

СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА



С 344.3e

П-121

76/2-78

2/1-78

10 - 10896

В.П.Павлов , А.Г.Петров, А.Н.Синаев

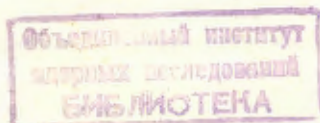
КОММУТАТОРЫ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ
В СТАНДАРТЕ КАМАК

1977

10 - 10896

В.П.Павлов*, А.Г.Петров, А.Н.Синаев

КОММУТАТОРЫ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ
В СТАНДАРТЕ КАМАК



* Пловдивский университет, НРБ.

Павлов В.П., Петров А.Г., Синаев А.Н.

10 - 10896

Коммутаторы аналоговых сигналов в стандарте КАМАК

Описаны три типа коммутаторов аналоговых сигналов в стандарте КАМАК. В качестве переключающих элементов применяются биполярные и полевые транзисторы, а также электромагнитные реле с магнитоуправляемыми контактами.

Коммутаторы предназначены для переключения медленно меняющихся напряжений и токов, используемых при измерении во время физических экспериментов, например, напряжений питания детекторов излучений, токов отклоняющих магнитов и фокусирующих линз и т.д.

Показаны способы организации систем, в состав которых входят эти коммутаторы. В качестве примера описана аппаратура для контроля напряжений питания 22 сцинтилляционных счётчиков и токов 9 магнитов и линз мезонного тракта синхроциклотрона, применяемая в экспериментах по изучению рассеяния пионов на ядрах гелия.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1977

ВВЕДЕНИЕ

Коммутаторы аналоговых сигналов широко используются в электронной аппаратуре, применяемой в физических экспериментах /1-4/.

Новые разработки обусловлены появлением новых типов переключающих элементов с одной стороны и усовершенствованием логической структуры самих коммутаторов с другой.

Ниже описываются три типа коммутаторов аналоговых сигналов в стандарте КАМАК: КА 002, КА 003 и КА 004, разработанных в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ. Они содержат по 32 коммутируемых канала /при несимметричном включении/ и обладают возможностью последовательного соединения нескольких блоков.

1. ОПИСАНИЕ АНАЛОГОВОЙ ЧАСТИ КОММУТАТОРОВ

а/ Коммутатор аналоговых сигналов КА 002

Блок предназначен для коммутирования постоянных или медленно меняющихся токов в диапазоне 0-100 мкА и преобразования их в напряжение для последующего измерения. Он может использоваться при измерении напряжения питания ФЭУ и других детекторов излучений. Принципиальная схема аналоговой части коммутатора приведена на рис. 1. В левом нижнем углу показана внешняя цепь, подсоединяемая при измерении напряжения

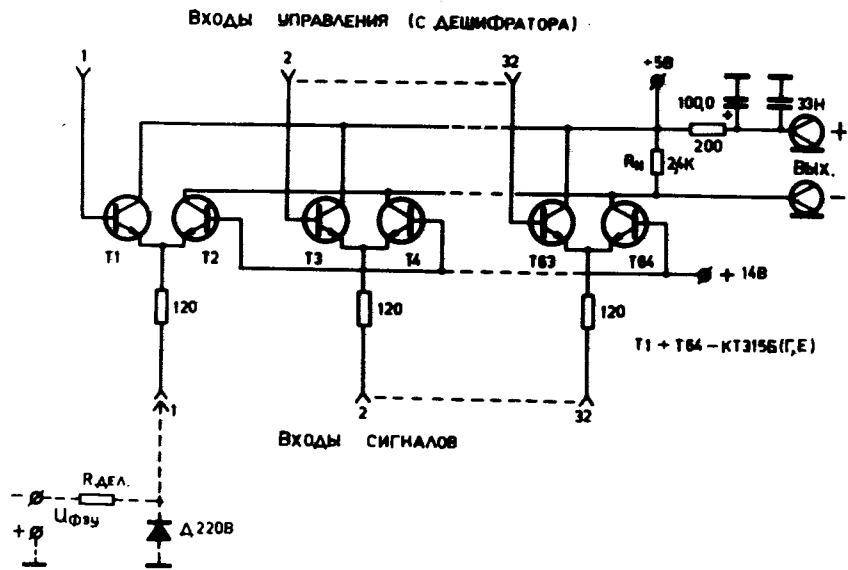


Рис. 1. Принципиальная схема аналоговой части коммутатора КА 002.

