

ОБЪЕДИНЕННЫЙ ИНСТИТУТ ЯДЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

СЗУЧ.З

3-31

В.А. Запечалов

1897

НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ
ПРИ РАБОТЕ НА УСКОРИТЕЛЯХ

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Физическом институте
им. П.Н. Лебедева АН СССР

Дубна 1984

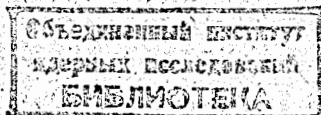
В.А. Запевалов

1887

НЕКОТОРЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ,
ИСПОЛЗУЕМЫЕ В ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ
ПРИ РАБОТЕ НА УСКОРИТЕЛЯХ

Автореферат диссертации на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Работа выполнена в Физическом институте
им. П.Н. Лебедева АН СССР



Дубна 1964

2421
99

Схема эксперимента в ядерной физике при исследованиях на ускорителях заряженных частиц обычно включает в себя детекторы излучений, помещенные непосредственно в пучке излучения ускорителя или в непосредственной близости от него, и электронную регистрирующую аппаратуру. В физике фотоядерных и фотомезонных процессов, как правило, используются следующие основные виды детекторов:

- 1) импульсные ионизационные камеры,
- 2) пропорциональные счетчики,
- 3) счетчики с самостоятельным разрядом,
- 4) полупроводниковые детекторы,
- 5) сцинтилляционные детекторы,
- 6) камеры Вильсона, пузырьковые и искровые камеры,
- 7) ядерные фотоэмульсии.

Регистрация ядерных излучений с использованием первых 5 видов детекторов основана на регистрации электрических импульсов, образующихся при прохождении ядерных частиц.

Структурная схема электронного оборудования, необходимого для проведения различных экспериментальных работ в области физики фотоядерных и фотомезонных процессов на электронных ускорителях, состоит из достаточно сложного комплекса узлов, который может быть разбит на две основные группы:

- 1) группа узлов, связь между элементами которой изменяется в соответствии с задачами эксперимента;
- 2) группа узлов общего назначения.

В первую группу узлов входят:

1. Узел, блоки которого позволяют осуществить передачу импульса от детекторов, расположенных в пучке или в непосредственной близости к пучку ускорителя, по высокочастотным кабелям к устройствам, которые расположены в измерительном зале. Этот узел состоит из предварительных усилителей с небольшими коэффициентами усиления и выходных устройств, обеспечивающих передачу сигнала необходимой амплитуды на кабель. Предварительное усиление характерно для детекторов 1-4. Использование предварительных усилителей увеличивает соотношение между сигналом и шумами на кабель в зале ускорителя. При использовании сцинтилляционных детекторов и фотоумножителей, дающих большие сигналы на выходе, нет необходимости в

использовании предварительных усилителей. Сигнал с фотоумножителя на кабель может быть передан либо непосредственно, либо через промежуточный каскад (обычно повторитель).

2. Узел главных усилителей. Импульсы с предварительных усилителей поступают далее на главные усилители, расположенные в измерительном зале. При использовании в эксперименте детекторов типа 1-4 главные усилители должны обладать усилением $10^3 - 10^4$ и временем нарастания, равным нескольким десяткам мксек. При использовании сцинтилляционных детекторов, дающих не очень большие амплитуды импульсов на выходе, для обеспечения малых разрешающих времен схем совпадений и их нормальной работы, в качестве главных усилителей часто используются усилители с распределенными параметрами.

Импульсы после усиления в узле главных усилителей поступают далее либо в узел дискриминации импульсов по амплитуде, либо в распределительный узел.

3. Узел дискриминации импульсов по амплитуде. Узел состоит из дискриминаторов различного типа. Основное назначение узла в том, чтобы выделить из всего спектра амплитуд импульсов, идущих от детектора, необходимый участок.

4. Распределительный узел. В блоках распределительного узла импульсы формируются по амплитуде, длительности и задерживаются по времени.

