

С 344.1 и

Г-788

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ  
ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

13-6082

А.Г. Грачев

УСТРОЙСТВА  
ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ ИЗ ИСКРОВЫХ КАМЕР  
С ФЕРРИТОВЫМИ СЕРДЕЧНИКАМИ  
С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛЕЙ ГИСТЕРЕЗИСА

Специальность 260 - приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Дубна 1971

13-6082

А.Г. Грачев

УСТРОЙСТВА  
ВЫВОДА ИНФОРМАЦИИ ИЗ ИСКРОВЫХ КАМЕР  
С ФЕРРИТОВЫМИ СЕРДЕЧНИКАМИ  
С ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЕТЛЕЙ ГИСТЕРЕЗИСА

Специальность 260 - приборы экспериментальной физики

Автореферат диссертации на соискание ученой  
степени кандидата технических наук

(Диссертация написана на русском языке)

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований.

Официальные оппоненты:

доктор физико-математических наук Б.М. Головин  
кандидат технических наук И.Д. Мурин

Ведущее научно-исследовательское учреждение: Физический институт им. П.Н. Лебедева АН СССР.

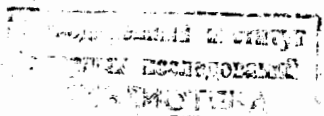
Автореферат разослан " " 197 г.

Защита диссертации состоится " " 197 г. на заседании Ученого совета Лаборатории высоких энергий Объединенного института ядерных исследований (г. Дубна, Московской области).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ЛВЭ.

Ученый секретарь Совета

С.В. Мухин



В результате бурного развития радиоэлектроники и вычислительной техники к 60 г.г. на предприятиях и в научно-исследовательских лабораториях создались условия для полной автоматизации производственных процессов и процессов регистрации и обработки экспериментальной информации, без чего дальнейшее развитие производства и расширение программ научных исследований становилось немыслимым. Особенно остро эта проблема встала в экспериментальной ядерной физике, где она возникла в связи с широким применением больших годоскопических систем <sup>/1/</sup> и с изобретением проволочных искровых камер <sup>/2,3/</sup>. Проволочные искровые камеры оказались быстрыми, легкоуправляемыми многоканальными и многотрековыми приборами с хорошими временными и пространственными характеристиками. Существует целый ряд методов <sup>/3/</sup> для регистрации информации искровых камер. Наиболее перспективным из них является метод регистрации координат треков с помощью матриц памяти из ферритовых сердечников с прямоугольной петлей гистерезиса (ППП) <sup>/4/</sup>. Перспективность этого метода связана с его аппаратурной и функциональной экономичностью, с высокой скоростью (десятки нсек) и малыми токами (порядка трех ампер) переключения ферритовых сердечников, с дискретностью и высокой надежностью регистрации координат достаточно большого количества одновременных искр в ка-

мере<sup>/5/</sup>. Максимальные возможности этого метода связаны с использованием отдельного сердечника памяти на каждой проволочке камер. Однако применение отдельного сердечника памяти приводит к десяткам и сотням тысяч их в отдельных системах камер, необходимых для современных физических экспериментов. Габариты и стоимость сердечников незначительны, но было совершенно очевидно, что на считывание информации из них известными радиотехническими способами потребуется очень много времени. Практически желаемое время обращения ко всем элементам памяти любой возможной системы искровых камер должно быть по крайней мере сравнимо с мертвым временем искровой камеры или меньше его. Это одна из основных задач, которые необходимо было решать радиотехническими или другими средствами; при этом объем и стоимость этих средств должны быть по возможности малыми, а надежность их работы высокой. Сюда же следует добавить и вопросы борьбы с помехами при записи информации в ферритовые сердечники памяти, технологичности монтажа элементов электронной аппаратуры и связанного с ними оборудования, а также вопросы непосредственной связи экспериментальных установок с ЭВМ. Решению этих задач, принципиально важных для автоматизации многих сложнейших экспериментов, отвечающих всем требованиям современной ядерной физики, посвящена настоящая работа.

