

СООБЩЕНИЯ  
ОБЪЕДИНЕННОГО  
ИНСТИТУТА  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
ДУБНА

P13-94-76

А.И.Островной, Т.Б.Петухова, А.Б.Роганов,  
А.П.Сиротин, А.В.Тишин

ПРОГРАММИРУЕМЫЕ БЛОКИ УПРАВЛЕНИЯ  
И КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ УСТАНОВОК  
НА РЕАКТОРАХ ИБР-2 И ИБР-30  
В СТАНДАРТАХ КАМАК И VME

1994

Программируемые блоки управления и контроля параметров экспериментальных установок на реакторах ИБР-2 и ИБР-30 в стандартах КАМАК и VME

Представленные регуляторы разработаны для применения в измерительных системах КАМАК и VME. Обеспечивается программный выбор диапазонов и коррекции погрешностей, усреднение и определение достоверных показаний, поиск величин пропорционального, интегрального и дифференциального регулирования. Массив контрольной и управляющей информации, параметров регуляторов выполнен в виде текстового файла персонального компьютера IBM PC/AT или VME системы. Представленные регуляторы могут быть использованы не только как температурные контроллеры, но и для регулирования и управления другими параметрами экспериментальной установки. Регуляторы обеспечивают стабилизацию и динамическое управление с заданным значением скорости изменения температуры.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики им. И.М.Франка ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна, 1994

Перевод авторов

Ostrovnoy A.I. et al.

P13-94-76

Programming CAMAC and VME Blocks for Control and Monitoring Parameters of Experimental Units at the Reactors IBR-30 and IBR-2

The controllers reported were developed for CAMAC and VME measuring systems. These controllers provide the programmed selection of ranges, errors correction, averaging and determination of reliable readings, search for the values of the proportional, integral and derivative control. The block of control and monitoring information, parameters of controllers is represented by the text file of IBM PC/AT or VME system. The controllers reported may be used not only for the temperature control, but for control and monitoring of other parameters at the experimental unit. The controllers ensure stabilization and dynamic control of temperature with the given value of temperature velocity.

The investigation has been performed at the Frank Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Вместе с совершенствованием физических установок, методик проведения эксперимента /1/ усложняются требования к управлению параметрами ( температура, давление и т.п.) физической установки. Например, при проведении исследований на нейтронном дифрактометре по времени пролета ДН-2 /2/ фазовых переходов в образце стало необходимым контролировать температуру не только в одной точке на образце, но и еще в нескольких точках замкнутого объема, где находится исследуемый образец. Кроме этого, существенно возросли требования к динамическому управлению температурой вплоть до обеспечения изменения температуры на образце по произвольному, заданному экспериментатором закону. Для выполнения этих требований и был разработан блок ПРМ. Блок ПРМ выполнен на базе микропроцессора К1801ВМ1Б /3/.

1. Программируемый регулятор температуры на 8 входов (ПРМ) в стандарте КАМАК.

На блок-схеме ПРМ (рис.1.) сопряжение КАМАК-Q включает в себя микропроцессор К1801ВМ1Б, ОЗУ 6К и два 16-разрядных регистра обмена информацией между магистралями КАМАК и Q. Около 2К 16-разрядных слов в ОЗУ занимает программа регулятора и 4К отведено для регистрации графика изменения температуры.

