

91-419



**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна**

P10-91-419

**А.А.Попов, Б.А.Хачатуров**

**РПК-32-ТЕСТИРОВАНИЕ  
И ПОДГОТОВКА МАССИВА КАРТ  
К ЭКСПЕРИМЕНТУ**

**1991**

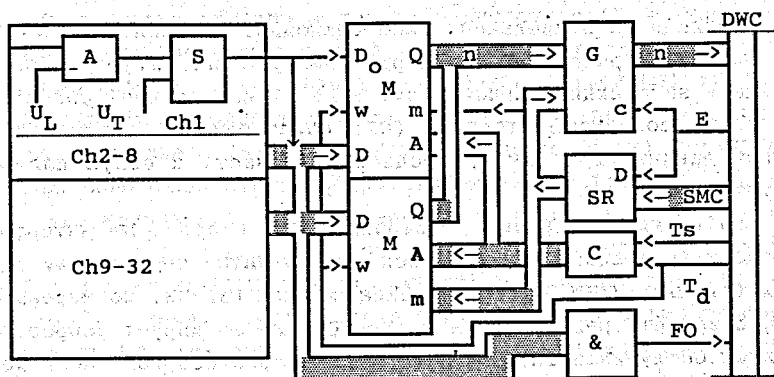


Рис. 1. Функциональная схема карты РПК-32.

Считывание информации из памяти карты производится параллельно-последовательным образом с помощью управляющего регистра сдвига (SR) и буферных шинных формирователей (G), которые разблокируются командой E по линии связи карты (DWC), а регистр сдвига устанавливается (SMC) в такое состояние, когда первый байт позиционного кода номеров каналов карты (n) поступает через формирователи (G) в линию связи карты (DWC). После передачи в линию связи четырех байтов кодов о состоянии каналов карты регистр сдвига устанавливается в исходное состояние регистрации событий.

Из короткого описания приведенной схемы можно увидеть, что иницируя поочередно на входе каждого канала карты сигналы с соответствующими параметрами, задавая необходимые управляющие уровни напряжений ( $U_L, U_T$ ), временные последовательности ( $T_d, T_s$ ), используя общий для всех каналов карты выходной сигнал "быстрого или" (FO) для измерения интервалов времени и порога, а также считывая из памяти (M) зафиксированную в ней информацию, можно получать необходимые характеристики и проверять работоспособность каждого канала, всей карты в целом.

Паспортные технические характеристики показывают, что точность измерения интервалов времени и порогов регистрации в канале карты достаточна на уровне нескольких процентов, а число входных и выходных данных для одной точки основных характеристик канала карты не превышает 12.



ются в управляющем регистре (CM,m), воздействующем на многоцелевой формирователь.

В первом, программируемом режиме перезаписывается заданная амплитуда входного импульса канала карты, длительность которого формируется схемой функционального формирователя (MG), выходной сигнал (g) которого стробирует преобразователь код-ток (DI). Сформированный таким образом по амплитуде и по времени токовый импульс, проходя схему пропускания и аттенюации (nGA), поступает по заданному входу карты (n). Одновременно с этим формирователь MG разрешает (e) проведение измерений преобразователю время-код (TD) и задает ему контрольный интервал времени - сигнал "линейных ворот" (LG). Начало этого сигнала служит стартовым, а импульс с выхода "быстрого ИЛИ" карты (FO) стоповым при измерении времени задержки прохождения сигнала в линейной части канала карты, а его длительность, измеряемая преобразователем, равна длительности формируемого одновибратором канала карты импульса.

Второй режим (m,CM) дает возможность автоматического определения порога регистрации в канале карты, который организуется при взаимодействии счетчика CR, формирователя MG и преобразователя TD. В этом режиме счетчик CR предварительно сбрасывается в нулевое состояние (W1,CR), а во время работы формирователя MG на счетный вход счетчика поступают импульсы (с) с выхода формирователя, задавая таким образом линейно нарастающую амплитуду импульсов тока с выхода преобразователя цифра-ток (DI). При достижении порога срабатывания одновибратора канала сформированный им сигнал с выхода (FO) карты поступает на стоповый вход TD. Во время совпадения сигналов FO карты и импульса LG в TD он начинает измерения и его сигнал "мертвого" времени (DT) прекращает поступление счетных импульсов на вход счетчика CR, а найденное амплитудное значение входного сигнала канала карты записывается в память (MM) контроллера. Точно такая же операция записи происходит по сигналу перегрузки (ov) счетчика, когда по тем или иным причинам порог регистрации канала карты не может быть определен. В этом случае в счетчике фиксируется нулевое значение амплитуды входного сигнала канала карты.

