АВТОМАТИЗАЦИЯ & IT в энергетике

ежемесячный отраслевой научно-производственный журнал

№ 5 (10)

май 2010

Практика автоматизации объектов электроэнергетики. Часть 1 — 4

Моделирование автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма (АПВУС) — 10

Управление и идентификация в системах автоматизации испытаний нелинейных объектов — 17

Оптимизация каскадных САР с использованием эволюционных алгоритмов — 26

Реконструкция УППН “Павловка”, АСУ ТП — 35

Инновационный программный пакет Dream Report выбран компанией Loytec в качестве генератора отчетов для новой продуктовой линейки L-WEB — 40

Разработка ПО для систем управления энергоресурсами — 42

Унифицированная сеть хранения данных – связанные одной сетью — 45

Программные средства ПТК “САРГОН 6.5” — 47

Круглый стол: “Проблемы автоматизации и IT–технологии в энергетике в условиях кризиса и их решение” — 68

ТЕМА НОМЕРА

«МАТЕМАТИКА И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ – ИНТЕЛЛЕКТ ЭНЕРГЕТИКИ»

www.tecon.ru

ОТРАСЛЕВЫЕ РЕШЕНИЯ
готовые решения для отраслей

СОЗДАНИЕ АСУ ТП
инжиниринг, проектирование, внедрение

ПТК «ТЕКОН»
программно-технические комплексы

ОБОРУДОВАНИЕ И ПО
каталог оборудования и по

- **Контроллеры**
- Шкафы комплектной автоматики
- Клеммно-модульные соединители
- Барьеры искрозащиты
- Панели оператора
- Интеллектуальные датчики и термоподвески
- Коммуникационные модули
- Учебные стенды ТеконУС
- Система программирования ISaGRAF
- SCADA/HMI

МФК1500

Универсальный модульный контроллер средней информационной мощности для распределенных систем и ответственных применений

- масштабируемость (от 1 до 64 модулей), шасси на 4, 8 и 16 модулей;
- широкая номенклатура модулей на различные типы сигналов;
- индивидуальная гальваническая развязка каналов модулей ввода-вывода;
- «горячая» замена модулей, поддержка технологии Plug&Play;
- поддержка протокола Modbus;
- резервирование процессорного модуля и модулей ввода-вывода;
- развитые средства диагностики модулей;
- дублированная системная шина;
- дублированное питание контроллера 220 VAC/VDC;
- одностороннее обслуживание;
- исполнения на диапазоны температур: +1...+60°С, -40...+60°С.

20 ЛЕТ & COMPANIES

ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

ЗАО ПК "Промконтроллер", 107023, Москва, ул. Б.Семеновская, д. 40, стр. 18
тел.: (495) 730 41 12, факс: (495) 730 41 13
e-mail: info@tecon.ru, http://www.tecon.ru

Отраслевой
научно-производственный журнал
Свидетельство Министерства печати РФ
о регистрации ПИ №ФС77-32208
от 09 июня 2008 г.

Учредитель-издатель
ООО "АМАЛЬГЕР" г. Москва
Генеральный директор
Даниленко М.А.

Председатель редакционной коллегии
Оклей Павел Иванович, Заместитель генерального директора – Технический директор ОАО "Холдинг МРСК"

Редакционная коллегия:
Аблин И.Е., Генеральный директор ИнСАТ г. Москва
Егоров А.А., к.т.н., Главный редактор журнала
Гордиенко В.М., к.т.н., Зам. начальника управления энергетического и строительного надзора Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору
Ицкович Э.Л., д.т.н.,профессор ИПУ РАН
Корнеева А.И., к.т.н
Кучеренко В.И., к.т.н., Зам. Генерального директора "МРСК Волга"
Лифанов Е.И., к.т.н., директор по проектам "Эльстер Метроника"
Менделевич В.А., к.ф.м.н., Генеральный директор "НВТ-Автоматика" г. Москва
Мищенко А.М., Директор по ИТ ОАО "Холдинг МРСК"
Непомнящий Ю.В., Зам. Главного инженера "МОЭСК"
Очков В.Ф., д.т.н., профессор, МЭИ(ТУ) – ООО "Триеру"
Панков Д.Л., Директор по эксплуатации и ремонтам ОАО "МРСК Центра"
Силин В.И., Техничесий директор ЗАО "ЭФЭСк"
Синенко О.В., д.т.н., действительный член АИН РФ, Генеральный директор "РТСофт"
Султанов Г.А., д.т.н., Зам. Генерального директора ОАО "МРСК Юга "
Тодирка С.Н., Главный инженер МКС
Черемисин В.В., д.т.н., Директор "Таврида Электрик Омск"
Шерман В.С., к.т.н.

Главный редактор
к.т.н. Егоров А.А.
E-mail: egorov@avite.ru
Первый зам. Главного редактора
Паппэ Г.Е.
E-mail: pappe@avite.ru
Зам. Главного редактора
Другова Л.З.
E-mail.drugova@avite.ru

Адрес редакции:
119002, г. Москва, Колошин переулок, д. 2/24, офис 19 (м. Смоленская)
Тел. (495) 221-09-38
E-mail: info@aviteru http://www.avite.ru

Тираж: 5000 экз.

Редакция не несет ответственности за достоверность рекламных материалов. Точка зрения авторов может не совпадать с точкой зрения редакции.

Перепечатка, копирование материалов, опубликованных в журнале "Автоматизация и IT в энергетике", допускается только со ссылкой на издание.

Уважаемые коллеги!

Знаменательным событием в энергетике было проведение в апреле Московского международного энергетического форума "ТЭК РОССИИ в XXI веке". Форум прошел под девизом **"Энергетический диалог и сотрудничество в целях стабильности и развития"**. В мероприятии участвовали члены Совета Федерации, депутаты Государственной Думы, представители федеральных министерств и ведомств, органов власти регионов, бизнес-сообщества и ряда научных учреждений.

В рамках этого форума прошла международная конференция "Энергетическая безопасность в глобальной экономике XXI века: новые подходы". В работе конференции приняли участие более 200 представителей международных энергетических организаций, министерств и ведомств Российской Федерации, а также крупнейших российских и зарубежных компаний топливно-энергетического комплекса.

В ходе конференции обсуждались вопросы государственного регулирования энергосбережения, энергоаудита, системы учета энергоресурсов, экологических аспектов энергоэффективности, а также перспективы экономического стимулирования энергосбережения. В своем выступлении министр энергетики С. Шматко отметил, что в сложившейся структуре российской экономики ТЭК не только продолжает оставаться одним из важнейших элементов глобального сектора энергетики, но и играет исключительную роль в экономике России, обеспечивая 29,5 % ВВП и 41,5 % налоговых таможенных поступлений в бюджетную систему РФ. По его мнению, ЕЭС России будет развиваться как путем присоединения к ней ныне изолированных энергосистем и энергообъединений, так и путем развития межсистемных и внутрисистемных электрических сетей всех классов напряжений, в том числе для экспорта электроэнергии. С. Шматко отметил: "…Мы логично приходим к выводу, что наша общая задача – содействовать снятию всех барьеров, препятствующих реализации коммерческих энергетических проектов, основанных на использовании передовых технологий, уже сейчас".

Возрастающее энергопотребление, задержки расширения существующих сетей передачи электроэнергии в сочетании с физическим и моральным износом теплоэнергетического оборудования и сетей приводят к тому, что энергосистемы в настоящее время эксплуатируются на пределе своих возможностей. Это требует более тщательного отношения к выбору оптимального режима эксплуатации энергоблоков и эффективного управления энергосистемой, которое возможно только при более детальном, чем обычно, мониторинге системы и более обоснованном выборе управленческих и оперативных решений, особенно в переходных режимах и экстремальных (аварийных) ситуациях.

Именно поэтому является актуальной тема настоящего номера "Математика и программное обеспечение – интеллект энергетики".

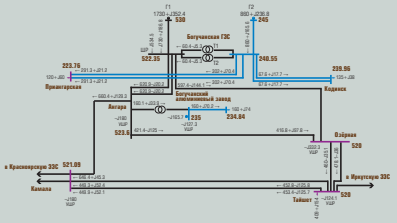
Поведение энергетических систем и блоков в рабочих условиях описывается нелинейными моделями, а мониторинг и контроль включают десятки тысяч переменных. Поэтому энергопотребление и динамические нагрузки не поддаются надежному анализу и моделированию традиционными методами. Возникает необходимость внедрения новых прогрессивных способов управления энергосистемами. Наиболее быстро развивающимся и весьма перспективным является направление, связанное с применением технологий искусственного интеллекта, которые включают в себя нейронные сети, экспертные системы, нечеткую логику, генетические алгоритмы и др. Все эти системы могут дополнять друг друга, существенно расширяя возможности оптимального решения задач мониторинга, диспетчеризации и управления в энергетике.

Можно считать, что методы искусственного интеллекта являются мощным инструментом для разработки систем управления различными технологическими процессами в энергетике. В основном такие разработки направлены на общее повышение эффективности эксплуатации энергоустановок путем сокращения времени остановов, продления срока эксплуатации, снижения объема и стоимости обслуживания, снижения потребления топлива и количества вредных выбросов.

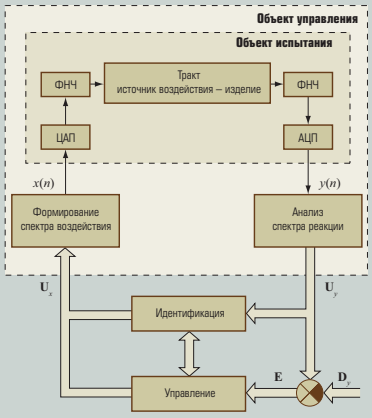
Уважаемые читатели нашего журнала пишите нам, что вам нравится в нашем журнале, а что нет. Нам очень важно ваше мнение, поскольку только вместе мы сможем сделать наш журнал полезнее и интересней!

С уважением, главный редактор журнала – к.т.н., профессор АВН Александр Егоров

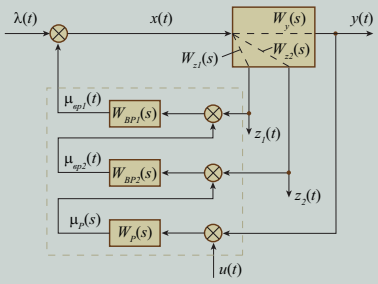
4 *Комплект телемеханики в конструктивном исполнении в виде одного или двух шкафов*



10 *Эквивалентная схема участка энергосистемы в районе Богучанской ГЭС*



17 *Функционально-алгоритмическая структура цифровой системы управления спектром случайных процессов*



26 *Структурная схема трехконтурной каскадной САР*

СОДЕРЖАНИЕ

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ (ПРОБЛЕМЫ И ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ)

4 А.В. УВАРОВ (Компания ДЭП)
Практика автоматизации объектов электроэнергетики. Часть 1

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ (СА) В ЭНЕРГЕТИКЕ

Моделирование в энергетике

10 А.В. ВИШТИБЕЕВ, Т.А. ШИБАЕВА, Е.А. КОРОЛЮК, В.О. ЧЕРШОВА (Сибирский институт проектирования энергосистем ОАО «Сибирский ЭНТЦ»), А.В. ДОМЫШЕВ (Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН), О.Н. ШЕПИЛОВ (ООО «Институт диспетчерского управления энергетических систем»)
Моделирование автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма в расчётах динамической устойчивости с использованием методики макро-программирования

17 М.А. ЩЕРБАКОВ
(Пензенский государственный университет)
Управление и идентификация в системах автоматизации испытаний нелинейных объектов

Применение методов искусственного интеллекта в энергетике

26 Н.И. СМИРНОВ, В.Р. САБАНИН (МЭИ), А.И. РЕПИН (ООО «Энергоавтоматика»)
Структурная и параметрическая оптимизация каскадных САР с использованием эволюционных алгоритмов

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ (ПРАКТИЧЕСКИЙ ОПЫТ)

Общие вопросы

35 Компания Клинкманн,
ЗАО «Филиал по разработке и внедрению АСОДУ ЗАО «Пермский центр по АСУ»
Реконструкция УППН «Павловка», автоматизированная система управления технологическим процессом

Человеко-машинный интерфейс и SCADA-системы

40 С.В. ЗОЛОТАРЕВ, А.В. КОЛТУНЦЕВ
(компания «ФИОРД»)
Инновационный программный пакет Dream Report выбран компанией Loytec (ведущим европейским производителем средств автоматизации и управления инженерными сетями) в качестве генератора отчетов для новой продуктовой линейки L-WEB

ТЕХНИЧЕСКИЕ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Решения для технического и коммерческого учета энергии

42 Р.В. МОЛЯНОВ (НПФ «КРУГ»)
Разработка программного обеспечения для систем управления энергоресурсами с целью повышения энергоэффективности предприятий

Центры Обработки Данных в энергетической отрасли

45 Э. ЖЕНСЫКБАЕВ (компания Cisco)
Унифицированная сеть хранения – связанные одной сетью

Программные средства ПТК

47 В.А. МЕНДЕЛЕВИЧ (ЗАО «НВТ-Автоматика»)
Программные средства ПТК «САРГОН 6.5»

ОПЫТ ЗАРУБЕЖНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

США

55 РИК ПЕДРАСА (Rick Pedraza) (CONTROL magazine)
Гибкость, легкость ввода перечня пожеланий пользователя HMI/OI

ХРОНИКА И НОВОСТИ

61 Научно-технический семинар «Применение в энергетике программных продуктов компании «МОДУС»

63 Новая книга по системам реального времени

64 VI Международная научно-техническая конференция «Энергосбережение в электроэнергетике и промышленности»

65 Новое направление внедрения ISaGRAF – применение в системах специального назначения, использующих сертифицированную ОС МСВС 3.0

66 Панельный компьютер с полной защитой от воды и пыли по IP65

67 Новые интеллектуальные измерители электропитания от Raritan

РАЗНОЕ

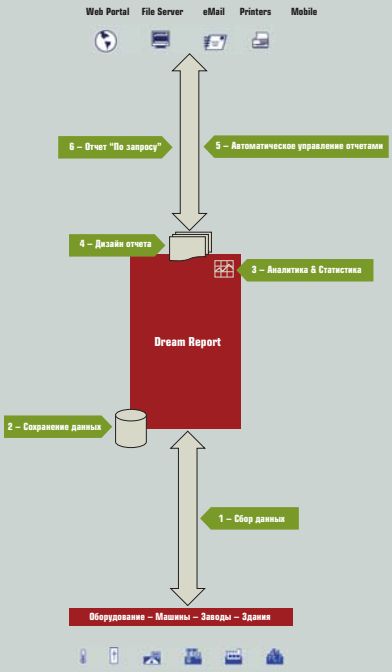
Обмен мнениями (круглый стол)

68 Проблемы автоматизации и IT-технологии в энергетике в условиях кризиса и их решение

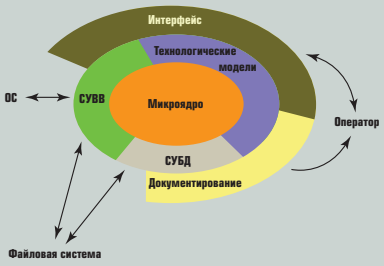
Изодром мудрости

72 Б.В. ВОЛЬТЕР
Принцип троичности и сладкая каторга

35 АРМ оператора УППН



40 Программный пакет Dream Report



47 Структура системы реального времени ТкА

Настоящая статья открывает цикл статей, посвященных анализу эффективности применения ПТК ДЕКОНТ для автоматизации объектов электроэнергетики. Целью написания статей данного цикла является рассмотрение наиболее популярных с практической точки зрения архитектурных решений по телемеханизации, энергоучету и АСУ ТП объектов электроэнергетики напряжения: 6-35 кВ и 110-220 кВ. Представленный разнообразный практический материал автор обобщает в виде типовых решений по автоматизации указанных объектов и рекомендует их как наиболее эффективные для внедрения.

ПРАКТИКА АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ Часть 1

А.В. УВАРОВ (Компания ДЭП)

В первой статье цикла описываются основные функциональные возможности систем автоматизации, построенных на базе ПТК ДЕКОНТ, а также рассматриваются с архитектурно-топологической точки зрения три способа автоматизации объектов электроэнергетики напряжения 6-35 кВ.

За последние несколько лет широкое распространение получила практика создания различных систем автоматизации объектов электроэнергетики на базе ПТК ДЕКОНТ. Внедрение систем осуществляется как силами нашей компании, так и рядом фирм партнеров – системных интеграторов, специализирующихся в этой области. Внедрено несколько тысяч комплектов ДЕКОНТ-телемеханики для РП, РТП, ТП, СП уровня напряжения 6-35 кВ, а также телемеханизировано более 50 подстанций уровня 110-220 кВ.

Для нужд электроэнергетики, под маркой ПТК ДЕКОНТ, выпускаются:

- системы телемеханики и диспетчеризации;
- микропроцессорные устройства релейной защиты и автоматики 6-35 кВ;
- системы технического и коммерческого учета электроэнергии;
- системы пожарно-охранной сигнализации и управления;
- многофункциональные измерительные преобразователи параметров электрической сети класса точности 0,5S;
- PLC-модемы для передачи информации по линиям напряжения;
- системы управления наружным освещением;
- взрывозащищенные изделия для систем контроля и управления электроснабжением.

АСУ ДЕКОНТ–Энерго

С архитектурной точки зрения комплекс Деконт представляет собой структурированную систему, состоящую из унифицированных программно-аппаратных компонентов, базирующихся на принципах сетевых технологий. Ассортимент программных и аппаратных средств, входящих в состав комплекса, позволяет создавать проектным путем различные системы автоматизации объектов электроэнергетики, но в общем случае типовая система автоматизации электроэнергетического объекта (АСУ ДЕКОНТ-Энерго) представлена несколькими уровнями иерархии, в которые в качестве составных элементов входят:

- проектно-компонуемые комплекты телемеханики ДЕКОНТ, обеспечивающие сбор и обработку данных, а также выдачу сигналов телеуправления;
- модули измерения электроэнергии Деконт ЕМ-3, обеспечивающие сбор данных параметров электроэнергии и учет электроэнергии;
- микропроцессорные терминалы релейной защиты и автоматики ДЕКОНТ РЗА-33;
- концентраторы, УСПД, ретрансляторы для межуровневого обмена технологической информацией;
- АРМ оперативного дежурного персонала (диспетчера, телемеханика, релейщика),

обеспечивающие выполнение функций контроля и управления;
- сервер баз данных для хранения оперативной технологической информации, архивных технологических данных, данных учета электроэнергии.

ФУНКЦИИ АСУ ДЕКОНТ–Энерго:

- сбор информации с терминалов РЗА, модулей телемеханики и электроучета;
- ведение базы данных реального времени;
- контроль состояния и диспетчерское управление оборудованием;
- оперативные блокировки при управлении устройствами;
- удаленный просмотр и изменение уставок терминалов РЗА, считывание осциллограмм;
- предупредительная и аварийная сигнализация;
- протоколирование событий, тревог, действий оператора с привязкой к астрономическому времени;
- формирование отчетов о событиях и тревогах с возможностью фильтрации;
- архивация и хранение трендов технологической информации;
- построение графиков, таблиц, ведомостей отчетов различной формы;
- самодиагностика системы;
- разделение прав пользователей;
- построение технологических экранов с помощью встроенного графического конструктора;
- предупредительная и аварийная сигнализация.

ОСНОВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ:

- встроенный конструктор для создания технологических экранов;
- автоматизированная генерация типовых технологических экранов;
- сопряжение с программно-аппаратными средствами различных производителей на основе OPC-интерфейса;
- поддержка широкого спектра протоколов телемеханики.

ВАРИАНТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ 6–35 кВ

Гибкая платформа комплекса ДЕКОНТ предлагает три варианта автоматизации объектов РЭС:

- классическую телемеханизацию: оборудование сосредоточено в одном или нескольких шкафах ТМ (централизованная архитектура);
- распределенную архитектуру: специализированные модули телемеханики встраиваются непосредственно в ячейки на заводе-изготовителе, при монтаже остается лишь соединить их по цифровому интерфейсу;
- комплексную автоматизацию (телемеханика, энергоучет и РЗА), основанную на применении терминалов микропроцессорных защит типа “РЗА-33”.

Вариант 1. Классическая телемеханика

Компания ДЭП выпускает несколько комплектов телемеханики (КТМ), построенных по классической централизованной архитектуре, отличающихся информационной емкостью, функциональностью, наличием дополнительного оборудования. В зависимости от требуемого объема телемеханизации объекта на этапе заказа КТМ из линейки модулей ввода/вывода и линейки поддерживаемых каналов связи (интерфейсов контроллера А9) выбирается необходимый набор устройств, который затем проектным путем получает конструктивное исполнение в виде одного или двух (обычно) шкафов телемеханики (рис. 1).

Например, для телемеханизации распределительных подстанций (РП) напряжением 10 кВ выпускаются комплекты телемеханики “ДЕКОНТ КС-хх” – это полностью готовые к внедрению и эксплуатации изделия. Благодаря высокой надежности, простоте обслуживания, малым габаритным размерам и расширенному температурному диапазону функционирования комплекты получили широкое распространение в ОАО “МОЭСК”.

Рис. 1

Только в Московской кабельной сети (филиале МОЭСК-а) эксплуатируется около 1500 таких комплектов.

В последние годы широкое применение получил КТМ типа "ДЕКОНТ-К2С-М-ИВК-РП 22 2VM", позволяющий телемеханизировать до 22 ячеек. КТМ дополнительно комплектуется многофункциональными измерителями ЕМ-3 и необслуживаемым безаккумуляторным блоком резервного питания (UPS), обеспечивающим функционирование КТМ в случае пропадания питания. КТМ может выпускаться с поддержкой связи по выделенной или коммутируемой линии, радиоканалу, Ethernet, оптоволокну, RS-485, PLC-модемом, GSM/GPRS-каналом и др. Например, в случае использования популярного в последнее время GPRS-канала, КТМ поставляется уже с установленным в контроллере А9 GPRS-модемом. Для использования КТМ достаточно только приобрести SIM-карту.

КТМ осуществляет в каждой ячейке двух секций обработку следующих сигналов.

В ячейках ввода и отходящих линий:
- ТС положения выключателя, тележки, заземляющего ножа и замыкания на землю;
- ТИ тока нагрузки по трём фазам;
- ТИ активной/реактивной прямой/обратной электроэнергии и мощности;
- ТИ частоты сети и cos φ;
- ТУ включения и ТУ отключения выключателей ячеек.

В ячейках секционного разъединителя:
- ТС положения выключателя;
- ТС положения тележки.

В ячейке секционного выключателя:
- ТС положения ключа АВР;
- ТС положения выключателя, заземляющего ножа и тележки;
- ТИ тока нагрузки по трём фазам;
- ТИ активной/реактивной прямой/обратной электроэнергии и мощности;
- ТИ частоты сети и cos φ;
- ТУ включения и ТУ отключения выключателя ячейки.

В ячейках трансформатора напряжения:
- ТС отсутствия напряжения на секции;
- ТС положения выключателя нагрузки;
- ТИ напряжения шин по трём фазам.

В ячейках силовых трансформаторов:
- ТС положения выключателя, заземляющего ножа и тележки;
- ТИ тока нагрузки по трём фазам;
- ТИ активной/реактивной прямой/обратной электроэнергии и мощности;
- ТИ частоты сети и cos φ;
- ТУ включения и ТУ отключения выключателей ячеек.

Общие ТС сигналы РТП:
- напряжения на секции < 60 %;
- наличия питания оперативных цепей;
- срабатывания автоматов в оперативных цепях;
- аварии реле УЗА (для каждой секции);
- ключей управления ячейкой местное/дистанция;
- срабатывания АВР ШПСН;
- автономной работы UPS1 и UPS2;
- охранной телесигнализации дверей.

Вариант 2. Распределенная архитектура

В последние годы все большую популярность завоевывают системы с распределенной архитектурой размещения КТМ на РТП и ТП. Такое решение основано на размещении специализированных модулей ввода/вывода типа RTU3 и EM3 непосредственно в высоковольтных ячейках (в низковольтном отсеке). Между ячейками прокладывается цифровая сеть RS-485, объединяющая модули RTU3 и EM3 с контроллером А9, установленном в шкафу телемеханики (рис. 2).

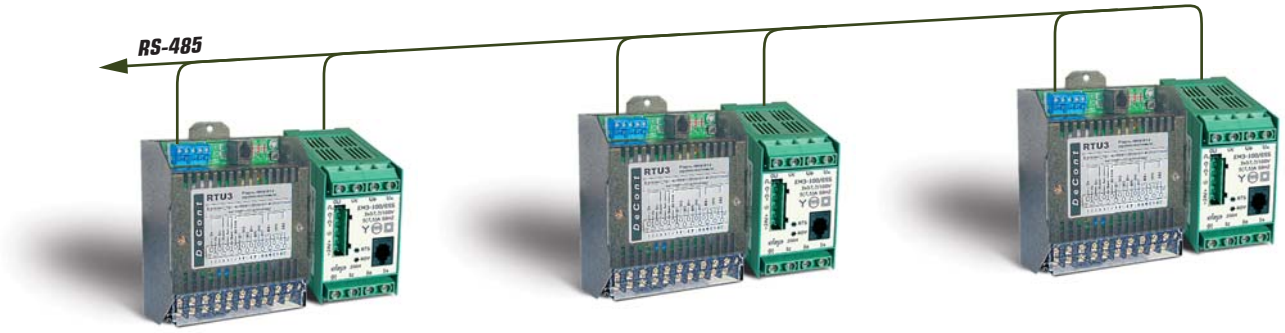


Рис. 2

Таблица 1. Расширенный объем телемеханизируемых сигналов с одной ячейки*

	Наименование сигнала	Тип сигнала	Тип ячейки			
			Ввод	Отход линия	Силов. Трансф.	Секц. Выкл.
	Положение МВ	ТС	1	1	1	1
	Готовность к управлению (привода и катушек)	ТС	1	1	1	1
	Положение шинного разъединителя	ТС	1	1	1	1
	Положение разъединителя (для КРУ со стационарными выключателями) или положение тележки (для КРУ с выкатными элементами (рабочее положение))	ТС	1	1	1	1
Модуль RTU3	Положение заземляющих ножей	ТС	1	1	1	1
	Исчезновение напряжения, секция 1,2	ТС				2
Модуль EM3	Срабатывание 1 и 2 ступеней тепловой защиты (для "сухих" трансформаторов)	ТС			2	
	Наличие напряжения на КЛ (кроме трансформаторов и секцион. Перемычки)	ТС	3	3	3	3
	Наличие "земли"	ТИ		1	1	
	Ток в линии (фаза А, В, С)**	ТИ	3	3	3	3
	Напряжение на секции (фаза А, В, С)	ТИ	3			
	Команда "Включить" МВ	ТИ	1	1	1	1
	Команда "Отключить" МВ	ТИ	1	1	1	1

** В таблице представлен набор сигналов, контролируемый одним модулем RTU3, для разных типов ячеек.*

*** Для измерения тока в линии по фазам в ячейке дополнительно к модулю RTU3 устанавливается модуль EM3. Более подробные технические характеристики модуля EM3 будут представлены в следующих номерах журнала в разделе "организация энергоучета".*

В шкафу телемеханики (ШТМ), помимо контроллера A9, остаются только интерфейсы связи, система резервированного питания и 1-2 модуля общих сигналов. При этом размер ШТМ значительно уменьшен за счет выноса из него модулей ввода/вывода в ячейки, а объем телемеханизируемых сигналов увеличен (таблица 1).

В новом ШТМ зарезервированы (опционально) интерфейсы для подключения электросчетчиков системы учета, систем релейной защиты или дополнительных каналов связи. К такому ШТМ может подключаться до 40 ячеек.

Преимущества распределенной архитектуры:

- Сокращение монтажных и пусконаладочных работ на объекте.
- Установка модулей RTU3 и EM3 на заводе-изготовителе ячеек, соответственно в заводских условиях будет производиться полная проверка подключения всех сигналов.
- Повышение помехозащищенности системы в целом, в классическом варианте подключение ШТМ производится сигнальным кабелем, длина которого достигает 20 м, при этом все сигнальные кабели лежат в одном лотке и идут параллельно высоковольтным шинам; в таких условиях помехи могут как искажать сигнал, так и "выжи-

гать" электронные изделия. При установке модулей в ячейки длина сигнального провода менее 1м, и они сосредоточены в небольшом объеме.

- Повышение надежности телеуправления. В современных системах команда на включение поступает (очень часто через несколько промежуточных клемм) на дискретный вход релейной защиты, а это обычно высокоомный слабозащищенный вход.
- Уменьшение проектных работ. Производители ячеек обычно выводят сигналы телемеханики на промежуточные клеммники, причем набор сигналов определяют сами. У разных производителей разные типы клеммников и разная цоколевка, это приводит к тому, что для целей телемеханики приходится выпускать свой проект на каждое РТП/ТП.
- Актуальность типового проекта РТП/ТП. Унификация клеммника в ячейках приводит к тому, что становится возможным создание единого проекта для РТП/ТП.
- Улучшение качества обслуживания. Наличие типового проекта уменьшает количество хранимой документации, упрощает обучение персонала. Устранение неисправности будет сводиться к определению ячейки и замене в ней модуля телемеханики.
- Актуализация документации. Документация, поступающая вместе с ячейками с заводов, будет содержать всю необходимую реальную информацию по телемеханике.
- Появляется возможность подключения специфических сигналов, таких как, например, наличие напряжения на подходящих кабелях.
- Минимизируется количество кабеля, прокладываемого между ячейками.
- Уменьшается стоимость оборудования телемеханики. В классическом варианте многие организации в стремлении иметь однотипные устройства телемеханики выбирают некий усредненный комплект с запасом, покрывающим потребности большинства РТП/ТП. В распределенной системе количество модулей телемеханики точно соответствует количеству ячеек.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

- Сигнал "Наличие напряжения на КЛ" снимается с 3-х конденсаторных делителей, предназначенных для индикации напряжения на кабельных линиях. Подключение производится с делителей на высокоомные входы модуля RTU3, номинал сигнала ~50 В. Сигналом является наличие напряжения >20 В.
- Сигнал "Наличие "земли". В токовую цепь трансформатора 3I0 последовательно подключается вход 0-5 А модуля RTU3. При превышении уставки 0,8 А во вторичной цепи формируется дискретный сигнал, и если он длится более 20 секунд, отображается у диспетчера.
- Для измерения тока нагрузки с точностью 0,5S на вводных и отходящих ячейках устанавливаются модули ЕМ3-100.
- Для измерения напряжения на секциях напряжение с измерительного трансформатора подключается к модулям ЕМ3-100, установленным на вводах. К модулям ЕМ3-100, установленным на других ячейках, напряжение не подключается.
- Команда телеуправления "Включить" формируется выходным реле модуля RTU3 и поступает на вход устройства релейной защиты.
- Команда телеуправления "Отключить" формируется выходным реле модуля RTU3 и поступает непосредственно на катушку отключения Выключателя, минуя устройство релейной защиты.

"ДЕКОНТ КС–RTU24/xx"

В качестве примера распределенной архитектуры (рис. 3) представлена структурная схема типового проектного решения телемеханизации распределительного пункта 6-35 кВ (РП) московской кабельной сети (МКС филиал ОАО "МОЭСК"). Устанавливаемое в РП оборудование телемеханики предназначено для осуществления автоматизированного контроля и управления режимами электроснабжения, а также режимами работы электрооборудования.

На данной структурной схеме показано размещение на РП оборудования из комплекта ТМ типа "Деконт КС-RTU24/xx", состоящего из базового шкафа ТМ "Деконт КС-RTU24", обслуживающего до 24 ячеек и модулей RTU3, ЕМ3, устанавливаемых в низковольтном отсеке ячеек высокого напряжения (РУВН).

Указанный комплект ТМ интегрируется с АСДУ электроснабжением района диспетчерского управления МКС филиала ОАО "МОЭСК".

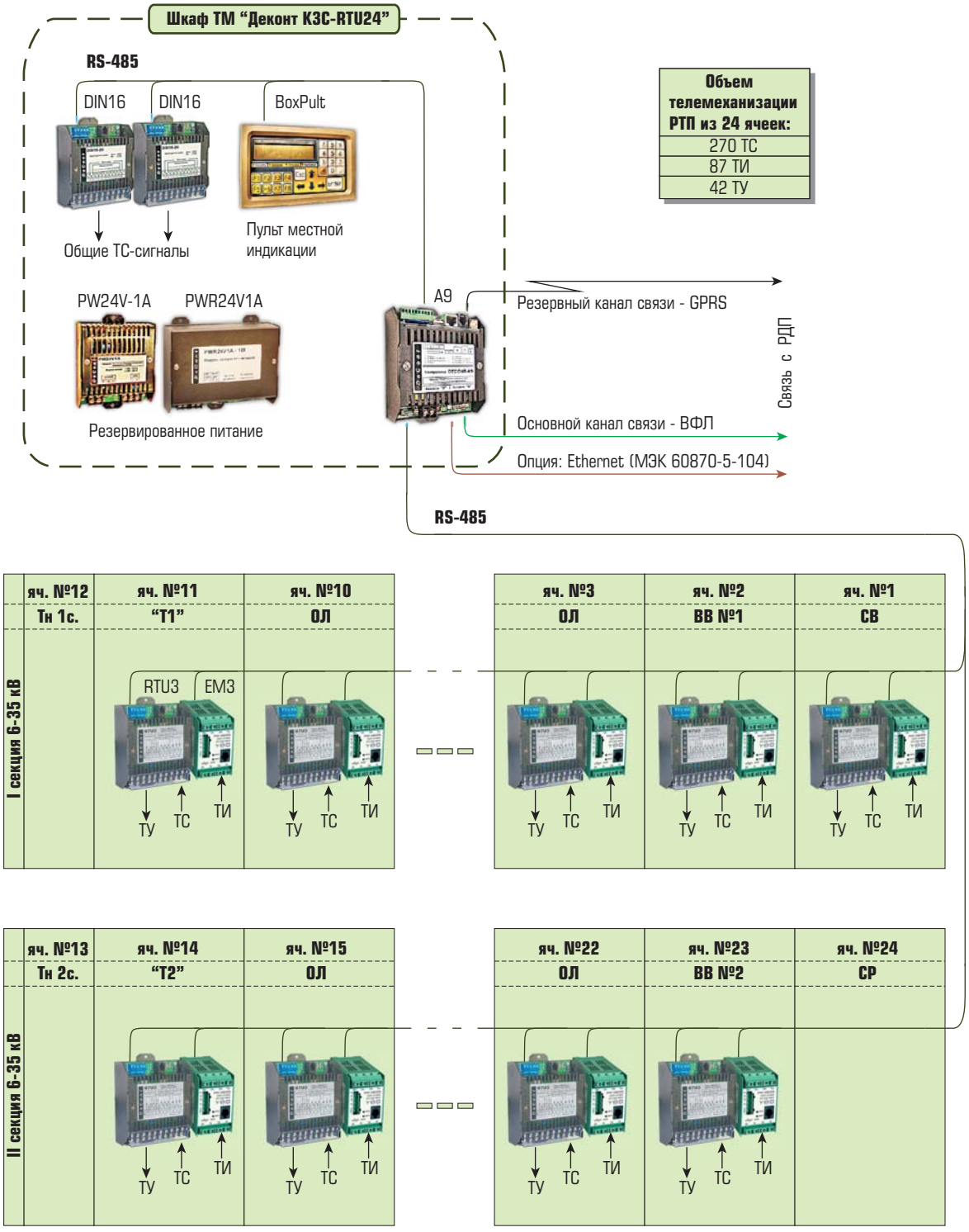


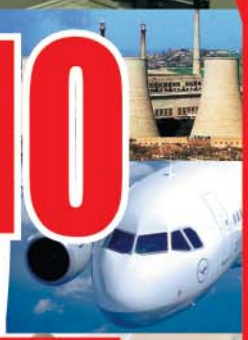
Рис. 3

Продолжение в следующем номере

Уваров Андрей Валентинович *– Генеральный директор компании ДЭП.*
Телефон: (495) 995-00-12. E-mail: mail@dep.ru http://www.dep.ru/

Российская специализированная выставка
электронных модулей и систем
промышленного, бортового и специального назначения

ПРОМЫШЛЕННАЯ И ВСТРАИВАЕМАЯ ЭЛЕКТРОНИКА 2010



Москва, 26-28 октября 2010г.
WWW.MODULE-2010.RU

Когда выход из строя дорого стоит ...

Проводится в рамках:
Российской недели электроники
www.RussianElectronicsWeek.ru

Компания ДЭП
www.dep.ru
(495) 995-00-12

Автоматизация объектов электроэнергетики

Типовые решения телемеханизации, энергоучета, защиты и автоматики ТП, РП, РТП, СП, ПС широкого класса напряжения 6-35 кВ, а также 110-220 кВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ С УЛАВЛИВАНИЕМ СИНХРОНИЗМА В РАСЧЁТАХ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДИКИ МАКРО-ПРОГРАММИРОВАНИЯ

А.В. ВИШТИБЕЕВ, Т.А. ШИБАЕВА, Е.А. КОРОЛЮК, В.О. ЧЕРШОВА
(Сибирский институт проектирования энергосистем ОАО "Сибирский ЭНТЦ"),
А.В. ДОМЫШЕВ (Институт систем энергетики им. Мелентьева СО РАН),
О.Н. ШЕПИЛОВ (ООО "Институт диспетчерского управления энергетических систем")[1]

На примере Богучанской ГЭС рассматривается модель устройства автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма (АПВУС). Предлагается алгоритм моделирования АПВУС. Рассматривается логика работы и программная реализация автоматики. Показано, что внедрение разработанной модели в реальную энергетическую систему даст значительный экономический эффект и предотвратит развитие каскадных аварий, способных повлечь за собой значительный ущерб для энергосистемы и потребителей.

Крупные аварии, происходящие в энергосистемах (ЭЭС), сопровождаются нарушением статической и динамической устойчивости и зачастую носят каскадный характер. Возникающие при этом небалансы мощности и недопустимые падения напряжений могут вызвать отключение больших мощностей потребителей и деление ЭЭС на автономные части.

Решение основных проблем устойчивости ЭЭС во многих случаях может быть достигнуто с помощью применения быстродействующих защит, в том числе специальных схем автоматического повторного включения (АПВ). Решение задачи моделирования противоаварийной автоматики (ПАА) является одним из необходимых этапов общего анализа устойчивости, который выполняется при выборе структуры энергосистемы, определении пропускной способности линий электропередачи, выборе средств управления, регулирования, защиты и противоаварийной автоматики в энергосистемах. Наиболее перспективным направлением для решения этой задачи представляется использование макро-программирования на специализированном языке, использующем терминологию и словарь предметной области ПАА. Приставка макро- подразумевает, что словарь языка использует не простые понятия, как в языках программирования низкого уровня, а гораздо более сложные, которые свойственны устройствам ПАА (уставка, задержка, блинкер, реле и т.п.).

Представленные на современном рынке программные средства для проектирования и управления ЭЭС позволяют моделировать противоаварийную автоматику с помощью фиксированного набора управляющих воздействий на систему. Более универсальным является способ программируемого задания автоматики, поскольку позволяет более гибко и адекватно моделировать логику её работы с учётом не только фиксированных, но также и изменяющихся условий в устройствах ПАА в процессе расчёта. С помощью макропрограммирования противоаварийной автоматики можно смоделировать современные технические устройства релейной защиты и автоматики практически любой сложности, задать любые условия и уставки работы логики устройства. Подобный способ программируемого моделирования логики реализован в программно-вычислительном комплексе "АНАРЭС-2000" на основе специализированного редактора ПАА. Среди программ в области электроэнергетики аналогов в мире пока нет, хотя имеются программы, которые частично эту задачу решают (EuroStag, Mustang).

[1] Авторы выражают благодарность д.т.н., профессору Фишову А.Г.

