

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ
им. Г.И. Будкера
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РАН
(ИЯФ СО РАН)

В.И. Каплин, А.Н. Квашнин, Е.Б. Левичев,
О.А. Плотникова

ПРОГРАММИРУЕМЫЙ
32-КАНАЛЬНЫЙ КОНТРОЛЛЕР ТЕМПЕРАТУРЫ
С УПРАВЛЯЕМЫМИ РЕЛЕ

ИЯФ 2013-1

Новосибирск
2013

В.И. Каплин, А.Н. Квашнин, Е.Б. Левичев, О.А. Плотникова

Программируемый 32-канальный контроллер температуры с управляемыми реле

Аннотация

В работе описывается 32-канальный контроллер температуры, предназначенный для создания недорогих и надежных распределенных систем измерения температуры на крупных технологических и электрофизических установках, а также в компьютерных центрах обработки данных. Используемые цифровые датчики позволяют измерять температуру в диапазоне от -55 до $+125^{\circ}\text{C}$ с абсолютной точностью до 0.5°C и разрешающей способностью 0.06°C . В состав контроллера входят 8 твердотельных реле, которые могут использоваться для управления световой и звуковой сигнализацией, выполнения аварийных и иных оперативных переключений. Контроллер может работать в автономном режиме, обеспечивая переключение контактов реле в случае выхода измеренной температуры за пределы заданного диапазона. Контроллеры подключаются к управляющему компьютеру при помощи стандартного промышленного интерфейса RS485. К одной линии RS485 может быть подключено до 30 контроллеров. Такое подключение особенно эффективно при создании распределенных систем мониторинга температуры, в которых количество температурных датчиков достигает нескольких сотен штук, а расстояние между ними - нескольких сотен метров.

V.I. Kaplin, A.N. Kvashnin, E.B. Levichev, O.A. Plotnikova

Programmable 32-channel temperature controller containing relays being controlled

Abstract

This paper describes the 32-channel temperature controller designed to create the low-cost and reliable distributed temperature measurement systems for large technology and electrophysical facilities as well as in computer data processing centers. The digital sensors being used allow to measure temperature in range from -55 to $+125^{\circ}\text{C}$ with the absolute precision 0.5°C and the resolution 0.06°C . The controller's structure contains 8 solid-state relays which are to be used for light and sound control alarm, performing an emergency switching or other operational switching. The controller can operate in offline mode, providing the relay's contact switching in case of the temperature deviation outside given range. The controllers are connected to a host computer via standard industrial interface RS485. Up to 30 controllers may be connected to a single RS485 line. Such connection is especially effectively in making the distributed monitoring temperature systems, where a temperature sensor quantity reaches some hundreds and a distance between them reaches some hundred meters.

© *Институт ядерной физики им. Г.И.Будкера СО РАН*

Оглавление

1. Введение.....	5
2. Устройство и работа контроллера	6
3. Основные характеристики.....	9
4. Структура памяти контроллера.....	10
5. Система команд обращения к контроллеру. Протокол обмена между контроллером и управляющим компьютером	14
6. Опыт работы систем, построенных на основе контроллера	16
7. Заключение	17
8. Список литературы	18

1. Введение

Для стабильной и надежной работы электрофизических и технологических комплексов зачастую требуется измерять температуру в помещениях и на отдельных узлах и устройствах систем. Кроме того, необходимо выполнять своевременные переключения в случае, если температура какого-нибудь устройства вышла за заданные пределы.

Решение этих задач возлагается на системы термоконтроля. Традиционно такие системы базируются на использовании термопар, резистивных или диодных датчиков. Аналоговый сигнал с таких датчиков по линии связи передается в контроллер, где производится его преобразование в цифровую форму. Полученное значение используется либо в самом контроллере, либо передается в управляющий компьютер для дальнейшей обработки. Другой подход состоит в использовании цифровых датчиков. Такой датчик самостоятельно производит преобразование измеряемой физической величины в цифровую форму. Для подключения к контроллеру используются стандартные последовательные цифровые интерфейсы (I2C, SPI, 1-wire и другие). Очевидным достоинством цифровых датчиков является устойчивость к помехам в линии связи, а также отсутствие необходимости в дополнительной калибровке для получения паспортной точности измерений.

