

Контрольные

заданий для заочников  
по энергетическим  
машинам

## ГЛАВА 3

### СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ

#### Основные понятия и формулы

**Синхронная машина (СМ)** — это электрическая машина переменного тока, у которой частота вращения  $n$  ротора и частота  $f$  токов и ЭДС в обмотке якоря связаны строгим соотношением  $n = \frac{60f}{p}$ . В таких машинах в установившемся режиме работы результирующее магнитное поле и ротор вращаются с одинаковой частотой вращения (синхронно).

**Явнополюсная и неявнополюсная СМ** — машина с явно и неявно выраженными полюсами на роторе, где расположена обмотка возбуждения.

**Номинальные данные:** полная мощность  $S_{\text{ном}}$  (для двигателей — мощности  $P_{\text{ном}}$  механической энергии на валу, линейное напряжение  $U_{\text{ном}}$  и ток  $I_{\text{ном}}$  коэффициент мощности  $\cos \varphi_{\text{ном}}$ , КПД  $\eta_{\text{ном}}$ , частота  $f$ , частота вращения  $n_{\text{ном}}$  ротора, напряжение  $U_{\text{вном}}$  и ток  $I_{\text{вном}}$  обмотки возбуждения.

**Электромагнитная мощность и момент неявнополюсной СМ:**

$$P_{\text{эм}} = \frac{mUE_0}{X_c} \sin \theta, \quad M_{\text{эм}} = M = \frac{mUE_0}{\omega X_c} \sin \theta \quad (3.1)$$

где  $m$  — число обмотки якоря,  $\omega = \frac{\pi n}{30}$  — угловая скорость вращения ротора.

**Полная, активная и реактивная мощности:**

$$\begin{aligned} S &= mUI = \frac{mUE_0}{X_c}, \\ P &= mUI \cos \varphi = \frac{mUE_0}{X_c} \sin \theta, \\ Q &= mUI \sin \varphi = \frac{mUE_0}{X_c} \cos \theta, \end{aligned} \quad (3.2)$$

Расчеты, анализ электромагнитных процессов в машине, построение векторных диаграмм существенно упрощаются, если пользоваться относительными значениями электрических величин. Приняв за базисные (единичные) полную номинальную мощность  $S_{\text{ном}}$ , номинальные фазные напряжение  $U_{\text{ном}}$  и ток  $I_{\text{ном}}$ , ток возбуждения  $I_{\text{в0}}$  при котором  $E_0 = U_{\text{ф ном}}$ , и полное сопротивление фазной обмотки  $Z = \frac{U_{\text{ф ном}}}{I_{\text{ф ном}}}$  имеем

$$\begin{aligned} S &= mUI = \frac{mUE_0}{X_c}, \\ P &= mUI \cos \varphi = \frac{mUE_0}{X_c} \sin \theta, \end{aligned} \quad (3.3)$$

$$Q = mUI \sin \varphi = \frac{mUE_0}{X_c} \cos \theta,$$

Угловые характеристики — зависимости  $P(\theta)$  и  $M(\theta)$  при  $I_0 = const$  и неизменных напряжений  $U_c = E_0 - jX_c I = const$  и частоте  $f_c$  сети (см. ур. 3.1). В относительных единицах

$$P_0 = M_0 = \frac{E_0}{X_c} \sin \theta \quad (3.4)$$

Максимальные мощность и момент при  $I_0 = const$ :

$$P_{\max} = \frac{mU_c E_0}{X_c}$$

$$M_{\max} = \frac{mU_c E_0}{\omega X_c} \quad (3.5)$$

$$P_{\max} = M_{\max} = \frac{E_0}{X_c}$$

Статистическая перегружаемость:

$$P_{\max*} = \frac{P_{\max}}{P_{\text{ном}}} = \frac{E_{0 \text{ ном*}}}{X_{c*} \cos \varphi_{\text{ном}}} \quad (3.6)$$

где  $P_{\max}$  — максимальная мощность при  $I_B = I_{B \text{ ном}}$  ( $E_0 = E_{0 \text{ ном}}$ ),  $P_{\text{ном}}$  — номинальная активная мощность генератора,  $\cos \varphi_{\text{ном}}$  — номинальный коэффициент мощности.

