

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ СТАТОРНОГО ТОКА В АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ С АВТОНОМНЫМ ИНВЕРТОРОМ ТОКА**

**Введение.** В последние годы наблюдается повышенный интерес к созданию и исследованию асинхронных электроприводов (ЭП) с автономным инвертором тока (АИТ) с широтно-импульсной модуляцией (ШИМ) [1]. Это связано с технической простотой осуществления двустороннего обмена энергией с питающей сетью и заметным продлением срока службы асинхронных двигателей (последнее обусловлено уменьшением крутизны фронтов статорного напряжения при питании от АИТ-ШИМ, что увеличивает время службы изоляции двигателей). Для создания высококачественных асинхронных ЭП с АИТ-ШИМ необходимо, в первую очередь, разработать быстродействующие и точные системы векторного регулирования (СВРТ) статорного тока.

К сожалению, существующим немногочисленным СВРТ для асинхронных ЭП с АИТ-ШИМ [2] присущ ряд недостатков: завышенное значение тока в звене постоянного тока ЭП и увеличенная частота переключения силовых ключей инвертора, приводящие к ухудшению энергетических показателей ЭП. Поэтому дальнейшее совершенствование СВРТ для асинхронных ЭП с АИТ-ШИМ актуально и востребовано практикой.

**Постановка задач исследования.** Целью работы является совершенствование релейного векторного регулирования статорного тока асинхронного ЭП с АИТ и, в частности, улучшение энергетических свойств и уменьшение частоты переключения силовых ключей АИТ-ШИМ при сохранении высокой точности и быстродействия векторного регулирования статорного тока асинхронного двигателя (АД).

**Материалы исследования.** На рис. 1 представлена функциональная схема контура регулирования статорного тока асинхронного ЭП с АИТ, в которой используется

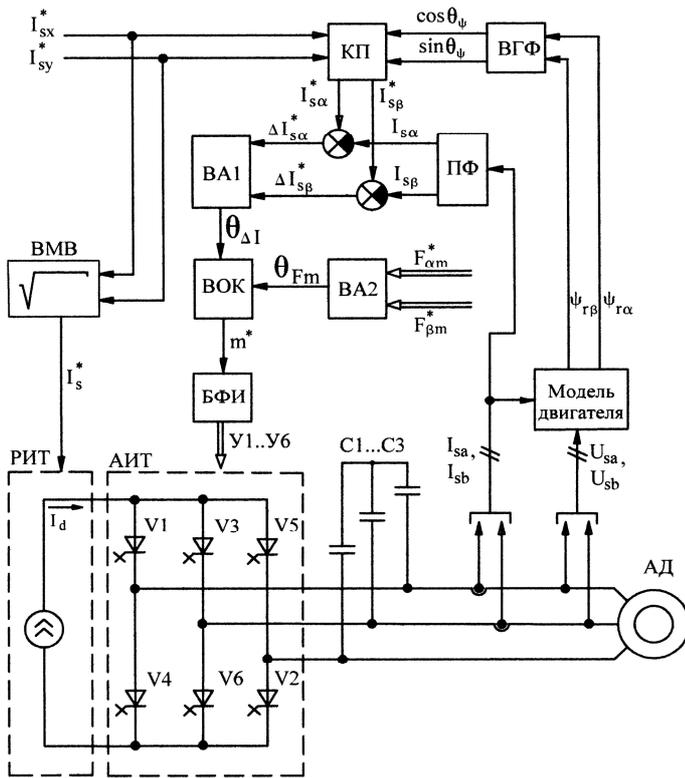


Рис. 1. Функциональная схема асинхронного ЭП с АИТ

предложенное усовершенствованное векторное регулирование статорного тока. Данная схема содержит: АИТ, выполненный на запираемых тиристорах V1...V6; регулируемый источник тока РИТ; конденсаторы C1...C3; асинхронный двигатель АД; модель двигателя; вычислитель гармонических функций ВГФ; координатный преобразователь КП; вычислитель модуля вектора ВМВ; вычислитель оптимальной комбинации ВОК; векторные анализаторы ВА1 и ВА2; преобразователь фаз ПФ; блок формирователей импульсов БФИ.

Вычислителем ВМВ через заданные значения намагничивающей  $I_{sx}^*$  и активной  $I_{sy}^*$  проекций обобщенного вектора статорного тока (на оси вращающейся координатной системы "x-y", связанной с обобщенным вектором потокосцепления ротора АД) определяется модуль  $I_s^*$  указанного вектора, пропорционально которому задается посредством РИТ ток  $I_d$  в звене постоянного тока ЭП. Через статорные напряжения  $U_{sa}, U_{sb}$  и токи  $I_{sa}, I_{sb}$  в модели двигателя вычисляются проекции  $\Psi_{r\alpha}, \Psi_{r\beta}$  (на оси неподвижной ортогональной координатной системы "α-β") обобщенного вектора потокосцепления ротора  $\bar{\Psi}_r$  АД. Через указанные значения проекций  $\Psi_{r\alpha}, \Psi_{r\beta}$  вычислителем ВГФ определяются

гармонические функции  $\cos\theta_\psi, \sin\theta_\psi$  от аргумента  $\theta_\psi$  обобщенного вектора  $\bar{\Psi}_r$ .

