

УДК 62

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ  
ПРИ МАЛЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ ЕГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА**



**DETERMINATION OF ENERGY CHARACTERISTICS OF ELECTRIC ACTUATORS  
AT SMALL DISPLACEMENTS OF ITS ACTUATING BODY**

**Добробаба Юрий Петрович**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры электроснабжения  
промышленных предприятий,  
Кубанский государственный  
технологический университет

**Кушнаренко Андрей Петрович**

аспирант  
института энергетики и теплотехники,  
Кубанский государственный  
технологический университет  
energodraiv@yandex.ru

**Аннотация.** В работе получены аналитические зависимости координат электропривода от времени при малых перемещениях его исполнительного органа. Показано какую диаграмму потребляемой якорной цепью электропривода мощности должен обеспечить электромеханический источник бесперебойного питания.

**Ключевые слова:** энергетические характеристики электропривода, малые перемещения исполнительного органа электропривода, электромеханический источник бесперебойного питания.

**Dobrobaba Yury Petrovich**

Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor,  
Associate Professor of Department  
of Power Supply Industrial Enterprises,  
Kuban State Technological University

**Kushnarenko Andrei Petrovich**

Postgraduate Student,  
Institute of Power Engineering and  
Thermal Engineering,  
Kuban State Technological University  
energodraiv@yandex.ru

**Annotation.** The paper obtained analytical dependences of the actuator coordinates on time at small movements of its actuator. It is shown what diagram of power consumed by the anchor circuit of the actuator should provide an electromechanical source of uninterrupted power supply.

**Keywords:** energy characteristics of the electric actuator, small movements of the actuator's executive body, electromechanical uninterruptible power supply.

**В** настоящее время электромеханические источники бесперебойного питания находят все более широкое использование в различных отраслях промышленности. При выборе электромеханических источников бесперебойного питания необходимо знать мощность нагрузки, потребляемую энергию и время для завершения технологического процесса.

В данной работе разработана методика расчета мощности и потребляемой электроэнергии электроприводом при отработке малых перемещений его исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстрдействию диаграммой. При этом не учитывается влияние индуктивности якорной цепи электропривода.

На рисунке 1 представлены механические координаты электропривода при отработке малых перемещений его исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстрдействию диаграммой. На рисунке приняты следующие обозначения:

$\varphi$  – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад;

$\omega$  – угловая скорость исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;

$\omega^{(1)}$  – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ ;

$\varphi_{\text{нач}}$  – начальное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;

$\varphi_{\text{кон}}$  – конечное значение угла поворота исполнительного органа электропривода, рад;

