

позволяющий выделить основные факторы (независимые компоненты), обладающие статистической независимостью и негауссовским распределением. Для того, чтобы учесть временной порядок значений в работе использован МНК для временных рядов, определенный следующим образом:  $x_i(t) = A s_i(t)$ , где  $x_i(t)$ ,  $s_i(t)$  – временные сигналы,  $t$  – временной отсчет.

В результате, вторая компонента результирующего сигнала полученная с применением МНК содержит информацию о ритме сердечных сокращений (см. рис. 2).

В настоящее время проводятся опытные испытания, целью которых является выявление особенностей ПФС оператора в различных состояниях, а также систематизация полученных знаний.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Leonard I., Alfalou A. C. Brosseau Face recognition based on composite correlation filters: analysis of their performances [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/78/29/61/PDF/book\\_chapter\\_2012.pdf](http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/78/29/61/PDF/book_chapter_2012.pdf). – 25.01.14.
2. Leonard I., Alfalou A. C. Brosseau Spectral optimized asymmetric segmented phase-only correlation filter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/78/29/66/PDF/AO\\_2012.pdf](http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/78/29/66/PDF/AO_2012.pdf). – 25.01.14.
3. Баевский Р.М. Анализ variability сердечного ритма: история и философия, теория и практика // Клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – № 1. – С. 54–64.
4. Ming-Zher Poh, D.J. McDuff, R.W. Picard Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation [Электронный ресурс].

### ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПОДСТРОЙКИ ЧАСТОТЫ ГЕНЕРАТОРА СВЧ

А.В. Волков

Научный руководитель: к.т.н., доцент Е.Ю. Буркин

Томский политехнический университет, 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: a.volkov.tomsk@gmail.com

### DIGITAL SYSTEM OF AUTOMATIC FINE TUNING MICROWAVE GENERATOR FREQUENCIES

A.V. Volkov

Scientific Supervisor: associate professor, Ph.D. E.Y. Burkin.

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: a.volkov.tomsk@gmail.com

*The system of extreme regulation in resonator system was developed for automatic frequency trim of a magnetron. The system carries out searching of frequency of a magnetron with which the system will work in a resonance mode, and deduction of a resonance mode. The presented system allows to operate a magnetron with a high precision, both in automatic, and in a manual mode that gives the opportunity to completely automate magnetron work in resonator system.*

Магнетроны нашли широкое применение в приборах для генерации колебаний сверхвысокочастотного (СВЧ) излучения большой мощности. Они используются, в основном, в

передатчиках радиолокационных станций, в ускорителях заряженных частиц и для высокочастотного нагрева. В многорезонаторном магнетроне на электроны, движущиеся в пространстве между катодом и анодным блоком, действуют три поля: постоянное электрическое поле, постоянное магнитное поле и электрическое поле СВЧ (резонаторной системы). В результате совместного действия этих полей на потоки электронов в магнетронах возникает генерация СВЧ колебаний.

Выпускаются как неперестраиваемые (фиксированная частота), так и перестраиваемые в небольшом диапазоне частот (обычно менее 10%) магнетроны, в которых изменяется собственная частота резонаторов. Для получения более коротких волн в резонаторы вводят медные цилиндры, которые уменьшают индуктивность, а для получения более длинных волн — металлические пластинки, увеличивающие емкость. Для медленной перестройки частоты применяются механизмы, приводимые в движение человеком, а для быстрой (до нескольких тысяч перестроек в сек.) - ротационные и вибрационные механизмы.

В данной работе решалась задача автоматической подстройки частоты магнетрона путём изменения расстояния между пластинами резонатора. Изначально для подстройки частоты применялся ручной механизм, 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. Автоматическая подстройка позволит найти и удерживать нужную частоту, при которой мощность излучения после резонатора будет максимальной.

Для решения подобных задач используют системы экстремального регулирования (СЭР), которые способны находить и удерживать экстремальное значение некоторого параметра, характеризующего качество функционирования данного объекта [1]. 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

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

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

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

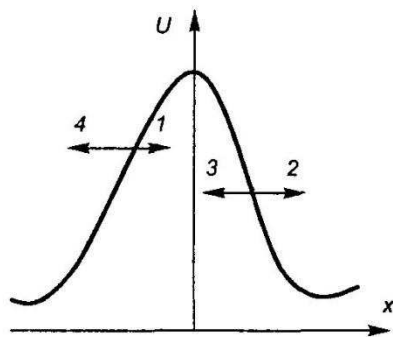


Рис. 1. Характеристика  $U(x)$  и направления изменения параметра  $x$

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.

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

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

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 мощности излучения после резонатора 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) [2]. Сигнал с датчика поступает на вход пикового детектора, конденсатор С 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

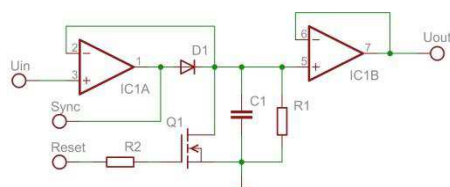


Рис. 2. Пиковый детектор на основе ОУ

пикового детектора.

В качестве механизма подстройки используется линейный шаговый двигатель, 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 аналогово-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.

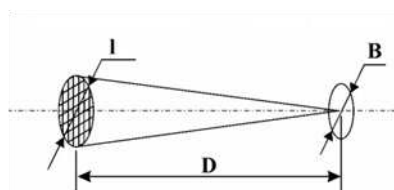


Fig. 2. Le rapport de distance entre la source et le plan d'objet et la largeur de bande interférentielle

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.

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 в резонаторной системе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Каганов В.И. Радиоэлектронные системы автоматического управления. Учебное пособие. — М.: Горячая линия-Телеком, 2009. — 432 с.
2. А. Дж. Пейтон, В. Волш. Аналоговая электроника на операционных усилителях. — М.: БИНОМ, 1994. — 352 с.

### ВВЕДЕНИЕ В ЦИФРОВУЮ ГОЛОГРАФИЮ

Т.Р. Вуец, В.Е. Беляева

Научный руководитель: профессор, д.х.н. В.П. Ципилев  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: [vuechv@mail.ru](mailto:vuechv@mail.ru)

### INTRODUCTION A L'HOLOGRAPHIE NUMERIQUE

T.R. Vuyets, V.E. Belyaeva

Consultant de recherche: V.P. Tsipelev  
Université Polytechnique de Tomsk, Russie, Tomsk, rue Lenine, 30, 634050  
E-mail: [vuechv@mail.ru](mailto:vuechv@mail.ru)

*The article presents a brief overview of the basic concepts and terms used in digital holographic microscopy, describes the main advantages and disadvantages of this method of research, as well as the prospects for its application.*

**Introduction.** L'holographie numérique est comparativement nouvelle méthode que on utilise pour observation et investigation les particules les plus petites avec la resolution des submicrons. Bien que l'hologramme a été inventé déjà en l'an 1947 par un physician hongrois, D. Gábor [1], le developpement d'holographie numérique commençait seulement après une demie du siècle grâce à l'apparition des appareils numériques pour enregistrement des images, matrices CCD.

En comparaison avec une microscopie traditionnelle, qui est représentée par un microscope électronique à balayage, un microscope électronique à transmission et un microscope à diffraction de rayons X [2], un microscope holographique est plus simple pour utilisation et moins cher pour réalisation. Les éléments essentiels pour capture un hologramme sont un illuminant monochromatique puissant, un objectif de microscope et un appareil photographique numérique avec assez bonne resolution.

**Les principes fondamentals.** L'enregistrement d'hologramme numérique est, de meme que c'est celle