питания ФЭУ. Сопротивление выбирается порядка нескольких десятков МОм в зависимости от величины измеряемого напряжения. Диод защищает вход коммутатора от пробоя.

В качестве переключателей тока используются дифференциальные токовые ключи на биполярных транзисторах. Во избежание опасности появления температурно-зависимого пьедестала в выходном напряжении следует использовать транзисторы с небольшой величиной обратного тока. Для расширения динамического диапазона при сохранении малой интегральной нелинейности желательно использовать транзисторы с высоким коэффициентом усиления β . Хорошие результаты показали кремниевые транзисторы КТ 315Б, Г, Е; КТ 342Б, В и др.

Проведенные измерения обратного тока для партии из 100 штук транзисторов типа КТ 315Б показали, что он чрезвычайно мал и составляет при комнатной температуре 1-2 нА. Расчеты и экспериментальная проверка

подтверждают, что величина пьедестала при таком токе будет заметно влиять на точность измерения /в пределе 1%/ при числе каналов, параллельно подключенных к общей нагрузке, не менее 100.

Аналоговая часть блока имеет следующие параметры:
Число коммутируемых каналов - 32.

Полярность измеряемых высоковольтных напряжений - отрицательная.

Выходное сопротивление $\sim 2,4$ кОм.

Коэффициент передачи сигналов $\sim 2,4$ мВ/мкА.

Температурный дрейф коэффициента передачи - 0,03%/°С.

Интегральная нелинейность не более 0,5% при динамическом диапазоне входных токов, равном 10.

Выходной сигнал подается на разъемы "+" и "-", которые находятся на уровне +5 В по отношению к земле.

б/ Коммутатор аналоговых сигналов КА 003

Блок предназначен для коммутирования постоянных или медленно меняющихся напряжений в диапазоне от -6 В до +6 В.

Принципиальная схема аналоговой части коммутатора показана на рис. 2. В качестве переключателей напряжений использованы полевые транзисторы КА 303 с р-п переходом и п-каналом, имеющие сопротивление канала во включенном состоянии порядка сотен Ом.

Для устранения нелинейных искажений при больших сигналах использована схема с диодной изоляцией затвора, а сопротивления 2 М между затвором и стоком обеспечивают нулевое напряжение затвор-исток во включенном состоянии полевого транзистора независимо от величины входного сигнала¹⁵⁷. Для надежного запирания каналов неиспользуемые входы рекомендуется соединять с корпусом блока через входной разъем.

Аналоговая часть блока имеет следующие параметры:

Число коммутируемых входов - 16 при симметричном включении и 32 - при несимметричном; вид включения определяется переключками внутри блока, как показано на рис. 2. При симметричном включении одному сигналу должны соответствовать входы n и $n+16$, где $n=1 \div 16$.

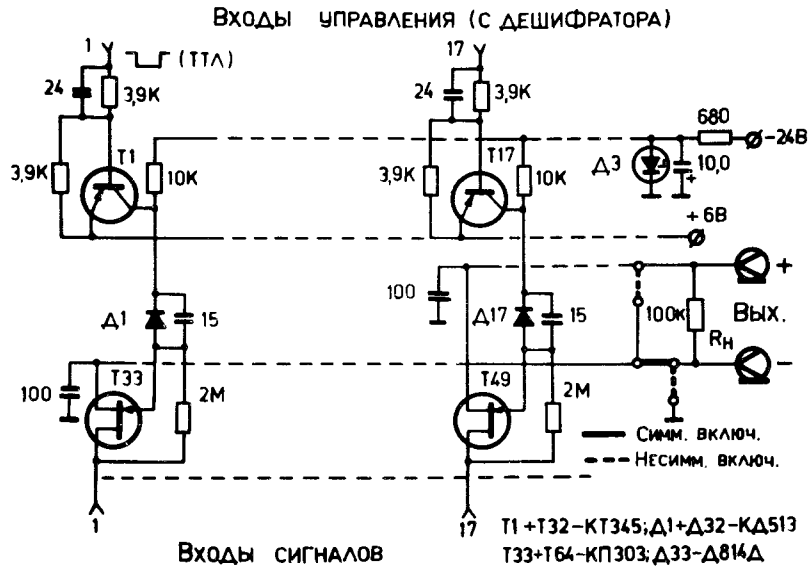


Рис. 2. Принципиальная схема аналоговой части коммутатора КА 003.

