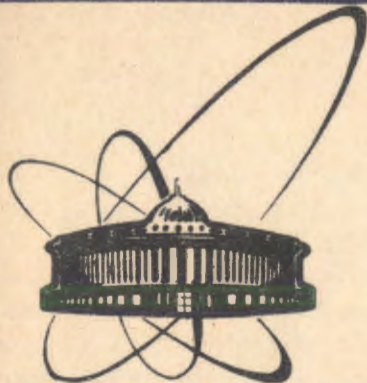


90-580



**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

**P13-90-580**

**А.М.Зубарева, Ким Зен Чер, Н.В.Соколова,  
В.Г.Субботин, А.М.Сухов**

**МНОГОКАНАЛЬНАЯ  
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ  
ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА МЕДЛЕННО  
ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ СИГНАЛОВ**

**1990**

## ВВЕДЕНИЕ

В 1984 г. была введена в эксплуатацию автоматическая система контроля параметров изохронного циклотрона У-400<sup>11</sup>.

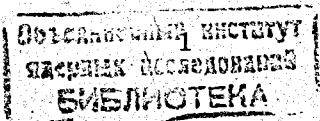
Опыт эксплуатации АСКП У-400 показал, что измерительная часть системы требует существенных изменений, нацеленных в основном на улучшение точности измерений и сокращение количества соединительных трасс между датчиками и регистрирующей аппаратурой.

Измерительная система АСКП У-400 должна обеспечивать возможность измерения ~ 100 параметров с точностью 0,1% за 0,2÷0,5 с. Измерения проводятся в условиях высокого уровня помех, возникающих в аналоговых входных измерительных цепях и в трассах связи датчиков с оцифраторами. Датчики удалены от регистрирующей аппаратуры на сотни метров.

Структурная схема новой измерительной системы изображена на рис.1. Для простоты изложения на этом рисунке изображена система измерения только 32 параметров. В системе используются четыре типа блоков:

- 1) аналоговый мультиплексор для шестнадцати входных напряжений, содержащий шестнадцать входных усилителей;
- 2) преобразователь напряжения в частоту;
- 3) счетчик-интенсиметр, запоминающий число импульсов, поступивших с преобразователя напряжения в частоту за определенный интервал времени, для каждого из шестнадцати последовательно переключающихся каналов;
- 4) управляющий генератор, задающий время измерения в каждом из каналов, моменты переключения каналов, а также начало и конец цикла опроса шестнадцати каналов для всех мультиплексоров и интенсиметров с памятью.

Мультиплексоры и преобразователи напряжения в частоту размещаются вблизи от датчиков, а интенсиметры и задающий генератор — в кресте регистрирующей аппаратуры. Пунктиром обозначены длинные линии для управляющих и информационных сигналов. Каждая линия — скрученная пара проводов, по которым передаются противофазные импульсные сигналы. Все соединительные линии заключены в экран. Корпуса разнесенных частей измерительной системы соединяются отдельным проводом.



