

10890

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



Ц8462

П-305

17/2-77

P10 - 10890

4192/2-77

А.Г.Петров, А.Н.Синаев

СИСТЕМА В СТАНДАРТЕ КАМАК
ДЛЯ КАЛИБРОВКИ И КОНТРОЛЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ
СО СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫМИ СЧЕТЧИКАМИ

1977

P10 - 10890

А.Г.Петров, А.Н.Синаев

СИСТЕМА В СТАНДАРТЕ КАМАК
ДЛЯ КАЛИБРОВКИ И КОНТРОЛЯ
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ
СО СЦИНТИЛЛЯЦИОННЫМИ СЧЕТЧИКАМИ



Петров А.Г., Синаев А.Н.

P10 - 10890

Система в стандарте КАМАК для калибровки и контроля экспериментальной аппаратуры со сцинтилляционными счётчиками
Описана система в стандарте КАМАК, связанная с ЭВМ HP 2116C, для калибровки и контроля экспериментальной аппаратуры, используемой при исследованиях рассеяния пионов на ядрах гелия, которые проводятся с помощью стримерной камеры, управляемой сцинтилляционным годоскопом. Выполняются следующие операции:

- Калибровка задержек в трактах телескопа и годоскопа, содержащих 22 сцинтилляционных детектора.
- Контроль относительной эффективности годоскопических детекторов и других параметров эксперимента.
- Контроль напряжения питания ФЭУ.
- Контроль токов магнитов и линз мезонного тракта синхроциклотрона.
- Снятие амплитудных спектров с черенковского детектора для определения состава пучка.

Вызов рабочих программ и диалог с ЭВМ ведется с помощью алфавитно-цифрового дисплея, включенного через каркас в стандарте КАМАК.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

Petrov A.G., Sinaev A.N.

P10 - 10890

CAMAC-System for Calibration and Control of Experimental Apparatus with Scintillation Counters

The CAMAC-system is described, connected to the mini-computer HP-2116C, for calibration and control of an experiment on pion scattering on He-nuclei performed with a streamer chamber triggered by a scintillation hodoscope. The following operations are performed:

- delay calibration in telescope and hodoscope tracts involving 22 scintillation counters;
- control of relative efficiency of hodoscope counters and other parameters of the experiments;
- control of HV supply of photomultipliers;
- control of the currents of magnets and lenses of the muon tract of the synchrocyclotron;
- measurement of pulse-height spectra from a Cherenkov counter to determine the beam composition.

The working programs are initiated and the dialogue with the computer is carried out using an alphanumeric display connected to the HP-2116C via a CAMAC interface.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1977

ВВЕДЕНИЕ

В современных физических экспериментах, проводимых с помощью сцинтилляционных детекторов, большое внимание уделяется вопросам автоматизации калибровки и контроля работы аппаратуры^{/1-5/}. Контролироваться могут как различные параметры импульсов в трактах их прохождения, так и параметры отдельных узлов аппаратуры.

В настоящей работе описывается система для калибровки и контроля экспериментальной аппаратуры, используемой при исследованиях рассеяния пионов на ядрах гелия, которые проводятся с помощью стримерной камеры, управляемой сцинтилляционным годоскопом^{/6/}.

Система калибровки и контроля выполнена в стандарте КАМАК и связана с ЭВМ HP-2116C. С ее помощью выполняются следующие операции:

- измерение чисел импульсов и скоростей счета в трактах телескопа и годоскопа,
- измерение величин задержек в трактах телескопа и годоскопа,
- снятие амплитудных спектров с черенковского детектора,
- измерение напряжения питания ФЭУ,
- измерение токов магнитов и линз мезонного тракта синхроциклотрона.

1. БЛОК-СХЕМА ЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

Блок-схема расположения сцинтилляционных детекторов приведена на *рис. 1*. В состав телескопа входят детекторы Д1-Д6. Детекторы Д8-Д21 образуют годоскоп, при прохождении через который частиц, рассеянных в стримерной камере, подается сигнал на ее запуск. Блок-схема электронной аппаратуры показана на *рис. 2*. Наряду с узлами системы калибровки и контроля эксперимента здесь приведены тесно связанные с ней узлы системы отбора и регистрации полезных событий. Блоки, выполненные в стандарте КАМАК, изображены на рисунке более толстыми линиями, поскольку большая часть узлов второй системы выполнена в стандарте "Вишня".

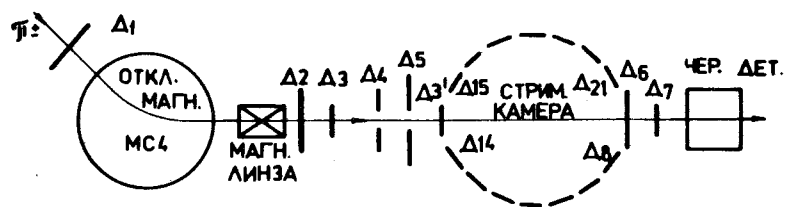


Рис. 1. Блок-схема расположения сцинтилляционных детекторов.

Сигналы с детекторов, входящих в состав телескопа и годоскопа, после прохождения через соответствующие формирователи и линии задержки поступают на управляемые от ЭВМ 8-входовые коммутаторы логических импульсов КЛ 003/10/К1-К4/. Во время проведения эксперимента эти коммутаторы устанавливаются в режим прямого пропускания импульсов с входов на соответствующие выходы. С выходов коммутатора К1 импульсы подаются на схему совпадений СС1, выделяющую комбинацию $СС1 = Д1 \cdot Д2 \cdot Д3 \cdot Д4 \cdot Д5$, а с выходов коммутатора К2 - на схемы совпадения СС2 и СС3, выделяющие соответственно комбинации $СС2 = СС1 \cdot Д6$ и $СС3 = СС1 \cdot Д6$. Первая из них определяет случай про-

