

Московский государственный технический университет  
имени Н. Э. Баумана

Кафедра электротехники и промышленной электроники ФН7

Домашнее задание №2  
по курсу «Электротехника и электроника» на тему:  
РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Вариант №13

Выполнил: Плотников Н.И.

Группа: ИУ2-44

Проверил: Тарасенко И.А.

Дата сдачи работы на проверку: 16.05.2023

Москва, 2023

## ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ №2 (второй семестр)

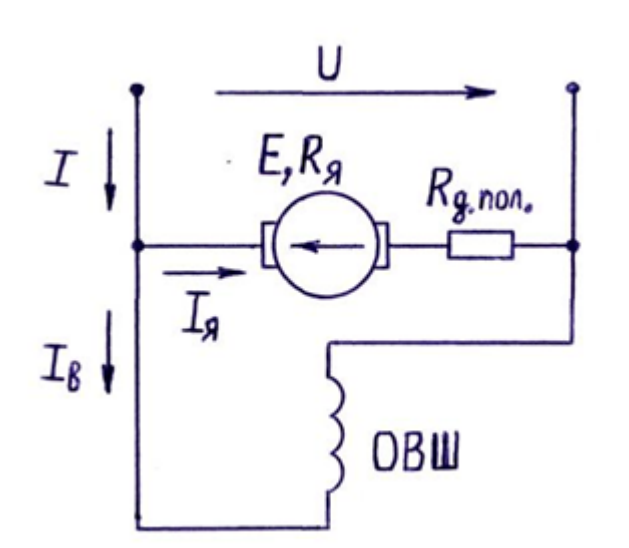
### Исследование двигателя постоянного тока

По заданным характеристикам двигателя постоянного (ДПТ) тока требуется:

1. Нарисовать электрическую схему включения ДПТ с параллельным возбуждением. Определить номинальный электромагнитный момент двигателя, номинальный ток якоря и ток в обмотке возбуждения.
2. Рассчитать и построить естественные механическую  $n = f(M)$  и электромеханическую  $n = f(I_{\text{я}})$  характеристики. Определить пусковой момент, пусковой ток и скорость холостого хода двигателя, а также рассчитать скорость вращения  $n_D$  при моменте сопротивления  $M_D = M_H k$  на валу двигателя.
3. Рассчитать и построить механические характеристики ДПТ при:
  - 3.1 Якорном управлении ( $U' = Uq1$ );
  - 3.2 Реостатном регулировании ( $R_{\text{я.доб.}} = R_{\text{я}}q2$ );
  - 3.3 Полюсном управлении ( $\Phi' = \Phi q1$ ).
4. Рассчитать и построить естественные и искусственные механические характеристики ДПТ при:
  - 4.1 Генераторном торможении ( $n_T = n_H h1$ );
  - 4.2 Динамическом торможении ( $n_T = n_D$ );
  - 4.3 Противовключении ( $n_T = n_D$ ),  
При этом момент сопротивления на валу (тормозящий момент)  $M_T = -M_H k$ .

### 5. Сделать выводы.

Номер вар.	$P_H$ , Вт	$U_H$ , В	$n_H$ , об/мин	КПД	$R_{\text{я}}$ , Ом	$R_{\text{доб.п.}}$ , Ом	$R_{\text{возб.}}$ , Ом	$k$	$q1$	$q2$	$h1$	$h2$
13	2000	110	1500	0.75	0.2	0.2	57	0.7	0.55	6	1.3	0.6



1) Схема включения ДПТ с параллельным возбуждением изображена на рисунке.

Полезной мощностью  $P_2$  двигателя постоянного тока является механическая мощность, которая определяется через механические параметры так  
 $P_2 = M \cdot \Omega = M \cdot (2\pi / 60) \cdot n = 0.105 \cdot M \cdot n$ .

Используя номинальные данные  $P_H$  и  $n_H$ , вычисляем номинальный вращающий момент двигателя

$$M_H = 9.55 \cdot P_H / n_H = 9.55 \cdot 2000 / 1500 = 12.73$$

Здесь  $P_H$  – в [Вт],  $n_H$  – в [об/мин],  $M_H$  – в [Н·м].

