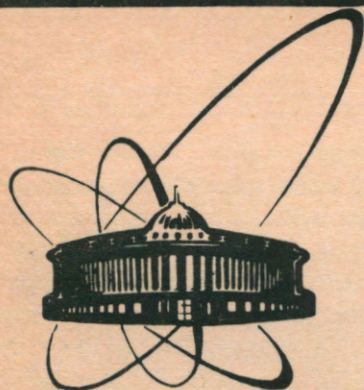


89-209



сообщения
Объединенного
института
ядерных
исследований
Дубна

Б913

P13-89-209

И.Т.Буриев*, В.И.Каплин, А.Д.Коваленко,
Ш.З.Сайфулин

БЛОК ФОРМИРОВАНИЯ УРОВНЕЙ
СТАБИЛИЗАЦИИ НАПРЯЖЕНИЯ
ЕМКОСТНОГО НАКОПИТЕЛЯ ЭНЕРГИИ
УСТАНОВКИ "СЛОН"

* Таджикский государственный университет
им. В.И.Ленина, Душанбе

1989

В работе¹¹ описана функциональная схема установки СЛОН, предназначенной для облучения ядерных фотоэмульсий в сильном импульсном магнитном поле. Преимущества облучения ядерных фотоэмульсий в сильном магнитном поле (СМП) с $B \geq 50$ Тл, по сравнению с традиционным методом (без магнитного поля), связаны с возможностью определения знака заряда вторичных частиц по направлению кривизны следа в фотоэмульсии и повышения точности измерения импульсов частиц (до $2 \div 5\%$) по степени искривления их траекторий. Это позволяет идентифицировать практически все вторичные заряженные частицы по зарядам и массам в широком интервале их энергий, т.е. проводить полный статистический анализ отдельного события с большим числом вторичных частиц (более 100), что представляет большой интерес для исследования процессов столкновения релятивистских частиц и ядер при высоких энергиях.

Вместе с тем практическая реализация преимуществ облучения эмульсий в СМП, особенно с точки зрения повышения точности измерения импульсов, возможна при выполнении ряда условий, одним из которых является стабильность амплитуды СМП.

Относительная ошибка при измерении импульса определяется соотношением¹²

$$\Delta p/p = [(\Delta H/H)^2 + (\Delta D/D)^2]^{1/2}, \quad (1)$$

где $\Delta H/H$ — относительная ошибка в напряженности магнитного поля, D — вторая разность отсчетов в координатном методе измерения импульсов по магнитному отклонению в направлении, перпендикулярном вектору H и траектории частицы.

Ошибка в определении D связана с многократным кулоновским рассеянием и искажениями в эмульсии, т.е. $\Delta D = D_{\text{кул}} + D_{\text{иск}}$. При этом $D_{\text{иск}}$ (дисторсии) могут быть учтены специальными измерениями на реперных следах частиц высокой энергии, направленных по нормали к плоскости фотоэмульсионного слоя, а в ряде случаев¹³ при облучении эмульсии БР-2 в полях ~ 100 Тл и при измерении импульсов ≤ 50 ГэВ/с. Этими искажениями в первом приближении можно пренебречь, тогда $\Delta D \approx D_{\text{кул}}$.

Ошибка, вносимая многократным кулоновским рассеянием, является функцией длины измеряемого участка l и импульса частицы

и определяется соотношением

$$\langle D_{\text{кул}}^2 \rangle^{1/2} = K t^{3/2} \cdot 10^{-2} / 57,3 \text{ рэс}, \quad (2)$$

где рэс — в ГэВ, $D_{\text{кул}}$ и $t = \ell/2$ — в см, $K \approx 30$ — постоянный коэффициент рассеяния для ядерных фотоэмульсий.

Если время цикла облучения фотоэмульсии много меньше длительности импульса СМП, то для всех частиц данного цикла магнитное поле можно считать постоянным и тогда по известному импульсу первичной частицы определить H :

$$H = pD \cos \alpha / 3 \cdot 10^{-4} t^2, \quad (3)$$

где α — угол погружения следа в фотоэмульсии, p — ГэВ/с, H — кЭ, D и t — см. Таким образом, в данном случае точность определения H получается достаточно высокой ($2 \div 3\%$), поскольку импульс первичной частицы может быть хорошо определен, и, следовательно, в режиме однократного облучения первым слагаемым в (1) можно пренебречь.

