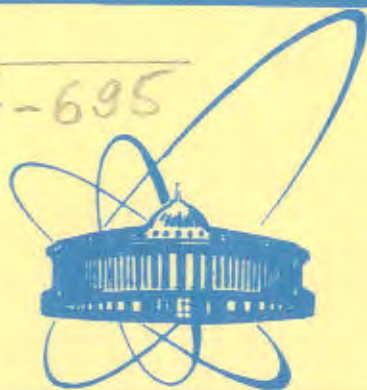


A-695



сообщения  
Объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
Дубна

4670 / 2-81

14/9-

P9-81-417

В.Н.Аносов, Х.Круг

АЛАРМ-ПОДСИСТЕМА  
АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
СИЛЬНОТОЧНЫМ ФАЗОТРОНОМ (УСТАНОВКОЙ "Ф").

1. Варианты построения  
АЛАРМ-подсистемы

1981

## 1. ВВЕДЕНИЕ

На всех крупнейших циклотронах мира в настоящее время функционируют т.н. АЛАРМ-системы /1,3-9/. АЛАРМ-система запоминает последовательность отказов в различных узлах ускорителя, анализирует последовательность событий, вызывающих отказ оборудования, определяет вероятный источник повреждения и восстанавливает работоспособность ускорителя в течение небольшого отрезка времени.

Необходимо различать отказы двух типов. Отказ первого типа происходит из-за того, что какие-либо параметры некоторого узла ускорителя превысили эксплуатационные пределы. При отказе этого типа оператору выдается сигнал "Предупреждение".

Отказ второго типа происходит из-за того, что параметры ускорителя превысили тот предел, за которым происходит выход блоков ускорителя из строя. Этот предел назовем абсолютным пределом, его превышение сопровождается сигналом "АЛАРМ".

АЛАРМ-система сильноточного фазотрона Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ является составной частью автоматизированной системы управления фазотроном /АСУС/, которая описана в работе /2/.

АЛАРМ-система АСУС состоит из нескольких подсистем, каждая из которых обслуживает один крупный узел ускорителя. В свою очередь, каждая АЛАРМ-подсистема состоит из аппаратуры предварительной обработки сигналов /АПОС АЛАРМ-системы/ и системы быстрого сканирования /СБС/, информация от которой поступает в микро-ЭВМ данной подсистемы.

## 2. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ СИСТЕМОЙ АЛАРМ

На систему АЛАРМ возлагаются следующие задачи:

1. Предупреждение оператора об отклонениях параметров от допустимых значений (WARNING).

Оператор получает информацию о

- времени возникновения повреждения,
- источнике повреждения,
- ошибочных параметрах,
- важности информации АЛАРМ.

Для увеличения надежности обнаружения отказа аварийные параметры сканируются повторно, и затем путем сравнения повторных измерений, а также анализа данных по функционально связанным

Объединенный институт ядерных исследований

с аварийными сигналами параметрам ускорителя устанавливается точно, что было причиной АЛАРМ-сигнала: ошибка в параметре либо в измерительном канале или случайный сбой.

2. Регистрация всех аварийных данных и исследование тенденции их изменений (TREND EXAMINATION).

Последовательность возникновения отказов запоминается в памяти ЭВМ. Обнаружив повышенный дрейф группы переменных, система сигнализирует оператору о предстоящем выходе из строя некоторого узла. Оператор получает на АЦПУ или на экране монитора информацию о временной последовательности событий.

3. Выдача совета оператору о возможных способах устранения неисправностей. Системой АЛАРМ указываются:

необходимые мероприятия по устранению отказов и целесообразная последовательность их проведения.

- время, в течение которого оператору необходимо скорректировать отклонения в параметрах.

- перечень узлов, которые ему надо отключить.

4. Быстрое отключение отказавшего узла с помощью специальной электроники отключения (SHUT DOWN).

В критических ситуациях отключение происходит без вмешательства оператора.

5. Анализ ситуации и самокоррекция с помощью системы самообучения (SELF-LEARNING SYSTEM).

Путем запоминания реакции оператора на устранение типичных неисправностей растет способность машины самостоятельно реагировать на стандартные аварийные ситуации.