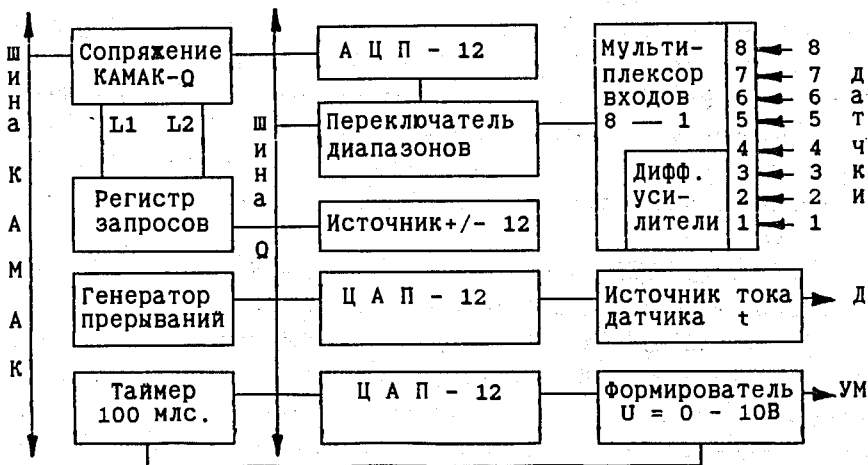
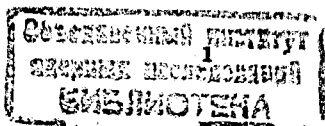


Рис.1. Блок-схема программируемого регулятора температуры на 8 входов (ПРМ).



Сигналы с датчиков поступают на аналоговый мультиплексор. Входы 1-4 мультиплексора дифференциальные, с постоянным коэффициентом усиления (500 или 1000), служат для приема аналогового сигнала с датчиков, например, с термодатчиков. Диапазон входных сигналов по этим входам 0-20 мВ. Сигналы с датчиков 5-8 поступают на мультиплексор непосредственно. Диапазон входных сигналов по этим входам 0-10В. В блоке по входам 1,2 и 3,4 используются дифференциальные усилители двух типов. Измерительный усилитель (1,2 входы) на трех операционных усилителях с повторителем синфазной помехи, подаваемой на экран кабеля, через который подключен датчик. Применение прецизионных операционных усилителей К140УД17А позволило уменьшить смещение нулевого уровня до 1 мкВ и довести коэффициент ослабления синфазного сигнала до 110 дБ. Усилитель с модуляцией-демодуляцией сигнала (3,4 входы), реализован на предусилителе типа К140УД13 и трех - типа К140УД7. При коэффициенте усиления 100, входном сопротивлении 1Мом усилитель обладает малым дрейфом напряжения смещения (0,5 мкВ/градус) и хорошим подавлением синфазной помехи (100 дБ). В качестве источника опорного напряжения для стабилизатора тока выступает 10-разрядный ЦАП типа К572ПА1А, на входы которого подается 5 разрядов регистра управления по выбору. Такая схема позволяет выбрать нужный диапазон токов стабилизации и оперативно управлять им в процессе работы. Переключатель диапазонов измерения является усилителем с переключаемым программно коэффициентом усиления (1,2,4,8), что позволяет с необходимой точностью принимать сигналы с датчиков менее 1мВ. 12-разрядный АЦП (КР572ПВ1А) доступен для чтения с магистрали Q. Для уменьшения погрешности измерения данные с АЦП усредняются за 256 измерений.

12-разрядный ЦАП (К572ПА1А) в данной схеме используется как 5-разрядный и предназначен для задания тока в датчике (Д), например, в миниатюрном термометре сопротивления для низких температур. Вторым 12-разрядным ЦАП (К572ПА1А) используется для задания управляющего воздействия. Напряжение 0-10В подается на усилитель мощности (УМ), который устанавливает в нагревателе необходимый ток. При записи в ЦАП 12-разрядного слова управления запускается таймер на 100 мс, который на это время

разрешает формирователю 0-10В подачу напряжения на усилитель мощности (УМ). Это необходимо для защиты объекта регулирования от перегрева в случае сбоя программы и при включении питания, т.е. напряжение подается на усилитель мощности только тогда, когда микропрограмма в ПРМ функционирует правильно. В блоке для питания ЦАП и АЦП имеется вторичный источник питания +/- 15В. Регистр запросов доступен для чтения с магистрали Q и служит для синхронизации обмена информацией между микропроцессором и шиной КАМАК. Генератор прерываний задает прерывания микропроцессору с периодом в 1 с и обеспечивает работу микропроцессорного регулятора температуры в реальном времени.

