ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ И СИСТЕМЫ

УДК 621.313.62-83.681-5

Е.К. Ещин

РАСЧЕТНАЯ ПРАКТИКА ПРИ ЧАСТОТНОМ УПРАВЛЕНИИ АСИНХРОННЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ГОРНОЙ МАШИНЫ

Реализация упрощенного варианта частотного управления [1-3] движением асинхронного электродвигателя (АД), основанного на замене линейной связи $\alpha = \alpha_p + \beta$ (при β=*const*) связью также линейной $-\alpha = k\alpha_p$, но проходящей через начало координат плоскости с координатами α, α_p обеспечивает наличие положительной обратной связи по скорости (здесь: α – относительная частота питающего напряжения АД; α_p – относительная угловая скорость вращения ротора АД; β – абсолютное скольжение АД).

Понятно, что в динамических режимах нагружения АД, например, при работе с резко переменной нагрузкой обеспечить следование амплитуды питающего напряжения γ за изменением частоты α – невозможно из-за инерционных свойств преобразовательного устройства (γ – относительное значение амплитуды питающего напряжения).

При относительно малых изменениях момента сопротивления на валу АД инерционность канала управления амплитудой питающего напряжения даже полезна, т.к. при увеличении момента сопротивления и соответствующем уменьшении угловой скорости вращения ротора увеличение отношения $\gamma/\alpha = \gamma/k\alpha_p$ вызовет увеличение электромагнитного момента АД и уменьшение отрицательной величины динамического момента, что будет способствовать устойчивости системы электропривода. При уменьшении момента сопротивления на валу АД, наоборот, будет происходить уменьшение положительной величины возникающего динамического момента.

Во всех динамических режимах работы АД будет наблюдаться изменение отношения $\gamma/k\alpha_p$. Изменение нагрузки меняет α_p, технологические требования изменяют γ, поскольку даже при неизменном моменте сопротивления на валу АД, например, увеличение γ, влечет за собой увеличение электромагнитного момента АД и увеличение его скорости.

Во всех случаях изменение отношения $\gamma/k\alpha_p$ меняет величину магнитного потока АД. Это означает, что, во-первых, возникает проблема обеспечения достоверности получаемых результатов в расчетной практике в связи с возможным насыщением магнитной цепи АД, во-вторых, возникает задача оценки возможности обеспечения (сохранения) магнитного потока АД на заданном уровне за счет коррекции коэффициента k в $\gamma/k\alpha_p$.

Таблица . Параметры кривой намагничивания АД

i_0	14.06	27.81	53.79	72.69	97.98	148.68	215.74	302.98	420.48
U	230	322	414	460	506	552	598	644	690

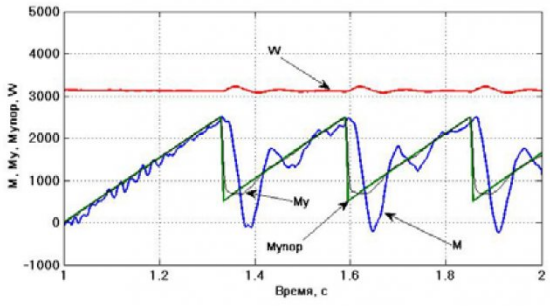

*Рис.1 Характер нагружения АД в электроприводе. Здесь W – угловая скорость ротора АД (W=ω*20); M –электромагнитный момент АД; My – момент в механическом передаточном устройстве (редукторе); Mупор – момент сопротивления на исполнительном органе.*

Для расчетов был взят АД производства ABB Group мощностью 500 кVA с параметрами: *Un*= 400 V; *fn*=50 Hz; *Rs*=0.005361 Ohm; *Ls*=6.497e-05 H; *Rr*=0.01284 Ohm; *Lr*=6.497e-05 H; *J*=5 kg.m^2; *p*=2. Параметры кривой намагничивания – в табл. 1. Сама кривая намагничивания с достаточной для практики точностью описывается полиномом:

$$U = 154.9031597 + 6.6274490 \cdot i_0 + \\ + 0.0409253 \cdot i_0^{\,2} + 0.0001154 \cdot i_0^{\,3} + 0.0000001 \cdot i_0^{\,4}$$

Сравнительные результаты расчетов режима работы АД с пульсирующей нагрузкой по рис.1

Рис без учета насыщения магнитной цепи и с учетом приведены ниже (рис. 2, 3).

Сравнение результатов расчетов режимов с учетом и без учета насыщения магнитной цепи

АД в режиме формирования частоты тока статора по $\alpha = k\alpha_p$ без изменения напряжения γ показывают, что учет насыщения – обязателен.

