

тивления, монотонным возрастанием среднего значения с последующей его стабилизацией и снижения коэффициента вариаций. Данные изменения свидетельствуют об улучшении состояния рабочих поверхностей и условий смазывания в зонах трения и соответствуют триботехническим процессам в ПК при приработке.

3. Электрическое сопротивление ПК и его статистические параметры - среднее значение, среднее квадратическое отклонение и коэффициент вариаций объективно и с высокой чувствительностью характеризуют фактическое состояние ПК и могут использоваться в качестве диагностических при контроле приработки.

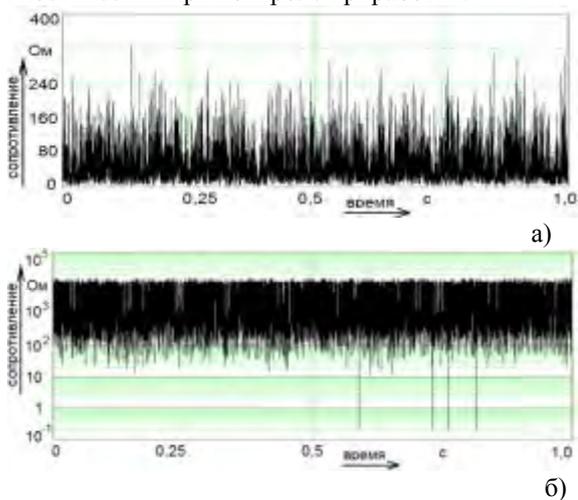


Рисунок 2 – Примеры реализаций флуктуаций сопротивления подшипника во времени до приработки (а) и после часовой приработки (б)

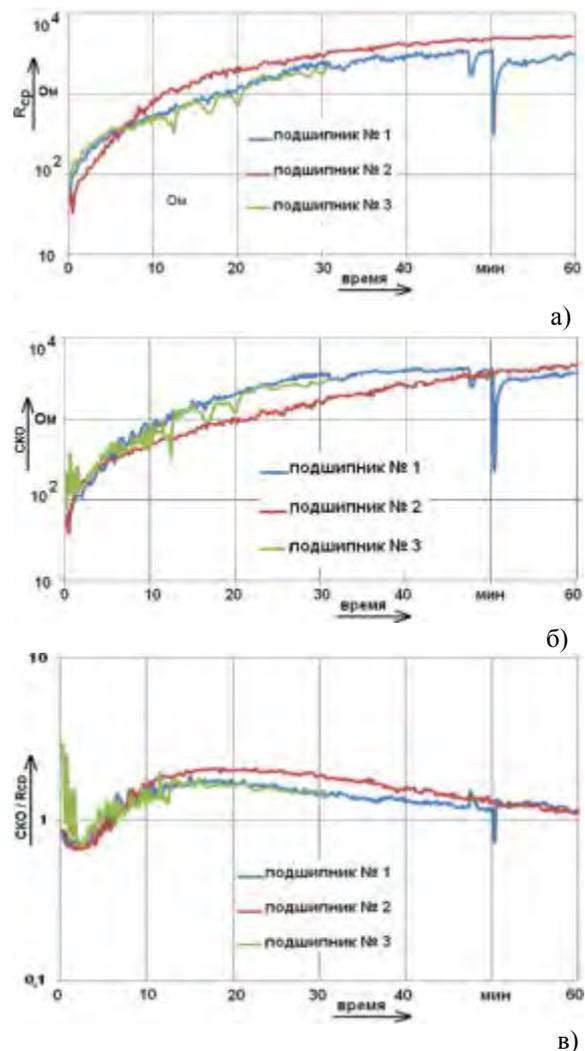


Рисунок 3 – Зависимости среднего сопротивления  $R_{cp}$  (а), среднего квадратического отклонения сопротивления SKO (б) и коэффициента вариаций SKO/ $R_{cp}$  (в) от времени приработки для трех ПК 1000900 одной партии

УДК 681.2

### ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УСТАНОВКИ БЕСКОНТАКТНОГО ИЗМЕРЕНИЯ МИКРОВОЛНОВЫХ ПАРАМЕТРОВ НЕБОЛЬШИХ ОБРАЗЦОВ МАТЕРИАЛОВ

Поклонский Н.А., Сягло А.И., Шнитко В.Т., Ковалев А.И.

Белорусский государственный университет  
Минск, Республика Беларусь

Авторами [1] предложена схема установки для бесконтактного измерения на сверхвысоких частотах (СВЧ) электромагнитного излучения параметров небольших образцов, например округлой формы диаметром до 7 мм. Установка состоит из СВЧ тракта с рабочим резонатором, персонального компьютера (ПК), специализированного контроллера [2] и позволяет измерять мощность отраженного от резонатора СВЧ излучения при пролете образца через резонатор (рис. 1).

