

# ОПЫТ РАЗРАБОТКИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО КОМПЛЕКСА АПНУ ТАЙМЫРЭНЕРГО

**Г.А. Олефиров, ОАО Таймырэнерго**

**А.К. Ландман, ОАО СибНИИЭ**

**О.В. Захаркин, Институт автоматизации энергетических систем**

**А.М. Петров, Институт автоматизации энергетических систем**

**А.Э. Петров, Институт автоматизации энергетических систем**

**Г.П. Попов, Институт автоматизации энергетических систем**

**О.О. Сакаев, Институт автоматизации энергетических систем**

Основным направлением деятельности ЗАО Институт автоматизации энергетических систем (ИАЭС) является разработка управляющих вычислительных комплексов (УВК) для решения задач противоаварийной автоматики (ПА) на базе промышленных микропроцессорных устройств общего назначения. Основное внимание при этом уделяется унификации комплекса технических и программных средств, что позволяет достаточно легко адаптировать УВК к решению конкретных задач на конкретном объекте управления.

Разработка УВК АПНУ Таймырэнерго была начата ЗАО ИАЭС в начале 2000 года, в промышленную эксплуатацию комплекс был введен в октябре 2003 года.

## ***Назначение и структура УВК АПНУ Таймырэнерго***

УВК АПНУ Таймырэнерго установлен на Усть-Хантайской ГЭС и предназначен для сохранения статической устойчивости при аварийных возмущениях в сети 220 (и частично 110) кВ Таймырской и Норильской энергосистем. УВК АПНУ контролирует район управления от Курейской ГЭС до ПС Опорная и ПС Приемная. Данный район управления характеризуется сложными климатическими условиями, с этим связано большинство возникающих аварийных возмущений и схемно-режимных условий.

Аналоговые и дискретные параметры текущего режима (перетоки активной и реактивной мощности, напряжение на шинах Усть-Хантайской ГЭС, состояния отходящих ВЛ 220 кВ и генераторов Курейской и Усть-Хантайской ГЭС), получаемые на Усть-Хантайской ГЭС, вводятся непосредственно в УВК. Сигналы о срабатывании пусковых органов также вводятся непосредственно в УВК. Ввод местной аналоговой информации от датчиков в УВК АДВ реализован посредством модуля аналого-цифрового преобразователя (АЦП) типа 5700 фирмы Octagon Systems. Ввод-вывод дискретной информации осуществляется посредством 96 канального модуля 5600 фирмы Octagon Systems.

В связи со значительной удаленностью помещения ОРУ-220 УХ ГЭС, где расположен УВК, от собственно станции, ввод активной и реактивной мощности, вырабатываемой генераторами УХ ГЭС, производится при помощи системы удаленного сбора информации на базе модулей аналогового ввода ADAM-4017 производства фирмы Advantech. Непосредственно в УВК информация вводится по последовательному каналу RS485 при помощи платы расширения последовательных портов 5554 фирмы Octagon Systems, связь с системой сбора информации осуществляется при помощи преобразователей интерфейса RS485/оптоволокно ADAM-4521.

Структура УВК АПНУ выглядит следующим образом (Рис 1). На данной структуре:

- ПО, УВ, Состояния – ввод/вывод дискретных сигналов;
- 5600 – модуль ввода/вывода дискретных сигналов Octagon 5600;
- 5700 – модуль ввода/вывода аналоговых сигналов Octagon 5700;
- ТИ – ввод аналоговых сигналов;
- 3с905 – сетевая карта;
- ЛВС – концентратор локальной вычислительной сети;
- 5554 – четырехпортовый модуль для ввода/вывода информации по последовательному интерфейсу Octagon 5554;
- Р, Q 1Г-7Г УХ ГЭС – ввод активной и реактивной мощности генераторов УХ ГЭС;
- РСА – процессорная плата (с интегрированным видеоадаптером и сетевой картой) с процессором;
- ИБП – источник бесперебойного питания;
- ИВЧ-1 – часы точного времени.

