

P13-2007-170

В. В. Журавлев, А. С. Кириллов, Т. Б. Петухова,
А. П. Сиротин

**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМИ
МЕХАНИЗМАМИ СПЕКТРОМЕТРА НА РЕАКТОРЕ
ИБР-2 КАК СОВРЕМЕННАЯ ЛОКАЛЬНАЯ СЕТЬ
КОНТРОЛЛЕРОВ CAN**

Журавлев В. В. и др.

P13-2007-170

Система управления исполнительными механизмами спектрометра на реакторе ИБР-2 как современная локальная сеть контроллеров CAN

Представлены контроллеры SMC-32 и SMC-32-CAN как элементы систем управления исполнительными механизмами спектрометров ИБР-2. Контроллеры обеспечивают управление исполнительными механизмами спектрометров как по последовательной линии связи RS232, RS422 (SMC-32, SMC-32-CAN), так и по локальной сети CAN (SMC-32-CAN). Системы управления исполнительными механизмами легко модернизируются за счет подключения дополнительных элементов локальной сети CAN. Существенно улучшены динамические характеристики исполнительных механизмов спектрометров. Например, удалось поднять частоту вращения шагового двигателя ДШИ-200 до 10000 шагов в секунду.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И. М. Франка ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 2007

Перевод авторов

Zhuravlev V. V. et al.

P13-2007-170

Control System of Executive Mechanisms of a Spectrometer on the Reactor IBR-2 as a Modern Local Network of Controllers CAN

Controllers SMC-32 and SMC-32-CAN as elements of control systems by executive mechanisms of spectrometers IBR-2 are submitted. Controllers provide management of executive mechanisms of spectrometers on consecutive communication line RS232, RS422 (SMC-32, SMC-32-CAN), and on local network CAN (SMC-32-CAN). Control systems of executive mechanisms are easily modernized due to connection of additional elements of local network CAN. Dynamic characteristics of executive mechanisms of spectrometers are essentially improved. For example, it was possible to lift frequency of rotation of step motor DSHI-200 up to 10000 pps.

The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna, 2007

ВВЕДЕНИЕ

В работах [1–3] сформулированы основные подходы к созданию систем управления исполнительными механизмами спектрометров на реакторе ИБР-2 с целью их унификации и стандартизации. Однако современное развитие электронного и физического оборудования спектрометров выдвигает новые требования:

- быстрая смена парка компьютеров требует инвариантности систем управления экспериментальных установок к типу управляющего экспериментом персонального компьютера (ПК). Следовательно, представляется целесообразным использование какого-либо последовательного стандарта связи, например RS232, RS422, USB и др., широко применяемого в современных ПК;
- механическая система часто требует применения не только ограничительных концевиков или контрольных точек, но и датчиков положения;
- механическая система должна иметь возможность гибкого расширения за счет подключения датчиков в уже функционирующие системы;
- в процессе движения не желательна оперативная поддержка управляющего ПК;
- параметры, используемые для управления каждым из исполнительных механизмов, должны быть доступны для коррекции управляющему ПК, но перенесены на уровень программы интеллектуального контроллера.

Для реализации обозначенных выше задач был разработан представленный в данной публикации микроконтроллерный блок управления шаговыми двигателями SMC-32 с подключением к управляющему ПК через RS232/RS422.

Однако часто необходимо объединять элементы системы управления в «сеть», т. е. иметь не только доступ ПК к элементам системы управления, но и доступ элементов системы к информации друг друга.

Среди современных систем распределенного управления к настоящему времени на первое место вышла промышленная локальная сеть CAN [4].

Протокол CAN уже более 10 лет активно используется во всем мире. Современное развитие электронного и физического оборудования спектрометров созвучно CAN-технологии:

- необходимо объединение элементов систем управления в «сеть»;
- механическая система должна иметь возможность гибкого расширения за счет подключения дополнительных элементов управления через сетевой стандарт CAN, например, датчиков или различных приводов в уже функционирующие системы. Многие современные датчики и блоки управления моторами уже комплектуются CAN-интерфейсами;
- в процессе движения не желательна оперативная поддержка управляющего ПК, т.е. элементы локальной сети CAN при необходимости общаются на своем уровне.