Диссертация состоит из шести глав. Во введении изложены основные принципы разработки, сформулированы задачи и кратко сообщается о плане изложения диссертации.

В первой главе диссертации рассмотрены основные характеристики искровых камер и особое внимание уделено механизму искрового разряда в них. Изучение этих вопросов позволило выявить и устранить причины помех при записи координат треков

током искры, выяснить оптимальные требования, которые следует предъявить к устройствам вывода информации из искровых камер, а также выработать рекомендации по режиму их работы и газового наполнения.

Вторая глава диссертации посвящена методам регистрации информации с искровых камер. В ней рассмотрены существующие методы регистрации и дана краткая характеристика каждого из них. Ферритовый метод регистрации в этой главе рассмотрен подробно, так как он имеет непосредственное отношение к результатам настоящей работы.

В начале главы показан принцип регистрации координат на примере двухкоординатной проволочной искровой камеры с ферритовыми сердечниками и указаны особенности, которые необходимо учитывать при разработке схем кодирования информации.

В экспериментальной части этой главы приведены исследованные в работе<sup>/5/</sup> эффективные способы и схемы подавления помех записи в ферритовые сердечники памяти.

Значительным препятствием на пути применения ферритового метода регистрации являлись трудности, связанные с вопросами технологичности и конструктивного выполнения камер. В связи с этим в конце главы рассмотрены результаты работ, которые позволили в основном преодолеть и эти трудности. Здесь приведено несколько практически приемлемых вариантов изготовления искровых камер с ферритовыми матрицами памяти.

Третья глава является обзорной. В ней описаны существующие методы организации ферритовых сердечников памяти и системы вывода информации из искровых камер. Подробно обсуждены существующие схемы, составлена классификация устройств вывода и проведена их сравнительная оценка. В эту главу включены также и материалы некоторых ранних разработок автора<sup>/5,6,7/</sup>.

В четвертой главе диссертации рассмотрены основные элементы и узлы схем, использованных в устройствах вывода информации из искровых камер, и возможности их практического применения.

В начале главы приведены расчеты, связанные с выбором ферритовых сердечников памяти для искровых камер, обоснован выбор схем элементов адресного привода, приведены результаты экспериментальных испытаний и дан расчет цепей передачи выходных сигналов с ферритовых сердечников матриц памяти. Расчеты показывают, что выходные шины матриц памяти искровых камер могут быть соединены последовательно на базах до 200 и более метров. Сигналы с выхода этих шин могут быть усилены простейшим однокаскадным усилителем на одном транзисторе. Это приводит к значительной экономичности устройств вывода информации с ферритовыми сердечниками памяти<sup>/5,8/</sup>.

В пятом параграфе этой главы рассмотрены селекторы информации. Принципиальная схема одного из таких селекторов, разработанных автором<sup>/9/</sup>, приведена на рис. 1. Эквивалентная частота работы элементов логики этой схемы равна 80+140 Мгц. Принцип работы и возможности селекторов подробно описаны в работе<sup>/10/</sup> и в диссертации. Особенность селекторов заключается в том, что их логическое построение позволяет обращаться в порядке очередности непосредственно только к тем его разрядам, которые содержат информацию. За счет этого существенно увеличена скорость и тем самым уменьшено время вывода информации из матриц памяти искровых камер. Разработанные селекторы в связи с этим получили широкое применение и в других областях радиоэлектроники<sup>/1,11/</sup>.

В конце этой главы обсуждаются схемы кодирования информации, которые обеспечивают представление координат в двоичном

коде, удобном для работы существующих ЭВМ. Здесь же приведены схемы счета числа проволочек, занятых искрой.

