

УДК 62.83.52:62.503.56

UDC 62.83.52:62.503.56

РАЗРАБОТКА РАЦИОНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЗИЦИОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ПОСТОЯННОГО ТОКА С МОМЕНТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ, ЗАВИСЯЩИМ ОТ СКОРОСТИ В ВИДЕ ПОЛИНОМА ПЕРВОЙ СТЕПЕНИ**DEVELOPMENT OF RATIONAL OPERATION OF POSITIONAL DC ELECTRIC DRIVE WITH RESISTING MOMENT DEPENDING ON SPEED AS A POLYNOMIAL FIRST DEGREE**

Добробаба Юрий Петрович
к.т.н., профессор

Dobrobaba Yurii Petrovitch
Cand.Tech.Sci., professor

Кравченко Артем Владимирович
студент

Kravchenko Artyom Vladimirovich
student

Волошенко Наталья Анатольевна
студентка
Кубанский государственный технологический университет, Краснодар, Россия

Voloshenko Natalya Anatolievna
student
Kuban State Technological University, Krasnodar, Russia

Предложено рациональное управление позиционным электроприводом постоянного тока с постоянным моментом сопротивления. Определены и построены зависимости длительности цикла и потребляемой электроэнергии от заданного перемещения

In the article, the rational operation has been proposed for positional dc electric drive with resisting moment. Ratio between cycle duration and electric power consumption are identified depending on specified moves

Ключевые слова: ОПТИМАЛЬНАЯ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ ДИАГРАММА, ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЙ ОРГАН, ПОЗИЦИОННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

Keywords: OPTIMUM SPEED OF DIAGRAMS, ELECTRIC DRIVE ACTUATOR, POSITIONAL ELECTRIC DRIVE

В работах [1, 2] показано, что в настоящее время позиционные электроприводы в основном осуществляют перемещение исполнительных органов промышленных механизмов по оптимальным по быстродействию диаграммам. Авторы статьи [3] акцентируют внимание на том, что максимальное быстродействие (минимальная длительность цикла перемещения) целесообразно на самом узком участке технологической линии (с наибольшей длительностью цикла перемещения), так как при этом потребляется большое количество электрической энергии из сети. На остальных участках технологической линии предлагают осуществлять перемещение исполнительного органа механизма с меньшей интенсивностью (за время, обусловленное технологическим процессом). При этом электрический привод обеспечивает перемещение исполнительного органа механизма не за минимально возможное время с большим потреблением электроэнергии из сети, а за заданное по технологии время с меньшим потреблением элек-

трической энергии из сети. Такое управление названо рациональным (экономически целесообразным) [3].

В статье [3] разработано рациональное управление позиционным электроприводом постоянного тока с постоянным моментом сопротивления.

Однако реальные промышленные механизмы имеют моменты сопротивления, зависящие от угла поворота исполнительного органа механизма, угловой скорости исполнительного органа механизма, времени и т.д. При этом зависимость момента сопротивления от указанных координат и времени может иметь различный вид.

Данная работа посвящена разработке рационального управления позиционным электроприводом постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени.

Математическая модель силовой части позиционного электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, имеет вид [1, 2]:

$$\left. \begin{aligned} U(t) &= C_e \cdot w(t) + R_{\text{я}} \cdot I_{\text{я}}(t); \\ C_m \cdot I_{\text{я}}(t) &= M_{\text{с0}} + K_c \cdot w(t) + J \cdot w^{(1)}(t); \\ j^{(1)}(t) &= w(t), \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

где U – напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, B ;

w – угловая скорость исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад}}{c}$;

$I_{\text{я}}$ – ток якорной цепи электродвигателя, A ;

$M_{\text{с0}}$ – постоянный по величине момент сопротивления электропривода, $H \cdot m$;

- $w^{(1)}$ – первая производная угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{рад}{с^2}$;
- j – угол поворота исполнительного органа электропривода, $рад$;
- C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа электропривода и ЭДС двигателя, $\frac{В \cdot с}{рад}$;
- $R_{я}$ – сопротивление якорной цепи электродвигателя, $Ом$;
- C_m – коэффициент пропорциональности между током якорной цепи электродвигателя и его моментом, $В \cdot с$;
- K_c – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа электропривода и моментом сопротивления, зависящим от скорости, $\frac{Н \cdot м \cdot с}{рад}$;
- J – момент инерции электропривода, $кг \cdot м^2$.

Перемещение исполнительного органа электропривода предлагается реализовать так же, как в статье [3], в соответствии с оптимальными по быстродействию диаграммами:

- без ограничения по скорости исполнительного органа при малых перемещениях;
- с ограничением по скорости исполнительного органа при больших перемещениях.

