



## THE EDDY CURRENT FLAW DETECTOR WITH THE WIRELESS DATA TRANSMISSION SYSTEM

### МОБИЛЬНЫЙ ВИХРЕТОКОВЫЙ ДЕФЕКТОСКОП С БЕСПРОВОДНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Доц., канд. техн. наук Петрик В.Ф., Дугин А.Л., Карпинский В.В., Кустовский А.Л., Лисенко Ю.Ю.

Национальный технический университет Украины  
 «Киевский политехнический институт» – Киев, Украина,  
 E-mail: psnk@kpi.ua, j.lysenko@kpi.ua

**Abstract:** This article has described the direction in the development of the modern flaw detection - wireless connection. Wireless connectivity between the measuring sensors and processing unit increases the reliability of testing and decreases the decision-making time. It increases stability of devices under adverse environmental conditions and allows for simplifying executing operation in any position. The article includes the descriptions of the advantages of the GSM channel and justification of existing standards for particular non-destructive testing tasks and conditions.

KEY WORDS: WIRELESS CONTROL SYSTEM, DATA TRANSFER CHANNEL, EDDY CURRENT FLAW DETECTOR

#### 1. Введение

Современное развитие техники позволяет находить новое применение средствам, обеспечивающим получение, преобразование и передачу информации по каналу связи.

Целью данной работы является попытка применения подобных средств для создания универсальной системы неразрушающего контроля удаленных объектов, информация о состоянии которых оперативно передается на большие расстояния для дальнейшей обработки для принятия необходимого решения.

Организация каналов передачи информации в неразрушающем контроле имеет высокую актуальность, в частности при создании автоматизированных систем сбора и передачи данных. Беспроводная передача данных, как один из новых вариантов, позволяет сократить затраты времени на осуществление контроля объекта, уменьшить количество обслуживающего персонала при наблюдении за значительно отдаленными объектами, которые могут иметь как большую протяженность в случае трубопроводов, так и просто отдаленными от центра контроля.

Последние достижения в миниатюризации электронных устройств и интеграции датчиков дают возможность получить чувствительные элементы, оснащенные беспроводными средствами связи и памятью для хранения и обработки данных. На базе таких элементов может быть созданное «интеллектуальное» оборудование, в котором работа таких датчиков может координироваться на сервере с целью динамического контроля состояния объекта.

#### 2. Предпосылки и средства для решения проблемы

В [1, 2] проведен анализ возможных технологий беспроводной передачи данных в дефектоскопии, а в [3] реализован один из них. Однако радиус охвата контролируемой территории ограничивается сотнями метров. Для значительного увеличения расстояния, на котором может выполняться сбор информации с целью беспроводной передачи ее на сервер, предложена технология GSM.

При использовании беспроводной технологии GSM данные могут передаваться тремя основными способами: с помощью службы коротких сообщений SMS (Short Message Service), по голосовому каналу GSM и с использованием пакетной передачи данных GPRS (General Packet Radio Service). Рассмотрим более подробно каждый из этих способов.

Служба SMS весьма популярна среди пользователей мобильных телефонов. Однако для передачи массивов данных она подходит меньше всего. Посредством SMS-сообщений целесообразно передавать команды (например, на подключение к серверу) или служебную информацию малого объема (IP-адрес сервера и т. п.). Основные достоинства этой службы — простота использования, относительно низкая стоимость услуг и удобная организация доставки сообщений. К недостаткам ее следует отнести в первую очередь негарантированность быстрой доставки сообщения и малое число символов в нем — до 160. Эти обстоятельства накладывают существенные ограничения на применение SMS.

Высокоскоростная передача данных с коммутацией каналов HSCSD (High Speed Circuit Switched Data) позволяет организовать обмен данными любого объема между двумя объектами в реальном масштабе времени (on-line) в формате соединения «точка—точка». Основными достоинствами этого способа связи являются более высокие надежность и скорость передачи данных.

Максимальная скорость передачи данных по одному голосовому каналу GSM (режим CSD) составляет 9600 Кбит/с, а многоканальный режим HSCSD обеспечивает передачу данных на скорости 19 200 Кбит/с и выше [4]. К недостаткам использования голосового канала GSM можно отнести значительную стоимость пересылки килобайта информации и существенное негативное влияние (на экономические показатели системы) времени организации сеанса связи между модемами (своего рода handshaking) при передаче малых объемов данных. Например, время передачи 20 Кбит информации равно примерно 2 с, а время организации сеанса может варьироваться от 2 до 16 с, в зависимости от режима работы модемов. Поскольку абоненты оплачивают это время,

то наличие неэффективное использование финансовых ресурсов.

