



УДК 62.83.52:62.503.56

ОПТИМАЛЬНОЕ ПО БЫСТРОДЕЙСТВИЮ УПРАВЛЕНИЕ СРЕДНИМИ ПЕРЕМЕЩЕНИЯМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА С ЗАВИСЯЩИМ ОТ СКОРОСТИ МОМЕНТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ

TIME-OPTIMAL CONTROL THE AVERAGE DISPLACEMENT OF THE EXECUTIVE BODY OF DC MOTOR WITH DEPENDENT FROM THE SPEED POINT OF RESISTANCE

Добробаба Юрий Петрович

кандидат технических наук, доцент,
профессор кафедры электроснабжения
промышленных предприятий,
Кубанский государственный технологический университет
itstimetoprivod@yahoo.com

Прохоренко Никита Ярославович

студент,
Кубанский государственный технологический университет
classyadvets@gmail.com

Кошкин Гордей Анатольевич

кандидат технических наук,
начальник цеха НКУ, ООО «Прогресс»

Аннотация. В статье рассмотрен электропривод постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления, управление средними перемещениями исполнительного органа которого осуществляются по оптимальной по быстродействию диаграмме.

Ключевые слова: электропривод; постоянный ток; перемещение; диаграмма перемещения; исполнительный орган.

Dobrobaba Yury Petrovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Professor of Department of
power supply industrial enterprises,
Kuban state technological university
itstimetoprivod@yahoo.com

Prokhorenko Nikita Yaroslavovich

Student,
Kuban state technological university
classyadvets@gmail.com

Koshkin Gordey Anatolyevich

Candidate of Technical Sciences,
Foreman NKU, LLC Progress

Annotation. The article deals with DC electric drive with speed-dependent torque resistance control of the average displacement of the Executive body of which are carried out at the optimal speed diagram.

Keywords: electric drives; direct current; displacement; chart movement; the executive body.

В работах [1–9] решены задачи оптимального по быстродействию управления малыми и не большими перемещениями исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления.

При решении задач управления малыми и небольшими перемещениями исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления, использована следующая математическая модель силовой части электропривода [1, 6]:

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

где U – напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, В; $I_{\text{я}}$ – ток якорной цепи электродвигателя, А; ω – угловая скорость исполнительного органа электропривода, $\frac{\text{рад}}{\text{с}}$; φ – угол поворота исполнительного органа электропривода, рад; $M_{\text{с0}}$ – постоянный по величине момент сопротивления электропривода, Н · м; K_c – коэффициент пропорциональности между скоростью и моментом сопротивления электропривода, Н · м · с/рад; C_e – коэффициент пропорциональности между угловой скоростью исполнительного органа электропривода и ЭДС электродвигателя, $\frac{\text{В} \cdot \text{с}}{\text{рад}}$; $R_{\text{я}}$ – сопротивление якорной цепи электродвигателя, Ом; $L_{\text{я}}$ – индуктивность якорной цепи электродвигателя, Гн; C_m – коэффициент пропорциональности между током и моментом электродвигателя, В · с; J – момент инерции электропривода, кг · м².

Малые перемещения в полном объеме описаны в монографии [5].



При небольших перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления используется ограничение по напряжению и максимальному значению тока. Оптимальная по быстродействию диаграмма при небольших перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления состоит из четырех этапов. На первом и четвертом этапах напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, равно максимально допустимому значению $U_{\text{доп}}$; на втором этапе ток якорной цепи электродвигателя равен максимальному допустимому значению $I_{\text{доп}}$; на третьем этапе напряжение равно максимально допустимому значению со знаком «минус» $-U_{\text{доп}}$.

В работе [7] представлена оптимальная по быстродействию первого вида диаграмма при больших перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления (характеристическое уравнение системы имеет два отрицательных неравных по величине корня и один нулевой корень). В работе [8] представлена оптимальная по быстродействию второго вида диаграмма при небольших перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления (характеристическое уравнение системы имеет два отрицательных равных по величине корня и один нулевой корень). В работе [9] представлена оптимальная по быстродействию третьего вида диаграмма при больших перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления (характеристическое уравнение системы имеет пару комплексных корней с отрицательной действительной частью и один нулевой корень).

