

Вращение и управление

О широком диапазоне применения платформы управления AC 800PEC
Армин Айхман, Андреас Фольмер

Предъявляемые к приводам и другим преобразователям энергии высокие требования по надёжности, быстродействию и точности порождают потребность в контроллерах с высокими характеристиками. Контроллер AC 800PEC компании АББ встроен в одну из наиболее распространённых (и удачных) систем управления 800xA. Сфера применения этого контроллера достаточно широка и не ограничивается только управлением силовой электроникой, но охватывает и такие области, как прокатка в металлургии, где этот контроллер применяется в составе комплексной системы управления технологическим процессом. Успешное применение AC 800PEC¹⁾ в тяговом приводе локомотивов и в прокатном цехе иллюстрируется следующими двумя примерами.



Применение быстродействующего управления в тяге поездов

Для того чтобы быть более привлекательными для пассажиров и менее затратными в эксплуатации, современные поезда имеют тенденцию к снижению массы и к повышению скорости. Бортовые преобразователи энергии должны одновременно обеспечивать большую скорость, быстродействие и надёжность и при этом быть достаточно компактными. Рассмотрим преобразователь CC750[®] компании АББ.

Низковольтный преобразователь CC750[®] находится в самом «сердце» силовой схемы поезда типа FLIRT²⁾ [1] швейцарских федеральных железных дорог (SBB) (рис. 1), а также подвижного состава для компаний THURBO (Thurgau-Bodensee Bahn) и RM (Regionalverkehr Mittelland). Весь перечисленный подвижной состав выпуска-

ется на заводе Stadler Rail AG. С начала коммерческой эксплуатации в декабре 2003 г. на железные дороги выпущено около 250 его единиц. Все они оснащены преобразователями с управлением от контроллера AC 800PEC.

Конфигурация системы

Устройство CC750[®] было разработано как тяговый преобразователь для электропоездов регионального и пригородного сообщения, состоящих из нескольких секций каждый. Этот преобразова-

■ Мощные тяговые преобразователи CC750[®] производства компании АББ – неотъемлемая часть оборудования современных лёгких поездов FLIRT.



тель имеет встроенное вспомогательное питание и может работать в различных системах тягового электроснабжения, например, 15 кВ, 16 $\frac{2}{3}$ Гц или 25 кВ, 50 Гц. В нём применяются модули IGBT (биполярные транзисторы с изолированным затвором) с напряжением коллектор-эмиттер 1200 В – как в цепях тягового тока, так и во вспомогательном преобразователе.

При отказе одного комплекта вагон сохраняет работоспособность, но развиваемая мощность при этом снижается.

Конфигурация основной системы показана на рис. 2. Два одинаковых комплекта преобразователей CC750® (рис. 2г, 2д) подключены к контактному проводу (рис. 2а) через общий охлаждаемый маслом высоковольтный трансформатор (рис. 2в). При отказе одного комплекта вагон сохраняет работоспособность, но развиваемая мощность при этом снижается.

Встроенная система управления

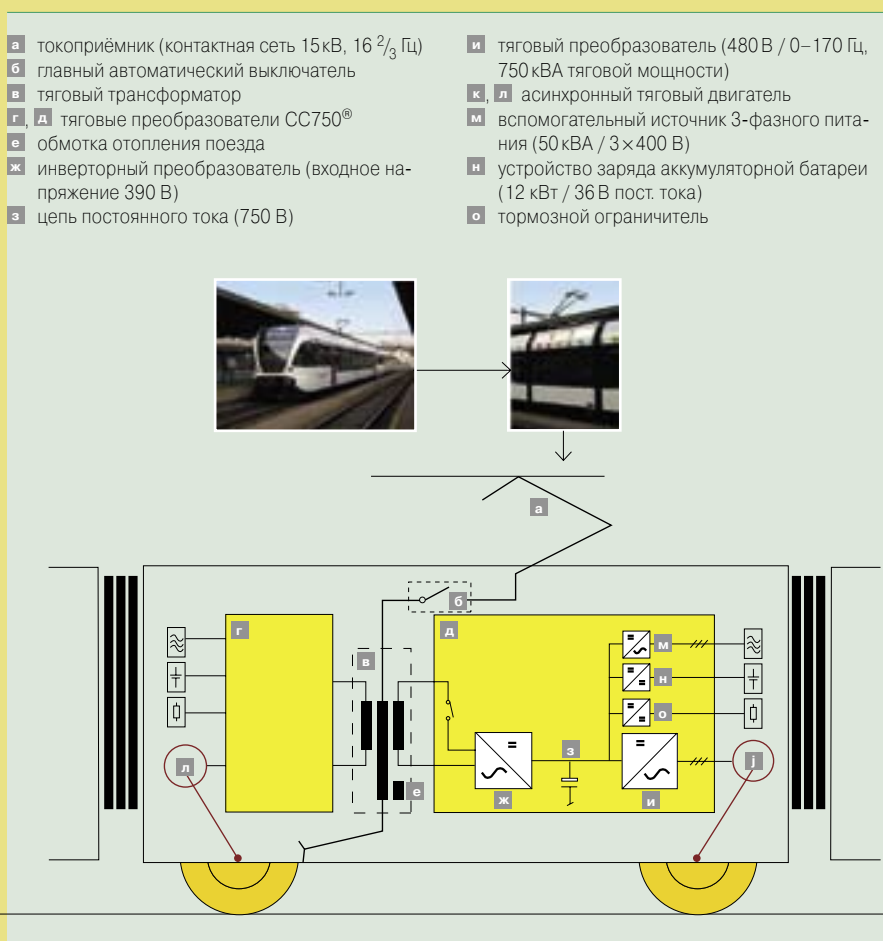
В качестве аппаратного решения системы управления был выбран децентрализованный вариант (рис. 3), включающий следующие устройства:

