

УДК 621.317.7

**Довгопол В.А., Куценко В.П.**

Донецкий национальный технический университет, г. Донецк  
кафедра системного анализа и моделирования

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАБОТЫ РАДИОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ**

### **Аннотация**

*Довгопол В.А., Куценко В.П. Разработка алгоритма работы радиометрической системы контроля параметров диэлектрических изделий. Рассмотрена автоматизированная радиометрическая система с использованием фазовых измерений КВЧ-сигналов, позволяющая контролировать габаритные размеры диэлектрических изделий в процессе их механической обработки. Предложен алгоритм автоматизированной обработки диэлектрических изделий с заданной точностью.*

***Ключевые слова:** радиометрическая система, разность фаз, КВЧ-сигналы, алгоритм, контроль параметров.*

**Постановка проблемы.** При механической обработке на токарном станке производимых диэлектрических изделий (тел вращения) необходим контроль их габаритных размеров. В настоящий момент данный контроль осуществляется вручную с остановкой оборудования.

**Целью данной работы** является автоматизация производственного процесса в соответствии с разработанным алгоритмом, позволяющая снизить длительность цикла механической обработки изделий, повысить точность их обработки и минимизировать ручной труд.

### **Решение задачи и результаты исследования.**

Изменение габаритных размеров обрабатываемых изделий приводит к изменению фазы отраженных от них зондирующих КВЧ-сигналов, что позволяет судить об отклонении их параметров от нормированных значений [1]. Преимущества такого подхода очевидны, а сами методы радиометрического КВЧ-контроля пригодны для неразрушающего контроля технологических параметров изделий на рабочем месте дистанционно и без вывода оборудования из техпроцесса [2].

На рисунке 1 представлена функциональная схема радиометрической системы контроля параметров диэлектрических изделий в процессе их механической обработки, на основе которой осуществляется разработка алгоритма ее оптимального управления [3].

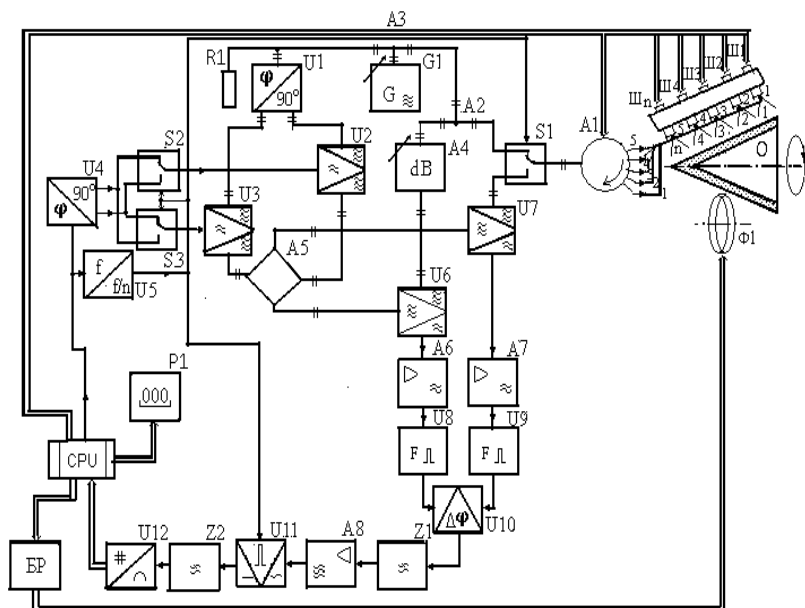


Рисунок 1 – Функциональная схема радиометрической системы контроля параметров диэлектрических изделий

Система имеет двухканальную структуру, содержащую элементы разделения падающих и отраженных волн. Сигналы с промежуточной частотой, пропорциональные разности фаз входных КВЧ-сигналов, усиливаются узкополосными усилителями промежуточной частоты, а их низкочастотная разность фаз преобразуется фазовым детектором в пропорциональное напряжение, которое оценивается микроЭВМ для выдачи управляющих сигналов на блок регулировки.

