

Практическая работа №2

Определение расчетных, эксплуатационных параметров генераторов постоянного тока при решении задач

1 Цель работы: освоить методы расчета параметров генераторов постоянного тока

2 Оснащение рабочего места:

- методические указания для проведения практических работ;
- калькулятор

3 Краткие теоретические сведения:

Генераторы постоянного тока являются источниками постоянного тока, в которых осуществляется преобразование механической энергии в электрическую энергию.

В процессе работы коллекторного генератора на его вал прикладывается вращающий момент (якорь генератора приводится во вращение каким-либо двигателем, в качестве которого могут быть использованы электрические двигатели внутреннего сгорания и т.д.), при этом в обмотке якоря генерируется ЭДС E_a (для определения направления этой ЭДС можно пользоваться правилом правой руки). При подключении к генератору нагрузки в цепи якоря возникает ток I_a , а на выводах генератора устанавливается напряжение U .

Генераторы постоянного тока находят применение в тех отраслях промышленности, где по условиям производства необходим или является предпочтительным постоянный ток (на предприятиях металлургической и электролизной промышленности, на транспорте, на судах и др.). Используются они и на электростанциях в качестве возбуждателей синхронных генераторов и источников постоянного тока. В последнее время в связи с развитием полупроводниковой техники для получения постоянного тока часто применяются выпрямительные установки, но, несмотря на это генераторы постоянного тока продолжают находить широкое применение. Генераторы постоянного тока выпускаются на мощности от нескольких киловатт до 10 000 кВт.

Режим работы электрической машины в условиях, для которых она предназначена заводом-изготовителем, называется номинальным. Величины, соответствующие этому режиму работы (мощность, ток, напряжение, частота вращения и др.), являются номинальными данными машины. Они указываются в каталогах и выбиваются на табличке, прикрепленной к станине машины.

4 Основные формулы:

Уравнение напряжений:

$$U = E_a - I_a \cdot \sum r,$$

где E_a - электродвижущая сила (ЭДС) обмоток якоря, В;

I_a - ток якоря, А;

$\sum r$ - сопротивление цепи якоря, Ом

Полезная мощность, отдаваемая генератором:

$$P_2 = U \cdot I,$$

где U - напряжение на зажимах, В;

I - ток внешней цепи, А

Электромагнитная мощность:

$$P_{эм} = E_a \cdot I_a = M \cdot \omega = U \cdot I_a + I_a^2 \cdot \sum r = P_2 + P_{за},$$

где $P_{за}$ - мощность потерь на нагрев обмоток и щеточного контакта в цепи якоря, Вт

Угловая скорость вращения якоря, рад/с:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60},$$

Частота вращения якоря, об/мин:

$$n = \frac{E_a}{C_e \cdot \Phi}$$

Электродвижущая сила обмоток якоря:

$$E_a = C_e \cdot \Phi \cdot n,$$

где Φ - основной магнитный поток, Вб;

Постоянная величина для данного типа машины:

$$C_e = \frac{p \cdot N}{60 \cdot a},$$

где N - количество пазовых проводников в одной параллельной ветви обмотки якоря;

a - число пар параллельных ветвей обмотки якоря;

p - число пар полюсов.

Электромагнитный момент:

$$M = C_m \cdot \Phi \cdot I_a = \frac{9.55 \cdot P_{эм}}{n},$$

Постоянная величина для данного типа машины:

$$C_m = \frac{p \cdot N}{2 \cdot \pi \cdot a}$$

Кoeffициент полезного действия (КПД) генератора:

$$\eta = \frac{P_{2r}}{P_1} = \frac{P_{2r}}{P_{2r} + \sum P} = \frac{UI}{UI + \sum P} = 1 - \frac{\sum P}{UI + \sum P},$$

Суммарные потери мощности, Вт:

$$\sum P = P_1 - P_2$$

5 Порядок выполнения работы:

5.1 Изучить краткие теоретические сведения, изложенные в п. 3.

5.2 Изучить основные формулы, изложенные в п. 4.

5.3 Рассчитать параметры генераторов постоянного тока в соответствии со своим вариантом (см. таблицу 2.1), используя формулы изложенные в п. 4., и примеры решения задач.

Таблица 2.1 - Варианты для решения задач

№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№ задач	1;2;4; 6;10.	1;3;5; 7;10.	1;4;6; 9;10.	1;5;7; 6;10.	1;6;8; 7;10.	1;7;9; 8;10.	1;8;2; 9;10.	1;9;3; 2;10.	1;2;5; 3;10.	1;3;6; 4;10.	1;4;7; 5;10.	1;5;8; 6;10.	1;6;9; 7;10.	1;7;2; 8;10.	1;8;3; 9;10.

