

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ВИРТУАЛИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ

С. Ф. Дмитриев, А. В. Ишков

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова
г. Барнаул

Исследованы особенности применения беспроводного канала Bluetooth в составе виртуализированных приборов, реализующих метод вихревых токов - ИЭНМ-20М и ИНПМП-5ФА. Первичный датчик-преобразователь может быть непосредственно подключен к различным коммерческим Bluetooth-гарнитурам к их типовому радиомодулю PVA 313 01/2, после оптимизации электрических параметров датчика. Показано, что при организации линии связи между Bluetooth-адаптером D-Link DBT-122 и различными гарнитурами дальность связи, обеспечивающей приемлемые метрологические характеристики прибора составляет 4-5 м.

Реализация концепции виртуализированных измерительных приборов (ВИП), сочетающих в себе метрологические характеристики традиционных аналоговых или цифровых средств измерений (СИ), высокую скорость получения и обработки первичной измерительной информации, широкие возможности накопления, анализа и гибкого функционального преобразования измерительного сигнала, удобства предоставляемые интерфейсом современных ПК, высокую надежность, позволила нам создать целый ряд работоспособных измерительных программно-аппаратных комплексов, реализующих метод вихревых токов (МВТ) [1].

Эти приборы уже получили широкое распространение не только в исследовательских и образовательных лабораториях ВУЗов, но и на производстве, так как по своим метрологическим характеристикам они могут заменить традиционные СИ, а также они могут использоваться в повседневной жизни человека - для мониторинга фона электромагнитного излучения от бытовых приборов, поиска скрытой проводки и пр. [2]. Еще большему распространению ВИП будет способствовать замена в них стационарных ЭВМ, к которым по проводным линиям подключаются внешние датчики, современными устройствами, функционирующими на платформах мобильных операционных систем и модернизация программного обеспечения.

Однако первые попытки использования нами в составе ВИП различных hi-tech-устройств (ноутбуков, карманных ПК и мини-ЭВМ, смартфонов и пр.) показали, что при существенном повышении их мобильности неизбежно ухудшается показатель цена/качество. Кроме того, возникают определенные трудности при адаптации программной части приборов к ограниченным вычислительным возможностям мобильных ОС и, особенно, Java-машин.

Указанные проблемы может решить применение в составе передающего и измерительного тракта таких ВИП вместо проводной линии и вторичных измерительных преобразователей - различных устройств беспроводной связи.

Целью настоящей работы являлось исследование особенностей использования беспроводной высокочастотной полнодуплексной линии связи Bluetooth в составе ВИП, реализующих МВТ.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве тестируемых ВИП-ов нами были использованы разработанные ранее приборы ИЭНМ-20М - измеритель электропроводности ферромагнитных материалов и ИНПМП-5ФА - измеритель напряженности переменного магнитного поля с Фурье-анализатором спектра [1, 2].

Для проведения исследований сверхминиатюрный вихретоковый преобразователь (СМВТП) ВИП был адаптирован по уровню выходных и входных сигналов типовых Bluetooth-гарнитур ($U_{вх.} = 0,1-0,25$ мВ, $U_{вых.} = 1,0-1,5$ В), для чего изменялось число витков в его приемной и передающей катушках [3].

В программное обеспечение ИЭНМ-20М и ИНПМП-5ФА были внесены изменения, позволяющие им инициализировать драйверы Bluetooth v 1.0 и v 2.0 на соответствующих вкладках как звуковые устройства.

В качестве беспроводного устройства, подключаемого к ПК использовался USB Bluetooth-адаптер D-Link DBT-122.

Приемно-передающий тракт ВИП организовывался и обслуживался управляющей программой драйвера между USB-адаптером DBT-122 и различными коммерческими Bluetooth-гарнитурами, к которым подключался СМВТП.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сопряжение СМВТП с коммерческими Bluetooth-гарнитурами осуществляется путем непосредственного подключения передающей катушки ВТП к телефонному выходу, а приемной - к микрофонному входу гарнитуры (рисунок 1).

