

**Липецкий государственный технический университет**

**Факультет автоматизации и информатики**

**Кафедра электропривода**

**Расчетно-графическое задание**

**«Расчет и построение характеристик двигателей постоянного тока»**

**Вариант 4**

Студент

группа: МР-19-1

Руководитель

к.т.н., доцент

Кондратьев С.Е.

Шишлин Д.И.

Липецк 2021 г.

# 1 Расчет статических характеристик двигателя постоянного тока независимого возбуждения

## 1.1 Данные на расчётно-графическое задание

Для выполнения данного расчётно-графического задания преподавателем были выданы приведенные ниже паспортные данные, в таблице 1, двигателя постоянного тока в соответствии с вариантом №4, на основании которых проводились все расчеты и последующий анализ.

Таблица 1 – Паспортные данные ДПТ НВ

ДПТ НВ Тип ДП-62						
$P_n$	$n_n$	$I_n$	$r_a + r_{д.п.} = r_a$	N	$\Phi_n$	2а
46 кВт	625 об/мин	233 А	0,0332	222	45 мВб	2

В соответствии с заданием изобразим принципиальную схему и проведём маркировку выводов обмоток согласно ГОСТ 26772-85 (см. рисунок 1).

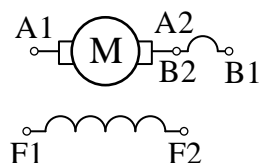


Рисунок 1 – Принципиальная схема двигателя постоянного тока с независимым возбуждением

## 1.2 Построение естественных электромеханической $\omega = f(I)$ и механической характеристик $\omega = f(M)$

Естественные характеристики строятся по двум точкам при условиях  $U = const = U_H$ ,  $\Phi = const = \Phi_H$ , полное сопротивление цепи якоря  $R_a = r_{a\Sigma}$ .

$$k = \frac{pN}{2\pi a} = \frac{2 \cdot 222}{2 \cdot 3,14} = 70,7;$$

$$k_{t^0} = \frac{310}{235 + t_{изм}^0} = \frac{310}{235 + 20} = 1,22;$$

$$r_{a\Sigma} = [r_{я} + r_{дп} + r_c + r_{ш}] \cdot k_{t^0} = \left[ 0,0332 + 0 + \frac{2}{233} \right] \cdot 1,22 = 0,051.$$

Первая точка на обеих естественных характеристиках соответствует идеальному холостому ходу:  $I = 0$ ;  $M = 0$ ;  $\omega = \omega_0$ , где

$$\omega_0 = \frac{U_H}{k \cdot \Phi_H} = \frac{220}{70,7 \cdot 0,045} = 69,15 \text{ рад/с};$$

$$\omega_H = \frac{n_H}{9,55} = \frac{625}{9,55} = 65,45 \text{ рад/с};$$

Вторая точка естественной электромеханической характеристики соответствует номинальной нагрузке:  $I = I_H = 233 \text{ A}$ ;  $\omega = \omega_H$ :

$$\omega_H = \frac{U_H - I_C \cdot r_{a\Sigma}}{k \cdot \Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 65,45 \text{ рад/с.}$$

Вторая точка естественной механической характеристики:  $M=M_H=k \cdot \Phi_H \cdot I_H$ ;  $\omega = \omega_H = 65,45 \text{ рад/с}$ ;

$$M = k \cdot \Phi \cdot I = 70,7 \cdot 0,045 \cdot 233 = 741,3 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

**1.3 Построение искусственной электромеханической характеристики при введении добавочного сопротивления  $r_{доб}$  в цепь якоря двигателя и при условиях  $U = const = U_H$ ,  $\Phi = const = \Phi_H$**

Первая точка искусственной электромеханической характеристики соответствует первой точке естественной электромеханической характеристики, так как скорость идеального холостого хода не зависит от величины  $R_a = r_{a\Sigma} + r_{доб}$ .

$$\omega_0 = \frac{U_H}{k \cdot \Phi_H} = \frac{220}{70,7 \cdot 0,045} = 69,15 \text{ рад/с};$$

Вторая точка искусственной электромеханической характеристики зависит от скорости  $v^*$  и тока  $i^*$ :

$$I = i^* \cdot I_H = 0,8 \cdot 233 = 186,4 \text{ А};$$

$$\omega' = v^* \cdot \omega_H = 0,7 \cdot 65,45 = 45,82 \text{ рад/с};$$

$$r_{доб} = \frac{U - \omega' k \Phi}{I} - R_{a\Sigma} = \frac{220 - 70,7 \cdot 45,82 \cdot 0,045}{233} - 0,051 = 0,268 \text{ Ом.}$$

Построим графики для искусственной и естественной электромеханических характеристик (см. рисунок 2).

