

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ МАССЫ ПРОТИВОВЕСА
НА ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА
ПЕРЕМЕННОГО ТОКА ПРИ БОЛЬШИХ ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ
ЕГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО ОРГАНА**

Ю.П. ДОБРОБАБА, Т.С. ЖИВОДРОВ

*Кубанский государственный технологический университет,
350072, Российская Федерация, г. Краснодар, ул. Московская, 2;
электронная почта: tre-86@mail.ru*

В статье проведён анализ энергетических характеристик электропривода переменного тока подъёмнотранспортных механизмов. Управление асинхронным двигателем обеспечивается частотным преобразователем. Электропривод осуществляет подъём груза (при спуске груз отсутствует). Определены экстремальные значения массы противовеса, при которых достигается минимальное потребление электроэнергии за цикл.

Ключевые слова: электрический привод переменного тока, большие перемещения, масса противовеса, энергетические параметры.

В настоящее время двигатели переменного тока широко распространены во всех областях промышленности. Это связано с их выгодными техническими характеристиками и простотой конструкции. Достижения в области промышленной электроники позволили внедрить регулируемое управление асинхронными двигателями. Частотный преобразователь осуществляет векторное управление асинхронным двигателем, обеспечивая перемещение за минимальное возможное время. Для обеспечения минимального потребления электроэнергии в подъёмнотранспортных механизмах используется противовес, компенсирующий подъёмное оборудование и часть полезного груза. На сегодняшний день масса противовеса подбирается экспериментально: сравнивается потребление энергии при подъёме и спуске – в зависимости от результатов противовес увеличивается или уменьшается.

В данной статье авторами проведён анализ влияния массы противовеса на энергетические показатели электроприводов переменного тока. Рассмотрен случай в котором при движении вверх электропривод осуществляет подъём груза m_{cp} , а при движении вниз груз отсутствует.

Оптимальное управление электроприводом переменного тока при движении его исполнительного органа осуществляется по закону [1]

$$\omega_0(t) = Z\omega(t) + \frac{2}{3} \cdot \frac{\sqrt{R_1 R_2}}{M_{12}} \cdot \left[\frac{4}{9} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{(L_2 + M_2)^2}{M_{12}^2} + 1 \right]^{-0,5}. \quad (1)$$

В таком случае потребляемая из сети мощность определяется из зависимости [1]

$$P(t) = \frac{4}{3} \cdot \frac{\sqrt{R_1 R_2}}{Z M_{12}} \cdot \left[\frac{4}{9} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{(L_2 + M_2)^2}{M_{12}^2} + 1 \right]^{0,5} \cdot |M(t)| + M(t) \cdot \omega(t). \quad (2)$$

При больших перемещениях исполнительного органа электропривода разгон происходит до максимально допустимого значения скорости. Далее груз движется с установившейся скоростью. На следующем этапе электропривод тормозится до нуля, происходит выгрузка. Спуск исполнительного органа электропривода происходит в той же последовательности. Описанная диаграмма приведена на рисунке 1. На рисунке 1 приняты обозначения:

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

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

$\omega_{дон}$ – максимально допустимое значение угловой скорости исполнительного органа электропривода, $\frac{рад}{с}$;

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

t_3 – время загрузки, *с*;

t_1 – время разгона (торможения) исполнительного органа электропривода, *с*;

t_2 – время установившегося движения исполнительного органа электропривода, с;

$t_в$ – время выгрузки, с.

Разработанная диаграмма справедлива для случая, когда

$$(s_{кон} - s_{нач}) = \beta \cdot \frac{v_{дон}^2}{a_{дон}},$$

где $\beta \geq 1$.