Для неявнополюсных СМ  $P_{\max} \geq 1,7$ .

Область устойчивой работы:

$$0 < \theta < \frac{\pi}{2}, P_{\max} > 1$$

### Задача №1

Имеется трехфазный синхронный генератор мощности  $S_{\text{ном}}$  с напряжением на выходе  $U_{1 \text{ ном}}$  (обмотка статора соединена «звездой») при частоте тока 50 Гц и частоте вращения  $n_1$ . КПД генератора при номинальной нагрузке  $\eta_{\text{ном}}$  (табл. 1). Генератор работает на нагрузку с  $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,9$ . Требуется определить активную мощность генератора при номинальной нагрузке  $P_{\max}$  ток в обмотке статора  $I_{1 \text{ ном}}$ , мощность первичного двигателя  $P_{1 \text{ ном}}$  и вращающий момент  $M_{1 \text{ ном}}$  при непосредственном механическом соединении валов генератора и двигателя.

Таблица 1

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_{\text{ном}}$ , кВА	330	400	270	470	230	600	780	450	700	500
$U_{1 \text{ ном}}$ , кВ	6,3	3,2	0,4	6,3	0,7	3,2	6,3	0,4	6,3	3,2
$\eta_{\text{ном}}$ , %	92	92	90	91	90	93	93	91	93	92
$n_1$ , об.мин	1000	750	600	1000	600	500	1000	500	1000	600

*ча*  
Задание №2

Трехфазный синхронный двигатель номинальной мощностью  $P_{\text{ном}}$  и числом полюсов  $2p$  работает от сети напряжением  $U_{1\text{ном}}$  (обмотка статора соединена «звездой»). КПД двигателя  $\eta_{\text{ном}}$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_{\text{ном}}$  при опережающем токе статора. Перегрузочная способность двигателя –  $\lambda$ , а его пусковые параметры определены кратности пускового тока  $\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{ном}}}$  и кратностью пускового момента  $\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{ном}}}$ . Значения этих величин приведены в табл.2. Требуется определить: потребляемые двигателем из сети активную мощность  $P_{1\text{ном}}$  и ток  $I_{1\text{ном}}$ , развиваемый двигателем при номинальной нагрузке вращающий момент  $M_{\text{ном}}$ , суммарные потери  $\sum \Delta P$ , пусковой момент  $M_{\text{п}}$  и пусковой ток  $I_{\text{п}}$ , а так же вращающий момент  $M_{\text{макс}}$ , при котором двигатель выпадает из синхронизма.

Таблица 2

Варианты	Величины							
	$P_{\text{ном}}$ кВт	$U_{1\text{ном}}$ кВ	$2p$	$\cos \varphi_{\text{ном}}$	$\eta_{\text{ном}}$ %	$\frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{п}}}{M_{\text{ном}}}$	$\frac{M_{\text{макс}}}{M_{\text{ном}}}$
1	575	6,0	16	0,8	93	5,0	1,4	1,5
2	600	3,0	10	0,9	92	5,5	1,7	1,5
3	325	3,0	8	0,9	90	4,5	1,7	1,6
4	60	0,38	6	0,8	89	4,5	2,2	1,6
5	160	0,38	6	0,8	90	4,8	2,4	1,5
6		3,0	4	0,9	89	4,5	1,4	1,4
7		6,0	4	0,9	93	4,8	1,5	1,5
8		6,0	8	0,8	90	5,0	1,7	1,6
9		10	8	0,9	92	5,0	2,2	1,5
10		0,38	10	0,8	93	4,8	2,4	1,4

*ча*  
Задача №3 (вариант задачи принимает из последней цифре шифра)  
Задачи в практической части 3-й главы:

*ча*  
Задание №3.1

Определить напряжение на зажимах трехфазного синхронного генератора, работающего в режиме холостого хода, при соединении обмотки статора по схеме «треугольник» и «звезда», если известно, что частота  $f = 50$  Гц, число последовательно соединенных витков фазы обмотки статора  $W_1 = 180$ , обмоточный коэффициент  $k_{01} = 0,92$ , максимальное значение магнитного потока одной фазы  $\Phi_{\text{макс}} = 0,012$  Вб.