Контроллер SMC-32-CAN, также представленный в данной публикации, является модификацией контроллера SMC-32 и обеспечивает управление как по линиям RS232, RS422, так и по CAN-линии.

Рассмотрим варианты построения систем управления исполнительными механизмами спектрометров реактора ИБР-2 на базе этих контроллеров.

1. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА SMC-32

Блок-схема системы управления исполнительными механизмами на базе SMC-32 (рис. 1) практически аналогична системе управления [5], где место контроллера управления движением занимает блок управления шаговыми

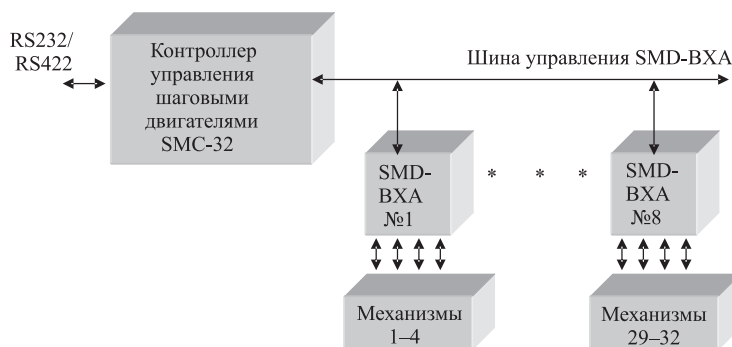


Рис. 1. Блок-схема системы управления исполнительными механизмами спектрометра на базе контроллера SMC-32

двигателями (БУШД-VME) в стандарте VME, задающий жестко программу движения: в заданном направлении заданное количество шагов с заданной скоростью.

Для аппаратной совместимости шина управления SMD-BXA осталась без изменения, что позволило использовать уже существующие коммутаторы-усилители шаговых двигателей [6].

Контроллеры обеспечивают управление исполнительными механизмами спектрометров по последовательной линии связи RS422, что дает возможность подключения на эту линию других устройств, например, датчиков положения, угловых датчиков и т. п. ПК через эти дополнительные устройства может проконтролировать правильность позиционирования, а затем дать еще одну команду на корректирующее движение. Аппаратно RS422 легко адаптируется в RS232 и подключается к последовательному COM-порту ПК.

2. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ НА БАЗЕ КОНТРОЛЛЕРА SMC-32-CAN

Блок-схема системы управления исполнительными механизмами на базе SMC-32-CAN представлена на рис. 2.