Номинальная электрическая мощность, потребляемая из сети двигателем

$$P_{1H} = P_H / \eta_H = 2000 / 0.75 = 2666.68 \text{ Вт}$$

$$\text{Номинальный ток двигателя } I_H = P_{1H} / U_H = 2666.68 / 110 = 24.24 \text{ А}$$

$$\text{Номинальный ток возбуждения } I_{BH} = U_H / R_{\text{возб}} = 110 / 57 = 1.93 \text{ А}$$

$$\text{Номинальный ток обмотки якоря } I_{яH} = I_H - I_{BH} = 24.24 - 1.93 = 22.31 \text{ А}$$

$$E_H = U_H - I_{яH} R_{яH} = 110 - 22.31 \cdot 0.2 = 105.54 \text{ В}$$

$$C_E \cdot \Phi = E_H / n_H = 105.54 / 1500 = 0.07$$

$$C_M \cdot \Phi = M_H / I_{яH} = 12.73 / 22.31 = 0.57$$

$$2) n = f(I_{я}) = U / (C_E \cdot \Phi) - I_{я} \cdot (R_{я} + R_{\text{доп пол}}) / (C_E \cdot \Phi) = 110 / 0.07 - I_{я} \cdot (0.2 + 0.2) / 0.07 =$$

$$= 1571.4 - 5.7 I_{я}$$

$$n = f(M) = U / (C_E \cdot \Phi) - M \cdot (R_{я} + R_{\text{доп пол}}) / (C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2) = 110 / 0.07 - M \cdot (0.2 + 0.2) / (0.07 \cdot 0.57) =$$

$$= 1571.4 - 10M$$

Пусковой момент при  $n = 0$ :

$$0 = 1571.4 - 10M \Rightarrow M = 157.14 \text{ Н·м}$$

Пусковой ток при  $n = 0$ :

$$0 = 1571.4 - 5.7 I_{я} \Rightarrow I_{я} = 275.68 \text{ А}$$

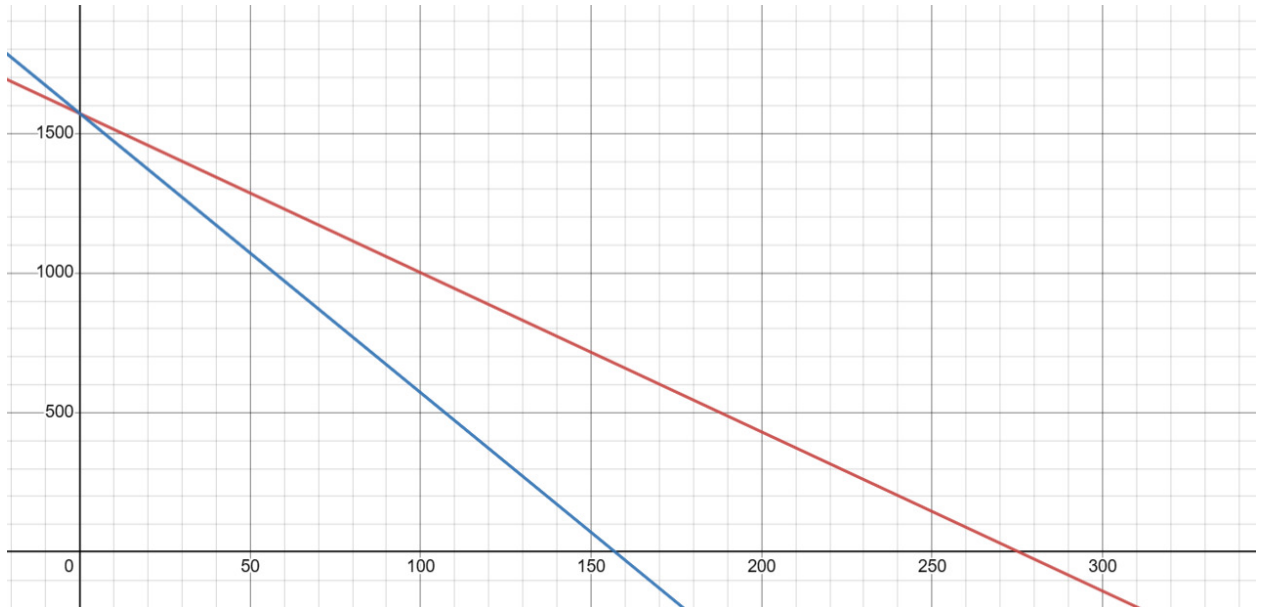
Скорость холостого хода определяется при  $M=0$  и  $I_{я}=0$ :

