



Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт»

Аппаратура системы внутриреакторного контроля (СВРК). Обзор технических средств нижнего уровня.

Педуненко П.С.
Инженер 1 категории
ОСКД НИЦ КИ

Научно-техническая конференция
АО «СНИИП»
Москва, 17-19 апреля 2017



Анализ требований к СВРК

Функциональные требования к СВРК:

- контроль нейтронно-физических и теплогидравлических параметров и показателей состояния активной зоны реактора;
- формирование и передача защитных (АЗ) и управляющих (ПЗ-1, ПЗ-2) сигналов защиты по внутриреакторным локальным параметрам;
- контроль эксплуатационных пределов и пределов безопасной эксплуатации измеряемых и рассчитываемых параметров СВРК и формирование сигналов об отклонении контролируемых параметров;
- представление информации о текущем состоянии активной зоны и основного оборудования РУ на ПТС СВРК в целях информационной поддержки персонала;
- контроль ограничений по нагрузке топлива в процессе выгорания активной зоны;
- контроль нейтронных шумов с целью обнаружения локального кипения теплоносителя в объеме активной зоны,
- архивация измеренных и расчетных параметров, протоколирования технологических и системных событий;
- обмен информацией с прочими системами СКУД.



Анализ требований к СВРК

Дополнительные требования к ТС СВРК:

- контроль и диагностика собственных ПТС;
- механическая защита от несанкционированного доступа и сигнализация о проникновении в устройство;

Требования по устойчивости к внешним воздействиям (ГОСТ 15150):

- По климатическим условиям – оборудование предназначено для эксплуатации в помещениях с кондиционированным или частично кондиционированным воздухом (УХЛ 4.1 по ГОСТ 15150)
- Рабочая температура: от плюс 10 до плюс 25 °С и относительной влажности 60 % при плюс 20 °С и более низких температурах без конденсации влаги;
- Предельная: от плюс 1 до плюс 40 °С и относительной влажности 80 % при плюс 25 °С и более низких температурах без конденсации влаги.
- ТС должны быть устойчивы к возгоранию, не поддерживать горение (ГОСТ 12.2.007.0 и ГОСТ 12.1.004).
- По сейсмостойкости ТС должны соответствовать требованиям НП-031-01:

Категория I – ТС должны обеспечивать функции безопасности во время и после прохождения землетрясения интенсивностью до МРЗ включительно.

Категория II – должны быть работоспособны после прохождения землетрясения интенсивностью до ПЗ включительно.

Примечание: ТС СКУД, относящиеся к категории I сейсмостойкости, должны быть устойчивы к воздействиям от удара падающего на здание самолета и воздушной ударной волны.

Максимальное расчетное землетрясение для Белорусской АЭС составляет семь баллов по шкале MSK-64, проектное землетрясение - шесть баллов по шкале MSK-64.



Анализ требований к СВРК

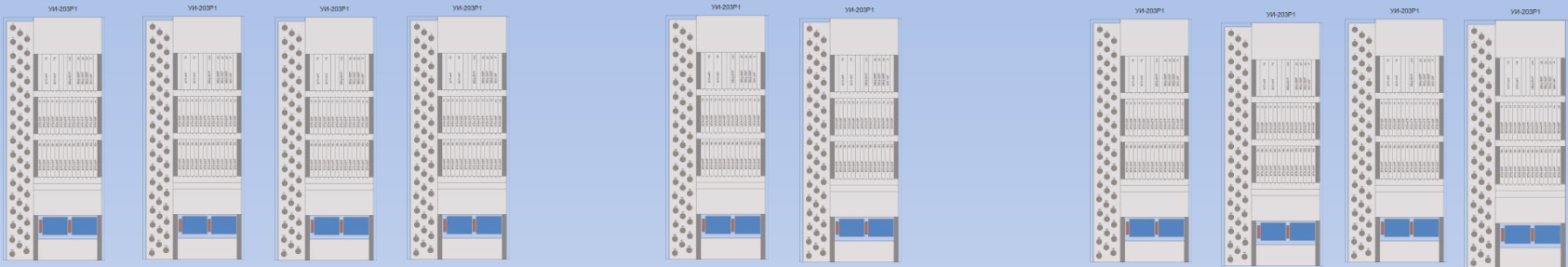
Требования по ЭМС (согласно ГОСТ 32137)