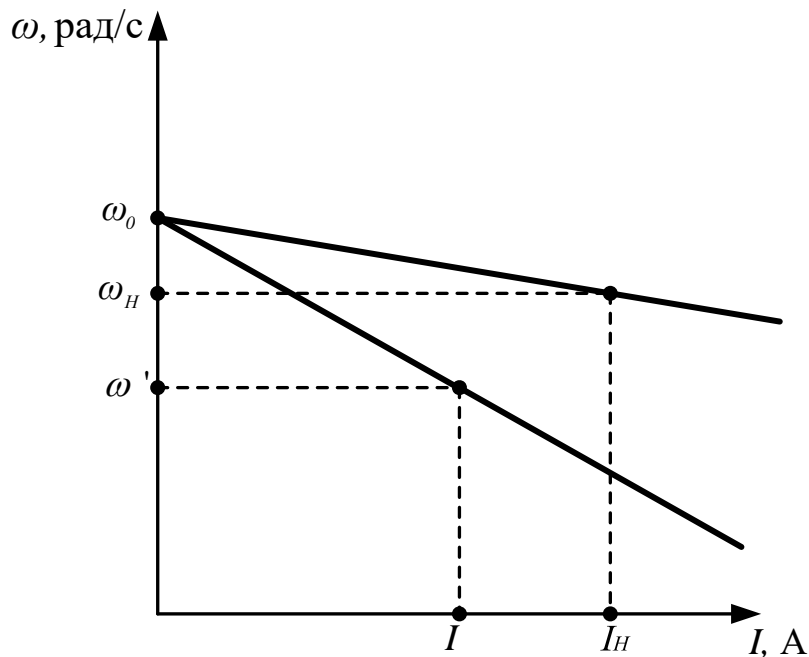


Рисунок 2 – График искусственной и естественной электромеханических характеристик

**1.4 Построение искусственной механической характеристики  $\omega = f(M)$  при  $U = U_{\min}$  и при условиях  $\Phi = const = \Phi_H$ ,  $R_a = r_{a\Sigma}$**

Первая точка, соответствующая скорости идеального холостого хода:

$$\omega_{0\min} = \frac{U_{\min}}{k\Phi_H} = \frac{0,25 \cdot 220}{70,7 \cdot 0,045} = 17,29 \text{ рад/с.}$$

Вторая точка имеет координаты  $\omega = 0$  и  $M_{\text{пуск.}\min} = k\Phi_H I_{\text{пуск}}$ , где

$$I_{\text{пуск}} = 2,5I_H:$$

$$M_{\text{пуск. min}} = k\Phi_H I_{\text{пуск}} = 2,5 I_H k\Phi_H = 2,5 \cdot 233 \cdot 70,7 \cdot 0,045 = 1853,24 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

После вычерчивания искусственной и естественной механических характеристик на одном графике (см. рисунок 3) требуется определить диапазон регулирования скорости  $D = \frac{\omega_{\text{max}}}{\omega_{\text{min}}}$  при изменениях нагрузок на валу двигателя в пределах от  $0,4M_H$  до  $M_H$ .

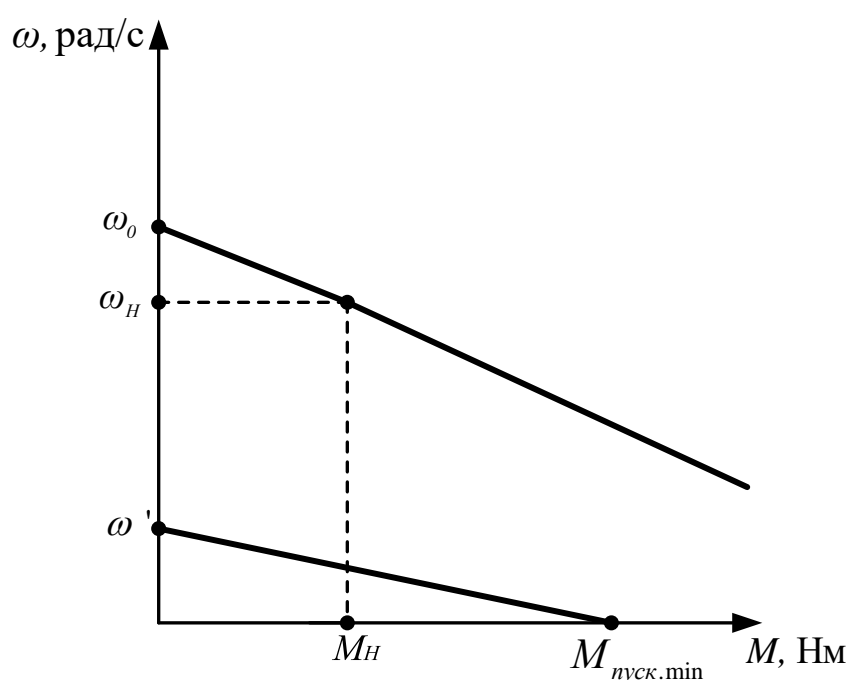


Рисунок 3 – График искусственной и естественной механических характеристик

$$D = \frac{\omega_{\text{max}}}{\omega_{\text{min}}} = \frac{66}{7} = 9,4$$

## 1.5 Построение механических и электромеханических характеристик при двузонном регулировании

1.5.1 Первая зона:  $U - \text{var}$  (в диапазоне от  $U_{\min}$  до  $U_H$ ) и  $\Phi = \text{const} = \Phi_H$ :