$$n_{хх}=1571.4 \text{ об/мин}$$

Скорость вращения при заданном моменте сопротивления:

$$M_D = M_H \cdot k = 12.73 \cdot 0.7 = 8.91 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$n_D = U / (C_E \cdot \Phi) - M_D \cdot (R_{я} + R_{\text{доп пол}}) / (C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2) = 1571.4 - 8.91 \cdot 10 = 1482.3 \text{ об/мин}$$



3) 3.1 Якорное управление:

$$n'_1(M) = U' / (C_E \cdot \Phi) - M \cdot (R_{я} + R_{\text{доп пол}}) / (C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2) = U' / 0.07 - 10M;$$

$$U' = U \cdot q_1 = 110 \cdot 0.55 = 60.5 \text{ В}$$

$$n'_1(M) = 864.29 - 10M$$

При якорном управлении изменяется скорость холостого хода.

3.2 Реостатное регулирование:

$$R_{я \text{ доб}} = R_{я} \cdot q_2 = 0.2 \cdot 6 = 1.2 \text{ Ом}$$

$$n'_2(M) = U / (C_E \cdot \Phi) - M \cdot (R_{я} + R_{\text{доп пол}} + R_{я \text{ доб}}) / (C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2) = 1571.4 - 40.1M$$

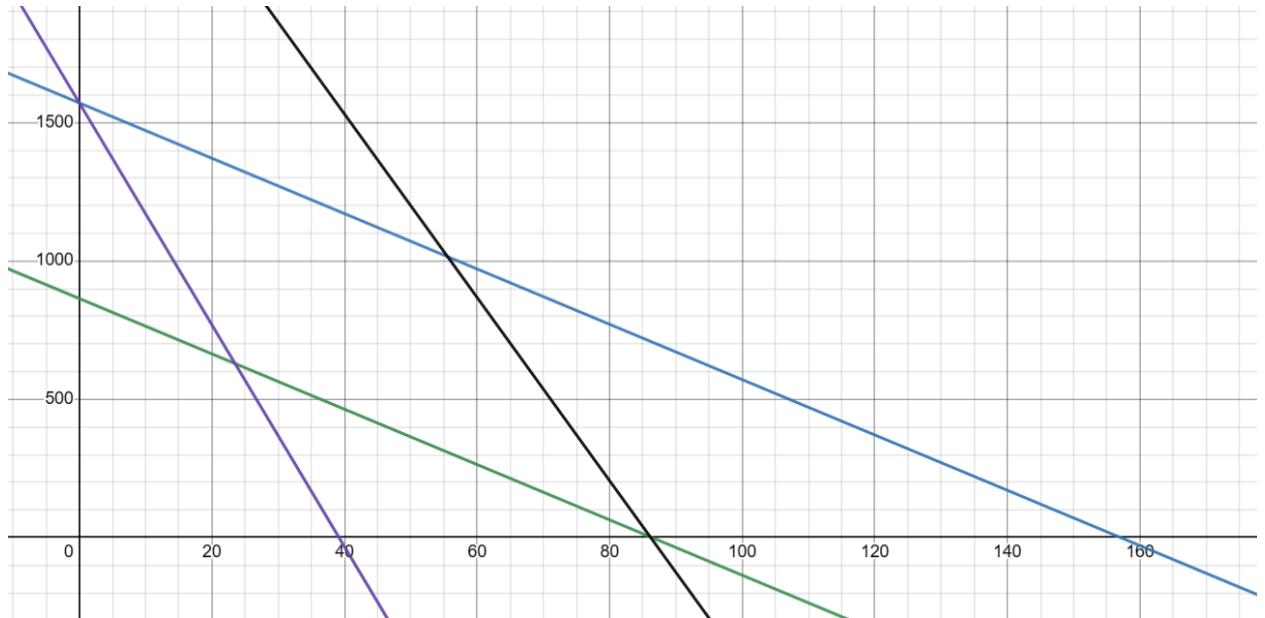
При реостатном регулировании меняется наклон механической характеристики.

