



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

ИФВЭ 2012–18  
ОЭА – ОЭФ

Е.В. Волков, В.Д. Матвеев, А.А. Иванов,  
А.В. Солодков, Ю.А. Хохлов

**Система управления перемещением  
электромагнитного калориметра установки ВЕС**

Протвино 2012

**Аннотация**

Волков Е.В., Матвеев В.Д., Иванов А.А., Солодков А.В., Хохлов Ю.А. Система управления перемещением электромагнитного калориметра установки ВЕС: Препринт ИФВЭ 2012–18. – Протвино, 2012. – 19 с., 4 рис., библиогр.: 7.

В состав установки ВЕС входит электромагнитный калориметр. Для управления его перемещением создана специальная система. В работе описаны её структура, функции, аппаратная реализация и программное обеспечение.

**Abstract**

Volkov E.V., Matveev V.D., Ivanov A.A., Solodkov A.V., Khokhlov Y.A. Control System for the Movement of the Electromagnetic Calorimeter at VES Setup: IHEP Preprint 2012–18. – Protvino, 2012. – p. 19, figs. 4, refs.: 7.

The VES setup includes an electromagnetic calorimeter. A dedicated system for the control of its movement is implemented. The structure, functions, hardware and software of the system are described.

## Содержание

1. Введение .....	3
1.1. Электромагнитный калориметр ВЕС и первоначальная система управления его перемещением (СУП).....	3
2. Архитектура и оборудование СУП .....	6
2.1. Описание СУП. ....	6
2.2. Плата контроллера СУП.....	8
2.3. Датчики перемещени.....	10
2.4. Дисплей .....	10
2.5. Блок управления.....	10
2.6. Блок силового управления (БСУ).....	13
3. Программное обеспечение (ПО) и алгоритмы работы СУП. ....	14
3.1. ПО контроллера .....	14
3.2. Интерфейс с пользователем ПК. ....	16
4. Заключение .....	17
Список литературы.....	18
Приложение.....	19



## 1. Введение

### 1.1. Электромагнитный калориметр ВЕС и первоначальная система управления его перемещением

Электромагнитный калориметр (ЭМК) установки ВЕС предназначен для измерения энергий и координат высокоэнергичных гамма-квантов.

Регистрирующие счетчики ЭМК имеют два поперечных типоразмера -  $38 \times 38$  мм<sup>2</sup> (малые) и  $76 \times 76$  мм<sup>2</sup> (большие). Счетчики плотно уложены в виде матрицы в светоизолированную кассету размером около  $292 \times 228 \times 126$  см<sup>3</sup>. Схема укладки показана на Рис. 1.

«Широкие» (76 мм) колонки и ряды пронумерованы слева направо и снизу вверх, таким образом задавая географический «адрес» большого счетчика или четвёрки малых.

Отдельные малые счетчики в своей четверке нумеруются заданием номера квадранта по схеме, изображенной на Рис. 2.

Таким образом, формируется т.н. CRQ (column row quarter) адрес счетчика в матрице, в виде CCRRQ, с  $CC = 01, \dots, 33$ ,  $RR = 01, \dots, 24$ ,  $Q = 1, \dots, 4$  или (для больших счетчиков) 0. Для пропуска пучка оставлено отверстие размером в 1 малый счетчик по адресу  $CRQ = 16122$ .

Кассета массой около 9 т установлена на 2-х вертикальных винтах на несущей конструкции, что позволяет перемещать её по вертикали в пределах около 195 см. Вся конструкция ЭМК общей массой около 14 т, в свою очередь, может перемещаться по

рельсам по горизонтали в поперечном относительно пучка направлении в пределах около 235 см. Перемещение ЭМК по горизонтали (далее – X) и вертикали (Y) обеспечивается двумя асинхронными 3-фазными (~380 В, 50 Гц) двигателями мощностью 0.37 кВт и 3 кВт соответственно и системами шестерёнчатых (червячных) передач.