*ча*  
Задание №3.2

Трехфазный синхронный генератор расчетной мощностью  $S_{\text{ном}} = 5$  МВА характеризуется следующими данными: номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 6,3$  кВ, коэффициент мощности  $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,8$ , активное сопротивление фазы обмотки статора  $r = 0,04$  Ом, схема соединения обмотки статора - «звезда». Определить КПД генератора, если потери в магнитопроводе  $P_{\text{см}} = 20$  кВт, добавочные потери составляют 5 % от номинальной мощности, механические потери  $\Delta P_{\text{мех}} = 0,005 P_n$ . Напряжение возбуждения  $U_b = 113$  В, ток возбуждения в номинальном режиме  $I_b = 274$  А, коэффициент полезного действия возбуждателя  $\eta_b = 0,95$ .

*ча*  
Задание №3.3

Ротор трехфазного синхронного генератора имеет 12 полюсов. Частота напряжения на зажимах генератора  $f = 50$  Гц. Полезная мощность приводного двигателя 5 кВт. Определить вращающий момент на валу генератора.

#### Задача №3.4

Трехфазный синхронный генератор вырабатывает напряжение частотой  $f = 50$  Гц. Число полюсов  $2p = 2$ . Приводной двигатель создает вращающий момент на валу  $M_1 = 29$  Нм. Определить полезную мощность приводного двигателя.

#### Задача №3.5

Вращающий момент на валу трехфазного синхронного генератора - 48 Нм. Полезная мощность приводного двигателя 5 кВт. Частота напряжения на зажимах генератора  $f = 50$  Гц. Определить число полюсов генератора.

#### Задача №3.6

Трехфазный четырехполюсный синхронный двигатель имеет следующие данные: номинальная мощность  $P_{ном} = 500$  кВт, номинальное напряжение  $U_{ном} = 0,66$  кВ, коэффициент полезного действия  $\eta_{ном} = 0,95$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_{ном} = 0,8$  (опережающий ток), частота тока  $f = 50$  Гц. Определить частоту вращения ротора, номинальный вращающий момент, активную и реактивную составляющие мощности, потребляемый из сети ток статора и его реактивную составляющую.

#### Задача №3.7

Трехфазный синхронный двигатель включен в сеть напряжением 220 В, потребляет линейный ток  $I_n = 100$  А и развивает мощность на валу  $P_{ном} = 25$  кВт. КПД двигателя  $\eta = 0,95$  %. Определить реактивную мощность, потребляемую двигателем из сети.

#### Задача №3.8

Трехфазный синхронный двигатель включен в сеть напряжением  $U_{ном} = 600$  В и потребляет ток  $I_{ном} = 50$  А, КПД двигателя  $\eta_{ном} = 0,9$ , коэффициент мощности  $\cos \varphi_{ном} = 0,8$ . Определить суммарные потери мощности в двигателе.

#### Задача №3.9

Трехфазный синхронный двигатель включение сеть напряжением 380 В и развивает на валу мощность 75 кВт. КПД двигателя  $\eta = 0,92$  %, коэффициент мощности  $\cos \varphi_{ном} = 0,8$ . Определить реактивную составляющую потребляемого из сети тока.

#### Задача №3.10

Полная мощность, потребляемая из сети синхронным двигателем,  $S = 45$  кВА. Коэффициент мощности  $\cos \varphi_{ном} = 0,8$ . Суммарные потери мощности  $\sum \Delta P = 48$  кВт. Определить коэффициент полезного действия двигателя.

## ГЛАВА 4

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

#### Основные понятия и формулы

**Машина постоянного тока (МПТ)** — электрическая машина, обмотка якоря которой соединена с электрической сетью постоянного тока с помощью механического (коллектора) или полупроводникового преобразователя частоты. Машины постоянного тока классифицируются: а) по назначению — генераторы (ГПТ) и двигатели (ДПТ) постоянного тока; б) по способам возбуждения (в зависимости от того, как обмотка возбуждения включена по отношению к обмотке якоря): с независимым, параллельным, последовательным, смешанным возбуждением (МПТ имеет одну последовательную, и одну параллельную обмотки возбуждения), с постоянными магнитами.

