

# ФОРМИРОВАНИЕ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ИМПУЛЬСОВ В СИСТЕМЕ ПИТАНИЯ ИНФЛЕКТОРНЫХ ПЛАСТИН БУСТЕРА НУКЛОТРОНА ДЛЯ МНОГОКРАТНОЙ ИНЖЕКЦИИ

*Н. И. Лебедев<sup>a</sup>, А. С. Петухов<sup>a</sup>, А. А. Фатеев<sup>a, 1</sup>*

<sup>a</sup> Объединенный институт ядерных исследований, Дубна, 141980, Россия

Рассматривается двухкоммутаторный вариант схемы питания инфлекторных пластин бустера нуклотрона. Данная схема позволяет формировать прямоугольные импульсы отклоняющего поля для многократной инжекции ионных пучков. Приводятся результаты испытаний устройства на эквивалентной нагрузке.

A two-commutator version of the power supply scheme for the inflector plates of the Nuclotron Booster is considered. The scheme allows the formation of rectangular pulses of the deflecting field for multiple injection of ion beams. The results of testing the device at an equivalent load are presented.

PACS: 84.30.Jc

## ВВЕДЕНИЕ

В Объединенном институте ядерных исследований продолжается создание ионного коллайдера NICA [1]. Одной из основных установок комплекса является бустер, в котором проводится предварительное ускорение и охлаждение ионного пучка. В настоящее время используется режим однократной однообратной инжекции ионного пучка из линейного ускорителя в бустер нуклотрона. В качестве исполнительных элементов используются две электростатические пластины (ЭП), одна из которых заземлена. Разрядка потенциальной пластины после завершения первого оборота инжектируемого пучка происходит через коммутатор. Принципиальная схема питания пластины бустера показана на рис. 1, осциллографмы напряжения и тока — на рис. 2.

---

<sup>1</sup>E-mail: afateev@jinr.ru

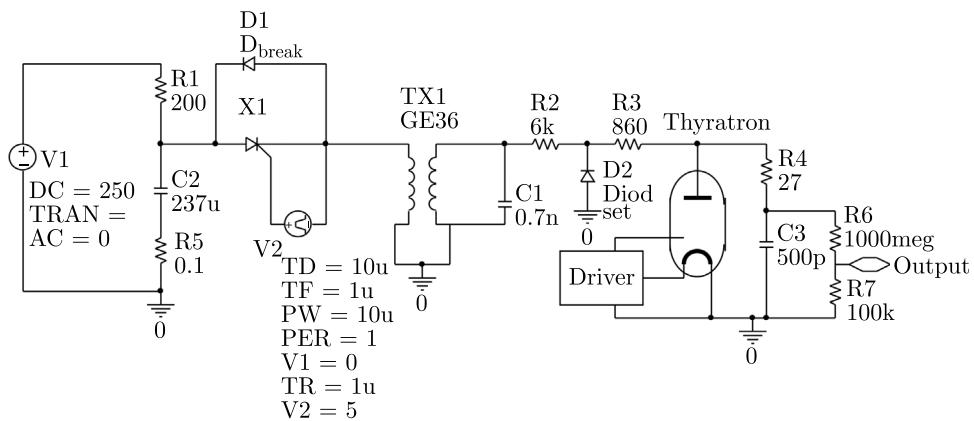


Рис. 1. Электрическая схема питания пластины бустера. С3 — эквивалентная емкость пластины и подводящего кабеля

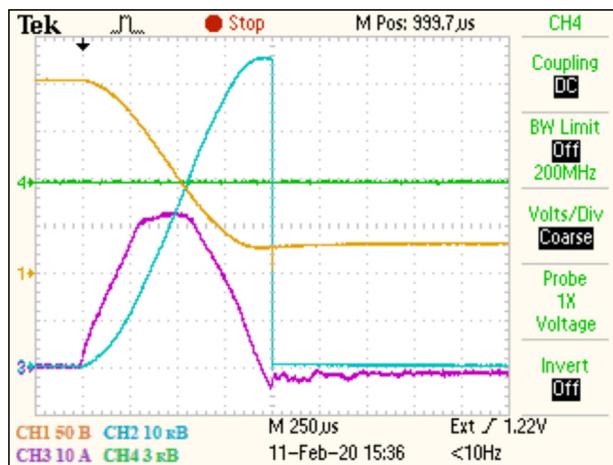


Рис. 2. Напряжение на эквивалентной емкости (10 кВ/дел.), входной ток зарядного трансформатора (40 А/дел.) и напряжение на емкости С2 (50 В/дел.)

