

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕКРЕСТНЫХ СВЯЗЕЙ В СИСТЕМЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С МОДАЛЬНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Чертыков Петр Николаевич

магистрант, Сибирский федеральный университет, РФ, г. Красноярск

Пахомов Александр Николаевич

доцент, канд. техн. наук, Сибирский федеральный университет, РФ, г. Красноярск

INFLUENCE OF CROSS-LINKS IN THE SYSTEM OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH MODAL CONTROL

Petr Chertykov

Undergraduate Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk

Alexander Pakhomov

Candidate of Science, associate Professor, Siberian Federal University, Russia, Krasnoyarsk

Аннотация. Объектом исследования в статье является замкнутая система асинхронного электропривода с модальным управлением. Предмет исследования – анализ влияния перекрестных связей в модели асинхронного электропривода на характер переходных процессов.

Abstract. The object of research in the article is a closed system of asynchronous electric drive with modal control. The subject of research is the analysis of the influence of cross-links in the asynchronous electric drive model on the nature of transients.

Ключевые слова: модальное управление; блок компенсации; переходный процесс.

Keywords: modal control; the compensation unit; the process of transition.

В настоящее время достаточно часто уделяется внимание разработке и исследованию систем асинхронного электропривода с модальным управлением [1-3], позволяющих обеспечить более высокое быстродействие и робастность замкнутых систем электропривода по сравнению с подчиненным регулированием координат [4]. В большинстве случаев при синтезе регуляторов используется готовое математическое описание объекта управления, в состав которого входит асинхронный двигатель (АД), при этом для упрощения расчетов часто не учитывается наличие внутренних перекрестных связей в модели АД. Основной задачей настоящей статьи является демонстрация влияния перекрестных связей модели АД на качество переходных процессов в случае их пренебрежения при синтезе регулятора и

применения блока компенсации.

В качестве объекта управления принята система преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения - асинхронный двигатель. На структурной схеме (рисунок 1), блок М является математической моделью АД в декартовой системе координат $u-v$,

вращающейся с произвольной скоростью ω_k , уравнения которой представлены в [1].

На структурной схеме приняты следующие обозначения: М - модель АД (АД RA280M2 с

номинальными данными: $P_n = 90$ кВт, $n_n = 2970$ об/мин); Ψ_{23} и ω_3 - задание на

потокосцепление и скорость ротора АД; K_{ij} - коэффициенты обратных связей модального

регулятора; k_{1u} и k_{2u} - коэффициенты усиления, обеспечивающие требуемые потокосцепление и скорость ротора АД при наличии обратных связей; МКР - модель электромагнитного контура ротора АД; k_{Π} - коэффициент передачи преобразователя частоты [3].

