

ИМПУЛЬСНЫЙ МАГНИТ ДЛЯ КОММУТАЦИИ ПАКЕТОВ ЭЛЕКТРОННЫХ СГУСТКОВ С ЭНЕРГИЕЙ 15 МэВ

ЗАВЬЯЛОВ В. В., СЕМЁНОВ В. К.

Описан безжелезный магнит, который из электронного пучка импульсного микротрона выделяет отдельные импульсы тока. Рабочее поле 1.4 кГс создается в зазоре 12 мм между двумя плоскими катушками, размещенными внутри вакуумной камеры. Для питания катушек использован простой генератор синусоидальных импульсов амплитудой 300 А и длительностью 66 мкс. При частоте повторения импульсов 400 Гц потребляемая мощность 660 Вт.

Электронный пучок, формируемый микротроном в импульсно-периодическом режиме, представляет собой последовательность пакетов электронных сгустков, следующих друг за другом с частотой импульсной модуляции ускоряющего поля [1]. Для исследования ондуляторного излучения нам потребовались лишь однократные пакеты сгустков, синхронизированные с импульсным питанием ондулятора. Запуск самого микротрона в режиме формирования однократного импульса тока ограничен техническими возможностями используемого магнетрона. Практически более целесообразно выделить один пакет из выведенного пучка, используя импульсный отклоняющий магнит.

Изготовленный нами магнит позволяет пропустить в рабочий тракт выбранный электронный пакет, не подвергая его воздействию магнитного поля, а весь остальной пучок — выбросить на буферную мишень. Импульсы питающего магнит тока синхронизованы с импульсами тока микротрона через логическую схему разрешения запуска. Для того чтобы пропустить нужный пакет в канал транспор-

тировки, разрешение на запуск магнита не выдается. Такой способ коммутации позволяет существенно ослабить требования как к однородности поля в магните, так и к форме питающего его импульса тока.

Конструкция магнита показана на рис. 1. Две плоские однослойные катушки закреплены на диэлектрических подставках на расстоянии 12 мм друг от друга и установлены внутри вакуумной камеры, изготовленной из нержавеющей стали. Катушки изготовлены из медной трубки ϕ 4 мм с толщиной стенки 0,5 мм, которая для придания ей овальной формы отжигалась и прокатывалась между установленными с зазором 2 мм вальцами. После этого трубка наматывалась на оправку нужной формы. Для того чтобы деформация трубки была однородной, внутри нее во время изгиба создавалось гидростатическое давление масла ~ 50 атм. После вторичного отжига и химической очистки между витками прокладывались полоски бумаги толщиной 0,2 мм и катушки проклеивались эпоксидной смолой. Концы катушек впаяны в патрубки водяного охлаждения, которые од-

