



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2013–2  
ОЭА – ОЭФ

Д.А. Васильев, А.В. Екимов, А.В. Лутчев, А.А. Новосёлов,  
В.Н. Федорченко, Ю.А. Хохлов

## **Система контроля установки ВЕС**

Протвино 2013

**Аннотация**

Васильев Д.А. и др. Система контроля установки ВЕС: Препринт ИФВЭ 2013–2. – Протвино, 2013. – 19 с., 8 рис., 1 табл., библиогр.: 10.

Представлена система контроля экспериментальной установки ВЕС. Описаны её функции, общая структура, аппаратная реализация и операторский интерфейс.

**Abstract**

Vasiliev D.A. et al. Control system of the VES setup: Preprint IHEP 2013–2. – Protvino. 2013. – p. 19, figs. 8, table 1, refs.: 10.

Control system of the VES setup is presented. Its functions, general structure, apparatus and operator interface are described.

## 1. Введение

В большинстве современных установок, работающих в физике высоких энергий в качестве самостоятельной структурной единицы реализованы системы контроля установки, также называемые исторически «системами медленного контроля». Система контроля и управления установки (СКУ) выполняет ряд функций:

- непрерывное измерение и архивирование параметров установки и среды;
- автоматизированный контроль части из них;
- управление некоторыми параметрами;
- обеспечение операторского интерфейса.

Необходимость в СКУ вызвана рядом причин:

- размером (протяженностью) установок;
- длительностью их непрерывной работы и последующей (отложенной во времени) обработки набранных данных;
- разнообразием и сложностью детекторов и систем;
- многофакторностью их функционирования.

В настоящей работе представлена система контроля одной из установок ГНЦ ИФВЭ – ВЕС. В разд. 2 приведено общее описание установки и условий ее работы. В разд. 3 перечислены функции, выполняемые СКУ, представлены ее структурная схема и аппаратная реализация. Программный интерфейс системы описан в разд. 4. В заключение дана краткая оценка использования СКУ и перспектив развития. Часть технических данных (спецификаций) вынесена в Приложение.

## 2. Установка ВЕС

Установка ВЕС работает на вторичном пучке частиц, на выводном канале 4Д синхротрона У-70 ГНЦ ИФВЭ. Цикл работы установки (длительностью 8 – 10 с) определяется циклограммой У-70 и состоит из 2-х основных фаз: вывода пучка на мишень установки (типично в течение 1 – 2 с) и ожидания пучка. В течение фазы вывода или сброса детекторы установки регистрируют сигналы продуктов реакций взаимодействия пучковых частиц с мишенью. Во время ожидания следующего сброса система сбора данных (ССД) установки передает считанные с детекторов данные в компьютер сбора данных. Далее цикл повторяется. Сеанс набора данных продолжительностью несколько недель идет круглосуточно.

Установка ВЕС представляет собой широкоапертурный магнитный спектрометр с электромагнитной калориметрией. В пучковой части установки имеются нескольких пропорциональных камер, пороговые черенковские счетчики (ПЧС), а также несколько сцинтилляционных счетчиков для выработки пучкового триггера запуска ССД.

Мишень установки размещена в ~2-х метрах от геометрического центра спектрометрического магнита и окружена так называемыми «охранными» сцинтилляционными счетчиками, закрывающими область телесного угла вне апертуры основной части спектрометра. Дипольный магнит с железным ярмом имеет апертуру ~2 x 1 м<sup>2</sup> и работает при токе 4000 А.

Трековая система спектрометра состоит из набора плоскостей (~30 шт.) газовых детекторов (ГД) - пропорциональных и дрейфовых камер, распределенных вдоль установки (перед магнитом, в его зазоре и за ним) на базе около 6 м. Размеры чувствительной области самой большой из камер, в дальнем по пучку конце спектрометра, составляет около 2.5 x 2 м<sup>2</sup>.

На выходе из магнита в промежутке между трековыми детекторами установлен многоканальный черенковский счетчик (МЧС), заполняемый рабочим газом при атмосферном давлении. Завершает установку размещенный в 5 м от магнита электромагнитный калориметр (ЭМК) с апертурой около 2 x 1.5 м<sup>2</sup>.

В триггерной схеме запуска ССД, помимо пучковых счетчиков, используются сцинтилляционные счетчики «выбывания пучка», установленные на траектории пучка после магнита.

Электроника измерения и обработки сигналов размещена частично непосредственно на детекторах, частично – в экспериментальных домиках (ЭД) вне зоны рассеяния пучка, в 10 – 15 м от магнита. В них же установлены аппаратура сбора данных и персональные компьютеры (ПК), в т.ч. на рабочих местах операторов. Вдоль ЭД и на платформе над магнитом расположены стойки с аппаратурой: для приготовления и подачи газовых смесей в ГД; газовый рефрактометр МЧС; системы и источники питания (ИП) высокого и низкого напряжений; система управления перемещением ЭМК.

### **3. Функции, структура и аппаратно-программная реализация СКУ ВЕС**

Система контроля установки ВЕС выполняет следующие функции:

1. Измерение температур: воздуха в нескольких точках ЭД, пучковой зоны, внутри закрытой кассеты ЭМК; охлаждающей воды на входе и выходе из обмоток магнита;
2. Измерение напряжений: низковольтного питания усилителей ГД; питания умножителей типа Кокрофта – Уолтона на фотоэлектронных умножителях (ФЭУ) ЭМК; высоковольтного питания ФЭУ ПЧС, и сцинтилляционных счетчиков и «подпитки» их последних динодов. Напряжения с абсолютной величиной выше допустимого (для используемых измерителей) измеряются через резистивные делители 1:100 или 1:1000;
3. Измерение параметров и контроль высоковольтного питания ГД;
4. Измерение и контроль состава и расхода газовых смесей для ГД;
5. Измерение параметров и управление ИП (для части из них) каркасов ССД;
6. Архивация измерений СКУ;
7. Обеспечение пользовательского интерфейса для взаимодействия с оператором и выполнения указанных функций;

8. В начальной версии СКУ обеспечивала отображение, синхронно с циклом У-70, временной структуры сброса пучка.