Блоки распределительного узла должны иметь несколько выходов для обеспечения комбинаций импульсов, соответствующих различным детекторам, на входах схем совпадений в узле регистрации одновременных событий.

5. Узел регистрации одновременных событий. Этот узел состоит из ряда схем совпадений с двумя, тремя и т.д. входами. Выходные импульсы с блоков отбора совпадений поступают далее на узел перехода.

6. Узел перехода. Назначение узла перехода состоит, в основном, в усилении импульсов, получаемых на выходе блоков отбора совпадений либо для осуществления амплитудной дискриминации их в узле дискриминации, либо для ввода их в распределительный узел с целью формирования и распределения по входам вторичных схем совпадений в узле регистрации одновременных событий, либо по входам схем антисовпадений в узле запрета регистрации одновременных событий. Для получения малых разрешающих времен по вторичным совпадениям и малых ширины кривых запрещения в схемах антисовпадений, усилители узла перехода должны обладать достаточной широкополосностью.

7. Узел запрета регистрации одновременных событий. Узел состоит из ряда схем антисовпадений. Выходные импульсы с узла запрета одновременных событий поступают, обычно, на узел временной селекции.

При использовании быстрых (нсек. область) схем антисовпадений переход на блок временной селекции осуществляется, как правило, через блоки узлов перехода и дискриминация.

К узлам общего назначения структурной схемы электронного оборудования лабораторий, которые имеют электронные ускорители, относятся:

1. Узел временной селекции. Узел предназначен для того, чтобы регистрировать электрические импульсы, возникающие в детекторах излучений только в течение заданного интервала времени, например, в течение наличия излучения ускорителя.

2. Узел предварительной регистрации. Этот узел состоит из ряда предварительных памятей с небольшим мертвым временем и предназначен для увеличения быстродействия узла накопления и хранения информации. Накопление информации в узле предварительной регистрации обычно происходит в течение интервалов времени, заданных блоком временной селекции. Перевод информации из узла предварительной регистрации в узел накопления обычно осуществляется в интервале времени между двумя импульсами тормозного излучения ускорителя.

3. Узел накопления и хранения информации. Узел предназначен для накопления больших объемов информации и долговременного хранения ее. В качестве накопителей в этом узле могут быть использованы механические регистраторы, декатронные пересчеты, памяти на ферритовых сердечниках с П.П.Г., магнитные барабаны, магнитные ленты и т.д. В связи с увеличивающейся сложностью экспериментов на электронных ускорителях, все более ощущается необходимость в создании централизованного узла накопления данных в пределах одной лаборатории, отвечающего требованиям многих экспериментов физики фотоядерных и фотомезонных процессов. Узел должен быть снабжен устройствами контроля за накоплением информации в течение эксперимента, цифрпечатью и устройствами вывода данных, которые позволяют дальнейший ввод их для обработки в Ц.В.М.

Кроме указанных выше устройств, к группе узлов общего назначения относятся: амплитудные анализаторы, приспособленные для работы с ускорителем, временные анализаторы, устройство для снятия кривых выхода ядерных реакций, устройства измерения потоков излучения ускорителя.

Для экспериментов, в которых используются детекторы типов 6,7 необходима аппаратура специального назначения. К аппаратуре специального назначения следует отнести: 1) аппаратуру для управления работой камеры Вильсона при измерениях на ускорителе, 2) аппаратуру для автоматизированной обработки информации, накопленной в камере Вильсона^{1/}, 3) устройство автоматизированной обработки информации, накопленной в фотоэмульсиях^{2/}.

Выше перечислены все основные узлы радиоэлектронной аппаратуры, которыми в той или иной мере приходится заниматься специалисту по ядерной электронике в лабораториях, оснащенных электронными ускорителями.

