

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ МНОГОЗОНДОВЫЕ МУЛЬТИМЕТРЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВЧ УСТАНОВКАХ БОЛЬШОЙ МОЩНОСТИ

Васильев И. В.¹, Жердев А. В.¹, Зайченко О. Б.², Каляпин Ю. В.³,
Ключник И. И.², Панченко А. Ю.² Радейко Б. Н.³

¹ООО «НПП Плазменные технологии», г. Харьков, Украина
тел.: 057-728-0820, e-mail: vasylyev@plasmatech.com.ua

²Харьковский национальный университет радиозлектроники
г. Харьков, пр. Ленина, 14, 61166, Украина
тел. 098-981-6727, e-mail: panchenko-a-yu@yandex.ru

³Plasma Kraft AS, Норвегия
тел. +442081449602, e-mail: bradejko@plasmakraft.no

Аннотация — На основе анализа условий работы СВЧ генераторов высокой мощности в технологических установках выработаны критерии создания специализированных мультиметров, представлены практические результаты..

I. Введение

Развитие элементной базы СВЧ электроники делает экономически выгодным внедрение энергосберегающей термической обработки в широком круге технологических процессов. Это ставит перед СВЧ техникой новые технические и теоретические задачи. К ним, в частности, относится создание полей с заданным распределением в объектах сложной формы. При этом с одной стороны необходимо учитывать изменение в процессе обработки характеристик объекта, а с другой – обеспечивать работу СВЧ генераторов при несогласованной, нестабильной нагрузке.

II. Условия работы генераторов

Одной из проблем, возникающих при создании технологических СВЧ установок высокой мощности, является ограничение уровня отраженной волны, которая может вывести из строя генератор.

При технологическом воздействии СВЧ поля объект может менять свои параметры в широком диапазоне значений, соответственно меняется нагрузка генератора. Скорость таких изменений, как правило, сравнительно невысока. Но, если технологический процесс предполагает образование плазменной области, или возникает неконтролируемая электрическая дуга при загрязнении элементов СВЧ тракта, в частности, выходной апертуры, тогда динамика изменений параметров нагрузки может быть высокой.

Это вынуждает разработчиков установок снабжать генераторы СВЧ мощности источниками питания, оборудованными системами защиты, которые по сложности могут существенно превосходить сам генератор (рис. 1).



Рис. 1. Генераторный блок установки.
Fig. 1 The plant generating unit

Иные решения, например, простое поглощение отраженной мощности, снижает экономические показатели. Кроме того, Y-циркуляторы и мощные согласованные нагрузки, которые в этом случае становятся необходимыми элементами тракта, существенно увеличивают размеры и вес установок.

III. Комбинированная защита генераторов

Методы и конструкции систем защиты генераторов определяются существующей элементной базой, как СВЧ, так и низкочастотных диапазонов.

Большинство мощных генераторных ламп СВЧ диапазона могут выдерживать короткое замыкание в течение единиц-десятков миллисекунд. Интервалы времени, которые необходимы современным системам питания для отключения напряжения генераторов, составляют единицы-десятки микросекунд. На миллисекундных интервалах такие источники питания позволяют снизить генерируемую мощность до уровня, при котором отраженная мощность не приводит к разрушению генератора. Однако такие системы защиты прерывают технологический процесс, что в большинстве случаев недопустимо.

Решение данной проблемы предполагает использование автоматических тюнеров СВЧ тракта, компенсирующих изменение комплексного сопротивления нагрузки в широком диапазоне. Однако, современная элементная база не позволяет создать электрически управляемые СВЧ тюнеры, рассчитанные на высокую мощность и имеющие плавное изменение параметров. Поэтому тюнеры создаются на основе механически управляемых элементов (рис.2).

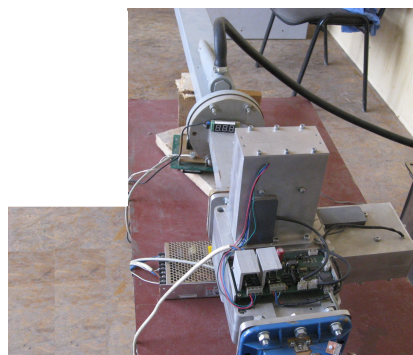


Рис. 2. Автоматический тюнер СВЧ тракта.
Fig. 2. The automatic tuner of VHF channel

Комбинации автоматических тюнеров и интеллектуальных систем питания, позволяют обеспечить защиту генераторной лампы на микросекундных ин-

тервалах, а при изменениях нагрузки в интервалах ~1...10мсек снизить генерируемую мощность для последующего согласования тракта в соответствии с изменившимся состоянием нагрузки.

IV. СВЧ мультиметр

Для создания таких комбинированных систем нужны СВЧ измерители падающей и отраженной мощности, фазы коэффициента отражений, а в ряде случаев требуется измерять частоту основного колебания, модовый и спектральный состав поля. Измерители должны работать в большом динамическом диапазоне мощностей, при сложном модовом и гармоническом составе поля в фидере. Кроме того, от измерителя требуется простота элементов, помещаемых в тракт, минимум собственных отражений, малые размеры.

