

20/1-6

M-1521

ОБЪЕДИНЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ  
ЯДЕРНЫХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ

Дубна

13 - 4187



Л.Г.Макаров, А.А.Смирнов

ЛАБОРАТОРИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

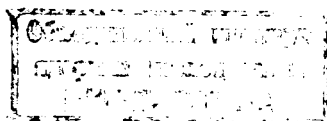
УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
МАКСИМАЛЬНОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ  
140 КЭ В ОБЪЕМЕ 1200 CM<sup>3</sup>

1968

13 - 4187

Л.Г.Макаров, А.А.Смирнов

УСТАНОВКА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ  
ИМПУЛЬСНЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ  
МАКСИМАЛЬНОЙ НАПРЯЖЕННОСТИ  
140 КЭ В ОБЪЕМЕ 1200 СМ<sup>3</sup>



7627/2 ш.

В экспериментах по изучению ядерных взаимодействий магнитное поле используется для формирования, поворота и анализа пучков заряженных частиц.

Для получения магнитных полей высокой напряженности используют безжелезные магниты, т.к. в железе при индукции 20–30 кгс наступает насыщение и рост намагниченности практически прекращается. Выбор типа и геометрии безжелезного магнита – соленоида диктуется соображениями, которые вытекают из конкретного назначения соленоида и стремления создать наиболее экономичную установку с максимальной напряженностью поля в рабочей зоне.

Описываемая установка предназначена для получения импульсных магнитных полей максимальной напряженностью 140 кэ в объеме  $x/1200/200 \text{ см}^3$  и состоит из двух основных частей. Рабочей частью установки является высоковольтный соленоид со схемой измерения магнитного поля. Вторую часть установки составляет система питания высоковольтного соленоида со схемами управления, блокировки, сигнализации и стабилизации.

---

$x/1200 \text{ см}^3$  – общий объем магнитного поля с напряженностью 140 кэ.  
 $200 \text{ см}^3$  – используемый объем магнитного поля, в котором размещается кассета с эмульсией, т.е. рабочая зона магнитного поля.

С помощью такой установки производится облучение эмульсии, помещенной в сильное магнитное поле, пучком ускоренных частиц. Установка может быть использована и для других экспериментов по физике высоких энергий.

Основные размеры высоковольтного соленоида выбраны с точки зрения получения максимальной напряженности магнитного поля в заданном объеме  $200 \text{ см}^3$  в зазоре между катушками и максимальной однородности поля в рабочей зоне по радиусу. При этом учитывались практические возможности изготовления высоковольтного соленоида и системы питания.

На рис. 1 показана картина распределения напряженности магнитного поля в зазоре между катушками, отнесенной к значению напряженности магнитного поля в центре рабочей зоны  $-H_z / H_{0z}$ . Измерения напряженности магнитного поля производились в трех режимах работы:

1) при протекании через соленоид постоянного тока небольшой величины; напряженность магнитного поля в центре  $H_{0z} = 500 \text{ э}$ ; шаг передвижения датчика магнитного поля (датчик Холла) по радиусу 5 мм, по оси  $z - 5 \text{ мм}$ ,

2) при импульсном питании соленоида; напряженность магнитного поля в центре  $H_{0z} = 60 \text{ кэ}$ ; шаг передвижения датчика магнитного поля по радиусу 10 мм, по оси  $z - 10 \text{ мм}$ .

3) то же, что и 2), но при  $H_{0z} = 100 \text{ кэ}$ .

Отношения  $H_z / H_{0z}$  в точках измерений с удовлетворительной точностью совпали во всех трех случаях. Напряженность магнитного поля на радиусе, равном 4 см, составляет 0,965 от значения напряженности магнитного поля в центре рабочей зоны. Импульс магнитного поля во времени имеет вид полуволны синусоиды длительностью 25 мсек.