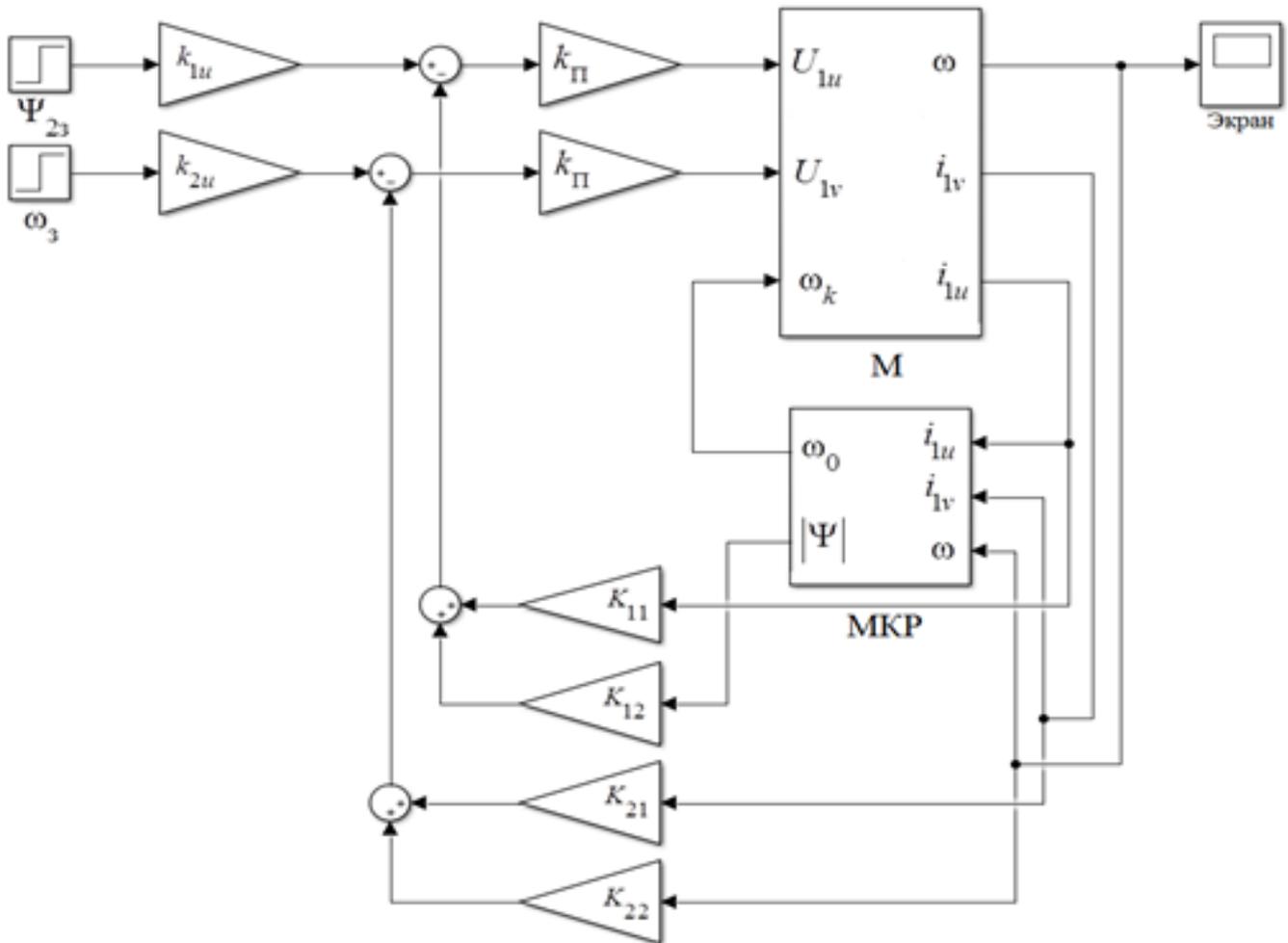


Рисунок 1. Структурная схема системы без блока компенсации

МКР описывается следующими уравнениями:

$$|\Psi| = \frac{L_m}{T_2 p + 1} i_u$$

$$\omega = \frac{k_2 R_2 i_v}{|\Psi|} = \frac{L_m i_v}{T_2 |\Psi|}$$

где p – оператор Лапласа; $|\Psi|$ – модуль вектора потокосцепления ротора; L_m – амплитудное значение взаимной индуктивности обмоток статора и ротора; T_2 – электромагнитная постоянная времени цепи ротора АД; i_u и i_v – проекции на оси u и v декартовой системы координат результирующего вектора тока статора \vec{i}_1 .

Синтез модального регулятора производится отдельно для двух каналов регулирования: канал регулирования потокосцепления ротора АД с настройкой на модульный оптимум и канал регулирования скорости АД с настройкой на биномиальное распределение корней характеристического полинома замкнутой системы. Процедура синтеза модального регулятора подробно описана в [1].

Для реализации компенсации влияния внутренних перекрестных связей модели АД в структурную схему необходимо добавить блок компенсации (БК), реализуемый по уравнениям:

$$\begin{cases} U_{yu} = U_{y1u} - i_v \cdot \omega_0 \cdot \frac{R_3 \cdot T_3}{k_{\Pi}}, \\ U_{yv} = U_{y1v} + i_u \cdot \omega_0 \cdot \frac{R_3 \cdot T_3}{k_{\Pi}}. \end{cases}$$

где U_{y1u} и U_{y1v} – сигналы задания напряжения с системы управления; ω_0 – скорость вращения вектора потокосцепления ротора АД; U_{yu} и U_{yv} – сигналы задания напряжения преобразователя; R_3 и T_3 – эквивалентное сопротивление и эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепи статора; i_u и i_v – проекции вектора тока статора \vec{i}_1 на оси u и v декартовой системы координат.

