

# 1. РАСЧЕТ ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

## 3.1. Задание для самостоятельной работы

Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения характеризуют следующие номинальные величины: напряжение на зажимах двигателя  $U_n$ ; мощность  $P_n$ ; частота вращения  $n_n$ ; ток якоря  $I_{я,n}$ ; ток обмотки возбуждения  $I_{в,n}$ ; вращающий момент  $M_n$ ; ток, потребляемый из сети,  $I_n$ ; коэффициент полезного действия  $\eta_n$ ; сопротивление цепи якоря  $r_я$ ; сопротивление обмотки возбуждения  $r_в$ ; мощность потерь в цепи якоря  $\Delta P_я$ ; мощность потерь в обмотке возбуждения  $\Delta P_в$ .

Числовые значения заданных величин и номера пунктов задания, подлежащих выполнению, указаны в табл. 23–32.

Необходимо сформулировать условие задачи для своего варианта и выполнить следующее:

- 1) начертить схему двигателя;
  - 2) определить номинальный вращающий момент  $M_n$ ;
  - 3) рассчитать коэффициент полезного действия  $\eta_n$  двигателя при номинальной нагрузке;
  - 4) вычислить частоту вращения двигателя при статическом моменте сопротивления нагрузки  $M_c = 0,8M_n$  и токе возбуждения  $I_b = 0,6I_{в,n}$ . Воспользоваться зависимостью  $\Phi = f(I_b)$ , приведенной на рис. 5. Построить графики естественной и искусственной механических характеристик;
  - 5) найти пределы изменения частоты вращения двигателя при изменении величины добавочного сопротивления в цепи якоря  $r_d$  от 0 до  $4 r_я$ , при статическом моменте сопротивления  $M_c = 1,2M_n$ . Построить графики естественной и искусственной (при  $r_d = 4r_я$ ) механических характеристик;
  - 6) определить номинальную мощность двигателя;
  - 7) рассчитать энергию, потребляемую двигателем из сети в течение полутора часов;
  - 8) вычислить сопротивление пускового реостата, выбранного из условия, что  $I_n = 2I_n$ , и соответствующее этому току значение пускового момента. Построить графики естественной и искусственной (при введенном сопротивлении пускового реостата) механических характеристик;
  - 9) построить графики семейства механических характеристик двигателя, регулируемого реостатом в цепи возбуждения при постоянном моменте сопротивления, равном номинальному, для значений сопротивления реостата в цепи возбуждения: 0; 0,5; 1,0  $r_в$ ;
- Определить пределы изменения частоты вращения и мощность потерь в обмотке якоря и цепи возбуждения при различных значениях сопротивления цепи возбуждения. Воспользоваться зависимостью  $\Phi = f(I_b)$ , приведенной на рис. 5;

10) рассчитать сопротивление обмотки возбуждения;

11) найти пределы изменения частоты вращения двигателя при изменении добавочного сопротивления в цепи якоря  $r_d$  от 0 до  $6r_{я}$ , если статический момент сопротивления  $M_c = 1,4M_n$ . Построить графики естественной и искусственной (при  $r_d = 6r_{я}$ ) механических характеристик. Определить КПД двигателя при  $r_d = 6r_{я}$  и  $M_c = 1,4M_n$ ;

12) построить семейство механических характеристик  $n = f(M)$  при значениях тока возбуждения 1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6  $I_{в.н.}$ . Определить КПД при указанных значениях тока возбуждения, если статический момент сопротивления равен номинальному. Построить график зависимости КПД от тока возбуждения.

У к а з а н и е. Воспользоваться зависимостью  $\Phi = f(I_B)$ , (см. рис. 5);

