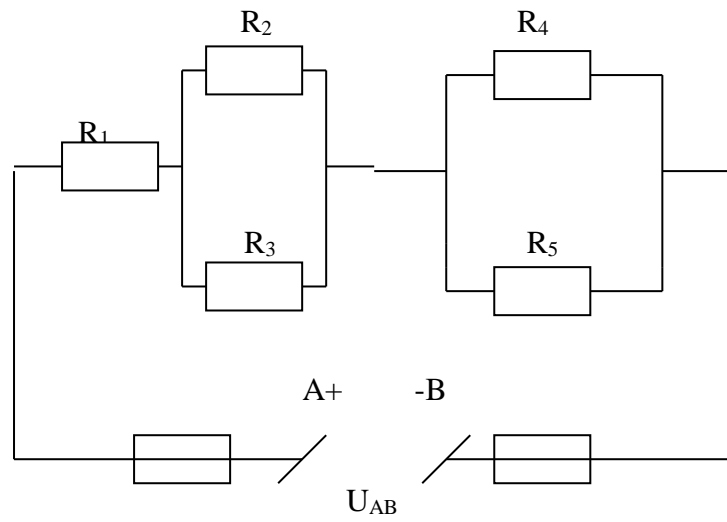


Рис.5

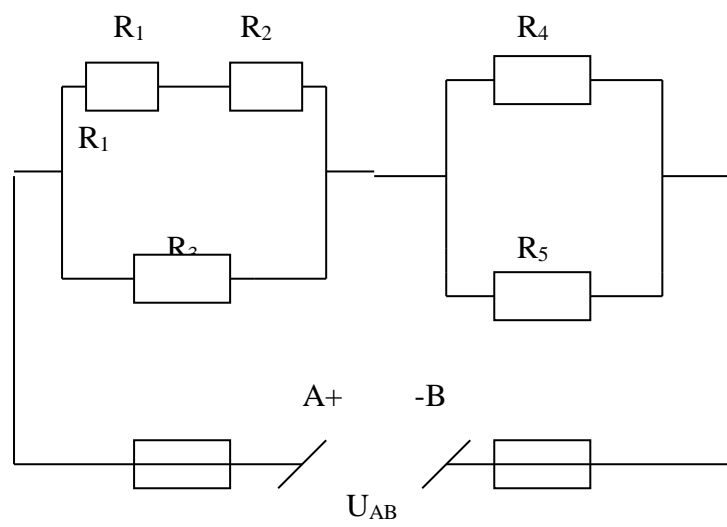




Рис.6

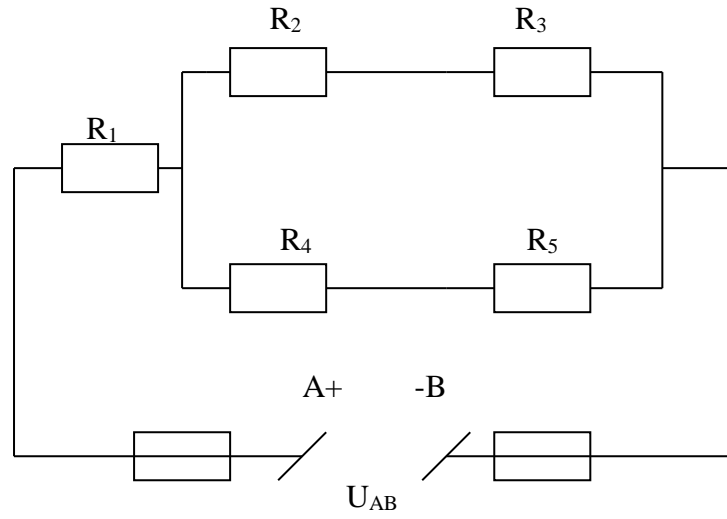


Рис.7

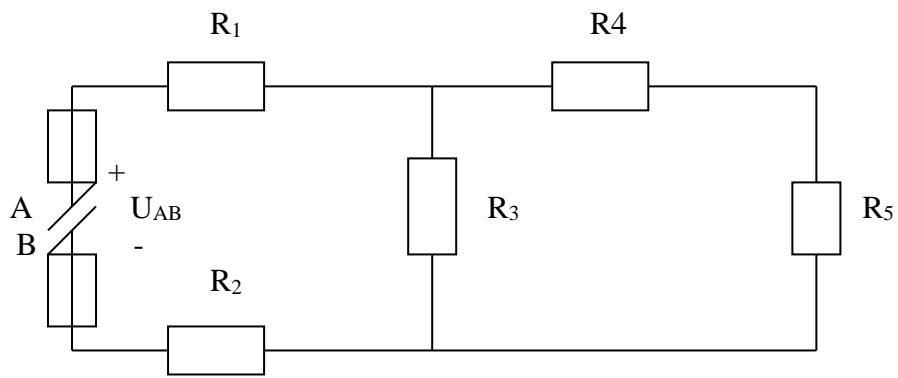


Рис.8

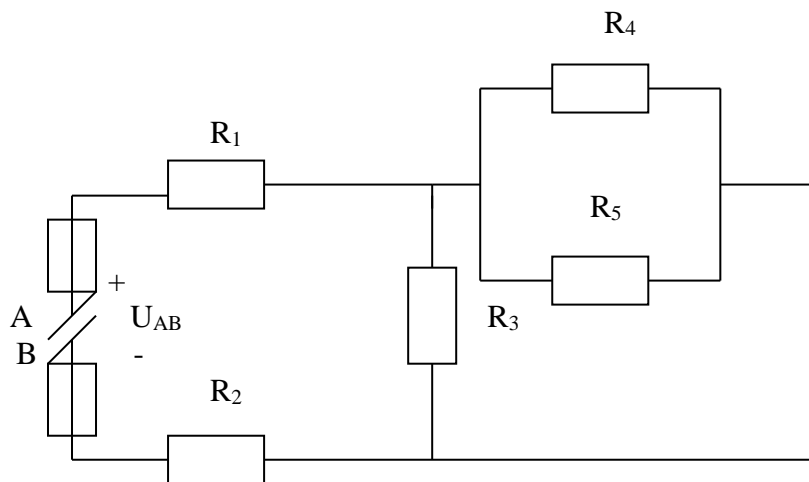
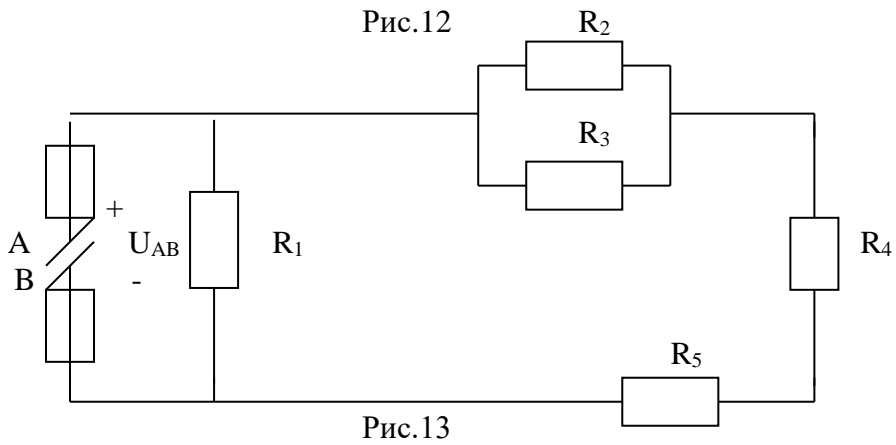
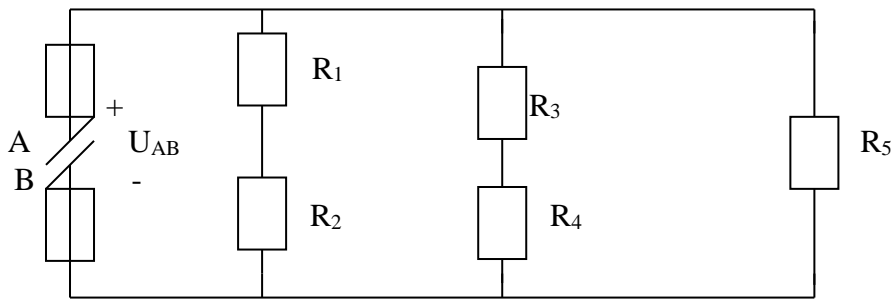
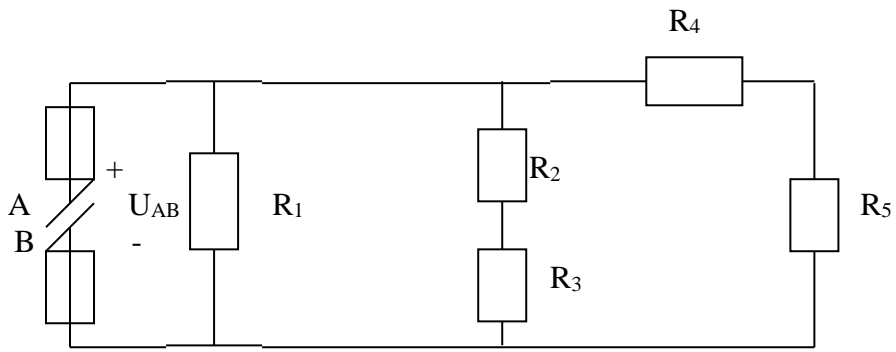
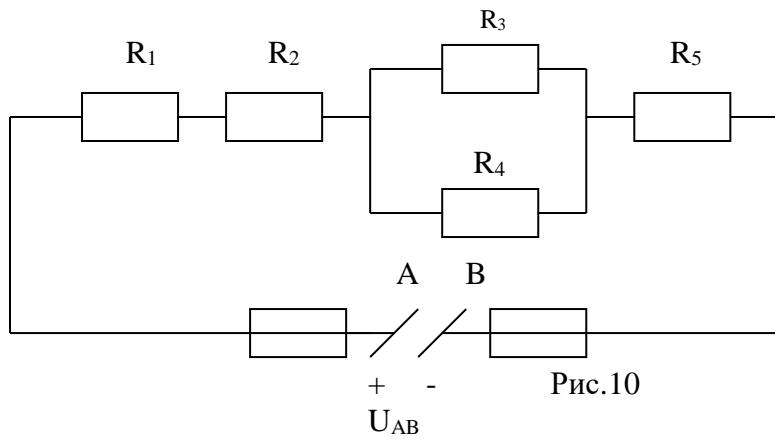


Рис.9



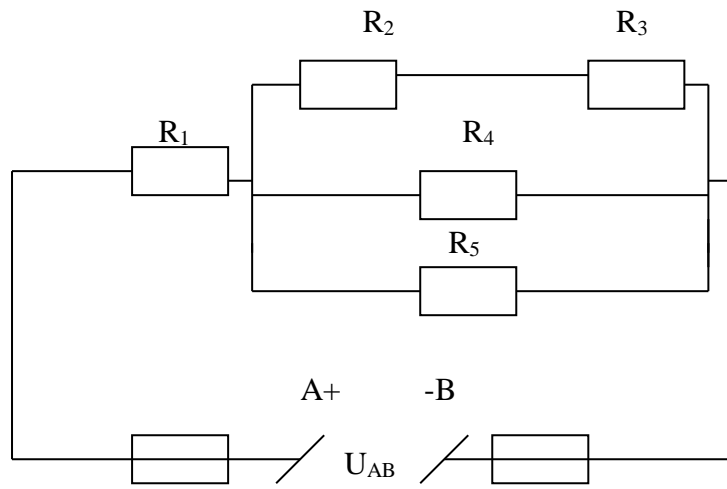


Рис.14

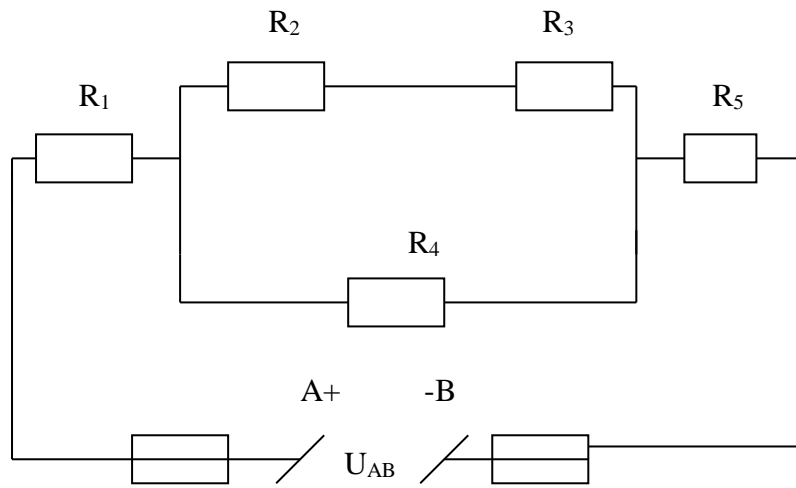


Рис.15

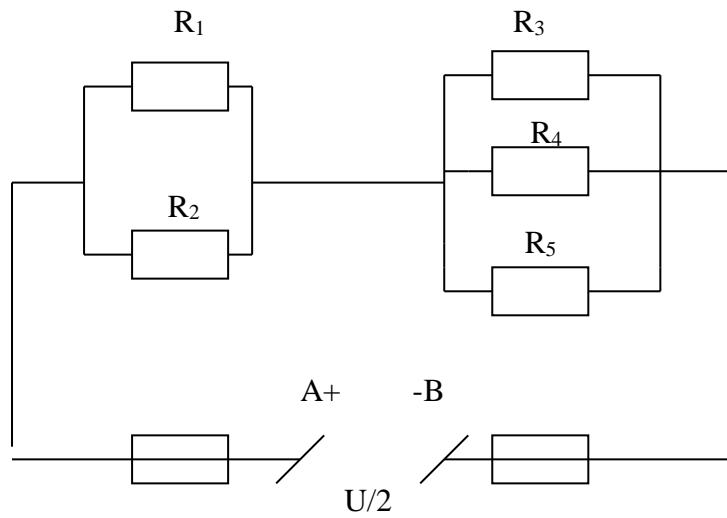


Рис.16

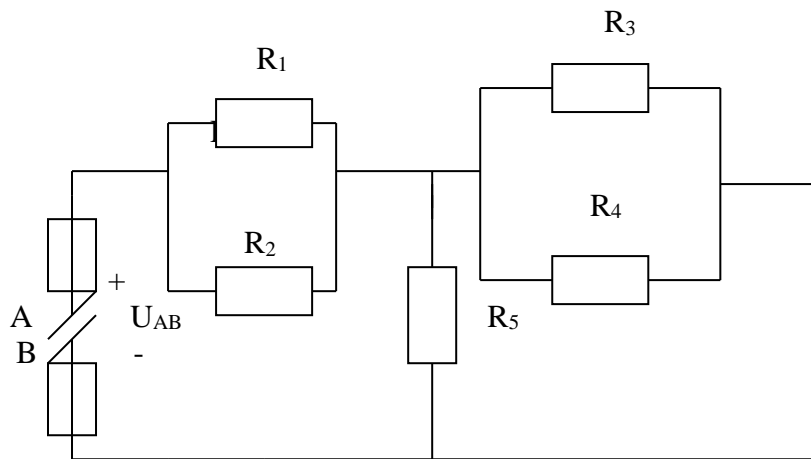


Рис.17

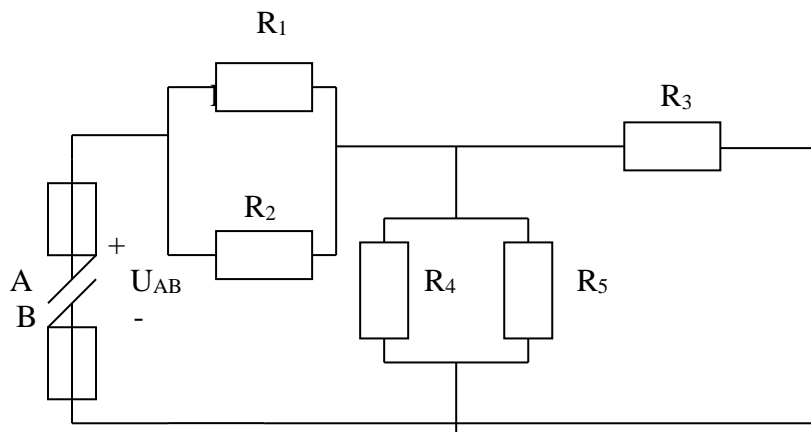


Рис.18

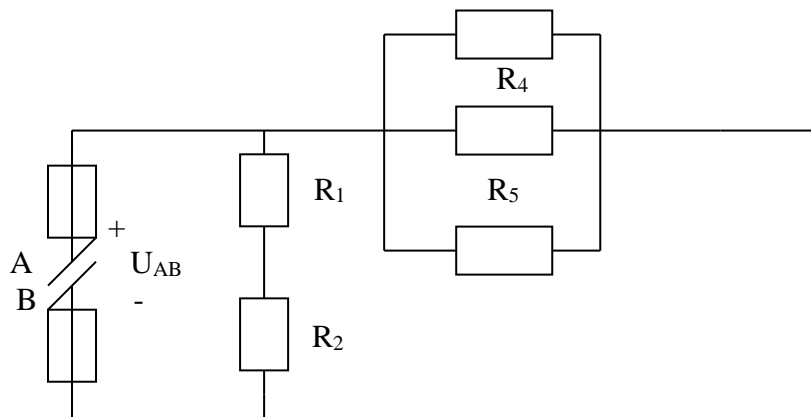


Рис.19

1

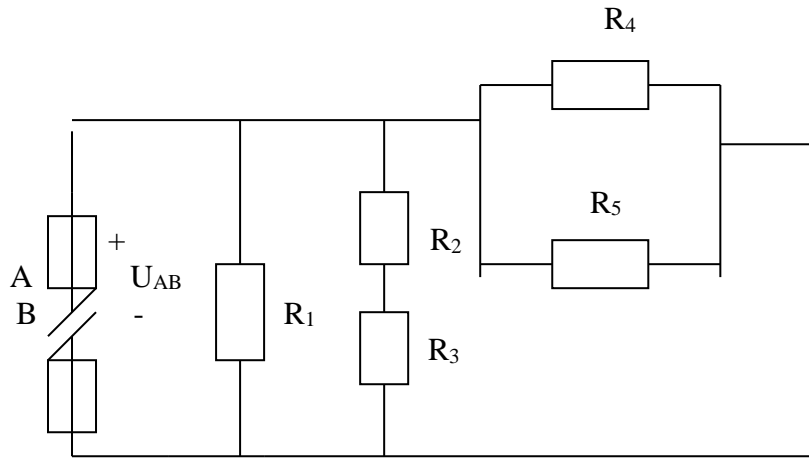


Рис.20

## Указания к решению задачи 1

Решение задачи 1. требует знания основных законов постоянного тока, всех произвольных формул этих законов и умения их применять для расчета электрических цепей со смешанным соединением сопротивлений.

Рассмотрим порядок решения задачи 1 на примере варианта 29.