Входное сопротивление составляет 100 кОм при включенном и 2 МОм при выключенном состоянии канала.

Выходное сопротивление равно сопротивлению источника сигнала, подключенному параллельно к сопротивлению нагрузки 100 кОм. При этом сопротивление самого ключа не учитывается.

Коэффициент передачи сигналов - ~ 0,998.

Интегральная нелинейность - не более 0,15%.

Время переключения каналов - не более 1 мкс.

Температурный диапазон +10°С ÷ +45°С.

Амплитуда импульса "пролезания" от сигнала управления составляет 0,1 В, а длительность по основанию - 2 мкс. Максимальная рабочая частота переключения каналов зависит от относительной площади импульсов "пролезания" по отношению к измеряемому сигналу. При относительной ошибке $\delta \leq 0,01$ и напряжении измеряемого сигнала более одного вольта она будет составлять

около 70 кГц. Использование последующего стробирования выходного сигнала может значительно уменьшить вредное влияние выбросов и повысить максимальную частоту до 200 кГц.

Выходной сигнал подается на разъемы "+" и "-". При несимметричном включении разъем "-" подключен к корпусу.

в/ Коммутатор аналоговых сигналов КА 004

Блок предназначен для коммутирования постоянных и медленно меняющихся напряжений в диапазоне 0 ± 127 В и токов в диапазоне 0 ± 10 мА.

Принципиальная схема аналоговой части коммутатора показана на рис. 3. В качестве переключающих элементов применены электромагнитные реле с магнитоуправляемыми контактами типа РЭС 55А^{в/}. Используемые реле

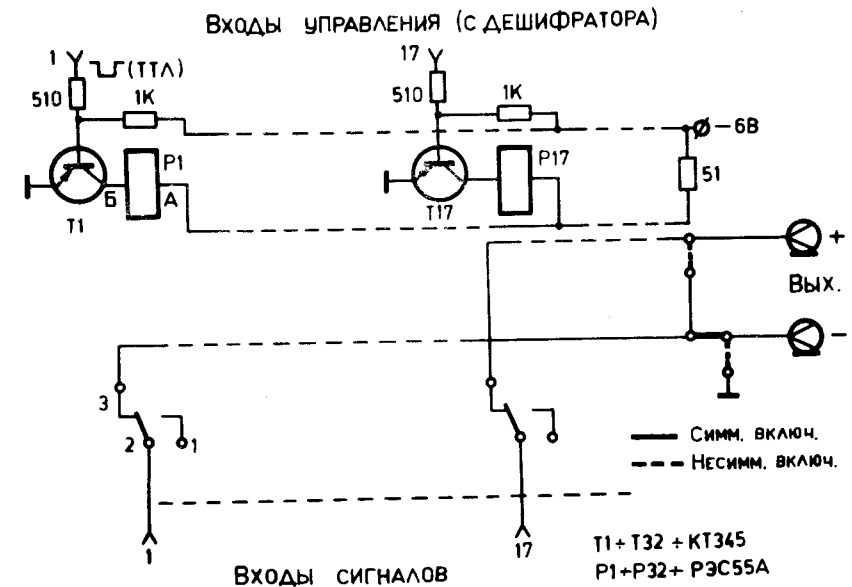


Рис. 3. Принципиальная схема аналоговой части коммутатора КА 004.

имеют напряжение срабатывания 2,5 В и сопротивление обмотки 67 Ом. Аналоговая часть блока имеет следующие параметры:

Число коммутируемых входов - 16 при симметричном включении или 32 - при несимметричном. Вид включения определяется переключками внутри блока, как показано на рис. 3. При симметричном включении одному сигналу должны соответствовать входы n и $n+16$, где $n=1 \div 16$.

Входное и выходное сопротивления определяются внешними цепями.

Максимальная скорость переключения каналов - 100 Гц.

Температурный диапазон $+10^\circ\text{C} \div +50^\circ\text{C}$.

Выходной сигнал подается на разъемы "+" и "-". При несимметричном включении разъем "-" подключен к корпусу.

2. ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА КОММУТАТОРОВ

Логическая структура всех трех типов коммутаторов одинакова за исключением того, что для коммутатора КА 002 предусмотрено только несимметричное включение. Блок-схема логической части коммутаторов показана на рис. 4.

Любой входной канал коммутаторов может быть подключен к выходу с помощью регистра подключаемого канала по команде от ЭВМ.

