

**сообщения  
объединенного  
института  
ядерных  
исследований  
дубна**

**P13-86-492**

**Н.Т.Буриев\*, М.А.Воеводин, В.И.Каплин,  
А.Д.Коваленко, Ш.З.Сайфулин**

**БЛОК  
УПРАВЛЕНИЯ И СИНХРОНИЗАЦИИ УСТАНОВКИ  
ДЛЯ ОБЛУЧЕНИЯ ЯДЕРНЫХ ФОТОЭМУЛЬСИЙ  
В СИЛЬНОМ МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

---

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

**1986**

В области исследований механизма неупругих столкновений релятивистских ядер прочно зарекомендовала себя фотоэмульсионная методика. Возможности применения фотоэмульсионной методики значительно расширяются при облучении ядерных фотоэмульсий в сильном импульсном магнитном поле. Эксперименты подобного рода проводились ранее /1/, но в основном при амплитуде магнитного поля 20 Тл, что оказывалось недостаточным для реализации преимуществ данной методики.

В Лаборатории высоких энергий ведутся работы по созданию установки для облучения ядерных фотоэмульсий в сильном магнитном поле /проект СЛОН/.

Первая очередь установки предполагает получение магнитных полей напряженностью до 50 Тл с последующим увеличением до 100 Тл, при разряде накопительной системы общей энергоемкостью 1,6 МДж на одновитковый /или двухвитковый/ соленоид специальной конструкции. Длительность полупериода разрядного тока ожидается  $200 \div 300$  мкс. Соленоид и стопка фотоэмульсионных пластин размещаются на канале быстрого вывода пучка  $/T_{\text{вывода}} = 1 \text{ мс}/$  из синхротрона таким образом, чтобы обеспечить требуемое взаимное направление траекторий ядер, слоев фотоэмульсий в стопке и магнитного поля /рис.1/.

Для формирования требуемой длительности пучка на канале предусмотрено расположение импульсного отклоняющего кикер-магнита, производящего заброс частиц в зону облучения в интервале времени, когда магнитное поле в соленоиде не отличается от своего максимального значения на  $2 \div 3\%$ . Это время составляет  $10 \div 20$  мкс.

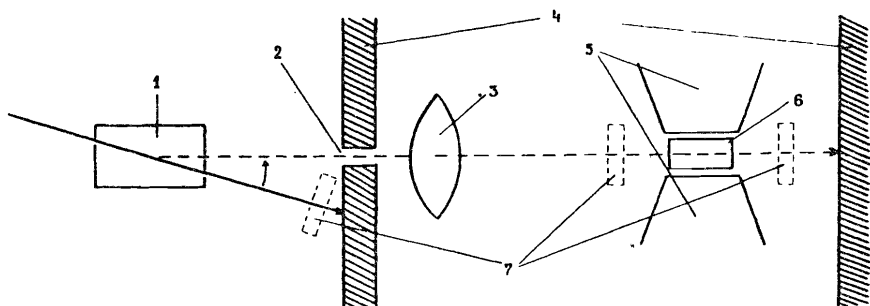


Рис.1. Схема расположения узлов установки в канале быстрого вывода ускорителя. 1 - отклоняющий кикер-магнит; 2 - коллиматор; 3 - фокусирующая линза; 4 - радиационная защита; 5 - соленоид; 6 - стопка ядерных фотоэмульсионных пластин; 7 - сцинтилляционные датчики.

Для оптимальной загрузки фотоэмульсионной стопки необходим поток частиц  $10^4 \text{ см}^{-2}$ . Если в пучке, забрасываемом кикер-магнитом в зону облучения за время  $10 \div 20 \text{ мкс}$ , частиц будет недостаточно, то желательна возможность работы установки в нескольких циклах /многократном режиме/.

