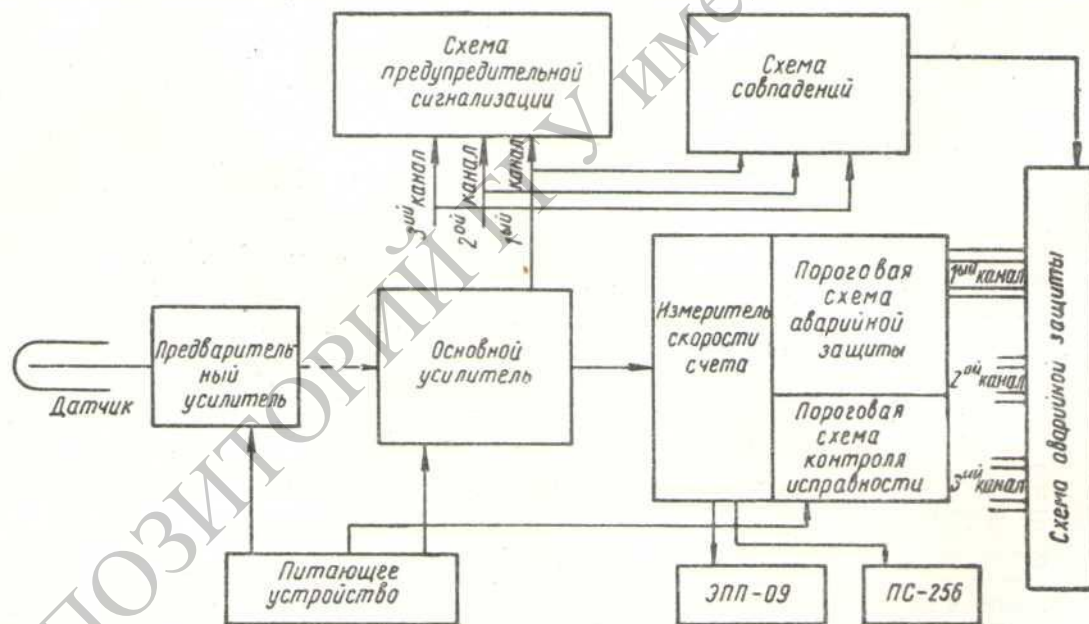


Электронная аппаратура управления и защиты быстрого физического реактора БР-1

Ю. А. Блюмкина

Как известно, на физических реакторах нулевой мощности проводятся две основные серии исследований: путем последовательной сборки активной зоны с экстраполяцией на критичность по обратному умножению определяются критические размеры при различных композициях активной зоны и отражателя; изучаются (обычно при малой постоянной мощности порядка 1 мВт) различные характеристики конкретных сис-

тем (например, распределение потоков нейтронов). Электронная аппаратура системы управления и защиты подобного реактора должна обладать достаточной чувствительностью, быстродействием и надежностью работы при малых нейтронных потоках. Это связано в первую очередь с малым временем жизни мгновенных нейтронов в быстрых реакторах (10^{-8} – 10^{-7} сек), что определяет особую опасность даже самых небольших превышений эффективной доли запаздывающих нейтронов, которая в быстрых реакторах с плутониевым горючим невелика ($\sim 0,22\%$). Все это обусловило выбор импульсной системы электронной аппаратуры с использованием чувствительных детекторов нейтронов — пропорциональных счетчиков, наполненных ВРЗ, в парафиновом замедлителе. Подобная система высоко чувствительна, достаточно стабильна и нечувствительна к остаточному γ -излучению.



Блок-схема электронной аппаратуры управления и защиты реактора БР-1.

тем (например, распределение потоков нейтронов). Электронная аппаратура системы управления и защиты подобного реактора должна обладать достаточной чувствительностью, быстродействием и надежностью работы при малых нейтронных потоках. Это связано в первую очередь с малым временем жизни мгновенных нейтронов в быстрых реакторах (10^{-8} – 10^{-7} сек), что определяет особую опасность даже самых небольших превышений эффективной доли запаздывающих

Для обеспечения надежности электронная аппаратура разбита на три независимых канала, блок-схема одного из которых показана на рисунке. Два из них (аварийные) предназначены для аварийной защиты и контроля уровня мощности. Третий (измерительный) канал служит для измерения и записи уровня мощности. Он также введен в схему аварийной защиты и дублирует работу основных аварийных каналов. Все каналы охвачены цепью контроля исправности, выведенной

в схему предупредительной сигнализации и аварийной защиты. Питающие устройства снабжены электронной стабилизацией.

