

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЫСТРЫМ ИМПУЛЬСНЫМ БЛОКОМ БУСТЕР-РЕАКТОРА

*Демьянов Алексей Валерьевич (AVDemyanov@vniief.ru), Красавин Николай Александрович,
Некрасов Михаил Владимирович, Грачёв Дмитрий Валерьевич*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Представлены технические решения, использованные при разработке автоматической системы управления быстрым импульсным блоком бустер-реактора (БР-К1). Система управления представляет собой программно-аппаратный комплекс. Функциональные блоки выполнены на основе программируемых логических контроллеров (ПЛК). Связь функциональных блоков с управляющей электронно-вычислительной машиной происходит через сеть Ethernet. Система управления быстрым импульсным блоком (БИБ) состоит из канала управления медленного перемещения БИБ и канала управления быстрого перемещения БИБ. В первом случае перемещение выполняется с помощью электропривода на базе шагового двигателя. Рабочий ход исполнительного механизма 290 мм при скорости до 10 мм/с. Во втором случае перемещение выполняется с помощью пневмопривода на расстояние 290 мм при скорости до 10 м/с.

Ключевые слова: реактор, импульс, электропривод, шаговый двигатель, программируемый логический контроллер, электронно-вычислительная машина.

CONTROL SYSTEM FOR FAST PULSED BLOCK OF BUSTER REACTOR

*Demyanov Aleksey Valeryevich (AVDemyanov@vniief.ru), Krasavin Nikolaj Aleksandrovich,
Nekrasov Mikhail Vladimirovich, Grachev Dmitri Valeryevich*

FSUE «RFNC-VNIIEF», Sarov Nizhny Novgorod region

There are presented engineering solutions used at the development of the automated control system for the buster reactor fast pulsed block. The control system represents a software-hardware complex. Functional blocks are produced on the base of programmable controllers (PLK). The functional blocks are connected with the control computer through Ethernet. The system of fast pulsed block (FPB) control involves the channel of FPB slow displacement control and the channel of FPB rapid displacement control. In the first case the displacement is implemented with the aid of electric drive on the base of a step motor. The actuator power-stroke is 290 mm at the rate of 10 mm/s. In the second case the displacement is implemented with the aid of pneumatic actuator to 290 mm at the rate up to 10 m/s.

Key words: reactor, pulse, electric drive, step motor, programmable controller, computer.

Введение

В настоящее время в РФЯЦ ВНИИЭФ проводится модернизация импульсного ядерного реактора БР-К1. Активная зона (АЗ) реактора имеет форму полого цилиндра с горизонтально ориентированной центральной осью. Он состоит из пяти автономных блоков, заключённых в герметичные чехлы из нержавеющей стали. Автономные блоки представляют собой глубоко подкритические сборки кольцевых

элементов делящегося материала. На рис. 1 представлен общий вид реактора.

Одной из целей модернизации реактора является возобновление импульсного режима на мгновенных нейтронах. Применение штатного импульсного блока (ИБ) для генерации импульса требует высоких энергетических затрат на разгон до ~30 м/с и торможение на коротком ~0,5 м пути перемещения, что приводит к воздействию значительных динамических нагрузок на элементы конструкции АЗ.



Рис. 1. Общий вид реактора

В [1] проведен поиск альтернативного технического решения, в котором используется БИБ небольшого размера (масса не более 1,5 кг). Применение БИБ позволяет существенно снизить динамические нагрузки, при этом сохранить функцию ИБ и реализовать требуемые параметры импульса.

Конструкция исполнительного механизма

Конструкция исполнительного механизма БИБ (рис. 2) представляет собой устройство, в состав которого входят электромеханический привод, пневматический привод и механизм поворота исполнительного механизма. Электромеханический привод предназначен для медленного перемещения рабочего органа вдоль оси активной зоны на расстояние 290 мм в сторону ввода рабочего органа в активную зону и обратно в исходное положение. Привод представляет собой устройство, преобразующее вращательное движение шагового электродвигателя в поступательное движение рабочего органа через ходовой винт и гайку. Для контроля положения БИБ на нем установлены дублированные датчики конечных положений.

