

Московский Государственный Технический
Университет имени Н.Э. Баумана

Факультет: Электротехника и промышленная электроника

Кафедра: ФН-7

Домашнее задание №2
по электротехнике

Выполнил:

Студент: Давыдов Д.А.

Группа: ИУ2-42

Проверила: Тарасенко И.А.

Москва, 2024

1 Исходные данные

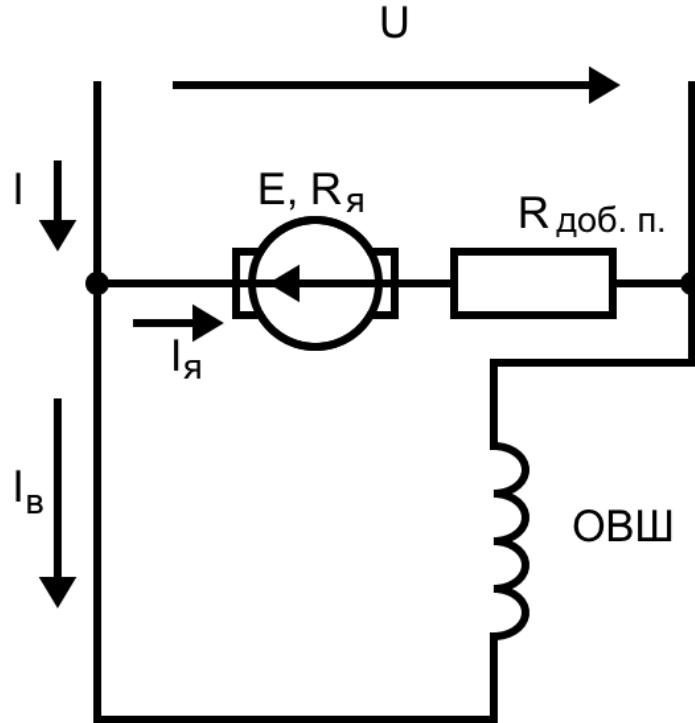
- Номинальная мощность $P_n = 300$ Вт
- Номинальное напряжение $U_n = 220$ В
- Номинальная частота вращения $n_n = 1000$ об/мин
- Коэффициент полезного действия $\eta_n = 0.67$
- Сопротивление обмотки якоря $R_a = 7.5$ Ом
- Сопротивление дополнительных полюсов $R_{\text{доп.п}} = 5.3$ Ом
- Сопротивление обмотки возбуждения $R_{\text{возб}} = 750$ Ом
- Коэффициент уменьшения напряжения $k = 0.4$
- Коэффициент уменьшения потока возбуждения $q1 = 0.55$
- Коэффициент добавочного сопротивления $q2 = 1.35$
- Коэффициент генераторного торможения $h1 = 0.6$
- Коэффициент динамического торможения $h2 = 0.6$

2 Задание

1. Нарисовать электрическую схему включения двигателя постоянного тока 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 $n = f(I_a)$ характеристики. Определить пусковой момент, пусковой ток и скорость холостого хода двигателя, а также рассчитать скорость вращения n'' при моменте сопротивления $M'' = M_n k$ на валу двигателя.
3. Рассчитать и построить механические характеристики ДПТ при:
 - (a) Якорном управлении ($U' = Uq1$).
 - (b) Реостатном регулировании ($R_{a,\text{доб.}} = R_a q2$).
 - (c) Полюсном управлении ($\Phi' = \Phi q1$).
4. Рассчитать и построить естественные и искусственные механические характеристики ДПТ при:
 - (a) Генераторном торможении ($n_t = n_n h1$).
 - (b) Динамическом торможении ($n_t = n''$).
 - (c) Противовключении ($n_t = n''$), при этом момент сопротивления на валу (тормозящий момент) $M_t = -M_n k$.
5. Сделать выводы.