При этом потреблённая энергия за цикл определяется по формуле:

$$W = gm_{зп} \cdot (s_{кон} - s_{нач}) + \frac{4}{3} \cdot \frac{\sqrt{R_1 R_2}}{ZM_{12}} \cdot \sqrt{\left[\frac{4}{9} \cdot \frac{R_1}{R_2} \cdot \frac{(L_2 + M_2)^2}{M_{12}^2} + 1 \right]} \cdot Rv_{дон} \cdot N, \quad (3)$$

где $N = \left| (m_0 + m_{зп} - m_{нр}) \cdot \frac{g}{a_{дон}} + \left(\frac{J_{\partial\epsilon}}{R^2} + m_0 + m_{зп} + m_{нр} \right) \right| +$
 $\left| (m_0 + m_{зп} - m_{нр}) \cdot \frac{g}{a_{дон}} \cdot (\beta - 1) \right| +$
 $\left| (m_0 + m_{зп} - m_{нр}) \cdot \frac{g}{a_{дон}} - \left(\frac{J_{\partial\epsilon}}{R^2} + m_0 + m_{зп} + m_{нр} \right) \right| +$
 $\left| (m_0 - m_{нр}) \cdot \frac{g}{a_{дон}} - \left(\frac{J_{\partial\epsilon}}{R^2} + m_0 + m_{нр} \right) \right| +$
 $\left| (m_0 - m_{нр}) \cdot \frac{g}{a_{дон}} \cdot (\beta - 1) \right| +$
 $\left| (m_0 - m_{нр}) \cdot \frac{g}{a_{дон}} + \left(\frac{J_{\partial\epsilon}}{R^2} + m_0 + m_{нр} \right) \right|.$

