

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АСИНХРОННЫХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ С ЧАСТОТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ. НЕУСТОЙЧИВОСТЬ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ

*В.Л. Кодкин, А.А. Балденков, Н.А. Логинова*

Представлены результаты экспериментальных исследований асинхронных электроприводов с частотным управлением. Приведен анализ неустойчивых состояний привода при векторном управлении.

Ключевые слова: электропривод переменного тока, частотное управление, векторное управление, неустойчивые состояния, срыв управления.

Повсеместное применение преобразователей частоты (ПЧ) любых фирм для управления асинхронными двигателями, их надежность, сохранение работоспособности при заводских настройках, создало в последние годы впечатление отсутствия проблем в области автоматизированного электропривода. Однако попытки углубленного изучения получаемых технических характеристик таких электроприводов, сталкиваются, очень часто, с совершенно неожиданными результатами. Так, попытки получить частотные характеристики электропривода с ПЧ ATV38 фирмы *Schneider Electric*, который реализует бездатчиковое векторное управление, замкнутое по расчетной скорости двигателя, привели к установлению такого явления как полный срыв управления. Эксперименты проводились на стенде, содержащем два асинхронных двигателя с общим валом которые управлялись преобразователями частоты, принципиальная электрическая схема приведена на рис. 1. На вход ПЧ ATV38 подавался сигнал смещенной синусоиды амплитудой 0–2 В, частотой от 0 до 15 Гц. При срыве управления возникали неуправляемые колебания тока статора (рис. 2).

Условия срыва зависели только от частоты  $\omega$  и амплитуды  $A$  входного сигнала. Причем «критические» значения определялись довольно четкой математической зависимостью:

$$A \cdot \omega = \text{const.}$$

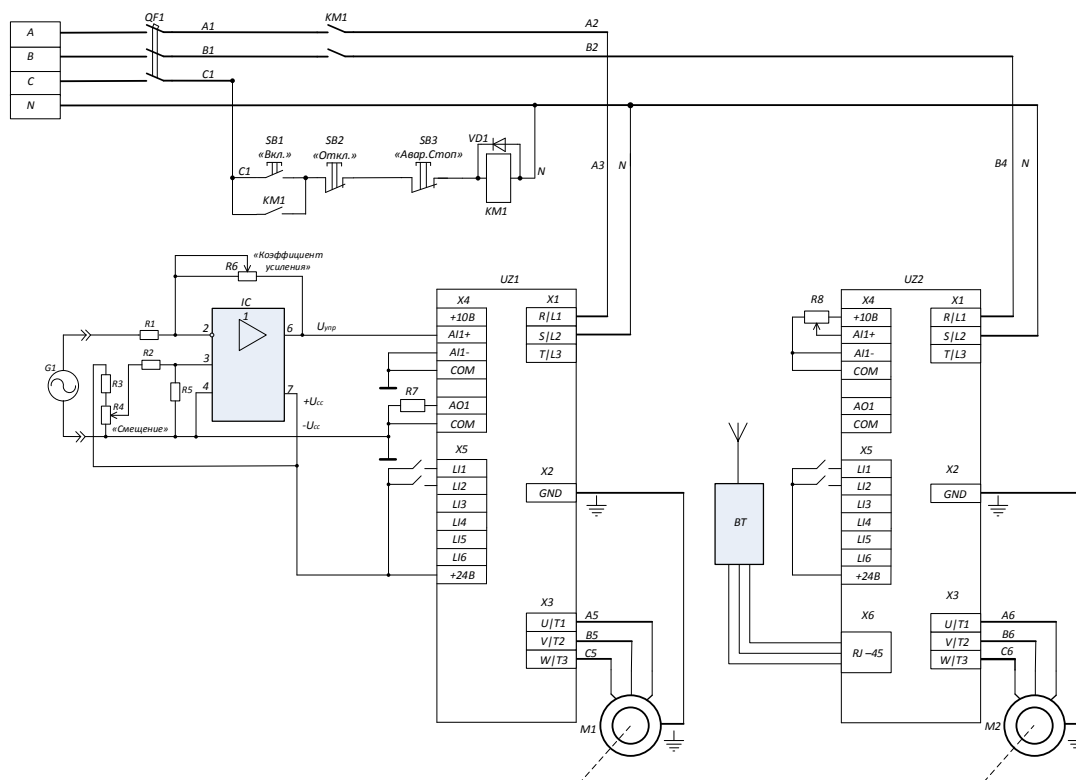


Рис. 1. Принципиальная электрическая схема стенда

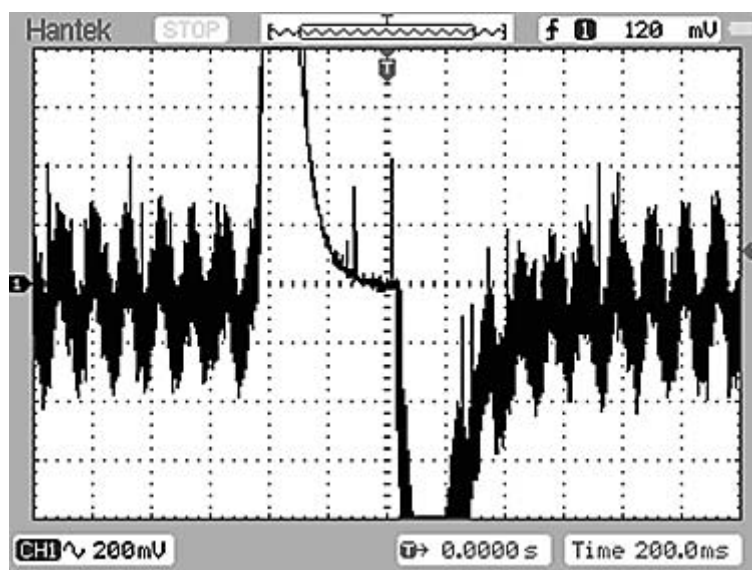


Рис. 2. Срыв управления на ATV38 (ток статора)

На них совершенно не влияли параметры настройки, статическая нагрузка, момент инерции силовой установки и т.д. При статических заданиях скорости таких режимов так же не было обнаружено. Поскольку подробный алгоритм управления ATV38 в документации не приводится теор-

ретический анализ возможного алгоритма был проведен по известным формулам и зависимостям [1]. Оказалось, что векторное бездатчиковое управление, моделируя процессы в роторе АД, не учитывает, а, строго говоря, и не может учесть динамический характер задающих сигналов или внешних возмущений. В частности, в формулу вычисляющую сигнал потокосцепления ротора должны быть внесены начальные условия, определяемые сигналом задания. Факт, в общем-то известный, который рекомендуется учитывать дополнительными наблюдающими устройствами, которые, однако, ни одна фирма – производитель ПЧ не «встроила» в программное обеспечение ПЧ. Оказалось, что накапливание ошибки вычислений в ПЧ может приводить не просто к снижению качества работы, а к полным сбоям. Необходимо учесть, что испытывать возмущающие воздействия сложного, непредсказуемого спектра может привод практически любого механизма, даже вентиляторы и насосы. Причем такой режим может привести к аварии как ПЧ, так и механизма, а установить впоследствии причину этого явления будет практически невозможно.

На данном стенде, также были проведены экспериментальные исследования преобразователей частоты ATV71 и ATV32 с различными двигателями небольшой (до 1,5 кВт) мощности. На вал был установлен энкодер и в ATV71 установлена карта энкодера, что позволило, кроме варианта замкнутого управления, контролировать скорость вращения вала агрегата. Исследовались различные режимы управления в широком диапазоне скоростей. В статических режимах возникают автоколебания тока статора и срывы управления (рис. 3, рис. 4). Эти процессы возникают во всех режимах векторного управления (SVC I; SVC U). Причем, даже у близких по характеристикам двигателей (АИР63В4У3 и АДЭМ63В4У2) условия наступления срыва управления различны. Кроме того, существенное влияние на возникновение нештатных ситуаций оказывает автоматическая подстройка (АП) преобразователя на конкретный двигатель (автоматическое определение преобразователем частоты активного и реактивного сопротивления статора двигателя). Однако, в некоторых случаях, эти ситуации удавалось предотвратить изменяя значения « $IR$ » и « $S$ » компенсаций. Более подробно диапазоны регулирования, в которых возникают автоколебания и срывы управления, приведены в таблице. Следует обратить внимание, что при скалярном управлении таких явлений обнаружено не было.

Необходимо иметь в виду, что эти аварийные режимы возникают при полном соблюдении всех инструкций и правил настройки.

Причиной этих явлений следует считать структуру векторного управления, очень чувствительную к неточностям моделей процессов в роторе, которые заложены в блоке векторного управления.