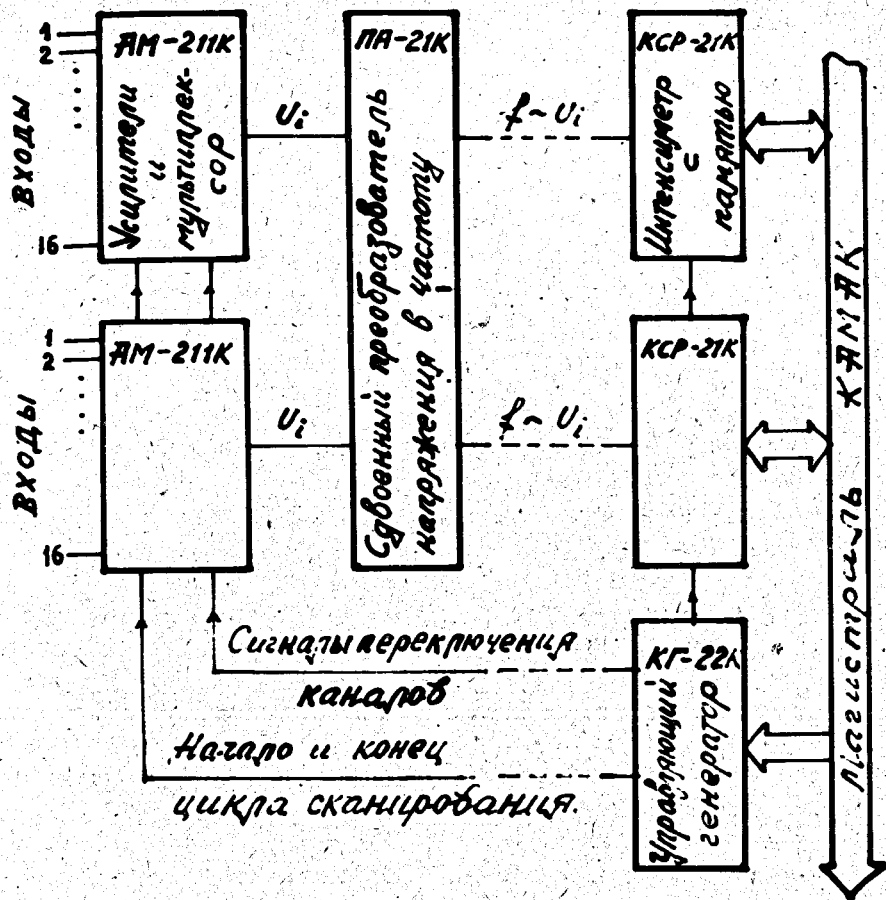


Рис.1. Структурная схема измерительной системы.

Для измерения 128 параметров нужно 8 мультиплексов, четыре двояных преобразователя напряжения в частоту, 8 интенсиметров с памятью, один задающий генератор и 10 длинных линий связи.

Время, затрачиваемое на измерение каждого последовательно переключаемого канала, составляет 20 мс. Все 128 параметров будут измерены за 0,32 с.

### МУЛЬТИПЛЕКСОР

Блок-схема мультиплектора изображена на рис.2. Мультиплексор применяется для последовательного переключения на его выход шестнадцати измеряемых напряжений. Выполнен он на двух схемах, 590КН1.

