

## Система управления генераторами в современных микроволновых установках

*Представлена система управления магнетронами в мощных микроволновых промышленных установках. Система управления основана на микроконтроллерной плате управления. Оценка согласования магнетрона и микроволнового реактора проводится на основании анализа формы анодного тока при изменении нагрузки.*

**Ключевые слова:** магнетрон, система управления, анодный ток

Микроволновые промышленные установки применяются в различных отраслях народного хозяйства: в пищевой промышленности (пастеризация специй), при изготовлении

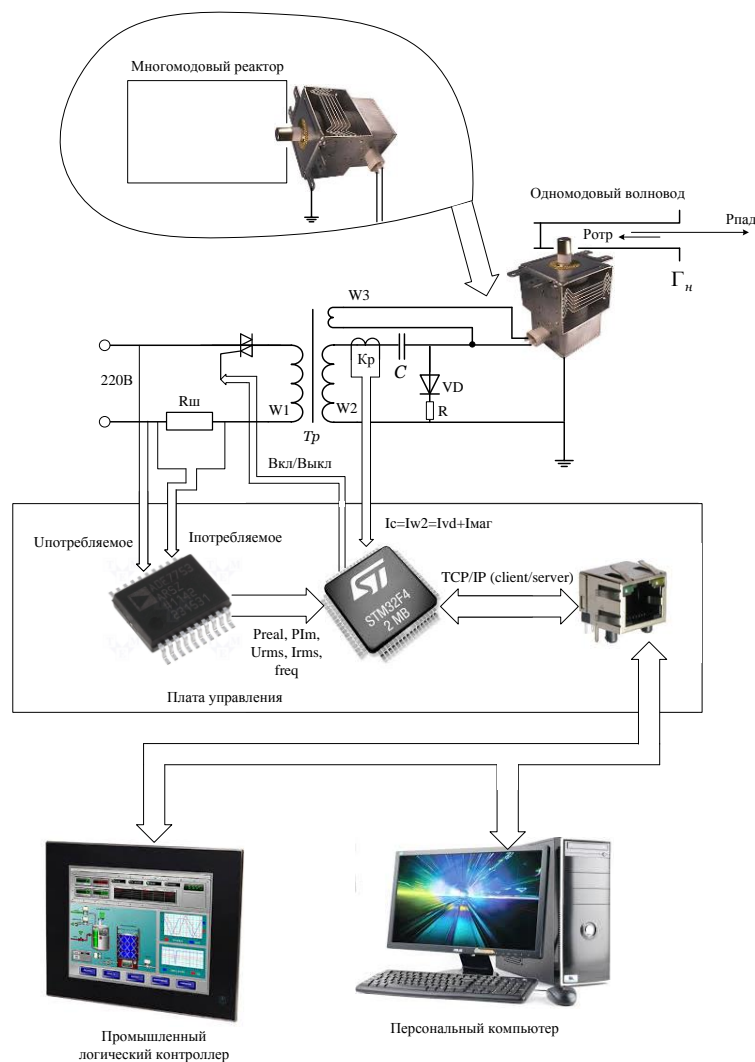


Рис 1.

лекарственных средств (пастеризация лекарственных трав), при обработке материалов (вспучивание вермикулита). Создаются установки по переработке органических отходов методом пиролиза с получением синтез газа, очистке газов в микроволновой плазме, восстановлению металлов из низкообогащенных руд, получения nano порошков, развивается целая отрасль микроволновой химии и многое другое.

Представленные в докладе материалы основаны на опыте разработки микроволновых установках мощностью 5-20кВт. В них используется суммирование мощности 5-20 магнетронов (с рабочей частотой 2450 МГц и мощностью 0,5 – 2 кВт каждый). Данные магнетроны массово выпускаются промышленностью, что делает их применение экономически оправданным. Управление работой установки в

целом осуществляется с помощью промышленного логического контроллера (ПЛК) и сенсорной панели ввода команд и отображения данных о процессе обработки продуктов [1].