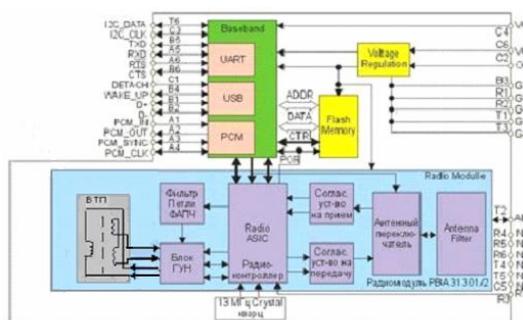


Рисунок 1 – Схема коммутации Bluetooth-радиомодуля с СМВТП

Типовой Bluetooth-чип-сет, используемый в большинстве доступных коммерческих гарнитур, содержит контроллер несущей частоты (Baseband controller), флэш-память, радиомодуль РВА 313 01/2, регулятор напряжения и кварцевый генератор - 13 МГц. Для полноценного функционирования Bluetooth-радиомодуль подсоединяется к baseband или эмулирующему его прибору. Baseband controller построен на основе процессора ARM7, осуществляющем чтение и запись информации во внутренние регистры радиоконтроллера ASIC. Эти регистры и используются для установки частоты, настройки и управления РВА 313 01/2.

После успешной коммутации Bluetooth-радиомодуля с СМВТП, нами было исследовано влияние характеристик коммерческих Bluetooth-гарнитур на устойчивую работу всего измерительного программно-аппаратного комплекса [4].

Известно, что в отличие от технологии, например инфракрасной связи IrDA, работающей по принципу «точка-точка» в зоне прямой видимости, технология Bluetooth разрабатывалась для работы как по принципу «точка-точка», так и в качестве многоточечного радиоканала между несколькими устройст-

вами «точка-много точек», управляемого многоуровневым протоколом, похожим на протокол мобильной связи GSM для пикосети или распределенной сети. При этом аппарат, иницирующий связь, является ведущим (Master), а остальные – ведомыми (Slaves).

Такая организация протокола обмена данными между устройствами при использовании беспроводного канала может существенно изменить как метрологические характеристики ВИП как СИ, так и его надежность. Однако, в приемно-передающем тракте ВИП ведущим всегда является более мощный USB Bluetooth-адаптер, подключенный к ПК, или встроенная плата CPU мини-ЭВМ. тогда использование USB-интерфейса ЭВМ делает внешний модуль USB-ведомым устройством для работы которого не требуется выделения отдельного ресурса, что не влияет на работу программной части ВИП.

Инициализация беспроводного канала в ВИП осуществляется посредством выбора установленного Bluetooth-устройства из списка звуковых в соответствующей экранной форме программы ВИП (рисунок 2).

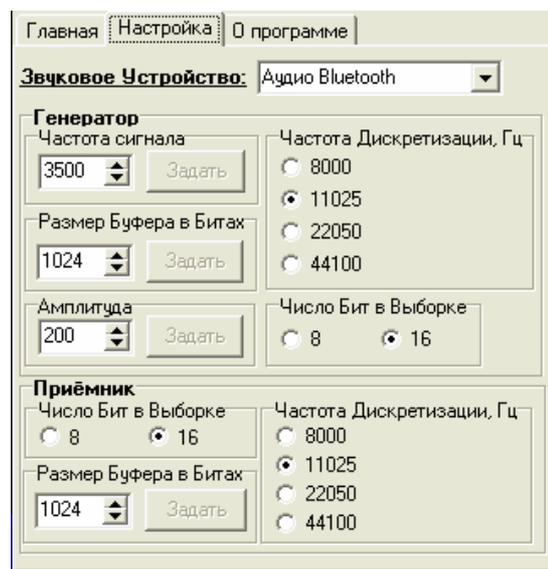


Рисунок 2 – Панель настройки ВИП ИЭНМ-20М и ИНПМП-5ФА

При использовании Bluetooth-устройств в составе ВИП связь между ними может осуществляться как в синхронном (SCO - Synchronous Connection Oriented), так и в асинхронном (ACL - Asynchronous Connectionless) режиме.