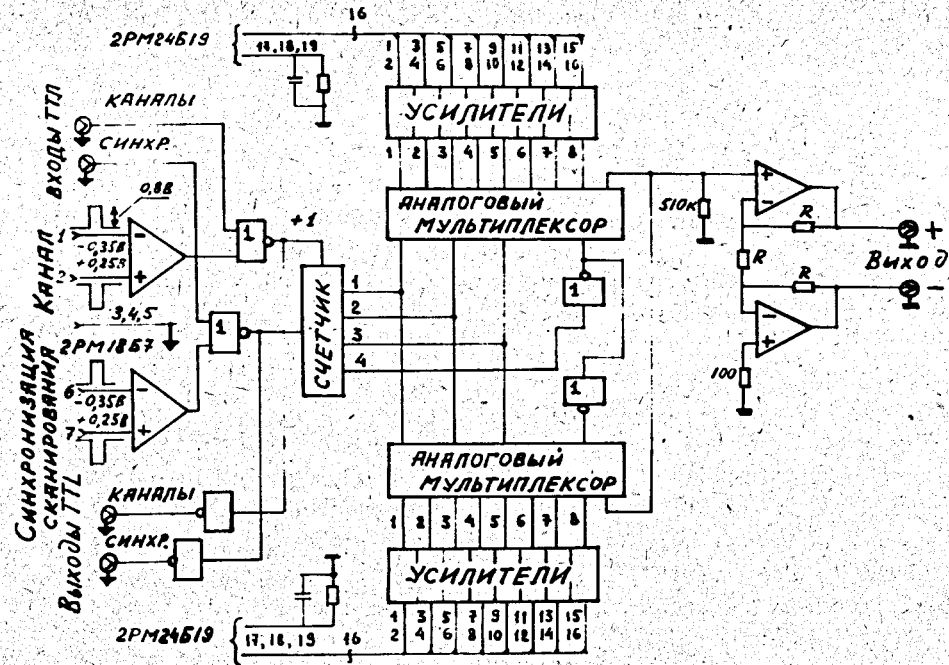


Рис.2. Функциональная схема аналогового мультиплектора.

Каждый вход мультиплектора снабжен разностным дифференциальным усилителем (ИС.140УД12).

Входные усилители уменьшают уровень помех на входах мультиплектора и обеспечивают большое входное (300 кОм) и малое выходное сопротивление в каждом из переключаемых каналов. Усилители имеют единичный коэффициент передачи. Входное напряжение, соответствующее максимальному измеряемому напряжению, равно 2,5 В. Ослабление усилителем синфазной помехи с амплитудой до 4 В составляет приблизительно 40 дБ.

Противофазные управляющие сигналы переключения каналов и синхронизации циклов измерения, поступающие на мультиплексор по длинным линиям связи, выделяются соответствующими компараторами — приемниками сигналов с линии. Расширение управляющих сигналов для нескольких соседствующих мультиплексов осуществляется несогласованными сигналами ТТЛ.

Выходной каскад обеспечивает большое сопротивление нагрузки для выходов аналоговых переключателей и может использоваться для групповой нормализации измеряемых сигналов в небольших пределах.

# ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ НАПРЯЖЕНИЯ В ЧАСТОТУ

В преобразователе применен способ уравнивания заряда<sup>12</sup>. Преобразователь предназначен для измерения только положительных входных напряжений. Если входное напряжение преобразователя, определяемое измеряемым сигналом и помехой, остается всегда положительным, то преобразователь с уравниванием заряда подавляет помехи как преобразователь интегрирующего типа<sup>13</sup>. Он обеспечивает ослабление синусоидальной помехи во входном сигнале на 20 дБ при изменении частоты на декаду, причем для времени измерения, кратного периоду синусоиды промышленной частоты, ослабление синусоидальной помехи частотой 50 Гц достигает (40÷60) дБ.

Важной особенностью преобразователя с уравниванием заряда является быстрое изменение частоты при быстрых и больших изменениях входного напряжения. Это свойство преобразователя необходимо для исключения взаимного влияния измеряемых напряжений в соседних каналах друг на друга в процессе последовательного переключения каналов, уровни сигналов в которых сильно отличаются.

Принципиальная схема преобразователя представлена на рис.3. Преобразователь состоит из следующих функциональных узлов:

- входного усилителя K140УД12;
- интегратора КР544УД1;
- компаратора 521СА2;
- источника тока восстановления K140УД6, КП303И;
- переключателя тока восстановления КПС104Г;
- каскада управления этим переключателем 2хКТ349Б;
- формирователя длительности импульса тока восстановления K155ЛА3, K155ИЕ2, 1/2 K155ТМ2;
- выходных каскадов.

Частота выходных импульсов определяется выражением<sup>14</sup>:

$$f_x = \frac{1}{J_B \cdot T_B} \cdot \frac{U_x}{R}$$

где  $U_x$  — напряжение на входе интегратора;  $R$  — входное сопротивление интегратора;  $J_B$  — значение тока восстановления;  $T_B$  — время, в течение которого ток восстановления уравнивает заряд интегрирующей емкости.