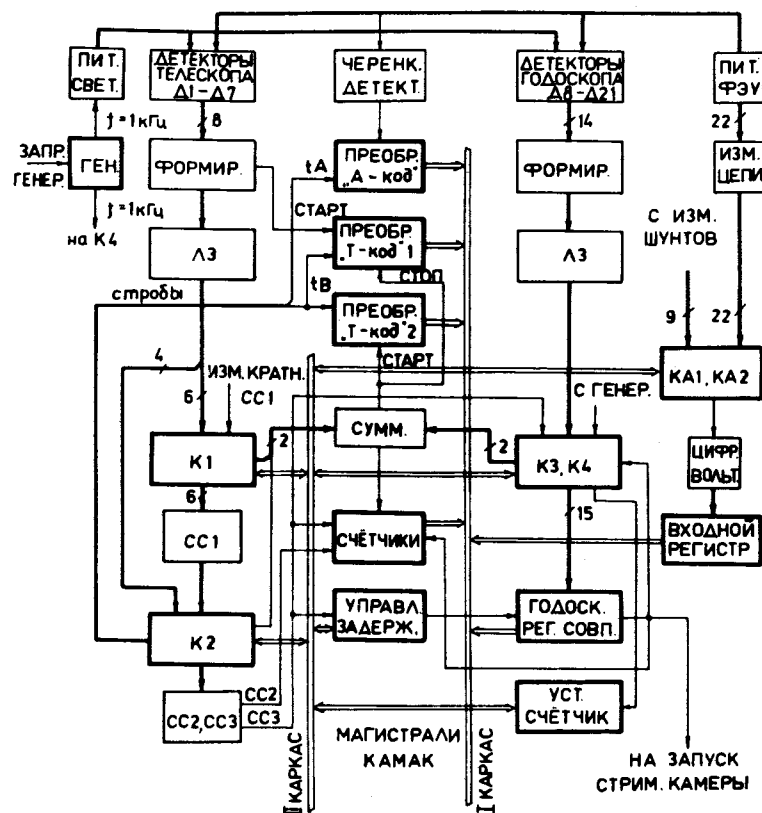


Рис. 2. Блок-схема электронной аппаратуры.

хождения частиц через камеру и используется в качестве монитора, вторая определяет случаи остановки и рассеяния частиц в камере.

Сигнал со схемы СС3 подается также на управляемую задержку КЛ 002/9/, которая образует управляющий сигнал для 16-канального годоскопического регистра КР 003/8/. На входы регистра подаются сигналы с детекторов годоскопа, прошедшие через коммутаторы К3 и К4. При наличии совпадений этих сигналов с управляющим подается сигнал на запуск стримерной камеры, а информация с регистра передается в ЭВМ.

Во время эксперимента соответствующими счетчиками КС 002 и КС 005^{7/7} производится счет числа частиц, прошедших через камеру $N_{\text{мон}}$ /импульсы с СС2/, числа остановок и рассеяния в камере $N_{\text{ост}}$ /импульсы с СС3/ и числа запусков камеры $N_{\text{зап}}$ /импульсы с годоскопического регистра/. Информация со всех счетчиков передается в ЭВМ после окончания экспозиции, то есть после осуществления заданного числа запусков камеры, определяемого с помощью установочного счетчика КС 013^{9/9}.

Контроль числа импульсов в каналах годоскопа производится путем суммирования в ЭВМ информации, поступающей с годоскопического регистра при регистрации каждого события в течение выбранной экспозиции. На основе полученных данных ЭВМ вычисляет требуемые счетные соотношения, сравнивает их с заданными и таким образом контролирует правильность хода эксперимента и относительную эффективность детекторов годоскопа. Вычисляются следующие соотношения:

а/ коэффициент суммирования $K_{\text{сумм.}} = \frac{\sum_{i=8}^{21} N_i}{N_{\text{зап.}}}$, где

i - номер детектора;

б/ коэффициент отбора $K_{\text{отб.}} = \frac{N_{\text{зап.}}}{N_{\text{мон.}}}$;

в/ коэффициент остановок $K_{\text{ост.}} = \frac{N_{\text{ост.}}}{N_{\text{мон.}}}$;

г/ групповые коэффициенты

$$K_1 = \frac{N_8 + N_9 + N_{10}}{N_{11} + N_{12} + N_{13} + N_{14}}; \quad K_2 = \frac{N_8 + N_9 + N_{10}}{N_{19} + N_{20} + N_{21}};$$

$$K_3 = \frac{N_{11} + N_{12} + N_{13} + N_{14}}{N_{15} + N_{16} + N_{17} + N_{18}}; \quad K_4 = \frac{N_{15} + N_{16} + N_{17} + N_{18}}{N_{19} + N_{20} + N_{21}}.$$

Калибровка задержек в трактах телескопа и годоскопа производится перед началом проведения эксперимента, а при необходимости - и во время него. При калибровке годоскопа на пучке пионов для увеличения скорости набора информации следует ставить медный рассеиватель перед детектором Д3 и отключать детекторы антисовпадений. Калибровку можно проводить с помощью светодиодов, питаемых импульсным генератором с частотой 1 кГц.

Для калибровки задержек в трактах телескопа используются два преобразователя время - код /"Т - код"/ КЛ 303^{12/12}. Один из них измеряет время задержки сигнала в калибруемом тракте относительно стартового импульса, которым является импульс детектора Д2, другой - длительность этого сигнала. Сигналы от калибруемых трактов, а также от схемы совпадений СС1 подаются на преобразователи поочередно с общих выходов коммутаторов К1 и К2 через сумматор. В качестве реперного используется сигнал с детектора Д1. Для снижения числа ложных запусков преобразователей используется строб-сигнал t_B от детектора Д3. Описанный метод калибровки задержек может проводиться и во время эксперимента, не мешая ему. По полученным данным ЭВМ определяет центры тяжести временного распределения для каждого тракта и выдает результаты вычислений. После окончательного подбора всех задержек центры тяжести временного распределения импульсов на входах схем совпадений СС1, СС2 и СС3 должны совпадать между собой. Во избежание неточности при измерении длительности коротких сигналов из-за нелинейности характеристики преобразователя в начальном участке, они специально удлиняются путем смешивания сигналов поступающего и задержанного на 10 нс. Предусмотрена периодическая калибровка преобразователей подачей на них стандартных временных интервалов и длительностей импульсов соответственно.