### 3. ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ АЛАРМ

Существуют следующие способы обнаружения отказов в системе АЛАРМ:

- непрерывное последовательное сканирование данных на базе управляющей ЭВМ и обработка их той же ЭВМ с целью анализа на наличие отказа,

- Постоянный контроль всех параметров для определения их нахождения внутри или вне задаваемых пределов с помощью специализированных логических устройств /аналоговые и релейные компараторы, регистры цифровые для запоминания релейных сигналов и т.п./ и прерывание работы управляющей микро-ЭВМ в случае превышения каким-либо параметром одного или нескольких пределов.

С помощью второго способа можно получить большое быстродействие, преимущество первого способа состоит в том, что путем изменения программного обеспечения можно легко изменять и расширять функциональные возможности АЛАРМ-системы.

На рис. 1 изображена структурная схема программы для иллюстрации первого способа обнаружения отказов. Задачу измерения

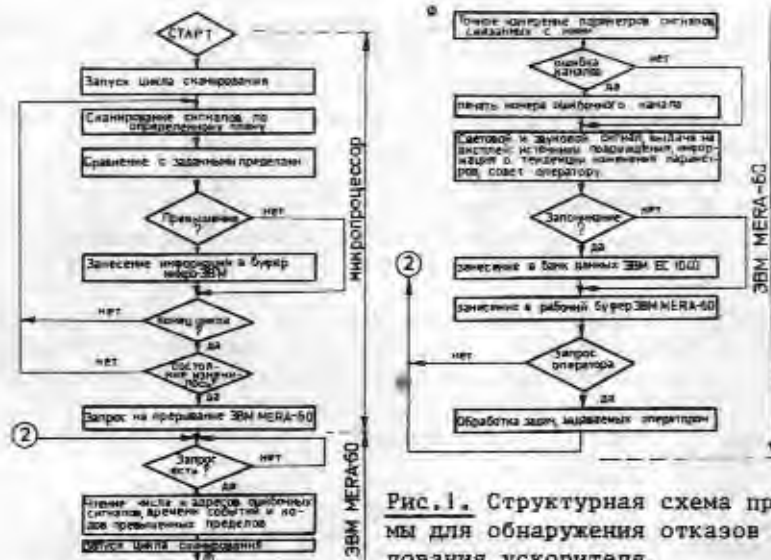


Рис. 1. Структурная схема программы для обнаружения отказов оборудования ускорителя.

данных и их предобработки выполняет микропроцессор в стандарте КАМАК. Пультовая микро-ЭВМ МЕНА-6040 информируется о наличии АЛАРМ-ситуации и обрабатывает АЛАРМ-информацию для представления ее оператору. При отсутствии АЛАРМ-ситуации пултовая микро-ЭВМ занята решением других задач для системы управления.

Защита оборудования ускорителя в критических ситуациях, независимо от перечисленных способов обнаружения отказов, осуществляется на базе быстродействующей электроники.

### 4. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА АЛАРМ-ПОДСИСТЕМЫ АСУС

На рис. 2 изображена схема обработки сигналов следующих типов:

- а/ цифровых релейных сигналов  $U_1$ ,
- б/ медленно и быстро меняющихся аналоговых сигналов  $X_1, Y_1, Z_1$ ,
- в/ импульсных сигналов  $W_1$ .

#### 4.1.1 АПОС АЛАРМ-подсистемы

АПОС АЛАРМ-подсистемы включает в себя АПОС аналоговых сигналов /АПОС АС/ и АПОС релейных сигналов /АПОС РС/. Общая задача АПОС АЛАРМ-системы состоит в подавлении помех, а также в создании развязки цепей СТИ от высокого напряжения на отдельных датчиках ускорителя. Задачей АПОС РС, кроме общих задач, является задача преобразования различных уровней релейных сигналов к уровню ТТЛ.

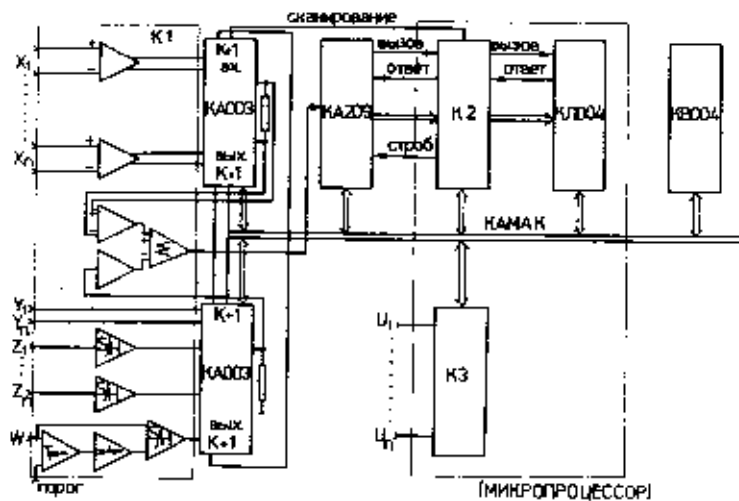


Рис. 2. Функциональная схема АЛАРМ-подсистемы АСУС.