- **Контроллер AC 800PEC** (рис. 3д) – система управления высшего класса. Для программирования можно использовать программное обеспечение MATLAB®/Simulink® и Real-Time Workshop®.
- **Плата интерфейса PEVB** (Power Electronics Building Block) (рис. 3б) – используется в качестве универсального удалённого устройства ввода-вывода. Эта плата управляет работой IGBT-преобразователей и осуществляет их защиту с использованием двусторонней линии связи.
- **Плата ввода-вывода Combi** (рис. 3в) – универсальное удалённое устройство ввода-вывода для высокоскоростного обмена данными в тяговых системах.
- **Вспомогательные модули** (рис. 3а, 3г) – включают в себя источники питания, промежуточные преобразователи тока и напряжения, а также устройства управления переключателями и разъединителями.

Помимо перечисленного аппаратная часть включает средства измерения переменного тока и постоянного напряжения (измерения производятся синхронно), средства защиты от сверхтоков, устройства плавного регулирования и различные взаимные блокировки.

Чтобы обеспечить высокую устойчивость к воздействию электромагнитных помех, контроллер

2 Секция тяговых преобразователей поезда THURBO GTW с двумя преобразователями CC750® общей тяговой мощностью 1,1 МВт.



AC 800PEC, плата интерфейса PEVB и плата ввода-вывода Combi соединены между собой оптическими кабелями. Дополнительная оптическая линия связывает систему управления преобразователями с системой управления более высокого уровня с использованием протокола CANopen. Связь с центральным компьютером для программирования и контроля осуществляется через интерфейс Ethernet.

С начала коммерческой эксплуатации в декабре 2003 г. на железные дороги выпущено около 250 единиц подвижного состава. Все они оснащены преобразователями с управлением от контроллера AC 800PEC.

Управляющее ПО

Высокоскоростные цифровые системы управления – это сегодняшний день силовой электроники. Обычно для выполнения каких-либо фун-

3 Панель с аппаратной частью тягового преобразователя CC750®

- а) вспомогательный модуль
- б) плата интерфейса PEVB
- в) плата ввода-вывода Combi
- г) вспомогательный модуль
- д) контроллер AC 800PEC



Технологии встроенных систем

кий, к быстродействию которых предъявляются особые требования (микросекунды и менее), используются программируемые вентильные матрицы (ПВМ) в сочетании с таким инструментом программирования, как VDHL. В диапазоне быстродействия от 100 мкс до миллисекунд традиционно используются языки программирования Ассемблер и «С». Однако, хотя эти инструменты и позволяют производить программирование в части, касающейся аппаратного обеспечения, они не в состоянии сократить время разработки, повысить качество ПО и упростить документацию. К тому же их использование требует специалистов высокой квалификации.

В данном проекте был применен контроллер AC 800PEC, программирование которого основано

Прокатный стан металлургического завода

В металлургии имеется неизменная тенденция повышения требований к качеству продукции, производительности и гибкости производства. Новое поколение систем автоматизации прокатного производства, выпускаемых компанией АББ, включает целый набор передовых комплексных решений, обеспечивающих удовлетворение этих требований. Использование платформы автоматизации 800xA с мощным контроллером AC 800PEC позволяет создать единое автоматизированное производство в масштабах целого предприятия, аккуратно «встраивая» передовые решения в систему управления технологическим процессом.

