

- [7] А н и щ е н к о В.С. Стохастические колебания в радиофизических системах. — Изд. Саратовского государственного университета, 1985, с. 180.

Харьковский
физико-технический институт
АН УССР

Поступило в Редакцию
18 марта 1987 г.

Письма в ЖТФ, том 13, вып. 12

26 июня 1987 г.

РЕЛЯТИВИСТСКИЙ МАГНЕТРОН, РАБОТАЮЩИЙ В РЕЖИМЕ ЦУГА ИМПУЛЬСОВ

В.В. В а с и л ь е в, И.И. В и н т и з е н к о,
А.Н. Д и д е н к о, Е.И. Л у к о н и н,
А.С. С у л а к ш и н, Г.П. Ф о м е н к о,
Э.Г. Ф у р м а н

Практическое использование приборов релятивистской высокочастотной электроники [1] сдерживается недостаточным исследованием их работы в импульсно-периодическом режиме. В настоящее время реализованы лишь некоторые типы генераторов (карсинотрон, оротрон), возбуждаемых интенсивными потоками электронов от ускорителей прямого действия с частотой следования импульсов тока до 100 Гц [2, 3].

В данном сообщении приведены первые результаты экспериментальных исследований в режиме цуга наносекундных импульсов одного из наиболее эффективных СВЧ-генераторов — магнетрона, источником напряжения которого служила секция линейного индукционного ускорителя [4].

Используемая в эксперименте секция ЛИУ построена по разработанной в НИИ ядерной физики при ТПИ новой компоновочной схеме, в основу которой положен принцип конструктивного совмещения в пределах единого корпуса всех основных узлов: ферромагнитной индукционной системы, генератора импульсного напряжения в виде двойной формирующей полосковой линии (ДФЛ) из четырех обкладок, уложенных по спирали Архимеда поверх ферромагнитных сердечников, коммутатора — многоканального разрядника, системы размагничивания ферромагнитных сердечников и электронной пушки [5].

Схема экспериментальной установки показана на рис. 1.

Индукционная система ускорителя состоит из 12 ферромагнитных сердечников с 8 намагничивающими витками каждый. Для уменьшения волнового сопротивления в ускорителе используется параллельная работа на индукционную систему восьми (по числу намагничи-