АПОС АС /на рис. 2 обозначен К1/ осуществляет согласование всех медленно и быстро меняющихся, а также импульсных сигналов с уровнем, необходимым для работы коммутатора КА 003 /3/. Поскольку коммутатор КА003 не может сканировать напряжения меньше 20 мВ с требуемой точностью, предусмотрены дифференциальные усилители сигналов такого уровня до величины 5В.

Если сигналы изменяются с частотой 50 Гц и выше, наблюдается недопустимое по величине взаимное влияние каналов коммутатора. Для исключения такого влияния предусмотрены усилители выборки и хранения сигналов.

Поскольку входное сопротивление АЦП типа КА 206, КА 209, КА007 составляет 5 кОм, то для исключения существенных ошибок при работе их с коммутатором КА003 сигналы с выхода последнего подаются на вход АЦП через усилитель с входным сопротивлением выше 100 кОм.

Для сложения сигналов с отдельных коммутаторов служит аналоговый сумматор.

Импульсные сигналы измеряются следующим образом: при достижении амплитудой импульса порога дискриминации с определенной задержкой запоминается мгновенное значение импульса в усилителе выборки и хранения. Выходное напряжение этого усилителя сканируется коммутатором КА003.

#### 4.1.2. СБС АЛАРМ-подсистемы

СБС АЛАРМ-системы включает в себя СБС аналоговых сигналов, которая состоит из коммутатора КА003 и АЦП КА209/СБС АС/, и СБС

релейных сигналов, которая построена на входных регистрах КР005 /11/, - СБС РС.

Общая задача СБС АЛАРМ-подсистемы состоит в подаче аналоговых и релейных сигналов на вход блока управления и предварительной обработки данных /БУПОД/. СБС АС перед подачей аналоговых сигналов в БУПОД преобразует их в коды на АЦП.

К АЦП, используемым в АЛАРМ-системе, предъявляются следующие требования:

- 1/ относительная погрешность в диапазоне сигналов 10 мВ-5В-0,1%.
- 2/ число каналов - 4096 /12 разрядов/.
- 3/ время преобразования - 50 мкс.
- 4/ выдача готовой информации, как с помощью сигналов "Вызов-ответ" по внешнему разъему, так и по магистрали КАМАК.
- 5/ программное переключение запуска АЦП.

#### 4.1.3 БУПОД АЛАРМ-подсистемы

Предобработка цифровых кодов, полученных после преобразования аналоговых сигналов, а также релейных сигналов происходит в блоке управления и предварительной обработки данных от СБС. БУПОД может быть выполнен либо в виде совокупности блоков сравнения цифровых сигналов /К2/, сравнения релейных сигналов /К3/ и буфера информации КЛ 004, либо в виде одного микропроцессорного блока.

БУПОД выполняет следующие задачи:

- 1/ организацию сканирования параметров по определенному плану;
- 2/ управление работой АЦП;
- 3/ быстрое последовательное считывание цифровых данных из АЦП и релейных сигналов от датчиков ускорителя;
- 4/ предобработку данных синхронно с измерением, т.е. сравнение данных, полученных путем измерений, с их задаваемыми пределами или с задаваемым для них логическим состоянием/ в случае релейных сигналов/ и определение величины отклонения от значений, соответствующих нормальному режиму работы ускорителя;
- 5/ занесение сигналов "АЛАРМ" или "Предупреждение" в буфер информации;
- 6/ занесение пределов аналоговых сигналов и слова состояния релейных сигналов, а также заданного слова состояния релейных сигналов в накопитель пределов и в регистр заданного состояния релейных сигналов;
- 7/ прерывание микро-ЭВМ "Электроника-60", управляющей одной АЛАРМ-подсистемой, при наличии АЛАРМ-ситуации.

