

УДК 621.313.62-83.681-5

Е.К. Ещин

УПРАВЛЕНИЕ ДВИЖЕНИЕМ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ГОРНОЙ МАШИНЫ

Горные машины, например, очистные и проходческие комбайны, в электроприводах которых используются асинхронные электродвигатели (АД), при работе разрушают горный массив, формируя нагрузку исполнительного органа (ИО), механического передаточного устройства (МПУ, редуктора) и приводного электродвигателя. Часто говорят, что такие системы электроприводов замкнуты по нагрузке.

Рабочий процесс электроприводов этих машин – последовательность двух основных режимов работы:

- на упор, когда активные элементы (например, резцы) исполнительного органа (ИО) деформируют участки горного массива до момента их разрушения;

- устранения с траектории движения исполнительного органа разрушенных участков горного массива.

Результат такого режима работы известен как резко переменный характер нагружения исполнительного органа, механического передаточного устройства и изменяющийся по амплитуде во времени электромагнитный момент АД. Отсюда множество известных зафиксированных проблем эксплуатации такого рода электроприводов и предлагаемых путей их решения. Из последних, например, [0].

Один из них – использование регулируемого электропривода для управления технологическим процессом горной машины с одновременным улучшением динамического состояния всей системы электропривода.

Так как состояние электропривода в большинстве случаев описывается совокупностью уравнений движения (дифференциальных уравнений), то естественно назвать нашу задачу - управление движением АД.

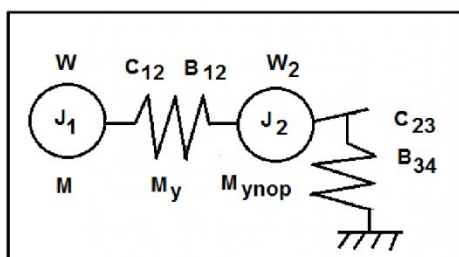


Рисунок 1 Расчетная схема электропривода при разрушении горного массива

В первом приближении упрощенная расчетная схема электропривода может выглядеть для одного активного элемента (например, зубца) исполнительного ор-

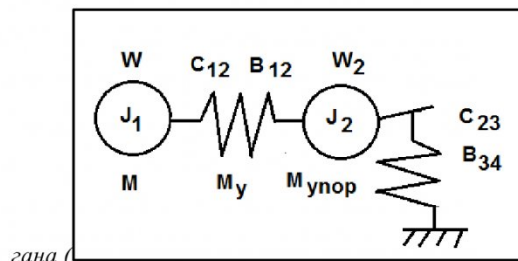


Рисунок 1) с соответствующим математическим описанием по (1):

$$\begin{cases} \dot{M}_y = c_{12}(\omega - \omega_2) + b_{12}(\dot{\omega} - \dot{\omega}_2), \\ \dot{\omega}_2 = J_2^{-1}(M_y - M_{yupor}), \\ \dot{M}_{yupor} = c_{23}\omega_2 + b_{34}\dot{\omega}_2. \end{cases} \quad (1)$$

где: M – электромагнитный момент АД; M_y – момент сил упругости в механическом передаточном устройстве (редукторе); M_{yupor} – разрушающий момент; c_{12}, c_{23} – приведенные жесткости МПУ и деформируемого участка горного массива; b_{12}, b_{34} – коэффициенты рассеяния в соответствующих участках расчетной схемы; ω, ω_2 – угловые скорости вращения ротора АД и исполнительного органа; J_1, J_2 – момент инерции ротора АД и приведенный момент инерции ИО.

Для n – активных элементов математическая модель (1) трансформируется к виду (2)

$$\begin{cases} \dot{M}_y = c_{12}(\omega - \omega_2) + b_{12}(\dot{\omega} - \dot{\omega}_2), \\ \dot{\omega}_2 = J_2^{-1}(M_y - M_{yupor}), \\ \dot{M}_{yupor} = \sum_{i=1}^n (c_{23}^i \omega_2 + b_{34}^i \dot{\omega}_2). \end{cases} \quad (2)$$

где параметры с индексами i определяют индивидуальные условия формирования нагрузок на каждом активном элементе ИО. В этой работе назначим $n=1$.