Область существования приведенных диаграмм от первого граничного значения до второго граничного значения исполнительного органа электропривода. Для каждой диаграммы определены граничные значения. При дальнейшем увеличении задания по перемещению исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления необходимо переходить к диаграмме для средних перемещений.

Разработаны три вида оптимальных по быстродействию диаграмм при средних перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления.

Оптимальная по быстродействию диаграмма для средних перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления состоит из пяти этапов. На первом и пятом этапах напряжение, приложенное к якорной цепи электродвигателя, равно максимально допустимому значению $U_{\text{доп}}$; на втором этапе ток якорной цепи электродвигателя равен максимальному допустимому значению $I_{\text{доп}}$; на третьем этапе напряжение равно максимально допустимому значению со знаком «минус» $-U_{\text{доп}}$; на четвертом этапе ток якорной цепи электродвигателя равен максимальному допустимому значению со знаком «минус» $-I_{\text{доп}}$. Для трёх видов оптимальной по быстродействию диаграммы при средних перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления разработано математическое обеспечение для определения длительностей этапов перемещений.

Найдены области существования для трёх видов оптимальных по быстродействию диаграмм при средних перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления.

Применение данной диаграммы повысит быстродействие электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления и, как следствие, производительность промышленных механизмов.

Литература:

1. Добрабаба Ю.П. Оптимальное по быстродействию управление малыми перемещениями исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления / Ю.П. Добрабаба, Г.А. Кошкин, Н.Я. Прохоренко // Технические и технологические системы : Материалы восьмой международной научной конференции «ТТС-16» (24–26 ноября 2016 года); ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова; под общей редакцией Б.Х. Гайтова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2016. – С. 109–114.
2. Добрабаба Ю.П. Определение параметров оптимальной по быстродействию первого вида диаграммы для малых перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления [Электронный ресурс] / Ю.П. Добрабаба, Г.А. Кошкин, Н.Я. Прохоренко // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 12. – С. 84–97. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1221>
3. Добрабаба Ю.П. Определение параметров оптимальной по быстродействию второго вида диаграммы для малых перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления [Электронный ресурс] / Ю.П. Добрабаба, Г.А. Кошкин, Н.Я. Прохоренко // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 13. – С. 165–178. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1265>
4. Добрабаба Ю.П. Определение параметров оптимальной по быстродействию третьего вида диаграммы для малых перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости



моментом сопротивления [Электронный ресурс] / Ю.П. Добробаба, Г.А. Кошкин, Н.Я. Прохоренко // Научные труды КубГТУ. – 2016. – № 15. – С. 28–42. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1288>

5. Добробаба Ю.П. Разработка оптимальных по быстродействию диаграмм для малых перемещений исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления: монография / Ю.П. Добробаба, Г.А. Кошкин, Н.Я. Прохоренко; Кубан. гос. технол. ун-т. – Краснодар : Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2018. – 125 с.

6. Добробаба Ю.П. Оптимальное по быстродействию управление небольшими перемещениями исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления / Ю.П. Добробаба, Г.А. Кошкин, Н.Я. Прохоренко // Технические и технологические системы : Материалы девятой международной научной конференции «ТТС-17» (22–24 ноября 2017 года); ФГБОУ ВО «КубГТУ», КВВАУЛ им. А.К. Серова; под общей редакцией Б.Х. Гайтова. – Краснодар : Издательский Дом – Юг, 2017. – С. 153–156.

7. Добробаба Ю.П. Определение параметров оптимальной по быстродействию первого вида диаграммы при небольших перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления [Электронный ресурс] / Ю.П. Добробаба, Г.А. Кошкин, Н.Я. Прохоренко // Научные труды КубГТУ. – 2017. – № 4. – С. 60–70. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1597>

8. Добробаба Ю.П. Определение параметров оптимальной по быстродействию второго вида диаграммы при небольших перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления [Электронный ресурс] / Ю.П. Добробаба, Г.А. Кошкин, Н.Я. Прохоренко // Научные труды КубГТУ. – 2017. – № 9. – С. 69–79. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1854>

9. Добробаба Ю.П. Определение параметров оптимальной по быстродействию третьего вида диаграммы при небольших перемещениях исполнительного органа электропривода постоянного тока с зависящим от скорости моментом сопротивления [Электронный ресурс] / Ю.П. Добробаба, Г.А. Кошкин, Н.Я. Прохоренко // Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). – 2017. – № 3. – С. 289–295.