Задача 1. Для цепи постоянного тока со смешанным соединением резисторов (сопротивлений) определить: 1) величины сопротивлений, отмеченных в табл. 1 знаком вопроса; 2) напряжения на каждом резисторе; 3) расход электроэнергии в цепи за время  $t=50\text{ч}$ .

Проверить решение задачи, применив 2-й закон Кирхгофа.

Для варианта 29 из табл. 1 и условия задачи выписываем:

ДАНО;  $r_1=50\text{Ом}$ ,  $r_2=70\text{Ом}$ ,  $r_3=120\text{Ом}$ ,  $r_4=200\text{Ом}$ ,  $r_5=50\text{Ом}$ ,  $U_{AB}=60\text{В}$

ОПРЕДЕЛИТЬ ;  $r_{\text{экв}}$ ,  $U_1$ ,  $U_2$ ,  $U_3$ ,  $U_4$ ,  $U_5$ ,

Расход электроэнергии.

Чертим схему цепи для своего варианта (рис.21)

ПОРЯДОК РЕШЕНИЯ. После уяснения условия задачи необходимо составить план решения. При этом рекомендуется обозначить стрелками общий ток и токи, проходящие через все резисторы. Индексы токов, мощностей и напряжений на каждом резисторе должны соответствовать номеру резистора (см. рис.21). Например,  $I_3$ -ток, протекающий через резисторы  $r_3$ ,  $U_4, P_4$ -напряжение и мощность на  $r_4$ . Количество тепла, выделяемое всей цепью  $Q$ , на сопротивление  $r_4$ - $Q_4$ , расход электроэнергии во всей цепи  $W$ , а на сопротивлении  $r_1$ -  $W_1$  и т. д. Не следует забывать, что а СИ количество тепла подчитывается по формулам  $Q_{(Дж)}=U_{(В)} \cdot I_{(А)} \cdot t_{(с)}$  или  $Q_{(Дж)}=I^2rt$ .

УСЛОВИЯМИ ЗАДАЧ ПАДЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ В ПРОВОДЕХ НЕ УЧИТЫВАЕТСЯ. Рекомендуется проверить решение задач с помощью 1-го и 2-го законов Кирхгофа или подсчетом баланса мощностей. По результатам проверки слушатель может убедиться в правильности решения задачи или обнаружить и исправить ошибки.

СПОСОБЫ ПРОВЕРКИ. 1. Проверка баланса мощностей сводится к проверке равенства общей мощности сумме мощностей на отдельных резисторах цепи. Для схемы, изображенной на рис. 22, следует убедиться в равенстве

$$P=P_1+P_{CD}+P_{EF}+P_7.$$

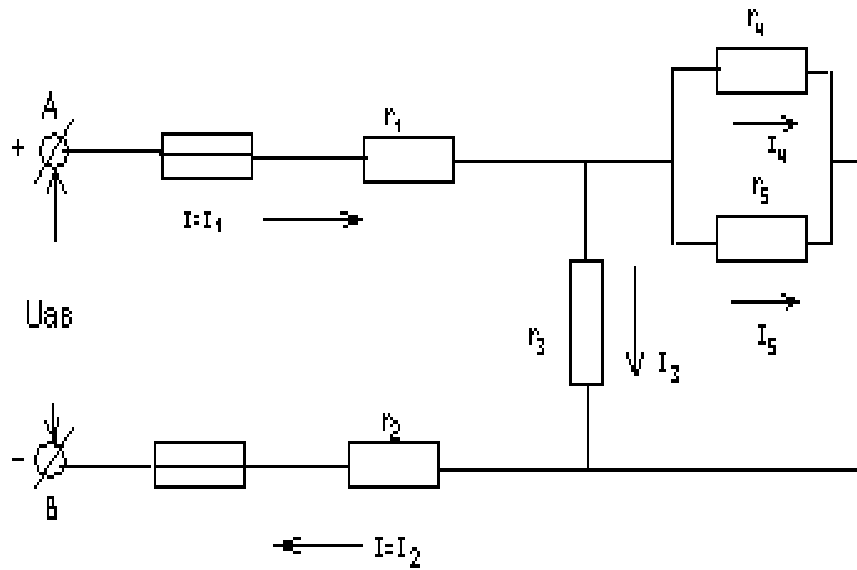


Рис.21

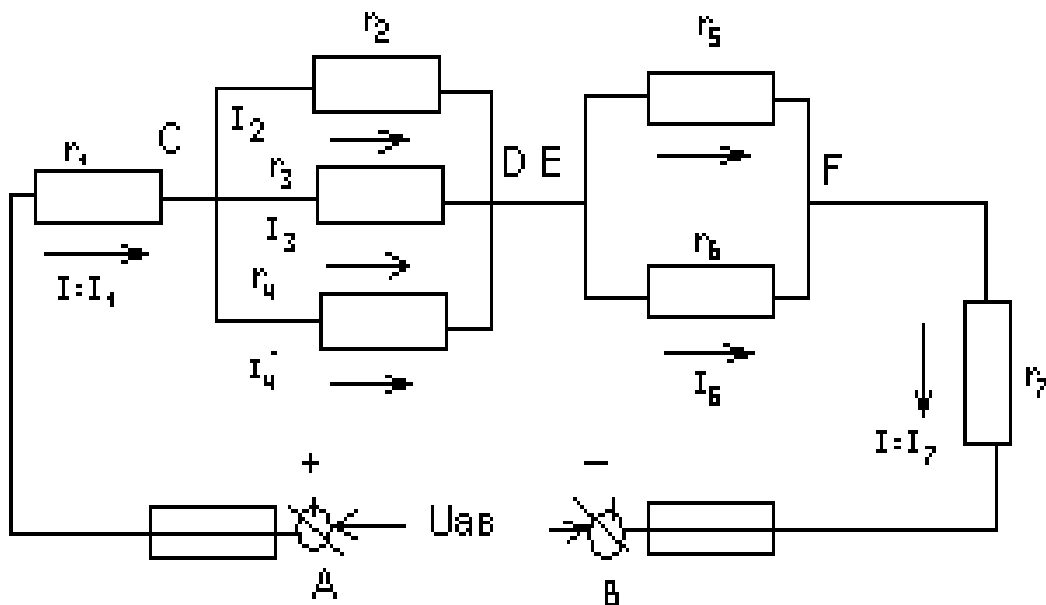


Рис.22

В свою очередь

$$P_{CD}=P_2+P_3+P_4; P_{EF}=P_5+P_6.$$

Такой проверкой подтверждается правильность подсчета токов или напряжений.

2. Проверка применением 1-го закона Кирхгофа подтверждает правильность подсчета токов в параллельных ветвях. Например, для точки С (см. рис. 22)  $I=I_2+I_3+I_4$ , Для точки Е той же схемы  $I=I_5+I_6$ .

3. Проверка применением 2-го закона Кирхгофа подтверждает правильность подсчета токов и напряжений на отдельных участках цепи. Формула 2-го закона Кирхгофа

$\sum E = \sum Ir$ . Для одного источника тока и при условии, что к цепи приложено напряжение

$U = U_{AB}$  для схемы, изображённой на рис.22 можно написать:

$$U_{AB} = U_1 + U_{CD} + U_{EF} + U_7, \text{ или } U_{AB} = I_1 r_1 + I r_{CD} + I r_{EF} + I r_7.$$

где  $r_{CD}$  и  $r_{EF}$  – эквивалентные сопротивления параллельных участков.

Методика решения задач со смешанным соединением резисторов разобрана в примере1.

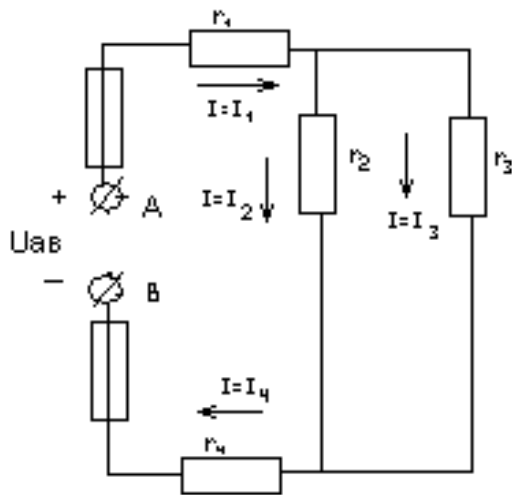


Рис.23

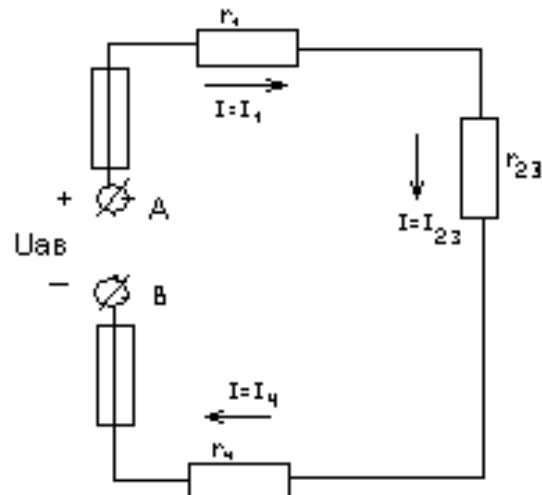


Рис.24

ПРИМЕР Для схемы, изображенной на рис. 23, дано :  $r_1=3\text{Ом}, r_2=10\text{Ом}, r_3=15\text{Ом}, r_4=1\text{Ом}$   $U_{AB}=110\text{ В}, t=10\text{ч}$ .

Определить токи, проходящие через каждый резистор, общую мощность цепи и расход энергии  $W$  за время  $t$ . Проверкой баланса мощностей убедиться в правильности решения задачи.

ДАНО:  $r_1=3\text{ Ом}, r_2=10\text{Ом}, r_3=15\text{Ом}, r_4=1\text{Ом}, U_{AB}=110\text{В}, t=10\text{ч}$ .

ОПРЕДЕЛИТЬ;  $I_1, I_2, I_3, I_4, P, W$ .

РЕШЕНИЕ; 1. обозначим стрелками токи через каждый резистор(см. рис.23) .

2. Найдем общее эквивалентное сопротивление цепи. Метод подсчета общего эквивалентного сопротивления цепи со смешанным соединением резисторов сводится к последовательному упрощению схемы. Сопротивление  $r_1$  и  $r_2$  соединены параллельно. Найдем общее сопротивление при таком соединении.

$$\frac{1}{r_{2,3}} = \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}$$

Приведа к общему знаменателю получим:



$$r_{2,3} = \frac{r_2 \cdot r_3}{r_2 + r_3} = \frac{10 \cdot 15}{10 + 15} = \frac{150}{25} = 6 \text{ Ом}$$

Схема примет вид рис.24.

Теперь резисторы  $r_{2,3}$ ,  $r_1$  и  $r_4$  соединены последовательно, их общее сопротивление будет равно:

$$r_{\text{ЭКВ}} = r_1 + r_{2,3} + r_4 = 3 + 6 + 1 = 10 \text{ Ом}$$

Это общее сопротивление, будучи включено в цепь вместо четырех сопротивлений схемы (рис 23), при таком же значении называется общим эквивалентным сопротивлением цепи или просто эквивалентным (рис 25).

3. По закону Ома для внешнего участка цепи найдем ток:

$$I = \frac{U_{AB}}{r_{\text{ЭКВ}}} = \frac{110}{10} = 11 \text{ А}$$

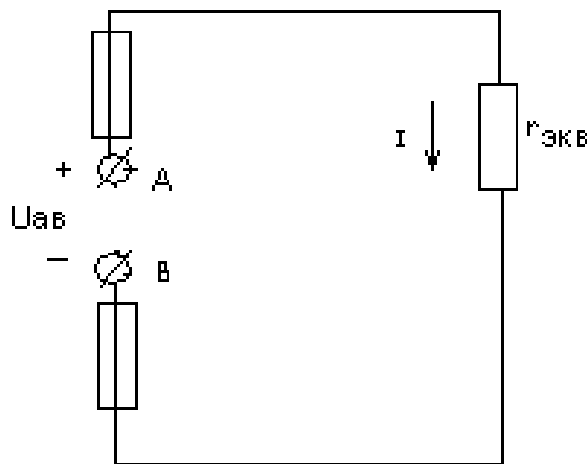


Рис.25

4. Найдем токи, проходящие через резисторы. Через резистор  $r_1$  проходит ток  $I=I_1$ . Через резистор  $r_4$  проходит ток  $I=I_4$ . Для того чтобы найти токи, проходящие через резисторы  $r_2$  и  $r_3$  нужно найти напряжение на параллельном участке  $r_{2,3}$ . Это напряжение можно определить двумя способами;

$$U_{2,3} = I r_{2,3} = 11 \cdot 6 = 66 \text{ В},$$

Или

$$U_{2,3} = U_{AB} - I r_1 - I r_4 = U_{AB} - I(r_1 + r_4) = 110 - 11(3 + 1) = 66 \text{ В}$$

По закону Ома для параллельного участка цепи найдем:

$$I_2 = \frac{U_{2,3}}{r_2} = \frac{66}{10} = 6,6 \text{ А}$$

$$I_3 = \frac{U_{2,3}}{r_3} = \frac{66}{15} = 4,4 \text{ А}$$

Или, применяя 1-й закон Кирхгофа,

$$I_3 = I - I_2 = 11 - 6,6 = 4,4 \text{ А}$$

5. Найдем общую мощность цепи;

$$P=U \cdot 110 \cdot 11=1210 \text{ Вт}=1,21 \text{ кВт.}$$

6, Определим расход энергии;

$$W=Pt=1,21 \cdot 10=12,1 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Проверяем баланс мощностей;

$$P=P_1+P_2+P_3+P_4=I_1^2 r_1+I_2^2 r_2+I_3^2 r_3+I_4^2 r_4=11^2 \cdot 3+6,6^2 \cdot 10+4,4^2 \cdot 15+11^2 \cdot 1=363+435,6+290,4+121=1210 \text{ Вт.}$$

$$12110 \text{ Вт}=1210 \text{ Вт,}$$

что свидетельствует о правильном решении задачи.

### Задача № 2.

Варианты 01-100.

Для цепи переменного тока (рис. 26-39) определить величины, перечисленные в последней графе табл. 2. Номер рисунка со схемой и данные к задаче указаны там же. Построить в масштабе векторную диаграмму цепи с кратким описанием порядка ее построения.

Данные к задаче 2, варианты 01-100

Ва- риант	Номер рисунка	$r_1$ ; Ом	$r_2$ ; Ом	$X_{L1}$ ; Ом	$X_{L2}$ ; Ом	$X_{C1}$ ; Ом	$X_{C2}$ ; Ом	I,U,S,P,Q,Z,L, $\varphi^\circ$ ,C	Определить
1.	26	6	-	8	-	-	-	U=120 В	Z,I, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
2.	27	-	-	-	-	-	-	U=125,6 В;f=100 Гц; $L_1=0,1$ Г	$X_{L1}$ ,I, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
3.	28	24	-	-	-	32	-	U=120 В	Z,I, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
4.	29	32	-	24	-	20	-	I=2,5 А	U,I <sub>2</sub> ,I,S,P,Q
5.	30	-	-	-	-	-	-	U=100 В;I=10 А; f=50 Гц	$X_{C1}$ ,C <sub>1</sub> ,Q, $\varphi^\circ$ ,S,P
6.	31	4	2	-	-	-	-	$\Phi=53^\circ$ ;U=100 В	$X_{L1}$ ,I, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
7.	32	2	18	-	-	-	-	Sin $\varphi=0,6$ ;I=2 А	$X_{C1}$ ,Z,U,S,P,Q
8.	33	20	4	32	-	20	-	U=80 В	Z <sub>1</sub> ,I <sub>1</sub> ,I <sub>2</sub> ,I,S,P
9.	34	24	-	16	16	-	-	I=2,5 А	Z,U, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
10.	35	15	-	-	-	12	8	U=80 В	Z,I,Cos $\varphi$ ,S,P,Q
11.	36	24	-	50	-	18	-	P=96 Вт	Z,U,I, $\varphi^\circ$ ,S,Q
12.	37	4	12	4	-	-	-	S=125 В А	Z,U,I,Cos $\varphi$ ,P,Q
13.	38	30	60	-	-	16	-	U=100 В	Z,I, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
14.	39	20	-	7	8	10	-	P=80 Вт	Z <sub>1</sub> ,I <sub>1</sub> ,U,I <sub>2</sub> ,S,Q
15.	26	4	-	3	-	-	-	I=10 А	Z,U, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
16.	28	3	-	-	-	-	-	Z=5 Ом;I=10 А	$X_{C1}$ ,U, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
17.	29	20	-	15	-	10	-	U=100 В	I,I <sub>1</sub> ,I <sub>2</sub> , S,P,Q
18.	31	10	14	32	-	-	-	I= 2,5 А	U,Z, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
19.	32	7	1	-	-	6	-	$U_{C1} = 30$ В	Z,U,I,Cos $\varphi$ , S,P
20.	33	1	2	4	-	10	4	I=10 А	Z <sub>1</sub> ,U,I <sub>2</sub> ,I, $\varphi^\circ$ ,S
21.	34	3	-	1	3	-	-	U=50 В	Z,I, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
22.	35	16	-	-	-	8	-	I= 4 А	Z,U,Cos $\varphi$ , S,P,Q
23.	36	4	-	7	-	10	-	S=125 В А	Z,U,I, $\varphi^\circ$ ,P,Q
24.	37	20	30	16	-	-	-	$U_{L1} = 48$ В	Z,U,I ,S,P,Q
25.	38	15	60	-	-	16	-	P=48 Вт	Z,U,I, $\varphi^\circ$ ,S,Q