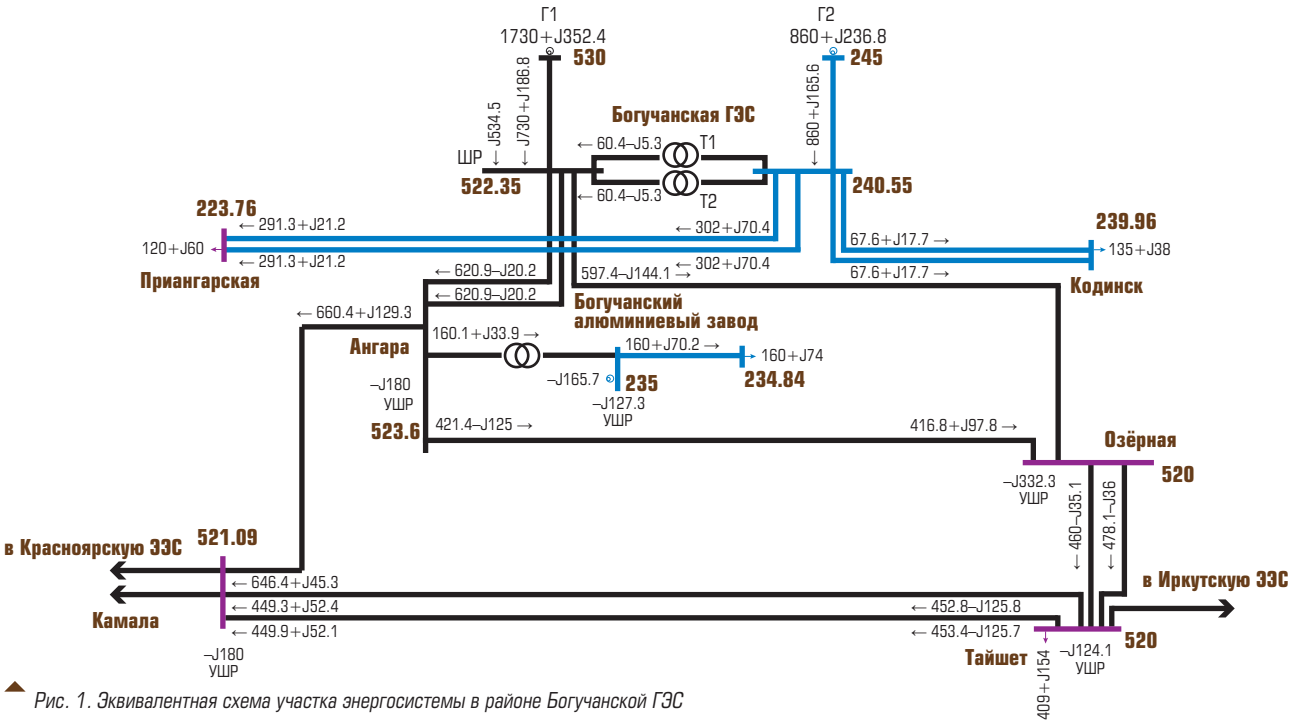


Рис. 1. Эквивалентная схема участка энергосистемы в районе Богучанской ГЭС

Построение моделей ПАА выполняется как на различных этапах проектирования энергосистем, так и при их эксплуатации – главным образом для уточнения области допустимых режимов, параметров устройств регулирования, защиты и автоматики.

Одной из важных задач управления электроэнергетическими системами является построение модели устройства автоматического повторного включения с улавливанием синхронизма (АПВУС), которое позволяет синфазно включить линию после её отключения средствами РЗиА вследствие возникшей аварии. В статье предлагается алгоритм моделирования АПВУС в расчётах динамической устойчивости посредством макро-программируемого задания логики работы автоматики.

УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОВТОРНОГО ВКЛЮЧЕНИЯ

АПВ высокоэффективно, поскольку в большинстве случаев снижает тяжесть возмущающего воздействия, восстанавливает схему и нормальный, хотя нередко вышедший из оптимального режим работы ЭЭС, ОЭС и ЕЭС в целом.

К устройствам АПВ предъявляется ряд требований, среди которых важно отметить требование быстродействия заданной кратности действия, не срабатывания при отключении выключателя оператором, запрет включения выключателя на КЗ, ускорения действия РЗ, автоматической подготовки (с выдержкой времени) к новому действию и др. АПВУС предполагает выполнение ряда условий, которые позволяют включить линию в наиболее благоприятные моменты с точки зрения режимных параметров и таким образом предотвратить усугубление развития аварии вследствие неудачного повторного включения.

Улавливание синхронизма при автоматическом повторном включении требуется в том случае, если ток несинхронного включения $I_{НС}$ превышает допустимую величину. Неудачное повторное включение может возникнуть, к примеру, при включении межсистемной связи, двух станций на параллельную работу, или же любых двух частей энергосистемы, содержащих синхронные машины. Требование синхронизма АПВ широко распространено в современной энергосистеме из-за необходимости соблюдения синхронности работы источников питания по концам линии.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ СХЕМА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ АПВУС НА ПРИМЕРЕ ФРАГМЕНТА ЭНЕРГОСИСТЕМЫ В РАЙОНЕ БОГУЧАНСКОЙ ГЭС

В качестве примера применения АПВУС рассматривается фрагмент энергосистемы в районе Богучанской ГЭС (рис. 1). Эквивалентная схема учитывает сеть напряжением 500 и 220 кВ.

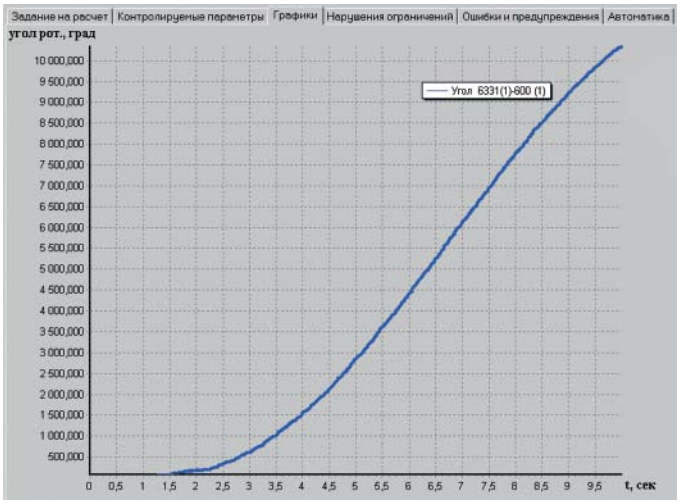


Рис. 2. Выбег угла ротора генератора Г2 Богучанской ГЭС

В случае отключения трансформаторов Т1 и Т2 между шинами 500 и 220 кВ БоГЭС, происходит нарушение устойчивости и деление системы, поскольку линия связи с системой со стороны 220 кВ оказывается неспособной пропустить всю мощность генерации. Как следствие, появляется избыток мощности в отделившейся части на стороне 220 кВ, что приводит к асинхронным проворотам генератора Г2 относительно системы. На рис. 2 приведена картина выбега угла ротора генератора Г2 Богучанской ГЭС.

Как видно из рис. 2, генератор Г2 совершает около 27 асинхронных проворотов за 10 с. Данная авария приведёт к тяжёлым последствиям, в частности к делению энергосистемы на автономные части и как следствие значительным ущербам для энергосистемы и потребителей, поэтому необходимо предотвратить асинхронный ход генератора с помощью автоматики АПВУС. Далее рассматривается логика работы и программная реализация автоматики повторного включения с улавливанием синхронизма.

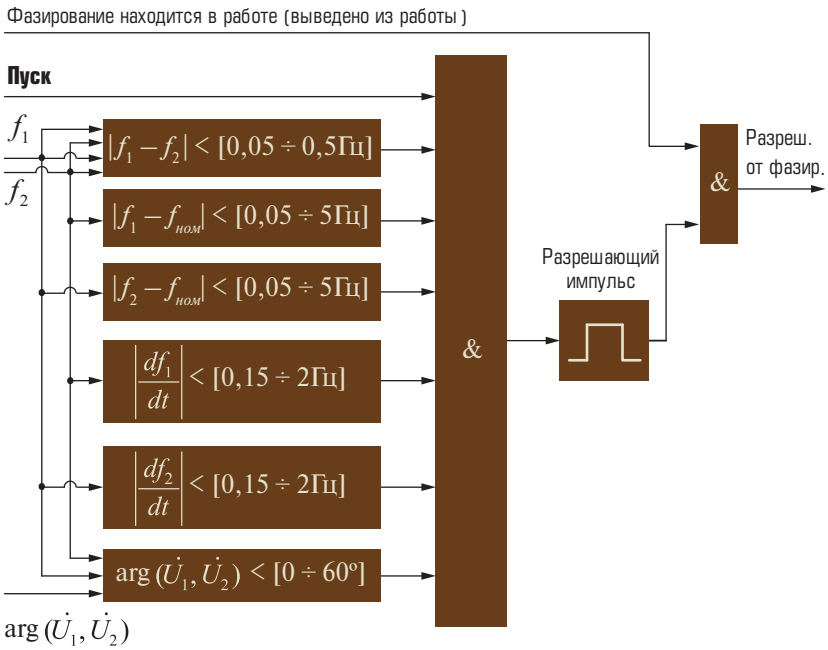


Рис. 3. Логическая схема модуля фазирования

УСЛОВИЯ УЛАВЛИВАНИЯ СИНХРОНИЗМА И ЛОГИКА РАБОТЫ АПВУС

Используемая ранее при проведении расчётов динамической устойчивости модель АПВУС предполагала собой построение ряда фиксированных управляющих воздействий на систему. Предлагаемая новая модель представляет собой программную реализацию логики работы реального технического устройства и имеет ряд преимуществ по сравнению с вышеупомянутой, среди которых важно отметить возможность проводить расчёты динамической устойчивости энергосистем с учётом работы реальных устройств ПАА и РЗ, реализуя все их условия и уставки, что значительно повышает точность проведения расчётов.

Рассматриваемая модель, реализует логику блока улавливания синхронизма, заложенную в реальном устройстве автоматического управления выключателем серии “Бреслер ШЛ 2606” [2].

Логика улавливания синхронизма:

1. Отклонение частоты f_1 и f_2 от $f_{ном}$ не должно превышать $[0{,}05 \div 5\text{Гц}]$:

$$|f_1 - f_{ном}| < [0{,}05 \div 5\text{Гц}], \quad (1)$$

$$|f_2 - f_{ном}| < [0{,}05 \div 5\text{Гц}], \quad (2)$$

2. Допустимое взаимное отклонение f_1 от f_2 не должно превышать $[0{,}05 \div 5\text{Гц}]$:

$$|f_1 - f_2| < [0{,}05 \div 5\text{Гц}], \quad (3)$$

3. Допустимая скорость изменения частоты $\frac{df_1}{dt}$ и $\frac{df_2}{dt}$ не должно превышать $[0{,}15 \div 2\text{Гц}]$:

$$\frac{df_1}{dt} < [0{,}15 \div 2\text{Гц}], \quad (4)$$

$$\frac{df_2}{dt} < [0{,}15 \div 2\text{Гц}], \quad (5)$$

4. Угол включения $\arg(\dot{U}_1, \dot{U}_2)$ не должен превышать $[0 \div 60°]$:

$$\arg(\dot{U}_1, \dot{U}_2) < [0 \div 60°], \quad (6)$$

5. Разрешающий импульс по времени – $[0{,}05 \div 1\text{c}]$:

$$t > [0{,}05 \div 1\text{c}]. \quad (7)$$

На рис. 3 приведена логическая схема модуля фазирования.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АПВУС

Алгоритм программы АПВУС представлен на рис. 4.

В таблице 1 приведена макропрограммная реализация АПВУС.

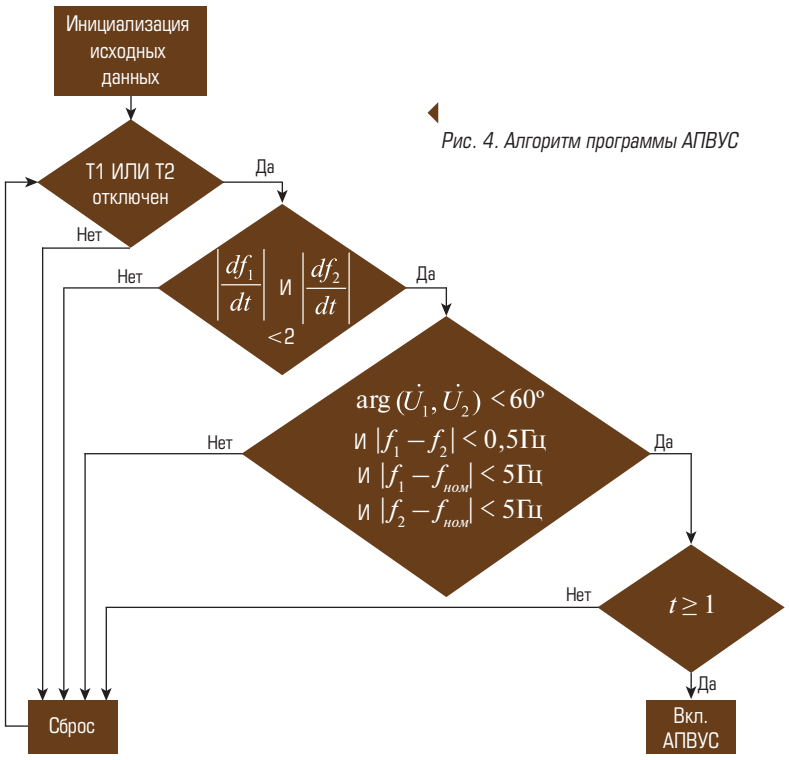


Рис. 4. Алгоритм программы АПВУС

Таблица 1. Макро-программа АПВУС

Секция инициализации	
$Tset=0.0	// Уставка по времени
$T=0.0	// Текущее время
sT1=ДАТЧИК[СОСТТ1]	// Датчик состояния трансформаторной ветви Т1
sT2=ДАТЧИК[СОСТТ2]	// Датчик состояния трансформаторной ветви Т2
d500=ДАТЧИК[ФАЗАU500]	// Датчик фазы напряжения на шинах 500 кВ
d220=ДАТЧИК[ФАЗАU220]	// Датчик фазы напряжения на шинах 220 кВ
f500=ДАТЧИК[ЧАСТОТА500]	// Датчик частоты на шинах 500 кВ
f220=ДАТЧИК[ЧАСТОТА220]	// Датчик частоты на шинах 220 кВ
dT=ДАТЧИК[DT]	// Приращение времени от предыдущего расчёта
ClearT=ДАТЧИК[CLEART]	// Признак сброса времени
a=0.0	// Внутренняя переменная
b=0.0	// Внутренняя переменная
c=0.0	// Внутренняя переменная
e=0.0	// Внутренняя переменная
f1=0.0	// Внутренняя переменная
f2=0.0	// Внутренняя переменная
g=0.0	// Внутренняя переменная
h=0.0	// Внутренняя переменная
k=0.0	// Внутренняя переменная
m=0.0	// Внутренняя переменная
n=0.0	// Внутренняя переменная
p=0.0	// Внутренняя переменная
f_prev1=50.0	// Значение частоты на шинах 500 кВ на начало расчёта
f_prev2=50.0	// Значение частоты на шинах 220 кВ на начало расчёта
f_nom=50.0	// Номинальная частота

Продолжение таблицы 1

Секция выполнения	
Трансформаторная ветвь 1	**Трансформаторная ветвь 2**
ЕСЛИ>=(ClearT,1.0,1); // Обнуление времени на начало программы	ЕСЛИ>=(ClearT,1.0,1); // Обнуление времени на начало программы
ПРИСВОИТЬ(T,0.0); // Обнуление времени на начало программы	ПРИСВОИТЬ(T,0.0); // Обнуление времени на начало программы
ЕСЛИ=(sT1,0.0,42); // Если T1 отключен, выполняй далее	ЕСЛИ=(sT2,0.0,42); // Если T2 отключен, выполняй далее
СЛОЖИТЬ(T,dT); // Запускай счётчик времени	СЛОЖИТЬ(T,dT); // Запускай счётчик времени
ПРИСВОИТЬ(f1,f500); // |(f1(i)-f1(i-1))/dT|	ПРИСВОИТЬ(f1,f500); // |(f1(i)-f1(i-1))/dT|
ВЫЧЕСТЬ(f1,f_prev1); // |(f1(i)-f1(i-1))/dT|	ВЫЧЕСТЬ(f1,f_prev1); // |(f1(i)-f1(i-1))/dT|
ДЕЛИТЬ(f1,dT); // |(f1(i)-f1(i-1))/dT|	ДЕЛИТЬ(f1,dT); // |(f1(i)-f1(i-1))/dT|
ЕСЛИ>(f1,2.0,1); // если |(f1(i)-f1(i-1))/dT|>2	ЕСЛИ>(f1,2.0,1); // если |(f1(i)-f1(i-1))/dT|>2
ПРИСВОИТЬ(g,1.0); // g=1	ПРИСВОИТЬ(g,1.0); // g=1
ПРИСВОИТЬ(f_prev1,f1); // f1(i-1)=f1(i)	ПРИСВОИТЬ(f_prev1,f1); // f1(i-1)=f1(i)
ПРИСВОИТЬ(f2,f220); // |(f2(i)-f2(i-1))/dT	ПРИСВОИТЬ(f2,f220); // |(f2(i)-f2(i-1))/dT
ВЫЧЕСТЬ(f2,f_prev2); // |(f2(i)-f2(i-1))/dT	ВЫЧЕСТЬ(f2,f_prev2); // |(f2(i)-f2(i-1))/dT
ДЕЛИТЬ(f2,dT); // |(f2(i)-f2(i-1))/dT	ДЕЛИТЬ(f2,dT); // |(f2(i)-f2(i-1))/dT
ЕСЛИ>(f2,2.0,1); // если |(f2(i)-f2(i-1))/dT|>2	ЕСЛИ>(f2,2.0,1); // если |(f2(i)-f2(i-1))/dT|>2
ПРИСВОИТЬ(h,1.0); // h=1	ПРИСВОИТЬ(h,1.0); // h=1
ПРИСВОИТЬ(f_prev2,f2); // f2(i-1)=f2(i)	ПРИСВОИТЬ(f_prev2,f2); // f2(i-1)=f2(i)
СЛОЖИТЬ(g,h); // g=g+h	СЛОЖИТЬ(g,h); // g=g+h
ЕСЛИ<(g,1.0,27); // если g<1, выполняй далее	ЕСЛИ<(g,1.0,27); // если g<1, выполняй далее
ПРИСВОИТЬ(c,d500); // |arg(U1)-arg(U2)|	ПРИСВОИТЬ(c,d500); // |arg(U1)-arg(U2)|
ВЫЧЕСТЬ(c,d220); // |arg(U1)-arg(U2)|	ВЫЧЕСТЬ(c,d220); // |arg(U1)-arg(U2)|
МОДУЛЬ(c); // |arg(U1)-arg(U2)|	МОДУЛЬ(c); // |arg(U1)-arg(U2)|
ПРИСВОИТЬ(b,f500); //|f1-f2|	ПРИСВОИТЬ(b,f500); //|f1-f2|
ВЫЧЕСТЬ(b,f220); //|f1-f2|	ВЫЧЕСТЬ(b,f220); //|f1-f2|
МОДУЛЬ(b); //|f1-f2|	МОДУЛЬ(b); //|f1-f2|
ПРИСВОИТЬ(k,f500); // |f1-fном|	ПРИСВОИТЬ(k,f500); // |f1-fном|
ВЫЧЕСТЬ(k,f_nom); // |f1-fном|	ВЫЧЕСТЬ(k,f_nom); // |f1-fном|
МОДУЛЬ(k); // |f1-fном|	МОДУЛЬ(k); // |f1-fном|
ПРИСВОИТЬ(m,f220); // |f2-fном|	ПРИСВОИТЬ(m,f220); / |f2-fном|
ВЫЧЕСТЬ(m,f_nom); // |f2-fном|	ВЫЧЕСТЬ(m,f_nom); // |f2-fном|
МОДУЛЬ(m); // |f2-fном|	МОДУЛЬ(m); // |f2-fном|
ЕСЛИ>(c,60.0,1); // если |arg(U1)-arg(U2)|>60	ЕСЛИ>(c,60.0,1); // если |arg(U1)-arg(U2)|>60
ПРИСВОИТЬ(a,1.0); // a=1	ПРИСВОИТЬ(a,1.0); // a=1
ЕСЛИ>(b,0.5,1); // если |f1-f2|>0,5	ЕСЛИ>(b,0.5,1); // если |f1-f2|>0,5
ПРИСВОИТЬ(e,1.0); // e=1	ПРИСВОИТЬ(e,1.0); // e=1
ЕСЛИ>(k,5.0,1); // если |f1-fном|>5	ЕСЛИ>(k,5.0,1); // если |f1-fном|>5
ПРИСВОИТЬ(n,1.0); // n=1	ПРИСВОИТЬ(n,1.0); // n=1
ЕСЛИ>(m,5.0,1); // если |f2-fном|>5	ЕСЛИ>(m,5.0,1); // если |f2-fном|>5
ПРИСВОИТЬ(p,1.0); // p=1	ПРИСВОИТЬ(p,1.0); // p=1
СЛОЖИТЬ(a,e); // a=a+e+n+p	СЛОЖИТЬ(a,e); // a=a+e+n+p
СЛОЖИТЬ(a,n); // a=a+e+n+p	СЛОЖИТЬ(a,n); // a=a+e+n+p
СЛОЖИТЬ(a,p); // a=a+e+n+p	СЛОЖИТЬ(a,p); // a=a+e+n+p
ЕСЛИ>=(a,1.0,1); // если a>=1	ЕСЛИ>=(a,1.0,1); // если a>=1
ПРИСВОИТЬ(T,0.0); // сбрасывай время	ПРИСВОИТЬ(T,0.0); // сбрасывай время
ЕСЛИ>=(T,Tset,1); // иначе, если разреш. импульс>=1	ЕСЛИ>=(T,Tset,1); // иначе, если разреш. импульс>=1
УСТАНОВИТЬ(Result) // устанавливай результат	УСТАНОВИТЬ(Result) // устанавливай результат
СБРОСИТЬ(Result) // иначе сброс	СБРОСИТЬ(Result) // иначе сброс

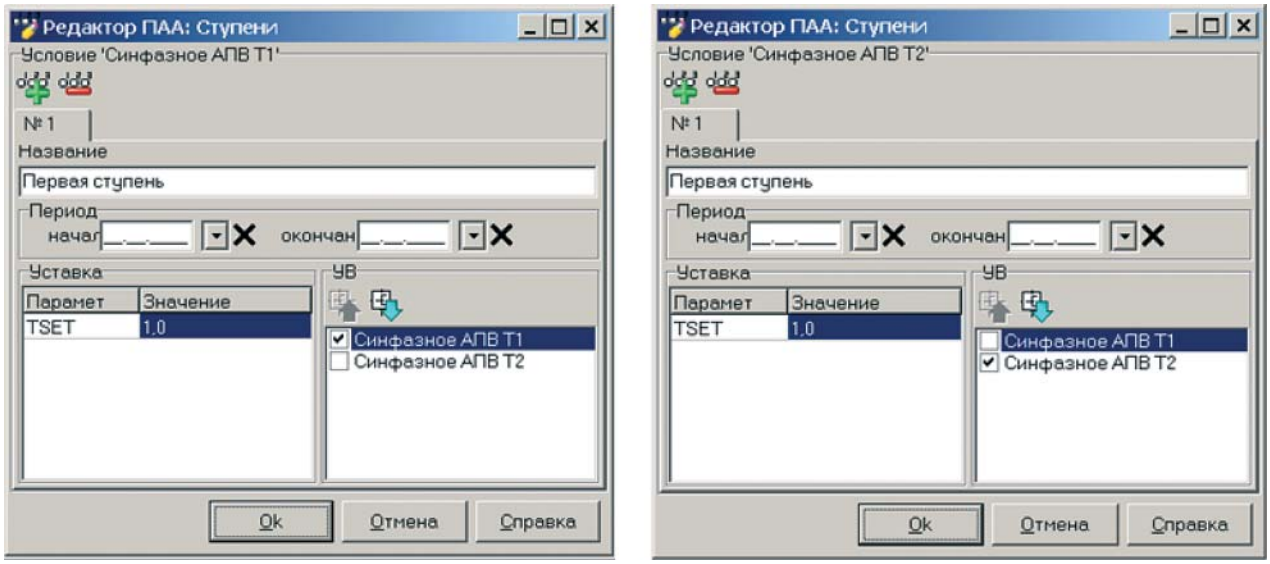


Рис. 5. Уставки по времени на включение выключателя от АПВУС

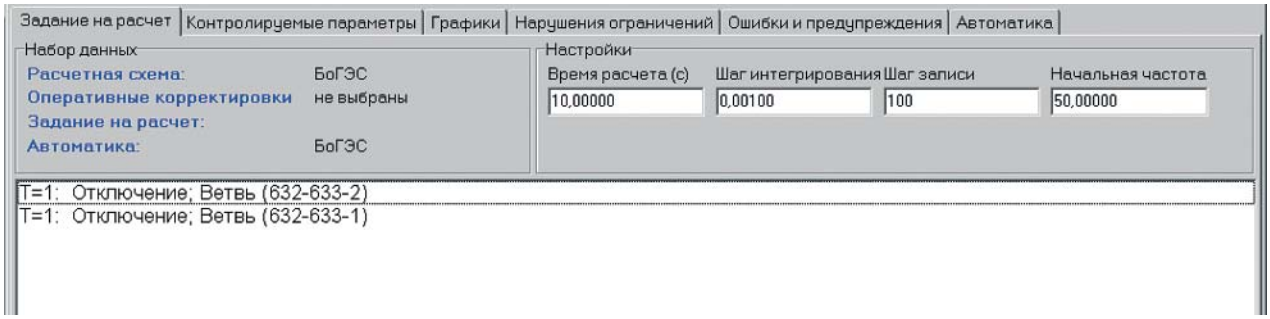


Рис. 6. Управляющие воздействия для расчёта переходного процесса

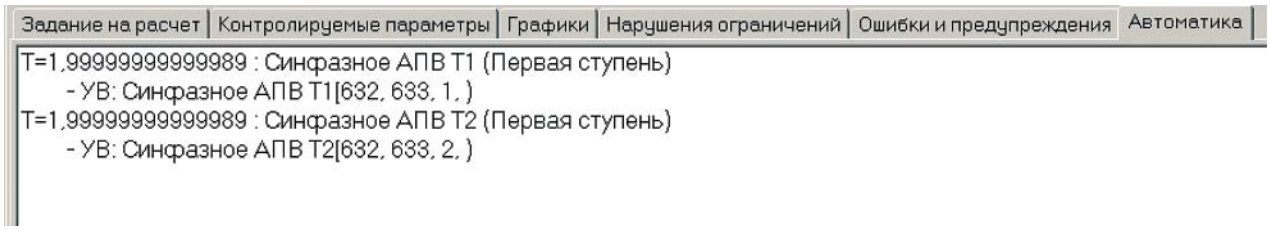


Рис. 7. Срабатывание автоматики

На рис. 5 представлены уставки по времени на включение выключателя от АПВУС.

Программа АПВУС, написанная в редакторе ПАА и РЗ ПВК “АНАРЭС-2000”, реализуется в расчётном блоке “Динамика”. В качестве расчётного возмущения задаётся отключение трансформатора Т1 и трансформатора Т2 (рис. 6).

Поскольку момент времени отключения ветвей задан Т = 1 с, а уставка разрешающего импульса равна одной секунде, следовательно, АПВУС сработает через 1 секунду после отключения ветвей, то есть в момент времени Т = 2 с произойдёт повторное включение трансформаторов Т1 и Т2 [1]. Подтверждение срабатывания автоматики и время её срабатывания можно посмотреть на вкладке “Автоматика” расчётного блока “Динамика” (рис. 7).

В данном переходном процессе все условия АПВ с улавливанием синхронизма оказались выполненными, поэтому по истечении времени разрешающего импульса произошло повторное включение выключателя трансфор-

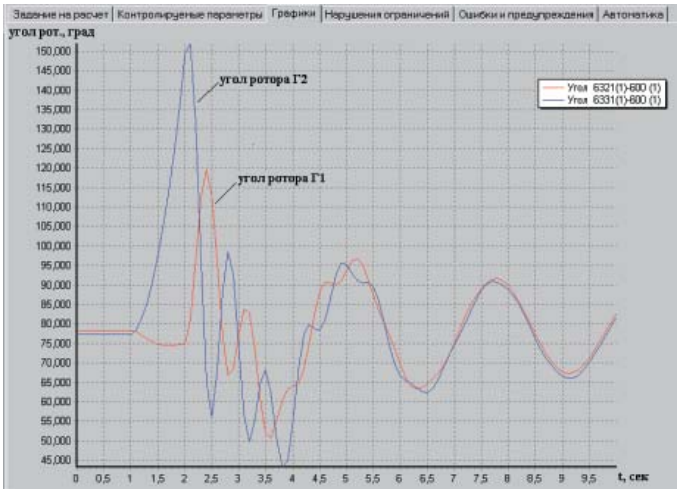


Рис. 8. Углы роторов генераторов со стороны 500 и 220 кВ Богучанской ГЭС

маторов, результатом которого явилось втягивание в синхронизм генератора Г2 на шинах 220 кВ Богучанской ГЭС (рис. 8).

Как видно из рис. 8, синхронное включение выключателя трансформаторов позволило затормозить выбег угла ротора генератора Г2 относительно базисного узла, результатом чего явилось втягивание генератора Г2 в синхронизм.

ВЫВОДЫ

1. Благодаря заданию точной логики работы автоматики посредством её макро-программной реализации разработанная модель АПВУС включает в себя все условия и уставки, присущие реальным устройствам ПАА и РЗ, что значительно повышает точность проведения расчётов, позволяет обеспечить максимальную эффективность и адекватность математической модели, а также гибкость и возможность применения для широкого комплекса проектных и расчётных задач.
2. Применение разработанной в ПВК "АНАРЭС-2000" модели АПВУС на примере фрагмента энергосистемы в районе Богучанской ГЭС показало, что срабатывание АПВУС обеспечило втягивание в синхронизм генераторов в отделившейся части энергосистемы без асинхронных проворотов, а также было исключено срабатывание автоматики ликвидации асинхронного режима (АЛАР) и деление энергосистемы на автономные части, что подтвердило правильность разработанного алгоритма.
3. Последующее внедрение разработанной модели в реальную энергетическую систему несомненно даст значительный экономический эффект, поскольку предотвратит развитие каскадных аварий, носящих непредвиденный характер и способных повлечь за собой значительные ущербы для энергосистемы и потребителей.

Список литературы

1. *Редактор* противоаварийной автоматики в составе ПВК "АНАРЭС-2000": методическое пособие // ИСЭМ СО РАН. Сост. А. В. Домышев. – Иркутск, 2006.
2. *http://www.ic-bresler.ru* – официальный сайт исследовательского центра ООО "ИЦ Бреслер".

Виштибеев Алексей Владимирович *– канд. техн. наук, доцент, нач. отдела развития электрических сетей Сибирского института проектирования энергосистем ОАО "Сибирский ЭНТЦ".*
Шибаева Тамара Александровна *– канд. техн. наук, директор Сибирского института проектирования энергосистем ОАО "Сибирский ЭНТЦ".*
Королюк Евгения Аркадьевна *– гл. специалист сектора устойчивости и ПА Сибирского института проектирования энергосистем ОАО "Сибирский ЭНТЦ".*
Чершова Валерия Олеговна *– аспирант кафедры "Автоматизированные электроэнергетические системы" (Новосибирский государственный технический университет), инженер сектора устойчивости и ПА Сибирского института проектирования энергосистем ОАО "Сибирский ЭНТЦ".*
Домышев Александр Владимирович *– научный сотрудник ИСЭМ СО РАН.*
Шепилов Олег Николаевич *– канд. техн. наук, доцент, генеральный директор ООО "ИДУЭС".*

Сибирский институт проектирования энергосистем ОАО "Сибирский ЭНТЦ".
Телефон/факс: (383) 220-14-66, 221-59-61, 217-08-42 (факс). E-mail: ortek@ortek.energosib.ru
Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН
Телефон/факс: (395) 42-84-18. E-mail: anares@irk.ru http://www.anares.ru
ООО "Институт диспетчерского управления энергетических систем"
Телефон/факс: (383) 222-06-84, 210-05-23. E-mail: ng29@ngs.ru, on.shepiliv@mail.ru http://www.anares.ru

Windows Embedded

QUARTA TECHNOLOGIES

По встраиваемым технологиям Microsoft компания «Кварта Технологии»

- осуществляет поставку лицензий и средств разработки,
- предоставляет полную информационную и техническую поддержку,
- разрабатывает решения под нужды заказчика,
- оказывает консалтинговые услуги,
- проводит сертифицированные тренинги Microsoft,
- обучает специалистов.

Windows Embedded

Одна платформа. Тысячи возможностей.

© Владельцем товарного знака Microsoft, Windows, зарегистрированного на территории США и/или других стран, и владельцем авторских прав на его дизайн является корпорация Microsoft.

Windows® Embedded Gold Partner

Кварта Технологии

Москва, ул. Профсоюзная, дом 84/32
+7 (495) 234 40 18
www.quarta.ru
mse@quarta.ru

При поддержке журналов: Автоматизация и IT в энергетике, Энергобезопасность и энергосбережение, Сфера Нефтегаз, Химическое и нефтегазовое машиностроение, Лакокрасочная промышленность, Главный инженер, Новости теплоснабжения, НП Гильдия Экологов, Химическая техника, Территория Нефтегаз, КИПИНФО, Охрана атмосферного воздуха. Атмосфера, Компрессорная техника и пневматика, НИИ Атмосфера, ЦОЭК.

Вторая Всероссийская конференция

РЕКОНСТРУКЦИЯ ЭНЕРГЕТИКИ-2010

г. Москва, 8-9 июня 2010 г., ГК ИЗМАЙЛОВО

www.intecheco.ru

Инновационные технологии для реконструкции и модернизации энергетики:

- обновление инфраструктуры, модернизация технологического оборудования ТЭЦ, ГРЭС, ТЭС, ГЭС;
- повышение ресурса, эффективности и экономичности энергетического оборудования;
- реконструкция котлов и паротурбинного оборудования;
- IT и АСУТП энергетики;
- современные расходомеры, газоанализаторы и пылемеры;
- эффективное вспомогательное оборудование;
- насосы, компрессоры и др.

Экологический инжиниринг. Газоочистка и водоочистка, переработка отходов:

- экология энергетики;
- комплексная реконструкция установок газоочистки;
- пылеулавливание - современные российские и зарубежные электрофильтры;
- системы вентиляции;
- технологии очистки газов от диоксида серы и окислов азота;
- технологии водоподготовки;
- современные градирни;
- решения для водоочистки;
- утилизация золошлаковых отходов энергетики.

Вопросы промышленной безопасности. Антикоррозионная защита:

- обследования и экспертиза промышленной безопасности;
- системы неразрушающего контроля ТЭС;
- технологии и материалы антикоррозионной защиты;
- лучшие образцы красок и лакокрасочных материалов для защиты от коррозии;
- усиление и восстановление зданий и оборудования;
- апробированные решения для повышения безопасности эксплуатации оборудования энергетики;
- системы предупреждения пожаров и пожаротушения.

www.intecheco.ru , т.: (905) 567-8767, ф.: (495) 737-7079, admin@intecheco.ru

УПРАВЛЕНИЕ И ИДЕНТИФИКАЦИЯ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

М.А. ЩЕРБАКОВ
(Пензенский государственный университет)

Показано, что оптимальным с точки зрения скорости сходимости и устойчивости к неточности задания матрицы чувствительности является выбор матрицы, определяющей направление поиска в соответствии с алгоритмом наименьших квадратов.

При проектировании систем автоматизации испытаний (САИ) (вибрационных, акустических) объект испытания (ОИ), как правило, предполагается линейным и описывается своей передаточной функцией, которая определяется на этапе предварительной идентификации и используется далее в процессе управления [1, 2]. Такой подход оправдывает себя лишь в том случае, если нелинейные свойства ОИ проявляются незначительно и ими можно пренебречь. Однако на практике нередко приходится сталкиваться с ОИ, обладающими существенно выраженными нелинейными свойствами. В этом случае линейная модель, основанная на понятии передаточной функции, зачастую не позволяет адекватно описать свойства ОИ, что приводит к замедлению сходимости или к расходимости алгоритмов управления испытаниями вообще. Поэтому при проектировании САИ необходимо принимать во внимание возможный нелинейный характер ОИ, включая в состав математического обеспечения системы алгоритмы управления и идентификации, обеспечивающие работоспособность системы для широкого класса нелинейных объектов.

Основной функцией САИ является формирование динамических воздействий на ОИ, обеспечивающих воспроизведение в лабораторно-стендовых условиях вибрационного или акустического состояния объекта, имеющего место в реальных условиях эксплуатации. В качестве критерия адекватности моделируемого состояния изделия реальному обычно используется тождественность в спектральном смысле вибрационного или акустического процесса в некоторой точке (ряде точек) испытуемого образца соответствующим эксплуатационным процессам, которые в подавляющем большинстве случаев имеют случайный характер. Таким образом, целью управления является получение на выходе динамического объекта, состоящего из источника воздействия и испытуемого образца, свойства которого априори неизвестны, случайного процесса с заданным спектром.

Структура цифровой системы управления спектром случайных процессов, ориентированной на решение поставленной задачи, представлена на рис. 1, на котором условно показаны назначение и взаимодействие отдельных функциональных блоков системы. Алгоритмическое обеспечение системы включает в себя алгоритмы формирования спектра воздействия, анализа спектра реакции объекта, идентификации и управления. Реализация данных алгоритмов возможна как программным путем, так и аппаратно с помощью специализированных процессоров.

В соответствии с дискретным характером представления информации в цифровой системе управления под ОИ будем подразумевать комплекс технических средств, включающий в себя наряду с трактом источник воздействия – изделие, также фильтры ниж-

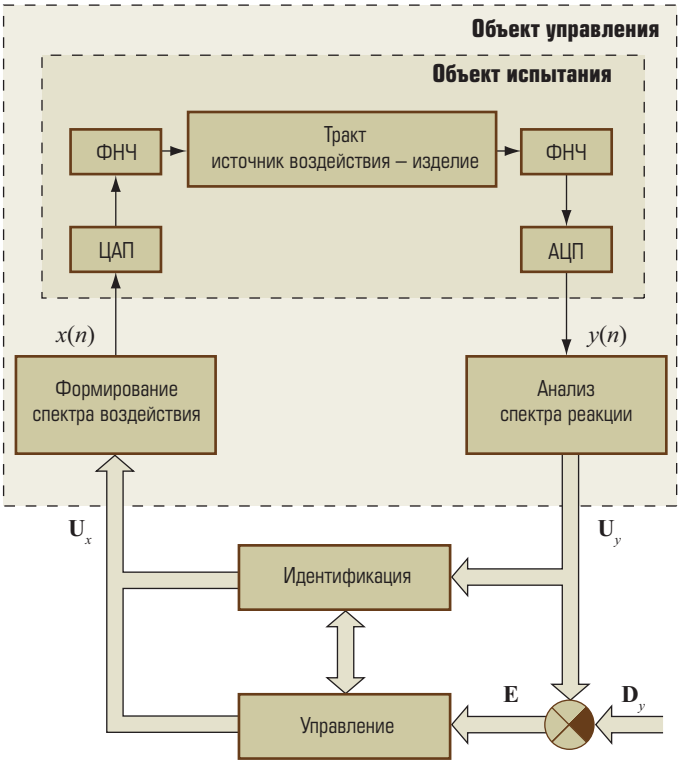


Рис. 1. Функционально-алгоритмическая структура цифровой системы управления спектром случайных процессов

них частот (ФНЧ), предназначенные для ограничения частотной полосы сигналов, аналого-цифровой (АЦП) и цифро-аналоговый (ЦАП) преобразователи. Объект управления (ОУ) включает в себя, кроме ОИ, блоки формирования спектра воздействия и анализа спектра реакции. Входными и выходными координатами ОУ являются соответственно параметры вектора $\mathbf{U}_x$ спектра воздействия и вектора $\mathbf{U}_y$ спектра реакции ОИ.

