

22.1973  
5735

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ  
Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины  
Кафедра радиофизики и электроники

Богданович В.И., Мышковаец В.И.

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

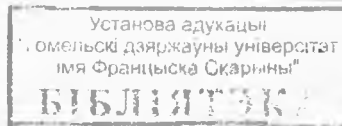
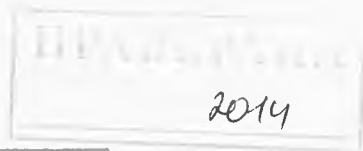
Практическое пособие для студентов физического факультета Гомельского государственного университета им. Ф.Скорины специальностей "Физика", "Физика с дополнительной специализацией "Техническое творчество", "Физическая электроника", АСОИ  
(часть 2)

2.2

Гомель 2000

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Практическое пособие для студентов физического факультета Гомельского государственного университета им. Ф.Скорины специальностей “Физика”, “Физика с дополнительной специализацией “Техническое творчество”, “Физическая электроника”, АСОИ (часть 2).



В авторской редакции

Авторы – составители: Богданович В. И., Мышковец В. Н.

Рецензенты: Ефимчик М. К., Яковцев И. Н.

Рекомендовано к изданию научно – методическим советом  
Гомельского государственного университета  
им. Ф.Скорины

Практическое пособие «Электротехника» часть 2 включает в себя  
примеры решения задач по разделам курса «Трёхфазные цепи»,  
«Электромагнитные устройства» и задания к двум контрольным  
работам по этим темам.

© Гомельский государственный  
университет им. Ф. Скорины

## Общие требования к контрольной работе

Целью контрольных работ является окончательная проверка усвоения студентами соответствующих разделов курса. Приступать к выполнению очередной работы следует после изучения необходимого материала и решения достаточного количества задач из рекомендуемой литературы. При оформлении каждой задачи следует проверить исходную схему с принятыми буквенными обозначениями и числами заданных значений. Графики следует чертить на миллиметровой бумаге с помощью чертежных инструментов. На осях координат должны быть указаны откладываемые значения и единиц их измерения. При оформлении контрольной работы нужно указать необходимые расчетные формулы. Конечный результат должен быть выделен из общего текста. Решение задач не следует перегружать приведением всех алгебраических преобразований. Каждый этап решения должен иметь пояснения. Результаты вычислений записывать следует с точностью до второй значащей цифры. В начале каждой задачи следует привести краткое условие, расчетную схему и исходные данные для своего варианта. В ходе решения давать краткие словесные пояснения. Обязательно приводить размерность всех найденных при расчете значений.

## 1. Трехфазные цепи

**Задача.** В трехфазную сеть с линейным напряжением  $U_{\text{л}}=220\text{В}$  включен приемник, соединенный треугольником, сопротивление каждой фазы которого  $\underline{Z} = (10 + j10)\text{Ом}$  (Рис.1.1). Найти токи в каждой фазе нагрузки и линии и показания каждого ваттметра. Построить векторную диаграмму. Найти те же величины при обрыве цепи в точке  $a$ .

**Решение:** расчет токов в трехфазных цепях производится комплексным методом. Примем, что вектор линейного напряжения направлен по действительной оси, тогда

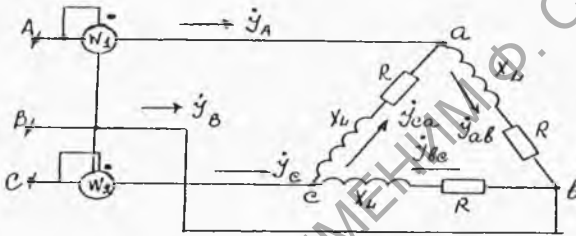


Рис. 1.1

$$\dot{U}_{AB} = \dot{U}_{ab} = 220 \text{ В}; \quad \dot{U}_{BC} = \dot{U}_{bc} = 220 e^{-j120^\circ} \text{ В};$$

$$\dot{U}_{CA} = \dot{U}_{ca} = 220 e^{j120^\circ} \text{ В}.$$

Определим фазные токи:

$$\dot{I}_{ab} = \dot{U}_{ab} / \underline{Z} = 220 / (10 + j10) = 15 e^{-j45^\circ} = 11 - j11 \text{ А};$$

$$\dot{I}_{bc} = \dot{U}_{bc} / \underline{Z} = 15,6 e^{-j165^\circ} = -15 - j4,03 \text{ А};$$

$$\dot{I}_{ca} = \dot{U}_{ca} / \underline{Z} = 15,6 e^{j75^\circ} = 4,03 + j15 \text{ А}.$$

Находим линейные токи:

$$\dot{I}_A = \dot{I}_{ab} - \dot{I}_{ca} = 6,97 - j26 = 26,9e^{-j75^\circ} \text{ A};$$

$$\dot{I}_B = \dot{I}_{bc} - \dot{I}_{ab} = -26 + j6,97 = 26,9e^{-j165^\circ} \text{ A};$$

$$\dot{I}_C = \dot{I}_{ba} - \dot{I}_{bc} = 19 + j19 = 26,9e^{j45^\circ} \text{ A}.$$

Определяем показания ваттметров:

$$P_1 = R_e[\dot{U}_{AB} \dot{I}_A^*] = R_e[220 * 26,9e^{j75^\circ}] = 1530 \text{ Bm},$$

$$P_2 = R_e[\dot{U}_{CB} \dot{I}_C^*] = 5730 \text{ Bm}$$

Активная мощность цепи

$$P = P_1 + P_2 = 7260 \text{ Bm}$$

или

$$P = \sqrt{3}U_o I_o \cos \varphi = 7260 \text{ Bm}$$

На рис. 1.2 приведена векторная диаграмма напряжений и токов.

При обрыве в точке а токи в фазах нагрузки будут:

$$\dot{I}_{bc} = \dot{U}_{bc} / \dot{Z} = (-15 - j4,03) \text{ A}$$

$$\dot{I}_{ab} = \dot{I}_{ca} = \dot{U}_{cb} / 2Z = (7,5 + j2,02) \text{ A}$$

Вычислим линейные токи

$$\dot{I}_A = 0; \dot{I}_C = -\dot{I}_B = \dot{I}_{ca} - \dot{I}_{bc} = 22,5 + j6,05 = 23,3e^{j75^\circ} \text{ A}$$

Находим показания ваттметров:

$$P_1 = 0, \quad P_2 = R_e[\dot{U}_{CB} \dot{I}_C^*] = 3630 \text{ Bm}.$$

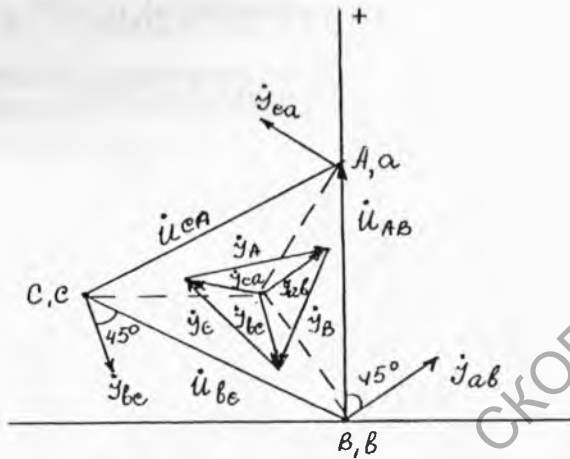


Рис. 1.2

**Задача.** В четырехпроводную трехфазную сеть с линейным напряжением  $\dot{U}_\gamma = 220\text{В}$  включен звездой приемник, активное и индуктивное сопротивление фаз которого соответственно равны:  $R_a=3\text{ Ом}; X_a=4\text{ Ом}; R_b=3\text{ Ом}; X_b=5,2\text{ Ом}; X_c=3\text{ Ом}, R_c=4\text{ Ом}$  (рис. 1.3). Определить токи в линейных и нейтральном проводе и построить векторную диаграмму.

**Решение:** считаем, что вектор фазного напряжения  $\dot{U}_a$  направлен по действительной оси, тогда

$$\dot{U}_a = U_\gamma / \sqrt{3} = 127\text{В}; \quad \dot{U}_b = 127e^{-j120^\circ}\text{В}; \quad \dot{U}_c = 127e^{j120^\circ}\text{В}.$$

Находим линейные токи:

$$\dot{I}_a = \dot{U}_a / \underline{Z}_a = 127 / (3 + j4) = 25,4e^{-j53^\circ}\text{ А};$$

$$\dot{I}_b = \dot{U}_b / \underline{Z}_b = 127e^{-j120^\circ} / (3 + j5,2) = 21,2e^{-j180^\circ}\text{ А};$$

$$\dot{I}_c = \dot{U}_c / \underline{Z}_c = 127e^{+j120^\circ} / (4 + j3) = 25,4e^{j83^\circ}\text{ А}.$$

Ток в нейтральном проводе определяется как геометрическая сумма линейных токов:

$$\dot{I}_N = \dot{I}_a + \dot{I}_b + \dot{I}_c = 5,9e^{j124^\circ} \text{ A}$$

Векторная диаграмма показана на рис. 1.4.

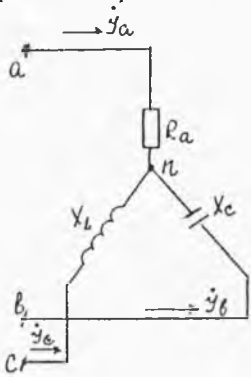


Рис. 1.3

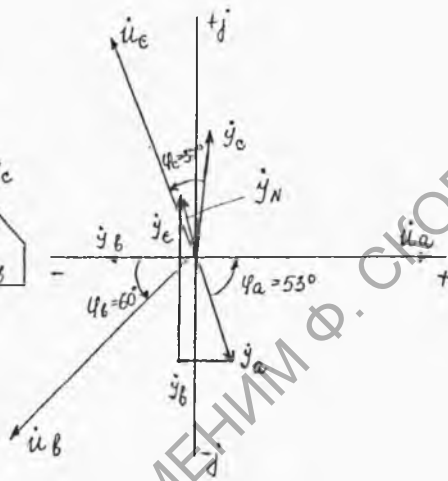


Рис. 1.4

## 2. Электромагнитные устройства

**Задача.** Однофазный понижающий трансформатор номинальной мощностью  $S_{ном} = 500 \text{ В}\cdot\text{А}$  служит для питания ламп местного освещения металлорежущих станков. Номинальное напряжение обмоток  $U_{ном1} = 380 \text{ В}$ ,  $U_{ном2} = 24 \text{ В}$ . К трансформатору присоединены десять ламп накаливания мощностью  $40 \text{ Вт}$  каждая. Их коэффициент мощности  $\cos \varphi_2 = 1,0$ . Магнитный поток в магнитопроводе  $\Phi_m = 0,005 \text{ Вб}$ . Частота сети  $f = 50 \text{ Гц}$ . Потерями в трансформаторе пренебречь. Определить:

- 1) номинальные токи в обмотках;
- 2) коэффициент нагрузки трансформатора ;
- 3) токи в обмотках при действительной нагрузке;
- 4) число витков обмоток;
- 5) коэффициент трансформации.



### Решение.

Номинальные токи в обмотках

$$I_{\text{НОМ1}} = S_{\text{НОМ}} / U_{\text{НОМ1}} = 500/380 = 1,32 \text{ А,}$$

$$I_{\text{НОМ2}} = S_{\text{НОМ}} / U_{\text{НОМ2}} = 500/24 = 20,8 \text{ А.}$$

Коэффициент нагрузки трансформатора

$$k_{\text{н}} = P_2 / (S_{\text{НОМ}} \cos \varphi_2) = 10 \cdot 40 / (500 \cdot 1,0) = 0,8.$$

Токи в обмотках при действительной нагрузке

$$I_1 = k_{\text{н}} I_{\text{НОМ1}} = 0,8 \cdot 1,32 = 1,06 \text{ А,}$$

$$I_2 = k_{\text{н}} I_{\text{НОМ2}} = 0,8 \cdot 20,8 = 16,6 \text{ А.}$$

При холостом ходе  $E_1 \approx U_{\text{НОМ1}}$ ,  $E_2 \approx U_{\text{НОМ2}}$ .

