

сообщения
объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

5513/2-81

9/41-81
P9-81-537

В.Н.Аносов, П.П.Гавриш, Е.Д.Городничев,
В.В.Кольга

АВТОМАТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА
ИЗМЕРЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА ЛИНИИ С ЭВМ ЕС-1010

1981

При проведении экспериментальных исследований во многих случаях возникает проблема определения некоторых характеристик объекта исследования в большом числе точек пространства. Только при измерении определенных параметров во многих точках пространства в различные промежутки времени возможно затем восстановить некоторые общие характеристики исследуемого объекта /топографию различных полей, параметры ядерных реакций и т.д./. В общем случае некоторый датчик, измеряющий заданный физический параметр, должен перемещаться в пространстве в заданной системе координат и в определенных точках осуществлять измерение.

Полученные результаты необходимо затем обработать по определенным алгоритмам, а также в ряде случаев сохранить для дальнейших, более углубленных обработок, т.е. в процессе измерений необходимо создавать архив цифровой информации на каком-либо удобном носителе.

В отделе новых ускорителей Лаборатории ядерных проблем разработана и создана автоматическая система, включающая подсистему дискретных перемещений датчика с приводом на шаговых двигателях и подсистему съема информации с цифрового вольтметра с последующей передачей цифровой информации в малую ЭВМ ЕС-1010 и одновременно, при необходимости создания архива, на устройство выдачи перфокарт "Аритма-130". Управление системой производится либо от автономного пульта, либо от ЕС-1010 с помощью разработанного пакета системных программ.

Система реализована на стенде моделирования магнитного поля секторного кольцевого циклотрона /в масштабе 1:5/.

СТРУКТУРНАЯ СХЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ДАТЧИКА

На рис.1 приведена структурная схема управления консолью с датчиком Холла /штангой/ для точечных измерений магнитного поля в полярной системе координат. Она состоит из устройства перемещения по азимуту /Упр. ϕ , Сч. ϕ , Упр. ЩД ϕ , ЩД5/, устройства перемещения по радиусу /Упр. R, Сч. R, Упр. ЩД R, Упр. муфтой, муфта, ЩД5/, устройства управления от ЭВМ ЕС-1010 /Упр. ϕ , R, муфтой/ и регистрирующих устройств /ДХ, ЦВ TR-65, Пф. "Аритма-130", ЭВМ ЕС-1010/.