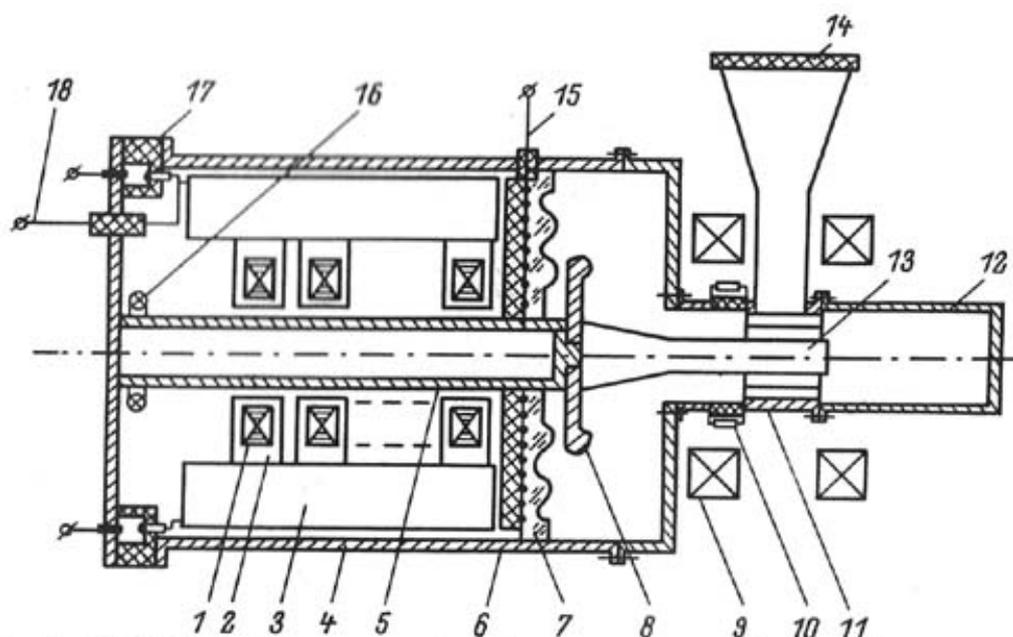


Рис. 1. Схема экспериментальной установки. 1 - ферромагнитный сердечник, 2 виток намагничивания, 3 - полосковая ДФЛ, 4 - корпус, 5 - катододержатель, 6 - спиралевидная обмотка, 7 - изолятор, 8 - защитный экран, 9 - магнитная система, 10 - шунт рабочего тока магнетрона, 11 - анодный блок релятивистского магнетрона, 12 - труба дрейфа, 13 - катод, 14 - антенна вывода СВЧ-излучения, 15 - клемма источника размагничивания, 16 - пояс Роговского полного тока, 17 - многоканальный разрядник, 18 - ввод высокого напряжения заряда ДФЛ.

вающих витков) одинаковых ДФЛ. Особенностью ДФЛ является применение слабопроводящего покрытия краев ее обкладок, в результате чего устраняется краевой эффект, имеющий место в полосковых линиях. Коммутация ДФЛ осуществляется 24-х канальным разрядником тригatronного типа с управлением по принципу „искажения поля“. В номинальном режиме зарядное напряжение ДФЛ составляет $40 \div 42$ кВ, что для 12 ферромагнитных сердечников соответствует при согласованной (130 Ом) нагрузке напряжению на катоде $450 \div 480$ кВ.

Ускоритель обеспечивает частоту следования импульсов в непрерывном режиме до 50 Гц, в цуговом режиме из $5 \div 10$ импульсов - до 160 Гц. Длительность непрерывного частотного режима определяется в основном скоростью прокачки газом рабочего объема разрядников. Дальнейшее увеличение частоты следования импульсов в цуге ограничивается временными характеристиками схемы зарядки ДФЛ.

В эксперименте использовался 6-резонаторный магнетрон 10-см диапазона длин волн [6]. Магнитная система была выполнена из двух катушек, образующих пару Гельмгольца, и позволяла получать магнитное поле индукцией до 0.6 Т. Схема питания магнитной сис-