На рисунке 1 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, без ограничения по скорости, состоящая из двух этапов. На рисунке 1 приняты следующие обозначения:

U_{\max} – максимальное значение напряжения, приложенного к якорной цепи электропривода, B ;

I_{\max} – максимальное значение тока якорной цепи электродвигателя, A ;

I_{\min} – минимальное значение тока якорной цепи электродвигателя, A ;

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

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

w_{\max} – максимальное значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{rad}{c}$;

$w_{\max}^{(1)}$ – максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{rad}{c^2}$;

t_1 – длительность первого и второго этапов, c .

Для оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, без ограничения по скорости справедливы следующие соотношения:

$$t_1 = \sqrt{\frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{w_{\max}^{(1)}}}; \quad (2)$$

$$T_{\text{ц}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{w_{\max}^{(1)}}}; \quad (3)$$

$$I_{\max} = \frac{M_{c0}}{C_{\text{м}}} + \frac{K_{\text{с}}}{C_{\text{м}}} \cdot w_{\max}^{(1)} \cdot t_1 + \frac{J}{C_{\text{м}}} \cdot w_{\max}^{(1)}; \quad (4)$$

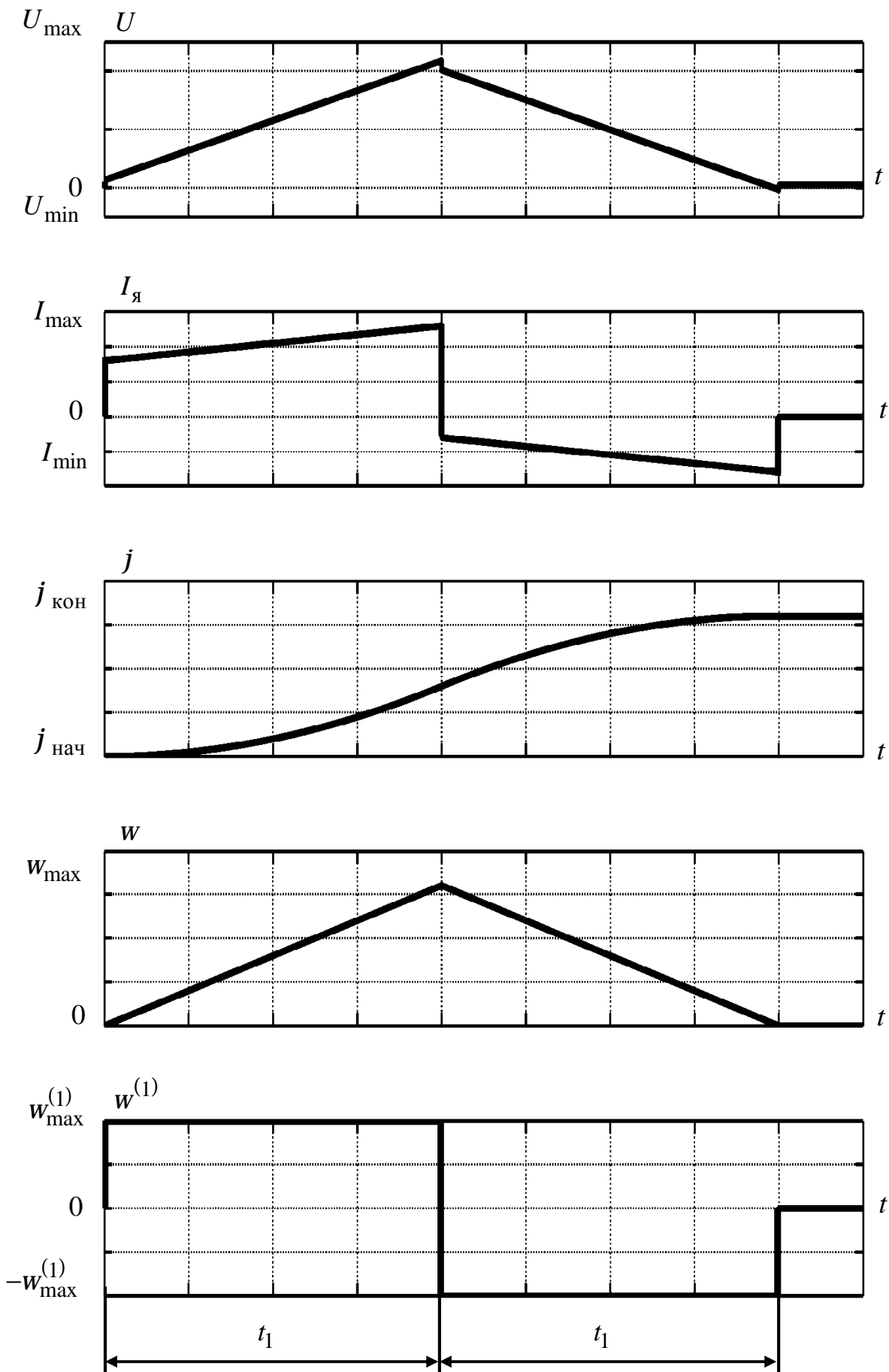


Рисунок 1

$$I_{\min} = \frac{M_{c0}}{C_M} - \frac{J}{C_M} \cdot w_{\max}^{(1)} ; \quad (5)$$

$$w_{\max} = w_{\max}^{(1)} \cdot t_1 ; \quad (6)$$

$$U_{\max} = C_e \cdot w_{\max} + R_{я} \cdot I_{\max} ; \quad (7)$$

$$U_{\min} = R_{я} \cdot I_{\min} , \quad (8)$$

где $T_{ц}$ – длительность цикла перемещения исполнительного органа электропривода, с.