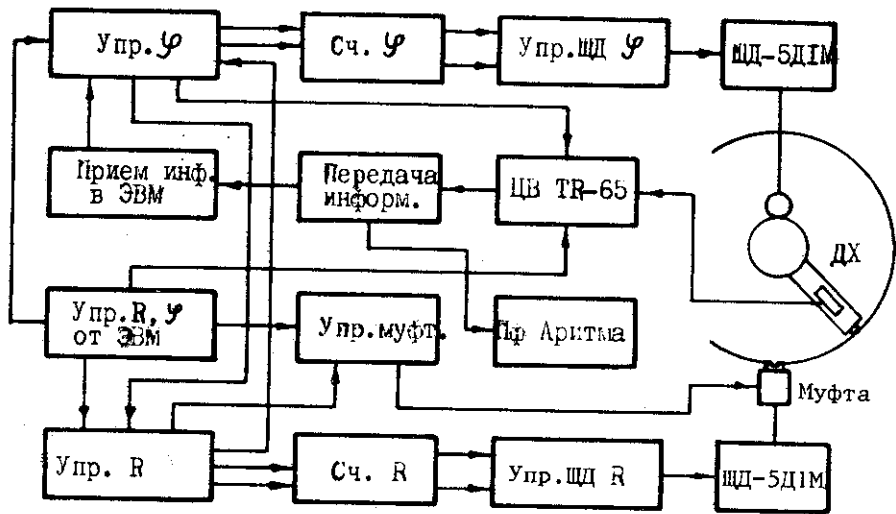


Рис. 1

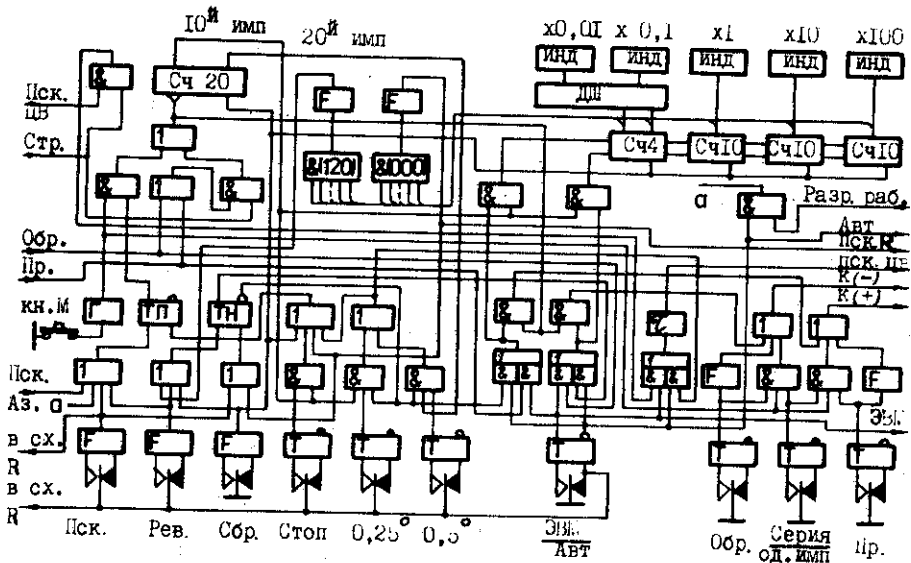


Рис. 2

Измерительная штанга обеспечивает перемещение датчика магнитного поля /ДХ/ в полярных координатах ϕ , R. Привод штанги по азимуту осуществляется шаговым двигателем с редуктором, а перемещение ДХ по радиусу производится всегда на начальном азимуте шаговым двигателем с помощью муфты сцепления его вала с ходовым винтом каретки, на которой крепится ДХ. Муфта сцепления включается только на время перемещения ДХ по радиусу. Напряжение с ДХ, определяющее индукцию магнитного поля, измеряется цифровым вольтметром TR-65, информация с которого в виде 24-разрядных двоично-десятичных чисел передается на перфоратор "Аритма-130" и ЭВМ ЕС-1010.

Режимы перемещения измерительной штанги осуществляются либо с передней панели блоков управления /Упр. ϕ , Упр. R / - автономный режим, либо от ЭВМ ЕС-1010.

РЕЖИМЫ РАБОТЫ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ШТАНГИ

Автономный режим. На рис.2 приведена функциональная схема блока управления перемещением измерительной штанги по азимуту. На переднюю панель блока управления по ϕ выведены 5-значная десятичная индикация положения измерительной штанги /в градусах/ и клавиши управления. С помощью клавиш "Прямо" /Пр./, "Обратно" /Обр./, "Серия/одиночные импульсы" /Сер./Од.имп./ измерительная штанга устанавливается в исходное положение. Это осуществляется следующим образом. Если клавиша "Сер./Од.имп." находится в положении "Серия", то в устройство управления шаговым двигателем подаются импульсы генератора Г до тех пор, пока нажата клавиша "Пр." или "Обр.", и измерительная штанга поворачивается в прямом или обратном направлении. Таким образом штанга грубо устанавливается в нужное положение. Более точная установка измерительной штанги в исходное положение производится с помощью одиночных импульсов. При нажатии клавиши "Пр." или "Обр." триггер/Т/устанавливается в единичное состояние, схемой F формируется одиночный импульс, который поступает через схему ИЛИ /рис.2/ в устройство управления шаговым двигателем, и измерительная штанга данной конструкции поворачивается на $0,025^\circ$.

Клавишами "0,25°", "0,5°" задается шаг перемещения штанги. Клавиша "Сброс" приводит схему в исходное состояние, а клавиша "Стоп" останавливает процесс измерения. Перемещение измерительной штанги и измерение магнитного поля осуществляются после нажатия клавиши "Пуск".

