

Ксероке

709112

## ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Вторая контрольная работа предусматривает выполнение студентами двух задач:

1. Расчет несимметричной трехфазной цепи.

2. Расчет линейного пассивного четырехполюсника. Контрольные задания имеют 100 вариантов. Варианты одного и того же задания отличаются друг от друга схемами и числовыми значениями заданных величин. Исходные расчетные данные к заданиям определяются по двум последним цифрам шифра студента: по предпоследней цифре выбирают номер схемы, а по последней — номер строки в таблице.

Указания к выполнению и оформлению контрольных работ изложены в рабочей программе курса теоретических основ электротехники. Студенты-заочники обязаны тщательно изучить все материалы этого пособия, соблюдать изложенные в нем требования при выполнении и оформления контрольных работ.

### Список рекомендуемой литературы

1. Теоретические основы электротехники. Под редакцией П. А. Юонкина. М., «Высшая школа», 1976, т. I.
2. Зевеке Г. В., Ионкин П. А., Негушиг А. В., Страхов С. В. Основы теории цепей. М., «Энергия», 1975.
3. Нейман Д. Р., Демидов К. С. Теоретические основы электротехники. Том I. «Энергия», 1975.
4. Атабекова Г. И. Теоретические основы электротехники. Часть I, М., «Энергия», 1978.
5. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники. М., «Высшая школа», 1978.
6. Капляевский А. Е., Лысенко А. П., Подготовский Л. С. Теоретические основы электротехники. М., «Высшая школа», 1972.
7. Подлянов К. М. Теоретические основы электротехники. Часть I, М., «Энергия», 1972.
8. Бессонов Л. А. и др. Сборник задач по теоретическим основам электротехники. М., «Высшая школа», 1975.
9. Шебес М. Р. Теория линейных электрических цепей в управлении и задачах. М., «Высшая школа», 1967.
10. Гольдин О. Е., Капляевский А. Е., Подготовский Л. С. Программированное изучение теоретических основ электротехники. М., «Высшая школа», 1978.
11. Бяков А. П., Санков Г. Н. Теоретические основы электротехники. Символический метод расчета электрических цепей переменного тока. М., ВЗНИИТ, 1970.

**ЗАДАЧА № 1**  
**РАСЧЕТ НЕСИММЕТРИЧНОЙ ТРЕХФАЗНОЙ ЦЕПИ**

На рис. 1а, б, в представлена схема несимметричной трехфазной цепи с симметричными фазными ЭДС. Численные значения ЭДС и комплексы полных сопротивлений заданы в табл. 1. Внутренними сопротивлениями источника пренебречь.

Таблица 1

Номер строки	$E_{\phi}, В$	$Z_{11}, Ом$	$Z_{12}, Ом$	$Z_{21}, Ом$	$Z_{22}, Ом$	$Z_{31}, Ом$	$Z_{32}, Ом$	$Z_{33}, Ом$
1	220	$2+j2$	$10+j10$	$15-j10$	$10+j14$	$13+j5$	$15+j20$	
2	380	$2+j3$	$15-j10$	$10+j12$	$10+j10$	$10+j5$	$15-j8$	
3	127	$2+j4$	$12+j14$	$16+j20$	$16+j10$	$13+j14$	$15-j10$	
4	120	$2+j5$	$10+j14$	$10+j14$	$15-j10$	$12+j15$	$16+j20$	
5	220	$3+j2$	$15+j20$	$12+j15$	$15-j10$	$13+j13$	$10+j10$	
6	380	$3+j4$	$15-j8$	$10+j18$	$10+j12$	$14+j6$	$12+j14$	
7	127	$4+j4$	$10-j12$	$10-j18$	$12+j14$	$14+j14$	$10+j14$	
8	120	$3+j3$	$10-j18$	$10+j10$	$10-j18$	$13+j16$	$10+j12$	
9	380	$4+j5$	$16+j20$	$15+j20$	$15-j8$	$13+j12$	$12+j15$	
10	220	$3+j5$	$10+j15$	$12+j14$	$12+j15$	$16+j12$	$10-j18$	