При SCO, служащем, преимущественно, для передачи речевой информации и реализованном в v 1.0, происходит установление

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ВИРТУАЛИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ

симметричного соединения «точка-точка» (рисунок 1), и скорость передачи информации равна 64 Кбит/с.

При ACL, предназначенном для пакетной передачи данных и реализованном в более поздних версиях Bluetooth, поддерживаются как симметричные, так и асимметричные соединения «точка-много точек», и скорость передачи возрастает до 721 Кбит/с. При этом весь выделенный для Bluetooth-радиосвязи частотный диапазон 2,402-2,480 ГГц разбит на n частотных каналов, полоса каждого канала 1 МГц, разнос каналов 140-175 кГц, а кодирование пакетной информации осуществляется методом частотной манипуляции (рисунок 3).

Постоянное чередование частот позволяет радиоинтерфейсу Bluetooth транслировать информацию по всему разрешенному 2,4 ГГц-овому диапазону ISM (Industrial, Scientific, Medical) и избежать воздействия помех со стороны устройств, работающих в этом же диапазоне не участвующих в сеансе связи. Однако, несмотря на использование метода расширения спектра при скачкообразном изменении частоты (FHSS - Frequency Hop Spread Spectrum), Bluetooth-устройства не всегда могут исключить проблемы, связанные с воздействием помех, дифракции и интерференции сигнала в диапазоне 2,4 ГГц, поэтому помимо FHSS используется специальное кодирование сигналов и аутентификация.

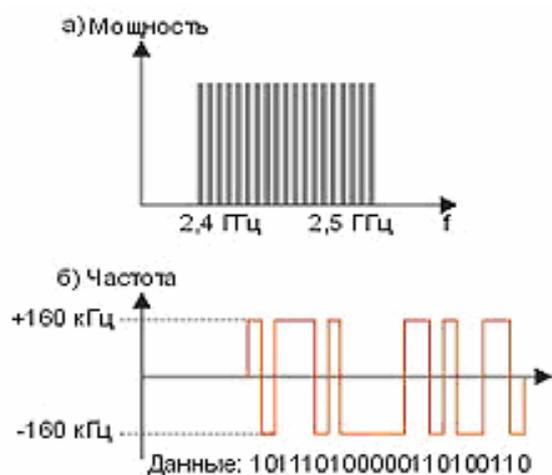


Рисунок 3 – Частотный диапазон Bluetooth (а) и способ кодирования пакетной информации в ACL-режиме (б)

Все это, в сочетании с тем, что маломощный (1,0-2,5 мВт) высокочастотный сигнал Bluetooth-устройств сложным образом

изменяет свои характеристики при распространении в реальных средах, затрудняет использование беспроводного канала в передающем и преобразующем трактах ВИП.

Таблица 1 – Некоторые характеристики коммерческих Bluetooth-гарнитур

Гарнитура	T , час	R , м	m , гр	D , мм
Nokia HS-56W	3	8,0	18	70×33×31
Motorola HS820	5	7,5	20	64×55×19
Siemens HNB-505	6	10,0	24	95×28×21
SonyEricsson HNH-PV700	5	9,0	22	60×32×22
F1 (DaoBao,KHP)	6	10,0	16	22×20×16

Так при исследовании нескольких коммерческих Bluetooth-гарнитур (таблица 1), в составе передающего канала ИЭНМ-20М по параметрам длительности непрерывной работы (T), максимального удаления от master-устройства (R), массе (m) и размеру (D), наилучшими оказались две гарнитуры SonyEricsson HNH-PV700 и F1, причем последняя модель обеспечивает и оптимальный уровень параметра цена/качество.

В то же время, первоначально определенная величина R при экспериментальном исследовании зависимости уровня сигнала (A/μ) на входе АЦП звукового адаптера изменилась, например для гарнитуры SonyEricsson HNH-PV700 в зоне прямой видимости, она существенно снизилась (рисунок 4).