При реализации перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой без ограничения по скорости якорной цепью электропривода из сети потребляется электроэнергия

$$\begin{aligned} W = & \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{c0} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) + \frac{2}{3} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot K_c \cdot [w_{\max}^{(1)}]^2 \cdot t_1^3 + \\ & + R_{я} \cdot \left\{ 2 \cdot \frac{M_{c0}^2}{C_M^2} \cdot t_1 + 2 \cdot \frac{M_{c0}}{C_M} \cdot \frac{K_c}{C_M} \cdot w_{\max}^{(1)} \cdot t_1^2 + \frac{2}{3} \cdot \frac{K_c^2}{C_M^2} \cdot [w_{\max}^{(1)}]^2 \cdot t_1^3 + \right. \\ & \left. + 2 \cdot \frac{J^2}{C_M^2} \cdot [w_{\max}^{(1)}]^2 \cdot t_1 \right\}. \quad (9) \end{aligned}$$

После преобразования с учетом соотношения (2) зависимость (9) принимает вид

$$\begin{aligned} W = & \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{c0} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) + \frac{2}{3} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot K_c \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}})^{\frac{3}{2}} \cdot [w_{\max}^{(1)}]^{\frac{1}{2}} + \\ & + 2R_{я} \cdot \frac{M_{c0}^2}{C_M^2} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}})^{\frac{1}{2}} \cdot [w_{\max}^{(1)}]^{-\frac{1}{2}} + 2R_{я} \cdot \frac{M_{c0}}{C_M} \cdot \frac{K_c}{C_M} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) + \\ & + \frac{2}{3} R_{я} \cdot \frac{K_c^2}{C_M^2} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}})^{\frac{3}{2}} \cdot [w_{\max}^{(1)}]^{\frac{1}{2}} + \end{aligned}$$

$$+2R_{\text{я}} \cdot \frac{J^2}{C_{\text{м}}^2} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}})^{\frac{1}{2}} \cdot [w_{\text{max}}^{(1)}]^{\frac{3}{2}}. \quad (10)$$

Анализ зависимости (10) показывает, что при выполнении условия

$$w_{\text{max экстр}}^{(1)} = \sqrt{\frac{1}{3} \cdot \frac{M_{\text{с0}}^2}{J^2} + \frac{1}{324} \cdot \frac{K_{\text{с}}^2}{J^2} \cdot \left(\frac{C_{\text{е}}C_{\text{м}}}{R_{\text{я}}J} + \frac{K_{\text{с}}}{J} \right)^2} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}})^2 - \frac{1}{18} \cdot \frac{K_{\text{с}}}{J} \cdot \left(\frac{C_{\text{е}}C_{\text{м}}}{R_{\text{я}}J} + \frac{K_{\text{с}}}{J} \right) \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) \quad (11)$$

якорная цепь электрического привода потребляет из сети за цикл перемещения его исполнительного органа минимальное возможное количество электроэнергии.

При $K_{\text{с}} = 0$ максимальное экстремальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода имеет вид

$$w_{\text{max экстр}}^{(1)} = \frac{\sqrt{3}}{3} \cdot \frac{M_{\text{с0}}}{J}. \quad (12)$$

Аналогичная зависимость для максимального экстремального значения первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода получена в работе [3].

При $M_{\text{с0}} = 0$ максимальное экстремальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода равно нулю $w_{\text{max экстр}}^{(1)} = 0$.

Оптимальная по быстрдействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, без ограничения по скорости справедлива при выполнении условия

$$(j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) \leq j_{\text{гр}}, \quad (13)$$

где $j_{\text{гр}} = \frac{w_{\text{доп}}^2}{w_{\text{max}}^{(1)}}$;

$W_{\text{доп}}$ – максимальное допустимое значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад}}{\text{с}^2}$.

Если условие (13) не выполняется, то необходимо перемещение исполнительного органа электропривода осуществлять по оптимальной по быстродействию диаграмме с ограничением по скорости.

На рисунке 2 представлена оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, с ограничением по скорости, состоящая из трех этапов. На рисунке 2 приняты следующие обозначения:

t_1 – длительность первого и третьего этапов, с ;

t_2 – длительность второго этапа, с .