На выходе координатного преобразователя КП вычисляются заданные значения  $I_{s\alpha}^*, I_{s\beta}^*$  проекций обобщенного вектора статорного тока АД (на оси неподвижной координатной системы "α-β"), которые сравниваются на сумматорах с фактическими значениями  $I_{s\alpha}, I_{s\beta}$  проекций, поступающими с преобразователя фаз ПФ. Через вычисленные отклонения  $\Delta I_{s\alpha}^*, \Delta I_{s\beta}^*$  в векторном анализаторе ВА1 находится аргумент  $\theta_{\Delta I}$  обобщенного вектора отклонения тока

$\Delta \bar{I}$ . Векторным анализатором ВА2 находятся значения аргументов  $\theta_{Fm}$  прогнозирующих векторов  $\bar{F}_m / 2/$  для всех возможных комбинаций ( $m=1 \dots 6$ ) открытых силовых ключей АИТ.

Посредством вычислителя ВОК определяется оптимальная (из шести возможных) комбинация  $m^*$  открытых силовых ключей АИТ, которая удовлетворяет условию  $|\theta_{\Delta s} - \theta_{Fm}| = \min$  и обеспечивает быстродействующую обработку

заданных значений токовых проекций  $\Delta I_{s\alpha}^*, \Delta I_{s\beta}^*$  статорного тока.

На рис.2 приведены результаты моделирования асинхронного ЭП с АИТ-ШИМ и двигателем типа 4А132S6У3 мощностью 5.5кВт (с моментом инерции ротора  $J = 0.4 \text{ кгм}^2$ ). На графиках приняты следующие обозначения:  $\omega, M$  – угловая скорость и электромагнитный момент АД соответственно;  $\Psi$  – модуль обобщенного вектора потокосцепления ротора;  $I_s$  – модуль обобщенного вектора статорного тока. Полученные графики иллюстрируют работу релейной СВРТ с неизменной намагничивающей составляющей ( $I_{sx}^* = \text{const}$ ) статорного тока при обработке двукратного значения его активной составляющей на разных скоростях АД.

**Выводы.** 1. Достигнуто уменьшение входного тока  $I_d$

инвертора до значения (1.0-1.1) от модуля  $I_s^*$  обобщенного вектора статорного тока АД, что улучшает энергетические показатели электропривода.

2. Уменьшена частота переключения тиристоров инвертора до 800 Гц (по сравнению с частотой 1.5-2 кГц, применяемой в известном ЭП [2]), что позволяет снизить динамические потери в АИТ-ШИМ.

3. Выявлено высокое быстродействие для предложенного релейного векторного регулирования статорного тока (характеризующееся временем менее 5 мс при обработке двукратного статорного тока).

**Литература.**

1. Шрейнер Р. Т., Ефимов А. А., Мухаматшин И. А. Прогнозирующее релейно-векторное управление активными токовыми преобразователями частоты в системах электроснабжения и электропривода // Электроприводы переменного тока: Труды международной XIII научно-технической конф. — Екатеринбург: УГТУ-УПИ. — 2005. — С.137-140.

2. Волков А. В., Косенко И. А. Релейное векторное регулирование тока в асинхронных электроприводах с автономным инвертором тока // Вісник КДПУ. — Кременчуг. — 2007. — Вып. 3 (44), Ч.1. — С. 21-24.

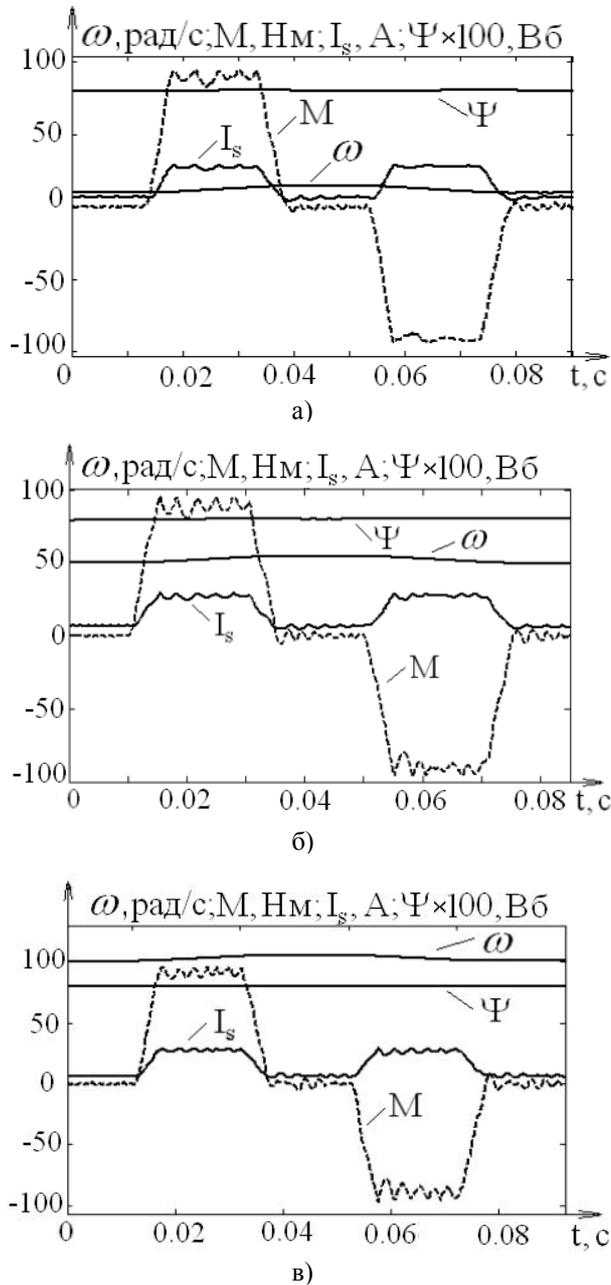


Рис.2. Результаты моделирования асинхронного ЭП с АИТ для а)  $\omega \approx 0.1\omega_n$ ; б)  $\omega \approx 0.5\omega_n$ ; в)  $\omega \approx \omega_n$