В процессе функционирования система может находиться в трех режимах: идентификации, управления и испытания. Результатом идентификации является математическая модель ОУ, которая используется для расчета начального приближения параметров спектра воздействия и для организации процесса управления. В режиме управления на основе измерения вектора $\mathbf{E}$, ошибок рассогласования между заданным и действительным спектрами реакции ОУ, характеризуемыми соответственно векторами параметров $\mathbf{D}_y$ и $\mathbf{U}_y$, осуществляется коррекция вектора $\mathbf{U}_x$ параметров спектра воздействия в направлении, уменьшающем норму вектора $\mathbf{E}$. После достижения необходимой степени точности воспроизведения заданного спектра процесс управления заканчивается, и система переходит в режим испытания.

Задача построения математической модели ОУ на этапе его идентификации состоит в определении нелинейной вектор-функции, характеризующей связь между векторами $\mathbf{U}_x$ и $\mathbf{U}_y$. Возможны два пути при решении данной задачи.

Первый путь, заключающийся в непосредственной идентификации ОУ, вследствие многомерности и многосвязности ОУ сопряжен с выполнением большого количества экспериментов.

В данной работе предлагается использовать второй путь, являющийся более эффективным. Он основан на том, что сначала осуществляется идентификация ОИ, представляющего собой одномерную нелинейную систему, а затем с учетом структуры блоков формирования спектра воздействия и анализа спектра реакции строится математическая модель ОУ. Точность математической модели в данном случае во многом определяется адекватностью используемого математического аппарата реальным ОИ.

Одним из основных требований, предъявляемых к системам управления случайными процессами, является обеспечение работоспособности системы для широкого класса объектов, значительно отличающихся своими свойствами. Такое разнообразие выдвигает в качестве основного критерия при выборе формы математического описания ОИ ее общность, то есть способность характеризовать широкий класс нелинейных объектов.

Математический аппарат дифференциальных уравнений, традиционно используемый в нелинейной механике, пригоден лишь для описания сравнительно простых нелинейных систем, принадлежащих довольно узкому, заранее известному классу, и требует знания физической природы происходящих в объекте явлений и принципов взаимодействия составляющих его элементов. Получение такого рода сведений об ОИ, представляющем собой систему с конструктивно-сложной структурой (ОИ могут быть, например, автомобиль, летательный аппарат и т. п.), сопряжено со значительными трудностями и в большинстве случаев практически невозможно. Кроме того, дифференциальное уравнение определяет зависимость между воздействующим на систему сигналом и его реакцией в неявном виде. В то же время для управления испыта-

ниями необходимо располагать явной спектральной зависимостью между воздействием на объект и его реакцией. Определение такой зависимости из дифференциального уравнения требует его решения, которое для различных дифференциальных уравнений должно определяться заново и невозможно без привлечения довольно сложных математических методов.

Отмеченные обстоятельства обуславливают целесообразность использования для описания нелинейных ОИ более общего функционального подхода. В этом случае относительно структурной конфигурации нелинейной системы не делается никаких предположений, а ее реакция представляется функциональным разложением Вольтерра вида:

$$y(t) = \sum_{m=0}^{\infty} H_m[x(t)] = \\ = \sum_{m=0}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} h_m(\tau_1,\dots,\tau_m) \prod_{i=1}^{m} x(t-\tau_i)\, d\tau_i . \quad (1)$$

Наряду с большой общностью, позволяющей характеризовать широкий класс нелинейных систем, достоинством функционального подхода является также и то, что ряды Вольтера определяют зависимость между входным и выходным сигналами нелинейной системы в явной форме, что делает их особенно удобными при исследовании спектральных свойств нелинейных ОИ.

В установившемся состоянии ОУ можно рассматривать как статическую систему и описать нелинейной вектор-функцией:

$$\mathbf{U}_y = \mathbf{F}(\mathbf{U}_x) . \quad (2)$$

Физический смысл векторов $\mathbf{U}_x$ и $\mathbf{U}_y$, характеризующих соответственно спектральные плотности входного $x(n)$ и выходного $y(n)$ сигналов ОИ, определяются реализованными в системе методами формирования и анализа спектра случайных процессов.

Построим математическую модель ОУ, используя для формирования спектра случайных процессов способ цифровой нерекурсивной фильтрации, а для анализа спектра – метод модифицированных периодограмм [3]. Данный метод предполагает разбиение реализации $y(n)$ анализируемого процесса на L сегментов $y_l(n)$ длиной N отсчетов, сдвинутых друг относительно друга на D отсчетов. Каждая последовательность $y(n)$ модифицируется путем умножения ее на временное окно $w(n)$. После чего вычисляется ДПФ модифицированных последовательностей:

$$Y_l(k) = \sum_{n=0}^{N-1} y_l(n) w(n) \exp\left(-j\frac{2\pi}{N}kn\right) \quad (3)$$

и периодограммы:

$$I_y^l(k) = \frac{1}{E}\left|Y_l(k)\right|^2, \; l = 0, \dots, L-1,$$

где E – энергия окна, равная $w^2(0) + \dots + w^2(N-1)$. Оценка $\hat{S}_y(k)$ спектра случайного сигнала $y(n)$ вычисляется по формуле:

$$\hat{S}_y(k) = \frac{1}{L}\sum_{l=0}^{L-1} I_y^l(k) . \quad (4)$$

Выполняемое в данном методе вычисление ДПФ сдвинутых последовательностей, получившее название “скачущего” БПФ [3], эквивалентно обработке анализируемого сигнала $y(n)$ с помощью гребенки полосовых фильтров. Действительно, преобразуя соотношение (3) к виду:

$$Y_l(k) = \sum_{n=0}^{N-1} w(N-1-n) \exp\left(-j\frac{2\pi}{N}k(N-1-n)\right) \times \\ \times\, y(N+lD-1-n),$$

получаем уравнение цифрового нерекурсивного фильтра с импульсной характеристикой $w(N-1-n)\exp[-j2\pi k(N-1-n)/N]$. Значение коэффициента $Y_l(k)$ в таком случае определяется отсчетом выходной последовательности фильтра, взятым в точке $N + lD - 1$. Для вычисления N коэффициентов $Y_l(k)$, $k = 0,\dots, N-1$ необходим набор из N параллельно соединенных цифровых анализирующих фильтров с частотными характеристиками:

$$W_a^k(\omega) = \exp\left[-j\omega(N-1)\right] W^*(\omega - k\Delta\omega),$$

где $W(\omega)$ – преобразование Фурье временного окна $w(n)$, $\Delta\omega = 2\pi/N$.

Так как коэффициент $Y_l(N-k) = Y_l^*(k)$, значение периодограммы $I_y^l(k)$ может быть получено путем перемножения выходных последовательностей k-го и $(N-k)$-го цифровых фильтров. Вычисляя далее среднее арифметическое L значений образованных произведений, получим оценку спектра анализируемого сигнала, совпадающую с (4).

Таким образом, анализ спектра реакции (АСР) методом модифицированных периодограмм может быть представлен в виде эквивалентной структурной схемы, изобра-

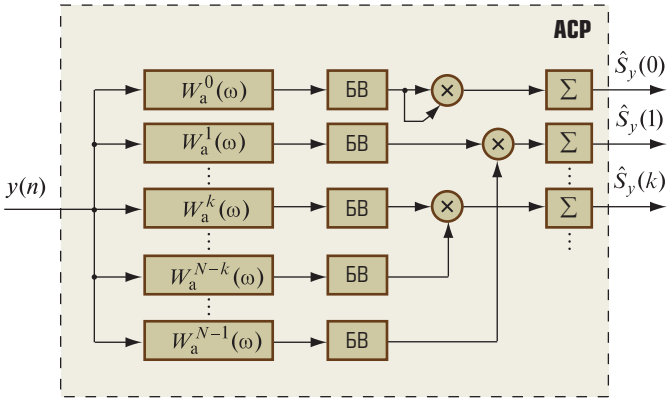


Рис. 2. Эквивалентная схема анализа спектра

женной на рис. 2. Арифметический блок, обозначенной на схеме Σ, выполняет вычисления по формуле (4), а блок выборки (БВ) – операцию прореживания, пропуская

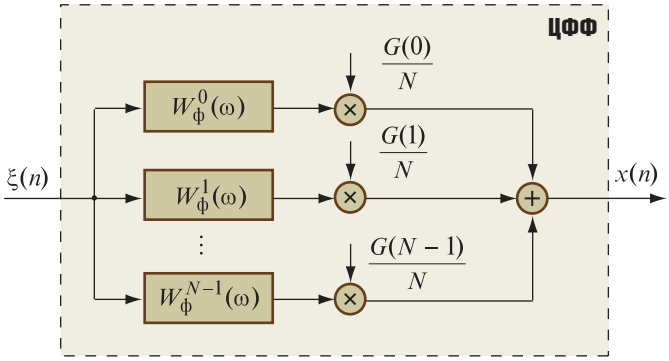


Рис. 3. Схема формирования спектра

на выход каждый N-й отсчет входной последовательности.

В установившемся состоянии после усреднения бесконечно большого числа периодограмм исследуемого процесса на выходах анализатора спектра имеем:

$$u_y(k) = \lim_{L\to\infty} \hat{S}_y(k) = M\left\{Y_l(k)Y_l(N-k)\right\}, \qquad (5)$$

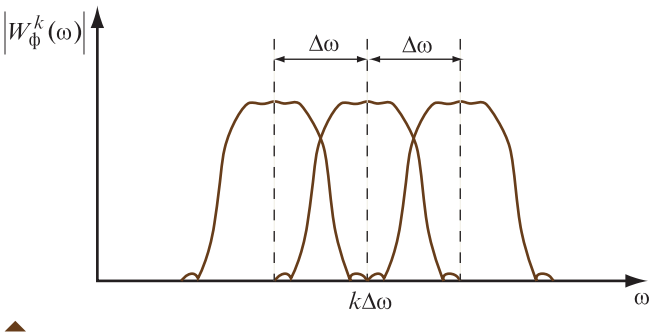


Рис. 4. Типичные характеристики полосовых фильтров

то есть выходная координата $u_y(k)$ ОУ представляет собой математическое ожидание от произведения выходных сигналов цифровых фильтров с характеристиками $W_a^k(\omega)$ и $W_a^{N-k}(\omega)$.

Рассмотрим теперь некоторые особенности формирования спектра случайных воздействий с помощью цифровой нерекурсивной фильтрации. Представим импульсную характеристику $h(n)$ цифрового формирующего фильтра (ЦФФ) в виде произведения $w(n)g(n)$. Тогда частотная характеристика ЦФФ может быть записана в следующей форме:

$$\begin{aligned} H(\omega) &= \sum_{n=0}^{N-1} w(n)g(n)\exp(-jn\omega) = \\ &= \sum_{k=0}^{N-1}\frac{G(k)}{N}\sum_{n=0}^{N-1} w(n)\exp\left[-jn(\omega - k\Delta\omega)\right] = \\ &= \sum_{k=0}^{N-1}\frac{G(k)}{N}W_\phi^k(\omega), \end{aligned} \qquad (6)$$

где $W_\phi^k(\omega)$ – *частотная характеристика полосового формирующего фильтра, равная* $W(\omega - 2\pi k/N)$; $G(k)$ – *ДПФ функции* $g(n)$.

Из данного соотношения следует, что нерекурсивный ЦФФ с импульсной характеристикой длиной N эквивалентен гребенке из N полосовых фильтров с частотными характеристиками $W_\phi^k(\omega)$ и может быть представлен изображенной на рис. 3 структурной схемой. При этом форма частотных характеристик элементарных полосовых фильтров определяется преобразованием Фурье функции $w(n)$, а амплитуды их пиковых значений – ДПФ функции $g(n)$. Так как характеристики полосовых фильтров при конечной длине N окна $w(n)$ не являются идеальными, для формирования случайного процесса с отличным от нуля спектром в заданном диапазоне частот необходимо использовать фильтры с перекрывающимися частотными характеристиками. На рис. 4 изображены типичные характеристики полосовых фильтров с перекрытием, равным $\Delta\omega$. Такие фильтры иногда называют квазиортогональными [1].

Запишем выражение для спектра процесса $x(n)$ на выходе ЦФФ в следующем виде:

$$S_x(\omega) = \sum_{i=0}^{N-1}\sum_{j=0}^{N-1} S_{x_i x_j}(\omega), \qquad (7)$$

где $S_{x_i x_j}(\omega)$ – взаимные спектральные плотности процессов на выходах i-го и j-го полосовых фильтров. Из свойства квазиортогональности полосовых фильтров следует, что взаимный

спектр $S_{x_i x_j}(\omega)$ равен нулю, если $|i-j|>1$. Тогда из выражения (7) будем иметь:

$$S_x(\omega)=\sum_{i=0}^{N-1}S_{x_i x_i}(\omega)+2\sum_{i=0}^{N-1}\mathrm{Re}\left\{S_{x_i x_{i+1}}(\omega)\right\}, \qquad (8)$$

где $\mathrm{Re}\{\bullet\}$ означает действительную часть комплексного числа.

Наличие второго слагаемого в (8) обусловлено перекрытием частотных характеристик полосовых фильтров, влияние которого можно исключить, если воспользоваться двумя источниками независимых первичных случайных процессов $\xi_1(n)$ и $\xi_2(n)$, причем один из них поступает на полосовые фильтры с четными, а второй – с нечетными номерами.

В связи с этим представим блок формирования спектра воздействия (ФСВ) в виде параллельного соединения двух нерекурсивных ЦФФ, как это показано на рис. 5, с частотными характеристиками:

$$H_1(\omega)=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N/2-1}G(2k)W(\omega-2\pi k\Delta\omega)$$

$$H_2(\omega)=\frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N/2-1}G(2k+1)W(\omega-(2k+1)\pi\Delta\omega).$$

Выражение для спектра процесса $x(n)$ на выходе блока ФСВ, построенного по такой схеме, существенно упрощается и принимает вид:

$$S_x(\omega)=\sum_{i=0}^{N-1}S_{x_i x_i}(\omega)=\frac{D_\xi}{N^2}\sum_{k=0}^{N-1}\left|G(k)\right|^2\left|W_\phi^k(\omega)\right|^2, \qquad (9)$$

где D_ξ – дисперсия процессов $\xi_1(n)$ и $\xi_2(n)$, а $W_\phi^k(\omega)=W(\omega-k\Delta\omega)$.

В качестве параметров спектра воздействия в этом случае целесообразно выбрать величины:

$$u_x(k)=\frac{1}{N^2}D_\xi\left|G(k)\right|^2, \qquad (10)$$

являющиеся коэффициентами разложения в (9). Расчет импульсных характеристик $h_1(n)$ и $h_2(n)$ ЦФФ по заданным параметрам $u_x(k)$ осуществляется по методике, согласно которой импульсная характеристика одного из фильтров определяется параметрами спектра воздействия с четными аргументами, а другого – с нечетными.

В соответствии с центральной предельной теоремой закон распределения случайного процесса $x(n)$ на выходе цифрового нерекурсивного фильтра с увеличением N стремится к нормальному независимо от плотности распределения первичного шума $\xi(n)$. С целью сокращения вычислительных затрат при реализации ЦФФ в качестве первичных случайных процессов

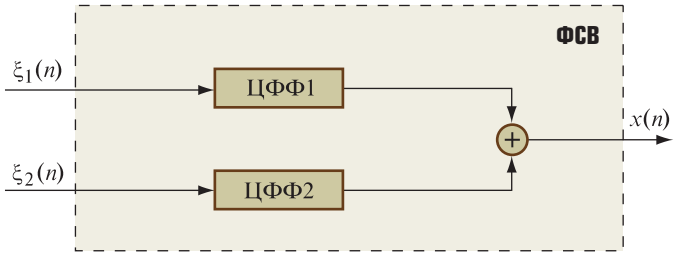


Рис. 5. Схема формирования спектра воздействия из двух независимых случайных процессов

$\xi_1(n)$ и $\xi_2(n)$ наиболее целесообразно использовать бинарный шум. В этом случае вычисление свертки не требует выполнения операций умножения. Данное обстоятельство позволяет выбирать длину N импульсной характеристики ЦФФ достаточно большой (128 ÷ 512), что повышает разрешающую способность формирования спектра и делает ничтожным отличие закона распределения воздействующего на объект сигнала от нормального.

В связи с этим воспользуемся для описания ОИ системой функционалов Винера [4], ортогональных для гауссовых воздействий, представляя выходной сигнал $y(n)$ ОИ в виде разложения:

$$y(n)=\sum_{m=1}^{\infty}G_m\left[h_m,x(n)\right].$$

Тогда комплексный случайный процесс $Y_l(k)$ на выходе k-го полосового фильтра блока анализатора спектра реакции (рис. 2) может быть представлен в виде:

$$Y_l(k)=\sum_{m=1}^{\infty}\sum_{n_1=0}^{\infty}\cdots\sum_{n_m=0}^{\infty}g_m^k(n_1,\ldots,n_m)He_m\left[x(d_l-\right.$$
$$\left.-n_1),\ldots,x(d_l-n_m)\right],$$

где $d_l=N+lD-1$. Ядра полученного ряда определяются соотношением:

$$g_m^k(n_1,\ldots,n_m)=\sum_{n=0}^{N-1}w_a^k(n)h_m(n_1-n,\ldots,n_m-n),$$

где $w_a^k(n)$ – импульсная характеристика k-го полосового анализирующего фильтра, получаемая как оригинал от $w_a^k(\omega)$. В частотной области данное выражение принимает вид:

$$G_m^k(\omega_1,\ldots,\omega_m)=W_a^k(\omega_1+\ldots+\omega_m)H_m(\omega_1,\ldots,\omega_m). \qquad (11)$$

Согласно выражению (5) выходная координата $u_y(k)$ ОУ определяется как математическое ожидание от произведения выходных сигналов k-го и $(N-k)$-го полосовых фильтров. Используя свойство ортогональности

функционалов Винера и соотношения (5) и (1), получим:

$$u_y(k) = \mathrm{M}\{Y_l(k)Y_l(N-k)\} = \\ = \sum_{m=1}^{\infty} \frac{m!}{(2\pi)^m} \int_{-\Omega/2}^{\Omega/2} \cdots \int_{-\Omega/2}^{\Omega/2} \left|W_{\mathrm{a}}^k(\omega_1 + \ldots + \omega_m)\right|^2 \times \\ \times \left|H_m(\omega_1, \ldots, \omega_m)\right|^2 \prod_{i=1}^{m} S_x(\omega_i)\, d\omega_i\,, \; k = 0, \ldots, N_y\,, \quad (12)$$

где Ω – частота дискретизации; N_y – количество полосовых фильтров, используемых для анализа спектра реакции объекта.

Из выражений (9) и (10) следует, что спектр $S_x(\omega)$ связан с параметрами $u_x(k)$ спектра воздействия следующей простой зависимостью:

$$S_x(\omega) = \sum_{k=-N_x}^{N_x} u_x(k) \left|W_{\phi}^k(\omega)\right|^2,$$

где N_x – количество полосовых фильтров, используемых для формирования спектра воздействия, причем $u_x(-k) = u_x(k)$.

Подставляя данное выражение в (12) и меняя местами операторы суммирования и интегрирования, получим:

$$u_y(k) = \sum_{m=1}^{\infty} m! \sum_{k_1, \ldots, k_m = -N_x}^{N_x} \cdots \sum B_{k_1 \ldots k_m}^k \prod_{i=1}^{m} u_x(k_i). \quad (13)$$

где $B_{k_1 \ldots k_m}^k$ – коэффициенты, определяемые через преобразования Фурье ядер Винера и частотные характеристики полосовых фильтров по формуле:

$$B_{k_1 \ldots k_m}^k = \frac{1}{(2\pi)^m} \int_{-\Omega/2}^{\Omega/2} \cdots \int_{-\Omega/2}^{\Omega/2} \left|H_m(\omega_1, \ldots, \omega_m) W_{\mathrm{a}}^k(\omega_1 + \ldots + \omega_m)\right|^2 \times \\ \times \prod_{i=1}^{m} \left|W_{\phi}^{k_i}(\omega_i)\right|^2 d\omega_i\,. \quad (14)$$

Из рассмотрения (14) легко видеть, что данные коэффициенты симметричны относительно всевозможных перестановок индексов k_1, ..., k_m и обладают свойством $B_{k_1 \ldots k_m}^k = B_{-k_1 \ldots -k_m}^k$. Кроме того, из свойства квазиортогональности полосовых фильтров следует, что коэффициенты обращаются в нуль, как только $|k - k_1 - \ldots - k_m| > m$.

Если ширина α полосы фильтров, характеризующая разрешающую способность процессов формирования и анализа спектра, выбрана достаточно малой, то, полагая функции $|H_m(\omega_1, \ldots, \omega_m|^2$ медленно меняющимися в этой полосе, на основании (14) можно записать следующую приближенную формулу:

$$B_{k_1 \ldots k_m}^k \cong \left|H_m(k_1, \ldots, k_m)\right|^2 \beta_m^s\,, \quad (15)$$

где $H_m(k_1, \ldots, k_m)$ – значения ядер в точках $(k_1\alpha, \ldots, k_m\alpha)$ дискретизации, $|k - k_1 - \ldots - k_m|$, а величина β_m^s определяется выражением:

$$\beta_m^s = \frac{1}{(2\pi)^m} \int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} \cdots \int_{-\alpha/2}^{\alpha/2} \left|W_{\mathrm{a}}^s(\omega_1 + \ldots + \omega_m)\right|^2 \times \\ \times \prod_{i=1}^{m} \left|W_{\phi}^0(\omega_i)\right|^2 d\omega_i\,. \quad (16)$$

Заметим, что если первый сомножитель в (15) характеризует свойства ОИ и подлежит идентификации, то второй – полностью определяется частотными характеристиками полосовых фильтров и может быть рассчитан заранее. При этом из формулы (16) и свойства квазиортогональности полосовых фильтров следует, что $\beta_m^s = 0$, если $s > m$.

Ограничивая ряд (16) первыми M членами и учитывая сделанные замечания, запишем окончательное выражение, определяющее математическую модель M-го порядка ОУ:

$$u_y(k) = \sum_{m=1}^{M} m! \sum_{k_1, \ldots, k_m = -N_x}^{N_x} \cdots \sum \left|H_m(k_1, \ldots, k_m)\right|^2 \beta_m^s \prod_{i=1}^{m} u_x(k_i). \quad (17)$$

Параметрами полученной модели являются квадраты модулей ядер $H_m(k_1, \ldots, k_m)$ Винера в частотной области на сетке частот с шагом α, которые могут быть получены в процессе идентификации с использованием, например, алгоритма из [5].

Построим теперь математическую модель ОУ для случая формирования тестовых воздействий согласно выражению:

$$x(n) = \sum_{k=-N_x}^{N_x} X(k) \exp\left(j \frac{2\pi}{N} kn\right). \quad (18)$$

Здесь коэффициенты $X(k)$ Фурье принимаются равными $A(k)\exp[j\varphi(k)]$, где амплитуды $A(k)$ отдельных гармоник определяют спектральную плотность мощности воздействия, а случайные фазы $\varphi(k)$ статистически независимы и равномерно распределены в интервале $[0, 2\pi]$. Наложим на $X(k)$ дополнительные ограничения $X(-k) = X^*(k)$ и $X(0) = 0$, гарантирующие действительность процесса $x(n)$ и равенство нулю его математического ожидания. При каждом фиксированном наборе $\varphi_l(k)$ случайных фаз соотношение (18) определяет периодическую реализацию $x_l(n)$ псевдослучайного процесса $x(n)$, коэффициенты дискретного преобразования Фурье (ДПФ) которой равны $A(k)\exp[j\varphi_l(k)]$. Для формирования реализаций процесса $x(n)$ целесообразно использовать алгоритм БПФ.

Система ортогональных функционалов Винера для данного класса псевдослучайных процессов была построена в работе [6] и может быть использована для описания широкого класса нелинейных ОИ.

Определим параметры спектра воздействия и реакции в виде:

$u_x(k) = S_x(k) + NA^2(k)$, $k = 0, ..., N_x$;

$u_y(k) = S_y(k) + N\mathrm{M}\{|Y(k)|^2\}$, $k = 0, ..., N_y$.

Принимая во внимание выражение для выходного спектра $S_y(k)$ сигнала, полученное в [6]:

$$S_y(k)=N\sum_{m=0}^{\infty}\sum_{D_m}\left|H_m(k_1,...,k_m)\right|^2\delta(k-k_1-\ldots-k_m)\prod_{i=1}^{m}A^2(k_i),$$

и ограничивая ряд первыми M членами, получим нелинейную модель ОУ в виде:

$$u_y(k)=\frac{1}{N^{m-1}}\sum_{m=1}^{M}\sum_{D_m}\left|H_m(k_1,...,k_m)\right|^2\delta(k-k_1-...-k_m)\times$$
$$\times\prod_{i=1}^{m}u_x(k_i), \qquad (19)$$

Для определения ядер Винера $H_m(k_1, ..., k_m)$ при псевдослучайных воздействиях вида может быть использован быстрый алгоритм идентификации [7], не требующий выполнения операций умножения.

Задача определения начального приближения спектра воздействия по модели (2) ОУ может быть сформулирована как задача минимизации функционала:

$$\Delta_0(\mathbf{U}_x)=\frac{1}{2}\left\|\mathbf{F}(\mathbf{U}_x)-\mathbf{D}_y\right\|^2, \qquad (20)$$

при ограничениях:

$$u_x(k)\ge 0, k=1,...,N_x;\ u_x(1)+...+u_x(N_x)\le W, \qquad (21)$$

где $\mathbf{F}(\mathbf{U}_x)$ – нелинейная вектор-функция, характеризующая ОУ и определяемая в зависимости от вида воздействующего на объект процесса полиномиальной моделью (13) или (17). Первое ограничение в (20) отражает свойство неотрицательности функции спектра, тогда как второе ограничивает мощность воздействия величиной W, значение которой определяется типом используемого в системе вибростенда.

Для решения поставленной задачи нелинейного программирования при линейных ограничениях наиболее эффективными являются проективные квазиньютоновские алгоритмы оптимизации вида [8]:

$$\mathbf{U}_x^{[n+1]}=\mathbf{U}_x^{[n]}-\alpha_n\mathbf{Q}_J\mathbf{B}^{[n]}\mathbf{g}^{[n]}, \qquad (22)$$

где $\mathbf{Q}_J$ – матрица проектирования; $\mathbf{B}^{[n]}$ – аппроксимация матрицы Гессе; $\mathbf{g}^{[n]}$ – вектор градиента; α_n – шаг алгоритма.

Вследствие неточности модели ОУ, связанной со статистическими ошибками определения ядер и ограничением порядка модели первыми несколькими членами функционального ряда, решение, полученное с помощью проективного алгоритма (22), имеет приближенный характер. Дальнейшее уточнение параметров спектра воздействия осуществляется на реальном объекте, в ходе которого минимизируется функционал вида:

$$\Delta(\mathbf{U}_x)=\frac{1}{2}\left\|\mathbf{U}_y-\mathbf{D}_y\right\|^2 \qquad (23)$$

при ограничениях (21). Основной особенностью процесса управления на данном этапе является присутствие аддитивных случайных помех, искажающих истинное значение вектора $\mathbf{U}_y$ параметров спектра реакции и обусловленных статистическими ошибками спектрального анализа. Наличие такого рода неопределенности в значительной мере меняет представление о сходимости и скорости сходимости итерационных алгоритмов. Более того, оказывается, что не для всякого детерминированного алгоритма можно построить его стохастический аналог, сходящийся при наличии случайных помех [9].

Одним из наиболее широко распространенных алгоритмов условной оптимизации, допускающим обобщение на стохастический случай, является алгоритм вида:

$$\mathbf{U}_x^{[n+1]}=\mathrm{P}_\psi\left\{\mathbf{U}_x^{[n]}-\alpha_n\mathbf{s}^{[n]}\right\}, \qquad (24)$$

где P_ψ – оператор проектирования на множество ψ, образованное ограничениями задачи.

В общем случае направление $\mathbf{s}^{[n]}$ поиска в алгоритмах, основанных на коррекции по ошибке рассогласования, определяется выражением:

$$\mathbf{s}^{[n]}=\frac{\mathbf{B}_n}{\left\|\mathbf{B}_n\right\|}\hat{\mathbf{E}}_n, \qquad (25)$$

где $\hat{\mathbf{E}}_n$ – оценка вектора $\mathbf{E}_n$ ошибок рассогласования, равная $\hat{\mathbf{U}}_y^{[n]}-\mathbf{D}_y$; $\mathbf{B}_n$ – матрица, характеризующая вид алгоритма.

На каждой итерации алгоритма (24) наряду с экспериментально полученной оценкой $\hat{\mathbf{E}}_n$ вектора ошибок рассогласования будем счи-

тать известной также оценку $\hat{\mathbf{A}}_n$ матрицы $\mathbf{A}_n$ чувствительности ОУ, определяемую аналитическим путем по модели ОУ. При этом предполагается, что данные оценки связаны с истинными значениями соотношениями:

$$\hat{\mathbf{E}}_n = \mathbf{E}_n + \boldsymbol{\xi}_n, \ \|\boldsymbol{\xi}_n\| < \sigma^2;$$
$$\hat{\mathbf{A}}_n = \mathbf{A}_n + \boldsymbol{\varepsilon}_n, \ \|\boldsymbol{\varepsilon}_n\| < \varepsilon, \quad (26)$$

где матрица $\boldsymbol{\varepsilon}_n$ характеризует ошибки, обусловленные неточностью модели ОУ (ошибки идентификации), а вектор $\boldsymbol{\xi}_n$ – случайные ошибки спектрального анализа случайных процессов, причем $M\{\boldsymbol{\xi}_n\} = 0$.

Результаты, относительно сходимости с вероятностью $1 - \delta$ и оценки скорости сходимости к стационарной точке $\tilde{\mathbf{U}}_x$ для стохастических алгоритмов управления с направлением поиска в виде (25), можно сформулировать в виде утверждений.

Утверждение 1. Пусть в области $\tilde{\Psi} = \{\mathbf{U}_x : \|\mathbf{U}_x - \tilde{\mathbf{U}}_x\| < v\} \subseteq \Psi$ и выполняются условия:

1. $\|\mathbf{E}_n\|^2 < \tau \|\mathbf{U}_x^{[n]} - \tilde{\mathbf{U}}_x\|^2$,
2. $\|\mathbf{E}_n - \mathbf{A}_n (\mathbf{U}_x^{[n]} - \tilde{\mathbf{U}}_x)\| < \gamma \|\mathbf{U}_x^{[n]} - \tilde{\mathbf{U}}_x\|^2$,
3. $\|\boldsymbol{\varepsilon}_n\| < \varepsilon, \ \|\boldsymbol{\xi}_n\| < \sigma^2$,

а шаг α_n алгоритма выбран с учетом следующих ограничений:

4. $\sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n = \infty, \ 0 < \alpha_n < 2(\eta - \gamma v - \varepsilon)$,
5. $\sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n^2 < \infty$,

где $\eta = \min_n \|\mathbf{B}_n\|^{-1} m_{(\mathbf{B}_n \hat{\mathbf{A}}_n + \hat{\mathbf{A}}_n^T \mathbf{B}_n^T)/2}$, $m_{(\cdot)}$ – минимальное собственное значение матрицы.

Тогда $P\left(\forall n \|\mathbf{U}_x^{[n]} - \tilde{\mathbf{U}}_x\| < v\right) \geq 1 - \delta$,

$P\left(\|\mathbf{U}_x^{[n]} - \tilde{\mathbf{U}}_x\| \to 0\right) \geq 1 - \delta$, причем

$$\delta = \frac{2}{v^2} \|\mathbf{U}_x^{[n]} - \tilde{\mathbf{U}}_x\| + \left(\frac{\sigma^2}{v^2} + \tau\right) \sum_{n=0}^{\infty} \alpha_n^2.$$

В соответствии с данным утверждением сходимость стохастического алгоритма управления (24), (25) гарантируется с вероятностью $1 - \delta$ в области:

$$\tilde{\Psi} = \left\{ \mathbf{U}_x : \|\mathbf{U}_x - \tilde{\mathbf{U}}_x\| < v = \frac{\eta - \varepsilon}{\gamma} \right\}. \quad (27)$$

При этом ошибка идентификации должна быть меньше величины η, характеризующей запас устойчивости алгоритма и зависящей от выбора матрицы $\mathbf{B}_n$. С уменьшением η и возрастанием ошибок ε идентификации допустимый интервал изменения шага алгоритма, гарантирующий его сходимость, сжимается, обеспечивая тем самым более осторожное управление. Радиус v области сходимости обратно пропорционален величине γ, определяющей степень нелинейности ОУ. В частности, для линейных объектов $\gamma = 0$ и радиус $v = \infty$. Для нелинейных объектов область сходимости стохастических алгоритмов сужается. Поэтому существенное значение приобретает получение хорошего начального приближения по модели объекта с помощью детерминированных алгоритмов оптимизации вида (22).

Для градиентного алгоритма управления $\mathbf{B}_n = \hat{\mathbf{A}}_n^T$. Выберем в качестве нормы матрицы $\hat{\mathbf{A}}_n^T$ спектральную норму:

$$\|\hat{\mathbf{A}}_n^T\| = \sqrt{M_{\hat{\mathbf{A}}_n^T \hat{\mathbf{A}}_n}},$$

где $M_{(\cdot)}$ означает максимальное собственное значение матрицы. Тогда на основании утверждения 1 запас устойчивости алгоритма будет определяться величиной:

$$\eta = \min_n \rho_{\hat{\mathbf{A}}_n} \sqrt{M_{\hat{\mathbf{A}}_n^T \hat{\mathbf{A}}_n}},$$

где $\rho_{\hat{\mathbf{A}}_n}$ – число обусловленности матрицы $\hat{\mathbf{A}}_n$, равное $m_{\hat{\mathbf{A}}^T \hat{\mathbf{A}}_n} / M_{\hat{\mathbf{A}}_n^T \hat{\mathbf{A}}_n}$.

С уменьшением числа обусловленности оценки матрицы $\mathbf{A}_n$ происходит сжатие области сходимости и возрастание чувствительности алгоритма к ошибкам идентификации. Справедливо следующее утверждение.

Утверждение 2. Пусть условия 1 – 4 выполнены для $\mathbf{U}_x \in \tilde{\Psi}$, и событие $\Re$ означает, что $\forall n \, \mathbf{U}_x^{[n]} \in \tilde{\Psi}$. Тогда, если и $\alpha_n \to 0$ и $n\alpha_n \to \alpha > (\eta - \varepsilon - \gamma v)^{-1}$, то справедлива следующая оценка:

$$M\left\{\|\mathbf{U}_x^{[n]} - \tilde{\mathbf{U}}_x\|^2 \,\middle|\, \Re\right\} \leq \frac{n\alpha\sigma^2}{2(\eta - \varepsilon - \gamma v) - \alpha^{-1}} + O(\alpha_n). \quad (28)$$

Из рассмотрения (27) и (28) следует, что радиус v области $\tilde{\Psi}$ и скорость сходимости алгоритма могут быть увеличены за счет повышения запаса устойчивости алгоритма. Для уменьшения чувствительности алгоритма к ошибкам идентификации и приближения скорости сходимости алгоритма к потенциально возможной матрицу $\mathbf{B}_n$ на каждой ите-

рации необходимо выбирать таким образом, чтобы максимизировать отношение:

$$\frac{m_{(\mathbf{B}_n\hat{\mathbf{A}}_n+\hat{\mathbf{A}}_n^{\mathrm{T}}\mathbf{B}_n^{\mathrm{T}})/2}}{\|\mathbf{B}_n\|}\to\max.$$

Решение данной задачи приводит к следующему матричному уравнению:

$$\mathbf{B}_n\hat{\mathbf{A}}_n+\hat{\mathbf{A}}_n^{\mathrm{T}}\mathbf{B}_n^{\mathrm{T}}=2\mathbf{I}.$$

из которого следует, что $\mathbf{B}_n$ равна матрице, псевдообратной оценке матрицы чувствительности ОУ:

$$\mathbf{B}_n=\left(\hat{\mathbf{A}}_n^{\mathrm{T}}\hat{\mathbf{A}}_n\right)^{-1}\hat{\mathbf{A}}_n^{\mathrm{T}}. \qquad (29)$$

Запас устойчивости алгоритма при этом достигает максимального значения и равен

$$\eta=\min_n\left\|\left(\hat{\mathbf{A}}_n^{\mathrm{T}}\hat{\mathbf{A}}_n\right)^{-1}\right.$$

Таким образом, оптимальным с точки зрения скорости сходимости и устойчивости к неточности задания матрицы чувствительности является выбор матрицы $\mathbf{B}_n$, определяющей направление поиска в виде (29), что соответствует алгоритму наименьших квадратов (Гаусса). В частности, если матрица $\mathbf{A}_n$ квадратная, то $\mathbf{B}_n=\hat{\mathbf{A}}_n^{-1}$, и мы приходим к алгоритму Ньютона, имеющему запас устойчивости $\eta=\min_n\left\|\hat{\mathbf{A}}_n^{-1}\right\|^{-1}$.

Список литературы

1. *Гетманов А.Г., Дехтяренко П.И., Мандровский-Соколов Б.Ю.* и др. Автоматическое управление вибрационными испытаниями/. М.: Энергия, 1978. 112 с.
2. *Гребенюк Е.А., Логунов М.Г., Никифоров И.В.* Системы управления испытаниями на широкополосную случайную вибрацию (ШСВ): два подхода к синтезу алгоритмов // Автоматика и телемеханика. 1995. № 11.С. 7-30.
3. *Рабинер Л., Гоулд Б.* Теория и применение цифровой обработки сигналов. М.: Мир, 1978. 848 с.
4. *Пупков К.А., Капалин В.И., Ющенко А.С.* Функциональные ряды в теории нелинейных систем. М.: Наука, 1976. 448 с.
5. *Щербаков М.А.* Алгоритм вычисления ядер Винера нелинейных систем в частотной области // Кибернетика и вычислительная техника: Респ. межвед. сб. науч. тр. Киев: Наук. думка, 1988. Вып. 79. С. 51–58.
6. *Щербаков М.А.* Идентификация дискретных нелинейных систем при псевдослучайных воздействиях// Автоматика. 1983. № 4. С. 18-27.
7. *Щербаков М.А.* Идентификация нелинейных систем по дискретным данным с применением рядов Вольтерра – Винера // Кибернетика и вычислительная техника: Респ. межвед. сб. науч. тр. Киев: Наук. думка, 1989. Вып. 83. С. 49-53.
8. *Гилл Ф., Мюррей У., Райт М.* Практическая оптимизация. М.: Мир, 1985. 510 с.
9. *Поляк Б. Т.* Введение в оптимизацию. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1983. 384 с.

***М.А. Щербаков** – д-р техн. наук, профессор, проректор по науке и инновациям Пензенского государственного университета.*
Телефон: 8(412) 56-37-08.
E-mail: avtomat@pnzgu.ru

НОВОСТИ

«ДОКТОР ВЕБ»

Компания "Доктор Веб" упростила процедуру активации продуктов Dr.Web для защиты рабочих станций Windows. Теперь эти продукты обеспечивают минимально необходимую защиту сразу после установки на компьютере пользователя, не требуя подключения к Интернету и регистрации.