В процессе калибровки задержек предусмотрен контроль скоростей счета на выходе схемы СС1 при разных кратностях совпадений. Изменение кратности производится коммутатором К1 по команде от ЭВМ подачей

разрешающего потенциала на соответствующие выходы. Возможно также измерение скоростей счета импульсов в трактах годоскопа и на выходе схем совпадений СС2 и СС3. Импульсы от выбранного ЭВМ тракта с общего выхода одного из коммутаторов К1-К4 подаются на счетчик КС 005 через сумматор и регистрируются в течение 1 с.

В трактах годоскопа наряду с вышеописанным методом применяется калибровка задержек путем снятия кривых задержанных совпадений, что дает дополнительную информацию об эффективности регистрации, числе случайных совпадений и т.д. В этом случае величина управляемой задержки по команде от ЭВМ меняется от 0 до 63 нс с шагом в 1 нс и регистрируются совпадения импульсов на ее выходе с сигналом от детекторов годоскопа при помощи годоскопического регистра. Время измерений в каждой точке задается от ЭВМ и определяется установочным счетчиком КС 013, который подключается к импульсному генератору, работающему с частотой 1 кГц, через коммутатор К4. Такой метод позволяет производить снятие кривых задержанных совпадений одновременно во всех трактах. Параллельная работа повышает точность измерений, однако этот метод нельзя использовать во время эксперимента. По полученным данным ЭВМ определяет центры тяжести кривых задержанных совпадений, которые после подбора задержек должны совпадать между собой. Требуемая величина управляемой задержки устанавливается автоматически по команде от ЭВМ.

Для определения состава пучка, в который входят электроны, пи- и мю-мезоны, снимается амплитудный спектр с черенковского детектора с помощью преобразователя заряд - код / "А - код" / КА 001^{11/}. Преобразователь стробируется сигналом от детектора Д7. Время снятия спектра определяется программой по заданному числу регистрируемых событий.

Контроль напряжения питания фотоумножителей и токов магнитов и линз мезонного тракта синхроциклотрона производится с помощью аналоговых коммутаторов КА 002 и КА 004^{11/}/КА 2 и КА 1/ соответственно. Коммутаторы последовательно переключают измерительные цепи и подают получаемые сигналы на цифровой

вольтметр. Результаты измерений через входной регистр КР 005^{8/}, играющий роль интерфейса цифрового вольтметра, передаются в ЭВМ.

Краткие характеристики основных измеряемых параметров системы калибровки и контроля приведены в табл. 1. При временных измерениях общее время измерений дано для калибровки с помощью светодиодов; для калибровки на пучке пионов оно определяется скоростью набора информации и требуемой точностью. При снятии кривых задержанных совпадений экспозиция каждой точки равна 1 с.

Таблица 1

	ИЗМЕРЯЕМЫЙ ПАРАМЕТР	ИЗМЕР. ЕДИН.	ДИАПАЗ. ИЗМЕР.	ЧИСЛО ИЗМЕР. КАНАЛ.	ЧИСЛО ИЗМЕР. В 1 КАН.	ОБЩЕЕ ВРЕМЯ ИЗМЕР.	ТОЧН. ИЗМЕР.
1	ЧИСЛО ИМПУЛЬСОВ (N)	ИМП.	0-4.10 ⁶	18	1	1 эксп.	±√N
2	СКОРОСТЬ СЧЕТА (I)	ИМП/с	0-1.10 ⁶	24	1	30 с	±√I
3	ВРЕМЯ ЗАДЕРЖКИ ИМП.	нс	50-250	30	100	2 мин.	±1нс
4	ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМП.	нс	75-40	30	100	2 мин.	±1нс
5	ЗАДЕРЖАННЫЕ СОВП.	нс	0-63	15	63	3 мин.	±1нс
6	АМПЛИТ. ИМПУЛЬСОВ	В	0-1	1	~5.10 ⁵	~15 мин.	—
7	НАПРЯЖ. ПИТАНИЯ ФЭУ	кВ	1-2,5	22	1	15 с.	±0,5%
8	НАПР. ШУНТОВ	мВ	5-70	9	1	5 с	±0,5%

2. ОРГАНИЗАЦИЯ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ

Компоновка системы калибровки и контроля, а также организация ее работы показаны на рис. 3. Система занимает два стандартных каркаса - каркас регистрации и каркас управления. В каркасе регистрации расположены блоки, предназначенные только для передачи информации в ЭВМ: счетчики, регистры констант, входные регистры и преобразователи входных величин в код. Селективное чтение информации с этих блоков в соответствии с поступившими сигналами L производится с помощью грейдера сигналов L КУ 006^{10/}. В этой операции участвует также блок внешнего управления КУ 002^{8/},

определяющий, кроме того, начало регистрации и осуществляющий блокировку внешних устройств. Информация с первого каркаса через контроллер с фиксированными программами КК 001^{/7/} поступает во входной регистр КР 007, который находится во втором каркасе, связанном с ЭВМ HP-2116С через универсальный контроллер КК 004^{/9/}.

В каркасе управления сосредоточены все блоки, требующие управления от ЭВМ: коммутаторы логических и аналоговых сигналов, управляемая задержка, установочный счетчик, генератор импульсов, а также интерфейсы к алфавитно-цифровому и графическому дисплеям^{/11/} и цифро-аналоговые преобразователи^{/13/}, предназначенные для планируемого автоматического переключения напряжения питания ФЭУ. С помощью управляемого от ЭВМ выходного регистра КВ 003^{/8/} ведется управление некоторыми режимами работы, а именно: подача сигналов "Пуск", "Сброс", "Запрет", изменение режимов измерения, кратности схем совпадений и т.д. Использование разрядов выходного регистра приведено в табл. 2. Обработка сигналов L производится в грейдере КУ 004^{/9/}, имеющем регистр маски.

