

УДК 004.942, 004.383.4

## **АППАРАТУРА ПИТАНИЯ ЛИНЕЙНОГО БАНЧЕРА IBN1 КАНАЛА ИНЖЕКЦИИ ЦИКЛОТРОНА DC-110**

**Волкова Ирина Васильевна<sup>1</sup>, Горбунов Николай Васильевич<sup>2</sup>,  
Лебедев Николай Иванович<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Студентка;

ГОУ ВПО «Международный Университет природы, общества и человека «Дубна»,  
Институт системного анализа и управления;  
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19;  
e-mail: voliv89@mail.ru.

<sup>2</sup> Начальник сектора;

Объединенный институт ядерных исследований,  
Лаборатория Физики Высоких Энергий;  
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6;  
e-mail: gorbunov@sunse.jinr.ru.

<sup>3</sup> Начальник сектора;

Объединенный институт ядерных исследований,  
Лаборатория Физики Высоких Энергий;  
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6;  
e-mail: lebedev@sunse.jinr.ru.

Статья посвящена разработке и моделированию системы питания линейного банчера циклотрона DC-110 с системой коррекции сигнала. В результате проведенного моделирования показана возможность создания системы питания банчера для получения сгруппированного пучка частиц на входе в ускоритель.

Ключевые слова: ускоритель заряженных частиц, циклотрон, магнитное поле, трековая мембрана, банчер.

## **THE EQUIPMENT SUPPLY LINE BANCHER IBN1 FOR INJECTION CHANNEL OF THE CYCLOTRON DC-110**

**Volkova Irina<sup>1</sup>, Gorbunov Nikolay<sup>2</sup>, Lebedev Nikolay<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Student;

Dubna International University of Nature, Society, and Man,  
Institute of system analysis and management;  
141980, Dubna, Moscow reg., Universitetskaya str., 19;  
e-mail: voliv89@mail.ru.

<sup>2</sup> Chief of sector;

Join institute for nuclear research,  
Laboratory of High Energy Physic;  
141980, Moscow reg., Dubna, Joliot-Curie, 6;  
e-mail: nikolai\_gorbunov@mail.ru.

<sup>2</sup> Chief of sector;

Join institute for nuclear research,  
Laboratory of High Energy Physic;  
141980, Moscow reg., Dubna, Joliot-Curie, 6;  
e-mail: lebedev@sunse.jinr.ru.

*The article describes schematic design and simulation of the line buncher power system with signal form correction system. The result of simulation shows the possibility the development of the DC-110 cyclotron buncher power system, which is designed to produce a bunched beam of particles.*

**Keywords:** particle accelerators, cyclotron, the magnetic field, track membrane, buncher.

Актуальной задачей российской науки на современном этапе становится внедрение достижений фундаментальных научных исследований в производственную практику.

Одно из таких направлений – мембранные технологии разделения веществ, находят все более широкое применение в современных химико-технологических процессах, в частности, в процессах получения пресной воды, очистки сточных вод, получения высокочистой воды для электронной промышленности, очистки инъекционных растворов в медицине, получения особо чистых вакцин и других биопрепаратов.

Трековая мембрана изобретена и изготавливается в Объединенном Институте Ядерных Исследований (г. Дубна). Это тонкая полимерная пленка, обработанная на молекулярном уровне для получения строго координированных пор диаметром 0,1 микрон с плотностью до 400 миллионов на 1 см<sup>2</sup> (рис.1).

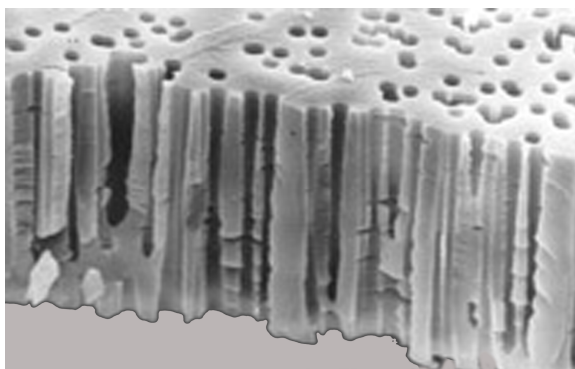


Рис. 1. Внешний вид трековой мембраны

Для изготовления трековых мембран в ОИЯИ используется циклотрон – циклический ускоритель нерелятивистских тяжёлых заряженных частиц (протонов, ионов), в котором частицы движутся в постоянном и однородном магнитном поле, а для их ускорения используется высокочастотное электрическое поле неизменной частоты.