На установке СЛОН будет использоваться также режим многократного облучения. Это связано с набором достаточной статистики событий в том случае, когда интенсивность пучка ядер недостаточна для обеспечения оптимальной плотности облучения $\sim 10^4$ частиц/см² за один цикл ускорения и вывода пучка. В этом режиме необходимо обеспечить точность воспроизведения поля от цикла к циклу не хуже, чем в однократном, $\leq 0,5 \div 1\%$.

Для создания СМП в установке используется разряд емкостного накопителя энергии ($W \approx 1,6$ МДж) на одновитковый соленоид специальной конструкции. Коммутация тока осуществляется мощными вакуумными разрядниками. Заряд накопителя энергии производится от силового трансформатора трехфазного тока мощностью $P \approx 800$ кВА посредством управляемого низкочастотного тиристорного выпрямителя. Напряжение на накопителе в процессе заряда растет ступенчато с частотой 300 Гц. Время начала разряда накопителя зависит от многих факторов, определяющих готовность отдельных узлов установки к работе, после чего осуществляется синхронизация с циклом работы ускорителя и выводом пучка.

Таким образом, напряжение на накопителе энергии до начала разряда, т.е. десятки секунд, должно поддерживаться с высокой точностью, несмотря на дестабилизирующие факторы*.

*В данном случае мы не рассматриваем возможные изменения H за счет деформации соленоида, создающего магнитное поле.

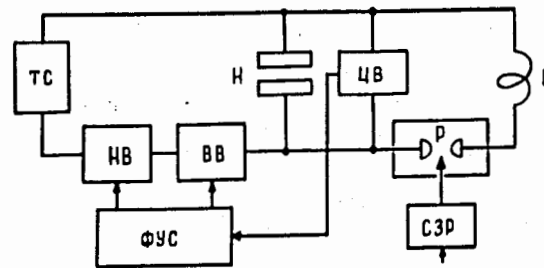


Рис.1. Блок-схема зарядной и разрядной цепи емкостного накопителя энергии установки СЛОН. H — накопитель энергии, ТС — силовой трансформатор, НВ — низкочастотный выпрямитель, ВВ — высокочастотный выпрямитель, ЦВ — цифровой вольтметр, Р — разрядник, ЗСР — схема запуска разрядника, L — соленоид, ФУС — формирователь уровней стабилизации.

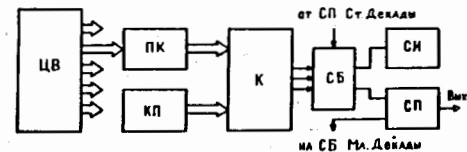


Рис.2. Функциональная блок-схема одной декады блока формирования уровней стабилизации. ЦВ — цифровой вольтметр, ПК — преобразователь кода, К — компаратор, КП — кодовые переключатели, СБ — схема блокировки, СИ — схема индикации, СП — схема преобразований.

Для стабилизации напряжения накопителя установки СЛОН в зарядную цепь накопителя введены дополнительные устройства — высокочастотный выпрямитель небольшой мощности и блок формирования уровней стабилизации (рис.1).

Во время начала заряда накопителя энергии включаются оба выпрямителя. При достижении некоторого уровня напряжения, значение которого несколько меньше заданного, низкочастотный выпрямитель большой мощности запирается, и заданное напряжение достигается с помощью маломощного высокочастотного выпрямителя, плавно и с большой точностью, и поддерживается стабильным в течение всего периода до начала разряда. Управление выпрямителем осуществляется с помощью блока формирования уровней стабилизации (ФУС), блок-схема которого представлена на рис.2.

Контроль и измерение напряжения накопителя осуществляется цифровым вольтметром Ш-1513, информация с которого в виде цифрового кода подается на входы ФУС по всем пяти декадам. Уровню логической "1" соответствует напряжение на выходе вольтметра, равное минус $(24 \pm 4,8)$ В, а логическому "0" — от минус 0,5 до плюс 0,5 В. На входе ФУС эти сигналы преобразуются в сигналы уровней ТТЛ.