При построении систем термоконтроля с большим количеством датчиков, расположенных на значительном удалении друг от друга, как правило, используется несколько контроллеров, объединенных в общую сеть.

В данной работе описан программируемый 32-канальный контроллер температуры с управляемыми реле DTC-32 (Digital Temperature Controller – 32), базирующийся на использовании высокоточных цифровых термометров DS1631 или DS1621 разработки фирмы Dallas Semiconductor, в настоящее время вошедшей в корпорацию Maxim Integrated. Использование этих датчиков позволило полностью избавиться от обработки аналоговых сигналов в контроллере, что значительно снизило стоимость устройства и повысило надежность измерений.

Контроллер подключается к управляющему компьютеру при помощи стандартной промышленной шины RS485, что позволяет размещать эти устройства на большом расстоянии от точки подключения, т.е. непосредственно в местах, где требуется контролировать температуру. К одной шине RS485 возможно подключить до 30 контроллеров, к каждому из которых можно подключить до 32-х датчиков температуры, что позволяет иметь до 960 каналов измерения температуры.

2. Устройство и работа контроллера

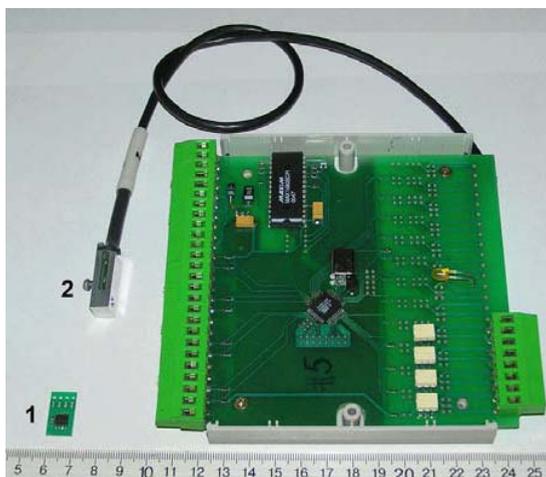


Рис. 2.1. Внешний вид платы контроллера DTC-32: 1 – плата датчика температуры; 2 – плата датчика температуры в защитном дюралеовом корпусе.

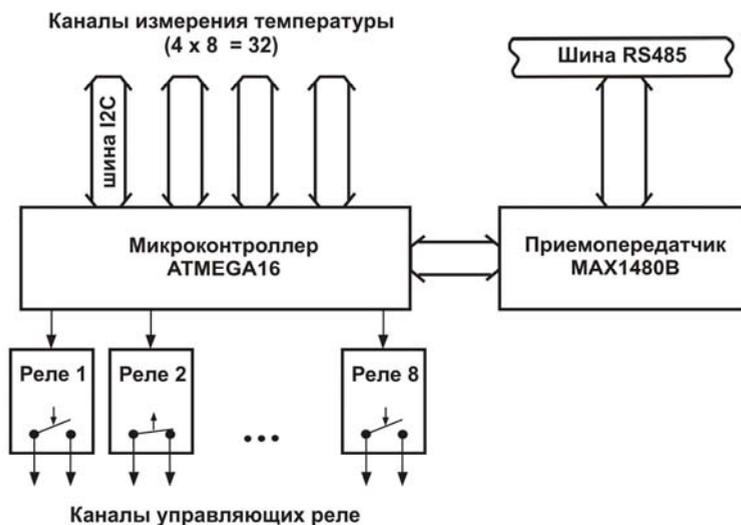


Рис. 2.2. Схема контроллера DTC-32.