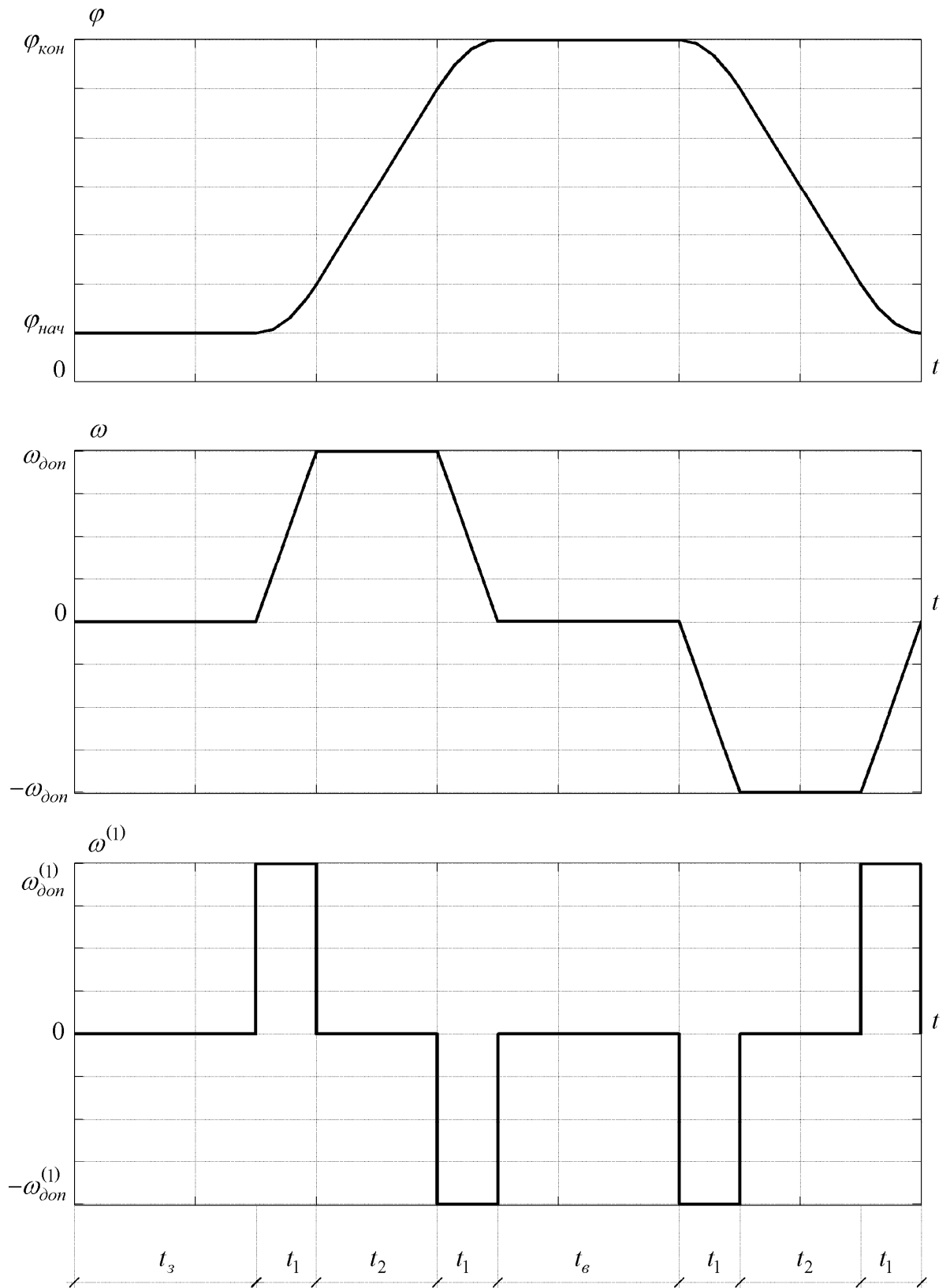


Рисунок 1

По результатам анализа зависимости (3) определено экстремальное значение массы противовеса $m_{пр.экстр}$. Как видно из формулы минимальное потребление электроэнергии из сети за цикл достигается когда коэффициент N имеет минимальное значение. В зависимости от ускорения возможны следующие варианты нахождения $m_{пр.экстр}$.

Если $a_{дон} \leq a_{дон.кр2}$, то

$$m_{пр.экстр1} \leq m_{пр.экстр} \leq m_{пр.экстр2}, \quad (4)$$

где
$$a_{дон.кр2} = \frac{\left(2m_0 + m_{зр} + \frac{J_{\partial\delta}}{R^2}\right) - \sqrt{\left(2m_0 + m_{зр} + \frac{J_{\partial\delta}}{R^2}\right)^2 - m_{зр}^2}}{m_{зр}} \cdot g;$$

$$m_{пр.экстр1} = m_0 \cdot \frac{g + a_{дон}}{g - a_{дон}} + \frac{J_{\partial\delta}}{R^2} \cdot \frac{a_{дон}}{g - a_{дон}};$$

$$m_{пр.экстр2} = (m_0 + m_{зр}) \cdot \frac{g - a_{дон}}{g + a_{дон}} - \frac{J_{\partial\delta}}{R^2} \cdot \frac{a_{дон}}{g + a_{дон}}.$$

Как следует из условий (4), экстремальное значение массы противовеса может принимать любое значение от $m_{пр.экстр1}$ до $m_{пр.экстр2}$. При этом электроэнергия, потребляемая из сети, остаётся минимальной и неизменной.

Если $a_{дон.кр2} \leq a_{дон} \leq a_{дон.кр1}$, то

$$m_{пр.экстр} = m_{пр.экстр2}, \quad (5)$$

где
$$a_{дон.кр1} = \frac{m_{зр}}{2m_0 + m_{зр} + \frac{J_{\partial\delta}}{R^2}} \cdot g.$$

При дальнейшем увеличении значения $a_{дон}$ необходимо определять

значение
$$a_{дон.пер} = \frac{1}{2} \cdot \left((s_{кон} - s_{нач}) \cdot \frac{a_{дон}}{v_{дон}^2} - 1 \right) \cdot g.$$

Если $a_{дон.пер} = a_{дон.кр1}$ (рисунок 2а), то:

при $a_{дон.кр1} \leq a_{дон} \leq a_{дон*}$ критическая масса противовеса равна

$$m_{пр.экстр} = m_{пр.экстр2};$$

(6)

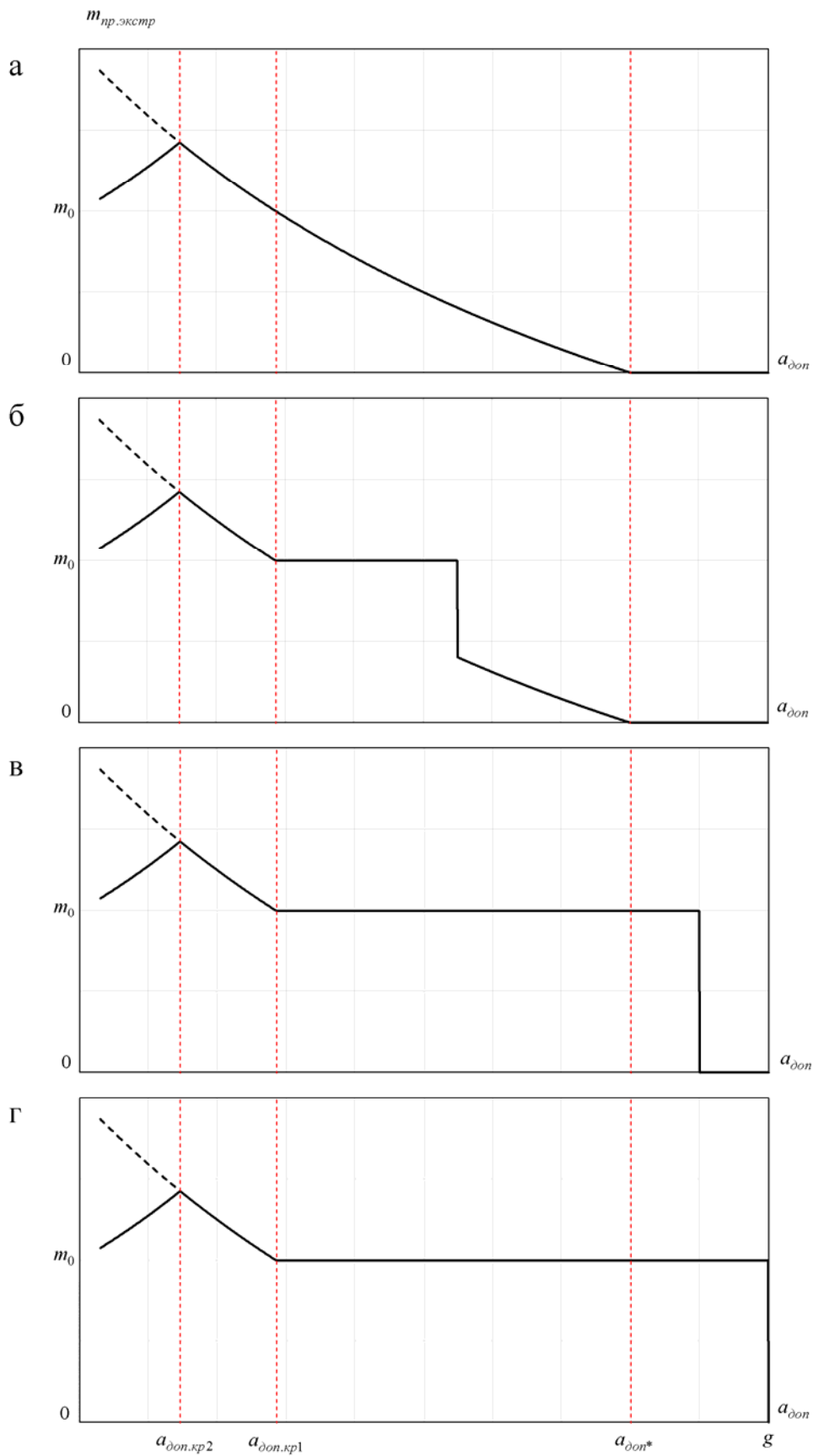


Рисунок 2

при $a_{дон*} \leq a_{дон} \leq g$ критическая масса противовеса равна

$$m_{пр.экстр} = 0, \tag{7}$$

где
$$a_{дон*} = \frac{m_0 + m_{зр}}{m_0 + m_{зр} + \frac{J_{дв}}{R^2}} \cdot g.$$