Электромеханическая:

Первая точка (при  $U_{\min}$ ,  $0,5U_H$ ,  $0,75U_H$ ,  $U_H$ ):

$$\omega'_{0(U_{\min})} = \frac{0,25 \cdot U_H}{k\Phi_H} = \frac{0,25 \cdot 220}{70,7 \cdot 0,045} = 17,29 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{0(0,5U_H)} = \frac{0,5 \cdot U_H}{k\Phi_H} = \frac{0,5 \cdot 220}{70,7 \cdot 0,045} = 34,58 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{0(0,75U_H)} = \frac{0,75 \cdot U_H}{k\Phi_H} = \frac{0,75 \cdot 220}{70,7 \cdot 0,045} = 51,86 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{0(U_H)} = \frac{U_H}{k\Phi_H} = \frac{220}{70,7 \cdot 0,045} = 69,15 \text{ рад/с};$$

Вторая точка (при  $U_{\min}$ ,  $0,5U_H$ ,  $0,75U_H$ ,  $U_H$ ):

При  $M_C = \text{const}$  :

$$\omega'_{Ci} = \frac{U_H}{k\Phi_H} - \frac{M_C r_{a\Sigma}}{(k\Phi_H)^2} = \frac{U_H}{k\Phi_H} - \frac{k\Phi_H I_H r_{a\Sigma}}{(k\Phi_H)^2} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H}.$$

$$\omega'_{C(U \min)} = \frac{0,25 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,25 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 13,57 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(0,5U_H)} = \frac{0,5 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,5 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 30,86 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(0,75U_H)} = \frac{0,75 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,75 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 48,14 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(U_H)} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 65,43 \text{ рад/с};$$

При  $P_C = const$ :

$$\omega'_{C(U \min)} = \frac{0,25 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,25 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 13,57 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(0,5U_H)} = \frac{0,5 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,5 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 30,86 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(0,75U_H)} = \frac{0,75 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,75 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 48,14 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(U_H)} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 65,43 \text{ рад/с};$$



Механическая:

Первая точка (при  $U_{\min}$ ,  $0,5U_H$ ,  $0,75U_H$ ,  $U_H$ ):

$$\omega'_{0(U_{\min})} = \frac{0,25 \cdot U_H}{k\Phi_H} = \frac{0,25 \cdot 220}{70,7 \cdot 0,045} = 17,29 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{0(0,5U_H)} = \frac{0,5 \cdot U_H}{k\Phi_H} = \frac{0,5 \cdot 220}{70,7 \cdot 0,045} = 34,58 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{0(0,75U_H)} = \frac{0,75 \cdot U_H}{k\Phi_H} = \frac{0,75 \cdot 220}{70,7 \cdot 0,045} = 51,86 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{0(U_H)} = \frac{U_H}{k\Phi_H} = \frac{220}{70,7 \cdot 0,045} = 69,15 \text{ рад/с};$$

Вторая точка (при  $U_{\min}$ ,  $0,5U_H$ ,  $0,75U_H$ ,  $U_H$ ):

При  $M_C = \text{const}$  :

$$\omega'_{Ci} = \frac{U_H}{k\Phi_H} - \frac{M_C r_{a\Sigma}}{(k\Phi_H)^2} = \frac{U_H}{k\Phi_H} - \frac{k\Phi_H I_H r_{a\Sigma}}{(k\Phi_H)^2} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H}.$$

$$\omega'_{C(U_{\min})} = \frac{0,25 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,25 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 13,57 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(0,5U_H)} = \frac{0,5 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,5 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 30,86 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(0,75U_H)} = \frac{0,75 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,75 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 48,14 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(U_H)} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 65,43 \text{ рад/с};$$

При  $P_C = const$ :

$$\omega'_{C(U_{\min})} = \frac{0,25 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,25 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 13,57 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(0,5U_H)} = \frac{0,5 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,5 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 30,86 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(0,75U_H)} = \frac{0,75 \cdot U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{0,75 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 48,14 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C(U_H)} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,045} = 65,43 \text{ рад/с};$$

$$M'_{C(U_{\min})} = I_H \frac{0,25U_H - I_H r_{a\Sigma}}{\omega'_{C(U_{\min})}} = 233 \cdot \frac{0,25 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{13,57} = 741,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{C(0,5U_H)} = I_H \frac{0,5U_H - I_H r_{a\Sigma}}{\omega'_{C(0,5U_H)}} = 233 \cdot \frac{0,5 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{30,86} = 741,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{C(0,75U_H)} = I_H \frac{0,75U_H - I_H r_{a\Sigma}}{\omega'_{C(0,75U_H)}} = 233 \cdot \frac{0,75 \cdot 220 - 233 \cdot 0,051}{48,14} = 741,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{C(U_H)} = I_H \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{\omega'_{C(U_H)}} = 233 \cdot \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{65,43} = 741,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

1.5.2 Вторая зона:  $U = const = U_H$  и  $\Phi - var$  (в диапазоне от  $\Phi_H$  до  $\alpha_i \Phi_H$  (при  $M_C = 0,5 M_H$ ))