26.	39	12	-	6	10	10	-	$I_1=2 \text{ A}$	$Z_1, U, I_2, I, S, P$
27.	26	15	-	20	-	-	-	$P=60 \text{ Вт}$	$Z, U, I, \varphi^\circ, S, Q$
28.	27	-	-	-	-	-	-	$L_1=0,1 \text{ Г}; Q=125,6 \text{ вар}; f=50 \text{ Гц}$	$X_{L1}, I, U, \varphi^\circ, S, P$
29.	28	6	-	-	-	8	-	$I=10 \text{ A}$	$Z, U, \text{Cos}\varphi, S, P, Q$
30.	29	4	-	3	-	2	-	$I_2=10 \text{ A}$	$U, I_1, I, S, P, Q$
31.	30	-	-	-	-	-	-	$C_1=318 \text{ мкф}; U=30 \text{ В}; f=50 \text{ Гц}$	$X_{C1}, I, Q, \varphi^\circ, S, P$
32.	31	1	3	3	-	-	-	$P=100 \text{ Вт}$	$U, I, Z, \varphi^\circ, S, Q$
33.	32	7	8	-	-	20	-	$U_{A1}=21 \text{ В}$	$Z, U, I, S, P, Q$
34.	33	4	2	8	-	5	-	$I_2=10 \text{ A}$	$Z_1, U, I_1, I, \varphi^\circ, S$
35.	34	15	-	12	8	-	-	$Q=80 \text{ вар}$	$Z, U, I, \varphi^\circ, S, P$
36.	35	6	-	-	-	3	5	$S=40 \text{ В A}$	$Z, U, I, \text{Sin}\varphi, P, Q$
37.	36	8	-	20	-	14	-	$Q=24 \text{ вар}$	$Z, U, I, \text{Cos}\varphi, S, P$
38.	37	15	10	8	-	-	-	$P=54 \text{ Вт}$	$Z, U, I, \varphi^\circ, S, Q$
39.	38	60	15	-	-	16	-	$U=100 \text{ В}$	$Z, I, \text{Cos}\varphi, S, P, Q$
40.	39	6	-	3	5	5	-	$I_2=4 \text{ A}$	$Z_1, I_1, U, I, S, P$
41.	26	24	-	32	-	-	-	$S=160 \text{ В A}$	$Z, U, I, \varphi^\circ, P, Q$
42.	27	-	-	6,28	-	-	-	$I=5 \text{ A}; f=50 \text{ Гц}$	$U, L, \varphi^\circ, S, P, Q$
43.	28	16	-	-	-	12	-	$P=64 \text{ Вт}$	$U, I, \text{Cos}\varphi, Z, S, Q$
44.	29	8	-	6	-	4	-	$P_1=32 \text{ Вт}$	$U, I_1, I_2, \varphi^\circ, S, Q$
45.	30	-	-	-	-	20	-	$I=5 \text{ A}; f=50 \text{ Гц}$	$C_1, U, Q, \varphi^\circ, S, P$
46.	31	5	3	6	-	-	-	$S=1000 \text{ В A}$	$U, I, Z, \varphi^\circ, P, Q$
47.	32	7	9	-	-	-	-	$I=2 \text{ A}; U_{C1}=24 \text{ В}$	$X_{C1}, Z, U, \text{Cos}\varphi, S, P$
48.	33	6	10	12	-	10	-	$P=64 \text{ Вт}$	$Z_1, I_1, U, I_2, I, S$
49.	34	32	-	20	4	-	-	$U_{A1}=64 \text{ В}$	$Z, U, I, S, P, Q$
50.	35	3	-	-	-	2	2	$P=75 \text{ Вт}$	$Z, I, U, \varphi^\circ, S, Q$
51.	36	12	-	25	-	9	-	$U=100 \text{ В}$	$Z, I, \varphi^\circ, S, P, Q$
52.	37	4	12	4	-	-	-	$S=500 \text{ В A}$	$Z, U, I, \text{Cos}\varphi, P, Q$
53.	38	30	20	-	-	16	-	$I=5 \text{ A}$	$Z, U, \varphi^\circ, S, P, Q$
54.	39	3	-	2	2	2	-	$U=20 \text{ В}$	$Z_1, I_1, I_2, I, S, P$
55.	26	16	-	12	-	-	-	$Q=48 \text{ вар}$	$Z, U, I, \varphi^\circ, S, P$
56.	28	20	-	-	-	15	-	$S=100 \text{ В A}$	$Z, U, I, \text{Cos}\varphi, P, Q$
57.	29	32	-	24	-	-	-	$I_2=4 \text{ A}; Q_{C1}=160 \text{ вар}$	$X_{C1}, U, Z_1, I_1, I, \varphi^\circ$
58.	31	10	6	12	-	-	-	$Q=48 \text{ вар}$	$U, Z, I, \varphi^\circ, S, P$
59.	32	4	2	-	-	8	-	$P=150 \text{ Вт}$	$U, I, Z, \text{Cos}\varphi, S, Q$
60.	33	13	7	15	-	10	-	$Q_{C1}=40 \text{ вар}$	$Z_1, I_1, I_2, I, U, S$
61.	34	16	-	10	2	-	-	$U_{L1}=40 \text{ В}$	$Z, U, I, S, P, Q$
62.	35	32	-	-	-	20	4	$Q=96 \text{ вар}$	$Z, U, I, \varphi^\circ, S, Q$
63.	36	20	-	15	-	30	-	$U=100 \text{ В}$	$Z, I, \text{Cos}\varphi, S, P, Q$
64.	37	5	20	3	-	-	-	$U_{L1}=30 \text{ В}$	$Z, U, I, \varphi^\circ, S, P$
65.	38	20	30	-	-	16	-	$I=4 \text{ A}$	$Z, U, \text{Cos}\varphi, S, P, Q$
66.	39	24	-	12	20	20	-	$U=80 \text{ В}$	$Z_1, I_1, I_2, I, S, P$
67.	26	8	-	-	-	-	-	$Z=10 \text{ Ом}; U_{A1}=16 \text{ В}$	$X_{L1}, U, I, \varphi^\circ, S, P$
68.	28	32	-	-	-	-	-	$\varphi=53^\circ; I=2 \text{ A}$	$X_{C1}, Z, U, S, P, Q$
69.	29	16	-	12	-	-	-	$I_2=5 \text{ A}; U=40 \text{ В}$	$Z_1, X_{C1}, I_2, I, S, P$
70.	31	18	2	15	-	-	-	$U_{A1}=36 \text{ В}$	$Z, I, U, \varphi^\circ, S, P$
71.	32	10	6	-	-	12	-	$S=80 \text{ В A}$	$Z, U, I, \text{Cos}\varphi, P, Q$
72.	33	2	4	8	-	5	-	$Q_{L1}=32 \text{ вар}$	$Z_1, I_1, I_2, I, U, S$

73.	34	20	-	10	5	-	-	U=100 B	Z,I, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
74.	35	15	-	-	-	19	1	U <sub>A1</sub> =30 B	Z,U,I, S,P,Q
75.	36	16	-	20	-	8	-	I=4 A	Z,U, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
76.	37	10	15	8	-	-	-	U= 100 B	Z,I,Cos $\varphi$ , S,P,Q
77.	38	30	20	-	-	16	-	I=10 A	Z,U,Sin $\varphi$ , S,P,Q
78.	39	15	-	12	8	10	-	I <sub>2</sub> =10 A	Z <sub>1</sub> ,I <sub>1</sub> ,U,S,P
79.	26	10	-	20	-	-	-	U <sub>L1</sub> =40 B	Z,U,I, $\varphi^\circ$ ,S,Q
80.	27	-	-	-	-	-	-	f=100 Гц	X <sub>L1</sub> ,L <sub>1</sub> , $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
81.	28	-	-	-	-	16	-	$\varphi=50^\circ$ ;U=100 B	r <sub>1</sub> ,Z,I, S,P,Q
82.	29	24	-	32	-	20	-	Q <sub>L1</sub> =128 вар	I <sub>1</sub> ,U,I <sub>2</sub> ,I,S, $\varphi^\circ$
83.	30	-	-	-	-	-	-	Q=250 вар;I=5 A; f=50 Гц	X <sub>C1</sub> ,C <sub>1</sub> ,U, $\varphi^\circ$ ,S,P
84.	31	10	6	12	-	-	-	U <sub>L1</sub> =36 B	U,I,Z, $\varphi^\circ$ ,S,Q
85.	32	11	13	-	-	32	-	U= 100 B	Z,I,Cos $\varphi$ , S,P,Q
86.	33	2	14	12	-	10	-	I=2 A	Z <sub>1</sub> ,U,I <sub>2</sub> ,I,S,P
87.	34	6	-	3	5	-	-	P= 24 Вт	Z,U,I, $\varphi^\circ$ ,S,Q
88.	35	4	-	-	-	2	1	U <sub>C1</sub> =40 B	Z,U,I, S,P,Q
89.	36	24	-	40	-	8	-	U <sub>A1</sub> =48 B	Z,U,I, $\varphi^\circ$ ,S,P
90.	37	60	15	16	-	-	-	P=108 Вт	Z,U,I,Cos $\varphi$ ,S,Q
91.	38	5	20	-	-	3	-	U <sub>C1</sub> =12 B	Z,U,I,Sin $\varphi$ ,P,S
92.	39	12	-	14	2	10	-	U= 100 B	Z <sub>1</sub> ,I <sub>1</sub> ,I <sub>2</sub> ,I,S,P
93.	26	3	-	-	-	-	-	$\varphi=53^\circ$ ;U=100 B	X <sub>L1</sub> ,Z,I, S,P,Q
94.	28	10	-	-	-	15	-	U <sub>A1</sub> =60 B	U,I, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
95.	29	16	-	-	-	4	-	Z <sub>1</sub> =20 Ом; I <sub>2</sub> =20 A	U, X <sub>L1</sub> ,I <sub>1</sub> ,I,S, $\varphi^\circ$
96.	31	13	7	15	-	-	-	I=10 A	U,Z, $\varphi^\circ$ ,S,P,Q
97.	32	2	1	-	-	4	-	U=100 B	Z,I,Cos $\varphi$ , S,P,Q
98.	33	11	9	15	-	15	-	I <sub>2</sub> =5 A	Z <sub>1</sub> ,I <sub>1</sub> ,U,I,S,P
99.	34	16	-	4	8	-	-	S=80 B A	Z,I,U, $\varphi^\circ$ ,P,Q
100.	35	24	-	-	-	2	30	U <sub>C2</sub> =60 B	Z,U,I, S,P,Q

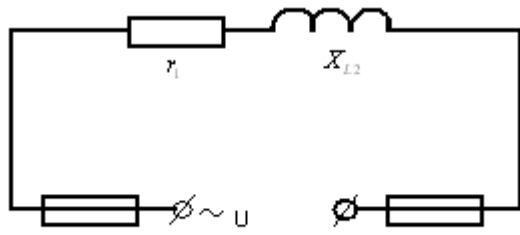


Рис.26

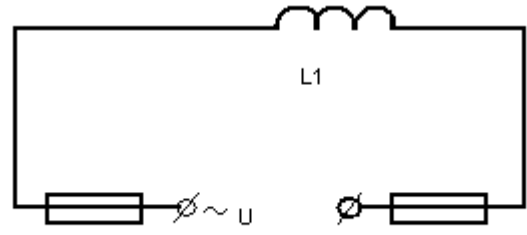


Рис.27

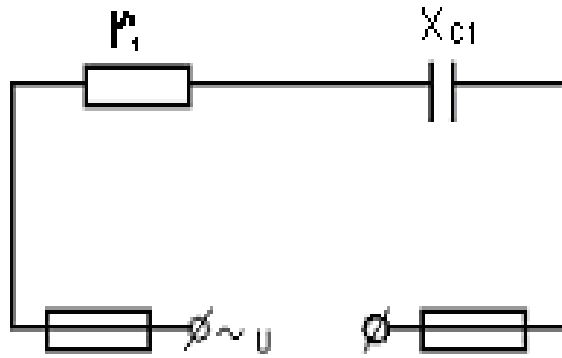


Рис.28

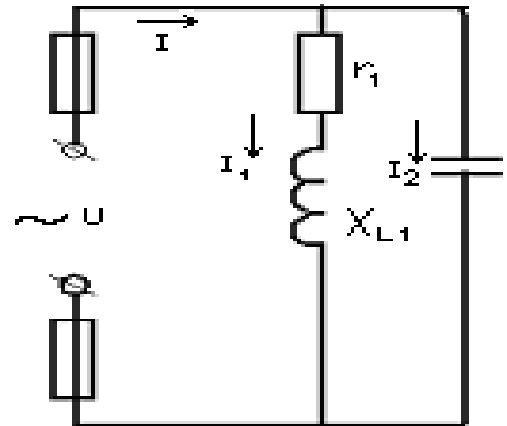


Рис.29

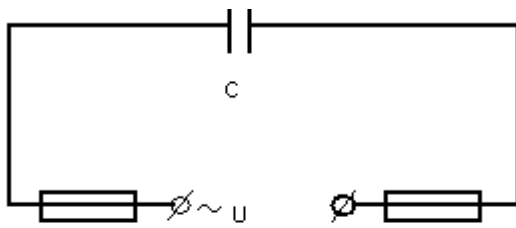


Рис.30

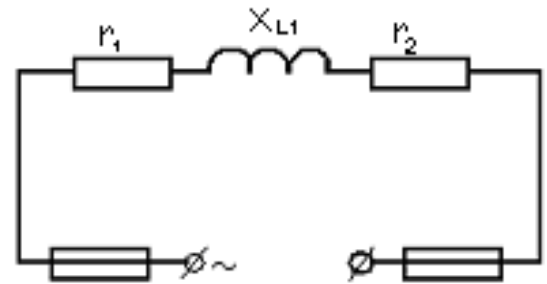


Рис.31

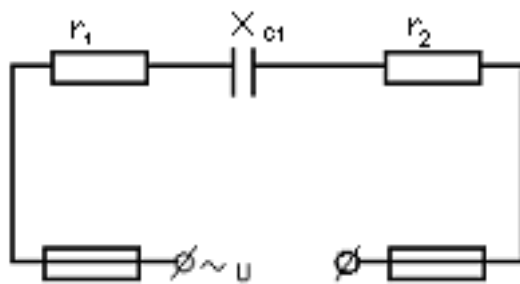


Рис.32

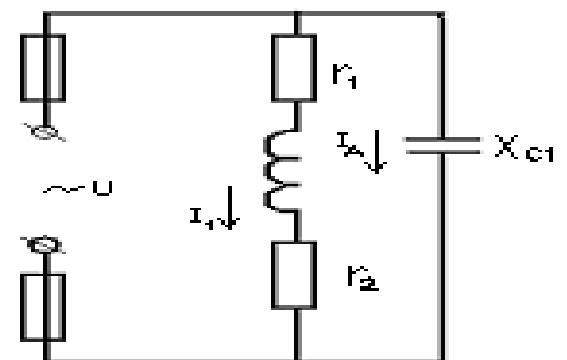


Рис.33

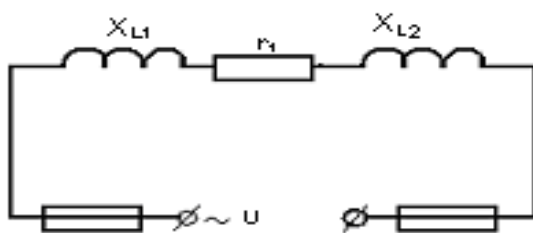


Рис.34

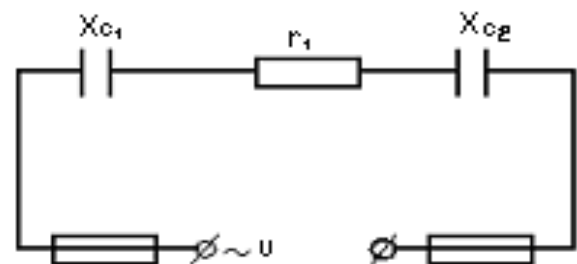


Рис.35

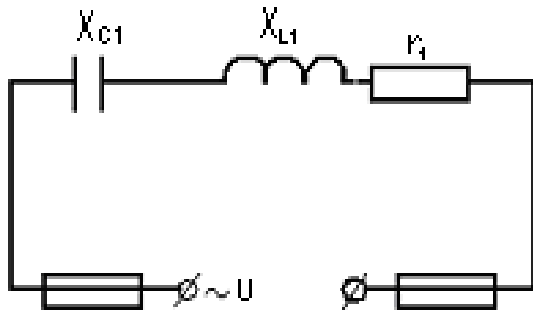


Рис.36

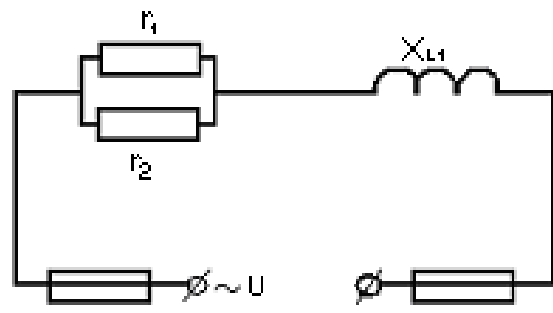


Рис.37

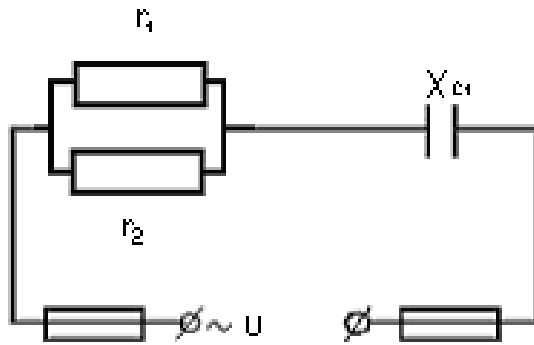


Рис.38

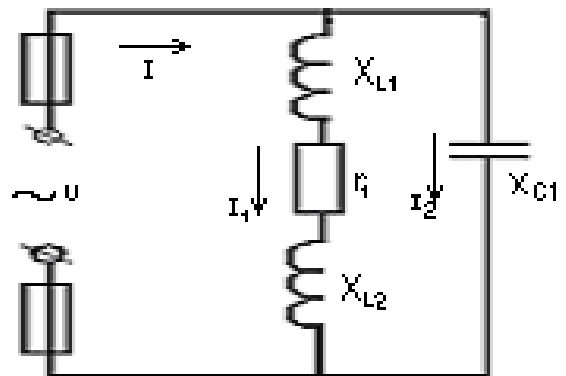


Рис.39

### Указания к решению задачи 2.

Решение этой задачи требует знание физических процессов в цепях однофазного переменного тока с последовательным (неразветвленные цепи) и с параллельным (разветвленные цепи) соединением активного, индуктивного и емкостного сопротивлений и формул для расчета таких цепей.

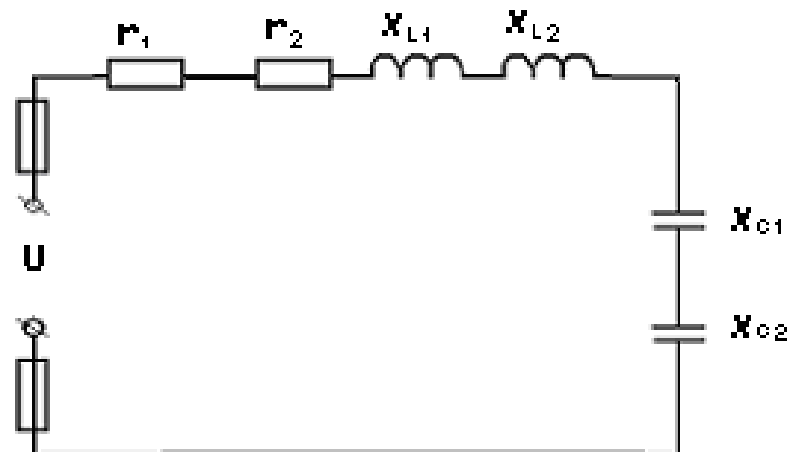


Рис.40

**Пример 1.** В неразветвленной цепи переменного тока (рис.40) дано :  $r_1 = 2$  Ом,  $r_2 = 3$  Ом,  $X_{L1} = 4$  Ом,  $X_{L2} = 5$  Ом,  $X_{C1} = 4$  Ом,  $X_{C2} = 2$  Ом, подведенное напряжение  $U=220$  В. Определить :  $Z$  ( полное сопротивление цепи ),  $\cos\varphi$  и  $\sin\varphi$ ,  $S$  ( полную мощность ),  $P$  ( активную мощность ) и  $Q$  ( реактивную мощность ),  $I$  ( ток цепи ).