**Номинальный режим** — режим работы МПТ при условиях, для которых она предназначена заводом-изготовителем.

Соответствующие номинальному режиму мощность, напряжение на главных зажимах машины, ток, частота вращения, КПД называются *номинальными* и указываются на заводской табличке (паспорте), прикрепленной к корпусу машины.

**Основные формулы**, описывающие электромагнитные процессы в МПТ как в генераторном, так и двигательном режимах работы, следующие.

ЭДС якоря (ЭДС параллельной ветви обмотки якоря)

$$E_{\text{я}} = C_0 \omega \Phi \quad (4.1)$$

где  $C_0 = \frac{Np}{2\pi\alpha}$  — постоянная,  $N$  — число активных проводников в обмотке якоря,  $p$  — число пар главных полюсов,  $\alpha$  — число пар параллельных ветвей обмотки якоря,  $\omega = \frac{2\pi}{30}$  — угловая скорость вращения якоря  $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Магнитный поток на полюс

$$\Phi = B_{\text{ср}} l \tau \quad (4.2)$$

где  $B_{\text{ср}}$  — среднее значение магнитной индукции в воздушном зазоре под главным полюсом,  $l$  — расчетная длина сердечника якоря,  $\tau$  — полюсное деление (часть окружности якоря, приходящийся на один полюс).

Электромагнитная мощность

$$P_{\text{эм}} = E_{\text{я}} I_{\text{я}} = \omega M_{\text{эм}} \quad (4.3)$$

Электромагнитный момент

$$M = M = C_{\text{ср}} I_{\text{я}} = \frac{P_{\text{эм}}}{\omega} \quad (4.4)$$

где  $I_{\text{я}}$  — ток якоря.

Мощность потерь в МПТ

$$\sum P_{\text{п}} = P_{\text{пмх}} + P_{\text{пм}} + P_{\text{пэ}} + P_{\text{пв}} + P_{\text{пд}} \quad (4.5)$$

где  $P_{\text{пмх}}$ ,  $P_{\text{пм}}$ ,  $P_{\text{пэ}}$  – мощность механических, магнитных (мощность потерь в стали сердечника якоря) и электрических (в обмотке якоря) потерь соответственно, причем  $P_{\text{пмх}} = I_{\text{я}}^2 R_{\text{я}}$ , где  $R_{\text{я}}$  – внутреннее сопротивление цепи якоря,  $P_{\text{пв}} = U_{\text{в}} I_{\text{в}} = I_{\text{в}}^2 R'_{\text{в}}$  – мощность потерь на возбуждение в МПТ с электромагнитным возбуждением, где  $I_{\text{в}}$  и  $U_{\text{в}}$  – ток в цепи возбуждения и напряжение на ее зажимах, а  $R'_{\text{в}}$  – эквивалентное сопротивление этой цепи.  $P_{\text{пд}} = 0,01 P_{\text{ном}} I_*$  – мощность добавочных потерь, а  $I_* = \frac{I}{I_{\text{ном}}}$  – относительное значение тока МПТ.

*Коэффициент полезного действия (КПД)*

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} = 1 - \frac{\sum P_{\text{п}}}{P_2 + \sum P_{\text{п}}} \quad (4.6)$$

где  $P_1$  – мощность энергии, подведенной к МПТ,  $P_2$  – полезная мощность МПТ.

## Генератор постоянного тока

*Уравнение напряжения генератора*

$$U = E_{\text{я}} - I_{\text{я}} R_{\text{я}} \quad (4.7)$$

*Полезная электрическая мощность*

$$P_2 = UI \quad (4.8)$$

где ток генератора

$$I = \begin{cases} I_{\text{я}} - I_{\text{в}} & \text{- при параллельном или смешанном возбуждении,} \\ I_{\text{я}} & \text{- при других способах возбуждения.} \end{cases}$$

*Мощность подведенной механической энергии*

$$P_1 = \omega M_1 = P_2 + \sum P_{\text{п}} = \frac{P_2}{\eta} \quad (4.9)$$

где  $M_1$  – вращающий момент на валу первичного двигателя.