Таблица 2

№ РАЗРЯДА	ОПЕРАЦИИ
1	УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМАМИ ЧТЕНИЯ В КАРКАСЕ РЕГИСТРАЦИИ
2	ЗАВЕРШЕНИЕ ЧТЕНИЯ С ВХ. РЕГ. КР005
3	СБРОС КАРКАСА РЕГИСТРАЦИИ (Z)
4	ПУСК КАРКАСА РЕГИСТРАЦИИ
5	ПОДАЧА ЗАПРЕТА В КАРК. РЕГИСТР. (I)
6	НЕ ИСПОЛЬЗУЕТСЯ.
7	ЗАПРЕТ ГЕНЕР. ИМПУЛЬСОВ КВ001
8	ЗАПРЕТ ЗАПУСКА СТРИМ. КАМЕРЫ
10	ПОДАЧА ПОТЕНЦ. НА СС1 ПРИ ИЗМЕНЕНИИ КРАТНОСТИ

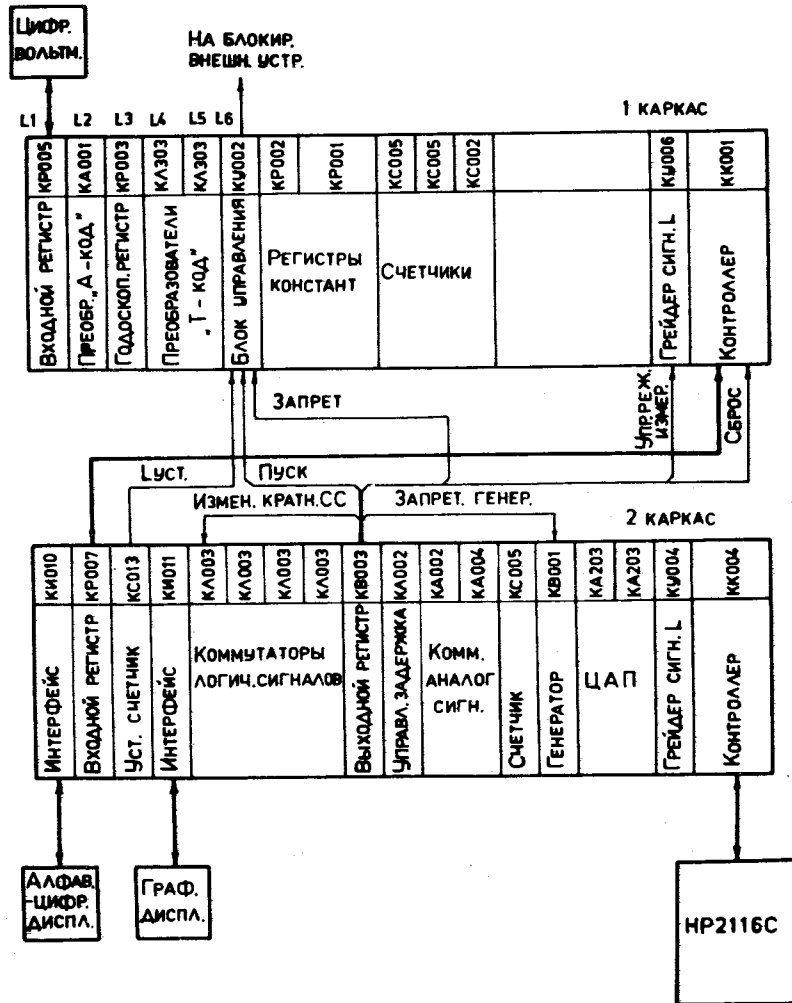


Рис. 3. Компонента и организация работы системы калибровки и контроля.

Блоки в каркасе регистрации разделяются на 2 группы: блоки, информация с которых считывается при каждом ее поступлении по сигналам $L1 \div L5$ /см. рис. 3/ и блоки, информация в которых накапливается длительное время и считывается по сигналу $L6$ от установочного счетчика, поступающему через блок управления КУ 002.

К первой группе относятся преобразователи "А-код" и "Т-код", входной и годоскопический регистры, ко второй - счетчики и регистры констант. Характер эксперимента требует проведения селективного чтения информации с отдельных блоков или их группы в соответствии с режимами, задаваемыми от ЭВМ. В системе применяются 4 режима чтения - $M1 \div M4$, задание которых осуществляется в соответствии с логическими значениями управляющих сигналов "Разряд 1" и "Разряд 2" на выходе регистра КВ 003. При их организации используются следующие стандартные режимы ^{14/}:

ULS - многократное обращение по одному адресу, синхронизация по сигналу L , окончание при $L=1$ и $Q=0$.

ULC - многократное обращение по одному адресу, синхронизация по сигналу L , окончание - после передачи в ЭВМ заданного числа слов.

ACA - последовательный опрос адресов, синхронизация от контроллера, окончание - по достижении заданного адреса.

В табл. 3 показаны виды информации в каркасе регистрации, количество считываемых слов с соответствующего блока и используемые режимы чтения, а также основные рабочие программы, используемые при считывании с данного блока.