**Требуется:**

1. Определить токи и напряжения на всех участках схемы.
  2. Составить баланс активных мощностей.
  3. Построить в масштабе векторную диаграмму токов и топографическую диаграмму напряжений.
  4. Разложить полученную систему токов генератора на симметричные составляющие аналитически и графически.
- Примечание. 4-й пункт задан выполняется только студентами специальности ЭМ.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

Несимметричную трехфазную цепь со статическими нагрузками (без вращающихся машин) можно рассматривать как сложную цепь с несколькими источниками ЭДС в расщепленной, используя общие методы в комплексной форме. При соединении источника и приемника звездой (рис. 2) наиболее удобным методом расчета является метод двух узлов. Прежде всего определяют смещение нейтрали

$$U_{o,o} = \frac{U_A Y_A + U_B Y_B + U_C Y_C}{Y_A + Y_B + Y_C + Y_0}$$

где  $U_A, U_B, U_C$  — фазные напряжения генератора;  $Y_A, Y_B, Y_C, Y_0$  — проводимости отдельных фаз и нейтрального (нулевого) провода.

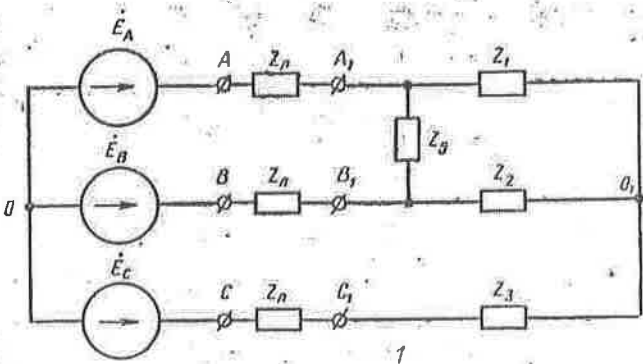
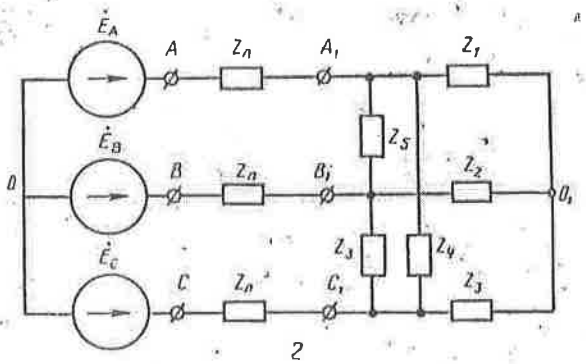


