

ном, без которого работа машин невозможна. Но при этом и сам человек уже не видит своего существования без машин, которые дают ему работу и средства к существованию.

Заглядывая вперед, можно уверенно сказать, что и машины, и сам человек, работающий с машинами, будут развиваться. От машин будут требоваться новые возможности и функции, а от человека — знания и понимание процессов, которые осуществляют машины. Только при таких условиях развития возможно их совместное существование.

Список литературы

1. Кудинов А.С. Способы интерполяции на СЧПУ Sinumerik 840D Solution Line. // Автоматизация в промышленности. №5 2013.

2. Кудинов А.С. Системы ЧПУ Sinumerik 840D solution line: компенсация ошибок, влияющих на качество производства // Автоматизация в промышленности. №5. 2010.
3. История промышленных роботов // Intech – intelligent technologies. 2010. Октябрь.
4. SINUMERIK 840D sl / 828D Special functions // Function Manual 03/2013 https://support.automation.siemens.com/WWW/llisapi.dll/csfetch/64932746/FB3_0712_en_en-US.pdf.
5. Application example for connection of a KUKA robot with KR C4 to a SINUMERIK 840D sl with NCU 7x0.3//SINUMERIK Integrate Run MyRobot. Application Description. March 2013. https://a248.e.akamai.net/cache.automation.siemens.com/dnl/DQ/DQxODE0NQAA_67701073_Tools/RMR_DOKU_V20_E_1.pdf.

Кудинов Александр Сергеевич – ведущий специалист по продукту ООО "Сименс".

Контактный телефон (495) 737-1-737.

E-mail: Alexander.Kudinov@siemens.com Http://www.sinumerik.ru

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ РЕШЕНИЯ НА БАЗЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ ПЛАТФОРМ

ПОСТРОЕНИЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫМ ОБРАБАТЫВАЮЩИМ ЦЕНТРОМ VMG 50

Г.М. Мартинов, Н.В. Козак,
Р.А. Абдуллаев, И.А. Ковалев (МГТУ «СТАНКИН»)

Рассмотрено построение специализированной распределенной системы управления прецизионным обрабатывающим центром для особо крупных деталей VMG 50. Представлена структура системы управления станком. Рассмотрены особенности в реализации задач многокоординатной обработки, взаимодействия с ПЛК и многотерминального управления.

Ключевые слова: система ЧПУ, структура системы управления, многокоординатная обработка, многотерминальное управление, интерфейс ЧПУ – ПЛК.

На «Краснодарском станкостроительном заводе «Седин» (г. Краснодар) создан экспериментальный образец прецизионного обрабатывающего центра VMG50 для обработки крупногабаритных изделий (рис. 1, на схеме оператор представлен в масштабе станка). Диаметр заготовки на планшайбе достигает 5 м, длина рабочей области — 14 м. Конструктивные решения направлены на реализацию широкого набора функций по обработке крупногабаритных изделий. Базовой идеей технологического оборудования является концентрация выполняемых операций с минимальным числом переустановок заготовок [1], что повышает точность изделия и сокращает время его производства. Необходимость реализации на одном станке широкого набора функций по обработке предъявляет повышенные требования к системе

управления¹ [2]. Станок оснащен специализированной многотерминальной отечественной системой ЧПУ, скомпонованной на основе базовой вычислительной платформы «АксиОМА Контрол», производства Государственного инжинирингового центра МГТУ «СТАНКИН» [3]. Система ЧПУ реализует принципы открытости, модульности и масштабируемости, что позволяет беспрепятственно добавлять модули по управлению дополнительным технологическим оборудованием.

При построении специализированных решений систем ЧПУ на станках с нетрадиционной конструкцией или станках, реализующих новые виды обработки материалов, необходимым требованием является открытость системы управления. Импортные системы управления не могут предоставить достаточный

¹ Работа выполнена в рамках программы государственной поддержки ведущих научных школ: НШ-3890.2014.9, гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых кандидатов наук МК-6495.2013.9 и при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания в сфере научной деятельности.