Итак, рассмотрим процесс измерения магнитного поля на заданном радиусе R_0 . Измерительная штанга приведена в исходное положение. При нажатии клавиши "Пуск" схема F вырабатывает оди-

ночный импульс, который устанавливает триггер направления /ТН/ в нулевое состояние, а триггер пуска /ТП/ - в единичное состояние /рис.2/.

Импульсы генератора частотой ~150 Гц начинают поступать в устройство управления шаговым двигателем ШД-5Д1М-УЗ /К/+// и на счетчик /Сч.20/, который с учетом редукции отсчитывает необходимое количество импульсов на единицу угла поворота измерительной штанги $\phi_0 = 0,25^\circ$. Коэффициент редукции данной конструкции азимутального привода $n = 60$. При подаче в схему управления шаговым двигателем ШД-5Д1М-УЗ одного импульса вал его поворачивается на $1,5^\circ$. Для поворота вала двигателя на один оборот необходимо подать в схему управления $K = 240$ импульсов. Определим необходимое количество импульсов на единицу угла поворота измерительной штанги:

$$N = \frac{K \cdot n}{360} \cdot \phi_0.$$

При $K = 240$, $n = 60$, $\phi_0 = 0,25^\circ$ получим $N = 10$ импульсов.

Итак, для поворота измерительной штанги на $0,25^\circ$ в схему управления ШД необходимо подать 10 импульсов. Каждый 10-й импульс Сч.20 подается на вход "Сложение" реверсивного счетчика, индикация с которого выведена на переднюю панель блока.

В зависимости от шага перемещения штанги $0,25^\circ$ или $0,5^\circ$ 10-й или 20-й импульс устанавливает триггер пуска ТП в нулевое состояние и запускает цифровой вольтметр на измерение ЭДС датчика Холла через время $t \approx 100$ мс. Это время необходимо для успокоения механической системы штанги. Информация с цифрового вольтметра передается в линию связи для регистрации на перфораторе "Аритма-130" и ЭВМ ЕС-1010 /1,3/.

Линия связи после записи информации в память "Аритма-130" отвечает сигналом "Разр.раб." /разрешение работы/, который устанавливает ТП в единичное состояние, запуская тем самым перемещение измерительной штанги на следующие $0,25^\circ$ или $0,5^\circ$, и т.д.

После измерения заданной последней точки /в данном случае 120° / триггер направления ТН приводится в единичное состояние импульсом, вырабатываемым схемой совпадения (&120) и формирователем F. Очередной сигнал "Разр.раб." из линии связи установит ТП в единичное состояние, и импульсы генератора Г будут поступать на другой вход в устройство управления ШД /К/-// и на счетчик /Сч.20/. Каждый 10-й импульс со Сч.20 теперь подается на вход "вычитание" реверсивного счетчика. По возвращении измерительной штанги в исходное положение схема совпадения (&000) и формирователь F вырабатывают импульс, устанавливающий ТН и ТП в нулевое состояние. Этот же импульс запускает блок управления перемещением ДХ по радиусу/"Пск. R "/.

