

УДК 621.039

## СИСТЕМА КОНТРОЛЯ НЕЙТРОННОГО ПОТОКА АЭС

**А. В. Больших<sup>1</sup>, В. В. Киргизов<sup>2</sup>, А. И. Вальцева<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

<sup>1</sup> Alex-Liga@yandex.ru

**Аннотация.** Практически безынерционная информация о состоянии активной зоны водо-водяных энергетических реакторов (ВВЭР), которую получают от аппаратуры контроля нейтронного потока (АКНП), делает эту аппаратуру основным средством для управления работой реактора, обеспечения его безопасной эксплуатации во всех режимах работы атомной электростанции (АЭС), в т. ч. при загрузке и перегрузке топлива, пуске из подкритического состояния, наборе мощности, работе в энергетическом режиме и останове.

**Ключевые слова:** атомная станция, нейтронный поток, каналы контроля

## NUCLEAR POWER PLANT NEUTRON FLUX MONITORING SYSTEM

**A. V. Bol'shikh<sup>1</sup>, V. V. Kirgizov<sup>2</sup>, A. I. Valtseva<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup> Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia

<sup>1</sup> Alex-Liga@yandex.ru

**Abstract.** Virtually inertialess information about the state of the core of PWR-reactors, which is obtained from the neutron flux monitoring equipment, makes this equipment the main tool for controlling the work of the reactor, ensuring its safe operation in all operating modes of nuclear power plants, including: when loading and reloading fuel, starting from the subcritical state, power set, operation in power mode and shutdown.

**Keywords:** nuclear power plant, neutron flux, control channels

**А**ппаратура контроля нейтронного потока (АКНП) выполняет следующие функции: контроля мощности, периода и реактивности реактора по значению плотности нейтронного потока в каналах

ионизационных камер (ИК) и скорости ее изменения; формирования сигналов управления и защиты при превышении контролируемыми параметрами значений заданных пороговых уставок; представления информации на блочном пункте управления (БПУ) и резервном пункте управления (РПУ); архивирования значений контролируемых параметров; обмена информацией с другими подсистемами; формирования аналоговых сигналов для системы контроля вибрации системы контроля, управления и диагностики [1].

АКНП состоит из двух независимых четырехканальных комплектов формирования сигналов аварийной и предупредительной защиты (АЗ, ПЗ соответственно), устройств представления информации и аппаратуры контроля фиксации внутрикорпусных устройств.

Режим работы АКНП — непрерывный. АКНП обеспечивает контроль плотности потока нейтронов в каналах ИК, на основании которого производится расчет мощности.

Каналы контроля нейтронного потока (ККНП) обеспечивают на цифровых индикаторах БПУ и РПУ представление информации о мощности и периоде в цифровом виде в активном поддиапазоне контроля. АКНП контролирует значение мощности реактора с постоянной времени, которая не превышает определенного значения, которое зависит от диапазона уровня мощности [1].

АКНП обеспечивает: поканальное дистанционное задание оператором с БПУ уставок АЗ по мощности; автономное поканальное задание оператором с БПУ уставок АЗ по периоду.

Скорость изменения значений уставок — мгновенно (без учета транспортной задержки). АКНП предусматривает возможность неоперативного изменения значений уставок непосредственно в устройствах накопления и обработки каналов АКНП.

Для обеспечения заданных значений погрешности вычисления мощности в АКНП предусмотрена автоматическая корректировка показаний мощности с учетом положения регулирующих групп, мощности реактора, значения температуры в холодных и горячих нитках циркуляционных петель с работающими главными циркуляционными насосными агрегатами. АКНП обеспечивает формирование дискретных сигналов превышения значений уставок по мощности и периоду, и выдачу их в шкафы устройства гальванической развязки сигналов оборудования (УГРС) и в автоматический регулятор мощности реактора. Каждый ККНП обеспечивает формирование и выдачу в шка-

фы УГРС аварийной и предупредительной защиты своего комплекта следующих дискретных сигналов: вывод в режим проверки или неисправность.

АКНП обеспечивает формирование аналоговых сигналов (4–20 мА), пропорциональных значению мощности, текущему значению периода, а также значению реактивности, на регистраторы БПУ [2]. Каждый канал ККНП обеспечивает прием четырех дискретных сигналов, характеризующих состояние главных циркуляционных насосных агрегатов четырех петель. АКНП обеспечивает автоматизированную проверку исправности каналов контроля в режиме периодической проверки на остановленном и работающем реакторе.

Конструкция АКНП обеспечивает взаимозаменяемость однотипных узлов и блоков из состава запасных частей и принадлежностей (ЗИП) без дополнительной настройки и регулировки, что гарантирует среднее время восстановления, не превышающее: по функциям АЗ — не более 1 ч; по функциям управления — не более 1 ч; по функциям информационным и вспомогательным — не более 2 ч.

АКНП состоит из двух независимых четырехканальных комплектов устройств представления информации [2].

В состав каждого комплекта входят: четыре канала контроля нейтронного потока; три устройства детектирования плотности потока нейтронов (УДПН) для работы в режимах загрузки/перегрузки ядерного топлива (вне реакторная СКП) и в поддиапазоне источника; три УДПН — для работы в режимах загрузки/перегрузки ядерного топлива с тремя блоками вспомогательными (внутриреакторная СКП); одно УДПН — для работы в режиме физического пуска реактора — АФП; шесть блоков индикации, четыре из которых размещается на БПУ, два — на РПУ; шлюзовое устройство АКНП.

В состав каждого канала входят: устройство накопления и обработки АКНП; два УДПН — для работы в пусковом и втором рабочем поддиапазоне; одно УДПН — для работы в первом рабочем поддиапазоне; два вспомогательных блока; блок задания уставок по мощности.

В состав АКНП входят пять типов устройств детектирования, каждое из которых состоит из блока детектирования и блока преобразования.

Взаимосвязь АКНП со смежными системами осуществляется при помощи стандартных унифицированных интерфейсов дискретными сигналами, аналоговыми сигналами, информационными пото-

ками. Каналы АКНП обеспечивают гальваническое разделение сигналов между блоками внутри самой АКНП. ТС АКНП имеют резерв по входным и выходным сигналам.

АКНП осуществляет обмен сигналами и информацией с аппаратурой системы управления и защиты реактора и смежных систем, входящих в АСУ ТП энергоблока.

Кроме этого, обеспечивается возможность выдачи в канал аналоговых сигналов тока или напряжения. Согласно классификации НП-001 (ОПБ 88/97) по влиянию на безопасность АКНП относится к элементам управляющей системы безопасности — класс 2 (2 НУ). В соответствии с НП-026-04 АКНП относится к функциональной группе 2УК2 [3].

### **Список источников**

1. Аппаратура контроля нейтронного потока [Электронный ресурс] // СКУ-Атом: системы контроля и управления. URL: <http://sku-atom.ru/production/monitoring.html> (дата обращения: 04.11.2020).

2. Аппаратура контроля нейтронного потока (АКНП) [Электронный ресурс] // СистемАтом: Системы ядерной и радиационной безопасности. URL: <http://www.systematom.ru/hardware/aknp/> (дата обращения: 04.11.2020).

3. Аппаратура контроля нейтронного потока АКНП [Электронный ресурс] // ТЕККНОУ: мир точных измерений. URL: <https://all-pribors.ru/opisanie/59726-15-aknp-72029> (дата обращения: 04.11.2020).