Рис. 1а

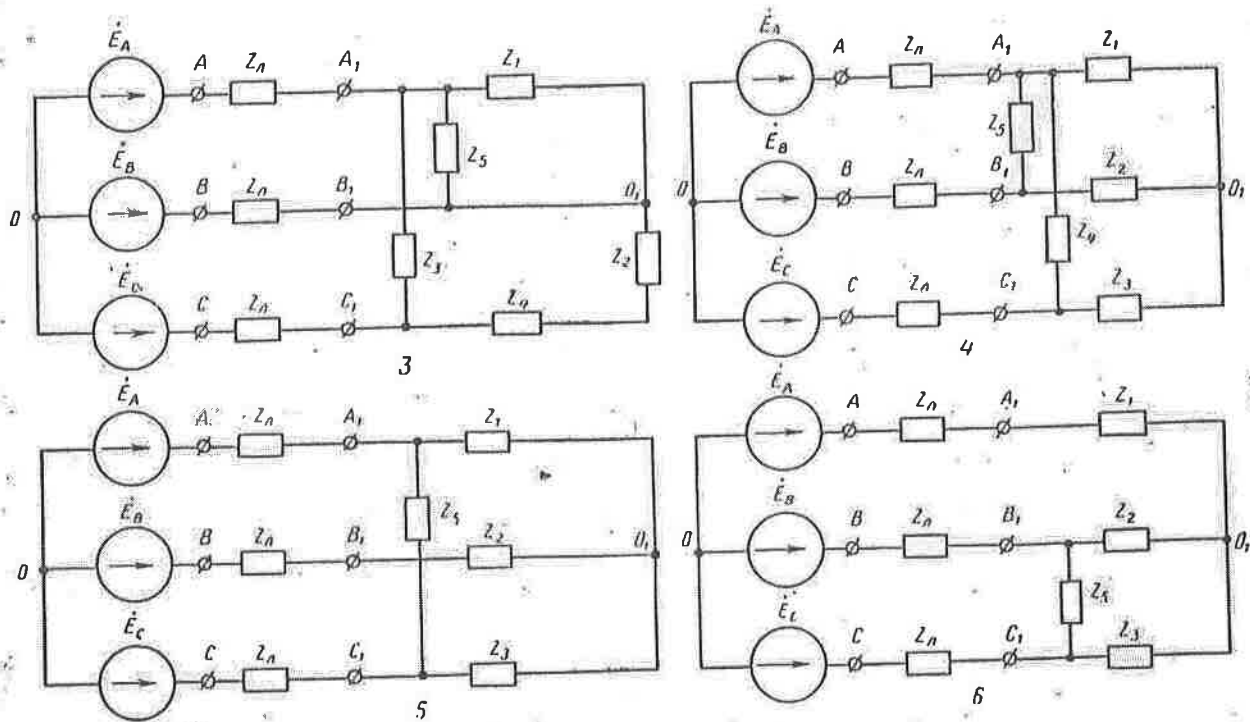


Рис. 16.