Время полного цикла сканирования всех параметров и предобработки в существующих на современных ускорителях АЛАРМ-системах составляет десятки миллисекунд.

Блок КВ 004 дает возможность считывать время появления каждого отказа по магистрали КАМАК в ЭВМ.

Ниже описываются два способа построения БУПОД:

- 1/ на базе микросхем малой и средней интеграции,
- 2/ на базе микропроцессора.

Первый способ позволяет получить максимальное быстродействие, т.к. время проверки одного параметра зависит практически только от времени преобразования в АЦП. Второй способ имеет преимущество в гибкости.

#### 4.2. БУПОД на базе микросхем малой и средней интеграции

##### 4.2.1 БУПОД аналоговых сигналов /БУПОД АС/

На рис. 3 изображена функциональная схема обработки цифровых сигналов, полученных от АЦП.

1. Команда "Старт" генерируется либо от ЭВМ, либо от кнопки "Пуск" и сбрасывает счетчик адресов накопителя пределов и счетчик адресов подключаемых каналов. Вследствие этой команды или сигнала "Ответ" этого блока триггер  $T_1$  сбрасывается в нуль.

2. Сбрасывание триггера  $T_1$  вызывает сканирование первого канала. Через время задержки 10 мкс сбрасывается триггер  $T_2$  и вырабатывается "Строб" АЦП и сигнал "Сброс" триггера  $T_1$ . Задержка 10 мкс необходима для того, чтобы сигнал на выходе коммутатора с полевыми транзисторами достиг установившегося значения.

3. Сигнал "Сброс" вызывает преобразование аналогового сигнала в код. Максимально через 40 мкс информация на выходе АЦП готова, и АЦП генерирует сигнал "Вызов".

4. По сигналу "Вызов" производится считывание информации и ее занесение во входной регистр этого блока. После этого блок К2 генерирует сигнал "Ответ".

5. Сигнал "Ответ" устанавливает АЦП в исходное состояние. В этот момент во входном регистре находится новая информация. По этому сигналу одновременно добавляется +1 в счетчик адресов каналов и производится с помощью триггера  $T_3$  сравнение новой информации с задаваемыми пределами.

6. Конец сравнения с задаваемыми пределами определяет накопитель пределов с помощью 13-го разряда слова в накопителе пределов. Это слово содержит следующую информацию:

- $X_1 \dots X_{12}$  : 12-разрядное слово величины предела,
- $X_{13} = 0$  : признак конца проверки одного канала,
- $X_{14} X_{15} = 11$  : верхний абсолютный предел ( $X_3$ ),
- $X_{14} X_{15} = 10$  : верхний предел эксплуатации ( $X_2$ ).

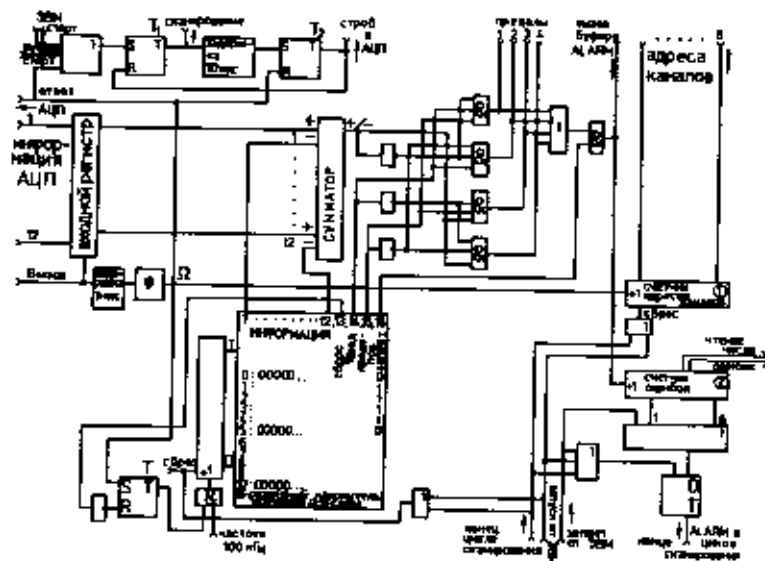


Рис. 3. БУПОД аналоговых сигналов.

- $X_{14} X_{15} = 01$  : нижний предел эксплуатации ( $X_2$ ),
- $X_{14} X_{15} = 00$  : нижний абсолютный предел ( $X_1$ ),
- $X_{14} = 1$  : признак запрета проверки этого канала.