Предусмотрена возможность последовательного сканирования подключаемых каналов. Это осуществляется нажатием клавиши "+1" /при отжатом переключателе П-К/ или подачей импульсов на "Вх.+1" или с помощью функции F(25). Для определения при сканировании наибольшего номера подключаемого канала n следует установить регистр конечного канала в состояние $n+1$ нажатием клавиши "+1" /при нажатом переключателе П-К/ или с помощью соответствующей команды от ЭВМ. Состояния обоих регистров указываются лампочками. При совпадении состояния регистров во время сканирования образуется сигнал L и загорается лампочка "L".

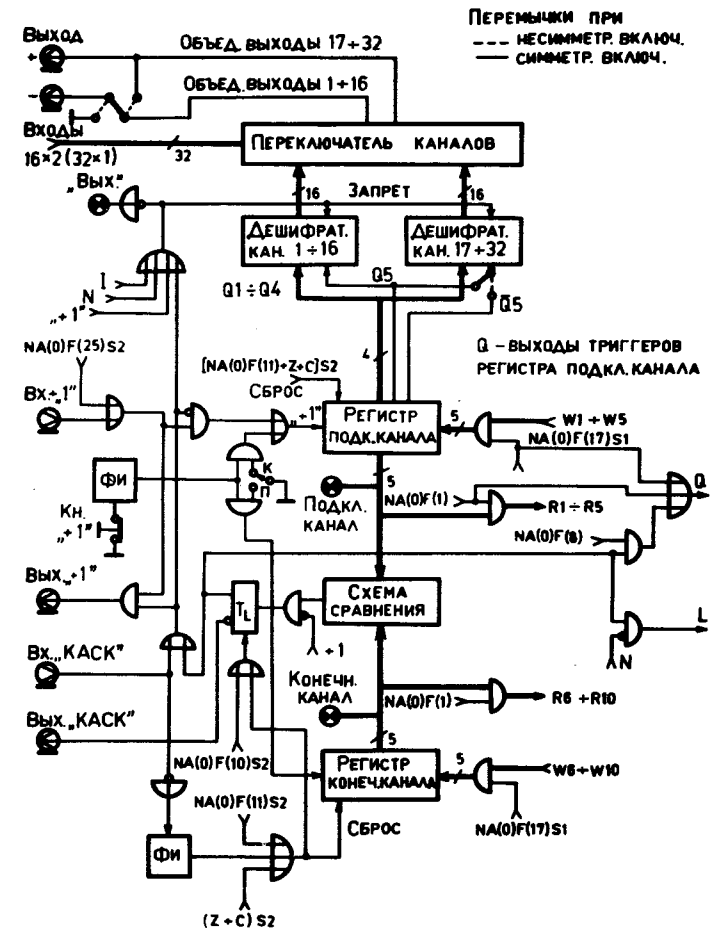


Рис. 4. Блок-схема логической части и передняя панель коммутаторов.

Для осуществления многократного сканирования выход "+1" следует соединить с входом "Каск". Благодаря этому при поступлении сигнала L регистры коммутатора и триггер T_L сбрасываются в исходное состояние, и сканирование повторяется.

Все логические входные и выходные сигналы должны иметь амплитуду 0,8 В на сопротивлении 50 Ом.

Длительность сигналов на входе "+1" - ≥ 10 нс.

Длительность сигналов на выходе "+1" - 50 нс.

Сигналы L, I, N, "+1" и "Вх.каска" закрывают выходной канал. При открытом выходном канале включена лампочка "Вых."

Сигналы Z и C сбрасывают регистры и триггер T_L .

Установка номера подключаемого канала производится по шинам $W1 \div W5$, а чтение его содержимого - по шинам $R1 \div R5$.

Установка номера конечного канала производится по шинам $W6 \div W10$, а чтение его содержимого - по шинам $R6 \div R10$.

Блоки выполняют следующие команды с магистрали:

NA(0)F(1) - чтение установленных номеров каналов	Q=1
NA(0)F(8) - проверка наличия сигнала L	Q=L
NA(0)F(10) - сброс триггера T_L	Q=0
NA(0)F(11) - сброс установленных номеров каналов	Q=0
NA(0)F(17) - установка номеров каналов	Q=1
NA(0)F(25) - +1 в регистр подключаемого канала.	Q=0

При выполнении перечисленных команд и наличии напряжения питания -6 В подается сигнал $X=1$.