Задачи:

Задача 1

Генератор постоянного тока параллельного возбуждения имеет номинальные данные: мощность $P_{ном}$, напряжение $U_{ном}$, частота вращения $n_{ном}$, сопротивление обмоток в цепи якоря, приведенное к рабочей температуре Σr , падение напряжения в щеточном контакте пары щеток $\Delta U_{щ}=2В$, сопротивление цепи обмотки возбуждения r_b , КПД в номинальном режиме $\eta_{ном}$, ток генератора $I_{ном}$, ток в цепи возбуждения I_b , ток в цепи якоря $I_{яном}$, ЭДС якоря $E_{яном}$, электромагнитная мощность $P_{эм}$, электромагнитный момент при номинальной нагрузке $M_{ном}$, мощность приводного двигателя $P_{1ном}$.

Значения перечисленных параметров приведены в табл.2.2. Требуется определить значения параметров, не указанных в таблице.

Таблица 2.2 - Варианты для задачи 1

Параметры	Вариант															
	*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$P_{ном}, кВт$	10	-	-	18	45	13	-	-	52	32	16	-	31	19	-	-
$U_{ном}, В$	230	230	460	230	-	460	230	230	300	460	460	460	230	460	230	230
$n_{ном}, об/мин$	1450	-	-	1500	1000	1200	-	-	2200	1000	1500	-	1600	1560	-	-
$\Sigma r, Ом$	0,3	0,15	-	-	-	0,5	-	0,12	-	-	0,4	-	-	0,6	0,2	0,16
$r_b, Ом$	150	100	-	-	92	166	-	120	-	-	230	-	-	180	200	135
$\eta, \%$	86,5	-	88	-	88	85	86	-	-	-	87	88	-	86	-	-
$I_{ном}, А$	-	87	-	-	97,8	-	-	90	-	-	-	-	-	-	95	84
$I_b, А$	-	-	4	-	-	-	6	-	-	-	-	9	-	-	-	-
$I_{яном}, А$	-	-	-	75	-	-	-	-	87	86	-	-	86	-	-	-
$E_a, В$	-	-	480	240	475	-	250	-	320	480	-	470	245	-	-	-
$P_{эм, ном}, кВт$	-	-	55	-	-	-	45	-	-	-	-	56	-	-	-	-
$M_{ном}, Нм$	-	280	525	-	-	-	290	310	-	-	-	340	-	-	235	345
$P_{1ном}, кВт$	-	23	-	21	-	-	-	24	56	35	-	-	34	-	42	28

Решение варианта *:

1 Номинальный ток на выходе генератора:

$$I_{III} = \frac{P_{III}}{U_{III}} = \frac{10000}{230} = 43,48 \text{ A}$$

2 Ток в обмотке возбуждения

$$I_B = \frac{U_{ном}}{r_B} = \frac{230}{150} = 1,5 \text{ A}$$

3 Ток в цепи якоря при номинальной нагрузке

$$I_{аном} = I_{ном} + I_B = 43,5 + 1,5 = 45 \text{ A}$$

4 ЭДС якоря в номинальном режиме

$$E_a = U_{ном} + I_{аном} * \sum r + \Delta U_{щ} = 230 + 45 * 0,3 + 2 = 245,5 \text{ В}$$

5 Электромагнитная мощность генератора при номинальной нагрузке

$$P_{эмном} = E_a * I_{аном} = 245,5 * 45 = 11047 \text{ Вт}$$

6 Электромагнитный момент генератора в режиме номинальной нагрузки

$$M_{III} = \frac{9.55 * P_{эм}}{n_m} = \frac{9.55 * 11047}{1450} = 72.8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

7 Мощность приведенного двигателя

$$P_{III} = \frac{P_{III}}{\eta} = \frac{10}{0.865} = 11.6 \text{ кВт}$$

Задача 2

Найти полезную мощность и электромагнитный момент генератора постоянного тока параллельного возбуждения, если известно, что: $R_a=220 \text{ Ом}$; $U=220\text{В}$; $R_f=0,09 \text{ Ом}$; $E_a=230 \text{ В}$; $n=1500 \text{ об/мин}$.

Задача 3

Найти машинную постоянную для ЭДС (Се) генератора постоянного тока, если известно: $\Phi=0,015 \text{ Вб}$; $n=1500 \text{ об/мин}$; $U=220\text{В}$; $I_a=20 \text{ А}$; $R_a=0,09 \text{ Ом}$.