Число витков обмоток находим из формулы

$$E = 4,44 f W \Phi_{\text{м}}.$$

Тогда

$$W_1 = E_1 / (4,44 f \Phi_{\text{т}}) = 380 / (4,44 \cdot 50 \cdot 0,005) = 340 \text{ витков,}$$

$$W_2 = E_2 / (4,44 f \Phi_{\text{т}}) = 24 / (4,44 \cdot 50 \cdot 0,005) = 22 \text{ витка.}$$

Коэффициент трансформации

$$K = E_1 / E_2 = W_1 / W_2 = 340 / 22 = 15,5.$$

**Задача.** Трёхфазный трансформатор имеет следующие номинальные характеристики  $S_{\text{НОМ}} = 1000 \text{ кВА}$ ,  $U_{\text{НОМ1}} = 10 \text{ кВ}$ ,  $U_{\text{НОМ2}} = 400 \text{ В}$ , потери в стали  $P_{\text{ст}} = 2,45 \text{ кВт}$ , потери в обмотках  $P_{\text{оНОМ}} = 12,2 \text{ кВт}$ . Первичные обмотки соединены в треугольник, вторичные - в звезду. Сечение магнитопровода  $Q = 450 \text{ см}^2$ , амплитуда магнитной индукции  $B_{\text{т}} = 1,5 \text{ Тл}$ . Частота тока в сети  $f = 50 \text{ Гц}$ . От трансформатора потребляется активная мощность  $P_2 = 810 \text{ кВт}$  при  $\cos \varphi_2 = 0,9$ .

Определить: 1) номинальные токи в обмотках и токи при фактической нагрузке;

2) числа витков обмоток;

3) к.п.д. трансформатора при номинальной и фактической нагрузках.

### Решение.

Номинальные токи в обмотках:

$$I_{\text{НОМ1}} = S_{\text{НОМ}} \cdot 1000 / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ1}}) = (1000 \cdot 1000) / (1,73 \cdot 10\,000) = 58 \text{ А,}$$

$$I_{\text{НОМ2}} = S_{\text{НОМ}} \cdot 1000 / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{НОМ2}}) = (1000 \cdot 1000) / (\sqrt{3} \cdot 400) = 1445 \text{ А.}$$

Коэффициент нагрузки трансформатора

$$k_{II} = P_2 / (S_{ном} \cdot \cos \varphi_2) = 810 / (1000 \cdot 0,9) = 0,9.$$

Токи в обмотках при фактической нагрузке

$$I_1 = k_{II} I_{ном1} = 0,9 \cdot 58 = 52 \text{ А}, \quad I_2 = k_{II} I_{ном2} = 0,9 \cdot 1445 = 1300 \text{ А}.$$

Фазные э.д.с., наводимые в обмотках. Первичные обмотки соединены в треугольник, а вторичные - в звезду, поэтому, пренебрегая падением напряжения в первичной обмотке, считаем, что

$$E_{1\phi} \approx U_{ном1} = 1000 \text{ В}, \quad E_{2\phi} = U_{ном2} / \sqrt{3} = 230 \text{ В}.$$

Числа витков обеих обмоток находим из формулы

$$E_{1\phi} = 4,44 f W_1 \Phi_T = 4,44 f W_1 B_T Q.$$

Откуда

$$W_1 = E_{1\phi} / (4,44 f B_T Q) = 10\,000 / (4,44 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 0,045) = 667.$$

Здесь

$$Q = 450 \text{ см}^2 = 0,045 \text{ м}^2,$$

$$W_2 = W_1 E_{2\phi} / E_{1\phi} = 667 \cdot 230 / 10\,000 = 15,3.$$

К.п.д. трансформатора при номинальной нагрузке

$$\eta_{ном} = (S_{ном} \cdot \cos \varphi_2 \cdot 100\%) / (S_{ном} \cdot \cos \varphi_2 + P_{ст} + P_{оном}) = \\ = (1000 \cdot 0,9 \cdot 100) / (1000 \cdot 0,9 + 2,45 + 12,2) = 98,4\%.$$

К.п.д. трансформатора при фактической нагрузке

$$\eta = (k_{II} S_{ном} \cos \varphi_2) / (k_{II} S_{ном} \cos \varphi_2 + P_{ст} + k_{II}^2 P_{оном}) \cdot 100\% = \\ = (0,9 \cdot 1000 \cdot 0,9 \cdot 100\%) / (0,9 \cdot 1000 \cdot 0,9 + 2,45 + 0,9^2 \cdot 12,2) = 98,5\%.$$

**Задача.** Для трёхфазного трансформатора мощностью  $S_{ном} = 100 \text{ кВ} \cdot \text{А}$  соединение обмоток  $Y/Y_0 - O$ , известно: номинальное напряжение на зажимах первичной обмотки трансформатора  $U_{ном1} = 6000 \text{ В}$ , напряжения холостого хода на вторичных обмотках трансформатора  $U_{20} = 400 \text{ В}$ , напряжение короткого замыкания  $u_k = 5,5\%$ , мощность короткого замыкания  $P_k = 2400 \text{ Вт}$ , мощность холостого хода  $P_0 = 600 \text{ Вт}$ , ток холостого хода  $I_0 = 0,07 I_{ном1}$ . Определить:

- 1) сопротивление обмоток трансформатора  $R_1, X_1, R_2, X_2$ ;
- 2) эквивалентное сопротивление  $Z_0$  (сопротивление намагничивающей цепи) и его составляющие  $R_0$  и  $X_0$ , которыми заземляется магнитная цепь трансформатора;
- 3) угол магнитных потерь  $\delta$ . Построить характеристики трансформатора:

а) Зависимость  $U_2 = f_1(-)$  напряжения  $U_2$  от нагрузки (внешняя характеристика);

б) Зависимость  $\eta = f_2(-)$  коэффициента полезного действия от нагрузки;

в) зависимость  $\eta = f_2(-)$  к.п.д. от нагрузки; -- коэффициент нагрузки трансформатора (коэффициент мощности нагрузки принять  $\cos \varphi_2 = 0,75$ ).

Построить векторную диаграмму трансформатора при нагрузке, составляющей 0,8 от номинальной мощности трансформатора  $S_{ном}$  и  $\cos \varphi_2 = 0,75$ . Составить Т-образную схему замещения трансформатора.

**Решение.**

Определяем номинальный ток первичной обмотки

$$I_{ном1} = S_{ном} / (\sqrt{3} \cdot U_{ном1}) = 100 \cdot 1000 / (\sqrt{3} \cdot 6000) = 9,6 \text{ А.}$$

Определяем ток холостого хода и  $\cos \varphi_0$ :

$$I_0 = 0,07 \cdot I_{ном1} = 0,07 \cdot 9,6 = 0,67 \text{ А,}$$

$$\cos \varphi_0 = P_0 / (\sqrt{3} \cdot U_{ном1} \cdot I_0) = 600 / (\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 0,67) = 0,086,$$

$$\varphi_0 = 85^\circ.$$

Находим угол магнитных потерь  $\delta = 90^\circ - \varphi_0 = 90^\circ - 85^\circ = 5^\circ$ .

Сопrotивления короткого замыкания

$$Z_k = U_{к.ф} / I_{к.ф} = 0,055 \cdot 6000 / (\sqrt{3} \cdot 9,6) = 19,6 \text{ Ом,}$$

$$R_k = P_k / 3 \cdot I_k^2 = 2400 \cdot 3 / 3 \cdot 9,6^2 = 8,7 \text{ Ом,}$$

$$X_k = \sqrt{(Z_k^2 - R_k^2)} = \sqrt{(19,6^2 - 8,7^2)} = 17,9 \text{ Ом.}$$

Сопrotивление первичной обмотки:

$$R_1 = R_2' = R_k / 2 = 8,7 / 2 = 4,35 \text{ Ом,}$$

$$X_{d1} = X_{d2}' = X_k / 2 = 19,9 / 2 = 8,95 \text{ Ом.}$$

Сопrotивление вторичной обмотки:

$$R_2 = R_2' / n^2 = 4,35 / 225 = 0,0193 \text{ Ом,}$$

$$X_{d2} = X_{d2}' / n_2 = 8,95 / 225 = 0,0398 \text{ Ом,}$$

где  $n = U_{ном1} / U_{z0} = 6000 / 400 = 15$ .

Определяем сопротивление намагничивающей цепи:

$$Z_0 = U_{н.ф.} / I_{0.ф.} = 6000 / \sqrt{3} \cdot 0,67 = 5180 \text{ Ом,}$$

$$R_0 = P_0 / 3 \cdot I_0^2 = 600 / 3 \cdot 0,67^2 = 447 \text{ Ом,}$$

$$X_0 = \sqrt{(Z_0^2 - R_0^2)} = \sqrt{(5180^2 - 47^2)} = 5160 \text{ Ом. 4}$$

Для построения внешней характеристики  $U_2 = f_1(\beta)$ , находим потерю во вторичной обмотке трансформатора

$$\Delta U_2, \% = \beta(u_a\% \cdot \cos\varphi_2 + u_p\% \cdot \sin\varphi_2),$$

где  $u_a\%$ ,  $u_p\%$  - активные и реактивные падения напряжений.

$$u_a\% = u_k\% \cos\varphi_k, \cos\varphi_k = R_k / Z_k, U_a\% = 5,5 \cdot 8,7 / 19,9 = 2,4\%,$$

$$u_p\% = \sqrt{(u_k\%)^2 - (u_a\%)^2} = \sqrt{(5,5)^2 - (2,4)^2} = 4,95\%.$$

Напряжение на зажимах вторичной обмотки трансформатора определяется по формуле  $U_2 = U_{20} / 100(100 - \Delta U_2\%)$ .

Задаваясь разными значениями  $\beta$ , определяем напряжение  $U_2$  (таблицы 2.1):

Таблица 2.1

$\beta$	$\Delta U_2\%$	$U_2, B$	$\eta$
0,01	-	-	0,555
0,025	-	-	0,757
0,05	-	-	0,757
0,1	0,507	397,97	0,924
0,2	1,014	395,94	0,956
0,3	1,521	393,92	0,965
0,4	2,028	391,89	0,967
0,5	2,535	389,86	0,969
0,6	3,042	287,83	0,969
0,7	3,549	385,80	0,969
0,8	383,78	383,78	0,964
0,9	383,78	385,80	0,963
1,0	5,070	379,72	0,962

Для построения зависимости  $\eta = f_2(\beta)$ , расчёт к.п.д. производим по формуле

$$\eta = \beta S_{ном} \cos\varphi_2 / (\beta S_{ном} \cos\varphi_2 + P_0 + \beta^2 P_k).$$

Результаты расчета сведены в таблице 2.1.

Определяем, при какой нагрузке трансформатор имеет максимальный кпд:

$$\beta_{max} = \sqrt{P_0 / P_k} = \sqrt{600/2400} = 0,5, \quad \eta_{max} = 0,969.$$

Построение векторной диаграммы начнем с вектора фазного напряжения  $U_{2ф} = U_2$  значение, которого для  $\beta = 0,8$  и

$\cos \varphi_2 = 0,75$  равно

$$U_{2\phi} = 383,78/\sqrt{3} = 220 \text{ В.}$$

Приведенное значение вторичного напряжения

$$U_{2\phi}^* = U_{2\phi} n = 222 \cdot 15 = 3330 \text{ В.}$$

Вектор тока  $I_{2\phi}^*$  отстаёт по фазе от вектора  $U_{2\phi}^*$  на заданный угол  $\varphi_2$  и равен

$$I_2 = 0,8 I_{2\text{ном}} = 0,8 S_{\text{ном}} / (\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}2}) = 0,8 \cdot 100 \cdot 1000 / (1,73 \cdot 400) = 115,6 \text{ А,}$$
$$I_2^* = I_2 / n = 115,6 / 15 = 7,72 \text{ А.}$$

Падение напряжения на вторичной обмотке

$$R_2 I_2^* = 4,35 \cdot 7,72 = 33,6 \text{ В, } X_{d2} I_2^* = 8,95 \cdot 7,72 = 68,3 \text{ В.}$$

Электродвижущую силу  $E_2$  находим из уравнения электрического состояния, составленного по второму закону Кирхгофа для вторичной цепи

$$E_2^* = U_2^* + R_2 I_2^* + jX_{d2} I_2^*$$

Вектор магнитного потока  $\Phi_m$  опережает вектор  $E_2^*$  на  $90^\circ$ , а ток холостого хода  $I_0$  опережает магнитный поток  $\Phi_m$  на угол потерь  $\delta$ . Ток в первичной обмотке трансформатора  $I_1$  получаем из уравнений магнитодвижущих сил

$$I_1 = I_0 + (-I_2^*),$$

$$\text{где } I_2^* = I_2 / n.$$

Вектор напряжения первичной обмотки трансформатора  $U_1$  определяем из уравнения электрического состояния, составленного по второму закону Кирхгофа для первичной цепи

$$U_1 = -E_1 + R_1 I_1 + jX_{d1} I_1.$$

Током холостого хода можно пренебречь и принять

$I_1 = I_2$  или определить  $I_1$  по диаграмме. Тогда падения напряжения в первичной обмотке будут:

$$R_1 I_1 = 4,35 \cdot 7,76 = 33,8 \text{ В, } X_{d1} I_1 = 8,95 \cdot 7,76 = 69,4 \text{ В.}$$

**Задача.** Генератор с параллельным возбуждением рассчитан на напряжение  $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$  и имеет сопротивление обмотки якоря  $R_a = 0,08 \text{ Ом}$ , сопротивление обмотки возбуждения  $R_b = 55 \text{ Ом}$ . Генератор нагружен на сопротивление  $R_{\text{н}} = 1,1 \text{ Ом}$ . К.п.д. генератора  $\eta_{\text{ген}} = 0,85$ . Определить:

- 1) токи в обмотке возбуждения  $I_b$ , в обмотке якоря  $I_a$  и в нагрузке  $I_n$ ;
- 2) э.д.с. генератора  $E$ ;
- 3) полезную мощность  $P_2$ ;
- 4) мощность двигателя для вращения генератора  $P_1$ ;
- 5) электрические потери в обмотках якоря  $P_a$  и возбуждения  $P_d$ ;
- 6) суммарные потери в генераторе;
- 7) электромагнитную мощность  $P_{эм}$ .