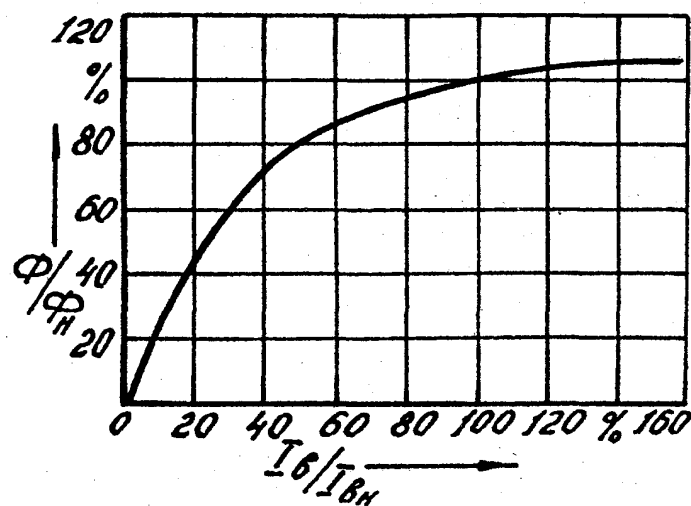


Рис. 5

13) построить графики семейства механических характеристик  $n = f(M)$  при значениях добавочного сопротивления  $r_d$  в цепи якоря: 0; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0  $r_{я}$ . Определить КПД двигателя при указанных значениях добавочного сопротивления, если статический момент сопротивления равен номинальному. Построить график зависимости КПД от частоты вращения;

14) вычислить частоту вращения двигателя при увеличении сопротивления цепи возбуждения на 40% и статическом моменте сопротивления  $M_c = 0,7M_n$ . Построить естественную и искусственную механические характеристики. Определить КПД двигателя в этом режиме;

15) определить пределы изменения сопротивления  $r_d$  регулировочного реостата, включаемого в цепь якоря, для регулирования частоты вращения двигателя от  $n_n$  до  $0,2n_n$  при номинальном статическом моменте сопротивления;

16) найти КПД двигателя при статическом моменте сопротивления, равном номинальному, и частотах вращения 1,0; 0,8; 0,6; 0,4; 0,2  $n_n$ . Построить график зависимости КПД от частоты вращения;

17) регулирование частоты вращения двигателя осуществляется реостатом в цепи якоря в пределах от  $n_n$  до  $0,5n_n$  при постоянной мощности на валу.

Вычислить КПД двигателя при значениях частоты вращения 1,0; 0,9; 0,8; 0,7; 0,6; 0,5 $n_n$ . Построить график зависимости КПД от частоты вращения.

Т а б л и ц а 23

Исходные данные для вариантов 01–10

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 2, 3, 4 |             |                |           |               |              |            |
|---|-------------|----------------|-----------|---------------|--------------|------------|
| Вариант   | $P_n$ , кВт | $n_n$ , об/мин | $U_n$ , В | $I_{я,n}$ , А | $r_{я}$ , Ом | $r_b$ , Ом |
| 01  | 6           | 750            | 110       | 63,73         | 0,1223       | 75,0       |
| 02  | 32          | 1000           | 220       | 167,0         | 0,0666       | 44,0       |
| 03  | 8           | 1000           | 110       | 83,5          | 0,0644       | 42,4       |
| 04  | 55          | 1500           | 220       | 283,0         | 0,0301       | 44,0       |
| 05  | 25          | 750            | 110       | 264,0         | 0,0254       | 11,0       |
| 06  | 11          | 500            | 220       | 60,0          | 0,2895       | 44,0       |
| 07  | 42          | 750            | 110       | 436,0         | 0,0119       | 9,45       |
| 08  | 100         | 1500           | 220       | 505,0         | 0,0135       | 37,8       |
| 09  | 19          | 600            | 110       | 204,0         | 0,0398       | 11,0       |
| 10  | 75          | 750            | 220       | 380,0         | 0,0236       | 28,0       |

Т а б л и ц а 24

Исходные данные для вариантов 11–20

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 2, 5 |             |                |           |               |              |              |
|--|-------------|----------------|-----------|---------------|--------------|--------------|
| Вариант  | $P_n$ , кВт | $n_n$ , об/мин | $U_n$ , В | $I_{в,n}$ , А | $r_{я}$ , Ом | $\eta_n$ , % |
| 11   | 1,5         | 1500           | 220       | 0,4           | 1,85         | 78,5         |
| 12   | 13,5        | 1060           | 220       | 1,2           | 0,126        | 84,0         |
| 13   | 3,2         | 1500           | 220       | 1,2           | 0,67         | 79,0         |
| 14   | 42,0        | 750            | 110       | 11,7          | 0,0119       | 85,3         |
| 15   | 6,0         | 1500           | 220       | 1,2           | 0,34         | 82,5         |
| 16   | 8,0         | 1500           | 110       | 2,6           | 0,0678       | 84,5         |
| 17   | 11,0        | 1500           | 220       | 1,4           | 0,15         | 84,0         |
| 18   | 25,0        | 750            | 110       | 10,0          | 0,0254       | 82,5         |
| 19   | 19,0        | 1500           | 220       | 1,7           | 0,101        | 84,7         |
| 20   | 12,0        | 685            | 220       | 1,8           | 0,281        | 85,2         |