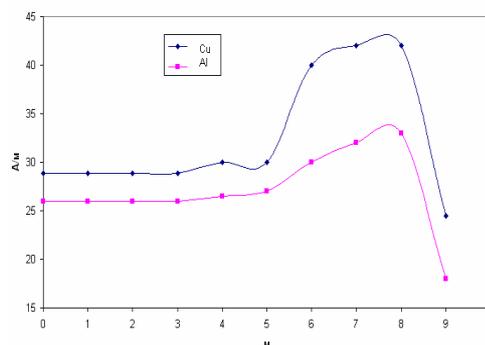


Рисунок 4 – Зависимость сигнала на входе АЦП для ГСО меди и алюминия от радиуса Bluetooth-пикосети между адаптером DBT-122 и гарнитурой SonyEricsson HNH-PV700

Такое же, примерно двукратное, снижение максимального удаления от master-

устройства, при условии постоянного уровня сигнала на входе АЦП, наблюдается и для Bluetooth-гарнитуры F1.

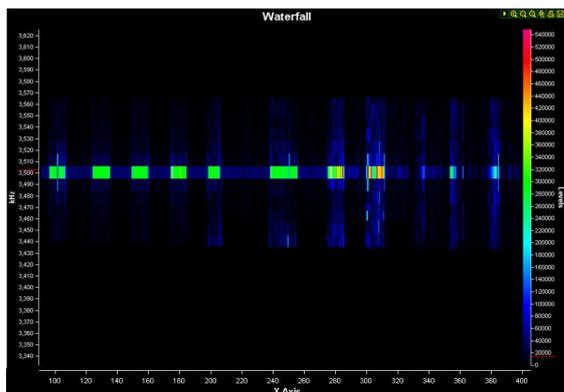


Рисунок 5 – Амплитудно-частотная зависимость измерительного сигнала от длины беспроводной линии, полученная Фурье-анализатором ВИП ИНПМП-5ФА

На рисунке 5 показано семейство спектров сигнала, принимаемого ВИП ИНПМП-5ФА по беспроводной линии с Bluetooth-гарнитурой F1 при возбуждении им вихревых токов в ГСО меди на частоте 3,51 кГц от расстояния между устройствами. Из сравнения приведенного рисунка с рис. 4 видно, что при расстояниях между Bluetooth-устройствами (линия адаптер-гарнитура) до 4-5 м спектральные характеристики измерительного сигнала не изменяются, в интервале 5-8 м в спектре появляются высоко- и низкочастотные гармоники, интенсивность которых в 1,5-2 раза превосходит возбуждающий сигнал, при расстояниях между Bluetooth-адаптер D-Link DBT-122 и гарнитурой F1 более 8 м измерительный сигнал сильно ослабевает, а его спектральная характеристика становится ассиметричной.

Так как ВИП являются измерительными программно-аппаратными комплексами, то для получения значения измеряемой величины (электропроводности, напряженности поля, толщины покрытия и пр.), необходимо установить соответствие между уровнем сигнала на приемной катушке СВТП и исследуемым параметром. Одним из вариантов установления этого соответствия может быть аппаратная кривая.

На рисунке 6, представлены семейства аппаратных функций зависимости электропроводности от величины сигнала (у.е.) СВТП в ВИП ИЭНМ-20М при использовании беспроводной линии связи длиной 4 м на

частоте возбуждения поля вихревых токов в образцах 3,51 кГц.