- электростатические разряды (МЭК 61000-4-2);
- радиочастотные электромагнитные помехи в полосе от 26 до 1000 МГц (МЭК 61000-4-3);
- наносекундные импульсные помехи (МЭК 61000-4-4);
- токи микросекундных импульсных помех большой энергии (МЭК 61000-4-5);
- кондуктивные помехи, наведенные радиочастотным электромагнитным полем (МЭК 61000-4-6);
- магнитное поле промышленной частоты (МЭК 61000-4-8);
- импульсное магнитное поле (МЭК 61000-4-9);
- динамические изменения напряжения сети электропитания (МЭК 61000-4-11);
- колебательные затухающие помехи (МЭК 61000-4-12);
- искажения синусоидальности напряжения электропитания (МЭК 61000-4-13);
- колебания напряжения электропитания (МЭК 61000-4-14);
- кондуктивные помехи в полосе частот от 0 до 150 кГц (МЭК 61000-4-16);
- затухающее колебательное магнитное поле (ГОСТ Р 50652);
- изменение частоты питающего напряжения (МЭК 61000-4-28);
- эмиссия гармонических составляющих тока техническими средствами (МЭК 61000-3-2);
- эмиссия промышленных помех в сеть питания и окружающее пространство (CISPR 22) – класс А;



Аппаратура СВРК

Технические средства нижнего уровня



Аппаратура «Гиндукуш-F»

ПТК-З

4 стойки УИ-203Р1

ДПЗ, ТП, ТС

Класс безопасности 2

(НП-001-15)

ПТК-ИУ

2 стойки УИ-203Р

НС, источники тока

Класс безопасности 3

(НП-001-15)

ПТК-ВРШД

4 стойки УИ-250Р

Класс безопасности 4

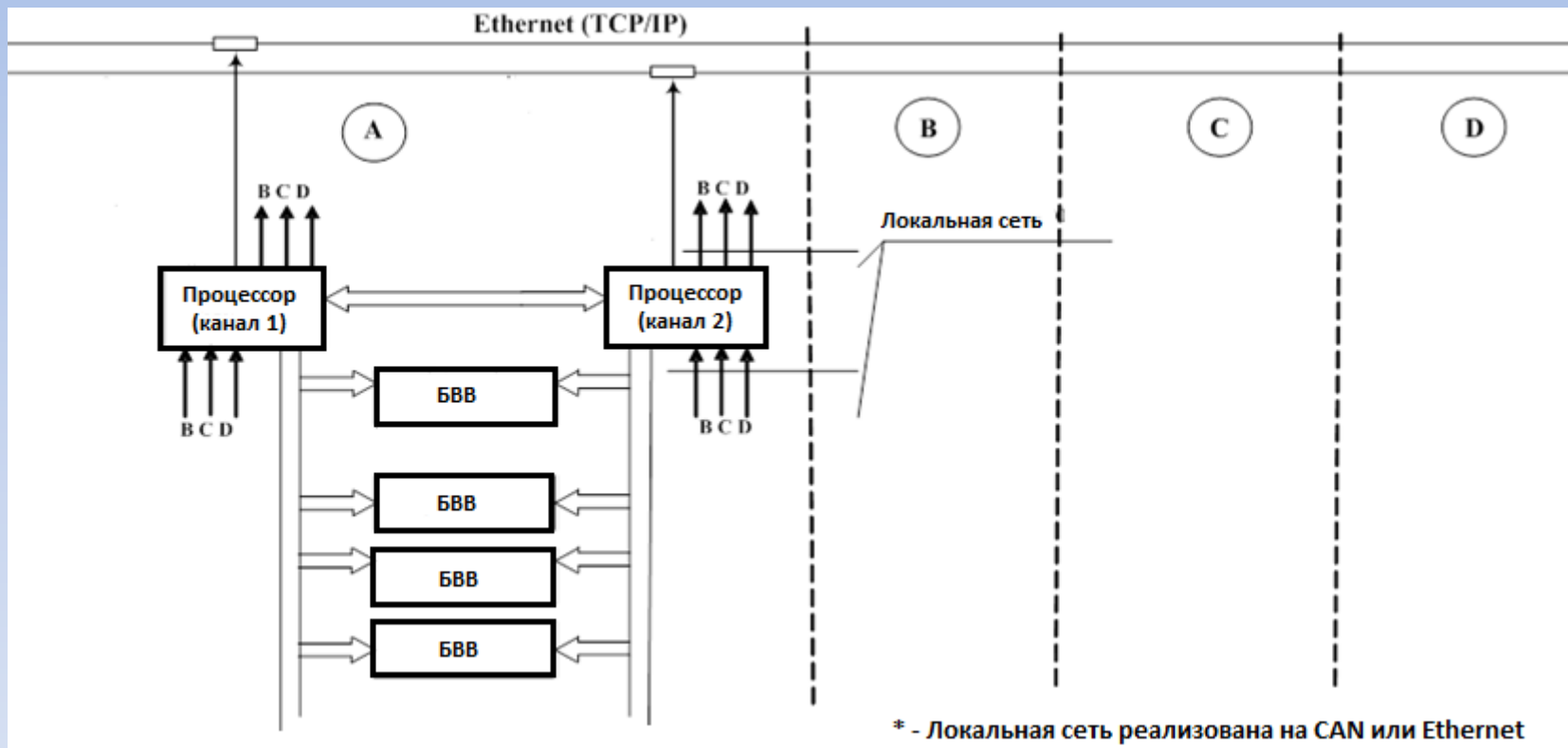
(НП-001-15)