Для оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, с ограничением по скорости справедливы следующие соотношения:

$$t_1 = \frac{W_{\text{доп}}}{W_{\text{max}}^{(1)}} ; \tag{14}$$

$$t_2 = \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{W_{\text{доп}}} - \frac{W_{\text{доп}}}{W_{\text{max}}^{(1)}} ; \tag{15}$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{W_{\text{доп}}} + \frac{W_{\text{доп}}}{W_{\text{max}}^{(1)}} ; \tag{16}$$

$$I_{\text{max}} = \frac{M_{\text{с0}}}{C_{\text{м}}} + \frac{K_{\text{с}}}{C_{\text{м}}} \cdot W_{\text{доп}} + \frac{J}{C_{\text{м}}} \cdot W_{\text{max}}^{(1)} ; \tag{17}$$

$$U_{\text{max}} = C_{\text{е}} \cdot W_{\text{доп}} + R_{\text{я}} \cdot I_{\text{max}} . \tag{18}$$

Значения I_{min} и U_{min} определяются соответственно по формулам (5) и (8).

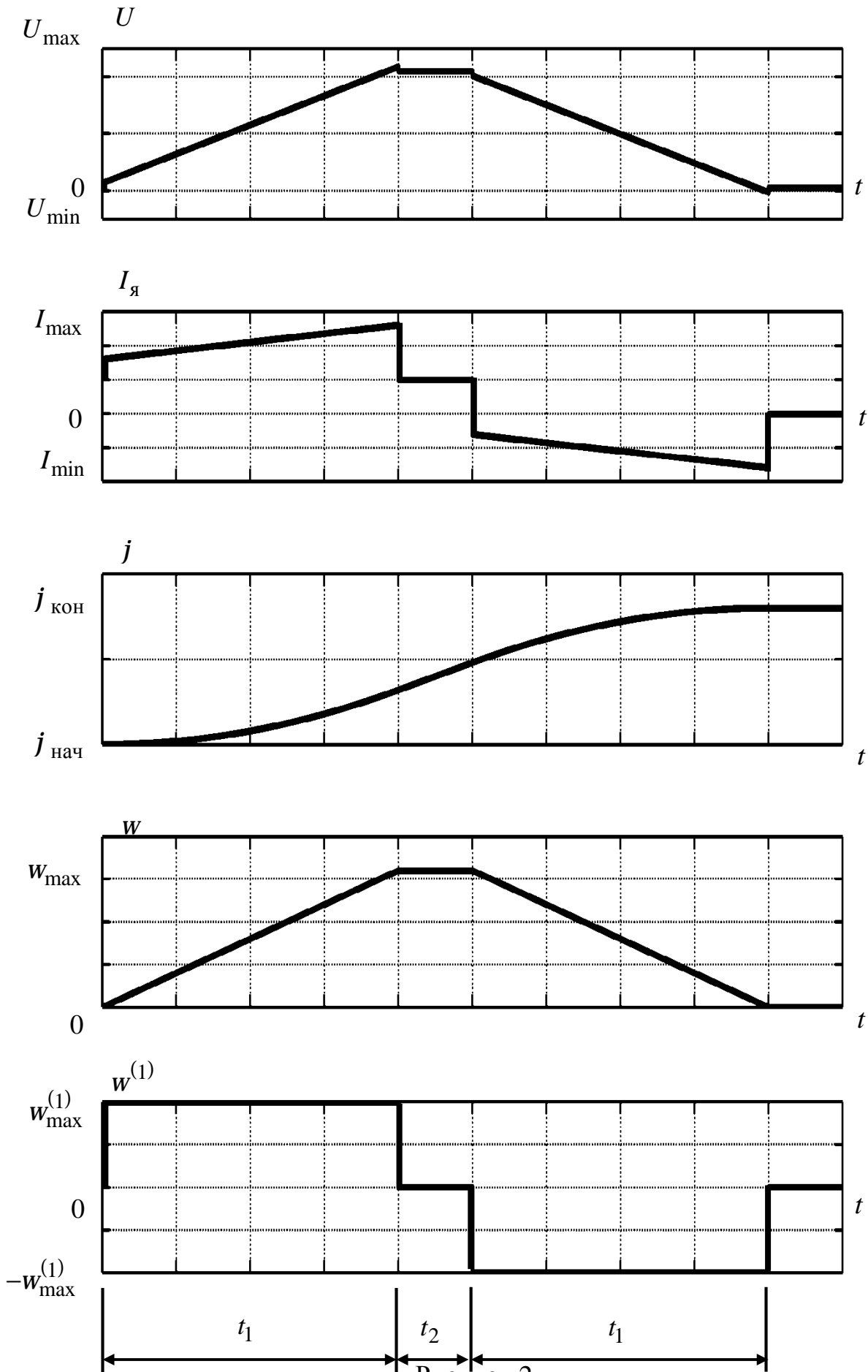


Рисунок 2

При реализации перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой с ограничением по скорости якорной цепью электропривода из сети потребляется электроэнергия