Пневматический привод предназначен для быстрого вывода рабочего органа из активной зоны в сторону исходного положения. Привод представляет собой устройство, в котором газ под давлением выполняет работу по перемещению рабочего органа на расстояние 290 мм. Скорость быстрого перемещения БИБ в зависимости от давления в ресивере составляет до 10 м/с. Направление перемещения только из активной зоны в сторону исходного положения. Подвижная часть электромеханического привода имеет разъёмную связь с подвижной частью пневматического привода за счет пружинных защёлки. Номинальное осевое усилие разрыва связи между приводами составляет 1000Н. Механизм поворота исполнительного механизма предназначен для изменения положения исполнительного механизма относительно оси активной зоны, с целью беспрепятственного перемещения реакторного стенда через проемы помещений. Для контроля положения исполнительного механизма на нем установлены датчики конечных положений.

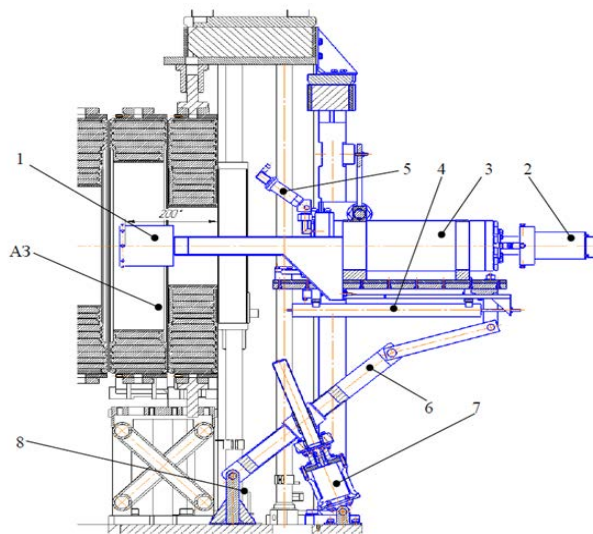


Рис. 2. Конструкция исполнительного механизма БИБ: 1 – БИБ; 2 – электропривод; 3 – пневмоцилиндр; 4 – датчик линейного перемещения; 5 – датчик давления на входе в пневмоцилиндр; 6 – рычаг поворотного механизма; 7 – электропривод поворотного механизма; 8 – кронштейн крепления рычага

Структура системы управления быстрым импульсным блоком

Система управления БИБ (рис. 3) построена на базе ПЛК IP8841. ПЛК имеет 8 слотов для установки внешних модулей ввода-вывода. В первый слот ПЛК установлен модуль дискретного ввода I-8046W, в который поступают сигналы с 9 датчиков конечного положения исполнительного механизма. Во второй слот ПЛК установлен модуль дискретного ввода-вывода I-8042W. Данный модуль применяется для приема сигналов с пульта управления пневматического привода БИБ и вывода сигналов для индикации состояния кнопок. В третий слот ПЛК установлен модуль дискретного ввода-вывода I-8042W, который выполняет прием сигналов с пульта управления электромеханического привода БИБ и вывод сигналов для индикации состояния кнопок. В четвертый и пятый слоты ПЛК установлены модули дискретного ввода I-8046W, которые применяются для приема сигналов с системы управления и защиты реактора БР-К1М. В шестой слот ПЛК установлен модуль релейного вывода I-8064W, который применяется для управления 3 пневмоклапанами пневматической системы БИБ. В седьмой слот ПЛК установлен модуль аналогового ввода I-8014W, который выполняет прием сигналов с датчика линейного перемещения БИБ, датчика оборота ходового винта, датчика давления пневмоцилиндра, датчика давления баллона, датчика давления коллектора и датчика давления ресивера БИБ. Для управления шаговыми двигателями используются контроллер SCX11 и драйвер шагового двигателя RBD242AV.