Структурная схема БК приведена на рисунке 2. БК устанавливается в прямой тракт системы электропривода. Моделирование переходных процессов в замкнутой системе асинхронного электропривода с модальным управлением осуществляется в программе *Matlab Simulink*.

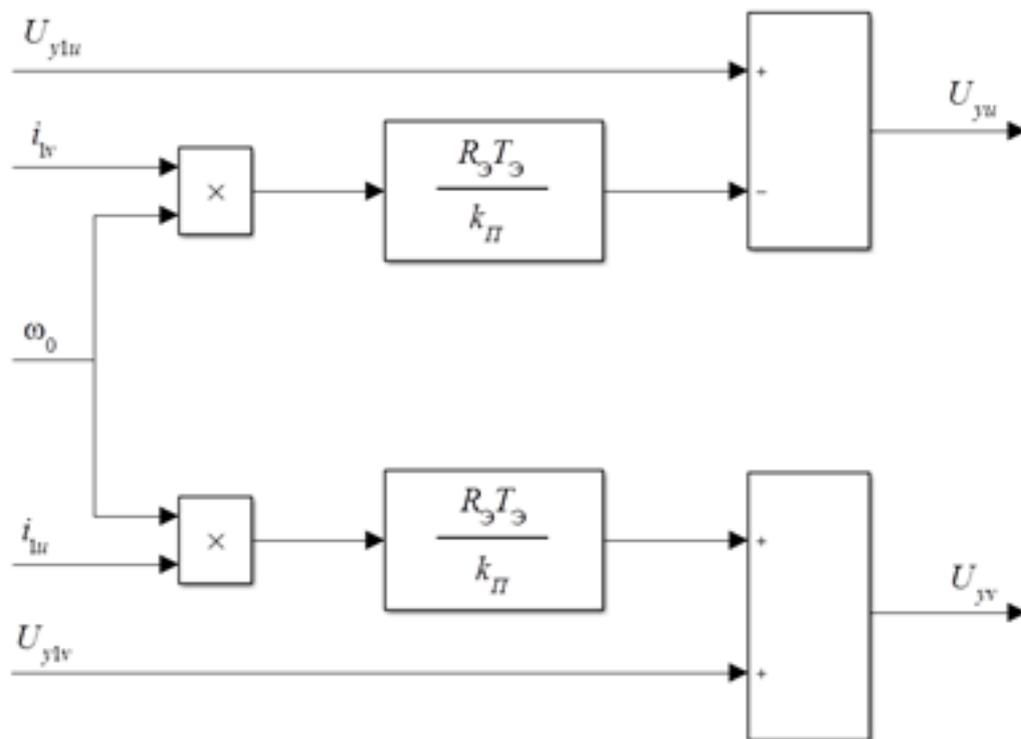


Рисунок 2. Структурная схема блока компенсации перекрестных связей

Переходные процессы угловой скорости вращения вала двигателя и модуля потокосцепления ротора приведены на рисунках 3, 4.

