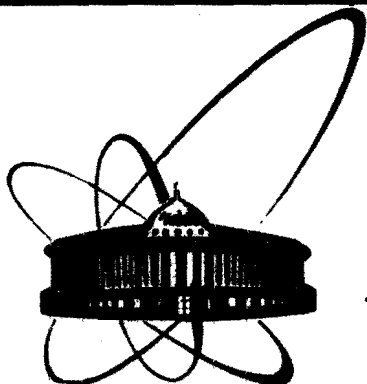




**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

М 613

P10-87-500

**В.Ф.Минашкин, В.П.Николаев, А.М.Пивень,  
А.В.Смирнов**

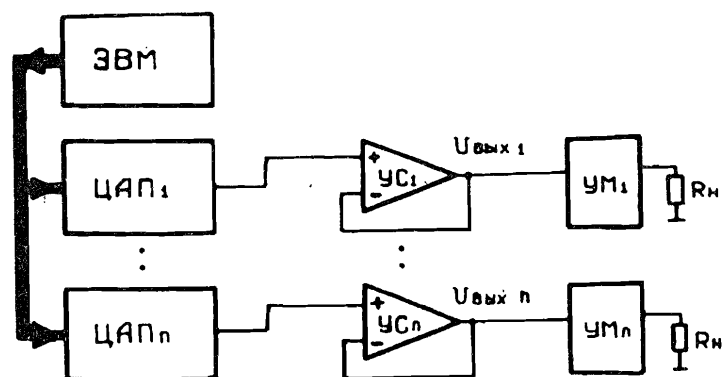
**ОСОБЕННОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ  
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ  
ЛИНЕЙНЫМ УСКОРИТЕЛЕМ ЛУЭК-20**

**1987**

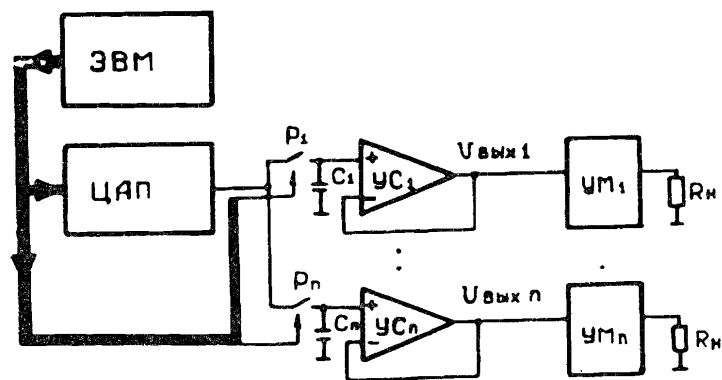
Первая очередь коллективного ускорителя тяжелых ионов /КУТИ-20/ состоит из трех основных частей: линейного индукционного ускорителя СИЛУНД-20; адиабатического генератора заряженных тороидов - АДГЕЗАТОР-20; линейного индукционного ускорителя электронных колец - ЛУЭК-20. В работе описываются две подсистемы, входящие в систему автоматизированного управления ЛУЭК-20: подсистема синхронизации и подсистема управления током накала генераторов водорода /ГВ/ тиратронов ТГИ-2500/50. Эти подсистемы имеют ряд отличий от подсистем АСУ КУТИ-20<sup>1,6/</sup>, выполняющих аналогичные функции.

Система синхронизации КУТИ-20 предназначена для формирования серии командных импульсов, обеспечивающих работу систем ускорителя в заданной временной последовательности. Основные требования к системе синхронизации такого типа ускорителя и реализации части системы управления СИЛУНДА-20 и АДГЕЗАТОРА-20 приведены в работе<sup>1,2/</sup>. Структура подсистем синхронизации ЛУЭК-20 аналогична структуре подсистемы, представленной в работе<sup>1/</sup>. В качестве управляющего элемента в подсистеме используется микро-ЭВМ КМ-001 с контроллером магистрали крейта КК006<sup>3/</sup>. В отличие от<sup>1/</sup>, в качестве одного из элементов задержки и формирования командных импульсов применен блок БМВ-8<sup>4/</sup>. В блоке 8 каналов программно-управляемой задержки импульсов с использованием принципа сканирования памяти К155РУ2. Минимальный шаг регулирования - 50 нс, диапазон регулировки -  $2^{16}$  шагов. В подсистеме синхронизации ЛУЭК-20 используется 4 блока БМВ-8. Выходные импульсы синхронизованы с нулем синусоиды питающей сети и с общим для всей системы синхронизации КУТИ-20 задающим генератором. Управление работой каналов синхронизации осуществляется с помощью алфавитно-цифрового дисплея.