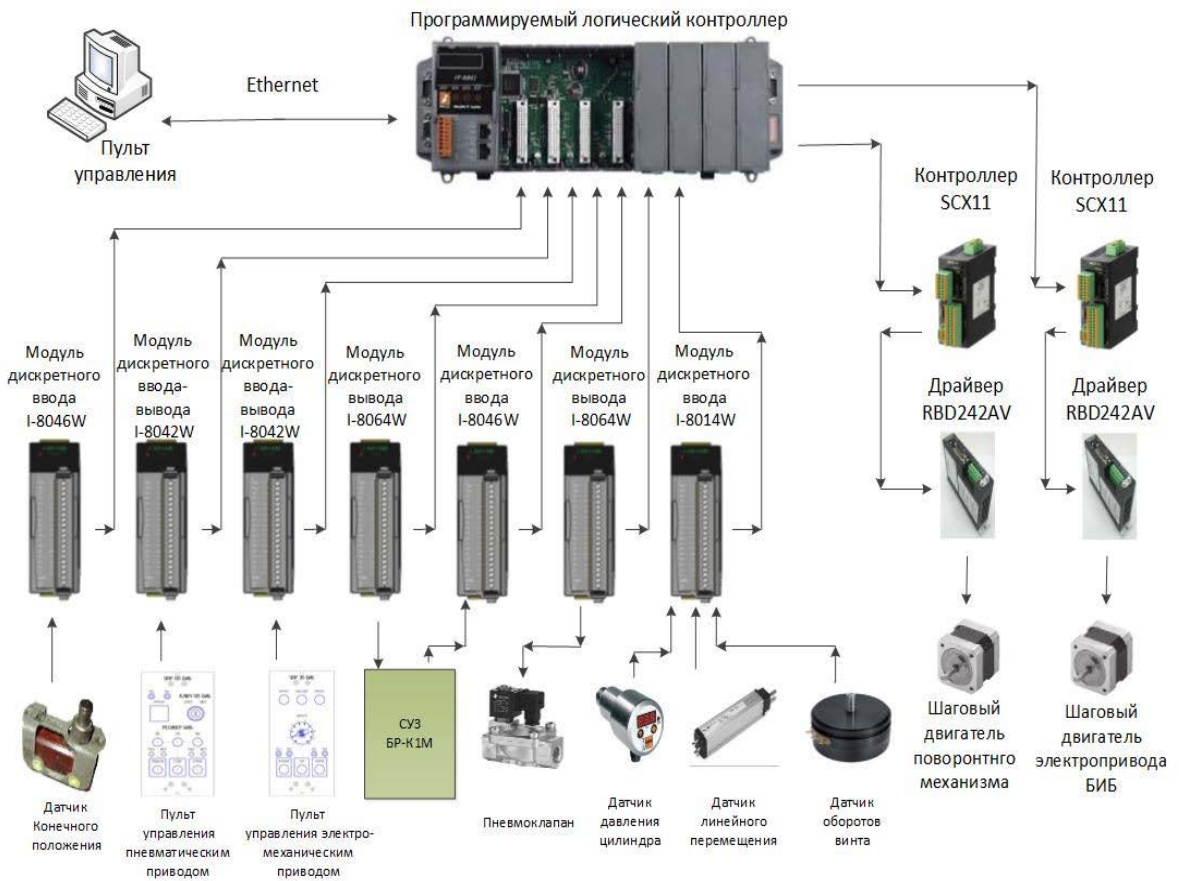


Рис. 3. Структурная схема системы управления БИБ

Конструкция системы управления быстрым импульсным блоком

Блок управления БИБ (рис. 4) конструктивно состоит из металлического корпуса с перфорированными крышками сверху и снизу, в котором на 35-миллиметровой DIN рейке размещены контроллер с модулями расширения, блоки питания, контроллер и драйвер шагового двигателя. Блок устанавливается в технологическую стойку 19 дюймового стандарта. Пульты управления пневматическим и электро-механическими приводами изготовлены из конструктива типа «Вишня» и устанавливаются в пультную стойку. На рис. 5 представлен общий вид пультного помещения.



Рис. 5. Общий вид пультного помещения

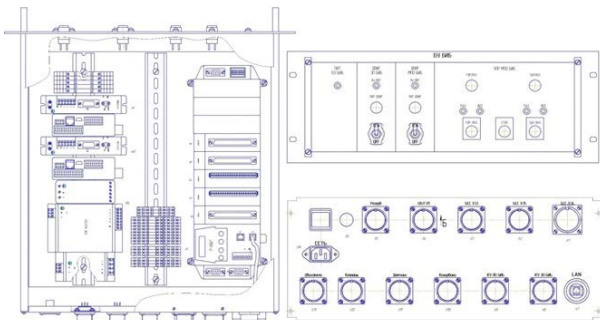


Рис. 4. Блок управления БИБ

Регистрация быстрого перемещения БИБ

Регистрация быстрого перемещения БИБ выполняется датчиком линейного перемещения потенциометрического типа Novotechnik. Рабочий ход данного датчика 300 мм, максимальная скорость до 10 м/с. Сигнал с датчика поступает в модуль аналогового ввода, где преобразуется в цифровой код. На рис. 6–8 представлены зависимости быстрого перемещения БИБ при различных давлениях в ресивере БИБ.