При идеальном операционном усилителе интегратора коэффициент преобразования напряжения в частоту не зависит ни от емкости интегратора, ни от напряжения порога компаратора. Нестабильность преобразо-

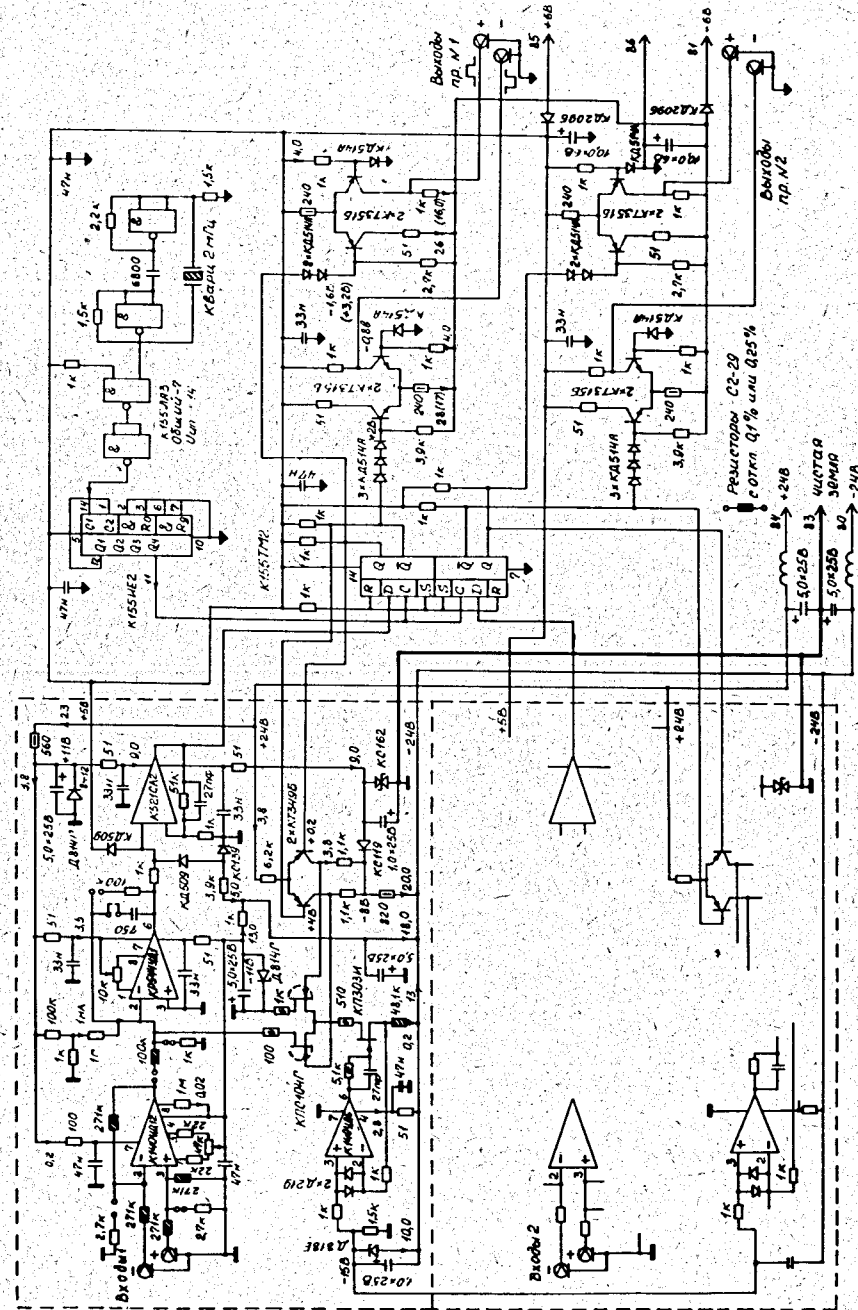


Рис.3. Принципиальная схема преобразователя напряжения в частоту.

вания определяется нестабильностью тока и интервала времени восстановления, а также нестабильностью входного резистора интегратора.