Работой всей схемы управляет высокопроизводительный низкопотребляющий микроконтроллер АТМЕГА16 производства фирмы АТМЕЛ. Микроконтроллеры этой фирмы базируются на использовании внутрисхемно

программируемой флеш-памяти. Это позволяет легко осуществлять модификации микропрограммы. В состав данной микросхемы входит 16 Кбайтов ПЗУ команд, 512 байтов ПЗУ и 1 Кбайт ОЗУ данных, 32 программируемые линии ввода-вывода и большой набор различной периферии. Все это позволяет реализовать необходимые функции контроллера при минимальном использовании дополнительных компонентов.

Внешний вид платы контроллера представлен на рис. 2.1. Ниже приводится описание контроллера согласно его схеме (см. рис. 2.2). Назначение клемных контактов см. на рис. 2.3.

Измерение температуры осуществляется с помощью внешних датчиков, построенных на базе микросхем DS1621 или DS1631 производства фирмы Dallas Semiconductor (ныне вошедшей в состав корпорации Maxim Integrated). Датчики подключаются к контроллеру через 4 шины передачи данных стандарта I2 C (SMBus). К каждой шине может быть подключено до 8 датчиков. Таким образом, общее количество датчиков, подключаемых к одному контроллеру, может достигать 32-х. Шина содержит 4 провода (два информационных, питание +5 В, общий). Топология подсоединения может быть любой (шлейф, звезда, дерево и т.д.). Ограничивающим фактором является совокупная электрическая емкость информационных линий относительно общего провода. Она не должна превышать 400 пФ. Это соответствует примерно 15-ти метрам обычного телефонного кабеля. Принципиальных ограничений на тип кабеля нет.

В состав контроллера входят 8 твердотельных оптоэлектронных реле PVT312 производства фирмы International Rectifier, которые могут быть использованы для управления внешними блокировочными цепями, схемами сигнализации и различными исполнительными устройствами. Исходное состояние реле (с нормально замкнутыми или нормально разомкнутыми контактами), а также значения температур, при которых реле должны переключаться контроллером, задаются значениями определённых битов/байтов ПЗУ контроллера (см. раздел 5).

Для подсоединения контроллеров к управляющей ЭВМ используется стандартная промышленная шина RS485. Подключение контроллера к шине осуществляется с помощью микросхемы MAX1480В производства фирмы Maxim Integrated, что обеспечивает гальваническую развязку как по данным, так и по питанию. Схема подключения контроллеров приведена на рис. 2.4. Подключение управляющей ЭВМ возможно как через COM-порт, так и через USB-порт. В обоих случаях можно использовать преобразователи интерфейсов производства ИЯФ, обеспечивающие гальваническую развязку. Физически шину рекомендуется выполнять в виде шлейфа с помощью экранированной витой пары с обязательным подключением согласующих резисторов на концах линии. Для удобства подключения к такой шине в контроллере предусмотрен двойной комплект клемм-соединителей.

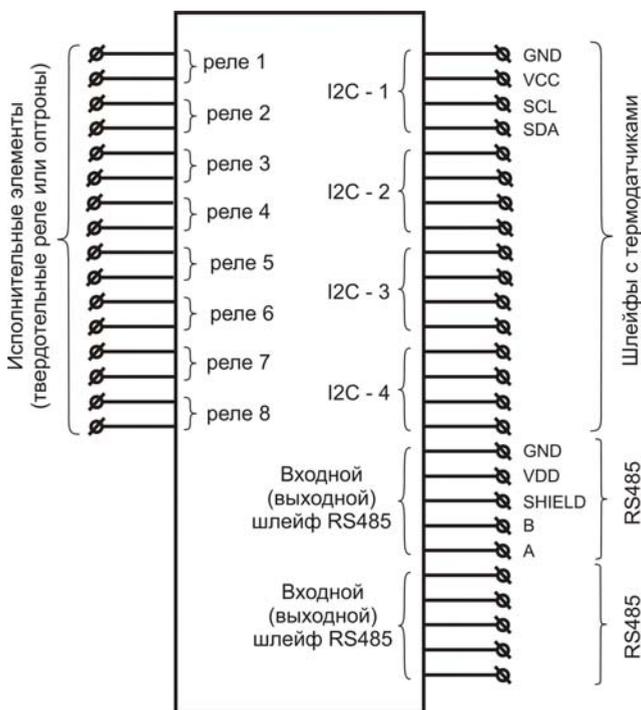


Рис. 2.3. Назначение контактов на клеммах контроллера DTC-32.