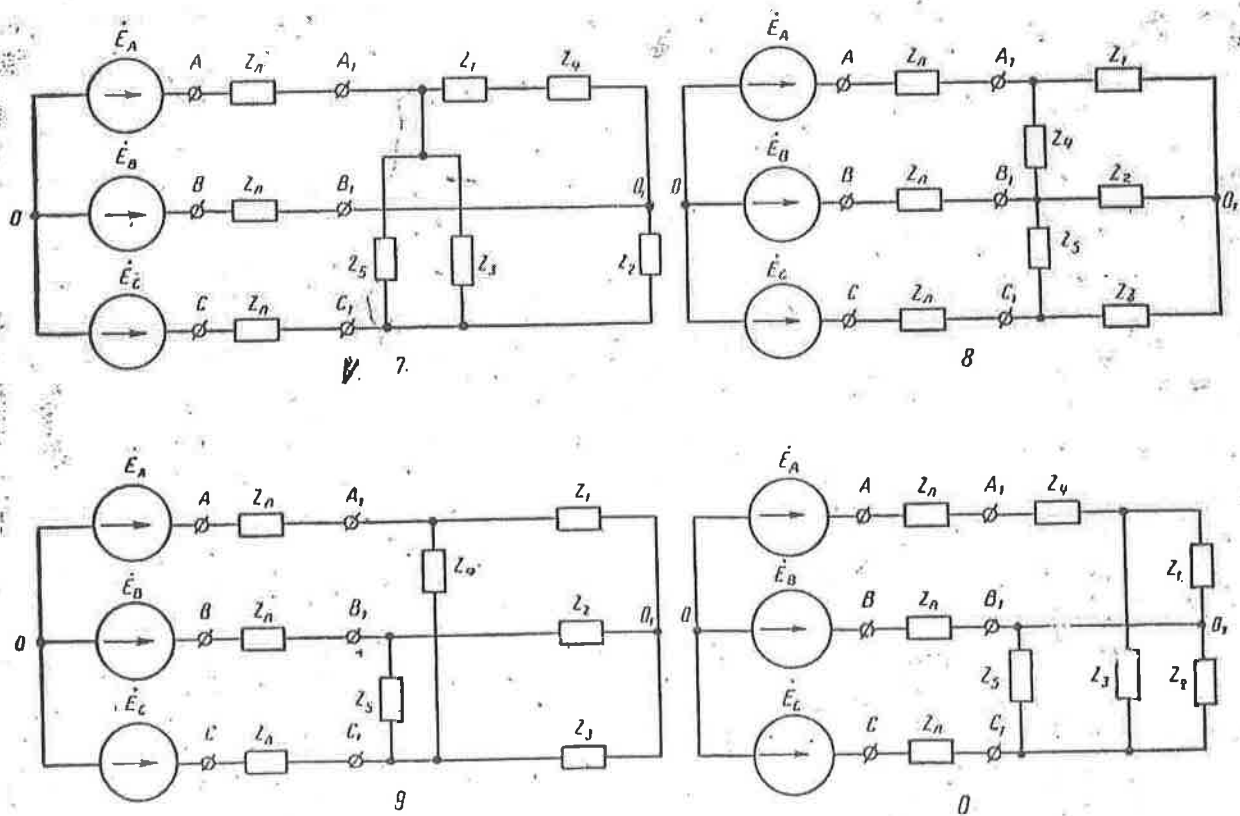


Рис. 1в

Затем находят токи:

$$i_A = Y_A(\dot{U}_A - \dot{U}_{0,0}), \quad i_B = Y_B(\dot{U}_B - \dot{U}_{0,0}), \quad i_C = Y_C(\dot{U}_C - \dot{U}_{0,0});$$

$$i_0 = Y_0 \dot{U}_{0,0} = i_A + i_B + i_C.$$

При отсутствии нейтрального провода расчет ведут тем же методом, полагая  $Y_0 = 0$  ( $Z_0 = \infty$ ).  
Если нагрузка соединена треугольником (рис. 3) и сопротивлением проводов  $Z_1$  пренебречь нельзя, то треуголь-

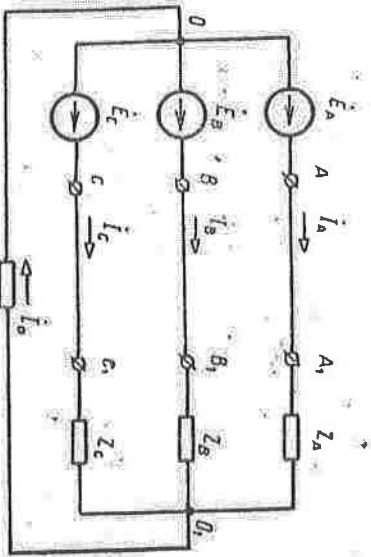


Рис. 2

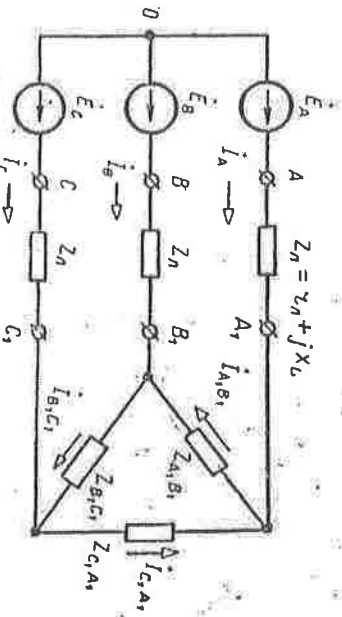


Рис. 3

ник  $Z_{A_1}, Z_{B_1}, Z_{C_1}$  преобразуют в эквивалентную звезду  $Z_{A_1}, Z_{B_1}, Z_{C_1}$  (рис. 4).

Оглядываясь сопротивлений этой звезды с сопротивлением проводов, получают рассмотренную выше схему (рис. 2).