Особенностью СКУ ВЕС является использование в одной системе нескольких разнородных подсистем. Это обусловлено как постепенным развитием установки, так и принципиальным решением использовать уже разработанное, по возможности покупное и/или широко употребляемое оборудование и его программное обеспечение (“firmware”), в т.ч. от ведущих специализированных производителей. Ниже приведен список используемого оборудования, типов и параметров полевых магистралей, протоколов обмена данными (Рис. 1):

- Модульная система питания CAEN-127 [6] с протоколом CAENET (HS-CAENET) в ~5 м (по длине кабеля) от ПК СКУ;

- Регуляторы расхода газа РРГ-12 [4] с протоколом RS-485 в ~20 м от ПК;

- Регуляторы расхода жидкости с контроллерами управления фирмы Bronkhorst [3] на канале RS-232 в ~20 м от ПК СКУ;

- ИП каркасов системы МИСС [2] с контроллерами шины CAN, расположенные на расстоянии от 10 до 15 м от ПК СКУ;

- CAN - модули измерения температуры и напряжений (АЦП), размещенные в нескольких точках установки на расстояниях 5 – 15 м от ПК СКУ;

- Цифровой осциллограф (Tektronix TDS-3032) с протоколом GPIB (IEEE-488, КОП) непосредственно рядом с ПК СКУ (в текущей версии исключен).

Таким образом, программное обеспечение СКУ, реализованное на ПК P4 (процессор Intel 2400 МГц, системная память 768 Мб, жесткий диск 120 Гб), представляет собой одну систему (одну управляющую программу), в которую интегрированы разнообразные подсистемы (подпрограммы) нижнего уровня. Суммарное число каналов для управления и мониторинга равно 242.

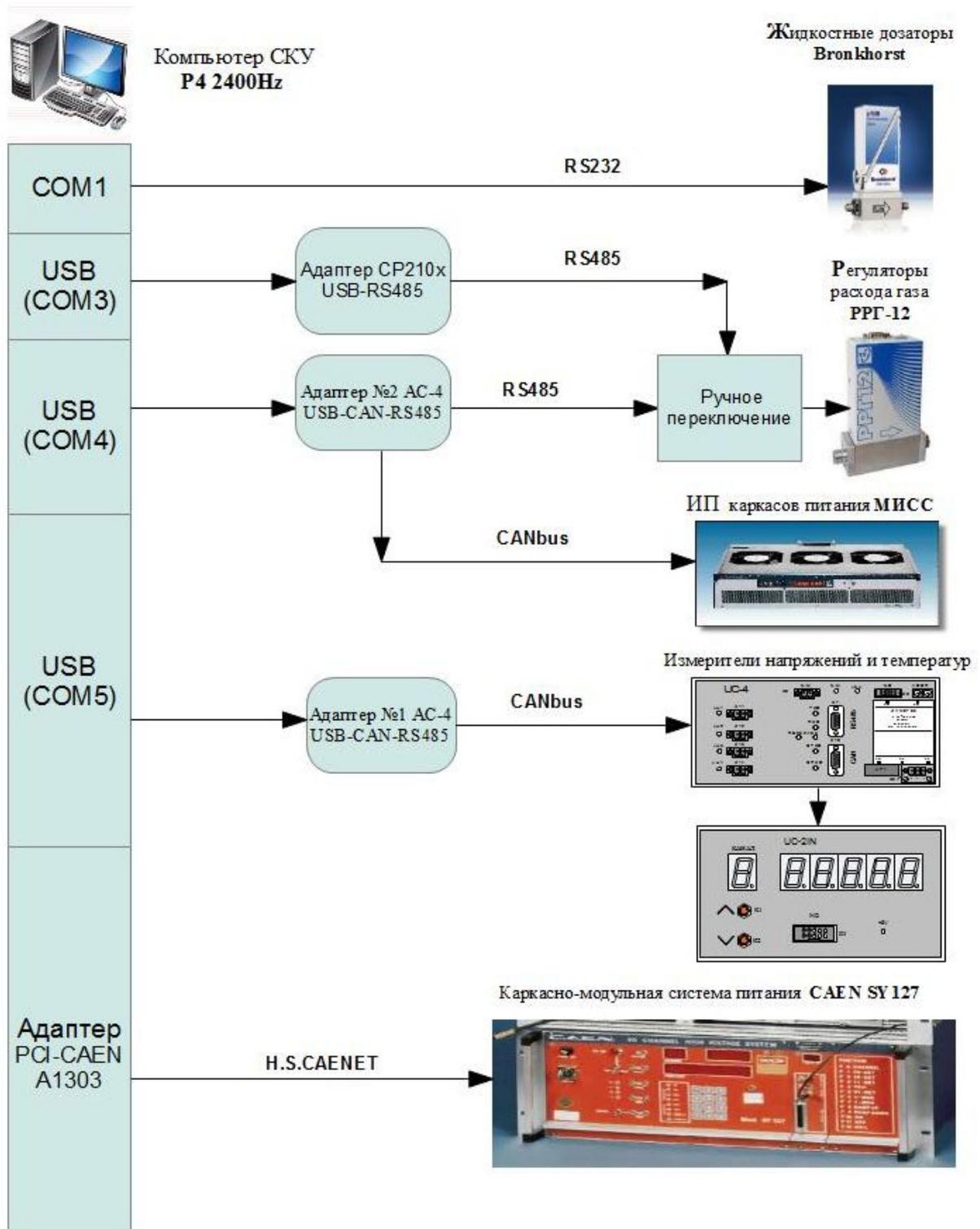


Рис. 1. Система контроля установки (СКУ, DCS) ВЕС.

