

СИСТЕМА ЭКСТРЕМАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ МАГНЕТРОНОМ

Волков А.В.

Научный руководитель: Буркин Е.Ю., к.т.н., доцент
Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30
E-mail: a.volkov.tomsk@gmail.com

Магнетроны представляют собой важнейшие электронные приборы для генерации колебаний СВЧ большой мощности. Они применяются в передатчиках радиолокационных станций, в ускорителях заряженных частиц, для высокочастотного нагрева и в других случаях. В результате совместного действия электрического и магнитного полей на потоки электронов в магнетронах возникает генерация колебаний высокой частоты.

Существуют магнетроны, работающие на фиксированной частоте, и настраиваемые магнетроны, в которых изменяется собственная частота резонаторов. С этой целью для получения более коротких волн в резонаторы вводят медные цилиндры, которые уменьшают индуктивность, а для получения более длинных волн — металлические пластинки, увеличивающие электроёмкость. Такие методы дают изменение частоты не более чем на 10—15%.

В данной работе решалась задача автоматической подстройки магнетрона путём изменения расстояния между пластинами резонатора. Изначально для подстройки частоты применялся механизм, приводимый в движение рукой, который подгибал или отгибал одну из пластин. Это не позволяло в автоматическом режиме настроить магнетрон на резонансную частоту и удерживать её, так как в процессе работы резонансная частота может несколько изменяться.

Для решения подобных задач используют системы экстремального регулирования (СЭР), которые способны находить и удерживать экстремальное значение некоторого параметра, характеризующего качество функционирования данного объекта. Определяющим обстоятельством в рассматриваемой системе является метод поиска экстремального значения функции. Для нахождения экстремума следует найти такое значение управляющего параметра ($x = x_0$) при котором функция $U = \Phi(x)$ максимальна, чему соответствует условие

$$\frac{dU(x_0)}{dx} = 0 \quad (1)$$

В нашем случае непосредственно измерить производную (1) не представляется возможным и поэтому она заменяется производными выходной и входной координат по времени

$$y = \frac{dU}{dt} \quad \text{и} \quad z = \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

С целью определения этих производных параметр x при помощи регулирующего органа принудительно изменяется с постоянной скоростью, т.е. осуществляется непрерывный независимый поиск. В зависимости от расположения выходной

координаты U на характеристике $U(x)$ и направления изменения параметра x (рис. 1) возможны четыре варианта знаков производных, отраженные в табл. 1. Варианты 1 и 3 указывают на то, что координата U приближается к экстремуму, варианты 2 и 4 — к удалению от него, т.е. неправильному направлению движения.

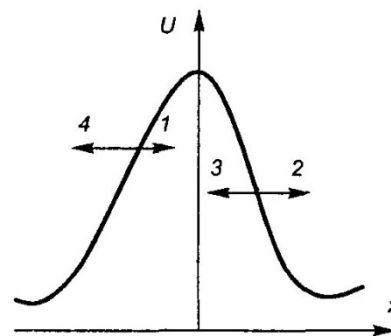


Рис. 1. Характеристика $U(x)$ и направления изменения параметра x

Таблица 1. Возможные варианты знаков производных и направления движения

Номер варианта	$z = dx/dt$	$y = dU/dt$	Оценка движения
1	+	+	Правильно
2	+	-	Неправильно
3	-	+	Правильно
4	-	-	Неправильно

Поэтому при вариантах 2 и 4 следует произвести реверс регулирующего органа, т.е. поменять направление изменения координаты x .

В рассматриваемой экстремальной системе различают два этапа работы: поиск экстремума и удержание управляемого параметра относительно найденного экстремального значения. После нахождения экстремума система продолжает функционировать, непрерывно отслеживая возможные флуктуации управляемого параметра. Это приводит к автоколебаниям относительно экстремума, что обуславливает амплитудную модуляцию управляемого параметра. Частота и амплитуда этих автоколебаний максимально уменьшаются благодаря специальному алгоритму, который постепенно уменьшает шаг управляющего параметра и увеличивает временной интервал между шагами, после нескольких последовательных смен направления регулирующего органа. Таким образом, система переводится в режим удержания экстремума. Если величина управляемого параметра

значительно меняется в таком режиме, то система снова переходит в режим поиска.

Для обеспечения обратной связи используется датчик излучения. Электрический сигнал на выходе датчика прямо пропорционален излучению магнетрона и имеет амплитуду 100 мВ при частоте сигнала 10 кГц и длительности импульса 1 мкс. Недостаточно точное измерение амплитуды импульса может привести к ложным реверсам управляющего органа, вследствие этого увеличится время поиска экстремума. Для повышения точности измерений было решено использовать двухкаскадный пиковый детектор на операционных усилителях (ОУ) (рис. 2). Сигнал с датчика поступает на вход пикового детектора, конденсатор C заряжается до амплитудного значения импульса. Одновременно с этим на вывод внешнего прерывания микроконтроллера поступает сигнал синхронизации (Sync), для запуска измерения напряжения на выходе пикового детектора. Транзистор Q1 предназначен для сброса пикового детектора.

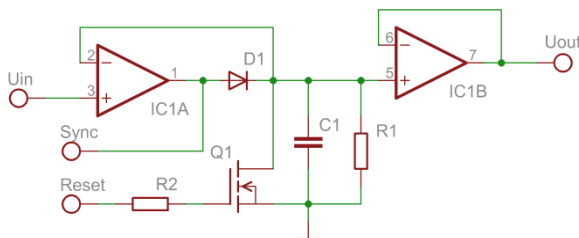


Рис. 2. Пиковый детектор на основе ОУ

В качестве механизма подстройки используется линейный шаговый двигатель ELA35-115, заменяющий стандартный регулировочный механизм магнетрона. Поворот ротора шагового двигателя на один шаг приводит к пропорциональному линейному перемещению штока актуатора. Это позволяет с высокой точностью и скоростью регулировать расстояние между пластинами резонатора.

Главным элементом системы является микроконтроллер AVR со встроенным аналого-цифровым преобразователем (АЦП) и интерфейсом USART для обмена информацией. Микроконтроллер выполняет следующие задачи:

- Сброс пикового детектора
- Измерение напряжения на выходе пикового детектора
- Определение производных и решение о необходимости реверса органа управления
- Манипулирование органом управления
- Обмен информацией с компьютером или другим устройством

Для сопряжения системы управления с компьютером используется интерфейс RS485. Предусмотрен как полностью автоматический режим работы с поиском и удержанием экстремума, так и ручной режим, позволяющий настроить нужное положение пластины резонатора с компьютера. Система так же передаёт в компьютер значение амплитуды сигнала с датчика, что позволяет судить о текущей величине излучения магнетрона.

Таким образом, представленная система даёт возможность управлять магнетроном с высокой точностью, как в автоматическом, так и в ручном режиме, что позволяет полностью автоматизировать работу магнетрона.

Список литературы:

1. Каганов В.И. Радиоэлектронные системы автоматического управления. Учебное пособие. - М.: Горячая линия-Телеком, 2009 - 432 с.
2. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники: В 3-х томах: Т.1. Пер. с англ. - 4-е изд., перераб. и доп.-М.: Мир, 1993.
3. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях — М.: БИНОМ, 1994 - 352 с.
4. Либерзон Л.М., Родов А.Б. Системы экстремального регулирования. – М.: Энергия, 1965 – 160 с.