

ГЕНЕРАТОРНЫЙ СВЧ-МОДУЛЬ НА ОСНОВЕ МАГНЕТРОНА X-ДИАПАЗОНА И РЕЗОНАНСНОГО СВЧ-КОМПРЕССОРА

Н.Скрипкин, П.Чумерин, Ю.Юшков, В.Ваулин, В.Слинко, А.Пересыпкин

Методы временного сжатия энергии импульсов электромагнитного излучения с использованием резонансных СВЧ-компрессоров широко используются для увеличения пиковой мощности СВЧ-систем без изменения питающих напряжений. Журнал "ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ" уже знакомил читателей с исследованиями, проведенными специалистами ОАО "Плутон" и Томского политехнического университета. Их результаты показали принципиальную возможность создания генераторных СВЧ-модулей, работающих в X-диапазоне частот, на основе безнакальных магнетронов и резонансных СВЧ-компрессоров*. Такой подход позволяет создавать генераторные СВЧ-модули с использованием серийных безнакальных магнетронов, для изготовления которых не требуется дополнительной подготовки производственных мощностей. Практической реализацией данного метода стала разработка генераторного СВЧ-модуля на базе спроектированного в ОАО "Плутон" магнетрона "Вакуум-33".

Для реализации временного сжатия энергии импульсов электромагнитного излучения на выходе генератора или усилителя размещают резонансный СВЧ-компрессор. Этот метод используется в ускорительной технике для увеличения энергии заряженных частиц при сохранении энергетического потенциала системы ВЧ-питания [1]. В радиолокации метод резонансной СВЧ-компрессии обеспечивает повышение разрешающей способности РЛС и позволяет увеличить дальность электромагнитного воздействия на электронную технику [2].

Специалистами ОАО "Плутон" и Томского политехнического университета разработан генераторный СВЧ-модуль с резонансной СВЧ-компрессией импульса с использованием безнакального магнетрона X-диапазона частот "Вакуум-33" (рис.1). Рассмотрим схему построения этого модуля и конструкцию резонансной системы компрессии.

Резонансный СВЧ-компрессор модуля выполнен на основе медного цилиндрического сверхразмерного резонатора, ограниченного со стороны входа элементом связи с волноводным трактом, а со стороны выхода – волноводным T-образным сочленением круглого волновода диаметром 55 мм и прямоугольным волноводом сечением 28×12 мм². В резонаторе и боковом плече тройника возбуждаются колебания типов H_{11} и H_{10} соответственно. Значение

* Скрипкин Н., Чумерин П., Юшков Ю. Перспективы создания генераторных СВЧ-модулей на основе безнакальных магнетронов и резонансных СВЧ-компрессоров // ЭЛЕКТРОНИКА: НТБ. 2015. № 3.



волновод сечением $23 \times 10 \text{ мм}^2$ соединено с волноводной детекторной секцией 2, предназначенной для индикации импульсов на выходе резонансного компрессора. Энергия излученных импульсов поглощается в волноводной нагрузке 2. Запуск разрядника осуществляется от схемы высоковольтного питания, которая обеспечивает напряжение 3 кВ и длительность импульса 500 нс.

Для согласования магнетрона с резонансным импульсным СВЧ-компрессором в тракт возбуждения устанавливается циркулятор с волноводной нагрузкой 1 (см. рис.1), которая поглощает энергию, отраженную от входа в компрессор в процессе возбуждения резонансной

Рис.1. Упрощенная структурная схема генераторного СВЧ-модуля

добротности резонансной системы компрессора составляет 30 000, а разнос рабочего типа колебаний относительно ближайшего паразитного колебания – 50 МГц. Прямоугольное плечо соединения закорочено, и на расстоянии четверти длины волны от короткозамыкателя в волноводе размещается пусковой электрод газового разрядника тригatronного типа. Круглое плечо Т-образного сочленения с помощью перехода с круглого на прямоугольный

системы. Циркулятор обеспечивает развязку в 30 дБ между плечами, подключенными к компрессору и выходу магнетрона, и прямые потери на уровне 0,2 дБ. Между волноводной нагрузкой 1 и циркулятором размещена волноводная детекторная секция 1, которая служит для индикации сигнала, поступающего в нагрузку. Для настройки частоты магнетрона на частоту резонансного компрессора используется система