Первая точка:

$$\omega'_{01} = \frac{U_H}{k\alpha_1 \Phi_H} = \frac{220}{70,7 \cdot 0,95 \cdot 0,045} = 72,79 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{02} = \frac{U_H}{k\alpha_2 \Phi_H} = \frac{220}{70,7 \cdot 0,9 \cdot 0,045} = 76,83 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{03} = \frac{U_H}{k\alpha_3 \Phi_H} = \frac{220}{70,7 \cdot 0,85 \cdot 0,045} = 81,35 \text{ рад/с};$$

Вторая точка электрохимической характеристики при  $M_C = const$  :

$$\omega'_{Ci} = \frac{U_H}{k\alpha_i \Phi_H} - \frac{M_C r_{a\Sigma}}{(k\alpha_i \Phi_H)^2} = \frac{U_H}{k\alpha_i \Phi_H} - \frac{0,5 I_H \alpha_i k \Phi r_{a\Sigma}}{(k\alpha_i \Phi_H)^2} = \frac{U_H - 0,5 I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_i \Phi_H}$$

$$\omega'_{C1} = \frac{U_H - 0,5 I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_1 \Phi_H} = \frac{220 - 0,5 \cdot 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,95 \cdot 0,045} = 70,83 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C2} = \frac{U_H - 0,5I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_2 \Phi_H} = \frac{220 - 0,5 \cdot 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,9 \cdot 0,045} = 74,77 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C3} = \frac{U_H - 0,5I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_3 \Phi_H} = \frac{220 - 0,5 \cdot 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,85 \cdot 0,045} = 79,16 \text{ рад/с};$$

Вторая точка электромеханической характеристики при  $P_C = const$ :

$$\omega'_{C1} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_1 \Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,95 \cdot 0,045} = 68,87 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C2} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_2 \Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,9 \cdot 0,045} = 72,7 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C3} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_3 \Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,85 \cdot 0,045} = 76,98 \text{ рад/с};$$

Вторая точка механической характеристики при  $M_C = const$ :

$$\omega'_{Ci} = \frac{U_H}{k\alpha_i \Phi_H} - \frac{M_C r_{a\Sigma}}{(k\alpha_i \Phi_H)^2} = \frac{U_H}{k\alpha_i \Phi_H} - \frac{0,5I_H \alpha_i k \Phi r_{a\Sigma}}{(k\alpha_i \Phi_H)^2} = \frac{U_H - 0,5I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_i \Phi_H}$$

$$\omega'_{C1} = \frac{U_H - 0,5I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_1 \Phi_H} = \frac{220 - 0,5 \cdot 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,95 \cdot 0,045} = 70,83 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{C2} = \frac{U_H - 0,5I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_2 \Phi_H} = \frac{220 - 0,5 \cdot 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,9 \cdot 0,045} = 74,77 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{c3} = \frac{U_H - 0,5I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_3 \Phi_H} = \frac{220 - 0,5 \cdot 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,85 \cdot 0,045} = 79,16 \text{ рад/с};$$

Вторая точка механической характеристики при  $P_C = const$ :

$$\omega'_{c1} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_1 \Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,95 \cdot 0,045} = 68,87 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{c2} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_2 \Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,9 \cdot 0,045} = 72,7 \text{ рад/с};$$

$$\omega'_{c3} = \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{k\alpha_3 \Phi_H} = \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{70,7 \cdot 0,85 \cdot 0,045} = 76,98 \text{ рад/с};$$

$$M'_{c1} = I_H \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{\omega'_{c1}} = 233 \cdot \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{68,87} = 704,23 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{c2} = I_H \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{\omega'_{c2}} = 233 \cdot \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{72,7} = 667,17 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M'_{c3} = I_H \frac{U_H - I_H r_{a\Sigma}}{\omega'_{c3}} = 233 \cdot \frac{220 - 233 \cdot 0,051}{76,98} = 630,1 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Построим графики для двузонного регулирования (см. рисунки 4 - 7)

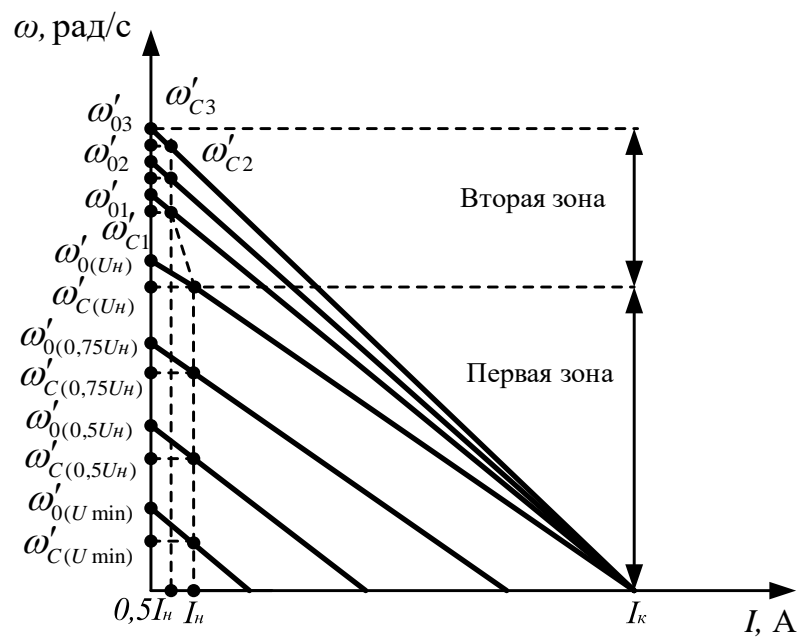


Рисунок 4 – График электромеханической характеристики при двузонном регулировании при постоянном моменте