На протяжении 10 лет работы в области ядерной электроники в лабораториях фотоядерных и фотомезонных процессов автором были созданы следующие основные электронные установки:

1. Аппаратура для исследования черенковского детектора полного поглощения ^{/3/}.
2. Аппаратура для исследования углового распределения фоторождения π^+ мезонов на водороде.
3. Аппаратура для исследования реакций типа γ, n ; $\gamma, 2n$...
4. Аппаратура для исследования расщепления гигантского резонанса у ряда средне-тяжелых ядер ^{/8/}.
5. Разработано 2 варианта электронной аппаратуры 5-канального парного магнитного быстрого γ -спектрометра ^{/5/}.
6. Разработано устройство для автоматического снятия кривых распада наведенной активности.
7. Разработано оперативное специализированное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках с прямоугольной гистерезисной петлей. Устройство полностью транзистрировано.
8. Создан метод расчета декатронных счетных схем, основанный на использовании статических характеристик газоразрядных промежутков декатрона, а также ряд схем на декатронах.
9. Созданы расчетные методы для ряда отдельных элементов узлов ядерной электроники.

В процессе разработки аппаратуры ядерного эксперимента, указанной выше, много времени занимала работа по созданию расчетных методов для отдельных элементов узлов аппаратуры, слабо, либо совсем не освещенных в литературе.

По этой причине в диссертации, наряду с описанием работы установок, большое место занимают расчеты отдельных узлов.

§ 1 главы 1 посвящен расчетам двухкаскадного катодного повторителя. Д.К.П. является одним из устройств, которые нашли широкое распространение для передачи импульсов по высокочастотному кабелю от детектора, находящегося в пучке ускорителя, к регистрирующим установкам, расположенным на достаточном удалении.

В § 2 этой главы даются расчеты и описание 3 типов неперегружающихся усилителей, разработка которых проводилась в связи с необходимостью регистрации импульсов, обусловленных γ, n ; $\gamma, 2n$... реакциями, следующими сразу за импульсами, созданными γ -пучком ускорителя.

В § 3 главы 1 предлагается метод расчета порогового усилителя. Расчет проведен в связи с разработкой 10 канального амплитудного анализатора, построенного для исследования черенковского детектора полного поглощения на ускорителе 250 Мэв ^{/3/}.

В § 4 этой главы предложен метод улучшения линейности порогового усилителя; проводится расчет коэффициента усиления устройства, с помощью которого можно значительно улучшить линейность усилителей с обратной связью.

Работа проводилась в связи со спектрометрическими измерениями на детекторах, предназначенных для энергии γ -квантов ускорителя до 250 Мэв.

В условиях больших фонов в залах ускорителя, дающих тормозное γ -излучение, особенно важна роль схем совпадений и антисовпадений, позволяющих выделить факт одновременного прохождения частиц через два или несколько детекторов.

В § 1 главы II излагается графический метод расчета схемы Гарвина и ее диглодного варианта, предложенного автором в 1954 г. Расчет широко использовался при построении схем совпадений в различной аппаратуре для ядерных исследований на ускорителях.

В § 2 главы II дается описание схемы совпадений сложного типа, в качестве которой автором предложено использовать 3-канальный хронотрон ^{/4/}.

В § 3 этой главы производится описание 2-х вариантов регистрирующей аппаратуры, предназначенной для многоканального магнитного парного γ -спектрометра.

Первый вариант использовался для исследования формы тормозного излучения синхротрона вблизи верхней границы ^{/5/}, второй вариант используется для изучения тонкой структуры гигантского резонанса в сечении фотоядерных реакций.

§ 4 главы II посвящен описанию предложенной автором схемы антисовпадений. Схема использовалась в аппаратуре, предназначенной для исследования углового распределения фоторождения π^+ мезонов на ускорителе 250 Мэв.

В качестве устройств регистрации и хранения накопленной информации, получаемой в ядерных экспериментах, используются механические регистраторы, декатроны, трохотроны, регистрирующие устройства с использованием магнитных элементов с П.П.Г. и т.д.