$$\begin{aligned}
 W = & \frac{C_e}{C_M} \cdot M_{c0} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) + \frac{C_e}{C_M} \cdot K_c w_{\text{доп}} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) - \\
 & - \frac{1}{3} \cdot \frac{C_e}{C_M} \cdot K_c w_{\text{доп}} \cdot \frac{w_{\text{доп}}^2}{w_{\text{max}}^{(1)}} + R_{\text{я}} \cdot \frac{M_{c0}^2}{C_M^2} \cdot \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{w_{\text{доп}}} + R_{\text{я}} \cdot \frac{M_{c0}^2}{C_M^2} \cdot \frac{w_{\text{доп}}}{w_{\text{max}}^{(1)}} + \\
 & + 2R_{\text{я}} \cdot \frac{M_{c0}}{C_M} \cdot \frac{K_c}{C_M} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) + R_{\text{я}} \cdot \frac{K_c^2}{C_M^2} \cdot w_{\text{доп}} \cdot (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) - \\
 & - \frac{1}{3} R_{\text{я}} \cdot \frac{K_c^2}{C_M^2} \cdot w_{\text{доп}}^2 \cdot \frac{w_{\text{доп}}}{w_{\text{max}}^{(1)}} + 2R_{\text{я}} \cdot \frac{J_2^2}{C_M^2} \cdot w_{\text{доп}} \cdot w_{\text{max}}^{(1)}. \tag{19}
 \end{aligned}$$

Оптимальная по быстродействию диаграмма перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, с ограничением по скорости справедлива при выполнении условия

$$j_{\text{гр}} \leq (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}). \tag{20}$$

Проведенные исследования показывают, что для электропривода с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, при уменьшении максимального значения первой производной угловой скорости исполнительного органа $w_{\text{max}}^{(1)}$ всегда увеличивается длительность цикла перемещения исполнительного органа электропривода $T_{\text{ц}}$. При этом количество электроэнергии, потребляемой якорной цепью из сети за цикл перемещения исполнительного органа электропривода, W уменьшается при уменьшении максимального значения первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода $w_{\text{max}}^{(1)}$ до

значения $w_{\max}^{(1)} \text{экстр}$. При дальнейшем уменьшении максимального значения первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода $w_{\max}^{(1)}$ количество электроэнергии, потребляемой якорной цепью из сети за цикл перемещения исполнительного органа электропривода, W увеличивается.

При равенстве максимального тока якорной цепи электродвигателя максимально допустимому значению $I_{\max} = I_{\text{доп}}$ максимально возможное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, равно

$$w_{\max}^{(1)} = \frac{C_M I_{\text{доп}} - M_{c0} - K_c w_{\text{доп}}}{J}, \quad (21)$$

а длительность цикла перемещения исполнительного органа электропривода имеет минимально возможное значение.

Таким образом, в зависимости от заданных величин перемещения и длительности цикла исполнительного органа электропривода, целесообразным два варианта реализации перемещения исполнительного органа электропривода с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени.

Вариант 1. Если выполняется условие

$$T_{\text{ц}} \geq 2 \cdot \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{w_{\text{доп}}}, \quad (22)$$

то для оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, без ограничения по скорости справедливы соотношения:

$$t_1 = \frac{1}{2} T_{\text{ц}}; \quad (23)$$

$$t_2 = 0; \quad (24)$$

$$W_{\max}^{(1)} = 4 \cdot \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{T_{\text{ц}}^2}. \quad (25)$$

Вариант 2. Если выполняется условие

$$T_{\text{ц}} \leq 2 \cdot \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{W_{\text{доп}}}, \quad (26)$$

то для оптимальной по быстродействию диаграммы перемещения исполнительного органа электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, с ограничением по скорости справедливы соотношения:

$$t_1 = T_{\text{ц}} - \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{W_{\text{доп}}}; \quad (27)$$

$$t_2 = 2 \cdot \frac{j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}}{W_{\text{доп}}} - T_{\text{ц}}; \quad (28)$$

$$W_{\max}^{(1)} = \frac{W_{\text{доп}}}{t_1}. \quad (29)$$

Для проведения численного эксперимента выбран электропривод постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, который имеет следующие параметры:

$C_e = 1,25 \frac{B \cdot c}{\text{рад}}$; $C_m = 1,25 B \cdot c$; $R_{\text{я}} = 5 \text{ Ом}$; $J = 0,05 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$. Допустимые зна-

чения напряжения, тока и угловой скорости исполнительного органа электропривода: $U_{\text{доп}} = 250 \text{ В}$; $I_{\text{доп}} = 8 \text{ А}$; $w_{\text{доп}} = 160 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$. При расчетах посто-