ПРМ имеет более удобный, чем ПРТМ /3/, программный интерфейс управления. Расширенный список команд реализует дополнительные функции:

- запуск динамического режима достижения заданной температуры с заданной программно скоростью;

- запуск стабилизации текущей температуры, т.е. прерывается начатый процесс стабилизации или динамический процесс, и начинается процесс стабилизации с заданием, равным температуре в момент поступления данной команды;

- включение и выключение нагревателя, не прерывая регистрации температуры;

- запуск регистрации температуры сначала для синхронизации этого процесса с накоплением спектрометрической информации;

- периодическое сохранение на магнитном диске ПК графиков изменения температуры при заполнении внутреннего буфера микропроцессора.

Блок управляющих параметров выполнен в виде отдельного текстового файла `furn1.par` на диске ПК и доступен для редактирования. В этом файле содержится и текстовое пояснение к параметрам регулятора. Это позволяет настроить регулятор без изменения программного обеспечения путем редактирования текстового файла его параметров. В этом файле отведено место для занесения программой на ПК информации о состоянии процесса регулирования в данное время, что позволяет качественно проводить диагностику и контроль за процессом регулирования при пусконаладочных работах. По специальной команде в интерактивном режиме на экран дисплея выводится диагностика в

формате файла furn1.par. В приложении 1. приведена наиболее важная информация из furn1.par.

ПРМ реализует следующий закон регулирования:

$$\text{Ток нагревателя} = K_1 \cdot T_3 + K_2 \cdot \Delta T + K_3 \int T dt + K_4 \cdot dT/dt + P,$$

где  $K_1$  - коэффициент перед  $T_3$  заданной температурой,

$K_2$  - коэффициент перед  $\Delta T$  рассогласованием текущей и заданной температур,

$K_3$  - коэффициент перед интегральной составляющей,

$K_4$  - коэффициент перед производной,

$P$  - релейная составляющая.

Все коэффициенты задаются в файле управляющих параметров табличным способом. Например, для определения составляющей тока нагревателя для компенсации рассеивания тепла в окружающую среду берется таблица, где заданной температуре ставится в соответствие расход тепла в окружающую среду, т.е. микровольтам датчика поставлены в соответствие коды ЦАП - нагревателя. Эта таблица составляется опытным путем и определяется конструкцией и мощностью нагревателя. Если в таблице имеются грубые ошибки, то это может увеличить время вхождения в стабилизацию либо привести к значительному колебательному процессу регулирования. Небольшие погрешности таблицы компенсирует интегральная составляющая.

Изменяя  $K_2$  в большую сторону, мы более быстро сокращаем рассогласование в процессе стабилизации, однако это ведет к увеличению колебаний текущей температуры около заданной для достаточно инерционных объектов регулирования.

Интегральная составляющая позволяет компенсировать ошибку в задании тока для компенсации рассеивания в окружающую среду. Она также определяет параметры колебательного процесса около заданной температуры.

Составляющая от производной сглаживает колебательные процессы. Она вычисляется каждую секунду по разнице текущей и предыдущей температур, и по таблице определяется составляющая кода ЦАП - нагревателя от производной. Величина  $K_4$  пропорциональна демпфированию процесса регулирования.

Релейная составляющая  $P$  позволяет построить обычный релейный регулятор. Ее величина пропорциональна составляющей для компенсации рассеивания тепла в окружающую среду. Она

добавляется либо вычитается из кода ЦАП нагревателя в зависимости от знака рассогласования. Теоретически  $P$  можно реализовать с помощью коэффициента перед рассогласованием текущей и заданной температур. Но удобнее иметь ее в явном виде. Для построения релейного регулятора достаточно все остальные коэффициенты, кроме  $K_1$ , сделать равными 0.