Пропорциональные счетчики и предварительные усилители, обеспечивающие усиление ~ 30 , расположены в реакторном зале, основной усилитель — на контрольной панели. Коэффициент усиления усилителей в целом составляет до $2 \cdot 10^5$, собственное время нарастания и спада $\sim 0,15$ мксек и $\sim 0,4$ мксек соответственно при максимальной амплитуде выходного импульса ~ 90 в. Импульсы с выхода основного усилителя после дискриминации [1] и формирования подаются на измеритель скорости счета, к выходу которого подключены пороговые схемы аварийной защиты и контроля исправности. Эти узлы расположены в одном блоке, размещенном непосредственно на пульте управления реактором. Предусмотрена возможность регистрации сформированных импульсов пересчетной схемой. Величины постоянных времени интегрирующей цепи в аварийных каналах выбирались из расчета обеспечения максимального быстродействия, а также допустимых статистических флуктуаций, исключающих ложные срабатывания.

Постоянные времена в измерительном канале определялись требуемой точностью измерений. Уровни срабатывания пороговых схем могут устанавливаться в любой части диапазона скорости счета. Для повышения быстродействия аварийной защиты из ее схемы исключены промежуточные реле, а электромагниты, удерживающие органы аварийной защиты, питаются непосредственно через контакты быстродействующих реле, включенных в цепь пороговых схем (время отпадания контактов этих реле 1,5—2 мсек). Перевести пороговые схемы из «аварийного» в нормальное состояние можно только вручную специальной кнопкой, что облегчает выяснение причин срабатываний аварийной защиты. Каждый канал электронной аппаратуры, включая детектор, охвачен системой контроля исправности. Этой цели служит пороговая схема контроля исправности, которая подает сигнал в схему предупредительной сигнализации в том случае, если скорость счета падает ниже заданной величины. Во время подъема мощности пороговая схема блокируется. При работе реактора в непрерывном режиме порог схемы устанавливается равным 60—70% поддерживае-

мой мощности. Применение такой схемы позволило полностью исключить неконтролируемый выход из строя электронной аппаратуры. При появлении сигнала неисправности от двух из трех работающих каналов аварийная защита срабатывает.

В настоящее время имеется восьмилетний [2] опыт успешной эксплуатации описываемой аппаратуры на реакторе БР-1. Кроме того, аналогичная система в течение ряда лет используется в качестве пусковой [3] на реакторе БР-5. Отдельные блоки этой аппаратуры являются составными элементами системы управления и защиты импульсного быстрого реактора ИБР [4], пущенного в эксплуатацию в июне 1960 г. и других реакторов. Опыт показал, что описанная аппаратура при длительной работе отличается хорошей стабильностью и высокой надежностью. Стабильность регистрации скорости счета пересчетными схемами при постоянном потоке нейтронов определялась практически достигнутой статистической точностью измерений (0,8%); стабильность средних показаний измерителя скорости счета при тех же условиях была не хуже 1%, стабильность порога схем срабатывания сигнализации не хуже 2%. При недельной непрерывной работе число ложных срабатываний аварийной защиты не превышало одного-двух.

Автор выражает глубокую признательность А. И. Лейпунскому и О. Д. Казачковскому за постоянный интерес к работе; Ю. Я. Ставискому за постоянную помощь в решении поставленной задачи. Автор благодарен также В. В. Ермакову и Т. А. Шиманской за помощь и участие в изготовлении аппаратуры.

Поступило в Редакцию 16/VIII 1962 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. Francis et al. Rev. Sci. Instrum., **22**, 133 (1951).
2. А. И. Лейпунский и др. «Атомная энергия», **5**, 277 (1958).
3. А. И. Лейпунский и др. В кн. «Труды Второй международной конференции по мирному использованию атомной энергии». Докл. советских ученых. Т. 2. М., Атомиздат, 1959, стр. 215.
4. Г. Е. Блохин и др. «Атомная энергия», **10**, 437 (1961).

МЕТОДЫ АБСОЛЮТНЫХ НЕЙТРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

В 1957 г. в журнале «Атомная энергия» был опубликован цикл работ, посвященных применяемым в нашей стране методам абсолютных нейтронных измерений. Погрешность этих методов составляла $\pm (4 \div 10)\%$. Ниже дается описание трех абсолютных методов, применяемых в настоящее время во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии им Д. И. Менделеева (ВНИИМ) для эталонных нейтронных измерений. Все три метода — метод сопутствующих частиц, метод активации марганца и метод золотых фольг — были использованы для проведения международных сличений канадского нейтронного Ra-Be-источника, которые проводились по программе Международного бюро мер и весов. Ранее выход нейтронов для этого источника был измерен в девяти национальных метрологических учреждениях. Полученные во ВНИИМ результаты измерений с этим источником находятся в хорошем согласии с данными других работ (см. К. Geiger, Canad. J. Phys., **38**, 569, 1960). Измерения проводились как относительным методом, так и тремя указанными абсолютными методами. Погрешность приведенных ниже результатов абсолютных измерений составляет 1,3—2,1%.