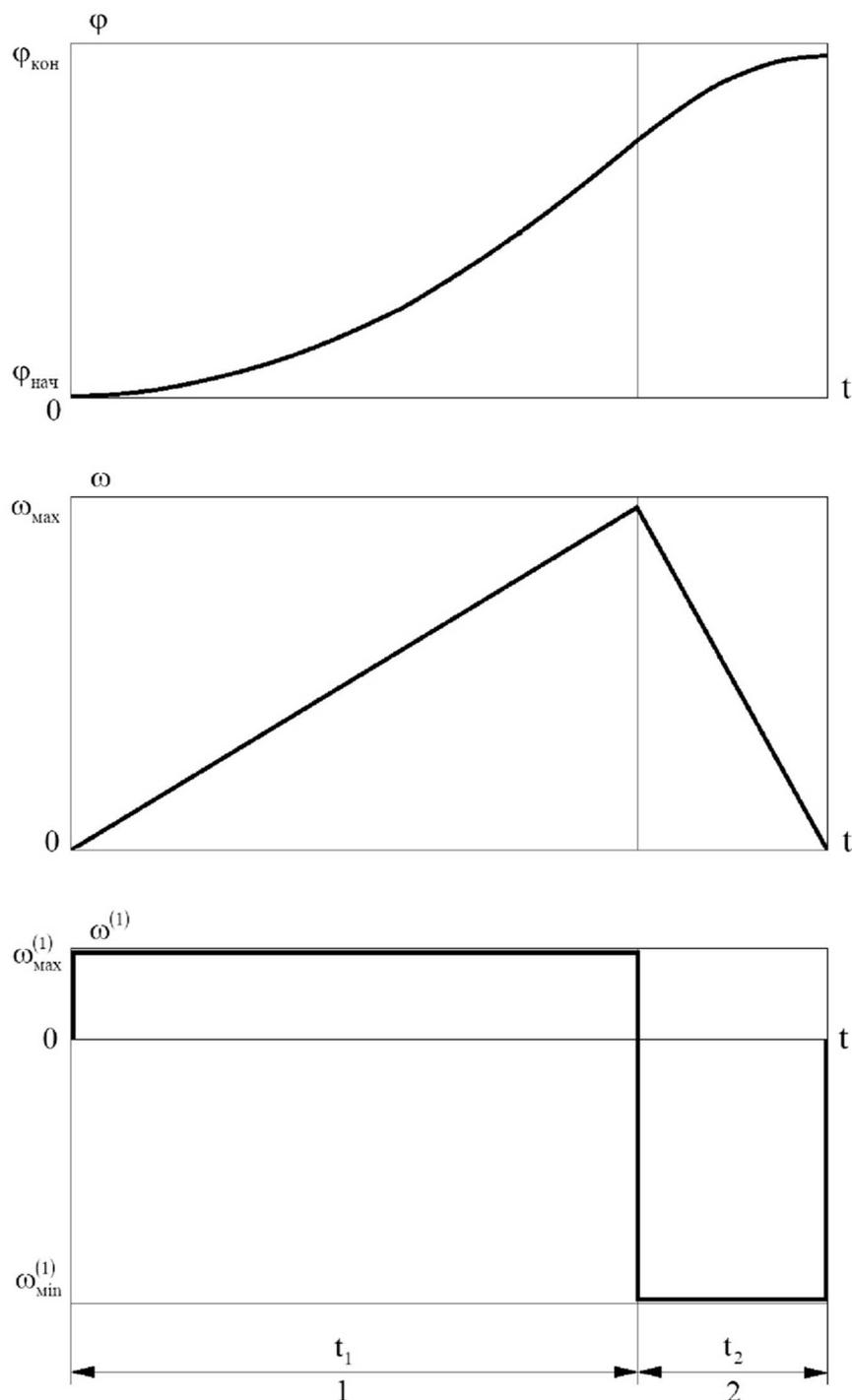
$\omega_{\text{мах}}$  – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$ ;

$\omega_{\max}^{(1)}$  – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ ;

$\omega_{\min}^{(1)}$  – минимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода,  $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ ;

$t_1$  – длительность первого этапа, с;

$t_2$  – длительность второго этапа, с.



**Рисунок 1** – Механические координаты электропривода при отработке малых перемещений его исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой  $t$  – время, с;

На рисунке 2 представлены электрические координаты электропривода при отработке малых перемещений его исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой. На рисунке приняты следующие обозначения:

$U$  – напряжение, приложенное к якорной цепи электропривода, В;

$I_{\text{я}}$  – ток якорной цепи электропривода, А;

$U_{\text{доп}}$  – допустимое значение напряжения, приложенного к якорной цепи электропривода, В;