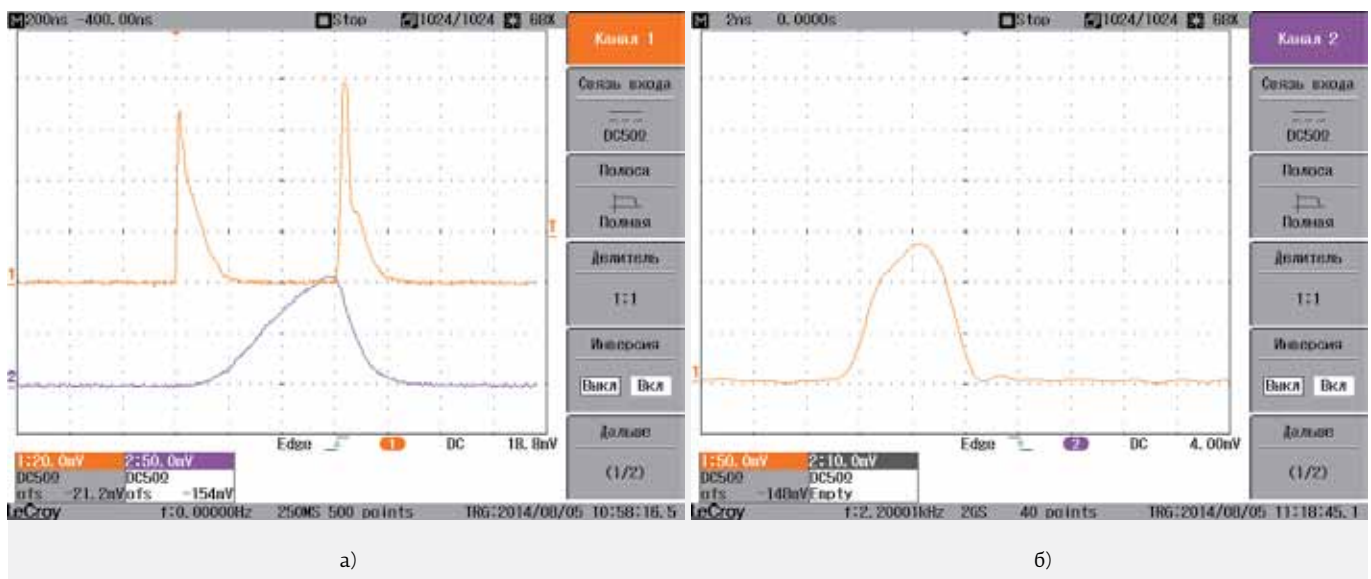


Рис.2. Осциллограммы импульсов: а) на выходе волноводной детекторной секции 1 (луч 1) и детекторной секции (луч 2); б) на выходе генераторного СВЧ-модуля

автоматической подстройки частоты. С помощью детекторной секции контролируются процессы возбуждения резонансной системы компрессора.

Для обеспечения электрической прочности циркулятора и резонансного компрессора используется газ аргон. Рабочее давление составляет 5 атмосфер. Радиопрозрачные окна, размещенные на выходе компрессора и входе в циркулятор, обеспечивают герметизацию рабочих объемов циркулятора и устройств компрессора. Наполнение, сброс и контроль давления газа осуществляются посредством газовой системы.

С помощью системы индикации контролировались процессы накопления энергии в резонансной системе компрессора и параметры выходного излучения. Форма, длительность и частота повторения импульсов измерялись и фиксировались с помощью осциллографа LeCroy. Из полученных осциллограмм видно, что время возбуждения резонансной системы компрессии составило 500 нс (рис.2а), а длительность выходного СВЧ-импульса по уровню 0,1 амплитуды равна 4,5 нс (рис.2б).

Пиковая мощность на выходе генераторного СВЧ-модуля была определена по средней мощности,

измеренной ваттметром МЗ-22 с термисторной головкой типа М5-43.

Основные параметры генераторного СВЧ-модуля:

- пиковая мощность: 300 кВт;
- длительность импульсов: 4,5 нс;
- частота повторения импульсов: 2200 Гц;
- время готовности: не более 30 с;
- напряжение питающей сети: 27 В;
- вес: 5 кг;
- габариты (длина × ширина × высота): 965 × 195 × 205 мм.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Диденко А., Юшков Ю.** Мощные СВЧ импульсы наносекундной длительности. – М.: Энергоатомиздат, 1984, 112 с.
2. **Yushkov Yu., Novikov A., Artemenko S., Chumerin P., Shpuntov R.** Development of high power microwave compressors. – Pulsed Power Plasma Science, June 17–22, 2007. Albuquerque, New Mexico USA. P. 1822–1825.
3. **Манько А., Слинко В., Чумерин П. и др.** Установка с резонансной импульсной компрессией для получения мощных сверхвысокочастотных импульсов двухсантиметрового диапазона // ПТЭ. 2004. № 3. С. 106–109.