4 Пульт управления прокатным станом.



Таблица 1 Программное обеспечение – задачи и время их циклов

Примеры задач		Время цикла
Управление вагоном через шину CANopen	■ Задание скорости и крутящего момента	50 мс
Контроллер AC 800PEC с ПО MATLAB®/Simulink® с Real-Time Workshop®	Задача С ■ Анализ текущего состояния схемы	1 мс
	■ Медленная защита	
	■ Управление магнитным потоком двигателей	
Задача В	■ Управление током тяговых двигателей	250 мкс
	■ Контроль контакта токоприёмника с контактным проводом	
Задача А	■ Быстродействующее управление током тяговых двигателей	50 мкс
Программируемые вентильные матрицы с ПО VHDL	■ Плавное регулирование	Наносекунды
	■ Быстродействующая защита	

на ПО MATLAB®/Simulink® в сочетании с Real-Time Workshop® [2]. Такая основа позволяет использовать графическое программирование высокого уровня на концептуальном абстрактном уровне, предпочитаемом специалистами по автоматическому управлению и системотехнике. Всё кодирование, загрузка и функции контроля являются частью платформы. Инженер избавлен от программирования низкого уровня, требующего затрат времени и predisposed к ошибкам.

Системы управления обычно состоят из компонентов с различными постоянными времени. Поэтому ПО содержит подзадачи, выполняемые за разные интервалы времени. Так, например, в ПО для управления тяговым преобразователем СС750® имеются три программных цикла с периодами 1 мс, 250 мкс и 50 мкс (см. таблицу 1).

Как при холодной, так и при горячей прокатке (рис. 4) требования к рентабельности, производительности и качеству непрерывно растут. В то же время растущее разнообразие продукции требует от производства большей гибкости. На качество проката и объём выпуска влияют такие факторы, как механическая конструкция прокатного оборудования, имеющееся электрическое оборудование, обеспечение вспомогательными материалами и стратегия управления. Для достижения главной цели – обеспечения качества продукции – требуется устойчивое управление очень многими связанными переменными.

Представление об основных характеристиках процесса холодной прокатки даёт таблица 2. Чтобы управлять столь сложным и большим производством, одновременно обеспечивая высокую скорость процесса и высокое качество проката, нужен весьма мощный контроллер, который

мог бы управлять всеми требующимися функциями – от простого дискретного управления низкого уровня до управления сложными технологическими процессами в целом. Контроллер AC 800PEC подходит для этого как нельзя лучше. Помимо того, что он полностью встраивается в платформу автоматизации 800xA, взаимодействуя там с устройствами ввода-вывода, приводами, различными сетями, интерфейсом оператора, преимущество этого контроллера в его огромных возможностях по программированию (в рамках стандарта IEC 61131-3) и характеристиках центрального процессора (рис. 5).

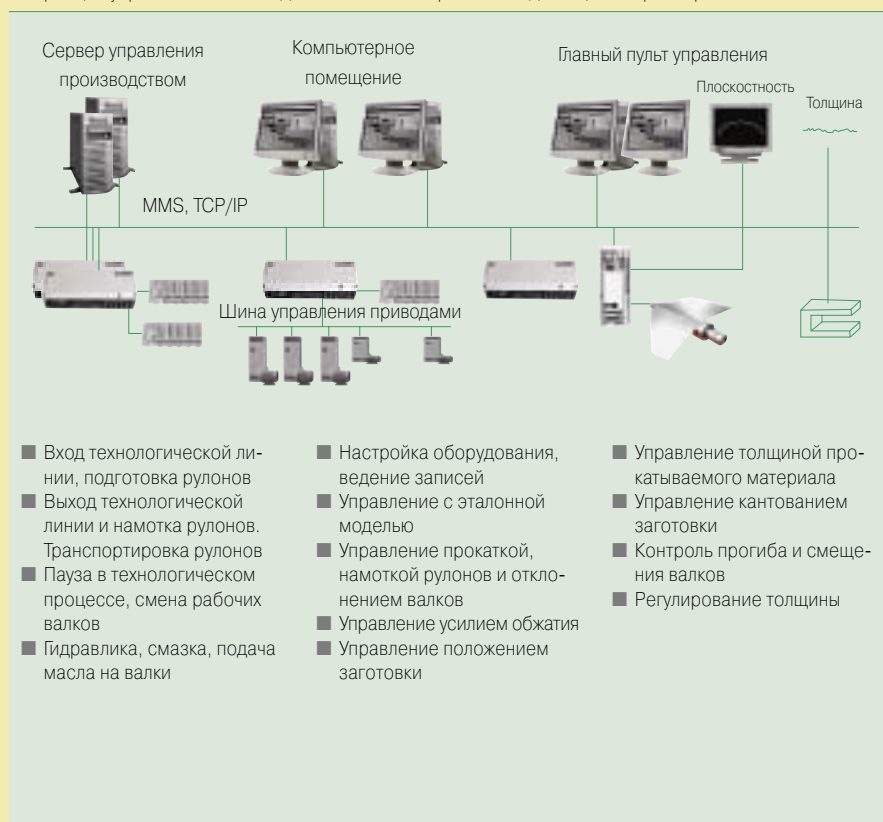
Выигрыш заказчика в этом случае – снижение отклонений в толщине проката почти на 50% (в среднем, зависит от материала).