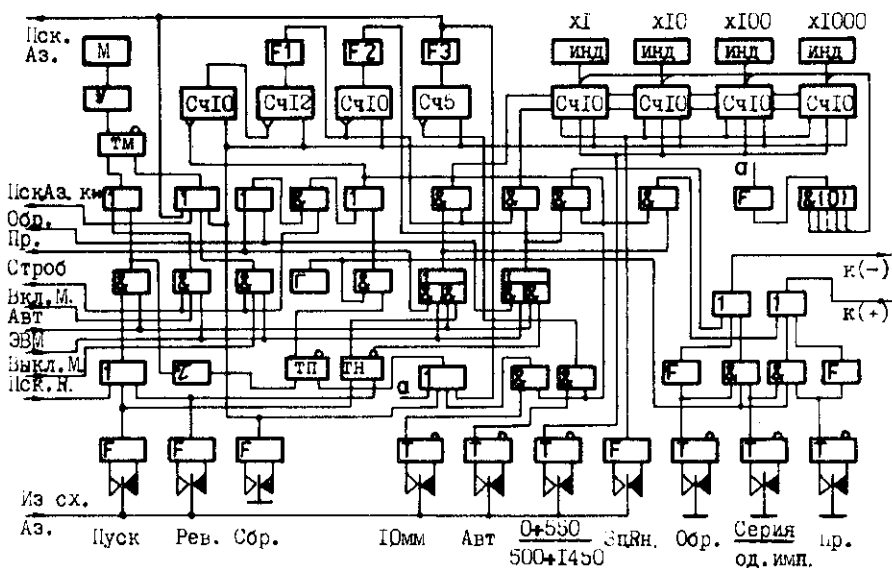


Рис. 3

На рис. 3 приведена функциональная схема блока управления перемещением ДХ по радиусу. Рассмотрим работу этой схемы. На переднюю панель блока управления по R выведены 4-значная десятичная индикация положения ДХ /мм/ и клавиши управления. Назначение клавиш "Сброс", "Пуск", "Реверс", "Прямо", "Обратно", "Серия/од.имп." аналогично вышеописанному в блоке управления движением по азимуту. Клавиша "3п. Рн" /запись радиуса начального/ предназначена для занесения начального радиуса на реверсивный счетчик, т.к. диапазон изменения радиусов $0 \div 1450$ мм разбит на два интервала: $0 \div 550$ и $500 \div 1450$ мм. Клавиша "R₀/R₁" определяет, на каком интервале будут проводиться измерения. Клавиши "10 мм" и "Автомат" задают изменение шага по радиусу.

Если нажата клавиша "Автомат", то либо импульсом "Пск. R" /пуск по радиусу/, поступающим из схемы управления азимуту, либо нажатием клавиши "Пуск" триггер ТМ устанавливается в единичное состояние, срабатывает муфта сцепления, которая соединяет ходовой винт каретки ДХ с валом шагового двигателя ШД-5Д1М, и каретка перемещается на 50 мм. Это происходит следующим образом. Импульс "Пск. R" задерживается на время $\tau_1 \approx 100$ мс, необходимое для срабатывания муфты сцепления, и устанавливает триггер пуска ТП в единичное состояние. Импульсы генератора Г частотой ~ 1000 Гц проходят через схемы совпадения и подаются в устройство управления шаговым двигателем /К/+/ и на счетчики /Сч.10, Сч.12, Сч.10, Сч.5/, которые отсчитывают необходимое количество импульсов на заданный шаг

перемещения ДХ по радиусу. Так как один оборот ходового винта перемещает каретку с ДХ на 2 мм и коэффициент редукции равен 1, то для перемещения каретки на 1 мм необходимо подать 120 импульсов в устройство управления шаговым двигателем. Каждый 120-й импульс, который формируется схемой F1, подается на вход "Сложение" реверсивного счетчика. После отсчета 50x120 импульсов срабатывает схема F3, импульс с которой устанавливает триггер пуска ТП и триггер муфты ТМ в нулевое состояние, а также запускает схему управления азимутом по вышеописанной логике автоматически.

Если нажата клавиша "10 мм", то каретка с ДХ перемещается на 10 мм, триггер пуска ТП устанавливается в нулевое состояние импульсом со схемы F2 и схема ожидает вмешательства оператора. Для перемещения каретки на больший радиус нажимается клавиша "Пск. R". Таким образом можно установить каретку с ДХ на любой /кратный 10 мм/ радиус. Для запуска измерения необходимо нажать клавишу "Пск. Аз." /пуск по азимуту/. Сигналом "Пск. Аз." муфта сцепления выключается и запускается схема управления движением по φ.

В блок приема информации /рис.3 работы^{3/} / внесены изменения. Они заключаются в том, что регистр приема сделан 24-разрядным, информация с него после приема с линии связи передается параллельным кодом на ЭВМ ЕС-1010 в течение 2,0 мс. После записи данных в память ЭВМ производится их запись в память "Аритма-130", как и ранее^{3/}. Общее время передачи и записи данных об одной точке измерения составляет ~25 мс.

Таким образом, информация записывается в ЭВМ и регистрируется на перфокартах, если это необходимо.