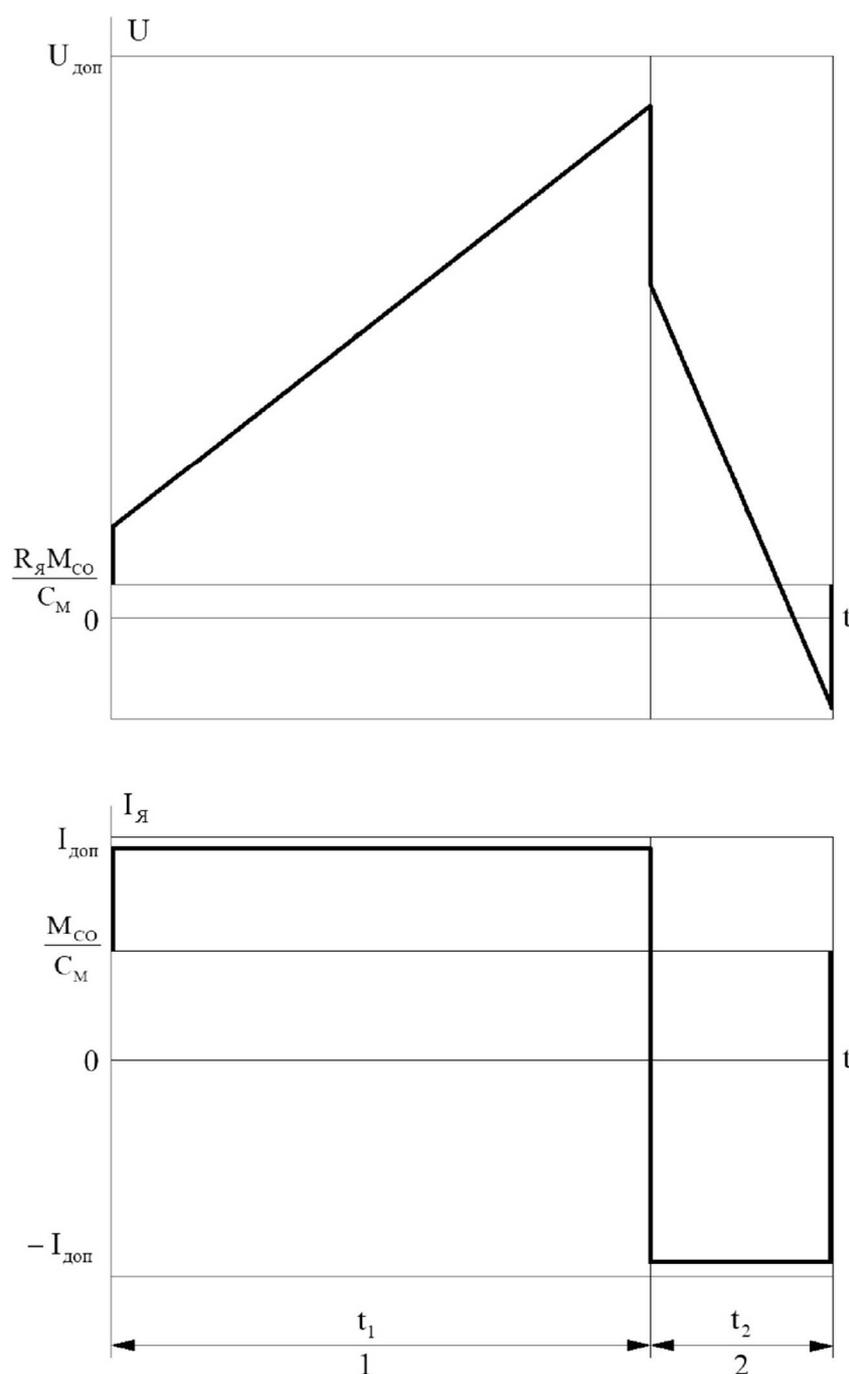
$I_{\text{доп}}$  – допустимое значение тока якорной цепи электропривода, А;

$R_{\text{я}}$  – сопротивление якорной цепи электропривода, Ом;

$C_{\text{м}}$  – коэффициент пропорциональности между током и моментом двигателя,

В·с;

$M_{\text{со}}$  – момент сопротивления электропривода, Н·м.



**Рисунок 2** – Электрические координаты электропривода при отработке малых перемещений его исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой

Для оптимальной по быстродействию диаграммы при малых перемещениях исполнительного органа электропривода справедливы уравнения:

$$C_{M\text{доп}} = M_{CO} + J\omega_{\text{max}}^{(1)};$$

$$-C_{M\text{доп}} = M_{CO} + J\omega_{\text{min}}^{(1)};$$

$$\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{max}}^{(1)} \cdot t_1;$$

$$\omega_{\text{max}} = -\omega_{\text{min}}^{(1)} \cdot t_2;$$

$$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \omega_{\text{max}} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1 + \frac{1}{2} t_2 \right);$$

$$T_{\text{ц}} = t_1 + t_2,$$

где  $J$  – момент инерции исполнительного органа электропривода, кг·м<sup>2</sup>;  $T_{\text{ц}}$  – длительность цикла, с.

