



МОСКОВСКИЙ ЗАВОД
ФИЗПРИБОР

**«Опыт и современные
подходы предприятия к
построению систем,
важных для безопасности
АЭС»**

**ФОРУМ ПОСТАВЩИКОВ АТОМНОЙ ОТРАСЛИ
«АТОМЕКС 2014»
29-31.10.2014**

*Сафонов С.И.
ООО «Московский завод «ФИЗПРИБОР»*



О предприятии

Московский завод «ФИЗПРИБОР» является разработчиком и изготовителем автоматизированных систем контроля и управления. Ключевые разработки и опыт их внедрения ориентированы на объекты генерации в атомной энергетике. Поставки программно-технических средств, важных для безопасности АЭС, классифицируемых в соответствии с ОПБ-88/97 по классам 2У и 3НУ, осуществляются как на российские, так и на зарубежные атомные станции.

С 1984 года предприятие уверенно прошло путь от разработки и изготовления источников питания и логических блоков управления, основанных на жесткой логике, до высокоскоростных модулей ввода/вывода, построенных на микроконтроллерах, с активной и пассивной диагностикой, и высокопроизводительных процессорных модулей с низким энергопотреблением архитектуры PowerPC. Работы ведутся не только в гражданской тематике. В интересах Министерства обороны России была разработана, изготовлена и успешно прошла автономные приемочные испытания центральная вычислительная система.

Предприятие укомплектовано квалифицированным аттестованным персоналом и обладает материально-технической базой, интеллектуальными и финансовыми ресурсами, необходимыми и достаточными для обеспечения качественной разработки и изготовления современного надежного и высокотехнологичного оборудования, а также гарантийного и послегарантийного обслуживания.

На предприятии внедрена, успешно функционирует и сертифицирована в системе ОИТ система менеджмента качества (Органы по сертификации: TUF ZUD и АНО «Атомтехнотест»)

Завод имеет лицензии Ростехнадзора Российской Федерации на право конструирования и изготовления оборудования для атомных станций, а также лицензию на право оказания услуг эксплуатирующей организации при ремонте, реконструкции и модернизации.

Изготавливаемые предприятием программно-технические средства КТПС-ПН и УКТС сертифицированы в системе ОИТ АНО «АтомТехноТест» по 2-му классу безопасности согласно ОПБ-88/97.

Производственные мощности позволяют изготавливать до 800 шкафов управления и не менее 100 000 функциональных блоков в год.



Опыт разработки

- *Источники питания УКТС.*
- *УКТС-А.
Жесткая логика, отсутствие информационных сетей, логика защит и блокировок реализуется проводными линиями связи.*
- *УКТС-АД
Применение контроллеров для дублирования на одной плате логической схемы блока, встроенная диагностика, отсутствие информационных сетей, логика защит и блокировок реализуется проводными линиями связи.*
- *УКТС-АК
Жесткая логика, дублированная информационная сеть, логика защит и блокировок реализуется проводными линиями связи.*
- *КТПС-ПН
Применение контроллеров для дублирования на одной плате логической схемы блока, наличие активной и пассивной диагностики, дублированная информационная сеть, логика защит и блокировок реализуется проводными линиями связи, логика управления механизмами реализована в блоках.*
- *ЦСУ КТПС-ПН
Применение контроллеров для дублирования на одной плате логической схемы блока, наличие активной и пассивной диагностики, дублированная информационная сеть, логика защит и блокировок реализуется в управляющих станциях (промышленные компьютеры), логика управления механизмами реализована в блоках (централизованная цифровая система управления)*
- *КСО КТПС-ПН
Информационная система сбора аналоговых и дискретных сигналов о состоянии технологического оборудования АЭС и передачи их на верхний уровень. Не резервированные модули ввода/вывода, дублированная локальная сеть в каждом модуле.*
- *ПТК САУ
Распределенная система управления
Модули ввода/вывода, объединенные двумя сетями: RS485, Ethernet
Контроллеры управления архитектуры PowerPC Intel Atom (промышленного исполнения и собственной разработки)*

Предприятие поддерживает выпуск всей разработанной номенклатуры блоков и шкафов

Проекты

Изготовление и поставка программно-технического комплекса системы автоматического регулирования реакторного отделения ПТК САР РО энергоблоков № 1 - № 4 Балаковской АЭС. 2014 ЭБ1. Поставка до 2020 года.

Изготовление и поставка оборудования системы аварийной регистрации параметров САРП энергоблока № 1 Ростовской АЭС. 2014 год.

Изготовление и поставка комплекса связи с объектом на базе КТПС-ПН для модернизации КСО М-64 энергоблоков №№ 1, 2, 3, 4 Балаковской АЭС. Поставка в 2012 – 2018 годы.

Изготовление и поставка щита управления для системы обнаружения дефектных сборок энергоблока № 1 Балаковской АЭС. 2013 года.

Изготовление и поставка щита управления для системы обнаружения дефектных сборок энергоблоков № 1 и № 4 Калининской АЭС. 2010, 2013 года.

Изготовление и поставка оборудования УКТС и КТПС-ПН для модернизации подсистем АСУ ТП энергоблоков №№ 1, 2, 3, 4 Балаковской АЭС. В стадии реализации, начиная с 2010 года.

Изготовление и поставка оборудования для модернизации УЛУ и УКТЗ реакторного и турбинного отделений и регуляторов реакторного отделения, УДУ для СОБ, ПТК СКУ ЭЧ, ПТК СКУ СВО энергоблока № 5 Нововоронежской АЭС. 2011 год.

Изготовление и поставка управляющей системы безопасности технологической (УСБТ) для энергоблока № 2 Ростовской АЭС. 2010 год.

Изготовление и поставка программно-технического комплекса управляющей системы безопасности технологической (УСБТ) для энергоблоков № 1 и № 2 АЭС «Куданкулам» в Индии. 2005 – 2009 годы.

Разработка, изготовление и поставка программно-технического комплекса химводоочистки для энергоблоков № 1 и № 2 АЭС «Куданкулам» в Индии, включающего средства низовой автоматики и верхнего уровня (автоматизированные рабочие места операторов). 2008 год.

Изготовление и поставка оборудования КТПС-ПН для системы подогрева аварийного запаса борного концентрата в ГЕ САОЗ энергоблоков № 1 и № 2 Калининской АЭС. 2007 год.

Изготовление и поставка устройства дистанционного управления технологическим оборудованием систем безопасности для энергоблока № 4 Калининской АЭС. 2004 год.

Разработка, изготовление и поставка устройства дистанционного управления технологическим оборудованием систем безопасности для АЭС «Бушер» в Иране. 2003 год.

Технические решения:

УКТС – унифицированный комплекс технических средств

Модификации УКТС:

УКТС-А – ТУ 4024-000-00226939-00

УКТС-АД – ТУ 4024-005-00226939-2003

С целью раннего обнаружения отказов в аппаратной части функциональных блоков предприятие разработало серию УКТС-АД. Блоки построены по резервированной схеме на уровне функциональной логики на микроконтроллерах, обеспечивающих проведение пассивной и активной диагностики входов и выходов. Блоки УКТС-АД также не имеют возможности передачи информации по цифровым каналам связи.

Информация в ИВС передается посредством комплекса связи с объектом (КСО)

Дополнительно были разработаны блоки ПК-Д (прием дискретных сигналов) и СК для организации локальной сети без применения КСО.

Ввод аналоговых сигналов в систему посредством БГРТ.

Перевод блоков на современную элементную базу поверхностного монтажа с низким энергопотреблением.

Сертификация в ОИТ РОСС AU.0001.01 АЭ00.77.10.2167

Применение:

Балаковская АЭС, Ростовская АЭС



Технические решения:

УКТС – унифицированный комплекс технических средств

УКТС-АК – ТУ 4024-013-00226939-2008



Дублированная локальная сеть, реализованная в функциональных блоках.
Связь с верхним уровнем через концентраторы и шлюзы сопряжения

Применены микроконтроллеры в блоках:

АДП – аналого-дискретного преобразования (реализация двух АДП на одной плате;

АПВ – аналоговых преобразований и вычислений (нормирование, линеаризация, коррекция) – 4-20 мА;

НПТ – нормирующего преобразования температуры (от термопар и термометров сопротивления стандартных градуировочных характеристик);

БРИ – импульсное регулирование (ПИД-регулятор);

БКИН – контроль сопротивления изоляции и напряжения в шкафу.

Логика технологических алгоритмов реализуется внутришкафными межшкафными перемычками.

Среда проектирования: **ElectriCS**

Применение:

АЭС «Куданкулам», Индия



Технические решения:

КТПС-ПН – ТУ 4024-008-00226939-2004 на шкафы
ТУ 4024-010-00226939-2004 на блоки



КТПС-ПН является развитием УКТС и соответствует действующим в атомной энергетике стандартам. КТПС-ПН.