3 Пункт 1: Электрическая схема и основные расчёты

Электрическая схема двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением представлена ниже:



3.1 Расчет номинальных данных и построение естественной механической характеристики

Номинальный врачающий момент двигателя Формула для расчета номинального врачающего момента M_n :

$$M_n = \frac{9.55 \cdot P_{2n}}{n_n}$$

$$M_n = \frac{9.55 \cdot 447.76 \text{ Вт}}{1000 \text{ об/мин}} = 4.28 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Номинальная электрическая мощность, потребляемая из сети Формула для расчета P_{1n} :

$$P_{1n} = \frac{P_{2n}}{\eta}$$

$$P_1 = \frac{447.76 \text{ Вт}}{0.67} = 668.30 \text{ Вт}$$

Номинальный ток двигателя Формула для расчета I_n :

$$I = \frac{P_1}{U_n}$$

$$I_n = \frac{668.30 \text{ Вт}}{220 \text{ В}} = 3.04 \text{ А}$$

Номинальный ток возбуждения Формула для расчета $I_{\text{вн}}$:

$$I_{\text{вн}} = \frac{U_{\text{н}}}{R_{\text{возб}}}$$

$$I_{\text{вн}} = \frac{220 \text{ В}}{750 \text{ Ом}} = 0.29 \text{ А}$$

Номинальный ток обмотки якоря Формула для расчета $I_{\text{ян}}$:

$$I_{\text{ян}} = I_{\text{н}} - I_{\text{вн}}$$

$$I_{\text{ян}} = 3.04 \text{ А} - 0.29 \text{ А} = 2.74 \text{ А}$$

4 Пункт 2

4.1 Электромеханические и механические характеристики двигателя постоянного тока

Электродвижущая сила в номинальном режиме:

$$E_{\text{н}} = U_{\text{н}} - I_{\text{ян}} \cdot (R_{\text{я}} + R_{\text{доп.п.}}) = 220 \text{ В} - 2.74 \text{ А} \cdot (7.5 \Omega + 5.3 \Omega) = 184.87 \text{ В}$$

Константы $C_E\Phi$ и $C_M\Phi$:

$$C_E\Phi = \frac{E_{\text{н}}}{n_{\text{н}}} = \frac{184.87 \text{ В}}{1000 \text{ об/мин}} = 0.185 \text{ В/(об/мин)}$$

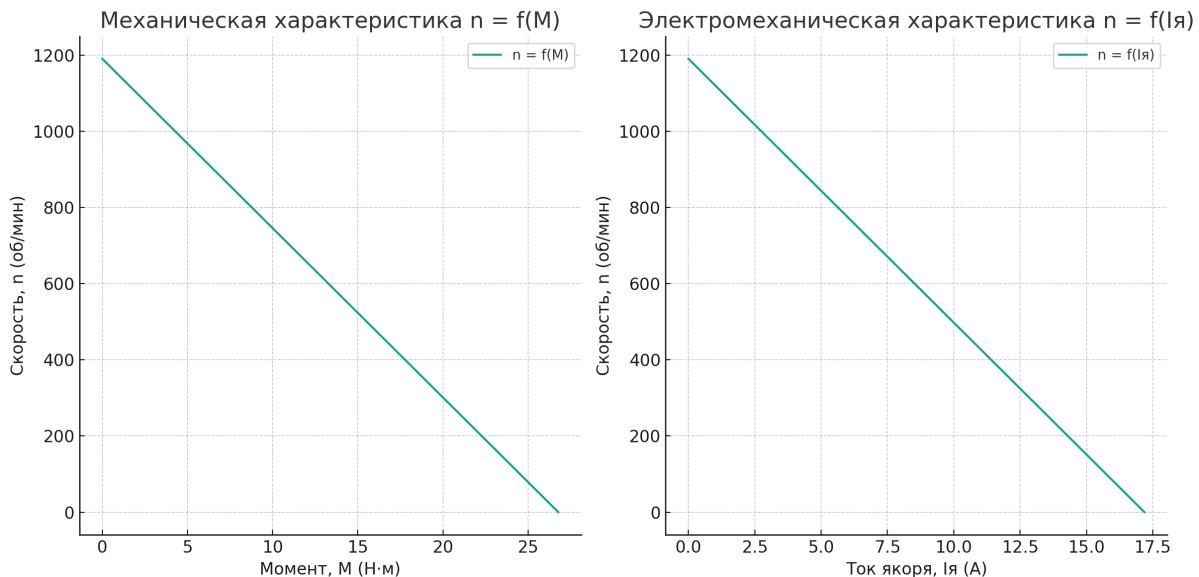
$$C_M\Phi = \frac{M_{\text{н}}}{I_{\text{ян}}} = \frac{4.28 \text{ Н}\cdot\text{м}}{2.74 \text{ А}} = 1.558 \text{ Н}\cdot\text{м/А}$$

Уравнение механической характеристики $n = f(M)$:

$$n = \frac{U_{\text{н}}}{C_E\Phi} - M \cdot \frac{(R_{\text{я}} + R_{\text{доп.п.}})}{C_E\Phi \cdot C_M\Phi}$$