Помимо организации процесса измерений в регистре режимов (CM) заложена возможность задания одного из двух диапазонов (d) амплитуд импульсов, моделирующих сигнал с проволочки про-

порциональной камеры, задания режима работы карты без или со сбросом (r) в ноль адресного счетчика (C, рис.1) ее памяти и выбора работы контроллера (s) в рабочем или установочном режиме. Рабочий режим должен следовать за установочным с задержкой, равной времени переходных процессов установления регулирующих напряжений ( $U_L, U_T$ ) для проверяемой карты. Установочный режим отличается от рабочего тем, что в нем запрещается работа формирователя MG, формирующего входные импульсы в каналы регистрации карты и управляющего измерениями.

Как было сказано выше, вся информация о состоянии проверяемого канала карты регистрации находится в памяти (MM, рис.2) контроллера после окончания его рабочего цикла работы, о чем свидетельствует разблокирование интерфейса КАМАК и сформиро-

Таблица 1

NAF	Ответ	Раз.(код)	DP	Параметр карты
NAOF16	Q,X	5(2)	MM->RC	n-адрес канала
NA1F16	Q,X	4(1)	MM->CM	режимы работы
NA2F16	Q,X	4(2)+4(2)	MM->RC	$T_d, T_s$ -время на триггер
NA3F16	Q,X	8(2)	MM->RC	$U_T$ -задание длительности
NA4F16	Q,X	8(2)	MM->RC	$U_L$ -задание порога
NA5F16	Q,X	8(2)	MM->CR	$I_w$ -вх. сигнал канала
NA6FO	Q,X	8(2)	MM->TDC	$T_c$ -длительность импульса
NA7FO	Q,X	8(2)	MM->TDC	$T_r$ -калибровочный интервал
NA8FO	Q,X	8(2)	MM->TDC	$T_g$ -время линейных ворот
NA9FO	Q,X	8(2)	MM->TDC	$t_d$ -задержка в канале
NA10FO				установка карты в режим считывания
NA11FO	Q,X	8(1)	MM->RPC	n=1-8-номера каналов
NA12FO	Q,X	8(1)	MM->RPC	n=9-16-номера каналов
NA13FO	Q,X	8(1)	MM->RPC	n=17-24-номера каналов
NA14FO	Q,X	8(1)	MM->RPC	n=25-32-номера каналов
NA15FO				установка карты в режим регистрации
NAF10				сброс LAM
NAF24	Q,X			блокировка LAM
NAF25				запуск контроллера
NAF26	Q,X			разблокировка LAM
NAF27	Q,X			проверка состояния LAM

ванный L - запрос в нем. Расположение, разрядность, кодировка, назначение отдельных слов и соответствующие им команды протокола стандарта КАМАК приведены в таблице 1.

Наряду с необходимой (табл. 1) информацией в памяти контроллера после каждого цикла его работы содержатся результаты измерений длительности сигнала "линейных ворот" (NA8FO), знание которой необходимо при определении пороговых характеристик канала, и калибровочного интервала времени (NA7FO, T<sub>r</sub>) для контроля за коэффициентом преобразования TD.

И в заключение описания аппаратурной части необходимо коротко сказать об элементной базе и технических характеристиках контроллера тестирования.

Вся логическая часть контроллера построена на базе микросхем средней интеграции различных модификаций TTL-логики, а необходимую точность и стабильность преобразователей код-напряжение и код-ток обеспечивают соответствующие микросхемы типа K572ПА1 и K1118ПА1. Схемы пропускания (nLG) входного импульса в канал карты реализованы на транзисторах обеих полярностей так же, как и переключатель диапазонов амплитуды этого сигнала.