Прежний алгоритм активации продуктов *Dr.Web* требовал от пользователя и выхода в Интернет, и наличия серийного номера для получения лицензионного ключевого файла. Связь с сервером Dr.Web была необходима и для начала работы демо-версий. Пользователи, не имевшие доступа в Сеть (в частности, обладатели новых компьютеров в комплекте с OEM-решениями Dr.Web), были лишены возможности использовать антивирус немедленно после приобретения.

В результате улучшения системы установки антивирусных продуктов и доработки некоторых модулей пользователь может произвести полноценное развертывание антивируса при отсутствии подключения к Интернету. Благодаря этому становится возможной установка без участия пользователя и работа продукта до регистрации лицензии.

XPERTAe-commerce

СТРУКТУРНАЯ И ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ КАСКАДНЫХ САР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭВОЛЮЦИОННЫХ АЛГОРИТМОВ

Н.И. СМИРНОВ, В.Р. САБАНИН (МЭИ),
А.И. РЕПИН (ООО “Энергоавтоматика”)

Решается задача выбора оптимальной алгоритмической структуры и расчета настроечных параметров регуляторов в многоконтурных каскадных системах автоматического регулирования (САР) численным методом с использованием эволюционного алгоритма “Optim-MGA” [1, 2]. Рассматриваются основные методологические положения выбора алгоритмов главного и вспомогательных регуляторов и подходы к численному расчету их настроечных параметров. В качестве примера приводятся результаты расчета и анализа трехконтурной каскадной САР температуры в рабочем пространстве туннельной печи. Показано, что применение трехконтурной каскадной САР даже с упрощенной алгоритмической структурой без использования в регуляторах дифференциальных составляющих обеспечивает по сравнению с одноконтурной САР с ПИД регулятором более высокое качество, значительно снижая отклонения температуры по длине рабочей зоны печи.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

В системах автоматического регулирования температуры в объектах с распределенными параметрами, таких как туннельные печи обжига, нагревательные печи, теплицы в агропромышленных комплексах и другие промышленные объекты в основном ориентируются на одноконтурные САР с ПИ или ПИД регуляторами. Дифференциальная составляющая в ПИД регуляторах заметно повышает качество регулирования, но при этом усложняется их настройка, поскольку на практике приходится применять реальное дифференцирование с применением сглаживающих фильтров. Тем не менее, для названных выше объектов и с ПИД регуляторами точность регулирования может оказаться недостаточной. В этом случае приходится идти на усложнение информационной структуры путем реализации каскадных многоконтурных САР. Обычно останавливаются на двухконтурных системах, хотя в ряде случаев интерес могут представлять структуры и с большим числом контуров. Например, в энергетике практическое применение получили трехконтурные САР температуры перегретого пара с двумя дифференциаторами по сигналам из промежуточных точек пароводяного тракта котла [3-5].

В публикациях по каскадным двухконтурным системам регулирования расчет настроечных параметров рекомендуется выполнять последовательно по контурам или иначе по каскадам от низшего к высшему, полагая при этом, что вышестоящие регуляторы могут быть отключены. Такой подход позволяет каждый раз применять методологию расчета одноконтурных систем с включением предыдущего регулятора в состав эквивалентного объекта для последующего. Область применения подобной процедуры расчета ограничивается случаем заметно различающихся по инерционности главного и вспомогательного каналов объекта регулирования. Допустимость такого ограничения обусловлена тем, что на практике каскадные системы используются преимущественно для ликвидации возмущений, идущих со стороны регулирующего органа, поэтому точки измерения вспомогательных регулируемых величин выбираются как можно ближе к нему. Существенное развитие рассматривае-

мая задача получила в работе [6], где с помощью итерационной многошаговой процедуры было снято это ограничение. Обеспечение требуемого запаса устойчивости в предложенном методе достигалось путем введения корневого показателя запаса устойчивости с помощью аппарата расширенных комплексных частотных характеристик (КЧХ). Многошаговая процедура получила развитие в работе [7], где для оценки запаса устойчивости был предложен частотный показатель колебательности. Такой подход позволил снять известные трудности, связанные с применением расширенных КЧХ к системам с запаздыванием и дал возможность контролировать амплитудно-частотные характеристики всех замкнутых контуров, имеющих место в каскадной САР.

В настоящее время для настройки каскадных САР широко применяются аналитические методы расчета, в основе которых лежат как одношаговые, так и многошаговые итерационные процедуры. Наибольшее распространение получил метод многомерного сканирования, практически снявший ограничения на различие инерционностей основного и вспомогательного каналов объекта регулирования [8]. Рассмотренные методы с учетом упрощающих допущений могут быть применены к расчету САР и с числом контуров более двух, однако расчетные процедуры при этом становятся сложными и трудоемкими, особенно в случае применения законов регулирования с большим числом настроечных параметров. В связи с этим для оптимизации таких систем наиболее перспективными выглядят численные методы с применением эволюционных алгоритмов многоэкстремальной оптимизации [9-11]. В этих работах в качестве алгоритма оптимизации использовался эволюционный многоэкстремальный алгоритм "Optim-MGA" в виде его пользовательской версии для математического пакета *Mathcad* [12]. Принцип действия алгоритма изложен на авторском сайте в сети *Internet* (*http://ai.xss.ru*) в разделе "*Программные продукты*". Показано, что такой подход позволяет без промежуточных итераций непосредственно определять оптимальное состояние системы, одновременно определяя настроечные параметры регуляторов с заранее выбранной алгоритмической структурой в области, ограниченной заданным запасом устойчивости по величине частотного показателя колебательности одновременно для внутреннего и внешнего контуров системы.

О КРИТЕРИЯХ ОПТИМАЛЬНОЙ НАСТРОЙКИ КАСКАДНЫХ САР

В численных методах расчета с целью лучшей сходимости численной процедуры расчета настроечных параметров целесообразнее ориентироваться на критерии, имеющие абсолютный экстремум в области устойчивой работы. При анализе и синтезе линейных САР на стадии проектирования обычно используют реакцию на единичное ступенчатое воздействие как наиболее тяжелое, вызывающее максимальное отклонение регулируемой величины. По этой причине широкое применение нашли интегральные критерии. В первую очередь, это относится к квадратичному интегральному критерию $I_к$ и интегральному критерию по модулю $I_м$. Применение линейного интегрального критерия $I_л$, нашедшего наиболее широкое распространение в аналитических методах расчета САР, в численных методах затруднительно из-за отсутствия экстремума без ограничения на запас устойчивости. Наряду с его неоспоримым достоинством, связанным с инвариантностью относительно точки приложения действующих в системе возмущений, следует отметить и очевидные недостатки. Переходные процессы с настройками по этому критерию оказываются по качеству с точки зрения максимального отклонения, перерегулирования и длительности переходного процесса заметно хуже, чем при настройках с выше упомянутыми критериями при одинаковом ограничении по запасу устойчивости.

Наиболее широкое распространение как в аналитических, так и в численных методах расчета получил квадратичный интегральный критерий:

$$I_к = \int_0^\infty y^2(t)dt \leftarrow \min. \qquad (1)$$

Возведение в квадрат позволяет устранить влияние на площадь под переходным процессом отрицательных значений отклонения регулируемой величины. Его значение может быть вычислено как непосредственно по переходному процессу в случае использования операций имитационного моделирования САР во временной области, так и по формулам, включающим комплексную частотную характеристику (КЧХ) замкнутой системы $W_{зс}(j\omega)$ относительно анализируемого возмущения. Поскольку $W_{зс}(j\omega)$ зависит от точки приложения возмущения, этот критерий не является инвариантным, что в какой-то степени снижает его достоинства.

Аналитическое выражение для его вычисления относительно возмущения по каналу регулирующего воздействия $\lambda(t)$ записывается в виде:

$$I_к = \frac{1}{\pi}\int_0^{\infty}\left|W_{зс}^{\lambda}(j\omega)\right|^2 \cdot \frac{1}{\omega^2}\cdot d\omega \leftarrow \min, \qquad (2)$$

где $W_{зс}^{\lambda}(j\omega)$ – КЧХ замкнутой системы относительно возмущения по каналу регулирующего органа $\lambda(t)$.

Ниже будет показано, как с использованием формулы (2) организуются численные процедуры поиска оптимальных настроек, отвечающих минимуму квадратичного интегрального критерия в САР практически любой заданной структуры.

Наиболее объективную оценку качества переходных процессов, удовлетворяющую технологическим требованиям, дает интегральный критерий по модулю отклонения регулируемой величины. Он объединяет максимальное отклонение с длительностью процесса регулирования и наилучшим способом отображает площадь под графиком переходного процесса:

$$I_м = \int_0^{\infty}|y(t)|dt \leftarrow \min, \qquad (3)$$

Недостатком критерия в отличие от вышеназванных является отсутствие аналитической связи с настроечными параметрами, поэтому организация процедуры численного поиска с его использованием возможна лишь с помощью имитационной модели, позволяющей построить переходный процесс. Тем не менее, наряду с квадратичным критерием интеграл по модулю также может быть рекомендован к применению в численных методах расчета настроечных параметров регуляторов.

Таким образом, с точки зрения простоты программной реализации численной процедуры расчета предпочтение следует отдать квадратичному интегральному критерию. Во-первых, он имеет через КЧХ замкнутой системы аналитическую связь с настроечными параметрами, во-вторых, порядок его вычисления является идентичным вычислению критерия минимальной дисперсии, что позволяет практически без изменения применять предлагаемую методику для случайных возмущений с известными статистическими характеристиками.

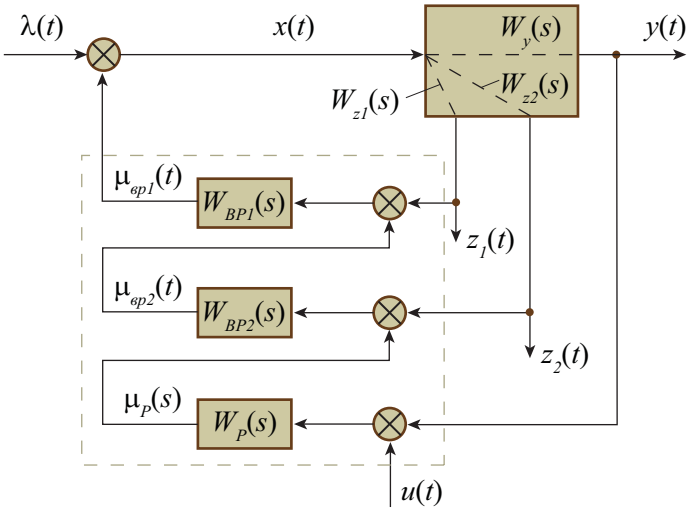


Рис. 1. Структурная схема трехконтурной каскадной САР
$W_y(s)$, $W_{z1}(s)$, $W_{z2}(s)$ – передаточные функции объекта по основной $y(t)$ и вспомогательным переменным $z1(t)$ и $z2(t)$;
$u(t)$ – возмущение по заданию;
$\lambda(t)$ – возмущение по каналу регулирующего органа.

ОЦЕНКА ЗАПАСА УСТОЙЧИВОСТИ

Оптимальные настроечные параметры в любой системе регулирования должны обеспечивать не только ее устойчивую работу, но и иметь запас устойчивости не хуже заданного. Поскольку в многоконтурных каскадных системах приходиться иметь дело с колебательными процессами, появляющимися вследствие наличия нескольких замкнутых контуров, вопрос запаса устойчивости стоит особенно остро. В связи с этим в таких системах должны рассматриваться и анализироваться амплитудно-частотные характеристики (АЧХ) всех замкнутых контуров. В двухконтурной САР – внутренний и внешний контуры, в трехконтурной – два внутренних и внешний. О запасе устойчивости принято судить по величине отношения максимального значения АЧХ соответствующего замкнутого контура, имеющего место при резонансной частоте, к величине АЧХ при нулевой частоте, получившего название частотного показателя колебательности М. Для того чтобы система имела допустимый запас устойчивости, этот показатель не должен превышать наперед заданного значения. В многоконтурной САР число этих показателей должно равняться числу замкнутых контуров, включая внешний. Выполнение условия заданного запаса устойчивости проверяется в точках, отражающих поведение главного и всех вспомогательных контуров.

Структурная схема трехконтурной каскадной САР с двумя вспомогательными регуляторами $W_{вр1}(s)$, $W_{вр2}(s)$ и главным регулятором $W_p(s)$ представлена на рис. 1.

Резонансные пики АЧХ замкнутых контуров, определяющих величины соответствующих частотных показателей колебательности, оцениваются по КЧХ главного и вспомогательных контуров каскадной САР, выражения для которых записываются в виде:

$$W_y^{зс}(j\omega)=\frac{W_y^{pc}(j\omega)}{1+W_y^{pc}(j\omega)};\ W_{z2}^{зс}(j\omega)=\frac{W_{z2}^{pc}(j\omega)}{1+W_{z2}^{pc}(j\omega)};$$

$$W_{z1}^{зс}(j\omega)=\frac{W_{z1}^{pc}(j\omega)}{1+W_{z1}^{pc}(j\omega)}, \qquad (4)$$

где $W_y^{pc}(j\omega)=W_p(j\omega)\cdot W_y^{э}(j\omega)$,

$W_{z2}^{pc}(j\omega)=W_{вр2}(j\omega)\cdot W_{z2}^{э}(j\omega)$,

$W_{z1}^{pc}(j\omega)=W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{z1}^{э}(j\omega)$ – КЧХ контуров в разомкнутом состоянии; $W_{z2}^{э}(j\omega)$, $W_{z1}^{э}(j\omega)$ – КЧХ обобщенных эквивалентных объектов в соответствующем контуре.

Размыкание главного контура производится размыканием обратной связи от $y(t)$ к главному регулятору $W_p(j\omega)$, размыкание вспомогательных контуров осуществляется на входе в соответствующий вспомогательный регулятор $W_{вр2}(j\omega)$, и $W_{вр1}(j\omega)$. Комплексные частотные характеристики эквивалентных объектов могут быть выражены через КЧХ каналов объекта регулирования и регуляторов в виде следующих соотношений:

$$W_y^{э}(j\omega)=\frac{W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_y(j\omega)}{1+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{z1}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_{z2}(j\omega)};$$

$$W_{z2}^{э}(j\omega)=\frac{W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{z2}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_p(j\omega)\cdot W_y(j\omega)}{1+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{z1}(j\omega)}; \qquad (5)$$

$$W_{z1}^{э}(j\omega)=W_{z1}(j\omega)+W_{вр2}(j\omega)\cdot W_{z2}(j\omega)+W_{вр2}(j\omega)\cdot W_p(j\omega)\cdot W_y(j\omega).$$

После несложных преобразований с учетом выше приведенных соотношений выражения для АЧХ анализируемых контуров можно привести к виду, в котором они и применяются в численных программах расчета для обеспечения заданного запаса устойчивости:

$$A_{зс}^{y}(\omega)=\left|\frac{W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_p(j\omega)\cdot W_y(j\omega)}{1+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{z1}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_{z2}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_p(j\omega)\cdot W_y(j\omega)}\right|;$$

$$A_{зс}^{z2}(\omega)=\left|\frac{W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_{z2}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_p(j\omega)\cdot W_y(j\omega)}{1+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{z1}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_{z2}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_p(j\omega)\cdot W_y(j\omega)}\right|; \qquad (6)$$

$$A_{зс}^{z1}(\omega)=\left|\frac{W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{z1}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_{z2}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_p(j\omega)\cdot W_y(j\omega)}{1+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{z1}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_{z2}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_p(j\omega)\cdot W_y(j\omega)}\right|.$$

В программах численной настройки $\max A_{зс}^{y}(\omega)$, $\max A_{зс}^{z1}(\omega)$ и $\max A_{зс}^{z2}(\omega)$ не должны превышать соответствующие им заданные допустимые значения показателей колебательности $M_{доп}^{y}$, $M_{доп}^{z2}$ и $M_{доп}^{z1}$. Условие выполнения требований по соблюдению запаса устойчивости запишется в виде соотношений:

$$\max A_{зс}^{y}(\omega)\le M_{доп}^{y};\ \max A_{зс}^{z2}(\omega)\le M_{доп}^{z2};$$

$$\max A_{зс}^{z1}(\omega)\le M_{доп}^{z1}. \qquad (7)$$

Такой подход позволяет исключить настройки, приводящие к недопустимой колебательности как в главном, так и во всех вспомогательных контурах каскадной САР.

Хотя предлагаемые программы расчета и ориентированы на ограничения показателей колебательности всех замкнутых контуров, практика расчетов показала, что для соблюдения заданного запаса устойчивости системы в целом достаточно накладывать ограничение лишь на внутренний, самый малоинерционный и высокочастотный контур.

ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕЛЕВОЙ ФУНКЦИИ И РЕШЕНИЕ ПОСТАВЛЕННОЙ ЗАДАЧИ

Окончательное выражение для целевой функции с квадратичным интегральным критерием и штрафными функциями для принятых ограничений по запасу устойчивости запишется в виде:

$$I=I_к+\gamma\left|M_{доп}^{y}-\max A_{зс}^{y}(\omega_p^{y})\right|+\gamma\left|M_{доп}^{z2}-\max A_{зс}^{z2}(\omega_p^{z2})\right|+$$
$$+\gamma\left|M_{доп}^{z1}-\max A_{зс}^{z1}(\omega_p^{z1})\right|,\ \text{если}\ \max A_{зс}^{y}(\omega_p^{y})\succ M_{доп}^{y};$$
$$\max A_{зс}^{z2}(\omega_p^{z2})\succ M_{доп}^{z2};\max A_{зс}^{z1}(\omega_p^{z1})\succ M_{доп}^{z1}; \qquad (8)$$
$$I=I_к,\ \text{если}\ \max A_{зс}^{y}(\omega_p^{y})\le M_{доп}^{y};\max A_{зс}^{z2}(\omega_p^{z2})\le M_{доп}^{z2};$$
$$\max A_{зс}^{z1}(\omega_p^{z1})\le M_{доп}^{z1},$$

где $I_к$ – квадратичный интегральный критерий; ω_p^y, ω_p^{z1}, ω_p^{z2} – резонансные частоты соответствующего контура САР.

Вычисление критерия $I_к$ осуществляется по формуле (2), в которой $W_{зс}^{\lambda}(j\omega)$ для трехконтурной каскадной САР относительно возмущения $\lambda(t)$ записывается в виде:

$$W_{зс}^{\lambda}(j\omega)=\frac{W_y(j\omega)}{1+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{z1}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_{z2}(j\omega)+W_{вр1}(j\omega)\cdot W_{вр2}(j\omega)\cdot W_p(j\omega)\cdot W_y(j\omega)} \quad (9)$$

О ВЫБОРЕ АЛГОРИТМОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГЛАВНОГО И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ РЕГУЛЯТОРОВ В КАСКАДНЫХ САР

Двухконтурные каскадные САР, чаще всего используемые на практике, содержат два регулятора – главный, называемый корректирующим, и вспомогательный, в задачу которого входит стабилизация вспомогательной регулируемой величины. Повышение размерности каскадной системы связано с добавлением вспомогательных регулируемых параметров, что приводит к увеличению числа вспомогательных регуляторов. Предельные возможности улучшения качества регулирования реализуются при ограниченном числе вспомогательных переменных, как правило, не более двух.

Стратегия выбора алгоритмов функционирования регуляторов в каскадной САР обусловлена тем, что в общем случае вспомогательный регулятор должен иметь интегральную составляющую. Однако это требование справедливо лишь для случая, когда вспомогательный канал обладает малой инерционностью по сравнению с главным, и процессы в контурах протекают практически независимо. В противном случае, когда инерционность вспомогательного канала близка к инерционности главного, что довольно часто встречается в каскадных САР промышленного назначения, особенно в химической и строительной промышленности, необходимость в ПИ регуляторах во вспомогательном контуре отпадает. Поскольку его основной задачей является максимальное уменьшение отклонения регулируемой величины, с этой задачей наиболее успешно справляется П регулятор. Задача устранения остаточной неравномерности в этом случае возлагается на главный регулятор. Многочисленные расчеты каскадных САР на объектах с соизмеримыми инерционностями главного и вспомогательных каналов подтвердили эти выводы. В частности, при расчете двухконтурных систем с двумя ПИ регуляторами и трехконтурных с тремя ПИ регуляторами значения коэффициентов при интегральных составляющих вспомогательных регуляторов оказывались близкими к нулю (постоянная времени интегрирования практически стремилась к бесконечности), что и позволило в приведенном ниже примере ограничиться структурой с П регуляторами во вспомогательных контурах.

Численный метод расчета каскадных САР не накладывает ограничений на алгоритмы регуляторов, что позволяет исходить из предельной структуры, когда все регуляторы, включая главный, реализуют ПИД закон регулирования. Такой подход позволяет непосредственно в процессе решения определять оптимальную структуру, исключая избыточность составляющих в алгоритмах используемых регуляторов. В двухконтурной системе вспомогательный регулятор сводится к ПД, а главный – к ПИ законам регулирования. В трехконтурной системе получаем каскад регуляторов ПД-П-ПИ. Исключение дифференциальной составляющей в первом вспомогательном регуляторе приведет к потере качества, однако и простейший каскад П-П-ПИ даст значительный эффект по сравнению с одноконтурной САР с ПИД регулятором.

Следует также отметить, что применение ПД регулятора связано с определенными трудностями, поскольку в реальных условиях из-за помех необходимо осуществлять процедуру реального дифференцирования. Передаточная функция такого регулятора записывается в виде:

$$W_{вр1}(s)=k_p+k_д\cdot s\frac{1}{(T_ф\cdot s+1)^n}, \quad (10)$$

где $T_ф=\frac{k_д}{k_p\cdot k_ф}$ – постоянная времени фильтра; $k_ф$ – коэффициент фильтра; n – порядок фильтра (при практической реализации выбирают значения $k_ф$ в интервале от 5 до 10, порядок фильтра не выше второго).

ПРИМЕР РАСЧЕТА ТРЕХКОНТУРНОЙ КАСКАДНОЙ САР

Изложенные рекомендации иллюстрируются на примере исследования каскадной трехконтурной САР температуры в рабочем пространстве туннельной печи.

Динамика основной переменной $y(t)$ и вспомогательных переменных $z1(t)$ и $z2(t)$ по каналам расход топлива – температура по длине рабочей зоны печи представлены передаточными функциями вида:

$$W_y(s) = k_y \cdot \frac{e^{-\tau_y \cdot s}}{(T_1 \cdot s + 1) \cdot (T_2 \cdot s + 1) \cdot (T_3 \cdot s + 1)^2};$$

$$W_{z1}(s) = k_{z1} \cdot \frac{e^{-\tau_{z1} \cdot s}}{(T_1 \cdot s + 1) \cdot (T_2 \cdot s + 1)}; \qquad (11)$$

$$W_{z2}(s) = k_{z2} \cdot \frac{e^{-\tau_{z2} \cdot s}}{(T_1 \cdot s + 1) \cdot (T_2 \cdot s + 1) \cdot (T_3 \cdot s + 1)};$$

где $k_y = 1{,}45 \frac{^oC}{м^3/ч}$; $k_{z1} = 1{,}6 \frac{^oC}{м^3/ч}$; $k_{z2} = 1{,}52 \frac{^oC}{м^3/ч}$;

$\tau_y = 13$ с; $\tau_{z1} = 5$ с; $\tau_{z2} = 9$ с; $T_1 = 5$ с; $T_2 = 40$ с; $T_3 = 25$ с.

Версия программы 3K(W) в среде *Mathcad* для численного расчета оптимальных настроечных параметров трехконтурной каскадной САР с двумя вспомогательными П регуляторами и главным ПИ регулятором приведена на рис. 2.

Основное место в программе после ввода начальных условий занимает процедура формирования целевой функции, где приняты следующие обозначения: $A_k \leftarrow A_{зс}^{y}(\omega)$; $B_k \leftarrow A_{зс}^{z2}(\omega)$; $C_k \leftarrow A_{зс}^{z1}(\omega)$; первый вспомогательный П регулятор с настроечным параметром $k_p \leftarrow W_0$; второй вспомогательный П регулятор с настроечным параметром $k_p \leftarrow W_1$; главный ПИ регулятор с настроечными параметрами $k_p \leftarrow W_2$ и $k_u \leftarrow W_3$. С учетом принятых обозначений в программе записаны выражения для расчета АЧХ всех контуров САР и для расчета квадратичного интегрального критерия с диапазоном интегрирования от нуля до частоты среза ωs. Показатели колебательности контуров определяются как

$$M^y \leftarrow \max(A_k),\ M^{z2} \leftarrow \max(B_k),\ M^{z1} \leftarrow \max(C_k),$$

после чего формируется целевая функция. Далее записываются исходные параметры функционирования алгоритма "*Optim-MGA*": число

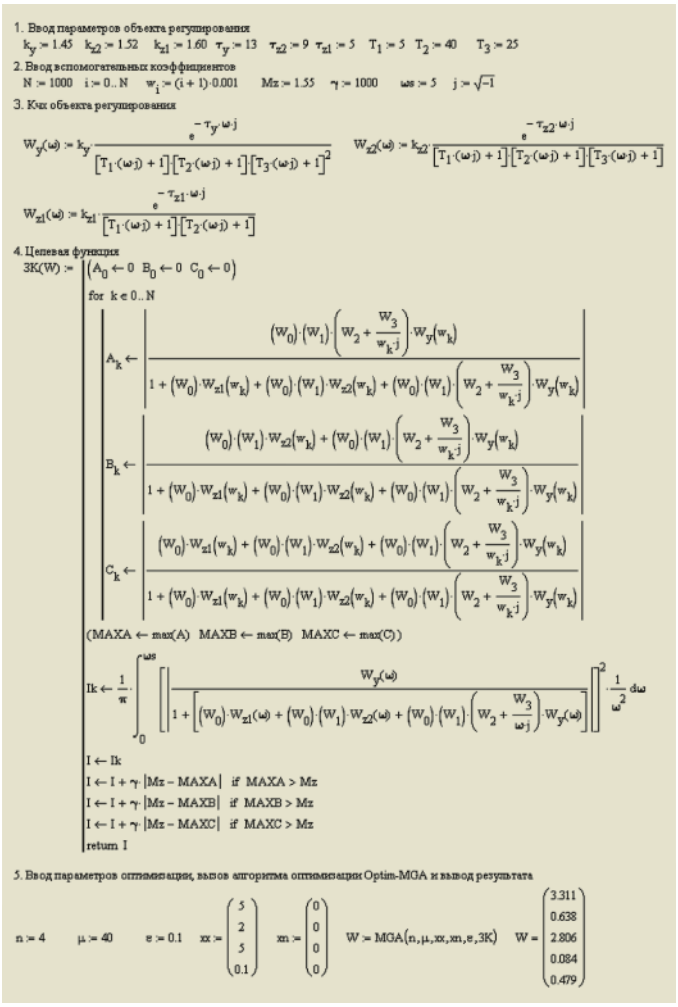


Рис. 2. Программа расчета каскадной САР по структуре с П-П-ПИ регуляторами

настроечных параметров $n = 4$, число поисковых точек $\mu = 40$, точность расчета $\varepsilon = 0{,}1$ и задается область поиска настроечных параметров *xx* и *xn*. После этих операций осуществляется вызов алгоритма оптимизации и отыскивается оптимальное решение с выводом матрицы значений настроечных параметров $W_0 \div W_3$ и величины принятого критерия. По полученным настроечным параметрам на рис. 3 представлены переходные процессы переменных $z1(t)$, $z2(t)$, $y(t)$ и соответствующие этим контурам амплитудно-частотные характеристики.

С целью проведения сравнительного анализа из большого количества проведенных расчетов в табл. 1, кроме результатов для структуры П-П-ПИ (*строка 1*), приведены результаты расчета трехконтурной каскадной САР, выполненной по структуре с ПД-П-ПИ регуляторами как с идеальным дифференцированием (*строка 2*), так и с реальным,

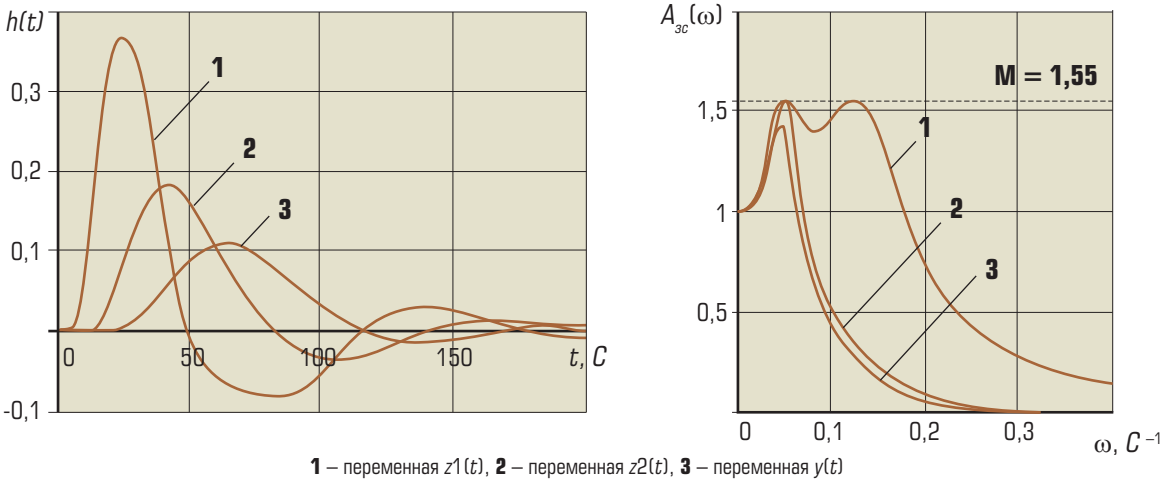
Таблица 1

№ п/п	Структура САР	$W_{вр1}(s)$,		$W_{вр2}(s)$,	$W_р(s)$,			Критерии		y_{max}
		$k_р$	$k_д$	$k_р$	$k_р$	$k_и$	$k_д$	$I_к$	$I_м$	
1	П-П-ПИ	3,3	–	0,64	2,8	0,084	–	0,479	6,44	0,110
2	$ПД_{ид}$-П-ПИ	3,9	34,3	2,65	1,3	0,064	–	0,046	1,63	0,038
3	$ПД_{реал}$-П-ПИ	3,6	19,2	1,72	1,4	0,064	–	0,125	2,93	0,061
4	ПИ-регулятор	–	–	–	0,6	0,011	–	72,40	131,9	0,864
5	$ПИД_{ид}$-регулятор	–	–	–	1,6	0,037	52,6	14,80	51,8	0,489
6	$ПИД_{реал}$-регулятор	–	–	–	1,1	0,026	34,1	25,60	69,3	0,608

для которого $n = 2$, $k_ф = 8$ (*строка 3*). Там же приведены результаты расчета настроек ПИ и ПИД регуляторов в одноконтурной САР (*строки 4-6*).

Переходный процесс по основному регулируемому параметру y(t) и АЧХ главного контура для каскадной САР по структуре с П-П-ПИ регуляторами в сравнении с переходными процессами и АЧХ в одноконтурной САР с ПИ регулятором, а также с ПИД регулятором как идеальным, так и с реальным дифференцированием для $n = 2$, $k_ф = 8$ представлены на рис. 4.

Для проведения сравнительного анализа в качестве представительных оценок были приняты площади под переходными процессами (интегралы по модулю) и максимальные отклонения регулируемой величины (первая



1 – переменная z1(t), **2** – переменная z2(t), **3** – переменная y(t)

Рис. 3. Переходные процессы и АЧХ в каскадной САР по структуре с П-П-ПИ регуляторами

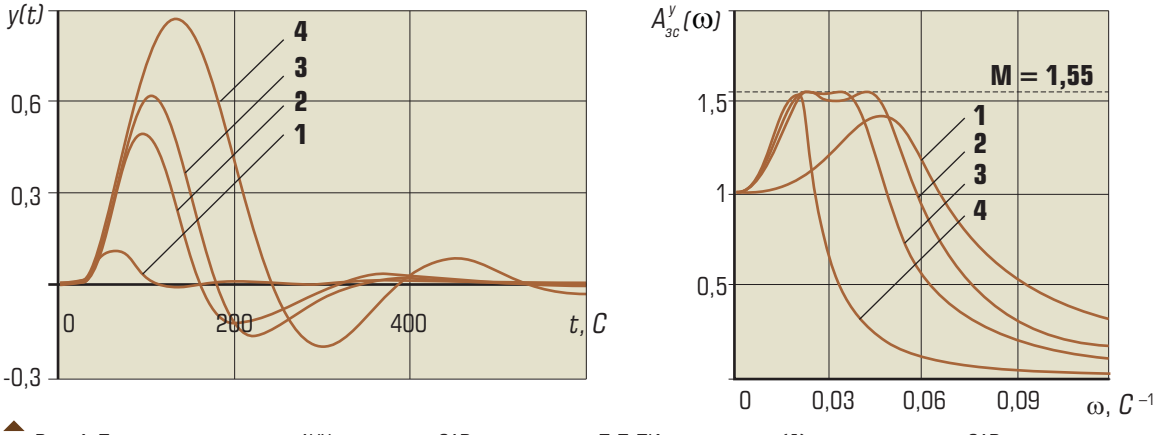
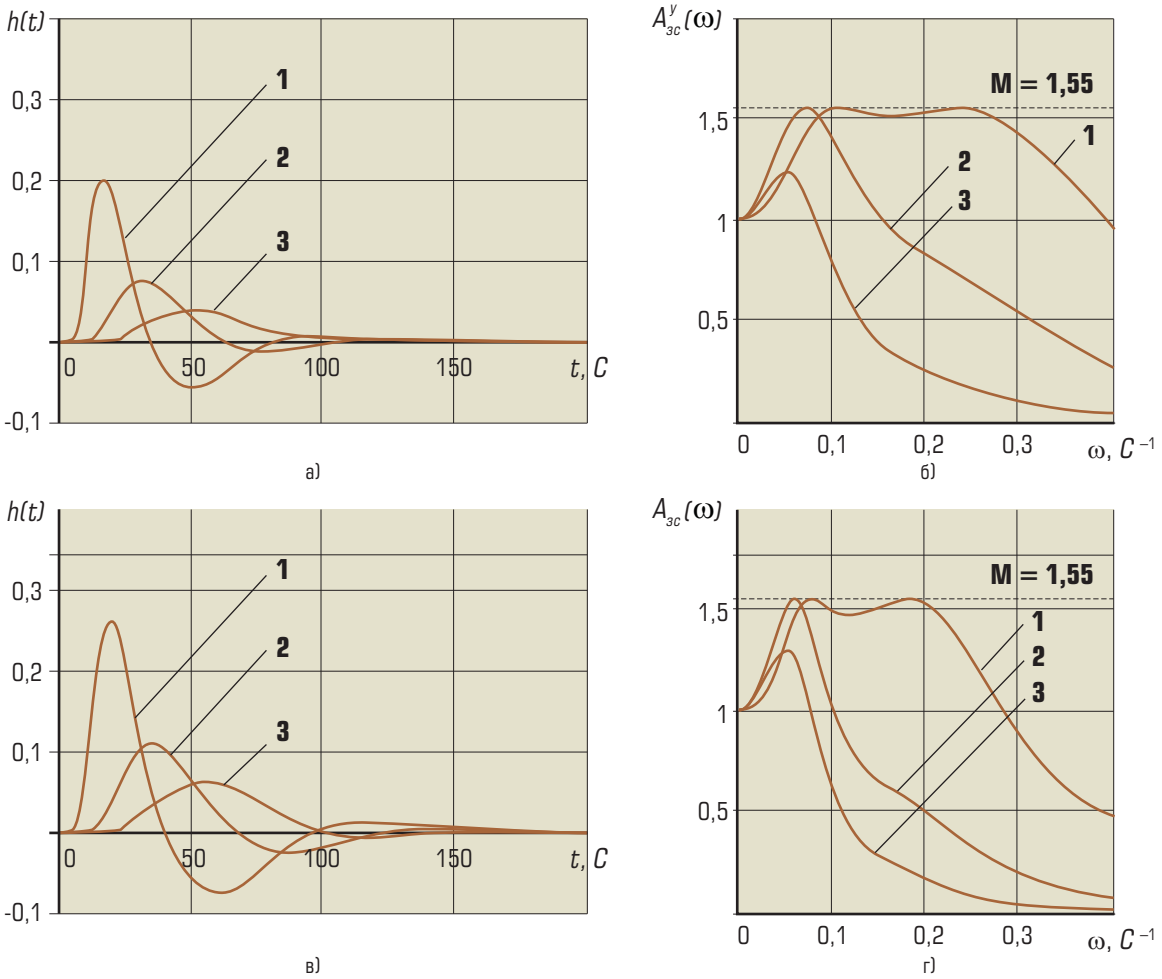


*Рис. 4. Переходные процессы и АЧХ в каскадной САР по структуре с П-П-ПИ регуляторами (**1**) и в одноконтурных САР с идеальным ПИД регулятором (**2**), с реальным ПИД регулятором (**3**), с ПИ регулятором (**4**)*



а, б – идеальный ПД регулятор; в, г – реальный ПД регулятор (n=2, $k_{ф}$= 8)
1 – переменная $z1(t)$; **2** – переменная $z2(t)$; **3** – переменная $y(t)$.

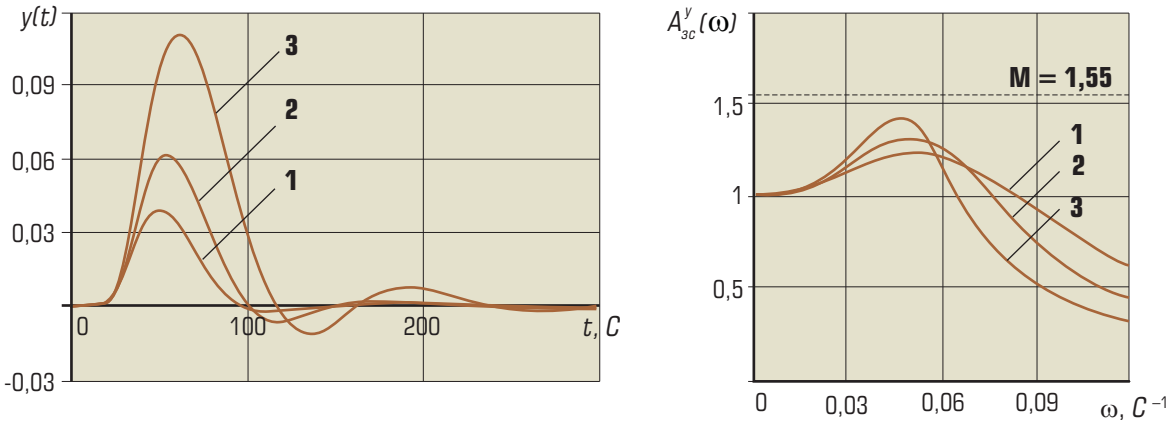
Рис. 5. Переходные процессы и АЧХ в каскадной САР по структуре с ПД-П-ПИ регуляторами

амплитуда переходных процессов). В результате структура каскадной САР с П-П-ПИ регуляторами дала выигрыш по сравнению с одноконтурной САР с реальным ПИД регулятором по площади более чем в 10 раз и по максимальному отклонению в 5 раз, тогда как в рассматриваемом примере преимущество одноконтурной САР с реальным ПИД регулятором перед САР с ПИ регулятором оказалось, соответственно, в 1,9 и 1,4 раза.

Преимущество каскадной САР с ПД-П-ПИ регуляторами оказывается еще более впечатляющим, хотя практическая реализация и эксплуатация подобных систем заметно усложняется из-за наличия в структуре дифференциальной составляющей. Переходные процессы и АЧХ в такой системе, построенные по данным табл. 1 (*строки 2, 3*), представлены на рис. 5.

Для сравнения на рис.6 приведены переходные процессы относительно y(t) и АЧХ главных контуров, построенные по результатам табл.1 (*строки 1-3*).