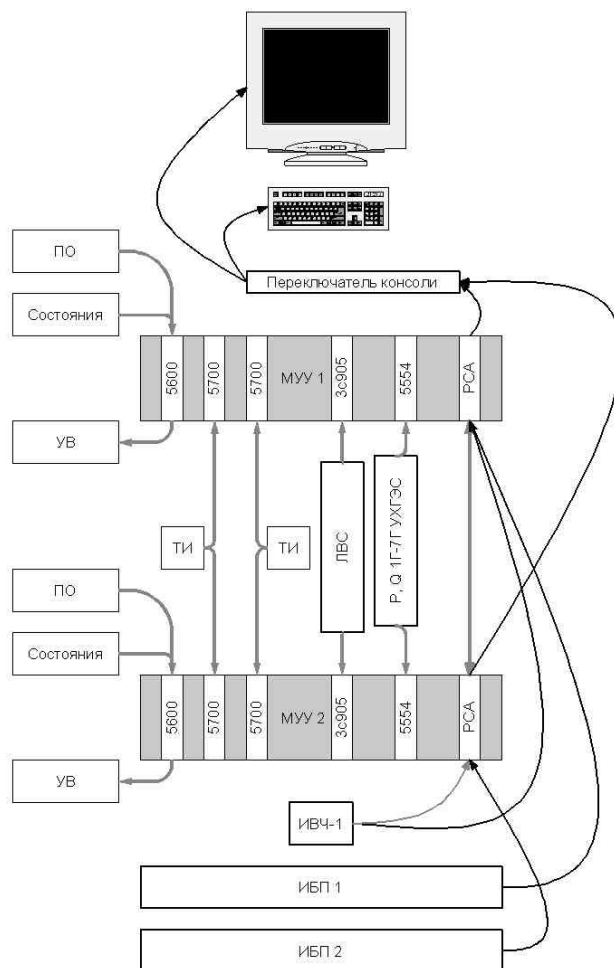


Рис 1 Структура УВК АПНУ Таймырэнерго

### Технические средства УВК АПНУ Таймырэнерго

УВК состоит из двух идентичных комплектов, включающих:

- Отказоустойчивое шасси (IPC-615BP4R-25R) с резервированным источником питания;
- Процессорную плату (PCA-6178E, Pentium III 850 МГц, ОЗУ 64 Мбайта) с интегрированным видеоадаптером и сетевым адаптером;
- Дисковые накопители: твердотельный 80 Мбайт, жесткий 15 Гбайт, флоппи 3.5";
- Модуль ввода/вывода дискретных сигналов (5600-96 Digital I/O Card);
- Два модуля ввода аналоговых сигналов (5700 13-bit Analog Card);
- Модуль последовательных портов (5554 Serial I/O Card);
- Сетевой модуль (3Com509B).

В 19" шкафу УВК установлены:

- Два источника бесперебойного питания (ИБП1 и ИБП2) APC SmartUPS 1400RMINET;
- Два микропроцессорных устройства (МУУ1 и МУУ2);
- Клавиатура на выдвижной полке;
- 4х портовый переключатель консолей для подключения клавиатуры и монитора к МУУ;
- Монитор 14" в специальном каркасе для монтажа в 19" стойку;
- Резервное микропроцессорное устройство (полностью укомплектованный ЗИП, МУУ3);
- Часы точного времени (ЧТВ1 производства г. Зеленоград);
- Сетевой концентратор 3Com 16 портов.
- Два модуля преобразования интерфейса RS485/оптоволокно ADAM-4521
- Два источника питания PWR24 для питания модулей преобразования интерфейса

С обратной стороны стойки на поворотной раме расположены:

- 4 опторамки с оптронами Grayhill 70G-IAC5A для ввода аварийных сигналов, сигналов о ремонтах ВЛ и генераторов;
- 4 опторамки с оптронами Grayhill 70G-ODC5A для вывода управляющих сигналов;
- Две платы коммутации аналоговых параметров производства ЗАО ИАЭС;

- Две платы контроля выходных оптронов производства ЗАО ИАЭС.

Все коммутации производятся с обратной стороны стойки. В целях обеспечения безопасности обратная сторона закрывается стеклянной дверью на ключ.

Питание на ИБП (220 В переменного тока) подается от АВР. Каждый из комплектов УВК питается от своего ИБП (МУУ1 – от ИБП1, МУУ2 – от ИБП2). Питание +5В на опторамки, платы коммутации и платы контроля подается непосредственно из корпусов МУУ при помощи специальных разъемов.

Синхронизация времени между МУУ осуществляется при помощи часов точного времени, которые, в свою очередь, используют внешний радиосигнал с радиотрансляционной сети. ЧТВ подключаются к комплектам УВК по последовательному каналу RS232. В состав программного обеспечения УВК включен специальный блок, синхронизирующий время на МУУ со временем ЧТВ.

Высокая надежность функционирования комплекса обеспечивается:

- дублированием основных узлов комплекса;
- наличием резервного комплекта, позволяющего быстро заменить блок, вышедший из строя, или комплект целиком;
- использованием микропроцессорных средств в промышленном исполнении;
- использованием средств хранения данных, не имеющих движущихся частей (твердотельные диски);
- наличием резервных копий информации на внешнем носителе (дистрибутив программного обеспечения УВК АДВ с настройками данными и резервные копии протоколов на оптический дисках);
- наличием источников бесперебойного питания.