Высокая функциональность и надёжность КТПС-ПН определяется следующими факторами:

- применением отказоустойчивых функциональных аналоговых и дискретных блоков с активной и пассивной диагностикой;
- унификацией конструктивно-технологических решений;
- использованием промышленных компьютеров (концентраторов) для обработки и передачи информации на верхний уровень (СВБУ);
- применением стандартных помехоустойчивых последовательных интерфейсов;
- дублированием функциональной схемы блока;
- использованием однокристальных микроконтроллеров с внутренней памятью программ типа flash и статической памятью данных;
- записью программ во внутреннее ППЗУ микроконтроллера с защитой от внешнего вмешательства;
- реализацией функций вычисления и преобразования в аналоговых блоках;
- возможностью сочетания «жесткой логики» и программируемых средств;
- малым энергопотреблением, отсутствием принудительного охлаждения;
- возможностью приема и передачи сигналов по цифровым и оптоволоконным каналам связи.



ТУ 4024-008-00226939-2004

Сертификация в ОИТ РОСС AU.0001.01 АЭ00.77.10.2167

Технические решения:

КТПС-ПН

Применение:

Калининская АЭС, Нововоронежская АЭС,
Ростовская АЭС

Системы на базе КТПС-ПН применены при модернизации ПТК СОБ-1, 2, 3, СКУ СНЭ РО, СКУ СНЭ ТО, СКУ ЭЧ и СКУ СВО энергоблока № 5 НВАЭС, в системах безопасности энергоблока № 2 Ростовской АЭС и поставляются предприятием для модернизации подсистем реакторного и турбинного отделения энергоблоков № 3 и № 4 Балаковской АЭС.

Среда проектирования: *ElectriCS*



Диагностика

Блоки КТПС-ПН сохраняют выполнение всех функций при возникновении одной неисправности за счет резервирования (блок состоит из двух одинаковых каналов). Резервирование выполнено по принципу одновременной работы двух каналов: входная информация подается одновременно, а выходы объединены по принципу «монтажное «ИЛИ».

Активная диагностика – проверка узла блока подачей на его вход активного сигнала. Активная диагностика проверяет узел вне зависимости от сигналов, имеющих на входах или выходах блока, что позволяет избежать эффекта накопления ошибок. Длительности воздействия меньше минимальной длительности команды.

Пассивная диагностика – проверка узла блока без подачи активных сигналов на его вход.

Технические решения:

ЦСУ КТПС-ПН- централизованная система управления комплекса технико-программных средств повышенной надёжности



Краткое описание функций ПТК:

- связь ПТК с распределительными устройствами КРУЗА-П для передачи на исполнительные органы команд дистанционного и автоматического управления осуществляется через блоки БУЗ, БУД и БУК;
- весь обмен информацией внутри ПТК СКУ ХВО производится в цифровой форме;
- представление информации оператору и сигнализация выполняются на двух рабочих станциях АРМ оператора-технолога, одна из которых постоянно находится в «горячем» резерве;
- дистанционное управление осуществляется с рабочей станции АРМ оператора-технолога, который имеет возможность воздействия через них на любой дистанционно управляемый механизм. Дистанционное управление выполняется с подтверждением команды;
- передача информации в концентраторы от блоков в шкафах КТПС-ПН осуществляется через два дублированных периферийных контроллера;
- функции защит и блокировок реализованы в двух управляющих станциях (концентраторах).

Применение: ПТК СКУ ХВО АЭС «Куданкулам»



Операции сбора, обработки аналоговых и дискретных сигналов, сравнение их с уставками, реализация алгоритмов защит и блокировок, технологических алгоритмов, выдача команд управления арматурой и регуляторами осуществляется в концентраторе рабочей станции.

Среда проектирования: САПР СПА

управляй надёжностью | 9 | fizpribor.ru

Технические решения:

КСО КТПС-ПН- комплекс связи с объектом на базе КТПС-ПН

Комплекс связи с объектом предназначен для объединения в едином информационном пространстве сведений о состоянии технологического оборудования энергоблока, о состоянии аппаратных и программных средств КСО и представления данной информации оперативному персоналу АЭС (через верхний уровень ИВС/СППБ).

В соответствии с ОПБ-88/97 (ПНАЭ Г-01-011-97) КСО относится к системам нормальной эксплуатации, важным для безопасности и имеет класс безопасности ЗН.

В соответствии с НП-026-04 все функциональные группы КСО классифицируются как ЗНК2.

Функциональные блоки ввода/вывода аналоговых и дискретных сигналов КСО изготавливаются по ТУ 4024-010-00226939-2004.

Конфигурирование системы выполняется с верхнего уровня ИВС/СППБ.

Временные и точностные характеристики КСО КТПС-ПН:

- время сканирования всех входных сигналов одного шкафа не более 20 мс;
- точность присвоения метки времени инициативным сигналам – 1 мс;
- точность присвоения метки времени неинициативным сигналам – 20 мс;
- точность присвоения метки времени аналоговым сигналам с фильтрацией – 100 мс;
- основная приведённая погрешность блоков приёма аналоговых сигналов – 0,1%.

Применение: КСО ЭБ1, ЭБ2, ЭБ3 Балаковская АЭС



Технические решения:

ПТК САУ - программно-технический комплекс систем
автоматизированного управления
ТУ 4252-001-00226939-2013



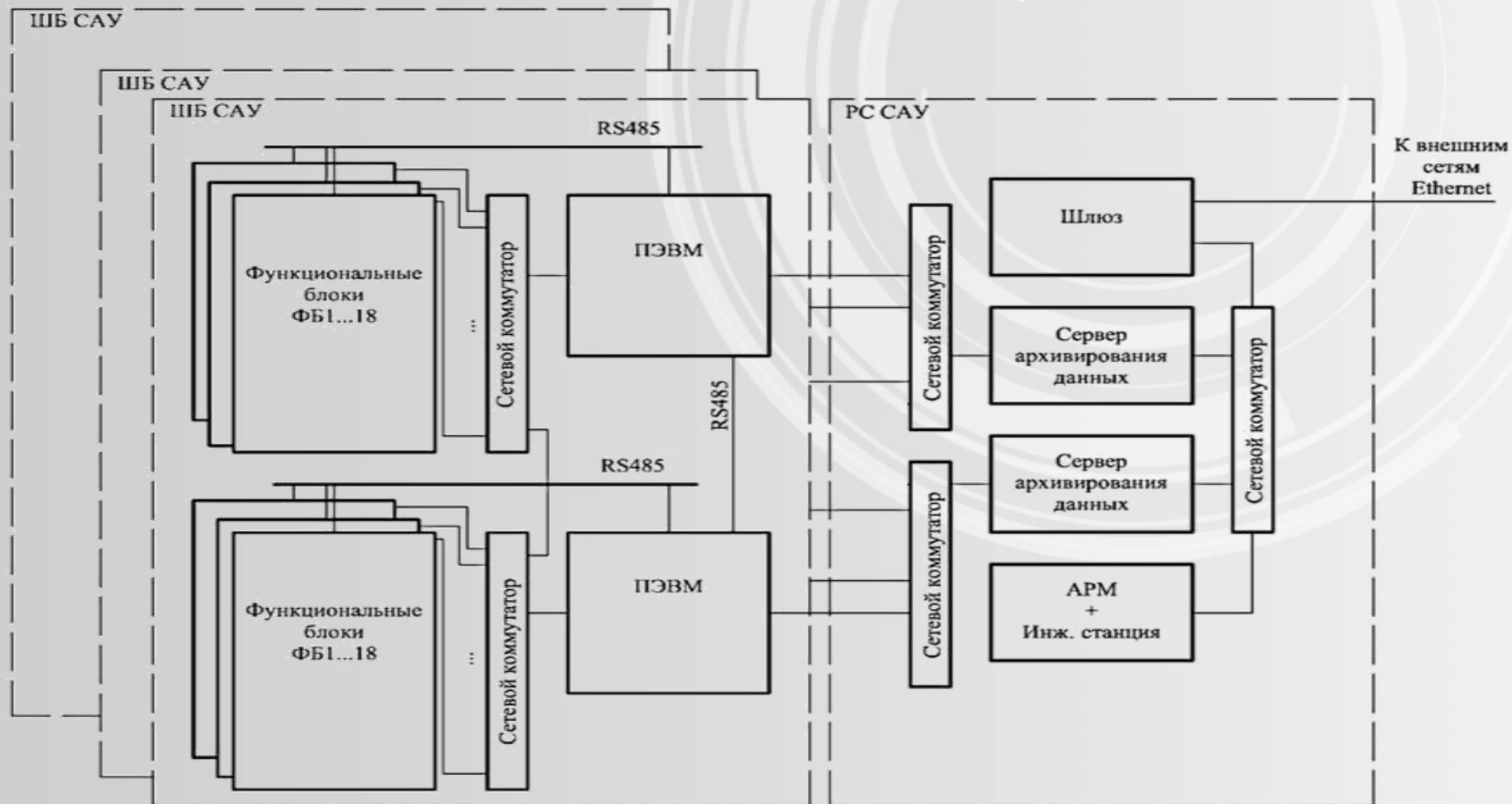
Точностные характеристики:

точность привязки дискретных сигналов	1 мс
точность привязки аналоговых сигналов	
без фильтрации	1 мс
с фильтрацией	60 мс
основная приведенная погрешность преобразования аналогового сигнала	не более 0,1%

Временные характеристики:

цикл опроса функциональных блоков	5 мс
цикл обчета алгоритмов управления	10 мс
время реакции по дискретному сигналу	25 мс
время реакции по аналоговому сигналу	80 мс

Структурная схема программно-технического комплекса средств автоматизированного управления



ПТК САУ

Состав системы:

Шкаф управления

Шкаф серверов (концентратор) совмещающий функции хранения архивной информации и рабочего места оператора (два сервера, шлюз, АРМ)

Расширенная диагностика (контроль целостности линий, напряжения питания, температуры и т.д.).