References:

1. Dobrobaba Yu.P. Management of small movements of executive body of the electric drive of a direct current, optimum on speed, with resistance moment depending on speed / Yu.P. Dobrobaba, G.A. Koshkin, N.Ya. Prokhorenko // Technical and technological systems : Materials of the eighth international scientific TTS-16 conference (on November 24–26, 2016); FGBOU VO «KUBGTU», KVVAUL of A.K. Serov; under the general editorial office B.H. Gaytov. – Krasnodar : Publishing house – South, 2016. – P. 109–114.

2. Dobrobaba Yu.P. Determination of parameters of the chart, optimum on speed of the first look, for small movements of executive body of the electric drive of a direct current with resistance moment depending on speed [An electronic resource] / Yu.P. Dobrobaba, G.A. Koshkin, N.Ya. Prokhorenko // Scientific works of KUBGTU. – 2016. – № 12. – P. 84–97. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1221>

3. Dobrobaba Yu.P. Determination of parameters of the chart, optimum on speed of the second look, for small movements of executive body of the electric drive of a direct current with resistance moment depending on speed [An electronic resource] / Yu.P. Dobrobaba, G.A. Koshkin, N.Ya. Prokhorenko // Scientific works of KUBGTU. – 2016. – № 13. – P. 165–178. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1265>

4. Dobrobaba Yu.P. Determination of parameters of the chart, optimum on speed of the third look, for small movements of executive body of the electric drive of a direct current with resistance moment depending on speed [An electronic resource] / Yu.P. Dobrobaba, G.A. Koshkin, N.Ya. Prokhorenko // Scientific works of KUBGTU. – 2016. – № 15. – P. 28–42. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1288>

5. Dobrobaba Yu.P. Development of charts, optimum on speed, for small movements of executive body of the electric drive of a direct current with resistance moment depending on speed: monograph / Yu.P. Dobrobaba, G.A. Koshkin, N.Ya. Prokhorenko; Kuban. state. tech. un-t. – Krasnodar : Prod. FGBOU VO «KUBGTU», 2018. – 125 p.

6. Dobrobaba Yu.P. Management of small movements of executive body of the electric drive of a direct current, optimum on speed, with resistance moment depending on speed / Yu.P. Dobrobaba, G.A. Koshkin, N.Ya. Prokhorenko // Technical and technological systems : Materials of the ninth international scientific TTS-17 conference (on November 22–24, 2017); FGBOU VO «KUBGTU», KVVAUL of A.K. Serov; under the general editorial office B.H. Gaytov. – Krasnodar : Publishing house – South, 2017. – P. 153–156.

7. Dobrobaba Yu.P. Determination of parameters of the chart, optimum on speed of the first view, at small movements of executive body of the electric drive of a direct current with resistance moment depending on speed [An electronic resource] / Yu.P. Dobrobaba, G.A. Koshkin, N.Ya. Prokhorenko // Scientific works of KUBGTU. – 2017. – № 4. – P. 60–70. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1597>

8. Dobrobaba Yu.P. Determination of parameters of the chart, optimum on speed of the second view, at small movements of executive body of the electric drive of a direct current with resistance moment depending on speed [An electronic resource] / Yu.P. Dobrobaba, G.A. Koshkin, N.Ya. Prokhorenko // Scientific works of KUBGTU. – 2017. – № 9. – P. 69–79. – URL : <http://ntk.kubstu.ru/file/1854>

9. Dobrobaba Yu.P. Determination of parameters of the chart, optimum on speed of the third view, at small movements of executive body of the electric drive of a direct current with resistance moment depending on speed [An electronic resource] / Yu.P. Dobrobaba, G.A. Koshkin, N.Ya. Prokhorenko // Science. Equipment. Technologies (polytechnical messenger). – 2017. – № 3. – P. 289–295.