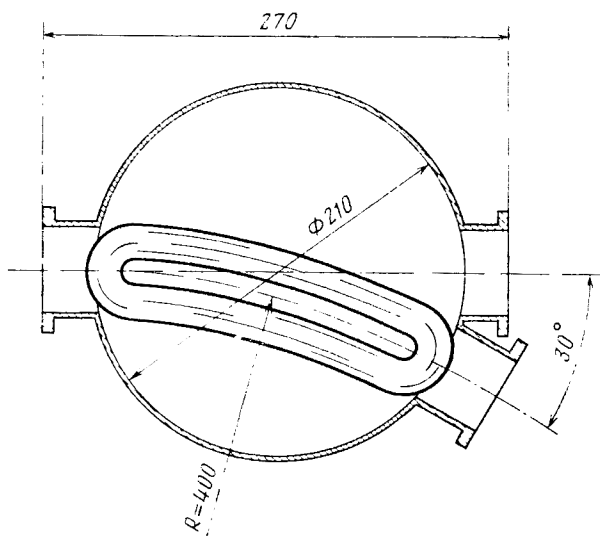


Рис. 1. Схема расположения отклоняющих катушек внутри вакуумной камеры магнита

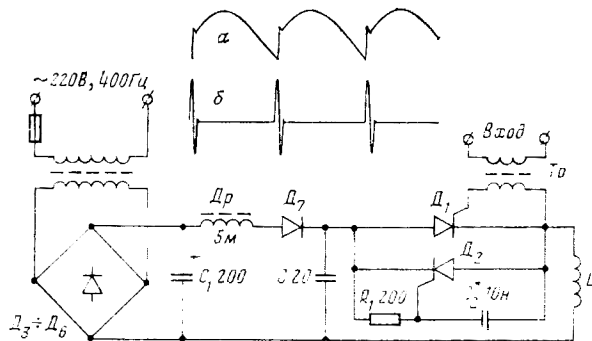


Рис. 2. Принципиальная схема генератора синусоидальных импульсов тока и осциллограммы тока через дроссель D_r (а) и отклоняющие катушки L (б). D_1, D_2 — ТЧ-25, $D_3 \div D_7$ — В-25; C_1 — МБГО-2, МБГВ; T_p — МИТ-4

новременно являются токоподводами. Электрически катушки соединены последовательно, по водяному охлаждению — параллельно. Для создания электрической развязки охлаждающая катушка вода подается по диэлектрическим шлангам.

Принципиальная схема генератора синусоидальных импульсов, использованного для питания магнита, приведена на рис. 2. Накопительным элементом схемы является конденсатор C , который совместно с катушками отклоняющей системы L образует колебательный контур, управляемый ключами на тиристорах D_1, D_2 . Дроссель D_r и диод D_7 служат для развязки колебательного контура LC от источника питания. Благодаря встречному включению тиристоров ток в контуре LC после подачи на D_1 запускающего импульса совершает одно полное колебание. В результате энергия, за-

траченная на создание магнитного поля, частично возвращается в накопитель. Для отпирания тиристора D_2 в цепь его управляющего электрода включен делитель R_1, C_2 . Емкость конденсатора C_2 определяется резонансной частотой контура LC и ее необходимо подобрать. С целью повышения экономичности схемы в генераторе использован резонансный режим подзарядки накопителя, так как энергетически более выгодно использовать не аперриодический, а колебательный переходный процесс в цепи D_r, C . При этом параметры элементов схемы подбираются так, чтобы очередной цикл разряда конденсатора C через катушки L начинался при максимальном напряжении на C . Соответствующие этому режиму осциллограммы тока через D_r и L приведены на рис. 2.

Генератор при напряжении на выпрямителе 600 В позволяет получать синусоидальные импульсы тока с амплитудой 300 А на нагрузке индуктивностью 22 мкГн. Длительность импульсов (полупериод) 66 мкс, частота повторения 400 Гц. При этом рассеиваемая в колебательном контуре мощность составляет 660 Вт. В схеме использованы высокочастотные тиристоры ТЧ-25. Конденсаторная батарея C составлена из восьми параллельно-последовательно соединенных конденсаторов МБГО-2 (10 мкФ, 630 В), собственная резонансная частота которых выше резонансной частоты контура LC [2]. Схема запускается от импульсного генератора Г5-15.

Описанная схема может быть использована и для других целей, например для питания импульсных магнитных инфлекторов ускорителей. В этом случае с целью улучшения формы импульса в схему параллельно накопительной емкости дополнительно вводится LC -цепь [3]. Кроме того, конструкция отклоняющих катушек позволяет в случае необходимости повысить однородность поля в магните [4]. Для облегчения температурного режима работы катушек ток обратного знака (полупериод) можно пропустить по дополнительной внешней катушке большей добротности, которую, кроме того, можно использовать в качестве индуктивного накопителя [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Капица С. П., Мелегин В. Н., Закиров В. С. и др. // ПТЭ. 1969. № 1. С. 13.
2. Горячева Г. А., Добромислов Е. Р. Конденсаторы (справочник). М.: Радио и связь, 1984.
3. Всеволожская Т. А., Пакин В. Н., Сильвестров Г. П. // Атомная энергия. 1967. Т. 22. Вып. 3. С. 210.
4. Ушаков И. И. // ПТЭ. 1968. № 3. С. 175.
5. Карпенко М. М., Хрусталева Б. П. // ПТЭ. 1976. № 3. С. 194.

Институт физических проблем АН СССР,
Москва

Поступила в редакцию 16.VII.1986