Погрешность измерения аппаратуры – не более 0.04%



Аппаратура СВРК

Технические средства нижнего уровня



Структурная схема четырехканального ПТК СВРК на основе «Гиндукуш-F»



Аппаратура «Гиндукуш-F» Входные и выходные сигналы УИ-203РХХ

Входные аналоговые сигналы:

- напряжения низкого уровня от 0 до 20 мВ;
- токовые сигналы низкого уровня от минус 0,5 до плюс 5 мкА;
- токовые сигналы нормированного уровня от 4 до 20 мА;
- напряжение нормированного уровня от 0 до 10 В;
- сопротивление от 50 до 250 Ом.

Дискретные входные сигналы:

- сигналы в виде замыкания или размыкания «сухого контакта» (18-48 В, ток 10 мА);
- потенциальные сигналы (<3 В – «0», (18-48) В – «1», ток 10 мА).

Выходные сигналы:

- в виде «сухого контакта» в цепь внешнего источника 24 В при нагрузке 10 мА.
- выходные сигналы, пропорциональные шумовой составляющей тока ДПЗ в полосе частот от 0,1 до 32 Гц.

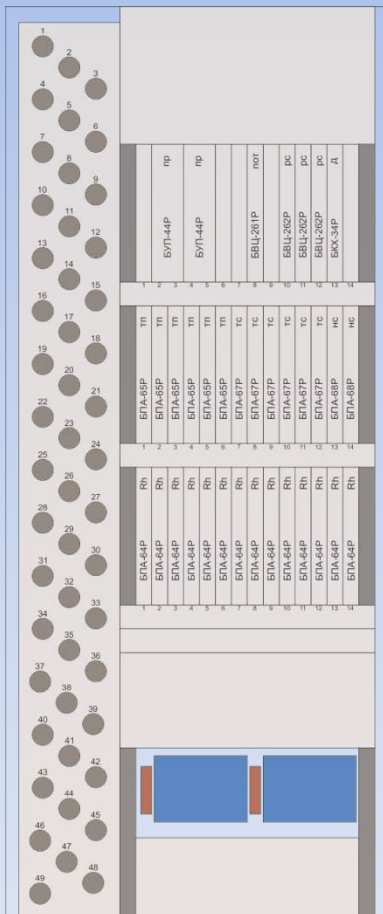
Цифровые каналы связи:

- Ethernet
- CAN (ISO 11898)



Аппаратура «Гиндукуш-Ф» Описание УИ-203РХХ

УИ-203Р1



| Тип сигнала (Тип блока) | Количество входов (количество модулей) | |
|---|---|----------|
| | УИ-203Р | УИ-203Р1 |
| Входные сигналы | | |
| Ток низкого уровня от минус 0,5 до плюс 5 мкА (БПА-64Р) | - | 98 (14) |
| Напряжение низкого уровня от 0 до 20 мВ (БПА-65Р) | - | 48 (6) |
| Напряжение нормированного уровня от 0 до 10В (БПА-66Р) | 40 (5) | - |
| Нормированные сигналы тока в диапазоне от 4 до 20 мА (БПА-68Р) | - | 16 (2) |
| Сопrotивление в диапазоне от 50 до 250 Ом (БПА-67Р) | - | 24 (6) |
| Дискретные сигналы типа «потенциальный сигнал» (БВЦ-261Р) | - | 16 (1) |
| Выходные сигналы | | |
| Дискретные сигналы типа «сухой контакт» (БВЦ-262Р) | 32(2) | 48(3) |
| Напряжение, пропорциональное шумовой составляющей (БПА-64Р) | - | 98(14) |
| Источники тока для внешних датчиков (БПН-64Р) | 40(5) | - |
| Цифровые каналы связи | | |
| интерфейс Ethernet (БУП-44Р) | 2(2) | 2(2) |
| интерфейс CAN (БУП-44Р) | 2(2) | 2(2) |