Преобразователь время-код разработан на основе масштабного преобразователя коротких интервалов времени с использованием одного из вариантов преобразователя время-амплитуда и последующим преобразованием амплитуды в другой интервал времени методом двойного сравнения<sup>11</sup>. Схема TD реализована на операционных усилителях с применением небольшого числа транзисторов и интегральных микросхемах TTL-логики.

Таким образом, контроллер тестирования обеспечен цифровыми и аналоговыми средствами для автоматического управления и проведения требуемых измерений с характеристиками, приведенными в таблице 2. При этом необходимо учесть, что на входных усилителях каналов карты регистрации моделируется сигнал проволочки пропорциональной камеры с амплитудами в двух диапазонах (I<sub>w</sub>, табл. 2), с передним фронтом и спадом  $t \approx 15$  нс и плоской вершиной  $t \approx 10$  нс. В таблице 2 приведены основные характеристики линейных устройств контроллера.

Разброс по амплитудам выходных сигналов, имитирующих импульс с проволочки, для всех адресов не превышает  $\pm 1\%$ , а разброс по времени его формирования характеризуется  $\sigma = 0,1$  нс.

Таблица 2

Параметр	T <sub>d</sub> /T <sub>s</sub>	U <sub>T</sub> /U <sub>L</sub>	I <sub>w</sub>	TD
Диапазон	(n+1)T	0-5,1В	0,1-20/1-200мкА	5-255нс
Число разрядов	4/4	8	8	8
Нелинейность инт.	-	$\pm 0,1\%$	$\pm 0,2\%$	$\pm 0,1\%$
Опорная частота	10МГц	-	-	10МГц

При определении пороговых характеристик длительность сигнала "линейных ворот" выбиралась из реального времени задержки прохождения сигнала и его разброса в каналах регистрации РПК-32 с учетом минимального их влияния на эти характеристики.

#### Программное обеспечение организации проверки большого массива карт РПК-32

Контроллер тестирования реализован в виде нормальной станции стандарта КАМАК и все соединения с картой осуществляются по его передней панели. Проверка карт, накопление данных и их обработка производится с помощью персонального компьютера типа АТ/ХТ с контроллером связи КК-009<sup>12</sup>/стандарта КАМАК.

Используя возможности контроллера тестирования, мы разработали программное обеспечение для проверки работоспособности отдельных карт, накопления данных и последующей их обработки с целью получения интегральных характеристик для массива карт. На каждом этапе проверки в программе предусмотрена необходимая степень визуализации и вывод данных на печать. Программное обеспечение разделено на две части в соответствии с этапами тестирования:

1. Программа "TESTER" для работы с тестером "в линию", обеспечивающая оперативный контроль и запись на диск параметров проверяемой карты.
2. Пакет программ для последующего анализа параметров всей совокупности проверенных карт РПК-32.

Программа "TESTER", функциональная схема которой приведена

на рис.3, разработана на основе стандартного матобеспечения, поставляемого с контроллером КК-009 разработчиками<sup>3/</sup> для работы с РС/ХТ/АТ в линию с аппаратурой стандарта КАМАК. Она используется на первом этапе проверки отдельных карт, который заключается в том, что после подключения карты (SNC) к контроллеру, ЭВМ задает (P->T) такие параметры для нее, что обеспечивается надежное срабатывание всех каналов и нахождение зарегистрированного тестового сигнала в каждом канале карты. После необходимой серии запусков контроллера тестирования и записи данных (W->PC) о состоянии каналов в память ЭВМ она обрабатывает (C->PC) эти данные и определяет работоспособность проверяемой карты (F, рис.3).

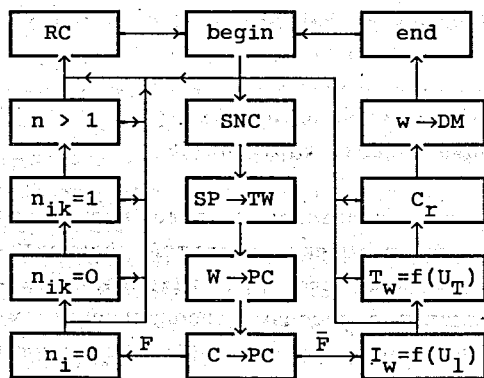


Рис.3. Алгоритм программы "TESTER".