**Решение.**

Токи в обмотке возбуждения, нагрузке и якоря

$$I_b = U_{ном} / R_b = 220/55 = 4 \text{ А,}$$

$$I_n = U_{ном} / R_n = 220/1,1 = 200 \text{ А,}$$

$$I_a = I_b + I_n = 4 + 200 = 204 \text{ А.}$$

Э.д.с. генератора

$$E = U_{ном} + I_a R_a = 200 + 204 \cdot 0,08 = 236,3 \text{ В.}$$

Полезная мощность

$$P_2 = U_{ном} I_n = 220 \cdot 200 = 44\,000 \text{ Вт} = 44 \text{ кВт.}$$

Мощность приводного двигателя для вращения генератора

$$P_1 = P_2 / \eta_r = 44 / 0,85 = 52 \text{ кВт.}$$

Электрические потери в обмотке якоря и возбуждения:

$$P_a = I_a^2 R_a = 204^2 \cdot 0,08 = 3,32 \text{ кВт, } P_d = I_b^2 R_b = 4^2 \cdot 55 = 0,88 \text{ кВт.}$$

Суммарные потери мощности в генераторе

$$\Sigma P = P_1 - P_2 = 52 - 44 = 8 \text{ кВт.}$$

Электромагнитная мощность, развиваемая генератором

$$P_{эм} = EI_a = 236,3 \cdot 204 = 48,3 \text{ кВт}$$

**Задача.** Двигатель параллельного возбуждения, присоединённый к сети с напряжением  $U_{ном} = 220 \text{ В}$ , потребляет при номинальной нагрузке ток  $I_{ном} = 20,5 \text{ А}$ , при холостом ходе  $I_0 = 2,35 \text{ А}$ . Сопротивление обмотки якоря  $R_a = 0,75 \text{ Ом}$ , а в цепи возбуждения  $R_b = 258 \text{ Ом}$ . Номинальная частота вращения  $n_{ном} = 1025 \text{ об/мин}$ . Определить:

- 1) номинальную мощность двигателя (на валу);
- 2) номинальный к.п.д.;
- 3) номинальный вращающий момент;

- 4) пусковой ток при пуске двигателя без пускового реостата;  
 5) сопротивление пускового реостата для условия  $I_{\text{пуск}} = 2,5 I_{\text{ном}}$  и пусковой момент при пуске двигателя с реостатом. При решении принять, что магнитные и механические потери не зависят от нагрузки.

**Решение.**

Номинальная мощность на валу двигателя

$$P_{\text{ном}} = P_{1\text{ном}} - \Sigma P,$$

где  $\Sigma P$  – потери в двигателе;  $P_{1\text{ном}}$  – потребляемая мощность.

$$P_{1\text{ном}} = U_{\text{ном}} I_{\text{ном}} = 220 \cdot 20,5 = 4,51 \text{ кВт}.$$

Для определения потерь в цепи якоря и цепи возбуждения надо узнать ток в цепи якоря  $I_{\text{я ном}}$  и ток возбуждения  $I_{\text{в}}$ :

$$I_{\text{в}} = U_{\text{ном}} / R_{\text{в}} = 220 / 258 = 0,85 \text{ А},$$

$$I_{\text{я ном}} = I_{\text{ном}} - I_{\text{в}} = 20,5 - 0,85 = 19,65 \text{ А}.$$

Потери в обмотке якоря и цепи возбуждения

$$\Delta P_{\text{я ном}} = R_{\text{я}} \cdot I_{\text{я ном}}^2 = 0,75 \cdot 19,65^2 = 290 \text{ Вт},$$

$$\Delta P_{\text{в}} = R_{\text{в}} \cdot I_{\text{в}}^2 = 258 \cdot 0,85^2 = 186 \text{ Вт}.$$

Магнитные и механические потери

$$\Delta P_{\text{мех}} + \Delta P_{\text{м}} = P_0 - \Delta P_{\text{яо}} - \Delta P_{\text{в}},$$

где  $P_0 = U_{\text{ном}} I_0 = 220 \cdot 2,35 = 517 \text{ Вт}$ .

$\Delta P_{\text{яо}}$  – потери в обмотке якоря при холостом ходе двигателя

$$\Delta P_{\text{яо}} = R_{\text{я}} (I_0 - I_{\text{в}})^2 = 0,75 (2,35 - 0,85)^2 = 1,7 \text{ Вт},$$

$$\Delta P_{\text{мех}} + \Delta P_{\text{м}} = 517 - 1,7 - 186 = 329,3 \text{ Вт},$$

$$\Sigma \Delta P = 290 + 186 + 329,3 = 805,3 \text{ Вт},$$

$$P_{\text{ном}} = 4510 - 805,3 = 3710 \text{ Вт} = 3,71 \text{ кВт}.$$

Номинальный к.п.д.

$$\eta_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} / P_{1\text{ном}} \cdot 100 = 3,71 / 4,5 \cdot 100 = 82,2 \text{ \%}.$$

Номинальный вращающий момент

$$M_{\text{ном}} = 9550 \cdot P_{\text{ном}} / n_{\text{ном}} = 9550 \cdot 3,71 / 1025 = 34,6 \text{ Н·м}.$$

Пусковой ток двигателя при пуске реостата

$$I_{\text{пуск}} = U_{\text{ном}} / R_{\text{я}} = 220 / 0,75 = 293 \text{ А}.$$

Сопротивление пускового реостата определяется из равенства

$$I_{\text{пуск}} = 2,5 I_{\text{я ном}} = U_{\text{ном}} / (R_{\text{я}} + R_{\text{р}}),$$

откуда

$$R_{\text{р}} = U_{\text{ном}} / (2,5 I_{\text{я ном}}) - R_{\text{я}} = 220 / (2,5 \cdot 19,65) - 0,75 = 3,73 \text{ Ом}$$

Определяем пусковой момент двигателя при пуске с реостатом. Известно, что вращающий момент двигателя определяется уравнением  $M_{вр} = C_M \Phi I_a$ . Для режима номинальной нагрузки  $M_{ном} = C_M \Phi I_{я, ном}$ , а для пускового режима  $M_{пуск} = C_M \Phi I_{пуск}$ .

Полагая магнитный поток в двигателе постоянным, возьмём отношение моментов

$$M_{ном} / M_{пуск} = I_{я, ном} / I_{пуск}$$

откуда

$$M_{пуск} = M_{ном} \cdot (I_{пуск} / I_{я, ном}) = 34,6 \cdot 2,5 \cdot 19,65 / 19,65 = 86,5 \text{ Н м.}$$

**Задача.** Электродвигатель постоянного тока с последовательным возбуждением присоединён к цепи с напряжением  $U_{ном} = 110 \text{ В}$  и вращающимся с частотой  $n = 1500 \text{ об/мин}$ , двигатель развивает полезный момент (на валу)  $M = 120 \text{ Нм}$ , КПД двигателя – 0,84. Суммарное сопротивление обмоток якоря и возбуждения  $R_a + R_{ис} = 0,02 \text{ Ом}$ . Определить:

- 1) полезную мощность  $P_2$  ;
- 2) потребляемую мощность  $P_1$
- 3) потребляемый ток из сети  $I$ ;
- 4) сопротивление пускового реостата, при котором пусковой ток ограничивается до 2,5 I;
- 5) противо-э.д.с. в обмотке якоря.

**Решение.**

Полезную мощность двигателя определяем из формулы полезного момента

$$P_2 = M \cdot n / 9,55 = 120 \cdot 1500 / 9,55 = 18,85 \text{ кВт.}$$

Потребляемую мощность из сети

$$P_1 = P_2 / \eta_{дв} = 18,85 / 0,84 = 22,44 \text{ кВт.}$$

Ток, потребляемый из сети

$$I = P_1 / U_{ном} = 22,44 \cdot 1000 / 110 = 204 \text{ А.}$$

Необходимое сопротивление пускового реостата

$$R_p = U_{ном} / (2,5 I) - (R_a + R_{ис}) = 110 / (2,5 \cdot 204) - 0,02 = 0,196 \text{ Ом.}$$

Противо-э.д.с. в обмотке якоря

$$E = U_{ном} - I(R_a + R_{ис}) = 110 - 204 \cdot 0,02 = 105,9 \text{ В.}$$



**Задача.** Номинальная мощность трёхфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором  $P_{ном} = 10$  кВт, номинальное напряжение  $U_{ном} = 380$  В, номинальная частота вращения ротора  $n_{ном} = 1420$  об/мин, номинальный к. п. д.  $\eta = 0,84$  и номинальный коэффициент мощности  $\cos \varphi_{ном} = 0,85$ . Кратность пускового тока  $I_{пуск}/I_{ном} = 6,5$ , а перегрузочная способность двигателя  $\lambda = 1,8$ . Определить:

- 1) потребляемую мощность;
- 2) номинальный и максимальный (критический) вращающие моменты;
- 3) пусковой ток;
- 4) номинальное и критическое скольжение.

**Решение.**

Потребляемая мощность

$$P_{I_{ном}} = P_{ном} / \eta_{ном} = 10 / 0,84 = 11,9 \text{ кВт.}$$

Номинальный и максимальный моменты:

$$M_{ном} = 9550 P_{ном} / n_{ном} = 9550 \cdot 10 / 1420 = 67,3 \text{ Нм,}$$

$$M_{max} = \lambda M_{ном} = 1,8 \cdot 67,3 = 121 \text{ Нм.}$$

Номинальный и пусковой токи:

$$I_{ном} = P_{I_{ном}} / (\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cos \varphi_{ном}) = 11,9 \cdot 1000 / (1,73 \cdot 380 \cdot 0,84) = 21,2 \text{ А,}$$

$$I_{пуск} = 6,5 I_{ном} = 6,5 \cdot 21,2 = 138 \text{ А.}$$

Номинальное и критическое скольжения:

$$s_{ном} = (n_0 - n_{ном}) / n_0 = (1500 - 1420) / 1500 = 0,053,$$

$$s_{кр} = s_{ном} (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}) = 0,053 (1,8 + \sqrt{1,8^2 - 1}) = 0,175.$$

### 3. Задание к контрольной работе № 3

Для электрической цепи, схема которой изображена на рис. 3.1 – 3.17, по заданным в таблице 3.1 параметрам и линейному напряжению, определить фазные и линейные токи, ток в нейтральном проводе (для четырехпроводной схемы), активную мощность всей цепи и каждой фазы отдельно. Построить векторную диаграмму токов и напряжений на комплексной плоскости. Таблица 3.1 находится в приложении 1.