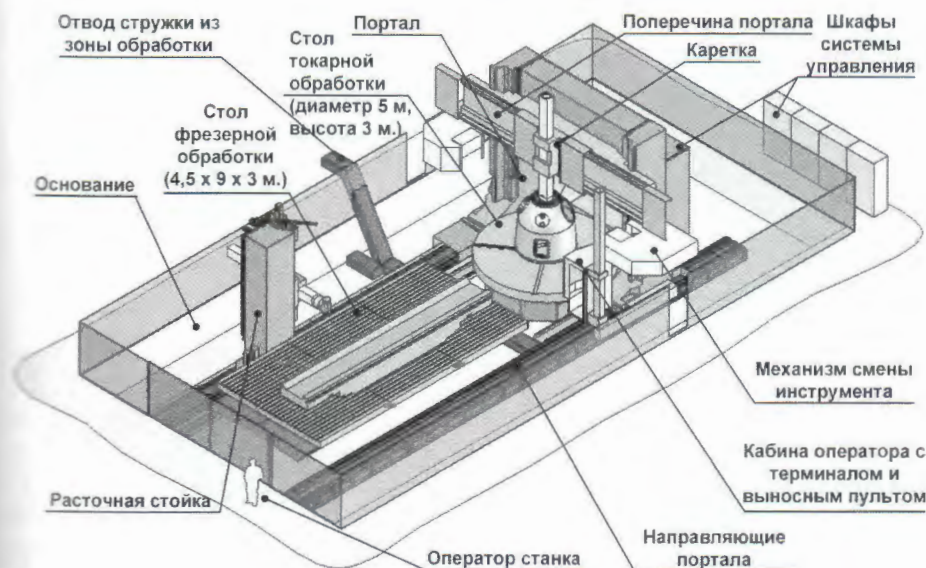


Рис. 1. Эскиз станка VMG50 в масштабе с оператором

уровень открытости для внедрения необходимых алгоритмов управления и интеграции специализированных (сторонних для ЧПУ) подсистем программно-аппаратных средств станкостроителя [4, 5].

Одним из требований к данной системе ЧПУ является возможность «горячего» подключения привода инструментальной головки. Система ЧПУ реализует специальный режим, в котором изменяется набор задействованных приводов движения в текущей конфигурации оборудования станка. Сервопривод движения поворотной оси инструментальной головки (ось В) при запуске станка может не иметь включенного электродвигателя, поэтому должен оставаться в неактивном состоянии, в то время как другие оси станка работают. При выполнении смены

инструментальной головки на ползуне шпинделя через специальные разъемы производится коммутация силовых и информационных связей с двигателем. «Горячее» подключение привода к системе ЧПУ требует производить реинициализацию циклических данных протокола управления, то есть включить в структуру обмена ранее не задействованный привод.

Обобщенная архитектура системы управления обрабатывающего центра

Оператор осуществляет управление станком с одного и с двух терминалов, также он может это делать применением выносного пульта. Электрошкаф системы управления разделен на две части, первая из которых размещена на фундаменте станка, вторая находится на портале в непосредственной близости к исполнительным устройствам, что позволяет сократить длину силовых кабелей. С левой стороны расположена расточная стойка, которая управляется отдельным каналом системы ЧПУ.

Четыре привода осуществляют перемещения портала по оси Y — по два на каждой направляющей с противоположных сторон (рис. 2). Задача управления системы ЧПУ состоит в их жесткой синхронизации по схеме master-slave (ведущий — ведомый), отслеживании и компенсации величины рассогласования во избежание перекосов портала. Решение с использованием четырех приводов продиктовано необходимостью обеспечить жесткость конструкции и снизить возможные погрешности от механических факторов, деформаций и т. п.

Архитектура системы ЧПУ (рис. 3) включает ядро, работающее в ОС Linux RT с платой управления SERCANS, которая является ведущей (master) для основной SERCOS сети [6]. Оси С и Y имеют свои SERCOS подсети, построенные по принципу master-slave. Конфигурирование подсетей реального времени осуществляется с помощью машинных параметров в системе ЧПУ. Синхронизация приводов порталных осей Y и W реализуется ядром системы ЧПУ. Входы/выходы электроавтоматики подключается через баскаплер (bus-coupler) по протоколу SERCOS для работы со встроенным в систему ЧПУ soft-