Для параметров оптимальной по быстродействию диаграммы при малых перемещениях исполнительного органа электропривода справедливы следующие зависимости:

$$\omega_{\text{max}}^{(1)} = \frac{C_{M\text{доп}} - M_{CO}}{J};$$

$$\omega_{\text{min}}^{(1)} = -\frac{C_{M\text{доп}} + M_{CO}}{J};$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{C_{M\text{доп}} + M_{CO}}{C_{M\text{доп}} - M_{CO}} \cdot \frac{J \cdot (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})}{C_{M\text{доп}}}};$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{C_{M\text{доп}} - M_{CO}}{C_{M\text{доп}} + M_{CO}} \cdot \frac{J \cdot (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})}{C_{M\text{доп}}}};$$

$$T_{\text{ц}} = \left[ \sqrt{\frac{C_{M\text{доп}} + M_{CO}}{C_{M\text{доп}} - M_{CO}}} + \sqrt{\frac{C_{M\text{доп}} - M_{CO}}{C_{M\text{доп}} + M_{CO}}} \right] \cdot \sqrt{\frac{J \cdot (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})}{C_{M\text{доп}}}};$$

$$\omega_{\text{max}} = \sqrt{\frac{C_{M\text{доп}}^2 - M_{CO}^2}{J C_{M\text{доп}}}} \cdot (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}).$$

Если  $\omega_{\text{max}} = \omega_{\text{доп}}$ , то  $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = \varphi_{\text{гр}}$ .

Граничное значение угла поворота равно

$$\varphi_{\text{гр}} = \frac{C_{M\text{доп}} J \omega_{\text{доп}}^2}{C_{M\text{доп}}^2 - M_{CO}^2}.$$

Напряжение, приложенное к якорной цепи электропривода, без учета влияния индуктивности якорной цепи определяется из уравнения:

$$U(t) = C_e \omega(t) + R_{\text{я}} i_{\text{я}}(t),$$

где  $C_e$  – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа и ЭДС электропривода,  $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$ .

Определим аналитические зависимости координат электропривода от времени при малых перемещениях его исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой.

**Этап 1.** В интервале времени  $0 \leq t \leq t_1$ :

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\max}^{(1)};$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(1)} \cdot t;$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(1)} \cdot t^2;$$

$$I_{\text{я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\max}^{(1)}];$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(1)} \cdot t + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\max}^{(1)}].$$

При  $t = 0$

$$\omega_0^{(1)} = 0;$$

$$\omega_0 = 0;$$

$$\varphi_0 = \varphi_{\text{нач}};$$

$$I_{\text{я}0} = \frac{M_{\text{CO}}}{C_M};$$

$$U_0 = \frac{R_{\text{я}} M_{\text{CO}}}{C_M}.$$

При  $t = 0_+$

$$\omega_{0+}^{(1)} = \omega_{\max}^{(1)};$$

$$\omega_{0+} = 0;$$

$$\varphi_{0+} = \varphi_{\text{нач}};$$

$$I_{\text{я}0+} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\max}^{(1)}];$$

$$U_{0+} = \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\max}^{(1)}]$$

При  $t = t_1$

$$\omega_1^{(1)} = \omega_{\max}^{(1)};$$

$$\omega_1 = \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1;$$

$$\varphi_1 = \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1^2;$$

$$I_{\text{я}1} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\max}^{(1)}];$$

$$U_1 = C_e \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\max}^{(1)}]$$

Этап 2. В интервале времени  $t_1 \leq t \leq (t_1 + t_2)$ :

$$\omega^{(1)}(t) = \omega_{\min}^{(1)};$$

$$\omega(t) = \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + \omega_{\min}^{(1)} \cdot (t - t_1);$$

$$\varphi(t) = \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1^2 + \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 \cdot (t - t_1) + \frac{1}{2} \omega_{\min}^{(1)} \cdot (t - t_1)^2;$$

$$I_{\text{Я}}(t) = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\min}^{(1)}];$$

$$U(t) = C_e \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + C_e \omega_{\min}^{(1)} \cdot (t - t_1) + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\min}^{(1)}]$$