Т а б л и ц а 25

Исходные данные для вариантов 21–30

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 6, 7, 8 |             |                |           |              |              |            |
|---|-------------|----------------|-----------|--------------|--------------|------------|
| Вариант   | $M_n$ , Н·м | $n_n$ , об/мин | $U_n$ , В | $\eta_n$ , % | $r_{я}$ , Ом | $r_b$ , Ом |
| 21  | 76,4        | 750            | 110       | 83,5         | 0,1183       | 75,0       |
| 22  | 50,9        | 1500           | 110       | 84,5         | 0,0656       | 41,8       |
| 23  | 302,4       | 600            | 110       | 81,0         | 0,0398       | 11,0       |
| 24  | 350,2       | 1500           | 220       | 87,0         | 0,0300       | 44,0       |
| 25  | 267,4       | 500            | 220       | 79,0         | 0,2895       | 44,0       |
| 26  | 636,7       | 1500           | 220       | 89,6         | 0,0135       | 37,8       |
| 27  | 534,8       | 750            | 110       | 85,3         | 0,0119       | 9,5        |
| 28  | 1019,0      | 1500           | 220       | 90,0         | 0,0064       | 28,0       |

|    |       |      |     |      |        |      |
|----|-------|------|-----|------|--------|------|
| 29 | 955,0 | 750  | 220 | 88,0 | 0,0236 | 28,0 |
| 30 | 25,6  | 3000 | 110 | 84,5 | 0,0362 | 41,4 |

Т а б л и ц а 26

Исходные данные для вариантов 31–40

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 9 |             |                |           |              |              |              |
|---|-------------|----------------|-----------|--------------|--------------|--------------|
| Вариант                                     | $P_H$ , кВт | $n_H$ , об/мин | $U_H$ , В | $\eta_H$ , % | $r_{я}$ , Ом | $r_{в}$ , Ом |
| 31  | 6           | 750            | 110       | 83,5         | 0,1223       | 75,0         |
| 32  | 8           | 1000           | 110       | 86,0         | 0,0644       | 42,4         |
| 33  | 11          | 500            | 220       | 80,0         | 0,2895       | 44,0         |
| 34  | 14          | 500            | 220       | 83,0         | 0,2895       | 44,0         |
| 35  | 19          | 600            | 220       | 81,5         | 0,1645       | 44,0         |
| 36  | 25          | 750            | 110       | 83,5         | 0,0254       | 11,0         |
| 37  | 32          | 1000           | 110       | 84,5         | 0,0164       | 11,0         |
| 38  | 55          | 1500           | 220       | 87,0         | 0,0301       | 44,0         |
| 39  | 75          | 750            | 220       | 88,0         | 0,0236       | 28,0         |
| 40  | 100         | 1500           | 220       | 89,6         | 0,0135       | 37,8         |

Т а б л и ц а 27

Исходные данные для вариантов 41–50

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 2, 10, 11 |           |                |           |              |                      |                      |
|---|-----------|----------------|-----------|--------------|----------------------|----------------------|
| Вариант   | $I_H$ , А | $n_H$ , об/мин | $U_H$ , В | $\eta_H$ , % | $\Delta P_{я}$ , кВт | $\Delta P_{в}$ , кВт |
| 41  | 65,3      | 750            | 110       | 83,5         | 0,497                | 0,162                |
| 42  | 86,0      | 1000           | 110       | 84,5         | 0,449                | 0,284                |
| 43  | 66,0      | 1500           | 110       | 82,5         | 0,433                | 0,267                |
| 44  | 86,0      | 1500           | 110       | 84,5         | 0,472                | 0,289                |
| 45  | 86,0      | 3000           | 110       | 84,5         | 0,284                | 0,293                |
| 46  | 288,0     | 1500           | 220       | 87,0         | 2,412                | 1,100                |
| 47  | 172,0     | 1000           | 220       | 84,5         | 1,857                | 1,100                |
| 48  | 137,0     | 750            | 220       | 83,5         | 1,782                | 1,100                |
| 49  | 107,0     | 600            | 220       | 81,5         | 1,711                | 1,100                |
| 50  | 511,0     | 1500           | 220       | 89,6         | 3,440                | 1,280                |