3.3 Полюсное управление:

$$\Phi' = \Phi \cdot q_1 = 0.55\Phi$$

$$n'_3(M) = U/(C_E \cdot \Phi') - M \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{доп пол}})/(C_E \cdot C_M \cdot (\Phi')^2) = 110/(0.07 \cdot 0.55) - M \cdot (0.2 + 0.2)/(0.07 \cdot 0.55 \cdot 0.57 \cdot 0.55) = 2857.14 - 33.14M$$

При полюсном управлении меняется скорость холостого хода и наклон механической характеристики.



#### 4) 4.1 Генераторное торможение

$$n_T = n_H \cdot h_1 = 1500 \cdot 1.3 = 1950 \text{ об/мин}$$

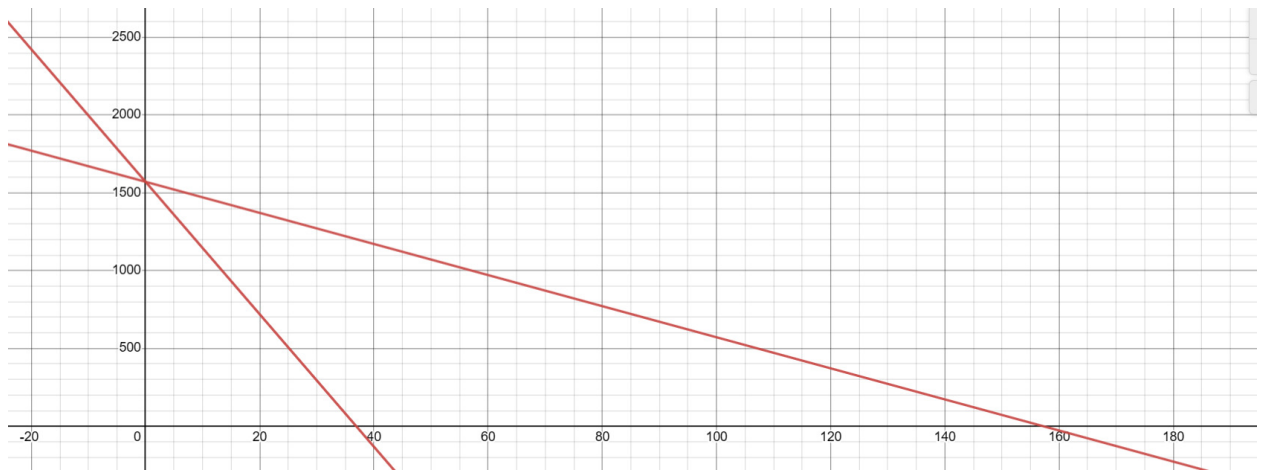
$$M_T = M_H \cdot k = 12.73 \cdot 0.7 = 8.91 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$4.1.1) n_{TE} = U/(C_E \cdot \Phi) + M_T \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{доп пол}})/(C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2) = 1571.4 + 8.91 \cdot 10 = 1660.5 \text{ об/мин}$$

$$4.1.2) n_T = U/(C_E \cdot \Phi) + M_T \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{доп пол}} + R_{\text{я доб}})/(C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2) = 1571.4 + 8.91(0.2 + 0.2 + R_{\text{я доб}})/(0.0399);$$

$$R_{\text{я доб}} = ((1950 - 1571.4) \cdot 0.0399 / 8.91) - 0.4 = 1.3 \text{ Ом}$$

$$n_T = 1571.4 - 42.6M$$



#### 4.2 Динамическое торможение ( $n_T = n_D$ );

Первый этап - расчет характеристики при  $R_{\text{доб}} = 0$ .