РЕЖИМ РАБОТЫ НА ЛИНИИ С ЭВМ ЕС-1010

Для переключения измерительного стенда в режим работы на линии с ЭВМ ЕС-1010 клавиша "Автоном./ЭВМ" на пульте стенда устанавливается в положение "ЭВМ". Коды управляющих слов УС1-УС7 /см. таблицу/ при этом подаются от ЕС-1010 через интерфейсную карту БР-15 на входы схем, изображенных на рис.2,3. Схемное подключение привода измерительной штанги аналогично подключению графопостроителей к ЭВМ ЕС-1010^{2/}.

В таблице указаны разряды, которые используются для передачи управляющих слов УС1-УС7. Управляющие слова для перемещения штанги по азимуту передаются от ЭВМ к измерительному стенду с частотой 150 Гц, а для перемещения штанги по радиусу - с частотой 1000 Гц.

Режим измерения поля на линии с ЭВМ ЕС-1010 позволяет осуществлять перемещение датчика поля по азимуту и по радиусу с любым требуемым шагом и полностью устраняет необходимость работы оператора на установке во время измерения поля.

Таблица

Команды на измерительную штангу	ЭВМ ЕС-1010	
	Вых. сигнал EP-15	Разряд Рг. вых
перемещение по $+\phi$	S08	8 р
"- " $-\phi$	S09	9 р
"- " $+R$	S10	10 р
"- " $-R$	S11	11 р
пуск ЦВ	S12	12 р
вкл. муфты	S13	13 р
выкл. муфты	S14	14 р
строб	XOKS	Сигнал записи
земля	земля	

На рис. 4-7 приводятся блок-схемы подпрограмм SDVIGF, SDVIGR, DVIG, ПРИЕМ. Параметры указанных подпрограмм определяются в вызывающей программе пользователя, которая выполняет роль диспетчера.

SDVIGF - подпрограмма на языке ФОРТРАН, служащая для организации движения по азимуту и имеющая параметры F1, F2, NZADF, NA60, где

F1 - начальная азимутальная координата датчика поля;

F2 - конечная азимутальная координата датчика поля;

NZADF - константа, изменяющая величину задержки на один элементарный шаг двигателя по азимуту;

NA60 - адрес выходного регистра EP-15.

На рис. 4, где приведена блок-схема программы SDVIGF, используются следующие обозначения: $DF=F2-F1$; KLPFI - ключ при установке которого в "1" происходит движение штанги в направлении, условно принятом за положительное; KLMFI - ключ, при установке которого в "1" происходит движение штанги в отрицательном направлении; NSAGF - количество элементарных шагов двигателя, содержащихся в перемещении DF.

SDVIGR - подпрограмма, написанная на языке Фортран, служащая для организации перемещения штанги по радиусу и имеющая параметры:

R_1 - начальная радиальная координата датчика поля;

R_2 - конечная радиальная координата датчика поля;

NZADR - константа, изменяющая величину задержки на один элементарный шаг двигателя по радиусу;

NZADM - константа, служащая для создания программной задержки на время включения и выключения муфты;

NADR60 - адрес выходного регистра интерфейсной карты EP-15.

На рис. 5 /блок-схема программы SDVIGR / даны следующие обозначения: $DR=R_2 - R_1$; KLPR и KLMR - ключи, при установ-