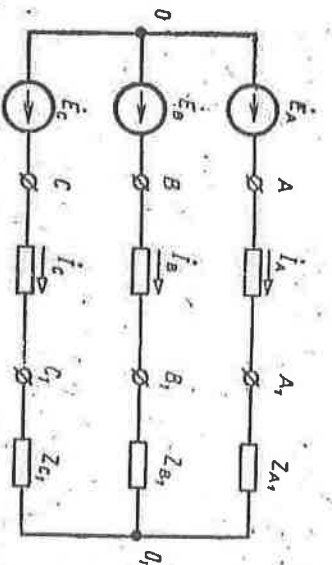


Рис. 4

После определения токов  $i_A, i_B, i_C$  находят линейные напряжения:

$$U_{A_1, B_1} = i_A Z_{A_1} - i_B Z_{B_1};$$

$$U_{B_1, C_1} = i_B Z_{B_1} - i_C Z_{C_1};$$

$$U_{C_1, A_1} = i_C Z_{C_1} - i_A Z_{A_1}.$$

Затем возвращаются к исходному треугольнику (рис. 3), чтобы определить его фазные токи.

Расчет трехфазных цепей при смешанном соединении приемников с учетом сопротивлений проводов выполняются методом преобразования. Например, при расчете цепи (рис. 5) звезду  $Z_{A_1}, Z_{B_1}, Z_{C_1}$  преобразуют в эквивалентный треуголь-

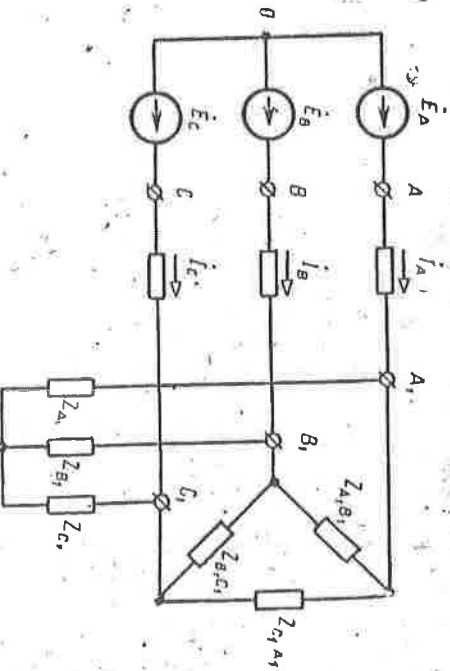


Рис. 5

ник, затем сложением соответствующих проводимостей определим общую проводимость треугольника. Преобразовав этот треугольник в эквивалентную звезду и прибавив к сопротивлению эквивалентной звезды сопротивление проводов, получим схему с двумя узлами (рис. 2).

Распределение напряжений между различными точками трехфазной цепи наглядно иллюстрирует топографическая диаграмма.

Построим качественно векторную диаграмму токов (рис. 6, а) и топографическую диаграмму напряжений (рис. 6, б) для схемы, представленной на рис. 3.

На векторной диаграмме токов отложим векторы фазных и линейных токов:

$$I_{A_1 B_1} = I_{A_1 B_1} e^{i\psi_1}, \quad I_{B_1 C_1} = I_{B_1 C_1} e^{-i\psi_2}, \quad I_{C_1 A_1} = I_{C_1 A_1} e^{i\psi_3};$$

$$I_A = I_{A_1 B_1} - I_{C_1 A_1}, \quad I_B = I_{B_1 C_1} - I_{A_1 B_1}, \quad I_C = I_{C_1 A_1} - I_{B_1 C_1}$$