Блоки потребляют токи: 0,5 А по цепи +6 В и 0,1 А по цепи -6 В. Блок КА 003, кроме того, потребляет 25 мА по цепи -24 В.

Все блоки имеют ширину передней панели 17,2 мм. Вид передней панели одинаков для всех типов коммутаторов. На рис. 4 показана передняя панель блока КА 004.

3. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЕ СОЕДИНЕНИЕ КОММУТАТОРОВ

При необходимости можно строить систему, состоящую из нескольких коммутаторов, соединенных последо-

вательно. Сканирование всей системы будет осуществляться, если соединить выходы "+1" и "Каск" предыдущего блока с соответствующими входами последующего и вести управление через первый блок /рис. 5/. По достижении равенства состояния регистров подключаемого и конечного каналов в первом коммутаторе образуется сигнал L, который запирает данный коммутатор и открывает последующий. При этом сигналы "+1" проходят через первый коммутатор и начинают переключать каналы следующего и т.д. Сигналом окончания измерения является сигнал L с последнего коммутатора.

Для многократного сканирования нескольких блоков их следует соединить в кольцо, т.е. дополнительно подключить выходы "+1" и "Каск" последнего блока к соответствующим входам первого. Чтобы сканирование началось с блока, имеющего в кольце порядковый номер K,

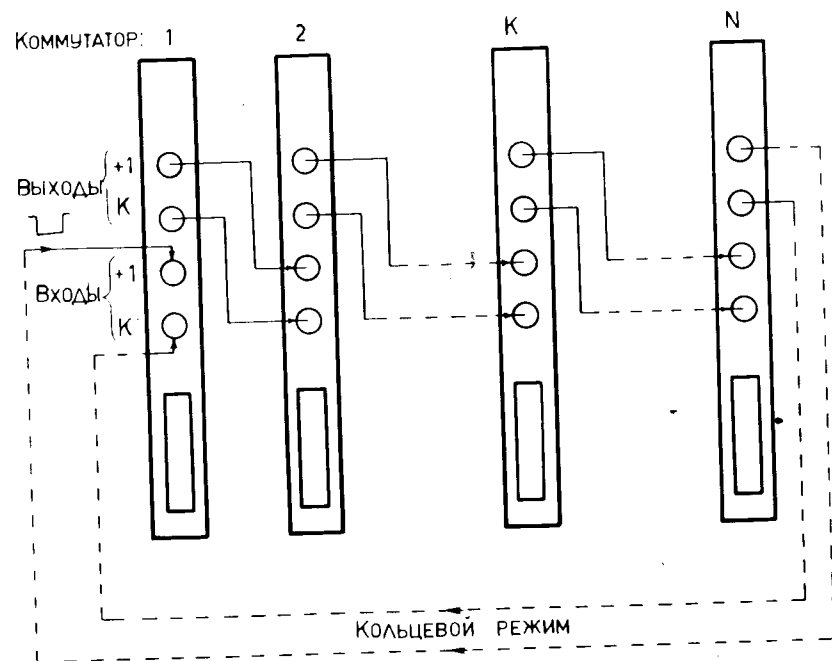


Рис. 5. Блок-схема подключения логических входов и выходов коммутатором при последовательном их соединении.

нужно в блоке с номером $K-1$ триггер T_L перевести в состояние "1" путем установки регистра подключаемого канала в положение $n_{\text{подкл.}} = n_{\text{кон.}}$ нажатием клавиши "+1" или командой от ЭВМ. Перед повторным сканированием регистры и триггер T_L очередного коммутатора сбрасываются в "0" перепадом напряжения, возникающим на входе "Каск.", вследствие появления сигнала L в предыдущем коммутаторе.

Поскольку при сканировании в системе последовательно соединенных коммутаторов в каждый момент времени образуется лишь один аналоговый сигнал, целесообразно объединить выходы этих сигналов во всех блоках и подать их на общий измерительный прибор. Возможны два способа объединения выходов:

а/ Параллельное соединение аналоговых выходов "+" и "-" /рис. 6а/. Коммутаторы при этом могут использоваться только одного типа. Нагрузочное сопротивление должно быть общим для всех коммутаторов, поэтому индивидуальные нагрузочные сопротивления в блоках