Уравнение электромеханической характеристики $n = f(I_{\text{я}})$:

$$n = \frac{U_{\text{н}}}{C_E\Phi} - I_{\text{я}} \cdot \frac{(R_{\text{я}} + R_{\text{доп.п.}})}{C_E\Phi}$$



Скорость вращения при заданном моменте сопротивления $M'' = M_h k$:

$$n'' = \frac{U}{C_E \Phi} - M'' \cdot \frac{(R_{\text{я}} + R_{\text{доп.п.}})}{C_E \Phi \cdot C_M \Phi}$$

$$n'' = \frac{220 \text{ В}}{0.185 \text{ В/(об/мин)}} - 1.714 \text{ Н}\cdot\text{м} \cdot \frac{(7.5 \Omega + 5.3 \Omega)}{0.185 \text{ В/(об/мин)} \cdot 1.558 \text{ Н}\cdot\text{м/А}} = 1114 \text{ об/мин}$$

Пусковой ток и пусковой момент:

$$I_{\text{пуск}} = \frac{U}{R_{\text{я}} + R_{\text{доп.п.}}} = \frac{220 \text{ В}}{7.5 \Omega + 5.3 \Omega} = 17.19 \text{ А}$$

$$M_{\text{пуск}} = C_M \Phi \cdot I_{\text{пуск}} = 1.558 \text{ Н}\cdot\text{м/А} \cdot 17.19 \text{ А} = 26.78 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

5 Пункт 3: Расчет и построение механических характеристик при различных способах управления

Для управления скоростью двигателя были рассмотрены следующие методы:

1. Якорное управление: $U' = U \cdot q_1$
2. Реостатное регулирование: $R_{\text{я,доб.}} = R_{\text{я}} \cdot q_2$
3. Полюсное управление: изменение магнитного потока $\Phi' = \Phi \cdot q_1$

5.0.1 Якорное управление

При якорном управлении напряжение изменяется согласно коэффициенту q_1 , что приводит к следующим изменениям характеристики скорости:

$$U' = 220 \cdot 0.55 = 121 \text{ В}$$

$$n' = \frac{U'}{C_E \Phi} - \frac{M(R_{\text{я}} + R_{\text{доп.п.}})}{C_E \Phi C_M \Phi^2}$$

5.0.2 Реостатное регулирование

Добавление реостатного сопротивления:

$$R_{\text{я,доб.}} = 7.5 \cdot 5 = 37.5 \Omega$$

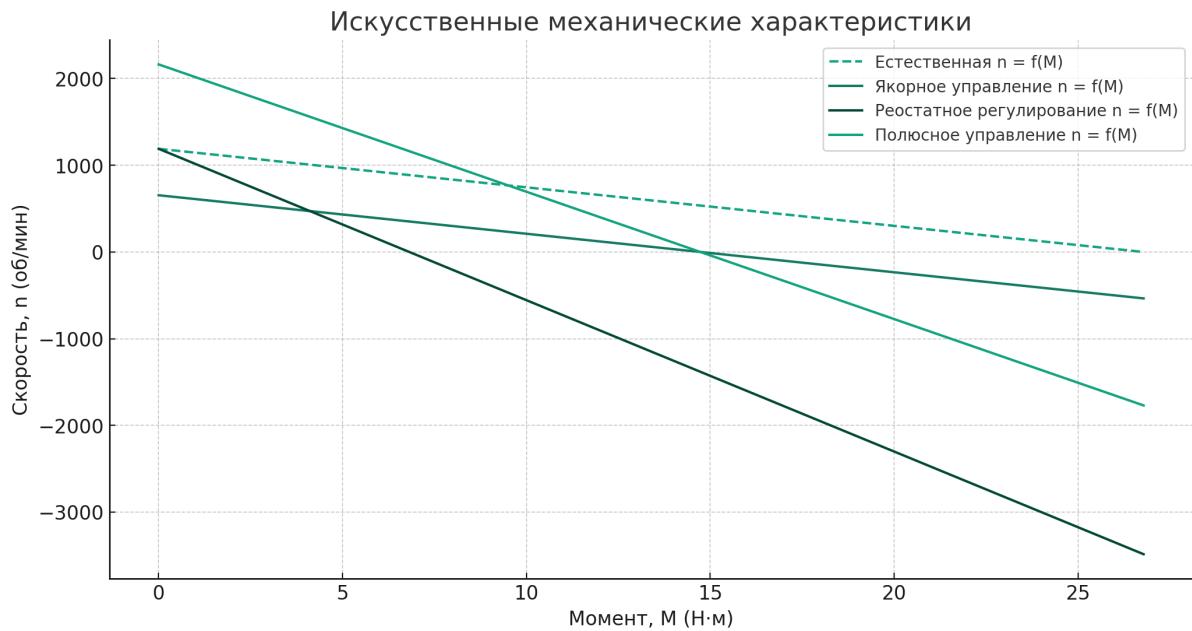
$$n' = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{M(R_{\text{я}} + R_{\text{доп.п.}} + R_{\text{я,доб.}})}{C_E \Phi C_M \Phi^2}$$