Примем потенциал точки  $C_1$  равным нулю ( $\Phi_{C_1} = 0$ ) и определим потенциалы остальных точек. Будем обходить схему, начиная от точки  $G_1$  навстречу положительному направлению токов  $I_{B_1 C_1}$ ,  $I_{A_1 B_1}$ ,  $I_{C_1 A_1}$ . Потенциал точки  $B_1$  больше потенциала точки  $C_1$  на величину напряжения на сопротивлении  $Z_{B_1 C_1}$ :

$$\Phi_{B_1} = \Phi_{C_1} + I_{B_1 C_1} Z_{B_1 C_1}$$

Так как  $\Phi_{C_1} = 0$ , то потенциал  $\Phi_{B_1}$  изображим вектором  $I_{B_1 C_1} Z_{B_1 C_1}$ . Конец этого вектора обозначим буквой  $B_1$ . Из точки  $B_1$  откладываем вектор  $I_{A_1 B_1} Z_{A_1 B_1}$ , получим точку  $A_1$ .

Из точки  $A_1$  откладываем вектор  $I_{C_1 A_1} Z_{C_1 A_1}$  и попадаем в точку  $C_1$ . Сумма линейных напряжений вдоль замкнутого контура

$$U_{A_1 B_1} + U_{B_1 C_1} + U_{C_1 A_1} = 0.$$

Из точки  $A_1$  по току  $I_A$  откладываем напряжение  $I_A Z_A$  и под углом  $90^\circ$  к нему напряжение  $I_A X_A$ . Конец вектора  $I_A Z_A$  обозначим буквой  $A$ , так как он определяет потенциал точки  $A$  трехфазной цепи. Аналогично находим точки  $B$  и  $C$ . Соединив точки  $A, B, C$  между собой, получим линейные напряжения симметричного генератора. Центр тяжести этого треугольника обозначим буквой  $O$ , так как он определяет

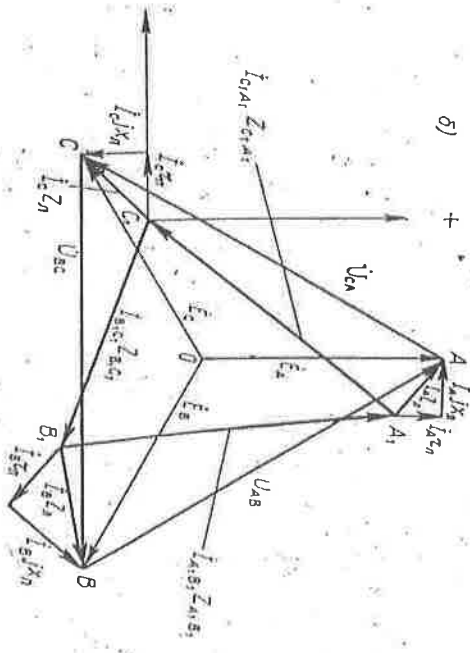
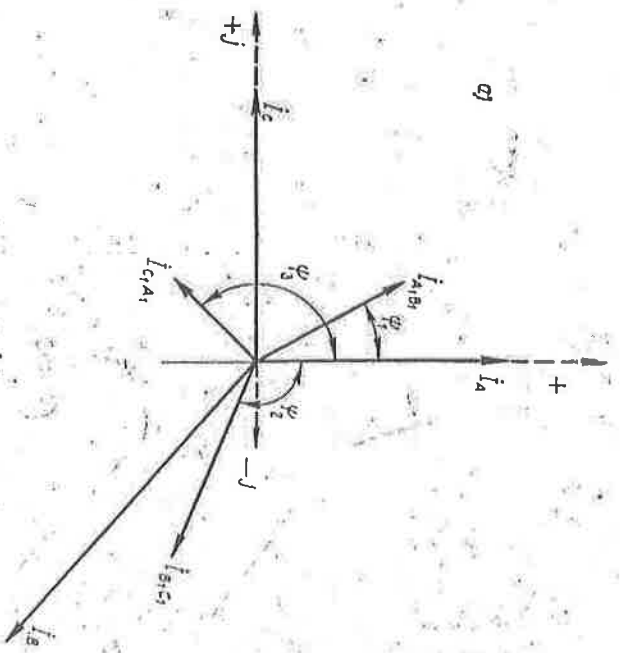


Рис. 6

потенциал нулевой точки генератора. Соединив точку  $O$  с точками  $A, B, C$ , получим фазные ЭДС генератора  $E_A, E_B$  и  $E_C$ .