Для более эффективного использования микро-ЭВМ на нее кроме управления каналами синхронизации ЛУЭК-20 возложены функции управления величиной токов канала ГВ тиратронов, входящих в состав модуляторов ускоряющего напряжения. Это вызвано тем, что в подсистеме питания накала ГВ тиратронов ЛУЭК-20 вместо традиционного построения управляющего канала током накала ГВ /рис.1/, а именно - цифро-аналоговый преобразователь /ЦАП/ - усилитель-согласователь /УС/ - усилитель мощности /УМ/, применен общий для всех каналов ЦАП, через коммутатор подключаемый



а)



б)

Рис.4. Структурная схема многоканальной системы управления: а/ каждому каналу соответствует свой ЦАП; б/ с использованием аналоговой памяти и общего для всех каналов ЦАП.

к ячейкам аналоговой памяти отдельных каналов /рис.16/5/. Ячейка аналоговой памяти реализована на конденсаторе С, на котором запоминается уровень управляющего напряжения. Напряжение с конденсатора усиливается по мощности с помощью УС до уровня, достаточного для управления УМ. Начальную установку выходного напряжения УМ, его изменение и регенерацию содержимого ячейки аналоговой памяти осуществляет микро-ЗВМ. В результате применения такого построения управляющего канала и за счет более полного использования возможностей микро-ЗВМ обеспечивается существенное сокращение аппаратуры, т.е. замена ЦАП, который, как правило, состоит из преобразователя аналог-код,

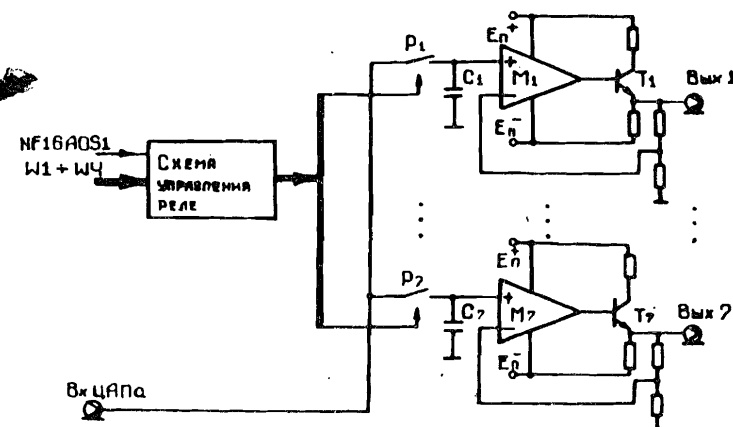


Рис.2. Структурная схема блока усилителя-согласователя.

регистра для запоминания кода, согласующего операционного усилителя, источников питания и источников опорного напряжения/на коммутатор и запоминающий конденсатор.

Управляющая часть подсистемы питания накала ГВ тиратронов ЛУЭК-20 состоит из блоков двух типов - блоки "УС" и "Ген L". Блок "УС" выполнен в стандарте КАМАК однократной ширины /рис.2/. Схема управления коммутатором на реле P<sub>1</sub>÷P<sub>7</sub> /типа РЭС 55А/ в зависимости от записанного по шинам W1÷W4 кода номера канала подключает выход общего для всей подсистемы ЦАП к соответствующей ячейке аналоговой памяти на конденсаторе С. Выбор типа конденсатора для запоминающих ячеек имеет большое значение. Изменение напряжения на конденсаторе в режиме хранения происходит в основном вследствие саморазряда конденсатора и разряда через примыкающие к нему элементы. При переходе от режима запоминания в режим хранения в погрешность хранения может существенный вклад внести наличие так называемой дипольной поляризации диэлектрика конденсатора, постоянная времени которой может меняться от микросекунд до секунд<sup>17/</sup>. Но так как постоянная времени ГВ составляет минуты, то требования к величине постоянной времени дипольной поляризации диэлектрика снижаются и поэтому стало возможным использование конденсатора типа КМ-6-1,0 МкФ. Для уменьшения тока разряда конденсатора С на входе УС используется операционный усилитель /ОУ/ с большим входным сопротивлением /К1400УД8/. Усиление по мощности сигнала с ОУ осуществляется транзистором КТ801А /E<sub>п</sub><sup>+</sup> = +24 В, E<sub>п</sub><sup>-</sup> = -6 В/.