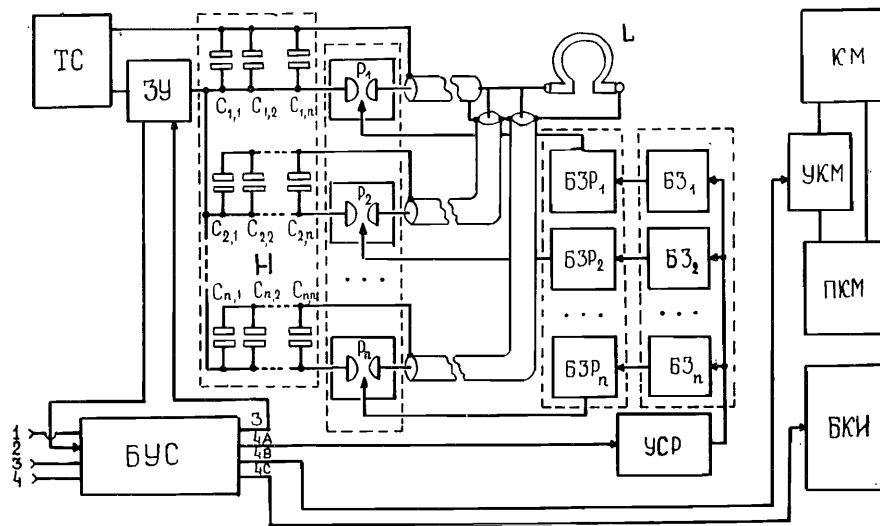


Рис.2. Блок-схема установки. ТС - трансформатор силовой; ЗУ - зарядное устройство; Н - накопитель энергии; L - соленоид; P - разрядники сильноточные; БЗР - блоки запуска разрядников; БЗ - блоки задержек; УСР - блок управления системой разрядников; К-М - отклоняющий кикер-магнит; УКМ - управление КМ; ПКМ - питание КМ; БКИ - блок контроля и измерений; СС - система синхронизации.

Рисунком 2, на котором изображена блок-схема установки, можно проиллюстрировать принцип работы установки в целом.

С включением установки производится заряд накопителя энергии /Н/, представляющего собой секционированную батарею конденсаторов /типа ИМ-5-200/, состоящую из 12 отдельных секций по 48 штук в каждой, всего 576 штук, общей энергоемкостью 1,6 МДж. Конденсаторы в секции соединены с помощью кабелей /типа РК-50-11-11/ с одним из коммутирующих разрядников. Заряд накопителя энергии производится от зарядного устройства.

Коммутация накопителя энергии с соленоидом производится по каждой секции отдельно мощными вакуумными разрядниками, каждый из которых соединен с шинами соленоида сильноточными экранированными кабелями, обладающими более высокой пропускающей способностью по току.

Запуск разрядников, по каждой секции, производится от блоков запуска разрядников /БЗР/, которые управляются общим блоком управления системой разрядников /УСР/. С целью более точной временной привязки работы разрядников, по каждому каналу управления предусмотрено использование блоков наносекундных задержек /БЗ/.

Как было отмечено ранее, формирование пучка частиц требуемой длительности / $10 \div 20 \text{ мкс}$ / и своевременный сброс его на стопку фотоэмульсии в момент времени, когда напряженность магнитного поля в соленоиде отличается от его максимального значения не более чем на  $2 \div 3\%$ , должна обеспечить система быстрого наведения и сброса пучка. Она включает в себя отклоняющий кикер-магнит /КМ/, его питание /ПКМ/ и схему управления /УКМ/, где осуществляется формирование импульса управления по форме и длительности, удовлетворяющих требованиям эксперимента.

Важное значение в эксперименте по облучению ядерных фотоэмульсий в сильном импульсном магнитном поле имеет система контроля и измерений /СКИ/, которая должна обеспечить:

1. Контроль амплитуды /с точностью 20%/ и форму пучка в канале быстрого вывода синхрофазотрона.
2. Контроль и измерение поперечного размера пучка.
3. Направление оси пучка по отношению к ориентации стопки фотоэмульсионных пластин.
4. Проведение счета частиц в пучке, наводимом на стопку фотоэмульсии.
5. Измерение напряженности магнитного поля в соленоиде за цикл работы установки с погрешностью не хуже  $1 \div 3\%$ .
6. Контроль синхронности максимума магнитного поля с моментом сброса пучка.

Как видно из рис.2, общая блок-схема установки включает в себя несколько отдельных независимых блоков. Обеспечение работы этих блоков и узлов в определенной последовательности и синхронно с циклом ускорителя возлагается на блок управления и синхронизации /БУС/, который является связывающим звеном между отдельными блоками и системами во время подготовки к эксперименту и в момент его реализации.