янный по величине момент сопротивления электропривода имел значение $M_{c0} = 1,25 \text{ Н} \cdot \text{м}$, коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа электропривода и моментом сопротивления,

зависящим от скорости, $K_c = 0,0078125 \frac{\text{Н} \cdot \text{м} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$. В соответствии с форму-

лой (21) максимально возможное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода $w_{\max \max}^{(1)} = 150 \frac{рад}{с^2}$. В соответствии с формулой (11) максимальное экстремальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа электропривода при $(j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) = 0 \text{ рад}$ равно $w_{\max \text{ экстр}}^{(1)} = 14,4338 \frac{рад}{с^2}$; при $(j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) = 100 \text{ рад}$ равно $w_{\max \text{ экстр}}^{(1)} = 9,90698 \frac{рад}{с^2}$; при $(j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}}) = 200 \text{ рад}$ равно $w_{\max \text{ экстр}}^{(1)} = 7,0998 \frac{рад}{с^2}$.

Для электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, который осуществляет перемещение своего исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой без ограничения по скорости, проведена серия численного эксперимента для определения зависимостей: длительности цикла перемещения исполнительного органа электропривода $T_{\text{ц}}$ от заданного перемещения $\Delta j = (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}})$; потребляемой якорной цепью электропривода электроэнергии W от заданного перемещения $\Delta j = (j_{\text{кон}} - j_{\text{нач}})$. При этом задание на перемещение Δj изменялось от нуля до $j_{\text{гр}}$. Максимальное значение первой производной угловой скорости исполнительного органа принималось равным:

$$w_{\max}^{(1)} = 150 \frac{рад}{с^2} \text{ (при этом } j_{\text{гр}} = 170 \frac{2}{3} \text{ рад)};$$

$$w_{\max}^{(1)} = 125 \frac{рад}{с^2} \text{ (при этом } j_{\text{гр}} = 204,8 \text{ рад)};$$

$$w_{\max}^{(1)} = 100 \frac{рад}{с^2} \text{ (при этом } j_{\text{гр}} = 256 \text{ рад)};$$

$$w_{\max}^{(1)} = 75 \frac{pad}{c^2} \text{ (при этом } j_{гр} = 341 \frac{1}{3} pad \text{)};$$

$$w_{\max}^{(1)} = 50 \frac{pad}{c^2} \text{ (при этом } j_{гр} = 512 pad \text{)};$$

$$w_{\max}^{(1)} = 40 \frac{pad}{c^2} \text{ (при этом } j_{гр} = 640 pad \text{)}.$$

Для электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, который осуществляет перемещение своего исполнительного органа в соответствии с оптимальной по быстродействию диаграммой с ограничением по скорости, исследуемые зависимости являются линейными, поэтому достаточно рассчитать параметры электропривода для еще одной точки.

На основании проведенного численного эксперимента на рисунках 3 и 4 построены зависимости длительности цикла перемещения исполнительного органа электропривода $T_{ц}$ и потребляемой якорной цепью электропривода электроэнергии W от заданного перемещения $\Delta j = (j_{кон} - j_{нач})$. На рисунках 3 и 4 кривые 1 получены при $w_{\max}^{(1)} = 150 \frac{pad}{c^2}$; кривые 2 получены при $w_{\max}^{(1)} = 125 \frac{pad}{c^2}$; кривые 3 получены при $w_{\max}^{(1)} = 100 \frac{pad}{c^2}$; кривые 4 получены при $w_{\max}^{(1)} = 75 \frac{pad}{c^2}$; кривые 5 получены при $w_{\max}^{(1)} = 50 \frac{pad}{c^2}$; кривые 6 получены при $w_{\max}^{(1)} = 40 \frac{pad}{c^2}$.