## 2. Построение регулятора с требуемыми параметрами

Построение регулятора с требуемыми параметрами осуществляется редактированием файла управляющих параметров. Для достижения требуемой температуры необходимо задать:

- температуру в  $T_{zad}$ ;
- точность стабилизации в процентах к  $T_{zad}$  либо в абсолютном виде;
- температуру, при превышении которой ток в нагревателе равен 0;
- температуру, ниже которой ток в нагревателе равен максимально возможному с ограничением тока (максимальный код АЦП-нагревателя).

Для достижения требуемой температуры с нужной скоростью необходимо задать дополнительно:

- скорость динамического режима;
- температуру цели динамического режима.

Выполняя задание на стабилизацию, программа определенное время держит в нагревателе максимально возможный ток или ток, соответствующий установленному ограничению. Далее включается основной закон регулирования, и в зависимости от параметров регулятора температура достигнет заданной по экспоненте либо по колебательному закону. Если температура превысит заданное ограничение, то ток нагревателя будет отключен, что является дополнительной защитой от перегрева нагревателя или разрушения образца.

Выполняя задание по достижению температуры с заданной скоростью, программа от текущей температуры до заданной строит теоретический график изменения температуры в реальном времени с дискретностью - 1 сек. Далее через каждую сек программа подставляет основному закону регулирования так называемое "текущее" задание, т.е. весь динамический процесс разбивается

на множество локальных процессов обычного закона стабилизации. Во многих случаях этот подход оказывается более эффективным, чем стабилизация непосредственно скорости изменения температуры. К тому же, позже это позволит перейти к заданию динамического изменения температуры с помощью графика ее изменения.

В параметрах регулятора заложены основные требования к измерению регулируемой температуры:

- количество измерений температуры для получения усредненного значения позволяет существенно повысить стабильность показаний АЦП;
- номер входа (1-8). Если номер входа определен как "0", то регулируемая температура является средней от нескольких входов, каждый из которых можно включить в это среднее значение (см. приложение 1.).

Такой подход часто необходим при сложной геометрии образца или при невозможности укрепить на нем датчик.

Некоторые особенности управления нагревателем, датчиком температуры также находят отражение в файле управляющих параметров:

- ограничение кода АЦП -нагревателя устанавливает максимально допустимый ток для защиты от перегрева;
- номер выхода для управления нагревателем;
- номер выхода для управления током датчика;
- величина тока через датчик.

Для полноты информации о процессах, протекающих в регуляторе, в файле присутствует много диагностических данных: код АЦП -нагревателя; составляющая кода для компенсации рассеивания тепла в окружающую среду; интегральная составляющая кода нагревателя; составляющая от производной; составляющая кода нагревателя от рассогласования; релейная составляющая кода нагревателя; количество выходов температуры из заданной точности стабилизации; максимальное отклонение температуры от задания или текущего задания в динамическом режиме; количество циклов вычисления закона регулирования за 1 сек.

Процесс регистрации температурных графиков также параметризован: можно включить регистрацию по любому из восьми входов, регистрацию средней температуры от нескольких входов

или регистрацию рассогласований для наглядного представления о качестве работы регулятора. При необходимости можно регистрировать графики, например, производной или скорости изменения температуры. Здесь же определена частота регистрации графиков, объем ОЗУ для графиков. Имеется информация о количестве зарегистрированных точек.

На рис.2. и рис.3. представлены наиболее часто используемые законы изменения температуры исследуемого образца на нейтронном дифрактометре ДН-2, где - по оси  $t$  каждая точка - 5сек, по оси  $T$ - показания термомпары в мкВ.