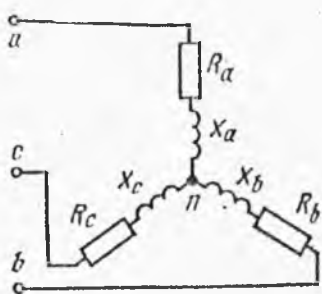


Рис.3.1

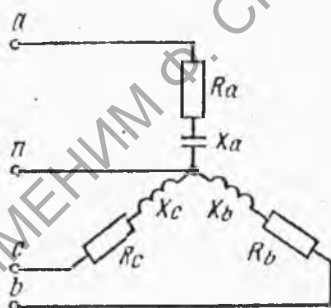


Рис. 3.2

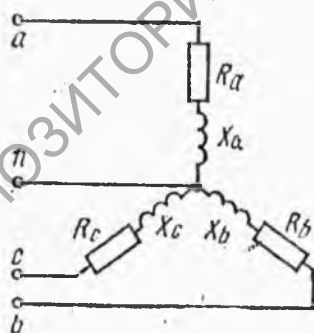


Рис.3.3

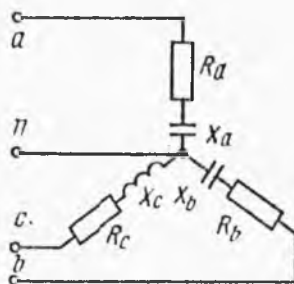


Рис. 3.4

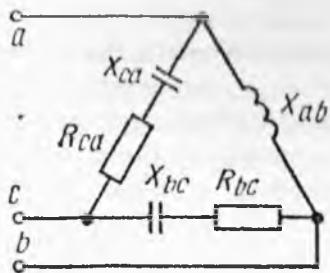


Рис.3.5

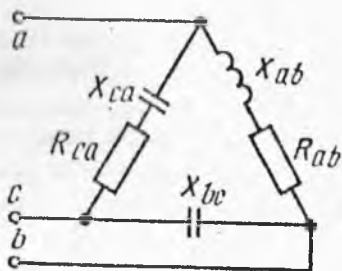


Рис. 3.6

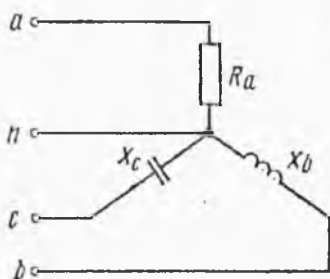


Рис.3.7

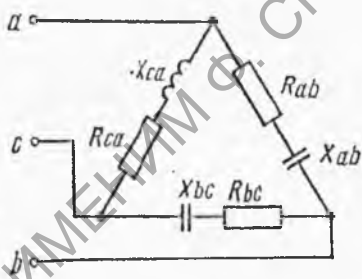


Рис. 3.8

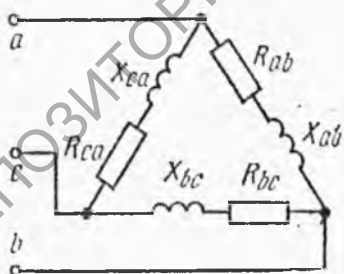


Рис.3.9

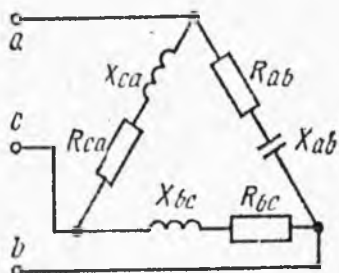


Рис. 3.10

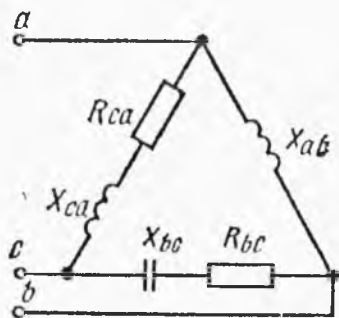


Рис.3.11

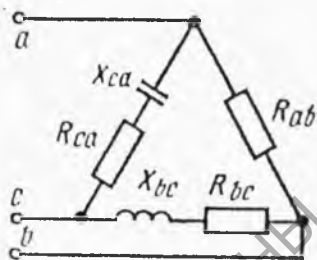


Рис. 3.12

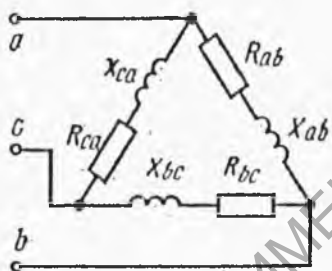


Рис.3.13

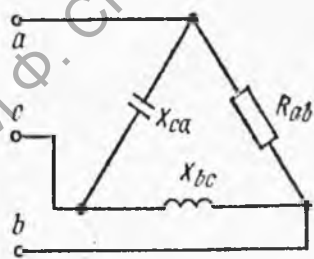


Рис. 3.14

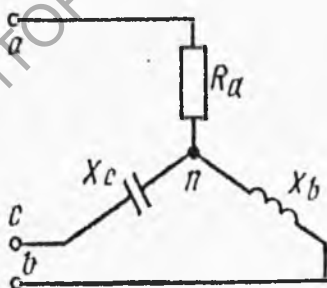


Рис.3.15

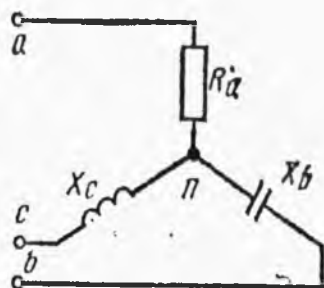


Рис. 3.16

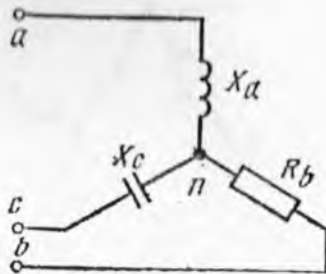
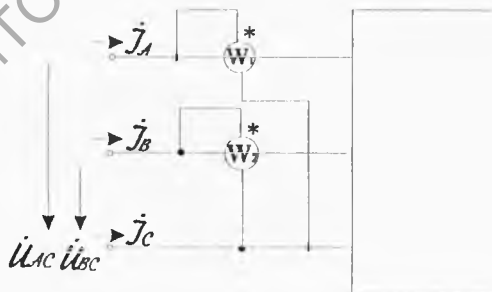


Рис.3.17

**Задача 3.2.** В симметричной трёхфазной цепи нагрузка  $Z=10+j5\text{Ом}$  соединена звездой, линейные напряжения на нагрузке равны 230 В. Вычислить ток.

**Задача 3.3.** В симметричной трёхфазной цепи нагрузка  $Z=10-j14\text{Ом}$  соединена звездой, комплексное сопротивление линий от генератора до нагрузки равно  $1+j2$ . Линейное напряжение на выводах генератора равно 100В. Вычислить фазное напряжение на нагрузке.

**Задача 3.4.** Вычислить линейные токи, реактивную и полную мощности в симметричной трёхфазной цепи по показаниям двух ваттметров, включённых по схеме 1986 Вт и 2517 Вт. Линейное напряжение равно 208В.



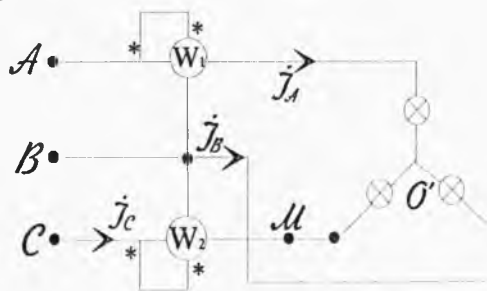
**Задача 3.5.** К трёхфазной сети с линейным напряжением  $U_{л} = 380$  В присоединён двигатель, обмотки которого соединены в звезду. Потребляемая мощность двигателя  $P = 5,3$  кВт при  $\cos\varphi = 0,8$ . Определить: 1) действующее значение потребляемого тока  $I$ ;

2) реактивную мощность  $Q$ , потребляемую двигателем;

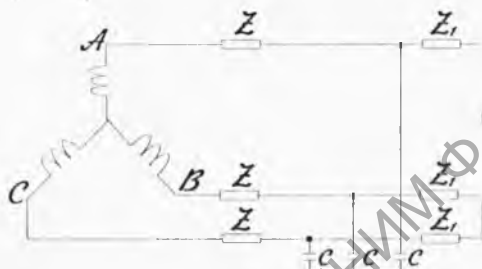
3) мгновенное значение токов в каждой из фаз для различных моментов времени.

**Задача 3.6.** К трёхфазной сети с линейным напряжением 220 В подключена соединённая звездой равномерная нагрузка, каждая фаза которой содержит последовательно включённые сопротивления  $R=11$  Ом и  $X_L=6,35$  Ом. Определить фазные напряжения и токи, коэффициент мощностей фаз и построить векторную диаграмму.

**Задача 3.7.** Ламповая нагрузка питается от сети, система линейных напряжений которой симметрична ( $U_{л} = 220$ В). В каждую фазу включено по одной лампе на номинальную мощность 50 Вт и номинальное напряжение 220В. Определить фазные и линейные токи, напряжение на каждой лампе и показания ваттметров  $P_1$  и  $P_2$ , если нагрузка соединена: а) звездой, б) звездой, обрыв фазы С в т.М, в) треугольником. По найденным показаниям ваттметра найти мощность, потребляемую трёхфазной нагрузкой в каждом случае. Для всех случаев построить топографические диаграммы и векторные диаграммы токов.

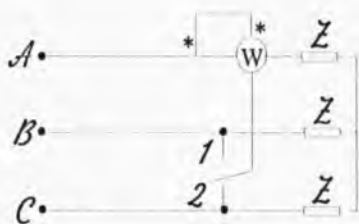


**Задача 3.8.** Фазное напряжение трёхфазного генератора промышленной частоты  $U_{\text{ф}} = 120 \text{ В}$ . Сопротивление каждой фазы приёмника  $Z_1 = (12 + j6) \text{ Ом}$ , сопротивление проводов линии  $Z = (4 + j2) \text{ Ом}$ . Определить ёмкость  $C$  конденсатора каждой фазы, включённых на приёмном конце линии для увеличения  $\cos\varphi$  приёмника до единицы. Найти фазное напряжение  $U_{\text{ф}}$  на зажимах приёмника при отсутствии конденсаторов и напряжение  $U_{\text{эф}}$  при их наличии.



**Задача 3.9.** Симметричная нагрузка питается от сети, система линейных напряжений которой симметрична,  $U_{\text{л}} = 220 \text{ В}$ . Показание ваттметра составляет  $2520 \text{ Вт}$ , показание амперметра  $20 \text{ А}$ . Найти активную, реактивную и полную мощность трёхфазной нагрузки. Определить фазные сопротивления, считая, что нагрузка соединена: а) звездой, б) треугольником.

**Задача 3.10.** Симметричный приёмник электрической энергии соединён звездой. Сопротивление фаз приёмника  $Z = (6 + j8) \text{ Ом}$ . Система фазных напряжений нагрузки симметрична  $U_{\text{ф}} = 100 \text{ В}$ . Рассчитать показания ваттметра при двух различных положениях переключателя. Воспользовавшись показаниями ваттметра, определить активную, реактивную и полную мощности приёмника.



**Задача 3.11.** Несимметричная трёхфазная нагрузка соединена звездой с

$Z_a = 100e^{-j90^\circ}$  Ом,  $Z_b = 100e^{j0^\circ}$  Ом,  $Z_c = 141e^{j45^\circ}$  Ом. Линейные напряжения на нагрузке симметричны и равны 200 В. Вычислить линейные токи и активную мощность нагрузки.

**Задача 3.12.** К трёхфазному генератору, соединённому звездой и имеющему фазную э.д.с. 100 В, подключена с помощью четырёхпроводной линии несимметричная нагрузка; между фазой А и нейтральным проводом 50 Ом, между фазой В и нейтральным проводом  $-j50$  Ом, между фазой В и С  $(40+j20)$  Ом. Комплексное сопротивление линейных проводов и нейтрального провода одинаковы и равны  $(1+j2)$  Ом. Вычислить линейные токи и активную мощность на выводах генератора, приняв его сопротивление равным нулю.

**Задача 3.13.** Трёхфазный генератор, соединённый звездой, имеет фазные э.д.с.  $U_a = 135$  В;  $U_b = (-67,5-j117)$  В;  $U_c = (67,5+j117)$  В и внутреннее сопротивление  $(0,1+j1,5)$  Ом (на фазу). От генератора отходит линия, имеющая сопротивление  $(0,9+j0,5)$  Ом; в конце линии несимметричная нагрузка соединена звездой;  $Z_{AB} = (40+j60)$  Ом;  $Z_{BC} = 100$  Ом;  $Z_{CA} = (50-j20)$  Ом. Вычислить линейные токи, фазные токи, напряжения и активную мощность нагрузки.

**Задача 3.14.** К сети трёхфазного тока подключены звездой с нулевым проводом три группы электрических ламп. Активные сопротивления фаз нагрузки соответственно равны соответственно равны 5 Ом, 10 Ом, 20 Ом. Напряжение на зажимах ламп 110 В.