Дублирование входных/выходных цепей аналоговых и дискретных сигналов

ПТК САУ является средством измерения утвержденного типа

Межповерочный интервал – 6 лет



ПТК САУ

Шкаф управления

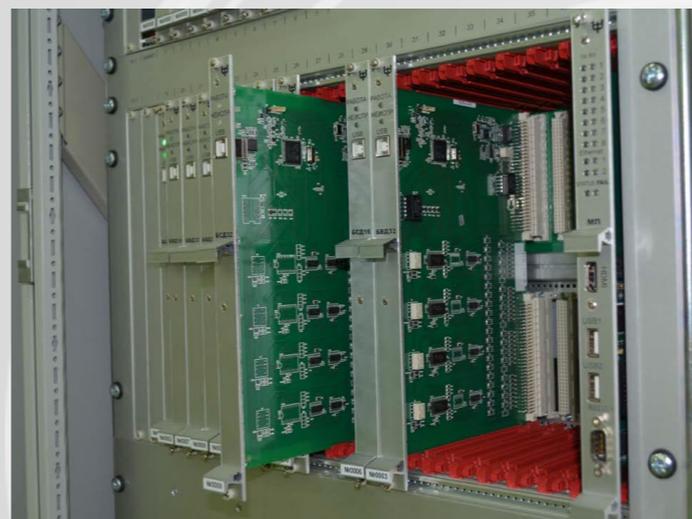
- Отсутствие принудительного охлаждения
- Контроль температуры в шкафу
- Возможность проверки блоков без выемки из шкафа
- Возможность метрологической поверки аналоговых блоков непосредственно в шкафу

Контроллеры управления

- Процессоры архитектуры PowerPC (1,1 ГГц, 2 ядра) и Intel Atom (1,8 ГГц, 2 ядра)
- Малое энергопотребление
- Высокая производительность

Функциональные блоки

- Микроконтроллеры STM, ARM ядро
- Гальваническая развязка по каждому аналоговому входу
- Влагозащитное покрытие печатных плат



ВСКИЙ ЗАВОД
ПРИБОР



ПТК САУ

На базе данного программно-технического комплекса реализована система автоматического регулирования реакторного отделения энергоблока № 1 Балаковской АЭС

Штатный регулятор уровня в КД YPC02

РЕГУЛЯТОР В НАЛАДКЕ
ВЫБРАН **В РАБОТЕ** **ГОТОВ**

YA11T24B2	208.7	TK40F01B1	20.83
YA12T24B2	208.5	TK80P01B1	237.50
YA21T24B2	208.7		
YA22T24B2	206.6	max Δ t	209.0
YA31T24B2	208.7	L расчётный	610.0
YA32T24B2	208.8	L заданный	610.0
YA41T24B2	208.7	ΔL оператора	0.0
YA42T24B2	208.5	Fмб	0.0
		ΔF 1 к	18.9
		ΔF ГЦН	0.0
		L - YP10L04B1	660.0
		L +	1418.0
		L программный	560.0
		ξ	1419.0
		ξ	0.0

TK31S02 АВАРИЯ TK32S02 АВАРИЯ

В РАБОТЕ	ВЕДУЩИЙ	ГОТОВ	В РАБОТЕ	ВЕДУЩИЙ	ГОТОВ
В РАБОТЕ	ВЕДУЩИЙ	ГОТОВ	В РАБОТЕ	ВЕДУЩИЙ	ГОТОВ

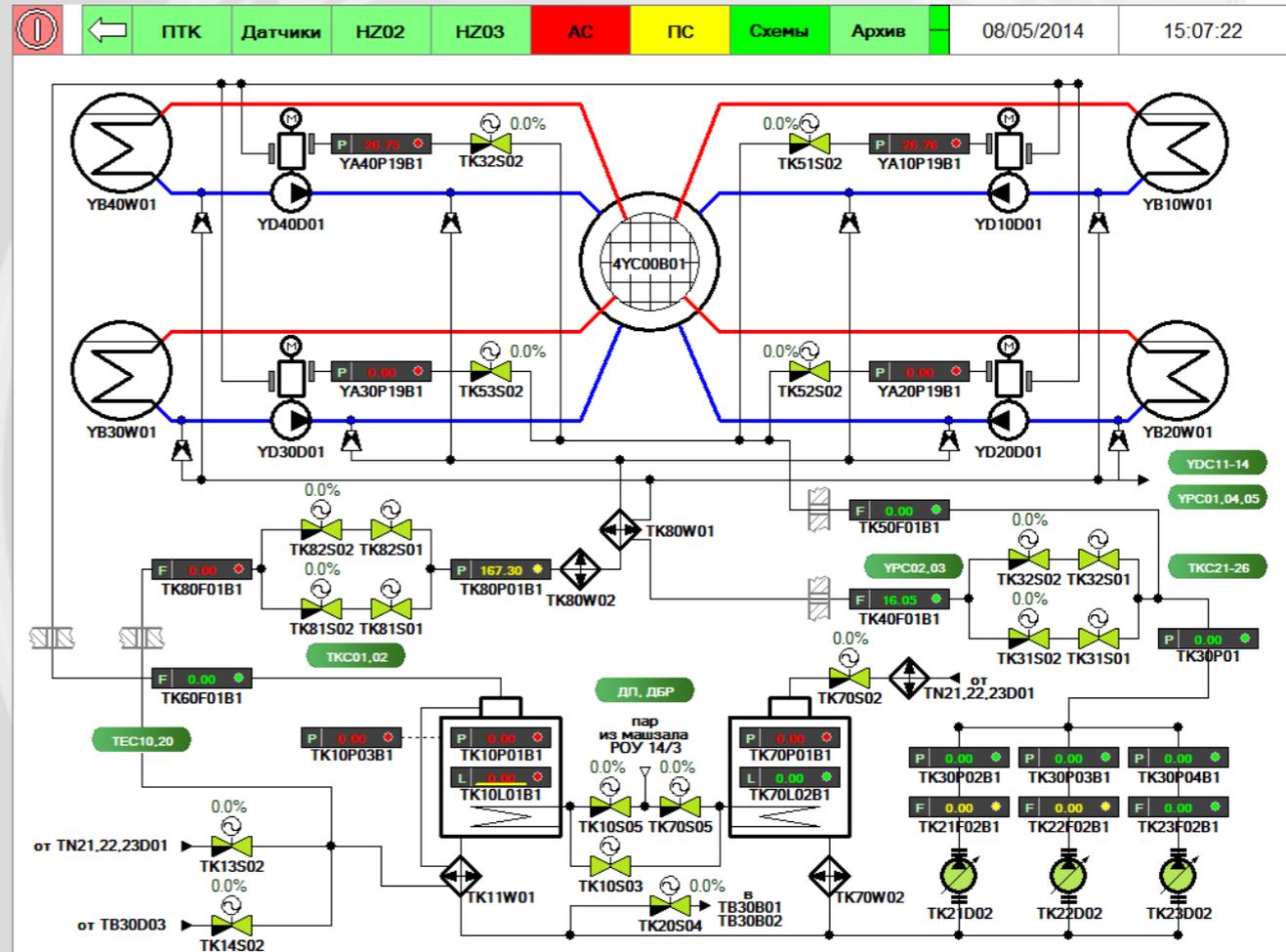
положение по МИМ

Отказ УП	0	Работа по МИМ	0.00
Отказ УП	0	Работа по МИМ	0.00

положение по УП

НЕ ОТКРЫТ	0	НЕ ЗАКРЫТ	0.00
М	Б	М	Б
ЗМ	ЗБ	ЗМ	ЗБ

ВВОД ВОЗМУЩЕНИЯ ЗАПРЕЩЁН
 Возмущение: 0.00



Характеристики ПТК САУ СНЭ РО:

входных аналоговых сигналов	92
входных дискретных сигналов	145
выходных аналоговых сигналов	33
выходных дискретных сигналов	106
архивируемых параметров	10 мс цикл
	1000 мс цикл
кол-во ПИД-регуляторов	29