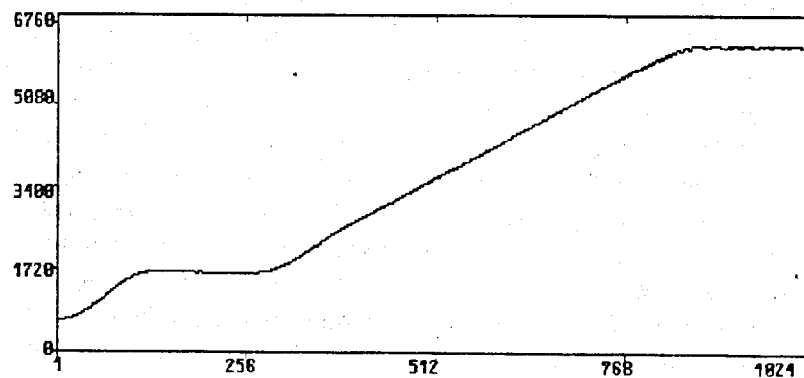


Рис.2. График изменения температуры на исследуемом образце при задании  $t$  C = 700°C и скорости 10°C в мин.

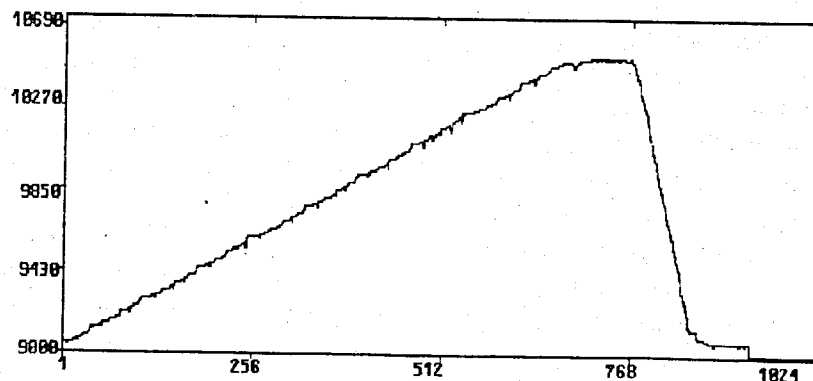


Рис.3. График изменения температуры на исследуемом образце по специальному закону.



### 3. Прецизионный регулятор температуры на основе VDAD

и процессорного блока VM20 в стандарте VME

Увеличение количества детекторов и объема спектрометрической информации, усложнение условий проведения эксперимента (температура, давление, магнитное поле и др.), необходимость удаленного, через сеть Ethernet, управления ходом эксперимента, а также необходимость поддержки параллельных процессов управления накоплением, обработкой и визуализацией информации сделали необходимым переход от стандарта КАМАК к стандарту VME в системах автоматизации физических исследований.

Переход к стандарту VME вносит коррективы и в подходы к управлению условиями проведения эксперимента. Поскольку шина VME мультипроцессорная, а процессор имеет в своем составе достаточный объем ОЗУ и основные вычисления проводятся в пределах процессорного блока, то и занимает он магистраль VME достаточно редко. Следовательно, специальный процессорный блок и комплект блоков ЦАП, АЦП, регистры ввода/вывода реально могут справиться с управлением исполнительными механизмами и условиями проведения эксперимента. Подход, примененный при разработке ПРТМ и ПРМ, предполагал взаимодействие ЭВМ или ПК с микропроцессорным блоком КАМАК. Причем процесс создания программного обеспечения для микропроцессора регулятора был достаточно трудоемким, даже при условии программной совместимости микропроцессора и ЭВМ. В новых условиях регулятор программируется на языке высокого уровня - СИ под управлением операционной системы OS-9 и взаимодействует с основной программой проведения эксперимента как с параллельно протекающим процессом в рамках этого процессорного блока либо дополнительного. Такой возможности ни на ПК, ни на ЭВМ мы ранее не имели. В данной работе описывается программный регулятор температуры на основе базового комплекта VME /4/. Однако представленный вариант не является окончательным, а скорее помогает сформулировать основные требования к программам регулирования. На рис.4 приводится обобщенная структурная схема системы контроля и управления условиями проведения эксперимента в стандарте VME.