Использование дублирования позволяет оставаться комплексу в работе при отказах практически любых его модулей. Наличие резервного комплекта в таких условиях дает возможность оперативно восстановить работоспособность неисправного комплекта.

### ***Программные средства УВК АПНУ Таймырэнерго***

Программное обеспечение УВК АПНУ Таймырэнерго состоит из двух взаимосвязанных подсистем.

1. Управляющая подсистема (УПС) функционирует на микропроцессорных устройствах под управлением операционной системы реального времени QNX 4.25 и осуществляет ввод данных текущего режима, расчет и выбор управляющих воздействий, и вывод управляющих воздействий в цепи управления.
2. Информационная подсистема (ИПС) функционирует на ПЭВМ под управления ОС семейства Windows (98/2000/XP/2003) и предназначена для отображения данных текущего режима и выбранных УВ на экране ПЭВМ, а также, при необходимости, для корректировки параметров текущего режима на ручном вводе.

В свою очередь, программные модули управляющей подсистемы могут быть разделены на две группы.

1. Системообразующие, или системные блоки обеспечивают функционирование технологических блоков и построение технологической цепочки выбора УВ.
2. Технологические блоки осуществляют ввод информации, необходимой для расчета УВ, выбор УВ, фиксацию срабатывания пусковых органов и вывод УВ в цепи управления, а также, при необходимости, вывод сигналов в цепи сигнализации.

### **Системообразующие блоки управляющей подсистемы УВК**

К системообразующим блокам управляющей подсистемы относятся следующие блоки:

- менеджер процессов;
- система управления базой данных;
- блок связи с рабочими станциями;
- блок протоколирования.

Менеджер процессов запускается автоматически при загрузке операционной системы на МУУ, и выполняет следующие функции:

- запуск блоков управляющей подсистемы;
- самодиагностика и взаимодиагностика комплектов;
- перезапуск программных блоков в случае нештатного прекращения их работы;
- перезагрузка микропроцессорного устройства в случае нештатного прекращения работы блоков, не допускающих перезапуска, и отслеживание количества перезагрузок МУУ с целью предотвращения циклических перезагрузок.

Система управления базой данных (СУБД) выполняет следующие функции:

- обеспечение совместного доступа к таблицам данных по запросу других блоков управляющей подсистемы;
- контроль блокировки таблиц данных на чтение-запись определенным блоком в течение определенного интервала времени с целью предотвращения блокировки цикла расчета технологической цепочки в целом;
- синхронизация таблиц данных с соседним устройством при старте текущего, либо при корректировке данных с рабочей станции;
- фиксация изменений, внесенных в таблицы данных при корректировке с рабочей станции, с целью последующего вывода в протокол работы устройства.

Блок связи с рабочими станциями (блок связи с сетью, БСС) выполняет следующие функции:

- ожидание и установка соединений при помощи семейства протоколов TCP/IP с рабочими станциями по их запросу;
- периодическая рассылка таблиц аналоговых и дискретных параметров текущего режима на все подключенные в данный момент рабочие станции;
- отсылка на рабочую станцию определенного набора таблиц данных в соответствии с запросом;
- рассылка сообщений от УВК всем подключенным в данный момент рабочим станциям;
- передача запросов на выборку из протокола работы блоку протоколирования и соответствующих ответов рабочим станциям;
- ожидание и установка соединения для корректировки данных с рабочей станцией по ее запросу, с фильтрацией по маске IP-подсети и/или IP-адресу рабочей станции.

Блок протоколирования (БП) выполняет следующие функции:

- прием сообщений от других блоков управляющей подсистемы, разбор сообщений по настраиваемому шаблону и запись сообщений в заданный файл протокола с фиксацией времени поступления сообщения;
- дополнение сообщения выборками из указанных таблиц данных по заданным условиям;
- фиксация в протоколе изменений, внесенных в таблицы данных пользователем с рабочей станции в режиме корректировки;
- периодическая фиксация в протоколе определенного набора таблиц данных;
- выполнение определенных действий над заданным файлом протокола по наступлению заданных условий;
- фиксация определенного набора таблиц данных по факту начала цикла расчета указанных технологических блоков для последующего вывода в протокол в случае фиксации срабатывания пускового органа;
- формирование выборок из протокола по запросу рабочей станции, формирование протокола текущего состояния МУУ по запросу рабочей станции.