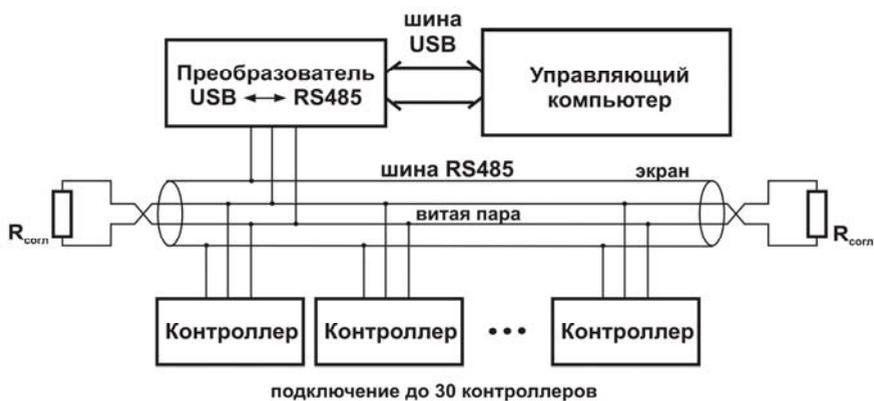


Рис. 2.4. Схема подключения контроллеров к управляющему компьютеру.

Обмен данными с датчиками производится цифровым последовательным кодом в асинхронном режиме на скорости примерно 30 Кбит/с. Управление обменом осуществляет контроллер. При включении питания контроллера проверяется наличие и тип датчиков, и производится их инициализация. Также при включении питания все релейные контакты переводятся контроллером в нормальное состояние. Нормальное состояние реле может быть как разомкнутым, так и замкнутым, что определяется содержимым пятого банка памяти контроллера (см. параграф 4).

В контроллере используется режим однократного старта (One Shot), предполагающий необходимость рестарта каждой отдельной процедуры измерения. Микросхемы DS1631 и DS1621 производят измерение (преобразование физической величины, соответствующей температуре, в цифровой код) за время не более 750 и 900 мс соответственно. Подробное описание этих микросхем можно найти на сайте производителя.

Работа с датчиками выполняется в цикле, включающем в себя проверку и, при необходимости, изменение конфигурации, проверку готовности завершения преобразования, считывание температурных данных и перезапуск (старт нового преобразования). Операции с различными датчиками организованы таким образом, что опрос всех температурных каналов происходит за 1 цикл, т.е. примерно за 1 секунду.

3. Основные характеристики контроллера

Каналы измерения температуры

Количество каналов	32
Тип датчиков	DS1621, DS1631
Диапазон измерений	-55 ÷ +125 °C
Абсолютная точность измерений	±0.5°C (в диапазоне -10 ÷ +85 °C)
Разрешающая способность датчиков	0.01°C (DS1621), 0.06 °C (DS1631)
Период опроса всех 32-х каналов	750 мс (DS1631), 900 мс (DS1621)
Интерфейс связи с датчиками	шина I2 C (SMBus)
Расстояние от датчиков до контроллера	до 15 м

Каналы управляющих реле

Количество каналов	8
Тип реле	твердотельное оптоэлектронное реле PVT312 производства International Rectifier
Гальваническая развязка	4000 В(rms)
Диапазон выходного напряжения	±250 В
Максимальный ток нагрузки	190 мА
Сопротивление открытого канала	10 Ом

Связь с управляющим компьютером

Интерфейс	RS485
Тип интерфейсных микросхем	MAX1480В производства MAXIM
Максимальное количество контроллеров на шине RS485	30
Скорость обмена по умолчанию	38400 bps
Управление обменом	по инициативе ЭВМ байториентированный
Протокол обмена	кодонезависимый с использованием технологии байт-стаффинга
Гальваническая развязка по данным и питанию	1800 В(rms)