Процессор VM20, контроллер сети Ethernet VLAN и контроллер дисков VSCSCI /4/ обеспечивают функционирование системы

управления и контроля в сети Ethernet. Процессор VM20 поддерживает с помощью блоков VDAD, VDIN, VDOUT-32 контроль и управление условиями проведения эксперимента. Блок VDAD имеет 16 аналоговых входов либо 8 дифференциальных и 4 выхода для управления усилителями мощности. Коэффициенты усиления входов - 1, 10, 100, 1000 и 10000. Блок VDOUT-32, выходной, и VDIN, входной, регистры с оптронными развязками могут быть использованы для управления специальным оборудованием, например, включением охлаждения образца жидким гелием или включением реле мощного нагревателя.

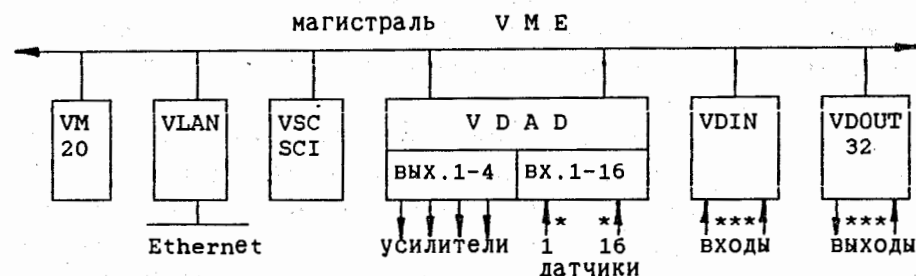


Рис.4. Система управления и контроля условиями проведения эксперимента в стандарте VME.

Таким образом, предлагаемый подход к управлению и контроль условиями проведения эксперимента предполагает использование самого различного "нестандартного" оборудования, применяемого в настоящее время для этих целей. Каждый тип датчика, нагревателя или криостата может быть описан программно и использован для построения самых разнообразных регуляторов.

Блок управляющих параметров, как и для ПРМ, выполнен в виде отдельного текстового файла furn1.par на диске VME и доступен для редактирования. Форма представления параметров и пояснения максимально приближены к ранее применяемым (см. приложение 1.).

По сравнению с регуляторами ПРТМ и ПРМ регулятор в стандарте VME (ПРТ-VME) имеет более оптимальный интерфейс управления: - пуск выполнения пакетного задания; - пуск алгоритма стабилизации; - пуск алгоритма стабилизации с заданием, равным текущей температуре; - запуск динамического

режима с заданной скоростью и к заданной температуре; - выкл. нагревателя; - пуск регистрации графика температуры сначала; - вкл. регистрации температурного графика; - стоп регистрации температурного графика.

Статусная информация ПРТ-УМЕ доступна для чтения или выставляется как запрос: - температура достигла заданной величины и процесс стабилизировался; - температура вышла из диапазона, но попытки продолжаются; - стабилизация невозможна, работа окончена, не хватило времени на установку процесса стабилизации; - место в ОЗУ, отведенное для температурного графика, заполнено, регулятор продолжает работу, но график не регистрируется; - печь выключена/включена; - регистрация температурного графика включена.

На одном блоке VDAD может функционировать до четырех регуляторов ПРТ-УМЕ одновременно, как параллельные процессы в рамках операционной системы OS-9. Для этого эти программные регуляторы должны иметь отдельные файлы управляющих параметров, где должны быть поделены выходы для управления усилителями мощности и входы для приема показаний датчиков. Причем количество регистрируемых графиков всеми четырьмя регуляторами может достигать 16.

Также в файле управляющих параметров можно определить тип для всех входов АЦП: 8 дифференциальных входов либо 16 входов с общей аналоговой "землей". Аналоговые выходы можно заказать униполярными, например, 0 - 10В и биполярными, например, -5В - +5В, что также определяется в файле управляющих параметров.

Для измерения в различных диапазонах температур применяются разные термопары, например, типа медь - константан или платиновые. Причем каждый тип термопары имеет свою таблицу соответствия температура - напряжение. Для унификации температурных регуляторов данная таблица выполнена в виде отдельного текстового файла `furn.tbl` на ПК либо УМЕ. Таким образом, при переходе на другой тип термопары необходима замена только этого файла.