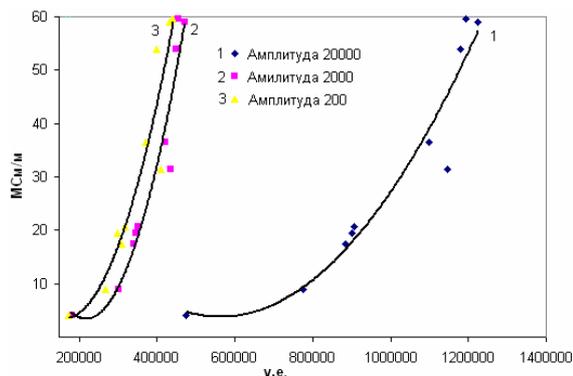


Рисунок 6 – Аппаратные функции ВИП ИЭНМ-20М, связанным беспроводной линией с Bluetooth-гарнитурой F1 на частоте 3,51 кГц

Аппроксимированные аппаратные кривые хорошо описываются полиномом второй степени $y=ax^2+bx+c$, что согласуется с литературными данными для МВТ [5]. Кривые 1-3 являются аппроксимацией первых высших гармоник измерительного сигнала. Коэффициенты аппроксимации приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Коэффициенты аппроксимации квадратичной аппаратной функции для системы ИЭНМ-20М- F1

3,51 кГц			
I _{ампл.} , у.е.	y=ax ² +bx+c		
	a	b	c
20 000	1×10 ⁻¹⁰	-1×10 ⁻⁴	42,073
2 000	5×10 ⁻⁹	-2×10 ⁻⁴	22,203
200	9×10 ⁻⁸	-5×10 ⁻³	72,173
2 кГц			
20 000	5×10 ⁻¹¹	-6×10 ⁻⁵	19,632
2 000	6×10 ⁻¹⁰	-9×10 ⁻⁵	4,451
200	1×10 ⁻⁷	-4,7×10 ⁻³	54,680

Зависимость 1 (рисунок 6) наиболее пологая, имеет максимальный перепад по аргументу и хорошо подходит в качестве градуировочного графика при определении величины электропроводности с помощью ВИП ИЭНМ-20М, связанным беспроводной линией с Bluetooth-гарнитурой F1 [6].

Таким образом, проведенные исследования позволили установить основные особенности использования беспроводной линии связи Bluetooth в составе виртуализированных измерительных приборов, реализующих метод вихревых токов.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПРОВОДНОГО КАНАЛА ДЛЯ ПЕРЕДАЧИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ В ВИРТУАЛИЗИРОВАННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРАХ

ВЫВОДЫ

На основе проведенных исследований были выявлены общие подходы при разработке ВИП, реализующих MBT, с каналом беспроводной связи Bluetooth, а также определены некоторые особенности их работы:

1. Реализована общая схема коммутации СМВТП с Bluetooth-гарнитурой при подключении его катушек к радиомодулю PVA 313 01/2.

2. Исследовано влияние характеристик беспроводной линии связи и основных параметров коммерческих Bluetooth-гарнитур на работу измерительного программно-аппаратного комплекса ВИП.

3. Проведена аппроксимация аппаратных кривых ВИП ИЭНМ-20М при его работе с беспроводной линией в составе адаптера D-Link DBT-122 и гарнитур SonyEricsson NBH-PV700 и F1.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дмитриев С.Ф., Ишков А.В. и др. Виртуализированные измерительные приборы: колл. монография. Кн. 27. / под ред. О.И. Кирикова. - Воронеж: Изд-во ВГПУ, 2010.
2. Дмитриев С.Ф., Ишков А.В. и др. Виртуализированные измерительные приборы для образования и научных исследований. // Мат-лы III Всеросс. н.-п. конф. –Бийск: БПГУ им. В.М. Шукшина, 2010. С. 129-140.
3. Дмитриев С.Ф., Ишков А.В. и др. Особенности реализации аппаратной части виртуализированных измерительных приборов в методе вихревых токов. // Ползуновский вестник, - 2010. -№2. -С. 118-122.
4. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. - СПб.: Питер, 2004.
5. Тамм И.Е. Основы теории электричества. -М.: Высшая школа, 1976.
6. Дмитриев С.Ф., Ишков А.В. и др. Общие подходы при разработке специализированного программного обеспечения виртуализированных измерительных приборов // Ползуновский вестник. -2010. -№2. -С. 199-205.