Построить в масштабе векторную диаграмму.

Дано:  $r_1 = 2$  Ом,  $r_2 = 3$  Ом,  $X_{L1} = 4$  Ом,  $X_{L2} = 5$  Ом,  $X_{C1} = 4$  Ом,  $X_{C2} = 2$  Ом,  $U=220$  В.

Определить:  $Z, I, \cos\varphi, \sin\varphi, S, P, Q$ .

Решение: 1.Находим полное сопротивление цепи по формуле

$$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2}$$

где :  $r = r_1 + r_2 = 2 + 3 = 5$  Ом – арифметическая сумма всех активных резисторов :

$X_L = X_{L1} + X_{L2} = 4 + 5 = 9$  Ом,  $X_C = X_{C1} + X_{C2} = 4 + 2 = 6$  Ом – соответственно

арифметические суммы однотипных индуктивного и емкостного резисторов.

$$Z = \sqrt{r^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{5^2 + (9 - 6)^2} = \sqrt{34} = 5,84 \text{ Ом}$$

*Обратите внимание на последовательность записи решения: вначале пишется формула, затем подставляются числовые значения и после этого выполняются арифметические действия и пишется ответ.*

*При такой записи удобно проверить все действия, старайтесь ее соблюдать!*

2. По закону Ома для цепи переменного тока находим ток в цепи:

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{220}{5,84} = 37,6 \text{ А}$$

3. Из формул треугольника сопротивлений определяем:

$$\cos\varphi = \frac{r}{Z} = \frac{5}{5,84} = 0,86$$

$$\sin\varphi = \frac{X_L - X_C}{Z} = \frac{9 - 6}{5,84} = 0,514$$

По таблице тригонометрических функций найдем величину угла сдвига фаз в градусах:  $\varphi = 31^\circ$ .

4. Полная мощность  
 $S = UI = 220 \cdot 37,6 = 8272 \text{ В} \cdot \text{А} \approx 8,3 \text{ кВ} \cdot \text{А}$

активная мощность  
 $P = S \cdot \cos\varphi = 8272 \cdot 0,86 = 7120 \text{ Вт} = 7,12 \text{ кВт}$

реактивная мощность  
 $Q = S \cdot \sin\varphi = 8272 \cdot 0,54 = 4260 \text{ вар} = 4,26 \text{ квар}$ .

*Примечание.* При построении векторных диаграмм тока и напряжений следует исходить из условий:

1. Ток одинаков для любого участка цепи, так как разветвлений в ней нет.
2. На каждом резисторе создается падение напряжения, величина которого определяется по закону Ома для участка цепи и называется напряжением на данном резисторе:

напряжение на активном резисторе  $U_A = Ir$  ;  
 напряжение на индуктивном резисторе  $U_L = I \cdot X_L$  ;  
 напряжение на емкостном резисторе  $U_C = I \cdot X_C$  .

### Построение векторной диаграммы

1. Выписываем значения тока и напряжений на резисторах:

$$I = 37,6 \text{ A}, \quad U_{A1} = Ir_1 = 37,6 \cdot 2 = 75,2 \text{ B}, \quad U_{A2} = Ir_2 = 37,6 \cdot 3 = 112,8 \text{ B},$$

$$U_{L1} = I \cdot X_{L1} = 37,6 \cdot 4 = 150,4 \text{ B}, \quad U_{L2} = I \cdot X_{L2} = 37,6 \cdot 5 = 188 \text{ B},$$

$$U_{C1} = I \cdot X_{C1} = 37,6 \cdot 4 = 150,4 \text{ B}, \quad U_{C2} = I \cdot X_{C2} = 37,6 \cdot 2 = 75,2 \text{ B}.$$

2. Исходя из размеров бумаги – миллиметровки или тетрадного листа в клеточку задаемся масштабом по току и напряжению. Для рассматриваемого примера принимаем:

Масштаб по току  $M_T = 9 \text{ A/cm}$

Масштаб по напряжению  $M_H = 60 \text{ B/cm}$

Тогда длины векторов  $\vec{l}$  будут:

$$\text{Длина вектора } \vec{l}_I \text{ тока } \frac{37,6 \text{ A}}{9 \text{ A/cm}} = 4,17 \text{ cm}$$

$$\text{Длины векторов } \vec{l}_{U_{A1}} \text{ на } R_1 \text{ напряжений} \frac{75,2 \text{ B}}{60 \text{ B/cm}} = 1,25 \text{ cm};$$

$$\vec{l}_{U_{A2}} = \frac{U_{A2}}{M_H} = \frac{112,8 \text{ B}}{60 \text{ B/cm}} = 1,88 \text{ cm};$$

$$\vec{l}_{U_{L1}} = \vec{l}_{U_{A1}} + \vec{l}_{U_{A2}} = 1,25 + 1,88 = 3,13 \text{ cm};$$

$$\vec{l}_{U_{L1}} = \frac{U_{L1}}{M_H} = \frac{150,4 \text{ B}}{60 \text{ B/cm}} = 2,52 \text{ cm};$$

$$\vec{l}_{U_{L2}} = \frac{U_{L2}}{M_H} = \frac{188 \text{ B}}{60 \text{ B/cm}} = 3,14 \text{ cm};$$

$$\vec{l}_{U_L} = \vec{l}_{U_{L1}} + \vec{l}_{U_{L2}} = 2,52 + 3,14 = 5,66 \text{ cm};$$

$$\vec{l}_{U_{C1}} = \frac{U_{C1}}{M_H} = \frac{150,4 \text{ B}}{60 \text{ B/cm}} = 2,5 \text{ cm};$$

$$\vec{l}_{U_{C2}} = \frac{U_{C2}}{M_H} = \frac{75,2 \text{ B}}{60 \text{ B/cm}} = 1,25 \text{ cm};$$

$$\vec{l}_{U_C} = \vec{l}_{U_{C1}} + \vec{l}_{U_{C2}} = 2,5 + 1,25 = 3,75 \text{ cm}.$$

3. Выполняем построение диаграммы в такой последовательности:

1) за начальный вектор принимаем вектор тока, поскольку ток является одинаковой величиной для всех участков цепи. Строим этот вектор горизонтально в масштабе (рис.41).



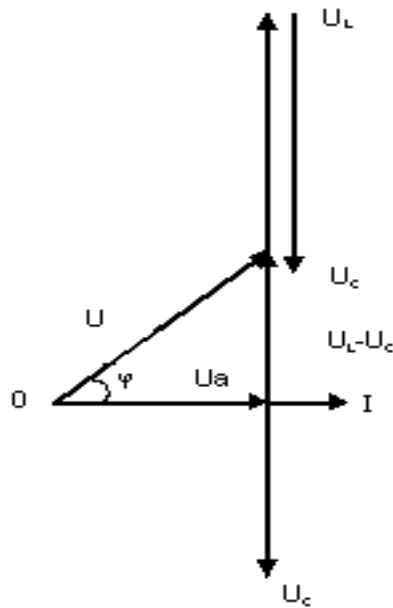


Рис.41

- 2) Напряжения на активных резисторах совпадают по фазе с током. Вектор этого напряжения  $\bar{U}_A$  откладываем в масштабе вдоль вектора тока;
- 3) Напряжения на индуктивных резисторах опережают по фазе ток на угол  $\varphi=90^\circ$ . Поскольку положительное вращение векторов принято против часовой стрелки, вектор напряжения  $\bar{U}_L$  откладываем вверх относительно вектора тока, так как ток в данном случае *отстающий*;
- 4) напряжения на емкостных резисторах отстают по фазе от тока на угол  $\varphi=90^\circ$ . Следовательно, вектор этого напряжения  $\bar{U}_C$  откладываем вниз относительно вектора тока, так как ток в данном случае *опережающий*;
- 5) геометрическим сложением векторов напряжений на активных, индуктивных и емкостных резисторах получим вектор приложенного напряжения:  $\bar{U} = \bar{U}_A + \bar{U}_L + \bar{U}_C$ .

Угол между векторами тока и общего (приложенного) напряжения обозначается  $\varphi$  и называется углом сдвига фаз данной цепи.

*Проверка.* Следует проверить аналитическое решение и построение векторной диаграммы путем их сопоставления, следующим образом:

- 1) проверка угла  $\varphi$  производится с помощью транспортира и сравнением полученной величиной угла в градусах с расчетным в п.3 решения. В нашем случае по расчету  $\varphi=31^\circ$ , по диаграмме этот угол также равен  $31^\circ$ .
- 2) Проверка величины приложенного напряжения: по диаграмме длина этого вектора  $l_{\bar{U}} = 3,7\text{cm}$ , величина напряжения  $U = l_{\bar{U}} \cdot M_H = 3,7\text{cm} \cdot 60\text{B/cm} \approx 220\text{B}$ , что соответствует условиям задачи.

Значит диаграмма построена верно. В случае значительных расхождений при такой проверке следует найти ошибку.

В задачах и контрольной работе предусмотрены случаи параллельного соединения активно-индуктивной и емкостных нагрузок, как встречающиеся часто на практике. Для дополнения материала учебника и помощи слушателям в усвоении методики решения такого вида задач ниже приводится пример 2.

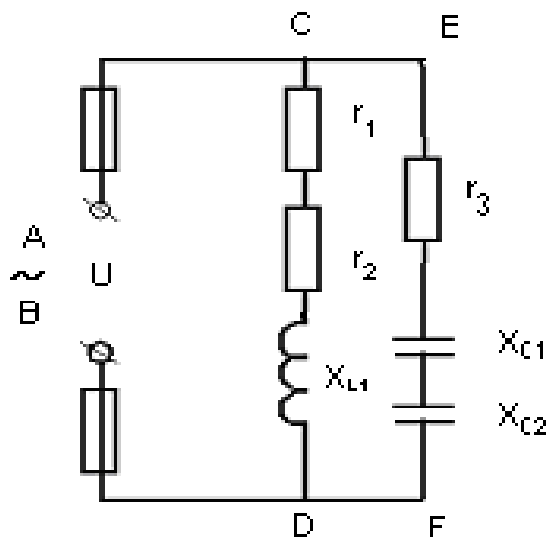


Рис.42

**Пример 2.** В разветвленной цепи переменного тока (рис.42),  $r_1 = 2$  Ом,  $r_2 = 4$  Ом,  $r_3 = 4$  Ом,  $X_{L1} = 8$  Ом,  $X_{C1} = 1$  Ом,  $X_{C2} = 2$  Ом. Напряжение  $U = 220$  В. Определить:

- 1) полные сопротивления ветвей  $Z_{CD}$  и  $Z_{EF}$ ;
- 2) коэффициенты мощностей ветвей  $\cos \varphi_{cd}$  и  $\cos \varphi_{EF}$ ;
- 3) токи ветвей  $I_{CD}$  и  $I_{EF}$ ;
- 4) общий ток в неразветвленной части цепи  $I$ ;
- 5) коэффициент мощности всей цепи  $\cos \varphi$ ;
- 6) мощности: полную  $S$ , активную  $P$  и реактивную  $Q$ .

Дано:  $r_1 = 2$  Ом,  $r_2 = 4$  Ом,  $r_3 = 4$  Ом,  $X_{L1} = 8$  Ом,  $X_{C1} = 1$  Ом,  $X_{C2} = 2$  Ом,  $U = 220$  В.

Определить:  $Z_{CD}$ ,  $Z_{EF}$ ,  $\cos \varphi_{cd}$ ,  $\cos \varphi_{EF}$ ,  $I_{CD}$ ,  $I_{EF}$ ,  $I$ ,  $\cos \varphi$ ,  $S$ ,  $P$ ,  $Q$ .

Решение: 1) Находим полные сопротивления параллельных цепей, как в п.1 примера 1, так как каждая ветвь представляет неразветвленную цепь:

$$Z_{CD} = Z_1 = \sqrt{r^2 + X_{L1}^2} = \sqrt{(r_1 + r_2)^2 + X_{L1}^2} = \sqrt{(2 + 4)^2 + 8^2} = \sqrt{100} = 10 \text{ Ом};$$

$$Z_{EF} = Z_2 = \sqrt{r_3^2 + (X_{C1} + X_{C2})^2} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \sqrt{25} = 5 \text{ Ом}.$$

3) Находим коэффициент мощности параллельных ветвей:

$$\cos \varphi_1 = \cos \varphi_{CD} = \frac{r_1 + r_2}{Z_1} = \frac{6}{10} = 0,6;$$

$$\sin \varphi_2 = \cos \varphi_{EF} = \frac{r_3}{Z_2} = \frac{4}{5} = 0,8;$$

$$\sin \varphi = 0,6;$$

$$\varphi_1 = 53^\circ \text{ и } \varphi_2 = 37^\circ.$$

Значения  $\sin \varphi_1$  и  $\sin \varphi_2$  и углов в градусах определены по таблице.

4. Находим токи в параллельных ветвях по закону Ома для участков

$$I_1 = I_{CD} = \frac{U}{Z_1} = \frac{220}{10} = 22A ;$$

$$I_2 = I_{EF} = \frac{U}{Z_2} = \frac{220}{5} = 44A ;$$

4. Далее нужно определить общий ток  $I$  неразветвленной части цепи. Это можно сделать двумя методами: расчетным путем и геометрическим построением. Рассмотрим оба способа.

### Расчетный способ

Определим активные и реактивные составляющие (слагающие) токов параллельных ветвей:

Активные слагающие токов:

$$I_{aCD} = I_{A1} = I_1 \cos \varphi_1 = 22 \cdot 0,6 = 13,2A$$

$$I_{aEF} = I_{A2} = I_2 \cos \varphi_2 = 44 \cdot 0,8 = 35,2A$$

Реактивные слагающие токов:

$$I_{pCD} = I_{p1} = I_1 \sin \varphi_1 = 22 \cdot 0,8 = 17,6A;$$

$$I_{pEF} = I_{p2} = I_2 \sin \varphi_2 = 44 \cdot 0,6 = 26,4A;$$

Определим общий ток в неразветвленной части цепи:

$$I = \sqrt{I_A^2 + I_p^2}$$

где  $I_A = I_{A1} + I_{A2}$  -- арифметическая сумма активных слагающих тока;

$I_p = I_{p1} + (-I_{p2})$  -- алгебраическая сумма реактивных слагающих тока, где со знаком «минус» берется реактивная слагающая тока емкостной ветви.

В нашем случае:

$$I_A = I_{A1} + I_{A2} = 13,2 + 35,2 = 48,8A;$$

$$I_p = I_{p1} + (-I_{p2}) = 17,6 - 26,4 = -8,8A;$$

Тогда  $\sqrt{I_A^2 + I_p^2} = \sqrt{48,8^2 + (-8,8)^2} = \sqrt{2417,2} \approx 49,2A.$

Из треугольника токов (рис. 43)  $\cos \varphi = \frac{I_A}{I} = \frac{48,8}{49,2} = 0,98$  ;  $\sin \varphi = \frac{I_p}{I} = \frac{-8,8}{49,2} = -0,178$  .

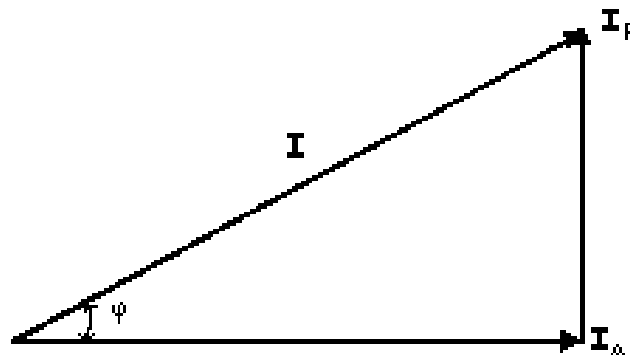


Рис. 43

Находим по таблице величину угла сдвига фаз в градусах:  $\varphi=10^\circ$ .

### Геометрический способ

Этот способ сводится к построению векторной диаграммы для разветвленной цепи переменного тока (рис.44).

1. Выписываем значения приложенного напряжения токов и углов сдвига фаз ветвей:  $U=220\text{ В}$ ,  $I_1 = 22\text{ А}$ ,  $I_2 = 44\text{ А}$ ,  $\varphi_1 = 53^\circ$  (отстающий),  $\varphi_2 = 37^\circ$  (опережающий).

2. Задаем масштаб :  
по напряжению  $M_U = 25\text{ В/ см}$ ,  
по току  $M_I = 5\text{ А/ см}$ .

3. Определяем длины  $l$  векторов:

$$l_U = \frac{U}{M_U} = \frac{220\text{ В}}{25\text{ В/см}} = 8,8\text{ см};$$

$$l_{I_1} = \frac{I_1}{M_I} = \frac{22\text{ А}}{5\text{ А/см}} = 4,4\text{ см};$$

$$l_{I_2} = \frac{I_2}{M_I} = \frac{44\text{ А}}{5\text{ А/см}} = 8,8\text{ см};$$

4. Строим диаграмму: 1) горизонтально в масштабе откладываем вектор напряжения  $\bar{U}$  (напряжение  $U$  общее для всех ветвей):

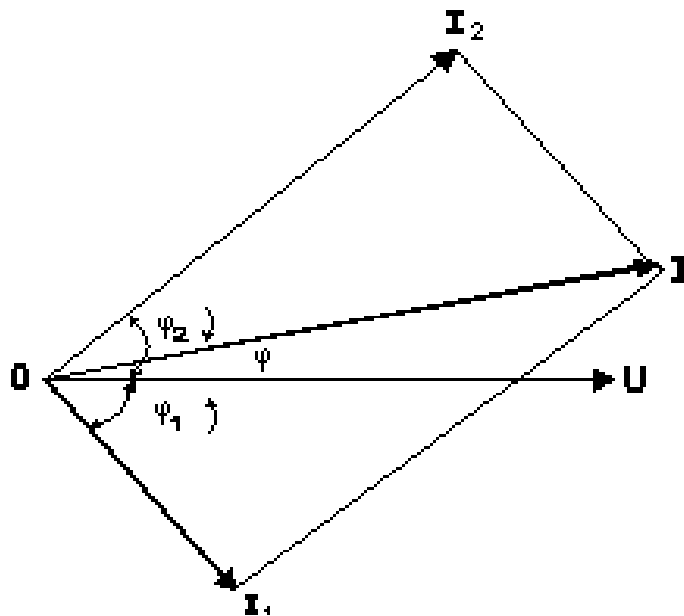


Рис.44

2) под углом  $\varphi_1$  в сторону отставания от вектора напряжения  $\bar{U}$  (вниз) откладываем в масштабе вектор тока  $\bar{I}_1$ , а под углом  $\varphi_2$  в сторону опережения (вверх) откладываем в масштабе вектор тока  $\bar{I}_2$ .