Пятая глава диссертации посвящена одному из наиболее оптимальных устройств вывода информации из проволочных искровых камер (УСВИ)<sup>/6,11-13/</sup>. В этом устройстве впервые осуществлено обращение только к тем элементам всего объема памяти системы камер, в которых содержится информация. Этот результат достигнут за счет применения матриц памяти с предварительной индикацией информации (рис. 2) и двух селекторов, осуществляющих как селективный поиск элементов матриц с информацией, так и селективное обращение к ним. Один селектор выбирает строки с информацией и подает сигналы на соответствующие входы формирователей тока для считывания содержания этих строк на входы второго селектора, обеспечивающего селективный поиск своих разрядов с информацией и передачу их номеров в двоичном коде через шифратор на внешнее регистрирующее устройство.

Схема матрицы памяти УСВИ аналогична схеме матрицы, приведенной на рис. 2. Структурная схема выбора адресов считывания этого устройства изображена на рис. 3. В ней применен метод выбора матриц для считывания, впервые описанный в работе<sup>/9/</sup>, выполненной еще в 1962 г. Для этой схемы характерно использование столько же формирователей тока считывания ( $ФТ_1 + ФТ_n$  и  $ФТ_{гр}$ ), сколько их необходимо для вывода информации из матрицы памяти одной камеры. Для считывания матриц памяти других камер используются схемы токовых ключей К, поочередно переключающих одни и те же генераторы считывания ФТ ко всем матрицам  $M_1 + M_n$  системы. В схемах типа изображенной на рис. 3 легко осуществляется как поочередное, так и селективное возбуждение генераторов считывания  $ФТ_1 - ФТ_n$ . При селективном

обращении сначала считывается содержимое сердечников предварительной индикации с выбранной матрицы памяти по входу формирователя  $\Phi T_{гр}$ , а затем в соответствии с их содержанием происходит обращение к формирователям тока. Развязка цепей считывания матриц памяти между собой в схеме выполнена с помощью диодов.

Прошивка сигнальных обмоток одноименных групповых колец матриц памяти системы показана петлей, подсоединенной к усилителю  $Уг$ , а остальных - петлей, подсоединенной к усилителю  $Ус$ . Достоинствами этой схемы являются ее простота, экономичность и высокая эффективность. Однако осуществление этой схемы применительно к системам искровых камер связано с значительным удлинением нагрузочных цепей формирователей тока. Существующие полупроводниковые элементы допускают удлинение силовых цепей считывания до 200 метров и более, как это показано в работе /5/ и четвертой главе диссертации. В реальных экспериментальных установках большие длины цепей считывания не требуются, что полностью оправдывает выбор схемы рис. 3. По своей структуре и эффективности эта схема не уступает системам с двухкоординатным выбором адресов, а по ряду характеристик превосходит их. Достаточно отметить, что при сосредоточенных матрицах памяти длины цепей считывания у ЗУ по этой схеме короче, чем у схем с двухкоординатным выбором адресов.

Общая блок-схема УСВИ приведена на рис. 4. В ней можно отметить следующие функционально различные части. Первая из этих частей, состоящая из счетчика матриц  $СЧ(Z)$ , фазоинверторов  $\Phi И$ , дешифратора матриц или камер ДШМ ( $K$ ) и токовых ключей  $KТ$ , предназначена для обеспечения последовательного считывания содержания матриц памяти. Вторая, состоящая из селектора строк