Таблица

Диапазоны регулирования, в которых возникают автоколебания тока  
и срывы управления в электроприводе с ПЧ

Двигатель Типы управления	АИР63В4У3		АДЭМ63В4У2		4АХ80А4У3	
	без АП	с АП	без АП	с АП	без АП	с АП
SVC U IR = 25; S = 0; разомкнутый контур	нет	42,6–50 Гц (при IR = 100 коле- баний нет)	30,1–41,9 Гц	38–50 Гц	44,9– 50 Гц	8,8– 10,1 Гц
SVC I IR = 25; S = 0; разомкнутый контур	нет	45,8 – 50 Гц		> 45 Гц	48 – 50 Гц	колебания тока ~10 % при частоте задания 1 Гц
SVC I IR = 25; S = 0; режим «Зада- ние»	нет	45,8–50 Гц	32–42 Гц – колебания тока, >43 Гц срыв управления	>45 Гц колеба- ния тока	47–50 Гц	нет

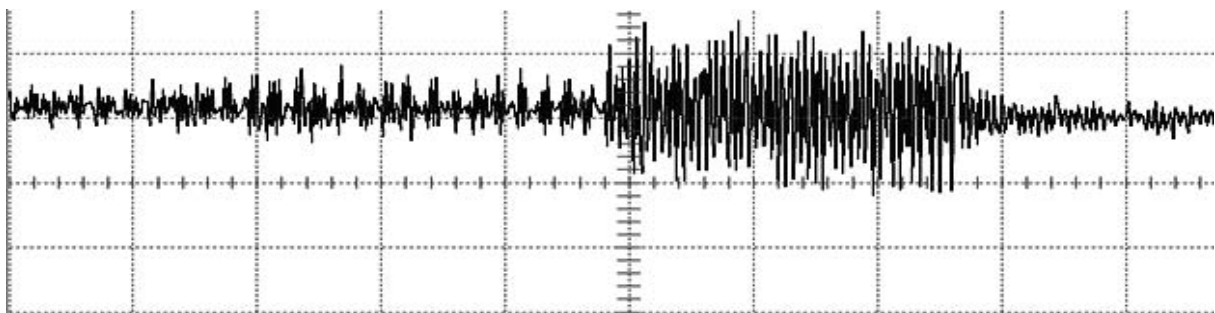


Рис. 3. Колебания статорного тока

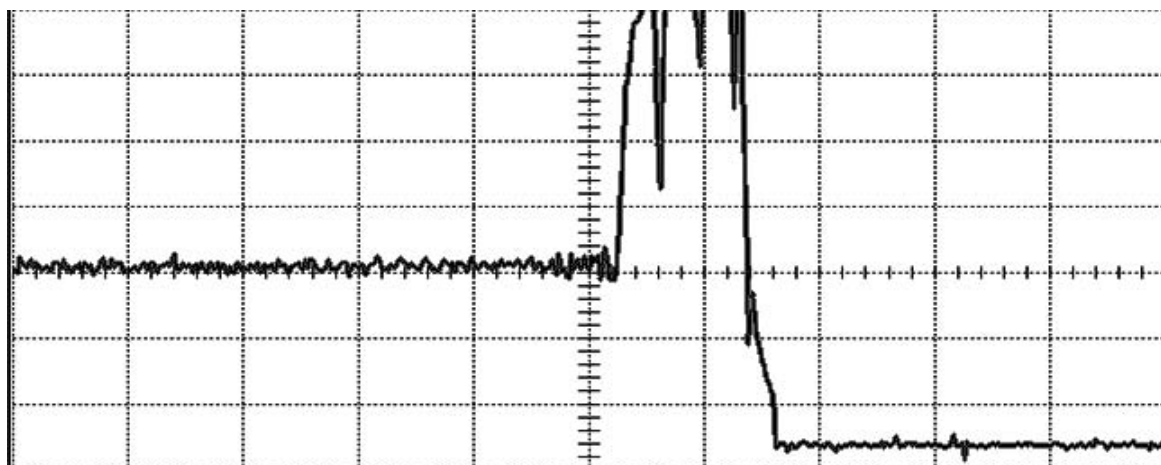


Рис. 4. Срыв управления (ток статора)

Расчетным путем предсказать появление описанных выше неустойчивых состояний электропривода на базе преобразователей частоты невозможно. Поэтому, наиболее целесообразно в процессе наладки проверить систему на предмет возможности возникновения таких неустойчивых состояний и при необходимости принять соответствующие меры.

#### Библиографический список

1. Усольцев, А.А. Частотное управление асинхронными двигателями. Учебное пособие / А.А. Усольцев. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 94 с.