Селективное чтение информации в соответствующем режиме обеспечивается при помощи грейдера сигналов L КУ 006/15/На рис. 4 показана упрощенная блок-схема грейдера с соответствующей распайкой его коммутационной панели. Чтение начинается при поступлении с грейдера в контроллер КК 001 сигнала ΣL и заканчивается при поступлении сигнала N_K . При чтении по постоянному адресу возникает сигнал "Блок. НА",

Таблица 3

БЛОК	АДРЕС	ВИД ИНФОРМАЦИИ	КОЛИЧ. СЛОВ	РЕЖИМ ЧТЕНИЯ	ЛОГИЧ.ЗНАЧ.		СИГНАЛ НАИЧ.КОИЧ.		ОСНОВНЫЕ РАБ. ПРОГРАММЫ		
					РАЗР.1	РАЗР.2	РАЗР.1	РАЗР.2			
КР005	N(1)A(0)	ВЕЛИЧИНА НАПРЯЖЕНИЯ	10	M1	ULS	1	0	L1	РАЗР.3	VOLTS	
	N(1)A(1)	ПОЛЯРНОСТЬ И ДИАПАЗОН Ц.В.	1		ACA	0	1	РАЗР.3	Nk		
КА001	N(2)A(0)	АМПЛ. ИМП. С ЧЕРЕНК. ДЕТЕКТ.	ПЕРЕМ.	M2	ULS	0	1	L2	L3	CONTR	
КР003*	N(3)A(0)	СОВП. С ТРАКТОВ ГОДСКОПА	1		ACA	0	0	L3	Nk	CONTR, DELAY	
КЛ303	N(4)A(0)	ЗАДЕРЖКА ИМПУЛЬСОВ	100	M3	ULC	0	0	L4	3ВМ	CONTR, DELAY	
КЛ303	N(5)A(0)	ДЛИТЕЛЬНОСТЬ ИМПУЛЬСОВ	100					L5			
КР003*	N(3)A(0)	СОВП. С ТРАКТОВ ГОДСКОПА	ПЕРЕМ.	M4	ULS	1	1	L3	L6	CONTR, DELAY	
КР002	N(6)A(0)	СЛОВО - МЕТКА (17777 ₈)	1					L6	Nk	CONTR	
КР001	N(10)A(0)	ДАТА СЕАНСА И НОМ. ПЛЕНКИ	1	M4	ACA	1	1	L6	Nk	CONTR	
КС005	N(11)A(0)	ЧИСЛО МОНИТ. ИМП.	МА. ЧАСТЬ								1
	N(11)A(1)		СТ. ЧАСТЬ								1
КС005	N(12)A(0)	ЧИСЛО РАССЕЯНИЙ	МА. ЧАСТЬ								1
	N(12)A(1)		СТ. ЧАСТЬ	1							
КС002	N(13)A(0)	ЧИСЛО ЗАПУСКОВ СТРИМ. КАМ.	1	1							
	N(13)A(1)		ЧИСЛО ИМП. ТГЦ (ВРЕМЯ ЭКСП.)	1	1						

* ГОДСКОП. РЕГИСТР КР003 УЧАСТВУЕТ В ДВУХ РЕЖИМАХ ЧТЕНИЯ M2 И M4

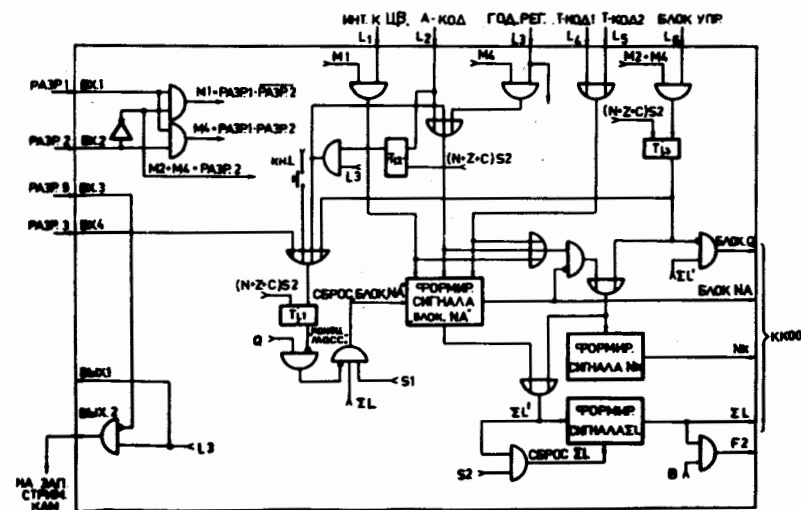


Рис. 4. Блок-схема грейдера КУ 006 с соответствующей распайкой коммутационной панели.

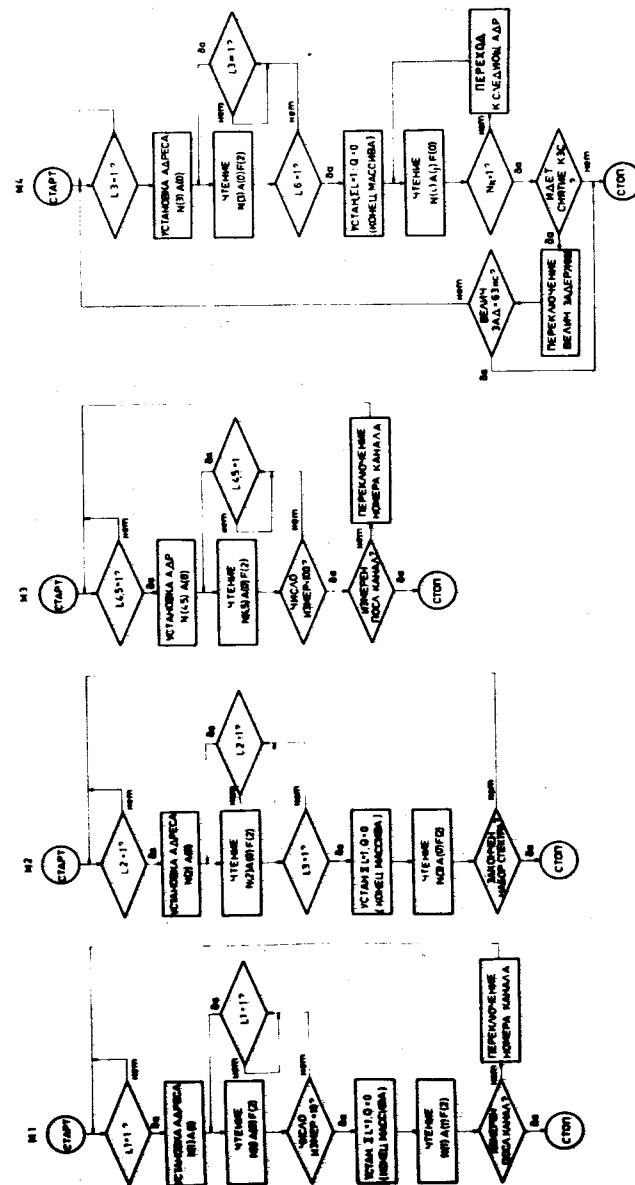
препятствующий переключению адресов в контроллере. Сигнал "Блок. NA" снимается при наличии сигнала "Конец массива" с выхода триггера T_{L1} в момент поступления строб-сигнала $S1$.