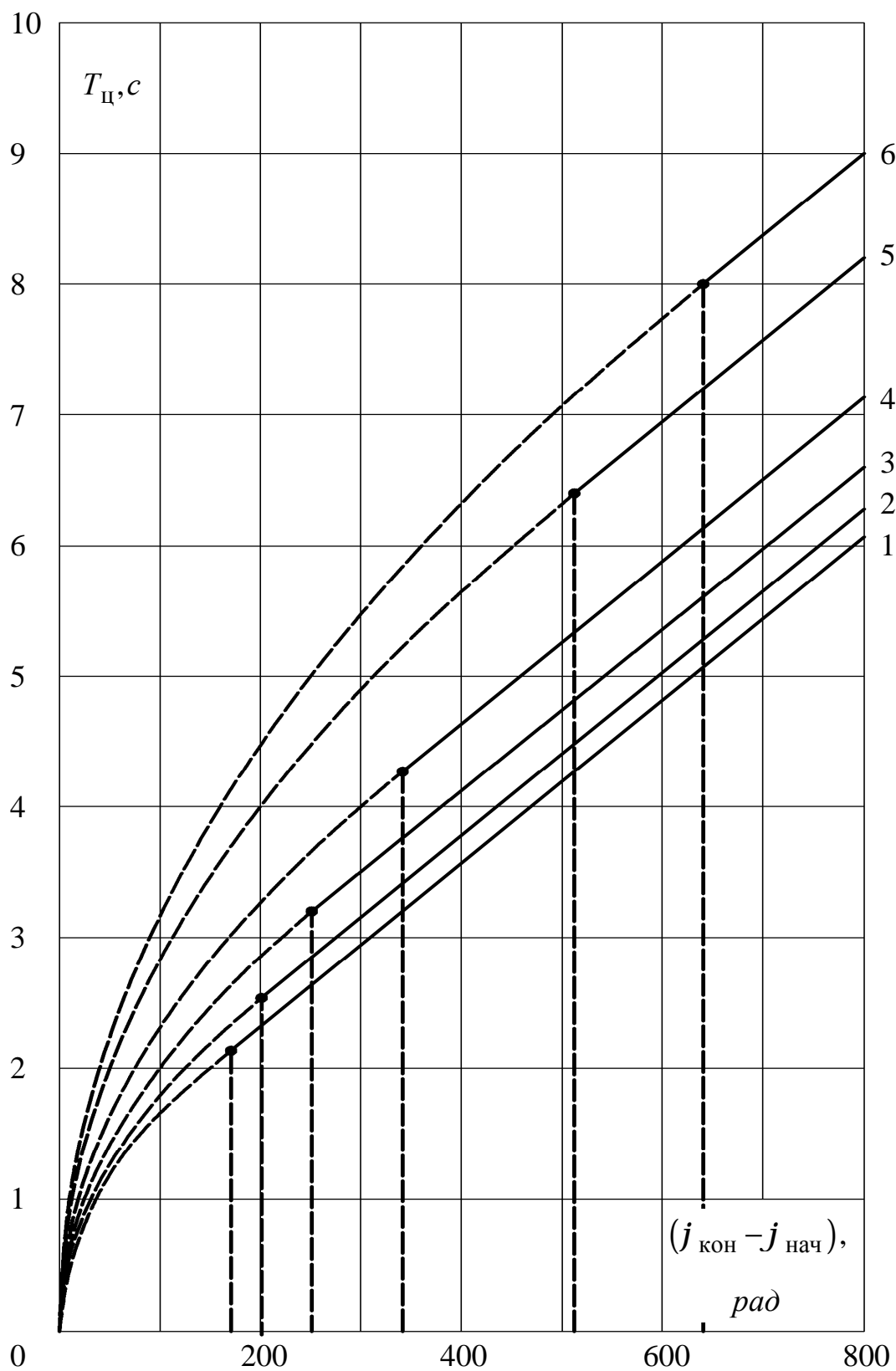


Рисунок 3

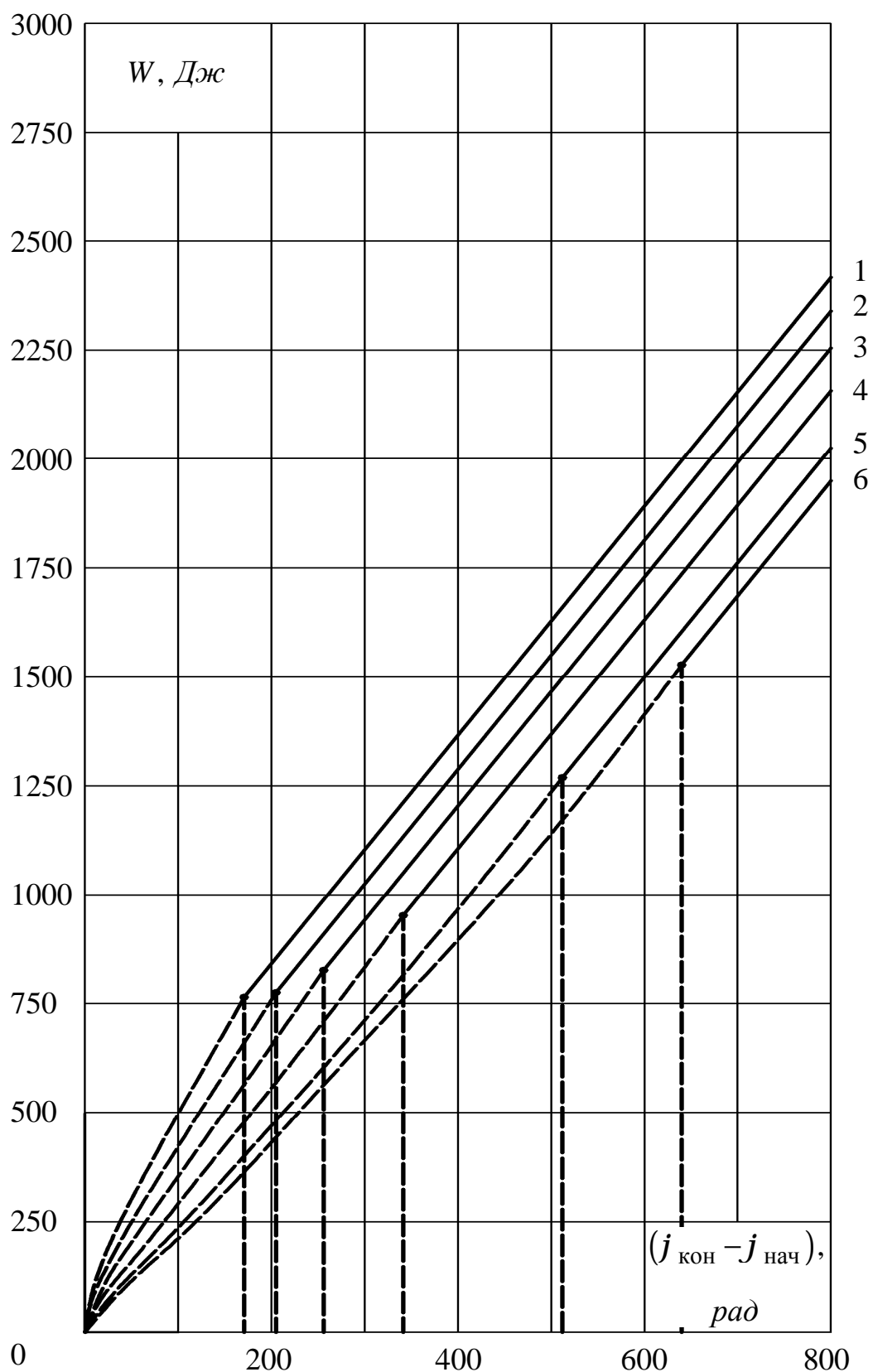


Рисунок 4

Выводы

При отработке заданных перемещений в соответствии с оптимальными диаграммами (для малых перемещений без ограничения по скорости и для больших перемещений с ограничением по скорости) позиционные электроприводы потребляют из сети большое количество электроэнергии. Предложено рационально управлять позиционным электроприводом постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, а именно: осуществлять перемещение исполнительного органа промышленного механизма не за минимально возможное время с большим потреблением из сети электроэнергии, а за заданное по технологии время с меньшим потреблением из сети электрической энергии.

Определены аналитические зависимости для электроэнергии, потребляемой якорной цепью электропривода, при перемещении его исполнительного органа по одной из оптимальных по быстродействию диаграмм.

Получена зависимость максимального экстремального значения первой производной угловой скорости электропривода постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим от скорости в виде полинома первой степени, от параметров электропривода, задания на перемещение и момента сопротивления (при максимальном экстремальном значении первой производной угловой скорости электропривод потребляет из сети минимальное количество электроэнергии).

Построены зависимости: длительности цикла от значения заданного перемещения (поворота) исполнительного органа электропривода; величины электроэнергии, потребляемой якорной цепью электропривода, за цикл перемещения от значения заданного перемещения (поворота) исполнительного органа электропривода.