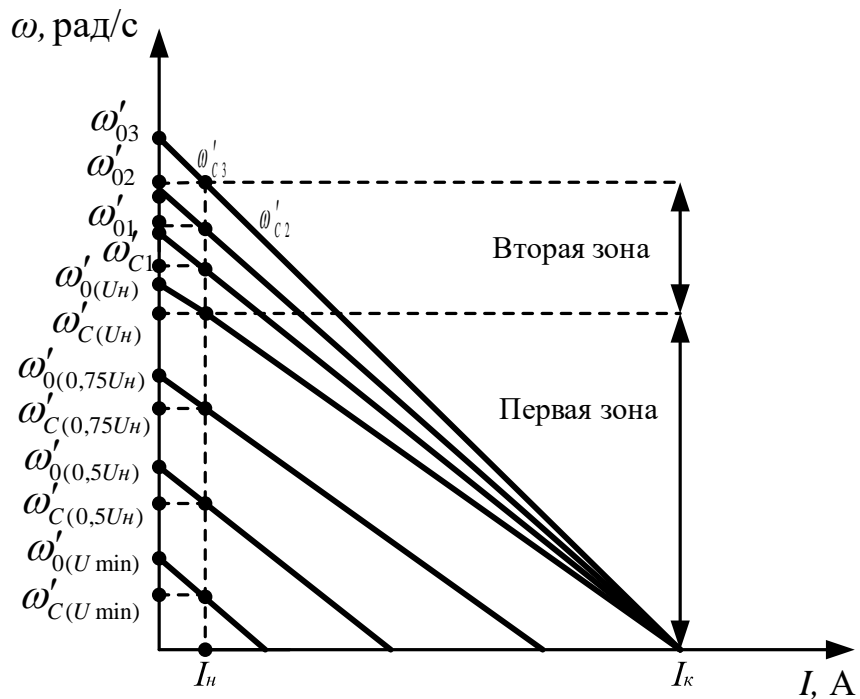


Рисунок 5 – График электромеханической характеристики при двузонном регулировании при постоянной мощности

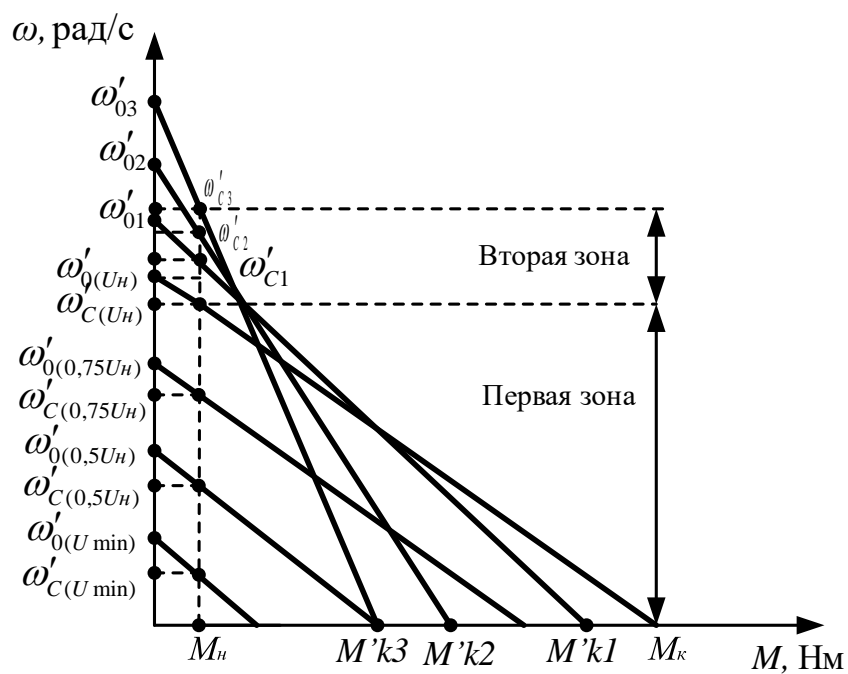


Рисунок 6 – график механической характеристики при двухзонном регулировании  
при постоянном моменте