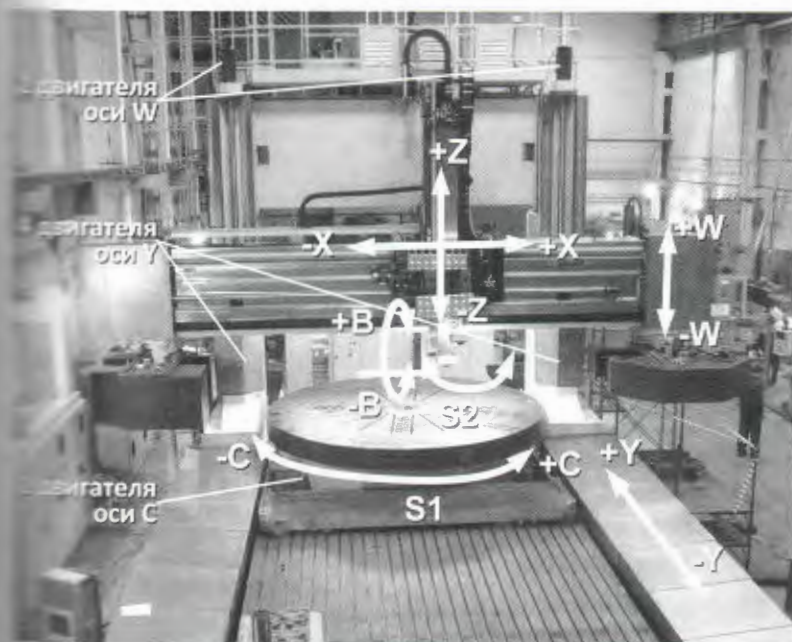


Рис. 2. Внешний вид и кинематическая схема станка VMG50

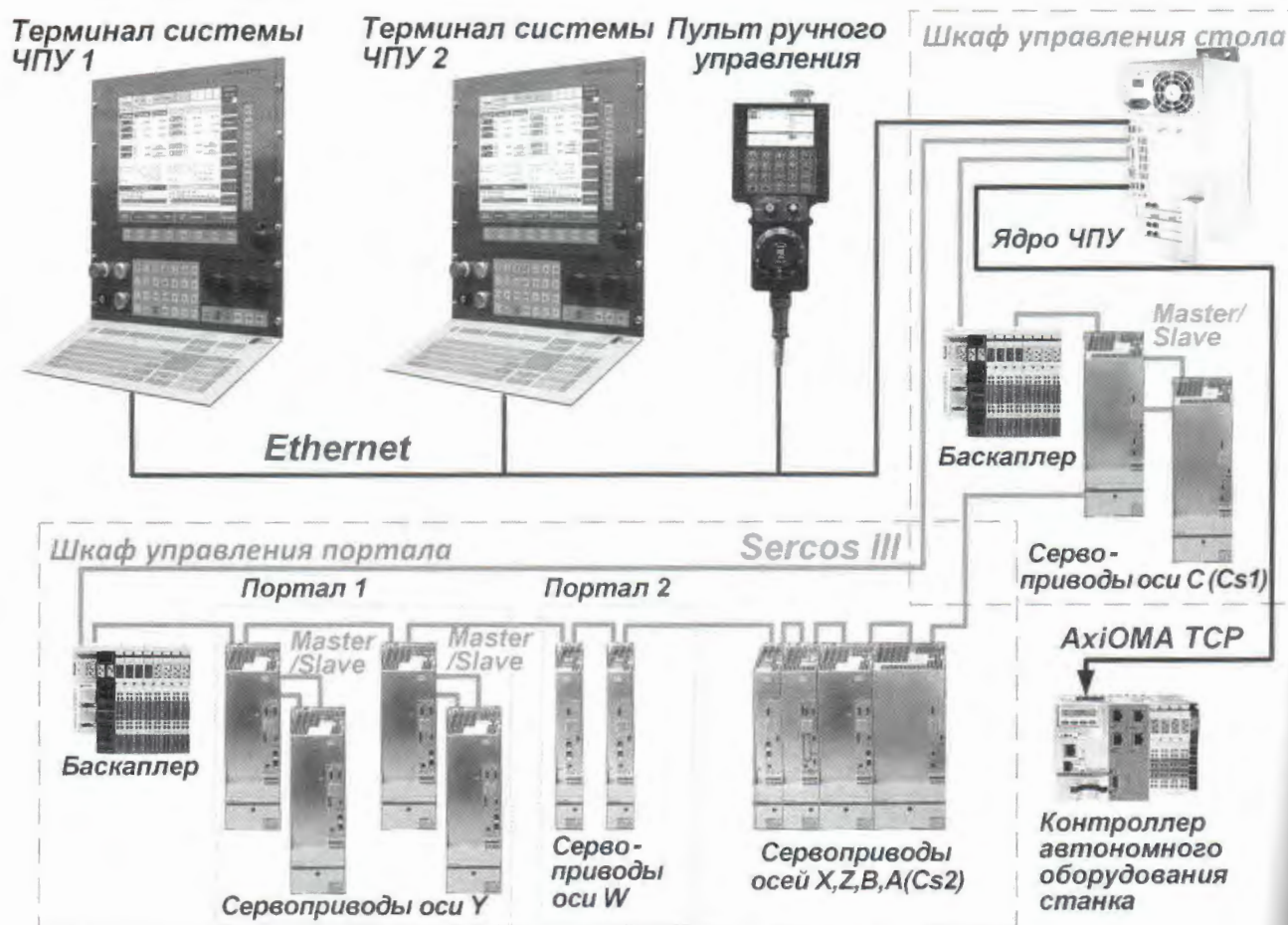


Рис. 3. Структура модулей системы ЧПУ «АксиОМА Контрол» для станка VMG50

PLC. Модули баскаплеров с набором входов/выходов встроены в каждый шкаф электроавтоматики и подключены к основной SERCOS сети.

Две панели оператора и переносной пульт подключены через промышленный сетевой концентратор (хаб, англ. *hub*) к ядру системы ЧПУ по сети Ethernet. Ядро системы ЧПУ воспринимает управляющие команды только с активной панели управления SERCOS, для чего реализован специальный механизм передачи управления между панелями и пультом ручного управления.

Многокоординатная обработка

Обработывающий центр VMG50 реализует многокоординатную обработку и обладает специфичной кинематической схемой, что требует более емкого решения задачи по вычислению траектории движения инструмента. В рамках геометрической задачи системы ЧПУ применяется специализированный модуль кинематической трансформации, который производит расчет приращений позиций приводов, необходимых для достижения инструментом заданной точки [7]. Использование модуля кинематической трансформации позволяет настраивать систему ЧПУ для станков с уникальными кинематическими схемами.

Функцией модуля кинематической трансформации является решение прямой задачи кинематики,

в контексте системы ЧПУ сводящееся к нахождению декартовых координат инструмента, исходя из заданных позиций приводов, а также более сложная (как правило) функция решения обратной задачи (нахождение позиций приводов на основе заданных координат инструмента). На станке VMG50 данная функция модуля применяется для расчета зависимости координат интерполируемой оси Z от координат оси W, которая выполняет только установочные перемещения.