Изменение напряжения смещения операционного усилителя интегратора не превышает 1 мВ при изменении температуры на 20°С. Это изменение не превышает 0,02% от максимального номинального входного напряжения интегратора, составляющего 5 В. Нестабильность коэффициента преобразования из-за температурной нестабильности тока восстановления и входного сопротивления интегратора составляет приблизительно 0,005%/°С.

Логика формирования длительности импульса тока восстановления такова, что начало восстановления не всегда совпадает с моментом срабатывания компаратора. Восстановление интегрирующей емкости может начаться в любой момент в течение периода тактовых импульсов, поступающих на С-вход D-триггера. Однако в среднем частота выходных импульсов с большой точностью пропорциональна входному напряжению для больших напряжений на входе, а для малых входных сигналов эта несинхронность практически не вносит ошибки в частоту выходных импульсов<sup>12</sup>.

#### УПРАВЛЯЮЩИЙ ГЕНЕРАТОР КГ-22К

Управляющий генератор времени измерения в каждом из каналов вместе с блоком КСР-21К образует 16-канальный счетчик-интенсиметр с буферной памятью, служащий для временного хранения информации, полученной в одном полном цикле измерения (320 мс). Функциональная схема блока приведена на рис.4.

Помимо сигналов управления счетчиком и буферной памятью ("Канал", "Запрет"), блок выдает парафазные сигналы переключения каналов и начала — конца цикла сканирования в длинную линию связи с мультиплексором аналоговых сигналов.

Цикл сканирования начинается по команде из микро-ЭВМ установкой в "1" триггера управления (ТУ). В исходном состоянии низкий потенциал на выходе ТУ запрещает поступление сигналов с задающего генератора (ЗГ), удерживает в исходном состоянии счетчик времени измерения, счетчик-интенсиметр в блоке КСР-21К и счетчик номеров каналов в аналоговом мультиплексоре. В этот момент на вход преобразователя U → F подключен аналоговый сигнал первого канала.

После команды "Пуск" (NAF(26)) высокий потенциал с выхода ТУ разрешает работу счетчика-интенсиметра: начинается накопление информации — измерение первого параметра. В этот же момент начинается отсчет времени измерения (20 мс).

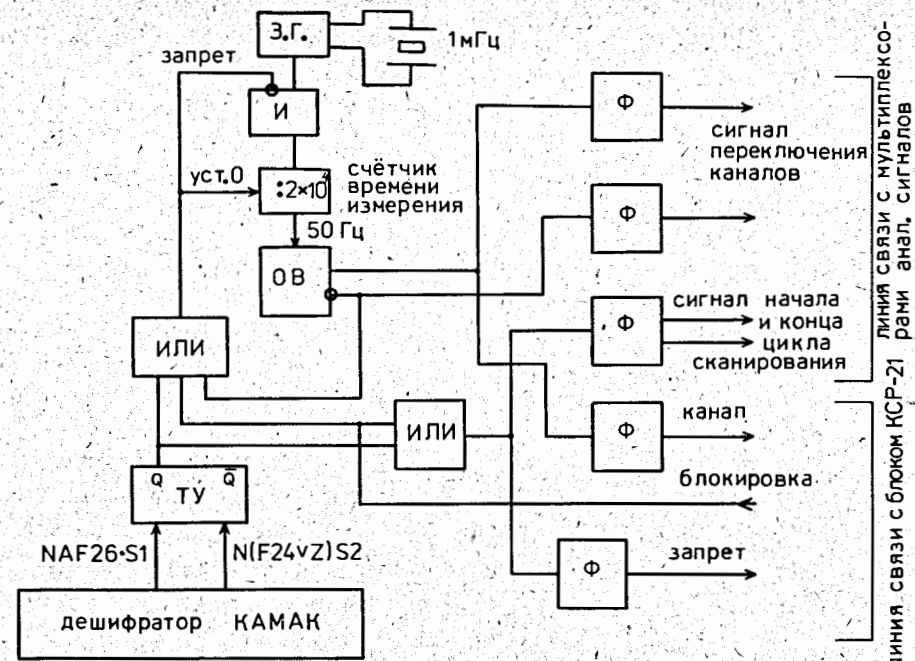


Рис.4. Функциональная схема управляющего генератора.