Радиометрическая система содержит генератор G1 гармонических колебаний КВЧ-диапазона, делители мощности A2 и A3, подключенные к генератору G1, автоматический переключатель S1 и циркулятор A1 с подключенными приемно-передающими антеннами 1 — n, закрепленными на подвижных креплениях Ш1 — Шn скобы, повторяющей форму изделия, и направленными на контролируемый объект «O».

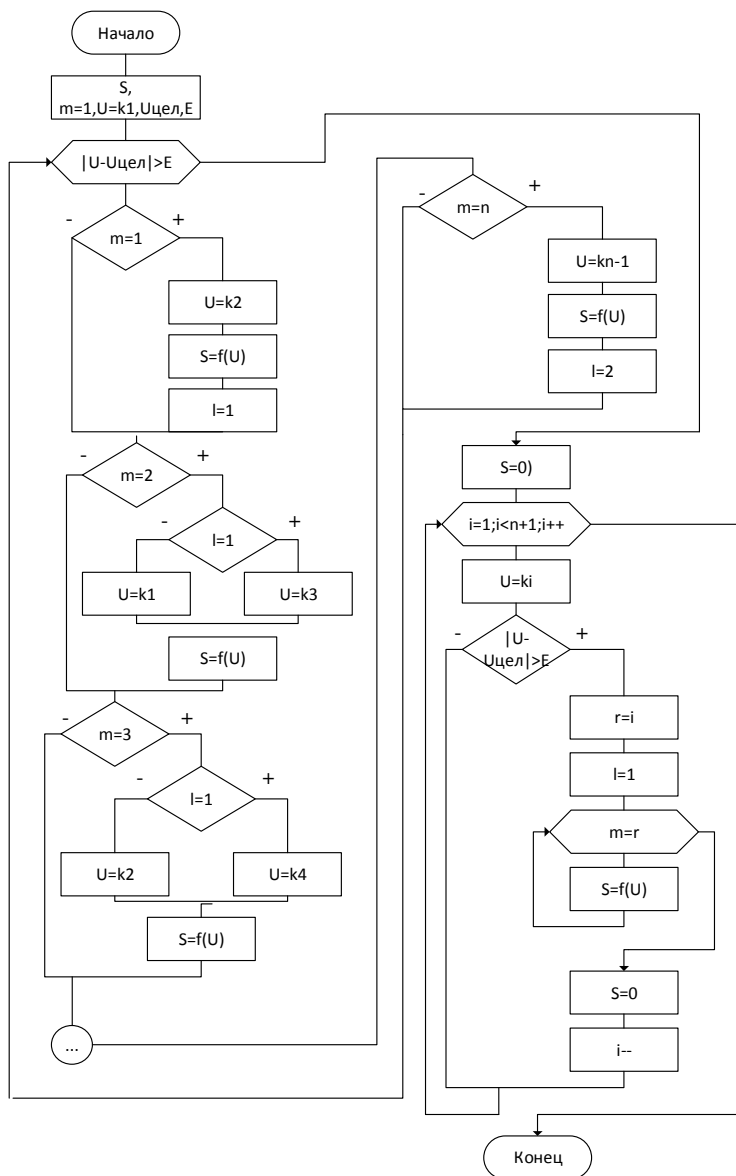


Рисунок 2 – Алгоритм оптимального управления радиометрической системой контроля параметров диэлектрических изделий

В состав системы входит также согласующий аттенуатор А4, подключенный к другому выходу делителя мощности А2, КВЧ-балансные смесители U6 и U7, к выходам которых подключены последовательно соединенные усилители промежуточной частоты А6 и А7, формирователи коротких импульсов U8 и U9 и линейный фазовый детектор U10.