Таким образом, возникла задача разработки блока управления и синхронизации установки с учетом тех требований, которые были изложены выше. При этом необходимо обеспечить следующую последовательность включения и работы отдельных узлов установки:

1. Осуществить заряд накопителя энергии до номинального значения, сформировать сигнал готовности к разряду и поддерживать напряжение накопителя до появления сигнала запирающего зарядного устройства, во избежание падения напряжения из-за тока утечки;
2. Цикловым импульсом ускорителя запереть зарядное устройство за время  $t \approx 1 \text{ мс}$  до начала разряда, необходимое для установления переходных процессов в зарядном устройстве, во избежание выхода его из строя;

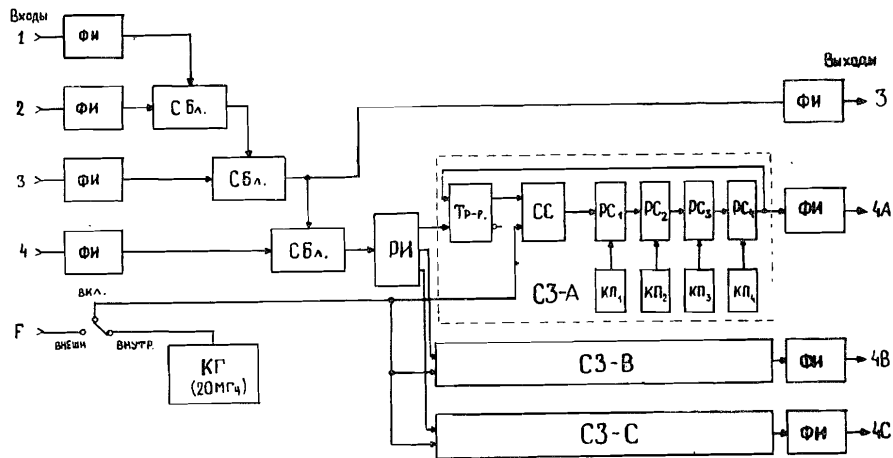


Рис. 3. Функциональная схема системы синхронизации. ФИ - формирователи импульсов; СБл - схема блокировки; РИ - размножитель импульсов; Тр-р - триггер; СС - схема совпадений; РС - реверсивный счетчик; КП - кодовые переключатели; КГ - кварцевый генератор; СЗ - схемы задержек.

3. При условии выполнения пп.1 и 2 сформировать импульс "старт" по наличию пучка в канале быстрого вывода;
4. Сигналом "старт" запустить систему разрядников и при достижении магнитного поля определенной величины запустить систему питания кикер-магнита для заброса пучка;
5. Одновременно с выполнением п.4 произвести все виды измерений и контроля.

Описываемый в данной работе блок управления и синхронизации разработан в соответствии с предъявляемыми к нему требованиями и последовательностью работы отдельных узлов установки. Функциональная схема блока изображена на рис.3.

Формирование входных сигналов по времени и амплитуде осуществляется формирователем импульсов /ФИ/ посредством триггера Шмитта, реализованного на ИС-К531 ТЛЗ, на входе которого включен диодный дискриминатор амплитуды входных сигналов.

В блоке предусмотрены схемы блокировок /СБл./ по входам 2, 3 и 4, построенные на триггерах ИС-К531 ТВ9, с прямого выхода которых сигнал поступает на один из входов схемы совпадений /СС/, которые реализованы на элементах 2И-НЕ ИС-К531 ЛАЗ. Все схемы блокировок снабжены световой индикацией, которая осуществляется с инверсного выхода триггеров блокировки с помощью светодиодов АЛ 307М, выведенных на переднюю панель блока, в положении, когда триггеры находятся в исходном /запертом/ состоянии, что соответствует заблокированным состояниям входов. Установка всех триггеров в исходное состояние производится при включении питания блока импульсом "утсановка", подаваемого на входы с триггеров.