Для увеличения быстродействия этих устройств при работах на ускорителе целесообразно использование предварительных памятей. В течение γ -пучка ускорителя информация накапливается в предварительной памяти, обладающей большим быстродействием. В интервалы времени между импульсами γ -излучения ускорителя накопленные в П.П. данные переводятся в блоки долговременного хранения информации. Использование предварительных памятей дает особенно большой эффект в устройствах,

в которых импульсы, идущие от одного детектора, либо с одного выхода анализирующей аппаратуры, необходимо сортировать по многим каналам.

В § 1 главы III предложены 2 схемы предварительной памяти на лампах и полупроводниковых триодах.

Ламповый вариант использовался в аппаратуре для изучения расщепления гигантского резонанса ряда средне-тяжелых ядер на ускорителе 30 МэВ^{/8/}.

§ 2 главы III посвящен методу использования статических характеристик газоразрядных промежутков декатрона при построении счетных схем.

На основании этого метода предложена схема управления движением разряда в декатроне, использующая принцип выравнивания амплитуд управляющих импульсов^{/7/}.

С использованием указанного принципа построено 50 декатронных пересчетов, использующихся в различной аппаратуре ядерного эксперимента.

Метод статических характеристик позволил разработать транзистированный декатронный пересчет на низковольтных транзисторах с непосредственной связью между транзисторами и декатроном. Разработана также трансформаторно-транзисторная декатронная счетная схема.

В § 3 главы III дается краткое описание специализированного запоминающего устройства, построенного на магнитных сердечниках с П.П.Г. Устройство предназначено для работы в качестве блока накопления данных в установке стабилизации энергии синхротрона с переменным уровнем опорного напряжения^{/8/}.

Основные результаты диссертации состоят в следующем:

1. В диссертации разработан новый метод расчета коэффициента усиления двухкаскадного катодного повторителя, использующий принцип расчета коэффициента усиления усилителей с отрицательной обратной связью, а именно, выражение:

$$K_{\text{оо}} = \frac{K_{\text{о}}}{1 + \beta K_{\text{о}}}$$

В литературе известны два метода расчета коэффициента усиления Д.К.П., построенные на расчетах схем замещения^{/9,10/}. Предложенный метод позволяет производить выбор параметров повторителя без нарушения общей стройности расчета усилителей с отрицательной обратной связью.

2. Двухкаскадный катодный повторитель обладает рядом преимуществ по сравнению с обычным катодным повторителем.

Одно из этих преимуществ состоит в том, что Д.К.П. передает большие сигналы отрицательной полярности без существенных искажений при работе на емкостную нагрузку. Это делает его одним из наиболее употребляемых элементов в установках ядерной электроники.

В литературе имеются сведения лишь о переходных процессах в Д.К.П. при малых входных сигналах^{/11/}.

По этой причине были получены расчетные формулы для времени нарастания Д.К.П. на больших отрицательных входных сигналах при работе на емкостную нагрузку.

Выведенные выражения позволяют оценить время нарастания Д.К.П. в микросекундной области с точностью $\sim 20\%$.

3. В диссертации дается обоснование для выбора схемы Д.К.П. при работе на высокочастотные кабели, обладающие небольшим волновым сопротивлением. Правильное построение схемы Д.К.П. приводит к наилучшему использованию верхней лампы повторителя, что расширяет диапазон рабочих входных амплитуд Д.К.П.

4. Для регистрации импульсов от детектируемых частиц, идущих с небольшим сдвигом по времени за очень большими импульсами, вызванными γ -пучком синхротрона, были разработаны 3 типа неперегружающихся усилителей.

Первый тип усилителя был использован для регистрации $u, \gamma, 2\alpha \dots$ реакций прямым методом.

Усилитель построен с применением каскадов, работающих без сеточных токов при значительных уровнях входных сигналов:

Широкое распространение в качестве неперегружающихся каскадов получили схемы усилителей с катодной связью^{/12/}.

Второй тип усилителя построен на этих каскадах, которые работают без захода импульсов в область сеточных токов. Дается графическое рассмотрение работы каскада с катодной связью.

В третьем типе усилителя для расширения области входных сигналов, в которой усилитель работает еще без перегрузок, предложен метод, в котором коэффициент обратной связи зависит от амплитуды входного импульса.