Уравнение механической характеристики  $n_{TE}(M)$ , соответствующее динамическому торможению (при  $R_{\text{доб}} = 0$ ), принимает вид

$$n_{TE} = M_T \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{доп пол}}) / (C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2) \Rightarrow n_{TE} = 10M$$

$$n_{TE} = 89.13 \text{ об/мин}$$

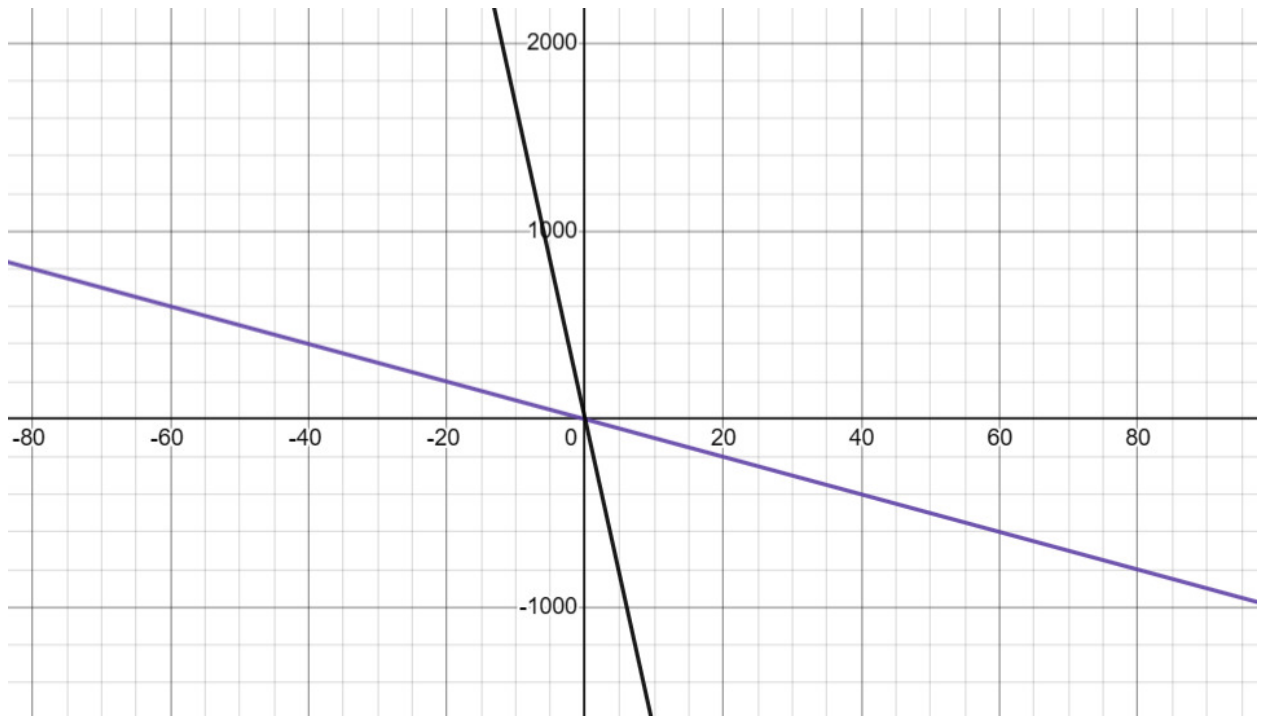
Второй этап – расчет реостатной характеристики  $n_T(M)$  при  $R_{\text{доб}} \neq 0$ .