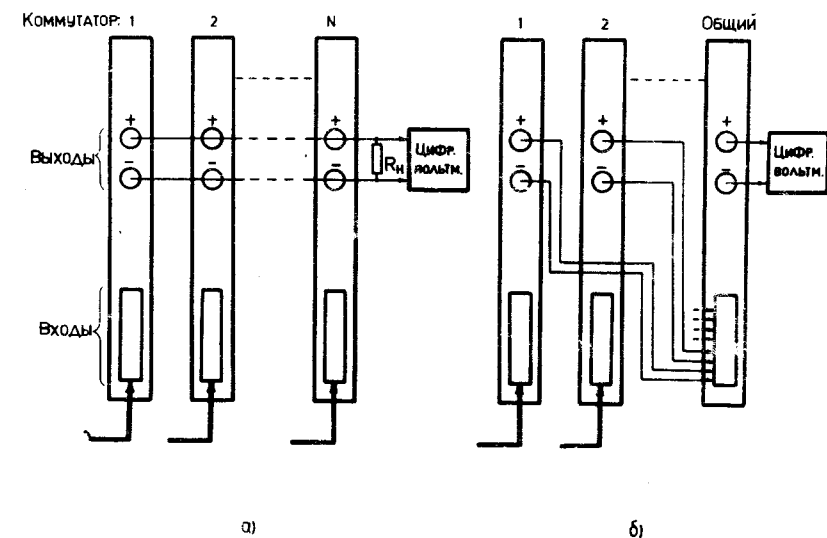


Рис. 6. Блок-схема объединения коммутаторов: а/ через общую нагрузку; б/ через общий коммутатор.

следует отключить. Величина общей нагрузки должна соответствовать величине индивидуального нагрузочного сопротивления для данного типа коммутаторов. Недостатком этого способа для коммутаторов КА 002 и КА 003 является возрастание пьедестала на выходе с увеличением числа объединяемых блоков из-за токов утечки закрытых каналов. Пьедестал можно измерить при подаче сигнала запрета I , который закрывает входные каналы всех коммутаторов, и напряжение на выходе будет определяться токами утечки.

б/ Использование общего коммутатора типа КА 003 или КА 004 при симметричном включении его входов /рис. 6б/. В этом случае в каждом коммутаторе сохраняются индивидуальные нагрузочные сопротивления, а число соединяемых блоков ограничивается только числом входов общего коммутатора.

При работе без управления от ЭВМ номер канала общего коммутатора можно переключать путем подачи на его вход "+1" сигнала ΣL из грейдера сигналов L КУ 006^{9/}, образуемого в результате логического сложения сигналов L от всех коммутаторов.

4. ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОММУТАТОРОВ

Описанные выше коммутаторы применялись в системе калибровки и контроля аппаратуры, используемой в эксперименте по исследованию взаимодействия пионов с ядрами гелия^{10,11}. С их помощью производился контроль напряжения питания 22 сцинтилляционных счетчиков и токов 9 магнитов и линз мезонного тракта синхроциклотрона. На рис. 7 приведена упрощенная блок-схема этой части аппаратуры.

Для измерения питания ФЭУ используется коммутатор КА 002. Измеряемые напряжения лежат в пределах 1,5-2,5 кВ. Токи, снимаемые с цепи питания ФЭУ, подаются на вход коммутатора КА 002 через высоковольтные измерительные цепочки /см. рис. 1/. Сопротивление в каждом измеряемом канале составлено из пяти последовательно соединенных сопротивлений типа МЛТ-2 по 5,1 МОм, которые подбираются с точностью $\pm 1\%$ с целью