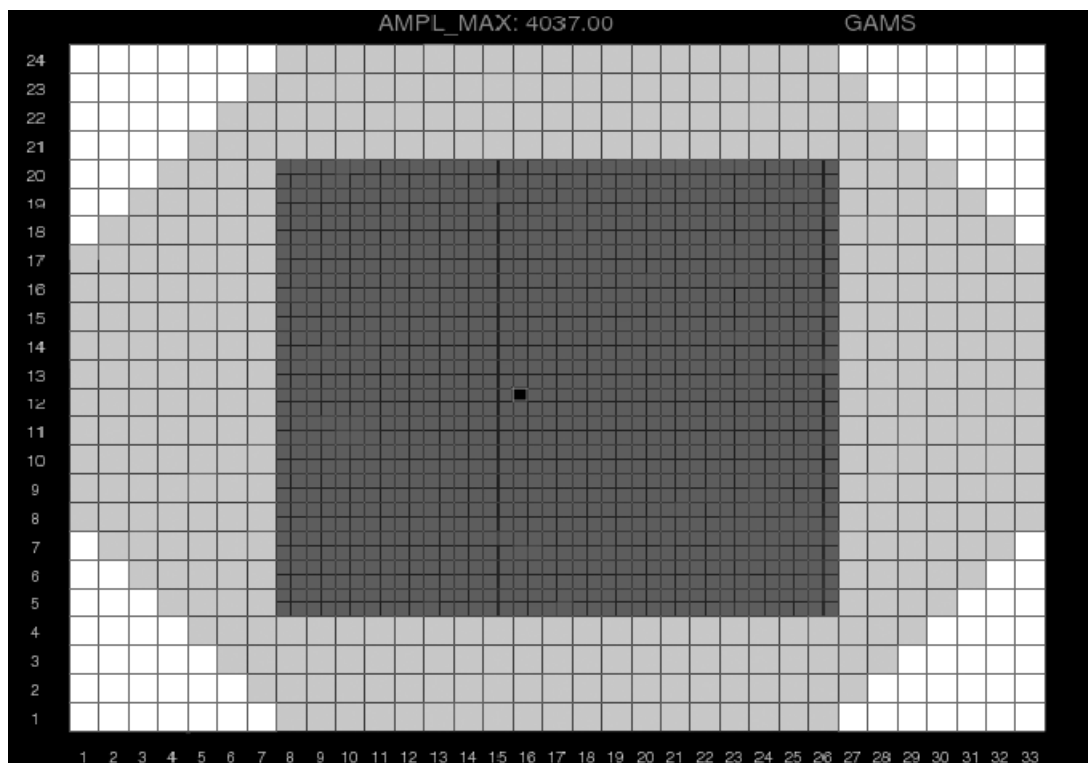


Рис. 1. Схема расположения счетчиков в кассете ЭМК. Серые – большие счетчики; темно-серые – малые; белые – пластиковые муляжи; черный – отверстие для пучка.

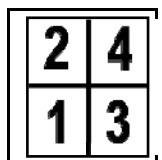


Рис. 2. Схема нумерации малых счетчиков.

Перемещение кассеты по двум координатам X,Y необходимо в 2-х основных целях:

- 1) точное (около 1 мм) позиционирование кассеты центральным отверстием на пучке при наборе данных;
- 2) прокатка кассеты с позиционированием каждого счетчика по очереди на электронном пучке при их калибровке.

Кроме того, перемещение облегчает обслуживание ЭМК, в том числе доступ к счетчикам.

Первоначальная система управления перемещением (СУП) была создана одновременно с самим ЭМК. Она была реализована в виде 2-х пространственно разнесённых подсистем: 2-х специализированных электронных модулей системы СУММА (по одному на каждую координату) в домике электроники системы сбора данных (ССД) и отдельного каркаса механического стандарта «Вишня» на площадке вблизи ЭМК. Функционально в систему включались также датчики положения 2-х типов (по каждой из координат), конструктивно являющиеся узлами ЭМК: многооборотные резисторы абсолютного положения и инкрементальные оптические (пара излучатель – приемник) датчики угла поворота; оба датчика были связаны – напрямую либо через шестеренчатую передачу - с вращением ходового вала (винта).

Каркас СУП включал ряд блоков: источник питания для обеспечения всех необходимых номиналов напряжений; блок коммуникации, кодировки и индикации; силовые блоки управления двигателями X и Y. Сюда же подсоединялись концевые выключатели по обеим координатам (всего 4 шт.), установленные на ЭМК для ограничения диапазона его допустимого перемещения.

Выходные сигналы с датчиков поступали в каркас СУП, где кодировались и индицировались в условных единицах, привязанных к размерам счетчика ЭМК. По сигнальным кабелям длиной около 15 м коды положения передавались в модули конструктива СУММА. В модулях был запрограммирован (на цифровых логических схемах) простой алгоритм подачи в каркас СУП сигналов на направление вращения и включение двигателей ЭМК, основанный на сравнении текущих координат ЭМК и координат

назначения, получаемых от выделенного (т.н. аппаратного) персонального компьютера (ПК). Связь модулей СУММА с ПК осуществлялась по цепочке: шина СУММА - кар-касный контроллер СУММА - шина QBUS - плата ISA-QBUS (позднее PCI – QBUS).