Общие параметры

Габаритные размеры контроллера	150x140x35 мм
Масса	250 г
Питание	внешний источник постоянного тока напряжением от 7 до 15 В
Потребляемый ток	не более 200 мА вместе со всеми термодатчиками

4. Структура памяти контроллера

Данные в контроллере хранятся в восьми массивах данных (банках) размером по 64 байта. Эти банки имеют номера от 0 до 7. При работе с контроллером не используется банк 6, он зарезервирован для технологических и тестовых целей. Содержимое банков доступно для чтения и, частично, для записи через интерфейс RS485. Таким образом производится взаимодействие между контроллером и управляющим компьютером.

В банке 0 содержатся текущие значения температуры всех 32-х измерительных каналов в следующем формате.

Номер байта	Имя байта	Значение байта
0	LB	Температура 0-го канала 1-го шлейфа
1	HB	
2	LB	Температура 1-го канала 1-го шлейфа
3	HB	
...		
62	LB	Температура 7-го канала 4-го шлейфа
63	HB	

В **HB** содержится целая часть измеренной температуры (от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$). Старший бит байта - знаковый.

В **LB** содержится дробная часть температуры в долях $1/256^{\circ}\text{C} = 0.00390625^{\circ}\text{C}$. Значения температуры, выходящие за указанные пределы, не должны рассматриваться как измерения и свидетельствуют о наличии сбойных или особых состояний датчиков. Некоторые из этих значений специально формируются программой контроллера для обозначения таких состояний:

$0x8000 = -128 (^{\circ}\text{C})$ – отсутствие датчика;

$0x9C00 = -100 (^{\circ}\text{C})$ – таймаут, датчик не выполнил преобразование за 1 секунду;

$0x89FF = -126.00390625 (^{\circ}\text{C})$ – ошибка при выполнении команд обращения к датчику.

Программа контроллера обновляет содержимое банка 0 каждую секунду, со стороны ЭВМ банк доступен только для чтения.

В банках с 1 по 4 задаются температурные пределы для переключения релейных контактов в зависимости от температуры, измеряемой датчиками. Для любого датчика можно задать свои температурные пределы, а для каждого температурного предела датчика назначить номер релейного контакта. Температурные пределы задаются целыми числами, от -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$.

Каждому из четырёх шлейфов (с 1-го по 4-й) соответствует банк с таким же номером. Структура описателя датчика n ($n = 0 \div 7$ – номер датчика внутри шлейфа), подключенного к шлейфу L ($L = 1 \div 4$), занимает в банке L 8 байтов и приведена ниже.

Номер байта	Имя байта	Значение байта
8n	TWLL	Нижний допустимый предел температуры
8n+1	SWLL	Номер релейного контакта для TWLL
8n+2	TWHL	Верхний допустимый предел температуры
8n+3	SWHL	Номер релейного контакта для TWHL
8n+4	TBL1	Температура первого уровня блокировки
8n+5	SWL1	Номер релейного контакта для TBL1
8n+6	TBL2	Температура второго уровня блокировки
8n+7	SWL2	Номер релейного контакта для TBL2

Значения байтов TWLL (Temperature Work Low Level) и TWHL (Temperature Work High Level) задают диапазон рабочих температур в контролируемых точках.

Значения TBL1 (Temperature Break Level 1) и TBL2 (Temperature Break Level 2) задают значения температуры для срабатывания твердотельных реле для блокировок и отключений. Например, температура TBL1 может быть использована для предупреждения о перегреве, а TBL2 – для отключения перегревшегося устройства.

В нечетных байтах четыре младших бита используются для задания номера релейного контакта, а четыре старших бита – для задания количества обращений (считая от 0) к датчику, подтверждающих выход температуры за заданный предел. В этих байтах задают номера релейных контактов от 1 до 8, которые перейдут в активное состояние при выходе температуры за заданный предел. Если номер соответствующего релейного контакта равен 0, то переключаться ничего не будет.