Модульная конструкция станка VMG50 позволяет производить распараллеливание процесса управления, например, при использовании расточной головки на фрезерном столе. Такое распараллеливание требует многоканального управления от системы ЧПУ. В системе ЧПУ модуль синхронизации управления (в геометрической задаче) обеспечивает согласованную работу групп осей и синхронизацию управляющих программ, выполняемых на нескольких каналах управления. Оси станка логически разбиваются по каналам, модуль синхронизации предоставляет в коде управляющей программы механизм передачи оси из одного канала в другой.

Особенности в реализации логического управления

При построении подсистемы управления станка автоматикой обрабатывающего центра VMG50 реализованы некоторые особенности, а

Название	Заголовок пакета		Заголовок набора данных в пакете				Заголовок группы данных				Таблицы данных				
	Идентификатор	Размер пакета данных	Счетчик пакетов	Размер данных общей части	Сдвиг группы глобальных данных	Сдвиг данных каналов	Сдвиги данных N	Сдвиг таблицы ошибок	Размер группы данных	Тип группы	Количество таблиц данных в группе	Размер таблицы данных	Таблицы данных группы	Заголовок группы данных	...
	1	2	2	2	2	2	2xN	2	2	1	1	1	«Размер таблицы» x «количество»	5	...

Рис. 4 Структура данных в интерфейсе ЧПУ-ПЛК

... функций реализует внутренний программно-реализованный контроллер (Soft PLC) системы ЧПУ, с другой стороны функции управления автономным оборудованием обрабатывающего центра реализует внешний контроллер Bosch Rexroth CML65. Для реализации коммуникации с внешним контроллером автономного оборудования станка (ПЛК) был построен объектно-ориентированный коммуникационный канал связи на основе сети Ethernet — АxiOMA TCP.

Базовым принципом в управлении крупногабаритными станками является приоритет команд и сигналов от ПЛК над управляющими командами от ядра системы ЧПУ. Без получения разрешения от контроллера электроавтоматики система ЧПУ не имеет возможности выполнять движения или переходы в различные состояния управления. Если в процессе обработки ПЛК определит неисправность узла обрабатывающего центра, он может дать команду ядру системы ЧПУ приостановить процесс обработки или запретить движения исполнительных органов станка.