Первая версия СУП после многих лет использования морально и физически устарела. Возможности по авторскому надзору и оперативному ремонту были ограничены, и нормальная эксплуатация СУП стала практически невозможной. Было принято решение о разработке новой системы.

## **2. Архитектура и оборудование СУП**

### **2.1. Описание СУП**

Новая СУП взаимодействует с персональным компьютером (ПК) по интерфейсу RS232. Она включает: плату контроллера на базе микропроцессора, блок управления перемещениями (БУ) и блок силового управления двигателями (БСУ). 2-ступенчатая система измерения положений со сложно настраиваемыми датчиками заменена на бесконтактные цифровые линейные датчики абсолютного положения. Индикация выполнена на промышленно производимом индикаторе.

Последовательная модернизация СУП прошла в два этапа. Первый вариант функционально повторял старую систему БУ-БСУ, но выполненную на печатных (не макетных) платах и на более современной элементной базе.

Второй вариант БУ-БСУ базируется на ПЛИС ACEX-1 (ALTERA) и реализует расширенный набор функций управления в 3-х режимах (программном, ручном электронном, ручном аварийном), а также набор защитных и диагностических функций, отсутствовавших ранее.

Плата контроллера с соответствующими изменениями программного обеспечения (ПО) может использоваться как с первым, так и со вторым вариантами БУ-БСУ.

В силовых цепях БСУ в штатных режимах используются твердотельные электронные реле. Электромеханические переключатели («контакторы»), на которых строилась первоначальная система, используются только в аварийном режиме, ориентированном на полный отказ электроники управления.



В дальнейшем в представленной работе рассматривается окончательный вариант СУП (Рис. 3).

