

09;10
©1995

КОГЕРЕНТНЫЕ ПРОЦЕССЫ В СИСТЕМЕ ДВУХ СВЯЗАННЫХ РЕЛЯТИВИСТСКИХ МАГНЕТРОНОВ

*Г.Г.Канаев, С.С.Новиков, А.С.Сулакшин,
С.А.Сулакшин, Н.М.Филипенко*

В настоящее время самые большие уровни СВЧ мощности (порядка нескольких гигаватт) достигнуты на приборах релятивистской электроники. Дальнейшее увеличение мощности отдельного прибора представляет серьезную проблему, связанную как с техническими, так и с физическими ограничениями. Естественным путем повышения мощности является создание систем синхронизованных релятивистских генераторов.

Начало исследований процессов синхронизации в магнетронных системах можно отнести к 40-м гг. Отечественными и зарубежными исследователями была получена взаимная синхронизация классических магнетронов. Однако первое сообщение о создании системы фазированных релятивистских магнетронов появилось в 1988 г. [1]. Затем этими же авторами в ряде работ предложены различные схемы и варианты синхронизации релятивистских генераторов [2], а также математические модели, описывающие подобные системы.

Перечисленные работы определяют сегодняшнее состояние проблемы построения когерентных СВЧ источников на релятивистских приборах.

Структуры систем сложения мощностей на СВЧ могут быть весьма разнообразны, однако в большинстве своем их объединяет то, что общая нагрузка является элементом цепи взаимной связи автогенераторов. Такие системы могут быть как симметричными, так и несимметричными относительно общей нагрузки [3]. При общей электрической длине линии связи, равной $2\pi n$, где n — целое число, в системах происходит суммирование мощностей в общей нагрузке; при электрической длине линии связи, равной $(2n + 1)\pi$, — вычитание колебаний в общей нагрузке.

В схемах с суммированием сигналов в общей нагрузке никогда ранее не использовались приборы релятивистской электроники.

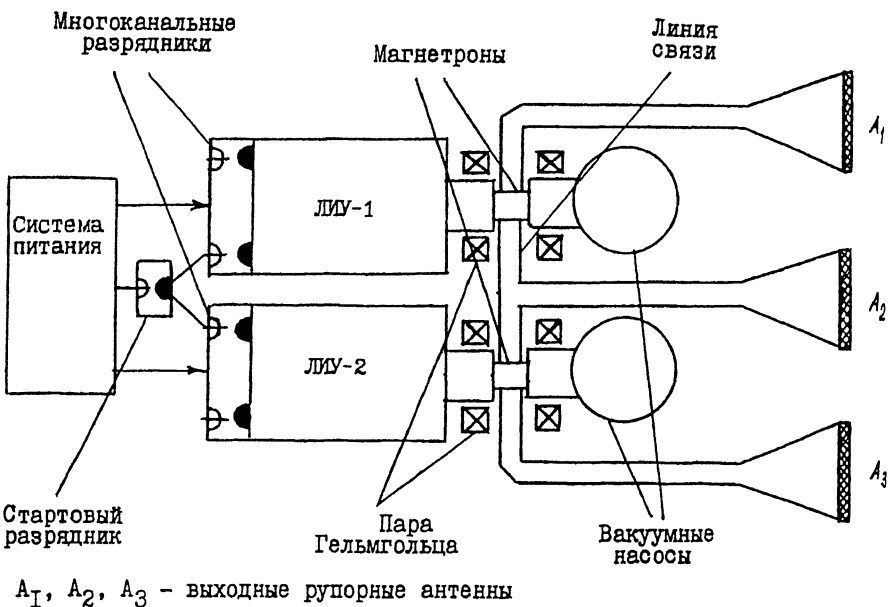


Рис. 1.

Авторами настоящего сообщения было впервые осуществлено сложение сигналов двух релятивистских магнетронов в общей нагрузке.

В проведенных экспериментах использовались два релятивистских магнетрона S -диапазона длин волн с одинаковыми резонаторами лопаточного типа [4]. В качестве источников питания магнетронов использовались два линейных индукционных ускорителя (ЛИУ). Характеристики и достоинства ЛИУ как источника питания релятивистских приборов описаны в [5]. Схема эксперимента представлена на рис. 1. Два ускорителя запитываются от одной системы питания. Синхронизация обоих ЛИУ осуществляется стартовым разрядником. В качестве нагрузки каждого ускорителя используется релятивистский магнетрон с собственной системой магнитного поля. Эксперименты проводились при напряжениях на катодах ускорителя 400 кВ, токе 5 кА и длительности импульса напряжения 80 нс. Разброс в срабатывании ускорителей не превышал 5 нс.