Оборудование СКУ подключено к ПК через специальные адаптеры связи, каждому из которых (за исключением системы CAEN и дозаторов Bronkhorst, см. ниже) соответствует свой виртуальный порт (COM3-COM5). Нумерация портов фиксирована в программе СКУ, поэтому в ряде ситуаций (например, при повторном соединении USB-разъемов адаптеров) необходима их предварительная настройка через операционную систему (ОС) ПК. Выключение/включение питания адаптера не влечет изменений в адресации.

Адаптер АС-4 [7] №1 связывает ПК СКУ (виртуальный порт USB-COM5) и систему из шести CAN-устройств: четыре модуля измерения напряжения UC-3 и UC-4, а также два температурных модуля ИТР8W (Приложение).

Адаптер АС-4 №2 (виртуальный порт USB-COM5) организует в СКУ две линии связи: магистраль CAN для восьми источников питания каркасов МИСС и RS-485 для пяти регуляторов расхода газа РРГ-12. Начальная настройка и диагностика РРГ-12 осуществляется с использованием предлагаемой разработчиком программы «DemoNet5» по альтернативному каналу RS-485 через адаптер CP210x (порт COM3). Магистрали RS-485 адаптеров CP210x и АС-4 переключаются вручную.

Жидкостные дозаторы Bronkhorst модели IN-FLOW аппаратно контролируются собственным специализированным контроллером E7000. Сеть приборов, образуемая контроллером и двумя дозаторами, подключена к стандартному последовательному порту COM1 ПК СКУ по магистрали RS-232 (скорость 38,4 кбод). До запуска программы СКУ, соответствующий модуль которой является клиентом, необходимо запустить поставляемую производителем программу-сервер «FlowDDE» и установить в ней связь с оборудованием Bronkhorst.

Обособленно в СКУ включена многоканальная (до 40 каналов) модульная (номенклатура включает более 10 типов модулей) система высоковольтного питания CAEN SY127. Она подключается к компьютеру через специализированную плату PCI-CAEN A1303; обмен осуществляется по коаксиальному 50-Ом - кабелю посредством протокола High Speed CAENET.

## **4. Программная реализация и пользовательский интерфейс СКУ**

В качестве программной среды и средства для интеграции устройств и создания пользовательского интерфейса были выбраны соответственно ОС Window XP и пакет LabVIEW (NI Developer Suite) от National Instruments. Основными аргументами за данный выбор были их доступность, наличие готовых драйверов для части применяемых устройств, имеющийся у разработчиков опыт работы с данным программным обеспечением.

Все программное обеспечение СКУ (за исключением тестовой программы для РРГ-12) интегрировано в одну основную программу DCS2012.exe - («Detector Control System» редакция 2012 года), которая обеспечивает функционирование разнородной аппаратуры медленного контроля. Пользовательский графический интерфейс DCS2012 выполнен в виде окна с полосой из ряда закладок в нижней части. При нажатии оператором кнопки в окне программы отображается одна страница из списка: настройки СКУ «Settings», основная «Main», страницы подсистем/функций СКУ «Gas», «Bronkhorst», «CAEN», «HV», «Magnet», «LV», «Temperatures», «Temperatures2», «MISS&Summa». Аварийная ситуация в какой-либо подсистеме вызывает срабатывание звукового сигнала «тревоги» (см. ниже), который дублируется красной подсветкой соответствующей- закладки.

### **4.1. Страница настроек**

Страница «Setting» (см. Рис. 2) для системных настроек предназначена для администрирования СКУ.

Две зоны настройки адаптеров на странице содержат: адреса виртуальных COM-портов; цветовые индикаторы состояния связи («норма» зеленым или «тревога» красным цветом) с COM-портами, магистралями CAN и RS-485; наименование и адреса узловых CAN-контроллеров; установщики и индикаторы цикла опроса CAN-магистралей. Здесь же показано число каркасов МИСС и таблица с их наименованиями и CAN-адресами.