В файле управляющих параметров нашло свое отражение отличие гелиевых и азотных криостатов в обобщенном виде. В азотном при увеличении тока через нагреватель показания датчика растут, а в гелиевом при температуре ниже азотной -

уменьшаются, т.к. один спай термопары находится и там и там при азотной температуре.

Существует целый класс датчиков для измерения температуры - миниатюрные термометры сопротивления для низких температур. Для этих датчиков необходимо задать ток через сопротивление, величина которого зависит от температуры. В ПРТМ, ПРМ имеется специальный ЦАП для задания тока в термосопротивлении. В ПРТ-УМЕ необходимо указать в файле управляющих параметров номер выхода, на который будет подано соответствующее значение напряжения, также находящегося в этом файле. Это напряжение далее преобразуется в ток, протекающий через датчик. Значение этого тока выбирается в зависимости от диапазона измеряемых температур.

Дальнейшим развитием температурных регуляторов стало пакетное задание, состоящее из нескольких заданий:

- температура и время ее стабилизации;
- температура и скорость ее достижения.

Причем каждому заданию может быть поставлен в соответствие новый файл управляющих параметров, т.к. объект регулирования на разных температурах имеет другие характеристики. Именно это наиболее четко позволяет выполнить заданный график движения.

#### Заключение

Разработанные регуляторы ПРМ и ПРТ-УМЕ позволяют решить проблемы как стабилизации, так и динамического управления температурой по заданному закону.

Описание регулятора в виде отдельного файла управляющих параметров позволяет:

- использовать одну программу для объектов регулирования с различными параметрами;
- строить регулятор на основе различных типов датчиков и нагревательных элементов;
- иметь полную информацию о работе регулятора для ее диагностики;
- менять параметры регулятора при работе в различных диапазонах температур;
- реализовать смену параметров регулятора (смену файла)



при выполнении пакетного задания в широком диапазоне температур.

Представленные регуляторы могут быть использованы не только как температурные контроллеры, но и для регулирования и управления другими условиями проведения эксперимента, например, давлением или влажностью.

При функционировании одного регулятора, по результатам практических исследований, процессорный блок занимает 1-3 процента времени на магистрали VME, если количество циклов стабилизации или вычисления управляющего воздействия не превышает 10 раз в сек, хотя на практике часто бывает достаточно и одного раза в сек. Следовательно, при функционировании четырех регуляторов магистраль VME будет занята не более 4-9 процентов времени. Это позволяет сделать вывод о том, что практически на всех экспериментальных установках для нейтронных исследований на импульсных реакторах ИБР-2 и ИБР-30 могут быть применены регуляторы на основе VME для решения задач контроля и управления условиями проведения эксперимента. И при этом на том же процессорном блоке могут успешно решаться задачи накопления, обработки и визуализации спектрометрической информации, а также сетевые функции программного обеспечения.

В заключение авторы выражают свою глубокую благодарность Г.М.Мироновой, В.Н.Замрий, В.Е.Новожилову, А.С.Виноградову, коллективу отдела НЭОРВТ ЛНФ за помощь и полезные консультации по теме данной работы.