### **Технологические блоки управляющей подсистемы**

К технологическим блокам управляющей подсистемы относятся следующие блоки:

- блоки ввода информации;
- блоки вывода информации;
- блоки расчета и выбора УВ.

Блок ввода локальных параметров (БЛП) предназначен для ввода аналоговых и дискретных параметров текущего режима, измеряемых непосредственно на ПС Итатская, и выполняет следующие функции:

- периодический опрос модуля АЦП Octagon 5700;
- запись значений перетоков активной, реактивной мощности и напряжения на шинах УХ-ГЭС в таблицу на вход блока первичной достоверизации;
- периодический опрос модуля дискретного ввода-вывода Octagon 5600;
- запись состояний ВЛ и генераторов в таблицу на вход блока первичной достоверизации.

Блок ввода информации от устройств удаленного сбора информации ADAM-4017 предназначен для ввода значений активной и реактивной мощности генераторов Усть-Хантайской ГЭС, и выполняет следующие функции:

- периодический опрос модулей ADAM-4017 по последовательному каналу RS485;
- запись значений активной и реактивной мощности генераторов УХ ГЭС в таблицу на вход блока первичной достоверизации.

Блок автоматического запоминания дозировки (АЗД) предназначен для формирования и выдачи управляющего воздействия (УВ) в цепи управления по факту фиксации срабатывания пускового органа (ПО), и выполняет следующие функции:

В части фиксации аварийных сигналов и выставления управляющих воздействий:

- периодический (по прерыванию системного таймера) опрос модуля дискретного ввода-вывода Otagon 5600;
- фиксация дискретного сигнала о срабатывании пускового органа;
- формирование пускового органа по результатам фиксации последовательности дискретных сигналов на заданном интервале времени (зависимый пусковой орган);
- вывод набора управляющих сигналов, сформированного по результатам выбора УВ для зафиксированного ПО.

В части формирования выставляемых управляющих воздействий:

- формирование дозировки по результатам расчета блоков выбора УВ, при этом допускается совместная работа нескольких блоков выбора УВ, и дозировка формируется для каждого ПО, согласно заданным приоритетам блоков выбора УВ и в зависимости от того, каким блоком дозировка была выбрана для данного ПО;
- принятие решения о сохранении предыдущей дозировки или обнулении дозировки через заданный интервал времени в случае, если ни один блок выбора УВ не обновляет свои выходные таблицы;
- синхронизация выбранных УВ с соседним комплектом и принятие решения о сохранении предыдущей дозировки или обнулении дозировки через заданный интервал времени в случае расхождения дозровок по комплектam.

Блок первичной достоверизации предназначен для достоверизации вводимых аналоговых и дискретных параметров на уровне датчика или канала ввода в системе, обеспечивающей дублированный ввод информации, и выполняет следующие функции:

- сравнение значений аналогового или дискретного параметра, получаемого от основного и резервного датчиков с проверкой допустимого расхождения между значениями и выхода значения за пределы допустимого диапазона, сравнение двух последовательных значений аналогового параметра, полученных от одного датчика;
- выбор значения, передаваемого на вход блока расчета УВ: с основного датчика, с резервного датчика, максимальное из двух значений;
- формирование на основе вводимых параметров текущего режима дополнительных параметров с использованием простейших арифметических операций (т.н. логических параметров или псевдозамеров), которые для блоков расчета УВ являются параметрами текущего режима;
- контроль значения аналогового параметра по значению сопоставленного ему дискретного параметра (например, контроль значения перетока активной мощности по ВЛ по состоянию ВЛ).

Блок выбора очередности генераторов, заводимых под отключение, предназначен для выбора из простейшей очереди, определяемой при настройке УВК или в режиме ручного ввода, генераторов, заводимых под отключение, а также для решения иных задач, связанных с определением количества генераторов, работающих в узле, и выполняет следующие функции:

- определение количества генераторов, работающих в узле, по дискретным сигналам о состоянии генераторов;
- определение эквивалентного сопротивления генераторов в узле согласно принятой математической модели района управления;
- определение средней загрузки генератора в узле по замеру генерируемой мощности и количеству включенных генераторов;
- определение номеров генераторов, заводимых под отключение при выборе определенной ступени ОГ, по таблице очереди в зависимости от состава включенных генераторов;
- определение размеров ступеней ОГ для блоков выбора УВ по способу I-ДО в зависимости от количества генераторов, заведенных на отключение.

Блок дорасчета параметров текущего режима по измеряемым данным текущего режима предназначен для определения параметров режима для блоков выбора УВ, работающих по принципу I-ДО, согласно принятой математической модели района управления, и выполняет следующие функции:

- дорасчет модулей и фаз напряжений в узлах схемы района управления;
- дорасчет мощностей генерации и нагрузки в узлах схемы района управления.