3) геометрическим сложением векторов обоих токов получим вектор общего тока (тока в неразветвленной части цепи):

$$\bar{I} = \bar{I}_1 + \bar{I}_2$$

5. Определяем расчетные данные по диаграмме. Транспортиром измеряем угол сдвига фаз между векторами общего тока и напряжения:  $\varphi=10^\circ$ . С помощью таблицы тригонометрических функций по значению угла определяем  $\text{Sin}\varphi=0,178$  и  $\text{Cos}\varphi=0,98$ . Расхождений с расчетным способом в этом случае нет. Линейкой измеряем длину общего тока  $l=9,9$  см и по формуле определяем численное значение тока :  
 $I = l_i \cdot M_T = 9,9\text{см} \cdot 5 = 49,5\text{А}$  , т.е. всего на 0,3 А больше подсчета тока

расчетным путем. Такая ошибка допустима.

Независимо от расчетного или геометрического способов подсчета общего тока мощности определяются:

полная мощность  $S=U \cdot I$  (В·А);

активная мощность  $P=U \cdot I \cdot \text{Cos}\varphi$  (Вт);

реактивная мощность  $Q=U \cdot I \cdot \text{Sin}\varphi$  (вар).

## Задача 3.

### Задача 3. Варианты 01-30.

Три этажа цеха швейной фабрики женской одежды освещаются лампами накаливания. Осветительные приемники включены по схеме "звезда с нейтральным проводом" в трехфазную четырехпроводную цепь, которая получает питание от распределительного пункта цеха (рис №1). Линейное напряжение  $U_l$ , фазное  $U_\phi$ . В Фазу А включено  $n_1$ , в фазу В -  $n_2$  и фазу С -  $n_3$  ламп мощностью по  $P_{\text{лампы}}$  каждая. Ток лампы  $I_{\text{лампы}}$ , сопротивление лампы  $r_{\text{лампы}}$ . Фазные токи  $I_A, I_B, I_C$ , ток в нейтральном проводе  $I_0$ . Активные мощности фаз  $P_A, P_B, P_C$ , активная мощность трех фаз  $P$ . Сопротивление фазы А –  $r_A$ . Израсходованная осветительной аппаратурой активная энергия  $W_A$ . Время работы цепи  $t$ . Используя данные задачи, указанные для вашего варианта в табл.1 определить неизвестные величины, против которых в соответствующих графах табл.1 поставлен знак вопроса.

### Задача 3. Варианты 31-60.

Девять секций хозяйственных товаров универсама освещаются лампами накаливания. Осветительные приемники энергии включены по схеме треугольник в трехфазную цепь, которая получает питание от распределительного пункта здания (рис. 2). Линейное напряжение  $U_l = 220\text{В}$ . В фазу АВ включено  $n_1$  в фазу ВС -  $n_2$ , и фазу СА -  $n_3$  ламп мощностью по  $P_{\text{лампы}}$  каждая. Ток лампы  $I_{\text{лампы}}$ , сопротивление  $r_{\text{лампы}}$ . Фазные токи  $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$ , линейные токи  $I_A, I_B, I_C$ . Активные мощности фаз  $P_{AB}, P_{BC}, P_{CA}$ , активная мощность трех фаз  $P$ . Активное сопротивление фазы АВ -  $r_{AB}$ . Израсходованная для работы всех светильников за время  $t$  активная энергия  $W_a$ . Значение линейных токов  $I_A, I_B, I_C$  определить по построенной в масштабе векторной диаграмме, используя вычисленные значения фазных токов. Используя данные задачи, указанные для вашего варианта в табл. 2, определить неизвестные величины, против которых в соответствующих графах таблицы поставлен знак вопроса.

### **Задача 3. Варианты 61-80.**

В электрической плите предприятия общественного питания используются трубчатые электронагревательные элементы ТЭН. - Тепловые элементы включены по схеме треугольник в трехфазную цепь, которая получает питание от цехового щита столовой (рис.3). Линейное напряжение  $U_{л}$ . В фазу АВ включено  $n_1$  в фазу ВС -  $n_2$  и фазу СА -  $n_3$  тепловых элементов мощностью по  $P_{эл}$  каждый. Ток, потребляемый элементом  $I_{эл}$ . Сопротивления элемента  $r_{эл}$ . Количество тепла, выделенное всеми элементами  $Q$ . Время работы электрической плиты  $t$ . Линейные токи  $I_A, I_B, I_C$ , фазные  $I_{AB}, I_{BC}, I_{CA}$ . Активные мощности фаз  $P_{AB}, P_{BC}, P_{CA}$  и активная мощность трех фаз  $P$ , Активное сопротивление фазы АВ -  $r_{AB}$ . Значение линейных токов определить по построенной в масштабе векторной диаграмме, используя найденные значения фазных токов. Используя данные задачи, указанные для вашего варианта в табл. 3 определить неизвестные величины, против которых в соответствующих графах таблицы поставлен знак вопроса.

### **Задача 3. Варианта 81-90.**

Трехфазный потребитель имеет симметричную нагрузку, соединенную треугольником (рис.4). Линейное напряжение сети  $U_{л}$  при частоте тока  $f=50$  Гц. Активные  $r_{\phi}$  и реактивно-индуктивные  $x_{L\phi}$  сопротивления на фазу потребителя одинаковы т.е. :  $r_{\phi} = r_{\phi 1} = r_{\phi 2} = r_{\phi 3}$ ,  $x_{L\phi} = x_{L\phi 1} = x_{L\phi 2} = x_{L\phi 3}$ . Полное сопротивление фазы  $z_{\phi}$ . Линейный ток  $I_{л}$ , фазный ток  $I_{\phi}$ . Индуктивность фазы  $I_{\phi}$ . коэффициент мощности  $\cos \phi$ , где  $\phi$  - угол сдвига фаз между фазным напряжением  $U_{\phi}$  и фазным током  $I_{\phi}$ . Активная мощность фазы  $P_{\phi}$ , активная мощность трех фаз  $P$ . Реактивная мощность фазы  $Q_{\phi}$ , реактивная мощность трех фаз  $Q$ . Полная мощность Фазы  $S_{\phi}$ , полная мощность трех фаз  $S$ .

Активная энергия, израсходованная для работы потребителя  $W_a$ , реактивная  $W_p$ . Время работы  $t$ . Построить в масштабе векторную диаграмму. Используя данные задачи, указанные для вашего варианта в табл. 4 определить неизвестные величины, против которых в соответствующих графах таблицы поставлен знак вопроса.

### **Задача 3. Варианты 91-100.**

Трехфазный потребитель имеет симметричную нагрузку, соединенную звездой (рис. 5). Потребитель подключен к сети трехфазного тока с фазным напряжением  $U_{\phi}$  и частотой  $f=50$  Гц. Активные  $r_{\phi}$  и индуктивные  $x_{L\phi}$  сопротивления фаз потребителя одинаковы, т.е.:  $r_{\phi} = r_{\phi 1} = r_{\phi 2} = r_{\phi 3}$ ,  $x_{L\phi} = x_{L\phi 1} = x_{L\phi 2} = x_{L\phi 3}$ . Полное сопротивление фазы  $z_{\phi}$ . Коэффициент мощности  $\cos \phi$ , где  $\phi$  - угол сдвига фаз между фазным напряжением  $U_{\phi}$  и фазным током  $I_{\phi}$ . Активная мощность фазы  $P_{\phi}$ , активная мощность всех фаз  $P$ . Реактивная мощность фазы  $Q_{\phi}$ , реактивная мощность всех фаз  $Q$ . Полная мощность фазы  $S_{\phi}$ , полная мощность трех фаз  $S$ . Энергия, получаемая потребителем при работе из сети за время  $t$ : активная  $W_a$ , реактивная  $W_p$ . Используя данные задачи, указанные для вашего варианта в

табл. 5 определить неизвестные величины, против которых в соответствующих графах таблицы поставлен знак вопроса.

**Данные к задаче 3 варианты 01-30.  
Соединение ламп звездой с нейтральным проводом (осветительная нагрузка).**

Варианты	U <sub>л</sub> , В	U <sub>ф</sub> , В	n <sub>1</sub> лампы	n <sub>2</sub> лампы	n <sub>3</sub> лампы	P <sub>лам</sub> Вт	I <sub>A</sub> А	I <sub>B</sub> А	I <sub>C</sub> А	I <sub>0</sub> А	P <sub>A</sub> кВт	P <sub>B</sub> кВт	P <sub>C</sub> кВт	P кВт	I <sub>лампы</sub> А	Г <sub>лампы</sub> Ом	Г <sub>A</sub> Ом	t ч	Wа
01	380	?	20	24	30	200	?	?	?	?	?	-	-	-	-	?	-	-	-
02	?	127	10	15	12	150	?	-	-	-	?	?	?	?	-	-	?	140	?
03	-	220	18	14	25	100	-	?	-	-	?	?	?	?	?	-	-	170	?
04	?	127	-	15	24	100	?	?	?	?	?	?	?	?	-	-	12.7	-	-
05	?	220	17	21	28	-	?	?	?	?	-	?	-	-	0.454	-	?	-	-
06	380	-	?	?	?	300	-	?	?	-	2.1	1.2	1.8	?	?	?	-	160	?
07	-	127	?	?	?	100	?	?	?	?	0.9	?	1.1	2.8	-	-	-	190	?
08	380	?	-	15	20	200	?	?	?	?	?	?	?	?	-	-	16.3	90	?
09	-	220	?	?	?	100	?	?	?	-	2	1.4	1.6	?	-	-	-	150	?
10	380	?	-	24	18	150	-	?	?	-	-	?	?	-	?	?	-	-	-
11	-	220	?	?	?	?	-	?	?	-	1.5	1.8	2.2	-	0.682	-	?	-	-
12	380	?	?	?	?	100	?	-	?	-	2.4	2.6	?	8	-	-	?	200	?
13	380	?	-	18	24	100	?	?	?	?	?	?	?	-	-	-	11	-	-
14	380	?	20	16	26	?	?	?	?	?	-	?	-	-	-	322.7	-	-	-
15	?	220	?	?	?	100	-	-	-	-	3	4	?	10	?	?	-	160	?
16	380	?	?	-	?	150	?	?	-	-	1.5	?	3	7	?	-	-	-	-
17	-	220	50	35	44	100	?	?	?	?	-	?	?	-	-	?	-	-	-
18	220	-	8	14	17	200	-	-	?	-	?	?	?	?	-	-	?	190	?
19	?	127	30	85	-	75	?	?	?	?	?	-	?	-	-	-	-	-	-
20	380	?	16	?	22	150	?	?	-	-	?	3	?	-	?	?	-	-	-
21	-	220	28	32	40	?	-	-	-	-	?	?	?	?	-	484	?	200	?
22	380	-	?	20	15	?	?	?	?	?	6	2.25	?	10.95	0.682	-	?	-	-
23	?	220	20	16	24	150	-	?	-	-	?	?	?	?	?	?	-	-	-
24	220	?	16	23	12	150	?	?	?	?	-	-	?	-	-	?	-	-	-
25	380	?	?	?	?	200	-	-	-	-	2	1	1.6	-	?	?	?	-	-
26	?	220	?	?	?	100	?	-	-	-	4	?	1.5	8	-	?	-	180	?
27	220	-	9	13	16	100	?	?	?	?	?	?	?	?	-	-	-	140	?
28	380	-	-	?	?	100	?	-	-	?	1	0.8	1.2	?	-	-	?	130	?
29	-	220	-	18	24	200	?	?	?	?	?	?	?	?	-	-	22	180	?
30	-	220	12	10	14	200	?	?	?	?	?	?	-	-	-	-	?	-	-

**Данные к задаче 3 варианты 31-60.  
Соединение ламп треугольником (осветительная нагрузка).**

Варианты	$n_1$ ламп	$n_2$ ламп	$n_3$ ламп	$P_{\text{лампы}}$ Вт	$I_A$ А	$I_B$ А	$I_C$ А	$I_{\text{в}}А$	$I_{\text{вс}}А$	$I_{\text{сА}}А$	$P_{\text{АВ}}кВт$	$P_{\text{ВС}}кВт$	$P_{\text{СА}}кВт$	$P$ кВт	$I_{\text{лампы}}А$	$G_{\text{лампы}}Ом$	$G_{\text{АВ}}Ом$	$t$ ч	$W_{\text{а}}$
31	?	7	-	?	-	?	-	?	?	-	2.7	2.1	-	-	?	-	-	200	?
32	-	?	10	?	-	-	?	-	?	?	-	2.7	3	-	-	?	-	120	?
33	22	18	-	100	?	-	-	?	?	?	?	-	2	-	?	-	?	170	?
34	40	35	-	100	-	?	-	?	?	-	?	?	-	-	-	-	?	210	?
35	15	18	12	300	?	-	?	?	?	?	-	?	?	-	-	-	-	-	-
36	11	?	-	?	-	?	-	?	?	-	2.2	1.7	-	-	?	-	?	-	-
37	?	?	?	200	-	?	-	?	?	-	2.4	?	2.8	7.4	-	-	-	?	740
38	15	20	?	150	-	-	?	-	?	?	?	?	?	8.55	-	-	-	245	?
39	17	21	15	100	?	-	-	?	-	?	?	?	?	?	-	-	-	-	-
40	-	30	36	200	-	-	?	-	?	?	-	?	?	-	-	-	-	105	?
41	?	?	?	100	?	-	-	?	-	?	1.7	?	1.9	6	-	-	?	-	-
42	-	-	?	200	-	?	?	?	?	?	2	3	?	?	-	-	-	100	1400
43	-	14	12	?	-	-	?	-	?	?	-	?	2.4	?	-	-	-	200	1600
44	12	14	11	?	-	?	-	?	?	-	?	?	?	?	1.366	-	-	110	?
45	-	20	30	200	-	-	?	-	?	?	-	?	?	-	-	?	-	-	-
46	25	35	-	100	-	?	-	?	?	-	?	?	-	-	?	-	?	-	-
47	24	19	30	200	-	?	-	?	?	?	?	?	?	?	-	-	-	260	?
48	?	16	21	100	?	-	-	?	-	?	1.8	?	?	?	-	-	?	150	?
49	12	16	-	?	-	?	-	?	?	-	2.4	?	4	?	?	-	-	170	?
50	?	-	-	200	?	-	-	?	-	?	?	2	2.6	7	-	-	?	?	2100
51	14	16	15	300	-	-	?	-	?	?	-	?	?	-	-	-	?	120	?
52	20	26	18	300	?	-	-	?	?	?	?	-	-	-	-	-	?	-	-
53	?	?	?	100	-	?	-	?	?	?	2	?	2.8	6	-	-	-	170	?
54	-	40	50	200	-	-	?	-	?	?	4	?	?	?	-	?	-	140	?
55	16	?	20	300	?	-	-	?	-	?	?	2.4	?	?	-	-	-	160	?
56	10	?	14	?	-	?	-	?	?	-	?	3.4	2.8	?	-	-	-	130	?
57	?	-	-	150	?	-	?	?	?	?	?	3	1.5	7.5	-	?	?	-	-
58	?	?	?	200	?	?	?	-	?	-	4	3	2.4	?	-	-	?	180	?
59	?	-	?	100	-	-	-	?	?	?	2.6	2.4	?	7	?	-	-	?	1400
60	-	?	?	300	-	-	-	-	?	?	3	2.1	?	?	-	?	?	100	880



**Данные к задаче 3 варианты 61-80.**  
**Соединение трубчатых электронагревательных элементов (ТЭН) треугольником**  
**(силовая нагрузка).**

Вариант	$U_{\text{нр}}, \text{В}$	$n_1$ Т Э Н	$n_2$ Т Э Н	$n_3$ Т Э Н	$P_{\text{эл}}$ кВт	$I_A$ А	$I_B$ А	$I_C$ А	$I_{AB}$ А	$I_{BC}$ А	$I_{CA}$ А	$P_{AB}$ кВт	$P_{BC}$ кВт	$P_{CA}$ кВт	$P$ кВт	$I_{\text{эл}}$ А	$\Gamma_{\text{эл}}$ ОМ	$\Gamma_{AB}$ ОМ	$t$ ч	$Q,$ Дж
61	380	5	5	5	?	-	?	-	?	?	-	?	7,5	?	?	-	-	-	0,7	?
62	380	8	6	7	?	-	-	?	-	?	?	?	?	?	42	?	-	-	-	-
63	380	5	6	5	?	-	-	-	?	-	?	?	9	?	?	-	-	-	0,25	?
64	220	4	5	6	?	-	?	-	?	?	-	8	?	?	-	-	?	-	-	-
65	220	6	4	6	?	-	-	?	?	?	?	-	-	12	-	-	-	-	-	-
66	380	4	4	4	3	-	-	-	?	-	?	?	-	-	?	-	?	-	0,42	?
67	220	?	?	?	2	-	?	-	?	?	-	6	?	4	16	-	-	-	0,15	?
68	220	4	4	4	2,5	-	-	-	?	?	?	?	?	?	?	-	-	-	-	-
69	380	?	5	-	2	-	?	-	?	?	-	10	?	-	-	-	?	-	-	-
70	220	4	5	5	1,5	-	?	-	?	?	-	?	?	-	-	-	-	-	-	-
71	380	3	3	-	4	-	?	-	?	?	-	?	?	-	36	-	?	-	0,4	?
72	220	4	-	-	?	-	-	-	?	-	?	8	8	8	?	-	?	-	0,8	?
73	220	4	4	4	1,5	-	-	-	?	-	?	?	?	?	?	-	-	-	0,32	?
74	380	6	7	5	?	-	?	-	?	?	-	?	?	-	36	-	-	-	0,9	?
75	380	4	6	-	4	-	-	?	-	?	?	?	?	8	-	-	-	-	-	-
76	380	?	?	?	?	-	-	-	?	-	?	6	8	?	24	-	-	-	0,3	?
77	220	5	4	5	-	-	-	?	-	?	?	?	?	10	28	-	-	-	0,4	?
78	220	?	?	?	?	-	-	-	?	-	?	10	12,5	?	32,5	-	-	-	-	-
79	380	3	3	3	-	-	-	?	-	?	?	7,5	?	?	?	-	-	-	0,54	?
80	380	?	4	?	?	-	-	-	?	-	?	?	6	?	19,5	-	-	-	0,28	?

