

## **РЕЖИМ "ПОДХВАТА НА ЛЕТУ" В ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯХ ЧАСТОТЫ СМ-400 И СТАНЦИЯХ ГРУППОВОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДАМИ СЧ-400 НА ИХ БАЗЕ**

В конце 90-х гг. предприятием ООО "Сибирь – Мехатроника", г. Новосибирск разработана и освоена в производстве серия преобразователей частоты (ПЧ) СМ-400 для систем автоматизированного электропривода переменного тока с микропроцессорной системой управления [1]. В основу контроллера ПЧ был положен современный на тот период микропроцессорный комплект фирмы Analog Devices (ADSP-2181, ADMC-201), силовая схема преобразователя выполнена по схеме "неуправляемый (полууправляемый) выпрямитель – автономный инвертор напряжения на базе модулей IGBT". В настоящее время серийно выпускаются СМ-400 мощностью от 11 до 320 кВт на номинальное напряжение 0,4 кВ.

В преобразователях реализован способ пространственно-векторной (Space-Vector) широтно-импульсной модуляции напряжения с компенсацией влияния "мертвого времени" и падений напряжения на силовых элементах инвертора. Для управления режимами низковольтных асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором (АД) предусмотрен алгоритм двухканального частотного регулирования, позволяющий эффективно демпфировать колебания, присущие системам "ПЧ – АД" с однонаправленным потоком энергии [2, 3].

Практически одновременно с СМ-400 на их базе была разработана и запущена в производство серия станций частотного регулирования СЧ-400 [4, 5], предназначенных для автоматического управления группой насосных агрегатов с асинхронными электродвигателями напряжением 380В, 50Гц, работающих на общую магистраль (горячее и холодное водоснабжение, системы отопления, канализационные насосные станции). Уже первые результаты внедрения СЧ-400 на действующих объектах позволили сформулировать комплекс специфических технологических задач, которые должны быть дополнительно решены в алгоритмах управления энергосберегающих ПЧ насосных станций [6].

Одной из таких задач является "подхват" вращающейся нагрузки "на лету". Эта функция ПЧ призвана исключить гидравлические удары в магистралях и износ обратных клапанов при "снятии" АД с питающей сети и переводе его в режим регулирования частоты вращения, при кратковременном исчезновении напряжения питания и автоматическом повторном включении ПЧ. Запуск ПЧ на вращающийся двигатель актуален и для множества других высокоинерционных механизмов с большой продолжительностью процесса остановки самовыбегом, к числу которых можно отнести различные центрифуги, очистные агрегаты типа "центрипресс", вентиляционные установки и т.п.

Анализ функциональных возможностей ПЧ ведущих зарубежных фирм показывает, что "подхват на лету" может рассматриваться как обязательный элемент алгоритмов управления общепромышленными электроприводами, в частности – электроприводами турбомеханизмов. Вместе с тем, опыт работ с представленными на рынке изделиями отечественных производителей и предприятий государств СНГ, в документации которых эта функция декларируется, наглядно демонстрирует, что реализация ее далека от совершенства. В абсолютном большинстве случаев для надежной работы "подхвата" требуется наличие балластных цепей "слива" потенциальной энергии звена постоянного тока ПЧ, и процесс запуска преобразователя на вращающийся двигатель сопровождается значительными бросками электромагнитных переменных. В условиях нестабильности технологического процесса даже тщательная настройка параметров режима "подхвата" зачастую не позволяет избежать указанных негативных явлений.

В докладе обсуждаются реализация алгоритма запуска на вращающийся двигатель в преобразователях частоты СМ-400 и результаты его испытаний.

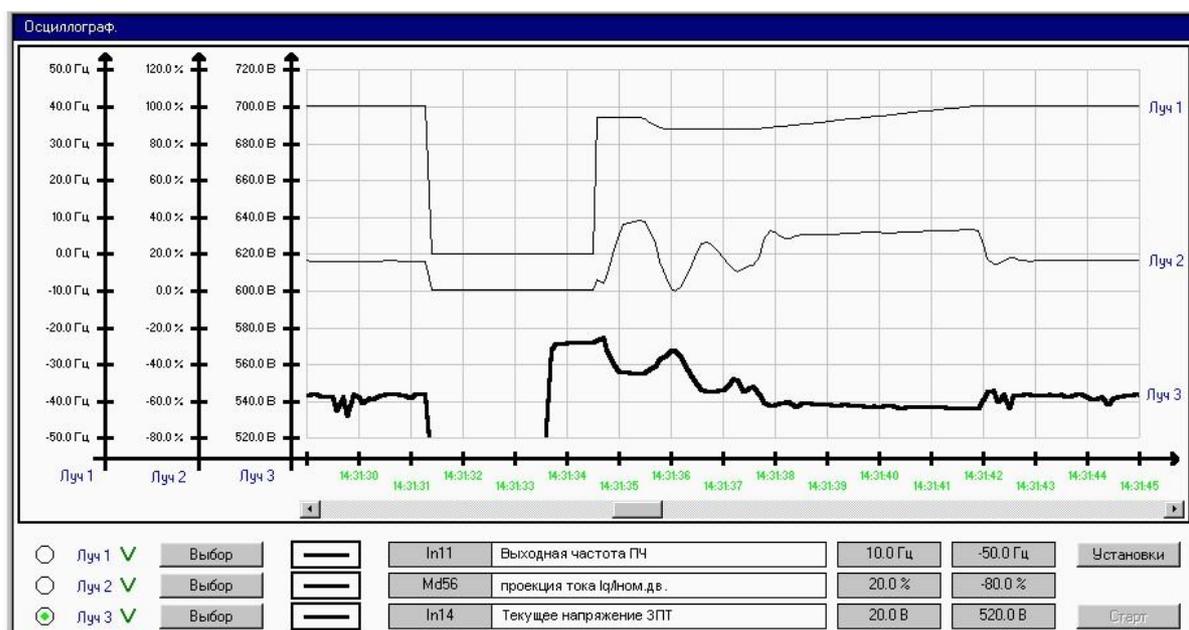
В основу алгоритма положены широко известные принципы построения поисковых экстремальных систем. При получении от контроллера верхнего уровня или внутренней программной генерации команды на "подхват" ПЧ выполняет следующую последовательность действий.