Обмен данными между программой и специализированным контроллером осуществляется по принципу «запрос-ответ» с использованием протокола Modbus/ASCII [3] через интерфейс RS-232. Команда Modbus/ASCII протокола включает в себя символ начала сообщения, номер устройства, код функции, адрес отправки, набор 8-битных ASCII символов данных, контрольную сумму и символы окончания сообщения.

В данной работе представлено краткое описание программы для сопряжения специализирован-

ного контроллера с ПК. Программа разработана в пакете Borland C++.



Рисунок 1 – Внешний вид (принципиальная схема) установки: 1 – рабочий СВЧ резонатор с отверстиями в виде запердельных волноводов, 2 – СВЧ тракт, 3 – специализированный волновой контроллер, 4 – персональный компьютер

Рабочее окно программы (рис. 2) содержит панели «Настройка порта», «Установки прибора», «Измерения», «MODBUS команды».

Панель «Настройка порта» предназначена для обеспечения связи ПК с контроллером через порт обмена данными. С помощью инструментов панели можно выбрать номер устройства, порт обмена данными, скорость передачи данных  $BaudRate$  (по умолчанию  $BaudRate = 19200$  бит/с), а также произвести проверку связи контроллера с ПК.

Панель «Установки прибора» предназначена для установки настроек контроллера. С помощью инструментов панели можно произвести считывание с контроллера или запись в контроллер значений регистров настроек, а также установить значения регистров в соответствии со значениями следующих параметров: напряжения питания генератора на диодах Ганна, тока смещения детектора, частоты дискретизации  $f_{discr}$  аналогово-цифрового преобразователя (АЦП), времени задержки передачи данных  $t_{del}$  и  $BaudRate$ . При нажатии на расположенную на панели кнопку «Чтение регистров» в контроллер посылается команда запроса регистров контроллера, после чего от контроллера принимается сообщение, содержащее байты со значениями регистров, соответствующих установкам контроллера. При нажатии на кнопку «Запись регистров» в контроллер передаются значения регистров.

Панель «MODBUS команды» предназначена для непосредственной передачи команд Modbus/ASCII протокола в контроллер, а также показывает считываемые с контроллера команды. Инструменты панели можно использовать также для реализации функций контроллера, которые не предусмотрены в программе.

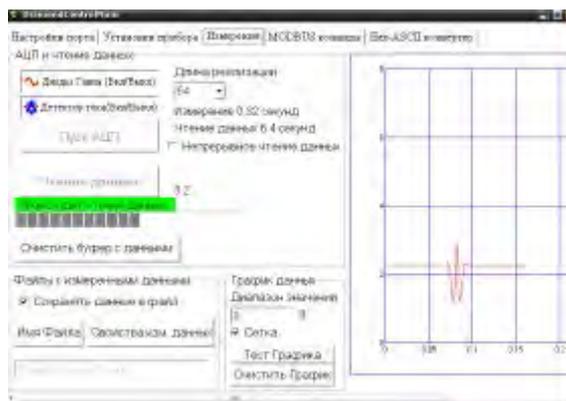


Рисунок 2 – Интерфейс управляющей программы

Панель «Измерения» (рис. 2) предназначена для проведения измерений. На этой панели находятся:

- Кнопка «Диоды Ганна (Вкл/Выкл)». При нажатии на эту кнопку, в контроллер посылается команда, включающая или выключающая питание диодов Ганна.

- Кнопка «Детектор тока (Вкл/Выкл)». При нажатии на эту кнопку, в контроллер посылается команда, включающая или выключающая ток смещения детектора.

- Список «Длина реализации» указывает число  $N_{blocks}$  блоков данных (по 32 отсчета), считываемых с АЦП контроллера за одно измерение. Временной интервал между отсчетами равен  $1/f_{discr}$ . При изменении  $N_{blocks}$  на экране программы автоматически отображается время, в течение которого данные измерения записываются в буфер АЦП контроллера  $T_{mea}$  (длительность реализации), а также время, необходимое для чтения данных, полученных при измерении  $T_{read}$ . Длительность одной реализации равна  $T_{mea} = 32N_{blocks}/f_{discr}$  ( $32N_{blocks}$  – число отсчетов в каждой реализации). При изменении «Длины реализации» в контроллер посылается команда, устанавливающая число блоков.

- Кнопка «Запуск АЦП». При нажатии на эту кнопку включается АЦП контроллера. При этом в контроллер посылается команда включения АЦП, и в течение времени  $T_{mea}$  проводится «оцифровка» напряжения на его входе и запись результатов в буферное оперативно запоминающее устройство (ОЗУ) контроллера.

- Кнопка «Чтение данных» позволяет считать из буферного ОЗУ данные временной реализации сигнала детектора. При считывании данных в контроллер посылаются команды запроса данных каждого блока, а на COM-порт компьютера передаются блоки данных, содержащих результаты измерений, хранящихся в буферном ОЗУ контроллера.