Синхронизация максимума импульса магнитного поля в соленоиде с пучком частиц, облучающим стопку фотоэмульсии, осуществляется использованием в каналах 4А, 4В и 4С независимых управляемых задержек. Схемы регулируемых задержек /по всем трем выходам/ идентичны и разработаны на основе десятичных реверсивных счетчиков /РС/ /К155 ИЕ6/. Кодовые переключатели /КП/ в цепях информационных входов счетчиков позволяют набирать любое число от 0 до 9999, что соответствует задержке от 0 до 500 мс с дискретностью шага 50 нс. Шаг задержки определяется частотой внутреннего кварцевого генератора /КГ/, построенного на ИС-К531 ЛН1/4/. Частота кварцевого генератора равна 20 МГц. Неточность установки задержек, обусловленная несовпадением по фазе тактового импульса кварцевого генератора с импульсом включения триггера блокировки, составляет от 0 до 25 нс.

При необходимости шага задержки менее чем 50 нс, в блоке предусмотрена возможность использования внешнего генератора частоты более 20 МГц.

Задержка по каждому каналу А, В и С производится независимо, с помощью счетверенных кодовых переключателей, выведенных на переднюю панель блока.

Для дальнейшего согласования выходных сигналов блока на выходах использовались формирователи импульсов положительной полярности на элементах И-НЕ и триггерах Шмитта с использованием времязадающей интегрирующей RC-цепи.

Следует отметить, что с целью увеличения быстродействия блока во всех схемах формирователей, блокировок, схемах совпадений и в кварцевом генераторе использовались интегральные ТТЛ-микросхемы повышенного быстродействия серии 531, технология которых основана на использовании диодов и транзисторов Шоттки/3/.

Схема работает следующим образом:

1. После подготовки к работе установки, одновременно с пуском зарядного устройства, на вход 1 подается сигнал, который разблокирует вход 2;
2. Сигнал о готовности накопителя энергии к разряду подается от зарядного устройства на вход 2, который разблокирует вход 3. Накопитель продолжает заряжаться.
3. Затем осуществляется связь с цикловым импульсом ускорителя. Этот импульс выводится до начала вывода пучка, за время, необходимое для установления переходных процессов в зарядном устройстве после его запираания, до начала разряда накопителя. Он подается на вход 3 и разблокирует вход 4 и через выход 3 запирает зарядное устройство, только после осуществления пунктов 1 и 2.
4. С началом вывода пучка на сцинтилляторе  $S_T$  /рис.1/ формируется импульс "старт", который подается на вход 4 и при наличии пунктов 1, 2 и 3, размножается и выводится через выходы 4А, 4В и 4С, которыми соответственно запускается:

4А - система разрядников магнитной системы;

4В - система быстрого наведения и сброса пучка;

4С - система контроля и измере

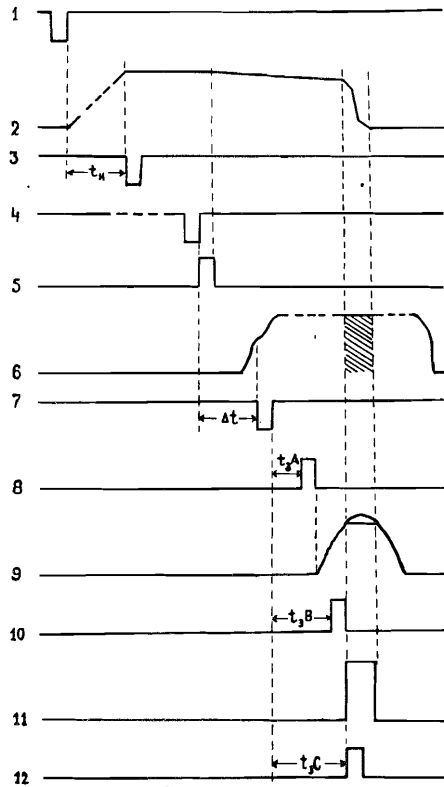


Рис.4. Временные диаграммы работы установки для облучения ядерных фотоэмульсий в сильном магнитном поле. 1 - импульс пуска ЗУ; 2 - диаграмма работы накопителя энергии; 3 - импульс готовности накопителя; 4 - цикловой импульс ускорителя; 5 - импульс запираения ЗУ; 6 - пучок заряженных частиц в канале ВВ; 7 - импульс от  $C_I$  о наличии пучка в канале; 8 - импульс запуска разрядников; 9 - импульс магнитного поля в соленоиде; 10 - импульс запуска отклоняющего КМ; 11 - импульс управления питанием КМ; 12 - импульс запуска контрольно-измерительного комплекса.