При выходе температуры за заданное предельное значение, назначенное реле перейдет из нормального состояния в состояние блокировки (о возможных состояниях реле смотрите описание банка 5).

Со стороны ЭВМ банки с первого по четвертый доступны для чтения и записи. Данные этих банков сохраняются в энергонезависимой памяти контроллера, что освобождает от необходимости их перезаписи при включении питания контроллера или при перезапуске программы в ЭВМ.

Банк 5 имеет следующую структуру. Каждый из первых 32-х байтов (0 ... 31 байты) содержит информацию о текущем состоянии соответствующего канала измерения температуры. Значения битов такого байта:

Номер бита	Значение бита
0	Выход за пределы TWLL
1	Выход за пределы TWHL
2	Выход за пределы TBL1
3	Выход за пределы TBL2
4	Тип датчика DS1631
5	Тип датчика DS1621
6	Ошибка при обращении к датчику
7	Датчик отсутствует

Байты 32÷47 зарезервированы для измерений встроенного АЦП (по 2 байта на каждый из 8-ми каналов).

Байт 48 содержит текущее физическое состояние контактов всех твердотельных реле побитно: 1 – замкнуто, 0 – разомкнуто.

Байт 49 отражает текущие режимы всех твердотельных реле побитно: 1 – реле в состоянии блокировки (активное реле), 0 – реле в нормальном (пассивном) состоянии.

Байты с 0 по 49 со стороны ЭВМ доступны только для чтения.

Байты с 50 по 57 содержат информацию о состоянии 8 каналов управления реле. Байт 50 соответствует реле с номером 1, байт 57 – реле с номером 8. Содержимое байта формируется контроллером и имеет следующую структуру:

7 бит (1 – включен/активен, 0 – выключен). Под состоянием "включен/активен" понимается разомкнутое состояние для нормально-замкнутого реле и замкнутое состояние для нормально-разомкнутого реле.

0 ... 5 биты содержат номер канала измерения температуры (1 ... 32), по инициативе которого данное реле переведено в активное состояние (состояние блокировки). В состоянии блокировки реле, а также содержимое байта состояния, становится недоступно для управления со стороны контроллера. Выход из этого состояния возможен только по инициативе управляющей ЭВМ.

Байты доступны для записи из ЭВМ. Записывая значение 0×00, ЭВМ устанавливает реле в исходное состояние и разрешает перевод реле в активное состояние по инициативе микроконтроллера.

Кроме того, запись в эти байты позволяет непосредственно управлять переключением реле по инициативе ЭВМ. Значение 0×7F устанавливает реле в исходное состояние (выключает) и запрещает переключение по инициативе

контроллера. Значение 0xFF устанавливает реле в активное состояние (включает) и запрещает переключение по инициативе контроллера.

Таким образом, микроконтроллер может переводить реле по собственной инициативе только в активное состояние и только в том случае, если байт состояния равен 0x00.

Байт 58 побитно содержит информацию о нормальном (исходном) состоянии всех реле. Единица в битах с 0 по 7 обозначает нормально замкнутое состояние соответствующего реле с 1 по 8. При включении питания все реле устанавливаются контроллером в состояние, соответствующее значению этого байта.

Байт 59 побитно содержит маски для управления реле. Единица в битах 0 ... 7 запрещает контроллеру управлять контактами реле 1 ... 8 соответственно.

Байты 58 ... 59 сохраняются в энергонезависимой памяти контроллера.

Байты 60 ... 63 зарезервированы.

Байты 50 ... 59 со стороны ЭВМ доступны для чтения и записи.

Банк 7 содержит информацию о самом контроллере и доступен только для чтения. Структура банка:

Номер байта	Значение байта
0	Не используется
1	Адрес контроллера на шине RS485
2 ... 3	Номер версии в формате BCD
4 ... 6	Дата версии в формате BCD
7 ... 9	Дата изготовления (прошивки) в формате BCD
12 ... 63	Резерв

5. Система команд обращения к контроллеру.