Модель (1) в среде MatLab и результаты расчетной практики для нерегулируемого варианта электропривода приведены на **Ошибка! Источник ссылки не найден., Ошибка! Источник ссылки не найден.** из которых виден результат формирования нагрузки на ИО и электродвигателе. Можно отметить, что АД находится за резом-

нансной зоной своей амплитудно-частотной характеристики. Естественно, что пульсации электромагнитного момента отстают по фазе от пульсаций нагрузки ИО на некоторый угол.

В [0,0] было зафиксировано, что управление состоянием АД сопровождается сохранением величины абсолютного скольжения АД на постоянном уровне, т.е. $\beta = \alpha - \alpha_p = const$, где β – абсолютное скольжение, α – относительная частота вращения электромагнитного поля статора, α_p – относительная угловая скорость вращения ротора АД.

В силу малости β по сравнению с α и α_p в [0] было предложено заменить линейную связь $\alpha = \alpha_p + \beta$ на также линейную $\alpha = K\alpha_p$ в области рабочих значений параметров - α и α_p . Была выполнена *схемотехническая* [1] реализация линей-

ной связи $\alpha = K\alpha_p$ для управления движением электропривода скребкового конвейера, имеющего в своей структуре существенную нелинейность – зависимость силы трения скольжения от скорости. Управление движением было реализовано при помощи электропривода на базе преобразователь частоты - асинхронный электродвигатель и показало положительные результаты.

К настоящему времени существенно изменилась элементная база построения преобразовательных устройств энергопитания электрических машин, а также идеология построения систем управления электроприводами, которая «сместилась» из сферы схемотехнической в сферу разработки программного обеспечения системы управления электроприводом.

В этой связи актуально оценить возможности управления движением электропривода, постро-

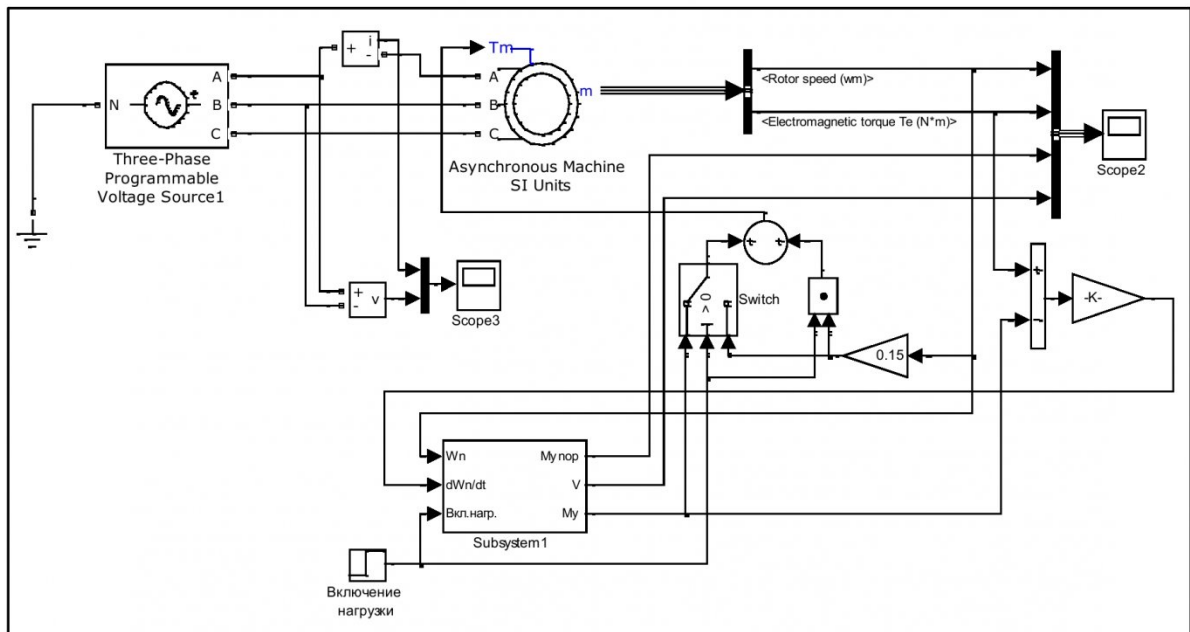


Рисунок 2 Модель по (1) в MatLab (SimPowerSystem, SimuLink) с неуправляемым вариантом электропривода