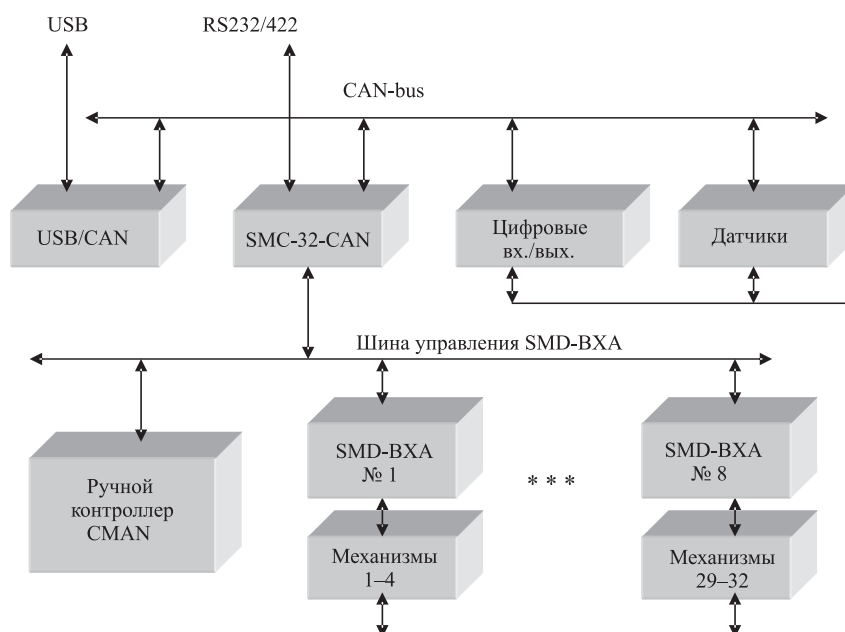


Рис. 2. Блок-схема системы управления исполнительными механизмами спектрометра на базе контроллера SMC-32-CAN

В отличие от SMC-32 контроллер SMC-32-CAN позволяет иметь в составе системы управления датчики, устройства ввода/вывода, подключенные непосредственно к линии CAN и доступные не только управляющему ПК, но и контроллеру.

Широкое распространение в современных системах управления промышленных сетевой стандарт CAN получил благодаря следующим характеристикам:

- он обеспечивает надежную и высокоскоростную (до 1 Мбит/с) связь;
- контроллеры с CAN обеспечивают надежное взаимодействие узлов бортовых систем автомобилей, самолетов и др.;
- промышленность выпускает широкую гамму преобразователей, например USB, к CAN, что позволяет подключать CAN-устройства к современным ПК;
- системы с CAN-стандартом легко расширяемы и модернизируемы. На линию CAN возможно подключение новых элементов систем управления. Современные датчики и блоки управления моторами уже комплектуются CAN-интерфейсами.

Контроллер SMC-32-CAN по команде от ПК управляет комплексом исполнительных механизмов спектрометра. Их подключение к контроллеру осуществляется через шину управления коммутаторами-усилителями шаговых двигателей SMD-BXA [2] или через соответствующие CAN-интерфейсы. Контроллер имеет последовательную линию связи RS422/RS232. Для управления двигателями он использует адресное пространство около 1000 16-разрядных слов.

С помощью адреса [1] производится пуск/останов движения. Другие параметры определяют динамические и конструктивные особенности механизмов. Это адресное пространство контроллера доступно как по линии CAN, так и по линии связи RS232/RS422, что дает возможность равноправного управления и тестирования контроллера с двух направлений.

Контроллер может использовать датчики положения, подключенные к сетевой шине CAN. Например, выполнив заданное количество шагов, блок может запросить датчик положения по линии CAN и самостоятельно выполнить корректирующее движение.

Протокол связи контроллера SMC-32-CAN с управляющим ПК обеспечивает доступ к адресному пространству блока. На рис. 3 представлена структура сообщений протокола обмена ПК и контроллера SMC-32-CAN. Сообщение состоит из 29-битного идентификатора (адрес приемника на линии CAN) и четырех 16-разрядных слов данных: адрес параметра, признак R/W, данные

R/W и «резервное» слово для развития протокола обмена в следующих модификациях контроллера.

Идентификатор сообщения является адресом блока в адресном пространстве CAN-сети. Для получения информации от контроллера выполняется следующая процедура:

- ПК посылает сообщение к контроллеру с запросом на чтение содержимого какого-либо адреса из адресного пространства контроллера SMC-32-CAN: этот адрес, признак R (0-чтение), данные R/W и «резервное» слово, значение последнего не используется;
- контроллер возвращает это сообщение, заменив содержимое слова «данные R/W» на прочитанные.

Для записи информации в определенный адрес контроллера ПК выполняется следующая процедура:

- ПК посылает сообщение к контроллеру с запросом на запись нового содержимого какого-либо адреса из адресного пространства контроллера SMC-32-CAN: этот адрес, признак W (1-запись), данные R/W и «резервное» слово;
- контроллер возвращает это сообщение, заменив содержимое слова «данные R/W» на прочитанные.

С помощью адреса [1] производится пуск/останов движения (запись 0-движение и запись 1-останов). Другие параметры определяют динамические и конструктивные особенности механизмов.