7. Если при проверке в сумматоре обнаруживается ситуация "Предупреждение" или "АЛАРМ", логическая схема на выходе сумматора генерирует сигнал "Вызов" буфера и номер превышенного предела. При этом в буфер КЛ 004 буфера и номер превышенного предела заносится следующая информация:

- $X_1 \dots X_8$  : адрес канала,
- $X_9 = 1$  : превышение верхнего абсолютного предела /АЛАРМ/,
- $X_{10} = 1$  : превышение верхнего предела нормальной эксплуатации /предупреждение/,
- $X_{11} = 1$  : превышение нижнего предела нормальной эксплуатации /предупреждение/,
- $X_{12} = 1$  : превышение нижнего абсолютного предела /АЛАРМ/.

8. Сигнал "Ответ", кроме того, вызывает сканирование следующего канала, если нет сигнала "АЛАРМ" в конце цикла сканирования и если нет сигнала "Прерывание сканирования" от пультовой ЭВМ МЕРА-6040. В этом случае происходит общий сброс коммутатора, АЦП и блока К2. Систему можно повторно запустить по магистрали КАМАК с помощью сигнала "Запуск от ЭВМ".

9. Счетчик ошибок /2/ считает число сигналов "АЛАРМ" в ходе одного цикла сканирования. В конце цикла можно считывать эту информацию.

10. Если блок К2 обнаруживает ошибочные параметры, то он генерирует в конце цикла сканирования сигнал "LAM". Этот сигнал сообщает ЭВМ о наличии АЛАРМ-ситуации.

11. Оператор может с помощью соответствующих признаков запретить автоматическое сканирование. В этом случае можно считывать информацию любого требуемого канала от АЦП по магистрали КАМАК.

#### 4.2.2 БУПОД релейных сигналов

На рис. 4 изображена структурная схема блока К3 для обработки релейных сигналов. Этот блок выполняет следующие функции:

1/ запоминание измеренного состояния релейных сигналов, задаваемого состоянием релейных сигналов и задаваемой от магистрали КАМАК или от передней панели маски проверки,

2/ сравнение состояния измеренного с задаваемым,

3/ генерирование сигнала "LAM", если один или несколько измеренных сигналов не совпадут с задаваемыми /если по логике эта проверка разрешена/.

4/ Запоминание результата сравнения, который можно считывать затем на магистраль КАМАК,

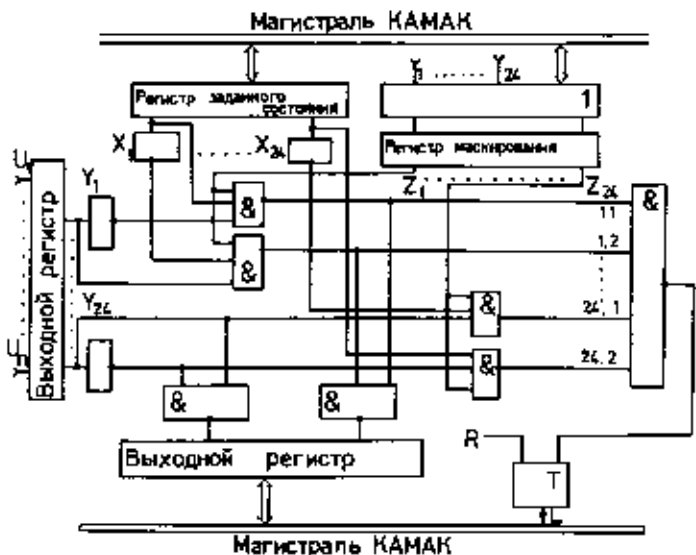


Рис. 4. БУПОД релейных сигналов.

Сигнал "LAM" образуется по следующей формуле:

$$L = X_1 \bar{Y}_1 Z_1 \cdot \bar{X}_1 Y_1 Z_1 \cdot X_2 \bar{Y}_2 Z_2 \cdot \bar{X}_2 Y_2 Z_2 \cdot \dots \cdot X_{24} \bar{Y}_{24} Z_{24} \cdot \bar{X}_{24} Y_{24} Z_{24}$$

#### 4.3. БУПОД на базе микропроцессора

Все функции К2, К3 и КЛО04 может выполнить один микропроцессорный блок в стандарте КАМАК. Микропроцессор этого блока служит только для обработки АЛАРМ-информации.