В заключение следует отметить, что предлагаемый подход к расчету и анализу многоконтурных каскадных САР, в основе которого лежат численные методы с использованием эволюционных алгоритмов оптимизации, позволяет эффективно преодолевать ограничения, связанные с различием инерционностей главного и вспомогательных каналов и с числом контуров в структуре системы регулирования. Изложенная методика позволяет творчески решать на стадии проектирования задачи синтеза и анализа каскадных САР практически любой размерности и конфигурации без ограничений на структуру алгоритмов функционирования используемых регуляторов, а также на выбор критерия и способа задания запаса устойчивости при формировании целевых функций.



1 – для структуры с ПД-П-ПИ регуляторами (идеальное дифференцирование);
2 – то же (реальное дифференцирование); **3** – для структуры с П-П-ПИ регуляторами

Рис. 6. Переходные процессы и АЧХ в каскадной САР относительно главной регулируемой величины y(t)

Список литературы

1. *Сабанин В.Р., Смирнов Н.И., Репин А.И.* Универсальная программа для оптимизации многоэкстремальных задач “Optim-MGA”// Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2004610862. Российское агентство по патентам и товарным знакам (РОСПАТЕНТ). Москва, 8 апреля 2004.
2. *Сабанин В.Р., Смирнов Н.И., Репин А.И.* Модифицированный генетический алгоритм для задач оптимизации и управления // Exponenta Pro. Математика в приложениях. 2004. № 3-4.
3. *Давыдов Н.И., Тюпина Т.Т.* Исследование системы регулирования температуры пара с двумя опережающими скоростными сигналами // Теплоэнергетика. 2002. № 10.
4. *Ротач В.Я., Вишнякова Ю.Н.* Расчет систем регулирования с двумя вспомогательными регулируемыми величинами // Теплоэнергетика. 2006. № 2. С. 61-65.
5. *Смирнов Н.И., Сабанин В.Р., Репин А.И., Бочкарева Е.Ю.* Настройка трехконтурной системы регулирования температуры пара методом эволюционного моделирования // Теплоэнергетика. 2006. № 10.
6. *Биленко В.А., Давыдов Н.И.* Метод расчета на ЭЦВМ оптимальных параметров настройки двухконтурных систем регулирования // Теплоэнергетика. 1977. № 1. С. 32-36.
7. *Ротач В.Я.* Расчет каскадных систем автоматического регулирования // Теплоэнергетика. 1997. № 10.
8. *Ротач В.Я.* К расчету систем автоматического регулирования со вспомогательными информационными каналами методом многомерного сканирования // Теплоэнергетика. 2001. № 11. С. 61-65.
9. *Смирнов Н.И., Сабанин В.Р., Репин А.И.* Оптимизация настроечных параметров автоматических систем регулирования с дифференциатором // Теплоэнергетика. 2004. № 10.
10. *Смирнов Н.И., Сабанин В.Р., Репин А.И.* Робастная настройка двухконтурных автоматических систем регулирования // Теплоэнергетика. 2007. № 7.
11. *Смирнов Н.И., Сабанин В.Р., Репин А.И.* Настройка двухконтурных АСР численным методом на заданный запас устойчивости // Сборник трудов конференции Control 2005. МЭИ. 2005.
12. *Сабанин В.Р., Смирнов Н.И., Репин А.И.* Параметрическая оптимизация и диагностика с использованием генетических алгоритмов // Промышленные АСУ и контроллеры. 2004. № 12.

Смирнов Николай Иванович *– канд. техн. наук, доцент кафедры АСУ ТП МЭИ,*
Сабанин Владимир Романович *– канд. техн. наук, доцент кафедры АСУ ТП МЭИ,*
Репин Андрей Иванович *– канд. техн. наук, старший научный сотрудник ООО “Энергоавтоматика”.*

23—26 ноября
2010 года
г. Красноярск

Сибирь
международный выставочно-деловой центр
имени Карена Мурадяна

XVIII специализированная выставка

ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

энергетика автоматизация светотехника

Электротехника

Автоматизация

Электроника

Робототехника

Приборостроение

Энергетика

Теплоэнергетика

Энерго- и ресурсосбережение

Светотехника

Официальная поддержка

МРСК СИБИРИ

Генеральные информационные партнеры

КАБЕЛЬ

elec.ru
Электротехнический Рынок России и СНГ

Специальные информационные партнеры

ЭНЕРГОЭКСПЕРТ
информационно-аналитический журнал

RusCable.Ru

Официальный информационный партнер

ЭНЕРГО INFO

Информационная поддержка

Релейщик

Электротехнический рынок

atomicenergy.ru

Рынок электротехники

Вестник Электроники

Энергетика и промышленность России

Промышленные страницы Сибири

ВЕСТА

Автоматизация и IT в энергетике

ММ

Энергополис
деловой журнал

Снабженец

Электрик

itech

XI Всероссийская научно-практическая конференция

«Энергоэффективность систем жизнеобеспечения города»

МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19,
тел.: (391) 22-88-401, 22-88-612,
22-88-611 (круглосуточно),
эл. почта: iva@krasfair.ru, vital@krasfair.ru,
kashirina@krasfair.ru,
сайт: www.krasfair.ru

System Platform 4.0

NEW!

Простой способ интеграции систем автоматизации и информационных систем на производстве

Wonderware® Russia

Системная платформа **Wonderware System Platform 4.0** предоставляет широкий набор инструментальных средств для автоматизации производственных процессов и формирования отчетности: сервер промышленных приложений **Application Server** для быстрой эффективной разработки и управления приложениями; реляционную базу данных реального времени **Historian**; информационный web-портал **Information Server** для распределения информации в сети и формирования интерфейсов пользователя. Готовые интерфейсы обеспечивают стыковку с оборудованием от большинства известных поставщиков и изготовителей средств автоматизации.

Системная Платформа обеспечивает интеграцию приложений, связь с устройствами, архивирование производственных данных и быстрый доступ к ним, обработку алармов и событий, безопасность, централизованную диагностику и администрирование и т.п., а также позволяет производить поэтапное безрисковое внедрение решений для наращивания функционала существующих систем.

InTouch 10.1

Свыше 550.000 пакетов InTouch установлены и работают на более чем 150.000 промышленных объектах по всему миру. InTouch обеспечивает интерфейс ко всем основным контроллерам для систем автоматизации - Rockwell, Siemens, Schneider, Unitronics и др., а также используется в системах автоматизации таких известных фирм, как ABB, Honeywell, Foxboro и других поставщиков DCS. Wonderware – единственное стандартное программное обеспечение мониторинга и формирования отчетности для всех основных систем автоматизации.

Для визуализации процесса системная платформа Wonderware System Platform 4.0 использует удостоенное многочисленных наград программное обеспечение человеко-машинного интерфейса Wonderware InTouch.

Дополнительная информация представлена на сайте www.klinkmann.ru

В офисах компании Klinkmann Выможете заказать демо-версию, а также 30-дневную лицензию на использование программного обеспечения Wonderware

Wonderware® Russia
www.wonderware.ru

Санкт-Петербург
тел. +7 812 327 3752
info@wonderware.ru

Москва
тел. +7 495 641 1616
info@wonderware.ru

Екатеринбург
тел. +7 343 376 53 93
info@wonderware.ru

Пятигорск
тел. +7 8793 318441
info@wonderware.ru

Самара
тел. +7 846 342 6655
info@wonderware.ru

Київ
тел. +38 044 495 3340
info@wonderware.ru

Минск
тел. +375 17 2000 876
info@wonderware.ru

РЕКОНСТРУКЦИЯ УППН «ПАВЛОВКА», АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Компания Клинкманн,
ЗАО "Филиал по разработке и внедрению АСОДУ
ЗАО "Пермский центр по АСУ"

Рассматривается установка подготовки и перекачки нефти (УППН) "Павловка" предназначенная для обработки водонефтяной эмульсии с Кряжевского, Камышловского, Новосеминского, Павловского, Судановского, Светлогорского, Трушниковского, Чернушинского, Чарского, Чикулаевского, Этышского, Южинского месторождений ЦДНГ № 1 ООО "ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ" и Дороховской группы месторождений ЦДНГ № 10 ООО "ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ". После проведения обработки товарная нефть соответствует требованиям ГОСТ Р 51858-2002 "Нефть. Общие технические условия".

АСУ ТП цеха добычи нефти и газа (ЦДНГ-1) является общецеховой системой и выполнена на базе программного продукта Wonderware System Platform(SP), In Touch for SP. В дальнейшем проектные решения "Павловки" будут использованы как типовые для модернизации АСУ ТП в других цехах предприятия.

УППН "Павловка" построена согласно проекту, разработанному ГИПРОВОСТОКнефть, и была пущена в эксплуатацию в 1958 году. В 1997 г. была произведена реконструкция УППН "Павловка" согласно проекту, разработанному ООО "ПермНИПИнефть". После проведения реконструкции производительность установки составляет 2,3 млн тонн в год.

Автоматизация УППН "Павловка" и распределенных объектов (ДНС, НГСП, УСУ) выполнена с использованием морально и физически устаревших первичных и вторичных показывающих аналоговых приборов и управляющих реле. В качестве регуляторов применены пневматические регуляторы с соответствующей подготовкой воздуха.

Передача данных в ЦДНГ-1 выполнена на базе системы "Телескоп+" 3 версии с использованием УКВ-радиоканала.

ОБЪЕКТЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

К объектам автоматизации относятся: различные резервуары; насосы, печи для нагрева нефти, отстойники, концевая сепарационная установка, газоосушители, блок дозирования реагента, установка по подготовке НСЖ, узел учета нефти, теплообменники, пункт налива нефти, узел пресной воды, узел учета газа, узел переключения, дренажные и канализационные емкости, распределенные объекты (ДНС, НГСП, УСУ).

ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ

Система предназначена для автоматизации процессов УППН "Павловка" ЦДНГ-1 ООО "ЛУКОИЛ-ПЕРМЬ".

Принятый в проекте объем автоматизации по объектам в условиях нормальной эксплуатации позволяет работать установке в автоматизированном режиме без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Вывод технологических процессов объектов на заданный режим работы осуществляется вручную на месте с последующим подключением средств контроля, сигнализации, блокировок и перевода на автоматизированный режим работы.

Измерение и отслеживание, дистанционное и локальное: температуры; давления; уровня (нефти, конденсата, реагента); расхода (воды, газа, нагреваемого продукта); регулирование межфазного уровня; положение клапанов; измерение расхода НСЖ; счетчик хода поршня насоса – дозатора тока двигателя.

Блокировка: розжига горелок; автоматическая отсечка газа; дозирования регента; аварийное отключение рабочего насоса.

Управление: электрооборудованием нагревательного устройства; управление насосными агрегатами.

Сигнализация: верхнего аварийного уровня; аварии клапана; верхнего и нижнего аварийных уровней реагента; отклонения давления; повышения температуры насосов и двигателей; повышения вибраций насосного агрегата; срабатывания электрозащит; состояния "включен/отключен".

Для узла учета нефти предусмотрена интеграция существующей локальной системы АСУ ТП в общую систему УППН по интерфейсу.

Для пункта налива проектом предусмотрено измерение расхода отпускаемой нефти. Для коммерческого узла учета газа на печи предусмотрена интеграция его в АСУ ТП УППН. Для всех технологических площадок УППН, где возможны выделения и скопления горючих газов, проектом предусмотрен стационарный газосигнализатор довзрывоопасных концентраций.

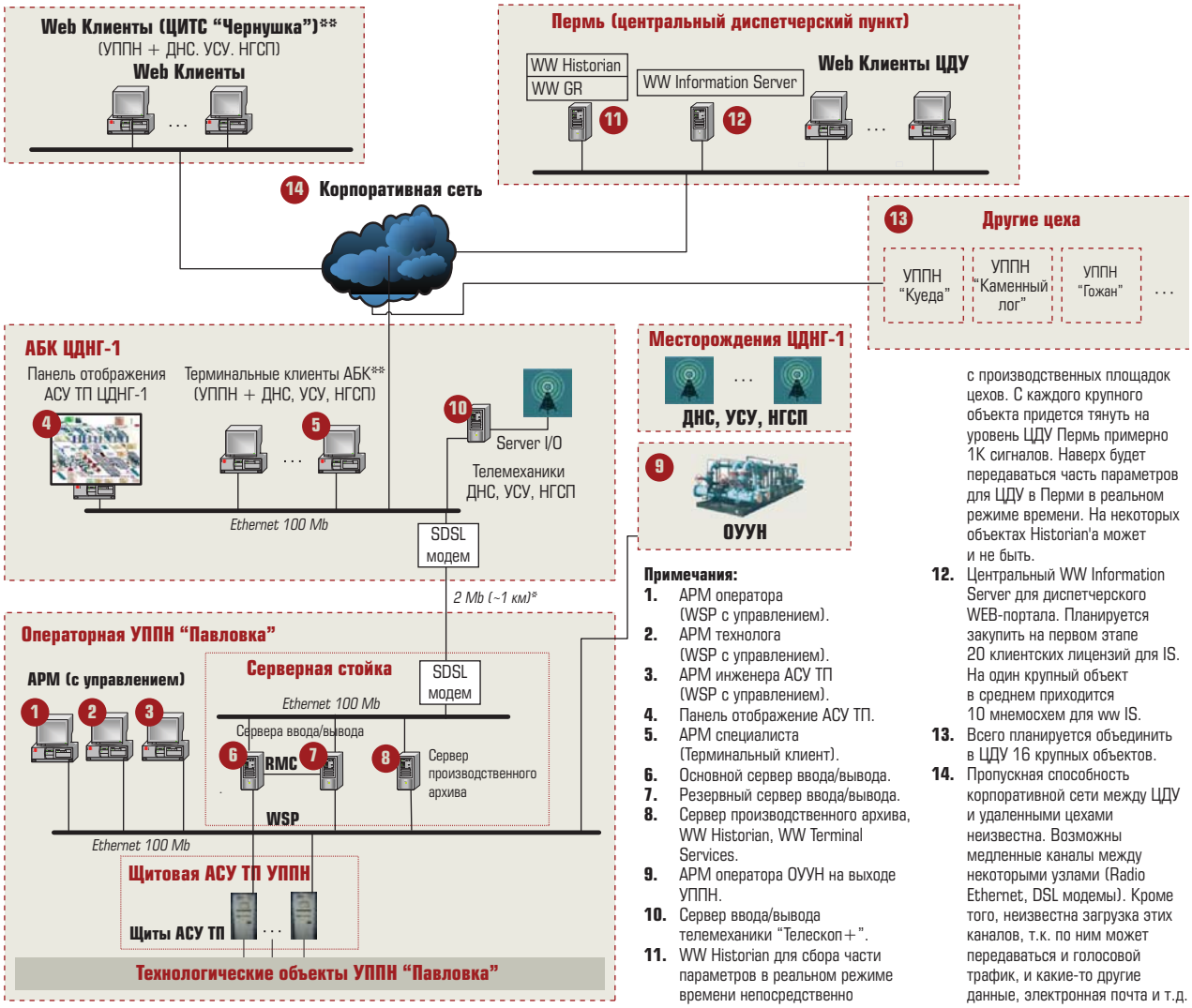
Интеграция данных объектов в систему АСУ ТП ЦДНГ-1 выполнена с использованием существующей системы телемеханики "Телескоп+" по существующему УКВ-радиоканалу. Интеграция данных объектов в систему АСУ ТП ЦДНГ-1 смежного АСУТП ПСП "Чернушка", выполненного в InTouch 9.0.

КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ

АСУ ТП ЦДНГ-1 является общецеховой системой и выполнена на базе программного продукта Wonderware System Platform(SP), In Touch for SP (рис.1).

АСУ ТП ЦДНГ-1 представляет собой двухуровневую систему:

- нижний уровень – контроллеры ScadaPack 330;
- верхний уровень:
  - 2 сервера ввода/вывода Data Server, сервер приложения- Application Server – основной и резервный;
  - сервер производственного архива УППН с установленным ПО Historian Server и сервера терминального сервиса-InTouch for SP TSE. Количество подключений к терминальному сервису – 5. Тип подключений к терминальному сервису – конкурентный;
  - сервер производственного архива ЦДУ с установленным ПО Historian Server, Wonderware Information Server (WIS). Количество подключений к WIS – 30. Тип подключений – стандартный;
  - ПК веб-клиентов корпоративного уровня (ООО "ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ", ЦИТС "Чернушка", ЦДУ) с доступом в Intranet предприятия. Общее количество веб-клиентов – 30;
  - "АРМ оператора УППН" в операторной, InTouch for SP;
  - "АРМ технолога УППН" в операторной, InTouch for SP с двумя ЖК Full HD мониторами с разрешением 1920×1080 (размером экрана 23 и 52 дюйма соответственно). Мониторы работают в режиме клона;
  - "АРМ инженера АСУ ТП" УППН в операторной, InTouch for SP;
  - панель отображения АСУ ТП ЦДНГ-1 (АРМ диспетчера ЦДНГ) в АБК ЦДНГ-1 с двумя ЖК Full HD мониторами с разрешением 1920x1080 (размером экрана 23 и 52 дюйма соответственно). Мониторы работают в режиме клона;



Примечания:

1. АРМ оператора (WSP с управлением).
2. АРМ технолога (WSP с управлением).
3. АРМ инженера АСУ ТП (WSP с управлением).
4. Панель отображение АСУ ТП.
5. АРМ специалиста (Терминальный клиент).
6. Основной сервер ввода/вывода.
7. Резервный сервер ввода/вывода.
8. Сервер производственного архива, WW Historian, WW Terminal Services.
9. АРМ оператора ОУУН на выходе УППН.
10. Сервер ввода/вывода телемеханики "Телескоп+".
11. WW Historian для сбора части параметров в реальном режиме времени непосредственно с производственных площадок цехов. С каждого крупного объекта придется тянуть на уровень ЦДУ Пермь примерно 1К сигналов. Наверх будет передаваться часть параметров для ЦДУ в Перми в реальном режиме времени. На некоторых объектах Historian'а может и не быть.
12. Центральный WW Information Server для диспетчерского WEB-портала. Планируется закупить на первом этапе 20 клиентских лицензий для IS. На один крупный объект в среднем приходится 10 мнемосхем для ww IS.
13. Всего планируется объединить в ЦДУ 16 крупных объектов.
14. Пропускная способность корпоративной сети между ЦДУ и удаленными цехами неизвестна. Возможны медленные каналы между некоторыми узлами (Radio Ethernet, DSL модемы). Кроме того, неизвестна загрузка этих каналов, т.к. по ним может передаваться и голосовой трафик, и какие-то другие данные, электронная почта и т.д.

Рис. 1. Структурная схема АСУ ТП ЦДНГ-1

– существующий сервер телемеханики в АБК, MS SQL Server;
– существующий АРМ ОУУН в операторной;
– существующий АРМ ПСП "Чернушка" InTouch 9.0.

Функции нижнего уровня (контроллеры): сбор данных с датчиков; обработка; локальное автоматическое регулирование путем управления регулирующими клапанами; ручное дистанционное регулирование путем управления регулирующими клапанами; защита работы оборудования; обмен данными с верхним уровнем – сервер ввода/вывода.

Функции верхнего уровня:

- серверы ввода/вывода, серверы приложения с ПО ArchestrA Runtime и I/O Data Server (резервированные серверы) г:
  – прием данных от контроллеров;
  – регистрирование и архивирование алармов;
  – архивирование;
  – обмен данными с Visualization Node, Historian Server и серверы терминального сервиса;
  – резервирование узлов ввода/вывода в автоматическом режиме, на базе технологии AS;
- сервер производственного архива УППН – сервер с ПО Historian Server и InTouch терминального сервиса:
  – визуализация HMI реального времени и доступ к исторической информации с любой точки в пределах предприятия (корпоративный уровень);
  – архивирование и хранение технологических параметров по системе АСУ ТП ЦДНГ-1 (УППН, ДНС, УСУ, НГСП, ОУУН, НСЖ-переработка);

- персонализация и индивидуальная настройка управления контентом;
- интеллектуальное увязывание контента;
- динамическое форматирование отчётов;
- интегрированные средства обеспечения безопасности;
- предоставление трендов и алармов;
- доступ к данным УППН в режиме реального времени;
- централизованное администрирование программного обеспечения и управления им;
- формирование многоракурсных окон (мнемосхемы УППН, ДНС, УСУ, НГСП, НСЖ – переработка и режимные карты);
- расширенные возможности поиска параметров;
- мониторинг УППН, ДНС, УСУ, НГСП, ОУУН и НСЖ-переработка;
- подключение клиентов терминального сервиса по Intranet сети ООО “ЛУКОЙЛ”;
- расширяемость;

• сервер производственного архива ЦДУ – Сервер с ПО Historian Server и Wonderware Information Server (WIS):
- визуализация HMI реального времени и доступ к исторической информации с любой точки в пределах предприятия (корпоративный уровень);
- архивирование и хранение технологических параметров по системе АСУ ТП ЦДНГ-1 (УППН, ДНС, УСУ, НГСП, ОУУН, НСЖ-переработка);
- персонализация и индивидуальная настройка управления контентом;
- интеллектуальное увязывание контента;
- динамическое форматирование отчётов;
- интегрированные средства обеспечения безопасности;
- предоставление трендов и алармов;
- централизованное администрирование программного обеспечения и управления им;
- формирование многоракурсных окон (мнемосхемы УППН, ДНС, УСУ, НГСП, НСЖ-переработка и режимные карты);
- расширенные возможности поиска параметров;
- выдача web отчетов и форм в любую точку по Intranet сети ООО “ЛУКОЙЛ”;
- расширяемость;

• АРМ оператора, технолога, инженера АСУ ТП (Visualization Node):
- визуализация параметров;
- управление технологическим процессом;

• ПО Панели отображения АСУ ТП ЦДНГ-1 (Visualization Node):
- визуализация параметров;
- тренды и динамические отчёты;
- мониторинг УППН, ДНС, УСУ, НГСП, ОУУН и НСЖ-переработка;

• ПК клиентов терминального сервиса:
- подключение ПК к серверу терминального сервиса. Количество подключений к терминальному сервису – 5. Тип подключений к терминальному сервису – конкурентный;
- тренды и динамические отчёты;
- визуализация HMI реального времени и доступ к исторической информации с любой точки в пределах предприятия (корпоративный уровень);

• ПК удалённых веб-клиентов WONDERWARE Information Server:
- подключение ПК веб-клиента. Общее количество веб-клиентов – 30. Тип подключений – стандартный;
- тренды и динамические отчёты;
- визуализация HMI реального времени и доступ к исторической информации с любой точки в пределах предприятия (корпоративный уровень).

ОПЕРАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ПРОЕКТЕ

Компания ЗАО “Пермский центр по АСУ” филиал по разработке и внедрению АСОДУ является сертифицированным системным интегратором и имеет статус Wonderware SI.

Решение на платформе Wonderware было реализовано как специальное программное обеспечение, обеспечивающее требуемую функциональность и предназначенное для конфигурирования у заказчика. Программное обеспечение включает:

• программное обеспечение сервера производственного архива АСУ ТП УППН:
- Microsoft Windows Server 2003 R2 Enterprise Edition;
- Device CAL for Microsoft Windows Server 2003 – 5 клиентов;
- Terminal User CAL for Microsoft Windows Server 2003 – 5 клиентов;
- Wonderware Terminal Services FactoryFocus, single node, v10.1. 01-2175T – 1;
- Wonderware Historian Server 5K v9.0;

  - приложение Intouch АСУ ТП “Павловка” – терминальная версия на сервере (АРМ специалистов УППН для версии 10.1);
  - база данных “pavlovkareports” под управлением MS SQL Server 2005 (“Ежесуточные технологические карты” для Web-клиентов). Источником данных для БД “pavlovkareports” является Wonderware Historian Server 5K v9.0;
  - база данных BDAlarm (журнал алармов и событий);
  - антивирусное программное обеспечение (TrendMicro OfficeScan Client/Server Edition);
- программное обеспечение сервера производственного архива АСУ ТП ЦДУ:
  - Microsoft Windows Server 2003 R2 Enterprise Edition;
  - WW Information Server, v3.0 (WW Information Server Standard Client, Per Named User 30)
  - WW AS Platforms;
  - Wonderware Historian Server 25K v9.0;
  - антивирусное программное обеспечение (TrendMicro OfficeScan Client/Server Edition);
- программное обеспечение сервера ввода/вывода с Application Server и I/O Data Server (основной/резервный):
  - операционная система (Windows Server 2003 Standard Edition);
  - базовое программное обеспечение (Wonderware Application Server и I/O Data Server в соответствии с СТП-01-007-97);
  - прикладное программное обеспечение AOS;
  - антивирусное программное обеспечение (TrendMicro OfficeScan Client/Server Edition);
- программное обеспечение АРМ 1, АРМ 2, АРМ 3:
  - ОС – Windows XP Professional Russian;
  - MS Office 2007 Standard Russian;
  - AS Platform;
  - InTouch for SP v10.1 с возможностью управления;
  - Active Factory v10.1;
  - антивирусное программное обеспечение (TrendMicro OfficeScan Client/Server Edition);
- программное обеспечение “Панель отображения АСУ ТП ЦДНГ-1” в АБК ЦДНГ-1:
  - ОС – Windows XP Professional Russian;
  - MS Office 2007 Standard Russian;
  - AS Platform;
  - InTouch for SP v10.1 без возможности управления;
  - Active Factory v10.1;
  - антивирусное программное обеспечение (TrendMicro OfficeScan Client/Server Edition).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА, ПОЛУЧЕННЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОДУКТОВ WW

- Объектно-ориентированный подход, обеспечивающий прозрачное и технологичное описание объектов автоматизации.
- Простота внедрения (конфигурирования на основе разработанных базовых шаблонов).
- Простота создания с помощью встроенного редактора Symbol Edit в рамках проекта новых графических шаблонов и внедрения в библиотеку для дальнейшего использования (в рамках проекта было разработано несколько новых ArchestrA графических объектов, не входящих в стандартную БД ArchestrA objects).
- Такой объём стало возможным реализовать только в WW SP (начало работ, включая проектирование: февраль, запуск в эксплуатацию: август).

КОММЕРЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА, ПОЛУЧЕННЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПРИМЕНЕНИЯ НОВЫХ ПРОДУКТОВ WW

- ArchestrA технология, на базе которой создан Application Server, входящий в SP, помогла значительно сократить время на разработку и внедрение проекта без увеличения численного состава группы.
- Показатели: возможность распараллеленной работы над проектом; встроенная векторная графика; автопривязка внутри графических объектов; частичное использование наработок с других версий InTouch; техническая поддержка специалистов “Клинкманн СПб” и Wonderware и др.

Одинцов Федор Олегович
asodu@perm.raid.ru
Для компании ЗАО «Клинкманн СПб» (Wonderware Russia) (812) 327-37-52 www.wonderware.ru

ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ ПАКЕТ Dream Report ВЫБРАН КОМПАНИЕЙ Loytec (ВЕДУЩИМ ЕВРОПЕЙСКИМ ПРОИЗВОДИТЕЛЕМ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ СЕТЯМИ) В КАЧЕСТВЕ ГЕНЕРАТОРА ОТЧЕТОВ ДЛЯ НОВОЙ ПРОДУКТОВОЙ ЛИНЕЙКИ L-WEB

С.В. ЗОЛОТАРЕВ, А.В. КОЛТУНЦЕВ
(компания "ФИОРД")

Компания "ФИОРД" (*Россия, www.fiord.com*), официальный дистрибьютор программного пакета Dream Report – лучшего специализированного генератора отчетов для АСУ ТП и систем автоматизации зданий, информирует о том, что Dream Report выбран Loytec (*www.loytec.com, Австрия*), ведущим европейским производителем средств автоматизации с поддержкой протоколов LonWorks и BACnet, в качестве генератора отчетов для своей новой продуктовой линейки L-WEB.

Программный пакет Dream Report компании Ocean Data Systems (*www.oceandatasys.com, Франция*) предназначен для интеграции производственной информации из разных источников в одном приложении. Dream Report – это первая система формирования и генерации отчетов, специально разработанная для систем автоматизации зданий, АСУ ТП и систем сбора данных с устройств, которая предоставляет доступ к данным из любых источников: информация собирается, архивируется и обрабатывается одним легким в использовании и полностью интегрированным инструментом для генерации отчетов (рис.1).

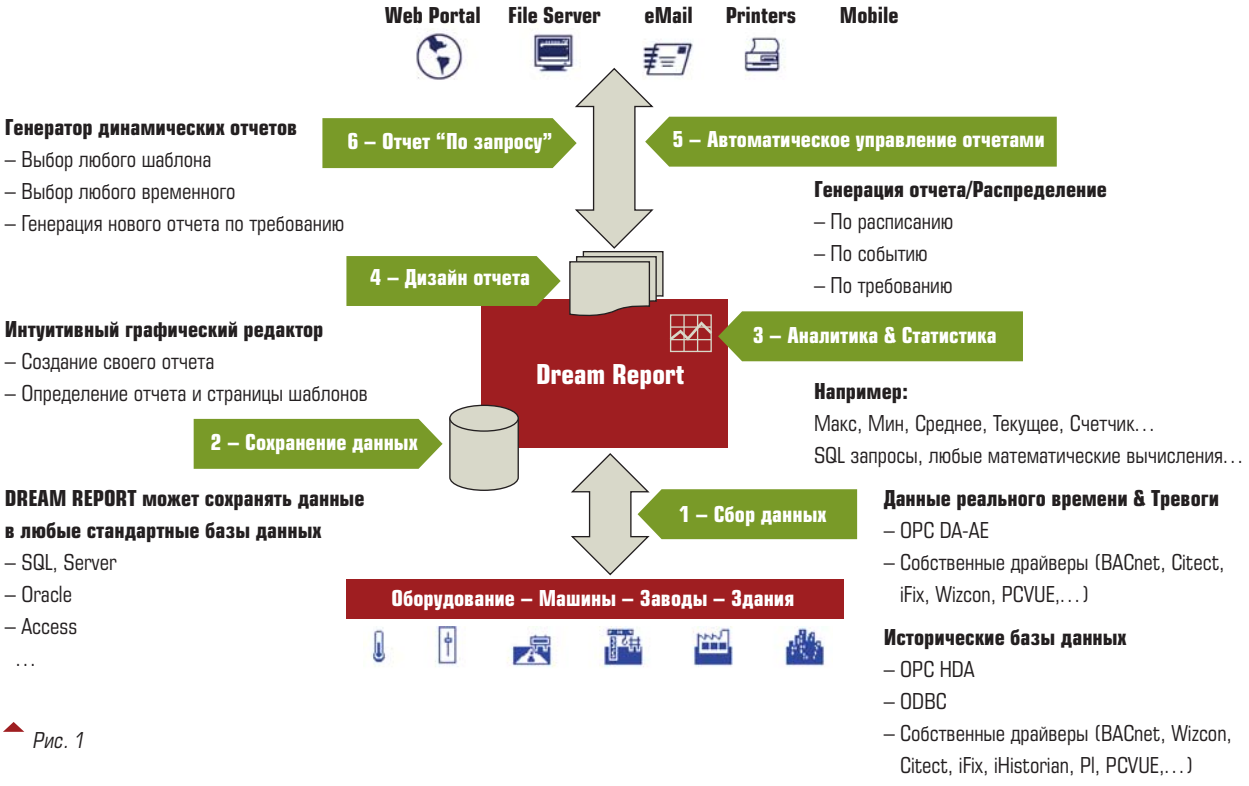


Рис. 1

Рис. 2

Новая продуктовая линейка L-WEB компании Loytec использует стандартные Web технологии для визуализации и контроля данных, предоставляемых одним или несколькими серверами LINX-100, LINX-101, LINX-200, LINX-201 (рис. 2), которые взаимодействуют с устройствами в fieldbus-сетях LonWorks или BACnet.

Одной из составляющих L-WEB является модуль LWEB-801 Server, который обеспечивает сохранение данных реального времени и истории в SQL базе данных (MySQL, SQLight, Microsoft SQL). Dream Report взаимодействует с LWEB-801 Server и обеспечивает пользователей мощными специализированными средствами интеграции информации и генерации отчетов, ориентированными на применение в системах автоматизации зданий и АСУ ТП (рис. 3).

С января 2010 г. "ФИОРД" распространяет Dream Report в России по новым ценам и в рамках очень выгодной для заказчиков бизнес-модели лицензирования. На сайте компании "ФИОРД" размещена фотогалерея примеров отчетов, сделанных с помощью Dream Report, а также доступны для скачивания оценочные версии и документация на Dream Report.

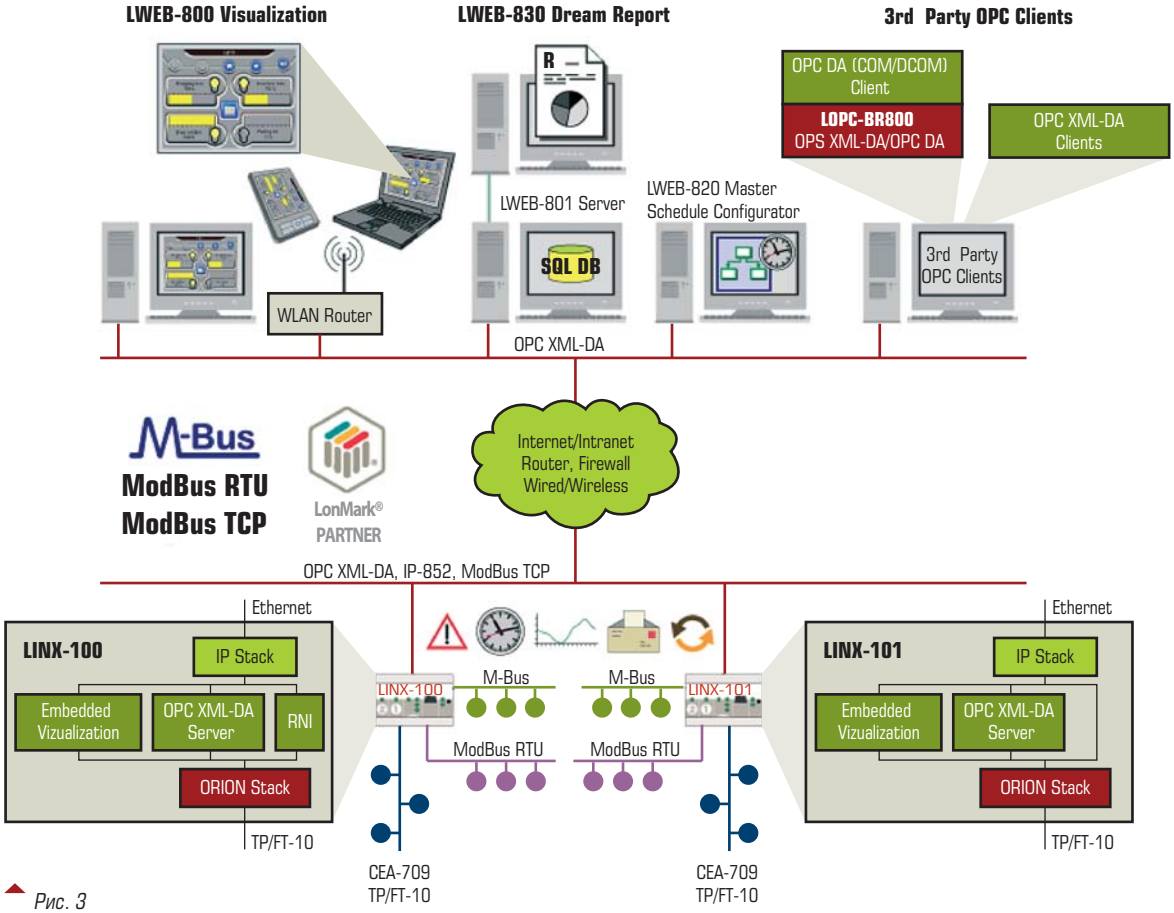


Рис. 3

Золотарев Сергей Викторович *– канд. техн. наук, ведущий эксперт,*
Колтунцев Алексей Владимирович *– коммерческий директор компании "ФИОРД".*
Телефон: (812) 323-62-12.
E-mail: alex@fiord.com, zolotarev@fiord.com www.fiord.com

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОРЕСУРСАМИ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

Р.В. МОЛЯНОВ (НПФ “КРУГ”)

Рассматриваются вопросы внедрения систем управления энергоресурсами, обеспечивающих не только удобство отслеживания и планирования энергопотребления путем снижения расхода человеческих и экономических ресурсов, но и позволяющих повысить энергоэффективность предприятия.

В условиях глобальной конкуренции и современного состояния экологии трудно переоценить влияние энергетики на все сферы деятельности человека. Сложно представить такую сферу, которая не была бы связана с использованием того или иного вида топливно-энергетических ресурсов. Вследствие этого возникает проблема эффективного расходования энергоресурсов с целью достижения как экономического, так и экологического эффекта.

Достижение экологического эффекта тесно связано с экономией энергоресурсов, так как использование любого вида энергоресурса сопровождается загрязняющими выбросами дыма, радиоактивного загрязнения, а также утечками тепла, электричества или топлива. Так как повышение энергоэффективности промышленных предприятий, генерирующих и сетевых компаний, сферы ЖКХ снижает общий экологический вред, программы энергосбережения поддерживаются как российскими экологическими организациями, так и международными программами мероприятий по снижению загрязнения окружающей среды.

Экономический эффект достигается за счет снижения удельной энергоемкости выпускаемой продукции или услуги, тем самым снижая себестоимость ее производства.

Снижение энергетических издержек предприятия на единицу выпускаемой продукции может быть достигнуто путем:

- использования оборудования/технологий, обладающих максимальным КПД;
- оптимальной загрузки производственного оборудования;
- изменения режима работы оборудования/персонала в соответствии с тарифной схемой расчетов за энергию;
- снижения потерь энергии;
- снижения непроизводственных расходов энергии;
- повышения КПД систем освещения, отопления и вентиляции.

Выбор оптимальной энергетической политики предприятия и отслеживание показателей энегроэффективности требует наличия многофункциональной автоматизированной системы учета и планирования электро- и теплопотребления. Использование автоматизированных систем даёт возможность отслеживать ситуацию, составлять и анализировать энергетический баланс предприятия, производить статистический анализ и прогнозирование затрат, обеспечивая возможность выбора оптимальной энергетической стратегии развития предприятия для достижения максимального экономического и экологического эффекта. Для решения подобных задач выделился отдельный класс программного обеспечения: ПО АСУ ТЭР (программное обеспечение автоматизированных систем управления топливно-энергетическими ресурсами)/EMS (Energy Management Software).

Данный класс программного обеспечения представлен на мировом рынке такими компаниями, как Energy Lens, Abraxas Energy Consulting, Optima Energy Management, Good Steward Software, SW EEMG, MetsoDNA EMS. Некоторые из этих компаний осуществляют свою деятельность и на территории РФ, при этом российские производители данный сектор рынка еще не освоили. Программное обеспечение, произведённое в России с учётом российской специфики, действующих нормативных документов, использующее более дешевые сопутствующие программные продукты российского производства, может составить реальную конкуренцию иностранным продуктам как в самой России, так и на территории стран СНГ.

ФУНКЦИИ АСУ ТЭР

Программное обеспечение класса АСУ ТЭР должно выполнять следующие основные функции: сбор данных, обработку данных, визуализацию, документирование, диспетчеризацию.

Под функцией сбора данных понимается опрос источников данных, в качестве которых могут выступать как интеллектуальные приборы, так и внешние серверы, ведущие непосредственный опрос. Обработка данных включает первичную обработку (контроль достоверности, вычисление среднего и др.), выполняемую сразу после сбора данных, а также более сложную (статистическая обработка, планирование и т.д.), выполняемую периодически. Функция документирования предназначена для автоматизированного ведения отчетов в соответствии с отраслевыми требованиями. Функция визуализации обеспечивает наглядное представление как текущего энергопотребления по контролируемым объектам, так и ретроспективные данные и расчетные показатели, позволяющие выявить самые энергоемкие потребители и определить пути снижения энергопотребления. Функция диспетчеризации для подобных систем является необязательной, однако она позволяет существенно расширить область применения системы за счёт оперативного реагирования на изменения текущей ситуации.