При соединении приемников энергии звездой топографическую диаграмму напряжений начинают строить с нулевой точки приемника  $O_1$ .

Примеры расчета: [9] 6.20; [10] 71.6. Рекомендательные дополнительные задачи: [8] 7.12; 7.13.

ЗАДАЧА № 2

РАСЧЕТ ЛИНЕЙНОГО ПАССИВНОГО ЧЕТЫРЕХПОЛУСНИКА

Дан  $T$ - или  $\Pi$ -образный симметричный четырехполюсник, схема которого представлена на рис. 7, а величины сопротивлений при частоте 50 Гц — в табл. 2.

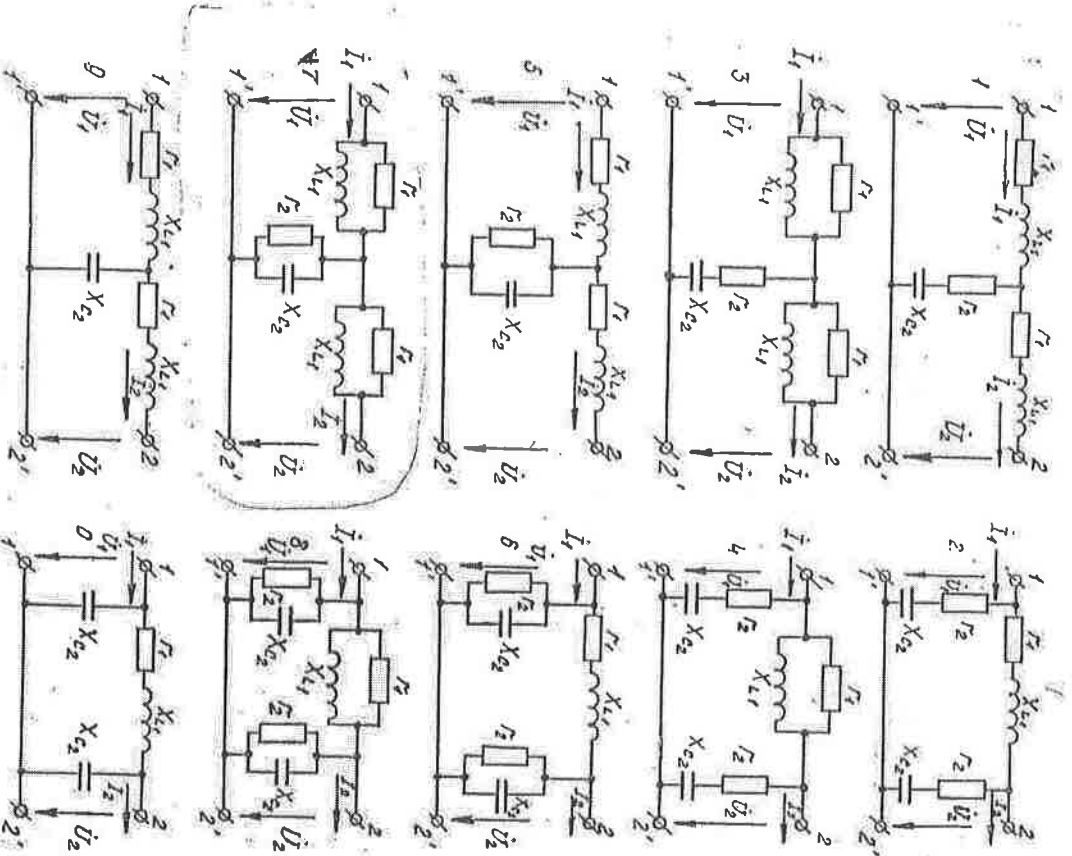


Рис 7

Требуется:

1. Определить сопротивление холостого хода  $Z_{xx}$  и короткого замыкания  $Z_{кз}$  четырехполюсника.
2. По найденным сопротивлениям найти коэффициенты четырехполюсника в форме  $D$  (т. е. коэффициенты  $A, B, C,$  или  $A_{11}, A_{12}, A_{21}, A_{22}$ ) и проверить соотношение между ними ( $AD - BC = 1$ ).
3. Определить напряжение  $U_2$ , ток  $I_1$  и  $I_2$  мощности  $P_1$  и КПД  $\eta$  четырехполюсника при значениях напряжения и активном сопротивлении нагрузки  $r_n$  (подключено к клеммам 2—2'), указанным в табл. 2.
4. Определить: а) характеристическое сопротивление  $Z_c$  четырехполюсника и проверить его расчетом, приняв сопротивление нагрузки  $Z_n = Z_c$ ; б) постоянную передачи  $g$  четырехполюсника.

Примечание. 4-й пункт задачи выполняют только студенты специальностей ЭТ и ЭВМ.

Таблица 2.

номер	$U_1$ , В	$r_1$ , Ом	$X_{L1}$ , Ом	$r_2$ , Ом	$X_{C2}$ , Ом	$r_n$ , Ом
1	380	12	9	18	20	10
2	220	14	6	16	14	35
3	127	6	12	17	20	14
4	220	14	8	11	18	20
5	380	12	14	18	20	45
6	250	10	18	10	25	40
7	220	8	12	22	30	15
8	250	10	10	16	18	30
9	127	8	10	12	18	25
0	380	15	15	15	30	22

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Сопротивления холостого хода  $Z_{xx}$  и короткого замыкания четырехполюсников легко определяются методом преобразования цепей.

Коэффициенты четырехполюсника в форме  $D$  ( $A, B, C$  и или  $A_{11}, A_{12}, A_{21}$  и  $A_{22}$ ) выражаются через сопротивления  $Z_{xx}$  и  $Z_{кз}$  известными формулами, приведенными во всех рекомендациях учебника. Коэффициенты обратных четырехполюсников связаны между собой соотношением.

$$AD - BC = 1.$$

Пункт 3 задачи выполняется по уравнениям четырехполюсника, в которых ток  $I_2$  выражается через выходящее напряжение:

$$I_2 = \frac{U_2}{Z_n},$$

где  $Z_n = r_n$  — заданное активное сопротивление.

Характеристическое сопротивление легко определяется через сопротивления  $Z_{кз}$  и  $Z_{кв}$  или через коэффициенты четырехполюсника  $A, B, C, D$ .

Постоянная передачи симметричного четырехполюсника определяется по формуле

$$g = a + jb = \ln(A + \sqrt{BC}),$$

где  $a$  — собственное затухание;

$b$  — коэффициент фазы.

Примеры расчета: [5] 49, 50; [9] 10.1; 10.3.

Рекомендуемые дополнительные задачи: [9] 10.2.

Канд. техн. наук, доц. Л. А. ЧАСТОЕДОВ,  
канд. техн. наук, доц. Ю. Г. КРАВЦОВ

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ

Задание на контрольную работу № 2

Редактор В. И. Чучева

Техн. редактор А. А. Куняк

Корректор М. Л. Степанова

Сдано в набор 2.02.1982. Подписано в печать 4.06.1982. Тираж 10 000.  
Литературная редакция. Печать высокая. Формат 60×90<sup>1/16</sup>.  
Печ. л. 0,75. Уч.-изд. л. 1. Тираж 177. Изд. зак. 2. Весплатно.

Редакционно-издательский отдел, типография ВЭИИТА,  
Москва, А-315, ул. Часовая, 22/2