Неисправные (F) карты сортируются последовательно в соответствии со следующими критериями:

1. Когда не работает ( $n_i=0$ ) хотя бы один канал.
2. Когда не работает группа каналов ( $n_{ik}=0$ ) на карте.
3. Когда срабатывают все каналы на карте ( $n_{ik}=1$ ).
4. Одновременно срабатывает больше одного канала ( $n>1$ ) карты.

Карта, не прошедшая эту часть тестирования, подлежит восстановлению (RC) и новой проверке.

Этап тестирования карты, прошедшей первую проверку, заключается в том, что ЭВМ задает необходимые последовательности команд и изменяет для их исполнения требуемые входные параметры карты для измерения трех заданных точек характеристики порога [ $I_w=f(U_L)$ ] регистрации каждого канала, длительности

[ $T_c=f(U_T)$ ] сформированного одновибратором канала импульса в 4 точках этой зависимости, времени задержки прохождения импульса в канале. Здесь же проверяется уровень взаимосвязи между каналами и работа памяти ( $C_r$ ) карты. На этом этапе отбраковываются карты, когда хотя бы в одном из каналов одновибратор формирует импульс, длительность которого не входит в границы ( $T_{max} < T_c < T_{min}$ ) требуемых характеристик, с недостаточной регулируемостью порога, а также карты с неисправной памятью.

Таким образом ЭВМ, используя данные обоих этапов тестирования, определяет причины неисправности, локализует их местонахождение на карте, что позволяет оперативно ее восстанавливать (RC); данные исправных карт записываются на гибкие диски, после чего проверяется следующая карта.

Все данные об исправных картах накапливаются и хранятся на дискетах для дальнейшего определения средних значений, разброса и гистограммирования вышеуказанных характеристик по всей сумме проверенных каналов и усредненных по картам.

Для этих целей использовался пакет HBOOK, адаптированный для IBM PC. После вычисления средних значений параметров и среднеквадратичных отклонений соответствующих распределений отбирались карты (каналы), характеристики которых лежали вне заданных границ и проводилась их настройка.

#### Результаты работы и заключение

Результатом проделанной работы было проведение тестирования и настройка >16500 (518 карт) каналов электроники регистрации на базе РПК-32 в процессе подготовки ее к монтажу на экспериментальной установке, а все интересующие экспериментатора характеристики всего массива каналов записаны на диски и могут быть извлечены в любое время.

Характеристики всего массива снимались во всей области его работы, которая не приведена в паспортных данных для РПК-32. Причем уже во время первичной проверки было выявлено около 10% карт, имеющих неисправности и требующих восстановления, а характеристики всего массива имели довольно большой разброс, что потребовало провести дополнительную настройку практически всей партии.

На рис.4 приведены регулировочные зависимости среднего

значения порогового тока  $\overline{n(I_{cc})} = f(U)$  и длительности сформированного информационного импульса  $\overline{n(T_{cc})} = f(U)$  от управляющих напряжений в цифровых кодах соответствующих цифро-аналоговых и время-цифровых преобразователей для средних значений этих же параметров по отдельным картам для всей партии исправных карт. На приведенных кривых можно увидеть изменение характеристик и уменьшение разброса в измеренных точках после дополнительной регулировки (n2) относительно первичной проверки (n1). Слева от кривых, в точках измерений, зафиксировано среднее квадратичное отклонение по средним при первичном тестировании, а справа после настройки.

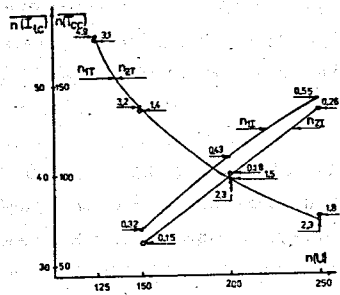


Рис. 4. Регулировочные характеристики массива карт.