По истечении 20 мс срабатывает одновибратор (ОВ), блокируется и устанавливается в исходное состояние счетчик времени измерения, а в блок КСР-21 выдается сигнал "Канал", по которому накопленная в счетчике-интенсиметре информация регистрируется в первую ячейку буферной памяти. По окончании цикла регистрации, определяемого длительностью импульса одновибратора, производится переключение номера канала в аналоговом мультиплексоре и процесс измерения повторяется.

Однако регистрация накопленной информации идет уже в следующую ячейку буферной памяти. По окончании измерения во всех 16 каналах блок КСР-21К выставляет на магистраль КАМАК запрос L на передачу накопленной информации в микро-ЭВМ и блокирует на время ожидания и передачи счетчик номеров каналов в аналоговом мультиплексоре, счетчик измерения времени в блоке КГ-22К. Сигнал "Блокировка" на выходе КСР-21К удерживает в исходном состоянии счетчик номеров каналов и счетчик измерения времени до тех пор, пока не будет полностью "очищена" буферная память КСР-21К.

Циклический процесс "измерение — временное запоминание информации — передача в микро-ЭВМ" может быть прерван специальной коман-

дой NAF(24) или сбросом Z, поступающим через магистраль КАМАК из микро-ЭВМ.

### ИНТЕНСИМЕТР С ПАМЯТЬЮ КСР-21К

Функциональная схема блока приведена на рис.5. Блок содержит счетчик-интенсиметр — СТ2-16р, буферную память — RAM 16x16р, адресный счетчик памяти — СТ2-4р, схему управления и схемы связи с магистралью КАМАК.

Схема управления в моменты поступления сигналов "Канал" вырабатывает последовательность импульсов: "Разрешение — CS", "Запись — WR", "Сброс" счетчика интенсиметра и "+1 в адресный счетчик".

Четырехразрядный адресный счетчик рассчитан на выборку одной из 16 ячеек памяти как при записи, так и при считывании информации в микро-ЭВМ через магистраль КАМАК. Поэтому импульс "+1 в адресный счетчик" формируется или в конце сигнала "Канал" или по команде NAF(0) S2 из микро-ЭВМ.

Импульс "Разрешение" формируется так же по сигналу "Канал" (запись) или по команде NAF(0) (чтение).

Последовательность импульсов изменяющейся частоты поступает на вход счетчика-интенсиметра через входные формирователи DIS и клапан, управляемый сигналом "Канал".

В момент прихода сигнала "Канал" из блока КГ-22К поступление импульсов на вход счетчика-интенсиметра прекращается.

Счетчик-интенсиметр удерживается в исходном состоянии по сигналу "Запрет", формируемому в блоке КГ-22К в те моменты, когда работа схемы измерения запрещена по командам микро-ЭВМ и когда производится передача информации из буферной памяти в микро-ЭВМ по магистрали КАМАК.

Импульсом переполнения адресного счетчика управляется триггер, с выхода которого в микро-ЭВМ выдается запрос L на передачу информации. С выхода триггера L формируется также сигнал "Блокировка" для синхронизации работы счетчика-измерителя времени (в блоке КГ-22К) и счетчика каналов в аналоговом мультиплексоре. Выход сигнала L на магистраль КАМАК управляется триггером маски (тр.М) по командам NAF(24) и NAF(26).

Дешифратор (ДС) обеспечивает выдачу в блок следующих команд КАМАК:

- F(24), F(26) — управление триггером маски;
- F(8) — проверка запроса;
- F(10) — сброс запроса;
- F(0) — чтение.