*Характеристики генератора:*

- холостого хода  $U_0 = E_{\text{я}} = f(I_{\text{в}})$  при  $I = 0$  и  $n = \text{const}$ ;
- внешняя  $U = f(I)$  при  $R'_{\text{в}} = R_{\text{в}} + R_{\text{рв}} = \text{const}$  и  $n = \text{const}$ ;
- регулировочная  $I_{\text{в}} = f(I)$  при  $U = \text{const}$  и  $n = \text{const}$ , где  $R_{\text{в}}$  – сопротивление обмотки возбуждения,  $R_{\text{рв}}$  – сопротивление регулировочного реостата в цепи возбуждения.

## Двигатель постоянного тока

*Уравнение напряжения*

$$U = E_{\text{я}} - I_{\text{я}} R_{\text{я}} \quad (4.10)$$

*Уравнение движения*

$$M - (M_0 - M_2) = J \frac{d\omega}{dt} \quad (4.11)$$

где  $M_0$  – момент холостого хода, обусловленный и механическими потерями в двигателе,  $M_2$  – полезный момент на валу,  $J$  – момент инерции вращающихся масс.

В установившемся режиме работы двигателя (при  $n = const$ )

$$M = (M_0 + M_2) = C_0 I_{\text{я}} \Phi \quad (4.11, a)$$

Полезная механическая мощность на валу

$$P_2 = \omega M_2 \quad (4.12)$$

Мощность электрической энергии, потребляемой из сети

$$P_1 = \begin{cases} UI + P_{\text{пв}} & \text{- при независимом возбуждении,} \\ UI & \text{- при других способах возбуждения.} \end{cases}$$

где  $P_{\text{пв}}$  – мощность потерь на возбуждение.

Ток двигателя

$$I = \begin{cases} I_{\text{я}} - I_{\text{в}} & \text{- при параллельном или смешанном возбуждении,} \\ I_{\text{я}} & \text{- при других способах возбуждения.} \end{cases}$$

Ток якоря в установившемся режиме

$$I_{\text{я}} = \frac{U - E_{\text{я}}}{R_{\text{я}}} = \frac{M_0 + M_2}{C_0 \Phi} = \frac{M_0}{C_0 \Phi} + \frac{M_2}{C_0 \Phi} = I_{0\text{м}} + \frac{M_2}{C_0 \Phi} \quad (4.13)$$

где  $I_{0\text{м}}$  – ток якоря в режиме холостого хода.

Угловая скорость вращения в установившемся режиме

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{U - I_{\text{я}} R_{\text{я}}}{C_0 \Phi} = \frac{U - I_{0\text{м}} R_{\text{я}}}{C_0 \Phi} - R_{\text{я}} \frac{M_2}{C_0 \Phi} \\ &= \omega_0 - R_{\text{я}} \frac{M_2}{(C_0 \Phi)^2} \end{aligned} \quad (4.14)$$

Начальный пусковой ток якоря

$$I_{\text{яп}} = \frac{U}{R_{\text{я}} + R_{\text{п}}} \quad (4.15)$$

где  $R_{\text{п}}$  – сопротивление пускового реостата в момент пуска.

Начальная кратность пускового тока

$$I_{\text{п*}} = \frac{I_{\text{п}}}{I_{\text{ном}}} \quad (4.16)$$

где  $I_{\text{п}}$  – пусковой ток.

ЭДС якоря  $E_{\text{я}}$ , электромагнитный момент  $M$ , мощность потерь  $\sum P_{\text{п}}$  и КПД определяют по формулам (4.1), (4.4), (4.5) и (4.6).