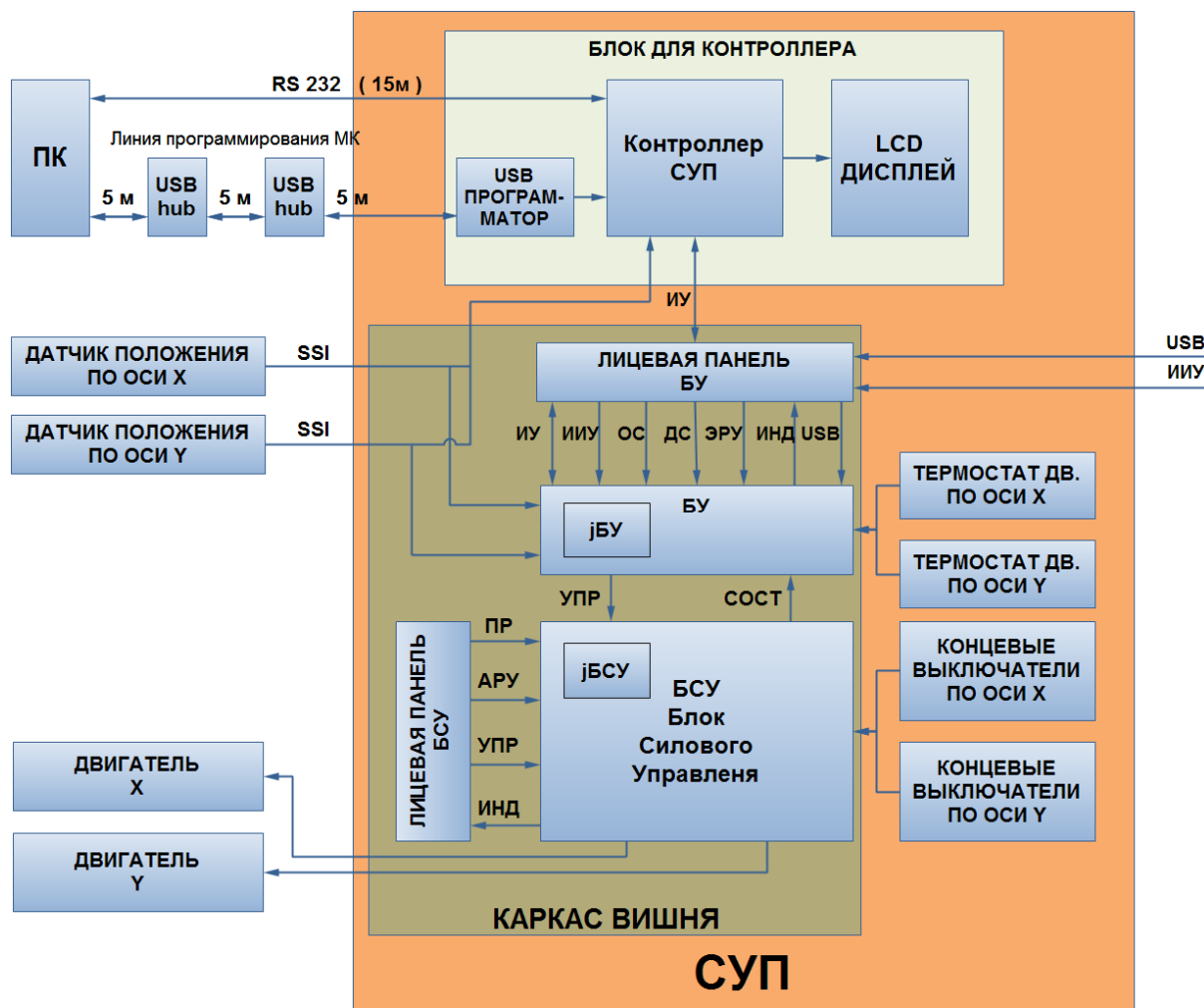


Рис. 3. Структурная схема СУП ЭМК.

Обозначения на схеме:

**ИУ** – интерфейс управления;

**ИИУ** – имитационный интерфейс управления – подсоединение пульта автономной наладки и проверки БУ;

**ОС** – общий сброс;

**ДС** – установка начального («дефолтного») состояния;  
**ЭРУ** – электронное ручное управление;  
**ИНД** – индикация;  
**АРУ** – аварийное ручное управление;  
**USB** – вход шины USB для варианта расположения контроллера СУП внутри БУ;  
**УПР** – линия управления в БСУ;  
**СОСТ** – линии состояний из БСУ;  
**jБУ** – съёмные переключки («джамперы») фиксации режимов в БУ;  
**jБСУ** – защитные съёмные переключки режима силового управления;  
**ПР** – плавкие предохранители.

## 2.2. Плата контроллера СУП

В качестве основного управляющего узла СУП выступает микроконтроллер STM32F103RBT6 [1] с ядром Cortex-M3. Контроллер входит в состав платы STM32-P103 [2], основные технические характеристики приведены в Приложении.

Плата контроллера может быть размещена как вблизи ПК, так и непосредственно на каркасе СУП, и выполняет следующие функции:

- взаимодействие с пользователем ПК посредством интерфейса RS232 ;
- считывание координат положения по осям X и Y;
- вывод информации о положении калориметра на дисплей;
- взаимодействие с каркасом СУП, а именно:
  - управление перемещением,
  - определение текущего состояния, диагностика неисправностей и сбоев.

Плата микроконтроллера снабжена набором интерфейсов. Помимо задействованных для них контактов, микроконтроллер имеет 26 свободных линий ввода/вывода, которые использованы для создания дополнительных интерфейсов связи и соединений. Необходимые компоненты смонтированы на предусмотренной на плате макетной площадке и на дополнительной плате, установленной в виде мезонина. После дора-

ботки готовый блок контроллера имеет в своем составе следующие задействованные интерфейсы и соединители:

- соединитель Dsub9 для связи с компьютером по интерфейсу RS232;
- интерфейс JTAG для программирования микроконтроллера;
- 10- контактный соединитель для 4-х линий сигналов включения двигателей (для совместимости с не модернизированным вариантом СУП);
- 10-контактный соединитель для управления работой дисплея;
- 2 разъема RJ45 для интерфейса SSI, реализующего связь с датчиками положения по осям X и Y;
- соединитель Dsub9 для разработанного интерфейса связи с БУ СУП;
- соединитель для питания платы +5 В.

Рабочая программа загружается в память микроконтроллера через программатор MT-LINK [3] с JTAG интерфейсом по шлейфу ограниченной длины (20 см). Связь программатора с ПК осуществляется по интерфейсу USB. Для удаленной загрузки микроконтроллера, располагающегося в районе размещения каркаса СУП (расстояние около 15 м) используется последовательное соединение трех USB кабелей 5-метровой длины, два из которых или активные (с усилением и восстановлением сигналов USB шины), или включаются через стандартные USB хабы.

Программу микроконтроллера можно заменять, практически не прерывая рабочий процесс. Время записи не превышает 10 секунд.