**Данные к задаче 3 варианты 81-90.  
Соединение трехфазного потребителя треугольником (силовая нагрузка).  $f = 50$  Гц**

ТАБ № 4

Варианты	$U_{л}, В$	$U_{ф}, В$	$I_{л}, А$	$\cos\varphi$	$P_{ф}, кВт$	$P, кВт$	$Q_{ф}, Квар$	$Q, квар$	$S_{ф}, кВА$	$S, кВА$	$r_{ф}, Ом$	$X_{Lф}, Ом$	$z_{ф}, Ом$	$L_{ф}, Г$	$t, ч$	$W_{а}, кВтч$	$W_{р}, кварч$
81	380	?	?	?	-	?	-	?	-	-	?	8.66	10	?	80	?	-
82	220	?	?	?	?	?	-	?	-	-	3	4	?	-	120	?	-
83	380	?	?	?	-	?	-	-	-	?	2	9.8	?	?	210	-	?
84	220	?	?	0.6	?	?	?	-	-	22	?	-	?	-	140	?	-
85	380	?	?	0.65	?	?	-	-	4	?	?	-	?	-	155	?	-
86	380	?	?	0.62	?	?	-	-	?	?	4	-	?	-	175	-	?
87	220	?	?	?	-	-	-	?	?	?	?	4	?	?	200	-	?
88	380	?	?	0.75	?	6	?	-	-	-	?	?	?	-	160	-	?
89	220	18	?	0.8	?	12	-	-	-	-	?	?	?	?	190	?	-
90	380	?	17.3	0.66	?	?	?	?	?	?	?	-	?	-	-	-	-

**Данные к задаче 3 варианты 91-100.  
Соединение трехфазного потребителя звездой (силовая нагрузка).**

ТАБ № 5

Варианты	$U_{л}, В$	$I_{ф}, А$	$z_{ф}, Ом$	$\cos\varphi$	$r_{ф}, Ом$	$X_{Lф}, Ом$	$t, ч$	$P_{ф}, кВт$	$P, кВт$	$S_{ф}, кВа$	$S, кВа$	$Q_{ф}, квар$	$Q, квар$	$W_{а}, кВтч$	$W_{р}, кварч$
91	220	?	?	0.75	-	-	?	?	21	?	-	?	?	4200	?
92	220	?	-	0.62	-	5	120	?	?	?	24	?	?	?	-
93	380	25	?	?	9.5	-	205	?	?	?	?	-	-	?	-
94	220	?	-	0.65	-	10	?	9	?	?	-	?	?	2700	?
95	380	?	10	?	6.3	?	160	-	?	-	-	?	?	-	?
96	220	?	?	0.72	?	-	100	?	?	?	?	-	-	1200	-
97	220	?	11	0.7	?	?	150	?	?	-	-	?	-	?	-
98	127	30	?	0.64	-	4	200	-	?	?	-	?	?	?	?
99	220	?	?	0.68	?	-	175	?	?	4.4	?	-	-	?	-
100	127	?	?	0.66	?	6	50	-	?	?	-	?	?	-	1800

**Примечание:** прочерк означает, что эти данные не нужны для решения задач.

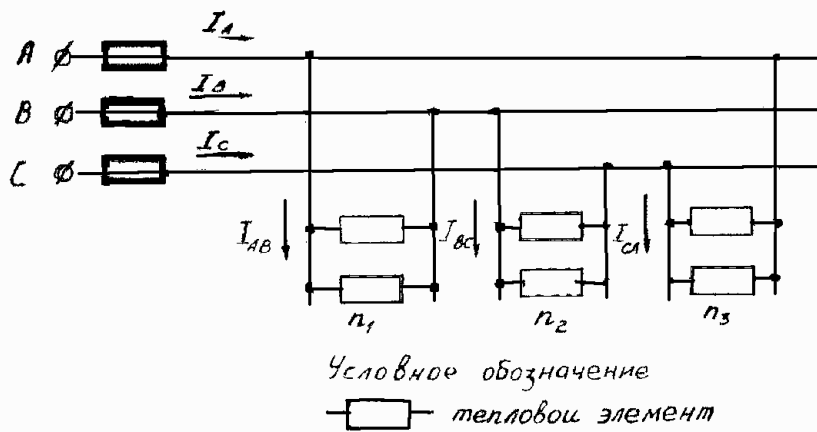
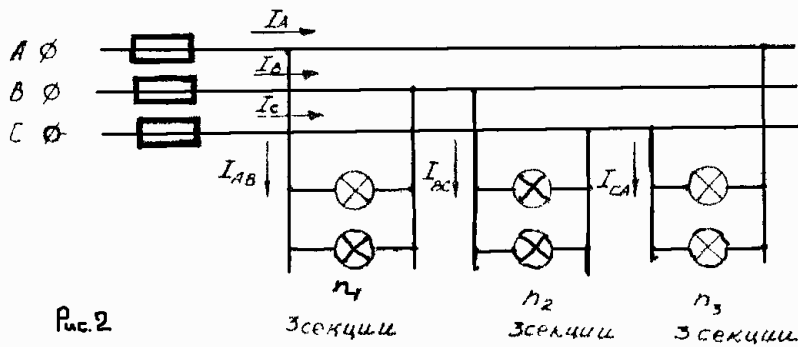
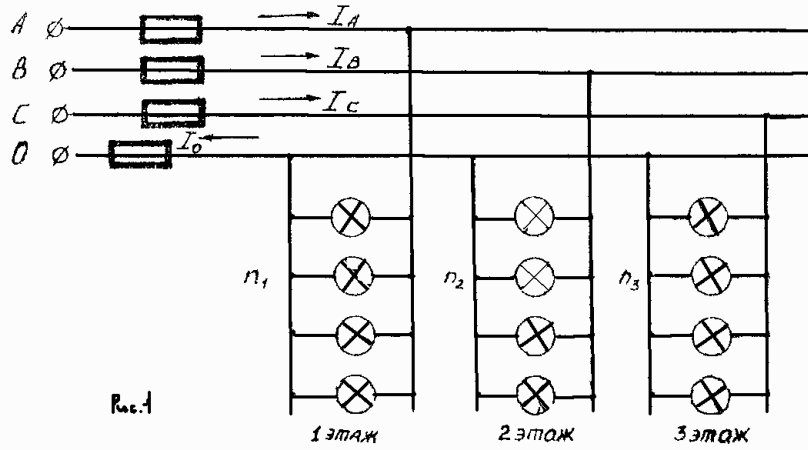


Fig. 3

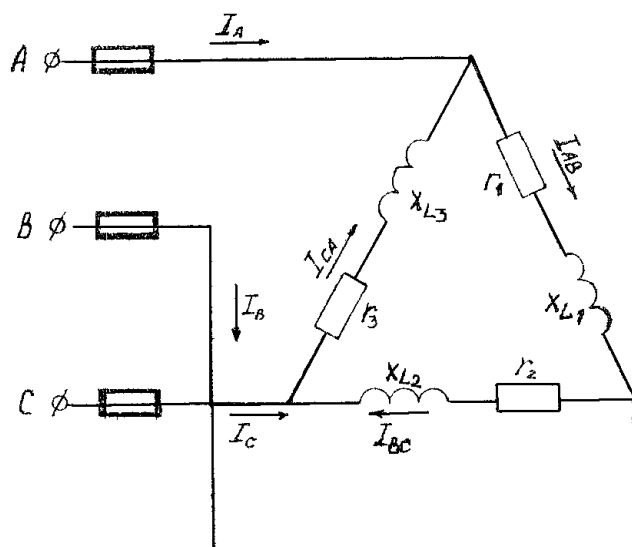


Рис 4

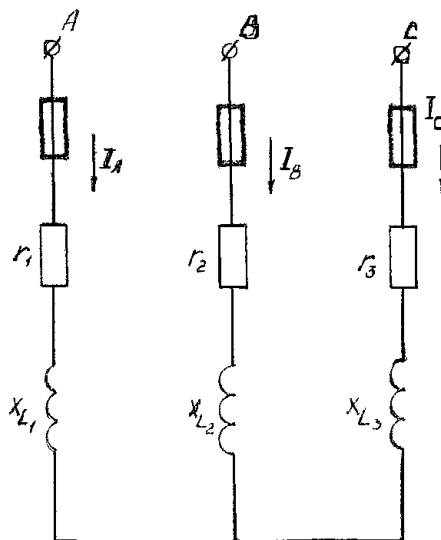


Рис 5

### Указания к решению задачи 3.

Решение задачи 3 требует знания учебного материала темы “Трехфазные цепи”, отчетливого представления о соотношениях между фазными и линейными значениями токов и напряжений при соединениях потребителей звездой и треугольником.

Для ознакомления с общей методикой решения задач данной темы рассмотрим примеры:

**Пример 1.** Потребители, в каждую фазу которых включена активная нагрузка соответственно  $r_{\phi 1} = 22$  Ом,  $r_{\phi 2} = 44$  Ом,  $r_{\phi 3} = 11$  Ом, соединены треугольником и подключены к сети с линейным напряжением  $U = 220$  В (рис 6) Определить фазные токи, фазные и полную мощности трехфазовой системы.

Построить в масштабе векторную диаграмму и по ней определить числовые значения линейных токов.

Дано  $r_{\phi 1} = 22$  Ом,  $r_{\phi 2} = 44$  Ом,  $r_{\phi 3} = 11$  Ом,  $U = 220$  В

Определить  $I_{\phi 1}$ ,  $I_{\phi 2}$ ,  $I_{\phi 3}$ ,  $P_{\phi 1}$ ,  $P_{\phi 2}$ ,  $P_{\phi 3}$ ,  $P$

**Решение:** 1. Определяем фазные токи по закону Ома:

$$I_{\phi 1} = I_{ab} = \frac{U_{\phi}}{r_{\phi 1}} = \frac{220}{22} = 10 \text{ A}$$

$$I_{\phi 2} = I_{bc} = \frac{U_{\phi}}{r_{\phi 2}} = \frac{220}{44} = 5A$$

$$I_{\phi 3} = I_{ca} = \frac{U_{\phi}}{r_{\phi 3}} = \frac{220}{11} = 20A$$

Из расчета видно, что фазные токи по величине неодинаковые.

Для подсчета линейных токов формулу  $I_{л} = \sqrt{3} * I_{\phi}$  применять нельзя, а нужно использовать векторную диаграмму, построение которой описано ниже.

2. Определяем фазные и полную мощность трехфазной системы. Нагрузка фаз чисто активная, поэтому мощность также только активная.

$$P_{\phi 1} = P_{AB} = I_{\phi 1}^2 * r_{\phi 1} = 100 * 22 = 2200 \text{ Вт} = 2,2 \text{ кВт}$$

$$P_{\phi 2} = P_{BC} = I_{\phi 2}^2 * r_{\phi 2} = 25 * 44 = 1100 \text{ Вт} = 1,1 \text{ кВт}$$

$$P_{\phi 3} = P_{CA} = I_{\phi 3}^2 * r_{\phi 3} = 400 * 11 = 4400 \text{ Вт} = 4,4 \text{ кВт}$$

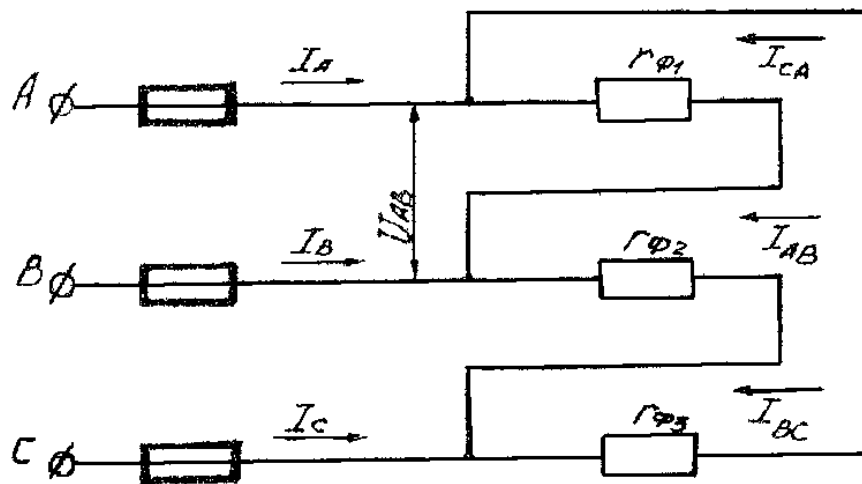


Рис 6

Для подсчета полной мощности применять формулу

$$P = \sqrt{3} * U * I * \cos\varphi$$

здесь нельзя, так как нагрузка фаз неодинаковая.

Полную мощность определяем как сумму мощностей фаз:

$$P = P_{\phi 1} + P_{\phi 2} + P_{\phi 3} = 2200 + 1100 + 4400 = 7700 \text{ Вт} = 7,7 \text{ кВт}$$

Для определения линейных токов построим векторную диаграмму (рис. 7).

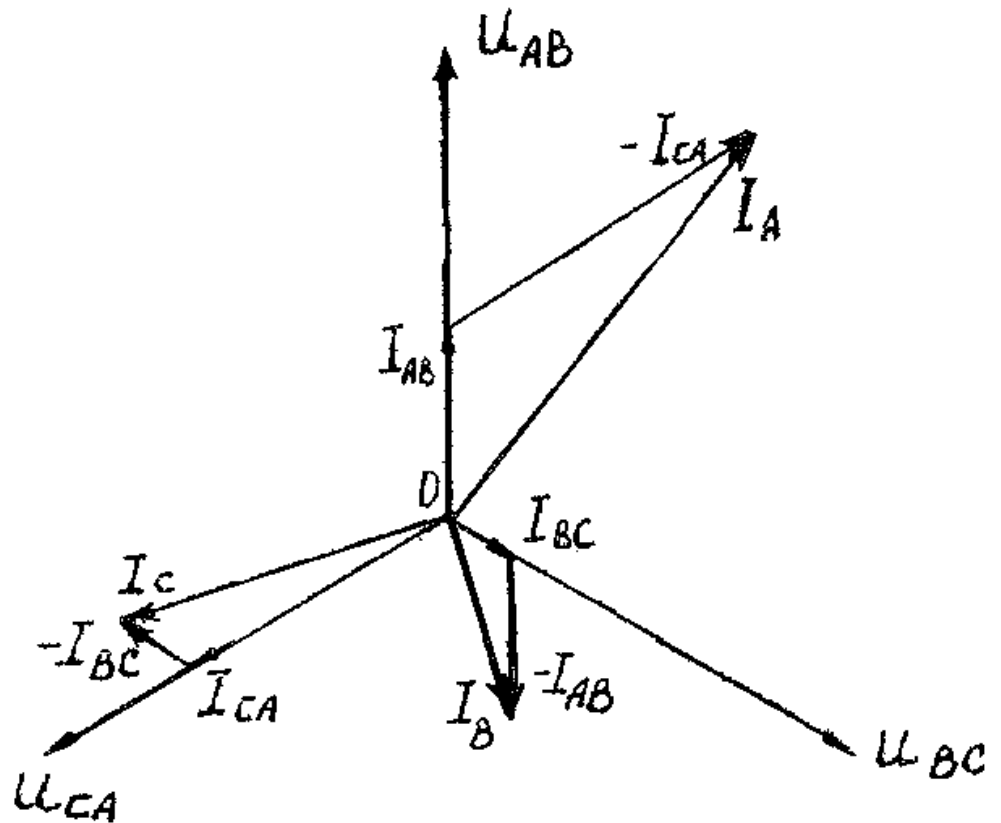


Рис. 7

### Построение векторной диаграммы.

1. Выписываем значения токов и напряжений:

напряжения  $U_{л}=U_{\phi}=U_{AB}=U_{BC}=U_{CA}=220$  В

фазные токи  $I_{\phi 1}=I_{AB}=10$  А,  $I_{\phi 2}=I_{BC}=5$  А,  $I_{\phi 3}=I_{CA}=20$  А

2. Задаемся масштабом:

по току  $M_T=8,3$  А/см;

по напряжению  $M_U=66,7$  В/см.

3. Определяем длину векторов напряжения и токов:

4. Строим диаграмму фазных (линейных) напряжений, откладывая соответствующие векторы под углом  $120^\circ$  относительно друг друга.

5. В фазе с векторами напряжений откладываем векторы фазных токов, так как по условиям задачи нагрузка всех фаз активная ( $\varphi=0^\circ$ ).

6. Геометрическим сложением векторных фаз токов определяем векторы линейных токов. Для этого к концам векторов  $I_{AB}$ ,  $I_{BC}$  и  $I_{CA}$  прибавляем повернутые на  $180^\circ$  векторы токов  $-I_{AB}$ ,  $-I_{BC}$  и  $-I_{CA}$  (с обратным знаком), складывая их попарно.

7. Измерив линейкой длину векторов  $I_A$ ,  $I_B$  и  $I_C$  и зная масштаб  $M_T$ , определяем их числовые значения.

Например

Тогда

Аналогично

**Пример 2.** Потребители в каждую фазу которых включена активная нагрузка, соответственно  $r_{\phi 1} = 22$  Ом,  $r_{\phi 2} = 44$  Ом,  $r_{\phi 3} = 11$  Ом, соединены звездой с нулевым проводом и подключены к сети с линейным напряжением  $U_{л} = 220$  В (рис 8). Определить фазные токи, фазные и полную мощности трехфазной системы.

Построить в масштабе векторную диаграмму и по ней определить числовое значение тока в нулевом проводе.

Дано  $r_{\phi 1} = 22$  Ом,  $r_{\phi 2} = 44$  Ом,  $r_{\phi 3} = 11$  Ом,  $U_{л} = 220$  В

Решение. При наличии нулевого провода (при любой нагрузке фаз равномерной и не равномерной) справедливо соотношение:

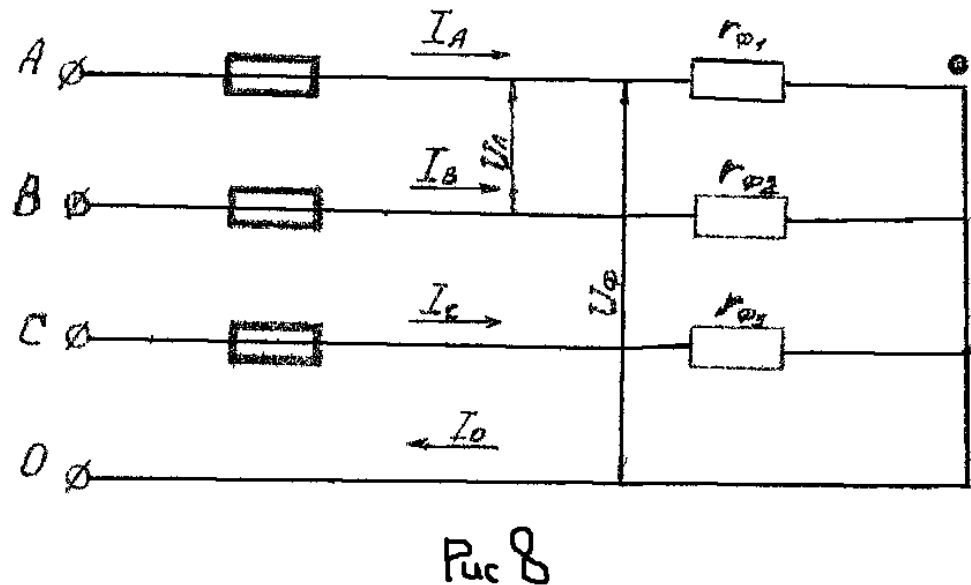
$$U_{\phi} = U_{л} / \sqrt{3} = 220 / 1,73 = 127 \text{ В}, \quad U_{\phi} = U_A = U_B = U_C = 127 \text{ В}.$$

1. Определяем фазные (линейные) токи по закону Ома

$$I_{\phi 1} = I_A = \frac{U_{\phi}}{r_{\phi 1}} = \frac{127}{22} = 5,78 \text{ А}$$

$$I_{\phi 2} = I_B = \frac{U_B}{r_{\phi 2}} = \frac{127}{44} = 2,89 \text{ А}$$

$$I_{\phi 3} = I_C = \frac{U_C}{r_{\phi 3}} = \frac{127}{11} = 11,56 \text{ А}$$



2. Нагрузка чисто активная коэффициент мощности  $\cos\varphi$ . Поэтому мощность также только активная. Мощности фаз:

$$P_{\phi 1} = P_A = I_A^2 * r_{\phi 1} = 5,78^2 * 22 = 737 \text{ Вт}$$

$$P_{\phi 2} = P_B = I_B^2 * r_{\phi 2} = 2,89^2 * 44 = 366 \text{ Вт}$$

$$P_{\phi 3} = P_C = I_C^2 * r_{\phi 3} = 11,56^2 * 11 = 1472 \text{ Вт}$$

Полную мощность определяем как сумму мощностей фаз:

$$P = P_A + P_B + P_C = 737 + 366 + 1472 = 2575 \text{ Вт} = 2,575 \text{ кВт}$$

Для определения числового значения тока в нулевом проводе построим векторную диаграмму.