Наиболее оптимальный способ передачи данных по сети GSM — применение технологии GPRS. Главной ее особенностью является возможность постоянного подключения абонента к сети, т. е. наличие активного виртуального канала связи. На время передачи пакета данных абоненту предоставляется реальный (физический) радиоканал, который в остальное время используется для передачи пакетов других пользователей сети. Таким образом, абонент не занимает физический канал постоянно, как при режимах CSD и HSCSD, и поэтому платит только за трафик, а не за все время сеанса связи. В результате существенно снижается стоимость передачи мегабайта информации. Технология GPRS оптимальна для применения в системах непрерывного или квазинепрерывного мониторинга производственных процессов, контроля мобильных и стационарных объектов, а также для поддержки приложений, в которых ключевую роль играет низкая стоимость трафика. Максимально возможная скорость обмена данными с помощью технологии GPRS теоретически может достигать 170 Кбит/с.

В качестве канала передачи данных предлагается использование сети TCP/IP, а в качестве физического протокола — GPRS. Так как в этом случае у диспетчера нет возможности прямого обращения к объекту, отсутствует возможность периодических опросов накопителей, и эта функция передается аппаратуре на самом объекте. Способ подключения к сети Internet диспетчерского пункта в этом случае принципиального значения не имеет и может быть выполнен любым методом, оптимальным по технико-экономическим параметрам.

Как известно, технология пакетной передачи GPRS использует в качестве механизма доставки пакетов данных протоколы TCP/IP, в случае применения которых каждому из устройств сети присваивается уникальный IP-адрес. Существует два вида IP-адресов: статические и динамические. Статические IP-адреса могут предоставляться либо Интернет-провайдерами, либо операторами сотовых сетей. Наиболее простой способ получения статических IP-адресов — обратиться к Интернет-провайдеру. У операторов сотовых сетей получить такие адреса зачастую трудно и дорого.

Динамические IP-адреса выдает оператор при подсоединении к сети GPRS и только на время сеанса связи. Если по каким-либо причинам сеанс прервался, то при повторном подсоединении устройство, не имеющее статического IP-адреса, получит новый динамический, отличный от предыдущего. Необходимо упомянуть тот факт, что если устройство, в том числе модем GSM/GPRS, авторизовалось в сети и получило динамический IP-адрес, то для поддержания виртуального GPRS-канала в активном состоянии нужно через определенные временные интервалы передавать сигнальные пакеты на любой известный IP-адрес, иначе оператор разъединит соединение с сетью.

Применительно к нашей системе возможны разные варианты выделения IP-адресов центра обработки информации (ЦОИ) и концентраторам сетей датчиков контроля. Наиболее часто встречающийся вариант — наличие у ЦОИ статического IP-адреса, а у абонентов — динамических. Причем статический IP-адрес выделяет ЦОИ не сотовый оператор, а Интернет-провайдер при подключении ЦОИ к Интернету по выделенному каналу доступа (образованному с помощью технологий LBC, ADSL или др.).

При такой организации системы возможны два сценария установления соединения между устройствами в целях передачи данных. Если иницирующим соединением является концентратор, он организует GPRS-сеанс с инфраструктурой сотового оператора, получает от него динамический IP-адрес и устанавливает TCP/IP-соединение с ЦОИ (если “знает” его статический IP-адрес). Последний должен быть сконфигурирован на прием (и обработку) запросов на соединение по выделенному каналу доступа в

Интернет. При поступлении запроса на соединение от концентратора его динамический IP-адрес станет “известен” ЦОИ (в IP-заголовке пакета содержится информация об адресе отправителя), что делает возможным двухсторонний обмен информацией.

Если же инициатором связи является ЦОИ, то он дозванивается до удаленного модема по голосовому каналу GSM или посылает SMS-сообщение на его номер. Концентратор воспринимает входящий звонок (или поступившее SMS-сообщение) с известного номера как команду на установление соединения с ЦОИ и далее действует так, как было описано ранее. Минимальным требованием при организации соединения с ЦОИ является “знание” концентратором статического IP-адреса ЦОИ. Если же концентратор не “знает” этот адрес, то его можно сообщить концентратору по голосовому каналу GSM или посредством службы SMS.