Необходимость замены программы возникает в ряде случаев:

- изменение траектории пучка при разных режимах работы (полях) магнита установки ВЕС;
- переключение между двумя вариантами блоков каркаса СУП;
- перестановка (в процессе юстировки или ремонта) концевых выключателей и датчиков положения;
- уточнение параметров (временных задержек) и алгоритмов программы в ходе работы.

### **2.3. Датчики перемещения**

Используются бесконтактные датчики – измерители пути BTL5-S105 (Balluff [4]) на основе магнитострикционного эффекта. В точке металлической рейки, над которой расположен подвижный постоянный магнит, импульсно возбуждается механическая волна. Расстояние от точки возбуждения до преобразователя сигналов на конце рейки определяется по времени распространения импульса.

Для координаты X использована модель с номинальной длиной хода 2750 см, рейка которой жестко закреплена вдоль рельс, по которым перемещается ЭМК, а штанга с магнитом – на корпусе ЭМК. Рейка измерителя Y, с длиной хода 2500 см, вертикально закреплена на корпусе, а магнит установлен на кассете. После установки определяются координаты крайних положений ЭМК, взятых в качестве опорных точек.

Датчики позволяют измерить координату с точностью 40 мкм, что превышает требования к точности определения положения ЭМК. Связь преобразователя сигналов с контроллером осуществляется посредством синхронно-последовательного (SSI) интерфейса по кабелю UTP категории 5A длиной 50 м (до 400 м по спецификации).

### **2.4. Дисплей**

Для вывода информации о положении калориметра используется жидкокристаллический модуль MT-20S4A [5] на базе микроконтроллера КБ1013ВГ6. Модуль отображает 4 строки по 20 знаков, в т.ч. в английском и русском алфавитах. Имеется возможность работать с модулем как по 8-, так и по 4-битной шине. В целях экономии выходов контроллера используется 4-битный интерфейс. Всего для управления дисплеем используется 6 выходов контроллера.

### **2.5. Блок управления**

Программируемый блок, выполняющий функции управления и диагностики (БУ), выполнен в виде отдельного двухместного модуля в каркасе конструктива «Вишня».

По шине каркаса БУ связан с блоком силового управления (БСУ), датчиками перемещений и термодатчиками (термостатами) на двигателях. Связь БУ - БСУ включает шесть сигналов управления от БУ и 13 сигналов состояния от БСУ в уровнях TTL.

На передней панели БУ располагаются:

- соединитель интерфейса управления (ИУ) для связи с контроллером СУП;
- соединитель USB;
- соединитель для обеспечения имитации управления при автономной наладке и проверке БУ;
- органы электронного ручного управления;
- кнопки общего сброса и установки начального состояния системы управления;
- светодиодная индикация исполняемой команды, состояния движений, аварийного сигнала и его причин;
- окно для установки LCD дисплея для вывода информации о положении ЭМК

Интерфейс управления использует 8 однонаправленных линий с TTL уровнями сигналов: 7 линий от контроллера в БУ (6 для кода команды, 1 — для сигнала сопровождения команды) и 1 линия — сигнал состояния управления/аварийный сигнал - от БУ в контроллер.

Конструкция БУ позволяет установить контроллер СУП внутрь модуля, а дисплей - в окне на его лицевой панели. При этом соединитель Dsub9 ИУ используется для связи контроллера с ПК через RS232. Соединитель USB задействуется для программирования контроллера; входы с датчиков перемещения подсоединяются к контроллеру через переходники в БУ. Модуль БУ имеет автономное питание (в т.ч. для встроенного контроллера), обеспечиваемое от однофазной сети переменного тока (50 Гц, 220 В).

Все команды СУП с их модификациями выполняются в ПЛИС (типа FPGA) EP1K1000C208, всего 28 команд:

- включения и выключения движений (8 команд);

- блокировки (останова) ручного электронного перемещения (2, по одной на ось);
- блокировки аварийного отключения движений по координатам (2);
- включения и исключения состояний по координатам (X,Y) из аварийного сигнала (3);
- сбросов различного назначения и имитации аварийного сигнала (4);
- управления временной задержкой включения движений (2);
- опроса состояний (7): разрешения выдачи команды, аварийного и электронного ручного управления, концевых выключателей ЭМК, термостатов, достаточности величин напряжения входных и исполнительных (на двигателях) фаз питания.

Реализованный набор команд позволяет диагностировать возникновение аварийных ситуаций, аппаратно прекращать движение с выдачей аварийного сигнала, запоминать и в дальнейшем анализировать на уровне контроллера СУП ряд аварийных состояний.

Команды блокировки электронного ручного управления могут использоваться для защиты от ручного перемещения ЭМК в нежелательную область координат.