Выходное напряжение УС 0÷16 В, число каналов в одном блоке - 7. Для компенсации изменения напряжения производится пе-

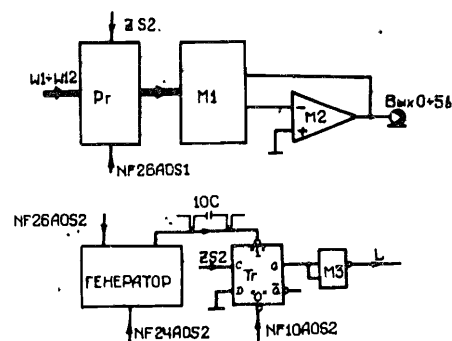
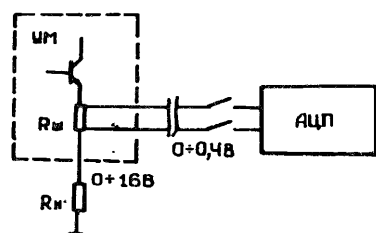


Рис.3. Структурная схема блока "Ген L".

риодическая регенерация аналоговой памяти. Для этого конденсаторы  $C1 \div C7$  через коммутатор поочередно подключаются к ЦАП, выходное напряжение которого предварительно установлено в соответствии с выбранным каналом. Частота и длительность циклов регенерации

определяются исходя из необходимой стабильности выходного напряжения УС для используемых элементов схемы блока "УС". Экспериментально определено, что для обеспечения необходимой стабильности выходного напряжения  $\leq 0,1\%$  частота циклов регенерации должна быть  $\geq 0,1$  Гц с длительностью цикла 30-40 мс. Задание частоты регенерации осуществляется с помощью блока "Ген L", в котором также размещен и ЦАП /рис.3/. Выполнен блок в стандарте КАМАК однократной ширины. С частотой 0,1 Гц на шины DATAWAY генератор выдает сигнал L. По этому сигналу осуществляется прерывание текущей программы и переход на подпрограмму регенерации /см.рис.5/.



а)

б)

Измерительная часть в подсистеме питания токов накала ГВ тиратронов изменению не подвергалась, и ее организация показана на рис.4а<sup>77</sup>. Однако предполагается вместо используемого в измерительной части аналого-цифрового преобразователя /АЦП/ применить имеющийся в подсистеме ЦАП и дополнить блок "Ген L" схемой /рис.4б/. Измерение тока накала ГВ тиратронов будет происходить следующим образом. Напряжение с шунта с помощью ОУ усиливается и поступает

Рис.4. Организация измерительной части подсистемы управления.

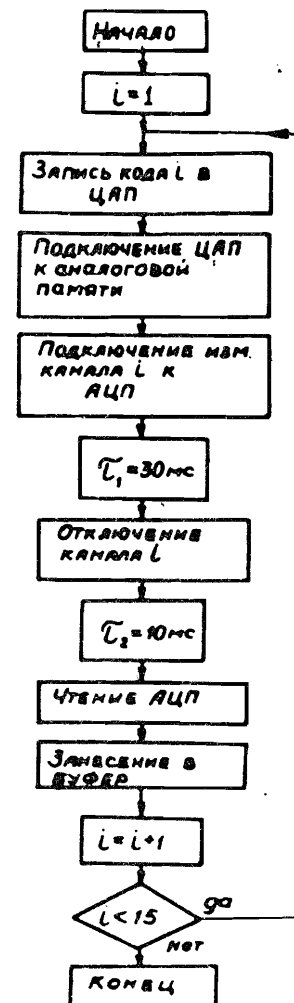


Рис.5. Алгоритм подпрограммы регенерации аналоговой памяти.

на один из входов компаратора. На другой вход поступает напряжение с выхода ЦАП, изменяющееся по величине, и через сигнал Q фиксируется момент равенства этих напряжений. Код ЦАП в этом случае будет пропорционален току накала ГВ.

Как уже приводилось выше, в качестве управляющего элемента этих подсистем используется микро-ЭВМ КМ001. Управление каналами цифро-аналогового преобразователя осуществляется посредством директив, аналогичных директивам управления временными каналами<sup>1/</sup>. Номера с 1 по 36 занимают временные каналы, номера с 37 по 50 - каналы управления токами накала ГВ тиратронов. Дополнительно введены директивы:

- планового подъема тока накала ГВ тиратронов со скоростью 15 мА/с;
- отображения величин токов накала ГВ на экране дисплея.