Схема устройства циклотрона показана на рис.2. Тяжелые заряженные частицы попадают в камеру из инжектора вблизи центра камеры и ускоряются переменным полем фиксированной частоты, приложенным к ускоряющим электродам.

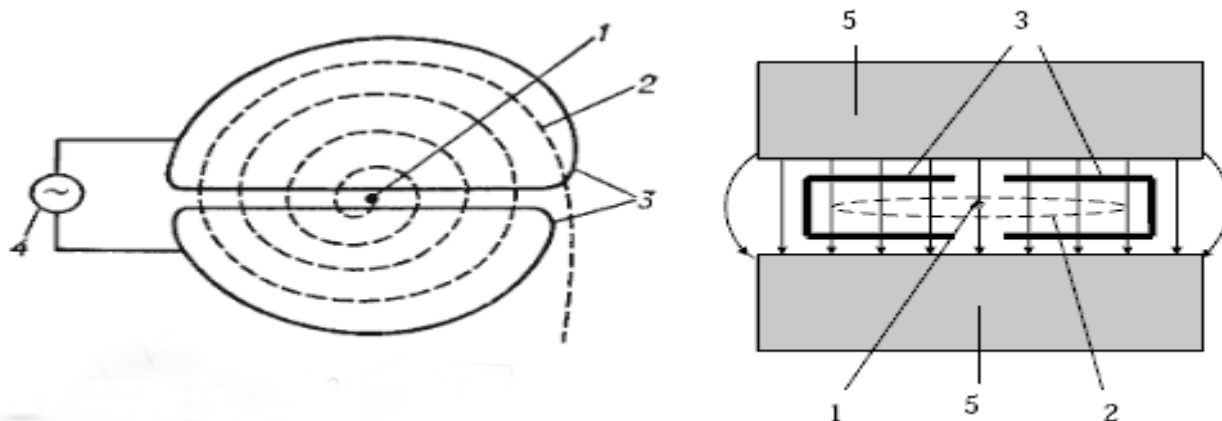


Рис. 2. Схема циклотрона: вид сверху и сбоку: 1 – источник тяжелых заряженных частиц, 2 – орбита ускоряемой частицы, 3 – ускоряющие электроды (дуанты), 4 – генератор ускоряющего поля, 5 – электромагнит

В зазоре между дуантами частицы ускоряются импульсным электрическим полем (внутри полых металлических дуантов электрического поля нет). В результате энергия и радиус орбиты возрастают. Повторяя ускорение электрическим полем на каждом обороте, энергию и радиус орбиты доводят до максимально допустимых значений. На последнем витке спирали включается отклоняющее электрическое поле, выводящее пучок наружу. Постоянство магнитного поля и частоты ускоряющего поля делают возможным непрерывный режим ускорения.

Для получения сгруппированного пучка частиц на входе в ускоритель используется банчер. Группировка позволяет увеличить число ионов, захваченных в режим ускорения, путем изменения их фазы, по отношению к фазе захвата.

Конструктивно банчер это две параллельные сетки, натянутые на прямоугольные рамки, в зазоре между которыми создается группирующее электрическое поле.

Функциональная блок – схема аппаратуры питания банчера (АПБ) приведена на рис. 3. АПБ состоит из двух блоков: блока контроллера и блока силового ключа с системой коррекции формы сигнала (БСКСК). Блок контроллера выполнен в стандартном модуле евromеханики размером 3U. Блок силового ключа выполнен в виде автономного устройства и располагается у фланца крепления банчерных сеток.

Данная статья посвящена разработке и моделированию блока силового ключа с системой коррекции формы сигнала. В качестве среды моделирования использовалась программа PSpice из программного пакета OrCAD 16.5 [1]. Критически важной частью БСКСК, определяющей необходимость моделирования был выбор транзистора 102N06A [2].