$$n_T = M_T \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{доп пол}} + R_{\text{доб}}) / (C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2);$$

$$1482.29 = 8.91 \cdot (0.2 + 0.2 + R_{\text{доб}}) / (0.07 \cdot 0.57);$$

$$R_{\text{доб}} = 6.24 \text{ Ом}$$

$$n_T = 166M_T$$



4.3 Торможение противовключением ( $n_T = n_D$ );

**4.3.1) Торможение противовключением с использованием  $R_{я\text{доб}}$**

$$n = U / (C_E \cdot \Phi) + M \cdot (R_{я} + R_{\text{доп пол}} + R_{я\text{доб}}) / (C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2) .$$

$$(n_T < 0)$$

$$M_T = M_H \cdot k = 12.73 \cdot 0.7 = 8.91 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

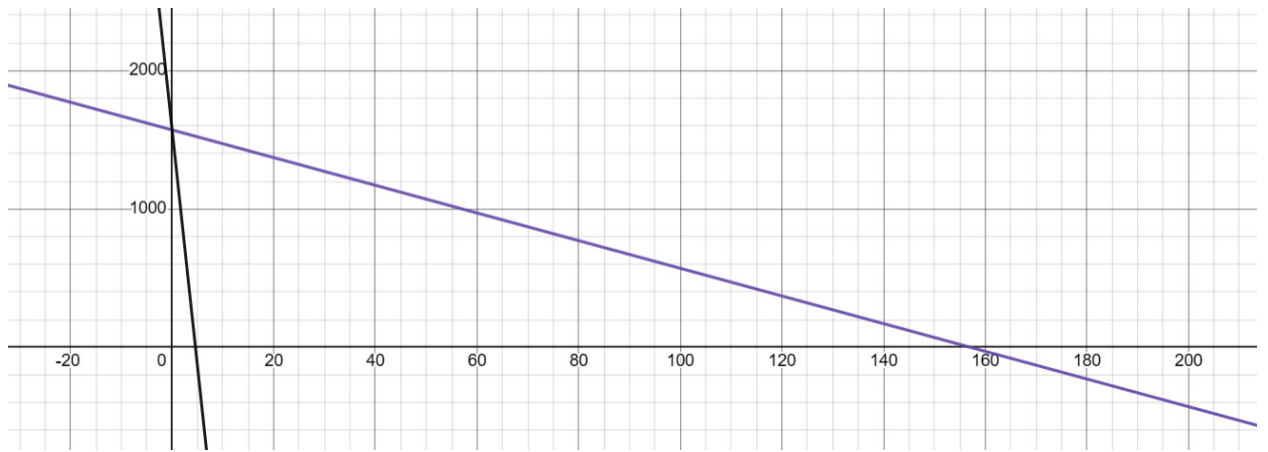
Работе ДПТ в режиме торможения противовключением с введением добавочного сопротивления  $R_{я\text{доб}}$  в цепь якоря соответствует уравнение

$$n_T = U / (C_E \cdot \Phi) + M_T \cdot (R_{я} + R_{\text{доп пол}} + R_{я\text{доб}}) / (C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2)$$

$$-1482.3 = 1571.4 - 8.91(0.4 + R_{я\text{доб}}) / (0.07 \cdot 0.57)$$

$$R_{я\text{доб}} = 13.27 \text{ Ом}$$

$$n_T = 1571.4 - 342.61 M_T$$



#### 4.3.2) Торможение противовключением при изменении полярности напряжения в цепи якоря.

Уравнение механической характеристики  $n(M)$ , соответствующей работе ДПТ на реостатной характеристике при измененной полярности  $U$  в цепи якоря

$$n = -U / (C_E \cdot \Phi) - M \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{доп пол}} + R_{\text{я доб}}) / (C_E \cdot C_M \cdot \Phi^2);$$

$$n_T = 1482.3; \quad M_T = 8.91;$$

$$1482.3 = -110 / (0.07) + 8.91 \cdot (0.2 + 0.2 + R_{\text{я доб}}) / (0.07 \cdot 0.57);$$

$$R_{\text{я доб}} = 13.27;$$

$$n_T = -1571.4 - 342.73M;$$