$СС(У)$ , выходных усилителей  $У$  для сигналов с групповых сердечников предварительной индикации информации, шифратора номера строки ШС ( $У$ ) и счетчика строк  $СЧ(У)$ , запоминающего код этой строки, предназначена для селекции строк матриц с информацией, кодирования их номеров и передачи этого кода на внешнее регистрирующее устройство (ЭВМ). Третья часть схемы аналогична второй и предназначена для приема информации из строк матриц памяти. Селектор номеров колец с информацией, или селектор числа  $СЧ(X)$  в этом канале, обеспечивает прямое обращение к своим разрядам с информацией. В режиме выделения координаты середины трека со схемы ИЛИ<sub>1</sub> селектора снимается серия импульсов через первый разряд счетчика проволочек  $СЧ_P$  на вход счетчика числа  $СЧ(X)$ . В этом случае номер, записанный в счетчик  $СЧ(X)$ , соответствует координате середины трека. Команда для вывода всего числа на внешнее регистрирующее устройство снимается через схему выделения конечного импульса СКИ и усилитель  $УФ$ . Если эта часть схемы исключена, то сигнал готовности числа к выводу снимается со схемы ИЛИ<sub>2</sub> и по цепочке ЭП, ЛЗ,ЭП,  $УФ$  подается на сброс триггера Т2. Потенциал триггера Т2 в этом состоянии внешними регистрирующими устройствами воспринимается в качестве признака готовности числа к выводу.

Четвертую часть схемы составляют общие элементы управления устройством. К этим элементам относятся триггеры Т1 и Т2, тактовый генератор ТГ и другие управляющие, задерживающие и формирующие каскады. Эти элементы обеспечивают управление устройством в режимах контроля и работы. В обоих режимах в устройстве происходит автоматическое считывание информации, кодирование и синхронная передача ее на внешние регистрирующие устройства. Передаваемые на выход слова в устройстве имеют

разрядность, равную сумме разрядностей счетчиков СчМ(К), СЧС(У), СчЧ(Х) и Счпр. В рассматриваемом варианте устройства разрядность слов была равна 12.

Далее в этой главе оцениваются скоростные возможности УСВИ, определяемые выражением

$$t_c = 3NT + 2NT(n-1)K + T(n-1)(1-K),$$

где  $t_c$  - время вывода одного события;  $N$  - число матриц памяти или камер в системе;  $n$  - число треков в камере;  $T$  - период тактовых импульсов;  $K$  - число, равное единице, или меньше ее, характеризующее вероятность того, что определенное количество треков будет принадлежать разным строкам матрицы памяти.

Если  $K=1$ , то все координаты принадлежат разным строкам матриц памяти и третий член имеет значение, равное нулю.

Если каждая камера будет иметь только по одному треку, то и второй член также будет равен нулю. В этом случае время вывода однотрекового события  $t_{c1}$  определяется первым членом равенства и будет равно

$$t_{c1} = 3NT.$$

Таким образом, в этом устройстве для поиска и вывода одной координаты любой камеры достаточно одного-трех тактовых импульсов. На данное время УСВИ в сравнении с известными устройствами аналогичного назначения имеет наибольшие скоростные возможности и обладает свойствами ассоциативных ЗУ.

В конце этой главы рассмотрена блок-схема экспериментальной установки с УСВИ и приведены результаты ее испытаний. Работа установки велась в режиме *on-line* с ЭВМ БЭСМ-3М.

12-разрядные тройки выходных чисел УСВИ предварительно разворачивались в 36-разрядные слова и вместе со служебной информацией параллельным кодом передавались непосредственно на вход БЭСМ-3М.

Период передачи таких слов при длине линии связи в 1 км был равен 120 мксек. На считывание одного события из системы 8 искровых камер затрачивалось 1+1,5 мсек.

Для оперативного контроля за ходом эксперимента в УСВИ была осуществлена программа обратной передачи части обрабатываемого на ЭВМ материала на цифropечатающую машину, находящуюся при экспериментальной установке<sup>14/</sup>.

Для камер в эксперименте были зарегистрированы следующие данные:

1. Эффективность регистрации  $\eta = 96\%$ .
2. Пространственное разрешение  $\Delta x = 0,8$  мм.

Относительно низкое значение пространственного разрешения, полученное в этом эксперименте, обусловлено в основном недостаточной идентичностью намотки искровых камер.

