

Индивидуальное задание по электрическим машинам постоянного тока.

1. Вычертить принципиальную электрическую схему включения двигателя постоянного тока параллельного возбуждения с измерительными приборами, аппаратурой управления и регулирующими резисторами.
2. Рассчитать и построить естественную механическую характеристику по паспортным данным.
3. Вычертить схемы пуска двигателя параллельного возбуждения с помощью пускового реостата и пусковых сопротивлений. Определить пусковые токи и момент. Вычислить сопротивление пускового реостата.
4. Рассчитать и построить искусственные механические характеристики при сопротивлении цепи якоря $R_1=5r_a$ и $R_2=10r_a$.
5. Рассчитать и построить механические характеристики при напряжении на якоре $U_1=0,5U_n$ и $U_2=0,25U_n$ и номинальном магнитном потоке и отсутствии резистора в цепи якоря.
6. Рассчитать и построить механические характеристики при магнитном потоке $\Phi_1=0,8\Phi_n$, $\Phi_2=0,6\Phi_n$ и номинальном напряжении на якоре.

Обозначения:

- P_n - номинальная мощность, кВт;
 U_n - номинальное напряжение, В;
 n_n - номинальная частота вращения, об/мин;
 $I_{ан}$ - номинальный ток, А;
 η - КПД.

Методические рекомендации.

К пункту 1. Принципиальная электрическая схема машины постоянного тока параллельного возбуждения вычерчивается вместе с электроизмерительными приборами, с пусковой, защитной и регулирующей аппаратурой. Условные графические и буквенные обозначения на схеме должны соответствовать государственным стандартам - Единой системы конструкторской документации (ЕСКД), действующим в настоящее время. Схему расположить на одной странице тетради. Произвести расчет силы номинального и пускового тока в цепи якоря и в обмотке параллельного возбуждения. Указать пределы измерения приборов.

На схеме указать: А - амперметр; V - вольтметр; R - резистор; F - элемент и устройство защиты (предохранитель, разрядник, автомат защиты реле); К - реле электромагнитное (контактор, пускатель); L — катушка индуктивная, дроссель; S — устройства коммутационные (выключатель, переключатель, кнопка) [ГОСТ 2.702—75 и СТСЭВ].

К пункту 2. Так как механическая характеристика двигателя параллельного возбуждения линейна, то ее можно построить по любым двум точкам. Удобно для этого взять точку идеального холостого хода, когда $\Omega=\Omega_0$, $M=0$, и точку номинального режима работы $\Omega=\Omega_n$, $M=M_n$.

Определить Ω непосредственно из выражения для момента затруднительно, так как неизвестна величина

$C_E = \frac{pN}{2\pi a}$, зависящая от конструктивных параметров (p - число пар полюсов, N - число проводников, a - число пар параллельных ветвей). Поэтому для нахождения $C_E\Phi$ необходимо воспользоваться выражением:

$$C_E\Phi = \frac{U_n - I_{ан}r_a}{\Omega_n}; \text{ где } I_{ан} = 0,95 \frac{P_n}{\eta U_n} - \text{номинальный ток якоря.}$$

Таким образом, задача сводится к определению r_a , так как остальные величины известны из паспортных данных. К сожалению, в паспортных данных отсутствуют сведения о сопротивлении якоря, что заставляет пользоваться приближенными способами определения этой величины.

Принято считать, что 50% потерь двигателя параллельного возбуждения при номинальном токе составляют потери в обмотке якоря; в двигателях смешанного возбуждения эти потери составляют 60%, а в двигателе последовательного возбуждения — 75%. Тогда сопротивление цепи якоря будет:

$$r_a = \alpha \frac{P_1 - P_n}{I_{ан}^2},$$

где $\alpha=0,5; 0,6$ или $0,75$ в зависимости от способа возбуждения; P_1 - номинальная мощность, потребляемая из сети:

$$P_1 = \frac{P_n}{\eta_n}$$

Угловая частота вращения идеального холостого хода определяется из выражения:

$$\Omega_0 = \frac{U_n}{C_E\Phi}; \quad \Omega_n = \frac{U_n}{U_n - I_{ан}r_a}$$

Найдем вторую точку механической характеристики. Номинальная угловая частота вращения:

$$\Omega = \frac{\pi n_n}{30}$$

Номинальный вращающий момент на валу можно определить по паспортным данным двигателя следующим образом:

$$M_n = \frac{P_n}{\Omega_n} = \frac{P_n}{\frac{\pi n_n}{30}} = 9,55 \frac{P_n}{n_n}$$