Главное в прокатном производстве – соблюдение достаточно узкого допуска толщины проката. Такой допуск диктуется особенностями последующей глубокой вытяжки³⁾ алюминиевого и сталь-

Таблица 2 Основные характеристики технологического процесса холодной прокатки

Наибольшее усилие обжатия валками	30 МН
Наибольшая масса валков прокатного стана	40 тонн
Наибольшее ускорение в процессе прокатки	2 м/с ²
Наибольшая скорость в процессе прокатки	150 км/ч
Наименьшая толщина листового проката	6 мкм
Допуск толщины проката	0.5... 1,0%

6 Принцип управления MIMO с динамической оперативной адаптацией параметров



За счёт использования мощного контроллера AC 800PEC с его способностью помимо программ стандарта IEC 61131-3 работать в коде «С», было найдено новое решение для управления толщиной листа при холодной прокатке. Это решение основано на концепции управления MIMO (Multi-Input Multi-Output). Выигрыш заказчика в этом случае – снижение отклонений в толщине проката почти на 50% (в среднем, зависит от материала).

Растущее разнообразие продукции требует от производства большей гибкости.

Мощный и разносторонний...

Благодаря разным уровням программирования контроллера AC 800PEC, он может использоваться в широком диапазоне применений – от алгоритмов управления быстропротекающими процессами в силовой электронике до управления технологическими процессами в целом.

6 Принцип управления MIMO с динамической оперативной адаптацией параметров



ного листа для изготовления металлической тары или частей автомобилей. Чем однородней можно выдержать толщину листа при прокатке, тем меньше минимально возможная толщина проката. А это экономия материала, веса и в конечном счёте выигрыш в «цене-качестве». Чтобы управление процессом прокатки было эффективным, необходимы хорошо согласованные между собой работа механического, электрического и гидравлического оборудования, оснащённость контрольно-измерительной аппаратурой, обес-

печение технологической смазкой и стратегия управления (рис. 6).

Имеющиеся в настоящее время алгоритмы управления толщиной проката составляются из одиночных циклов опережающего регулирования. Возможности таких алгоритмов в смысле достижимой толщины ограничены, так как в них не полностью учитывается зависимость между толщиной проката, положением валков и силой обжатия [3].

Армин Айхман

ABB Switzerland Ltd.
Турки, Швейцария
armin.eichmann@ch.abb.com

Андреас Фольмер

ABB Automation GmbH
Мангейм, Германия
andreas.vollmer@de.abb.com

Литература

- [1] Peter Bruderer Stadler Rail Bussnang, Description of FLIRT train, Railvolution 4/04 pages 58-72
- [2] The Mathworks, User Manual Release 12.1, In particular Matlab, Simulink, Real Time Workshop, Stateflow, Stateflow Coder
- [3] ABB in metals, <http://www.abb.com/>

¹⁾ Дополнительную информацию о контроллере AC 800PEC можно найти в статье «Об одном способе разработки» на с. 62

²⁾ FLIRT: «Flinker Leichter Innovativer Regional Triebzug» – «Новый скоростной лёгкий поезд для регионального сообщения»

³⁾ Вытяжка – процесс формовки металлического листа в детали цилиндрической или призматической формы с использованием штампа. При глубокой вытяжке глубина детали больше размеров её основания.