Расчеты без учета насыщения могут привести к искажению результатов формирования нагрузки на исполнительном органе горной машины и ошибочным результатам оценки значений электромагнитного момента АД (рис.2 – см. время после 2 с.).

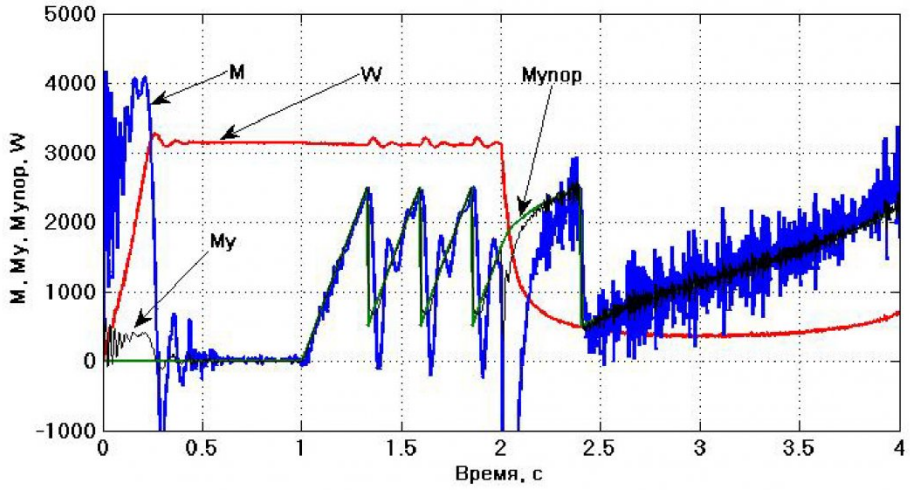

Рис. 2 Результаты расчета управляемого режима работы АД без учета насыщения магнитной цепи. Подача нагрузки в момент времени 1 с. Включение управления – 2 с.

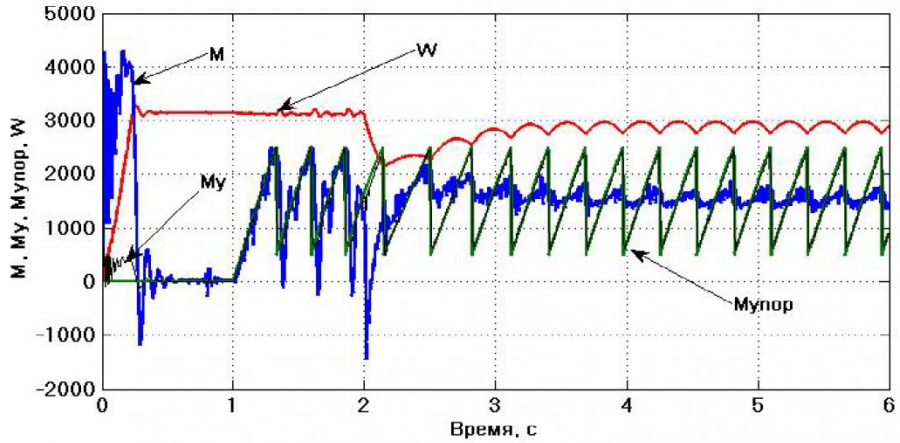

Рис. 3 Результаты расчета управляемого режима работы АД с учетом насыщения магнитной цепи. Подача нагрузки в момент времени 1 с. Включение управления – 2 с.