Программное обеспечение, записанное в ППЗУ микро-ЭВМ, выполняет следующие функции:

- диалог оператора с системой;
- управление аппаратной частью системы;
- диагностика ошибок и неисправностей подсистемы синхронизации;
- связь с ЭВМ СМ-3 системы автоматизированного управления ЛУЭК-20;
- регенерация по сигналу прерываний от таймера аналоговой памяти и измерение величин токов накала ГВ тиратронов ЛУЭК-20.

В заключение авторы выражают благодарность Г.А.Филиной за разработку печатной платы блока "УС", Т.Ф.Корнеевой за помощь в оформлении документации, В.И.Клементьеву и Н.И.Туголкуву за выполнение механосборочных работ, Н.И.Замятину за консультации по настройке блоков БМВ-8, В.Д.Инкину за полезные обсуждения и постоянную поддержку.

# ЛИТЕРАТУРА

1. Инкин В.Д. и др. Сообщение ОИЯИ 10-82-106, Дубна, 1982.
2. Дубовик Л.В. и др. Сообщение ОИЯИ P10-85-247, Дубна, 1985.
3. Сидоров В.Т. и др. Сообщение ОИЯИ P10-12481, Дубна, 1979.
4. Замятин Н.И. Препринт 13-84-128, Дубна, 1984.
5. Васильев Г.П., Каменской А.С., Юдовский Б.З. А.с. 962859, /СССР/. - Опубликовано в ОИ, 1982, № 36, с.202.
6. Минашкин В.Ф. Сообщение ОИЯИ, 9-83-896, Дубна, 1983.
7. Шило В.Л. Линейные интегральные схемы. М.: Сов.радио, 1979, с.329.

Рукопись поступила в издательский отдел  
3 июля 1987 года.

## НЕТ ЛИ ПРОБЕЛОВ В ВАШЕЙ БИБЛИОТЕКЕ?

Вы можете получить по почте перечисленные ниже книги,  
если они не были заказаны ранее.

|                |                                                                                                                                                               |            |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| ДЗ,4-82-704    | Труды IV Международной школы по нейтронной физике. Дубна, 1982.                                                                                               | 5 р.00 к.  |
| Д7-83-644      | Труды Международной школы-семинара по физике тяжелых ионов. Алушта, 1983.                                                                                     | 6 р.55 к.  |
| Д2,13-83-689   | Труды рабочего совещания по проблемам излучения и детектирования гравитационных волн. Дубна, 1983.                                                            | 2 р.00 к.  |
| Д13-84-63      | Труды XI Международного симпозиума по ядерной электронике. Братислава, Чехословакия, 1983.                                                                    | 4 р.50 к.  |
| Д2-84-366      | Труды 7 Международного совещания по проблемам квантовой теории поля. Алушта, 1984.                                                                            | 4 р.30 к.  |
| Д1,2-84-599    | Труды VII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1984.                                                                           | 5 р.50 к.  |
| Д10,11-84-818  | Труды V Международного совещания по проблемам математического моделирования, программирования и математическим методам решения физических задач. Дубна, 1983. | 3 р.50 к.  |
| Д17-84-850     | Труды III Международного симпозиума по избранным проблемам статистической механики. Дубна, 1984. /2 тома/                                                     | 7 р.75 к.  |
| Д11-85-791     | Труды Международного совещания по аналитическим вычислениям на ЭВМ и их применению в теоретической физике. Дубна, 1985.                                       | 4 р.00 к.  |
| Д13-85-793     | Труды XII Международного симпозиума по ядерной электронике. Дубна, 1985.                                                                                      | 4 р.80 к.  |
| Д4-85-851      | Труды Международной школы по структуре ядра. Алушта, 1985.                                                                                                    | 3 р.75 к.  |
| ДЗ,4,17-86-747 | Труды V Международной школы по нейтронной физике. Алушта, 1986.                                                                                               | 4 р.50 к.  |
|                | Труды IX Всесоюзного совещания по ускорителям заряженных частиц. Дубна, 1984. /2 тома/                                                                        | 13 р.50 к. |
| Д1,2-86-668    | Труды VIII Международного семинара по проблемам физики высоких энергий. Дубна, 1986. /2 тома/                                                                 | 7 р.35 к.  |

Заказы на упомянутые книги могут быть направлены по адресу:  
101000 Москва, Главпочтамт, п/я 79. Издательский отдел Объединенного  
института ядерных исследований.