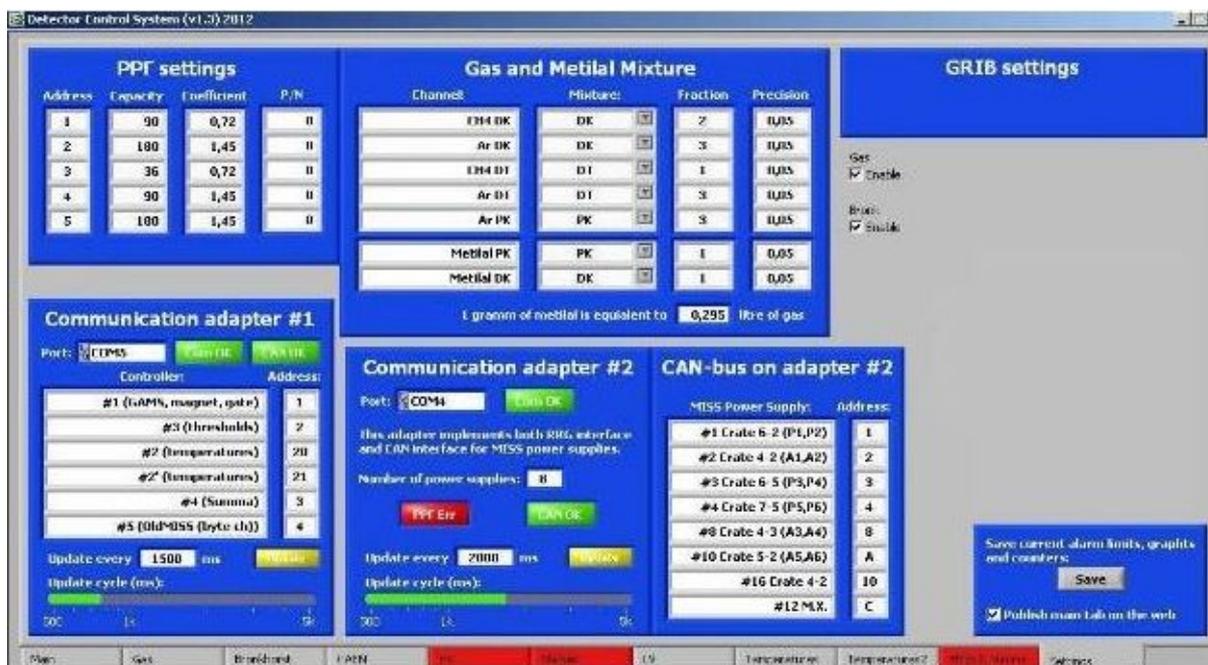


Рис. 2. Страница системных настроек «Setting».

Зона РРГ содержит для каждого регулятора расхода газа его логический адрес (задаются однократно через тестовую программу «DemoNet5»); пропускную способность по азоту; поправочный коэффициент для данного газа относительно азота; заводской номер регулятора.

Зона подготовки газовой-жидкостной смеси содержит информацию о соответствии каналов регуляторов типам смесей и пропорции компонент.

Наименования и адреса узловых CAN-контроллеров, идентификационные данные ИП каркасов, характеристики РРГ задаются в файле инициализации. Индивидуальные адреса узлов внутри сети Bronkhorst определяются кабельным подключением и программно изменяться не могут.

На странице системных настроек также находится кнопка сохранения текущих настроек программы СКУ.

## 4.2. Основная страница

Основная страница «Main» (Рис. 3) представляет оператору в компактном виде состояние всех подсистем и СКУ в целом. Она разбита на восемь зон, с большинством из которых связаны другие страницы:

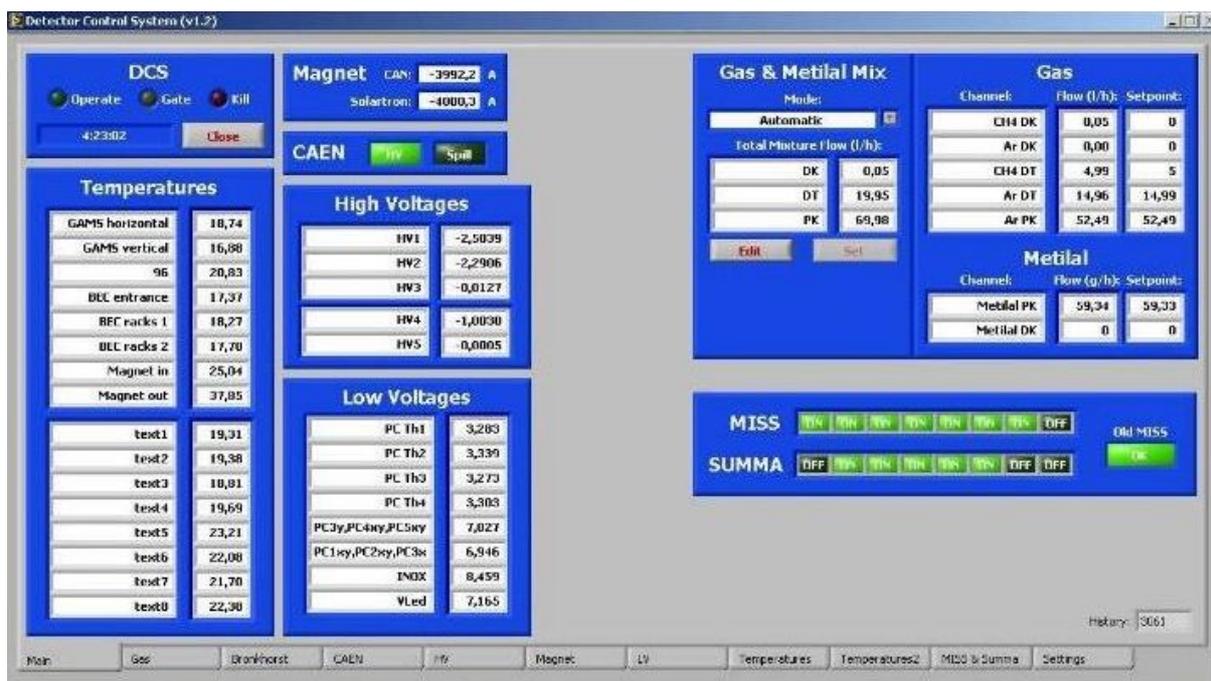


Рис. 3. Основная страница «Main».

- «DCS» – зона управления программой;
- страницы «Gas» и «Bronkhorst» – зона контроля газовой-жидкостной (с использованием диметоксиметана, или «метилаля») смеси;
- страница «CAEN» – зона статуса SY127;
- страница «HV» – зона мониторинга высоковольтного питания;
- страницы «Magnet» и «Temperatures» – зона мониторинга состояния магнита;
- страница «LV» – зона мониторинга низковольтного питания;
- страницы «Temperatures» и «Temperatures2» – зона температурных измерений;
- страница «MISS&Summa» – зона статуса ИП каркасов ССД.