При необходимости организовать связь с концентратором, имеющим статический IP-адрес, ЦОИ обращается к нему по этому адресу, устанавливая GPRS-соединение. Для этого модем GSM/GPRS концентратора должен быть сконфигурирован на прием (и обработку) запросов на соединение по каналу TCP/IP. Такой способ организации канала передачи данных возможен, однако на практике почти не встречается из-за сложности получения статических IP-адресов у сотовых операторов для всех удаленных устройств системы.

Актуален и такой вариант: концентраторы и ЦПО имеют динамические IP-адреса. Это возможно, когда ЦПО не оснащен выделенным каналом доступа в Интернет, но расположен в зоне действия одного из операторов сотовой связи. В этом случае уже не важно кто является инициатором связи — концентратор или ЦПО, действия по реализации канала передачи данных всегда будут одни и те же.

Иницирующее связь устройство (например, ЦОИ) организует GPRS-сеанс с инфраструктурой сотового оператора и получает от него динамический IP-адрес. Затем оно сообщает (например, с помощью службы SMS) полученный адрес другому устройству (концентратору) и передает ему команду соединиться по этому адресу. Вызываемое устройство, организовав GPRS-сеанс и получив динамический IP-адрес, устанавливает TCP/IP-соединение с вызывающим устройством.

### **3. Решение рассматриваемой проблемы**

На данный момент решена задача создания прибора с удобной и гибкой системой передачи и обработки данных, способной передавать их на различные устройства, в том числе на WEB сервер, а также сохранять данные на съемных малогабаритных носителях для последующей обработки.

Система построена на базе микроконтроллера STM32F7 с ядром ARM Cortex-M7. В системе разработан синтезатор частоты на базе микросхемы AD9850, который работает в диапазоне 1Гц - 40 МГц, что позволяет использовать датчики различных типов и конфигураций. Передача данных осуществляется с помощью Wi-Fi модуля ESP 8266. Благодаря данному модулю информацию можно передавать на различные устройства (компьютер, смартфон, планшет) для обработки. Разработана возможность записи данных с датчика на съёмный FLASH носитель. Для обработки и вывода данных на компьютере используется среда разработки LabVIEW. Макет разработанной системы с беспроводной передачей информации приведен на рис. 1.

На данный момент ведутся работы над усовершенствованием методов передачи и обработки информации, а также оптимизации системы.

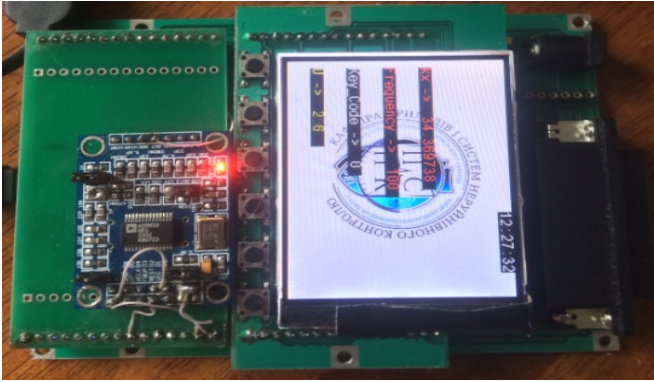


Рис.1 Макет разработанной системы контроля

В качестве устройства передачи данных было рассмотрено несколько сотовых телефонов и GSM-модемов. В ходе тестирования лучшие результаты показал GSM/GPRS-модем Fastrack фирмы Wavocom благодаря наличию поддержки множества протоколов передачи, низким требованиям к источнику питания и высокой чувствительности приемника и мощности передатчика.

За основу коммуникационного модуля может быть взята разработка фирмы Wavocom – беспроводной процессор Q2687. Он включает в себя 32 разрядный микроконтроллер, приемопередатчик GSM, множество внешних шин данных. Этот процессор является ядром разрабатываемой системы, осуществляющим все коммуникационные функции и основную логику работы с измерительным преобразователем.