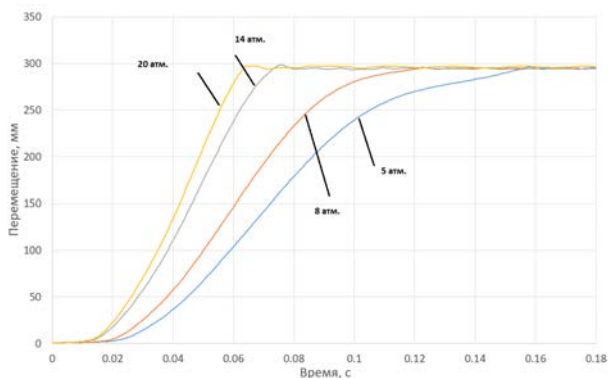


Рис. 6. График зависимости быстрого перемещения БИБ от времени при различных давлениях в ресивере

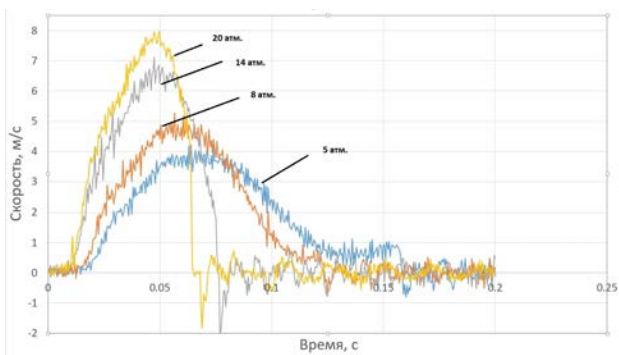


Рис. 7. График зависимости скорости перемещения БИБ от времени при различных давлениях в ресивере

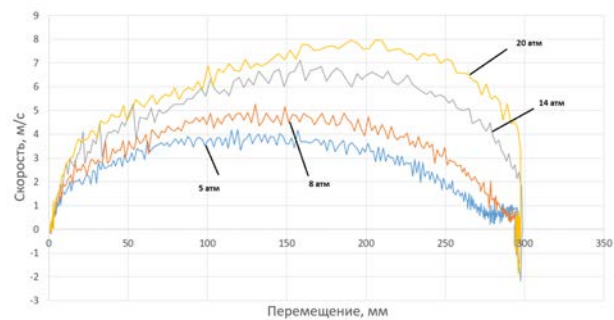


Рис. 8. График зависимости скорости БИБ от перемещения при различных давлениях в ресивере

Программное обеспечение системы управления БИБ

Программное обеспечение системы управления БИБ состоит из 2 уровней. Первый уровень (нижний)

предназначен для автономного управления исполнительными механизмами БИБ. Программа нижнего уровня записывается в энергонезависимую память промышленного логического контроллера. Второй уровень (верхний) предназначен для отображения графиков перемещения БИБ, отображения текущего состояния измерительных датчиков и датчиков конечного положения. Программа верхнего уровня позволяет менять коэффициенты для калибровки измерительных датчиков. Она устанавливается на рабочем месте оператора. Программное обеспечение системы управления БИБ написано на языке C++ в среде разработки Visual studio. На рис. 9 представлен видеоквадр программы верхнего уровня.

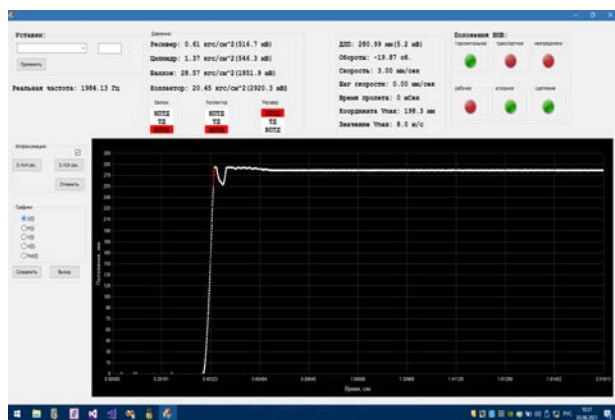


Рис. 9. Видеоквадр управляющей программы

Выводы

Проведены комплексные испытания системы управления БИБ с исполнительным механизмом. Полученные данные подтвердили работоспособность системы управления исполнительного механизма и правильность выбора схмотехнических решений.

Список литературы

1. Кошелев А. С., Никитин И. А., Хоружий В. Х. Быстрый импульсный блок для модернизируемого реактора БР-К1 / Межотраслевая научная конференция «Импульсные реакторы: история создания и перспективы использования» // Труды конференции под ред. Воронцова С. В. Саров: ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2016. Т. 2. С. 65–70.