Аппаратура «Гиндукуш-Ф» Описание составных частей УИ-203РХХ

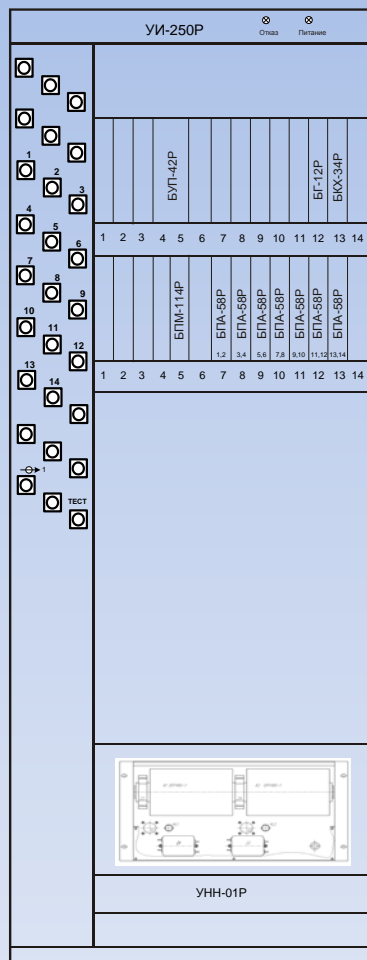


- Концепция построения БВВ – функциональная несущая плата и интерфейсный мезонин;
- Автоматический контроль стабильности метрологических характеристик каналов;
- Прямые измерения токов фоновых жил в непрерывном режиме;
- Предусмотрена возможность автоматизированной бездемонтируемой проверки метрологических характеристик БВВ;
- Аппаратура относится к восстанавливаемым, обслуживаемым средствам длительного пользования непрерывного применения;
- Расширенные функции самодиагностики.





Аппаратура шумовой диагностики (ВРШД) Описание УИ-250Р



Количество групп входных сигналов – 14;

Количество сигналов в группе – 7;

Количество одновременно коммутируемых групп входных сигналов:

- на входы каналов аналогового ввода -7;
- на входы каналов-ретрансляторов – 1;

Нижняя граница полосы пропускания канала - не более 0,03 Гц;

Верхняя граница полосы пропускания канала - не менее 30 Гц;

Диапазон входного сигнала от минус 2 до плюс 2 В;

Состав:

БУП-44Р – Блок управления и обработки – 1 шт.;

БКХ-34Р – Блок контроля и диагностики – 1 шт.;

БПА-58Р – Ввод и коммутация шумовой составляющей сигнала сборки ДПЗ – 14 шт.;

БПМ-114Р – Блок ретрансляции сигналов, пропорциональных переменной составляющей тока ДПЗ, в аппаратуру-приемник – 1 шт.;

ППЦ-198Р – приемопередатчик вертикального интерфейса – 1 шт.;

ППЦ-199Р – приемопередатчик вертикального интерфейса – 1 шт.