При достижении входным сигналом некоторой амплитуды, коэффициент обратной связи изменяется от $\beta = \beta_{\text{ном}}$ до $\beta = 1$. Дается расчет улучшения перегрузочных свойств усилителя этого типа по сравнению с таким же усилителем, но с $\beta = \beta_{\text{ном}}$.

5. В диссертации предложен метод расчета коэффициента усиления порогового усилителя. Произведен приближенный расчет переходной характеристики усилителя, получено выражение для времени нарастания переднего фронта выходного импульса.

Разработан новый метод устранения нелинейности начального участка в характеристике $U_{\text{вых}} = f(U_{\text{вх}})$ порогового усилителя путем введения нелинейной обратной связи.

Предложенные методы широко использовались при создании электронной-физической аппаратуры лабораторий фотоядерных и фотомезонных процессов ФИАН СССР.

6. Для улучшения линейности многокаскадных усилителей с отрицательной обратной связью необходимо усиление отдельных каскадов распределять так, чтобы основной вклад в коэффициент усиления усилителя вносил последний каскад.

Для увеличения усиления последнего каскада широко используются схемы, опубликованные, например, в работах /10,13/.

В диссертации разработан метод расчета указанных выше схем путем представления анодной цепи лампы последнего каскада в виде двухполюсника постоянного тока.

Метод успешно использовался в лаборатории при проектировании выходных каскадов равновесных неперегружающихся усилителей.

7. В 1954 г. автором, независимо от Медя /14/, был предложен диодный вариант схемы совпадений Гарвина.

В диссертации изложен разработанный автором графический метод построения V.A. характеристики схемы Гарвина и ее диодного варианта, что позволяет быстро и правильно выбирать параметры этих схем и разумно управлять их работой.

Исследована зависимость коэффициента отбора диодных схем совпадений типа выбора меньшего от прямых сопротивлений диодов и внутренних сопротивлений устройств, которые вырабатывают импульсы на входы этих схем.

Исследование произведено графическим способом.

Сведения о работе схем, полученные графическим способом, широко использовались в лаборатории при проектировании схем совпадений указанных типов.

8. В 1958 г. автором было предложено использование 3-канального хронотрона в качестве быстрой схемы совпадений. Схема была разработана, создана и опробована совместно с Е.М. Лейкиным /4/. Минимальное разрешающее время схемы при эффективности счета совпадений, равной 50%, составило 0,5 нсек. Схема обладает повышенной эффективностью и позволяет осуществить плавную регулировку разрешающего времени от 0,5 нсек до двойной длительности совпадающих импульсов.

9. В диссертации описаны разработанные автором два варианта регистрирующей аппаратуры быстрого 5-канального парного спектрометра.

Аппаратура 1-го варианта спектрометра состоит из матрицы быстрых схем совпадений с разрешающим временем 4-5 нсек, 5 усилительно-дискриминирующих трактов, блока управления спектрометром, который синхронизирован с работой ускорителя; двух блоков накопления информации, каждый из которых состоит из 5 декатронных пересечений. Для регистрации эффекта + фон и фона используется одна и та же матрица схем совпадений и одни и те же усилительно-дискриминирующие тракты, что упрощает наладку аппаратуры спектрометра для обеспечения достоверности регистрации фона.

Регистрация эффекта+фон и фона производится в различные по времени импульсы тормозного γ -излучения ускорителя.

Блок управления обеспечивает максимальное соотношение между вспышками γ -лучей ускорителя, в течение которых регистрируется эффект+фон и только фон 6:1, соответственно.

Недостаток этого метода регистрации состоит в том, что ускоритель неполностью используется для регистрации эффекта. Аппаратура использовалась при измерении формы спектра тормозного излучения синхротрона вблизи верхней границы /5/.

Второй вариант аппаратуры быстрого парного магнитного спектрометра построен по методу одновременной регистрации эффекта+фон и фона.