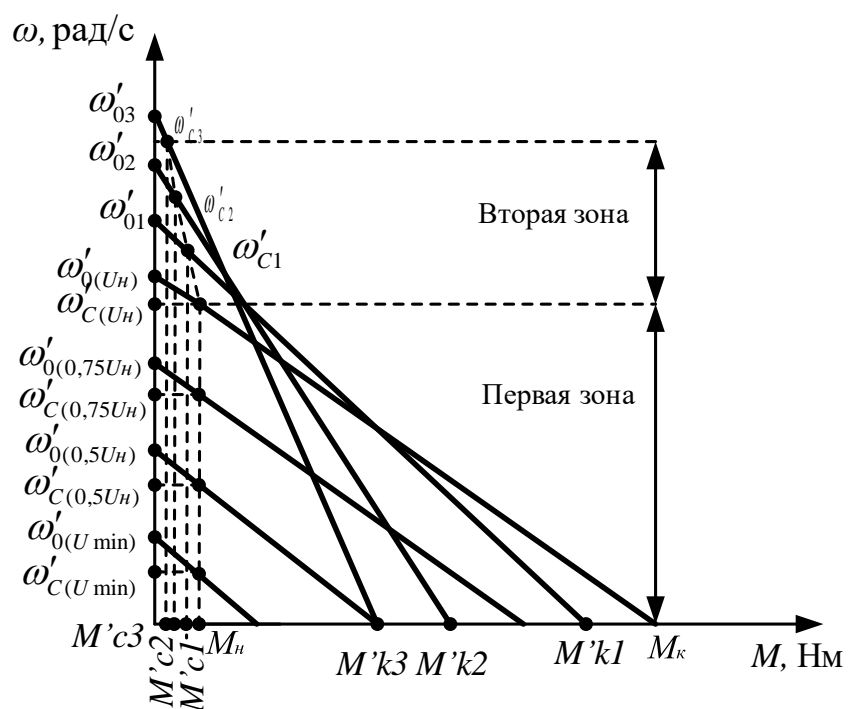


Рисунок 7 – график механической характеристики при двухзонном регулировании  
при постоянной мощности

## 2. Расчет статических характеристик двигателя постоянного тока последовательного возбуждения

### 2.1 Данные на расчётно-графическое задание

Для выполнения данного расчётно-графического задания были выданы приведенные в таблице 1 паспортные данные двигателя постоянного тока в соответствии с вариантом №4, на основании которых проводились все расчеты и последующий анализ.

Таблица 1 – Паспортные данные ДПТ ПВ

ДПТ ПВ						
Тип	$P_n$	$n_n$	$I_n$	$r_{\text{я}} + r_{\text{д.п.}} = r_a$	$r_{\text{пос}}$	$\Phi_n$
ДП-62	50 кВт	520 об/мин	260 А	0,0332	0,0205 Ом	51,5 мВб

В соответствии с заданием изобразим принципиальную схему и проведём маркировку выводов обмоток согласно ГОСТ 26772-85 (см. рисунок 8).

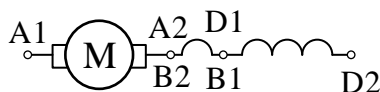


Рисунок 8 – Принципиальная схема двигателя постоянного тока с последовательным возбуждением



## 2.2 Построение естественной электромеханической и механической характеристики

Естественная электромеханическая и механическая характеристика строятся в следующем порядке:

- а) Задаем ряд значений тока  $i^*$  в диапазоне от 0,4 до 2,0 с шагом 0,2.
- б) По универсальной характеристике (см. рисунок 9) определяем относительные значения скорости  $v^*$ .

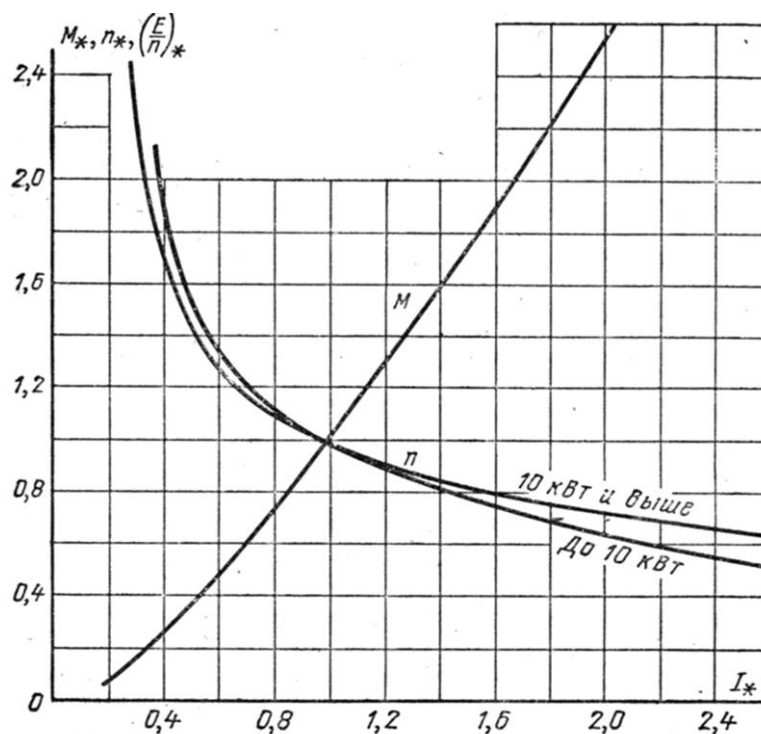


Рисунок 9 – Универсальные характеристики двигателей последовательного возбуждения типов МП, ДП и Д