Т а б л и ц а 28

Исходные данные для вариантов 51–60

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 12 |           |                |           |             |              |              |
|--|-----------|----------------|-----------|-------------|--------------|--------------|
| Вариант                                      | $I_H$ , А | $n_H$ , об/мин | $U_H$ , В | $M_H$ , Н·м | $r_{я}$ , Ом | $r_{в}$ , Ом |
| 51   | 388       | 750            | 220       | 955         | 0,02362      | 28,0         |
| 52   | 808       | 1500           | 220       | 1019        | 0,00638      | 28,0         |
| 53   | 511       | 1500           | 220       | 637         | 0,01349      | 37,8         |
| 54   | 448       | 750            | 110       | 535         | 0,01193      | 9,45         |
| 55   | 65        | 500            | 220       | 210         | 0,2895       | 44,0         |
| 56   | 107       | 600            | 220       | 302         | 0,1645       | 44,0         |
| 57   | 137       | 750            | 220       | 318         | 0,1023       | 44,0         |
| 58   | 172       | 1000           | 220       | 306         | 0,0666       | 44,0         |
| 59   | 288       | 1500           | 220       | 350         | 0,03012      | 44,0         |
| 60   | 86        | 3000           | 110       | 25,5        | 0,041        | 41,4         |

Т а б л и ц а 29

Исходные данные для вариантов 61–70

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 13 |           |                |           |             |              |              |
|--|-----------|----------------|-----------|-------------|--------------|--------------|
| Вариант                                      | $I_n$ , А | $n_n$ , об/мин | $U_n$ , В | $M_n$ , Н·м | $r_{я}$ , Ом | $r_{в}$ , Ом |
| 61   | 8,7       | 1500           | 220       | 9,55        | 1,85         | 490,0        |
| 62   | 18,4      | 1500           | 220       | 20,37       | 0,67         | 156,0        |
| 63   | 33,2      | 1500           | 220       | 38,2        | 0,34         | 132,0        |
| 64   | 59,8      | 1500           | 220       | 70,0        | 0,15         | 121,0        |
| 65   | 102,0     | 1500           | 220       | 121,0       | 0,101        | 100,0        |
| 66   | 73,0      | 1060           | 220       | 121,6       | 0,126        | 183,0        |
| 67   | 65,2      | 750            | 110       | 76,4        | 0,1223       | 75,0         |
| 68   | 86,0      | 1000           | 110       | 76,4        | 0,0644       | 42,4         |
| 69   | 66,0      | 1500           | 110       | 38,2        | 0,107        | 45,2         |
| 70   | 86,0      | 1500           | 110       | 50,93       | 0,0678       | 41,8         |

Т а б л и ц а 30

Исходные данные для вариантов 71–80

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 3, 14 |           |                |           |             |              |              |
|---|-----------|----------------|-----------|-------------|--------------|--------------|
| Вариант   | $I_n$ , А | $n_n$ , об/мин | $U_n$ , В | $M_n$ , Н·м | $r_{я}$ , Ом | $r_{в}$ , Ом |
| 71  | 8,7       | 1500           | 220       | 9,55        | 1,85         | 490,0        |
| 72  | 18,4      | 1500           | 220       | 20,37       | 0,67         | 156,0        |
| 73  | 73,0      | 1060           | 220       | 121,6       | 0,126        | 183,0        |
| 74  | 64,0      | 685            | 220       | 167,3       | 0,281        | 128,0        |
| 75  | 86,0      | 1000           | 110       | 76,4        | 0,0618       | 42,4         |
| 76  | 66,0      | 1500           | 110       | 38,2        | 0,1026       | 45,2         |
| 77  | 346,0     | 1000           | 110       | 305,6       | 0,0164       | 11,0         |
| 78  | 275,0     | 750            | 110       | 318,3       | 0,0252       | 11,0         |
| 79  | 172,0     | 1000           | 220       | 305,6       | 0,0666       | 44,0         |
| 80  | 65,0      | 500            | 220       | 210,0       | 0,2895       | 44,0         |