Сигнал "Блок. Q" обеспечивает пропуск ненужных адресов при чтении информации в конкретном режиме. Он образуется при наличии сигнала $\Sigma L'$ в отсутствие сигнала с выхода триггера T_{L3} . По достижении адреса блока, генерирующего L , сигнал $\Sigma L'$ снимается с магистрали и сигнал "Блок. Q" исчезает, не препятствуя чтению информации с выбранного адреса.

Сигнал $F2$ изменяет функцию чтения $F(0)$ на $F(2)$ и применяется при чтении информации с преобразователей и выходных регистров.

Режим $M1$ используется при чтении данных с входного регистра $KP\ 005$, являющегося интерфейсом к цифровому вольтметру. Чтение в данном режиме производится по сигналу $L1$ в режиме ULS . В каждом канале измерения повторяются по 10 раз и полученные результаты усредняются в ЭВМ. После чтения 10 слов с подадреса $A(0)$ на вход 4 грейдера сигналов L по команде от ЭВМ подается сигнал "Разряд 3" из блока $KB\ 003$. При этом в грейдере возникает сигнал "Конец массива", и контроллер переходит к чтению статусной информации с подадреса $A(1)$. Сигнал N_K , возникающий по окончании чтения, устанавливает контроллер в исходное состояние. Далее происходит переключение измеряемого канала и цикл повторяется до окончания измерения с заданного числа каналов. Блок-схема алгоритма режима чтения $M1$ показана на *рис. 5а*.

Режим чтения $M2$ используется для измерения спектров с черенковского детектора преобразователем "А-код" $KA\ 001$ при одновременном измерении чисел импульсов в трактах сцинтилляционного годоскопа с помощью годоскопического регистра $KP\ 003$. Поскольку средняя частота регистрации событий с блока $KA\ 001$ более чем в 10 раз превышает частоту регистрации с блока $KP\ 003$, то данный режим начинается при поступлении сигнала $L2$ с блока $KA\ 001$, который устанавливает триггер T_{L2} в состояние "1". Данные с блока $KA\ 001$ считываются в режиме ULS при каждом поступлении



/а/ /б/ /в/ /г/

Рис. 5. Блок-схемы алгоритмов работы в режимах чтения $M1$ и $M4$.

сигнала L2. При приходе сигнала L3 возникает сигнал "Конец массива" и контроллер переходит в режим адресного сканирования /АСА/, считывая данные с годоскопического регистра КР 003. Затем контроллер возвращается в исходное состояние с помощью сигнала $N_{\text{К}}$ и продолжается чтение информации с блока КА 001 по сигналу L2.

Разделение информации с обоих блоков при ее сортировке в ЭВМ производится по значению старшего разряда R16, который в блоке КР 003 не используется и всегда равен "0", а в блоке КА 002 установлен в состояние "1". Блок-схема алгоритма режима чтения M2 показана на рис. 5б.

Режим M3 используется для чтения информации с блоков преобразователей "Т-код" 1 и 2 при измерении времени задержки и длительности импульсов. В определенное время работает только один из преобразователей в зависимости от того, на какой из них подан строб-сигнал $t_{\text{В}}$ /на рис.2 цепь переключения сигнала $t_{\text{В}}$ не показана/. Информация считывается по сигналу L4 или L5 в режиме ULC до передачи заданного количества слов /100/ в ЭВМ. Затем по команде от ЭВМ производится переключение измеряемого канала и процесс повторяется до завершения измерения с заданного числа каналов. Блок-схема алгоритма режима M3 показана на рис. 5в.

Режим M4 предназначен для чтения данных с годоскопического регистра, счетчиков и регистров констант при измерении чисел импульсов в трактах годоскопа и телескопа, а также при снятии кривых задержанных совпадений. Время экспозиции определяется установочным счетчиком КС 013. В первом случае на его вход подаются сигналы L3 с годоскопического регистра /через выход 1 грейдера КУ 006/, а во втором - импульсы с частотой 1 кГц от генератора импульсов КВ 001. Выбор типа сигналов осуществляется ЭВМ.

Чтение с регистра КР 003 производится в режиме ULS. Завершение чтения данных с него производится при приходе сигнала L6, вызванного переполнением установочного счетчика.

По возникающему при этом сигналу "Конец массива" контроллер переходит в режим адресного сканирования, поддерживаемый триггером T_{L3} и считывает информацию со счетчиков и регистров констант. При снятии кривых задержанных совпадений по окончании чтения производится переключение управляемой задержки по команде от ЭВМ, и измерение повторяется до переполнения регистра управляемой задержки /63 раза/. Данные со счетчиков и регистров констант при этом не используются.

Информация со счетчиков и регистров констант отделяется от остальной словом-меткой - состоянием "1" во всех разрядах регистра констант КР 002 /число 17777₈ /.

Режим M4 может также включаться по команде от ЭВМ сразу после набора заданного числа событий преобразователем КА 001 в режиме M2. На рис. 5г показана блок-схема алгоритма режима чтения M4.

3. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для обслуживания системы калибровки и контроля было создано программное обеспечение, которое состоит из ряда программ и подпрограмм, осуществляющих управление режимами измерения, сбор, сортировку и обработку информации, сравнение полученных результатов со стандартными и выдачу сообщений диагностического типа. Предусмотрен вывод информации в виде таблиц, графиков и т.д. на различные внешние устройства, такие, как алфавитно-цифровой дисплей ВТ-340, осциллограф со световым карандашом ОСК-2, графический дисплей на запоминающей трубке - Тектроникс 4010, телетайп и др. Программный диалог в зависимости от назначения программы ведется с помощью терминала ЭВМ или алфавитно-цифрового дисплея ВТ-340, подключенного через каркас КАМАК. Основными рабочими языками являются языки высокого уровня ФОРТРАН и КАМАК^{16/}.

Чтение информации и передача данных для изображения на ОСК-2 проводятся по каналу прямого доступа

в память ЭВМ HP-2116С, а команды управления и диалоговые сообщения передаются по программному каналу.

В табл. 4 показан перечень и назначение основных

Таблица 4

ВИД	НАЗВАНИЕ	ОСНОВНОЕ НАЗНАЧЕНИЕ	ЗАНИМ. ПАМЯТЬ	ЯЗЫК ПРОГР.	ТЕРМИНАЛ	УСТР. ВЫВОДА						ИСПОЛЪЗ. ПОДПРОГР.				
						ЭВМ			КАМАК			VT-340	OSK	CENTR	DCC	
						АМЛАНК	ТЕЛТАЙП	ФЭ ДИСК	САЛАНК	АЛАНК	ПР. ДИСК					
ПРОГРАММЫ	DELAY	ИЗМЕРЕНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖ. И ДЛИТ. ИМП. И СКОРОСТИ СЧЕТА	16К	КАМАК	ЭВМ											
	DELA1	ИЗМЕРЕНИЕ ЧИСЛА ИМП. НАКОПЛЕНИЕ СПЕКТРОВ	11К	КАМАК	КАМАК											
	CONTR	ИЗМЕРЕНИЕ НАПР. ФЭУ И ТОКОВ МАГНИТОВ	12К	КАМАК	КАМАК											
	VOLTS	УПРАВЛЕНИЕ ВЫЗОВОМ РАБОЧИХ ПРОГРАММ	8К	КАМАК	КАМАК											
	MONIT	ВЫВОД КРИВЫХ ЗАДЕРЖ. СОВПАД. С МАГН. ДИСКА	1,5К	КАМАК	КАМАК											
	HPDIS	УПРАВЛЕНИЕ СВЯЗЬЮ С АЛФ.ЦИФР. ДИСПЛ.	4К	ФОРТР.	ЭВМ											
	DISPL	УПРАВЛЕНИЕ СВЯЗЬЮ С ГРАФ. ДИСПЛЕЕМ	6К	КАМАК	КАМАК											
ПОДПРОГРАММЫ	VT 340	ВЫЧИСЛ. ЦЕНТРОВ ТЯЖ. ПИКОВ ВРЕМ. РАСПР.	1,5К	КАМАК												
	OSK	ВЫЧИСЛ. ПАРАМЕТРОВ КРИВЫХ ЗАДЕРЖ. СОВП.	1,5К	КАМАК												
	CENTR		0,6К	ФОРТР.												
	DCC		1,4К	ФОРТР.												

рабочих программ и подпрограмм и их связь с внешними устройствами и между собой. Основными для калибровки и контроля параметров являются программы DELAY(и ее модификация DELA1), CONTR и VOLTS. Применение этих программ в различных режимах чтения данных показано в табл. 3.

Программа DELAY обеспечивает измерение времени задержки и длительности импульсов на входах схем совпадений в трактах телескопа и годоскопа, а также снятие и измерение параметров кривых задержанных совпадений годоскопических детекторов. На основе полученных данных вычисляется требуемая величина задержки и некоторые параметры кривых задержанных совпадений /ширина плато, уровень случайных совпадений и др./ [5], которые печатаются в виде таблицы. Программа обеспечи-

вает также измерение скоростей счета в трактах телескопа и годоскопа в процессе калибровки. После окончательной калибровки программа DELAY устанавливает требуемую величину задержки в блоке КЛ 002. Предусмотрен вывод спектров с преобразователей "Т-код" и кривых задержанных совпадений на экран дисплея с запоминающей трубкой.

Программа DELA1 является модификацией программы DELAY с использованием дисплея VT-340 в качестве устройства диалога и вывода результатов. Она предназначена только для начальной калибровки и в ней не предусмотрено измерение параметров кривых задержанных совпадений.

Программа CONTR обеспечивает измерение чисел импульсов в трактах телескопа и годоскопа, а также накопление и вывод спектров с черенковского детектора. В программе предусмотрено вычисление указанных в главе 1 счетных соотношений и их сравнение с заданными. Результаты выводятся в виде таблицы на экран дисплея VT-340 или телетайп. В случае недопустимых отклонений делаются краткие сообщения диагностического типа. Амплитудные спектры изображаются на графических дисплеях Тектроникс-4010 или ОСК-2.

Программа VOLTS используется при измерении напряжения питания ФЭУ и токов магнитов и линз мезонного тракта синхроциклотрона и для сравнения измеренных величин с заданными. Результаты выводятся в виде таблицы на экран дисплея VT-340 или на телетайп.

Программа MONIT относится к управляющему типу и обеспечивает связь между основными рабочими программами, а также вызов некоторых из них с помощью дисплея VT-340.

Программы HPDIS и DISPL имеют вспомогательное назначение и предусмотрены для вывода информации, записанной на магнитном диске, на внешние устройства.

Разработано несколько подпрограмм вычислительного и управляющего типов: VT340, OSK, CENTR и DCC, которые работают совместно с основными рабочими программами, но могут быть также использованы в качестве стандартных при изготовлении других программ.

Кроме программ, указанных в табл. 4, разработаны и другие, имеющие вспомогательное назначение. Программы LIST1 и LIST2 предназначены для передачи на экран дисплея ВТ-340 текстовой части таблиц, которые используются при выводе результатов, полученных с помощью программ CONTR и VOLTS соответственно. Благодаря повторяемости текстовой части таблиц они изготавливаются заранее и запоминаются на магнитном диске в виде файлов, а затем передаются на экран дисплея с помощью указанных программ, которые затем автоматически вызывают программу CONTR или VOLTS. Программа DPLOT используется для вывода на телетайп в виде гистограмм кривых задержанных совпадений, запомненных на диске. Программа KAVID служит для отладки аппаратуры в стандарте КАМАК при помощи дисплея ВТ-340.