Самый распространенный блок питания магнетрона средней мощности представляет собой повышающий трансформатор со схемой удвоения напряжения. Схема питания магнетрона приведена на рис. 1. При такой схеме питания магнетрон генерирует только в полупериоде питающего напряжения 50 Гц. В первый полупериод заряжается конденсатор, во второй полупериод напряжение на конденсаторе складывается с напряжением вторичной обмотки, что вызывает генерацию микроволновых колебаний. Для стабилизации рабочей точки магнетрона, повышающий трансформатор работает в режиме насыщения. В целом схема работает в нелинейном режиме.

Для управления магнетроном разработана специальная плата управления (ПУ). Система управления представлена на том же рис. 1. Магнетрон считается включенным, если протекает анодный ток порядка 300 мА (среднеквадратичное значение). Сигнал включения магнетрона представляет собой дискретный сигнала ВКЛ/ВЫКЛ. В этой системе управления согласование магнетрона с нагрузкой оценивается по изменению формы анодного тока, как это представлено на рис. 2.

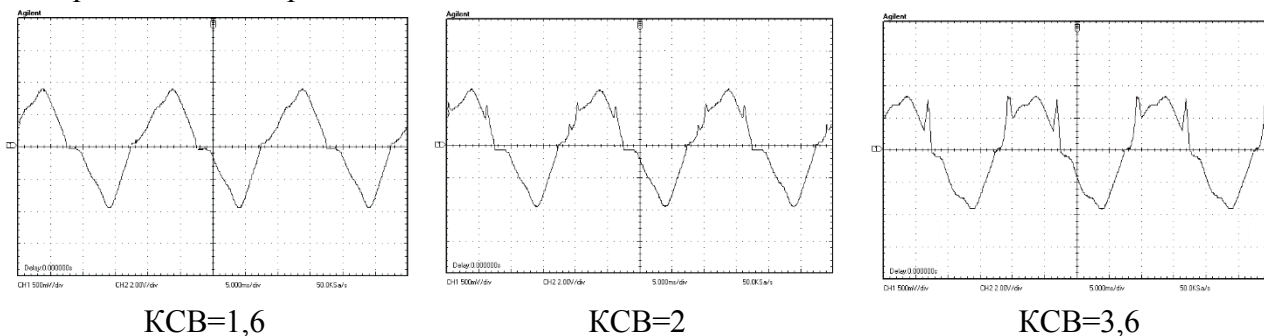


Рис.2.

Оценить изменение формы тока, а соответственно и согласования можно по изменению гармонического состава этого тока. Разложение исходного сигнала на спектральные составляющие проводится цифровым сигнальным процессором. Этот процессор используется для оцифровки анодного тока, измерения потребляемой магнетроном мощности, выработки управляющего сигнала для регулируемого трансформатора сопротивлений или подачи сигнала на выключение магнетрона. Вся информация по высокоскоростному каналу Ethernet передается в ПЛК или персональный компьютер для обработки, сохранения и отображения данных.

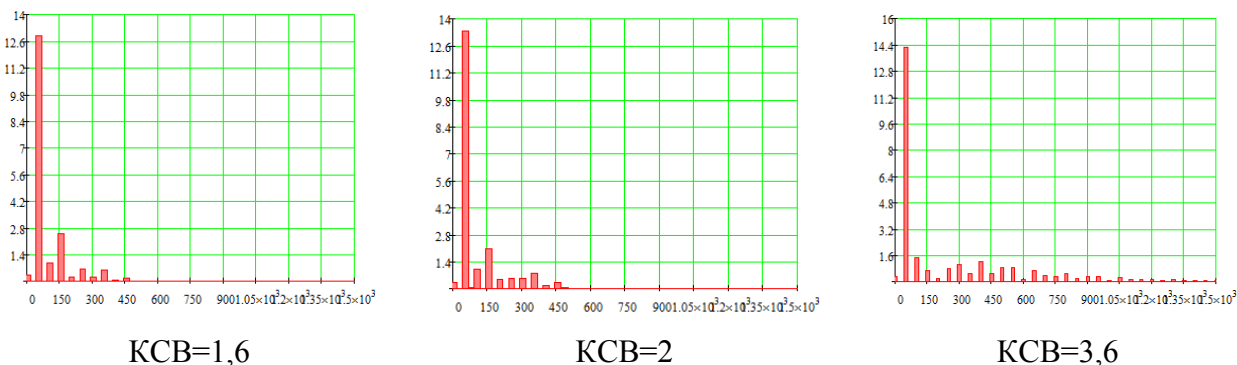


Рис.3.