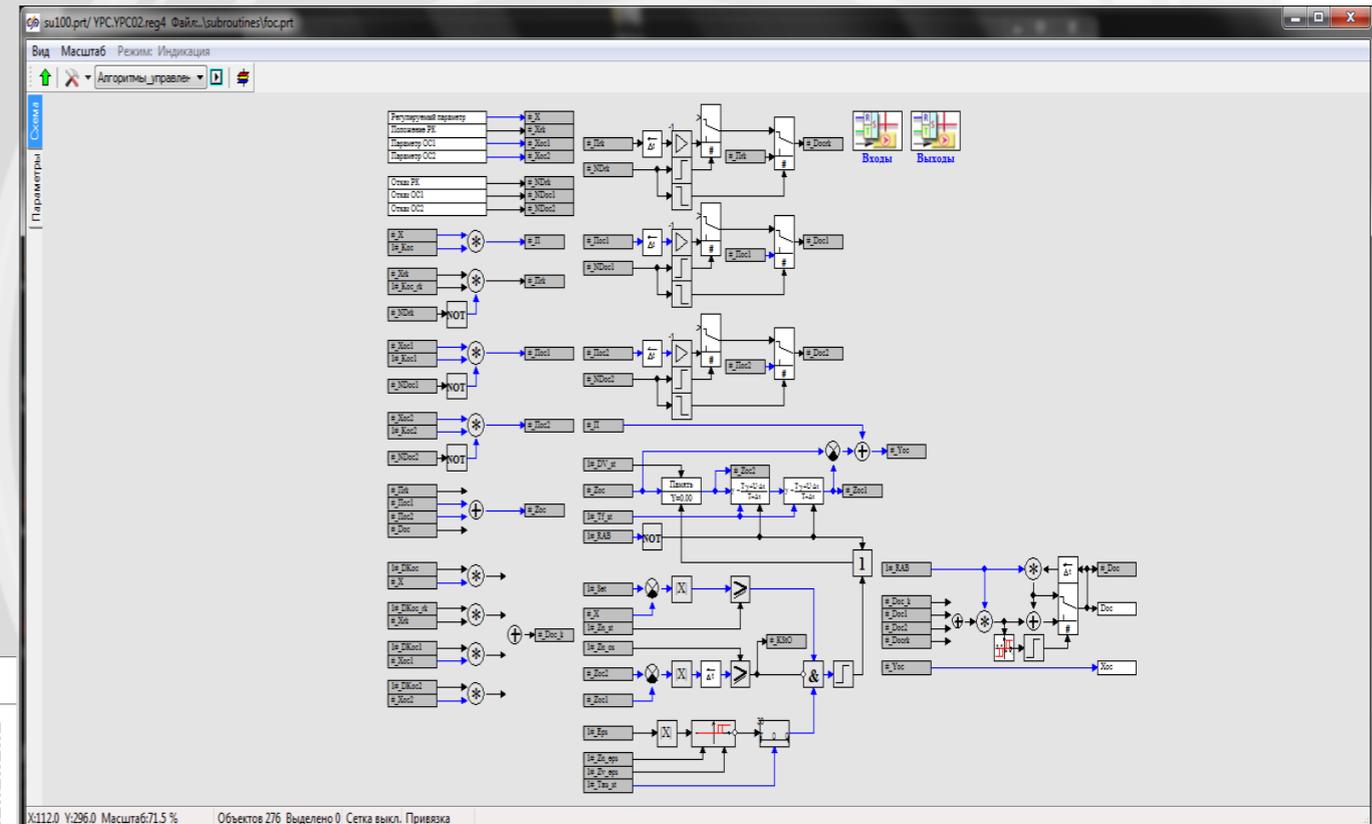
ПТК САУ

Контроллеры управления реализованы на процессорах Intel Atom с операционной системой КПДА «Нейтрино»

Дублированные серверы реализованы на базе промышленных ЭВМ x86 архитектуры на процессорах Intel Core i5 с твердотельным диском для архивирования данных.

Операционная система – КПДА «Нейтрино». Алгоритмы управления и видеокдры АРМ выполнены в среде SimInTech.

ПТК	Датчики	NZ02	NZ03	АС	ПС	Схемы	Архив	08/05/2014	15:10:57			
TK54S02_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 10:54:35 Отбой: 2014/5/5 10:54:59	Принём	Сброс	ПС 1
TK51S02_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 10:46:18 Отбой: 2014/5/5 10:53:45	Принём	Сброс	ПС 2
TK13S02_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 9:33:45 Принём: 2014/5/8 15:9:15	Принём	Сброс	ПС 3
TK14S02_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 9:33:45	Принём	Сброс	ПС 4
TK20S04_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 9:33:45	Принём	Сброс	ПС 5
TK10S05_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 9:33:45	Принём	Сброс	
TK52S02_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 9:33:45	Принём	Сброс	
TK53S02_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 9:33:45	Принём	Сброс	
RY10S05_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 9:33:45	Принём	Сброс	
RY10S17_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 9:33:45	Принём	Сброс	
TE10S11_NES Несоответствие									Причина: 2014/5/5 9:33:45	Принём	Сброс	



Система архивирования в интервале 10 мс записывает в архив около 1000 оперативных параметров, а в секундном интервале – около 7000 параметров (константы - уставки регулирования, коэффициенты усиления ПИД-звеньев, времена хода арматуры и т.д.). Во избежание пиковых нагрузок передача параметров секундного интервала «размазана» по интервалу.

Каждый такт ПО «разбирает» принятые UDP-пакеты от контроллеров, сравнивает их с последним состоянием в оперативной памяти и, в случае их изменения, записывает на жесткие диски. Помимо этого ПО обрабатывает запросы данных с видеокдров АРМ.

Комплекс технических средств для управляющих систем безопасности без применения программируемых средств, в том числе и ПЛИС

Система строится по трёхканальной схеме резервирования – результаты обработки одноимённых сигналов трёх трактов формируют команду на запуск исполнительных механизмов.

В блоке сбора и обработки сигналов от термопары и датчика температуры холодного спая – термопреобразователя сопротивления (ТС) – данные подвергаются аналого-цифровому преобразованию с помощью аналого-цифровых преобразователей (АЦП). Выходной код АЦП, связанного с термопарой, пропорциональный термоЭДС термопары, и выходной код АЦП, связанного с ТС, пропорциональный сопротивлению ТС, используются в качестве адресов для выбора ячеек микросхем памяти EEPROM. В микросхемах памяти содержатся таблицы значений, соответствующих измеренной термоЭДС термопары и сопротивлению ТС, скорректированных на величину уставки и величину погрешностей АЦП, а также преобразованных в величины термоЭДС. Значения, прочитанные из соответствующих ячеек памяти, сравниваются на цифровом компараторе. Это эквивалентно сравнению с уставкой значения температуры, измеренного с помощью термопары, после компенсации температуры холодного спая. Узел режима осуществляет конфигурирование АЦП, а также управляет обменом данными с АЦП и памятью.

В блоке логической обработки осуществляется выполнение алгоритмов: задержка сигналов по времени и логическая обработка на вентилях И, ИЛИ.

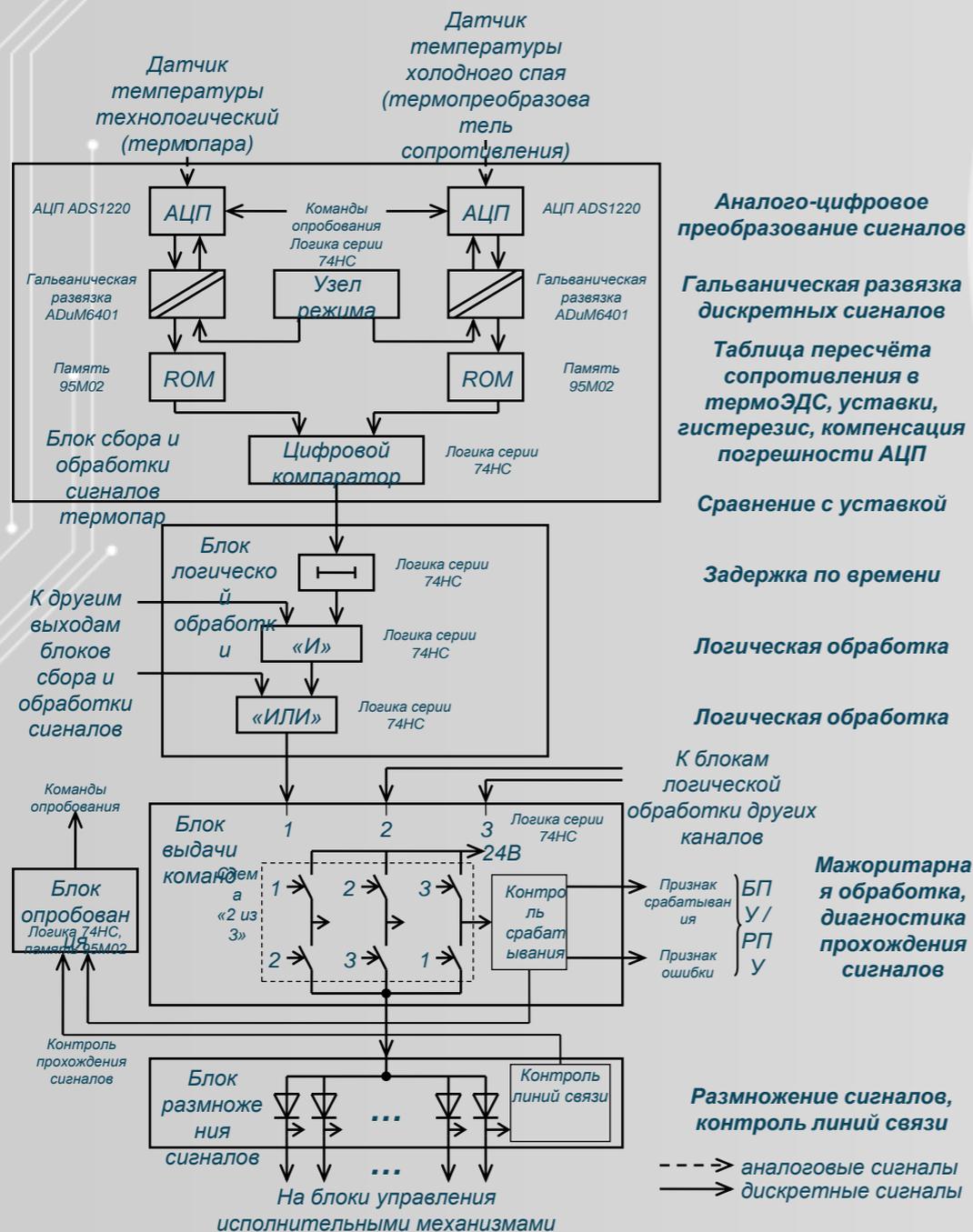


Рисунок 1 – Порядок формирования сигналов и выработки команд (для одной команды)

Комплекс технических средств для управляющих систем безопасности без применения программируемых средств, в том числе и ПЛИС

В блоке выдачи команд осуществляется обработка предварительных команд трёх каналов по логике «2 из 3» на схеме шести контактов, а также контроль замыкания-размыкания индивидуальных контактов. Схема «2 из 3» строится на твердотельных (оптических) реле. Также в блоке формируются признаки срабатывания (выдачи команды) и признаки ошибки (наличие или отсутствие предварительной команды только в одном из трёх каналов).