### Построение векторной диаграммы.

1. Выписываем значения токов и напряжений фазные напряжения  $U_{\phi}$  -  $U_A = U_B = U_C = 127 \text{ В}$ . фазные (линейные) доки  $I_A = 5,78 \text{ А}$ ,  $I_B = 2,89 \text{ А}$ ,  $I_C = 11,56 \text{ А}$
2. Задаем масштаб по току  $M_I = 3 \text{ А/см}$  по напряжению  $M_U = 30 \text{ В/см}$
3. Определяем длину векторов напряжения и токов.



4. Строим диаграмму фазных напряжений (звезду напряжений), откладывая соответствующие векторы под углом  $120^\circ$  друг к другу.

5. В фазе с векторами фазных напряжений строим векторы фазных токов, так как по условиям задачи нагрузка всех фаз активная ( $\varphi = 0^\circ$ )

6. Геометрическим сложением векторов фазных токов получим вектор тока в нулевом проводе (рис 9)

$$I_0 = I_A + I_B + I_C$$

Зная масштаб и измерив линейкой длину вектора определяем  $I_0$  числовое значение тока в нулевом проводе

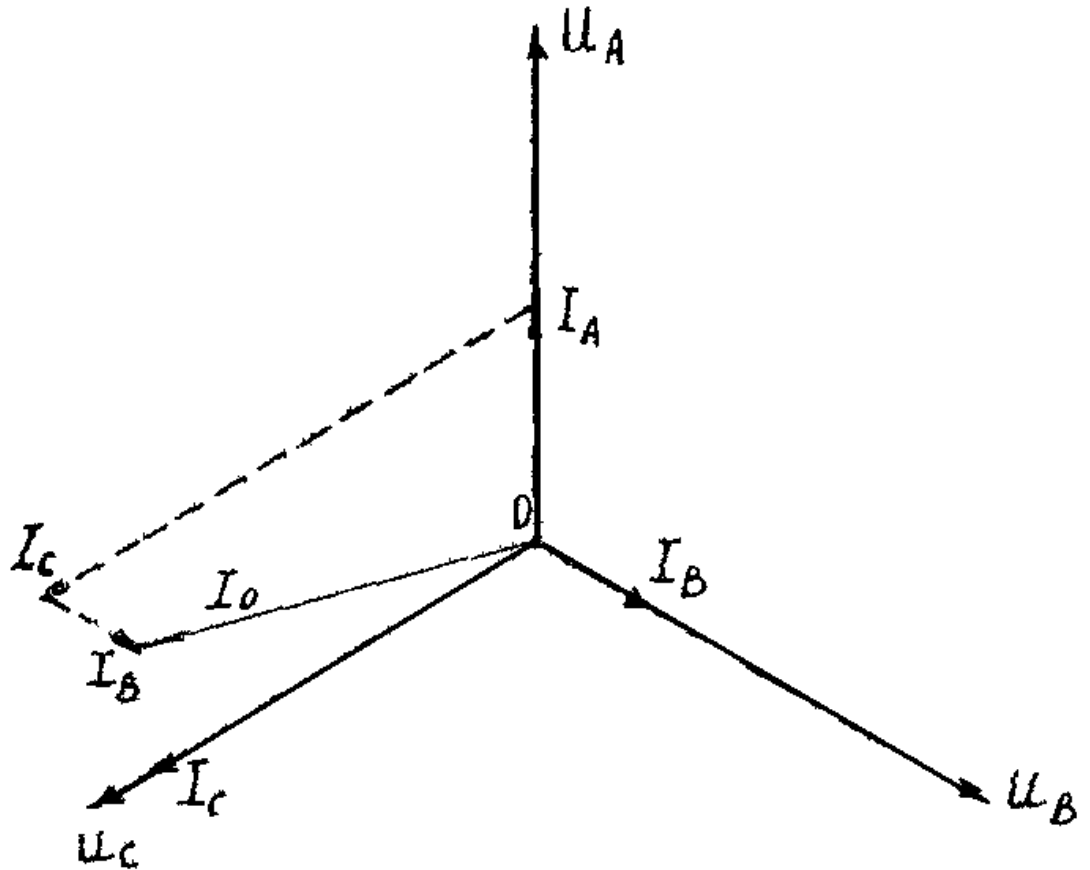


Рис. 9

Рассмотрим решения примера для случая, когда нагрузка имеет не чисто активный характер ( $\cos\varphi \neq 1$ )

**Пример 9.** К трехпроводной сети трехфазного тока с линейным напряжением  $U=220$  В при частоте тока  $f=50$  Гц включены соединенные в треугольнике три катушки

электромагнита, которые образуют симметричную нагрузку. Катушки имеют одинаковые активные  $r=20$  Ом и реактивно-индуктивные  $x_1=40$  Ом сопротивления. Время работы  $t=50$  ч. Определить: 1) индуктивность  $L$  катушки, 2) полное сопротивление фазы  $Z_{\phi}$ , 3) коэффициент мощности  $\cos \phi$  4) фазный ток  $I_{\phi}$ . 5) линейный ток  $I_L$ , 6) фазную активную мощность  $P_{\phi}$ , 7) полную активную мощность  $P$ , 8) фазную мощность  $S_{\phi}$ , 9) полную мощность  $S$ , 10) фазную активную мощность  $Q_{\phi}$ , 11) полную реактивную мощность  $Q$ , 12) активную энергию  $W_a$ , 13) реактивную энергию  $W_p$ .

Построить в масштабе векторную диаграмму.

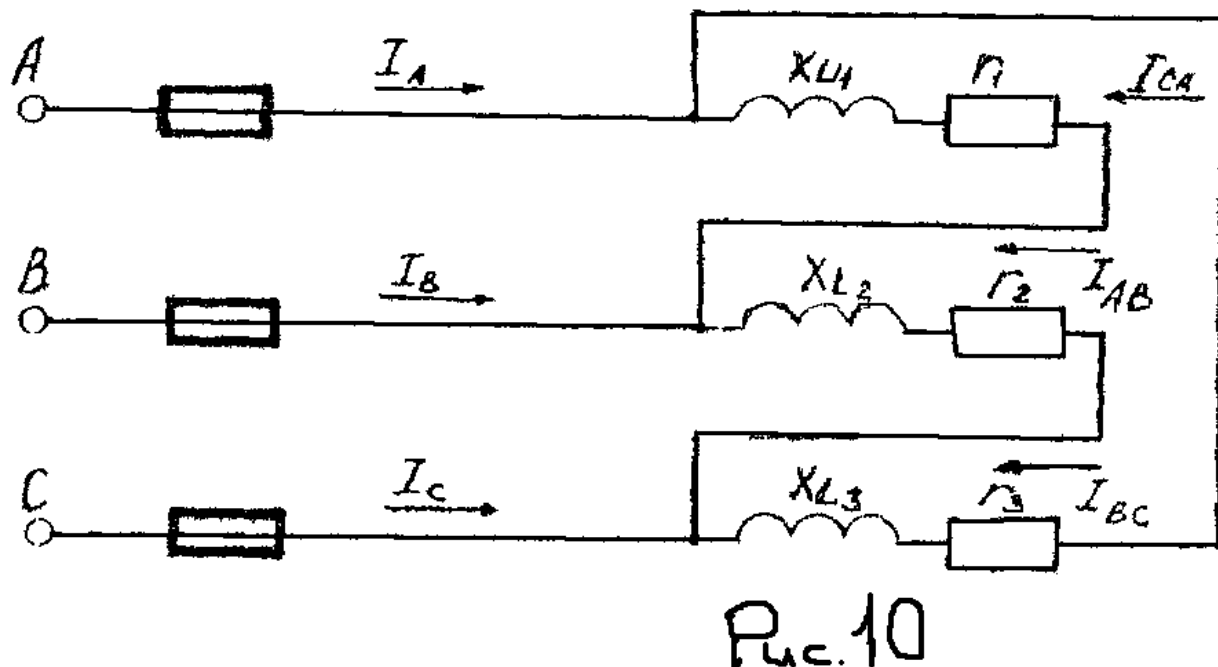
Дано:  $U_L=U_{\phi}=220$ В,  $r=50$  Гц,  $r=r_{\phi 1}=r_{\phi 2}=r_{\phi 3}=20$  Ом,  $x_L=x_{L\phi 1}=x_{L\phi 2}=x_{L\phi 3}=40$  Ом,  $t=50$ ч

Определить:  $L, z_{\phi}, \cos \phi, I_{\phi}, I_L, P_{\phi}, P, S_{\phi}, S, Q, W_a, W_p$ .

Решение: Схема соединения катушек электромагнита показана на рис 10 и 11 в двух вариантах

1. Определим индуктивность катушки  $L$ , зная частоту тока  $f$  и значение индуктивного сопротивления  $X_L$ .

$$X_L = 2\pi fL, L = \frac{X}{2\pi f} = \frac{40}{2 * 3.14 * 50} = \frac{40}{314} = 0.127 \text{ Г}$$



2 вычислим полное сопротивление фазы:

$$Z_{\phi} = \sqrt{r^2 + X^2_L} = \sqrt{20^2 + 40^2} = \sqrt{400 + 1600} = \sqrt{2000} = 44 \text{ Ом}$$

3 определим коэффициент мощности фазы, который будет также и коэффициентом мощности потребителя:  $\cos \varphi = \frac{20}{44} = 0,455$ , откуда  $\varphi = 63^\circ$

4 определим фазный ток по закону Ома в фазе приемника энергии:

$$I_{\phi} = \frac{U_{\phi}}{Z_{\phi}} = \frac{220}{44} = 5 \text{ А}$$

так как потребитель энергии имеет симметричную нагрузку, фазные токи в фазах оказываются равными по величине. Действительно, фазные сопротивления равны  $Z_{\phi} = Z_{AB} = Z_{BC} = Z_{CA}$ , и все они находятся под одним фазным напряжением  $U_{\phi}$ , следовательно, токи равны:

$$I_{\phi} = I_{AB} = I_{BC} = I_{CA} = 5 \text{ А}$$

5 известно, что при равномерной нагрузке (при соединении фаз потребителя треугольником) линейные токи оказываются больше фазных в  $\sqrt{3}$  раз.

$$I_{л} = \sqrt{3} * I_{\phi} = \sqrt{3} * 5 = 1,73 * 5 = 8,65 \text{ А}$$

Следовательно:

$$I_{л} = I_A = I_B = I_C = 8,65 \text{ А}$$

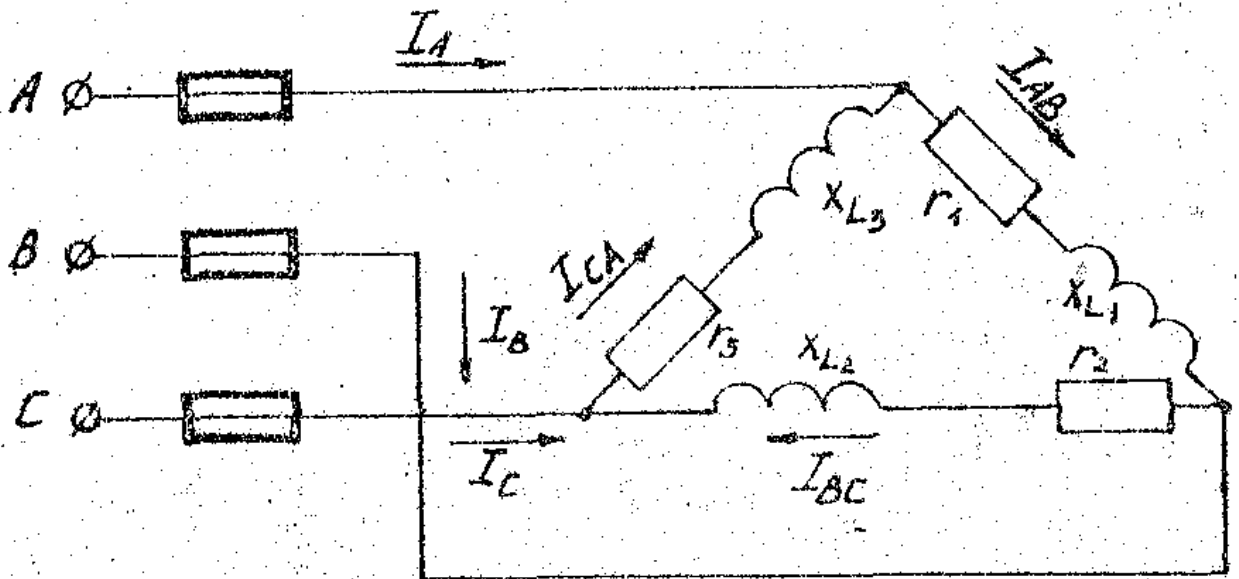


Рис. 11

6 определим активную мощность фазы, зная, что характер нагрузки активно-индуктивный ( $\varphi=63^\circ>0^\circ$ ):

$$P_\phi = U_\phi I_\phi \cos \varphi = I_\phi^2 r_A = 5^2 * 20 = 25 * 20 = 500 \text{ Вт} = 0,5 \text{ кВт}$$

7 найдем активную мощность трех фаз, учитывая, что активные мощности фаз равны друг другу:

$$P = 3 * P_\phi = 3 * 0,5 = 1,5 \text{ кВт.}$$

8 вычислим полную мощность фазы:

$$S = U_\phi * I_\phi = 220 * 5 = 1100 \text{ В*А} = 1,1 \text{ кВт*А}$$

9 определим полную мощность трехфазной системы S, зная, что полные мощности фаз равны друг другу:  $S=3*S_\phi = 3*1,1=3,3 \text{ кВт*А}$  .

10 вычислим реактивную мощность фазы:

$$Q_\phi = U_\phi * I_\phi * \sin \varphi = I_\phi^2 * x_L = 25 * 40 = 1000 \text{ вар} = 1 \text{ квар.}$$

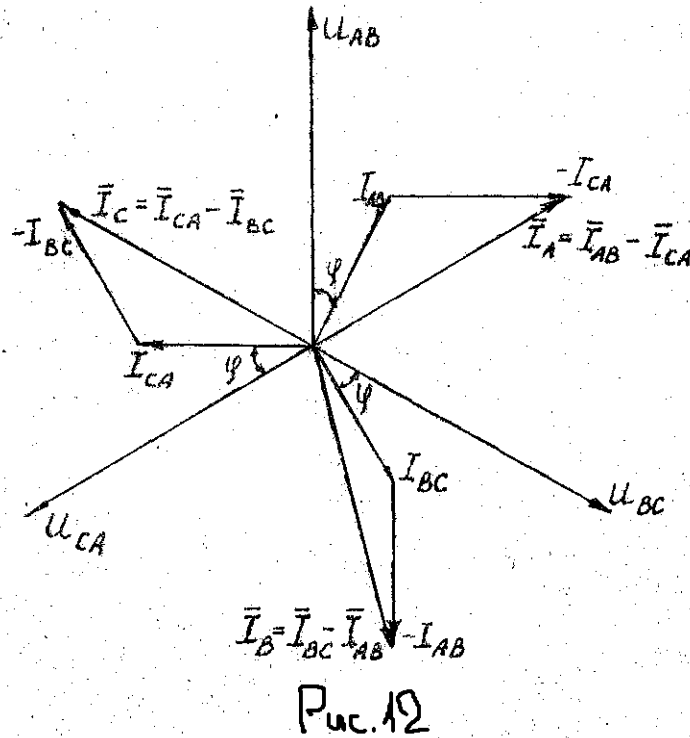
11 определим полную реактивную мощность трех фаз, помня, что реактивные мощности фаз также равны друг другу:  
 $Q = 3Q_\phi = 3*1 = 3 \text{ квар}$

12 зная время работы электромагнита, вычислим израсходованную активную энергию  $W_a$ , которая измеряется счетчиком активной энергии:

$$. W_a = P * t = 1,5 * 50 = 75 \text{ кВт*ч.}$$

13 Определим значение реактивной энергии, которая фиксируется счетчиком реактивной энергии:

$$W_p = Q * t = 3 * 50 = 150 \text{ квар*ч.}$$



При симметричной нагрузке фаз линейные токи легко подсчитываются по известным значениям фазных токов (п.5 решения задачи) и для этого, как было при несимметричной нагрузке фаз (пример 1), векторную диаграмму строить нет необходимости. Векторная диаграмма для такой цепи показана на рис. 12 из которого видно, что она отличается от диаграммы с чисто активной нагрузкой фаз (см.рис.7) углами сдвига фаз ( $\varphi_{AB} = \varphi_{BC} = \varphi_{CA} = \varphi \neq 0$ ) между векторами фазных токов и напряжений.

#### Задача 4.

**Задача 4. Варианты 01-30.** Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором приводит в движение грузовой подъемник, установленный в здании универсама. Линейное напряжение  $U_1$ , ток, потребляемый двигателем из сети  $I_1$ . Частота тока в сети  $f_1=50$ Гц, частота тока в обмотке ротора  $f_2$ . Активная мощность, потребляемая двигателем  $P_1$ , полезная мощность  $P_2$ , суммарные потери в двигателе  $\Sigma P$ , коэффициент мощности  $\cos\varphi$  к.п.д. двигателя  $\eta$ , вращающий момент  $M$ , развиваемый двигателем при работе электромеханического подъемника. Число пар полюсов  $p$ . Частота вращающего магнитного потока  $n_1$ , частота вращения ротора  $n_2$  и его скольжение  $s$ . Используя значения данных двигателя, указанных для вашего варианта в табл. 8, определить неизвестные величины, против которых в соответствующих графах таблицы поставлен знак вопроса.