К другому выходу делителя мощности А3 подключен КВЧ квадратурный фазоделитель U1, к выходам которого через КВЧ-балансные модуляторы U2 и U3 подключен двойной волноводный тройник А5, выходы которого соединены с другими входами КВЧ-балансных смесителей U6 и U7, низкочастотный генератор, встроенный в микроЭВМ сру и соединенный с низкочастотным квадратурным фазоделителем U4, выходы которого через автоматические переключатели S2 и S3 соединены с модулирующими входами КВЧ-балансных модуляторов U2 и U3. Делитель частоты U5 соединяет управляющие входы автоматических переключателей S2 и S3, синхронного детектора U11 и выход низкочастотного генератора, встроенного в микроЭВМ сру. К выходу фазового детектора U10 подключены последовательно соединенные фильтр верхних частот Z1, усилитель низкой частоты А8, синхронный детектор U11, фильтр нижних частот Z2, аналогово цифровой преобразователь U12, микроЭВМ сру и цифровой индикатор Р1. Цифровой выход микроЭВМ сру соединен с кодоуправляемым блоком регулирования (БР), управляющим режимом механической обработки изделия фрезой Ф1.

Проанализировав работу радиометрической системы, можно разработать алгоритм управления механической обработкой изделий из диэлектрических материалов, что позволит оптимизировать контроль их технологических параметров. Алгоритм оптимального управления радиометрической системой представлен на рисунке 2.

При разработке алгоритма были использованы такие условные обозначения:

$m$  – положение фрезы относительно зоны приема отражения сигнала;

$S$  – глубина подачи фрезы;

$U$  – текущее значение фазы зондирующего сигнала;

$U_{цел}$  – целевое значение фазы зондирующего сигнала;

$E$  – допустимое значение разницы фаз зондирующего сигнала, согласно заданному значению толщины обрабатываемого изделия;

массив  $k$  – значения фаз зондирующего сигнала с антенн (число элементов в массиве равняется числу антенн);

$l$  – направление движения фрезы;

$g$  – управляемое положение относительно антенн (1- $n$ ).

Измерение коэффициента отражения КВЧ-сигнала производится с опережением (коэффициент измеряется перед фрезой). Это позволяет вовремя останавливать обработку при достижении изделием желаемых параметров.

После остановки фрезы вся поверхность изделия проверяется и, если требуемая точность достигнута на всех участках, обработка завершается, в противном случае фреза перемещается на участок, требующий обработки. Пока фреза находится в данном участке, определяется глубина подачи фрезы определяется, как  $S = f(U)$ , когда фреза покидает данный участок, она перестает подаваться,  $S = 0$ , так как заданная точность на данном участке может быть не достигнута, необходимо повторно его проверить. Для повтора проверки данного участка, итератор  $i$  уменьшается. Эта операция повторяется, пока не будет достигнута требуемая точность, после этого проверяется следующий участок. Так достигаются требуемые показатели точности обработки на всех участках поверхности изделия.

**Выводы.** Предложенный алгоритм управления позволяет производить обработку диэлектрических изделий с требуемой точностью не останавливая оборудование, что существенно снижает потери времени на создание единицы продукции и значительно повышает производительность труда.

Рассмотренная радиометрическая система инвариантна к фазовым искажениям в преобразовательных каналах, результат коммутационного преобразования не зависит от амплитудно-фазовых искажений в смесителях и частотно-фазовых искажений в избирательных усилителях, что обеспечивает повышение точности измерения габаритных размеров изделий на рабочем месте при их механической обработке.

Данный способ контроля габаритных размеров диэлектрических изделий также позволяет избежать ошибок измерений, связанных с человеческим фактором (неточности, возникшие вследствие неверного применения измерительных приборов).

### Список литературы

1. Головки Д.Б., Скрипник Ю.О., Яненко О.П. Надвисокочастотні методи та засоби вимірювання фізичних величин. – К.: Либідь, 2003. – 328 с.
2. Куценко В.П. Методы и средства сверхвысоко-частотной радиометрии /Куценко В.П., Скрипник Ю.А., Трегубов Н.Ф., Шевченко К.Л., Яненко А.Ф. — Донецк: ИИИИИ «Наука і освіта», 2011. – 324 с.
3. Звіт про виконання науково-дослідної роботи „Розробка алгоритмів оптимального управління системами неруйнівного контролю в умовах технологічних процесів виробництва продукції на ККНВП „Кварсит” — Донецк: ДонНТУ, 2012. – 92 с.