## 1. МНОГОКРАТНАЯ ИНЖЕКЦИЯ

Для импульсного воздействия на пучок заряженных ионов с целью повышения интенсивности захваченного пучка при многократной инжекции было предложено использовать пару ЭП с синхронной зарядкой относительно общей земли (вакуумная камера) и раздельной разрядкой двумя коммутаторами. Упрощенная схема такого генератора показана на рис. 3.

Емкости С1 и С2 включают емкости подводящих кабелей. Емкость между пластины С3 относительно невелика (40 пФ). Зарядить емкости при данных параметрах можно за время менее 1 с. При необходимости это время можно сократить на порядок.

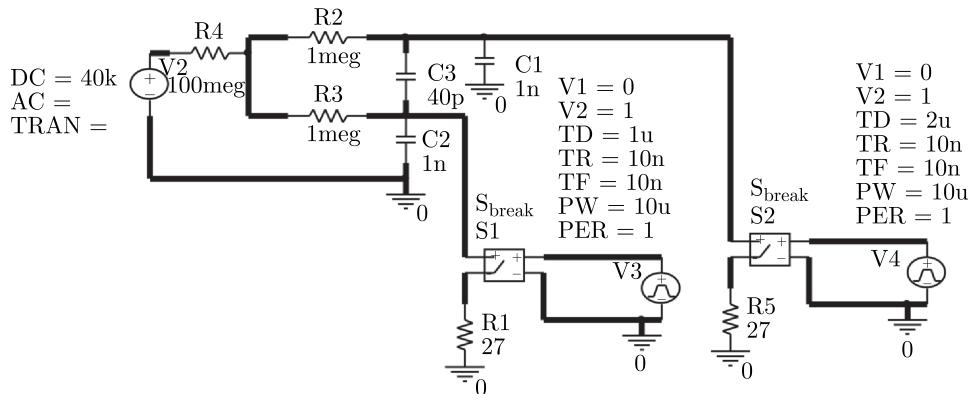


Рис. 3. Принципиальная электрическая схема генератора прямоугольных импульсов с двумя коммутаторами

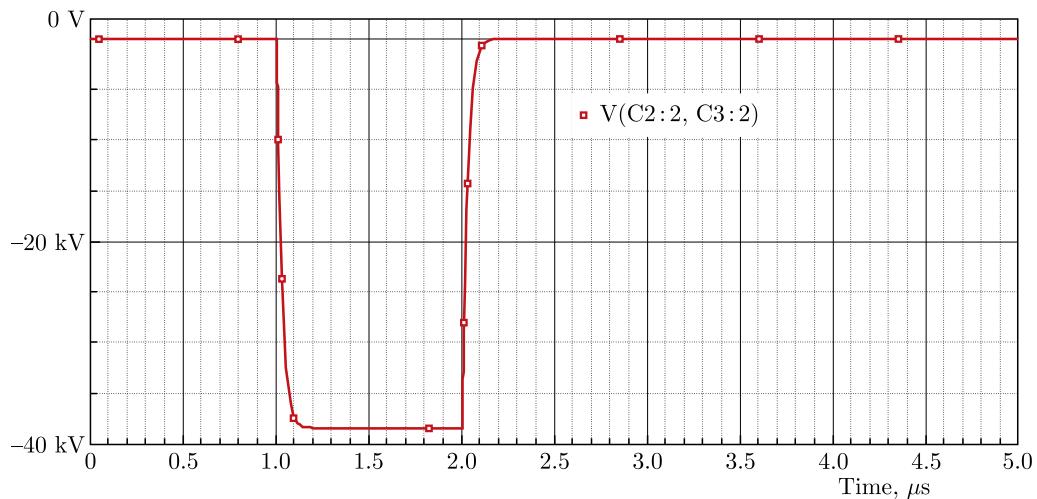


Рис. 4. Осциллограмма расчетного напряжения между пластинами

Расчетное напряжение между пластинами показано на рис. 4. Длительность импульса регулируется изменением времени задержки между включением коммутаторов.