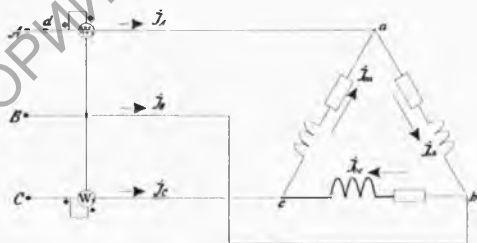


В  $\underline{Z}_b = (8 - j6) \text{ Ом}$ . Какими должны быть сопротивления  $\underline{Z}_a$  и  $\underline{Z}_c$ , чтобы система токов была симметричной? Найти линейные напряжения. Построить топографическую диаграмму и векторную диаграмму токов.

**Задача 3.20.** К источнику несимметричной системы линейных напряжений присоединена нагрузка, соединённая звездой. Параметры схемы  $U_{AB} = 80 \text{ В}$ ;  $U_{BC} = 60e^{-j90^\circ} \text{ В}$ ;  $Z_A = 10e^{j30^\circ} \text{ Ом}$ ;  $Z_B = 5e^{-j60^\circ} \text{ Ом}$ ;  $Z_C = 10 \text{ Ом}$ . Определить активную, реактивную и полную мощность нагрузки. Построить векторную диаграмму напряжений и токов.

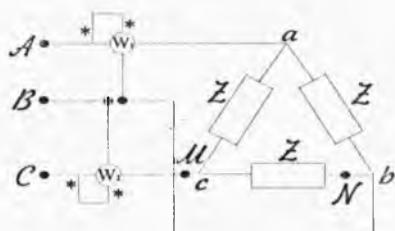
**Задача 3.21.** В симметричной трёхфазной цепи нагрузка  $\underline{Z}_{ab} = \underline{Z}_{bc} = \underline{Z}_{ca} = 10e^{j30^\circ} \text{ Ом}$  соединена треугольником; линейные напряжения на нагрузке равны  $100 \text{ В}$ . Определить активную и реактивную мощности нагрузки.

**Задача 3.22.** В трёхфазную сеть с линейным напряжением  $U_{л} = 220 \text{ В}$  включён приёмник, соединённый треугольником, сопротивление каждой фазы которого  $\underline{Z} = (10 + j10) \text{ Ом}$ . Найти токи в каждой фазе нагрузки и линии и показания ваттметра. Построить векторную диаграмму. Найти те же величины при обрыве цепи в точке d.

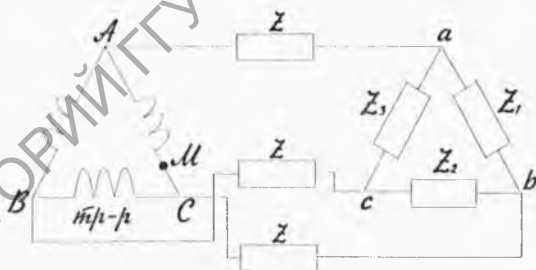


**Задача 3.23.** Симметричная нагрузка соединена треугольником и питается от сети, линейные напряжения которой симметричны и равны  $220 \text{ В}$ . Сопротивление каждой фазы нагрузки  $Z = 22e^{j30^\circ} \text{ Ом}$ . Определить фазные и линейные токи, напряжения на каждой фазе и показания ваттметров  $P_1$  и  $P_2$  при: а) нормальной работе, как

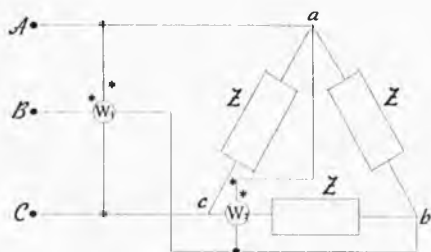
показано на рисунке; б) обрыве линейного провода в точке М; в) обрыве фазного провода в точке N. По найденным показаниям ваттметров рассчитать мощность, потребляемую нагрузкой во всех случаях. Построить топографические диаграммы и векторные диаграммы токов.



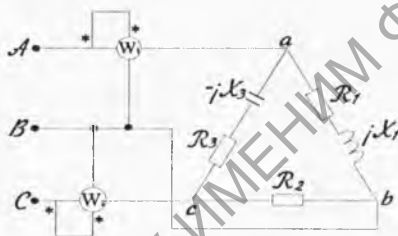
**Задача 3.24.** Фазное напряжение вторичных обмоток трансформатора, соединённых треугольником, равно 220 В. Сопротивление фазы нагрузки  $Z_1 = (30 + j60) \Omega$ , сопротивление подводящих проводов  $Z = (2 + j4) \Omega$ , считая  $U_{AB} = 220 e^{j30^\circ} \text{ В}$ , определить токи в проводах линии, фазах трансформатора и нагрузки, напряжения на фазах нагрузки при: а) нормальной работе; б) обрыве фазы АВ трансформатора в точке М. Построить топографические и векторные диаграммы.



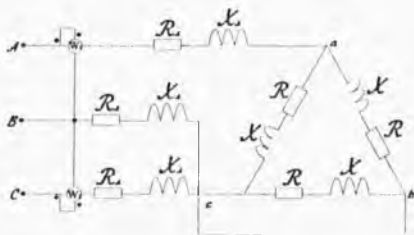
**Задача 3.25.** Симметричный приёмник соединён треугольником. Система линейных напряжений симметрична:  $U_{л} = 220 \text{ В}$ . Ваттметры включённые в цепь дают показания  $P_1 = 3 \text{ кВт}$ ,  $P_2 = 0$ . Определить комплекс фазного сопротивления.



**Задача 3.26.** Найти фазные и линейные токи схем; определить показания ваттметров и построить векторную диаграмму, если сопротивление  $R_1=40$  Ом;  $X_1=3$  Ом;  $R_2=5$  Ом;  $R_3=3$  Ом;  $X_4=4$  Ом, а линейное напряжение источника питания  $U=220$  В.



**Задача 3.27.** Линейное напряжение на зажимах приёмника  $U=120$  В. Активное сопротивление равно  $R=6$  Ом; реактивное —  $90$  Ом; сопротивление линии  $R_{л}=9$  Ом,  $X_{л}=2$  Ом. Найти линейное напряжение генератора и ток в линии. Построить топографическую диаграмму. Определить показания ваттметров, включённых в схему. Найти мощность цепи.



**Задача 3.28.** Несимметричная трёхфазная нагрузка соединена треугольником  $Z_{ан} = 100 \text{ Ом}$ ;  $Z_{ас} = 100e^{-j90^\circ} \text{ Ом}$ ;  $Z_{са} = 141e^{j45^\circ} \text{ Ом}$ . Линейные напряжения на нагрузке симметричны и равны 200 В. Вычислить линейные токи и активную мощность нагрузки, приняв  $U_{AB} = 200e^{j0^\circ} \text{ В}$ .

**Задача 3.29.** Несимметричная трёхфазная нагрузка соединена треугольником  $Z_{AB} = j3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{BC} = 3 \text{ Ом}$ ;  $Z_{CA} = -j3 \text{ Ом}$ , активная мощность измеряется двумя ваттметрами. Напряжения на нагрузке симметричны и равны 100 В каждая. Определить показания ваттметров.

**Задача 3.30.** Три приёмника, сопротивления которых соответственно равны  $Z_{ав} = (6+j8)\text{Ом}$ ;  $Z_{ас} = (4+j3)\text{Ом}$ ;  $Z_{са} = 10 \text{ Ом}$ , соединены треугольником и включены в сеть трёхфазного тока с линейным напряжением 110 В. Определить фазные и линейные токи.

#### 4. Задание к контрольной работе № 4

##### 4.1 Трансформаторы

**Задача 4.1.** Для питания пониженным напряжением цепей управления электродвигателями на пульте установлен однофазный двухобмоточный трансформатор номинальной мощностью  $S_{ном}$ . Номинальные напряжения обмоток  $U_{ном 1}$  и  $U_{ном 2}$ ; номинальные токи в обмотках -  $I_{ном 1}$  и  $I_{ном 2}$ . Коэффициент трансформации равен  $K$ . Число витков обмоток  $W_1$  и  $W_2$ . Магнитный поток в магнитопроводе  $\Phi$  м. Частота тока в сети  $\omega = 50 \text{ Гц}$ .

Трансформатор работает с номинальной нагрузкой. Потерями в трансформаторе можно пренебречь.

Используя данные трансформатора, указанные в таблице 4.1.:  
-определить все неизвестные величины, отмеченные прочерками в таблице вариантов;  
-начертить схему включения такого трансформатора в сеть; ко вторичной обмотке присоединить нагрузку в виде обычного резистора  $R_n$ .

Для включения и отключения нагрузки предусмотреть рубильник, а для защиты сетей от токов короткого замыкания включить в цепь обеих обмоток предохранители.

Таблица 4.1.

№ пп	S ном., В. А	U ном I В	U Но м2 В	I ном I А	I ном 2 А	W1	W2	K	Ф м, В6
1	--	380	--	1,43	--	--	--	15,8	0,005
2	--	220	24	--	33,4	198	--	--	--
3	1600	--	12	--	--	770	--	31,6	--
4	--	127	--	4,72	25	--	108	--	--
5	3200	380	36	--	--	--	--	--	0,025
6	--	220	24	3,64	--	--	--	--	0,005
7	500	--	--	1,0	--	750	54	--	--
8	--	220	--	--	20,8	400	22	--	--
9	250	500	--	--	--	--	--	20,8	0,0015
10	--	--	12	3,2	--	3000	--	41,6	--
11	400	--	12	--	--	--	--	18,3	0,02
12	--	--	36	1,0	--	--	--	13,9	0,003
13	--	380	--	4,2	--	--	24,4	--	0,002
14	600	220	--	--	--	4970	--	6,12	--
15	--	--	24	--	25	573	--	--	0,001
16	--	500	--	--	13,9	--	--	13,9	0,003
17	100	--	24	--	--	--	30	15,8	--
18	--	--	24	0,5	10,4	--	--	--	0,0018
19	--	380	12	--	133	--	--	--	0,001
20	800	--	--	3,64	--	--	22	9,18	--
21	1600	--	24	--	25	200	--	--	--
22	--	220	24	--	25	198	--	--	--
23	3200	280	24	--	--	--	--	--	0,025
24	--	127	--	3,64	25	--	54	--	--
25	250	380	--	--	--	--	--	20,8	0,0015

**Задача 4.2.** Для освещения рабочих мест в целях безопасности применили лампы накаливания пониженного напряжения 12, 24, 36 В. Для их питания установили однофазный понижающий

трансформатор номинальной мощностью  $S$  ном., работающий с коэффициентом нагрузки  $K_n$ . Номинальные напряжения обмоток  $U$  ном 1 и  $U$  ном 2; рабочие токи в обмотках -  $I_1$  и  $I_2$ . Коэффициент трансформации равен  $K$ . К трансформатору присоединили лампы накаливания мощностью  $P_l$ , каждая в количестве  $U_l$ . Коэффициент мощности ламп  $\cos \varphi = 1.0$ . (Лампы соединены между собой параллельно). Потерями в трансформаторе можно пренебречь.

Определить все неизвестные величины, отмеченные пропусками в таблице 4.2.

Указание: для ламп накаливания  $\cos \varphi = 1.0$ , поэтому коэффициент нагрузки  $K_n = P_l \cdot U_l / S$  ном.

Таблица 4.2.

№ пп	S ном., В. А	кн	u ном1, В	u ном2, В	I 1, А	I 2, А	K	P <sub>л</sub> , Вт	u л, шт.
1	250	--	--	1,2	--	--	31,7	25	8
2	--	0,75	500	--	0,75	15,6	--	--	15
3	--	0,9	--	24	1,63	15	--	60	--
4	400	0,8	220	24	--	--	--	40	--
5	250	--	--	--	0,91	16,7	--	100	2
6	--	0,8	127	--	3,15	--	10,6	--	10
7	--	0,9	--	12	--	7,5	10,6	15	--
8	400	--	500	36	0,6	--	--	--	5
9	500	--	127	12	--	33,3	--	40	--
10	--	0,8	380	--	--	18,7	--	40	5
11	500	--	--	36	1,12	--	10,6	25	--
12	--	0,8	220	--	--	--	18,35	100	2
13	100	--	127	--	0,71	--	10,6	--	6
14	--	0,75	--	36	--	8,34	13,9	60	--
15	400	--	500	36	--	--	--	100	4
16	500	0,85	380	--	--	11,8	--	--	17
17	--	0,9	220	--	--	--	9,18	60	6
18	500	--	--	24	0,75	--	20,8	2,5	--
19	--	--	--	24	1,45	13,35	--	40	8

20	--	1,0	--	36	0,8	11,1	--	--	4
21	400	--	380	36	0,6	--	--	--	5
22	--	0,8	1,27	--	3,15	--	18,35	--	10
23	500	--	--	24	0,71	--	10,6	25	--
24	--	0,8 5	--	24	--	--	--	100	2
25	--	0,9	220	--	--	--	10,6	40	8

**Задача 4.3.** К трехфазному трансформатору с номинальной мощностью  $S$  ном. и номинальным напряжением  $U$  ном. 1 и  $U$  ном. 2 обмоток присоединена активная нагрузка  $P_2$  при коэффициенте мощности  $\cos \varphi_2$ . Определить:

- 1) номинальные токи в обмотках  $I_{\text{ном. 1}}$  и  $I_{\text{ном. 2}}$ ;
- 2) коэффициент нагрузки трансформатора  $K_n$ ;
- 3) токи в обмотках  $I_{11}$  и  $I_{12}$  при фактической нагрузке;
- 4) суммарные потери мощности  $\Sigma P$  при номинальной нагрузке;
- 5) коэффициент полезного действия трансформатора при фактической нагрузке.