Сбор аналоговых и дискретных сигналов с технических средств комплекса и их выдачу в две взаиморезервирующие локальные сети осуществляют микроконтроллеры, встроенные в функциональные блоки. Кроме того, микроконтроллеры независимо от опробования осуществляют непрерывную диагностику отдельных узлов функциональных блоков, в частности, контроль сигналов АЦП, содержимого памяти, прохождения дискретных сигналов.

Отсутствие влияния программируемых средств на средства «жесткой» логики в блоках достигается следующим образом (рисунок 2). Сигналы из схемы «жесткой» логики выдаются через однонаправленные буферы (усилители). Выход буфера защищается резистором, что предотвращает его перегрузку или выход из строя при неисправностях в микроконтроллерной схеме (при коротких замыканиях, пробое на шину питания и т.п.).

Каждая из схем с помощью своих средств диагностики формирует сигнал исправности в виде замкнутого «сухого» контакта. «Сухие» контакты соединяются последовательно, формируя линию контроля блока. Линии контроля блоков шкафа также соединяются последовательно, формируя общую линию (обобщённый сигнал) исправности шкафа.

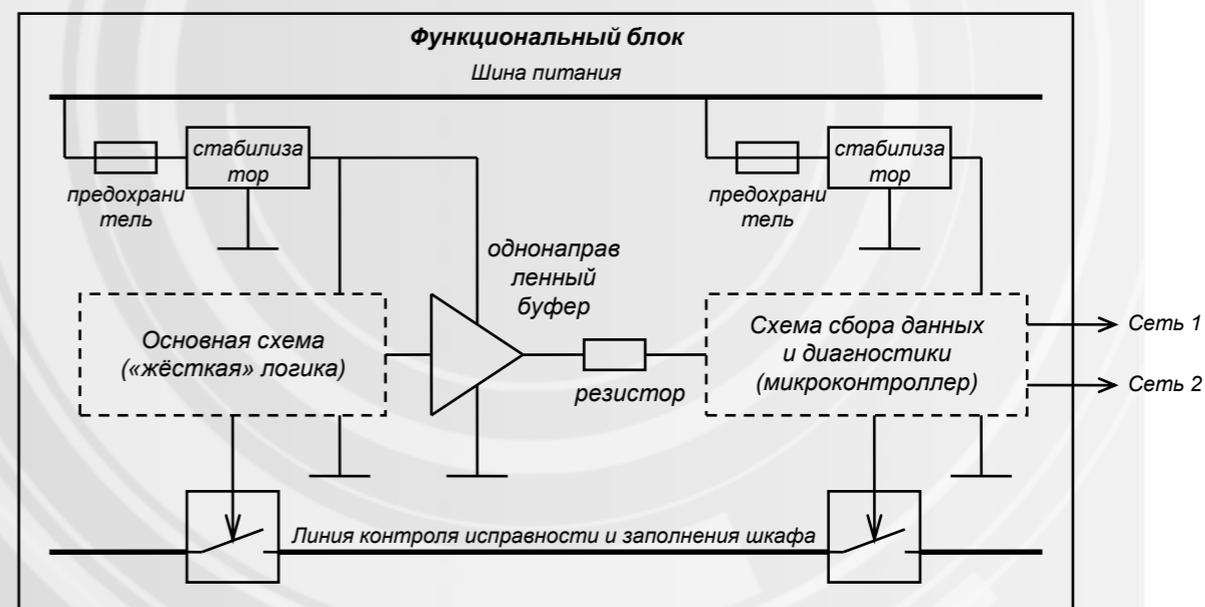


Рисунок 2 – Взаимодействие основной и микроконтроллерной схем в функциональном блоке

Реализация принципа разнообразия

При построении систем, важных для безопасности АЭС предприятием предусмотрены по два варианта аппаратного разнообразия в разных комплектах (каналах) оборудования: на уровне промышленных контроллеров (ЭВМ) и на уровне функциональных блоков.

Контроллеры реализованы на процессорах разной архитектуры, разных производителей (Intel и Freescale) с несовместимыми системами команд). Несовместимость систем команд обуславливает программное разнообразие, в том числе на микропрограммном (внутреннем для процессора) уровне.

Однотипные промышленные ЭВМ разных вариантов разнообразия удовлетворяют следующим эксплуатационным требованиям:

- идентичны по сетевым протоколам, допускают загрузку одних и тех же технологических алгоритмов;
- эксплуатируются в составе однотипных шкафов;
- применяются в соответствии с одной и той же эксплуатационной документацией.

Вариант разнообразия		1	2
Типы промышленных ЭВМ		Advantix PER13A, PerfecTron	Модуль МП, «ФИЗПРИБОР»
Процессор ЭВМ	Наименование	Atom™ Dual Core D525	P1022
	Производитель	Intel	Freescale
	Тип ядра	Intel Pentium	Freescale QorIQ
	Тактовая частота	1800 МГц	1067 МГц
	Число ядер	2	2

Реализация принципа разнообразия

Функциональные блоки реализованы на микроконтроллерах также разной архитектуры, разных производителей (Analog Devices и STMicroelectronics) с несовместимыми системами команд (таблица 2). Несовместимость систем команд обуславливает программное разнообразие, в том числе на микропрограммном (внутреннем для микроконтроллера) уровне.

Однотипные функциональные блоки разных вариантов разнообразия удовлетворяют следующим эксплуатационным требованиям:

- идентичны по функциональности, назначению входных и выходных сигналов, сетевому протоколу, индикации;
- проверяются с помощью одного и того же стендового оборудования по одним и тем же программам в соответствии с одной и той же эксплуатационной документацией.

Различные варианты разнообразия полностью совместимы между собой по интерфейсам и протоколам и могут быть применены в любых сочетаниях на этапе проектирования, в том числе в составе одного шкафа.

Вариант разнообразия		1	2
Типы блоков		БСД-С, БСД1-С, БСА-С, НПТ1-С, НПТ2-С, БВД-С	БСД-Д, БСД1-Д, БСА-Д, НПТ1-Д, НПТ2-Д, БВД-Д
Микроконтроллер блока	Наименование	ADuC842	STM32F103
	Производитель	Analog Devices	STMicroelectronics
	Тип ядра	Intel 8052	ARM Cortex-M3
	Тактовая частота	16,7 МГц	72 МГц
	Количество в блоке	2	2

Операционные системы

Разнообразие реализовано не только на аппаратных средствах, но и на уровне операционных систем.

Собственная операционная система с минимально необходимой функциональностью.

Благодаря этому:

- *обеспечивается в максимально возможной степени работа в реальном времени и эффективность использования ресурсов процессора;*
- *исходный код программного обеспечения, включая операционную систему, полностью доступен для независимой верификации;*
- *в режиме штатного функционирования работа со стандартными портами и приводами (USB, CD/DVD) и в стандартных протоколах не поддерживается, возможен обмен только в специально разработанных протоколах;*
- *технологические алгоритмы загружаются не в виде исполняемого кода, а в виде описания, интерпретируемого системным программным обеспечением, загрузка исполняемого кода невозможна.*

Операционные системы

Разнообразие реализовано не только на аппаратных средствах, но и на уровне операционных систем.



1. Защищенная операционная система реального времени (ЗОСРВ) «Нейтрино» КПДА.10964-01

ЗОСР ВКПДА.10964-01

«Нейтрино» соответствует требованиям к средствам вычислительной техники (СВТ) по 3 классу защиты информации от несанкционированного доступа (НСД), 2 уровню контроля отсутствия недекларированных возможностей (НДВ), а также соответствию реальных и декларированных возможностей (РДВ).

Сертификат МО РФ № 1740 от 20.12.2011.