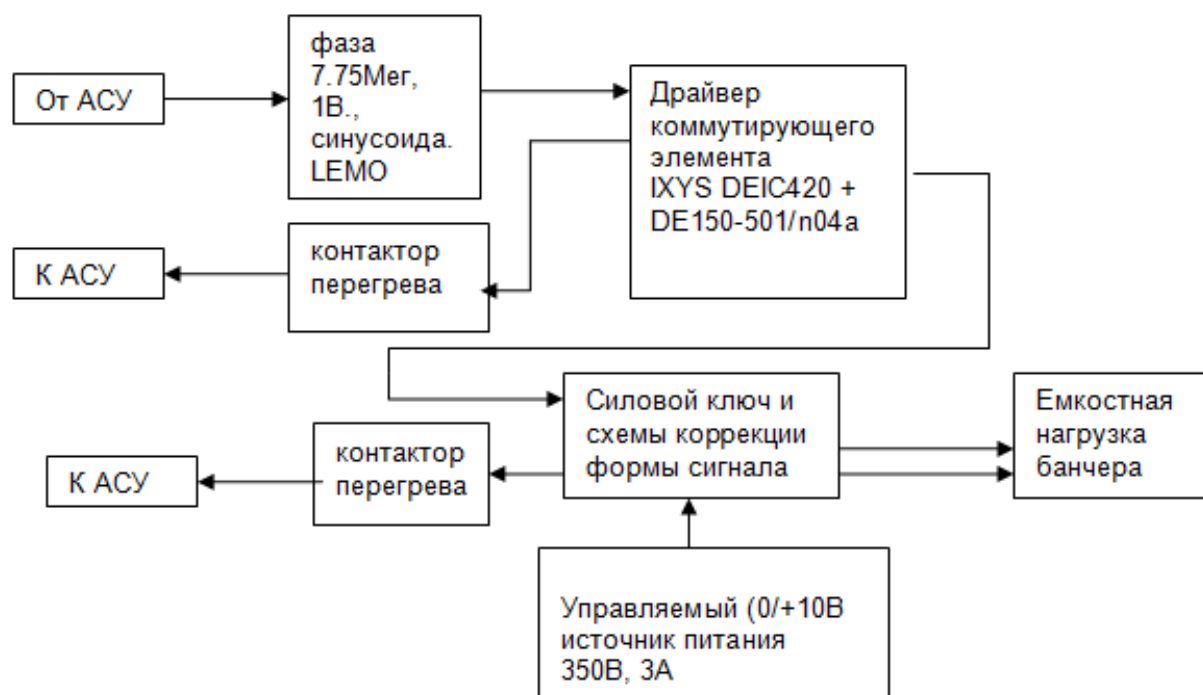


Рис. 3. Блок-схема аппаратуры питания банчера

На рис. 4. представлена принципиальная схема БСКСК.

Необходимость детального моделирования семы определялась противоречивым набором требований на формирующее поле: одним из важнейших, среди которых было требование на формирование переднего фронта ускоряющего импульса лучше 10 нсек при амплитуде сигнала порядка 500В.

Результаты моделирования приведены на рис. 5.