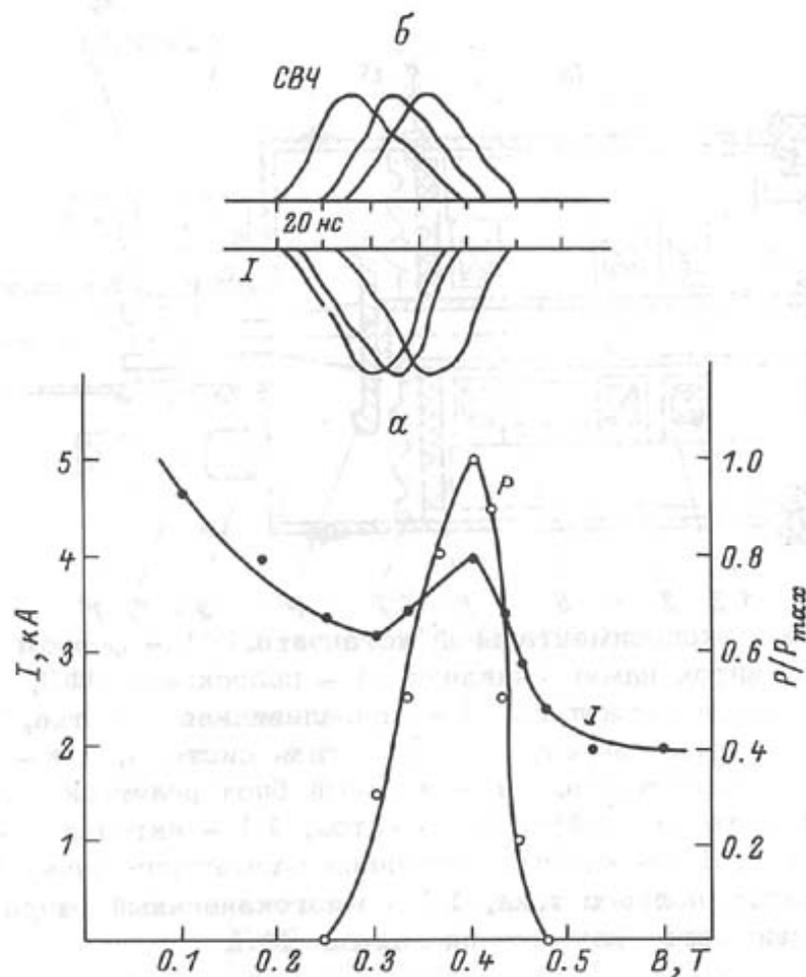


Рис. 2. а) Зависимость рабочего тока магнетрона I и мощности СВЧ-излучения P от величины магнитного поля. б) Осциллограммы рабочего тока магнетрона I и огибающей СВЧ-импульса (СВЧ).

темы работала в режиме однократных импульсов, однако большая длительность импульса тока (~ 100 мс) позволяла реализовать режим цуга трех 80-наносекундных импульсов напряжения магнетрона с частотой следования 160 Гц при практически постоянной величине магнитного поля.

С целью устранения „паразитного“ обратного тока [7], приводящего к пробое высоковольтного изолятора электронной пушки, на катододержателе устанавливался защитный экран, пересекающий соединяющие радиальный изолятор и область инжекции силовые линии магнитного поля.

На рис. 2, а приведены зависимости рабочего тока магнетрона и мощности СВЧ-излучения от величины магнитного поля. Напряжение ускорителя составляло ~ 300 кВ. В максимуме мощность СВЧ-импульсов достигала величины 360 МВт, что соответствует электронному КПД, равному 30%.

Характерной особенностью работы релятивистского магнетрона в этом эксперименте является рост рабочего тока в области синхронного магнитного поля.

Это явление, типичное для высокоэффективных низковольтных магнетронов, в релятивистской электронике отмечалось ранее лишь для обращенных магнетронов [8]. Подобный режим токового резонанса возможен лишь при сравнимых величинах напряженности электрической составляющей высокочастотного поля и постоянного электрического поля в межэлектродном зазоре и проявляется, по-видимому, в диодах, имеющих без ВЧ поля сравнительно малые токи.

Основной задачей нашего эксперимента являлась демонстрация возможности работы релятивистского магнетрона с периодическим следованием импульсов напряжения. Как уже говорилось, был реализован режим цуга из 3-х импульсов. Рис. 2,б представляет типичные осциллограммы импульсов СВЧ-излучения и рабочего тока магнетрона. Временной разброс импульсов обусловлен особенностями работы осциллографов С7-10Б в режиме самосинхронизации.

Обращает на себя внимание хорошая повторяемость амплитуды и формы регистрируемых импульсов тока и огибающей СВЧ-сигнала. Аналогичные импульсы были получены и при однократном режиме работы ускорителя. Следует отметить и близкое совпадение формы импульсов тока и СВЧ, что может свидетельствовать о высокой эффективности использования энергии ускорителя и малом времени установления колебаний, составляющим единицы нс.

Таким образом, в результате этих экспериментов впервые показана возможность эффективной работы релятивистского магнетрона в импульсно-периодическом режиме с частотой следования импульсов, по крайней мере, не менее 160 Гц и использованием в качестве источника напряжения секции ЛИУ.

Л и т е р а т у р а

- [1] Гапонов-Грехов А.В., Петелин М.И. - Вестник АН СССР, 1979, № 4, с. 11-23.
- [2] Белоусов В.И., Бункин Б.В., Гапонов-Грехов А.В., Ельчанинов А.С., Загулов Ф.Я., Ковалев Н.Ф., Коровин С.Д., Месяц Г.А., Петелин М.И., Прохоров А.М., Осипов М.Л., Сисикян И.Н., Сморгонский А.В. - Письма в ЖТФ, 1978, т. 4, № 23, с. 1443-1447.
- [3] Братман В.Л., Денисов Г.Г., Коровин С.Д., Офицеров М.М., Полевин С.Д., Ростов В.В. - В сб.: Релятивистская высокочастотная электроника, в. 4, Горький, ИПФ АН СССР, 1984, с. 119-176.
- [4] Канаев Г.Г., Перелыгин С.Ф., Сулакшин А.С., Фоменко Г.П., Фурман Э.Г.,