В общем случае аварийный сигнал и аппаратная блокировка движения возникает при недостаточной величине напряжения по любой из 3-х входных или исполнительных фаз, по сигналу термостата о превышении допустимой температуры корпуса двигателя (70° С), по сигналу от концевого выключателя ЭМК для соответствующего направления.

Для аппаратной фиксации отдельных режимов в БУ предусмотрен набор съемных перемычек, задающих:

- блокировку электронного ручного управления;
- блокировку программного изменения предустановленной задержки включения движений;
- фиксацию работы (кроме режима АРУ) через твердотельные реле или электромеханические контакторы;

- исключение сигнала пониженного напряжения исполнительных фаз при формировании аварийного сигнала.

## 2.6. Блок силового управления (БСУ)

Блок выполнен в виде многоместного модуля конструктива «Вишня» и вместе с БУ занимает полный каркас. БСУ имеет отдельное трехфазное питание от сети переменного тока (50 Гц, 220/380 В).

В БСУ расположены:

- входной контактор трехфазной сети с выключателем на лицевой панели;
- твердотельные реверсивные реле на общем радиаторе для управления в штатных режимах;
- светодиодные индикаторы напряжений входных и исполнительных фаз;
- плавкие предохранители на входных фазах горизонтального и вертикального перемещения (на 10 А и 30 А соответственно) и фазе, используемой для управления контакторами (2 А);
- электромеханические контакторы аварийного управления;
- тумблер перевода БСУ в режим аварийного управления и кнопки аварийного управления;
- релейная схема преобразования слаботочных сигналов концевых выключателей в сильноточные сигналы управления контакторами;
- электронная плата преобразования и обработки сигналов управления, слежения за напряжением фаз питания и формирования сигналов состояний для БУ.

В БСУ используются реверсивные реле переключаемой мощности 5 кВт типа SGR5048TD фирмы Singa. Выходы от электромеханических контакторов (для аварийного режима) и твердотельных реле (для штатных режимов) присоединены к выходам на обмотки двигателей параллельно. Для защиты от ошибочного (из-за пропадания сигналов, наводок и т. д.) одновременного включения по входным цепям управления контактора и твердотельного реле установлены защитные перемычки фиксации режима.

Для защиты твердотельных реле от ложных срабатываний («дребезга») по выходам ключей, работающих на большие индуктивные нагрузки, все выходные ключи защищаются параллельно включенными RC - цепями и варисторами.

Перемещение ЭМК в режиме аварийного ручного управления в отличие от других режимов блокируется только концевыми выключателями ЭМК.

### **3. Программное обеспечение и алгоритмы работы СУП**

#### **3.1. ПО контроллера**

В основе алгоритма работы контроллера лежит принцип использования потоков (thread). Такой вариант был выбран с целью гарантированного обмена данными между всеми элементами системы. В каждый момент времени микроконтроллер способен выполнять только одну задачу. Использование потоков позволяет осуществлять переключение между задачами, создавая имитацию одновременного выполнения нескольких из них.

Программное обеспечение для микроконтроллера написано с использованием операционной системы ChibiOS/RT [6]. Поток, получив процессорное время равное 20 микросекундам, выполняет свои задачи, в зависимости от алгоритма вносит изменения в глобальные переменные, к которым могут обращаться другие потоки, и затем по истечению времени процессорное время передается следующему потоку.

В программе используется 6 потоков.

- Поток 1 (Thread 1 RS232) взаимодействия между пользователем ПК и микроконтроллером посредством интерфейса RS232. Основные функции в новейшей версии СУП:
  - выдача текущего положения;
  - прием команд на перемещение и его прекращение. В командах перемещения используются два способа отсчета координат:
    - в единицах датчиков положения (1 ед. соответствует 40 мкм).



- в адресах счетчиков CRQ, соответствующих положению центра счетчика на номинальных координатах центра пучка при данной траектории. Положение, помимо этих двух видов, выдается также в мм.
  - выдача текущего состояния из 3-х возможных:
    - команда перемещения в процессе выполнения;
    - команда перемещения успешно завершена;
    - команда перемещения окончилась сбоем.
  - выдача информации о:
    - состоянии концевых выключателей;
    - состоянии термостатов на двигателях перемещения;
    - положении тумблеров режимов управления (ручное аварийное, ручное электронное или программное управление);
    - программных ограничениях по координатам перемещения.
- Поток 2 (Thread 2 Axis X): перемещения по оси X. Его функции:
  - включение двигателя оси X на перемещение в указанном направлении;
  - нормальное отключение двигателя по условию попадания текущей координаты в заданный допуск отклонения от координаты назначения;
  - аварийное выключение двигателя в случае срабатывания программных защит:
    - если координата ЭМК не изменилась в течение установленного времени после получения команды перемещения;
    - в случае движения (изменения координат) в противоположную сторону;
    - если ЭМК переехал точку назначения (с учетом допуска), что в принципе возможно за время паузы в работе потока 3 (см ниже).
- Поток 3 (Thread 3 Balluff): считывания координат ЭМК с обоих датчиков Balluff [4].