## 2. СХЕМА С ТИРАТРОННЫМИ КОММУТАТОРАМИ

В качестве коммутаторов можно использовать водородные тиаратроны. По рабочим напряжениям, импульсным токам и временными параметрам этим практически идеально, хотя и затруднительно в управлении и эксплуатации. Реальная схема с тиаратронами типа ТДИ [2] показана на рис. 5.

Генератор такого типа был изготовлен и испытан на максимальное напряжение между пластинами 55 кВ. Внешний вид конструкции показан на рис. 6.

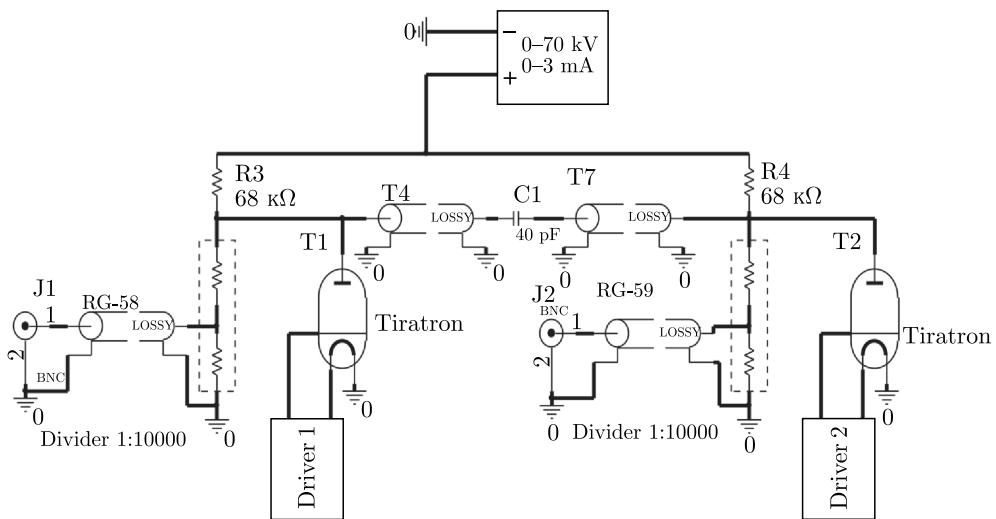


Рис. 5. Генератор с тиратронными коммутаторами



Рис. 6. Стойка с тиратронными коммутаторами

### 3. СХЕМА С ТИРИСТОРНЫМИ КОММУТАТОРАМИ

В качестве коммутаторов можно использовать высоковольтные сборки из быстрых тиристоров, позволяющие получить время коммутации около 200 нс при реальном напряжении коммутации до 40 кВ. Схема такого генератора приведена на рис. 7.