Аппаратура состоит из 2-х матриц быстрых схем совпадений, одна из которых служит для регистрации эффекта+фон, другая для регистрации фона. В этом варианте усложняются усилительно-дискриминирующие тракты, усложняется наладка по достоверной регистрации фона, но ускоритель используется на 100% для регистрации эффекта.

Второй вариант аппаратуры спектрометра использовался для измерения тонкой структуры гигантского резонанса на элементах Al, Ca, Mg, F.

10. Разработана схема антисовпадений, обладающая шириной кривой запрещения, равной 10-20 нсек.

Схема работает в широком диапазоне амплитуд запрещающих импульсов и позволяет сделать плавную регулировку ширины кривой запрещения, превышающую длительность запрещающего импульса. Схема является составным элементом аппаратуры, разработанной автором для исследования углового распределения фоторождения π^+ мезонов по π^+ распаду на водороде, на ускорителе 250 Мэв.

11. Предложены 2 новых варианта схем предварительной памяти, выполненные на лампах и транзисторах.

Ламповая схема имеет разрешающее время, равное 0,5 мсек. Транзисторированная схема - 0,2 мсек.

Схемы предназначены для работы с устройством стабилизации энергии синхротрона с переменным уровнем опорного напряжения. /8/ Ламповый вариант схемы использовался в работе по исследованию расщепления гигантского резонанса у ряда среднетяжелых ядер /8/.

12. В диссертации разработан метод расчета схем управления и выбора параметров схем включения декатронов путем использования статических характеристик газоразрядных промежутков.

С помощью предложенного метода были рассмотрены:

1. Переход тока разряда с катода на первый подкатод.
2. С первого подкатада на второй подкатод.
3. Со второго подкатада на следующий катод.

Было показано, что при выполнении определенного соотношения между внутренними сопротивлениями устройств, вырабатывающих управляющие импульсы на первые и вторые подкатода, а именно, $\frac{R_{г1}}{R_{г2}} \gg 1$ должна быть возможной нормальная работа декатрона без временного сдвига на заднем фронте управляющих импульсов, что подтвердилось для декатронов типа ОГ-5. Было произведено графическое построение форм токовых импульсов на электродах декатрона при различных формах и сдвигах между управляющими импульсами и сделан вывод о наиболее пригодных формах импульсов напряжения на первом и втором подкатадах, при которых возможна устойчивая работа декатрона. Производилось сравнение расчетных и экспериментально полученных форм токовых импульсов для декатрона ОГ-4 при определенной форме и временном сдвиге управляющих импульсов. Получено хорошее согласие между экспериментом и расчетом. Рассмотрены вопросы сброса декатронов на нуль импульсным методом и методом размыкания цепей катодов.

Предложен новый метод сброса декатронов на нуль, удовлетворяющий устойчивой работе декатронных схем. Метод использовался при построении схемы сброса 40 декатронов типа ОГ-4 в блоках накопления данных парного γ -спектрометра.

Выведено выражение для нахождения величины напряжения смещения подкатодов двухимпульсного декатрона. Напряжение смещения зависит от напряжения источника анодного питания декатрона, анодной нагрузки декатрона, сопротивления связи подкатодов с источником напряжения смещения, потенциала горения разряда в декатроне.

Получено выражение для определения предельных значений величин сопротивлений в нулевом катоде декатрона.

13. Предложена схема управления декатроном в системе декатров-управляющий каскад-декактрон, использующая принцип выравнивания амплитуд управляющих импульсов на первых и вторых подкатадах^{/7/}.

На основании предложенного принципа было построено 50 декатронных пересчетов емкостью 10^4 импульсов: 40 пересчетов на декатронах ОГ-5 было построено для 40 канального амплитудного анализатора конструкции И.В. Штриха^{/10/}; 10 пересчетов на декатронах ОГ-4 для накопительных блоков парного спектрометра. Длительная эксплуатация этих схем показала их надежную работу.