Каково назначение замкнутого стального магнитопровода в трансформаторе? Почему магнитопровод должен иметь минимальный воздушный зазор и выполняться не сплошным, а из отдельных стальных листов, изолированных друг от друга лаком?

Данные в таблице 4.3., 4.4.

Таблица 4.3.

**Технические данные трансформаторов**

Тип трансформатора	S ном. к в.А	Напряжение обмоток, КВ		Потери мощности, кВт		$\eta_k$ , %	$\eta_1$ , %
		$u$ ном.1	$u$ ном.2	$P_{ст}$	$P_{ном}$		
ТМ-25/6; 10	25		0,23; 04	0,13	0,69	4,7	3,2
ТМ-40/6; 10	40		0,23; 04	0,175	1,0	4,7	3,0
ТМ-63/6; 10	63		0,23; 04	0,24	1,47	4,7	2,8



ТМ-100/6; 10	100		0,23; 04	0,33	2,27	6,8	2,6
ТМ-160/6; 10	160	6,10	0,23; 04;0,69	0,51	3,1	4,7	2,4
ТМ-250/6; 10	250		0,23; 04;0,69	0,74	4,2	4,7	2,3
ТМ-400/6; 10	400		0,23; 04;0,69	0,95	5,5	4,5	2,1
ТМ-630/6; 10	630		0,23; 04;0,69	1,31	7,6	5,5	2,0
ТМ-1000/6; 10	1000		0,23; 04;0,69	2,45	12,2	5,5	2,8
ТМ-1600/6; 10	1600		0,23; 04;0,69	3,3	18,0	5,5	2,6
ТМ-2500/ 10	2500	10	0,4;0,69;10,5	4,3	24,0	5,5	1,0

Таблица 4.4.

№ пп	S ном. к в.А	u ном1 кВ	u ном2 кВ	P2, кВт	cosφ2
1	1000	10	0,69	850	0,95
2	160	6	0,4	150	1,0
3	100	6	0,23	80	0,9
4	250	10	0,4	200	0,85
5	400	10	0,4	350	0,92
6	630	10	0,69	554	0,88
7	400	6	0,23	350	1,0
8	1600	10	0,4	1400	0,93
9	630	10	0,4	520	0,9
10	630	10	0,23	560	1,0
11	800	12	0,20	620	0,85
12	250	6	0,69	150	1,0
13	160	10	0,23	80	0,9
14	400	12	0,40	554	0,95
15	630	12	0,33	200	0,80
16	1600	12	0,5	1200	0,93
17	100	6	0,69	160	0,9
18	120	8	0,53	350	0,75
19	720	10	0,55	400	1,0
20	600	14	0,33	200	1,0
21	360	12	0,40	100	0,90
22	400	8	0,23	250	0,86
23	100	6	0,35	50	0,75
24	250	8	0,69	550	0,92
25	420	12	0,75	600	1,0

**Задача 4. 4.** Для трехфазного трансформатора, параметры которого заданы таблицей 4.5., определить коэффициент мощности

холостого хода  $\cos \varphi_0$ , сопротивления первичной и вторичной обмоток  $R_1, X_{d1}; R_2$  и  $X_{d2}$ , расчетные сопротивления  $Z_0, R_0$  и  $X_0$ , угол магнитных потерь  $\delta$ . Построить векторную диаграмму трансформатора для нагрузки  $\beta = 0,8$  и  $\cos \varphi_2 = 0,75$ . Построить внешнюю характеристику  $u_2 = f_1(\beta)$  и зависимость к.п.д. от нагрузки  $\eta = f_1(\beta)$  для  $\cos \varphi_2 = 0,75$ . Начертить T-образную схему замещения трансформатора. Данные взять из таблицы 4.5.

Таблица 4.5.

№ пп	Группа соедине- ния	S ном., КВ. А	u ном I В	u 20, В	u к, %	Pк, Вт	P0, Вт	i0, %
1	Y/Y0-0	10	6300	400	5,0	335	105	10,0
2	Y/Δ-11	20	6300	230	5,0	600	180	9,0
3	Y/Y0-0	30	10 000	400	5,0	850	300	9,0
4	Y/Y0-0	50	10 000	400	5,0	1325	440	8,0
5	Y/Y0-0	75	10 000	230	5,0	1875	590	7,5
6	Y/Y0-0	100	10 000	525	5,0	24000	730	7,5
7	Y/Δ-11	240	10 000	525	5,0	4100	1400	7,0
8	Y/Y0-0	240	10 000	525	5,0	5100	1600	7,0
9	Y/Δ-11	320	35 000	10 500	6,5	6200	2300	7,5
10	Y/Y0-0	420	10 000	525	5,5	700	2100	6,6
11	Y/Y0-0	25	6000	230	4,5	600	125	3,0
12	Y/Y0-0	25	10 000	230	4,7	690	125	3,0
13	Y/Δ-11	25	6000	400	4,5	600	125	3,0
14	Y/Δ-11	25	10 000	400	4,7	690	125	3,0
15	Y/Y0-0	40	10 000	230	4,5	880	180	3,0
16	Y/Y0-0	40	6000	230	4,5	880	180	3,0
17	Y/Y0-0	40	6000	400	4,7	1000	180	3,0
18	Y/Δ-11	40	10 000	400	4,0	690	125	3,2
19	Y/Δ-11	63	6000	230	4,5	1280	260	2,8
20	Y/Δ-11	63	6000	400	4,5	1280	260	2,8
21	Y/Δ-11	63	10 000	230	4,7	1470	260	2,8
22	Y/Y0-0	63	10 000	400	4,7	1470	260	2,8
23	Y/Y0-0	63	2000	400	4,7	1470	260	2,8
24	Y/Y0-0	63	20 000	230	4,7	1470	260	2,8
25	Y/Y0-0	63	2000	400	4,7	1470	260	2,8

## 4.2. Двигатели постоянного тока

**Задача 4.5.** Двигатель параллельного возбуждения, номинальное напряжение которого  $U_{ном}$ , при номинальной нагрузке потребляет ток  $I_{ном}$ , а при холостом ходе -  $70$ . Номинальная частота вращения  $n_{ном}$ , сопротивление обмотки якоря  $R_{я}$ , сопротивление цепи возбуждения  $R_{в}$ . Магнитные и механические потери принять постоянными при всех режимах работы двигателя. (Данные к задаче взять из таблицы 4.6)

Определить:

номинальную мощность двигателя  $P_{ном}$  на валу, номинальный вращательный момент  $M_{ном}$ , номинальный к.п.д.  $\eta_{ном}$ , значение пускового момента при токе  $I_{пуск} = 2I_{ном}$  и соответствующее сопротивление пускового реостата, а также частоту вращения якоря при  $R_{я}$  ном, но при введении в цепь возбуждения добавочного сопротивления, увеличивающего заданное в условии задачи значение  $R_{в}$  на  $30\%$ . Построить естественную механическую характеристику двигателя.

Таблица 4.6.

№ Пп	Данные Для расчета					
	$U_{ном},$ $V$	$I_{ном},$ $A$	$I_{оЛ}$	$R_{я},$ Ом	$R_{в},$ Ом	$n_{ном},$ об/мин
0	220	15	1,6	1,2	180	1025
1	220	53	6,3	0,212	33	1225
2	115	100	9,5	0,11	50	1000
3	110	267	30,0	0,04	27,5	1100
4	220	16,3	1,78	1,16	75	1025
5	110	7,8	0,7	0,8	210	1240
6	220	19,9	2,0	1,5	150	960
7	110	35	3,2	0,6	60	1400
8	220	32	2,8	0,94	120	1600
9	220	34	3,0	0,45	110	1100
10	110	9,5	0,9	1,9	200	850
11	110	20	1,8	0,7	80	940
12	220	15	1,5	0,82	200	1350
13	110	8,2	0,8	1,4	220	1450

14	220	20,5	2,35	0,74	258	1025
15	220	40	4,2	0,52	190	1420
16	110	10,5	1,2	1,2	160	960
17	110	18,6	2,0	0,9	120	825
18	220	16	1,8	0,6	270	1600
19	220	32	3,5	0,62	200	1350
20	110	28	3,2	0,55	80	875
21	110	25	2,6	0,58	90	1110
22	220	60	6,8	0,40	130	935
23	220	50	5,7	0,40	150	1340
24	220	102	9,5	0,12	110	750
25	220	151	15	0,07	75	1000

**Задача 4. 6.** Двигатель параллельного возбуждения, номинальное напряжение которого  $U_{ном}$ , развивает номинальную мощность  $P_{ном}$ . Номинальная частота вращения якоря  $n_{ном}$  и номинальный к.п.д.  $\eta_{ном}$ . Потери мощности в цепи якоря  $R_{я}$  и в цепи возбуждения  $R_{в}$  заданы в процентах от потребляемой мощности двигателя  $P_{1 ном}$ .

Определить:

ток в цепи возбуждения, ток якоря при номинальной нагрузке  $I_{я ном}$ ;

пусковой вращающий момент при пуске двигателя с пусковым реостатом; скорость вращения якоря при номинальном моменте на валу двигателя и включении в цепь якоря добавочного сопротивления, равного  $3R_{я}$ .

Построить естественную и реостатную механическую характеристику двигателя. Данные к задаче взять из таблицы 4.7.

Таблица 4.7

№ Пп	Данные для расчета					
	$u_{ном}, \beta$	$P_{ном}, \text{Квт}$	$R_{я}, \%$	$R_{в}, \%$	$n_{ном}, \text{об/ мин}$	$\eta_{ном}, \%$
1	110	60	5,2	4,8	980	86,5
2	220	10	5,0	4,8	2250	86,0
3	220	4,0	6,2	4,2	1025	82,2
4	220	6,6	6,2	4,1	2400	85,5

5	220	4,4	6,5	4,8	2100	84,5
6	220	2,5	5,8	4,8	1000	85,0
7	220	10,0	5,3	4,4	2250	83,0
8	110	77	5,0	4,2	1050	85,5
9	110	80	5,4	4,5	1150	85,8
10	110	92	5,3	4,1	970	86,5
11	110	66	6,2	5,0	1050	85,5
12	110	35	6,3	5,2	2200	84,5
13	110	45	5,7	4,6	1500	85,0
14	220	15	5,0	4,0	1000	84,5
15	220	10	5,2	4,2	970	85,5
16	220	5,8	6,0	5,0	2200	84,0
17	220	19	4,8	4,5	980	86,5
18	220	29	5,0	4,3	2520	86,0
19	220	46,5	5,4	4,8	1025	82,2
20	220	14,0	4,0	4,6	2400	84,0
21	220	20,0	5,1	4,2	2100	85,5
22	220	33,5	5,5	4,0	1000	84,5
23	220	8,5	4,0	4,1	2250	85,5
24	220	13,5	4,8	4,2	1050	85,5
25	110	60	5,0	4,0	1150	84,5

**Задача 4. 7.** Генератор постоянного тока с независимым возбуждением используется для питания цепей автоматики станин с программным управлением, которые требуют постоянного напряжения. Генератор работает в номинальном режиме и отдает полезную мощность

$P_{\text{ном.2}}$  при напряжении на зажимах  $U_{\text{ном}}$ , развивая э.д.с.  $E$ . Мощность первичного двигателя, вращающего генератор, равна  $P_1$ . Генератор отдает во внешнюю цепь ток нагрузки, равный току якоря  $I_{\text{ном}} = I_a$ , ток в обмотке возбуждения  $I_v$ . Сопротивление нагрузки равно  $R_n$ . Сопротивление обмотки якоря  $R_a$ , обмотки возбуждения  $R_v$ . Напряжение на обмотке возбуждения  $U_v$ , к.п.д. генератора равен  $\eta_{\text{ном}}$ . Электрические потери в обмотке якоря  $R_a$ , а в обмотке возбуждения  $R_v$ . Суммарные потери в генераторе равны  $\Sigma P$ . Используя данные, приведенные в таблице, определить величины, отмеченные прочерками в таблице 4.8 вариантов.