Т а б л и ц а 31

Исходные данные для вариантов 81–90

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 15, 16 |           |                |           |             |              |              |
|--|-----------|----------------|-----------|-------------|--------------|--------------|
| Вариант  | $I_n$ , А | $n_n$ , об/мин | $U_n$ , В | $P_n$ , кВт | $r_{я}$ , Ом | $r_{в}$ , Ом |
| 81   | 65,2      | 750            | 110       | 6,0         | 0,1223       | 75,0         |
| 82   | 86,0      | 1000           | 110       | 8,0         | 0,0644       | 42,4         |
| 83   | 86,0      | 1500           | 110       | 8,0         | 0,0678       | 41,8         |
| 84   | 275,0     | 750            | 110       | 25,0        | 0,0254       | 11,0         |
| 85   | 344,0     | 1000           | 110       | 32,0        | 0,0164       | 11,0         |
| 86   | 288,0     | 1500           | 220       | 55,0        | 0,0301       | 44,0         |
| 87   | 107,0     | 600            | 220       | 19,0        | 0,1645       | 44,0         |
| 88   | 83,0      | 500            | 220       | 14,0        | 0,2896       | 44,0         |
| 89   | 65,0      | 500            | 220       | 11,0        | 0,2895       | 44,0         |
| 90   | 388,0     | 750            | 220       | 75,0        | 0,0236       | 28,0         |

## Исходные данные для вариантов 91–100

| Пункты задания, подлежащие выполнению: 1, 17 |             |                |           |              |              |            |
|--|-------------|----------------|-----------|--------------|--------------|------------|
| Вариант                                      | $P_H$ , кВт | $n_H$ , об/мин | $U_H$ , В | $\eta_H$ , % | $r_{я}$ , Ом | $r_B$ , Ом |
| 91   | 1,5         | 1500           | 220       | 78,5         | 1,85         | 490,0      |
| 92   | 3,2         | 1500           | 220       | 79,0         | 0,67         | 156,0      |
| 93   | 12,0        | 685            | 220       | 85,2         | 0,281        | 126,0      |
| 94   | 19,0        | 1500           | 220       | 84,7         | 0,101        | 100,0      |
| 95   | 25,0        | 750            | 110       | 82,5         | 0,0254       | 11,0       |
| 96   | 32,0        | 1000           | 110       | 84,0         | 0,0164       | 11,0       |
| 97   | 42,0        | 750            | 110       | 85,3         | 0,0119       | 9,45       |
| 98   | 75,0        | 750            | 220       | 88,0         | 0,0236       | 28,0       |
| 99   | 100,0       | 1500           | 220       | 89,6         | 0,0135       | 37,8       |
| 100  | 160,0       | 1500           | 220       | 90,0         | 0,0064       | 28,0       |

## 3.2. Методические указания

При решении задачи реакция якоря не учитывается, а мощность магнитных и механических потерь  $P_H + P_{мех}$  принимается постоянной, равной мощности потерь в обмотке якоря в номинальном режиме  $\Delta P_{я.н.}$ .

Коэффициент полезного действия двигателя при номинальной нагрузке

$$\eta_H = \frac{P_H}{P_{1H}} = \frac{P_H}{P_H + \sum P}, \quad (25)$$

где  $P_{1H} = I_H U_H$  – мощность, потребляемая двигателем из сети;

$\sum P = \Delta P_{я.н.} + \Delta P_{в.н.} + P_{магн} + P_{мех}$  – суммарные потери в двигателе;

$\Delta P_{я.н.} = I_{я.н.}^2 r_{я}$  – потери в обмотке якоря в номинальном режиме;

$\Delta P_{в.н.} = I_{в.н.}^2 r_B$  – потери в обмотке возбуждения в номинальном режиме.

Номинальная мощность двигателя может быть определена по значению номинального момента:

$$P_H = \frac{M_H n_H}{9,55}. \quad (26)$$

Пусковой ток двигателя  $I_{п}$  зависит от сопротивлений пускового реостата  $r_{п.р}$  и цепи якоря:

$$I_{п} = \frac{U_H}{r_{я} + r_{п.р}}. \quad (27)$$

Механическая характеристика двигателя параллельного возбуждения линейна. Ее график может быть построен по двум точкам. Обычно для построения графика механической характеристики используют значения частоты вращения холостого хода при некотором заданном моменте сопротивления нагрузки.