1. Во избежание "накачки" звена постоянного тока ПЧ рабочий диапазон частот сверху вниз сканируется трехфазным синусоидальным тестовым воздействием, уровень которого выбирается из условий протекания по обмотке статора АД токов, близких по величине к току холостого хода. Предварительно двигатель намагничивается до необходимого уровня на верхней границе частотного диапазона.
2. Критерием нахождения текущей электрической частоты является "попадание" в режим идеального холостого хода, который определяется по прохождению через ноль (минимуму модуля) моментобразующей составляющей вектора токов статора. Для учета электромагнитной инерционности АД и упреждающей остановки процесса при заданной (ненулевой) скорости сканирования осуществляется экстраполяция кривой тока. Принципиально возможна и экстраполяция состояния механизма, конечно, если не произошло отключение контроллера ПЧ.

3. В искомой точке производится намагничивание двигателя до уровня, заданного используемой зависимостью напряжения от частоты, после чего разрешается вывод ПЧ на режим, определенный текущим задающим воздействием.

Такая весьма простая процедура "подхвата" оказывается работоспособной благодаря структуре основного алгоритма двухканального частотного регулирования, располагающего средствами регулирования магнитного состояния электрической машины, компенсации частоты скольжения и мгновенного контроля за напряжением звена постоянного тока ПЧ, который также используется в процессе сканирования. Испытания алгоритма на электроприводах широкого спектра мощностей и назначений доказали его эффективность и надежность, что позволяет рекомендовать использование автоматического поиска частоты вращения двигателя при каждом запуске преобразователя частоты. Продолжительность процесса "подхвата" определяется скоростью сканирования и отклонением частоты вращения от заданного значения. Максимальная скорость сканирования зависит, в первую очередь, от величины электромагнитной постоянной времени ротора двигателя и, например, для АД мощностью 75 кВт составляет до 10 Гц/с. Пример осциллограмм процесса "подхвата", построенных сервисной программой параметрирования ПЧ СМ-400, приведен на следующем рисунке.

Авторы отдают себе отчет в том, что представленный алгоритм не свободен от недостатков, и продолжают работы по его совершенствованию.



#### Литература

1. Панкратов В.В., Усачев А.П., Гордейчик А.В. Преобразователи частоты серии СМ-400 с микропроцессорной системой управления // Труды III Международной (XIV Всероссийской) научно-технической конференции по автоматизированному электроприводу (Нижний Новгород, 12-14 сентября 2001 г.) – Нижний Новгород: "Вектор-ТиС", 2001. – С. 83 – 84.
2. Демпфирование колебаний координат в общепромышленном частотно-регулируемом электроприводе / Астанин В.О., Гордейчик А.В., Панкратов В.В., Усачев А.П. // Электротехника, электротехнические системы и комплексы: Материалы международной науч.-техн. конф., 3 – 5 сентября 2003 г. – Томск: ТПУ, 2003. – С. 3 – 5.
3. Астанин В.О., Гордейчик А.В., Панкратов В.В., Усачев А.П. О проблеме колебаний в частотно-регулируемом электроприводе // Автоматизированные электромеханические системы / Под ред. В.Н. Аносова. – Новосибирск: НГТУ, 2004. – С. 90 – 99.
4. Энергосберегающие станции частотного регулирования СЧ-400 для насосных агрегатов / В.О. Астанин, А.В. Гордейчик, В.В. Панкратов, А.В. Попов, А.П. Усачев // Электротехника, электромеханика и электротехнологии: Материалы научно-технической конференции с международным участием (27 – 29 октября 2003 г.) / Под ред. В.А. Тюкова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – С. 93 – 94.
5. Станции частотного регулирования на основе преобразователей частоты серии СМ-400 / А.П. Усачев, А.В. Гордейчик, В.О. Астанин, В.В. Панкратов, Г.С. Зиновьев // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. Частина 7. – Київ. – 2004. – С. 71 – 72.
6. Проблемы построения энергосберегающих преобразователей частоты для электроприводов насосных станций / В.О. Астанин, А.В. Гордейчик, В.В. Панкратов, А.В. Попов, А.П. Усачев // Технічна електродинаміка. Тематичний випуск: Силова електроніка та енергоефективність. Частина 2. – Київ. – 2002. – С. 7 – 8.

Vladimir V. Pankratov, Aleksey P. Usachyov, Aleksey V. Gordeychik

**Flying Restart Function in the Frequency Converters SM-400  
and in the Stations SCh-400 for Drive Group Control**

Flying restart algorithms used in a new family of frequency converters SM-400 developed by "Siberia – Mechatronics" Ltd (Novosibirsk) and in the stations for drive group control based on these converters have been discussed in the paper. The algorithms allow connecting the converter to a rotating motor without stopping. Experimental results have been considered.