При  $t = t_{1+}$

$$\omega_{1+}^{(1)} = \omega_{\min}^{(1)};$$

$$\omega_{1+} = \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1;$$

$$\varphi_{1+} = \varphi_{\text{нач}} + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1^2;$$

$$I_{\text{Я}1+} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\min}^{(1)}];$$

$$U_{1+} = C_e \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\min}^{(1)}]$$

При  $t = (t_1 + t_2)$

$$\omega_2^{(1)} = \omega_{\min}^{(1)};$$

$$\omega_2 = \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2;$$

$$\varphi_2 = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(1)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) + \frac{1}{2} \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2^2;$$

$$I_{\text{Я}2} = \frac{1}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\min}^{(1)}];$$

$$U_2 = C_e \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + C_e \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2 + \frac{R_{\text{Я}}}{C_M} \cdot [M_{\text{CO}} + J\omega_{\min}^{(1)}]$$

При  $t = (t_1 + t_2)_+$

$$\omega_{2+}^{(1)} = 0;$$

$$\omega_{2+} = \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2;$$

$$\varphi_{2+} = \varphi_{\text{нач}} + \omega_{\max}^{(1)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) + \frac{1}{2} \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2^2;$$

$$I_{\text{Я}2+} = \frac{M_{\text{CO}}}{C_M};$$

$$U_{2+} = C_e \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + C_e \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2 + \frac{R_{я} M_{CO}}{C_M}$$

Определим энергетические характеристики электропривода при малых перемещениях его исполнительного органа.

**Этап 1.** В интервале времени  $0 \leq t \leq t_1$ :

$$P(t) = \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(1)} \cdot \left[ M_{CO} \cdot t + J \omega_{\max}^{(1)} \cdot t \right] + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{CO}^2 + 2M_{CO} J \omega_{\max}^{(1)} + J^2 \cdot \left[ \omega_{\max}^{(1)} \right]^2 \right\};$$

$$W_1 = \frac{1}{2} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1^2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[ \omega_{\max}^{(1)} \right]^2 \cdot t_1^2 + \\ + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_1 + 2 \cdot \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO} J \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[ \omega_{\max}^{(1)} \right]^2 \cdot t_1.$$

где  $P$  – мощность, потребляемая якорной цепью электропривода, Вт;  $W_1$  – энергия, потребляемая якорной цепью электропривода на первом этапе, Дж.

**Этап 2.** В интервале времени  $t_1 \leq t \leq (t_1 + t_2)$ :

$$P(t) = \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\max}^{(1)} \cdot \left[ M_{CO} \cdot t_1 + J \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_1 \right] + \frac{C_e}{C_M} \cdot \omega_{\min}^{(1)} \cdot \\ \cdot \left[ M_{CO} \cdot (t - t_1) + J \omega_{\min}^{(1)} \cdot (t - t_1) \right] + \\ + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot \left\{ M_{CO}^2 + 2M_{CO} J \omega_{\min}^{(1)} + J^2 \cdot \left[ \omega_{\min}^{(1)} \right]^2 \right\};$$

$$W_2 = \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 t_2 + \frac{C_e}{C_M} \cdot J \omega_{\max}^{(1)} \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_1 t_2 + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2^2 + \\ + \frac{1}{2} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \left[ \omega_{\min}^{(1)} \right]^2 \cdot t_2^2 + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot t_2 + 2 \cdot \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO} J \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2 + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left[ \omega_{\min}^{(1)} \right]^2 \cdot t_2.$$

где  $W_2$  – энергия, потребляемая якорной цепью электропривода на втором этапе, Дж.

Энергия, потребляемая якорной цепью электропривода за цикл равна

$$W = \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{CO} \cdot \left[ \omega_{\max}^{(1)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) + \frac{1}{2} \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2^2 \right] + \frac{C_e}{C_M} \cdot J \cdot \\ \cdot \left\{ \frac{1}{2} \cdot \left[ \omega_{\max}^{(1)} \right]^2 \cdot t_1^2 + \omega_{\max}^{(1)} \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_1 t_2 + \frac{1}{2} \cdot \left[ \omega_{\min}^{(1)} \right]^2 \cdot t_2^2 \right\} + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO}^2 \cdot (t_1 + t_2) + \\ + 2 \cdot \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot M_{CO} J \cdot \left[ \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2 \right] + \frac{R_{я}}{C_M^2} \cdot J^2 \cdot \left\{ \left[ \omega_{\max}^{(1)} \right]^2 \cdot t_1 + \left[ \omega_{\min}^{(1)} \right]^2 \cdot t_2 \right\}.$$

