

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПРОЕКТ СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ОТКЛОНЯЮЩИХ ПЛАСТИН МНОВОВАРИАНТНОЙ ИНЖЕКЦИИ В БУСТЕР УСКОРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА NICA

*В. А. Буланов, Е. В. Горбачев,
Н. И. Лебедев, А. В. Тузиков, А. А. Фатеев*¹

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

В проекте комплекса предусмотрено размещение в кольце бустера трех пар электрических отклоняющих пластин, которые служат для обеспечения инъекции ионного пучка в бустер в режимах однооборотной, многооборотной и многократной инъекции. В работе приводится вариант схемы питания, который обеспечивает все предполагаемые виды инъекции за счет независимой однополярной зарядки и разрядки пластин.

Three pairs of electric deflecting plates will be placed in the Booster ring. They will provide injection of heavy ion beam into the Booster in one-turn, multi-turn and multiple modes. The power supply system providing all necessary injection modes is described in the report.

PACS: 29.20.Ej

ВВЕДЕНИЕ

В Объединенном институте ядерных исследований продолжают разработку и создание ионного коллайдера NICA [1]. Одной из основных установок комплекса является бустер, в котором производится предварительное ускорение и охлаждение ионного пучка. В настоящее время предусматривается три режима инъекции ионного пучка из линейного ускорителя в бустер нуклотрона [1]: 1) однооборотная инъекция; 2) многооборотная инъекция; 3) многократная инъекция. Наиболее сложным из них является трехкратная инъекция с длительностью каждого импульса 8 мкс и частотой повторения импульсов 10 Гц. Такая система инъекции предполагает использование трех отклоняющих устройств с одно- и двухуровневым воздействием на пучок в каждом устройстве. В качестве исполнительных элементов предполагается использовать электрические пластины, что вполне адекватно нерелятивистскому пучку.

¹E-mail: fateev@sunse.jinr.ru

1. РАЗМЕЩЕНИЕ И СИСТЕМА ПИТАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПЛАСТИН

Схема размещения электрических импульсных пластин (далее просто импульсных) в кольце бустера представлена на рис. 1.

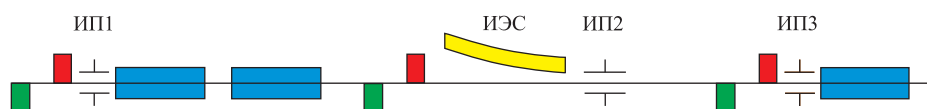


Рис. 1. Схема размещения импульсных пластин в районе 1-го прямолинейного промежутка бустера. Прямоугольниками обозначены структурные дипольные магниты, фокусирующие и дефокусирующие линзы; ИП — импульсные пластины; ИЭС — электростатический септум

Для реализации двухуровневого воздействия предлагается использовать независимую зарядку и разрядку пластин. Упрощенная схема питания такой системы показана на рис. 2.

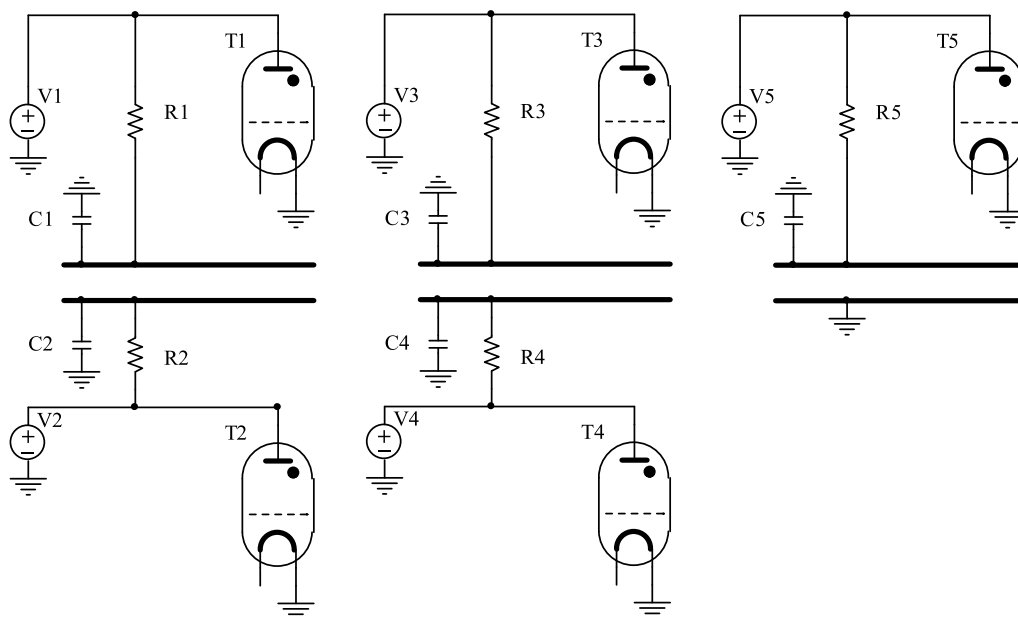


Рис. 2. Концептуальная схема питания электрических пластин: V1–V5 — управляемые источники питания; T1–T5 — тиристоры; R1–R5 — разрядные резисторы; C1–C5 — полные емкости пластин на землю, включая емкости подводящих элементов

Следует отметить, что непосредственно перед запуском тиристора соответствующий источник питания должен быть отключен, а его выходная емкость должна разряжаться вместе с емкостью пластин или отдельной разрядной цепью. В последнем случае потребуются разделительный диодный столб.