Частоту вращения двигателя для электромеханической характеристики определяют по формуле:

$$n = (U - (r_{\text{я}} + r_{\text{д}})I_{\text{я}}) / C_e \Phi, \quad (28)$$

где  $U$  – напряжение на зажимах двигателя;

$r_{\text{я}}$  – сопротивление обмотки якоря;

$r_{\text{д}}$  – добавочное сопротивление в цепи якоря;

$I_{\text{я}}$  – ток якоря;

$C_e$  – постоянная машины;

$\Phi$  – магнитный поток.

В номинальном режиме добавочное сопротивление  $r_{\text{д}}$  в цепи якоря отсутствует, а напряжение на зажимах двигателя, ток якоря и магнитный поток имеют номинальные значения. Поэтому номинальная частота вращения определяется из выражения:

$$n_{\text{н}} = (U_{\text{н}} - r_{\text{я}} I_{\text{я.н}}) / C_e \Phi. \quad (29)$$

Из соотношения  $n / n_{\text{н}}$  получим выражение, позволяющее определить частоту вращения для любого режима, используя номинальные данные:

$$n = n_{\text{н}} (U - (r_{\text{я}} + r_{\text{д}}) I_{\text{я}}) \Phi_{\text{н}} / (U_{\text{н}} - r_{\text{я}} I_{\text{я.н}}) \Phi. \quad (30)$$

Поясним методику построения графика механической характеристики на примере.

Двигатель постоянного тока параллельного возбуждения характеризуют следующие номинальные величины: напряжение на зажимах  $U_{\text{н}} = 220$  В; мощность  $P_{\text{н}} = 160$  кВт; частота вращения  $n_{\text{н}} = 1500$  об/мин; ток  $I_{\text{н}} = 808$  А; сопротивление обмотки якоря  $r_{\text{я}} = 0,0046$  Ом; сопротивление обмотки возбуждения  $r_{\text{в}} = 28$  Ом.

Построить графики естественной и искусственной (при добавочном сопротивлении в цепи якоря  $r_{\text{д}} = 10r_{\text{я}}$ ) механических характеристик.

**Р е ш е н и е.**

Для каждого из значений добавочного сопротивления ( $r_{\text{д}} = 0$  и  $r_{\text{д}} = 10r_{\text{я}}$ ) в цепи якоря определим частоты вращения для двух значений момента сопротивления нагрузки:  $M_{\text{с}} = 0$  (холостой ход) и  $M_{\text{с}} = M_{\text{н}}$ .

При моменте сопротивления, равном номинальному, и  $r_{\text{д}} = 0$  (естественная характеристика) ток якоря и частота вращения имеют номинальные значения  $I_{\text{я.н}}$  и  $n_{\text{н}}$ .

Рассчитаем номинальные значения момента  $M_{\text{н}}$  и тока якоря  $I_{\text{я.н}}$ :

$$M_H = 9,55P_H / n_H = 9,55 \cdot 160000 / 1500 = 1019 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$I_{я.н} = I_H - I_{в.н} = I_H - U_H / r_B = 808 - 220 / 28 = 800 \text{ А}.$$

Вычислим частоту вращения в режиме холостого хода. Ток якоря в режиме холостого хода мал, но не равен нулю, так как имеют место механические и магнитные потери. Значение тока якоря  $I_{я.х}$  в режиме холостого хода может быть найдено исходя из того, что мощность механических и магнитных потерь принимается постоянной, равной мощности потерь в обмотке якоря в номинальном режиме.

Мощность потерь в обмотке якоря в номинальном режиме

$$\Delta P_{я.н} = I_{я.н}^2 r_я = 800^2 \cdot 0,0046 = 2944 \text{ Вт}.$$

Ток якоря в режиме холостого хода

$$I_{я.х} = \Delta P_{я.н} / U_H = 2944 / 220 = 13,38 \text{ А}.$$

Учитывая, что  $U = U_H$  и  $\Phi = \Phi_H$ , рассчитаем частоту вращения холостого хода на естественной характеристике:

$$n_x = n_H (U_H - r_я I_{я.х}) / (U_H - r_я I_{я.н});$$

$$n_x = 1500(220 - 0,0046 \cdot 13,38) / (220 - 0,0046 \cdot 800) = 1525 \text{ об/мин}.$$

При  $r_d = 10 r_я$  (искусственная характеристика) и моменте сопротивления, равном номинальному, ток якоря остается равным номинальному, так как магнитный поток полюсов остается неизменным  $\Phi = \Phi_H$ .