Системы проектирования



*САПР СПА
Собственная разработка
Проектирование алгоритмов управления*

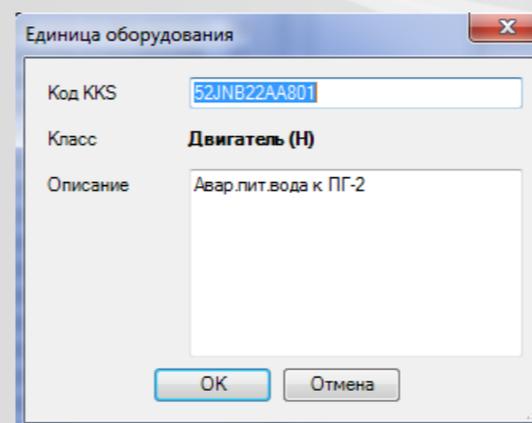
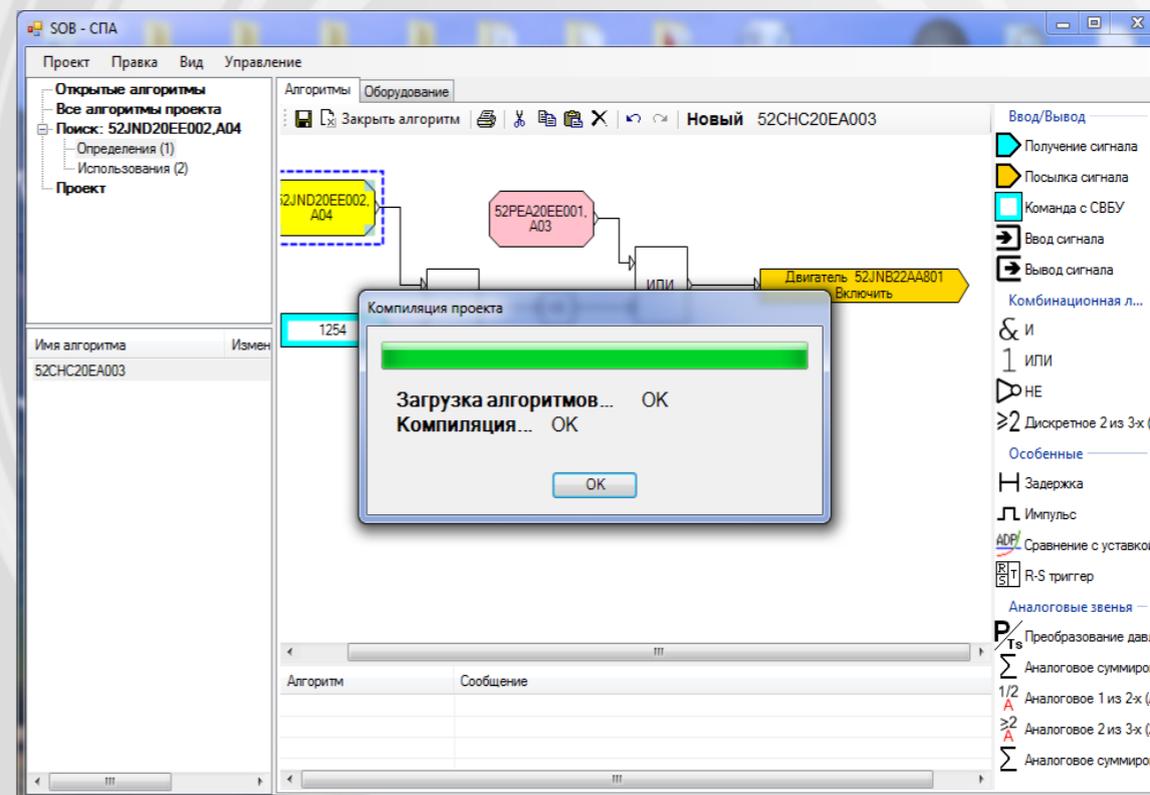
Основой САПР СПА является гибкий графический редактор алгоритмов, позволяющий затрачивать минимум времени на создание новых и редактирование уже существующих технологических алгоритмов.

*САПР SimInTech
Программный продукт компании «ЗВ сервис», г. Москва
Среда сквозного проектирования и моделирования технологических процессов на базе технологии программного комплекса «Моделирование в технических устройствах» ПК «МВТУ»
Сертифицированный кодогенератор для применения в системах, важных для безопасности АЭС*

Программные средства, обеспечивающие генерацию исходного кода не поставляются на АЭС

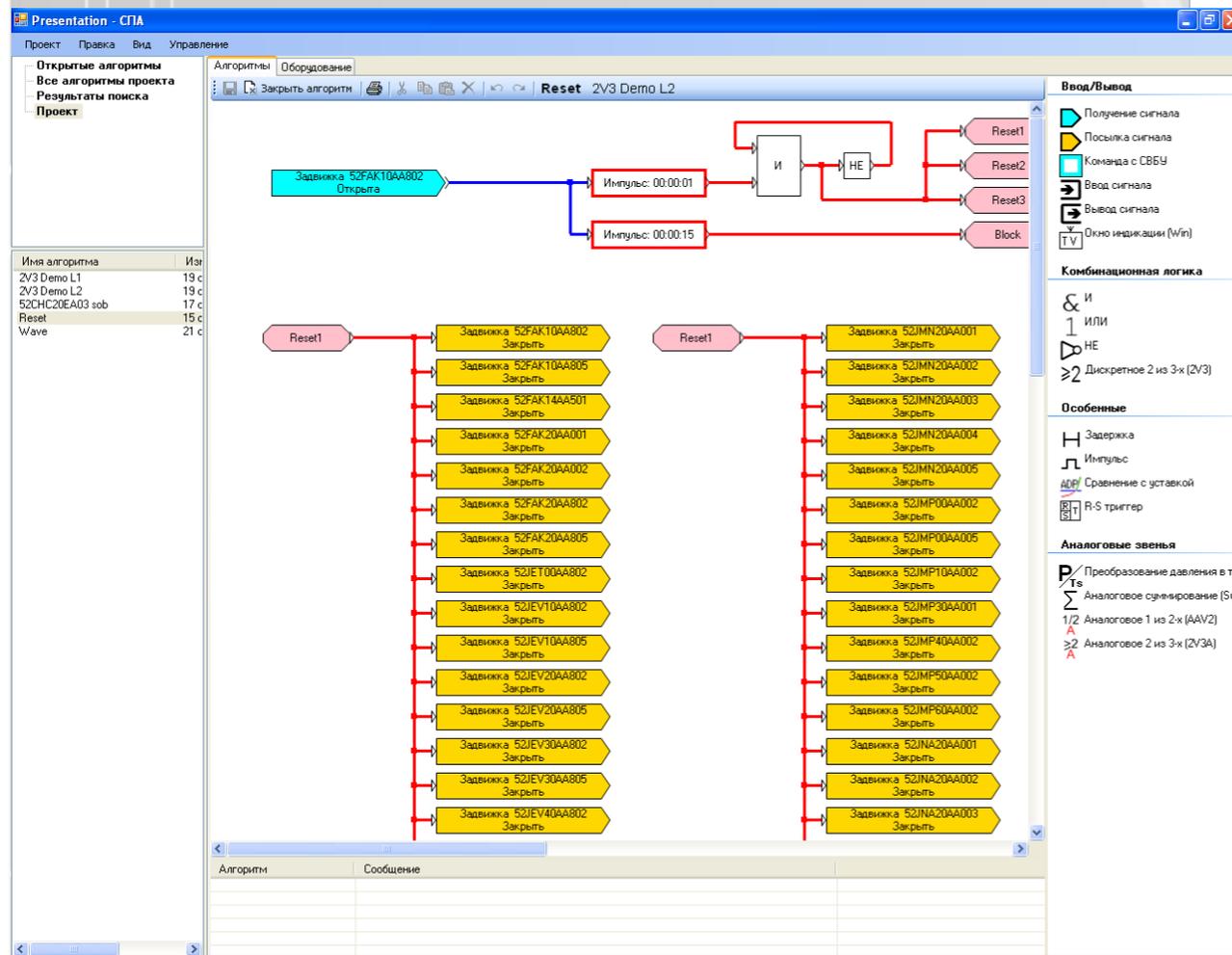
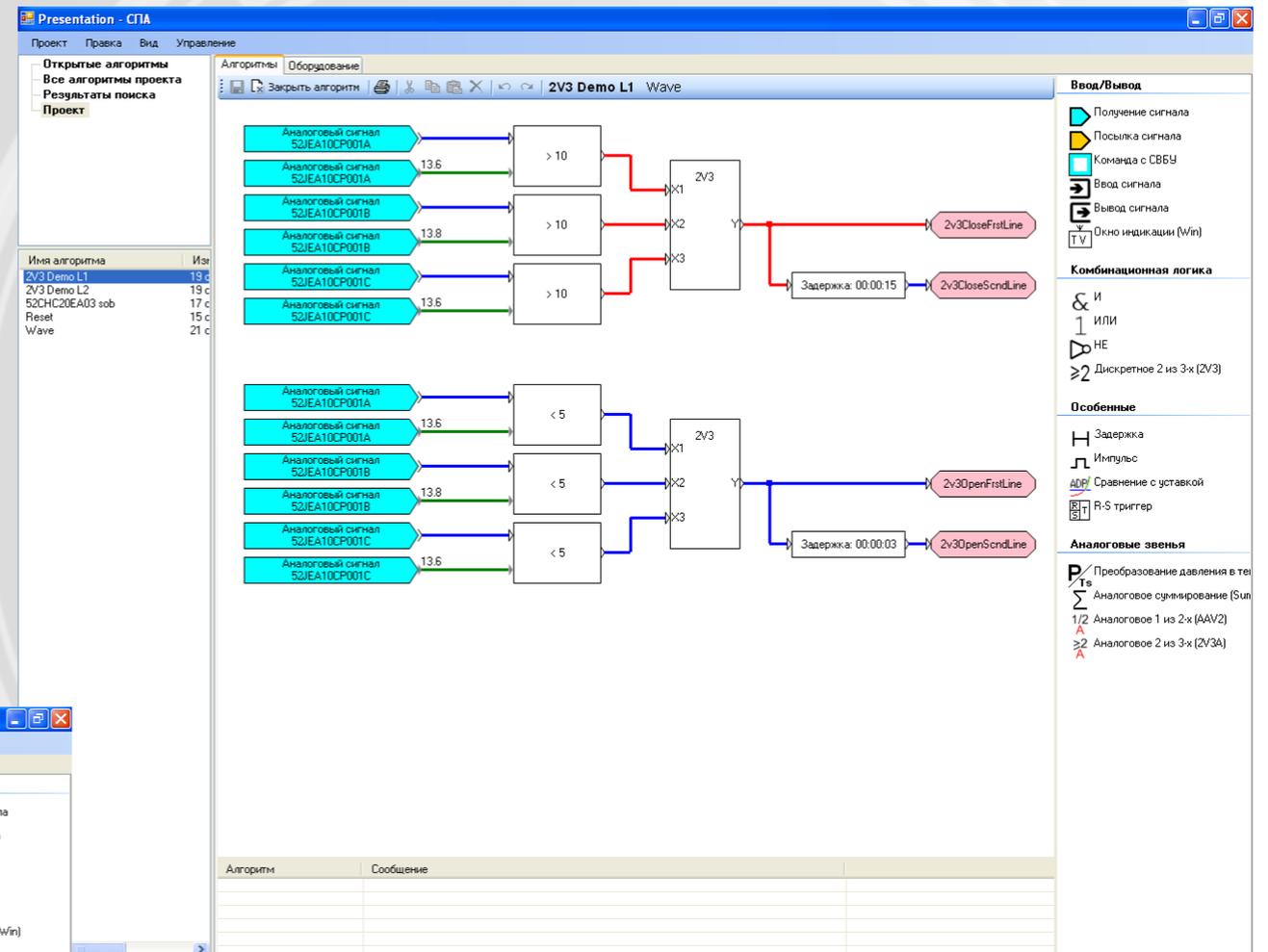
САПР СПА