На основании выбранной геометрии и проведенных расчетов были определены требования к системе питания импульсных пластин. На рис. 3 показана форма одиночного

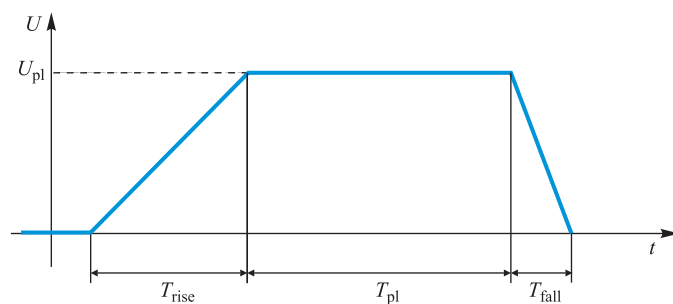


Рис. 3. Форма одиночного импульса

импульса, подаваемого на пластину. Здесь T_{rise} — длительность переднего фронта (время зарядки пластины); T_{pl} — длительность плато; T_{fall} — длительность заднего фронта (время разрядки пластины).

На рис. 4 приведена форма двухступенчатого импульса (импульса с двумя плато) напряжения между парой пластин, получаемого благодаря независимому питанию пластин.

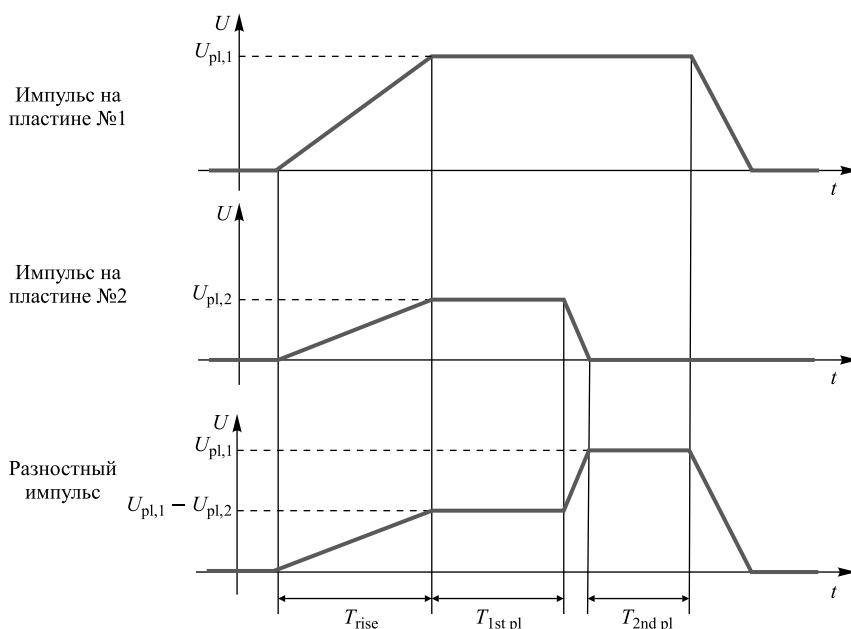


Рис. 4. Форма двухступенчатого импульса, используемого при многократной инжекции

В табл. 1 даны основные характеристики импульсов электрических потенциалов, подаваемых на пластины бустера.

Реализация параметров, приведенных в табл. 1, в основном не представляет принципиальных сложностей, кроме величины остаточного напряжения. Этому вопросу было уделено особое внимание. Проведенные измерения показали, что к моменту вы-

Таблица 1. Основные параметры системы питания импульсных пластин

Максимальный электрический потенциал на пластинах, кВ:	
пластина № 1 (ИП1, ИП2)	40
пластина № 1 (ИП3)	60
пластина № 2 (ИП1)	0
пластина № 2 (ИП2, ИП3)	15
Время зарядки пластин, мс	< 50
Длительность плато импульса, мкс	8–30
Неоднородность напряжения на плато, %	≤ 1
Время разрядки пластин, мкс	≤ 0,1
Остаточное напряжение после разрядки пластин, кВ	≤ 0,5
Число импульсов в цикле инжекции	1–3
Частота повторения импульсов в цикле инжекции, Гц	10

ключения тиратрона напряжение на нем (и, соответственно, на пластине) близко к нулю, а затем начинает нарастать. Основных причин две: реакция умножительных и фильтровых цепей управляемого источника и релаксационная поляризация диэлектриков (например, в подводящих кабелях). Одним из возможных решений данной проблемы является использование «дожига», т. е. поддержание разрядного тока через тиратрон с помощью низковольтного дополнительного источника. Такая система используется в настоящее время на ускорителе нуклотрон. Напряжение горения дуги зависит от марки и режима тиратрона и находится обычно в диапазоне от ста до нескольких сот вольт.