На рис. 2 приведена блок-схема установки. Накопительная емкость заряжается до заданного напряжения от зарядного устройства, состоящего из специального силового трансформатора, тиратронного выпрямителя со схемами управления и стабилизации уровня напряжения заряда. Параллельно накопительной емкости включен измерительный омический делитель. Напряжение с делителя сравнивается с опорным напряжением в схеме стабилизирующего устройства, которое, воздействуя на схему

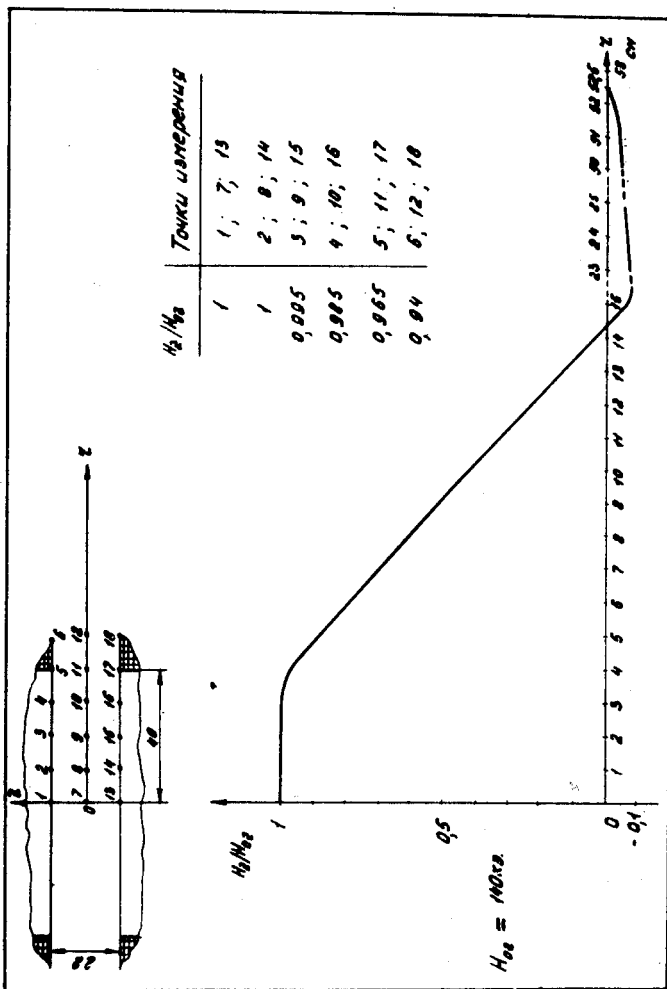


Рис. 1. Распределение напряженности магнитного поля в зазоре между катушками соленоида как отношение  $H_z/H_{0z}$ .  $H_{0z}$  — значение напряженности магнитного поля в центре соленоида.  $H_z$  — значение напряженности магнитного поля в зазоре соленоида по его радиусу в различных точках.

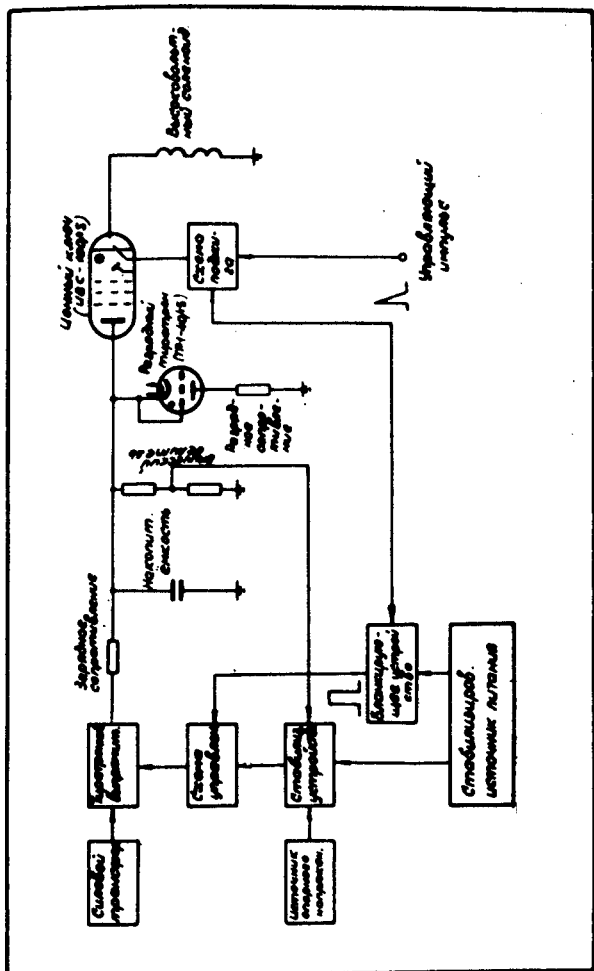


Рис. 2. Блок-схема установки.