Согласно принципам объектно-ориентированного формата интерфейсных данных, используемый для взаимодействия по универсальному каналу связи «АxiOMA TCP», имеет «блочную» структуру (рис. 4). Каждый блок интерфейсных данных формируется в соответствии с конфигурацией системы ЧПУ (число осей, шпинделей и т.п.). Канал связи обеспечивает циклическую передачу и обновление интерфейсных данных между ЧПУ и ПЛК. Подобное решение используется в системах ЧПУ Siemens, протокол обмена ЧПУ — ПЛК конфигурируется как набор блоков данных (DB — data block) и содержит в спецификации более 1000 их специализированных вариантов.

Для работы с интерфейсными данными ЧПУ управляющей программе ПЛК реализованы функциональные блоки, предоставляющие набор входных/выходных сигналов интерфейса с ЧПУ. Каждый функциональный блок представляет абстракцию области управления или данных станка — канал, ось, шпиндель и т.п.

Представленный подход к составлению интерфейсных данных ЧПУ позволяет сделать обмен информацией между системой управления и устройствами электроавтоматики более динамичным. Расшифровка пакета интерфейсных данных осуществляется последователь-

ным считыванием данных при помощи полученных в заголовках пакета смещениях. Ошибки расшифровки, связанные с доставкой «испорченного» пакета исключает протокол физического уровня (TCP). Такой подход позволяет, не выходя за рамки стандартизированных промышленных протоколов обмена (например, Modbus TCP), варьировать число и размер блоков данных.

Многотерминальное управление

Многотерминальное соединение различных устройств визуализации и ввода/вывода пользовательских данных с системой управления находит все более широкое применение в системах ЧПУ [8]. Для этой цели концерн Siemens использует специальные интерфейсные модули MPI (multipoint interface) для реализации соединения между сервером данных (системой управления) и клиентами. Эти модули имеют аппаратную реализацию и должны находиться в каждом устройстве для установки сетевой связи. Интерфейс MPI позволяет объединять до 32 сетевых узлов, в качестве которых могут использоваться программаторы, контроллеры, терминалы оператора, выносные пульты и другие приборы и системы человеко-машинного интерфейса.

Управляющая платформа «АксиОМА Контроль» позволяет организовывать сетевой и удаленный доступ к функциям системы ЧПУ. Во внутренней сети станка, цеха или производства возможно прямое подключение по локальной сети до восьми клиентов. Клиентами являются терминалы управления, пульт ручного управления, мобильные клиенты, при этом доступ к функциям управления ЧПУ разграничивается.

Для станка VMG50 в рамках его локальной сети клиентами ядра системы ЧПУ являются два терминала и пульт ручного управления. На аппаратном уровне терминалы оператора, пульт и ядро ЧПУ соединяются между собой с помощью промышленного сетевого концентратора [9]. Контроль активности того или иного клиента управления осуществляется в ядре. Компонент многотерминального управления ядра системы ЧПУ имеет информацию о подключенных клиентах и их конфигурации (компоновка устройств в терминалах управления). Обработка запросов на активацию или отключение клиентов осуществляется на основе данных их текущего состояния, также запросы о возможности активации клиентов обрабатываются на стороне ПЛК.

Заключение

Обрабатывающий центр VMG50 по его габаритам и особенностям кинематики можно отнести к станкам с нетрадиционной конструкцией. Такие станки

предъявляют повышенные требования к системе ЧПУ [10]. Модульная компоновка и возможность наращивания функций станка (например, использование расточной стойки) предъявляет требования открытости и масштабируемости системы управления. В системе управления, построенной на основе базовой управляющей платформы «АксиОМА Контрол», используются специализированные программные модули для реализации функций многокоординатной обработки, много-терминального управления, построения коммуникационного канала связи с внешним ПЛК. Система открыта для расширения набора специализированных функций под потребности модулей обрабатывающего центра.

Список литературы

1. *Сосонкин В.Л., Мартинов Г.М.* Программирование систем числового программного управления: Учеб. пособие. М. Логос, 2008. 344 с. + компакт-диск.
2. *Мартинов Г.М., Мартинова Л.И.* Анализ систем ЧПУ, представленных на Международной выставке «Металлообработка-Технофорум-2009», их новизна и особенности // Автоматизация в промышленности. 2009. № 12. С. 59-65.
3. *Мартинов Г.М., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Григорьев А.С., Обухов А.И., Мартинова Л.И.* Метод декомпозиции и синтеза современных систем с ЧПУ // Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. С. 9-15.
4. *Мартинова Л.И., Козак Н.В., Нежметдинов Р.А., Пушков Р.Л., Обухов А.И.* Практические аспекты приме-

нения отечественной многофункциональной системы ЧПУ "АксиОМА Контрол" // Автоматизация в промышленности. 2012. № 5. с. 36-40.