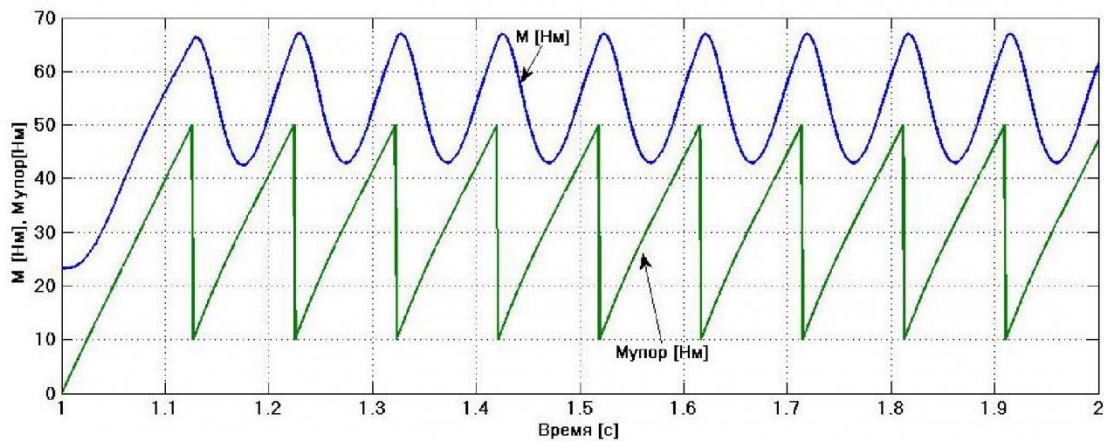


Рисунок 3 Формирование нагрузки на исполнительном органе и электромагнитного момента АД (Разрушение массива сопровождается формированием $M_{упор}$ пилообразной формы (процесс скалывания) с частотой 10 Гц)

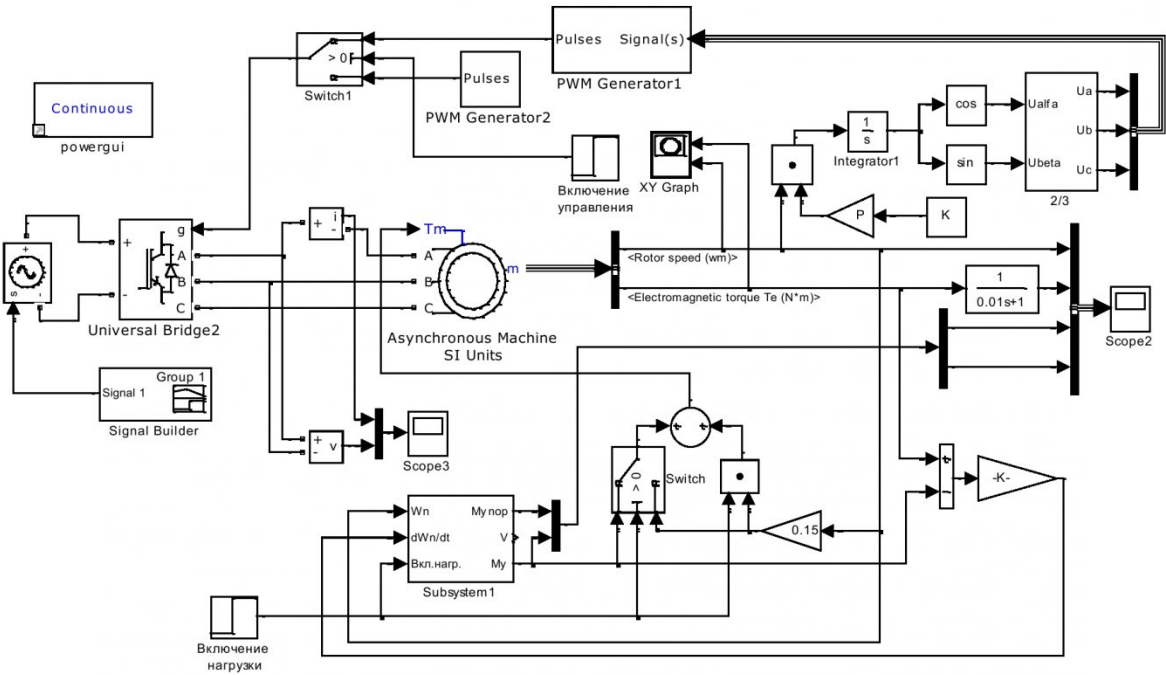


Рисунок 4 Модель в MatLab (SimPowerSystem, SimuLink) с управляемым вариантом электропривода