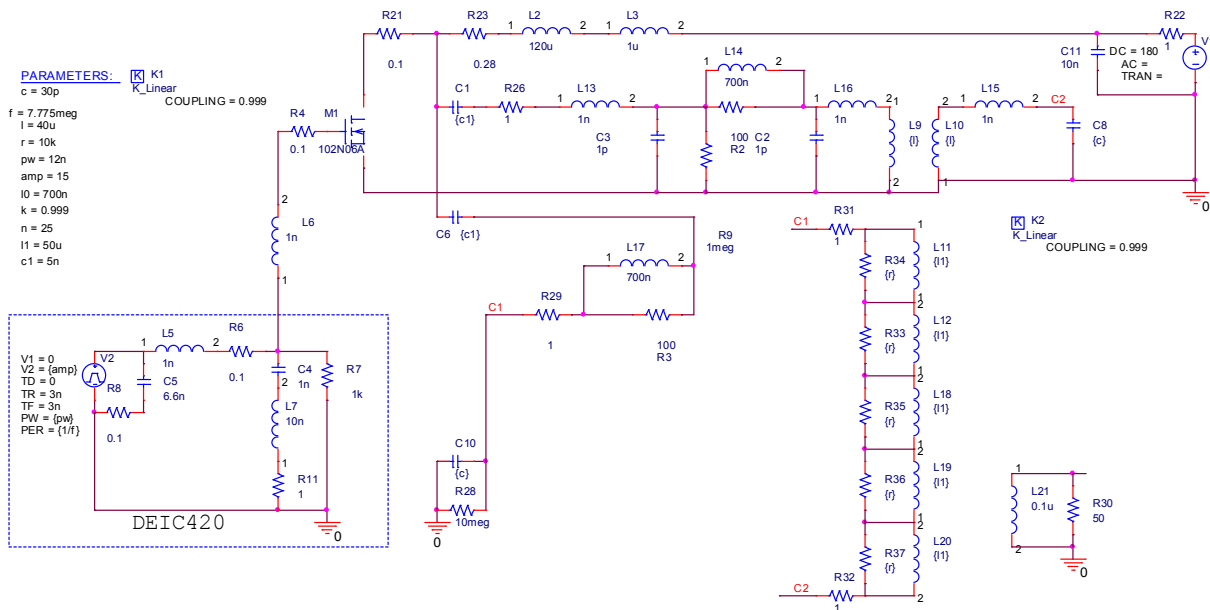


Рис. 4. Принципиальная схема БСКСК

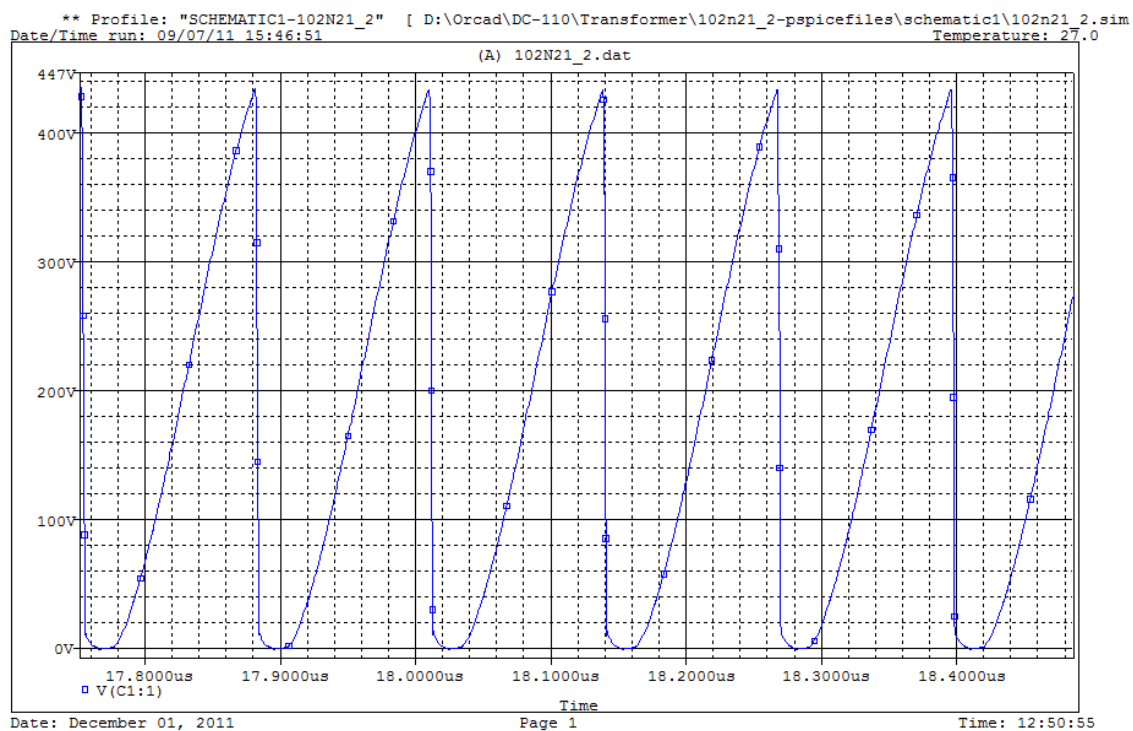


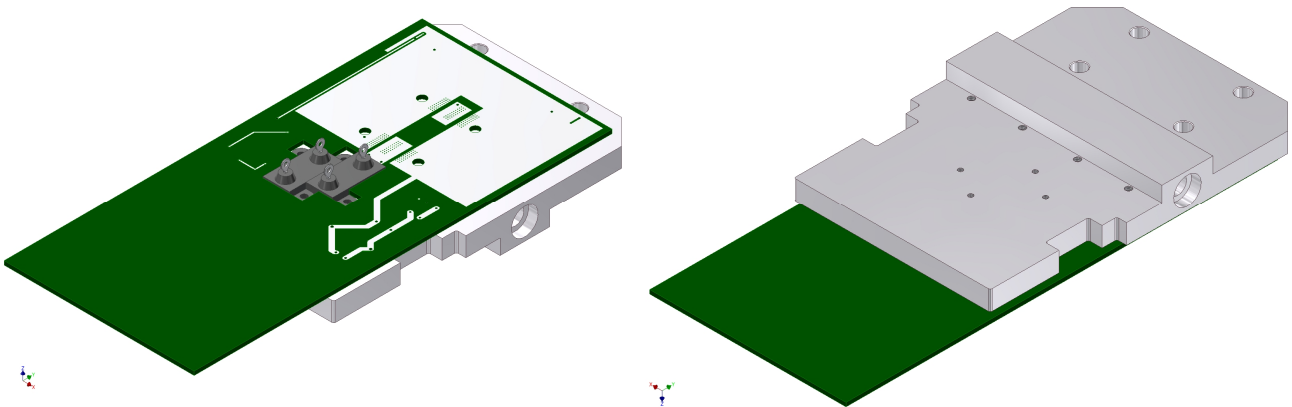
Рис. 5. Результаты моделирования БСКСК

В результате проведенного моделирования показана возможность создания системы питания банчера, соответствующая требуемым параметрам.

При реализации реального прототипа системы питания большое внимание уделялось системе охлаждения ключевого элемента системы питания – транзистора 102N06A.

Основное требование разработки- система охлаждения должна вносить минимальную емкость в нагрузку. Увеличение этой емкости приводит к затяжке фронтов и, как следствие, к снижению качества формирования пучка.

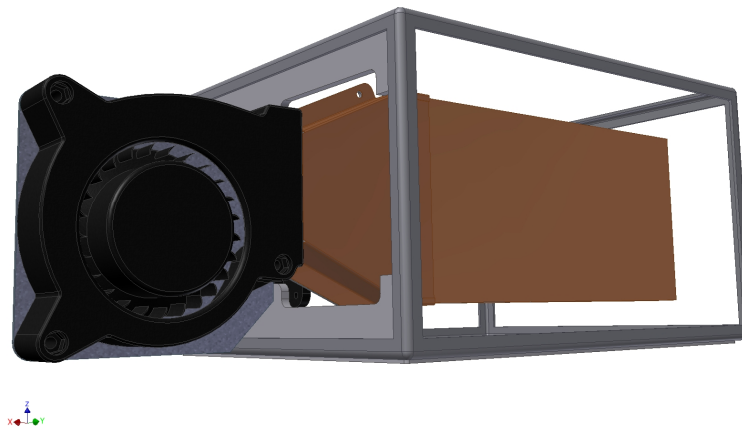
В качестве среды разработки конструкции системы охлаждения использовалась AutoDESK Inventor. Работаны два варианта системы: с жидкостным и воздушным охлаждением. На рис. 6 приведены два вида системы с водяным охлаждением, а на рис. 7 показан вариант системы с воздушным охлаждением.



*Рис.6. Система водяного охлаждения БСКСК*

При натурных испытаниях системы с водяным охлаждением было показано значительное увеличение емкостной нагрузки, и как следствие, необходимость разработки другого варианта охлаждения.

Второй вариант системы – на основе воздушного охлаждения обеспечил внесение существенно меньшей емкости в нагрузку.



*Рис. 7. Система воздушного охлаждения БСКСК*

На рис. 8 приведены осциллограммы измеренного сигнала на выходе системы питания ванчера, из которых видно, что достигнуты требуемые параметры выходного сигнала.