- Поток 4 (Thread 4 Axis Y): перемещения по оси Y; функционально - копия Thread 2 Axis X со своими значениями параметров (координат, допусков, задержек).
- Поток 5 (Thread 5 LCD-Display): вывода информации на дисплей.
- Поток 6 (Thread 6 Mode Control): взаимодействие с БУ. Функции:
  - опрос режима управления (программное, электронное ручное, аварийное ручное);
  - опрос на наличие аварийного состояния концевых выключателей, термостатов, напряжения силового питания;
  - посылка отдельных управляющих команд (всего 29) от пользователя ПК в блок БУ в бинарном или текстовом коде;
  - посылка последовательности команд по программному алгоритму.

### **3.2. Интерфейс с пользователем ПК**

Для управления контроллером используется линия RS-232 со стандартной скоростью 115200 бод. Длина кабеля связи ПК с контроллером около 20 метров, что заведомо меньше предельного для этого протокола.

При помощи программного интерфейса, реализованного в ОС LINUX, оператор через пользовательскую программу получает доступ ко всем функциям Потока 1 программы контроллера.

Наряду с пользовательской программой на стороне ПК написан сервер для системы DIM [7], который позволяет управлять движением ЭМК удаленно с любого компьютера, используя протокол DIM (Distributed Information Management System). Управление калориметра посредством DIM используется, в частности, в автоматизированном процессе калибровки ЭМК на электронном пучке.