#### Задача 4.

**Задача 4. Варианты 31-60.** Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором приводит в движение транспортер, перемещающий из склада цеха ящики в вагоны железной дороги. Линейное напряжение  $U_1$ , ток, потребляемый двигателем из сети  $I_1$ . Частота тока в сети  $f_1=50$ Гц, частота тока в обмотке ротора  $f_2$ . Активная мощность, потребляемая двигателем  $P_1$ , полезная мощность  $P_2$ , суммарные потери в двигателе  $\Sigma P$ , коэффициент мощности  $\cos\varphi$  к.п.д. двигателя  $\eta$ , вращающий момент  $M$ , развиваемый двигателем при работе транспортера. Число пар полюсов  $p$ . Частота вращающего

магнитного потока  $n_1$ , частота вращения ротора  $n_2$  и его скольжение  $s$ . Используя значения данных двигателя, указанных для вашего варианта в табл. 9, определить неизвестные величины, против которых в соответствующих графах таблицы поставлен знак вопроса.

#### Задача 4.

**Задача 4. Варианты 61-80.** Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым, работая в номинальном режиме, приводит в движение агрегат с центробежным насосом, который подает воду под давлением на пост мойки автомобиля. Линейное напряжение  $U_n$ , ток, потребляемый двигателем из сети  $I_n$ . Активная мощность, потребляемая двигателем  $P_1$ , полезная мощность  $P_{2n}$ , суммарные потери в двигателе  $\Sigma P$ . К.п.д. двигателя  $\eta_n$ , коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ . Вращающие моменты, которые развивает двигатель: пусковой  $M_n$ , номинальный  $M_n$ . кратность пускового момента  $M_n/M_n$ . Синхронная частота вращающего магнитного потока  $n_1$ , частота вращения ротора  $n_2$ , скольжение ротора при номинальной нагрузке  $s$ . Используя номинальные значения двигателя, указанных для вашего варианта в табл. 10, определить неизвестные величины, против которых в соответствующих графах таблицы поставлен знак вопроса.

**Задача 4. Варианты 81-100.** Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым, работая в номинальном режиме, приводит в движение активаторы стиральной машины, которая используется в комбinate бытовых услуг для стирки белья. Линейное напряжение  $U_n$ , ток, потребляемый двигателем из сети  $I_n$ , пусковой ток  $I_n$ , кратность пускового тока  $I_n/I_n$ . Активная мощность, потребляемая двигателем  $P_1$ , полезная мощность  $P_{2n}$ , суммарные потери в двигателе  $\Sigma P$ . К.п.д. двигателя  $\eta_n$ , коэффициент мощности  $\cos\varphi_n$ . Вращающие моменты, которые развивает двигатель: номинальный  $M_n$ , максимальный  $M_m$ . Перегрузочная способность двигателя  $M_m/M_n$ . Синхронная частота вращающего магнитного потока  $n_1$ , частота вращения ротора  $n_2$ , скольжение ротора при номинальной нагрузке  $s$ . Используя номинальные значения двигателя, указанных для вашего варианта в табл. 11, определить неизвестные величины, против которых в соответствующих графах таблицы поставлен знак вопроса.

Таблица 8

#### Данные к задаче 4. Варианты 01-30

Электропровод: трехфазный асинхронный двигатель-механизм  
грузового подъемника

$$f_1 = 50 \text{ Гц}$$

Вариант	$U_1$ , В	$I_1$ , А	$P_1$ , кВт	$P_2$ , кВт	$\eta$	$\Sigma P$ , кВт	$\cos\varphi$	$M$ , Н*м	$n_1$ , об/мин	$n_2$ , об/мин	$S$ , %	$f$ , Гц	$p$
01	220	?	?	?	0,89	?	0.86	276	1000	975	-	-	?
02	380	11	4,5	?	?	0,9	&	-	750	730	?	?	-
03	220	?	?	?	0,87	-	0.89	23.3	3000	2890	?	-	?
04	380	?	?	10	0,88	?	0.89	-	?	-	2,6	?	1
05	220	?	?	9,2	0,84	?	0.89	30	3000	?	?	-	-
06	380	16	?	?	0,81	?	0.89	?	3000	2940	-	-	?
07	220	16	?	?	0,86	?	0.85	?	?	1440	?	-	2
08	380	8,5	?	?	0,8	?	0.85	?	-	1470	2	?	-
09	220	24	?	?	0,89	?	0.89	?	?	2960	-	-	1
10	380	?	?	55	0,91	-	0.88	?	1000	?	?	1	?
11	220	?	?	?	0,87	?	0.88	504	?	990	-	-	3
12	220	38,8	?	?	0,85	?	0.8	?	?	730	-	-	4
13	380	30	?	?	0,79	?	0.85	?	750	?	2,66	?	-

14	380	?	?	?	0,88	-	0,88	92,5	1500	1415	?	?	-
15	380	?	3,6	2,8	?	?	0,85	?	?	1420	-	-	2
16	-	-	22,6	?	?	2,6	-	?	3000	?	?	1,3	?
17	380	?	?	6,4	0,79	-	0,89	21	?	?	?	?	1
18	220	30	?	?	0,85	?	0,89	?	3000	2945	?	-	-
19	380	5,2	?	?	0,84	?	0,85	-	?	?	5	?	2
20	380	?	6	?	0,88	-	0,86	-	?	?	?	2,2	2
21	220	?	?	7,2	0,82	?	0,89	-	3000	2955	?	?	?
22	380	14	?	?	0,78	?	0,89	-	?	-	?	2	1
23	220	9,2	?	?	0,85	?	0,85	?	1500	?	4	?	-
24	220	?	?	?	?	4	0,84	394	1000	975	?	?	-
25	380	?	2,1	?	?	0,4	0,87	-	?	?	7	-	3
26	220	?	?	4,5	0,84	?	0,8	?	1000	950	?	-	-
27	220	?	8,05	?	0,87	?	0,87	?	?	1400	-	-	2
28	220	-	4,5	?	-	1	-	?	?	?	?	2,5	3
29	380	?	1,8	4,8	?	-	0,82	-	?	?	?	1,8	4
30	380	13,6	?	5,3	0,78	?	0,81	?	?	2950	-	-	3

Таблица 9

**Данные к задаче 4. Варианты 31-60**  
*Электропровод: трехфазный асинхронный двигатель-механизм*  
*транспортера*  
 $f_1=50\text{Гц}$

Вариант	U <sub>1</sub> , В	I <sub>1</sub> , А	P <sub>1</sub> , кВт	P <sub>2</sub> , кВт	η	ΣP, кВт	cosφ	M, Н*м	n <sub>1</sub> , об/мин	n <sub>2</sub> , об/мин	S, %	f, Гц	p
31	380	87	?	?	0,89	?	0,81	?	750	720	-	-	?
32	380	15,5	?	?	0,86	?	0,88	?	3000	2870	?	-	?
33	220	?	?	4,5	?	0,75	0,88	15,5	?	?	-	-	1
34	220	25	?	?	0,85	?	0,78	?	750	740	?	?	-
35	220	?	?	20	?	2,5	0,9	?	?	2920	2,66	-	-
36	380	9,4	?	4,5	?	0,75	?	?	?	1440	-	-	2
37	220	?	?	14	0,87	?	0,84	?	-	970	3	?	-
38	380	?	?	?	0,8	-	0,75	95,65	750	?	6,6	?	?
39	380	9	?	?	0,82	-	0,85	?	1500	?	4	-	?
40	220	16,3	5,25	4,5	?	?	?	?	3000	2870	?	?	-
41	220	78	?	?	0,85	?	0,79	?	?	710	?	-	4
42	380	24	?	?	-	2,1	0,76	?	750	?	6,6	?	-
43	380	?	?	?	?	1,1	0,87	5,7	3000	2870	-	-	?
44	380	?	22,5	?	0,88	-	0,85	?	-	710	3	?	?
45	220	?	?	?	0,82	-	0,79	273,3	?	?	?	3,3	4
46	380	5,8	?	2,8	-	0,53	?	?	?	2870	?	-	1
47	220	?	?	?	0,8	-	0,88	11,1	?	2870	?	-	1
48	220	?	?	?	0,85	?	0,78	13,1	-	730	2,66	?	-
49	220	28	?	7	?	1,25	?	?	750	730	?	-	-
50	380	?	16	14	?	?	0,89	?	?	2920	?	-	1
51	380	?	?	4,3	0,8	?	0,76	?	750	?	4	-	?

52	380	9,5	?	?	0,78	?	0,76	?	750	735	?	?	-
53	220	?	16,3	?	-	?	0,79	191,3	?	700	?	?	4
54	220	?	?	4,1	0,8	?	0,85	?	-	1460	-	-	-
55	220	10,1	?	?	0,79	?	0,84	-	1500	1465	?	-	-
56	380	-	?	?	0,84	-	0,8	375	750	?	5,3	?	?
57	220	38,8	?	10	0,85	?	?	?	1000	970	?	-	-
58	220	?	?	?	-	0,55	0,84	18,7	?	1420	?	-	2
59	220	6,7	?	1,7	0,81	?	?	?	?	1420	?	-	2
60	380	11	?	?	?	0,9	0,76	?	750	730	?	-	?

Таблица 10

## Данные к задаче 4. Варианты 61-80

Электропровод: трехфазный асинхронный двигатель-агрегат  
центробежным насосом

Вариант	U <sub>н</sub> , В	I <sub>н</sub> , А	P <sub>1</sub> , кВт	P <sub>2н</sub> , кВт	η <sub>н</sub>	ΣP, кВт	cosφ <sub>н</sub>	M <sub>н</sub> , Н*М	M <sub>п</sub> / M <sub>н</sub>	M <sub>п</sub> , Н*М	n <sub>1</sub> , об/мин	n <sub>2</sub> , об/мин	S, %
61	220	?	?	?	0,84	?	0,77	191,3	-	-	750	700	?
62	380	9,1	?	?	-	2,5	0,88	?	1,8	?	3000	2870	?
63	220	?	?	2,8	0,84	?	0,88	?	1,6	?	-	2870	-
64	220	?	32,3	?	?	?	0,8	376	-	-	750	710	?
65	380	?	?	?	0,83	-	0,84	?	1,9	35,72	1500	1420	?
66	380	?	?	7	0,8	?	0,72	?	-	-	750	730	?
67	220	197	?	?	?	6,6	0,82	?	-	-	750	730	?
68	220	24	?	?	0,87	?	0,89	?	1,5	?	-	2890	-
69	380	?	?	?	0,85	-	0,8	?	1,1	119	750	730	?
70	220	28	?	?	0,85	?	0,76	91,6	1,0	?	-	?	-
71	380	?	?	?	0,85	?	0,78	?	1,8	?	-	2870	-
72	380	11	?	4,5	?	1,88	?	52,4	?	52,4	-	?	-
73	220	147	?	55	0,89	?	?	?	-	-	?	720	4
74	380	9,4	?	?	?	0,76	0,85	?	1,4	?	?	1440	4
75	220	?	?	?	0,83	-	0,84	18,8	1,9	?	1500	1420	?
76	380	6,1	?	?	0,83	?	0,84	?	1,3	?	-	1420	-
77	220	?	?	?	0,86	?	0,79	296,4	-	-	750	710	?
78	380	87	?	?	?	4,4	0,81	?	-	-	750	720	?
79	220	18	?	?	0,84	?	0,76	?	-	-	750	?	2,66
80	380	3,9	2,08	1,7	?	?	?	?	?	?	-	1420	-



Таблица 11

**Данные к задаче 4. Варианты 81-100**  
*Электропровод: трехфазный асинхронный двигатель-  
 активаторы стиральной машины*

Вариант	U <sub>н</sub> , В	I <sub>н</sub> , А	P <sub>1</sub> , кВт	P <sub>2н</sub> , кВт	η <sub>н</sub>	ΣP, кВт	cosφ <sub>н</sub>	M <sub>н</sub> , Н*М	M <sub>м</sub> , Н*М	M <sub>м</sub> / M <sub>н</sub>	n <sub>1</sub> , об/мин	n <sub>2</sub> , об/мин	S, %	I <sub>п</sub> , А	I <sub>п</sub> / I <sub>н</sub>
81	380	?	8,05	?	0,87	-	0,89	?	?	2,2	-	2890	-	?	6
82	220	15,7	7	?	0,85	-	0,88	15,1	?	2,4	3000	?	?	-	-
83	380	17,5	?	?	0,8	?	?	?	?	1,9	-	700	-	-	-
84	380	3,9	?	?	0,81	?	0,82	11,5	?	2	-	?	-	?	5
85	380	16,3	?	?	0,86	?	0,85	-	-	-	?	1440	4	?	6
86	220	38,8	?	?	-	1,7	0,8	?	?	1,1	-	730	-	?	4
87	220	24	?	?	0,87	-	0,87	5,72	?	2,4	3000	?	?	?	6
88	380	?	3,33	?	-	0,53	0,89	?	?	2,2	1500	?	2,8	?	5,5
89	380	?	5,3	?	-	0,8	0,85	29,3	?	2	1500	?	?	?	6
90	220	?	5,46	?	0,81	?	0,76	?	?	1,7	-	730	-	?	4,5
91	380	?	?	4,5	0,86	-	0,88	?	?	2,4	-	2870	-	?	6
92	220	42	?	?	?	2,1	0,76	136,6	?	1,8	750	?	?	-	-
93	380	?	10	?	?	2,12	0,76	?	?	1,8	-	700	-	-	-
94	220	10	?	?	0,84	?	0,86	?	?	2,2	3000	2870	?	-	-
95	220	?	3,4	2,8	-	-	0,84	?	?	2	1500	1420	?	?	5,5
96	220	?	?	10	0,85	-	0,8	130	?	1,1	-	720	-	?	4
97	380	33	?	?	?	2,8	0,77	?	?	1,9	-	700	-	-	-
98	220	10,5	?	?	-	0,55	0,84	18,9	?	2	-	?	-	?	1,9
99	380	?	1,7	?	0,82	-	0,82	?	?	2	1500	1420	?	?	5
100	380	16	-	?	?	1,24	0,78	91	?	1,7	-	?	-	?	4,5

**Указания к решению задачи 4.**

Задача 4 относится к теме «Электрические машины переменного тока». Для ее решения необходимо знать устройство, принцип действия асинхронного двигателя (АД) и зависимость между электрическими величинами, характеризующую его работу. Частота вращения магнитного поля (синхронная частота)  $n_1$  зависит от числа пар полюсов  $p$  и частота тока в стартере  $f_1$ . Эта зависимость определяется формулой

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} \text{ об/мин}$$

При промышленной частоте  $f_1=50\text{Гц} = \text{const}$  формула примет вид:

$$n_1 = \frac{60 * 50}{p} = \frac{3000}{p}$$

Зная  $P$ , можно определить  $n_1$  (частоту вращения магнитного поля статора)

Например при:

$$P=1 \quad n_1 = \frac{3000}{1} = 3000 \text{ об / мин}$$

$$P=2 \quad n_1 = \frac{3000}{2} = 1500 \text{ об / мин}$$

$$P=3 \quad n_1 = \frac{3000}{3} = 1000 \text{ об / мин}$$

$$P=4 \quad n_1 = \frac{3000}{4} = 750 \text{ об / мин}$$

**Пример 1.** Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором при номинальном режиме и частоте тока питающей сети  $f=50$ Гц имеет частоту вращения ротора  $n_{2H}=2850$  об/мин. Определить: 1) скольжение ротора двигателя  $S_H$ , 2) частоту э.д.с. и тока в роторе  $f_2$ .

Дано:  $n_{2H}=2850$ ,  $f=50$ Гц.

Определить:  $S_H$ ,  $f_2$ .

Решение. Определяем скольжение, применив формулу

$$S_H = \frac{n_1 - n_{2H}}{n_1}$$

По условию задачи  $n_{2H}=2850$  об/мин. Ближайшая величина частоты вращения магнитного поля (синхронная частота)  $n_1=3000$  об/мин. Следовательно,  $S_H = \frac{3000 - 2850}{3000} = \frac{150}{3000} = 0,05$ , или  $S_H = 5\%$

2. Определим частоту э.д.с. и тока ротора  $f_2$ , применив формулу  $f_2 = f_1 \cdot S_H = 50 \cdot 0,05 = 2,5$ Гц

**Пример 2.** Асинхронным двигатель с короткозамкнутым ротором подключен к сети с напряжением  $U_2=380$ В. Технические данные двигателя: частота вращения ротора  $n_{2H}=2850$  об/мин, ток статора двигателя  $I_{1H}=3,7$ А, коэффициент полезного действия  $\eta_H=81,5\%$

кратность пускового тока  $I_{1п}$ , кратность пускового момента  $M_{п}$ ,

коэффициент мощности  $\cos\varphi=0,87$ . Определить для номинального режима работы двигателя следующие данные: 1) потребляемую мощность, развиваемую из сети  $P_1$ , 2) полезную мощность развиваемую на валу двигателя  $P_{2H}$ , 3) номинальный  $M_H$  и пусковой  $M_{п}$  моменты вращения, 4) суммарные потери в двигателе  $\Sigma P$ , ток при пуске двигателя  $I_{1п}$

Дано:  $U_2=380$ В,  $I_{1H}=3,7$ А,  $\eta_H=81,5\%$ ,  $n_{2H}=2850$  об/мин,  $\cos\varphi=0,87$

Определить:  $P_1$ ,  $P_{2H}$ ,  $M_H$ ,  $M_{п}$ ,  $\Sigma P$ ,  $I_{1п}$

Решение:

1. Определить потребляемую двигателем мощность по формуле:

$$P_1 \sqrt{3} U_1 I_{1H} \cos \varphi_{1y} = \sqrt{3} * 380 * 3.7 * 0.87 = 2120 \text{ Вт} = 2,12 \text{ кВт}$$

2. Полезную мощность  $P_{1H}$  и суммарные потери в двигателе определим по формуле:

$$\eta_H = \frac{P_{2H}}{P_1} * 100\% = \frac{P_1 - \Sigma P}{P_1} * 100\%$$

$$P_{2H} = P_1 * \eta_H = 2,12 * 0,815 = 1,73 \text{ кВт}$$

$$\Sigma P = P_1 - P_{2H} = 2,12 - 1,73 = 0,39 \text{ кВт} = 390 \text{ Вт}$$

3. Номинальный момент вращения  $M_H$  определим по уже известной формуле

$$M_n = 9565 * \frac{P_{2n}}{n_{2n}} = 9565 * \frac{1,73}{2850} = 5,8H * м$$

Зная, что пусковой момент по условию задачи в 2 раза больше номинального получим:

$$M_n = M_n * 1.2 = 5.8 * 1.2 = 6.96H * м$$

4. Определим пусковой ток:

$$I_n = 6 * I_n = 6 * 3,7 = 22,2A$$

**Маслаков Михаил Дмитриевич**

доктор технических наук, профессор

**Слепов Владимир Владимирович**

кандидат педагогических, доцент

**Пименова Марина Александровна**

**Электротехника и электроника:**

**Методические рекомендации по выполнению контрольной  
работы для слушателей заочного обучения по специальности 330400**

**“Пожарная безопасность электроустановок”**

**Раздел Электротехника**

Ответственный за выпуск М.Д.Маслаков

---

Подписано к печати

Тираж

Формат 60 x 84 1/16

Печать офсетная

Уч. \_\_\_\_\_ изд. л.

Заказ №