Частота вращения при номинальном моменте сопротивления

$$n' = n_H (U_H - (r_я + 10r_я) I_{я.н}) / (U_H - r_я I_{я.н});$$

$$n' = 1500(220 - (0,0046 + 10 \cdot 0,0046) 800) / (220 - 0,0046 \cdot 800) = 1245 \text{ об/мин}.$$

Частота вращения при холостом ходе

$$n'_x = n_H (U_H - (r_я + 10r_я) I_{я.х}) / (U_H - r_я I_{я.н});$$

$$n'_x = 1500(220 - (0,0046 + 10 \cdot 0,0046) 13,38) / (220 - 0,0046 \cdot 800) = 1520 \text{ об/мин}.$$

По результатам вычислений строим графики естественной (рис. 6, прямая 1) и искусственной (рис. 6, прямая 2) механических характеристик. По горизонтальной оси откладываем момент сопротивления нагрузки (без учета



момента, обусловленного силами трения и магнитными потерями), по вертикальной – частоту вращения.

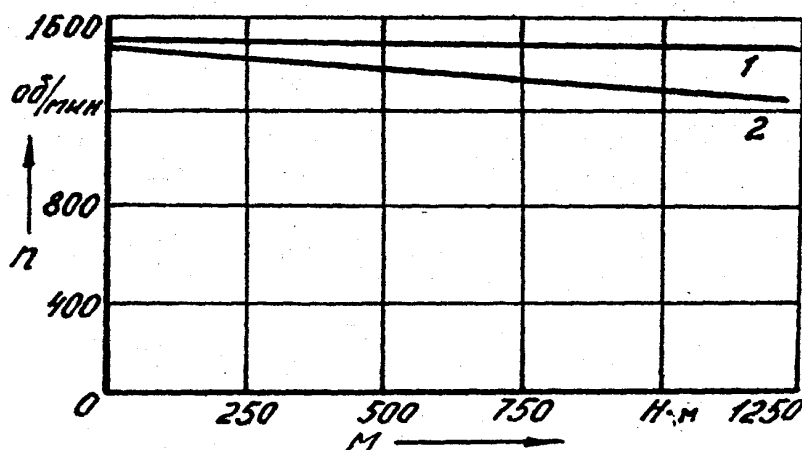


Рис. 6

Для вычисления частоты вращения двигателя при статическом моменте сопротивления нагрузки, не равном номинальному,  $M_c = k_1 M_H$  и неполном токе возбуждения  $I_B = k_2 I_{B.H}$  необходимо предварительно определить значения магнитного потока  $\Phi'$  (по зависимости  $\Phi = f(I_B)$ , см. рис. 1) и тока якоря:

$$I'_я = \frac{M_c}{M_H} \cdot \frac{\Phi_H}{\Phi'} \cdot I_{я.H}. \quad (31)$$

Частота вращения якоря для известных значений  $\Phi'$  и  $I'_я$  определяется по формуле (30).

#### Библиографический список

1. В о л ь д е к А. И. Электрические машины. Л.: Энергия, 1974.
2. Справочник по электрическим машинам / Под ред. И. П. К о п ы л о в а. М.: Энергоатомиздат, 1988.
3. Электротехника / Под ред. В. Г. Г е р а с и м о в а. М.: Высшая школа, 1985.
4. Электротехника / Под ред. В. С. П а н т ю ш и н а. М.: Высшая школа, 1976.

ХАРЛАМОВ Виктор Васильевич,  
БЕЛЯЕВ Владимир Павлович,  
СЕРКОВА Любовь Ефимовна,  
ШЕЛЬМУК Евгений Ильич

Электрические машины

---

Редактор Т. С. Паршикова

Подписано в печать . Формат 60×84  $\frac{1}{16}$  .

Бумага офсетная. Плоская печать.

Усл. печ. л. 1,9. Уч. -изд. л. 1,8.

Тираж 400 экз. Заказ .

Редакционно-издательский отдел ОмГУПС  
Типография ОмГУПС

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35