Внедрение предлагаемого рационального управления позиционным электроприводом постоянного тока с моментом сопротивления, зависящим

от скорости в виде полинома первой степени, без дополнительных капитальных затрат приведет к энергосбережению.

Список литературы

1. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. – М.: Энергия, 1976. – 488 с.
2. Добробаба Ю.П. Электрический привод. Учеб. пособие /Кубан. гос. технол. ун-т. Краснодар: Изд-во ФГБОУ ВПО «КубГТУ», 2011. – 252 с.
3. Добробаба Ю.П. Разработка рационального управления позиционным электроприводом постоянного тока с постоянным моментом сопротивления / Ю.П. Добробаба, А.В. Кравченко // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2013. – №03(087). С. 613 – 629. – IDA [article ID]: 0871303049. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2013/03/pdf/49.pdf>, 1,062 у.п.л., импакт-фактор РИНЦ=0,577

References

1. Sokolov M.M. Avtomatizirovannyj jelektroprivod obshhepromyshlennyh mehanizmov. – M.: Jenergija, 1976. – 488 s).
2. Dobrobaba Ju.P.. Jelektricheskij privod. Ucheb. posobie /Kuban. gos. tehnol. un-t. Krasnodar: Izd-vo FGBOU VPO «KubGTU», 2011. – 252 s.
3. Dobrobaba Ju.P. Razrabotka racional'nogo upravlenija pozicionnym jelektroprivodom postojannogo toka s postojannym momentom soprotivlenija / Ju.P. Dobrobaba, A.V. Kravchenko // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2013. – №03(087). S. 613 – 629. – IDA [article ID]: 0871303049. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2013/03/pdf/49.pdf>, 1,062 u.p.l., impakt-faktor RINC=0,577