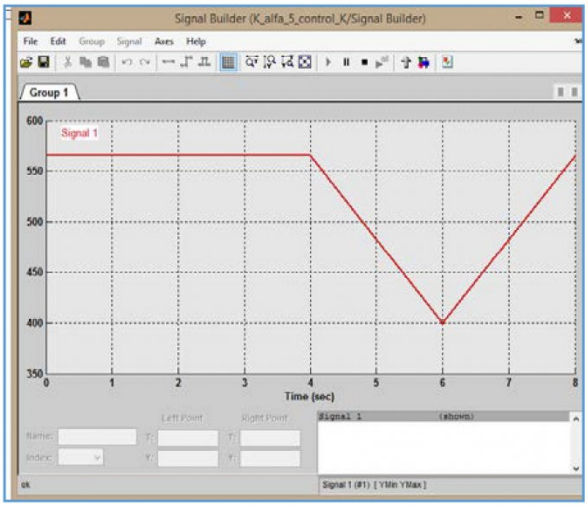

Рис. 4 Задаваемое изменение величины амплитуды питающего напряжения АД

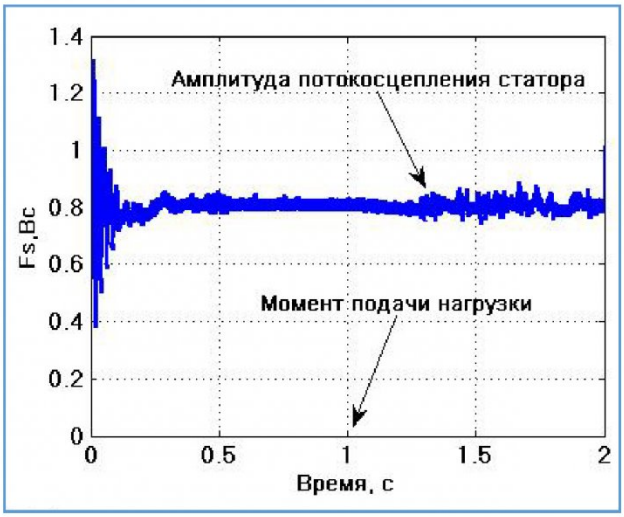

Рис.5 Изменение магнитного потока АД в неуправляемом режиме работы

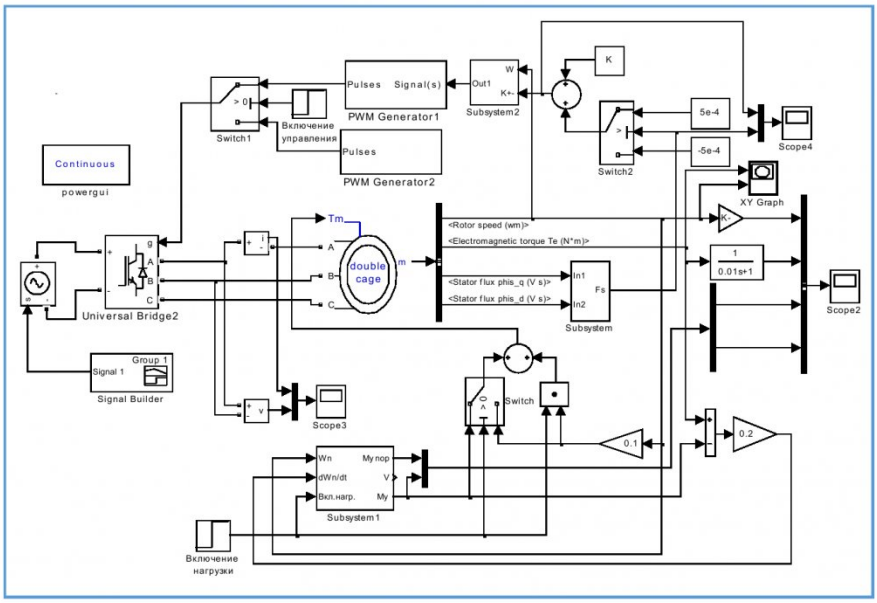

Рис.6 Simulink - *модель ограничения магнитного потока АД коррекцией значения* k *в* $\alpha = k\alpha_p$

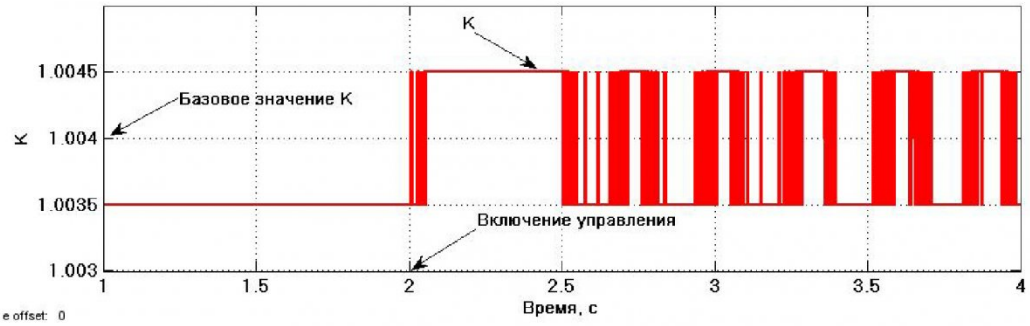

Рис.7 Дискретные изменения коэффициента k в $\alpha = k\alpha_p$ *при управлении потоком намагничивания*