Программа, реализуемая на модуле, выполняет следующие функции:

- постоянная проверка состояния измерительного преобразователя и сети оператора GSM;
- накопление мгновенных значений параметров для целей технического учета;
- слежение за нахождением всех показателей в допустимых границах, в случае выхода за них – оповещение об этом через GPRS-канал и SMS;
- периодический опрос среднечасовых значений измеряемых параметров и пересылка их в центральную базу по GPRS каналу;
- при приеме голосового вызова – передача текущих мгновенных значений измеряемых параметров в центральную базу;
- при приеме CSD-вызова – организация прямого соединения с измерительным преобразователем для его программирования или перенастройки;
- при невозможности использовать для работы сеть одного мобильного оператора – автоматическое переключение на использование альтернативной сети.

#### 4. Результаты и их обсуждение

Для проведения экспериментальных исследований выбрано деталь из алюминия АД31Т5 толщиной 5 мм (рис.2) с дефектами типа трещина: глубина залегания от 0.1 мм до 3 мм, раскрытие 1 мм. Контроль проводился с использованием дифференциального накладного вихретокового преобразователя (ВСП).

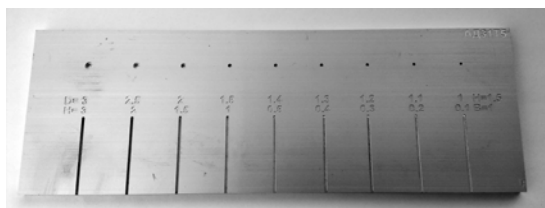


Рис. 2. Исследуемый образец

На рис. 3 приведены экспериментально полученные зависимости амплитуды сигнала ВСП от глубины трещины в результате проведения контроля на разных частотах.

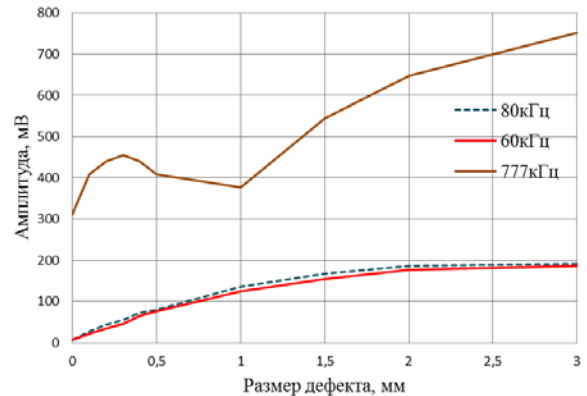


Рис. 3. Зависимость амплитуды сигнала ВСП от глубины трещины

На сегодняшний день разработан базовый модуль для решения задачи передачи информации о состоянии объекта контроля в ЦОИ, реализующий Wi-Fi технологии.

Ведутся работы по переводу беспроводной передачи данных на GSM/GPRS-модем Fastrack фирмы Wavocom.

Разрабатывается коммуникационный модуль на базе беспроводного процессора Q2687 фирмы Wavocom.

#### 5. Выводы

Исследования применения средств передачи данных в создании универсальной системы неразрушающего контроля удаленных объектов продемонстрировали удобство проведения контроля, возможность оперативной передачи данных контроля на большие расстояния без потерь, возможность доступа к результатам нескольких операторов, проведения дальнейшей обработки по нескольким алгоритмам одновременно для более точного результата. Так же применение подобных систем упрощает и ускоряет процедуру сопоставления результатов контроля однотипных объектов.

#### 6. Список литературы

1. Використання безпроводних технологій передачі даних для вирішення задач у неруйнівному контролі / О.Л.Кустовський, В.Ф.Петрик, К.М.Серій, Д.О.Мельник // Вісник НТУ «ХПІ», серія Електроенергетика і перетворююча техніка: Зб. наук. праць НТУ «ХПІ». Харків. – 2012. – №40.
2. Петрик В.Ф. Использование беспроводных технологий в дефектоскопии / Петрик В.Ф., Ковтун Г.М., Топиха Д.М. // Ж-л «Научни Известия НТСМ»: материалы междуна. конф. «Дни НК 2014», 2014р, – Созополь, 2014. – № 150 – С. 486 – 488.
3. Вихрострумний дефектоскоп з телеметричним каналом зв'язку / К. М. Серій, О. Л. Дугін, В. Ф. Петрик, Протасов А.Г. // Вестник " ХПИ" 2014 р № 19 (1062).
4. GSM/EDGE: Evolution and Performance. M. Saily, G. Sébire, E. Riddington, 2010. - 504 pp.