Таблица 4.8

Величи н.	В	А	Р	И	А	И	Г	Ы		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р ном.2, кВт	32	-	230	-	-	-	-	110	19	99
U ном, В	230	460	-	230	230	230	230	-	115	-
Е, В	-	-	243	-	233,6	-	-	-	-	-
Р I, кВт	-	110	-	40	-	-	-	-	23	-
I ном. А	-	-	-	-	139	826	1000	478	-	-
Rп, Ом	-	-	0,23	-	-	-	-	-	-	2,14
Rя, Ом	0,026	0,054	-	0,07	-	0,006	0,013	-	0,13	-
Rв, Ом	46	-	-	100	-	18,5	11,5	44,5	110	46
ωв, В	115	230	115	-	115	230	115	230	-	230
η ном	0,87	0,9	-	-	-	-	0,9	0,9	-	-
Р я, Вт	-	-	-	-	-	-	-	1140	-	2500
Р в, Вт	-	1150	115 0	132	287	-	-	-	110	-
ΣР, кВт	-	-	24	5	4,8	15	-	-	-	11
I в. А	-	1,15	1	2,3	1,15	-	-	-	1	-

**Задача 4.8.** Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением потребляет из сети мощность  $P_1$  и развивает на валу номинальную мощность  $P_2$  ном при напряжении  $U$  ном и токе  $I$  ном. Ток в обмотке якоря  $I_я$ , в обмотке возбуждения  $I_в$ . Номинальный вращающий момент двигателя  $M$  ном при частоте вращения  $E$ . Сопротивление обмотки якоря  $R_я$ , обмотки возбуждения  $R_в$ . Суммарные потери мощности в двигателе  $\Sigma P$ , к.п.д. двигателя  $\eta$  дв. Используя данные двигателя, приведенные в таблице, определить все величины, отмеченные в таблице 4.9 черками.

Таблица 4.9.

Величины	В		Λ	Р	И	Λ	Π	Γ	Ы	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р 1, кВт	22	-	3,8	-	-	-	3,9	39,8	-	-
Р2 ном., кВт	-	-	3,2	20	-	18	-	35	20	-
ином, В	-	-	110	-	110	440	-	-	220	-
І ном, Λ	50	-	-	100	36,4	-	-	90,5	-	34,5
І я, Λ	-	86,5	-	-	35,4	-	35,4	-	-	-
І в, Λ	-	4	-	10	-	5,5	1	-	-	1
Мном, Н.М	-	231	-	-	19,1	180	-	-	119	30,6
пном, об/мин	955	-	1000	1600	-	-	1600	1450	-	-
Е, В	-	-	-	210	100	437,8	-	432	-	103,1
Ея, Ом	0,05	0,093	0,2	-	-	-	0,282	-	0,111	-
Ев, Ом	80	110	110	-	-	-	-	110	22	-
ΣР, кВт	4	-	-	2	-	-	0,7	-	-	0,6
η дв.	-	0,88	-	-	0,82	0,82	-	-	0,91	0,843

**Задача 4.9.** Генератор постоянного тока с параллельным возбуждением отдает полную мощность  $P_2$  при номинальном напряжении  $u_{ном}$ . Сила тока в нагрузке равна  $I_n$ , ток в цепи якоря  $I_a$ , а в обмотке возбуждения  $I_v$ . Сопротивление цепи якоря равно  $R_a$ , обмотки возбуждения  $R_v$ . Генератор развивает э.д.с.  $E$ . Электромагнитная мощность равна  $P_{эм}$ . Мощность, затрачиваемая на вращение генератора, равна  $P_1$ . Суммарные потери мощности в генераторе составляют  $\Sigma P$  при коэффициенте полезного действия  $\eta$ . Потери мощности в обмотках якоря и возбуждения соответственно равны  $R_a$  и  $R_v$ . Используя данные, приведенные в таблице, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице 4.10 вариантов.

Таблица 4.10

Величины	В		Λ	Р	И	Λ	Π	Γ	Ы	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р 2, кВт	-	20,65	2	11,8	-	-	-	-	-	21,56
ином, В	220	-	-	-	220	115	430	-	-	220
І н, Λ	98	48	-	1026	-	-	-	17,4	-	-
І в, Λ	-	-	2,9	-	-	-	-	-	2	-

$I_{я}, A$	-	-	-	-	100	-	50	20,3	-	-
$P_{я}, Ом$	0,15	0,2	-	-	-	0,07	-	0,25	-	-
$R_{в}, Ом$	110	-	-	-	110	18,9	215	-	-	-
$E, В$	-	440	120	-	235	122,6	-	-	-	-
$P_{эм}, кВт$	-	-	-	-	-	-	22	-	-	-
$P_1, кВт$	-	-	2,55	14	25,3	-	-	-	23,4	-
					6					
$\Sigma P, кВт$	-	2,8	-	-	-	2,2	-	0,55	2,8	-
$\eta_{дв.}$	0,85	-	-	-	-	-	0,88	0,78	-	0,85
$P_{я}, кВт$	-	-	-	825	-	-	-	-	500	1500
$P_{в}, кВт$	-	-	-	690	-	-	-	-	860	440

**Задача 4.10.** Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением, работая в номинальном режиме, отдает полезную мощность на валу  $P_2$  ном, развивая при этом номинальный момент  $M$  ном при частоте вращения  $n$  ном. Двигатель потребляет из сети номинальный ток  $I$  ном при напряжении  $U$  ном. Ток в обмотке якоря  $I_{я}$ , в обмотке возбуждения  $I_{в}$ . Потребляемая из сети мощность равна  $P_1$ . Суммарные потери мощности в двигателе составляют  $\Sigma P$ , его коэффициент полезного действия  $\eta_{дв.}$ . Используя данные двигателя, приведенные в таблице, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице 4.11 вариантов.

Таблица 4.11

Велич.	В		Л		Р	И	Л	П	Т	Ы
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_2$ ном, кВт	22	-	-	30	12	-	-	-	30	3,6
$M$ ном, Н·м	-	28,65	-	191	-	213	200	78,4	-	-
$n$ ном, об/мин	983	-	1340	-	750	-	143	-	1433	1200
$I$ ном, А	113,6	-	-	79,5	-	-	159	56,8	-	18,8
$U$ ном, В	-	-220	220	-	220	220	-	-	220	-
$I_{я}, A$	-	18	-	-	-	100	-	55,7	150	-
$I_{в}, A$	5,6	-	11	2,5	1,5	-	9	-	-	0,8



Р 1, кВт	25	4,14	12,5	36	-	-	34,9	-	-	-
ΣР, кВт	-	-	-	-	-	3	-	1,5	4,9	0,54
η дв.	-	0,87	-	-	0,8	0,88	-	0,88	-	-

**Задача 4.11.** Электродвигатель постоянного тока с последовательным возбуждением, отдает полезную мощность  $P_2$  и потребляет из сети мощность  $P_1$  при напряжении  $U_{ном}$ . Двигатель развивает полезный момент  $M$  при частоте вращения якоря  $n$ . Сила тока в цепи якоря равна  $I$ , противо-э.д.с. в обмотке якоря  $E$ . Потери мощности в обмотках якоря и возбуждения  $P_{я+в}$ . Сопротивление обмоток якоря и возбуждения  $R_{я+в}$ . В момент пуска двигатель потребляет из сети пусковой ток  $I_{п}$ . Коэффициент полезного действия двигателя равен  $\eta_{дв}$ . Используя данные двигателя, приведенные в таблице, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице 4.12 вариантов.

Таблица 4.12

Величины	В	А	Р	И	А	П	Т	Ы		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р 2, кВт	44	-	-	21	-	-	-	-	5	10
Р 1, кВт	51,3	-	4,5	-	10	-	11	-	6,7	-
U ном, В	-	110	-	250	-	220	110	440	440	-
M, Н·м	296	35	20	310	48	-	79,5	880	-	-
n ном, об/мин	-	-	1800	-	1600	1200	-	510	1030	1200
I, А	205	39	-	-	45,5	33	-	-	-	100
E, В	-	-	-	-	208	-	-	-	417	-
R <sub>я+в</sub> , Ом	2270	300	-	-	-	-	800	-	-	-
R <sub>я+в</sub> + R <sub>пс</sub> , Ом	-	-	0,55	0,13	-	0,74	-	0,05	-	0,08
I <sub>п</sub> , А	-	-	400	-	-	-	-	-	-	-
η дв.	-	0,85	-	0,84	-	0,76	0,91	0,78	-	0,905

**Задача 4.12.** Генератор постоянного тока с независимым возбуждением предназначен для питания приводного электродвигателя постоянного тока металлорежущего станка с программным управлением. Генератор приводится во вращение двигателем переменного тока мощностью  $P_1$ . Номинальная мощность генератора  $P_{ном}$ . Суммарные потери полезного действия генератора  $\Sigma P$  при коэффициенте полезного действия генератора  $\eta_g$ . Генератор развивает электромагнитную мощность  $P_{эм}$  и отдает в нагрузку ток  $I_{ном}$  при напряжении  $U_{ном}$ . Сопротивление обмотки якоря равно  $R_{я}$ . Э.д.с. генератора равно  $E$ . Потери мощности в обмотке якоря  $P_{я}$ . Электромагнитный тормозной момент на валу генератора, преодолеваемый приводным двигателем, равен  $M_{эм}$ . Частота вращения якоря равна  $n_{ном}$ . Используя данные двигателя, приведенные в таблице, определить все величины, отмеченные прочерками в таблице 4.13 вариантов.

Таблица 4.13

Величины	В	А	Р	И	А	Н	Т	Ы		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$ , кВт	-	-	-	-	19	-	55	-	6	-
$P_{ном}$ , кВт	16	-	-	-	-	-	50	9	-	2,7
$\Sigma P$ , кВт	-	1	-	5	3	-	-	3	-	0,7
$\eta_{дв.}$	0,84	-	0,79	0,91	-	0,75	-	-	0,83	-
$P_{эм}$ , кВт	-	5,41	-	52,4	-	-	-	9,74	-	3,07
$I_{ном}$ , А	-	-	23,4	-	69,5	78,3	-	-	21,3	-
$U_{ном}$ , В	230	-	115	-	-	115	230	-	230	-
$R_{я}$ , Ом	0,3	0,9	0,7	-	-	-	-	-	-	-
$E$ , В	-	-	-	241,5	251	-	-	124,4	-	131,4
$P_{я}$ , Вт	-	424	-	-	-	-	2496	-	-	-

М эм, П. м	-	43	-	385	115	95	-	-	-	20,2
пном, об/ мин	145 0	-	145 0	-	-	980	1300	980	1200	-

**Задача 4.13.** Электродвигатель постоянного тока с параллельным возбуждением потребляет ток  $I$  при напряжении  $U_{\text{ном}}$ . Сопротивление обмотки якоря  $R_{\text{я}}$ , обмотки возбуждения  $R_{\text{в}}$ . Магнитный момент полюса равен  $\phi$ . На якоре уложено  $N$  проводников, образующих  $\alpha$  пар параллельных ветвей. Число пар полюсов двигателя равно  $\rho$ . Используя данные, приведенные в таблице, определить следующие величины:

- 1) токи в обмотках якоря  $I_{\text{я}}$  и возбуждения  $I_{\text{в}}$ ;
- 2) э.д.с. в обмотке якоря  $E$ ;
- 3) частоту вращения  $n$ ;
- 4) электромагнитный вращательный момент  $M_{\text{эм}}$ ;
- 5) электромагнитную мощность  $P_{\text{эм}}$ .

Данные к задаче взять из таблицы 4.14.