Задача 4

Обмотка четырехполюсного генератора постоянного тока имеет 600 активных проводников и две пары параллельных ветвей. Угловая скорость вращения генератора 157 рад/с. При этом в обмотке якоря индуцируется ЭДС, равная 230 В. Определить магнитный поток машины.

Задача 5

Найти машинную постоянную для ЭДС (Се) генератора постоянного тока, если известно: $E_a=230 \text{ В}$; $\Phi=0,03 \text{ Вб}$; $\omega=157 \text{ рад/с}$.

Задача 6

Обмотка шестипольсного генератора постоянного тока имеет 600 активных проводников и одну пару параллельных ветвей. Магнитный поток машины равен 0,015 Вб. Угловая скорость вращения генератора 150 рад/с. Определить ЭДС якоря E_a .

Задача 7

Найти электромагнитный момент генератора постоянного тока, если известно, что: $C_m=20$; $\Phi=0,015$ Вб; $U=220$ В; $R_a=0,5$ Ом; $E_a=230$ В.

Задача 8

Обмотка якоря четырехполюсного генератора постоянного (ГПТ) тока имеет 240 проводников и четыре пары параллельных ветвей. Магнитный поток 0,02 Вб. В обмотке якоря индуцируется ЭДС, равная 230 В, ток якоря 28 А. Определить угловую скорость вращения ГПТ и электромагнитную мощность.

Задача 9

Генератор постоянного тока независимого возбуждения имеет нагрузку 20 кВт при напряжении 220 В. Найти скорость вращения вала ГПТ если: $R_a=0,09$ Ом; $\Phi=0,015$ Вб; $C_e=50$.

Задача 10

Генератор постоянного тока независимого возбуждения мощностью $P_{ном}$ и напряжением $U_{ном}$ имеет сопротивление обмоток в цепи якоря, приведенное к рабочей температуре $\sum r$, в генераторе применены электрографитированные щетки марки ЭГ ($\Delta U_{щ}=2,5$ В). Определить номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки. Значения параметров приведены в табл. 2.3.

Таблица 2.3 - Варианты для задачи 10

Параметры	Вариант															
	*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$P_{ном}, кВт$	20	45	15	90	80	30	18	50	34	54	19	23	36	44	32	41
$U_{ном}, В$	230	460	230	460	460	230	230	460	230	230	230	460	230	230	460	230
$\Sigma r, Ом$	0,12	0,22	0,15	0,12	0,11	0,08	0,13	0,2	0,17	0,14	0,21	0,22	0,18	0,16	0,3	0,1

Решение варианта *:

1. Ток в номинальном режиме:

$$I_{аном} = \frac{P_{ном}}{U_{ном}} = \frac{20000}{230} = 87 А$$

2. ЭДС генератора:

$$E_a = U_o = U_{ном} + I_{аном} * \sum r + \Delta U_{щ} = 230 + 87 * 0,12 + 2,5 = 243 В$$

3. Номинальное изменение напряжения при сбросе нагрузки:

$$\Delta U_{шт} = \frac{U_o - U_{шт}}{U_{шт}} * 100\% = \frac{243 - 230}{230} * 100\% = 5,65\%$$

5.4 Оформить отчет.

5.5 Сделать вывод по работе.

6 Содержание отчета:

- 6.1 Название и цель работы.
- 6.2 Краткие теоретические сведения.
- 6.3 Расчеты параметров генераторов постоянного тока.
- 6.4 Ответы на контрольные вопросы.
- 6.5 Вывод по работе.

7 Контрольные вопросы:

- 7.1 Поясните, назначение генератора постоянного тока.
- 7.2 Поясните устройство машины постоянного тока.
- 7.3 Укажите, какие законы используются при работе генератора постоянного тока.
- 7.4 Сформулируйте правило правой и левой руки.
- 7.5 Поясните, при каком количестве коллекторных пластин происходит выпрямление постоянного тока.
- 7.6 Поясните, для каких целей используется щётки в генераторе постоянного тока.

Литература

- 1 Кацман М. М. Электрические машины: Учеб. для студентов средн. проф. учебных заведений. – 3-е изд., испр.- М.: Высш. шк., 2001.- 463 с.: ил.
- 2 Шевчик Н. Е., Подгайский Г. Д. Электрические машины.- Мн.: Дизайн ПРО, 2000.- 256с.: ил.
- 3 Кацман М. М. Сборник задач по электрическим машинам: Учеб. для студ. учреждений сред. проф. образования.-М.: Издательский центр «Академия», 2003. – 160с.