

сообщения  
Объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

1574 / 2-80

7/4-80

10 - 13009

Я.М.Даматов, Н.М. Никитюк, Б.Д.Омельченко,  
Т.Ф.Сапожникова, М.Д.Шафранов, Р.Шюсслер

СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ  
ТОКАМИ МАГНИТООПТИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ  
КАНАЛА ТРАНСПОРТИРОВКИ ПУЧКОВ ЧАСТИЦ  
НА ЛИНИИ С ЭВМ ЕС-1010

1980

Процесс настройки каналов, формирующих пучки частиц для проведения физических исследований, предусматривает установку различных по величине токов в магнитных элементах канала, а также контроль этих токов в режиме настройки и эксплуатации.

Установка заданных значений токов может быть осуществлена оператором вручную, с последующим контролем, например, на цифровом вольтметре. В некоторых системах в целях сокращения времени и удобства работы контроль значений токов осуществляется с помощью ЭВМ. При несоответствии тока в магнитном элементе с заданным, оператор вручную устанавливает необходимое значение. Для развитой системы каналов на ускорителе и насыщенности их большим числом магнитных элементов ручная установка токов - длительный процесс. В этом случае наиболее целесообразным является переход на систему контроля и установки токов магнитных элементов каналов с помощью ЭВМ. С этой целью была разработана и создана система, позволяющая осуществлять оперативный контроль и установку заданных значений токов в элементах канала с помощью ЭВМ ЕС-1010. Система, описанная в работах<sup>1,2/</sup>, предусматривала контроль и измерение заданных токов с помощью ЭВМ. Описываемая система является дальнейшим развитием этих работ.

## ОРГАНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ

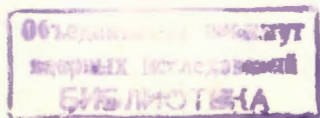
Система состоит из измерительной и управляющей цепей и программного обеспечения.

I. Измерительная цепь включает в себя: 1. Шунтирующие сопротивления. 2. Кабели связи. 3. Аналоговый коммутатор на 15 каналов. 4. Интерфейс вольтметра. 5. Блок преобразования уровней. 6. Цифровой вольтметр типа TR-1652.

II. Управляющая цепь включает в себя: 1. Десятиканальный цифро-временной преобразователь. 2. Кабели связи. 3. Блок тиристорного регулятора.

III. Программное обеспечение системы включает в себя ряд программ, обеспечивающих:

- ввод исходных параметров в таблицу токов магнитных элементов,
- тестирование блока ЦВП-10,





- вычисление коэффициента передачи цепи измерительного и управляющего трактов,
- установку заданных значений тока в выбранном магнитном элементе,
- проведение периодического контроля и поддержание заданных токовых режимов в магнитных элементах канала.

На рис. 1 приведена структурная схема электронной части системы. Аналоговые сигналы от датчиков /измерительных шунтов/ по линии связи поступают на вход аналогового коммутатора, с выхода которого сигнал поступает на вход цифрового вольтметра /ЦВ/. Сигнал в двоично-десятичном коде с выхода ЦВ после преобразования уровней поступает на вход интерфейса вольтметра /ИВ/, с помощью которого осуществляется преобразование этого сигнала в двоичный код и его передача на магистраль КАМАК. Далее на магистраль КАМАК через контроллер крейта информация в цифровом виде поступает в ЭВМ.