С его помощью можно создать гибкую систему АЛАРМ, обладающую многочисленными возможностями. Она должна иметь связь с магистралью КАМАК и выполнять следующие функции:

1. Занесение пределов аналоговых сигналов и импульсных сигналов, задаваемого состояния релейных сигналов и информации для маскирования проверки в память микропроцессора.

2. Считывание сигналов "АЛАРМ" или "Предупреждение" из части памяти процессора, которая служит буфером информации.

Чтобы считывать все цифровые сигналы от АЦП и релейные сигналы от датчиков системы, можно использовать собственный ин-

терфейс микропроцессора или канал прямого доступа в память. В Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ разработана микро-ЭВМ<sup>10/</sup> в стандарте КАМАК на базе микропроцессора INTEL-8080. Микро-ЭВМ КМ001 работает вместе с контроллером КК 006.

На рис. 5 изображена блок-схема программы проверки параметров на наличие отказа в БУПОД АС.

Ниже представлена программа для микропроцессорного блока КМ001, которая осуществляет сканирование аналогового сигнала NOM[N] и проверку канала NOM[N-1] на наличие отказа.

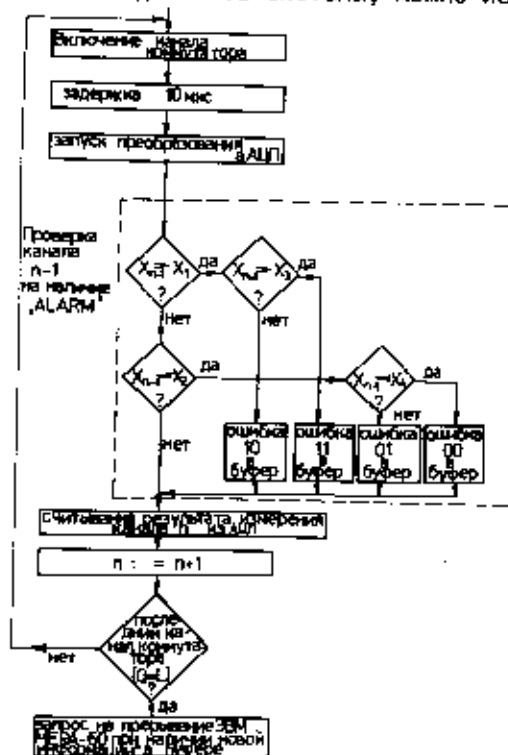


Рис. 5. Структурная схема программы проверки аналоговых параметров на наличие отказа.

Время выполнения проверки одного параметра на наличие отказа составляет 150 мкс в случае, если параметр находится в пределах нормальной эксплуатации. Максимальное время проверки ошибочного параметра, которое включает в себя время занесения в буфер информации, составляет 250 мкс.

Чтение этой информации и ее представление оператору на дисплее или АЦПУ происходит через пультовую микро-ЭВМ МЭРА-6040.

В случае, если скорость предобработки данных микропроцессором недостаточна, для решения этой задачи можно применить блоки на базе микросхем.

#### ПРИЛОЖЕНИЕ

```

MARK1: MVI A,NOM(N) ; ВКЛЮЧЕНИЕ КАНАЛА NOM(N)
      OUT 8D
      LXI H,NA ; NA=АДРЕС КОММУТАТОРА КАООЗ
      MVI M,17D
      NOP ; ЗАПРЕКА НА 10 МКС
      NOP
      NOP
      NOP
      MVI A,01 ; СТРОИЛИРОВАНИЕ АЦП
      OUT 8D
      LXI H,NA ; NA=АДРЕС ВЫХОДНОГО РЕГИСТРА КНООЗ
      MVI M,16D
      MVI A,00
      OUT 8D
      MVI M,16D
      LDAX B ; ПРОВЕРКА КАНАЛА NOM(N-1)
      INC B ; X>X1 ?
      SBB E ; РЕГИСТР ВС СОДЕРЖИТ АДРЕС ПРЕДЕЛА X1
      LDAX B ; РЕГИСТР DE СОДЕРЖИТ ИЗМЕРЕННЫЙ РЕЗУЛЬТАТ
      INC B
      SUB D
      JC MARK2
      LDAX B ; ПРОВЕРКА КАНАЛА NOM(N-1)
      INX B
      SBB E ; X<X2 ?
      LDAX B
      INX B
      SUB D
      JNC MARK3
  