В настоящее время функции АСУ ТЭР чаще всего реализуются средствами SCADA-систем в рамках внедрения АСУ ТП. Однако реализация функций учета и управления ТЭР в составе АСУ ТП имеет ряд недостатков, таких как отсутствие обобщенных данных по предприятию (наличие в каждой АСУ ТП данных только по показателям, входящим в АСУ ТП), отсутствие единой формы представления (из-за реализации различных АСУ ТП разными SCADA-системами), отсутствие единого подхода в реализации функций АСУ ТЭР (в разных АСУ ТП функции АСУ ТЭР могут быть реализованы в различном объеме), отсутствие гибкости (для изменения состава и/или реализации функций АСУ ТЭР требуется внесение изменений в несколько АСУ ТП, что требует финансовых и/или трудовых затрат, а иногда и вовсе невозможно) и т.д.

Таким образом, АСУ ТЭР выступает как система уровня управления предприятием (АСУП), оставаясь тесно связанной с АСУ ТП.

Взаимодействие АСУ ТЭР с АСУП и АСУ ТП можно в общем случае описать так:

- АСУ ТП являются для АСУ ТЭР источником данных о текущем/ретроспективном значении измеряемых параметров;
- хранение данных по АСУ ТЭР возможно как в БД АСУП, так и в БД АСУ ТП;
- результаты выполненных АСУ ТЭР расчетов доступны системам обоих уровней;
- просмотр данных в виде таблиц и графиков доступен пользователям корпоративной сети, а, при необходимости, и сети Интернет.

Программное обеспечение АСУ ТЭР может представлять собой набор программных модулей. К числу базовых программных модулей, реализующих основные функции системы, относятся:

- модуль связи с базами данных;
- модуль расчетов;
- модуль визуализации;
- среда разработки АСУ ТЭР.

Дополнительно АСУ ТЭР может иметь сервисные модули:

- оффлайн-связи (при невозможности в реальном времени связаться с системами АСУ ТП/ АСКУЭ/ ИП или системами АСУП);
- конвертирования данных (для веб-публикации сторонними приложениями, для экспорта данных в сторонние системы);
- удаленного администрирования АСУ ТЭР и разграничения доступа;
- Web-сервер доступа к АСУ ТЭР;
- оповещения (e-mail, sms и др.).

Рассмотрим более подробно основные модули ПО АСУ ТЭР

МОДУЛЬ РАСЧЕТОВ

Модуль расчётов предназначен для выполнения обсчета основных показателей энергоэффективности, и в зависимости от сферы применения должен содержать различные библиотеки функций расчета. Для предприятий, потребляющих электрическую и тепловую энергию, более важны функции учета энергоемкости отдельных установок и технологических линий для выявления возможностей изменения загрузки и режима работы оборудования в целях снижения затрат энергии.

Для предприятий энергетики параметрами эффективности являются такие величины, как:

- показатели выработки пара и распределение его энергии между выработкой электроэнергии, теплофикационным и производственным отборами, а также параметры пара на выхлопе;
- количество выработанной электроэнергии;
- потери электро- и тепловой энергии при передаче;
- затраты энергии на собственные нужды.

Для сферы ЖКХ, а также и для предприятий обоих указанных выше типов показателями энергоэффективности являются показатели экономичности систем освещения, вентиляции, отопления, кондиционирования, электроснабжения, а также показатели потерь электричества и тепла через изоляцию проводки и теплоизоляцию здания.

Для реализации модуля расчетов требуется произвести анализ и разработать библиотеки функций расчета, обеспечивающие:

- расчет основных показателей;
- выявление и анализ причин повышенной энергоемкости;
- краткосрочное (3, 15, 60 мин и т.д.) и долгосрочное (неделя, месяц и т.д.) планирование потребления/выработки энергии;
- планирование пусков, останова, ремонта оборудования с минимизацией упущенной прибыли;
- планирование мероприятий по энергосбережению с расчетом затрат и окупаемости различных вариантов стратегии модернизации;
- расчет и планирование в условиях наличия данных не в полном объеме (вследствие остановов, аварий и т.д.).

Следует выработать оптимальные комбинации библиотек для различных сфер применения, обеспечивающие необходимый и достаточный набор функций, позволяющий реализовать гибкую и функциональную систему.

МОДУЛЬ СВЯЗИ

Модуль связи необходим в системе АСУ ТЭР для выполнения операций с данными. Через модуль связи в системе обеспечиваются:

- доступ к текущим и историческим данным по контролируемым параметрам путем опроса серверов АСУ ТП (OPC DA/HAD; OBDC; SQL и т.д.);
- опрос интеллектуальных измерительных приборов;
- связь с БД, выступающей хранилищем данных самой АСУ ТЭР (собственная БД или внешняя);
- связь с внешними БД для предоставления им результатов расчетов и выполнения диспетчерского управления.

Для реализации модуля связи с БД требуется произвести анализ и выбрать один или несколько протоколов доступа к данным, обеспечивающих необходимый и достаточный уровень совместимости с распространенными и/или перспективными протоколами обмена данными, одновременно с этим предоставляющих функционал, требуемый для нормальной работы системы АСУ ТЭР.

МОДУЛЬ ВИЗУАЛИЗАЦИИ

Модуль визуализации предназначен для предоставления пользователям системы текущих и ретроспективных данных в различных формах представления, позволяя осуществлять функцию документирования показателей.

СРЕДА РАЗРАБОТКИ

Среда разработки АСУ ТЭР является набором программных инструментов, позволяющих на базе библиотек типовых элементов быстро и качественно разрабатывать, а также оперативно обслуживать и модернизировать систему.

ВЫВОДЫ

Внедрение систем управления энергоресурсами обеспечивает не только удобство отслеживания и планирования энергопотребления, снижая тем самым расход человеческих и экономических ресурсов, но и позволяет существенно повысить энергоэффективность предприятия.

Учитывая высокий потенциал экономической отдачи от повышения энергоэффективности, при том, что удельная энергоемкость ВВП в странах СНГ в 2-2,5 раза выше среднемирового, разработка программного обеспечения класса СУЭ является перспективной.

При разработке программного обеспечения АСУ ТЭР предстоит решить следующие проблемы:

- определить требуемый набор основных и вспомогательных функций системы для различных сфер применения;
- проработать оптимальную архитектуру программного обеспечения;
- разработать библиотеки функций, обеспечивающих удобство и полноту выполнения расчетов;
- разработать визуальное и интуитивно понятное средство разработки систем;
- разработать базовые библиотеки шаблонов, обеспечивающие быструю разработку систем, состоящих из типовых объектов.

Молянов Роман Валентинович *– инженер департамента АСУ ТП №2 НПФ “КРУГ”.*
Телефоны: 8(412) 56-46-83, +7-927-287-12-05.
E-mail: avtomat@pnzgu.ru

УНИФИЦИРОВАННАЯ СЕТЬ ХРАНЕНИЯ – СВЯЗАННЫЕ ОДНОЙ СЕТЬЮ

Э. ЖЕНСЫКБАЕВ (компания Cisco)

С появлением более мощных процессоров и снижением стоимости памяти архитектура построения ЦОД претерпела значительные изменения: от централизованного выполнения задач – к распределенной модели клиент-серверных приложений и далее к использованию виртуализированной вычислительной среды. Если на первых двух этапах серверы имели жестко закрепленные за ними роли и, как следствие, вполне определенные требования к инфраструктуре, то переход к облачной модели требует абстрагирования от физических серверов. Необходимо рассматривать вычислительные ресурсы не как отдельные устройства с их возможностями и ограничениями, а как единый разделяемый ресурс, обеспечивающий необходимую производительность и качество сервиса. Возникла новая архитектура построения вычислительной платформы, которая предъявляет новые требования к инфраструктуре. Это приводит к пересмотру существующих топологий сетей и их адаптации под новую концепцию виртуализации ЦОД.

Классический дизайн предусматривает отдельное построение IP сети и отдельные, независимые сети хранения (неважно, Fibre Channel или iSCSI/NAS) для обеспечения гарантированного уровня сервиса. Как следствие, мы получаем несколько параллельных инфраструктур: сеть хранения, сеть IP, а также сеть IPC для кластерных решений. Подобные решения сильно усложняют управление всей системой целиком, значительно повышая стоимость как самого решения, так и эксплуатации. Логичным выходом из такой ситуации является объединение всех этих логических инфраструктур в единую физическую сеть. Такой подход позволяет значительно сократить расходы на приобретение системы (меньше адаптеров, коммутаторов и кабелей), а также оперативные расходы (энергопотребление, охлаждение).

Активное развитие технологий виртуализации во всех областях ЦОД (серверов, сетей хранения и передачи данных, систем хранения и т.д.) позволило гибко строить необходимую для облачной архитектуры инфраструктуру. Все вычислительные ресурсы получают возможность использовать общую сетевую инфраструктуру, создавая единую универсальную платформу, обеспечивающую непрерывное функционирование всех критичных приложений. В такую идеологию идеально вписывается принятый в июне 2009 года стандарт Fibre Channel over Ethernet (FCoE). Он предоставляет возможность передачи трафика Fibre Channel сетей хранения данных поверх сети Ethernet, не изменяя самого протокола FC. С одной стороны, достигается консолидация сетей хранения данных и Ethernet в единую унифицированную сеть, уменьшение числа физических элементов сетей. С другой стороны, сохраняются функциональные модели этих сетей, существующие инструменты управления, сохраняются инвестиции в обучение персонала.

Неотъемлемой частью технологии унифицированной сети является IEEE DCB (Data Center Bridging) – набор архитектурных расширений классического Ethernet, разработанных для удовлетворения требований протоколов и приложений в ЦОД, использующих различные технологии передачи данных, такие как Fibre Channel, Infiniband, Ethernet. Этот набор протоколов обеспечивает сохранение существующих парадигм построения сетей хранения и передачи данных, предоставляет транспорт с гарантией доставки, что является критичным условием для сети хранения данных. Гарантирование требуемой полосы пропускания для разных типов трафика обеспечивает необходимый уровень сервиса. Одним из элементов IEEE DCB является функция автоматического согласования параметров подключения, что позволяет значительно уменьшить временные затраты на настройку серверов.

Следующим элементом унифицированных сетей, расширяющим существующие рамки классического Ethernet, станет протокол TRILL, позволяющий использовать альтернативные параллельные маршруты для обеспечения большей произво-

дительности и отказоустойчивости. Совокупность этих архитектурных расширений значительно расширит возможности построения современных высокопроизводительных, масштабируемых ЦОД, улучшая управляемость и надежность.

Компания Cisco Systems понимает преимущества унифицированных сетей и активно участвует в разработке и совершенствовании этих стандартов. Развитие архитектуры центров обработки данных Cisco Systems в значительной степени базируется на использовании данного подхода. Консолидация сетей хранения и передачи данных позволяет значительно упростить построение новых ЦОД, а также оптимизировать развитие существующих. Ведущая в индустрии операционная система NX-OS реализует механизм разделения привилегий между разными пользователями, что позволяет сохранить существующую административную границу между подразделениями сетей хранения и сетей передачи данных. Встроенные механизмы отказоустойчивости операционной системы обеспечивают непрерывность работы всех сервисов предприятия. Ряд инноваций, таких как ISSU, vPC, позволяют прозрачно для приложений проводить такие критичные работы, как обновление программного обеспечения коммутационного оборудования без необходимости остановки серверов. Такой подход помогает строить надежные, высокопроизводительные решения с большими возможностями дальнейшего роста.

Протокол FCoE был впервые реализован в коммутаторах Cisco Nexus 5000, которые обеспечивают консолидацию ввода/вывода для серверов, значительно упрощая их подключение к высокоскоростным сетям Ethernet и Fibre Channel. Функции сетевого адаптера и FC HBA совмещаются на едином унифицированном адаптере CNA, что снижает энергопотребление, уменьшает количество кабелей минимум в 2 раза и улучшает охлаждение серверов. Подобный подход позволяет достичь 100 % подключения серверов к сети хранения и обеспечить доступ этим серверам к единому хранилищу данных, что является необходимым шагом на пути к полной виртуализации вычислительных ресурсов. Использование централизованного хранилища совместно с технологиями иерархического хранения и дедубликации помогает достичь оптимальной производительности, высокой гибкости и доступности при максимальной экономической эффективности.

В дальнейшем протокол FCoE был внедрен в системе Cisco Unified Computing System, реализующей принцип облачных вычислений. Единая система Cisco UCS предоставляет унифицированную платформу, идеально подходящую для виртуализации, обеспечивающую высокую производительность, оптимальное использование ресурсов и позволяющую быстро внедрять новые приложения и системы. Тесная интеграция сетевой виртуализации с технологиями виртуализации вычислительных ресурсов делает Cisco UCS идеальной платформой для создания полностью виртуализированной инфраструктуры. Ряд уникальных инноваций выводит эту систему из разряда классических серверных решений в отдельный класс систем, позволяющих решать широкий круг задач, обеспечивая гибкость построения архитектуры приложений.

Дальнейшее развитие унифицированных сетей позволит со временем вытеснить параллельные структуры и заменить их на единую физическую инфраструктуру, обеспечивающую тот же функционал, но потребляющую меньше ресурсов. Принятие новых стандартов Ethernet, обеспечивающих скорости передачи данных 40 Гбит/с и 100 Гбит/с, также отобразится на унифицированных сетях, увеличивая скорость доступа к сетям хранения и передачи данных.

Немаловажным аспектом при построении ЦОД является сохранение инвестиций и совместимость новых устройств с существующей инфраструктурой. Развитие унифицированных сетей, использующих протокол FCoE, не останавливает развитие коммутаторов Fibre Channel сети хранения Cisco MDS 9000, что позволяет использовать совместно как новые системы хранения, подключенные непосредственно к сети FCoE, так и существующие хранилища с Fibre Channel подключением. С другой стороны, расширения IEEE DCB никак не отменяют совместимость с существующими стандартами Ethernet, и подключение коммутаторов с поддержкой DCB к существующей инфраструктуре Ethernet не влияет на функционирование сети. Таким образом, сохранение совместимости позволяет плавно изменять архитектуру ЦОД, трансформируя текущую структуру сети в новую унифицированную архитектуру, являющуюся основой для виртуализации вычислительной среды и обеспечивающую значительное снижение затрат эксплуатации сетей.

Женсыкбаев Эльдар Александрович *– системный инженер-консультант Cisco.*
Телефон: (495) 961 1410. E-mail: ezhensyk@cisco.com

19-я международная выставка
«Электрооборудование для
энергетики, электротехники
и электроники; энерго-
и ресурсосберегающие технологии,
бытовая электротехника»

ЭЛЕКТРО 2010

www.elektro-expo.ru

7–10 ИЮНЯ

**Россия, Москва,
Центральный выставочный
комплекс «Экспоцентр»**

Организатор:
ЗАО «Экспоцентр»

ЭКСПОЦЕНТР
МЕЖДУНАРОДНЫЕ ВЫСТАВКИ И КОНГРЕССЫ
МОСКВА

Современные модули для быстродействующих распределенных систем ответственного управления

АРМКОНТ 4

www.nvtav.ru

A4 9AIO
Аналоговый ввод-вывод

A4 8LI
Аналоговый ввод
с термопар и
термосопротивлений

A4 64DIO
Дискретный ввод-вывод

- Минимальное число типов модулей ввода-вывода при полной номенклатуре обрабатываемых сигналов, гибкость применения.
- Удобство конструктивного исполнения - все модули имеют однотипную компактную конструкцию (155*60*110 мм), состоящую из двух частей: базовой коммутационной, которая устанавливается на DIN-рейку и содержит клеммники для подключения внешних сигналов, и съемной электронной, выполняющей обработку сигналов.
- Конструкция обеспечивает удобство подключения сигнальных проводов и простоту горячей замены без дополнительной коммутации.
- Быстрота включения в работу обеспечивается хранением основных настроечных коэффициентов на базовой плате.
- Дублированный последовательный интерфейс RS-485 с индивидуальной гальванической развязкой и скоростью до 4,5 Мбит/с.
- Модули устойчивы к воздействиям температур от -40 до 60 С.
- Индивидуальная гальваническая развязка каналов модулей ввода-вывода повышает помехоустойчивость.
- Высокая надежность с горячей заменой, Plug-and-Play.
- Размещение модулей в непосредственной близости от автоматизированного оборудования.
- Подключение модулей к контроллерам любых фирм, поддерживающих популярный в России и Европе протокол MODBUS RTU.

ЗАО "НВТ-Автоматика",
Россия, 111250, Москва, проезд завода "Серп и Молот", д.6
Тел.: (495)361-2334, 362-1771
Факс: (495)362-1771, 361-6807
e-mail: mail@nvtav.ru, www.nvtav.ru

Версия 6.5
САРГОН®

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ПТК «САРГОН 6.5»

В.А. МЕНДЕЛЕВИЧ (ЗАО "НВТ–Автоматика")

Рассмотрены структура и функциональные возможности программного обеспечения одного из современных российских ПТК [1].

Современный программно-технический комплекс является сбалансированной системой, состоящей из технических и программных средств и типовых системных решений. Каждый из этих компонентов важен, но уже в течение многих лет относительное значение программного обеспечения возрастает. Именно программное обеспечение связывает воедино все компоненты АСУ ТП, обеспечивает ее интерфейс с пользователями и другими системами. Многоплановость задач, решаемых программным обеспечением ПТК, приводит к сложной внутренней структуре программного комплекса, состоящего из нескольких взаимосвязанных программных систем.

По назначению все программные средства ПТК можно разделить на три группы:

- системы реального времени;
- средства разработки;
- средства настройки и тестирования.

Для каждой из трех групп можно выделить системное ПО, обеспечивающее общее функционирование вычислительных устройств, и фирменное ПО, реализующее функции АСУ ТП.

В ПТК "САРГОН" разработке эффективного программного обеспечения всегда уделялось большое внимание [2]. Переход к распределенным системам ответственного управления связан с дополнительным усложнением всех составляющих программного комплекса, т.к. количество вычислительных устройств, объединяемых программным обеспечением системы, возрастает на порядок.

ОСНОВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА "САРГОН"

Для эффективного решения задачи создания распределенных АСУ ТП ответственных производств программный комплекс "САРГОН" использует самые современные технологии системного программирования:

- объектный подход;
- единую реляционную базу данных;
- компонентную структуру с технологией "промежуточного слоя";
- непроцедурное программирование.

Объектный подход – мощная современная технология проектирования и программирования, разработанная в конце прошлого века. В АСУ ТП наиболее важны такие свойства объектной технологии, как естественный параллелизм процессов, легкость расширения набора функций без изменения структуры системы (например, при переходе от информационной системы к управляющей), простота расширения системы при увеличении объема автоматизации объекта, эффективность тиражирования на аналогичные объекты. Получившая всеобщее распространение технология начала применяться в программном обеспечении АСУ ТП с большой задержкой – в большинстве современных SCADA-систем она уже активно используется, а в SoftLogic-системы только начала проникать. *В ПТК "САРГОН" объектный подход изначально (с 1991 г.) был сделан системообразующим – любой компонент объекта управления и АСУ ТП отображается в программном обеспечении всех уровней соответствующим программным объектом и управляется через него.*

Единая реляционная база данных – основа любой современной SCADA- и SoftLogic- программной системы – обеспечивает четкость и однозначность программного описания объекта и системы управления за счет нормализации структуры описания и уникальности ключа каждого компонента. Так как в ПТК "САРГОН" SCADA- и SoftLogic-системы полностью интегрированы, то реляционная база данных едина для всего ПТК. В наиболее распространенных ПТК реляционные

базы начали активно использоваться с рубежа XX/XXI века. *В "САРГОН" единая реляционная база данных изначально (с 1991 г.) стала основой программного обеспечения комплекса.*

Компонентная структура – современная технология построения программной системы из набора типовых элементов (компонентов). Для всех компонентов разрабатывается набор протоколов взаимодействия с исполняющей системой, пользователями и другими компонентами. При программировании конкретного компонента достаточно описать внутреннюю логику его работы и реализацию указанного протокола, а все взаимодействия с окружением реализует исполняющая система. Использование технологии сокращает сроки разработки и увеличивает надежность программного обеспечения. Одним из наиболее известных примеров компонентной технологии является стандарт обмена данными OPC. *В ПТК "САРГОН" компонентная структура окончательно сформировалась к версии 4.0 (1996 г.), а OPC поддержан с версии 6.0 (2007 г.).*

Технология "промежуточного слоя" – современная технология, обеспечивающая высокую степень переносимости ПО путем создания в программной системе внутреннего системного слоя и максимальной локализации и стандартизации его взаимодействия с операционной системой. Реализация на уровне "промежуточного слоя" подсистемы передачи команд и сообщений, механизмов взаимодействия между компонентами, службы времени и т.п. обеспечивает высокую переносимость программного комплекса. *В ПТК "САРГОН" эта технология активно используется с версии 4.0 (1996 г.).*

Непроцедурное программирование – современное направление системного программирования, позволяющее сконцентрировать внимание разработчика на описании целей и правил, перекладывая большинство подробностей процедурной реализации на транслятор языка (т.е. описывается "что делать", вместо "как делать"). Использование непроцедурного языка программирования обеспечивает простоту и легкость понимания программ для разработчика и наладчика, что сокращает трудоемкость и сроки разработки, увеличивает надежность ПО. Непроцедурное программирование одна из наиболее быстро развивающихся областей системного программирования, но в отличие от перечисленных выше эта технология пока еще не освоена в большинстве ПТК. *В "САРГОН" непроцедурный язык программирования активно используется с версии 3.0 (1993 г.).*

СИСТЕМНОЕ ПО ПТК "САРГОН"

Операционные системы (далее ОС) предназначены для управления аппаратными средствами вычислительного узла с помощью базового комплекса программ, обеспечивающих работы с файлами, ввод и вывод данных, контроль времени, а также выполнения прикладных программ и утилит.

При разработке ПТК "САРГОН" было принято решение об использовании максимально распространенных операционных систем из имеющих необходимые показатели надежности работы. Начиная с версии 5.0, в качестве таковых были выбраны ОС на платформе Win32 – семейство Windows NT/2000/XP/2007 для компьютеров, Widows Server 2000/2003/2008 для серверов и Windows CE 5/6 для контроллеров. Единая программная платформа операционных систем облегчает совместимость всех программных средств ПТК, а широкая распространенность ОС обеспечивает простоту эксплуатации ПТК и обучения персонала заказчика. При этом для компьютеров и серверов используется стандартная конфигурация ОС (необходима только настройка оперативных АРМ для работы в режиме реального времени), а для контроллеров своя сборка ОС формируется для каждого типа контроллера.

ФИРМЕННОЕ ПО ПТК "САРГОН"

Фирменное программное обеспечение (далее ФПО) предназначено для реализации в ПТК всех функций управления и обработки информации, требуемых от ПТК по стандарту [3].

Фирменным программным обеспечением, входящим в состав ПТК "САРГОН", являются:

- *системы реального времени TkA:*
  - система реального времени для АРМ операторов, инженеров и руководителей предприятия с графическим интерфейсом TkA6w;
  - система реального времени для микропроцессорных контроллеров TkA6ce;
- *средства разработки:*
  - система технологического программирования TkAprog;
  - система автоматического конфигурирования TkAconf;
  - графический конфигуратор мнемосхем TkAdraw;
  - редактор палитр изображений PAlCreate;
  - формирователь отчетов TkAreport;

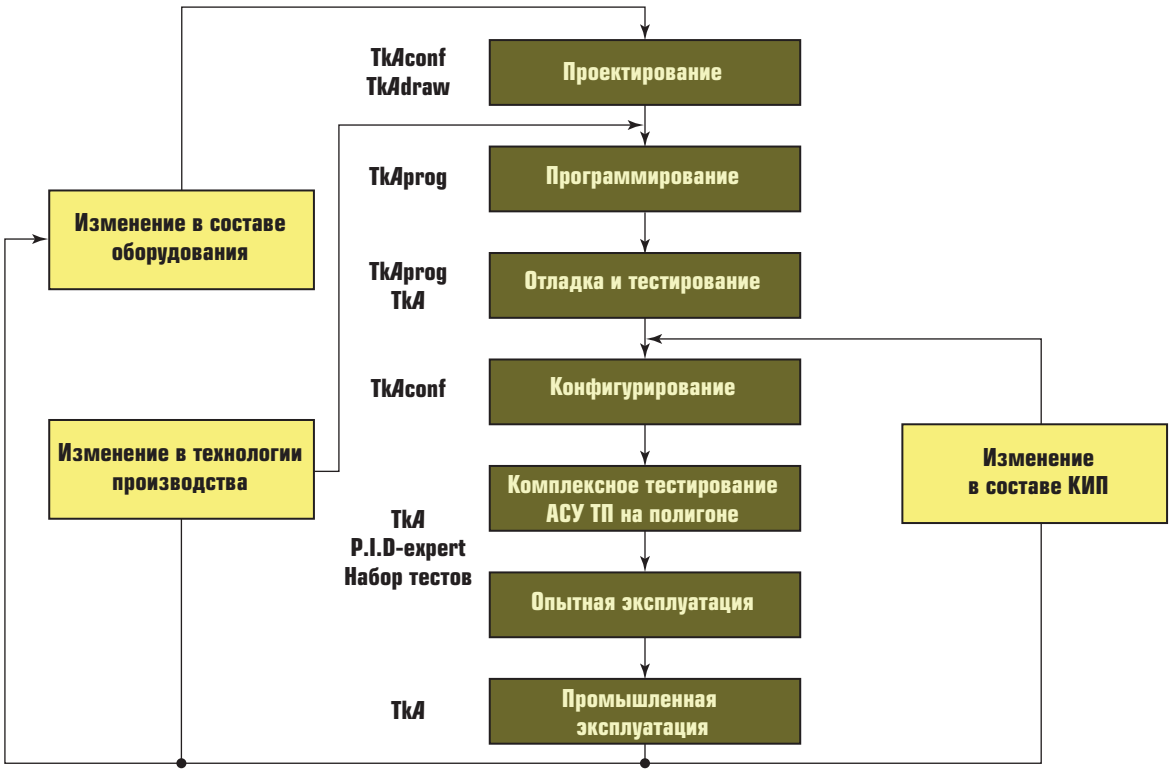


Рис. 1. Компоненты "САРГОН" в цикле жизни АСУ ТП

– библиотека типовых функциональных блоков (звеньев) (PID-регулятор, интегратор, дифференциатор и т.п.);
– объектная библиотека базовых терминальных моделей (исполнительные устройства, аналоговый и дискретный параметры);
– объектная библиотека моделей, ориентированная на определенный тип объектов управления (котел, турбоустановка, химводоочистка, энергоблок и т.п).

- *средства тестирования:*
  – встроенные в систему реального времени TkA6w;
  – комплекс тестирования контроллеров и контроллерных сетей "MFC_TEST";
  – система инженерного сопровождения "P.I.D.-expert" (разработка ООО "НПО Техноконт").

Рис. 1 отображает цикл жизни АСУ ТП и местоположение компонентов ФПО в этом цикле.

СИСТЕМА РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ TkA6

Программная совместимость всех вычислительных узлов ПТК "САРГОН", обеспечиваемая системным ПО комплекса, позволила создать универсальную исполнительную систему реального времени, устанавливаемую на все контроллеры и компьютеры ПТК. Реализуя "виртуальную вычислительную машину САРГОН", система реального времени TkA обеспечивает выполнение всех системных функций прикладного уровня и пользовательских технологических программ. Система имеет микроядерную многоуровневую архитектуру (рис. 2).

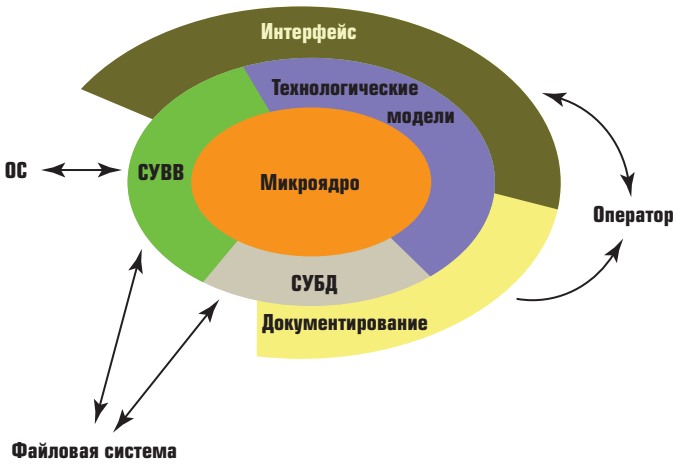


Рис. 2. Структура системы реального времени TkA

Модификация АРМ оператора отличается от контроллерной наличием верхнего уровня, включающего графический интерфейс и систему документирования. При этом контроллерная модификация Tk*A* обеспечивает реализацию всех функций исполнительного модуля классической SoftLogic-системы, а модификация АРМ – и SoftLogic, и SCADA-системы одновременно.

Система реального времени Tk*A* обеспечивает выполнение всех функций в соответствии с общими техническими требованиями к ПТК [3].

Информационные функции:

- автоматический контроль и отображение информации в виде мнемосхем, графиков (трендов), диаграмм, таблиц, объектных окон на экране компьютера;
- предупредительная и аварийная сигнализация: индивидуальная и групповая;
- постоянное архивирование данных о состоянии объекта и системы;
- расчет и накопление статистик: средних и суммарных показателей;
- регистрация событий, включая аварийные события и действия оператора;
- регистрация аварийных ситуаций (РАС);
- анализ действия защит (АДЗ);
- анализ истории технологического процесса, формирование отчетов и распечатка их по вызову;
- выполнение сложных расчетных функций, включая расчеты ТЭП и расчет расходов по формулам ГОСТ 8.563.2-97;
- диагностика процесса и оборудования, идентификация состояния элементов объекта и системы.

Управляющие функции:

- дистанционное управление арматурой и вспомогательным оборудованием;
- реализация технологических защит;
- реализация технологических блокировок, включая АВР;
- функционально-групповое (программно-логическое) управление, автоматизированный пуск и останов в режиме управления или совета;
- автоматическое регулирование, включая реализацию быстродействующих регуляторов частоты и мощности энергоблоков;
- дистанционное и автоматическое программное управление работой регуляторов: изменение структуры и режима работы контуров, заданий и коэффициентов, автоматическая подстройка.

Сервисные функции:

- защита от попыток несанкционированного доступа к информации и управляющим функциям;
- диагностика технических и программных средств системы в реальном времени – контроль состояния и работоспособности сети, модулей УСО, контроллеров, компьютеров АРМ, каналов связи, баз данных;
- контроль состояний и значений любого набора параметров технологического процесса и системы;
- имитационный режим работы системы для визуальной отладки прикладных программ.

В Tk*A* также встроена возможность реализации дополнительных функций, описанных пользователем на встроенном непроцедурном языке или в режиме фоновой задачи.

К важным особенностям Tk*A* следует отнести:

- высокую эффективность выполнения технологических программ, значительно ослабляющую влияние ограничений по мощности контроллеров на структуру АСУ ТП и обеспечивающую обработку любых объемов информации, встречающихся на энергетических объектах;
- полноту набора функциональных возможностей АРМ оператора (от ввода/вывода с удаленных УСО до документирования);
- универсальную модель обработки и представления информации, основанную на непроцедурном языке технологического программирования.

Программное обеспечение сетевых каналов обмена данными

Распределенная структура системы увеличивает ее зависимость от работы сетевых каналов, что усиливает требования к надежности и производительности работы сети. В Tk*A* повышение эффективности сетевого обмена является предметом постоянного внимания – при появлении новых технических средств их поддержка оперативно включается в новые

версии ПО. Tk*A* обеспечивает эффективную работу в двух наиболее распространенных типах сетей: Ethernet и RS-485.

При включении в состав системы нескольких десятков контроллеров и значительной взаимосвязанности управляемых ими участков технологического процесса интенсивность сетевого обмена может превысить возможности даже сети Fast Ethernet, поэтому для обеспечения скорости реакции системы в соответствии с [3] и [4] в ПТК "С*А*РГОН" используются сетевые протоколы с расширенными возможностями передачи данных [5], включая групповые имена и многоуровневую адресацию узлов сети. Специальная поддержка предусмотрена также для резервирования сети – оба канала Ethernet контроллера (основной и резервный) постоянно находятся в работе, при прохождении сообщения по любому из них оно будет обработано, а при многократном расхождении в сообщениях по каналам диагностируется необходимость проведения восстановительных работ.

Для достижения высоких скоростей обмена по каналам RS-485 (со временем опроса менее 5 мс/модуль) порты интерфейсов также должны обслуживаться эффективными программными драйверами [6]. В Tk*A* реализован целый комплекс мер по повышению быстродействия последовательных интерфейсов:

- чтение/запись данных производится асинхронно с выполнением технологических программ – выполнение не приостанавливается до получения ответа на запрос;
- производится буферизация передаваемых данных;
- драйвер нескольких портов обслуживается отдельным потоком ОС, что обеспечивает устойчивость работы порта и не мешает работе других при сбоях;
- постоянно ведется диагностика работоспособности канала связи.

Программное обеспечение обмена по RS-485 рассчитано на одновременную обработку большого количества каналов ввода/вывода, что необходимо для резервирования каналов, повышения скорости опроса модулей и организации нескольких гальванически независимых ветвей сети.

СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ

Как уже указывалось, все средства разработки С*А*РГОН построены на единой реляционной базе данных, из которой в итоге генерируются документация и программные модули реального времени, загружаемые в контроллеры и компьютеры АРМ. Комплекс обеспечивает многопользовательский режим работы с базой данных, поддерживает отслеживание версий, экспорт/импорт данных и т.п.

*Система технологического программирования Tk*A*prog*

Предназначена для составления технологических программ и отладки алгоритмов функционирования типовых программных модулей.

Система технологического программирования выполняет следующие основные функции:

- создание и редактирование типовых алгоритмов объекта автоматизации любой сложности;
- создание и редактирование библиотеки типовых компонентов программной системы;
- автоматическая компиляция типового программного модуля с получением объектного файла для управления объектом автоматизации в режиме реального времени;
- контроль непротиворечивости и целостности информации обо всех типовых программных модулях проекта;
- автоматическое отслеживание изменений, вносимых в типовые модули и компоненты, во всех разделах проекта;
- выдача документации по проекту.

Tk*A*prog имеет следующие важные преимущества:

- разработка типовых алгоритмов производится по объектной технологии с минимизацией этапа программного кодирования и возможностью многократного использования типовых компонентов;
- используемый непроцедурный язык технологического программирования обеспечивает представление большей части программы в виде наборов диаграмм и таблиц, естественных для технологов-энергетиков;
- использование встроенного в фирменное ПО механизма диспетчеризации приоритетов команд, блокировок и запретов позволяет существенно упростить тексты программ путем явного указания приоритета для конкретного действия или ограничения;
- возможность использования готовых компонентов, реализованных на других языках.

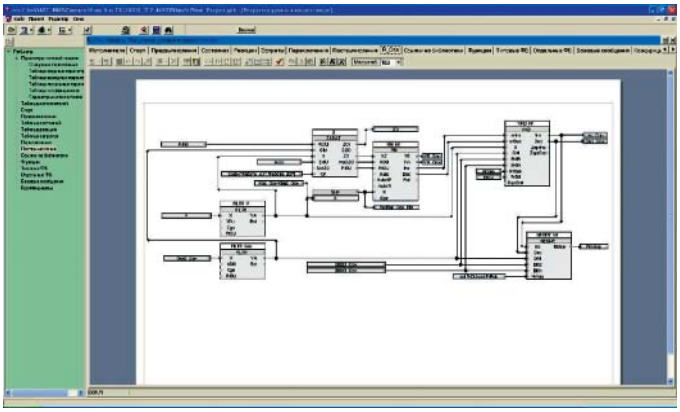


Рис. 3. Диаграмма регулятора уровня в конденсаторе турбины

Важным достоинством TkAprog является независимость технологических программ от распределения по контроллерам (особенно актуальная для распределенных систем), что позволяет создавать типовые программы для широкого класса объектов управления.

TkAprog комплектуется библиотеками двух типов: библиотекой типовых программных блоков (ПИД регулятор, линеаризация, фильтр, дифференциатор и т.п.) и библиотекой типовых программных объектов (задвижка, насос, аналоговый параметр и т.п.). Библиотека основных математических и строковых функций встроена в код TkAprog (рис. 3). Начиная с версии 6.0, в TkAprog реализована полная поддержка языков FBD и ST стандарта IEC-61131-3. Диаграммы и структурированные тексты эффективно интегрированы в структуры непроцедурного языка, но если кто-то из пользователей не желает воспользоваться его преимуществами, то он может написать весь программный модуль на стандартном FBD.

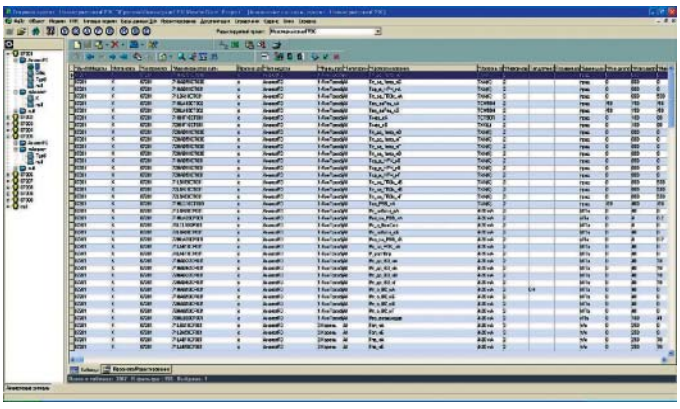


Рис. 4. Перечень аналоговых технологических параметров

Система автоматического конфигурирования TkAconf

Предназначена для создания и сопровождения проектов АСУ ТП, ведения описывающих их баз данных, автоматизации процесса проектирования и отслеживания изменений, вносимых в АСУ ТП в процессе наладки и эксплуатации.

Система автоматического конфигурирования выполняет следующие основные функции:

- создание и ведение единой базы данных проекта АСУ ТП;
- контроль непротиворечивости и целостности информации о проекте;
- автоматическое отслеживание изменений, вносимых в элементы, во всех разделах проекта;
- организация многопользовательского доступа к базе данных проекта с координацией действий пользователей;
- мультипроектная разработка с автоматизированным межпроектным копированием содержательно-связных блоков информации (проекта в целом, управления конкретным технологическим узлом, управления с конкретного контроллера и т.п.);
- создание и ведение общесистемных справочников, информация из которых может использоваться во всех проектах АСУ ТП;
- автоматизация процесса проектирования, включая автоматическую генерацию конфигураций ПО всех вычислительных узлов АСУ ТП;
- выдача документации по проекту привязки ПТК, генерации связей с графической САПР в части КИПиА.

Система автоматического конфигурирования имеет следующие важные достоинства (рис. 4):

- интуитивно-понятный современный интерфейс, удобный для пользователя, обеспечивает различные способы представления информации: плоский – в виде таблиц или иерархический – в виде “дерева”, в том числе построенного пользователем; поддерживаются разнообразные средства избирательного доступа (фильтрация и т.п.), хорошо отработанные в процессе 20-летнего развития системы;
- поддерживает одновременное открытие любого количества проектов;

- поддерживает объектный подход, что делает систему технологически-ориентированной;
- встроенные средства автоматизации типовых операций проектирования, групповой обработки данных и межпроектного копирования позволяют существенно повысить производительность труда разработчиков и интеллектуальную содержательность их труда.

При построении функционально-распределенной системы, когда количество контроллеров значительно возрастает (до нескольких десятков), обостряется проблема конфигурирования межконтроллерных связей. При технологически-обоснованном распределении сигналов и программ по контроллерам количество связей растет не квадратично (как при случайном распределении), но все же более чем линейно от числа вычислительных узлов. Решение проблемы требует включения в состав ПТК средств автоматизированного конфигурирования межконтроллерных связей, без чего трудоемкость разработки и наладки распределенной системы окажется существенно выше, чем сосредоточенной.

