

ОБНОВЛЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПИТАНИЕМ ОСНОВНОГО УСКОРИТЕЛЯ ALBA

Р. Петрочелли, Д. Аллоза, С. Бланш, О. Матилла,
Синхротрон ALBA-CELLS, Серданьола-дель-Валлес, Каталония.

Аннотация: В данной статье представлен проект модернизации системы управления источниками питания главного усилителя синхротрона ALBA. Приводится краткое описание блоков питания усилителя и предпосылки для этого обновления. Рассматриваются несколько предложенных вариантов. Также представлены различные возможные архитектуры. В заключении даются выводы о том, как осуществляется подобный проект.

Введение

ALBA - это синхротронный источник света третьего поколения на 3 ГэВ, используемый с 2012 года. Система инжекции состоит из линейного усилителя на 100 МэВ в качестве предварительного инжектора, за которым следует ускоряющий синхротрон с полной энергией. Для ускорителя требуются преобразователи мощности переменного тока (ПК), работающие на частоте 3,125 Гц с синусоидальной формой волны тока.

Источники питания главного ускорителя

Основные источники питания ускорителя - это блоки питания, питающие основные магниты ускорителя-усилителя. Основные магниты выполняют задачи по изгибу и фокусировке электронного пучка в усилителе-ускорителе. Корректирующие магниты исключены из этой группы. Основные источники питания бустера обеспечивают питание пяти различных групп магнитов. Одна группа образована поворотными магнитами, а другие четыре группы - четырёхпольными магнитами [1]. Все магниты в группе соединены последовательно. Некоторые характеристики и нагрузки основных источников питания усилителей приведены в таблице 1.

Предпосылки обновления

Основная причина модернизации системы управления основными источниками питания ускорителя - моральный износ некоторых компонентов. Это делает их обслуживание очень дорогим. Система управления является полностью индивидуальной разработкой конкретного производителя и больше не используется для новых разработок. Другой причиной обновления является отсутствие гибкости для реализации новых функций в существующих системах управления. После некоторого времени эксплуатации к основным источникам питания бустеров предъявляются новые требования. Эти новые требования не могут быть удовлетворены существующей системой управления. Новые требования связаны с повышением надежности источников питания и с линейным нарастанием повторяемости выходного тока.

Описание системы

В этом разделе дано краткое описание системы управления. Вначале дается описание основных функций управления блоком питания. Затем перечислены некоторые из новых запрошенных функций новой системы управления.

Ключевая особенность

Режим линейного насыщения

Источники питания основного усилителя работают в так называемом режиме линейного нарастания. Выходной ток источников питания представляет собой приподнятую волну синусоидальной формы, которая соответствует приращению энергии электронов в ускорителе-усилителе. Слежение между различными источниками питания - это соотношение между разницей выходных токов и значением одного выхода.

$$NTE = (I_{ps1}(t) - I_{ps2}(t)) / (I_{ps1}(t))$$

Отслеживание осуществляется между источниками питания

Когда отслеживание осуществляется между источниками питания с разными пиковыми значениями выходного сигнала, ошибка отслеживания определяется как:

$$NTE = (I_{ps1}(t) - K * I_{ps2}(t)) / (I_{ps1}(t))$$

Рисунок 1: Основные источники питания усилителя во время введение в эксплуатацию

Где K - коэффициент для нормализации выходных значений. Спецификация для основного источника питания усилителя - ошибка отслеживания лучше 0,1%. Это довольно сложно при малых токах (десятки ампер).

Интеграция с системой отсчета времени

Выход основных источников питания бустера должен быть синхронизирован с остальными системами синхротрона. По этой причине требуется триггерный вход. Сигнал запуска запускает линейное изменение выходного тока.

Разрешение

Разрешение, необходимое для основных источников питания усилителя, составляет 5 частей на миллион.

Желаемые особенности

Непатентованная система

Использование сторонних компонентов - одна из основных целей новой системы управления. Эта функция желательна в аппаратных и программных компонентах. Что касается оборудования, необходимо использовать стандартные шины и компоненты, чтобы избежать устаревания в ближайшем будущем. Что касается программного обеспечения, ALBA сочла необходимым иметь право изменять программное обеспечение для исправления ошибок, которые могут появиться после многих лет эксплуатации, для выполнения обновлений и добавления новых функций.

Обновляемая и обновляемая система

Увеличенный срок службы ускорителей ALBA делает весьма вероятными обновления и обновления различных систем. Основные источники питания усилителей не исключение. Новая система управления должна допускать

будущие обновления и добавление новых функций, чтобы избежать устаревания компонентов в будущем.

Расширенные диагностические возможности

Нынешняя система управления имеет очень небольшие диагностические возможности. Это ограничивает возможности выполнения онлайн-диагностики источников питания. Для технического обслуживания по состоянию необходима лучшая диагностическая система

Ключевые компоненты

В этом разделе кратко описаны ключевые компоненты системы управления.

Высокая точность сбора данных

Выходная мощность любой системы управления с обратной связью не может быть лучше, чем измерение этого. В случае основных дополнительных источников питания высокие требования к разрешающей способности (5 ppm FS) и ошибки слежения (0,1%) делают систему сбора данных одним из ключевых компонентов системы.

Высокоточная ШИМ

Другим ключевым компонентом системы управления / регулирования является прецизионный широтно-импульсный модулятор (ШИМ). Полностью цифровой ШИМ-модулятор имеет большие преимущества с точки зрения теплового дрейфа, старения и воспроизводимости. С другой стороны, добиться высокого разрешения, когда цифровой модулятор работает на десятках килогерц, является сложной задачей.