Для преобразования цифрового кода 1-2-4-2, используемого в измерительной схеме Ш-1513, в обычный двоично-десятичный код 1-2-4-8 в каждой декаде ФУС используется преобразователь кода, построенный

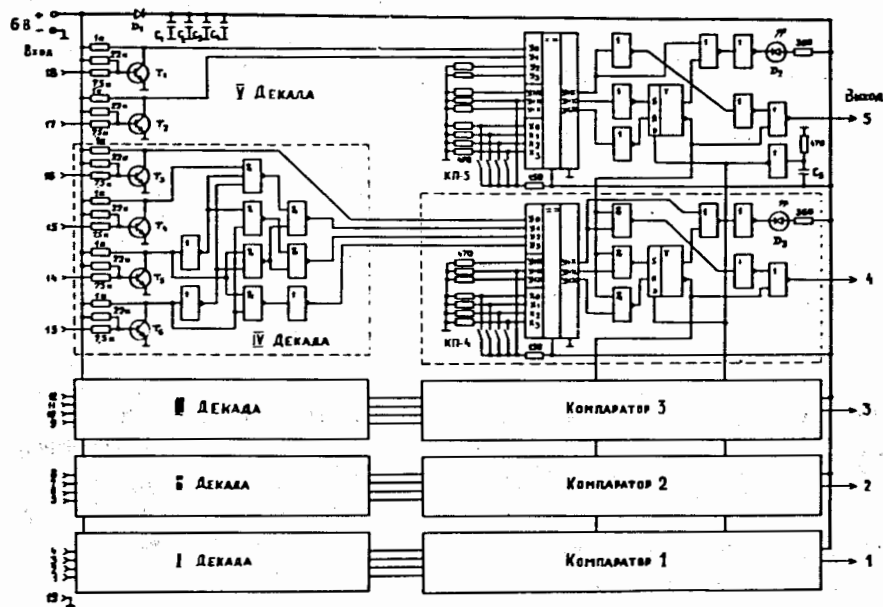


Рис.3. Принципиальная схема ФУС.

на логических элементах интегральных микросхем 155-й серии. Далее сигнал с преобразователя кода подается на входы Y компараторов. На входы X компараторов подается цифровой код задаваемого значения, который устанавливается с помощью кодовых переключателей ПП-8 (А) на лицевой панели блока.

Схемы блокировок построены таким образом, что сравнение сигнала с вольтметра с задаваемым значением производится последовательно по декадам, начиная с старшей (пятой), и заканчивается младшей (первой).

Каждый из пяти компараторов имеет свою схему индикации, которая сигнализируют только о равенстве сигналов на входах Y и X компараторов, т.е. при равенстве значений сигналов с вольтметра с задаваемым уровнем. В других случаях ($Y > X$ и $Y < X$) индикация блокируется.

В схеме преобразования каждой декады вырабатывается два сигнала. Первый, разблокирующий схему блокировки младшей декады, — при $Y = X$, а второй — при $Y \geq X$, на выход блока. Выходные сигналы ФУС предназначены для управления работой выпрямителей.

Цифровой вольтметр Щ-1513 имеет предел измерений напряжения до 1000 В. С учетом того, что максимальное зарядное напряжение на-

копителя установки равно 5000 В, в измерительной цепи использован делитель напряжения, собранный из высокоточных прецизионных резисторов. Весь диапазон напряжений накопителя от 0 до 5000 В (с учетом делителя) перекрывается рабочим диапазоном вольтметра от 0 до 30 В с точностью до третьего знака после запятой. Таким образом, минимальная погрешность установки напряжения на накопителе энергии может составить $\pm 0,5$ В.

Принципиальная схема блока формирования уровней стабилизации приведена на рис.3.

Конструктивно блок выполнен с использованием механики стандарта КАМАК (модуль шириной 3М). Выходные сигналы блока имеют отрицательную полярность, уровень ТТЛ.

В заключение авторы выражают благодарность М.А.Воеводину за содействие и А.А.Анашину за качественный монтаж блока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буриев Н.Т. и др. — Сообщение ОИЯИ Р13-86-492, Дубна, 1986.
2. Толстов К.Д., Шабратова Г.С. — Сообщение ОИЯИ Р1-8402, Дубна, 1974.
3. Абдужамитов Ш., Селедханов Н.Ш. — Взаимодействие частиц высокой энергии с нуклонами и ядрами. Ташкент: Фан, 1972, с. 180.

Рукопись поступила в издательский отдел
16 апреля 1989 года.