Если $a_{дон.кр1} \leq a_{дон.пер} \leq a_{дон*}$ (рисунок 2б), то:

при $a_{дон.кр1} \leq a_{дон} \leq a_{дон.пер}$ критическая масса противовеса равна

$$m_{пр.экстр} = m_0; \tag{8}$$

при $a_{дон.пер} \leq a_{дон} \leq a_{дон*}$ критическая масса противовеса равна

$$m_{пр.экстр} = m_{пр.экстр2}; \tag{9}$$

при $a_{дон*} \leq a_{дон} \leq g$ критическая масса противовеса равна

$$m_{пр.экстр} = 0. \tag{10}$$

Если $a_{дон*} \leq a_{дон.пер} \leq g$ (рисунок 2в), то:

при $a_{дон.кр1} \leq a_{дон} \leq a_{дон.пер}$ критическая масса противовеса равна

$$m_{пр.экстр} = m_0; \tag{11}$$

при $a_{дон.пер} \leq a_{дон} \leq g$ критическая масса противовеса равна

$$m_{пр.экстр} = 0. \tag{12}$$

Если $a_{дон.пер} = g$ (рисунок 2г), то:

при $a_{дон.кр1} \leq a_{дон} \leq g$ критическая масса противовеса равна

$$m_{пр.экстр} = m_0. \tag{13}$$

Выводы

Приведена диаграмма для больших перемещений исполнительного органа электропривода переменного тока двухконцевой лебёдки. Выведена зависимость, определяющая электроэнергию, потребляемую электроприводом из сети за цикл. Найдены аналитические зависимости экстремального

значения массы противовеса от параметров силовой части электропривода, допустимого ускорения исполнительного органа электропривода и величины перемещения исполнительного органа электропривода. Построены зависимости экстремального значения массы противовеса в относительных единицах от максимального допустимого ускорения исполнительного органа электропривода в относительных единицах для различных значений перемещения.

Выбор массы противовеса в соответствии с приведёнными в статье зависимостями позволит существенно снизить потребление электроэнергии при использовании электроприводов переменного тока механизмов циклического действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Добробаба Ю.П., Шаповало А.А., Барандыч Вик. Ю. Управление электроприводом с асинхронным двигателем и частотным преобразователем по минимуму потерь мощности в обмотках статора и ротора. Изв. ВУЗов “Пищевая технология”, 2009, №2-3, с.90-92.

REFERENCES

1 . Dobrobaba Yu.P. Shapovalov A.A. Barandych Vick. Yu. Izv. VUZov “Pishhevaya tehnologija”, 2009, No. 2-3, page 90-92.

ANALYSIS OF INFLUENCE COUNTERWEIGHT ON THE ENERGY CHARACTERISTICS OF ALTERNATING CURRENT ELECTRIC DRIVES UNDER LARGE DISPLACEMENTS ITS EXECUTIVE BODY

Y.P. DOBROBABA, T.S. ZHIVODROV

*Kuban State Technological University,
2, Moskovskaya st., Krasnodar, Russian Federation, 350072;
e-mail: tre-86@mail.ru*

The paper analyzes energy characteristics of alternating current Motors podemnotransportnyh mechanisms. Induction motor control inverter performs. The drive performs the lifting (downhill load missing). Defined by extreme values of the mass of the counterweight that achieves minimum power consumption per cycle.

Keywords: electric AC drive, large displacement, the mass of the counterweight, the energy parameters.