

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АППАРАТУРА ДЛЯ МАГНИТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ НА МАКЕТЕ «БЕЗЖЕЛЕЗНОГО» УДАРНОГО МАГНИТА С КОРРЕКТИРОВКОЙ ВЕРШИНЫ ИМПУЛЬСА ВОЗДЕЙСТВИЯ

Н. И. Лебедев¹, А. А. Фатеев

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

В ОИЯИ разрабатывается концепция использования ударных магнитов, не имеющих ферромагнитных сердечников, в схемах ввода и вывода пучков в циклических ускорителях. Для такого типа магнитов разрабатываются варианты схем питания, позволяющие достигнуть необходимых пространственных и временных характеристик интегрального импульса воздействия на пучок. В данной работе представлены результаты моделирования и макетирования транзисторных схем питания, позволяющих проводить относительные магнитные измерения при пониженных величинах токов и напряжений, но с реальными формами импульсов.

JINR is developing a concept of kicker magnets that do not have ferromagnetic cores to be used for injection and extraction of beams in cyclic accelerators. For this type of magnets, several variants of power circuits are developed that make it possible to achieve the necessary spatial and time-domain characteristics of the integral pulse impacting at the beam. In this paper, we present the results of simulation and prototyping of transistor power circuits that allow us to carry out relative magnetic measurements with reduced values of currents and voltages, but with real pulse shapes.

PACS: 49.85.Lc

ВВЕДЕНИЕ

При выводе пучков с размерами, значительно меньшими размеров камеры, в зоне вывода часто используют предварительное адиабатическое смещение пучка в сторону вывода — так называемый бамп. Это позволяет существенно снизить требования к величине интеграла поля ударного магнита.

Для таких вариантов вывода пучков была предложена «несимметричная» конструкция ударного магнита без ферромагнитного сердечника [1]. Магнитное поле в области выводимого пучка формируется парой токонесящих проводников и проводящим экраном. Импульс воздействия ударного магнита должен, как правило, иметь достаточно высокую плоскостность вершины в течение этого воздействия. Предлагается система питания, основанная на схемах с апериодическим разрядом сосредоточенной емкости на индуктивную нагрузку. Такая схема позволяет сформировать колоколообразный импульс. Для

¹E-mail: lebedev@sunse.jinr.ru

формирования плоской вершины воздействующего импульса предлагается установить дополнительные токовые проводники с колоколообразным импульсом воздействия меньшей длительности, амплитуды и противоположным по направлению. Для экспериментальной проверки возможности получения плоской вершины результирующего магнитного поля был изготовлен макет длиной 1 м.

На этом макете были измерены реальные индуктивности и коэффициент связи пар проводников на частоте 100 кГц. По полученным данным была разработана Spice-модель эквивалентной электронной схемы питания для предварительных расчетов.

1. SPICE-МОДЕЛЬ МАКЕТА

Схема Spice-модели представлена на рис. 1. В качестве обмоток ударного магнита применена модель воздушного трансформатора TX1. Коммутаторы емкостных накопителей C1 и C2 реализованы на модели идеальных ключей S1 и S2. Схемы коммутаторов