## Практическая часть

### Задание №1

Двигатель постоянного тока номинальной мощности  $P_{\text{ном}}$  включен в сеть напряжением  $U_{\text{ном}}$  и при номинальной нагрузке потребляет ток  $I_{\text{ном}}$  развивая при этом

частоту вращения  $n_{\text{ном}}$  (табл.1). Требуется определить: мощность  $P_{1\text{ ном}}$  потребляемую двигателем из сети, суммарные потери мощности  $\Sigma \Delta P$ , КПД  $\eta_{\text{ном}}$ , момент на валу двигателя  $M_{2\text{ ном}}$ .

Таблица 1

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{\text{ном}}, \text{кВт}$	55	75	100	125	200	42	32	25	75	15
$U_{\text{ном}}, \text{В}$	220	220	220	220	220	110	110	110	440	440
$I_{\text{ном}}, \text{А}$	289	382	503	630	1020	439	447	264	193	42
$n_{\text{ном}}, \text{об/мин}$	1220	1500	1200	1000	1500	2240	1060	1600	3000	750

*ча*  
**Задание №2**

Генератор постоянного тока независимого возбуждения с номинальным напряжением  $U_{\text{ном}}$  и номинальной частотой вращения  $n_{\text{ном}}$  имеет простую волновую обмотку якоря, состоящую из  $N$  проводников. Число полюсов генератора  $2p = 4$ , сопротивление обмоток в цепи якоря при рабочей температуре  $\Sigma r$ , основной магнитный поток  $\Phi$  (табл.2). Для номинального режима работы генератора определить: ЭДС  $E_a$ , ток нагрузки  $I_{\text{ном}}$ , полезную мощность  $P_{\text{н}}$ , электромагнитную мощность  $P_{\text{эм}}$  и электромагнитный момент  $M_{\text{эм}}$ . Размагничивающим действием реакции якоря пренебречь.

Таблица 2

Величины	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_{\text{ном}}, \text{В}$	230	230	460	460	46	115	460	230	230	230
$n_{\text{ном}}, \text{об/мин}$	1500	2300	3000	2300	1500	1000	2300	1000	3000	2300
$\Sigma r, \text{Ом}$	0,175	0,08	0,17	0,30	0,70	0,09	0,27	0,35	0,08	0,14
$N$	100	118	273	234	200	80	252	114	100	138
$\Phi, \text{Вб} \cdot 10^2$	4,8	2,6	1,7	2,6	4,8	4,5	2,4	6,1	2,4	2,2

*Задача 3 (вариант задачи принимается по последней цифре шифра)*  
*Задачи к практической части 4-й главы*

*ча*  
**Задание №4.1 3.1**

При напряжении  $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$  двигатель постоянного тока потребляет из сети ток  $I_{\text{ном}} = 20 \text{ А}$ . Мощность на валу двигателя  $P_2 = 3,2 \text{ кВт}$ . Определить суммарные потери мощности в двигателе.

*ча*  
**Задание №4.2 3.2**

При напряжении  $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$  двигатель параллельного возбуждения потребляет ток  $I_{\text{ном}} = 20 \text{ А}$  и вращается с частотой  $n = 1400 \text{ об/мин}$ . Определить частоту вращения двигателя после введения добавочного сопротивления в цепь якоря  $r_d = r_a$ , если известно, что  $r_a = 0,1 \text{ Ом}$ , а сопротивление обмотки возбуждения  $r_b = 100 \text{ Ом}$ .

*ча*  
**Задание №4.3 3.3**

Для двигателя постоянного тока параллельного возбуждения известны технические данные: номинальная мощность  $P_{\text{н}} = 10 \text{ кВт}$ , номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 220 \text{ В}$ , сопротивление цепи якоря при рабочей температуре  $r_a = 0,3 \text{ Ом}$ , сопротивление цепи возбуждения при рабочей температуре  $r_b = 85 \text{ Ом}$ , КПД двигателя  $\eta = 0,795$ . Определить: потребляемую мощность, ток



якоря, ЭДС, электрические потери в цепи якоря, потери в цепи возбуждения, суммарные потери мощности, потери холостого хода.