- в) Рассчитываем значения тока и скорости в абсолютных единицах:

$$I = i^* \cdot I_H.$$

$$I_1 = i^* \cdot I_H = 0,4 \cdot 260 = 104 \text{ A};$$

$$I_2 = i^* \cdot I_H = 0,6 \cdot 260 = 156 \text{ A};$$

$$I_3 = i^* \cdot I_H = 0,8 \cdot 260 = 208 \text{ A};$$

$$I_4 = i^* \cdot I_H = 1 \cdot 260 = 260 \text{ A};$$

$$I_5 = i^* \cdot I_H = 1,2 \cdot 260 = 312 \text{ A};$$

$$I_6 = i^* \cdot I_H = 1,4 \cdot 260 = 364 \text{ A};$$

$$I_7 = i^* \cdot I_H = 1,6 \cdot 260 = 416 \text{ A};$$

$$I_8 = i^* \cdot I_H = 1,8 \cdot 260 = 468 \text{ A};$$

$$I_9 = i^* \cdot I_H = 2 \cdot 260 = 520 \text{ A}.$$

$$\omega = n^* \cdot \omega_H = n^* \cdot \frac{n_H}{9,55}$$

$$\omega_1 = v^* \cdot \frac{n}{9,55} = 1,9 \cdot 54,45 = 136,46 \text{ рад/с};$$

$$\omega_2 = v^* \cdot \frac{n}{9,55} = 1,35 \cdot 54,45 = 73,51 \text{ рад/с};$$

$$\omega_3 = v^* \cdot \frac{n}{9,55} = 1,1 \cdot 54,45 = 59,9 \text{ рад/с};$$

$$\omega_4 = v^* \cdot \frac{n}{9,55} = 1 \cdot 54,45 = 54,45 \text{ рад/с};$$

$$\omega_5 = v^* \cdot \frac{n}{9,55} = 0,9 \cdot 54,45 = 49 \text{ рад/с};$$

$$\omega_6 = v^* \cdot \frac{n}{9,55} = 0,82 \cdot 54,45 = 44,65 \text{ рад/с};$$

$$\omega_7 = v^* \cdot \frac{n}{9,55} = 0,8 \cdot 54,45 = 43,56 \text{ рад/с};$$

$$\omega_8 = v^* \cdot \frac{n}{9,55} = 0,75 \cdot 54,45 = 40,84 \text{ рад/с};$$

$$\omega_9 = v^* \cdot \frac{n}{9,55} = 0,7 \cdot 54,45 = 38,16 \text{ рад/с}.$$

г) для относительных значений тока в заданном диапазоне определяем относительные значения момента ц\* и рассчитываем значения момента двигателя в абсолютных единицах  $M = \mu^* M_H$ , где  $M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = 30 \frac{P_H}{\pi n_H} = 9,55 \frac{P_H}{n_H}$ .

$$M_H = 9,55 \frac{P_H}{n_H} = 9,55 \cdot \frac{50 \cdot 1000}{520} = 918,27 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_1 = \mu^* \cdot M_H = 0,25 \cdot 918,27 = 229,58 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = \mu^* \cdot M_H = 0,5 \cdot 918,27 = 459,14 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = \mu^* \cdot M_H = 0,7 \cdot 918,27 = 642,79 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = \mu^* \cdot M_H = 1 \cdot 918,27 = 918,27 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_5 = \mu^* \cdot M_H = 1,3 \cdot 918,27 = 1193,75 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_6 = \mu^* \cdot M_H = 1,6 \cdot 918,27 = 1469,23 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_7 = \mu^* \cdot M_H = 1,9 \cdot 918,27 = 1744,71 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_8 = \mu^* \cdot M_H = 2,2 \cdot 918,27 = 2020,19 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_9 = \mu^* \cdot M_H = 2,55 \cdot 918,27 = 2341,59 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

д) Значения, определенные из универсальных характеристик, и рассчитанные заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – значения тока, скорости и момента, рассчитанные и определенные из универсальных характеристик ДПТ ПВ

$i^*$	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8	2
$I$	104	156	208	260	312	364	416	468	520
$v^*$	1,9	1,35	1,1	1	0,9	0,82	0,8	0,75	0,7
$\omega$	103,46	73,51	59,9	54,45	49	44,65	43,56	40,84	38,16
$\mu^*$	0,25	0,5	0,7	1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,55
$M$	229,57	459,14	642,79	918,27	1193,75	1469,23	1744,71	2020,19	2341,59

Теперь изобразим естественную электромеханическую характеристику (см. рисунок 10) в соответствии с рассчитанными параметрами.