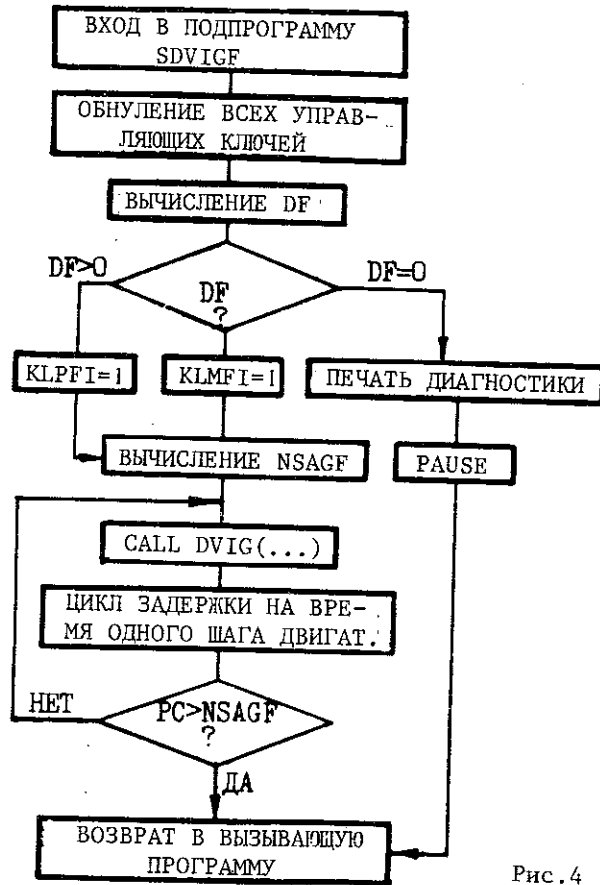


Рис. 4

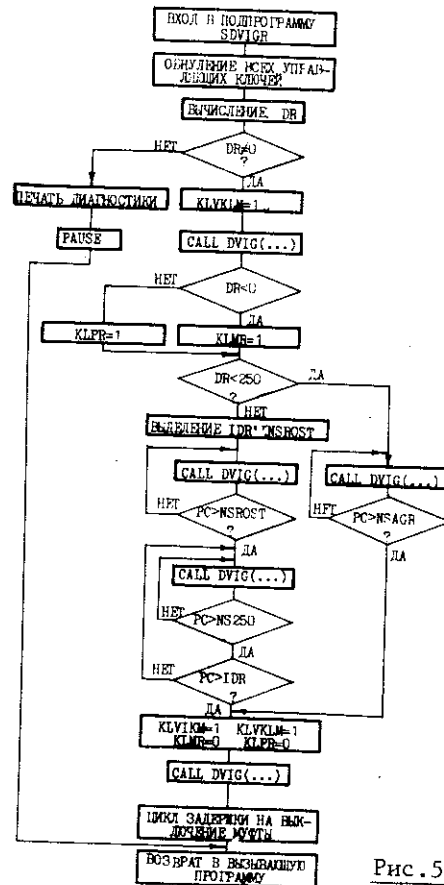


Рис. 5

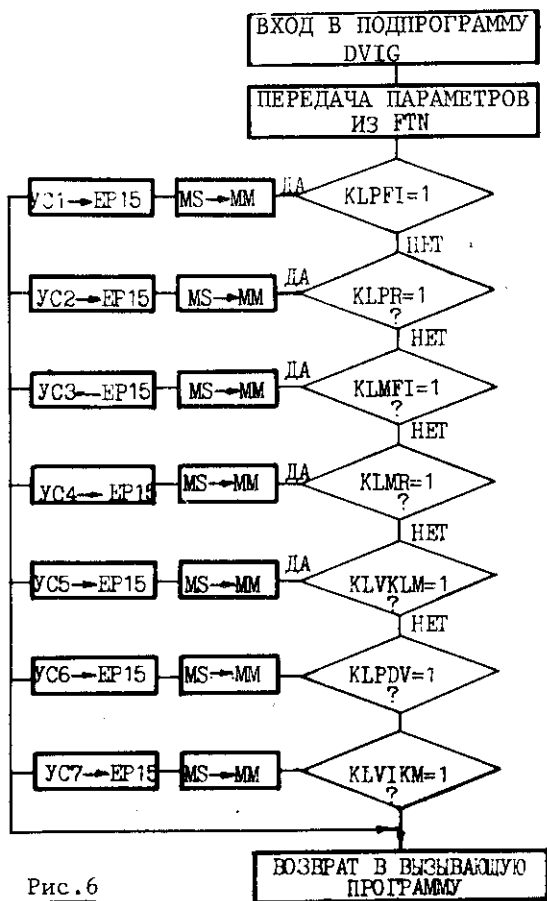


Рис. 6

ке которых в "1" происходит движение штанги соответственно либо в условно положительном направлении, либо в отрицательном направлении; NSAGR - количество элементарных шагов двигателя в перемещении DR; NSROST - остаточное количество элементарных шагов двигателя после выделения из полного числа шагов того их количества, которое содержится в перемещении IDR×250. Перемещение по радиусу разбито на отрезки по 250 мм потому, что в противном случае количество элементарных шагов будет превышать максимально допустимую целую константу "32767" для ЭВМ ЕС-1010; IDR - количество отрезков по 250 мм в интервале DR.