**Задание №4.4** 3.4

Тяговый двигатель постоянного тока последовательного возбуждения имеет номинальную мощность  $P_{\text{ном}} = 52$  кВт, коэффициент полезного действия  $\eta = 81\%$ , частоту вращения  $n = 650$  об/мин, номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 550$  В, общее сопротивление обмоток якоря и возбуждения  $r_a + r_b = 0,095$  Ом. Определить: потребляемую мощность, ток двигателя, полезный момент на валу, ЭДС, суммарные потери мощности.

**Задание №4.5** 3.5

Двигатель постоянного тока смешанного возбуждения имеет следующие технические данные: номинальная мощность  $P_{\text{ном}} = 25$  кВт, номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 220$  В, сопротивление якорной цепи  $r_a = 0,111$  Ом, сопротивление последовательной обмотки возбуждения  $r_{b,c} = 0,0048$  Ом, сопротивление параллельной обмотки возбуждения  $r_{b,ш} = 48,4$  Ом, коэффициент полезного действия  $\eta = 0,86$ . Определить: номинальный ток двигателя, ток якоря, потребляемую мощность, ЭДС, электрические потери в параллельной обмотке возбуждения.

**Задание №4.6** 3.6

Для генератора постоянного тока независимого возбуждения известны технические данные: номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 230$  В, потребляемая мощность  $P_1 = 45$  кВт, ток возбуждения  $I_b = 20$  А, сопротивление обмотки возбуждения и якоря соответственно  $r_b = 100$  Ом и  $r_a = 0,12$  Ом, коэффициент полезного действия  $\eta = 0,86$ . Определить ЭДС якорной обмотки  $E_a$ , электромагнитную мощность  $P_{\text{эм}}$ , потери в обмотке возбуждения  $P_{\text{эл.в}}$ , суммарные потери мощности  $\sum \Delta P$ .

**Задание №4.7** 3.7

Для генератора постоянного тока независимого возбуждения известны технические данные: номинальная мощность  $P_{\text{ном}} = 40$  кВт, номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 230$  В, сопротивление цепи якоря при рабочей температуре  $r_a = 0,12$  Ом, коэффициент полезного действия  $\eta = 0,86$ , номинальная частота вращения  $n = 1470$  об/мин. Определить: номинальный ток генератора  $I_{\text{ном}}$ , сопротивление нагрузки  $r_H$ , ЭДС генератора  $E_a$ , суммарные потери мощности  $\sum \Delta P$ , электромагнитную мощность  $P_{\text{эм}}$ , электромагнитный момент  $M_{\text{эм}}$ .

**Задание №4.8** 3.8

Генератор параллельного возбуждения работает на сеть напряжением  $U_{\text{ном}} = 120$  В. Сопротивления обмоток якоря и возбуждения в рабочем режиме  $r_a = 0,08$  Ом,  $r_b = 18$  Ом, сопротивление нагрузки  $r_H = 1,2$  Ом. Определить: ток нагрузки генератора, ток в цепи возбуждения, ток якоря, ЭДС генератора, полезную мощность, потери в цепи якоря, потери в цепи возбуждения.

**Задание №4.9** 3.9

Для генератора постоянного тока параллельного возбуждения известны технические данные: номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 115$  В, номинальный ток  $I_{\text{ном}} = 20$  А, сопротивление цепи якоря работающей машины  $r_a = 0,4$  Ом, сопротивление цепи возбуждения работающей машины  $r_b = 145$  Ом, коэффициент полезного действия  $\eta = 0,8$ , частота вращения  $n = 2850$  об/мин. Определить: номинальную мощность генератора, мощность первичного двигателя, ток якоря, электромагнитную мощность, ЭДС генератора, электромагнитный момент.

**Задание №4.10** 3.10

Для генератора постоянного тока смешанного возбуждения известны технические данные: номинальная мощность  $P_{\text{ном}} = 10$  кВт, номинальное напряжение  $U_{\text{ном}} = 220$  В, ЭДС  $E_a = 230$  В, ток возбуждения  $I_b = 2$  А, сопротивление последовательной обмотки возбуждения  $r_{b,c} = 0,15$  Ом, частота вращения  $n = 1470$  об/мин. Определить: ток якоря, сопротивление якорной цепи, сопротивление цепи возбуждения (параллельной), электромагнитную мощность, электромагнитный момент.