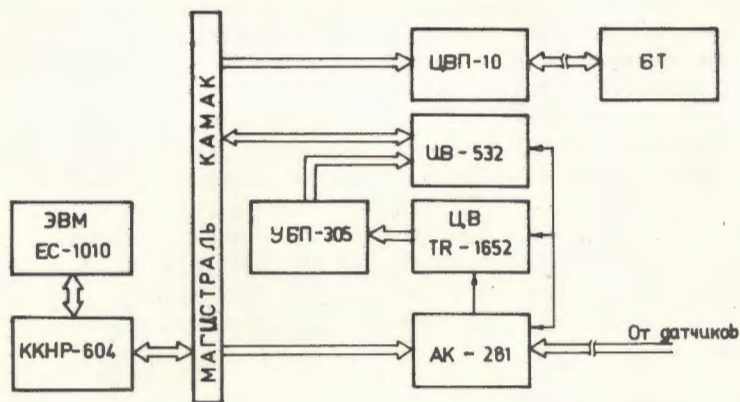


Рис. 1. Структурная схема электронной части системы. ЦВП-10 - цифро-временной преобразователь, ИВ-532 - интерфейс вольтметра<sup>/3/</sup>, ЦВ - цифровой вольтметр, АК-281 - аналоговый коммутатор<sup>/4/</sup>, УБП-305 - блок преобразования уровней<sup>/5/</sup>, ККНР-604 - контроллер крейта<sup>/6/</sup>, БТ - тиристорный регулятор<sup>/7/</sup>.

По измеренному значению падения напряжения на шунте ЭВМ вычисляет ток в данном магнитном элементе и сравнивает его с заданным. В случае недопустимого отклонения ЭВМ вырабатывает управляющий код, который через магистраль КАМАК поступает в блок цифро-временного преобразователя ЦВП-10 для отработки сигнала рассогласования. Управляющий сигнал в виде импульса с выхода ЦВП-10 по линии связи поступает в исполнительное устройство. Длительность управляющего сигнала определяется величиной рассогласования измеренного значения тока

от заданного. В качестве исполнительного устройства используется тиристорный регулятор для силовых блоков. В зависимости от величины рассогласования выбирается один из двух режимов установки заданного значения тока - "грубый" или "точный".

Рабочие значения токов магнитных элементов лежат в диапазоне от нескольких десятков до двух тысяч ампер, что соответствует значениям аналоговых сигналов в диапазоне от нескольких сот микровольт до ста милливольт. Такой относительно низкий уровень аналогового сигнала, передаваемый по линии связи длиной свыше 100 м, подвержен влиянию наводок, которые особенно значительны в период цикла ускорения. Для сведения к минимуму влияния этих помех на измерения экспериментально был подобран интервал времени /рис. 2/, где практически не сказываются наводки, связанные с работой ускорителя.

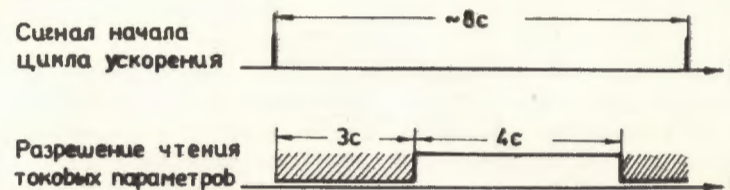


Рис. 2. Временная диаграмма измерения токов.

Время установки заданного тока в магнитном элементе зависит от величины рассогласования и быстродействия исполнительного устройства. Это время установки в одном магнитном элементе /один канал/ определяется из соотношения:

$$t_y = nt_{и} + t_{01} + t_{02} + \dots + t_{0n-1} + t_{0n},$$

где  $t_{и}$  - время измерения величины тока в одном магнитном элементе;  $t_0$  - время отработки величины управляющего кода;  $n$  - количество повторений цикла измерения - отработка величины управляющего кода для установки заданного значения тока. Время  $t_{и}$  не превышает 70 мс. Время  $t_0$  определяется абсолютным значением величины рассогласования и быстродействием исполнительного устройства и лежит в диапазоне от 64 мс до 5 мин.

Величина  $n$  зависит от точности коэффициента передачи цепи управляющего тракта и абсолютного значения величины рассогласования. Экспериментально было установлено, что  $n$  лежит в пределах от 1 до 4. В эксперименте была достигнута  $n \leq 2$ . Экспериментальная точность установки заданного значения тока не хуже  $\pm 1\%$ , что связано с величиной сигнала с шунта и чувствительностью исполнительного устройства.



## ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ

На рис. 3 представлена блок-схема программы контроля и управления. Работа программы начинается с записи исходных параметров в таблицу характеристик магнитных элементов. Исходными параметрами являются:  $I_{\text{макс}}$  - максимально допустимое значение тока магнитного элемента,  $K_{\text{и}}$  - коэффициент передачи измерительного тракта,  $K_{\text{у}}$  - коэффициент передачи управляющего тракта,  $I_{\text{табл.}}$  - значение тока, которое подлежит установить в магнитном элементе. Выбор магнитного элемента осуществляется по идентификатору, которому ставятся в соответствие номер канала в аналоговом коммутаторе №/АК/ и номер канала в цифро-временном преобразователе № /ЦВП/, №/АК/ и №/ЦВП/ также заносятся в таблицу исходных параметров.

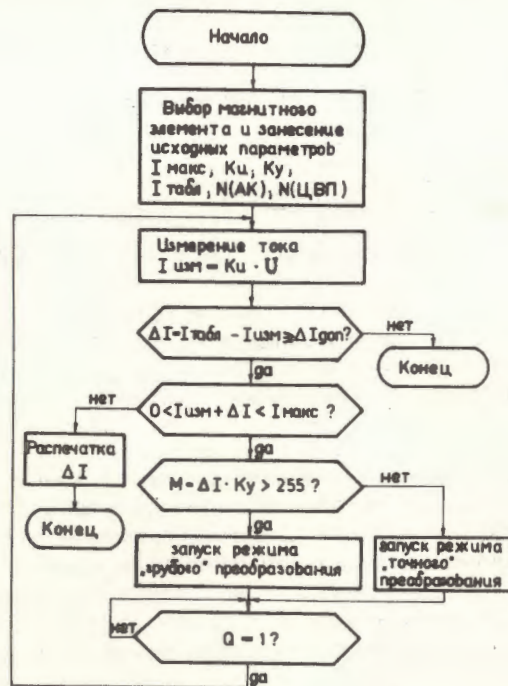


Рис. 3. Блок-схема программы контроля и управления.

После ввода оператором исходных данных программа осуществляет переход к измерению тока выбранного магнитного элемента. Значение измеренного тока ( $I_{\text{изм}}$ ) определяется со-

отношением:  $I_{\text{изм}} = K_{\text{и}} \cdot U$ , где  $U$  - величина падения напряжения на шунте, измеренная вольтметром. По данным  $I_{\text{табл.}}$  и  $I_{\text{изм.}}$  определяется величина и знак рассогласования  $\Delta I = I_{\text{табл.}} - I_{\text{изм.}}$  и производится сравнение  $\Delta I$  с допустимым значением рассогласования  $I_{\text{доп}}$ , соответствующим величине точности измерения системы. Если  $|\Delta I| > |\Delta I_{\text{доп}}|$ , происходит оценка неравенства

$$0 < I_{\text{изм.}} + \Delta I < I_{\text{макс.}}$$

позволяющая выявить ошибки в задании  $I_{\text{табл.}}$  ( $I_{\text{табл.}} > I_{\text{макс.}}$ ), либо в определении  $I_{\text{изм.}}$  и  $\Delta I$ . Если выполняется неравенство, то осуществляется переход к расчету значения управляющего кода  $M$  из соотношения:

$$M = \Delta I \cdot K_{\text{у}}$$

По величине кода  $M$  программа выбирает режим отработки величины рассогласования согласно условиям:

$|M| > 255$  - "грубый" режим,

$|M| \leq 255$  - "точный" режим.

Значение управляющего кода записывается в блок ЦВП-10. На время отработки управляющего кода  $M$  программа переходит в режим ожидания сигнала конца отработки. Появление  $Q$  означает, что отработка величины управляющего кода  $M$  закончена. После этого программа вновь переходит к измерению тока, и так до тех пор, пока не будет выполнено условие  $|\Delta I| \leq |\Delta I_{\text{доп}}|$ . Для данной системы  $\Delta I_{\text{доп}} = \pm 1 \text{ А}$ .