В зоне управления основной страницы имеются: окно текущего времени; индикаторы опроса «Operate» и фазы сброса У-70 «Gate»; кнопка прекращения работы программы «Close»; индикатор сигнала остановки программы «Kill». На сигнал «Kill» сходятся важные сигналы ошибок (ErrOut) из параллельно выполняющихся в LabView циклов, ответственных за работу с каждой из контролируемых систем, а также кнопка выхода «Close». При появлении сигнала «Kill» каждый из циклов завершает свою

текущую итерацию и система закрывается. При нормальной работе «Kill» вызывается только нажатием «Close».

На Рис. 4 в качестве примера отдельно показана зона контроля газовой-жидкостной смеси основной страницы.



Рис. 4. Зона контроля газовой-жидкостной смеси.

Правая часть отображает задание (Setpoint) и текущий расход (Flow) пяти газовых и двух жидкостных регуляторов. В левой части можно выбрать автоматический (Automatic) или ручной (Manual) режим подготовки смеси. В автоматическом режиме оператор задает только суммарный поток смеси для данного типа детекторов. Соотношения фракций каждой смеси зафиксированы в файле инициализации.

В ручном режиме оператор произвольно управляет РРГ и жидкостными дозаторами со страниц «Gas» и «Bronkhorst» соответственно.

### 4.3. Страницы подсистем

На страницах «Gas» и «Bronkhorst», связанных с зоной контроля смеси страницы «Main», имеются (см. пример на Рис. 5) поля: задания, текущих значений подачи компоненты смеси и счетчиков для суммарного расхода с момента обнуления; пределов допустимых изменений отслеживаемой величины (подачи компоненты).

При выходе за указанные пределы вырабатывается сигнал «Тревога» с окрашиванием индикатора в красный цвет. Трансляцию на верхний уровень звукового сигнала тревоги от данной страницы можно разрешить/запретить кнопкой «Beep on Alarm».

Такой механизм сигнализации и ее отключения является общим для остальных страниц.

Способы задания предельных отклонений для разных параметров могут несколько отличаться. Так, для подачи газа и жидкости, коридор допусков вычисляется как относительное отклонение (+-5%) от заданного значения (кроме нулевого расхода); для температур предусмотрены только верхние пределы.

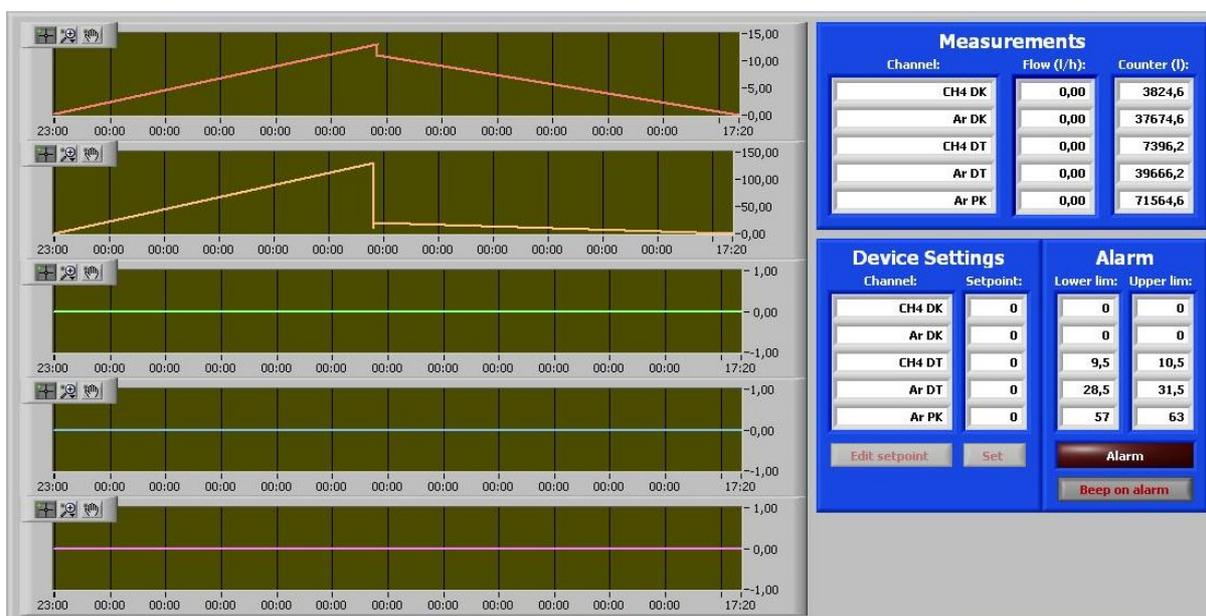


Рис. 5. Фрагмент страницы «Gas».

Зависимость измеряемого параметра от времени за последний период работы (типично несколько часов) отображается в виде графика (пример см. на Рис. 5). Подобные графики строятся для большинства параметров и на других страницах. В случае большого числа параметров на одной странице предусмотрена возможность индивидуального включения/выключения выдачи графиков. С определенной периодичностью измерения записываются в текстовый файл, именованный по параметру и дате начала записи. Это позволяет в дальнейшем восстановить эволюцию параметра за весь сеанс работы СКУ.

Кроме того, на странице жидкостных дозаторов имеется панель регулирования частоты их опроса (обычно 2000 мс).

Еще одна страница с функциями контроля – страница ИП каркасов ССД «MISS&Summa».