Система синхронизации

Выходной ток основных источников питания усилителя должен соответствовать приросту энергии электронов в ускорителе усилителя. Синхротрон во всем синхротроне управляется системой отсчета времени, которая выдает сигналы для запуска событий в остальные системы. Источники

питания должны принимать эти сигналы и производить выходной ток с необходимой точностью и погрешностью отслеживания.

Варианты обновления

Оцениваются различные подходы к модернизации системы управления. У всех подходов есть достоинства и недостатки. Следует отметить, что все запланированные задачи должны укладываться в жесткий график работы синхротрона, создавая минимальные неудобства для пользователей. Оценивались следующие подходы:

Новый источник питания сторонней компанией

В настоящее время рассматривается возможность приобретения комплектных блоков для замены существующих источников питания. Главное преимущество этого варианта - переложить риски этого проекта на внешнюю компанию. К недостаткам относится высокая стоимость и проблемы, которые рассматриваются в следующем выпуске.

Рисунок 2: Выходной ток источника питания и ошибка отслеживания

Замена контроля сторонней компанией

Эта опция снизит стоимость обновления. Проблема в этом варианте заключается в том, как обеспечить использование упомянутых выше несобственнических и обновляемых функций. Возможное решение - подписать лицензионное соглашение с внешней компанией, включая ноу-хау и обучение. Есть еще один вопрос, который необходимо учитывать при передаче этого проекта сторонней компании. Источники питания, такие как основные блоки питания усилителей - это индивидуальные проекты для производителей, а не продукты COTS (готовые к продаже). Наш опыт показывает, что производители не тратят ресурсы на устранение «ошибок» по истечении гарантийного срока или добавление новых функций или обновлений. Это затрудняет обслуживание источников питания в долгосрочной перспективе.

Собственный проект

Основное преимущество этой опции - полное управление всеми аспектами системы управления. Это также облегчит совместимость рабочего календаря с задачами тестирования и ввода в эксплуатацию.

Предлагаемые контрольные архитектуры

Несколько архитектур оцениваются для модернизации системы управления для основных источников питания усилителей.

Полностью индивидуальный заказ

Полная индивидуальная разработка - это один из вариантов обновления системы управления. Основным недостатком этого варианта является то, что обновления или обновления могут повлечь за собой переработку всей системы.

Интеграция продукта COTS плюс индивидуальный дизайн, когда компонент отсутствует на рынке

Таким подходом пытаются решить недостатки полного нестандартного дизайна. Использование продуктов COTS (коммерческих «с полок») позволяет заменять устаревшие компоненты новыми компонентами с той же функцией. Взаимосвязь между различными компонентами будет осуществляться с помощью стандартных шин и протоколов. ALBA-CELLS использовала этот подход для разработки современного электрометра. (Справка). Приобретенный опыт будет использован для разработки инструментальной платформы общего назначения. Это хорошая основа для разработки новой системы управления для главных источников питания усилителей [2,3].

Выводы

В ближайшее время будет рассмотрен вопрос модернизации системы управления главными источниками питания бустеров. Определены основные и желаемые характеристики. Были определены ключевые компоненты и проанализированы различные подходы к этим обновлениям.

В ходе анализа этого проекта были извлечены некоторые уроки. Эти уроки были для системы электропитания, но их можно было применить к любому дорогостоящему критически важному оборудованию, выполненному по индивидуальному заказу.

- Спецификация сложных систем должна включать определенные интерфейсы между различными компонентами. Наличие этих интерфейсов поможет создать иерархическую структуру с четкими границами программного и аппаратного обеспечения. Эта иерархическая структура упрощает будущие обновления или замену устаревших компонентов, а также позволяет независимо тестировать каждый компонент системы.

Также желательно определить интерфейсы, совместимые с компонентами COTS. Это может увеличить начальную стоимость продукта, но удешевит обновления или обновления.

- Процесс закупки должен включать всесторонний анализ дизайна. Приемка продукта должна производиться только после полной проверки исполнительной документации.

- Полностью индивидуализированный продукт «под ключ» может иметь скрытые затраты на обслуживание. Хотя исходная роль должна быть конечным пользователем, возможны сценарии, в которых необходимо взять на себя роль дизайнера.

- Первоначальные требования к большим системам, таким как главные источники питания бустеров, могут измениться после многих лет эксплуатации.

- Полностью настраиваемый продукт может не иметь полной поддержки со стороны производителей в долгосрочной перспективе или эта поддержка может быть очень дорогой.

- Модификация большой системы может быть очень сложной без вмешательства в работу оборудования. Время ввода в эксплуатацию для модернизации очень сложно уместить в рабочем календаре.

Список использованных источников

[1] M. Pont, *et al.* "Power converters for alba booster", presented at International Particle Accelerator Conference, IPAC'10, Kyoto, Japan. May 2010, paper WEPD067.

[2] M. Broseta, *et al.* , "Present and future of Harmony Bus, a real-time high speed bus for data transfer between FPGA cores", presented at ICALEPCS'17, Barcelona, Spain, October 2017, paper WEAPL01, this conference.

[3] J.Avila *et al.*, "Em# Electrometer comes to light", presented at ICALEPCS'17, Barcelona, Spain, October 2017, paper TUAPL04, this conference.