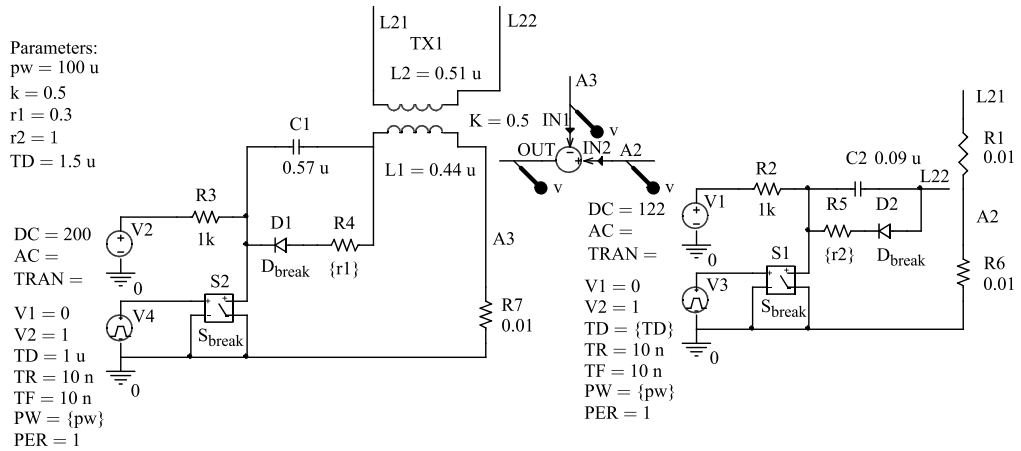


Рис. 1. Схема Spice-модели

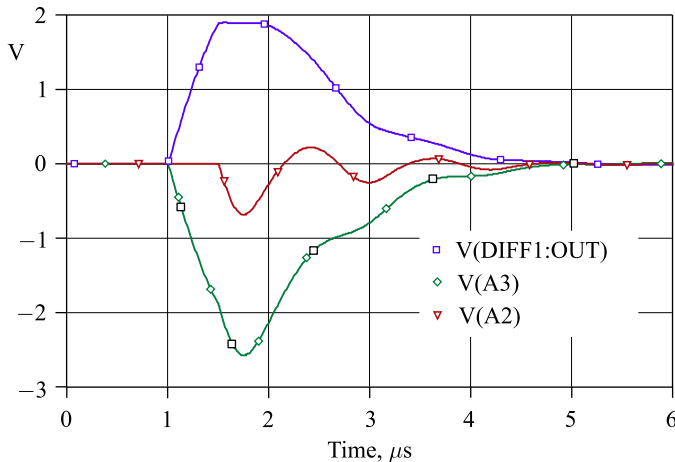


Рис. 2. Моделирование суммарного тока

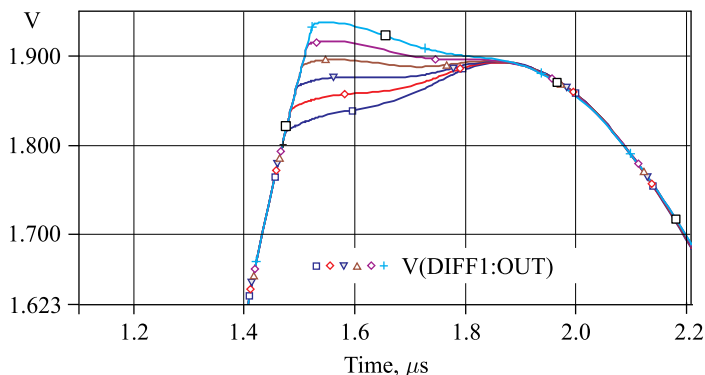


Рис. 3. Изменение формы вершины суммарного импульса при сканировании задержки генератора V3

питаются от источников V1 и V2. Импульсы запуска формируются генераторами V3, V4. Дифференциальный датчик тока с математическим сложением импульсов отображает результаты работы устройства. Модель схемы позволяет сканировать физические значения всех элементов схемы для определения требуемых параметров импульсных токов в обмотках и формирования плоской вершины суммарного импульса.

На рис. 2 представлены результаты вычислений токов в обмотках и математического вычитания токов обмоток при оптимизированных значениях параметров компонентов схемы модели.

На рис. 3 приведены результаты математического вычитания токов обмоток при оптимизированных значениях параметров компонентов схемы модели и сканировании времени задержки импульса запуска генератора V3 от 1,47 до 1,52 мкс с шагом 10 нс.

2. ТРАНЗИСТОРНАЯ СХЕМА ПИТАНИЯ

Для экспериментальной проверки расчетных результатов была разработана схема импульсного генератора на высокоскоростных транзисторах типа IRG4PC50K. Схема на транзисторах аналогична схеме, представленной на рис. 1.

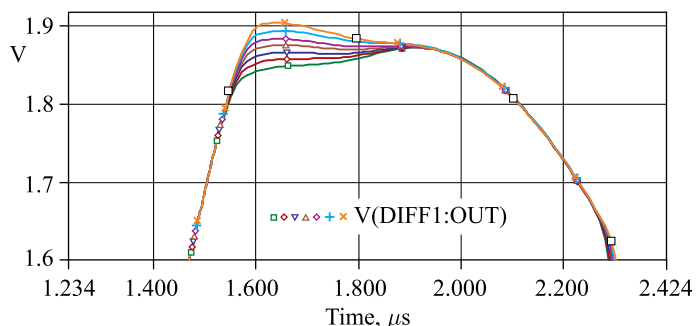


Рис. 4. Изменение формы вершины суммарного импульса при сканировании задержки одного из генераторов запуска для транзисторного макета

На рис. 4 показаны результаты формирования суммарного импульса тока транзисторной схемой при сканировании времени задержки импульса запуска одного из генераторов в диапазоне от 1,47 до 1,52 мкс с шагом 10 нс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для экспериментальной проверки были разработаны и изготовлены два импульсных генератора с транзисторными коммутаторами и дифференциальный измеритель магнитного поля на основе катушки индуктивности и двух каналов осциллографа.

Восстановленная по реальным результатам измерений реальная форма поля в макете ударного магнита представлена на рис. 5.

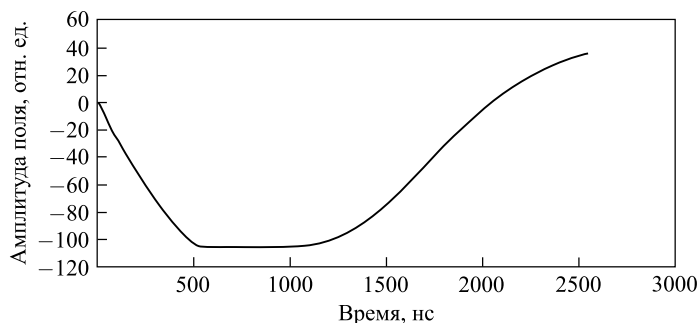


Рис. 5. Восстановленная форма импульса магнитного поля

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Aleksandrov V., Fateev A.A., Tuzikov A.* The Nonsymmetrical Variant of the Nonferromagnetic Extraction Kicker Magnet of the NICA Booster // Proc. of Russ. Particle Accelerator Conf. (RuPAC 2016), St. Petersburg, Russia, 2016. P. 566–568.