Перед началом работы программы установки заданных значений токов происходит определение коэффициента передачи управляющего тракта  $K_{\text{у}}$ . Он вычисляется с помощью специально написанной подпрограммы для каждого магнитного элемента. В предположении, что передаточная функция цепи управляющего тракта в рабочем диапазоне описывается линейной функцией с коэффициентом передачи управляющего тракта  $K_{\text{у}}$ , он определяется по формуле:  $K_{\text{у}} = \frac{0,95 \cdot M_{\text{зад}}}{I_{\text{изм.2}} - I_{\text{изм.1}}}$ , где  $M_{\text{зад}}$  - значение управляющего кода, задаваемое оператором.  $I_{\text{изм.1}}$  - значение тока до отработки управляющего кода.  $I_{\text{изм.2}}$  - значение тока после отработки.

Коэффициент 0,95 вводится в следующих целях: предположим, что при первом измерении установленный ток меньше /больше/ необходимого табличного. После отработки программ устанавливается ток также меньше /больше/ табличного значения, но гораздо ближе к табличному, т.е. все приближения к заданному значению тока в магнитном элементе происходят со стороны меньших /больших/ значений токов. Работа в указанном режиме /с коэффициентом 0,95/ сокращает число циклов измерения - отработка выставления тока.



На рис. 4 приведена блок-схема подпрограммы для вычисления  $K_y$ .

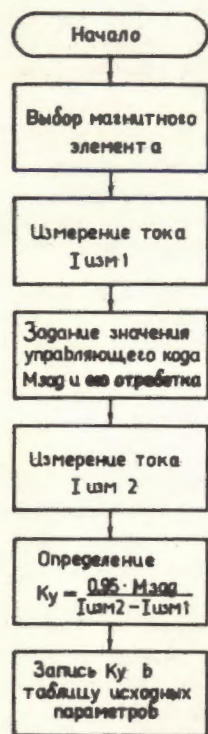


Рис. 4. Блок-схема программы вычисления коэффициента передачи управляющего тракта  $K_y$ .

С помощью следующей подпрограммы можно проводить тестирование блока ЦВП-10, которое заключается в проверке зависимости времени отработки управляющего кода  $t_0$  от величины управляющего кода  $M$  по всем десяти каналам блока ЦВП-10. При этом по каждому каналу блока ЦВП-10 №/ЦВП/ записывается значение управляющего кода  $M$ . Величина кода  $M$  в зависимости от номера канала определяется следующим образом:

№/ЦВП/ = 1,	$M = 0 F_{16}$
№/ЦВП/ = 2,	$M = 1 F_{16}$
...	...
№/ЦВП/ = 10,	$M = 9 F_{16}$

После появления сигнала конца отработки управляющего кода первого канала  $Q(1)$  считается число циклов ожидания сигнала  $Q(2)$  второго канала. Аналогично считается число циклов ожидания сигнала  $Q$  для всех остальных каналов блока ЦВП-10. При описанном способе задания величины управляющего кода  $M$  и правильной работе блока ЦВП-10, число циклов ожидания сигнала конца отработки кода каждого канала должно совпадать между собой с заданной точностью.

Помимо описанных возможностей программное обеспечение позволяет проводить периодический контроль и поддержание заданных токовых режимов в магнитных элементах канала. Вызов каждой подпрограммы осуществляется по приказу оператора.

Программы написаны на языке ассемблер для ЭВМ ЕС-1010. Общий объем программы составляет 1800 слов.

В заключение авторы хотели бы выразить благодарность А.Д.Кириллову, В.П.Ширикову, Г.Д.Борисовой, Р.И.Кукушкиной за оказанное внимание и помощь в работе.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Даматов Я.М. и др. ОИЯИ, 13-11852, Дубна, 1978.
2. Даматов Я.М. и др. ОИЯИ, 11-12682, Дубна, 1979.
3. Ефимов Л.Г. ОИЯИ, 10-9062, Дубна, 1975.
4. Арефьев В.А., Басиладзе С.Г. ОИЯИ, 13-7252, Дубна, 1972.
5. Арефьев В.А., Басиладзе С.Г. ОИЯИ, 13-6332, Дубна, 1972.
6. Никитюк Н.М., Смирнов А.В. ОИЯИ, 10-6485, Дубна, 1972.
7. Омельченко Б.Д. ПТЭ, 1974, №3, с.140.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 декабря 1979 года.