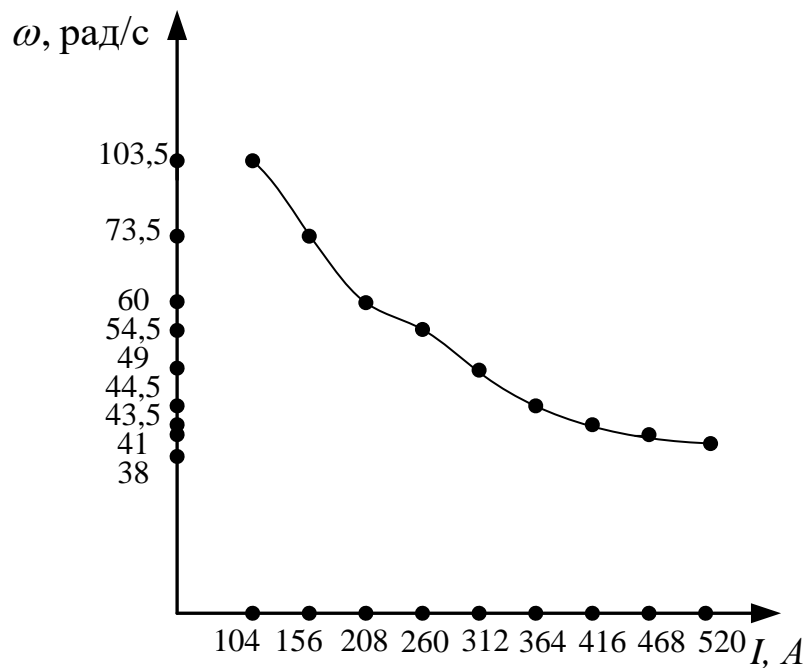


Рисунок 10 – Естественная электромеханическая характеристика ДПТ ПВ

**2.3 Построение в одной системе координат с естественной механической характеристикой искусственной механической характеристики  $\omega = f(M)$  при введении добавочного сопротивления  $r_{доб}$  в цепь якоря двигателя и при условиях  $U = const = U_H$ ,  $I = I_\epsilon$**

Точка, через которую проходит искомая искусственная механическая характеристика, определяется в зависимости от скорости  $v^*$ . Требуется по заданным относительным значениям момента и скорости найти координаты второй точки искусственной характеристики в абсолютных значениях.

Первая точка:  $\omega = \omega_0 = 54,45$  рад/с;  $I = 0$ .

Вторая точка:

$$\omega = v^* \cdot \omega_0 = 0,7 \cdot 54,45 = 38,16 \text{ рад/с;}$$

$$I = i^* \cdot I_n = 0,7 \cdot 260 = 208 \text{ A};$$

$$M = \mu^* \cdot k \cdot \Phi \cdot I = 0,7 \cdot 70,7 \cdot 0,0515 \cdot 208 = 757,35 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Определим величину добавочного сопротивления.

$$r_{доб} = \frac{U - \omega' k \Phi}{I} - R_{a\Sigma} = \frac{220 - 70,7 \cdot 38,16 \cdot 0,0515}{260} - 0,051 = 0,261 \text{ Ом}.$$

Построим естественную и искусственную механическую характеристику (см. рисунок 11).

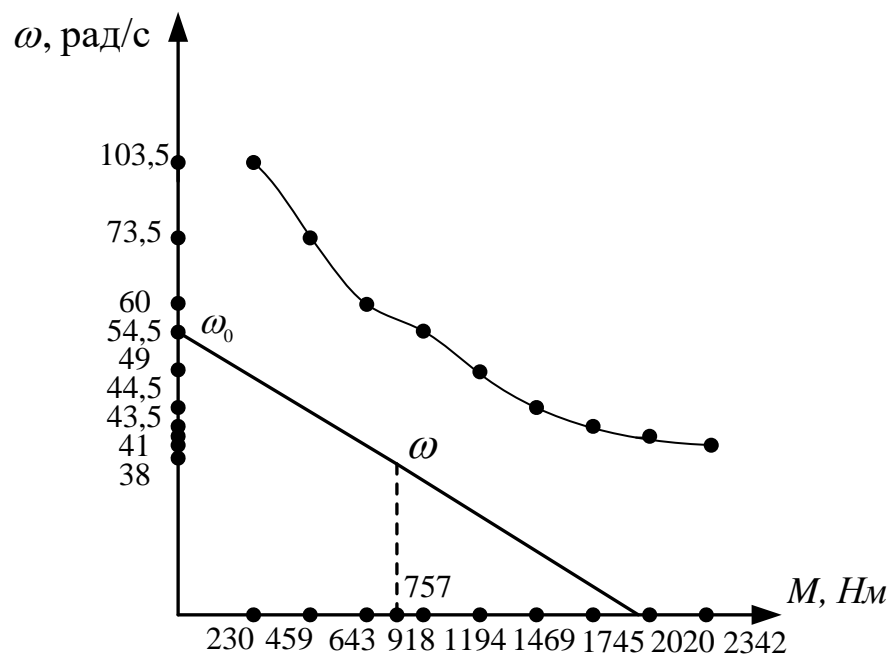


Рисунок 11 – Естественная и искусственная механическая характеристика ДПТ ПВ