Измерители на основе направленных ответвителей позволяют оценить уровни падающей и отраженной мощностей, но не позволяют определить фазу колебаний. Необходимым условиям отвечают многозондовые СВЧ мультиметры, помещаемые в основной тракт. Но классическая схема такого измерителя, требует дополнений, которые повышают информативность измерений. Поэтому в качестве элемента связи выбраны петли, так как они обладают направленностью и дополнительные зонды с системами фильтров для получения информации о гармоническом и модовом составе колебаний (рис.3).

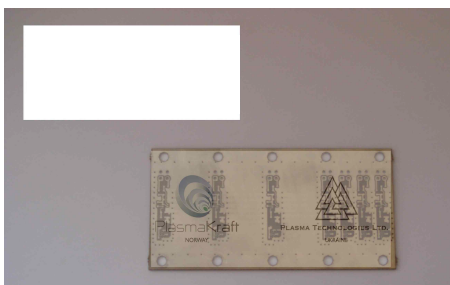


Рис. 3. Плата СВЧ мультиметра на стадии сборки и метрологического контроля.

Fig. 3. The multiprobe microwave multimeter plate on the assembly and metrological checking stage

Совместно с микроконтроллерной системой обработки первичных сигналов зондов, управления тюнером и режимом работы генератора такая установка обеспечивает непрерывность технологической обработки при высокой степени защищенности и максимальном КПД.

V. Заключение

Представленный в докладе анализ опыта создания установок высокой мощности позволяет определить пути дальнейшего совершенствования специализированных мультиметров и интеллектуальных систем повышения качества работы технологического СВЧ оборудования.

VI. Список литературы

- [1] Васильев И. В., Зайцев И. Н. Патент 96196 (Украина). Источник питания с импульсным преобразованием энергии. Оpubл. в Б.И., 2009 №19.

SPECIALIZED MULTIPROBE MULTIMETERS IN TECHNOLOGICAL HIGH POWER MICROWAVE PLANTS

Vasylyev I. V.¹, Zherdev A. V.¹, Zaichenko O. B.², Kalyapin Yu. V.³, Kluchnik I. I.², Panchenko A. Yu.², Radeiko B. M.³

¹ «Plasma Technologies Ltd.», Kharkov, Ukraine
тел.: 057-728-0820, e-mail:

vasylyev@plasmatech.com.ua

² Kharkov National University of Radioelectronics
14, Lenin Ave., Kharkov 61166, Ukraine

Ph.: 0989816727, e-mail: panchenko-a-yu@yandex.ru

³Plasma Kraft AS, Norway
Ph.: +442081449602, e-mail: bradejko@plasmakraft.no

Abstract — There was developed criteria for creation of specialized multimeters on the base of analysis of microwave generators in the technological plants.

I. Introduction

Development of VHF electronics makes economically useful introduction of energy-saving heat processing in the wide domain of technological processes.

It is necessary take into account a change of object characteristics during processing and guarantees stable operation of a microwave generator, if load is mismatched and non-stable.

II. Main Part

One of the problems of high-powered microwave technology that appears during the use of high-powered microwave systems is to limit the level of the reflected wave, which can damage the generator. The range of load variation can be wide and the rate of change may be different. It may be relatively low if the rate of change is determined by the parameters of the object being processed. But a number of technical processes involves the formation of microwave plasma. In addition, the pollution of the elements of the microwave waveguide, for example, the output aperture, there may be uncontrolled arc formation. Then the rate of change of the load will be high. Therefore, the power supply of microwave generators is equipped with the protection systems, whose complexity is significantly higher than the generator's complexity (Fig. 1). The protection allows, in millisecond intervals of the load parameters, reducing the generated power to a level at which the reflected power does not lead to the destruction of the generator and turning off the power supply in microseconds.

However, such protection interrupts the process, which in most cases is unacceptable. The solution to this problem involves the use of automated microwave tuners that compensate changes in the complex load impedance over a wide range. These tuners are based on mechanically driven components (Fig. 2). A combination of automatic tuners and an intelligent power system, allows protecting the lamp on microsecond intervals, and when the load changes in the ranges from 1 to 10 microseconds, reducing the generated power to regenerate an impedance-match in accordance with the changed state of the load. To create such combined system it is necessary to have a microwave measurement device that measures incident and reflected power, the phase of the reflection coefficient, in some cases it is necessary to measure the noise parameters and the modal and spectral composition of the field. A multi-probe microwave multimeter placed on the main waveguide (Fig. 3) meets these necessary requirements. The classical scheme of the measurement device requires add-ons to increase the information content of measurements. Together with the microcontroller system of the primary signal processing of probes, tuners, and control mode of operation of the generator such unit provides the continuous processing technology at high security and maximum efficiency.

III. Conclusion

The analysis in the presented report describes the experience in creating high-power plants to determine ways to further improvement of the specialized multimeters and intelligent systems technology to improve the quality of the microwave equipment.