Управляющие параметры регулятора температуры

.....параметры стабилизации.....	
Tzad - задание температуры для стабилизации .....	01000
Procst - задание точности стабилизации .....	00001
Skor - скорость динамического режима. Если "0", то это режим обычной стабилизации температуры.....	00000
Dinzad - задание цели динамического режима.....	00000
Proc0 - задание температуры, при превышении которой ток в нагревателе равен 0. ....	01020
Procst - задание температуры, ниже которой ток в нагревателе равен максимально возможному с ограничением кода нагревателя Namax. ....	00980
.....параметры измерения .....	
Kolizm - количество измерений температуры для получения усредненного значения. (1-65535).....	00256
Kbxod - номер входа (1-8). Если =0, то имеет место градиент из нескольких входов.....	00001
Vход1 - 1-вход входит в градиент, 0- нет.....	00000
Vход2 - 1-вход входит в градиент, 0- нет.....	00000
Vход3 - 1-вход входит в градиент, 0- нет.....	00000
Vход4 - 1-вход входит в градиент, 0- нет.....	00000
Vход5 - 1-вход входит в градиент, 0- нет.....	00000
Vход6 - 1-вход входит в градиент, 0- нет.....	00000
Vход7 - 1-вход входит в градиент, 0- нет.....	00000
Vход8 - 1-вход входит в градиент, 0- нет.....	00000
.....параметры управления.....	
Namax - ограничение кода нагревателя (1-4096) для защиты от перегрева.....	04095
Kodrco - компенсация рассеивания тепла в окружающую среду (1-4096). 0 - это значение берется из внутренней таблицы.....	00000
Kbxod - номер выхода для управления нагревателем (1-4).....	00001
Jbxod - номер выхода для управления током датчика. Если =0, то такого датчика нет.....	00000
Kodtok - величина тока через датчик 0-4096.....	00000
.....индикация параметров управления нагревателем.....	

Kodna - код нагревателя вычисляется .....:00000  
Kodras- составляющая кода для компенсации рассеивания...:00000  
Integm - интегральная составляющая кода нагревателя ...:00000  
Kodprm - производная составляющая кода нагревателя ...:00000  
Kocogm - составляющая кода нагревателя от рассоглас...:00000  
Relp - релейная составляющая кода нагревателя .....:00000  
.....регистрация процессов регулирования.....  
Graf1 - 1- вход номер 1 заносится в график, 0- нет.....:00000  
Graf2 - 1- вход номер 2 заносится в график, 0- нет.....:00000  
Graf3 - 1- вход номер 3 заносится в график, 0- нет.....:00000  
Graf4 - 1- вход номер 4 заносится в график, 0- нет.....:00000  
Graf5 - 1- вход номер 4 заносится в график, 0- нет.....:00000  
Graf6 - 1- вход номер 4 заносится в график, 0- нет.....:00000  
Graf7 - 1- вход номер 4 заносится в график, 0- нет.....:00000  
Graf8 - 1- вход номер 4 заносится в график, 0- нет.....:00000  
Grafd - 1- рассогласование заносится в график, 0- нет...:00000  
Graft - 1- темп.стабилизации заносится в график, 0- нет:00001  
Kgraf - время для занесения 1 точки в график.....:00001  
Ctabna - количество зарегистрированных точек.....:00000  
Allgraf - емкость массива для всех графиков.....:15500  
Tabna - емкость массива отведенного под каждый график...:00000  
.....индикация качества стабилизации.....  
Sboit - количество выходов из режима стабилизации после  
первого входа в режим стабилизации.....:00000  
Maxotk - максимальное отклонение температуры от задания  
или текущего задания в динамическом режиме после  
первого входа в режим стабилизации.....:00000  
.....

Таблица рассеивания

rasmkv (:0: 800:1000:2000:5000:10000:1000000:0:0:0:0:0:0:0:0:0  
rasnag (:0:2150:2336:2700:3590: 4090: 4090:0:0:0:0:0:0:0:0:0

Таблица рассогласования

rasmkv (:0: 5: 100:1000:10000:1000000:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0  
rasnag (:0:100:1000:4000: 4090: 4090:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0

Таблица производной

promkv (:0: 10:1000:1000000:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0  
pronag (:0:400:4000: 4090:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0:0

Литература

1. Останевич Ю.М. - ОИЯИ, P13-85-310, Дубна, 1985.
3. Балагуров А.М. и др. - ОИЯИ, P10-91-155, Дубна, 1991.
3. Закрый В.Н. и др. - ОИЯИ, P13-89-508, Дубна, 1989.
4. PER Modular Computers. User Manual, 1991.

Рукопись поступила в издательский отдел  
10 марта 1994 года.