В ПО “САРГОН” включен набор средств для упрощения конфигурирования межконтроллерного обмена данными:

Согласование имен и общих адресов для данных из разных контроллеров производится в TkAconf автоматической процедурой генерации взаимно-согласованных конфигураций всех контроллеров проекта.

В системе реального времени активно используется динамическое связывание при загрузке программ и передача сообщений по именам объектов. Описание таких связей при разработке производится так, как будто объекты находятся в одном контроллере.

Система реального времени при загрузке обнаруживает потребность в данных с других контроллеров и автоматически конфигурирует соответствующие кадры обмена.

Графический конфигуратор мнемосхем TkAdraw

Предназначен для создания мнемосхем и типовых мнемоокон проекта, планирования размещения постоянных окон на экране монитора.

Графический конфигуратор мнемосхем TkAdraw выполняет следующие основные функции:

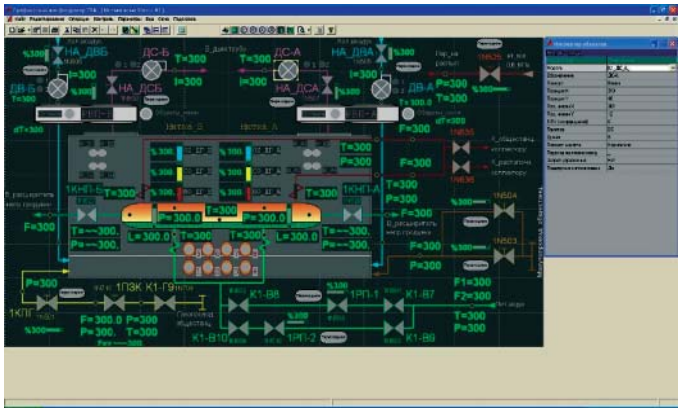


Рис. 5. Редактирование мнемосхемы парового котла

- создание мнемосхем и других постоянных мнемоокон проекта;
- планирование размещения постоянных окон на экране монитора;
- создание всплывающих объектных окон, конфигурируемых для класса, типа и конкретных объектов;
- динамизация элементов мнемосхемы путем связывания изображения элемента с соответствующим ему объектом базы данных проекта;
- автоматическая генерация выходных графических форм;
- анализ корректности мнемосхем проверки правильности ссылок на базу данных и другие мнемоокна;
- анализ полноты набора мнемосхем – формирования перечня технологических объектов базы данных, не отображенных ни на одной мнемосхеме проекта;
- выдача документации по проекту.

Графический конфигуратор мнемосхем TkAdraw имеет следующие достоинства (рис. 5):

- единообразный редактор графических мнемоокон различного типа: мнемосхем, титульного окна, окон индикаторов и главных параметров, объектных окон моделей и др.;
- встроенный планировщик размещения постоянных окон на экране, обеспечивающий удобство редактирования их размеров и взаимного расположения;
- возможность редактирования вида и содержания типовых всплывающих окон;
- возможность гибкой подстройки интерфейса под требования пользователя путем использования типовых элементов и библиотечных наборов типовых схем их изображения –

палитр (например, поменять цвета изображения “включенного” и “отключенного” Выключателя с красного на зеленый на всех мнемосхемах проекта можно путем изменения двух чисел в палитре Выключателя);
- возможность использования импортируемых изображений, в том числе трехмерных, и мультипликации.

Особенностью конфигуратора, особенно важной при создании распределенных систем, является независимость мнемосхем от размещения программных объектов по контроллерам. Например, при переключении шкафа удаленных модулей УСО на другой контроллер в мнемосхемы не придется вносить никаких изменений.

СРЕДСТВА НАСТРОЙКИ И ТЕСТИРОВАНИЯ

Программно-технический комплекс распределенной АСУ ТП энергоблока включает несколько сотен микропроцессорных устройств, объединенных многоуровневой вычислительной сетью. Наладка и обслуживание такой системы являются сложными инженерными задачами. Дополнительные трудности в распределенной системе создает размещение большинства шкафов ПТК в зонах, не обеспечивающих комфортных условий для сервисных работ.

Необходимой частью ПО современного ПТК является развитая сервисная система, обеспечивающая постоянный мониторинг состояния основных компонентов ПТК, их тестирование и настройку с АРМ инженера АСУ ТП.

В состав ПТК “СА́РГОН” включен целый комплекс средств оперативного контроля, наладки и тестирования ПТК:
- тестовые средства, встроенные в систему реального времени;
- комплекс глубокого тестирования аппаратных средств ПТК “СА́РГОН” (до модуля и канала ввода/вывода);
- специализированные средства наладки ответственных подсистем АСУ ТП (например, системы регулирования).

Более подробное рассмотрение средств настройки и тестирования – тема одной из следующих статей о ПТК “СА́РГОН”.

ВЫВОДЫ

Программное обеспечение является важнейшей частью современного ПТК.

Создание распределенных систем ответственного управления требует соответствующей поддержки со стороны программного комплекса.

Сочетание в ПО “СА́РГОН” современных технологий системного программирования с многолетним опытом применения комплекса обеспечило полноту, гибкость и эффективность его использования в АСУ ТП ответственных производств.

Список литературы

1. *Менделевич В.А.* “СА́РГОН-6.5” – Торжество распределенных систем // Автоматизация и IT в энергетике 2010. № 3.
2. *Менделевич В.А., Волкова И.С.* Программно-технический комплекс “СА́РГОН-6” // Промышленные АСУ и контроллеры, 2003. № 11.
3. *РД 153-34.1-35.127-2002.* Общие требования к программно-техническим комплексам для АСУ ТП тепловых электростанций // СПО ОРГРЭС. 2002.
4. *РД 153-34.1-35.137-00.* Технические требования к подсистеме технологических защит, выполненных на базе микропроцессорной техники // СПО ОРГРЭС. 2000.
5. *Кауфман И.Х.* Исполнительная система реального времени TkА6.5 для распределенных АСУ ТП на базе ПТК “СА́РГОН” // Промышленные АСУ и контроллеры. 2009. № 3.
6. *Игнатьев А.С.* Создание распределенных систем управления на базе высокоскоростного последовательного интерфейса // Промышленные АСУ и контроллеры. 2008. № 12.

Менделевич Владимир Анатольевич *– канд. физ.-мат. наук, генеральный директор ЗАО “НВТ-Автоматика”.*
Телефон: (495) 361-23-34.
E-mail: mail@nvtav.ru

ГИБКОСТЬ, ЛЕГКОСТЬ ВВОДА ПЕРЕЧНЯ ПОЖЕЛАНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ HMI/OI

Рик ПЕДРАСА (Rick Pedraza) (CONTROL magazine)

Новейшие изделия в промышленной сводке новостей в области программного и технического обеспечения HMI включают модернизированные графические пользовательские интерфейсы, беспроводные клавиатуры и системы с благоприятной финансовой сметой.

Промышленные аналитики затратили массу времени, печатных материалов и HTML-файлов на освещение будущего продвинутых систем HMI, основанных на технологии www. «Мозговой трест» ARC Advisory Group рекламирует в качестве факторов, определяющих развитие, увеличение эффективности и производительности, интернет-технологию для распределенных инфраструктур, объединенных с производственными компанентами, использование беспроводных HMI- изделий и интеграцию их программного обеспечения в комплексные решения по автоматизации. Кроме того, существуют отрывочные небольшие сообщения от профессионалов по машинному управлению, например, из области обсуждения ими взглядов и восприятия машинных интерфейсов: «Каждый разработчик должен понимать, что интерфейс определяет то представление о машине, которое имеется у операторов», – говорит S. Muthuramalingam, менеджер по производству компании Frost & Sullivan. «Хотя существуют разработчики, которые рассматривают HMI в качестве всего лишь инструмента или необходимого условия для создания готового продукта как такового. Многие новые технологии с существенными преимуществами введены, чтобы сделать HMI центром всех операций по контролю и управлению». Его служащие, занимающиеся в Frost сложными математическими расчетами, искусственно поддерживают прирост доходов на этом рыночном сегменте на 5,8 % и надеются достигнуть 2.75 миллиарда долларов к 2011 г.

Между тем с 2007 г. поставщики продвигают системы более простого зрительного восприятия на основе более совершенных, четких, красочных дисплеев, с гибким программированием и монтажом, с хорошей связью через Ethernet, с более легкой конфигурацией, а также системы, изготовленные с учетом требований заказчика и допустимых материальных средств.

Без сомнения, на горизонте появляются еще более блестящие сетевые HMI системы, но большинство людей, занимающихся машинным управлением хотят знать об изделиях, выполненных достаточно просто, по средствам покупателю и которые могут быть запущены в работу прямо сейчас.

СВОДКА НОВОСТЕЙ ПО ИЗДЕЛИЯМ

Цветной сенсорный экран

Сенсорный экран GT32 TFT на 4096 цветов размером 5,5 дюйма (320×240 точек) имеет гнездо для платы SD (пересылки данных, сверхплотной упаковки, максимум 1 ГБайт), порты Ethernet и USB для связи и обновления/сохранения экранных данных. Он имеет встроенную сзади звуковую опцию. Также поставляется одноцветная модель с панелью 5,7 дюйма. *Panasonic Electric Works Corp. of America; www.pewa.panasonic.com/acsd*

Держите его чистым (пустым)

Промышленные плоские мониторы PHM имеют размеры 15 и 17 дюймов, для 15-дюймовой модели существует тонкопленочный дисплей из нержавеющей стали. Все модели имеют аналого-резистивный сенсорный экран и стандартный последовательный выход, со стандартным соединением с любыми PC посредством аналоговой системы RGB (*цветопередача красный-зеленый-синий*), и ввод через 15-штырьковый DSUB (RS-232, RS-422). Функция авто-восприятия энергии автоматически активизирует устройство, когда обнаруживается видео сигнал, и выключает его, когда видео сигнал отсутствует. *Parker Automation-CTC; www.parker.com*

Траектория миграции HMI

Изделие ioDisplay является HMI-приложением при создании и эксплуатации операторских интерфейсов для клиентов, работающих с Windows. Пользователи создают свои интерфейсы с оригинальными или заранее заданными символами, изображениями в формате JPEG (*графический формат с использованием сжатия*) и битмапок (*метод растрового отображения графики*). ioDisplay поддерживает сигнализацию и управление параметрами настройки регуляторов, эксплуатационную регистрацию, анализ тенденций в реальном времени и за прошедший период, мультимедийные средства и неограниченные дескрипторы. *Opto 22; www.opto22.com*

Улучшенная разработка и эксплуатация

Программное обеспечение Steeplechase VLC 7.0 включает Дерево связи (Connection Tree) и Редактор связи (Connection Editor), что упрощает описание схемы и устройств ввода/вывода и их обслуживание. Дерево связи обладает обратной совместимостью с более старыми версиями программ Steeplechase VLC Разработчик управления (Control Designer). Дерево связи позволяет пользователям добавлять и наглядно представлять описываемые интерфейсные платы, устройства и дескрипторы ввода/вывода. Иконки появляются в различных цветах, чтобы пользователи имели возможность с одного взгляда понять, конфигурируют ли они интерфейс или устройство. *Phoenix Contact; www.phoenixcon.com*

Компьютер с сенсорной панелью

Тонкий компьютер TPC-1261H имеет безвентиляторный процессор AMD GX3 LX800 на 500 МГц и тонкопленочный жидкокристаллический дисплей SGVA в 12, 1 дюйма с резистивной сенсорной панелью. Он включает память CompactFlash с опцией для добавления накопителя на жестком диске в 2,5 дюйма для дополнительной памяти. TPC-1261H имеет оперативную память до 1 ГБайт, один порт локальной сети 10/100BaseT, клавиатуру PS/2 и мышь, один параллельный и четыре последовательных порта, один порт USB 1.1 и поддерживает операционные системы Windows XP/CE.NET/XP Embedded. *Advantech; www.eautomationpro.com/us*

HMI с расширениями

К панелям управления CP69XX Economy предлагается расширение DVI/USB (*интерактивное цифровое видео/ универсальная последовательная шина*), которое позволяет устанавливать устройства на расстоянии до 50 м. Расширение DVI/USB передает графические сигналы непосредственно через кабель DVI (для передачи изображения) выше максимального расстояния в 50 м, тогда как сигнал USB для базовых входных устройств передается на кабель CAT 5, чтобы расширить 5-метровое ограничение USB до 50 м. *Beckhoff Automation; www.beckhoffautomation.com*

Простой и доступный

Одноцветный сенсорный экран HG1F в 4,6 дюйма может заменить кнопки, индикаторы и измерители. Он имеет разрешающую способность 300x100 пикселей и освещенность 500 кд/м^2 для визуализации в ярком свете. HMI поддерживает 16 одноцветных экранов и имеет настраиваемую контрастность. Глубина составляет 35,3 мм. *IDEC; www.idec.com/usa*

Выстоит на периферии

Серия промышленных сенсорных экранов HR предлагает технологию защищенных резистивных сенсорных экранов для трудных условий окружающей среды. Тонкая стеклянная пленка прикреплена к передней панели пользователя для обеспечения защиты от изнашивания поверхности, тогда как дополнительный слой задубленного покрытия создает защиту от резких фронтальных воздействий. Все модели HR полностью взаимозаменяемы с существующими моделями сенсорных экранов. *Christensen Display Products; www.christensendisplay.com*

Яркие цвета

Графические терминалы операторского интерфейса Silver Series Plus предлагают яркий цветной дисплей, расширенную связь и дополнительные функции. Доступны дисплеи в 8, 10 и 12 дюймов, операторские интерфейсы имеют порты USB, CompactFlash, Ethernet и связь с разнообразными PLC, использующими различные драйверы, через последовательные порты и порт Ethernet. *Maple Systems; www.maplesystems.com*

Удовлетворяют бюджет

Микрографические панели C-More применимы в моделях с сенсорными и несенсорными экранами. Одноцветный жидкокристаллический дисплей размером 3,1 дюйма обладает разрешающей способностью 128×64 пикселя. Имея память 768 КБайт, панели поддерживают

до 999 экранов, ограниченных только планируемым использованием памяти. HMI оборудован светодиодными лампами подсветки с пятью цветами, определяемыми пользователем. *AutomationDirect; www.automationdirect.com*

Информация по месту

Терминалы операторов Exter Pro+ помещают электронные инструкции к кончикам пальцев пользователей с помощью PDF-отображателя, который хранит документацию на плате памяти, вставленной в терминал оператора до доставки машины. Доступ конечного пользователя к информации осуществляется мгновенно. Документация может быть помещена на web-сайт, с которого она доступна для терминала оператора. *Beijer Electronics; www.beijerelectronics.com*

Инструмент программирования контроллеров

Контроллеры Wago-I/O-System имеют средство программирования Wago-I/O-Pro CAA, которое предлагает встроенный экранный редактор HMI. Редактор позволяет отображать данные программируемого контроллера на стандартном PC или другом оборудовании операторского интерфейса, предоставляя пользователю возможность создать прикладную задачу управления и HMI с использованием той же базы данных дескрипторов. *Wago; www.wago.us*

Всемирная стандартизация

Операторский интерфейс серии AGP3000, охватывающий мультимедийные средства и управление, ради мировой производственной стандартизации включает размеры экранов от 6 до 15 дюймов и модели монохромных, цветных жидкокристаллических и 65-килобайтных цветных тонкопленочных дисплеев. Имеются модели со множеством портов, поддерживающие одновременно протокол, мультимедийные средства с непосредственным видео и звуком и HMI с управлением через встроенную логику PLC. *Xycom Automation; www.xycom.com*

Открытые стандарты

Более 500 опций добавлено к расширенному комплекту V9 Genesis32 для приложений OPC, SNMP, работающих в сети HMI и SCADA, с обеспечением поддержки различных версий операционных систем Microsoft Windows. С помощью V9 пользователи подсоединяются к центральным источникам накопления данных, включая IT инфраструктуры, опрашиваемые посредством SNMP, инфрастуктуры заводских цехов, связанных через OPC, и базы данных предприятия через интеллектуальную информационную проходку в реальном времени. *Iconics; www.iconics.com*

Построитель GUI

Построитель GUI (графический пользовательский интерфейс) комбинируется с инструментарием программного обеспечения для работы в качестве генератора исходного кода, который управляет контроллером сенсорного экрана для различных прикладных задач HMI. Построитель GUI кодирует HMI и обеспечивает приближение к разрабатываемым меню по типу «то, что вы видите, есть то, что вы получаете» (WYSIWYG) путем размещения и группировки графиков и кнопок на дисплее контроллера. Пользователь может редактировать и проверять компоновки непосредственно на объектном оборудовании. *Mosaic Industries; www.mosaic-industries.com*

Расширяемые промышленные компьютеры

Промышленные компьютеры VersaView разработаны для применения в широком диапазоне окружающих условий – от чистой комнаты до условий в тяжелой промышленности, автомобильной, пищевой или горнодобывающей отраслях. Для них характерны емкостные сенсорные экраны, сертификация по Class I, Div. 2, процессоры Pentium 4, рассчитанные на длительную нагрузку драйверы жестких дисков и твердотельные драйверы для решения критических задач. *Rockwell Automation; www.ab.com/versaview.com*

Миграция от традиционных систем

Рабочая станция с операторским интерфейсом Stingray использует для быстрой установки и более легкой модернизации устройство, состоящее из трех модулей. Оно включает центральный процессор, систему питания и дисплейный блок, которые можно сконфигурировать как законченную систему. Компоненты можно заменять или модернизировать, когда это необходимо. Оно имеет 15-дюймовый дисплей со входом VGA или 15-дюймовый дисплей с присоединенным процессором Intel Pentium M на 1,8 ГГц. *Kontron America; www.us.kontron.com*

HMI среднего класса

Семейство аналоговых сенсорных экранов HMi с программируемыми функциональными кнопками заполняет брешь между iePro PanelMate для прикладных задач высокого класса и графическими панелями ELC для базового машинного мониторинга. Гнездо для расширительных модулей и последовательные порты обеспечивают связь с Ethernet или с модулями ввода/вывода и коммуникацию с более чем 20 брендами PLC. 4-дюймовая модель поставляется в голубом стиле или с серой шкалой, в 6-дюймовую добавлена цветная опция, а 8 и 10-дюймовые модели имеют тонкопленочные цветные экраны. *Eaton Electrical; www.eatonelectrical.com*

Гибкий машинный монтаж

Модульность операторской панели Automation Panel 800 дает возможность наиболее удобно с эргономической точки зрения выполнить расположение монтажных компонентов на машине. Панель имеет 15-дюймовый сенсорный экран XGA, индивидуальные расширения для функциональных клавиш, электромеханических реле и функций аварийного останова. Панель защищена от разбрызгиваемой воды и удовлетворяет защите IP65. *B&R Industrial Automation; www.br-automation.com*

Подсвечивать?

Светящиеся и несветящиеся нажимные кнопки, селекторные переключатели и аварийные ограничители обеспечивают безопасное прерывание цепей и длительную наработку на отказ. Световые индикаторы для 22-мм линии IEC (МЭК) и модульные контрольные лампочки каталогизированы лабораторией по технике безопасности (США), паспортизированы по Type 4/4X и каталогизированы для приложений Type 1, 2, 3, 3R, 12, 13 и IP65. *c3controls; www.c3controls.com*

HMI, изготовляемый по заказу

В программном обеспечении Web Studio HMI/SCADA пользователи могут заказывать экраны HMI, применяя символы, используемые для автоматизации и управления процессами. Чтобы добавить символ на экран HMI, проектировщики могут перетащить и оставить символ на палитре разработки, подогнать по размеру графический знак и связать его с локальной базой данных, задав дескриптор или переменную для него. *InduSoft; www.indusoft*

Согласованное техническое и программное обеспечение

Терминал с сенсорным экраном QTerm-G70 имеет графический жидкокристаллический дисплей 320x240 с подсветкой, 100BaseT Ethernet с поддержкой протоколов TCP/IP и последовательный интерфейс EIA-232/422/485. Имеющий класс NEMA4 и сертифицированный по CE, он использует объектно-ориентированный язык программирования графических терминалов Qlarity для интерфейсов простых панелей управления или для законченных автономных прикладных задач. *QSI; www.qsicorp.com*

Быстро создать графику

Графическая среда разработки QuickBuilder для контроллеров Model 5300 используется в прикладных задачах для конфигурирования, программирования, контроля и обнаружения неисправностей. В ее составе имеется графическое составление блок-схем, QuickStep 4 для программирования логических шагов на языке базовых состояний QuickStep, управляющий библиотекой, а также управляющий ресурсами для информации в реальном времени по всем физическим и логическим ресурсам контроллеров. *Control Technology Corp.; www.ctc-control.com*

Удачная интеграция с третьей стороной

Программное обеспечение для автоматизации iFix 4.0 имеет расширяемую архитектуру, которая управляет конфигурацией PLC и дескрипторами. Возможности конфигурации поддерживают сети Siemens S7 PLC, Allen-Bradley PLC и другие средства OPC. Пользователи могут практически работать с деталями дескрипторов, мгновенными отклонениями переменных, видеть данные по предприятию через портальные дисплеи, назначенные главными узлами, и обеспечивать возможность связи маломощных сетевых терминалов (тонких клиентов) с узлами SCADA через сервисы терминалов. *GE Fanuc; www.gefanuc.com*

Инструменты для самостоятельного расширения HMI

Инструментарий разработчика помогает использовать для человеко-машинных интерфейсов машинного оборудования самые последние технологии Microsoft .NET, посредством двух компонентов с 100% управляемыми кодами, которые вставляются в Visual Studio 2003 и 2005. Компоненты инструментария .NET обеспечивают более 50 различных

компонентов пользовательских интерфейсов, включая измерительные приборы, счетчики, движки, переключатели и графики трендов. *Software Toolbox; www.softwaretoolbox.com*

Конфигуратор передает параметры настройки

Конфигуратор WatView подсоединяет один или несколько регуляторов, оборудованных последовательной связью, к PC, работающему под управлением Windows. Он включает построитель шаблонов для параметров настройки и редактор параметров настройки, что позволяет пользователям хранить массивы параметров, затем пересылать их к одному или нескольким контроллерам. Программа может поддерживать/передавать параметры настройки между различными регуляторами и запоминать неограниченное количество совокупностей параметров на PC. *Watlow; www.watlow.com*

Панельный PC компонует HMI с аппаратурой

PPC-2015, представляющий собой PC с 15-дюймовой цветовой панелью, резистивным сенсорным экраном, и процессор Pentium 4 на 2,0 ГГц, работает под управлением Windows XP с жестким диском на 40 ГБайт. Он обеспечивает вполне функциональный HMI для всех технических средств NI PAC через порт Ethernet и предлагает пять портов USB и два гнезда PCI для связи с панелями сбора данных, базирующихся на PCI, или с внешними модулями сбора данных, базирующихся на USB. *National Instruments; www.ni.com*

Тонкий PC расширяет память и использование сети

Устройство Simatic Panel PC577 оборудовано процессором Pentium 4 на 2,4 ГГц с памятью, которую можно расширить до 3 ГБайт. Порт USB 2.0 для быстрого запоминания данных объединен с передней стороной устройства. Два порта Ethernet, три порта USB 2.0, один порт COM1, один порт VGA и связь MPI/Profibus объединены в одно целое с устройством. Глубина установки в 75 мм делает его использование удобным в случаях, когда пространство очень ценится. *Siemens E&A; www.usa.siemens.com*

Компактные HMI предлагают множество интерфейсов

Компактные HMI серии IndraControl VCP выпускаются с экранами от 3-дюймовых монохромных до 5, 7-дюймовых цветовых сенсорных. Терминалы обеспечивают гибкую и открытую связь благодаря множеству доступных интерфейсов, включая последовательный, Ethernet, Profibus, Interbus и DeviceNet. Программирование осуществляется с помощью пакета VI-Composer, работающего с Windows. *Bosch Rexroth; www.boschrexroth-us.com*

Управление и визуализация в одном корпусе

Устройство EZTouch объединяет управление и визуализацию в одном корпусе, имеет графический дисплей сенсорного типа, выпускается в широком диапазоне моделей, от малых (экран 4 дюйма) до средних (15 дюймов). Всем моделям присущи общие функции и общий язык программирования. Система содержит базу микромодульных PLC на 32 или 64 точки ввода/вывода. Опции интегрированных модулей EZI/O включают модули аналогового ввода/вывода, быстродействующих счетчиков, реле и комбинированные модули переменного/постоянного тока. Связь с Ethernet TCP/IP, Profibus и Devicenet позволяет пользователю обращаться к удаленным устройствам ввода/вывода и подсоединяться к любым устройствам цехового уровня. *AVG; www.avg.net*

Поддерживайте интеллектуальный контакт

Программное обеспечение InTouch 9.5 HMI поддерживает технику сигнализации с развитой логикой, динамичное дистанционное управление, оперативное переключение языков и виртуально неограниченную расширяемость. Структура ArchestrA дает возможность многократного распределенного использования разработок при централизованном вводе в действие и эксплуатации. SmartSymbols интегрирует объектно-ориентированную технологию с графикой и преобразует результаты в шаблоны, пригодные для многократного использования. *Invensys; www.wonderware.com*

Текстовая/графическая панель держит связь

Текстовая/графическая панель G303 имеет пять портов последовательной связи, которые взаимодействуют с большинством PLC, контроллерами движения и ПИД регуляторами. Она имеет порт 10/100BaseT Ethernet для дистанционной связи и сетевой диагностики. Базы данных по составу оборудования загружаются посредством программируе-

мого порта RS-232 или порта USB. *Red Lion; www.g3panels.com*

Что-то для каждого

Модели HMI имеют диапазон от малофункциональных устройств до высококлассных с широким диапазоном функций. Модель CTM-150 предлагает базовый 16-символьный текстовый дисплей, промышленную клавиатуру оператора и базовую возможность соединений через RS-232. Модель высокого уровня LANpointXL предлагает полноэкранную цветовую графику с сенсорным экраном для вводов. Она обладает возможностями проводной или беспроводной Ethernet связи наряду со стандартной последовательной связью и соответствует спецификации NEMA4 касательно окружающей среды. *Intelligent Instrumentation; www.instrument.com*

В ярком свете

Жидкокристаллический монитор StealthVU SV-1700-HB работает при окружающем свете с разрешающей способностью до 1280×1024 пикселей. 17-дюймовый дисплей имеет номинальное значение яркости 1300 нит и соответствует стандартам NEMA 4/IP66 для применения в помещении и на открытом воздухе. Благодаря реализации в устройстве принципа «включай и работай» не требуется видеодрайверов или специальных интерфейсных плат. По заказу сенсорные экраны поставляются резистивного или емкостного типа, выполненными по технологии поверхностной акустической волны. *Stealth Computer; www.stealthcomputer.com*

Не слишком тонкий

Тонкий клиент Magelis Smart iPC для структур с Ethernet имеет глубину 67 мм и может быть связан с программным обеспечением Telemecanique Vijeo Look SCADA для создания HMI. Он работает с сетевым дисплеем компании Transparent Ready для визуализации данных, использующих web-браузер, и прикладными микропрограммами для мониторинга данных реального времени. *Schneider Electric; www.us.schneider-electric.com*

Защита мобильной панели

Устройство Simatic Mobile Panel 277 обеспечивает защиту по IP65, прочную конструкцию, 8-дюймовый тонкопленочный сенсорный экран с 65536 цветами и 18 светодиодных мембранных клавиш. Для прикладных задач, связанных с безопасностью, запатентованная система автоматически блокирует аварийную цепь. Кроме того, функция выявления общей точки соединения устанавливает принадлежность операторских дисплеев к конкретным производственным местам. *Siemens Energy & Automation; www.sea.siemens.com*

Трехэтапная конфигурация

Панельные промышленные компьютеры Fx Series используют трехэтапную конфигурацию. Пользователи сначала выбирают из различных дисплеев операторский интерфейс передней панели по размерам, косметическим панелям и опциям сенсорного экрана. На втором этапе пользователи выбирают промышленное шасси, требующееся для прикладной задачи. На третьем этапе пользователи конфигурируют свою систему с разнообразными вариантами процессора, операционной системы, памяти и средств хранения информации. *Dynics-Ann Arbor Technologies; www.dynics.com*

Решение для программируемого HMI

Программируемый индикатор/контроллер HMI 8201iTM позволяет пользователям автоматизировать выбор формул, групповой пуск, повторный вызов или любые часто использующиеся приемы, выполняемые нажатием клавиш. Программное обеспечение PC является стандартным. Используемые графические блок-схемы устраняют необходимость генерации сложных кодов. *Rice Lake Weighing Systems; www.ricelake.com*

Не больше, чем ручной плоский чемоданчик

Портативный компьютер Model FLP-200 оснащен процессором Core Duo на базе Intel T2500 мощностью 2 ГГц, имеющим поддержку памяти минимум 512 МБайт (расширяется до 2 ГБайт). Типичными прикладными задачами являются тестирование, регистрация данных и видеозапись в условиях заводских цехов. *ACME Portable Machines; www.acmeportable.com*

Статья опубликована в Control magazine, печатается по разрешению http://www.controlglobal.com и подготовлена к печати В.С. Шерманом.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭНЕРГЕТИКИ КОМПАНИИ "МОДУС"

19-*23 октября 2010 г.* состоится ежегодный семинар "Применение в энергетике программных продуктов компании МОДУС".

На семинаре будут рассматриваться вопросы использования программных продуктов:

- *тренажер по оперативным переключениям* для персонала энергетических объектов;
- *графический редактор*;
- *ПО ведения мнемосхемы и электронного журнала диспетчера*;
- программный комплекс Модус как *платформа разработки приложений* для электроэнергетики с использованием схемной графики;
- *программное решение для отображения и ведения мнемосхемы с использованием экрана коллективного пользования*.

На семинар приглашаются руководители и специалисты диспетчерских служб энергопредприятий и энергетических служб промышленных предприятий, ответственные за обучение оперативного и диспетчерского персонала, представители учебных центров, специалисты по информационным технологиям в энергетике, разработчики ПО для энергетики.

Стоимость участия в семинаре (регистрационный взнос для одного человека) составляет *13 570 рублей, включая НДС (18 %)*. Оплата регистрационного взноса обеспечивает: участие в работе семинара; резервирование мест в гостинице для иногородних участников; питание (обед) в дни работы семинара, кофе-брейки; участие в мероприятиях культурной программы.

Место проведения семинара – конференц-зал гостиницы физкультурно-оздоровительного комплекса при ФЕДЕРАЛЬНОМ АГЕНТСТВЕ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ И СПОРТУ.

Телефон/факс: (495) 642-89-62, (499) 267-79-59, контактное лицо: Чунина Юлия, e-mail: modus@swman.ru

В заявке укажите: название организации, юридический и почтовый адрес организации, контактный телефон/факс, e-mail, Ф.И.О. сотрудника, уполномоченного вести переговоры по вопросу участия, Ф.И.О. (полностью), должности предполагаемых участников, количество мест, которое необходимо зарезервировать в гостинице, тип номера, дату приезда и отъезда.

Тематика семинара

Компания "МОДУС" представляет программный комплекс версии 5.10. По сравнению с версией 5.0, в которой были усовершенствованы технологии моделирования в Тренажере, в версии 5.10 продолжается развитие этого направления и в Графической системе. Добавлена возможность ввода паспортных данных непосредственно в Графическом редакторе; ведется разработка модели режима; усовершенствованы возможности настройки параметров отображения; введены новые элементы для компактного представления подстанций; использованы приемы ситуационно-динамического отображения схем. Появилась возможность делать сложные макеты, состоящие из нескольких документов (файлов), связанных общей электрической моделью. В составе тренажера представлены типовые курсы упражнений "Тренэнерго" (Энергосистема Тренэнерго 110-35 кВ), "ТЭЦ-1Б" (Блочная ТЭЦ с поперечными связями), Распредсети 10 кВ.

Общие изменения в версии 5.10

- Новый диалог поиска. Увеличено число критериев поиска.
- Быстрый поиск по схеме с панели инструментов в приложениях.
- Возможность поиска по файлам (папкам).

Тренажер по оперативным переключениям. Версия 5.1 Тренажера по оперативным переключениям продолжает развитие нового поколения программ-тренажеров. Тренажер представляет собой программное обеспечение, предназначенное для обучения персонала энергетических объектов порядку проведения коммутаций в электрических схемах энергети-

ческих объектов любого уровня – от городских и распределительных сетей до электростанций и энергосистем.

Новое в версии 5.10 – введены таймеры, позволяющие выполнять одно или несколько действий через заданный промежуток времени после наступления некоторого события, например, начала тренировки.

- *Типовые макеты:* Тренэнерго (Энергосистема Тренэнерго 110-35 кВ), ТЭЦ-1Б (Блочная ТЭЦ с поперечными связями), Распредсети 10 кВ, новый интерфейс в стиле Microsoft Office 2007.
- *Пассивная модель*. Добавлена возможность создания "пассивных" контейнеров с точки зрения электрической модели. Автоматическое построение связанных с моделью защит органов управления (типа "Автоматика"). Существенно улучшена скорость работы моделей на макетах с большим количеством привязанных приборов, зависящих от нагрузки. Модель количественного расчета установившегося режима.

Тренажер можно использовать для самоподготовки, аттестации персонала различного уровня, для проведения соревнований оперативного персонала, подготовки к проведению реальных сложных переключений, на собеседовании при приеме на работу. Тренажер прошел *сертификацию* в Департаменте Генеральной инспекции по эксплуатации электрических станций и сетей РАО ЕЭС России в соответствии с "Нормами годности программных средств подготовки персонала энергетики". Имеется свидетельство Роспатента на регистрацию программного обеспечения. В комплект поставки тренажера входят все необходимые средства для подготовки задач по имеющимся у заказчика схемам и бланкам переключений силами заказчика, а также ряд упражнений, разработанных для сетей 35-110 кВ, ТЭЦ и распредсетей 6-10 кВ, для проведения соревнований. Слушатели познакомятся с *сетевой* версией тренажера, которая может использоваться как *"Тренажерный класс"* (для проведения группового обучения) и как *"Дистанционный монитор"* (для коллективных тренировок и проведения соревнований).

Графическая подсистема входит в состав комплекса, может поставляться и как отдельный программный продукт. Она предоставляет широкие возможности для изображения и распечатки схем энергосистем, основных сетей, распредсетей, схем РЗА, позволяет организовывать многоуровневые альбомы схем. Большим спросом пользуется поставка графических модулей Модус разработчикам программного обеспечения для встраивания в их собственных приложениях.

Новое в версии 5.10

Программное решение для отображения мнемосхемы с использованием ЭКП. Компанией МОДУС разработано программное обеспечение для *отображения и ведения мнемосхемы* на экране коллективного пользования, впервые опробованное в тренажерном классе МосРДУ. Система обеспечивает отображение текущего состояния схем на экране коллективного пользования разрешением 4096×2304 и более, ведение главной схемы энергосистемы и подробных схем энергообъектов. Будут рассмотрены варианты использования ПО на различных средствах отображения.

Платформа интеграции. Будет рассмотрена возможность интеграции комплекса Модус с программными продуктами, внедренными на предприятии. На семинаре можно ознакомиться со всеми предлагаемыми программными средствами, апробировать их и получить рекомендации по комплектации поставляемого ПО. Рекомендуем иметь с собой схемы и бланки переключений Вашего предприятия с целью оценки возможности применения программ с учетом специфики Вашего предприятия. Демоверсия программных продуктов рассылается на CD-ROM бесплатно. Для ее получения присылайте заявку с указанием e-mail, почтового адреса, фамилии и должности получателя. Демо-версии можно скачать с сайта http://www.swman.ru. На семинаре демоверсия будет выдана всем участникам. Надеемся на скорое личное знакомство и долгое сотрудничество!

Телефон/факс: (495) 642-89-62, (499) 267-79-59.
105064 Москва, ул. Казакова, д.25, стр.4, офис № 5 (м. Курская).
E-mail: modus@swman.ru, julia@swman.ru
http://www.swman.ru

НОВАЯ КНИГА ПО СИСТЕМАМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

В апреле 2010 в Москве состоялась презентация книги Сергея Зыля ***“Проектирование, разработка и анализ программного обеспечения систем реального времени”.***

В книге рассмотрены фундаментальные теоретические концепции систем реального времени, принципы обеспечения функциональной и информационной безопасности; подходы к разработке приложений на основе языка визуального моделирования UML, проблема верификации программного обеспечения, относящегося к категории “Safety Critical”.

Автор представил описание назначения и функциональных возможностей популярных программных платформ для построения систем реального времени, показал возможности и особенности применения типовых инструментальных средств на примере конкретных прикладных задач.

Приложение к книге – компакт-диск, содержащий оценочные версии программ, используемые для практических упражнений (QNX SDP, aicas JamaicaVM, а также MinGW).

“Спустя семь лет после выхода в свет моей первой книги, посвященной QNX Neutrino, многие из прежних моих слушателей и читателей знают и умеют применять механизмы этой ОС РВ гораздо лучше меня. Поэтому я с радостью смог позволить себе рассмотреть проблематику создания компьютерных систем реального времени, если так можно выразиться, с высоты “птичьего полета”, – рассказывает Сергей Зыль. – На мой взгляд, главное отличие этой книги от предыдущих заключается в том, что в ней, обсуждая тот или иной программный механизм или инструмент, я старался отвечать не на вопрос “как он работает?”, а на вопрос “зачем он создан?”.

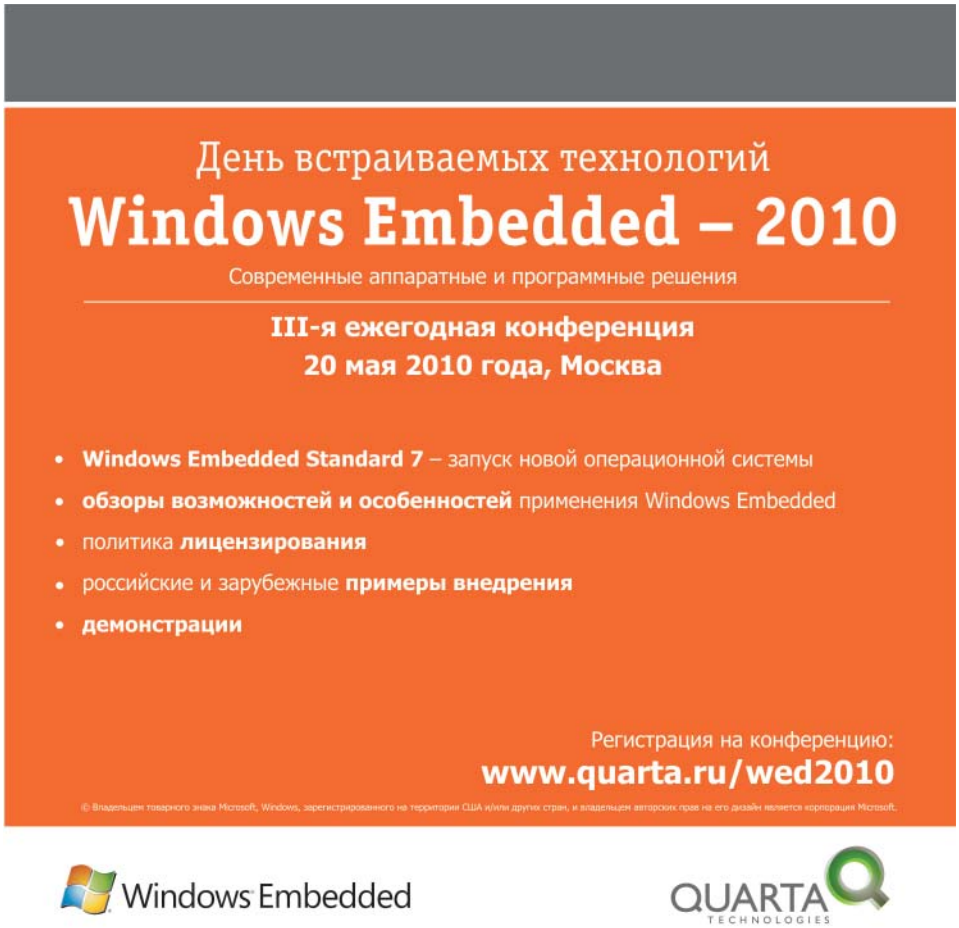
Сергей Николаевич Зыль – к.т.н., технический директор компании “СВД Встраиваемые Системы” – ранее работал в НИИ, специализирующемся на технологиях жесткого реального времени, являлся руководителем и преподавателем Учебного центра SWD Software. Автор книг, посвященных технологиям QNX:

“Операционная система реального времени QNX: от теории к практике” (2 издания).