На рис. 2 приведены типичные осциллограммы, снятые в эксперименте с одиночным магнетроном: 1 — напряжение с активного делителя, 2 — полный ток с пояса Роговского, 3 — мощность СВЧ излучения.

Релятивистские магнетроны, работающие на частоте 3.5 ГГц, соединяются друг с другом и общей нагрузкой отрезками волновода. Полная длина линии связи изменялась в ходе экспериментов.

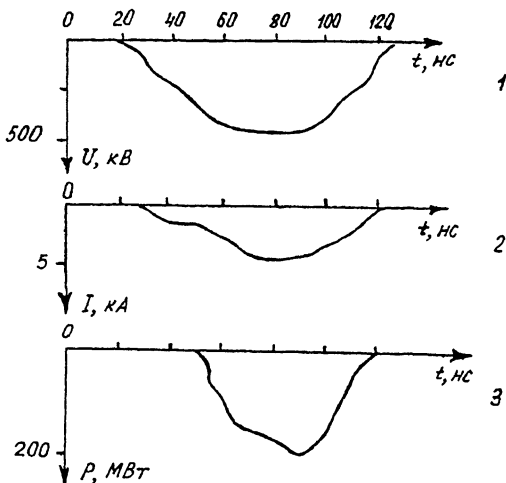


Рис. 2.

Антенны А1 и А3 подключены к выходным резонаторам магнетронов через плавные волноводные переходы. Параметры СВЧ излучения измеряются с помощью традиционно используемой в подобных экспериментах техники: полосовых фильтров для измерения частоты и калиброванных детекторных секций для измерения мощности излучения.

Схема эксперимента позволяет исследовать когерентные процессы для различных стационарных фазовых соотношений, включая режимы суммирования мощностей в общей нагрузке или в пространстве.

При полной электрической длине линии связи, равной $2\pi n$, в системе происходит суммирование мощностей в общей нагрузке. Суммарная мощность на выходе такой системы, полученная в эксперименте, в 1.9 раза превышала мощность отдельного магнетрона и достигала 90 МВт. При общей электрической длине линии связи $(2n + 1)\pi$ в системе устойчив режим с вычитанием колебаний в общей нагрузке. Экспериментально полученный уровень мощности с выхода системы в противофазном режиме составлял 25% от мощности отдельного магнетрона. Ненулевой сигнал на выходе системы в этом случае можно объяснить просачиванием в общую нагрузку колебаний с частотой, отличной от рабочей частоты магнетрона, так как релятивистский магнетрон генерирует СВЧ излучение в полосе 20–60 МГц [4].

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

— осуществлена взаимная синхронизация двух релятивистских магнетронов;

— впервые экспериментально получено суммирование и вычитание сигналов релятивистских магнетронов в общей нагрузке, при сильной связи;

— зафиксировано стабильное воспроизведение результатов в серии экспериментов.

Работа поддержана Российским фондом фундаментальных исследований (код проекта 95-02-03731-а) и Международным научным фондом (грант № NYA000).

Список литературы

- [1] Benford J. et al. // SPIE. 1988. V. 873. P. 23-27.
- [2] Benford J., Swegle J. High power microwaves. Artech House, 1992. P. 412.
- [3] Владимиров С.Н., Майдановский А.С., Новиков С.С. Нелинейные колебания многочастотных автоколебательных систем. Томск: Изд-во ТГУ, 1993. 203 с.
- [4] Артюх И.Г., Сандалов А.Н., Сулакшин А.С. и др. // Обзоры по электронной технике. Сер. 1. Электроника СВЧ. 1989. В. 17. С. 1490.
- [5] Канаев Г.Г., Фурман Э.Г. // ПТЭ. 1991. Т. 13. № 5. С. 133.

НИЦ "Микроволны"
НИИ ядерной физики
при Томском
политехническом университете
Томский
государственный университет

Поступило в Редакцию
12 мая 1995 г.