В качестве коммутаторов предполагается использовать водородные тиратроны с полым катодом (псевдоискровые разрядники двух типов) (табл. 2).

Таблица 2. Параметры тиратронов

Модель	Напряжение, кВ	Анодный ток, кА	Средний ток, А	Габаритные размеры, $\varnothing \times H$, мм	Срок службы, Кл	Частота, кГц
ТПИ1-1к/20	0,6–25	3	0,1	32 × 105	$5 \cdot 10^6$	> 3
ТПИ1-5к/100*	3,0–100	5	0,3	125 × 220	$1 \cdot 10^6$	> 2

Предлагаемая система питания отклоняющих устройств хотя и требует большого количества независимых источников напряжения и коммутаторов, но является очень гибкой — важный фактор в период наладки. В процессе эксплуатации система может быть упрощена по крайней мере за счет уменьшения числа источников питания.

Конструктивно узлы импульсных пластин могут быть выполнены как в криогенном (холодном) варианте, так и в теплом. Предполагаемая конструкция «холодного» варианта показана на рис. 5. Конструкция «теплого» варианта приведена на рис. 6.

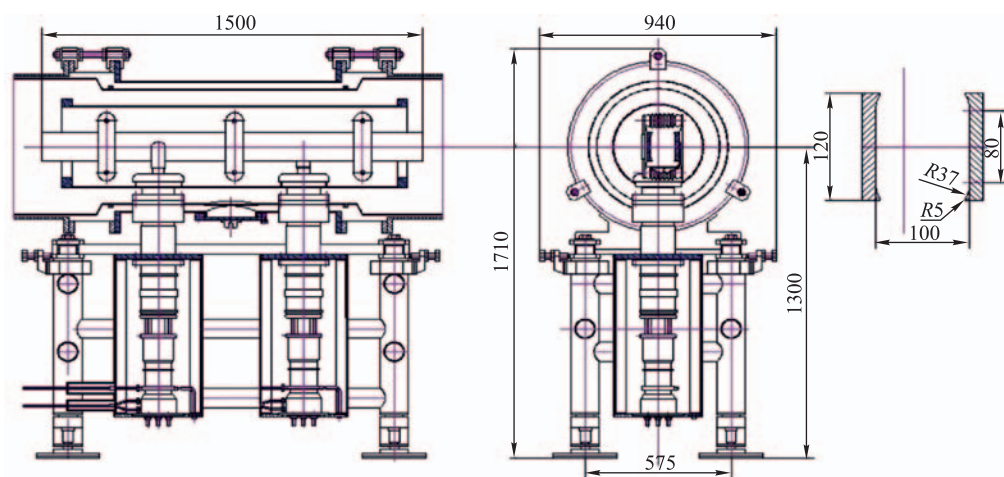


Рис. 5. Конструкция криогенного варианта узла импульсных пластин

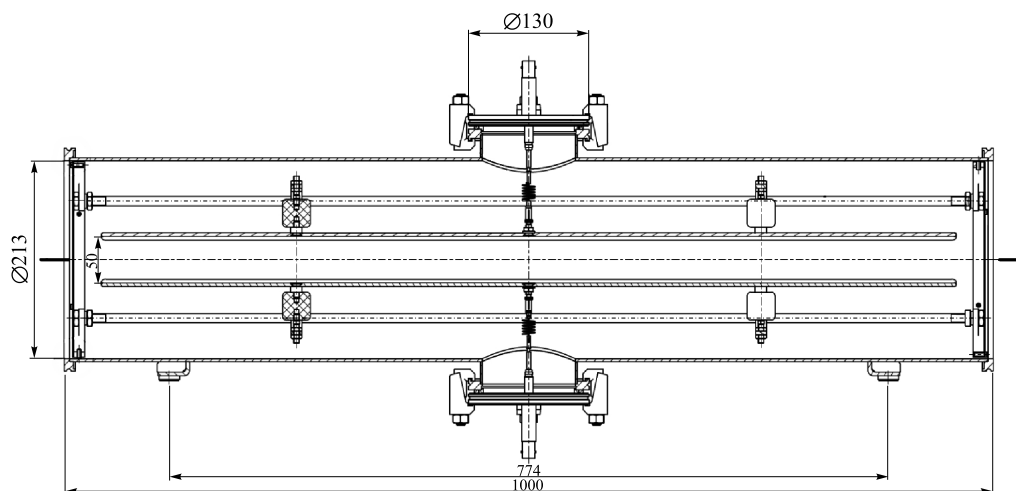


Рис. 6. Конструкция «теплого» варианта узла импульсных пластин

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ускорительно-накопительный комплекс NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility). Техн. проект / Под ред. И. Н. Мешкова и А.О. Сидорина. 2009. <http://nucloweb.jinr.ru/nica/index1.htm>.