Гистограммы, показанные на рис. 5, иллюстрируют распре-

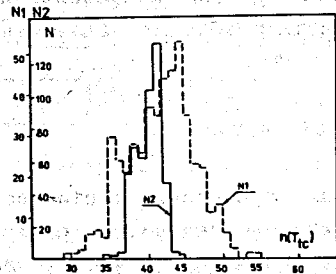


Рис. 5. Гистограммы распределения пороговых характеристик карт всей партии.

деление средних значений пороговой характеристики (рис. 4) до настройки (n1) и после нее (n2), когда настройка производилась для всех карт в точке  $n = 40 \pm 3$  кан. Подобные гистограммы (n1, n2, рис. 6) распределения средних значений длительности формируемого информационного импульса приведены для значения  $n = 138 \pm 2$  кан.

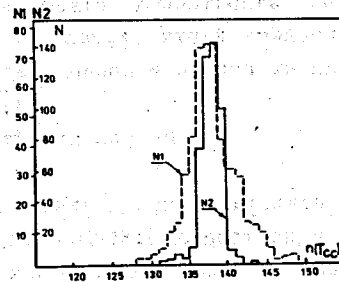


Рис. 6. Гистограммы распределения длительности импульса одновибраторов карт партии.

На рис. 7 показан разброс времени прохождения входного сигнала, имитирующего импульс с проволоочки до (n1) и после (n2) настройки по всем каналам регистрации проверяемой партии карт. Оценочную характеристику взаимосвязи между соседними каналами на карте можно увидеть на рис. 8, когда при заданном пороге  $n(I_w) = 50$  кан. на информационный вход отдельного канала карты подается линейно-нарастающая последовательность импульсов в диапазоне 0 - 200 мкА и контроллер фиксирует минимальную амплитуду, при которой срабатывает хотя бы один из соседних каналов. На этом рисунке приведены результаты измерений до (n1) и после (n2) настройки всего массива карт.

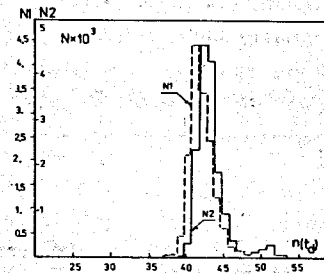


Рис. 7. Гистограммы распределения времени задержки ( $t_d$ ) всего массива каналов партии.

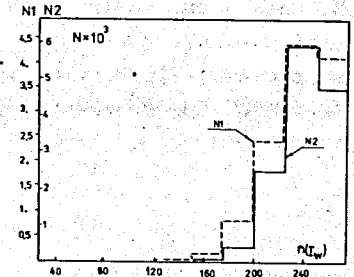


Рис. 8. Гистограммы распределения срабатывания соседних каналов массива каналов партии.

В целом вся проделанная работа показала явную ее необходимость для получения реальных характеристик имеющейся партии карт электроники регистрации, большую экономию времени, а кроме того, появилась возможность постоянного и оперативного контроля во время эксплуатации. Разработанная процедура тестирования и регулировки параметров не требует высококвалифицированного персонала. Для снятия характеристик и настройки одной карты достаточно с учетом самопрогрева карты после включения питания 5-10 мин., при этом сам процесс измерения и запись на диск информации о карте занимает  $\approx 1,5$  мин, а определение не работающих или срабатывающих несвоевременно каналов на карте происходит за 10-20 с после запуска программы.

В заключение авторы выражают признательность сотрудникам Кислициной Н.И. за помощь при монтаже аппаратуры и Пачесовой А. за проведение большой работы во время проверки всей партии карт.

#### Литература

1. Double Voltage Comparison Improves Converter Stability. Electrical Design News. August, 1958, p. 14, 15.
2. В.А. Антюхов и др. ОИЯИ, 10-82-844, Дубна, 1982.
3. А.И. Гилев и др. Контроллеры крейта КАМАК для ПЭВМ типа IBM PC/XT и PC/AT. В кн.: Модульные информационно-вычислительные системы, VII Всесоюзный симпозиум, тезисы докладов, ИЯФ СОАН СССР, Новосибирск, 1989.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 сентября 1991 года.