5.0.3 Полюсное управление

Изменение магнитного потока влияет на константы $C_E \Phi$ и $C_M \Phi$:

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

$$n' = \frac{U}{C_E \Phi'} - \frac{M(R_{\text{я}} + R_{\text{доп.п.}})}{C_E \Phi' C_M \Phi'^2}$$



Вывод: Методы управления позволяют адаптировать скорость двигателя под различные условия работы, что демонстрируется изменением форм графиков характеристик.

6 Пункт 4: Торможение

Рассмотрены следующие методы торможения:

1. Генераторное торможение: $n_t = n_h \cdot h_1$
2. Динамическое торможение: $n_t = n''$
3. Противовключение: $n_t = n''$

6.0.1 Генераторное торможение

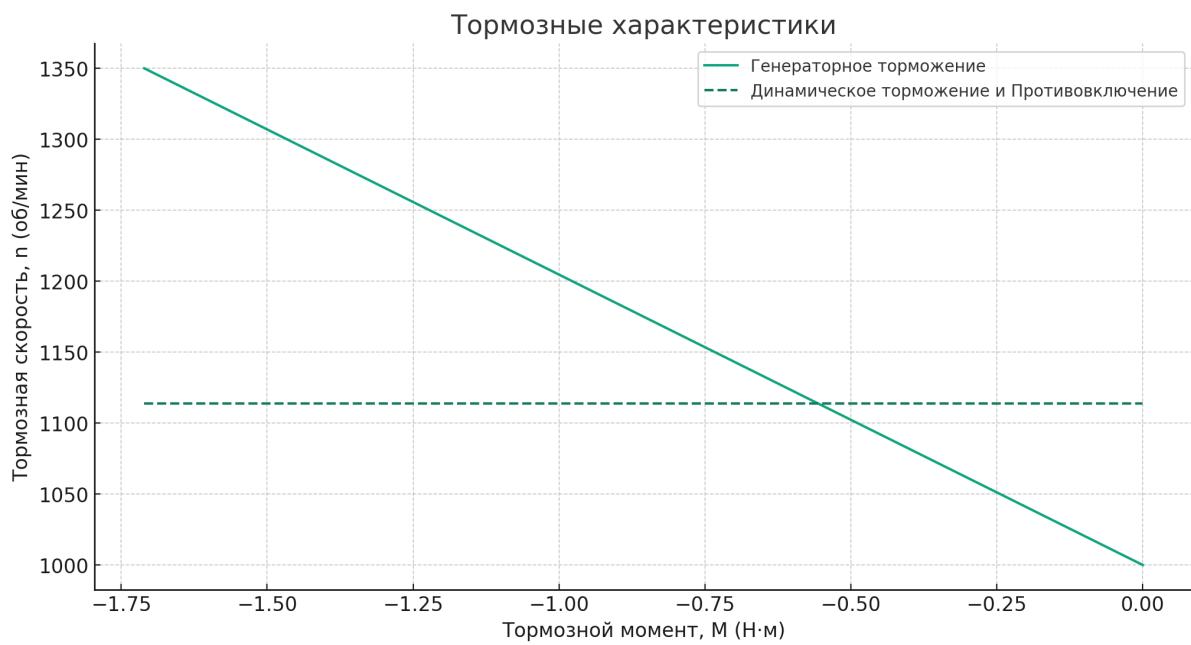
$$M_t = -M_h \cdot k = -2.865 \cdot 0.4 = -1.146 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$n_t = 1000 \cdot 1.35 = 1350 \text{ об/мин}$$

6.0.2 Динамическое торможение и Противовключение

$$n_t = 1114 \text{ об/мин}$$

(значение, полученное в предыдущих расчетах)



Вывод: Методы торможения эффективно снижают скорость двигателя, что важно для безопасной остановки и контроля над механическими системами.