Аппаратура шумовой диагностики (ВРШД) Описание УИ-250Р

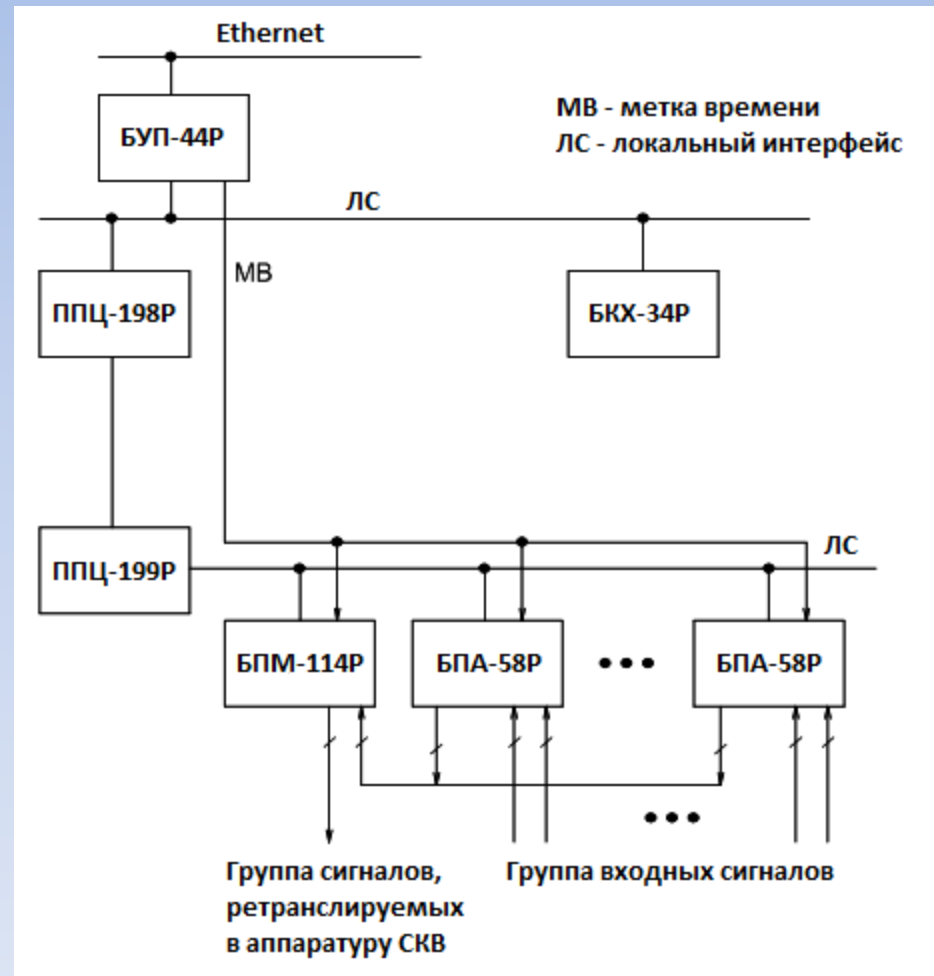
Структурная схема устройства информационно-измерительного УИ-250Р



Блок коммутации БПА-58Р



Блок ретрансляции БПМ-114Р





Аппаратура СВРК Использование на АЭС

| Название станции | № блока | Год поставки | Проект |
|------------------------------|----------|--------------|------------|
| АЭС «Козлодуй» (Болгария) | Блок № 5 | 2004 | Гиндукуш-М |
| | Блок № 6 | 2003 | |
| АЭС «Бушер» (Иран) | Блок № 1 | 2003 | Гиндукуш-М |
| АЭС «Тяньвань» (Китай) | Блок № 1 | 2003 | Гиндукуш-М |
| | Блок № 2 | 2004 | |
| | Блок № 3 | 2016 | |
| | Блок № 4 | 2017 | |
| АЭС «Куданкулам» (Индия) | Блок № 1 | 2009 | Гиндукуш-М |
| | Блок № 2 | 2009 | |
| Калининская АЭС (Россия) | Блок № 1 | 2012 | Гиндукуш-М |
| | Блок № 2 | 2010 | |
| | Блок № 3 | 2005 | |
| | Блок № 4 | 2010 | |
| Ростовская АЭС (Россия) | Блок № 2 | 2009 | Гиндукуш-М |
| | Блок № 3 | 2013 | |
| | Блок № 4 | 2016 | |
| Балаковская АЭС (Россия) | Блок № 1 | 2009 | Гиндукуш-М |
| | Блок № 2 | 2008 | |
| | Блок № 3 | 2008 | |
| | Блок № 4 | 2010 | |

| Название станции | № блока | Год поставки | Проект |
|------------------------------|------------|--------------|------------|
| Нововоронежская АЭС | Блок № 2-1 | 2016 | Гиндукуш-М |
| | Блок № 2-2 | 2016 | |
| Ленинградская АЭС (Россия) | Блок № 2-1 | 2014 | Гиндукуш-F |
| | Блок № 2-2 | 2016 | |
| Белорусская АЭС (Россия) | Блок № 1 | 2016 | Гиндукуш-F |
| | Блок № 2 | 2017 | |
| АЭС «Козлодуй» (Болгария) | Блок №5 | М | Гиндукуш-F |
| | Блок №6 | М | |
| АЭС «Куданкулам» (Индия) | Блок № 3 | П | Гиндукуш-F |
| | Блок № 4 | П | |
| АЭС «Бушер» (Иран) | Блок № 1 | М | Гиндукуш-F |
| | Блок № 2 | П | |
| | Блок № 3 | П | |

М – Планируется модернизация
П – Заложено в проекте

 - отгружено заказчику

 - в процессе изготовления



Национальный исследовательский центр
«Курчатовский институт»

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



Литература

Mitin V.I., Semchenkov Y.M., Kalinushkin A.E. Развитие системы внутриреакторного контроля ВВЭР. Атомная энергия, том 106, вып. 5, 2009г.