управления выпрямителя, поддерживает напряжение на накопительной емкости с точностью  $\pm 0,1\%$ . Накопительная емкость подключается к высоковольтному соленоиду через управляемый ртутный вентиль типа ИВС-100/15 (ИВС-200/15).

Командный импульс управления, синхронизированный с моментом сброса ускоренных частиц на мишень, подается в схему поджига ignитрона и одновременно в схему бланкирующего устройства, которое запирает зарядный выпрямитель на  $2+2,5$  сек.

Накопительная емкость разряжается через высоковольтный соленоид и создает в последнем однополярный импульс тока. При максимальном напряжении на накопительной емкости 17 кв амплитуда импульса тока достигает величины 3350 а. При спадании тока в соленоиде накопительная емкость перезаряжается. На емкости появляется напряжение обратной полярности. Зажигается разрядный тиратрон и емкость разряжается. Через  $2+2,5$  сек бланкирующее устройство прекращает свою работу, начинается новый цикл заряда накопительной емкости. Полное время одного рабочего цикла - 18,3 сек.

#### *Высоковольтный соленоид*

Двухкатушечный высоковольтный соленоид имеет внутренний диаметр 80 мм, наружный - 300 мм. Высота каждой катушки - 100 мм; зазор между ними - 22 мм. Индуктивность соленоида - 0,042 гн; омическое сопротивление - 0,422 ом. Рабочее напряжение соленоида - 17 кв. Вес соленоида ~ 100 кг.

#### *Накопительная емкость*

Общая емкость конденсаторной батареи - 1850 мкф, рабочее напряжение - 17 кв. Конденсаторная батарея собрана из конденсаторов типа ИМ-3/100 (ИМ-3/150) по последовательно-параллельной схеме.

## *Силовой трансформатор*

Большая величина потока рассеяния силового трехфазного трансформатора ограничивает рост тока в обмотках, что позволяет его использовать в любых режимах вплоть до короткого замыкания в начале заряда конденсаторной батареи. Трансформатор удовлетворительно переносит механические нагрузки импульсного характера, а электрическая изоляция способна выдерживать высокое рабочее напряжение. Расчетная мощность трансформатора в длительном режиме работы 20 ка. Габариты трансформатора 1200x770x540 мм. Вес трансформатора в сборе 425 кг.

## *Тиратронный выпрямитель*

Тиратронный управляемый выпрямитель собран по трехфазной мостовой схеме. В качестве вентилях используются тиратроны типа ТР1-6/15. Максимальное выпрямленное напряжение - 17 кв. Максимальный выпрямленный ток - 20 а. Схема тиратронного выпрямителя приведена на рис. 3.

## *Схема управления*

Схема управления тиратронного выпрямителя показана на рис. 4. В схеме используются тиратроны типа ТГ-1-2,5/4. В качестве задающего генератора импульсов управления в этом устройстве служат три пик-трансформатора - ПТ, запитанных от фазорегулятора. Выходные импульсы шириной 100 град. эл. и амплитудой 350 в поступают на сетки тиратронов зарядного выпрямителя со вторичных обмоток разделительных (изолировочных) трансформаторов - ТИ. Запирание тиратронов схемы управления осуществляется подачей положительного напряжения на сопротивление в цепи их катодов.