```

#### ПРИЛОЖЕНИЕ /продолжение/

```

MARK5: LXI H,NA ; ЧТЕНИЕ КАНАЛА NOM(N)
      MVI M,2D ; NA=АДРЕС АЦП
      IN 4D ; РЕЗУЛЬТАТ ЗАПОМИНАЕТСЯ В РЕГИСТРЕ DE
      MOV D,A
      IN 5D
      MOV E,A
      LXI H,ADR6 ; ЮО АДРЕСУ АЦПС ЗАКОНЧАЕТСЯ
      INR H ; НОМЕР КАНАЛА
      LXI H,NA ; ПРОВЕРКА КОНЦА ЦИКЛА
      MVI M,8D ; СКАНИРОВАНИЕ АНАЛОГОВЫХ СИГНАЛОВ
      IN 7D
      RAL
      JNC MARK1
MARK2: INX B ; ПРОВЕРКА КАНАЛА NOM(N-1)
      INX B ; X>X3 ?
      LDAX B
      INX B
      SBB E
      LDAX B
      INX B
      SUB D
      JC MARK4
      MOV A,10 ; ЗАНЕСЕНИЕ ОШИБКИ С КОДОМ 10
      CALL ERROR ; В БУФЕР ИНФОРМАЦИИ
      JMP MARK5
MARK4: MOV A,11 ; ЗАНЕСЕНИЕ ОШИБКИ С КОДОМ 11
      CALL ERROR ; В БУФЕР ИНФОРМАЦИИ
      JMP MARK5
MARK3: INX B ; ПРОВЕРКА КАНАЛА NOM(N-1)
      INX B ; X<X4 ?
      LDAX B
      INX B
      SBB E
      LDAX B
      INX B
      SUB D
      JC MARK6
      MOV A,00 ; ЗАНЕСЕНИЕ ОШИБКИ С КОДОМ 00
      CALL ERROR ; В БУФЕР ИНФОРМАЦИИ
      JMP MARK5
  
```

MARKES: NOV A,01 ; ЗАПИСНЫЕ ОШИБКИ С КОДОМ 01  
CALL ERROR ; В БУФЕР ИНФОРМАЦИИ  
JMP MARKES

%EOD

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Chan C. et al. Triumf, TRI-69-8, Vancouver, 1969.
2. Аносов В.Н. и др. ОИЯИ, P9-81-55, Дубна, 1981.
3. Beger H. et al. In: Proc. 7-th Conf. on Cyclotrons and their Applications Basel, 1975, p. 549.
4. Crowley-Milling M.C. CERN, 78-09, Geneva, 1978.
5. Crowley-Milling M.C. CERN, 3-37-75, Geneva, 1975.
6. Busse W. IEEE Trans. on Nuclear Science, 1979; p. 2300.
7. Adam S. et al. IEEE Trans. on Nuclear Science, 1979, p. 2337.
8. Bertuccio T. IEEE Trans. on Nuclear Science, 1979, p. 2341.
9. Lewis S.A. IEE Trans. on Nuclear Science, 1975, p. 1079.
10. Сидоров В.Т. ОИЯИ, P10-12481, Дубна, 1979.
11. Антюхов В.А. и др. ОИЯИ, 10-11636, Дубна, 1978.

Рукопись поступила в издательский отдел  
18 июня 1981 года.

Аносов В.Н., Круг Х. АЛАРМ-подсистема автоматизированной системы управления высокопоточным фазотроном /установкой "Ф"/. I. Варианты построения АЛАРМ-подсистемы

Рассмотрены варианты построения АЛАРМ-подсистемы автоматизированной системы управления высокопоточным фазотроном. Показано, что оптимальным для установки "Ф" является вариант АЛАРМ-подсистемы, построенный на базе микро-ЭВМ.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1981

Anosov V.N., Krug H. ALARM Subsystem of Automated P9-81-417 Control System of High Current Phasotron ("F" Installation). I. Design Variants of ALARM Subsystem

Some variants of designing the ALARM subsystem of automated control system of high current phasotron ("F" installation) are considered. It is shown that the most promising for "F" installation is the variant of subsystem created on the base of microcomputers.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1981

Перевод аннотации О.С.Виноградовой.