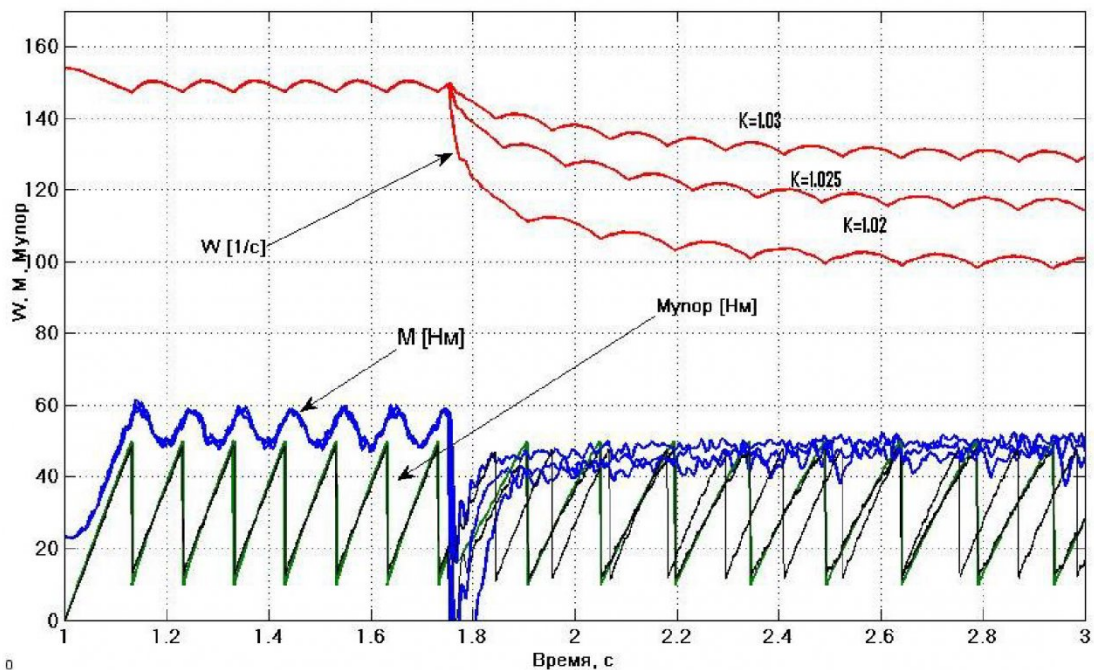


Рисунок 5 Управление движением электропривода изменением K в цепи положительной обратной связи ($\alpha=K\alpha_p$) по скорости.

енного на современной элементной основе с возможностью реализации управления по двум раздельным каналам управления - амплитуды питающего напряжения АД и величины коэффициента K в $\alpha=K\alpha_p$. Дополнительное условие – режим работы по (1). Понятно, что в отличие от схемотехнического варианта в [1,0] K возможно полагать, в том числе, непрерывной функцией фазовых

координат.

В этом случае будем иметь систему управления с «двойной» обратной связью. Первая – положительная обратная связь по скорости ($\alpha=K\alpha_p$) для управления внутренней динамикой АД, вторая реализует ($\alpha = K(U_s, \Psi_s, \Psi_R)\alpha_p$) для управления технологическим движением объекта. Реализация такого вида структуры при помощи MatLab