## Стабилизирующее и бланкирующее устройства

Оба устройства выполнены на полупроводниковых приборах. Источником питания для них служит стандартный источник питания типа ИП-2, изготовленный ЦЭМом ОИЯИ. Синхронизирующее устройство (см. рис. 5) включает в себя схему сравнения, выполненную на основе дифференциального усилителя постоянного тока (триоды Т1 и Т2), триггер с эмиттерной связью (триоды Т3 и Т4) и выходной эмиттерный повторитель (триод Т5). Для максимального уменьшения дрейфа выходного напряжения оба триода усилителя соответствующим образом подобраны по характеристикам. В качестве источника опорного напряжения используется напряжение, снимаемое с последовательно включенных стабилитронов типа Д-818Е. Уровень стабилизации определяется положением движка потенциометра, на который подается напряжение с измерительного омического делителя.

Бланкирующее устройство (см. рис. 5) состоит из одновибратора (триоды Т6 и Т7) и эмиттерного повторителя (триод Т8).

### Схема поджига

Для поджига игнитрона применена тиратронно-конденсаторная схема, выполненная на тиратроне ТР1-6/15. Схема поджига показана на рис. 6.

### З а к л ю ч е н и е

1. Для создания магнитного поля напряженностью 140 кэ в объеме 1200 см<sup>3</sup> впервые применен многовитковый соленоид, работающий на высоком напряжении (17 кв).

2. Для питания соленоида сконструирована и задействована система питания с рабочим напряжением 17 кв. Конденсаторная батарея при таком рабочем напряжении занимает значительно меньше места, чем другие известные устройства подобного типа, и более транспортабельна.

В заключение авторы благодарят Н.И.Павлова, Л.Н.Беляева за советы, а также М.А.Невзорова, Г.Г.Романова и В.Ф.Орлова, принимавших участие в изготовлении и наладке установки.



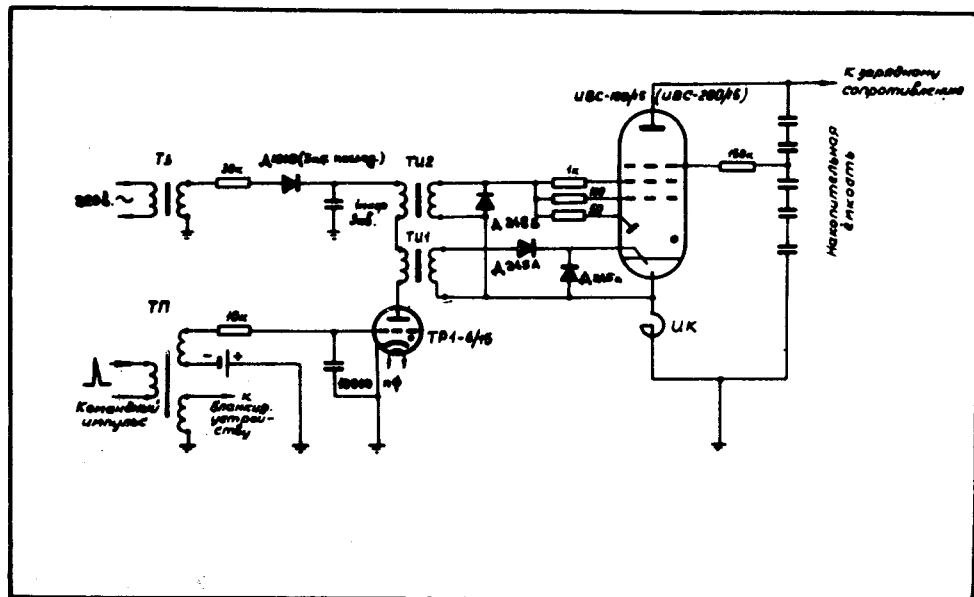


Рис. 6. Схема поджига игнитрона.

*Л и т е р а т у р а*

1. В.Р.Карасик. Физика и техника сильных магнитных полей, изд. "Наука", 1964 г.
2. П.Л.Калантаров, Л.А.Цейтлин. Расчёт индуктивностей, ГЭИ, 1955 г.
3. В.Т.Рене. Электрические конденсаторы, ГЭИ, 1959 г.
4. В.В.Михайлов. Расчёт и конструирование высоковольтной аппаратуры, ГЭИ, 1955 г.
5. И.Л.Каганов. Электронные и ионные преобразователи, часть III 1956 г.

Рукопись поступила в издательский отдел

4 декабря 1968 года.