Зона контроля ИП MISS на этой странице представляет собой таблицу (Рис. 6), в которой для каждого источника отображается следующая информация: адрес блока и его расположение/наименование; текущие значения трех напряжений питания и трех токов; кнопка «Switch» (одновременно индикатор статуса ON/OFF) для команды на включение/выключение ИП; кнопка-индикатор «Try to recover» (No/Yes), означающая запрет/разрешение автоматического восстановления блока питания при сбое. При превышении хотя бы одного из напряжений предельного значения происходит отключение всех модулей питания источника сигналом от внутреннего контроллера.

MISS	+5.0V	-5.2V	-2.2V	I1	I2	I3	Switch	Try to recover
#1 Crate 6-2 (P9)	5,27	-5,22	-2,59	13,31	13,15	1,49	ON	No
#2 Crate 4-2 (A1,A2)	5,26	-5,53	-2,48	15,24	15,51	1,53	ON	No
#3 Crate 6-5 (P10)	5,24	-5,47	-2,56	13,64	14,40	1,36	ON	No
#4 Crate 7-5 (P11)	5,13	-5,21	-2,56	14,03	13,61	1,39	ON	No
#8 Crate 4-3 (A3,A4)	5,32	-5,53	-2,38	15,35	16,08	1,24	ON	No
#10 Crate 5-2 (A5,A6)	5,29	-5,54	-2,51	13,40	14,90	1,37	ON	No
#16 Crate 4-2	5,36	-5,56	-2,48	4,54	7,77	0,76	ON	No
#12 M.X.	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	OFF	No

Рис. 6. Зона контроля управляемыми ИП МИСС.

Зона слежения за отключением контроллеров питания каркасов СУММА [1] (модифицированные КП-49) на странице «MISS&Summa» также имеет вид таблицы, которая содержит для каждого каркаса: его номер; напряжение питания на измерительном выходе контроллера; кнопку-индикатор «Monitor» (ON/OFF) для включения/выключения слежения за данным контроллером. Значение напряжения ниже допустимого уровня (4 В) трактуется как отключение питания каркаса и вызывает сигнал «Тревога».

Кроме того, на данной странице расположен индикатор «тревоги» ИП каркасов МИСС предыдущего поколения («OldMISSstatus»). Он срабатывает на объединённые по логическому «ИЛИ» сигналы сбоя питания, вырабатываемые в этих каркасах.

Схема соответствия аппаратных средств одной ветви шины CAN страницам (либо их зонам) «MISS&Summa», «HV», «LV», «Magnet», «Temperatures» и «Temperatures1»

показана на Рис. 7. Все они, кроме первой, имеют только функции мониторинга параметров и выработки сигналов тревоги и далее отдельно не рассматриваются.

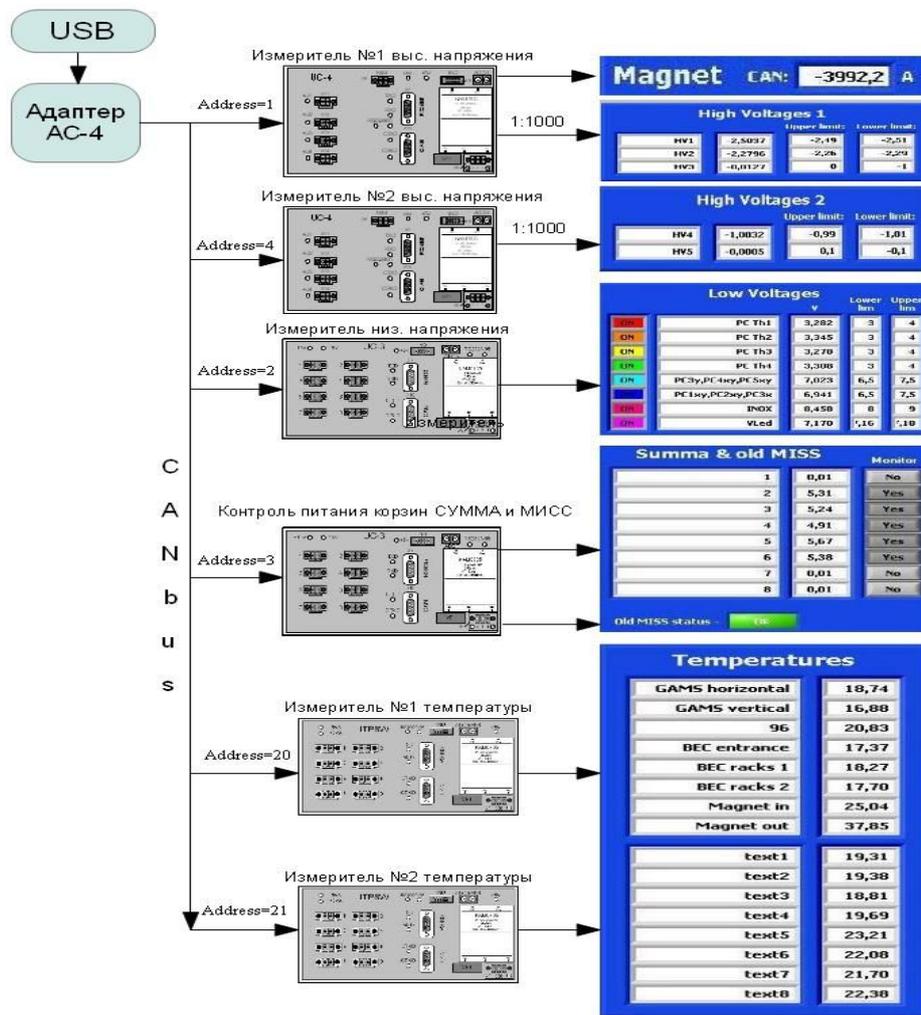


Рис. 7. Схема соответствия измерителей шины CAN страниц и зонам программы DCS2012.