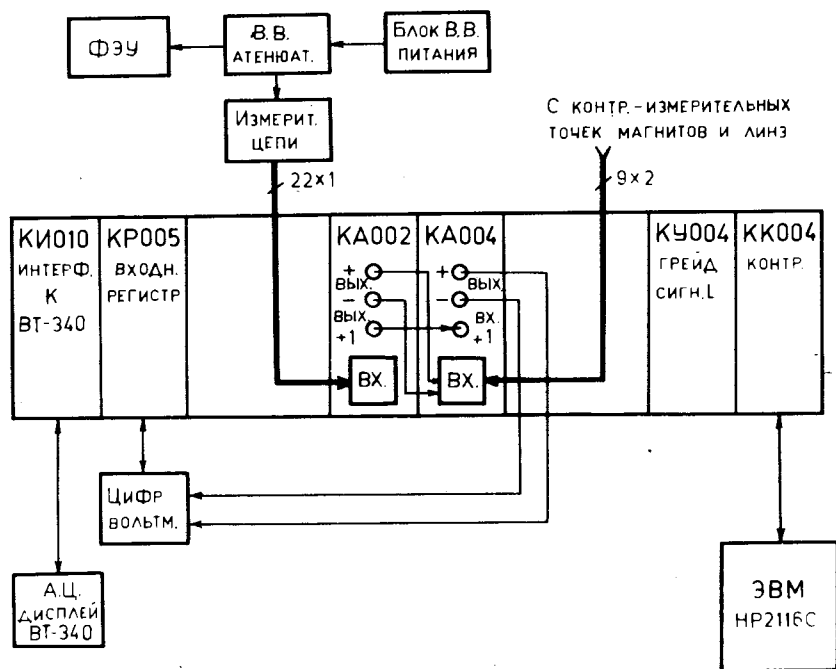


Рис. 7. Блок-схема аппаратуры контроля напряжений ФЭУ и токов магнитов и линз.

увеличения абсолютной точности измерения. Возможна также программная коррекция путем введения соответствующих поправок в процессе калибровки системы.

Для измерения контрольных напряжений, снимаемых с шунтов мотор-генераторов, питающих магниты и линзы, используется коммутатор типа КА 004. Эти напряжения составляют единицы и десятки милливольт. Они подаются на вход коммутатора по экранированным парам проводов типа МГТФ.

Выход коммутатора КА 002 подключен к первому симметричному входу коммутатора КА 004 /входы 1 и 17/. Выходное напряжение коммутатора КА 004 подается на цифровой вольтметр типа V530 Meratronik¹². Цифровые выходы вольтметра подсоединены к входному регистру КР 005, выполняющему роль его интерфейса.

Информация с регистра КР 005 выводится по сигналу L через контроллер КК 004⁸ в ЭВМ НР 2116С. Информация о величине измеряемого напряжения занимает подадрес A(0), а статусная информация /диапазон и знак напряжения/ - подадрес A(1). Формат слов показан в таблице.

A(0)	8x 1000	4x 1000	2x 1000	1x 1000	8x 100	4x 100	2x 100	1x 100	8x 10	4x 10	2x 10	1x 10	8x 1	4x 1	2x 1	1x 1
	R16	R15	R14	R13	R12	R11	R10	R9	R8	R7	R6	R5	R4	R3	R2	R1
A(1)									1000 B	100 B	10 B	1 B	100 MB	- "	- "	+ "

Цифровой вольтметр начинает измерение напряжения в момент окончания сигнала L. Запись информации в блок КР 005 производится по сигналу "Окончание регистрации", поступающему от вольтметра.

Последовательное переключение каналов в обоих коммутаторах производится путем подачи функции F(25) на первый из них. Сначала переключаются каналы в первом коммутаторе, а по достижении в нем равенства значений подключаемого и конечного каналов - во втором.

Аппаратура контроля указанных напряжений и токов обеспечена программами VOLTS и LIST2, включаемыми с помощью управляемой программы MONIT¹¹. Эти программы осуществляют прием, обработку и вывод информации на телетайп или алфавитно-цифровой дисплей в виде таблиц, в которых указывается также отклонение измеренной величины /в процентах/ от ее заданного значения.

Аппаратура контроля напряжений и токов работает в течение ряда сеансов и показала хорошую стабильность и удобство в эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Borer Co. CAMAC Instrumentation Catalogue, 1972, Relay Multiplexer Type 1701.
2. Nuclear Enterprises Ltd. Catalogue. 1973. Relay Multiplexer Type 9024. Multiplexer-Solid State Type 9026.

3. Schlumberger SAMAC Catalogue, 1975, Relay Multiplexer Type JMX10, JMX20.
4. Арефьев В.А., Басиладзе С.Г. ОИЯИ, 13-7252, Дубна, 1973.
5. Кобболд Р. Теория и применение полевых транзисторов. Энергия, 1975, стр. 262.
6. "Радио", 1974, №1, стр. 56.
7. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8114, Дубна, 1974.
8. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-8754, Дубна, 1975.
9. Журавлев Н.И. и др. ОИЯИ, 10-9479, Дубна, 1976.
10. Кулюкин М.М. и др. ОИЯИ, Р1-6131, Дубна, 1971.
11. Петров А.Г., Синаев А.Н. ОИЯИ, Р10-10890, Дубна, 1977.
12. Техническое описание цифрового вольтметра V530-
"Meratronik"

Рукопись поступила в издательский отдел
29 июля 1977 года.