Рис. 3. Протокол обмена ПК и контроллера SMC-32-CAN

Шина управления SMD-BXA включает в себя номер двигателя (0–31), направление движения, импульсы шагов и состояние концевиков-ограничителей и двух контрольных точек (КТ1 и КТ2). Она обеспечивает аппаратную совместимость с уже существующими коммутаторами-усилителями шаговых двигателей SMD-BXA [3].

Ручной контроллер SMAN предназначен для удаленного управления (до 25 м) по шине SMD-BXA механизмами в условиях визуальной доступности. Частота выполняемых шагов 1–1000 Гц.

Датчики в системе управления могут быть как аппаратными, так и программными. Контроллер позволяет осуществлять подключение датчиков по высокоскоростной последовательной линии связи, например, с 12-разрядным угловым абсолютным датчиком ЛИРА-ДА-158А. Блок SMC-32-CAN в части, предназначенной для управления шаговыми двигателями, формирует программный датчик из выполненных шагов, отсчитанных от какого-либо исходного положения (ЛК — левый ограничитель-концевик, ПК — правый ограничитель-концевик, КТ1 — контрольная точка 1 или КТ2 — контрольная точка 2).

Контроллер SMC-32-CAN, блок-схема которого представлена на рис. 2, осуществляет поочередное управление 32 двигателями.

На каждом механизме допускается размещение до двух датчиков, ограничивающих диапазон перемещения, а также до двух контрольных точек для индикации определенных положений, наиболее часто используемых в ходе эксперимента.

Программа движения определяет следующие маскируемые остановы:

- при разрешенной маске произошел наезд на ЛК, ПК, КТ1 или КТ2;
- после выполнения заданного количества шагов;
- по команде «пуск» при 0-задании;
- при попытке сменить номер двигателя в процессе движения.

При использовании масок по остановам по концевикам и контрольным точкам возможно как останавливаться на них, так и не останавливаться.

Основные команды системы исполнительных механизмов:

- выполнение N шагов в заданном направлении;
- установка механической системы на контрольные точки или концевики;
- определение текущего положения: чтение датчика, чтение программного счетчика шагов.

Управление разгоном и торможением осуществляется контроллером по графикам, записанным в параметрах блока. В контроллере имеется 10 различных вариантов «защитных» программ разгона/останова для шаговых двигателей. График разгона/останова определяется 10 точками излома и значениями соответствующих частот.

Каждому двигателю системы присваивается определенный номер графика разгона из определенного набора (например, до 400, 700, 1000 или 8000 Гц), запрограммированного в ПЗУ контроллера. Если вас не устроит ни один из

них, то можете выбрать наиболее близкий и либо его подкорректировать, либо ограничить разгон по нему количеством точек излома (не более 10).

Благодаря тому, что время реакции на прерывание микроконтроллера 300 нс, удалось поднять частоту вращения шагового двигателя ДШИ-200 на холостом ходу до 10000 шагов/с. При использовании БУЩД-VME [2] это значение не превышало 1000 шагов/с, так как за счет медленной реакции VME при повышении частоты двигатель выходил из синхронизации.

Управление пуском/остановом движения осуществляется через адресное пространство контроллера. Статусное слово контроллера по адресу [1] поля управляющих параметров в ОЗУ микроконтроллера определяет состояние выbranного мотора.

1-останов — движение завершено: отработали заданное количество шагов, наехали на концевики в соответствии с маской и т.п. Система готова к приему новой команды на движение. При записи «1» из программы ПК в состоянии «движение» выполняется останов.

0-движение — контроллер не готов к приему следующей команды, механизм находится в движении (ничего не трогай, читай концевики и жди маскируемые или безусловные остановки). При записи «0» из программы ПК в состоянии «останов» выполняется пуск движения.

Статусное слово контроллера по адресу [1] поля управляющих параметров в ОЗУ микроконтроллера доступно для запуска движения как от ПК через RS232, RS422, так и от ПК через CAN-линию. Это очень удобно, так как позволяет использовать блок SMC-32-CAN в системах управления как с CAN-интерфейсом, так и с RS232/RS422.