#### 4.4. Страница системы питания CAEN

Система CAEN SY127 [6] имеет набор функций и соответствующие им средства по контролю высоковольтного питания детекторов установки. Имеется адаптированное руководство для оператора. В данной работе мы ограничимся описанием интерфейса с SY127 в рамках SKY BEC.

Программный модуль DCS2012 играет роль клиента. Сервер работает на процессоре SY127. Для отработки команды соединения DCS2012 с SY127 достаточно её предварительного включения.

Внешний вид соответствующей страницы СКУ показан на рис. 8. Ниже приведено описание её панелей и функций.

- Connection

На одном компьютере может быть установлено несколько плат HS CAENET, к каждой из которых может быть подключено несколько каркасов. Панель «Connection» позволяет выбрать плату (Board) и каркас (Crate Number), к которому надо подключиться.

- Commands

Подключение к выбранному каркасу производится кнопкой Connect. Отключение – кнопкой «Disconnect». После отключения можно снова подключиться (к тому же или другому каркасу), либо выйти из программы кнопкой «Close». «Clear Alarm» отключает аппаратный Alarm.

- Global Status

Эта панель отображает соответствующие статусы источника.

Статус Spill определяется сигналами V0/V1, I0/I1 (подаются на входы NIM на передней панели каркаса, в нашем случае используются как индикатор цикла Y-70) в соответствии с настройками программы.

- Program Settings

Кнопка «Write data to file» включает протоколирование напряжений и токов на всех каналах в лог-файл, задаваемый через кнопку «Select file».

Можно выбрать один из трех режимов протоколирования: запись значений при каждом их обновлении; при каждом обновлении в течение Spill; один (первый) раз за Spill. Во время записи включается индикатор «Writing». В третьем режиме он остается включенным до конца Spill.

Кнопка «Beep on alarm» включает звуковую сигнализацию статуса «Alarm».

Параметр «Tick» позволяет задать интервал, через который обновляются статусы источника, каналов, текущие значения напряжения и тока. В момент обновления загорается желтый индикатор «Updating». Зеленый индикатор «Command» сигнализирует о выполнении запроса оператора, например, о включении канала, об изменении параметра или о считывании параметров каналов в файл. Оба эти индикатора означают использование линии связи с системой.

- Таблица в центральной части экрана

Это основная панель для работы с установленными в системе модулями-источниками питания. Здесь отображаются: типы подключенных модулей, названия каналов, текущие значения напряжения и тока; имеются кнопки-индикаторы включения канала. Красная рамка вокруг названия канала обозначает статус «Trip», вокруг значения тока – «OverCurrent», напряжения – «OverVoltage» либо «UnderVoltage».

- Channel Status

Панель отображает детализированный статус выбранного канала из основной таблицы.

- Channel Settings

Панель для отображения и задания параметры выбранного канала. Если при задании значение параметра окажется недопустимым, то оно будет возвращено в допустимые пределы и отображено на данной панели.

- Save/Restore

Панель служит для сохранения параметров всех каналов в файл и их последующей загрузки. Каждый раз предлагается задать имя файла для записи, что позволяет хранить много профилей настроек.

Загрузка параметров из файла производится в соответствии с номерами каналов в файле. Если с момента сохранения профиля некоторые высоковольтные модули были извлечены, то при загрузке будет выдано предупреждающее сообщение, однако параметры присутствующих каналов будут загружены.

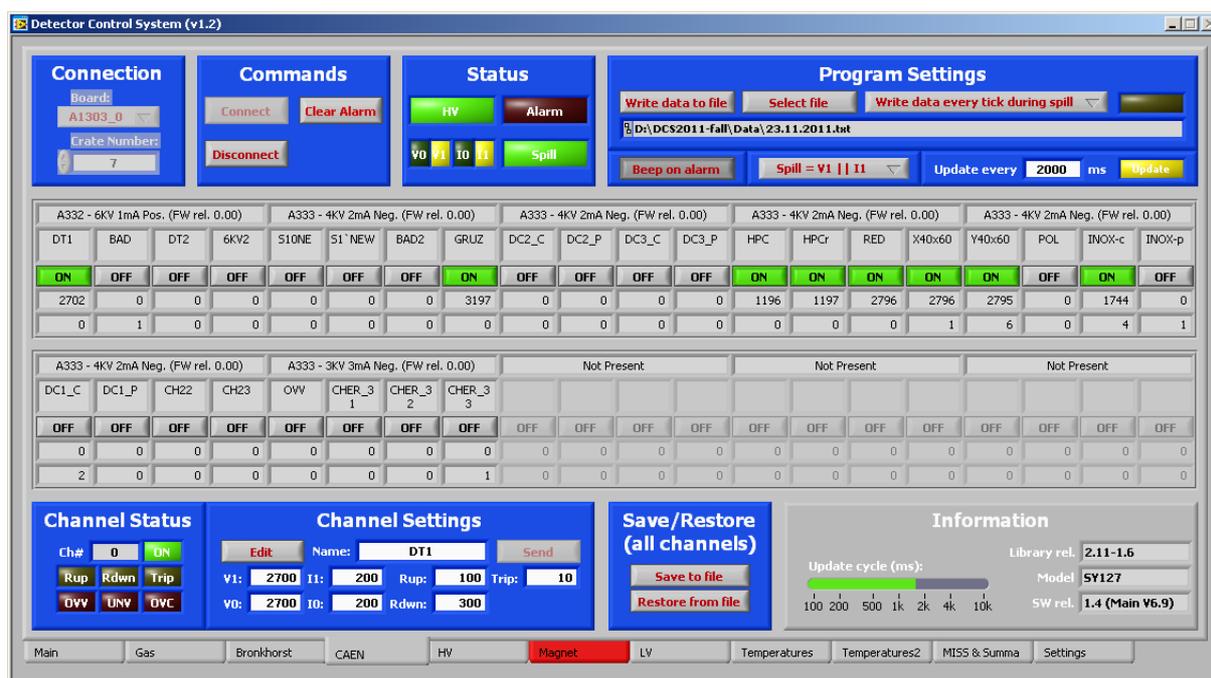


Рис. 8. Внешний вид страницы CAEN.