Для примера на рис. 6 приведена блок-схема взаимодействия программы MONIT с рабочими программами CONTR и VOLTS через вспомогательные программы LIST1 и LIST2. Программа MONIT может работать также с программами DELA1, DISPL и KAVID.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанная система использовалась в течение ряда сеансов, проводимых на синхроциклотроне ЛЯП, и показала хорошую стабильность в работе и удобство в эксплуатации.

Авторы пользуются случаем поблагодарить Ю.А.Щербакова за постановку задачи и полезные обсуждения, В.Г.Зинова, В.Фромма и П.Нойберта - за полезные советы по изготовлению аппаратуры и программного обеспечения, а также сотрудников секторов №1 ОННР и №3 ОФАЯ Лаборатории ядерных проблем за большую помощь при наладке системы.

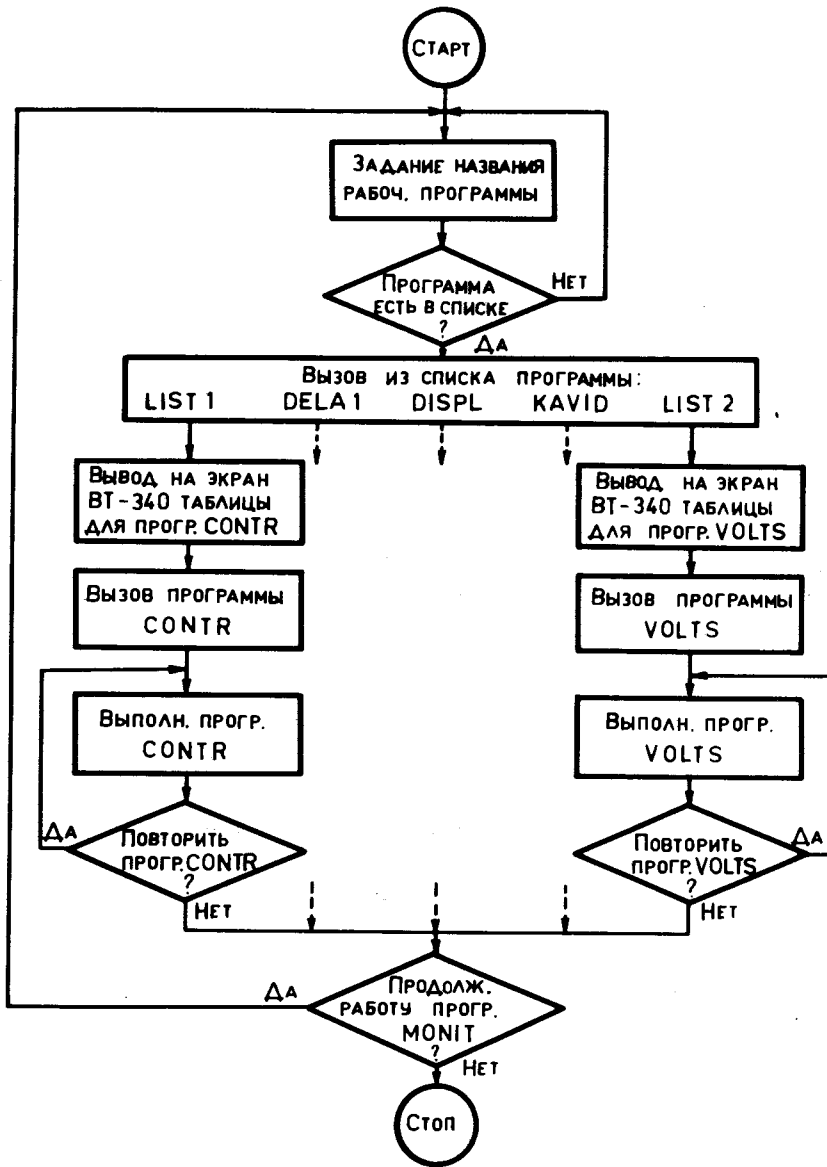


Рис. 6. Блок-схема взаимодействия программы MONIT с рабочими программами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zacharov B., Peatfield A. Труды Международной конференции по аппаратуре в физике высоких энергий, 1970, ОИЯИ, Д-5805, т. 1, стр. 52, Дубна, 1971.
2. Požar F. Nucl. Instr. and Meth., 91, No 1, 253 (1971).
3. Besset P. e.a. 2-nd Ispra Nucl. Electr. Symposium, 1975, p. 361.
4. Петров А.Г., Щербачков Ю.А. ОИЯИ, P13-6859, Дубна, 1972.
5. Петров А.Г., Синаев А.Н. ПТЭ, 1975, №6, 76; Петров А.Г., Сарычева В.К., Синаев А.Н. ОИЯИ, 13-8581, Дубна, 1975.
6. Кулюкин М.М. и др. ОИЯИ, P1-6131, Дубна, 1971.
7. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-7332, Дубна, 1973.
8. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8114, Дубна, 1974.
9. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.
10. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-9479, Дубна, 1976.
11. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-10576, Дубна, 1977.
12. Борейко В.Ф. и др. I Всесоюзное совещание по автоматизации научных исследований в ядерной физике. Киев, 1976, стр. 188.
13. Андерт К. и др. 8 Международный симпозиум по ядерной электронике, Дубна, 1975, стр. 51.
14. Block transfers in CAMAC Systems. ESONE-NIM Committees, 1976.
15. Журавлев Н.И. и др. ПТЭ, 1976, №2, 47.
16. Нойберт П. ОИЯИ, 11-10279, Дубна, 1977.

Рукопись поступила в издательский отдел
25 июля 1977 года.