Промышленный контроллер M167-2 [4] является основным элементом контроллера управления механизмами SMC-32-CAN и обладает следующими характеристиками:

- он основан на 16-разрядном RISC-процессоре 80C167 фирмы Siemens;
- 28 каналов обработки и формирования цифровых сигналов с разрешением 400 нс;
- 4-канальный блок формирования ШИМ с разрешением 50 нс;
- 16 каналов 10-разрядного аналого-цифрового преобразователя (АЦП), которые могут использоваться как входы цифрового ввода;
- 8-канальный 12-разрядный аналого-цифровой последовательный преобразователь;
- 8-разрядный шинный интерфейс, позволяющий подключать ЖКИ (LCD) через отдельный разъем;

- оптоизолированный CAN-интерфейс (спецификация 2.0В) со скоростью передачи до 1 Мбит/с;
- RS232-интерфейс со скоростью передачи до 120 кбит/с.

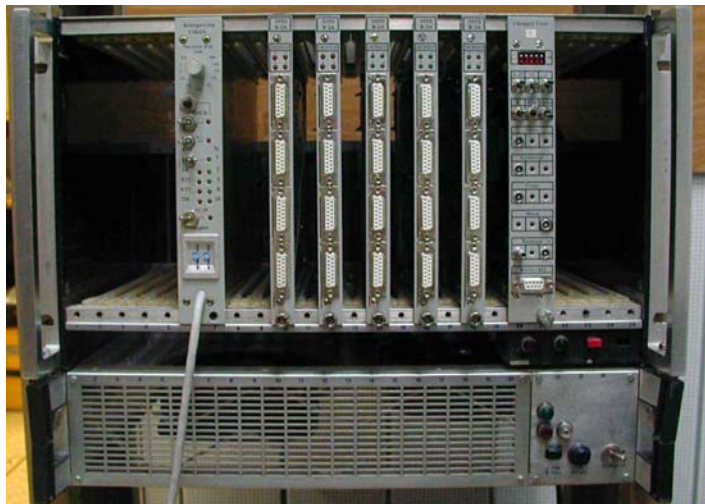


Рис. 4. Система управления исполнительными механизмами спектрометра: ручной контроллер, 5 блоков SMD-BXA и контроллер SMC-32-CAN

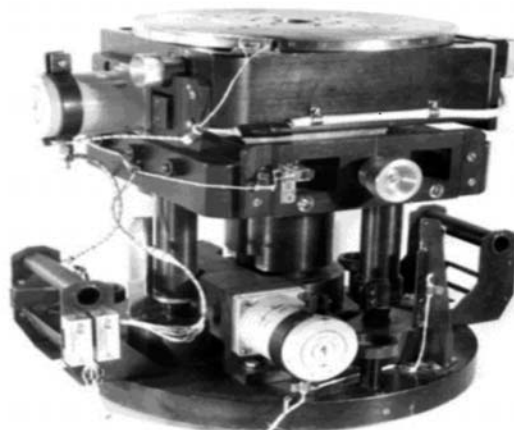


Рис. 5. Линейный сканер спектрометра ФСД, обеспечивающий сканирование по двум координатам в горизонтальной плоскости, вращение вокруг вертикальной оси и вертикальное перемещение