DVIG - подпрограмма на языке ассемблер /рис.6/, предназначенная для передачи управляющих слов УС1-УС7 на измерительный стенд от ЭВМ ЕС-1010 в соответствии с таблицей. Подпрограмма

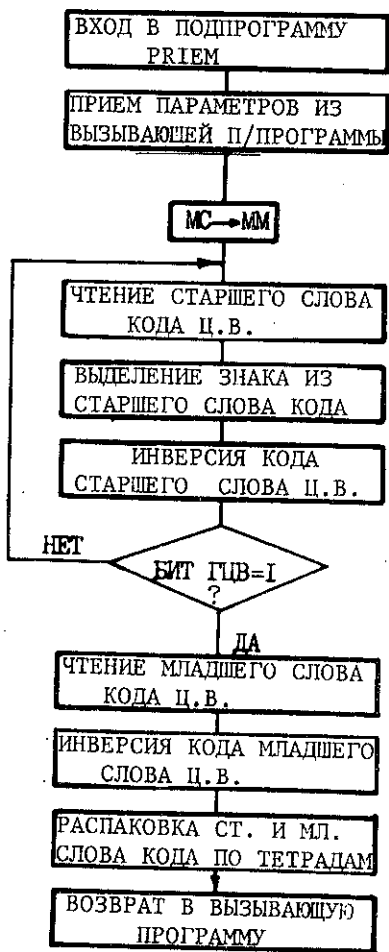


Рис. 7

DVIG имеет параметры: KLPFI, KLMFI, KLPR, KLMR, KLVKLM, KLVKLM, KLPDV - ключи, устанавливая один из которых в "1" в вызывающей программе, можно осуществить одну из функций, перечисленных в таблице.

NADR60 - адрес выходного регистра платы EP-15. Обозначения на рис. 6: MS → MM - перевод подпрограммы DVIG из режима master slave в режим master mode; $Y_{C_1} \rightarrow EP-15$ - выдача управляющего слова через карту EP-15 на измерительный стенд.

PRIEM - подпрограмма на языке ассемблер /рис. 7/, предназначенная для приема кодовой информации от цифрового вольтметра /ЦВ/ в ЭВМ в моменты нахождения датчика поля в точках по азимуту, отстоящих друг от друга на расстоянии DF. Кроме того, подпрограмма PRIEM распаковывает двоично-десятичный код от цифрового вольтметра по одной тетраде в отдельные ячейки памяти для передачи их затем в вызывающую программу. Подпрограмма PRIEM имеет

параметры: I1 - тетрада знака числа; I2, I3, I4, I5, I6 - тетрады двоично-десятичного кода, принимаемого от ЦВ; I7, I8 - адреса входных регистров платы EP-15, которые также задаются в вызывающей программе. Обозначения на рис. 7 соответствуют обозначениям на рис. 6.

К настоящему времени с помощью описанной системы выполнен обширный цикл измерений на модели магнитной системы секторного циклотрона. Все элементы этой системы показали высокую надежность при длительной непрерывной эксплуатации. Архив данных,

создаваемый на перфокартах, позволяет проводить в любое время дальнейшую обработку на мощных ЭВМ /БЭСМ-6, CDC-6500 и т.д./.

Авторы выражают благодарность проф. В.П.Дмитриевскому за поддержку данной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аносов В.Н. и др. ОИЯИ, Р10-11972, Дубна, 1978.
2. Аносов В.Н. и др. ОИЯИ, 11-12285, Дубна, 1979.
3. Гавриш П.П. и др. ОИЯИ, 10-11645, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел
17 августа 1981 года.