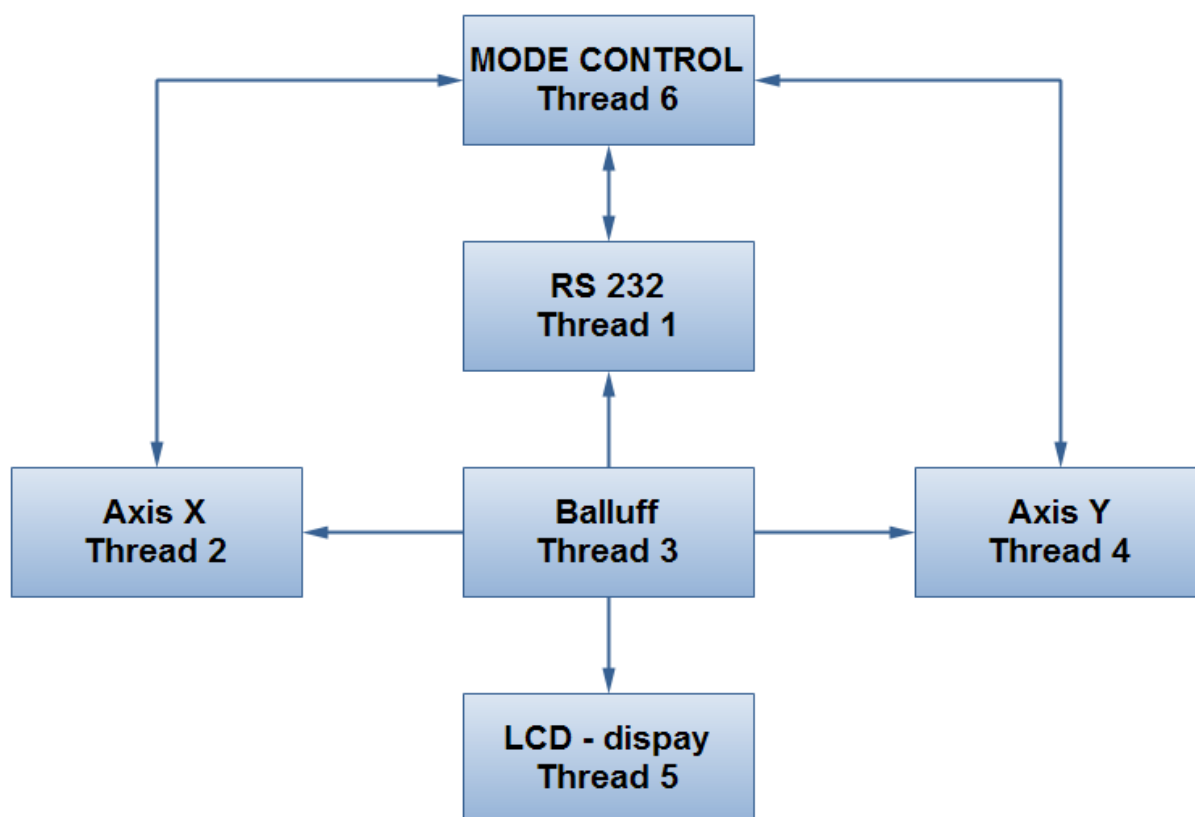


Рис. 4. Схема взаимодействия потоков.

#### 4. Заключение

Новая система управления перемещением ЭМК установки ВЕС, заменившая устаревшую первоначальную систему, выполнена на современной коммерчески доступной элементной базе, что дает возможность починки и повторного изготовления. Система предоставляет достаточно удобные сервисы, облегчающие работу оператора и позволяющие быстро диагностировать возможные поломки. В ходе сеансов длительностью по несколько суток с экспозицией счетчиков ЭМК на пучке в автоматическом режиме «старт – перемещение - стоп» СУП показала надёжную работу. Возможность перепрограммирования контроллера СУП придала системе гибкость для адаптации к условиям сеанса.

В дальнейшем возможно усовершенствование программного обеспечения системы путем реализации графического операторского интерфейса.

Авторы выражают признательность сотрудникам ГНЦ ИФВЭ: Е.А. Устинову за рекомендации по выбору координатных датчиков; О.В. Соловьянову за рекомендации по использованию DIM; Н.Е. Михалину, Е.Н. Чернову, А.Я. Васину за монтаж узлов СУП.

### Список литературы

- [1] Описание микросхемы STM32F103RBT6:  
[http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL\\_RESOURCES/TECHNICAL\\_LITERATURE/DATASHEET/CD00161566.pdf](http://www.st.com/internet/com/TECHNICAL_RESOURCES/TECHNICAL_LITERATURE/DATASHEET/CD00161566.pdf)
- [2] Описание платы STM23-P103: <http://lib.chipdip.ru/189/DOC000189300.pdf>
- [3] Программатор MT-LINK:  
<http://www.starterkit.ru/html/index.php?name=shop&op=view&id=15>
- [4] Balluff: [http://www.balluff.ru/Weg-Abstandmessung/en/PDF/Wi02\\_r.pdf](http://www.balluff.ru/Weg-Abstandmessung/en/PDF/Wi02_r.pdf)
- [5] Дисплей MT-20S2A: <http://www.melt.com.ru/shop/indikatory-zhk/znakosinteziruyuschie-zhk-indikatory.html>
- [6] ChibiOS/RT: <http://www.chibios.org/dokuwiki/doku.php>
- [7] Dim: <http://dim.web.cern.ch/dim/>

## Приложение

### Технические характеристики платы контроллера STM32-P103

- установленный микроконтроллер STM32F103RBT6:
  - ядро Cortex-M3, рабочая частота 72 МГц, разрядность 32 бит;
  - 128 кБ Flash-памяти программ, 20 кБ SRAM;
  - два 12-разрядных 16-канальных АЦП;
  - интерфейсы USB, CAN, 3×USART, 2×SPI, 2×I2C, LIN;
  - 49 линий ввода/вывода;
  - корпус LQFP64;
- соединители USB, CAN, RS-232;
- считыватель SD-карт;
- светодиоды индикации питания и состояния;
- кнопка и светодиод пользователя;
- стабилизатор напряжения +3.3 В;
- JTAG-интерфейс для внутрисистемной отладки;
- макетная площадка.

*Рукопись поступила 15 октября 2012 г.*

Е.В. Волков, В.Д. Матвеев, А.А. Иванов, А.В. Солодков, Ю.А. Хохлов

Система управления перемещением электромагнитного калориметра установки ВЕС.

Препринт отпечатан с оригинала-макета, подготовленного авторами.

---

Подписано к печати 25.10.2012. Формат 60 x 84/16. Цифровая печать.

Печ.л. 1,4. Уч. изд.л. 2,02. Тираж 80. Заказ 58. Индекс 3649.

---

ФГБУ ГНЦ ИФВЭ

142281, Протвино Московской обл.

Индекс 3649

---

ПРЕПРИНТ 2012–18, ИФВЭ, 2012

---