14. Сведения о переходе тока разряда с электрода на электрод в декатроне, полученные путем использования статических характеристик газоразрядных промежутков при небольших значениях внутренних сопротивлений управляющих устройств, позволили разработать транзистированный пересчет на декатронах типа ОГ-4 с использованием низковольтных транзисторов без применения повышающих трансформаторов для формирования управляющих импульсов.

При амплитуде управляющих импульсов на подкатадах, равных 25 в, удалось достичь предельной паспортной скорости работы декатронов.

15. Разработана трансформно-транзисторная схема пересчетного устройства с использованием декатронов типа ОГ-4. Сделан вывод о том, что трансформаторно-транзисторные схемы управления движением разряда в декатроне рационально строить для декатронов с определенной частотой следования запускающих импульсов более 10 кГц.

Это объясняется сложностью изготовления повышающих трансформаторов.

16. Намечены требования, которые должны быть удовлетворены при построении надежно работающей счетной схемы, использующей декатрона.

Все изложенное выше о декатронах докладывалось на семинаре по ядерной электронике в Институте Атомной энергии имени Курчатова АН СССР.

17. В диссертации описано разработанное автором специализированное 32-канальное магнитное запоминающее устройство на ферритовых сердечниках с П.П.Г.

Запоминающее устройство предназначено для работы в схеме стабилизации энергии синхротрона с переменным уровнем опорного напряжения^{/8/}.

Устройство состоит из 2-х предварительных памятей, блока управления, синхронизированного с работой синхротрона С-3 ФИАН СССР, магнитной памяти с арифметическим блоком, схемы, позволяющей печатание накопленных в запоминающем устройстве данных на стандартном телетайпном аппарате СТА.

Работа проводилась с целью выяснения возможности построения магнитного запоминающего устройства с использованием широкодоступных полупроводниковых триодов П13, П14, П15. Предварительные испытания показали надежную работу памяти.

Основные результаты диссертации доложены на семинарах ИАЭ АН СССР, ФИАН СССР, на Всесоюзной конференции по ядерной электронике и изложены в работах^{/3-7/}.

Л и т е р а т у р а

1. Ю.А. Каржавин, И.В. Чувило, С.С. Кирилов, В.Д. Ичкин, И.А. Голутвин, В.Д. Неустров, В.Д. Степанов, Б.П. Тулиев, И.В. Колесов, В.Я. Алмазов, Ю.П. Прокофьев, И. Шиагл. ПТЭ, 1983, 5, 54.

2. А.Е. Воронков, И.Д. Мурын, Л.В. Сухов, И.В. Штраних. ПТЭ, 1961, 1; ПТЭ, 1962, 1, 42.
3. В.Ф. Грушин, В.А. Запевалов, Е.М. Лейкин. ПТЭ, 1960, 2, 27.
4. В.А. Запевалов, Е.М. Лейкин. ПТЭ, 1962, 2, 64.
5. Б.С. Долбилкин, В.А. Запевалов, В.И. Корин, Ф.А. Николаев. ЖЭТФ, 1963, 44, 866.
6. О.В. Богданкевич, Б.И. Горячев, В.А. Запевалов. ЖЭТФ, 1962, 42, 1502.
7. В.А. Запевалов. ПТЭ, 1961, 2, 186.
8. О.В. Богданкевич. Атомная энергия, 1962, 3, 12.
9. Calvin M. Hammasck. Electronics, 19, 206 (1946).
10. А.Е. Воронков, А.Н. Кораблев, И.Д. Мурын, И.В. Штраних. "Быстродействующий многоканальный амплитудный анализатор". 1957, ВИНТИ, АН СССР.
11. Melwin Brown. Rev. Sci. Instr., 31, 403 (1960).
12. R. Chase, W. Higinbotham. Rev. Sci. Instr., 23, 34 (1952).
13. E. Feirstein. Rev. Sci. Instr., 27, 475 (1956).
14. R. Madey. Rev. Sci. Instr., 26, 971 (1955).

Рукопись поступила в издательский отдел
4 июня 1964 г.