Протокол обмена между контроллером и управляющим компьютером

Обмен информацией между контроллером и компьютером производится только по инициативе последнего. Со стороны управляющей ЭВМ возможно чтение любого банка контроллера и запись в контроллер режимов его работы согласно п. 4.

SHIFT выбрасывается, а к значению следующего за ним байта прибавляется значение START. В случае несовпадения контрольных сумм контроллер игнорирует принятый пакет.

Были выбраны следующие значения специальных байтов:

START = 0xAA

STOP = 0xAB

SHIFT = 0xAC

Контроллер отвечает только на команду чтения какого-либо банка. При этом в ЭВМ высылаются последовательно байт с адресом контроллера и номером банка, затем 64 байта данных, байт контрольной суммы и байт STOP. Контроллер не высылает байт START.

Пример посылки в контроллер: нужно послать в контроллер с адресом 0x01 пять байтов: 0x10, 0x20, 0x0x30, 0xAB, 0x02, пакет байтов будет выглядеть так:

0xAA 0x01 0x10 0x20 0x30 0xAC 0x01 0x02 0xA8 0xAB, где 0xA8 – контрольная сумма пакета.

6. Опыт работы систем, построенных на основе контроллера

Система на базе описанного контроллера функционирует на действующем комплексе ВЭПП-4 с 2006 года [1,2]. Помимо защитной функции (своевременного отключения питания соответствующего оборудования при превышении заданного температурного предела) [3], система сыграла свою роль в уникальных научных экспериментах по прецизионному измерению масс частиц с рекордной точностью.

Эти эксперименты чрезвычайно чувствительны к температурному режиму оборудования ускорительного комплекса и окружающей среды. Относительная точность калибровки энергии в экспериментах по физике высоких энергий достигает рекордного значения 10^{-6} . При таком уровне точности источниками систематических ошибок могут быть следующие факторы: вариация геометрических размеров магнитов из-за нестабильности температуры окружающей среды; изменение среднего радиуса кольца из-за теплового движения туннеля; изменение температуры воды, охлаждающей магнитные элементы ускорителя [4]. На рисунке 6.1 показаны суточные колебания энергии пучка (на уровне нескольких кэВ), вызванные изменениями температуры окружающей среды.

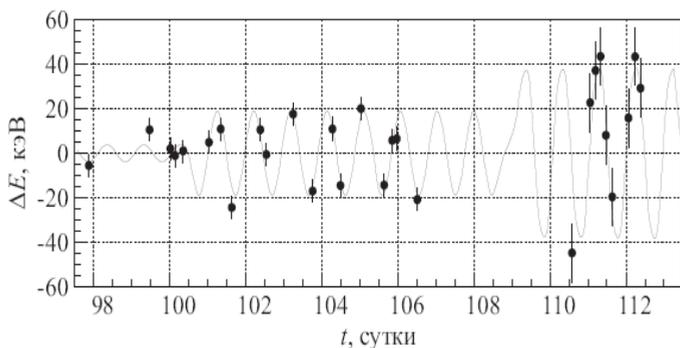


Рис. 6.1. Суточные колебания энергии пучка ВЭПП-4М.

Для определения энергии во время набора статистики детектором КЕДР использовалась интерполяция с учетом следующих параметров: магнитное поле, измеряемое ЯМР магнитометром в калибровочном магните; температура калибровочного магнита; средние температуры воздуха в тоннеле ВЭПП-4М (по 18-ти точкам) и охлаждающей воды; температура, измеряемая на глубине ~ 30 см в стенах тоннеля (в 12-ти точках).

В более ранней работе по восстановлению энергии при проведении прецизионных измерений масс J/ψ - и ψ' -мезонов [5] указывается, что, в частности, отсутствие мониторинга температуры воздуха и стен тоннеля по периметру кольца не позволило повысить точность процедуры восстановления энергии. С появлением новой системы температурных измерений на ВЭПП-4 этот недостаток был устранён.