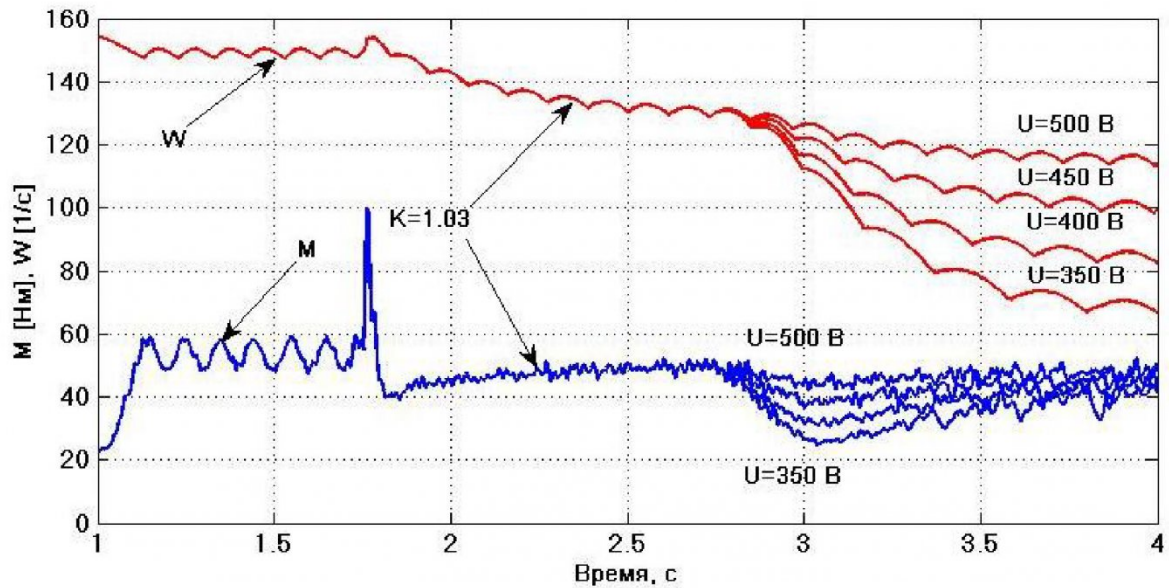


Рисунок 6 Управление движением электропривода изменением амплитуды питающего напряжения при наличии положительной обратной связи ($\alpha=K\alpha_p$) по скорости.

приведена на **Ошибка! Источник ссылки не найден.**

Рисунок 5 показывает результаты подавления колебаний электромагнитного момента АД при различных заданиях коэффициента K . Видно, что изменение коэффициента обеспечивает изменение технологической скорости АД. Естественно, при этом изменяется частота пульсаций нагрузки ($M_{унор}$) исполнительного органа (частота сколов).

Вариант управления технологической скоростью при изменении амплитуды питающего напряжения приведен на рис. 6. Последовательный переход на управление скоростью движения АД происходит после включения положительной обратной связи по скорости ($t=1.75$ с), затем ($t=2.75$ с) изменяется амплитуда питающего

напряжения АД.

Таким образом, управление движением АД электроприводов горных машин, обладающих внутренними обратными связями по нагрузке возможно эффективно реализовать на основе введения положительной обратной связи по скорости вращения ротора АД в канал формирования угловой скорости вращения электромагнитного поля статора. При этом формирование технологической скорости электропривода возможно производить: изменением амплитуды питающего напряжения АД; изменением коэффициента обратной связи в $\alpha=K\alpha_p$; совместным изменением амплитуды питающего напряжения АД и коэффициента обратной связи в $\alpha=K\alpha_p$.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для регулирования частоты скольжения асинхронного электродвигателя [Текст]: // А.с. СССР, N 02 Р 7/42(СССР). -N2692727/24-07 / П. Д. Гаврилов, Е. К. Ещин, В. А. Грасс, Г. И. Ивонин, П. И. Манохин, В. И. Янцен; Заявлено 06/12/78; Опубл. 25/07/80, Бюл. N43.
2. Ещин Е.К. Исследование условий эффективного использования частотно-управляемого электропривода забойных машин с целью улучшения их динамики. Дисс...канд. техн. наук, 1975.
3. Ещин Е.К. О взаимности задач управления состоянием асинхронного электродвигателя / Вестник КузГТУ, 2014. №2 С.107-110.
4. Семькина, И.Ю. Повышение энерго- и ресурсоэффективности горных машин средствами регулируемого электропривода. [Текст]: автореф. дис... докт. техн.наук / И.Ю.Семькина. – Томск: НИ ТПУ – 2013. -40 с.

□ Автор статьи

Ещин
Евгений Константинович,
докт.техн.наук,
проф.каф.прикладных информаци-
онных технологий КузГТУ,
email: eke@kuzstu.ru