К пункту 3. Допустимая величина пускового тока двигателя определяется не только тепловой стойкостью элементов цепи якоря и коммутацией, но и требованиями получения достаточного начального пускового момента. Соотношения между номинальными величинами M_n , $I_{ан}$ и пусковыми можно вычислить из сопоставления выражений моментов:

$$M_n = C_m \Phi I_{ан} \text{ и } M_n = C_m \Phi I_{ан}$$

где $I_{ан}$ - пусковой ток в цепи якоря; Φ - поток; C_m - постоянная; $C_m = \frac{PN}{2\pi a}$

Тогда

$$\frac{M_n}{M_n} = \frac{I_{ан}}{I_{ан}}$$

Сопротивление пускового реостата выбирается так, чтобы в начальный момент пуска $I_{ан} = (1,5 \div 2,5) I_{ан}$. Причем большие значения относятся к машинам малой мощности.

Тогда

$$M_n = M_n (1,5 \div 2,5).$$

Пусковое сопротивление, обеспечивающее требуемый пусковой момент, можно определить по формуле:

$$r_n = \frac{U}{I_{ан}}$$

Номинальный ток обмотки возбуждения $I_{ан}$ составляет порядка 5% тока якоря. Ток якоря в этом случае будет равен:

$$I_{ан} = I_n - 0,05 I_{ан} = 0,95 I_n$$

К пункту 4. Из уравнения механической характеристики имеем:

$$\Omega = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{r_a M}{C_E C_M \Phi^2}$$

Если угловая частота вращения выражена в $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$, а момент в $\text{Н}\cdot\text{м}$, то коэффициенты C_E и C_M будут одинаковы.

Таким образом, $C_E C_M \Phi^2 = (C\Phi)^2$ и механические характеристики при различных $R_1 = 5r_a$ и $R_2 = 10r_a$ получатся из выражения:

$$\Omega = \frac{U}{C\Phi} - \frac{(5 \div 10)r_a M}{(C\Phi)^2}$$

К пункту 5. На основе последней формулы, задаваясь различными U , определяются необходимые Ω для двух точек, рассматриваемых в пункте 2.

К пункту 6. Частота вращения идеального Холостого хода при ослабленном магнитном потоке $\Phi_1 = 0,8 \Phi_n$ и $\Phi_2 = 0,6 \Phi_n$

определяется соответственно на основе формулы: $\Omega_{01} = \frac{U_n}{C_E \Phi}$; $\Omega_{02} = \frac{U_n}{U_n - I_{ан} r_a}$

$$\Omega_{01} = \frac{U_n}{0,8 C\Phi}; \quad \Phi_{02} = \frac{U_n}{0,6 C\Phi}$$

Частота вращения при номинальном моменте двух значений потока определяется:

$$\Omega_{n1} = \Omega_{01} - \frac{M_n r_a}{(0,8 C\Phi)^2}; \quad \Omega_{n2} = \Omega_{02} - \frac{M_n r_a}{(0,6 C\Phi)^2}$$

Данные к контрольному заданию №1

№ варианта	Рн квт	Ун В	Нн об/мин	$\eta_{кпд}$	
1	10	110	750	80	
2	14	110	1000	80	
3	25	110	1500	80	
4	21	110	1450	82	
5	85	220	970	83	
6	63	220	970	82	
7	40	220	1470	81	
8	28	110	1475	80	
9	18	220	1460	80	
10	14	220	1000	80	
11	13,5	220	2200	80	
12	138	220	970	85	
13	100	220	970	84	
14	68	440	1470	83	
15	40	220	1470	82	
16	28	110	1475	80	
17	18	220	1460	82	
18	14	220	1000	80	
19	13,5	220	2200	80	
20	19	220	1500	80	
21	25	220	1500	81	
22	55	220	1500	82	
23	100	220	1500	85	
24	200	220	1500	86	
25	65	220	970	84	
26	40	220	1450	83	
27	100	220	950	84	
28	28	110	1460	82	
29	14	220	1000	80	
30	7	220	750	76	
31	32	220	3000	86	
32	7	110	750	75	
33	11	110	1000	79	
34	19	110	1500	82	
35	16	110	1450	80	
36	16	220	1450	73	
37	25	220	2850	89	
38	17,5	110	1000	80	
39	10	220	750	73	
40	25	110	1500	89	
41	21	110	1450	80	
42	21	220	1450	78	
43	0,65	110	930	35	
44	5,5	110	980	76	
45	1	110	950	80	
46	1	220	1500	76,7	
47	1,5	220	3000	75,5	
48	0,7	110	1500	71,5	
49	1,5	220	1500	77,7	
50	5,5	110	950	76	

Государственный университет имени Ломоносова
 Рудольф А. Ломоносов
 Сумма баллов 40
 Баллы за задание 4