В заключительной VI главе диссертации описано устройство вывода с частичной селекцией информации искровых камер, в котором в отличие от схемы УСВИ исключен селектор строк. Вместо селектора строк использован счетчик строк с дешифратором, обеспечивающим поочередно обращение к формирователям тока считывания ФТ. Исключение селектора было вызвано малым числом событий, ожидаемых в экспериментах, для которых предназначалось устройство. Однако для уменьшения общего объема информации искровых камер в этом устройстве была выполнена часть схемы, предназначенной для автоматического вывода координат, соответствующих середине трека. Увеличение скорости вывода информации за счет вывода только координаты середины трека при длине линии связи с ЭВМ в 1 км более выгодно, чем селективное обращение к строкам матриц памяти, так как период посылок чисел в нашем эксперименте на БЭСМ-3М был равен

120 мксек, а время опроса 16 строк равнялось 32 мксек. При большом числе строк и малой длине линии связи с ЭВМ или с другим регистрирующим устройством целесообразно как селективное обращение к строкам матриц памяти, так и вывод координаты середины трека. В связи с этим здесь подробно рассмотрены схемы вывода координаты середины трека и другие узлы, отличающие устройство с частичной селекцией информации от УСВИ.

В конце главы приведены схемы и данные о работе устройства в эксперименте. Оно работало и продолжает работать в системе 17 проволочных искровых камер, установленных на пучке  $K^0$ -мезонов синхрофазотрона ОИЯИ и имеющих рабочую область 480x480 мм. Результаты испытаний установки предварительно были сообщены в работе <sup>/15/</sup>. Схемы устройства опубликованы в работах <sup>/8,16,17/</sup>. По результатам обработки данных эксперимента на ЭВМ БЭСМ-4 для искрового спектрометра с этим вариантом устройства вывода получены следующие характеристики:

1. Эффективность регистрации  $\eta = 96\%$ ;
2. Среднее число проволочек, занятых искрой, 2,2;
3. Точность регистрации координат  $\pm 0,35$  мм;
4. Время памяти камер (0,7+ 1) мксек;
5. Мертвое время камер (5+7) мсек;
6. Многотрековая эффективность при 12 фоновых искрах (для камер с объемными развязывающими сопротивлениями) 85%;
7. Задержка подачи в/в импульса на камеры относительно момента пролета исследуемой частицы 0,45 мксек;
8. Период передачи 46-разрядных чисел устройства на вход ЭВМ 120 мксек.

В заключение главы выражено пожелание о необходимости изготовления нового варианта устройства, в котором были бы

выполнены все схемные решения предыдущих устройств на интегральных схемах, что позволит использовать его не только на ускорителях заряженных частиц, но и для исследований в области физики космических лучей.

Третий вариант устройства с потенциальными связями между элементами его логики, свойственными для интегральных схем, автором выполнен совместно с сотрудниками Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ <sup>/18/</sup>.

Основные результаты диссертации заключаются в следующем.

1. Созданы надежные в работе функционально полные оригинальные автоматические устройства регистрации и вывода информации искровых камер с ферритовыми сердечниками памяти <sup>/6,12,13,16,17/</sup>, рассчитанные на работу с современными ЭВМ.
2. В одном из устройств (УСВИ) впервые осуществлено обращение только к тем элементам всего объема памяти, в которые происходит запись информации <sup>/6,11,12/</sup>.
3. В УСВИ независимо от размеров матрицы памяти (камеры) кодирование номера любого ее элемента осуществимо за 2+6 мксек, т.е. происходит примерно на порядок быстрее, чем в известных устройствах аналогичного назначения. При этом получена возможность экономичного и эффективного преобразования (сворачивания) различных многоканальных систем <sup>/11/</sup> в системы с ограниченным количеством каналов регистрации.
4. Схемная экономичность, высокая надежность и высокие скоростные возможности работы устройств достигнуты за счет разработки и применения следующих новых схем и элементов:
  - а) матриц памяти с предварительной индикацией информации <sup>/5,6,12/</sup>;



- б) специальных регистров-селекторов с прямым выбором информации /9, 10-12, 16/;
- в) схем автоматического выделения и кодирования координат, соответствующих середине трека /6-8, 12, 13/;
- г) схемы переключения привода одной матрицы памяти к другим /1, 6-8, 13, 17/;
- д) достаточно рациональных элементов электроники /5, 6, 8, 12, 16, 18/;
- е) оптимальных схем объединения и усиления сигналов с матриц памяти искровых камер /1, 6/ (см. также рис. 3, 4).