Таблица 4.14

№ вар	$U_{\text{ном}}$ В	$I$ , А	$R_{\text{я}}$ , Ом	$R_{\text{в}}$ , Ом	$\phi$ , Вб	$N$	$\rho$	$\alpha$
1	220	53,15	0,182	191	0,0095	496	2	2
2	220	24,1	0,643	298	0,006	812	3	3
3	220	35,6	0,303	298	0,006	522	2	2
4	220	14,6	1,48	372	0,00048	1218	4	2
5	220	35,7	0,376	250	0,0071	744	2	2
6	220	40	0,25	110	0,008	620	3	3
7	220	48,8	0,24	228	0,078	496	2	2
8	220	21,7	0,94	250	0,0071	1116	2	2
9	220	60	0,15	75	0,008	856	4	4
10	220	30,8	0,52	228	0,0078	744	2	2

**Задача 4.14.** Электродвигатель постоянного тока с последовательным возбуждением развивает на валу полезную номинальную мощность  $P_{\text{ном}}$ , потребляя номинальный ток  $I_{\text{ном}}$  при напряжении  $u_{\text{ном}}$ . Якорь двигателя вращается с номинальной частотой  $n_{\text{ном}}$ . Сопротивление обмотки якоря и последовательной обмотки возбуждения равно  $R_{\text{я}} + R_{\text{пс}}$ . Пользуясь данными, приведенными в таблице, определить:

- 1) мощность  $P_1$ , потребляемую из сети;
- 2) коэффициент полезного действия  $\eta_{\text{ном}}$ ;
- 3) пусковой ток  $I_{\text{п}}$ ;
- 4) сопротивление пускового реостата  $R_{\text{р}}$  для ограничения пускового тока до  $2 I_{\text{ном}}$ ;
- 5) номинальный вращающий момент  $M_{\text{ном}}$ .

Данные к задаче взять из таблицы 4.15.

Таблица 4.15.

№ вар	$P_{\text{ном}}$ , кВт	$u_{\text{ном}}$ , В	$I_{\text{ном}}$ , А	$n_{\text{ном}}$ , об/мин	$R_{\text{я}} + R_{\text{пс}}$ , Ом
1	8	220	46	1200	0,51
2	17	220	92	100	0,19
3	2	220	124	970	0,13
4	5,5	220	33	1200	0,82
5	12	220	67	1160	0,3
6	140	220	710	575	0,012
7	42	220	218	850	0,052
8	32	220	170	900	0,077
9	20	220	110	1400	0,16
10	10	220	60	650	0,45

### 4.3. Асинхронные двигатели

**Задача 4.15.** Трехфазный асинхронный двигатель с фазным ротором, сопротивление обмоток которого  $R_1, R_2, X_1, X_2$ , соединен треугольником и работает при напряжении  $u_{\text{ном}}$  с частотой  $f = 50$  Гц. Число витков на фазу обмоток  $W_1, W_2$ , число пар полюсов  $p$ .

Определить:

- 1) пусковые токи статора и ротора;
- 2) пусковой вращающий момент;
- 3) коэффициент мощности при пуске двигателя без пускового реостата;
- 4) значение сопротивления пускового реостата, обеспечивающего максимальный пусковой момент;
- 5) величину максимального пускового момента и коэффициент мощности при пуске двигателя с реостатом.

При расчете током холостого хода пренебречь.

Построить естественную механическую характеристику двигателя.

Данные к задаче взять из таблицы 4.16.

Таблица 4.16.

№ вар.	u ном В	R1, Ом	R2, Ом	X1, Ом	X2, Ом	W 1	W 2	$\rho$	S ном., %
1	220	0,46	0,07	1,52	0,22	190	64	2	3,0
2	220	0,58	0,06	2,32	0,35	260	82	2	3,5
3	380	0,62	0,04	1,84	0,42	362	72	2	3,5
4	380	0,74	0,07	3,52	0,37	216	48	3	2,8
5	380	0,78	0,06	4,12	0,62	424	74	3	2,5
6	220	0,36	0,0045	3,62	0,48	358	62	3	4,0
7	220	0,42	0,05	2,82	0,34	1,84	42	2	4,5
8	220	0,64	0,06	3,12	0,65	412	82	2	5,0
9	220	0,82	0,07	3,82	0,48	362	65	2	5,0
10	380	0,84	0,06	4,24	0,52	254	46	3	3,0
11	380	0,78	0,04	3,64	0,48	228	42	3	3,0
12	380	0,86	0,05	3,48	0,78	316	54	2	2,5
13	380	0,76	0,065	2,24	0,54	272	78	2	2,5
14	220	0,48	0,03	3,48	0,62	458	92	2	2,5
15	220	0,52	0,055	2,94	0,36	162	43	2	3,0
16	220	0,56	0,045	4,42	0,64	288	54	3	3,0
17	380	0,62	0,06	3,54	0,46	204	62	3	3,0
18	380	0,76	0,045	3,72	0,54	356	72	8	5,0
19	380	0,66	0,05	2,92	0,64	384	68	2	5,0
20	220	0,58	0,035	2,56	0,48	452	82	2	5,0
21	220	0,60	0,055	2,64	0,56	412	68	2	2,0
22	220	0,68	0,075	3,48	0,32	282	54	3	2,0
23	380	0,42	0,065	1,82	0,45	368	48	3	4,0

24	380	0,82	0,07	2,52	0,64	180	45	2	4,0
25	220	0,54	0,045	2,38	0,45	254	48	2	3,0
26	220	0,42	0,03	3,68	0,32	322	58	2	3,0

**Задача 4.16.** Трехфазный асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, номинальная мощность которого  $P_{ном}$ , включен в сеть на номинальное напряжение  $U_{ном}$  частотой  $f = 50$  Гц.

Определить:

- 1) номинальный  $I_{ном}$  и пусковой  $I_{пуск}$  токи ;
- 2) номинальный  $M_{ном}$  , пусковой  $M_{пуск}$  и максимальный  $M_{max}$  моменты;
- 3) полные потери в двигателе при номинальной нагрузке  $\Delta P$ .

Как изменится пусковой момент двигателя при снижении напряжения на его зажимах на 15 % и возможен ли пуск двигателя при этих условиях с номинальной нагрузкой ?

Построить схематическую характеристику двигателя.

Данные к задаче взять из таблицы 4.17.

Таблица 4.17

№ вар	$U_{ном}$ , В	$P_{ном}$ , кВт	$S_{ном}$ , %	$\eta_{ном}$	$\cos \phi_{ном}$	$\rho$	$\frac{M_{max}}{M_{ном}}$	$\frac{M_{пуск}}{M_{ном}}$	$\frac{I_{пуск}}{I_{ном}}$
1	220	0,8	3,0	0,78	0,86	1	2,2	1,9	7,0
2	220	0,1	3,0	0,795	0,87	1	2,2	1,9	7,0
3	220	1,5	4,0	0,805	0,88	1	2,2	1,8	7,0
4	220	2,2	4,5	0,83	0,89	1	2,2	1,8	7,0
5	220	3,0	3,5	0,845	0,89	1	2,2	1,7	7,0
6	220	4,0	2,0	0,855	0,89	1	2,2	1,7	7,0
7	220	5,5	3,0	0,86	0,89	1	2,2	1,7	7,0
8	220	7,5	3,5	0,87	0,89	1	2,2	1,6	7,0
9	220	10	4,0	0,88	0,89	1	2,2	1,5	7,0
10	220	13	3,5	0,88	0,89	1	2,2	1,5	7,0
11	220	17	3,5	0,88	0,90	1	2,2	1,2	7,0
12	220	22	3,5	0,88	0,90	1	2,2	1,1	7,0
13	220	30	3,0	0,89	0,90	1	2,2	1,1	7,0

14	220	40	3,0	0,89	0,91	1	2,2	1,0	7,0
15	220	55	3,0	0,90	0,92	1	2,2	1,0	7,0
16	220	75	3,0	0,90	0,92	1	2,2	1,0	7,0
17	220	100	2,5	0,915	0,92	1	2,2	1,0	7,0
18	380	10	3,0	0,895	0,87	2	2,0	1,4	7,0
19	380	13	3,0	0,885	0,89	2	2,0	1,3	7,0
20	380	17	3,0	0,89	0,89	2	2,0	1,3	7,0
21	380	22	3,0	0,90	0,90	2	2,0	1,2	7,0
22	380	30	3,0	0,91	0,91	2	2,0	1,2	7,0
23	380	40	3,0	0,925	0,92	2	2,0	1,1	7,0
24	380	55	3,0	0,925	0,92	2	2,0	1,1	7,0
25	380	75	3,0	0,925	0,92	2	2,0	1,1	7,0

Приложение 1

Таблица 3.1

Номера		U <sub>л</sub> , В	R <sub>а</sub> , Ом	R <sub>в</sub> , Ом	R <sub>с</sub> , Ом	X <sub>а</sub> , Ом	X <sub>в</sub> , Ом	X <sub>с</sub> , Ом	R <sub>ав</sub> , Ом	R <sub>вс</sub> , Ом	R <sub>ас</sub> , Ом	X <sub>ав</sub> , Ом	X <sub>вс</sub> , Ом	X <sub>ас</sub> , Ом
Вар иан тов.	Ри- сун ков.													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1.1	3.1	127	8	8	8	6	6	6	-	-	-	-	-	-
1.2	3.1	220	8	8	8	6	6	6	-	-	-	-	-	-
1.3	3.1	380	8	8	8	6	6	6	-	-	-	-	-	-
1.4	3.2	127	3	4	6	4	3	8	-	-	-	-	-	-
1.5	3.2	220	8	4	6	4	3	8	-	-	-	-	-	-
1.6	2.2	380	8	4	6	4	3	8	-	-	-	-	-	-
1.7	3.3	127	4	8	6	3	4	8	-	-	-	-	-	-
1.8	3.3	220	4	8	6	3	4	9	-	-	-	-	-	-
1.9	3.3	380	4	3	6	8	4	8	-	-	-	-	-	-
1.10	3.4	127	16,8	8	8	14,2	6	4	-	-	-	-	-	-
1.11	3.4	220	16,8	8	8	14,2	6	4	-	-	-	-	-	-
1.12	3.4	380	16,8	8	8	8	6	4	-	-	-	-	-	-
1.13	3.5	127	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
1.14	3.5	220	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-
1.15	3.5	380	10	-	-	-	10	10	-	-	-	-	-	-





## Литература.

1. Бокалов В.П. и др. Основы теории электрических цепей и электроники. М. Радио и связь, 1989г.
2. Электротехника под ред. В.Г. Герасимова. М. Высшая школа, 1985г.
3. Касаткин А.С., Немцов М.В. Электротехника. М. “Энергоатомиздат”, 1983г.
4. Л.А. Бессонов. Теоретические основы электроники. Часть 1, М. Радио.
5. А.И.Иванов - Цыганов Электротехнические устройства радиосистем. М. “Высшая школа”, 1979г.
6. Сборник задач по электротехнике и основам электроники. Под ред. В.Г. Герасимова. М. Высшая школа, 1987г.
7. 6. О.Н.Веселовский, Л.М.Браславский. Основы электротехники и электротехнические устройства радиоэлектронной аппаратуры. М., “Высшая школа”,1977г.
8. Шебес М.Р. Задачник по теории линейных электрических цепей. М. Высшая школа.
9. Сборник задач по общей электротехнике под ред. В.С.Пантюшина. Изд-во “Высшая школа”, 1973г.
- 10.Сборник задач по теоретическим основам электротехники. Под ред. Л.А.Бессонова, М., “Высшая школа”, 1980г.

## Содержание

Общие требования к контрольным работам.....	3
1.Трехфазные цепи.....	4
2.Электромагнитные устройства.....	7
3.Задание к контрольной работе № 3.....	17
4.Задание к контрольной работ № 4.....	28
4.1.Трансформаторы.....	28
4.2.Двигатели постоянного тока.....	37
4.3.Асинхронные двигатели.....	43
Приложение 1.....	47
Литература.....	50

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИМ Ф. СКОРИНЫ

## ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Практическое пособие для студентов физического факультета Гомельского государственного университета им. Ф.Скорины специальностей «Физика», «Физика с дополнительной специализацией «Техническое творчество», «Физическая электроника», АСОИ (часть 2).

Авторы – составители :

Богданович Валентина Иосифовна , старший преподаватель кафедры радиофизики и электроники Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины;

Мышковец Виктор Николаевич, к. ф.-м. н., старший преподаватель кафедры радиофизики и электроники Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины.

Рецензенты:

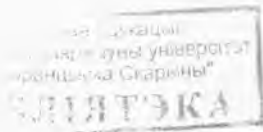
Ефимчик Михаил Константинович, к. ф.-м. н., доцент кафедры АСОИ Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины;

Яковцев Игорь Николаевич, старший преподаватель кафедры общей физики Гомельского государственного университета им. Ф. Скорины.

Подписано к печати 24. 04. 2000 г. Формат 60x 84 1/16. Бумага писчая № 1. Печать офсетная. Усл. п. л. 3,1. Уч. - изд. л. 2,1.

Тираж 50 экз. Заказ 148. Отпечатано на ротапринте Гомельского госуниверситета им. Ф.Скорины. 246099, г. Гомель, ул.

Советская, 104



Б/у