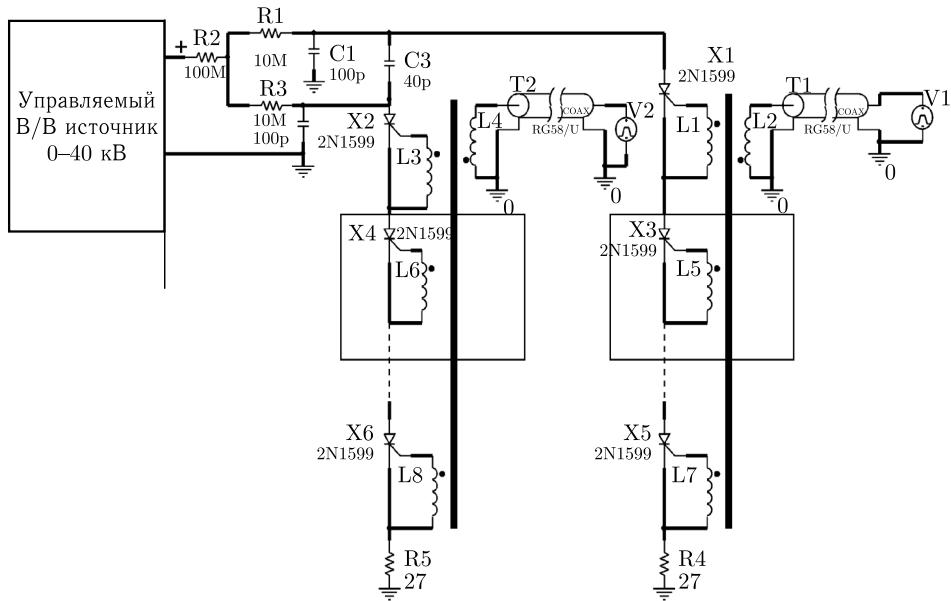


Рис. 7. Схема двухканального тиристорного генератора прямоугольных импульсов



Рис. 8. Опытный образец генератора с тиристорными коммутаторами на испытаниях

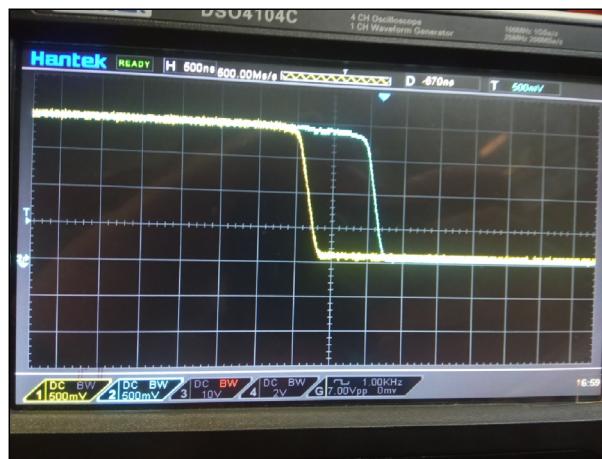


Рис. 9. Осциллограммы напряжений на отклоняющих пластинах

Изготовлен опытный образец на базе отечественных тиристоров ТБИ933-250-36. Внешний вид стойки из двух сборок по 14 тиристоров с запускающими трансформаторами представлен на рис. 8.

Сборка рассчитана на рабочее напряжение до 40 кВ. Проведены эксперименты на реальных отклоняющих пластинах бустера. Осциллограммы напряжений на пластинах показаны на рис. 9.

#### 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Проведены эксперименты на реальных отклоняющих пластинах бустера. Имитировалась частота инжеクции 10 Гц. Осциллограммы напряжений на пластинах приведены на рис. 10.

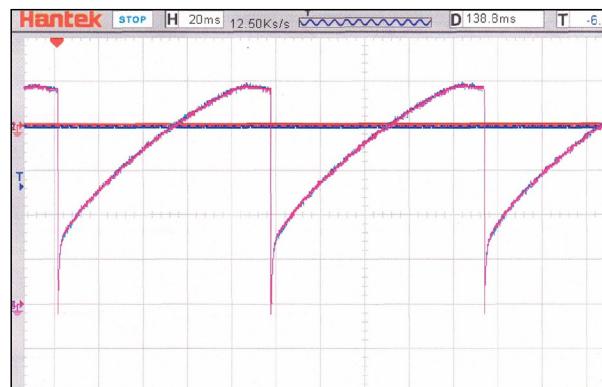


Рис. 10. Напряжение на инфлекторных пластинах (10 кВ/дел.) при цикличности 10 Гц

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Показана возможность использования пары тиристорных или тиратронных коммутаторов для формирования прямоугольных импульсов воздействия при инжекции ионных пучков в бустер нуклotronа. Разработаны конкретные схемы и конструкции устройств на базе отечественных тиристоров и тиратронов.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Ускорительно-накопительный комплекс NICA (Nuclotron-based Ion Collider fAcility) / Ред.: И. Н. Мешков, А. О. Сидорин. Технический проект. 2009.
2. Официальный сайт ООО «Импульсные технологии». [www.pulsetech.ru](http://www.pulsetech.ru).

Получено 28 октября 2024 г.