Длительность чтения данных измерения, записанных в буфер АЦП, равна  $T_{read} = N_{blocks} * ((32 * 4 +$

$+15 + 25) \cdot 10) / \text{BaudRate} + t_p + t_{del}$ ), где 32 – число отсчетов измерений в каждом блоке, 4 – число байт с данными для каждого отсчета измерений, 15 – число дополнительных байт в принимаемом сообщении, 25 – число байт команды запроса данных, 10 – число бит в байте Modbus/ASCII протокола,  $t_p$  – время, затрачиваемое контроллером на подготовку данных с результатами измерения для передачи в ПК. Например, для  $f_{discr} = 6400$  Гц,  $N_{blocks} = 64$ ,  $\text{BaudRate} = 19200$  бит/с, и  $t_p = 0.013$  с, измерение проходит в течение  $T_{mea} = 0.32$  с, считывание данных в течение  $T_{read} = 6.4$  с; для  $N_{blocks} = 2$  и  $\text{BaudRate} = 19200$  бит/с:  $T_{mea} = 0.01$  с,  $T_{read} = 0.2$  с; для  $N_{blocks} = 512$  и  $\text{BaudRate} = 115200$  бит/с:  $T_{mea} = 2.56$  с,  $T_{read} = 14$  с.

Считываемые данные измерений отображаются на графике программы и записываются в файл.

- Флажок «Непрерывное чтение данных» позволяет непрерывно запускать АЦП и считывать данные измерений, что можно использовать для настройки СВЧ тракта или для измерения изменения отражения при медленном помещении объектов в рабочий резонатор. При непрерывном чтении данных происходят действия, выполняющиеся при последовательном нажатии кнопок «Запуск АЦП» и «Чтение данных». Если «Длина реализации» составляет один блок, то каждое измерение происходит менее, чем за 0.3 с.

Возможный порядок работы установки:

1. При запуске программы появится окно программы с активной панелью «Настройки порта». Необходимо выбрать порт связи с контроллером и открыть порт. При открытии порта автоматически происходит сброс данных на контроллере.

2. Согласовать значения регистров контроллера с параметрами программы. Для этого в панели «Установки прибора» выбрать «Чтение регистров» или «Запись регистров».

3. Для проведения измерений на СВЧ тракте необходимо включить диоды Ганна и ток на де-

УДК 681.2

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ДИСКРЕТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СПЕКТРАЛЬНО-ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТЕРМИНИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ НА КОНЕЧНЫХ ИНТЕРВАЛАХ В ДИСКРЕТНОМ БАЗИСЕ ФУРЬЕ

Пономарев В.А., Пономарева О.В., Пономарев А.В.

Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашиникова

Ижевск, Российская Федерация

Рассмотрим современные методы дискретных косвенных измерений спектрально-временных характеристик детерминированных сигналов на конечных интервалах (частотных спектров и частотно-временных спектров) с помощью цифровой фильтрации – альтернативного направления развития цифровой обработки сигналов (ЦОС).

текторе. Для этого в панели «Измерения» нажать на соответствующие кнопки.

4. Для настройки СВЧ тракта необходимо установить флажок «Непрерывное чтение данных». При этом непрерывно проводятся и отображаются на графике измерения входного напряжения, позволяя вручную настраивать СВЧ тракт.

5. Перед проведением измерений с пролетом образцов через СВЧ резонатор необходимо выбрать значение параметра «Длина реализации», при этом величина  $T_{mea}$  отобразится на экране программы.

Для проведения измерений с пролетом образцов через СВЧ резонатор необходимо запустить АЦП контроллера программно (клавишей «Запуск АЦП») или подав импульс на соответствующий вход контроллера. Далее за время  $T_{mea}$  необходимо пробросить исследуемый образец через рабочий резонатор, после чего нажать на кнопку «Чтение данных». Считанные данные временной реализации сигнала детектора будут отображены на графике программы и записаны в файл.

1. Экспресс-методика бесконтактного измерения электрических параметров небольших образцов на сверхвысоких частотах / Н.А. Поклонский [и др.] // Приборы и методы измерений. – 2013. – № 1(6). – С. 64–71.
2. Специализированный контроллер для сопряжения с компьютером при бесконтактных микроволновых измерениях параметров материалов / Н.А. Поклонский [и др.] // Приборостроение-2013: матер. 6-й Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 20–22 ноября 2013 г. / редкол.: О.К. Гусев (пред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2013. – С. 104–106.
3. Modicon Modbus Protocol Reference Guide. – MODICON, Inc., Industrial Automation Systems, 1996. – 115 p.

В приложениях дискретных измерений частотных спектров детерминированных сигналов на конечных интервалах при решении задач обнаружения и (или) измерения параметров отдельных гармонических компонент (тональных компонент) применение дискретного преобразования Фурье (ДПФ), даже реализуемого алгоритмами быстрого преобразования Фурье (БПФ),