С учётом вышесказанного разработанная система управления содержит: магнетрон, блок питания, ПУ с производительным микроконтроллером и управляющую программу для ПК или ПЛК, содержащую алгоритмы определения изменения согласования магнетрона. На рис. 4 представлен интерфейс, разработанной программы.

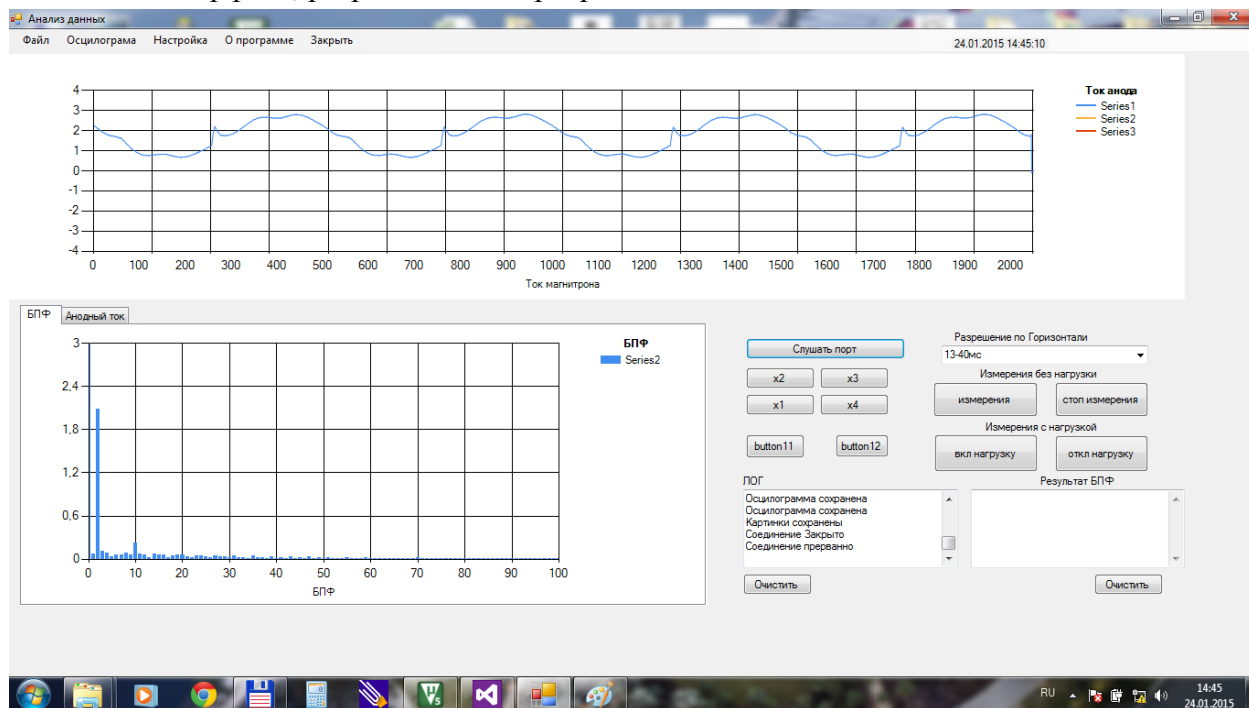


Рис. 4.

Программа для ПК принимает данные от ПУ, строит временную зависимость формы тока, определяет спектральный состав сигнала, производит расчёты значений тока за каждый период.

#### Библиографический список

1. В.А. Иванов, Д.С. Сидоренко, К.В. Рогожин. Опыт разработки микроволновых установок и технологических процессов обработки пищевых продуктов и материалов. Аннотации докладов научная сессия МИФИ-2015. В 3 томах. Том 2. М.: НИЯУ МИФИ, 2015. 288 с. – 213с.