Набор контроллеров и датчиков, необходимый для конкретной задачи, просто и быстро монтируется. Программное обеспечение со стороны управляющей ЭВМ, разработанное в Институте для таких систем (на платформе Linux с использованием СУБД PostgreSQL) требует лишь регистрации заданной конфигурации датчиков и контроллеров в базе данных и перекомпиляции кода при переносе его на другой компьютер. Следовательно, систему легко использовать для кратковременных измерений. Например, в качестве быстрого решения, она была применена при испытаниях магнитов, изготовленных в Институте для бустерного синхротронного источника NSLS-II в 2012 году [6].

7. Заключение

Разработанный цифровой контроллер удовлетворяет современным требованиям к аппаратуре, предназначенной для решения задач автоматизации больших физических установок. С 2006 г. он используется на комплексе ВЭПП-4 в составе системы мониторинга температуры и защитных

блокировок. В настоящее время эта система содержит 38 контроллеров и около 740 датчиков. Протяженность более длинной (из двух существующих) линии, соединяющей контроллеры с управляющей ЭВМ, составляет более 400 м. Опыт эксплуатации устройства показал, что системы на его основе обладают гибкой конструкцией (легко менять набор контроллеров и датчиков) и управлением (большая свобода в отключении и включении оборудования по задаваемым температурным пределам).

Описание контроллера для пользователя можно найти на сайте Института по адресу <http://v4.inp.nsk.su/control/PCthermocontrol/DTC-32DSTk.html>

Список литературы

- [1] V. Kaplin, S. Karnaev, A. Kvashnin, I. Morozov, O. Plotnikova. The precision temperature measuring system of the VEPP-4M electron-positron collider. // Proc. of RuPAC 2006, Novosibirsk, 2006.
- [2] V. Petrov for the VEPP-4 team. Status of the VEPP-4M Electron-Positron Collider. // Proc. of the APAC'2007 (Asian Particle Accelerator Conference '2007), Raja Ramanna Centre for Advanced Technology (RRCAT), Indore, India, January 29 - February 2, 2007.
- [3] V. Kaplin, S. Karnaev, A. Kvashnin, O. Plotnikova, S. Vasichev. The Total-Temperature Measurements and Interlock System at the VEPP-4M Collider. // Proc. of PCaPAC08, Ljubljana, 2008.
- [4] V.E. Blinov, A.V. Bogomyagkov, V.P. Cherepanov, et al. Beam Energy Measurements at VEPP-4M Collider by Resonant Depolarization Technique. // ICFA Beam Dyn. Newslett., No.48 (2009), 181.
- [5] V.M. Aulchenko et al. New precision measurement of the J/ψ - and ψ' -meson masses. // Phys. Lett. B 573 (2003) 63.
- [6] S.M. Gurov, A.V. Akimov, et al. Status of NSLS II Booster. // XXII International Workshop on Charged Particle Accelerators, September 22-28, 2011 Ukraine, Alushta, the Crimea, Problems of Atomic Science and Technology (ВОПРОСЫ АТОМНОЙ НАУКИ И ТЕХНИКИ - ВАНТ), No.4 (80), 2012, p.3-6.

В.И. Каплин, А.Н. Квашнин, Е.Б. Левичев, О.А. Плотникова
**Программируемый 32-канальный контроллер температуры
с управляемыми реле**

V.I. Kaplin, A.N. Kvashnin, E.B. Levichev, O.A. Plotnikova

**Programmable 32-channel temperature controller
containing relays being controlled**

Ответственный за выпуск А.В. Васильев
Работа поступила 8.02. 2013 г.

Сдано в набор 11.02. 2013 г.
Подписано в печать 12.02. 2013 г.
Формат 60х90 1/16 Объем 0,9 печ.л., 0,7 уч.-изд.л.
Тираж 100 экз. Бесплатно. Заказ № 1

Обработано на РС и отпечатано
на ротапинтере «ИЯФ им. Г.И. Будкера» СО РАН,
Новосибирск, 630090, пр. Академика Лаврентьева, 11