Проектирование системы в САПР СПА начинается с заполнения шкафов, привязки оборудования по кодам KKS и заканчивается рисованием технологических алгоритмов. САПР СПА предусматривает возможность последующей отладки алгоритмов на работающей системе.



САПР СПА

Разработанный алгоритм загружается в управляющие станции в течении нескольких секунд и далее отображается в режиме реального времени. Синими линиями обозначаются связи находящие в состоянии логического нуля. Красными линиями обозначаются связи находящие в состоянии логической единицы. Зеленым цветом окрашены аналоговые сигналы. Рядом с «источником» сигнала указано его значение в физической величине.



Для отладки технологических алгоритмов предусмотрена возможность блокировки сигналов логическим нулем или логической единицей. Элементы, выделенные красным цветом, находятся в заблокированном состоянии логической единицей. Аналоговые сигналы блокируются конкретным значением, заданным в физической величине.

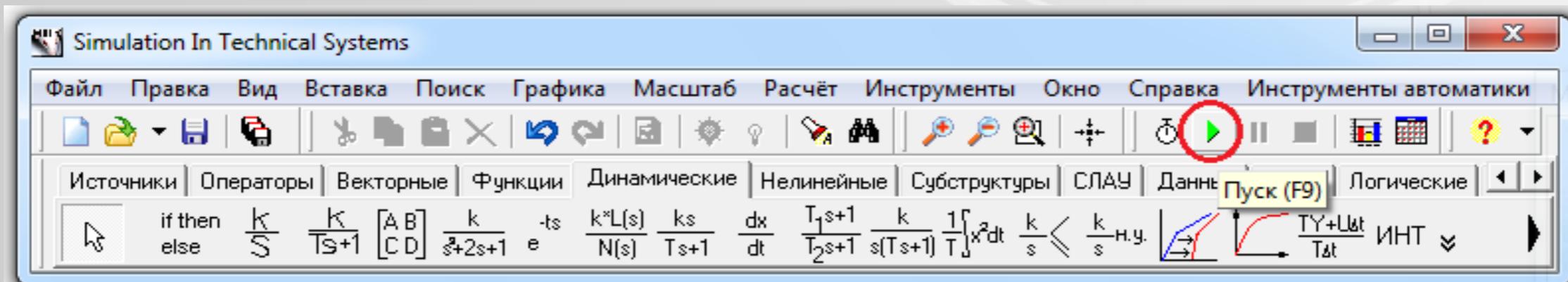
SimInTech

Система программирования для вычислительных приборов, созданная на базе программного обеспечения SimInTech (ПК МВТУ-4) - среда моделирования технических объектов, предназначенная для проверки технических решений путем численного расчета динамического поведения системы во времени.

На базе SimInTech разработана система сквозного проектирования АСУ ТП от концептуального проекта и принципиальных решений до реализации алгоритмов управления в контроллерах.



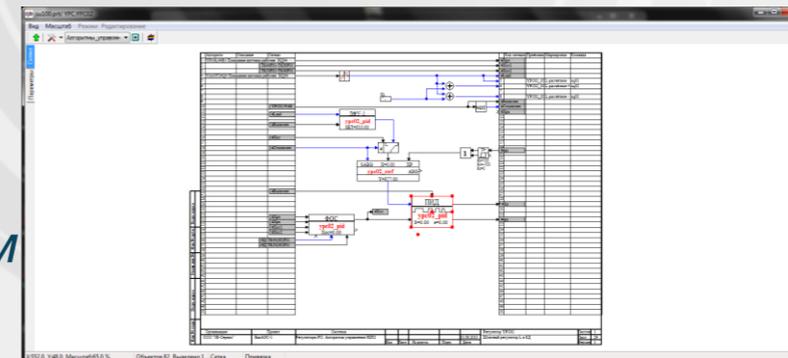
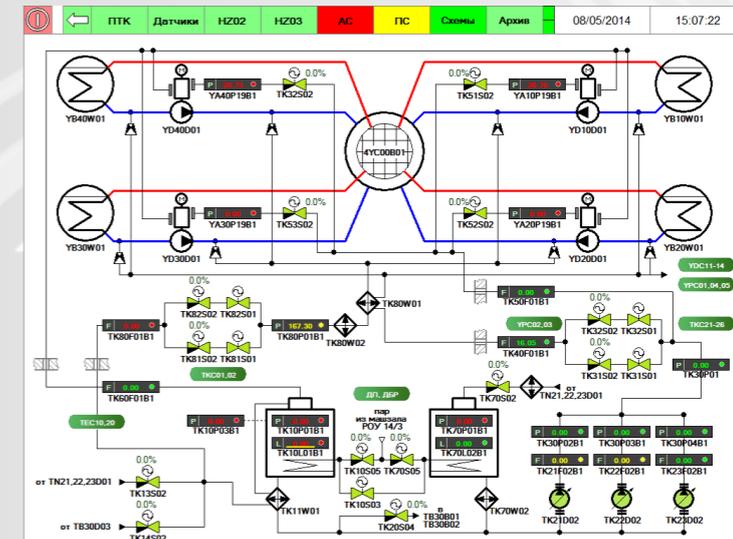
Система имеет удобный графический интерфейс и обширную библиотеку динамических блоков



SimInTech

Программное обеспечение SimInTech (ПК МВТУ-4) - наиболее удобная и подходящая программная платформа в силу того что:

- обладает открытой архитектурой;
- имеет мощный и развитый редактор схем;
- является средой сквозного проектирования;
- имеет возможность генерации кода;
- является отечественным программным продуктом соответствующим по классу решаемой задаче (комплексное моделирование + генерация кода для приборов);
- имеет полный комплект сопроводительной документации на русском языке (руководство пользователя, руководство системного программиста, отдельные инструкции по составлению расчетных схем и т.п.).



Штатный регулятор уровня в КД УРС02

РЕГУЛЯТОР В НАЛАДКЕ
Выбран В РАБОТЕ ГОТОВ

max Δt	расчётный L	заданный L	оператора ΔL	Фиб	ΔF 1 к	ΔF ПЦН
209.0	610.0	610.0	0.0	0.0	18.9	0.0

L - YP10L04B1 L +

L программный	TK50F01B1	TK60F01B1
660.0 1418.0 560.0	0.00	0.00
1419.0		
ξ		
0.0		

TK31S02 АВАРИЯ В РАБОТЕ ВЕДУЩИЙ ГОТОВ В РЕМОНТ В РЕМОНТ

TK32S02 АВАРИЯ В РАБОТЕ ВЕДУЩИЙ ГОТОВ

положение по МИМ	Отказ УП	Работа по МИМ	ΔL оператора	положение по МИМ	Отказ УП	Работа по МИМ
0	0	0	0.00	0	0	0

положение по УП

НЕ ОТКРЫТ	0	НЕ ЗАКРЫТ	ВВОД ВОЗМУЩЕНИЯ	НЕ ОТКРЫТ	0	НЕ ЗАКРЫТ
М	М	Б	ЗАПРЕЩЕН	М	М	Б
ЗМ	ЗМ	ЗБ	Возмущение 0.00	ЗМ	ЗМ	ЗБ

SimInTech

Проект в SimInTech является готовой математической моделью для расчетной проверки работоспособности алгоритмов



Возможности проверки:

- Расчетная проверка путем задания входных воздействий и контроля реакции системы управления;
- Динамический расчет с использованием виртуальных пультов управления;
- Расчет в составе комплексной модели совместно с моделью объекта.