5. *Georgi M. Martinov Aleksandr B. Ljubimov, Anton S. Grigoriev Liliya I. Martinova.* Multifunction numerical control solution for hybrid mechanic and laser machine tool // Procedia CIRP 1 (2012) p.p. 277-281.
6. *Grigoriev S., Martinov G.* Scalable open cross-platform kernel of PCNC system for multi-axis machine tool // 5th CIRP Conference on High Performance Cutting 2012. Procedia CIRP 1 (2012). P. 255-260.
7. *Grigoriev S.N., Martinov G.M.* Decentralized CNC automation system for large machine tools. Proc. of COMA 13, International Conference on Competitive Manufacturing Stellenbosch (South Africa), 2013, pp. 295-300.
8. *Пушков Р.Л., Евстафиева С.В., Соколов С.В., Абдуллаев Р.А., Никишечкин П.А., Кулиев А.У., Сорокоумов А.Е.* Практические аспекты построения много-терминального человеко-машинного интерфейса на примере системы ЧПУ "АксиОМА Контрол" // Автоматизация в промышленности. 2013. № 5. С. 37-41.
9. *Козак Н.В., Мартинова Л.И., Савинов К.А., Дубровин И.А.* Построение гетерогенной распределенной компьютерной системы управления для высокотехнологичных децентрализованных производств на основе web-технологий // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 11. с. 44-48.
10. *Григорьев С.Н., Мартинова Л.И.* Подход к построению информационно вычислительных сред виртуальных производственных корпораций // Межотраслевая информационная служба. 2012. № 4. С. 31-37.

Мартинов Георгий Мартинович — д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой

Козак Николай Владимирович — канд. техн. наук, доцент

Абдуллаев Роман Ахматалиевич — преподаватель

Ковалев Илья Александрович — аспирант кафедры «Компьютерные системы управления»

МГТУ «СТАНКИН»

Контактный телефон (499) 972-94-44

E-mail: kozak@ncsystems.ru

Мониторинг и сбор данных о распределении электроэнергии в интеллектуальных электросетях на базе подсистемы Petaluma

Коммунальные компании и поставщики инфраструктурных услуг теперь смогут получать точные синхронизированные данные о мощности в распределенных электросетях с помощью подсистемы Petaluma компании Maxim Integrated Products Inc.

Во всем мире коммунальные компании внедряют более надежные приложения, которым для реализации технологий распределенной генерации энергии (например, в солнечных и ветроэнергетических установках) требуются высокоточные данные о состоянии распределенных электросетей. Данные о напряжении и силе тока должны поступать одновременно по всем каналам, чтобы коммунальные компании могли оценить синхронизацию фаз и гарантировать максимальную работоспособность всей сети. Petaluma — высокоскоростной 8-канальный входной аналоговый интерфейс (Analog Front-End — AFE) с одновременной выборкой — позволяет вести параллельный мониторинг данных обо всех фазах сети, благодаря чему менеджеры сети смогут оптимизировать сигнальные цепи для автоматизации распределения электроэнергии.

Подсистема Petaluma настраивается на частоту сигнала 50 или 60 Гц и способна работать в энергосетях всего мира.

Одновременная выборка данных по трем фазам осуществляется с низким энергопотреблением порядка 1 Вт. Высокая скорость выборки (250 тыс. выборок в секунду на канал) в сочетании с 16-битной точностью гарантирует быстрый отклик на отказы в сети. Подсистема Petaluma может работать в любых приложениях с одновременной выборкой по нескольким входным аналоговым каналам, например, в системах управления многофазным двигателем и промышленных датчиках вибраций для точного учета мгновенных значений энергопотребления.

Ключевые преимущества.

- Высокая точность: 16-битный АЦП и внешний источник опорного напряжения обеспечивают наивысшую точность 0,02% и максимальный температурный коэффициент 3 ppm/°C.
- Одновременная выборка: подсистема содержит восемь высокоскоростных (250 тыс. выборок в секунду) аналоговых входных каналов, рассчитанных на сигналы ± 10 В, с возможностью одновременной выборки.
- Низкое энергопотребление: Petaluma потребляет мощность порядка 1 Вт.

[Http://www.maximintegrated.com](http://www.maximintegrated.com)