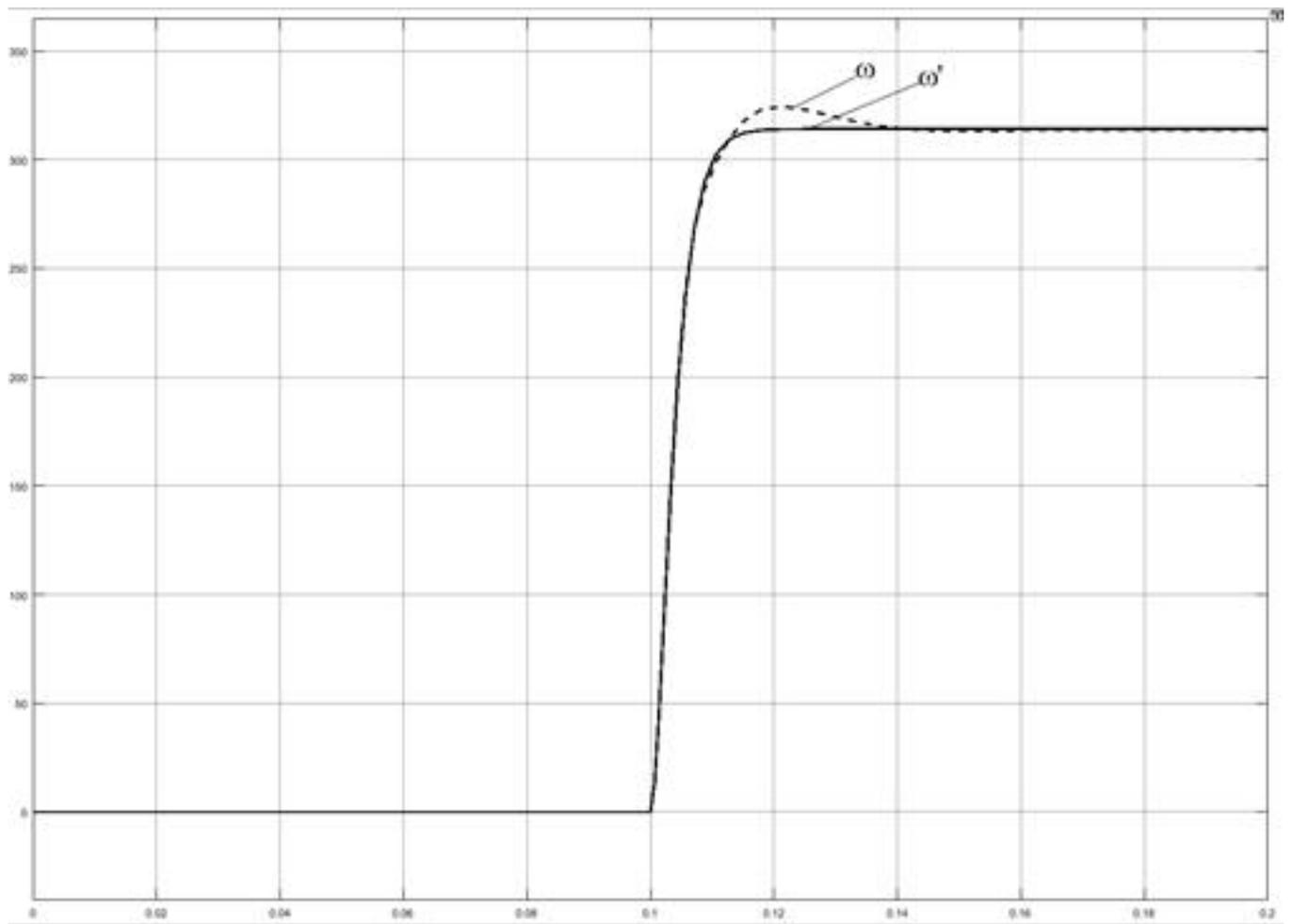
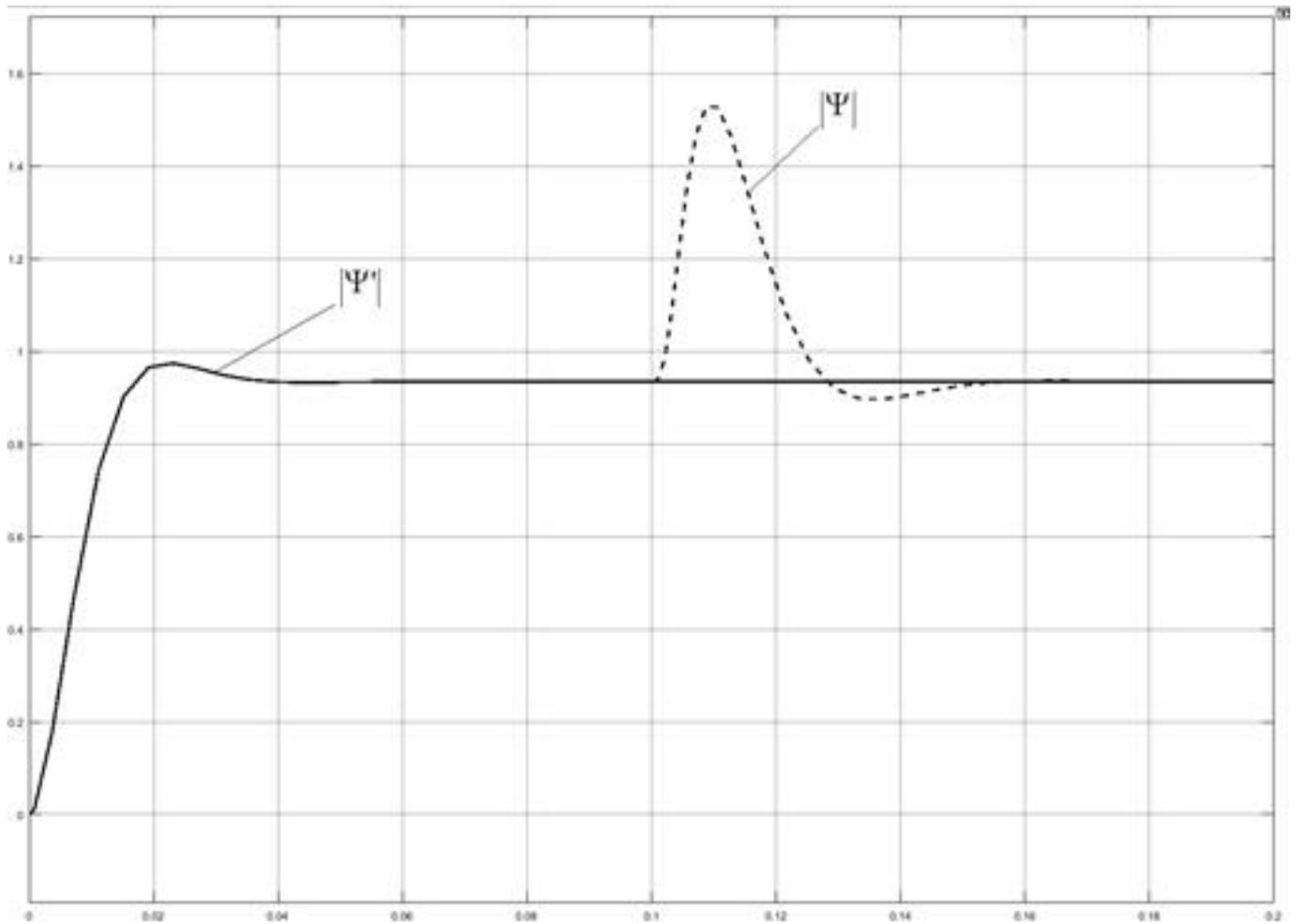