## 5. Заключение

Установка ВЕС была одной из первых экспериментальных физических установок ГНЦ ИФВЭ, оснащенной единой системой контроля. Основа СКУ ВЕС была создана в 2008—2009 гг. В дальнейшем система модифицировалась без изменения концепции и приняла облик, представленный в работе.

За несколько лет эксплуатации СКУ доказала свою необходимость при эксплуатации установки. Внедрение СКУ радикально снизило трудоёмкость обслуживания установки; повысило надежность и стабильность ее работы; резко снизило время реакции персонала при сбойных ситуациях; позволило формализовать и документировать технические процедуры.

Дальнейшее развитие СКУ ВЕС должно идти по пути расширения функций с интеграцией в неё уже имеющегося и вновь устанавливаемого оборудования, в т.ч. со встроенными средствами измерения и контроля:

- источников (марки FUG) и систем (CAEN SY2527) питания;
- измерителей давления (в зале и в объеме МЧС);
- интерферометрии;

и подсистем ЭМК:

- мониторирующей,
- управления высоким напряжением,
- управления перемещением.

Возможно, это потребует изменения архитектуры СКУ в пользу программно распределённой организации вместо концепции одной программы.

Авторы благодарят В.Н. Алферова и В.А. Сенько за постоянный интерес и поддержку работы.

## Приложение

Функционально блоки UC-3, UC-4 и ITP8W состоят из:

- аналого-цифровых преобразователей от фирм производителей AD7734, AD7718 [8] и LTC2400 [9];
- встроенного микроконтроллера AT mega 128 [10] с обвязкой;
- гальванически развязанных линий связи CAN, RS232 или RS485;
- устройства адресации блока ADDR;
- разъема IND для съема измеряемой информации на местном цифровом индикаторе блока UC-2IN;
- источника питания AC/DC КАМ0705.

Таблица 1.

Блок	Назначение	Число каналов	Диапазон измерения	Чувств. не хуже	АЦП	Примечания
UC3	Измерение напряжений	8 Гальваническая развязка	-10В; +10В	2мВ	2× AD7734	
UC4	Измерение напряжений	4 Гальваническая развязка по каждому каналу	0; -5В	0,5мВ	4× LTC2400	Синхронизация по сигн. «GATE»
IT-P8W	Измерение температуры	8	-25°C +105°C	0,5°C	AD7718	п/п датчик температуры AD592

Блок UC-2IN предназначен для отображения информации с блоков UC-3, UC-4 и ITP8W. Функционально блок состоит из входного разъема X1(IND), драйвера 8-разрядного цифрового индикатора с последовательным интерфейсом, светодиода индикации питания +5В, кнопок выбора канала индикации – K1, K2 и линейки из шести 7-сегментных цифровых LED индикаторов.

Конструктив всех блоков – алюминиевый профиль фирмы BOPLA, с возможностью монтажа на DIN-рейку. Габаритные размеры 180x105x35 мм.

## Список литературы

[1] Алферова О.И., Бушнин Ю.Б., Денисенко А.А., и др. – Препринт ИФВЭ 74-122, Серпухов, 1974.

[2] Бушнин Ю.Б., Ваньев В.С., Гончаров П.И. и др. – Препринт ИФВЭ 88-47, Серпухов, 1988.

[3] С.И. Букреева, Н.А. Шаланда, В.А. Сенько, А.Н. Исаев. Источник питания электронной аппаратуры физических установок ИФВЭ. – Препринт ИФВЭ 2011-19, Протвино, 2011.

[4] Регулятор расхода газа РРГ-12. Техническое описание и инструкции по эксплуатации. – Москва, 2008.

[5] Общая инструкция по цифровым приборам измерения и регулирования массового расхода/давления IN-FLOW (Bronkhorst, документ № 9.17.022).

[6] CAEN SY-127

1) CAEN High Voltage system, Technical Information Manual, 1 April, 1991.

2) А. Новосёлов. CAEN SY-127 Control System. Руководство для оператора (внутренний документ ВЕС). – Протвино, 2008.

[7] Д.А. Васильев, В.А. Кренделев, А.В. Лутчев, В.Н. Федорченко, А.Н. Холкин Преобразователь интерфейсов АС-4. – Препринт ИФВЭ 2011-2, Протвино, 2011.

[8] [http://www. Analog.com/](http://www.Analog.com/) – сайт фирмы-производителя Analog Devices.

[9] <http://www.Linear-tech.com/> – сайт фирмы-производителя Linear Technology Corporation.

[10] <http://www.Atmel.com/> – сайт фирмы-производителя Atmel.

*Рукопись поступила 29 января 2013 г.*

Д.А. Васильев и др.

Система контроля установки ВЕС.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

---

Подписано к печати 31.01.2013.      Формат 60 × 84/16.      Цифровая печать.

Печ.л. 1,45.      Уч.–изд.л. 2,02.      Тираж 80.      Заказ 8.      Индекс 3649.

---

ФГБУ ГНЦ ИФВЭ

142281, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

---

ПРЕПРИНТ 2013-2, ИФВЭ, 2013

---