“QNX Momentics: основы применения”.

Компания “СВД Встраиваемые Системы”: разработчик и поставщик решений на базе защищенной операционной системы реального времени. Основные направления деятельности компании – обеспечение предприятий ВПК и предприятий, ориентированных на отечественные программно-аппаратные решения, с программным обеспечением, удовлетворяющим требованиям безопасности и надежности. Компания ведет разработку системного ПО, выполняет заказные разработки ПО, обеспечивает полный цикл поддержки поставляемого и разрабатываемого ПО, включая обучение, консультации и участие в НИОКР. Деятельность предприятия регламентирована российскими лицензиями и сертификатами.

http://www.kpda.ru



VI МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ «ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ»

На VI Международной научно-технической конференции "Энергосбережение в электроэнергетике и промышленности", организованной Международной Ассоциацией по высоковольтному оборудованию ТРАВЭК 17-18 марта 2010 г., рассматривались разработки в области энергосбережения для передачи, распределения и потребления электрической энергии, новые виды энергоэффективного электротехнического оборудования, научно-исследовательские разработки и перспективы развития компаний-производителей электротехнического оборудования.

В работе конференции приняли участие специалисты НИИ, производственных предприятий и компаний России, Украины, Республики Беларусь, Республики Молдова, Германии, Китая, Тайваня, Нидерландов. Россию на конференции представляли Москва, Санкт-Петербург, Екатеринбург, Тольятти, Барнаул, Аша, Липецк, Нижний Новгород, Казань. На конференции было заслушано 42 доклада.

КОНФЕРЕНЦИЯ ОТМЕТИЛА

1. Актуальность решения вопросов по энергосбережению в электроэнергетике и промышленности. Решение проблемы энергосбережения и энергобезопасности в электроэнергетике включает решение 2-х задач.

Первая задача. Обеспечение энергобезопасности и энергосбережения при развитии электроэнергетических систем и применении новых технологий и оборудования при генерировании, передаче, распределении и потреблении электрической энергии. Отмечена необходимость приоритетного развития для России атомной энергетики, возобновляемых источников энергии (гидроэнергостанции, малые ГЭС, приливные электростанции, ветроэнергетические установки), парогазовых и газотурбинных установок. Энергоемкость ВВП в России в 3 раза выше, чем в странах Западной Европы и в 2 раза выше, чем в США. Требуется замена технологий и изношенного технологического оборудования промышленных предприятий. Реализация проектов по обеспечению энергобезопасности и энергосбережения при развитии электроэнергетических систем, применении новых технологий и технологического оборудования требует разработок государственных программ и законодательной базы.

Вторая задача. Обеспечение энергосбережения и энергобезопасности в существующей электроэнергетической системе.

2. При внедрении энергосберегающих технологий и оборудования может быть получено следующее снижение потерь электрической энергии:

- применение частотно-регулируемых приводов – до 10 % от установленной генерирующей мощности (20 ГВт, 100 млрд кВт·ч/год);
- снижение потерь электрической энергии в сетях – до 5 % (10 ГВт, 50 млрд кВт·ч/год);
- при использовании энергосберегающих световых приборов – до 5 % (10 ГВт, 50 млрд кВт·ч/год);
- в силовых трансформаторах – до 0,3 % (0,6 ГВт, 3 млрд кВт·ч/год);
- в распределительных трансформаторах при применении магнитопроводов из аморфной стали – до 1 % (2 ГВт, 10 млрд кВт·ч/год).

3. Энергосберегающие технологии и оборудование для энергетики и промышленности сегодня разработаны и предлагаются как отечественными, так и зарубежными производителями. Внедрение энергосберегающих технологий сдерживается отсутствием соответствующей законодательной базы: отсутствуют законодательная база по оплате за потребление (выдачу) реактивной мощности и регламентирующие документы по применению частотно-регулируемых приводов.

4. В ОАО "ФСК ЕЭС" России и ОАО "МРСК" отсутствуют программы энергосбережения, направленные на снижение потерь и повышение качества электрической энергии в электрических сетях.

5. Испытательные Центры предприятий РФ не обеспечивают полномасштабных типовых испытаний коммутационной аппаратуры и испытаний на электродинамическую стойкость трансформаторов.

6. Требуется пересмотр и совершенствование национальных стандартов в области высоковольтного и сильноточного электротехнического оборудования.

РЕШИЛИ

1. Рекомендовать ОАО "ФСК ЕЭС" и ОАО "МРСК" разработать программу энергосбережения, направленную на снижение потерь и повышение качества электрической энергии в электрических сетях, включая определение конкретных подстанций для внедрения устройств компенсации реактивной мощности и внедрения трансформаторов с магнитопроводами из аморфной стали.

2. Считать необходимым Государственной Думе РФ, законодательным органам субъектов РФ и Правительственным структурам РФ провести разработку законодательных актов РФ, законов субъектов РФ, регламентирующих документов и тарифов по оплате за потребление (выдачу) реактивной мощности, применению частотно-регулируемых приводов, снижению тарифов для потребителей, применяющих трансформаторы с магнитопроводами из аморфной стали и штрафных санкций в отношении потребителей, снижающих качество электрической энергии.

3. Рекомендовать производителям электротехнического оборудования при разработке новых видов оборудования особое внимание уделять вопросам энергосбережения.

4. Рекомендовать ОАО "ФСК ЕЭС" и ОАО "МРСК" закупку силовых и распределительных трансформаторов производить с учетом стоимости потерь в оборудовании за весь срок его службы.

5. Считать целесообразным сооружение комплексного высоковольтного испытательного центра на территории РФ.

6. Рекомендовать Ростехрегулированию, ОАО "ФСК ЕЭС" предусмотреть в инвестиционных программах финансирование разработки национальных стандартов по высоковольтному электротехническому оборудованию, направленных на повышение конкурентоспособности оборудования и обеспечение энергосбережения.

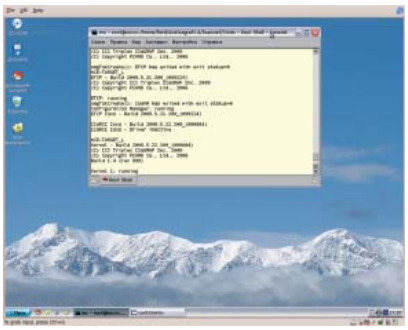
В.Д. Ковалев *– Президент Международной Ассоциации "ТРАВЭК", д-р техн. наук. МА "ТРАВЭК"*
Телефоны: +7 (495) 777-82-85, 777- 82-00 (доб. 27-93 или 26-43).
Факс: +7 (495) 777-82-85.
E-mail: travek@elektrozavod.ru
http://www.travek.elektrozavod.ru

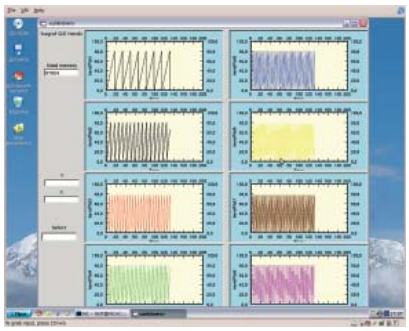
НОВОЕ НАПРАВЛЕНИЕ ВНЕДРЕНИЯ ISaGRAF – ПРИМЕНЕНИЕ В СИСТЕМАХ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ СЕРТИФИЦИРОВАННУЮ ОС МСВС 3.0

Компания "ФИОРД" (www.fiord.com, официальный дистрибьютор ICS Triplex ISaGRAF в России) информирует о развертывании нового перспективного направления внедрения ведущей мировой системы программирования контроллеров ISaGRAF в системах специального назначения, использующих сертифицированную операционную систему МСВС 3.0. В рамках мероприятий по развертыванию этого направления руководство компании "ФИОРД" провело переговоры с руководством ОАО "ВНИИНС" (http://vniins.ru) – разработчиком ОС МСВС и других функционально-законченных программных продуктов и технических средств построения защищенных информационных систем. В начале марта 2010 г. ФИОРД и ВНИИНС провели презентацию нового совместного направления в ОАО «Концерн НПО "АВРОРА"» (http://www.avrorasystems.com/, Санкт-Петербург) – одном из крупнейших отечественных предприятий, специализирующихся на создании систем автоматизации для кораблей и судов.

МСВС 3.0 – защищённая операционная система общего назначения на основе Red Hat Linux предназначена для построения стационарных и мобильных защищённых автоматизированных систем. ОС МСВС 3.0 сертифицирована в системе сертификации средств защиты информации по требованиям безопасности информации Министерства Обороны РФ (сертификат соответствия № 126 от 17 декабря 2002 г.) и по требованиям безопасности информации Государственной технической комиссии при Президенте РФ (сертификат соответствия № 802 от 5 ноября 2003 г.). Разработчик МСВС – Всероссийский научно-исследовательский институт автоматизации управления в непромышленной сфере (ВНИИНС).

В настоящее время специалистами ЗАО "ФИОРД" реализована целевая задача ISaGRAF для ОС МСВС 3.0 (МСВС – Мобильная Система Вооружённых Сил).





Целевая система ISaGRAF для MCBC 3.0 на базе инновационной платформы ISaGRAF ACE++ Target (http://isagraf.ru/rasshireniya-isagraf/isagraf-5-ace-target) поддерживает полный набор расширений ISaGRAF для этой платформы: систему быстрого доступа (http://isagraf.ru/rasshireniya-isagraf/sistema-bistrogo-dostupa-k-dannim-isagraf), систему архивирования (http://isagraf.ru/rasshireniya-isagraf/raspredelennaya-sistema-archivirovaniya), графический интерфейс ISaGUI (http://isagraf.ru/rasshireniya-isagraf/graficheskiy-interfeys-isagui), дополнительные утилиты и библиотеки (http://isagraf.ru/rasshireniya-isagraf/dopolnitelnie-sredstva) .

Реализация ISaGRAF в составе MCBC 3.0 открывает возможность применения среды программирования контроллеров в системах специального назначения для реализации высоконадежных защищенных средств управления различными видами вооружения и рабочих мест оператора.

Золотарев Сергей Викторович *– к.т.н., ведущий эксперт компании "ФИОРД".*
Мобильный телефон 8(915)396-52-86.
E-mail: zolotarev_sv@bk.ru, zolotarev@fiord.com http://www.fiord.com

ПАНЕЛЬНЫЙ КОМПЬЮТЕР С ПОЛНОЙ ЗАЩИТОЙ ОТ ВОДЫ И ПЫЛИ ПО IP65

Компания Avalue выпустила новый промышленный панельный компьютер *LPC-1203* с диагональю экрана 12" и полной защитой корпуса от пыли и влаги по классу IP65.

Защита корпуса по IP65 позволяет использовать данный панельный компьютер там, где другие не удовлетворяют жестким требованиям к окружающей среде. Прочный металлический корпус обеспечивает достаточный уровень защиты от коррозии, воздушной и водяной пыли, брызг и струй воды. Новый панельный компьютер LPC-1203 Full IP65 способен работать в расширенном диапазоне температур от –15 °C до +50 °C. Он способен работать под управлением ОС Windows XP Pro, Windows 7, Linux.

По желанию заказчика, экран нового панельного компьютера может комплектоваться антибразивным стеклом толщиной 0,1 мм, защищающим его от механических повреждений.

Кроме защиты самого корпуса, также по классу IP65 выполнена защита всех разъемов компьютера для подключения различных интерфейсов (USB, Ethernet, COM) и для подключения питания.

Комплектация LPC-1203-270A1-02R

Новый панельный компьютер снабжен центральным процессором Intel Atom N270 с тактовой частотой 1,6 ГГц (с пассивным охлаждением) и памятью DDR2 емкостью 1 Гбайт. Кроме этого, в данную комплектацию входят:

- 2 Гбайт CompactFlash;
- 1 USB-порт;
- 2 сетевых порта 1 Гбит/с;
- 1 COM-порт;
- предустановленная Windows XPe;
- защищенный удлинитель кабеля для источника питания.

Стоимость данной комплектации составляет 1600 USD.

Возможно изменение конфигурации, установка дополнительных портов, например, до 4 USB комплектация твердотельным накопителем SSD до 128 Гбайт или HDD SATA (2,5") и модулем

беспроводной связи WiFi. В комплект поставки могут включаться защищенные ответные кабели для подключения интерфейсов USB и Ethernet. Возможна поставка с предустановленными ОС Windows XP Pro, Windows XPe.

Компьютер рекомендован к применению на судах, в жестких климатических условиях, системах промышленной автоматизации и производственных помещениях с повышенной влажностью.

E-mail: avalue@eltech.spb.ru или офис компании ЭЛТЕХ (http://www.eltech.spb.ru/coords.html)

НОВЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ ОТ RARITAN

Raritan анонсировал новую линейку интеллектуальных встраиваемых измерителей электропитания Dominion PX-3000. Линейка включает четыре модели измерителей, которые, как и все интеллектуальные блоки распределения электропитания Raritan, имеют встроенные системы мониторинга, безопасности и сетевые интерфейсы.

Dominion PX-3000 предоставляет информацию об электропитании, включая данные о напряжении, токе, коэффициенте мощности, полной мощности (кВА), активной мощности (Вт) и расходе энергии (кВт/ч). Кроме этого, благодаря дополнительно подключаемым датчикам, выводится информация о температуре и влажности. Для облегчения работы операторов информационных центров, потребление электроэнергии и другую информацию можно отслеживать в режиме реального времени с помощью встроенного в PX-3000 цифрового индикатора или в удалённом графическом интерфейсе пользователя через web-браузер. Устройства серии PX-3000 совместимы с программным обеспечением управления электропитанием Power IQ™ компании Raritan, предназначенного для анализа расхода электроэнергии.

Интеллектуальный подключаемый измеритель электропитания Dominion PX-3000 позволяет:

- повысить надежность IT системы за счёт измерения потребляемой мощности и отсылки превентивных уведомлений, предшествующих отказу предохранителей цепи;
- увеличить эффективность информационных центров за счет накопления и последующего анализа данных о потреблении электроэнергии (кВт/ч);
- оптимизировать потребление электроэнергии за счет обнаружения неиспользованных мощностей и максимального использования имеющихся.

Измерительные блоки PX-3000 спроектированы для использования совместно со стоечными блоками распределения электропитания, что позволяет проводить измерения на уровне каждого отдельного потребителя и получать информацию об условиях эксплуатации в удобном развёрнутом виде. Устройства серии PX-3000 могут применяться для автономного оборудования, подключенного к выделенному каналу электропитания, например, большим сетевым коммутаторам, дисковым массивам и мэйнфрэймам.

Интеллектуальные измерители электропитания компании Raritan уникальны своей возможностью отслеживать информацию в режиме реального времени, что помогает принимать решения о развитии информационных центров. Например, определять, где следует располагать серверы для достижения оптимальной эффективности. При обнаружении превышения пороговых значений устройство PX-3000, в дополнение SNMP-извещению, посылает предупреждения по электронной почте. Устройство поддерживает протоколы SNMP v2 и v3 GETS для сбора информации. Блоки электропитания PX-3000 работают в диапазоне от 100 до 240 В переменного тока и обладают 1U форм-фактором. Устройства выпускаются в варианте для подключения к 2 или 4 источникам.

Номенклатура интеллектуальных блоков распределения Raritan – одна из самых обширных – включает в себя одно- и трехфазные устройства с функциями измерения и включения/выключения электропитания. Новые подключаемые измерители сконструированы для любых IT систем – от серверных комнат с устаревшим оборудованием до оборудованных современными устройствами и оснащённых мощными блейд-серверами.

Устройства серии PX-3000 можно заказать в любой точке мира через торговых партнеров Raritan. Эксклюзивный партнер производителя в России – компания “Ниеншанц-Автоматика”: (812) 326-59-24, (495) 980-64-06. Дополнительную информацию о решениях для управления электроэнергией, предлагаемых компанией Raritan, можно узнать на сайте *http://www.raritan.com/energy-monitoring/*. С бесплатной пробной версией программного обеспечения управления электроэнергией Raritan можно ознакомиться по ссылке *http://www.raritan.com/power-iq-download/*.

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И IT-ТЕХНОЛОГИИ В ЭНЕРГЕТИКЕ В УСЛОВИЯХ КРИЗИСА И ИХ РЕШЕНИЕ

Сегодня на вопросы Круглого стола отвечают:

БУРМИСТРОВ Александр Валерьевич

1974 года рождения, г. Чебоксары.

1991 г. – окончил Чувашский Государственный Университет, специальность – электропривод и автоматизация промышленных установок.

До 2004 г. работал в области промышленной автоматизации.

С 2004 г. – начальник отдела автоматизации ООО "ЭНТЕЛС", специализация на автоматизации объектов электрических сетей.

Руководитель разработки фирменных продуктов для автоматизации – SCADA-система ЭНТЕК, коммуникационная и SoftLogic платформа EnLogic.

С 2008 г. – директор ЗАО "Энергоресурс".

МЕРЦАЛОВ Александр Евгеньевич

Заместитель технического директора компании Р.В.С.

Окончил Тульский государственный университет, кафедра "Автоматика и телемеханика".

Магистр техники и технологии по направлению "Автоматизация и управление".

Кандидат технических наук.

В энергетике работает **5 лет.**

РОГОВ Сергей Львович

1960 года рождения, г. Красноярск.

1984 г. – окончил Пензенский Университет, специальность радиоинженер.

Работал электриком, технологом, конструктором, регулировщиком РЭА, программистом.

С 1985 по 1995 гг. занимался разработкой, изготовлением и внедрением программируемых контроллеров и средств автоматизации энергоблоков АЭС.

С 1996 г. по настоящее время генеральный директор ООО "ТРЭИ ГМБХ", г. Пенза.

Область деятельности: разработка, изготовление программируемых контроллеров и средств автоматизации под торговой маркой TREI, проектирование и внедрение систем АСУ ТП в энергетике и др. отраслях промышленности. Проектирование и внедрение систем безопасности (ПАЗ) опасных промышленных объектов на базе контроллеров TREI, сертифицированных по уровню SIL3.

Ведущий: Крупным компаниям – ОГК, сетевым, да и сбытовым тоже – досталась в наследство мозаика информационных систем, слабо связанных друг с другом, так называемая "лоскутная автоматизация".

Вопрос 1: ***Каким образом следует преодолевать трудности, связанные с этим наследством?***

А.Е. Мерцалов: Дефицит финансовых, временных и человеческих ресурсов часто приводит к локальному решению конкретной технологической проблемы. В результате, предприятие получает множество подсистем, слабо связанных друг с другом, и вследствие их малоэффективного функционирования не может в полной мере реализовать свой потенциал.

Самым простым, но не самым эффективным способом решения подобных проблем является реализация единой информационно-управляющей системы. Такой подход требует значительных затрат как финансовых, так и людских. Более того, как показывает практика, в большинстве случаев приводит к банальной замене технического и программного обеспечения при

сохранении существующего функционала. Эффект от такой "комплексной" автоматизации определяется только совершенством программно-технической базы. Срок окупаемости таких решений порядка 7-10 лет.

Более эффективное решение – объединение существующих систем и интеграция их в одну, что обеспечивает необходимый функционал и способствует достижению синергетического эффекта. При проектировании и разработке систем управления необходимо стремиться к единой точности и эксплуатационным параметрам. Такой подход требует высокой компетенции специалистов, детального изучения и понимания автоматизируемого процесса. При соблюдении обозначенных условий экономический эффект достигается в течение 1-2 лет.

А.В. Бурмистров: Вряд ли это по настоящему можно назвать трудностями. Я бы в этом вопросе выделил два направления – действительно интеграция "лоскутов" и обновление устаревших систем. Сама по себе интеграция разнотиповых систем – процесс довольно понятный, особенно в энергетике, где интеграция изначально ведется на уровне протоколов обмена. От лоскутности никуда не уйти, но и бог с ней – главное, что все системы можно интегрировать на основе стандартных протоколов, для систем телемеханики текущие реалии сейчас – это протоколы МЭК 60870-5-101/104 и совсем неважно, какая конкретно система используется в одном районе сетей, а какая – в другом.

А вот модернизация устаревших систем – это действительно серьезная задача. Тут проблемы состоят в том, что имеется большое число установленных систем, использующих старые протоколы обмена, и для их интеграции на новом уровне требуется применение конвертеров протоколов. И другая проблема – просто невозможность обслуживания устаревших систем ввиду элементарного отсутствия ЗИПа.

Но в принципе все проблемы решаемые, в том числе и путем модернизации систем, и как раз в этой области мы и предлагаем свои разработки – коммуникационные шлюзы на базе нашей платформы EnLogic.

Удручающе обстоят дела с интеграцией систем учета, особенно на нижнем и среднем уровнях. Несмотря на наличие стандартных протоколов обмена, в большинстве случаев каждый производитель оборудования имеет свой протокол, и тенденций к стандартизации не ощущается.

Ведущий: Охват автоматизацией на разных предприятиях энергетики различен. Степень ее часто обратно пропорциональна времени строительства (модернизации) основного оборудования. На российских предприятиях автоматизация в основном «лоскутная». При этом зачастую предприятиями используются собственные разработки, а их набор повторяет этапы развития мирового рынка программного обеспечения и соответствует региональным особенностям.

Вопрос 2: *Что необходимо предпринять, чтобы множество разнородных информационных систем отвечало возрастающим требованиям к оперативности, достоверности и надежности информации?*

С.Л. Рогов: Прежде чем начинать какие либо действия по развитию информационных систем, необходимо провести внешний IT-аудит предприятия. На основании данных аудита разработать концепцию развития информационной системы предприятия, утвердить её руководством. Только поле этого есть какая то надежда, что каждая новая система или купленный прибор не будет очередной заплаткой в лоскутном одеяле автоматизации, а будет веткой строящейся продуманной архитектуры. Соответственно и тендерные мероприятия по закупке приборов и услуг должны проводиться не только по уровню цен, а первым критерием должно быть соответствие оборудования или услуг принятой концепции развития предприятия.

А.Е. Мерцалов: Решение подобных проблем невозможно посредством одной только модернизации оборудования. Определенно, необходимо выработать стандарты информационного обмена, а также целый ряд преобразований, требующих времени и инвестиций, причем инвестиций не только в создание современных информационных систем, но и в человеческий капитал – все это позволит оздоровить отрасль, даст новые возможности развитию. Кроме того, здесь никак не обойтись, как и в любом "благом начинании", без помощи государства в области развития ИТ-отрасли.

А.В. Бурмистров: На мой взгляд, ответ прост – необходимо соответствовать этим требованиям, требовать соответствия общероссийским и внутренним стандартам и нормативным документам на всех уровнях систем автоматизации. Такие требования нужно предъявлять как к сторонним системам, так и "рождаемым" изнутри.

Ведущий: Одной из основных проблем энергетических компаний является большое разнообразие локальных автоматизированных систем как в рамках одного филиала, так и в рамках компании.

Вопрос 3: *Следует ли для решения задач интеграции разнородных систем в энергетике использовать стандарт IEC 61970 "Общая информационная модель"?*

А.Е. Мерцалов: В настоящее время энергокомпании оснащены большим количеством локальных разрозненных информационных систем, которые проектировались для решения одной или нескольких конкретных задач отдельных служб и территориально распределенных энергообъединений. Кроме того, как правило, использовались программные продукты и базы данных разных производителей. В то же время обмен данными между уровнями управления компании осуществляется посредством файлов определенной структуры, что сильно затрудняет интеграцию различных информационных сред и требует больше времени на их обработку. Решением подобных проблем является стандартизация информационного обеспечения. Один из подходов, определяющих информационную модель предприятия электроэнергетики и правила интеграции, отражен в стандарте IEC 61970, который наиболее полно из существующих стандартов описывает предметную область для решения ряда задач. Современные подходы к решению задач интеграции разнородных систем в энергетике, безусловно, должны применять методику IEC 61970 с учетом специфики российской электроэнергетики.

Вопрос 4: *Как бы вы оценили уровень автоматизации и IT-оснащенности энергетических компаний на данный момент? Соответствуют ли IT компании тем задачам, которые предстоит решать в условиях реформирования энергетики и развивающегося кризиса?*

А.Е. Мерцалов: Текущее программно-техническое IT-оснащение энергетических компаний находится на достаточно высоком уровне, и современные информационные системы большинства компаний не представляют собой сложные программно-технические комплексы с многоуровневой инфраструктурой.

Для решения будущих задач IT-компании должны обратить свое внимание на наращивание собственной компетенции, инвестировать в людей и их потенциал.

С.Л. Рогов: Общий уровень оценить невозможно, слишком отличается уровень оснащённости различных предприятий в энергетике. В противном случае получится «средняя температура тела по палате». IT-компании соответствуют тому уровню финансирования, который может предложить Заказчик. IT компании быстро перестроятся под новые задачи, они готовы без прибыли или даже в убыток себе осваивать новые ниши на рынке IT-услуг, в надежде на развитие рынка.

А.В. Бурмистров: Уровень технической оснащенности в наше время решается очень просто и требует не таких больших финансовых затрат. Даже если сейчас сам технический уровень невысок, то поднять его – совершенно понятно как. Другой вопрос, что повышение технического и интеллектуального уровня систем автоматизации в первую очередь требует наличия квалифицированного персонала, способного работать с такими системами. И вот этот вопрос уже просто так не решить.

Ведущий: Российские энергетические компании тратят всего около 1% своего оборота на IT-технологии, в то время как на Западе такие затраты считаются наиболее перспективными и приоритетными.

Вопрос 5: ***Следует ли энергетическим компаниям активнее использовать новые информационные технологии в своей бизнес-практике и если да, то каким образом?***

А.Е. Мерцалов: Российским компаниям, прежде всего, необходимо осознать необходимость перехода к новым информационным технологиям, оценить, насколько существующие системы не отвечают современным требованиям рынка, рассчитать экономический эффект от внедрения. Нужно качественно и количественно оценить отдачу от инвестиций. Иначе любое инвестирование невозможно.

Использование новых самых современных информационных технологий не всегда является залогом успеха. Эффективность системы зависит не только от программно-технической реализации. Бортовая ЭВМ корабля первой лунной экспедиции “Apollo-11” (1969 г.) имела только 64 Кбайт оперативной памяти, а о жестких дисках не могло быть и речи. Сегодня никто не воспримет такую машину всерьез, но если вспомнить результат, достигнутый с помощью этой ЭВМ, то напрашивается очевидный вывод – главное понимание самих процессов, четкая постановка задач ими решаемых. Не мощность программно-технического комплекса, не сама по себе новая технология и ее высокая производительность должны быть аргументом интеграции, необходимо рассматривать технологию применительно к конкретному процессу.

С.Л. Рогов: Новые технологии развивать необходимо, но делать это нужно не подбором технологий под имеющиеся средства, а поиском средств под технологию, утверждённую в IT-концепции развития предприятия.

Ведущий: Вложения в построение единого информационного поля, в стандартизацию подходов к автоматизации в рамках энергетических компаний рассматриваются сегодня как инвестиции, как инструмент повышения эффективности управления предприятием.

Вопрос 6: ***На ваш взгляд, меняется ли IT-политика энергетических компаний в этих направлениях?***

А.Е. Мерцалов: Безусловно, меняется. Ставятся вполне конкретные задачи по повышению эффективности работы энергетических компаний на всех уровнях: от генерации до трейдинга. Однако следует отметить, что только построением единого информационного поля задача не решается, оно является инструментом, который необходимо правильно использовать, чтобы добиться желаемого результата.

С.Л. Рогов: Сейчас IT-политика формируется не экономическими требованиями, а степенью «продвинутости» конкретного управленческого персонала. Так как в большинстве случаев у руководства энергетических предприятий оказались не производственники, а управленцы, то в первую очередь деньги вкладываются в то, что им понятнее, в бухгалтерию, статистику, планирование. Я всегда привожу в пример высказывание одного начальника цеха ТАИ станции: «Если бы у меня обновление приборов шло такими же темпами, как обновление компьютеров в бухгалтерии, я смог бы в два раза сократить количество ремонтного персонала».

Ведущий: Есть еще одна сфера применения информационных технологий в энергетике – это долгосрочное технологическое прогнозирование развития энергетики. Современная энергетика устроена таким образом, что больше нет отдельной энергетической системы отдельной страны.

Вопрос 7: ***Следует ли рассматривать единую мировую энергосистему и роль энергосистемы нашей страны в ней с целью долгосрочного технологического прогнозирования развития энергетики в целом.***

А.Е. Мерцалов: Мировая энергетика сегодня – это масштабная интеграция всех без исключения мировых игроков, как потребителей, так и производителей энергоресурсов в единую цепь, звенья которой дополняют и поддерживают друг друга. Поэтому составление долгосрочных прогнозов развития энергетики в целом немыслимо без учета энергетических систем отдельных стран, а Россия в свою очередь является не только частью этой цепи, но и одним из сильнейших ее звеньев.

Ведущий: Известно, что сравнительно легко решаются задачи, не специфические для энергетической отрасли: автоматизация делопроизводства, управление финансами, бухучет. Сложнее обстоит дело с задачами экономического управления и управления производством.

Вопрос 8: ***На какие бизнес-процессы энергетическим компаниям следует обратить внимание в первую очередь в условиях кризиса?***

А.Е. Мерцалов: В первую очередь необходимо обратить внимание на вопросы эффективности работы и оптимального управления собственными затратами, тем более, что потенциал для повышения эффективности есть. Кризис – это как раз то время, когда следует уделить большее внимание аудиту, оптимизации инфраструктуры и выбору наиболее эффективных решений.

С.Л. Рогов: На этот вопрос я ответил, отвечая на вопрос 6.

Ведущий: Еще недавно никто и подумать не мог о покупке электроэнергии в другом регионе. Теперь, когда не за горами либерализация рынка энергосбыта, борьба за клиента становится жизненно необходимой. Без

развитых IT-технологий цивилизованная торговля электроэнергией в современном мире невозможна, поскольку рынок очень велик.

Вопрос 9: ***Имеет ли автоматизация предприятий электроэнергетики свои отраслевые особенности?***

А.Е. Мерцалов: Хотелось бы выделить два ключевых момента, на которые следует обратить внимание при проектировании систем управления: а) всестороннее понимание технологического или бизнес-процесса, полученное вследствие изучения физических, химических и других явлений, и б) знание фундаментальных концепций управления. На первое обычно тратится большая часть усилий. Знание технологии производства и распределения тепла и электроэнергии, а также процессов, связанных с работой на ОРЭМ, здесь особенно важно. Вес этого знания очень велик, т.к. при высоких капитальных вложениях, и учитывая стоимость ресурсов, даже небольшие изменения параметров производства и показателей качества существенно влияют на экономику предприятия и конкурентоспособность продукции.

Вопрос 10: ***Какие задачи в сфере IT стоят перед энергетическими компаниями на будущее?***

А.Е. Мерцалов: Снижение степени государственного регулирования тарифов в электроэнергетике создало совершенно новые условия работы для энергетических компаний. Энергетические компании все более заинтересованы в получении точной информации по текущим показателям эффективности, которые позволяют оценивать все возможности производства и поставок электроэнергии и оперативно принимать решения для повышения этих показателей. Необходимо отметить, что уже сейчас на рынке представлены решения по оптимизации производственных планов, и срок их окупаемости не превышает нескольких месяцев.

Ведущий: Известно, что одна из серьезнейших проблем отрасли – старение энергетического оборудования. К настоящему времени более 50 % турбогенераторов гидроэлектростанций выработали свой проектный ресурс, а к 2010 году эта величина, по оценкам экспертов, достигнет 79 % (к 2020 году – 97%).

Вопрос 11: ***Каким образом автоматизация и IT-технологии могут повысить эффективность деятельности предприятий по ремонту и обслуживанию оборудования?***

А.Е. Мерцалов: Морально и физически устаревшее оборудование не позволяет генерациям работать эффективно. Возникают сложности с соблюдением требований к качеству электроэнергии и параметрам сетевой воды, безопасности функционирования энергообъекта. Кроме того, изношенное и устаревшее оборудование потребляет больше топлива на выработку тепла и электроэнергии, у него низкие показатели надежности и малая маневренность.

Одним из решений проблемы является постепенный перевод энергоблока из работы в базовой части графика нагрузки сначала в полупиковую, а затем – в пиковую, вплоть до полного списания. Очевидно, что такая схема функционирования требует ввода новых мощностей, и, как следствие, больших затрат.

Второй вариант – постоянное обновление энергообъектов посредством усовершенствований существующей технологии и принятых стратегий управления. Необходимо отметить, что существует целый ряд уже проверенных решений для реализации усовершенствованных стратегий управления с учетом износа технологического оборудования, применение которых позволяет повысить технико-экономические показатели работы.

Такие решения осуществляют постоянный мониторинг износа технологического оборудования и позволяют оптимально спланировать время проведения ремонта и технического обслуживания, а также избежать превышения предельных нагрузок.

А.В. Бурмистров: Основной эффект – стареющее оборудование требует к себе более внимательного отношения, повышения наблюдаемости объектов и сетей, автоматизированного контроля мощности, предотвращения аварий и др... Понятно, что сразу все взять и заменить не получится, поэтому необходимо бережно относиться к тому, что есть, и какое-то время еще будет, и для увеличения срока службы автоматизация, конечно, будет полезной. А для снижения расходов на нее необходимо задачи автоматизации решать комплексно.

Вопрос: ***С какими проблемами и трудностями Вы сталкиваетесь на предприятиях энергетики при разработке, внедрении и эксплуатации систем автоматизации и IT-технологий? Каковы пути их преодоления?***

А.Е. Мерцалов: Основная проблема, присущая, кстати, не только предприятиям энергетической отрасли, заключается в том, что поставленные задачи не имеют четких формулировок и определений, а заложенного на их решение бюджета хватает только на “латание дыр”. Руководство предприятия должно четко понимать, что только комплексный подход станет решением проблем, а эффект от внедрения достаточно скоро покроет затраты. При возможности желательно привлечение специалистов, способных определить масштабы необходимых преобразований и составить приемлемый график оптимизации инфраструктуры предприятия с детальным расчетом отдачи вложенных средств и обоснований инвестиций.

А.В. Бурмистров: Думаю, ответ достаточно стандартен – отсутствие средств и квалифицированного персонала, способного после внедрения обслуживать систему, или хотя бы квалифицированно ею пользоваться. Но нельзя сказать, что такова ситуация повсеместна, есть и много положительных примеров, и явно видно, что все зависит от руководителей высшего звена.

Другая основная трудность – отсутствие полноценных каналов связи, особенно для объектов распределительных сетей нашей бескрайней родины. Часто есть только GSM, но это нельзя назвать каналом – скорее механизм передачи данных, для многих задач его функциональность недостаточна.

Уважаемые специалисты убедительная просьба присылать в виде ответов Ваше мнение по сформулированным вопросам. Ваше мнение очень важно для наших читателей. Наиболее активные участники Круглого стола будут премированы бесплатной подпиской на журнал (второе полугодие 2010 года)!

Ведущий Круглого стола – Главный редактор журнала **Александр Егоров**

ПРИНЦИП ТРОИЧНОСТИ И СЛАДКАЯ КАТОРГА

Давно замечено: чувство рождает мысль, а мысль тянется к слову. Стало быть, чувство первично, мысль вторична, а слово третично. В этом и состоит принцип троичности, из которого следует, что чувство выше мысли, а мысль выше слова. Но именно слово есть та объективная реальность, которая доводит виртуальные чувства и мысли до необходимой выразительности информационного обмена. Александр Блок сказал: "Без слова мысль, волненье без названья...". Эту фигуру речи можно отнести и к чувству: без мысли чувство, волненье без сознанья. Да простит мне Блок такой нескромный парафраз, выданный ради подтверждения принципа троичности.

А поиск нужных слов для умной мысли – процесс мучительный. Кто-то назвал это каторгой, но сладкой каторгой.

Другой наш классик – Федор Тютчев – выразился тоже радикально: "Мысль изреченная есть ложь". Дорогой Федор Иванович, ведь если согласиться с этим изречением, то заходишь в тупик. Как же быть? Где же правда-то гуляет? Или её нет совсем? Тогда жить-то, как прикажете? Нет ответа. Жаль. А ведь, если вдуматься, то поймешь: тютчевская фраза – это шутка, она сама себя уничтожает, и в этом сладкое спасенье и торжество отмеченного принципа.

СУХОЙ ОСТАТОК МЫСЛЕЙ ПО ТЕМЕ

- *Прислушиваясь к чувствам, твори мысль и выражай ее словами.*
- *Слово для мысли или друг, или враг, а чувство для неё всегда друг и помощник.*
- *Умные мысли приходят, когда ты думаешь, а глупые – когда ты бредишь.*
- *И банальная мысль может стать оригинальной фразой, если её нарядить в изящные словеса.*
- *Иногда мысль буксует, когда не хватает нужных слов для ее выражения.*
- *Мудрость конденсирует мысль, а глупость её растворяет.*
- *Мысль – нечто виртуальное, способное иногда превратиться в такую реальность, что мало не покажется.*
- *Можно ли в одну и ту же фразу вложить разное содержание? Трудно, но можно. Примените пушкинское "Златая цепь на дубе том" к новому русскому, и содержание фразы станет совсем иным.*

© Болеслав ВОЛЬТЕР

PHOENIX CONTACT
INSPIRING INNOVATIONS

IT-powered Automation

Контроллеры класса 100

- Самая высокая производительность в ценовой категории
- Ethernet со встроенной поддержкой стандартных сетевых сервисов
- Интегрированный web-сервер
- GSM/GPRS модем
- Бесплатная среда программирования PC WORX EXPRESS в стандарте IEC 61131
- Готовые решения для различных отраслей

Компактные контроллеры класса 100 обеспечивают обмен информацией между сетями технологического и диспетчерского уровней с помощью стандартных сетевых сервисов

ЭФО
WWW.EFO.RU

ООО «ЭФО» – ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР ООО «ФЕНИКС КОНТАКТ РУС»

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ:	МОСКВА:	КАЗАНЬ:	ЕКАТЕРИНБУРГ:	РОСТОВ-НА-ДОНУ:	ПЕРМЬ:	НИЖНИЙ НОВГОРОД:
Т.: (812) 331-0964, 331-0965 Ф.: (812) 331-0969 E-MAIL: EVE@EFO.RU	(495) 933-0743 MOSCOW@EFO.RU	(843) 518-7920 KAZAN@EFO.RU	(343) 278-7136 URAL@EFO.RU	(863) 220-3679 ROSTOV@EFO.RU	(342) 220-1944 PERM@EFO.RU	(831) 434-1784 NNOV@EFO.RU

WWW.EFO.RU ▪ WWW.KORPUSA.RU ▪ WWW.ATMEL.RU ▪ WWW.ALTERA.RU ▪ WWW.POWEL.RU ▪ WWW.WLESS.RU

ЗАО «Экоресурс», г. Воронеж

Программно-технические средства
автоматизации технологических процессов

БАЗИС®

Отдел маркетинга:
(4732) 72-78-20, 46-36-58
marketing@ecoresurs.ru

Техническая поддержка:
(4732) 46-28-58, 51-72-20
support@ecoresurs.ru

Общие вопросы:
(4732) 72-78-19
ecores@ecoresurs.ru

http://www.ecoresurs.ru http://support.ecoresurs.ru