Рисунок 3. Переходные процессы угловой скорости АД (ω - скорость без БК; ω' - скорость с БК)



**Рисунок 4. Переходные процессы модуля потокосцепления ротора АД ($|\Psi|$ -
потокосцепление без БК; $|\Psi'|$ -
потокосцепление с БК)**

В начальный момент времени $t = 0$ подается сигнал задание на потокосцепление ротора АД Ψ_{23} . После того как потокосцепление ротора АД достигнет заданного установившегося значения (работа канала регулирования потокосцепления), в момент времени $t = 0,1$ производится скачкообразное изменение задания на скорость ω_3 и включается в работу второй канал регулирования.

Как видно из графиков при отсутствии БК характер переходных процессов угловой скорости не соответствует заданным настройкам (появляется перерегулирование), кроме того в графике потокосцепления возникает существенное (порядка 60%) отклонение потокосцепления ротора от установившегося значения. Напротив, в системе с БК характер переходных процессов соответствует заданным настройкам обоих каналов, что говорит о необходимости использования в системах управления асинхронным электроприводом компенсации перекрестных связей модели АД.

Список литературы:

1. Коротков М.Ф., Пахомов А.Н., Федоренко А.А. Модальное управление электроприводом переменного тока // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2011. № 3 (36). – С. 70–74.
2. Пахомов А.Н., Коротков М.Ф., Федоренко А.А. Астатическая система асинхронного электропривода с модальным управлением // Известия вузов. Электромеханика. – 2011. № 5. – С. 50-54.
3. Пахомов А.Н., Коротков М.Ф., Федоренко А.А. Модальные регуляторы асинхронных электроприводов // Журнал Сибирского Федерального университета «Техника и технологии». – Красноярск: СФУ – 2013. № 6 (8) – С. 943-952.
4. Пахомов А.Н., Коротков М.Ф., Федоренко А.А. Сравнительная оценка качества управления асинхронным электроприводом конденсатного насоса с подчиненными и модальными регуляторами // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2016. Том 17, № 2. – С. 423–430.