В случае работы установки в разовом режиме цикл работы установки в многократном режиме /несколько циклов облучения/ необходимо опять на вход I подать сигнал "пуск" - одновременно с включением зарядного устройства.

Работу блока управления и синхронизации иллюстрируют временные диаграммы работы узлов и блоков установки, приведенные на рис.4.

В описанном блоке управления и синхронизации использована механика стандарта КАМАК, применение которой позволит легко совместить этот блок с аппаратурой в стандарте КАМАК из управляющего вычислительного комплекса /УВК/ МЕРА 60/15<sup>5/</sup>, которую предполагается использовать для целей магнитометрии и управления экспериментом.

#### ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЛОКА:

Входы	- четыре, уровень ТТЛ
Выходы	- один /3/ + 12 В, положительный три /4А, 4В, 4С/, уровень ТТЛ
Диапазон задержек	- 0÷500 мкс
Дискретность задержки	- 50 нс
Число каналов	- три /А, В, С/, независимые
Блокировка	- по трем входам /2, 3, 4/, индикация световая.
Конструкция	- стандарт КАМАК, модуль 3М.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аверичев С.А. и др. ОИЯИ, Р1-9043, Дубна, 1974.
2. Hoffman L., Morpurgo M. Nucl.Instr.Meth., 1963, v.20, p.489.
3. Якубовский С.В. Аналоговые и цифровые интегральные микросхемы. "Радио и связь", М., 1984.
4. Куценко А.В., Полосянец Б.А., Широченко В.А. ПТЭ № 4, 1973, с.7.
5. Система МЕРА-60. Технико-эксплуатационная документация микрокомпьютера МЕРА-60. Описание системы М ЕРА-60/45К, Научно-производственный центр систем управления. МЕРАСТЕР, Katowice, 1983.

Рукопись поступила в издательский отдел  
17 июля 1986 года.

**ТЕМАТИЧЕСКИЕ КАТЕГОРИИ ПУБЛИКАЦИЙ  
ОБЪЕДИНЕННОГО ИНСТИТУТА ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ**

Индекс	Тематика
1.	Экспериментальная физика высоких энергий
2.	Теоретическая физика высоких энергий
3.	Экспериментальная нейтронная физика
4.	Теоретическая физика низких энергий
5.	Математика
6.	Ядерная спектроскопия и радиохимия
7.	Физика тяжелых ионов
8.	Криогеника
9.	Ускорители
10.	Автоматизация обработки экспериментальных данных
11.	Вычислительная математика и техника
12.	Химия
13.	Техника физического эксперимента
14.	Исследования твердых тел и жидкостей ядерными методами
15.	Экспериментальная физика ядерных реакций при низких энергиях
16.	Дозиметрия и физика защиты
17.	Теория конденсированного состояния
18.	Использование результатов и методов фундаментальных физических исследований в смежных областях науки и техники
19.	Биофизика

Буриев Н.Т. и др.

P13-86-492

Блок управления и синхронизации установки для облучения ядерных фотоэмульсий в сильном магнитном поле

Описан выполненный в стандарте КАМАК модуль синхронизации узлов установки для облучения ядерных фотоэмульсий в сильном магнитном поле на пучках релятивистских ядер синхрофазотрона. Модуль обеспечивает получение стандартных синхроимпульсов по трем независимым каналам с задержкой до 500 мкс и шагом регулировки 50 нс. Предусмотрена блокировка срабатывания каналов в соответствии с требуемой логикой.

Работа выполнена в Лаборатории высоких энергий ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1986

Перевод Л.Н.Барабаш

Buriev N.T. et al.

P13-86-492

A Module for Control and Synchronization of the Setup Used to Irradiate Nuclear Emulsions in a Strong Magnetic Field

A Camac synchronization module for the units of the setup for an exposure of nuclear emulsions in a strong magnetic field on relativistic nuclei beams of the synchrophasotron is described. The module makes it possible to obtain standard synchropulses for three independent channels with a delay of 500 ns and an alignment step of 50 ns. The blocking of switching-on the channels according to the logic required is provided for.

The investigation has been performed at the Laboratory of High Energies, JINR.

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1986