За счет вывода координат, соответствующих середине трека, получена возможность сжатия информации искровых камер с ферритовыми сердечниками памяти примерно в 2,2 раза /11, 12/.

6. Выяснены причины помех записи в ферритовые сердечники памяти искровых камер, найдены способы и разработаны схемы их устранения /5/.

7. Показано, что из-за небольших токов (3 ампера и меньше) и малых времен (50 нсек и меньше) переключения ферритовых сердечников в искровых камерах /5/, экономичности электронных схем и высокой надежности их работы, возможности регистрации большого количества искр, возникающих в камере, "ферритовый" метод в сравнении с известными методами регистрации информации искровых камер наиболее предпочтителен.

8. Выполнен комплекс работ, позволивший найти практически приемлемые методы изготовления двухкоординатных искровых камер с ферритовыми сердечниками памяти и развязывающими объемными сопротивлениями, матриц памяти и специальных многослойных фольгированных разъемов.

9. Проведена проверка работы устройств в экспериментальных условиях и сняты их рабочие характеристики в режиме *on-line* с ЭВМ /14, 15/.

Схемные решения устройств, рассмотренных в диссертации, используются в ОИЯИ и других лабораториях СССР. Они могут найти применение также в различных многоканальных системах /1/ в вычислительной технике и во многих отраслях промышленности.

Основные результаты диссертации опубликованы в работах /5, 6, 8, 9, 10, 11, 13, 14-17/.

#### Л и т е р а т у р а

1. А.Г. Грачев. Сцинтилляционные и газоразрядные годоскопические системы. ОИЯИ, Б1-10-5491, Дубна, 1970.
2. S. Fukui, S. Miyamoto. Nuovo Cim., 11, 113 (1959).
3. А.Ф. Писарев. Препринт ОИЯИ, Р-2745, Дубна, 1966.
4. F. Krienen. NIM, 16, 262 (1962).
5. А.Г. Грачев, П.И. Филиппов. Препринт ОИЯИ, 10-4173, Дубна, 1968.
6. А.Г. Грачев. ОИЯИ, Б1-10-3883, Дубна, 1966.
7. А.Г. Грачев. Блок памяти 98-счетчикового сцинтилляционного годоскопа. Деп. публ. ОИЯИ, Б2-10-3916, Дубна, 1968.
8. А.Г. Грачев. Организация вывода информации. Препринт ОИЯИ, 10-4072, Дубна, 1968.
9. А.Г. Грачев. Регистр. Авторское свидетельство № 187400. Открытия, изобретения, № 20, 1966; ПТЭ №2 (1967).
10. А.Г. Грачев. Селекторы информации. Препринт ОИЯИ, 10-4056, Дубна, 1968.
11. А.Г. Грачев. Устройство для кодирования информации. Авторское свидетельство №225925, Открытия, изобретения, № 28, 1968.
12. А.Г. Грачев. УСВИ. Авторское свидетельство № 202581. Открытия, изобретения, №19, 1967.
13. А.Г. Грачев, Л.С. Барабаш. Препринт ОИЯИ, 2660, Дубна, 1966.
14. М.Х. Аникина, Л.С. Барабаш, А.Г. Грачев и др. Препринт ОИЯИ, 1-3050, Дубна, 1966.

15. М.Х. Аникина, Л.С. Барабаш, А.Г. Грачев и др. Препринт ОИЯИ, 13-4123, Дубна, 1968.
16. Л.С. Барабаш, А.Г. Грачев и др. ОИЯИ, Б1-10-3846, Дубна, 1966.
17. Л.С. Барабаш, А.Г. Грачев и др. Препринт ОИЯИ, 10-3890, Дубна, 1968.
18. В.В. Вишняков, А.Г. Грачев, Н.И. Журавлев, Кан Гван Вон, А.Н. Синаев. Препринт ОИЯИ, 10-5804, Дубна, 1971.