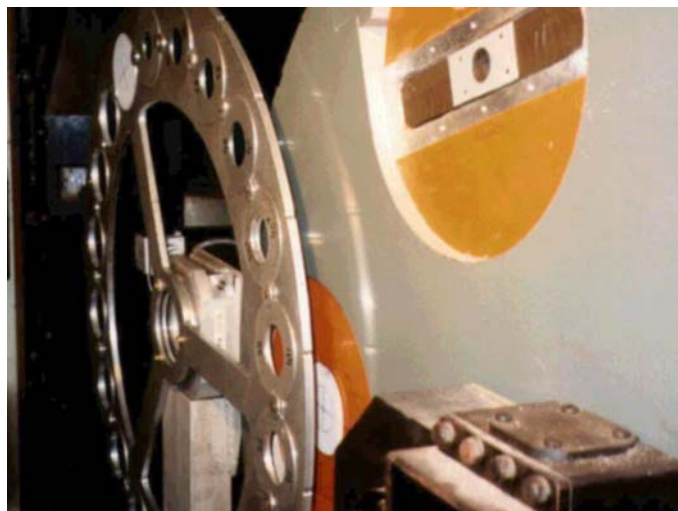


Рис. 6. Система из двух сменных коллиматоров спектрометра ЮМО в кольцевом коридоре ИБР-2



Рис. 7. Детектор спектрометра ЮМО: линейное перемещение на 10 м, горизонтальная и вертикальная юстировка

С таким набором возможностей контроллер SMC-32-CAN может быть эффективно использован для подключения различных достаточно простых как цифровых, так и аналоговых датчиков. На базе контроллера M167-2 возможно создание отдельных элементов системы управления с их равноправным подключением к CAN-линии.

Контроллеры SMC-32 и SMC-32-CAN выполнены в конструктиве станции КАМАК шириной 2 м. На передней панели присутствует индикация номера двигателя, состояния концевиков, движения и его направления и кнопка Reset.

На рис. 4–7 представлены система управления на базе SMC-32-CAN и некоторые механизмы, автоматизированные с помощью описанной в данной работе системы управления.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе представлены системы управления исполнительными механизмами спектрометров ИБР-2 на базе контроллеров SMC-32 [5] и SMC-32-CAN. Эти контроллеры дают системам управления следующие преимущества:

- возможность использования для доступа к системам управления исполнительных механизмов спектрометров ИБР-2 последовательных интерфейсов связи компьютеров RS232, RS422 и USB;
- инвариантность к типу управляющего экспериментом ПК;
- использование промышленного сетевого стандарта CAN, обеспечивающего надежную и высокоскоростную (до 1 Мбит/с) связь;
- использование широкой гаммы CAN-устройств: современных датчиков и блоков управления, укомплектованных CAN-интерфейсами;
- возможность равноправного управления с двух направлений: по последовательной линии связи как по RS232/RS422, так и по CAN-линии.

В заключение авторы выражают благодарность Г. А. Сухомлинову, Ф. В. Левчановскому и В. И. Приходько за помощь и полезные консультации по теме данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Островной А. И. и др.* Построение систем окружения образца для контроля и управления условиями проведения эксперимента на физических установках реактора ИБР-2. Сообщение ОИЯИ P10-97-272. Дубна, 1997. 18 с.

2. *Зен Ен Кен и др.* Система накопления, управления и контроля спектрометра НСВР в стандарте VME. Сообщение ОИЯИ Р13-94-73. Дубна, 1994. 20 с.
3. *Владимиров В. А. и др.* Управление некоторыми исполнительными механизмами в составе экспериментальных установок ТЕХТ, ДВР на реакторах ИБР-2 и ИБР-30. Сообщение ОИЯИ Р13-92-123. Дубна, 1992. 12 с.
4. www.kaskod.ru. Электроника, электромеханика. ЗАО «Каскод», С.-Петербург.
5. *Богдзель А. А. и др.* Система автоматизации экспериментов на нейтронном фурье-дифрактометре ФСД. Сообщение ОИЯИ Р10-2004-21. Дубна, 2004. 16 с.
6. *Куклин А. И. и др.* Автоматизация и окружение образца модернизированной установки ЮМО. Сообщение ОИЯИ Р13-2004-77. Дубна, 2004. 24 с.

Получено 8 ноября 2007 г.

Редактор *Е. В. Сабеева*

Подписано в печать 04.12.2007.

Формат 60 × 90/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 0,87. Уч.-изд. л. 1,0. Тираж 305 экз. Заказ № 55988.

Издательский отдел Объединенного института ядерных исследований
141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6.

E-mail: publish@jinr.ru

www.jinr.ru/publish/