Так как

$$\left[ \omega_{\max}^{(1)} \cdot \left( \frac{1}{2} t_1^2 + t_1 t_2 \right) + \frac{1}{2} \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2^2 \right] = (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}});$$

$$\left\{ \frac{1}{2} \cdot \left[ \omega_{\max}^{(1)} \right]^2 \cdot t_1^2 + \omega_{\max}^{(1)} \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_1 t_2 + \frac{1}{2} \cdot \left[ \omega_{\min}^{(1)} \right]^2 \cdot t_2^2 \right\} = \left[ \frac{1}{2} \omega_{\max}^2 - \omega_{\max}^2 + \frac{1}{2} \omega_{\max}^{(2)} \right] = 0;$$

$$(t_1 + t_2) = T_{\text{Ц}};$$

$$\left[ \omega_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + \omega_{\min}^{(1)} \cdot t_2 \right] = (\omega_{\max} - \omega_{\max}) = 0;$$

$$\left\{ \left[ \omega_{\max}^{(1)} \right]^2 \cdot t_1 + \left[ \omega_{\min}^{(1)} \right]^2 \cdot t_2 \right\} = \left[ \omega_{\max} \omega_{\max}^{(1)} - \omega_{\max} \omega_{\min}^{(1)} \right] =$$

$$= \omega_{\max} \cdot \left[ \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{\text{CO}}}{J} + \frac{C_M I_{\text{доп}} + M_{\text{CO}}}{J} \right] = 2 \omega_{\max} \cdot \frac{C_M I_{\text{доп}}}{J}, \text{ то}$$

$$W = \frac{C_e}{C_M} \cdot (\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) \cdot M_{\text{CO}} + \frac{R_{\text{я}}}{C_M^2} \cdot M_{\text{CO}}^2 T_{\text{ц}} + 2 \cdot \frac{R_{\text{я}}}{C_M} \cdot J \omega_{\max} I_{\text{доп}}.$$

Первое слагаемое в зависимости соответствует полезной энергии, а сумма второго и третьего слагаемых соответствует энергии тепловых потерь.

В данной работе рассматривается электропривод, имеющий следующие параметры:  $C_e = 1,25 \frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$ ;  $C_M = 1,25 \text{ В} \cdot \text{с}$ ;  $R_{\text{я}} = 5 \text{ Ом}$ ;  $J = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ . На контролируемые координаты электропривода наложены ограничения:  $U_{\text{доп}} = 250 \text{ В}$ ;  $I_{\text{доп}} = 8 \text{ А}$ ;  $\omega_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$ .

Момент сопротивления электропривода равен  $M_{\text{CO}} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Начальное значение угла поворота равно  $\varphi_{\text{нач}} = 0 \text{ рад}$ .

При этом граничное значение угла поворота исполнительного органа электропривода равно  $\varphi_{\text{гр}} = 170 \frac{2}{3} \text{ рад}$ .

В таблице 1 представлены результаты первого численного эксперимента рассматриваемого электропривода: определены значения длительностей первого  $t_1$ , второго  $t_2$  этапов и цикла  $T_{\text{ц}}$ , максимального значения угловой скорости исполнительного органа электропривода  $\omega_{\max}$  для различных значений заданного перемещения (поворота) исполнительного органа электропривода  $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}})$ .

**Таблица 1** – Результаты первого численного эксперимента

$(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}), \text{ рад}$	$t_1, \text{ с}$	$t_2, \text{ с}$	$T_{\text{ц}}, \text{ с}$	$\omega_{\max}, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
0	0	0	0	0
6	0,3	0,1	0,4	30
24	0,6	0,2	0,8	60
54	0,9	0,3	1,2	90
96	1,2	0,4	1,6	120
150	1,5	0,5	2	150
$170 \frac{2}{3}$	1,6	$\frac{8}{15}$	$2 \frac{2}{15}$	160

При этом остальные параметры диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода имели постоянные значения:  $\omega_{\max}^{(1)} = 100 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ ;  $\omega_{\min}^{(1)} = -300 \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$ .