Рукопись поступила в издательский отдел  
13 октября 1971 года.

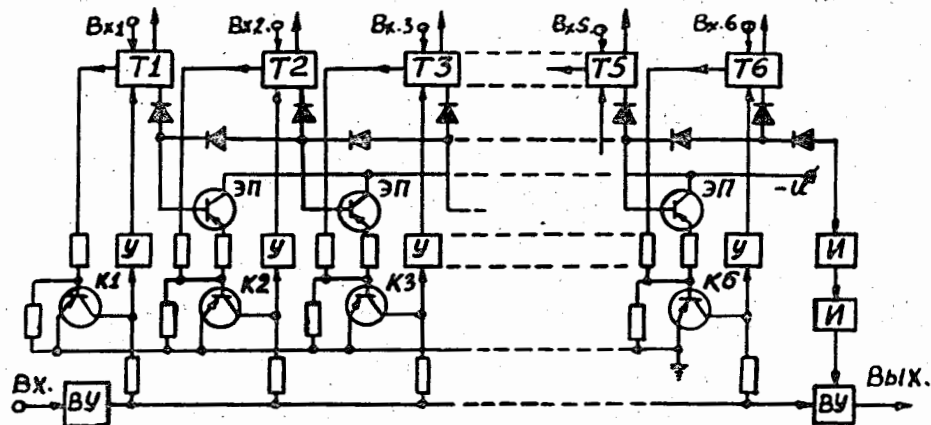


Рис. 1. Принципиальная схема селектора информации.

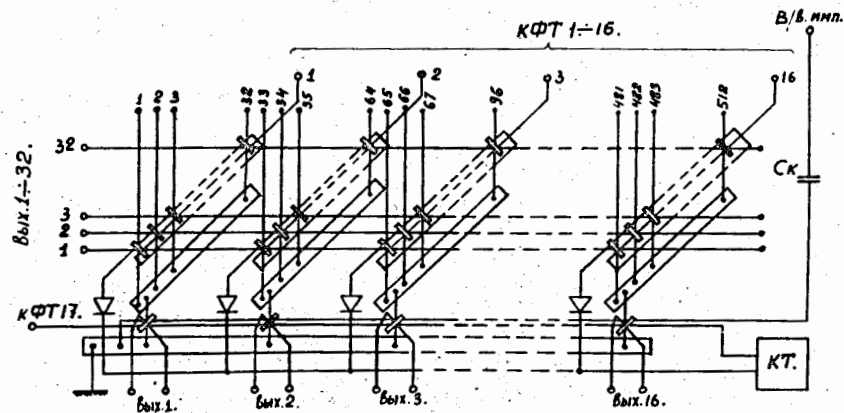


Рис. 2. Схема матрицы памяти с сердечниками предварительной индикации информации.