The screenshot displays the SimInTech software interface. On the left, a block diagram of a control system is visible, featuring various functional blocks like integrators, gain blocks, and logic elements. On the right, a monitoring dashboard provides real-time data:

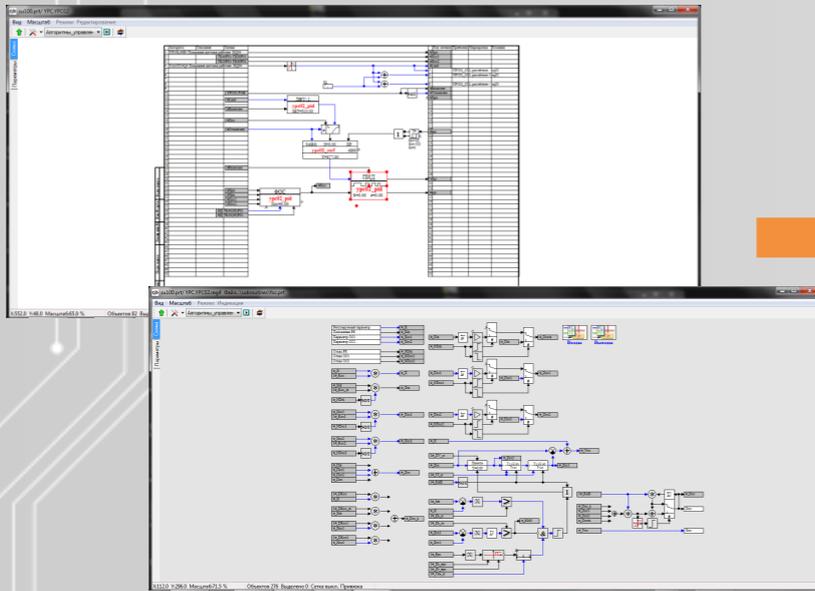
- Напряжение на шине питания: 23.6
- Напряжение ИП1: 24.0
- Напряжение ИП2: 24.0
- Температура: 43.8
- Статусы: Повышение напряжения ИП1, Повышение напряжения ИП2, Понижение сопротивления изоляции, Понижение напряжения ИП1, Понижение напряжения ИП2.
- Состояние: ОТКАЗ (red circle), СЕРВИС (green circle).
- Таблица мониторинга: 50 каналов (№1-№50) с индикаторами (зеленые, красные, серые).

ПИД компенсация статической ошибки			ПИД		
Зона нечувствительности компенсатора ошибки (YPC02_pid_Zn_st)	5.00		Минимальное значение уставки [eи] (YPC02_pid_Xset_min)	0.00	
Постоянная времени компенсатора ошибки (YPC02_pid_Tt_st)	120.00		Максимальное значение уставки [eи] (YPC02_pid_Xset_max)	0.00	
Время выдержки компенсатора ошибки (YPC02_pid_Tau_st)	30.00		Диапазон измерения регулируемого параметра [eи] (YPC02_pid_dX)	1.00	
Максимальный скачок компенсатора [eи] (YPC02_pid_DV_st)	100.00		Общий коэффициент усиления ПИД-регулятора [-] (YPC02_pid_Kp)	1.00	
Порог разрешения работы КСтО [eи] (YPC02_pid_Zn_eps)	0.00		Коэффициент усиления пропорциональной составляющей [-] (YPC02_pid_Kp)	1.00	
Уровень срабатывания контроля рассогласования [%] (YPC02_pid_Zn_eps)	0.00		Коэффициент усиления интегральной составляющей [-] (YPC02_pid_Ki)	1.00	
Уровень отпущения контроля рассогласования [%] (YPC02_pid_Zv_eps)	0.00		Постоянная времени интегрирования [с] (YPC02_pid_Ti)	5.00	
Время контроля рассогласования [с] (YPC02_pid_Tau_st)	30.00		Коэффициент усиления дифференциальной составляющей [-] (YPC02_pid_Kd)	0.00	
			Постоянная времени демпфирования дифференцирования [с] (YPC02_pid_Td)	1.00	
SWF			SWF		
Начальное значение выхода (YPC02_swf_X00)	877.00		Уровень срабатывания зоны нечувствительности [%] (YPC02_pid_Zn)	0.50	
Постоянная времени изменения выходного аналогового значения (YPC02_swf_T)	30.00		Уровень отпущения зоны нечувствительности [%] (YPC02_pid_Zv)	0.25	
Максимальное положительное значение производной (YPC02_pid_BGO)	30.00		Козф-т обр. связи по регулируемому параметру [eи/eи] (YPC02_pid_Koc)	1.00	
Минимальное отрицательное значение производной (YPC02_pid_BGU)	-30.00		Коэффициент обратной связи по положению РК [eи/100%PK] (YPC02_pid_Koc_rk)	0.00	
Коэффициент пропорциональности передачу скачка входного значения на выход (YPC02_swf_KP)	0.00		Коэффициент обратной связи по первому параметру [eи/eи1] (YPC02_pid_Koc1)	0.00	
Зона нечувствительности при увеличении сигнала (YPC02_swf_OG1)	0.02		Коэффициент обратной связи по второму параметру [eи/eи2] (YPC02_pid_Koc2)	0.00	
Зона возврата при увеличении сигнала (YPC02_swf_UG1)	0.01		Постоянная демпфирования рассогласования (YPC02_pid_Tf)	0.20	
Зона возврата при увеличении сигнала (YPC02_swf_OG2)	0.02		Значение критичного рассогласования (YPC02_pid_Keps)	100.00	
Зона возврата при уменьшении сигнала (YPC02_swf_UG2)	0.01		Длительность критичного рассогласования (YPC02_pid_Teps)	5.00	

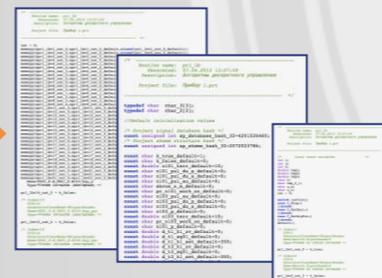
SimInTech

Результат работы SimInTech – код, который содержит описание на языке СИ математических блоков, оформленный согласно требованиям компилятора.
Сгенерированный код компилируется с использованием штатных средств целевой платформы.

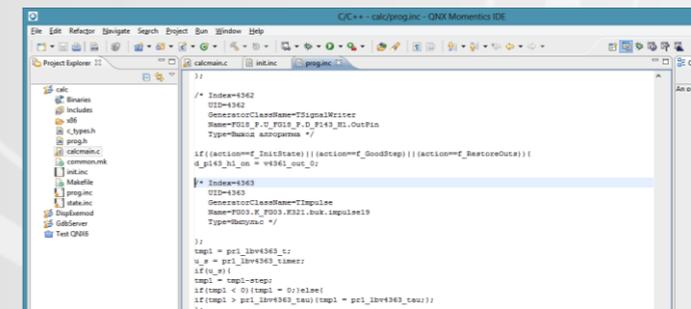
Проект



Код на языке Си



Для компиляции программы используется штатная среда программирования QNX Momentics IDE, QNX Software Systems Ltd.



Программа
для ЗОСРВ КРДА 10964-01

Файлы
конфигурации



Среда SimInTech создает код стандарта ANSI C.
Кодогенератор сертифицирован по стандарту ГОСТ Р МЭК 60880-2011 для систем важных для безопасности АЭС



Сертификация продукции

Задачи сертификации в ОИТ – подтверждение соответствия разработанной продукции требованиям нормативной документации в области использования атомной энергии.

1. ОИТ 00013-2000 «Номенклатура оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения, подлежащих обязательной сертификации в Системе сертификации оборудования, изделий и технологий для ядерных установок, радиационных источников и пунктов хранения».

2. Необходимость сертификации определяется кодом ОКП по классификации ОК-005-93 исходя из перечня продукции определенного Постановлением правительства РФ № 982 от 01.12.2009 «Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии».

3. РБ-004-98 «ТРЕБОВАНИЯ К СЕРТИФИКАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ, ВАЖНЫХ ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ:

«Объектами сертификации, на которые распространяются требования Руководства, являются поставляемые на АС УСВБ, части УСВБ (УПТС, ПТК, КТС и др.), а также СА (ПТСА, ТС и ПС), применяемые в составе УСВБ».

СОВРЕМЕННЫЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ



- Отечественное программное обеспечение, обеспечивающее прозрачность разработки и возможность проведения независимой верификации.
- Разнообразие в программно-технических решениях.
- Сертификация, как обязательное условие подтверждения качества продукции.
- Применение программируемых логических контроллеров и систем построенных на не программируемых средствах.
- Собственная разработка технических средств и программного обеспечения.

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ



Московский завод «ФИЗПРИБОР»