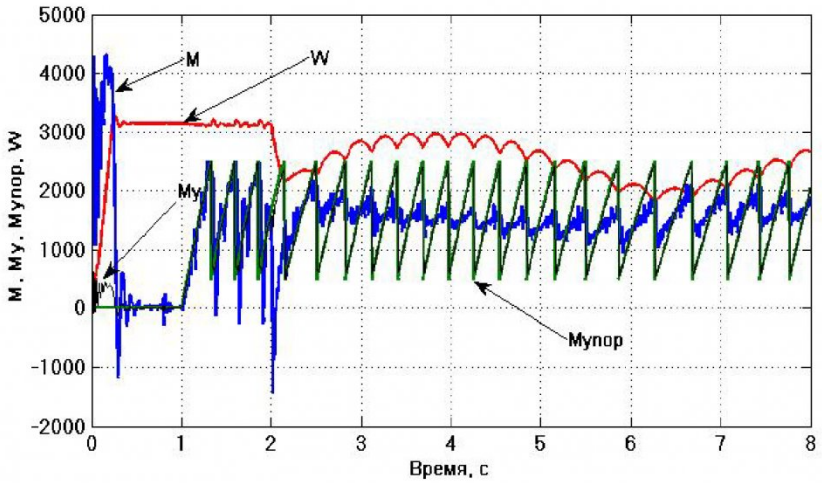

Рис. 8 Характеристики реализации связи $\alpha = k\alpha_p$ *при изменении амплитуды питающего напряжения по рис.5*

Эти результаты показывают необходимость контроля за величиной магнитного потока АД и определяют в этой связи необходимость определения возможности влияния на величину магнитного потока изменением значения коэффициента k в $\alpha = k\alpha_p$.

Следует отметить, что в неуправляемом режиме работы величина магнитного потока АД находится в допустимом диапазоне изменения (рис.5).

Контроль за величиной магнитного потока АД возможно осуществлять различными способами.

Структура модели в Matlab Simulink, реализующая один из возможных вариантов такой работы – рис.6 . В модели предусмотрен режим работы с изменением амплитуды питающего напряжения в соответствии с рис.4.

Можно также показать, что величину k возможно считать управляющим воздействием и при управлении, например, величиной электромагнитного момента формировать его значение по правилу:

$$k = 1 + R_r \frac{(M_z + M)}{3p^2 \omega \Psi_r^2}$$

Соответствующий графический фрагмент –рис.9.

Таким образом, реализация структуры управляющего устройства при частотном варианте управления АД на основе использования линейной связи между задаваемой частотой тока статора и угловой частотой вращения ротора ($\alpha = k\alpha_p$)в расчетной практике определяет обязательный учет насыщения магнитной цепи АД.

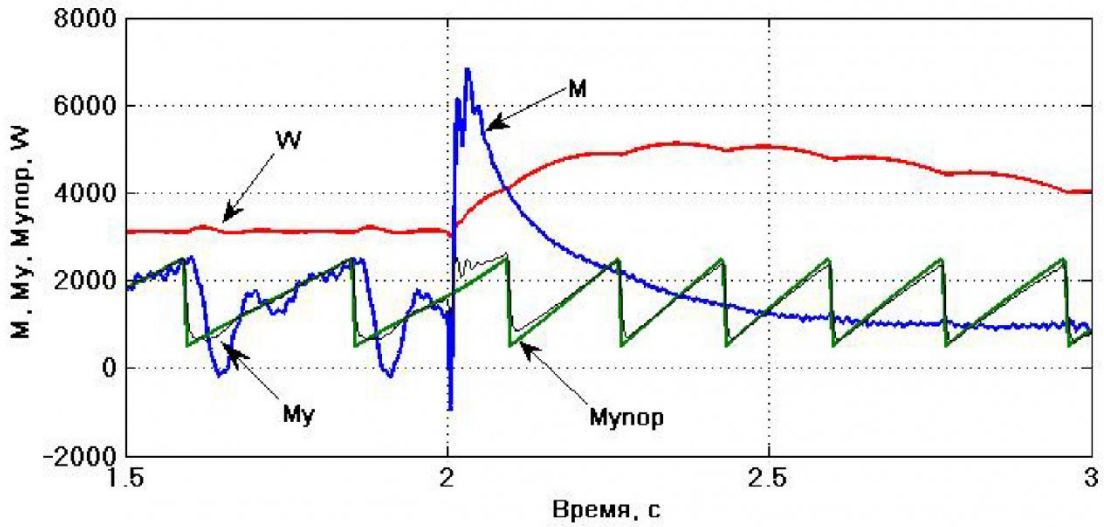

Рисунок 9 Управление величиной электромагнитного момента АД формированием коэффициента k в $\alpha = k\alpha_p$ *по* $k = 1 + R_r (M_z + M) / (3p^2 \omega \Psi_r^2)$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство для регулирования частоты скольжения асинхронного электродвигателя [Текст]: // А.с. СССР, Н 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. N 43.

2. *Ещин Е.К.* Вариант частотного управления асинхронным электроприводом горных машин / Электротехника, 1996. №1. С.28-30.

3. *Ещин Е.К.* Управление движением асинхронного электродвигателя горной машины / Вестник КузГТУ, 2014. №4. С.127-130.

Автор статьи

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