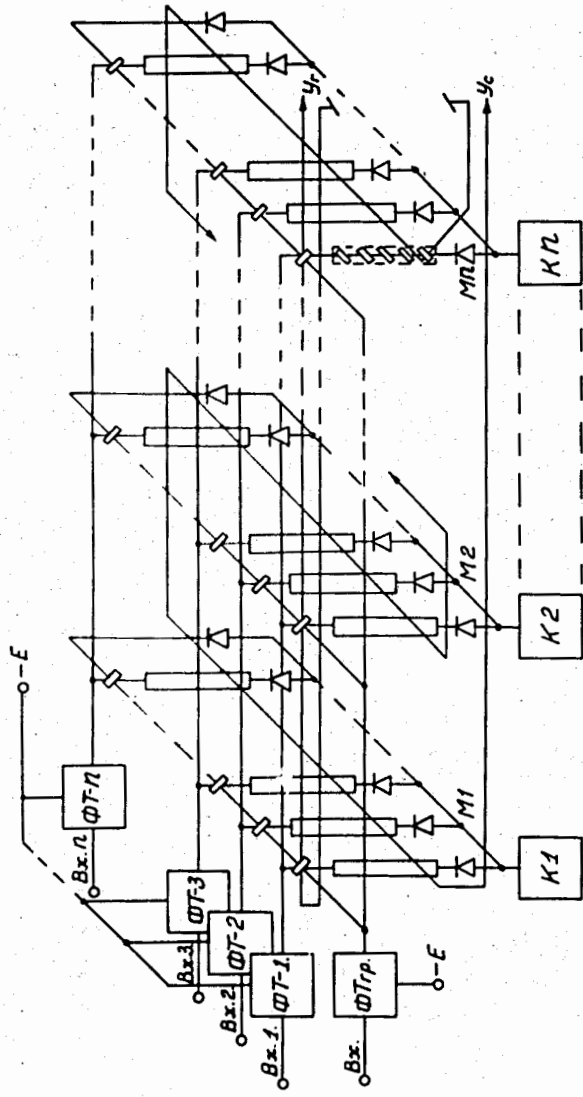


Рис. 3. Структурная схема считывания УСВИ.

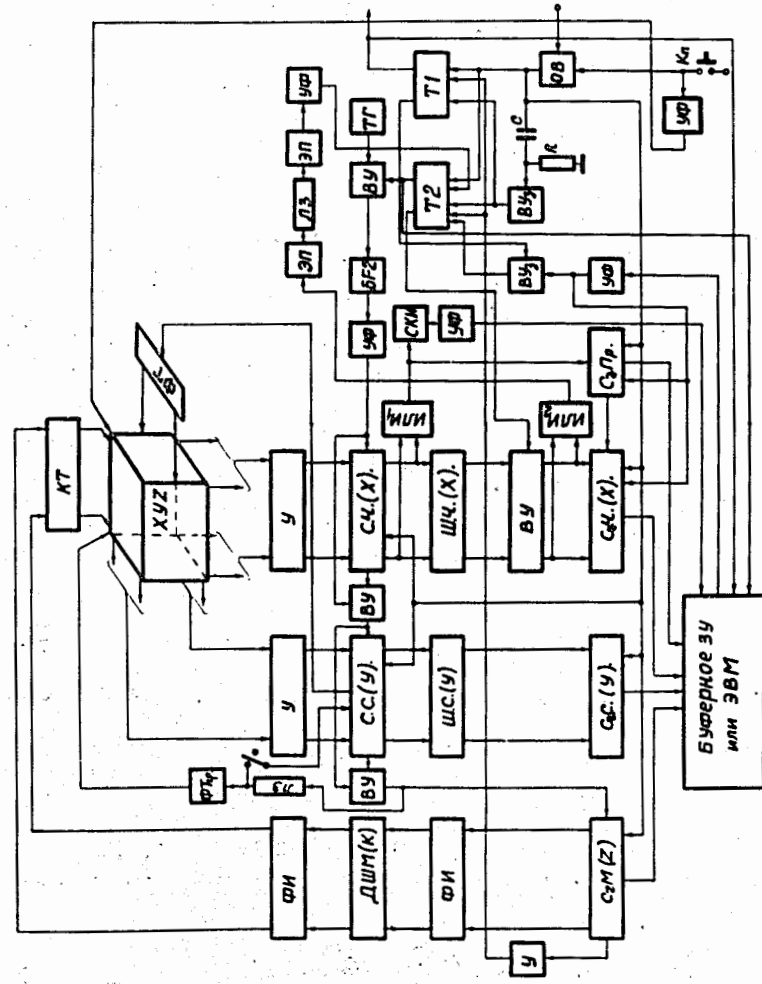


Рис. 4. Блок-схема УСВИ.