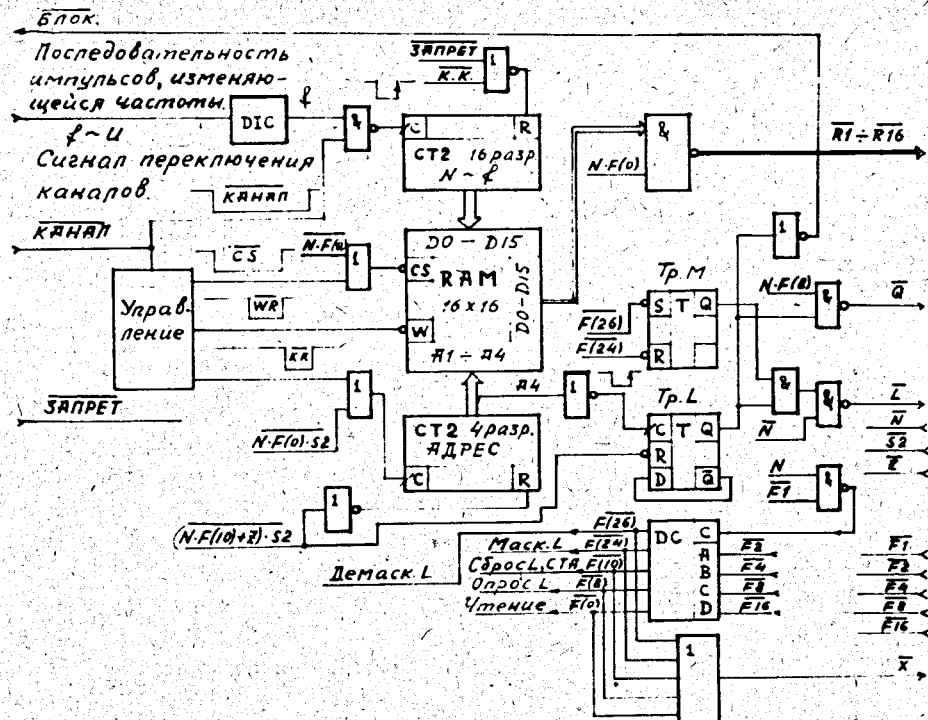


Рис.5. Функциональная схема шестнадцатиканального интенсиметра с памятью.

Все команды обеспечены откликом X. В ответ на команду F(8), при наличии запроса L, выдается сигнал Q.

Блок КСР-21К работает в качестве счетчика-интенсиметра с последовательным вводом информации. Кроме того, блок КСР-21К имеет возможность работать в качестве входного регистра с буферной памятью на 16x16 слов и параллельным вводом информации через дополнительный разъем. Счетчик-интенсиметр собран на ИС K155IE7, а сигналы "Канал" дублируются сигналами "Синхронизация", по которым вырабатывается последовательность импульсов "Загрузка", "Разрешение", "Запись" и "+1 в адресный счетчик" при записи. Сигнал "Блокировка" из КСР-21К в этом случае выполняет те же функции, как и в случае работы блока в качестве счетчика-интенсиметра.

В заключение надо отметить, что представленная в этой работе измерительная система АСКП У-400 успешно эксплуатируется с апреля 1990 г. на ускорителе У-400.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Фефилов Б.В. и др. — В кн.: XI Международный симпозиум по ядерной электронике. Братислава, 1983. ОИЯИ, Д13-84-53, Дубна, 1984, с.376.
2. Гнатек Ю.Р. — Справочник по цифроаналоговым и аналогово-цифровым преобразователям. М.: Радио и связь, 1982, с.301.
3. Гарет П. — Аналоговые устройства для микропроцессоров и мини-ЭВМ. М.: Мир, 1981, с.156.
4. Шляндин В.М. — Цифровые измерительные устройства. М.: Высшая школа, 1981, с.144.

Рукопись поступила в издательский отдел  
25 декабря 1990 года.