В таблице 2 представлены результаты второго численного эксперимента рассматриваемого электропривода: определены значения первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода  $\omega^{(1)}$ , угловой скорости исполнительного органа электропривода  $\omega$ , угла поворота исполнительного органа электропривода  $\varphi$ , тока якорной цепи электропривода  $I_{\text{я}}$ , напряжения  $U$  и мощности  $P$  в начале и в конце каждого этапа при перемещении (повороте) исполнительного органа электропривода равного  $(\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}}) = 150 \text{ рад}$ . При этом якорная цепь электропривода потребила 1390 Дж (750 Дж полезной энергии и 640 Дж энергии потерь).

Таблица 2 – Результаты второго численного эксперимента

$t_1, \text{с}$	$\omega^{(i)}, \frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$	$\omega, \frac{\text{рад}}{\text{с}}$	$\varphi_1, \text{рад}$	$I_{\text{я}}, \text{А}$	$U, \text{В}$	$P, \text{Вт}$
0	0	0	$\varphi_{\text{нач}} + 0$	4	20	80
0+	100	0	$\varphi_{\text{нач}} + 0$	8	40	320
1,5	100	150	$\varphi_{\text{нач}} + 112,5$	8	227,5	1820
1,5+	-300	150	$\varphi_{\text{нач}} + 112,5$	-8	147,5	-1180
2	-300	0	$\varphi_{\text{нач}} + 150$	-8	-40	320
2+	0	0	$\varphi_{\text{нач}} + 150$	4	20	80

На рисунке 3 представлена диаграмма потребляемой якорной цепью электропривода мощности при отработке в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой малого перемещения (поворота) исполнительного органа электропривода ( $\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}} = 150 \text{ рад}$ ).

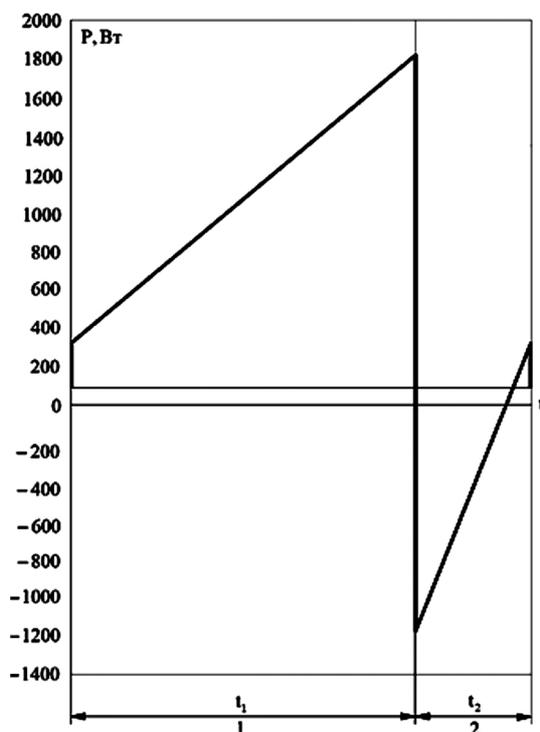


Рисунок 3 – Диаграмма потребляемой якорной цепью электропривода мощности при отработке в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой малого перемещения (поворота) исполнительного органа электропривода ( $\varphi_{\text{кон}} - \varphi_{\text{нач}} = 150 \text{ рад}$ )

**Выводы:**

1. Получены аналитические зависимости координат электропривода от времени при малых перемещениях его исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой.
2. Определена зависимость потребляемой якорной цепью электропривода мощности от времени при малых перемещениях исполнительного органа электропривода.
3. Электромеханический источник бесперебойного питания должен обеспечить реализацию требуемой диаграммы потребляемой якорной цепью электропривода мощности.
4. Так как данные исследования выполнены без учета влияния индуктивности якорной цепи электропривода, то в дальнейшем необходимо провести исследования с учетом влияния индуктивности якорной цепи электропривода.