Блок выбора УВ по способу I-ДО с использованием полной математической модели района управления предназначен для выбора УВ по данным текущего режима в доаварийной схеме.

Блок выбора УВ по способу I-ДО с использованием упрощенной математической модели района управления, менее критичной к составу и качеству вводимой информации по сравнению с полной моделью, предназначен для выбора УВ по данным текущего режима в доаварийной схеме. Для определенных ПО управление может быть выбрано по упрощенной модели при недостаточности части данных текущего режима.

Блок выбора УВ по способу II-ДО предназначен для выбора УВ из набора заранее заданных управлений для определенного ПО в текущих схемно-режимных условиях при достижении определенными параметрами режима заданных уставок. Для определенных ПО управление может быть выбрано по способу II-ДО в случае, если аварийное возмущение, приводящее к срабатыванию данного ПО, не может быть адекватно представлено в математической модели района управления (например, аварийные возмущения на стороне 110 кВ), либо при недостаточности части данных текущего режима для выбора УВ по способу I-ДО.

Взаимосвязь технологических блоков УВК по входным и выходным таблицам данных позволяет выстроить следующую технологическую цепочку выбора и реализации УВ (Рис 2)

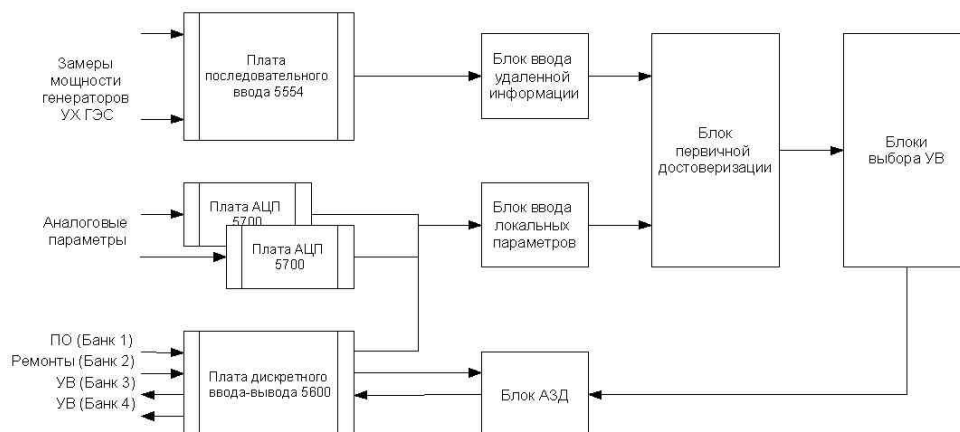


Рис 2 Технологическая цепочка программных блоков управляющей подсистемы

### Информационная подсистема УВК АПНУ Таймырэнерго

В состав информационной подсистемы входят следующие программные блоки.

Блок связи с микропроцессорным устройством (БСМУ) предназначен для организации непосредственного обмена данными между рабочей станцией и микропроцессорным устройством при помощи семейства протоколов TCP/IP по сети Ethernet 100BaseT.

Блок ввода и отображения информации (БВО) предназначен для отображения схемы района управления и параметров текущего режима и предоставления интерфейса пользователя для выполнения задач, связанных с наблюдением и контролем работы УВК.

В настоящее время информационная подсистема УВК АПНУ Таймырэнерго включает следующие рабочие места:

- Рабочее место ЦСРЗА Таймырэнерго
- Рабочее место диспетчера на ГЩУ УХ ГЭС, с выводом информации на плазменную панель 50" в режиме второго монитора (необходимо отметить, что для комфортного отображения необходимо устанавливать разрешение экрана основного монитора в точности равным разрешению плазменной панели).

Кроме того, по просьбе заказчика были установлены рабочие места генерального директора ОАО Таймырэнерго, главного инженера ОАО Таймырэнерго, главного инженера УХ ГЭС, начальника ЦСРЗА.

### Литература

1. Аржанников С.Г., Захаркин О.В., Петров А.М. Управление активной мощностью электростанций с целью сохранения устойчивости послеаварийных режимов ЭЭС // Передача энергии переменным током на дальние и сверхдальние расстояния: Труды международной научно-практической конференции, том 2. – Новосибирск, СибНИИЭ, 2003 г.
2. Разработка устройств противоаварийной автоматики в Таймырэнерго с применением микропроцессорных средств. Этап 1. Книга 1. Разработка математической модели управления Таймырэнерго и информационного обеспечения устройства АДВ. Инв. № 7492-16-т1, ИАЭС, 2000 г.