

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПЕЙ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА: КРАТКИЙ ОБЗОР

ПАВЕЛ САПРОНОВ, к.т.н., ИПУ им. В.А. Трапезникова РАН

В статье рассмотрены прошедшие за последние пять лет изменения на рынке средств измерений параметров цепей переменного тока. Рассказывается о технических характеристиках и особенностях новых моделей разных производителей приборов этого класса. Обозначены новые тенденции соответствующего рыночного сегмента.

ВВЕДЕНИЕ

Параметры цепей переменного тока (например, активной и реактивной составляющих сопротивления, добротности, тангенса угла потерь и т.д.) являются показателями качества или функционирования объекта исследования, а также индикаторами влияющих на них параметров окружающей среды. Круг задач измерения, контроля, диагностики и научных исследований процессов различной природы, в которых используется измерение параметров цепей переменного тока (ПЦПТ), постоянно расширяется. Специальные средства измерения (СИ) ПЦПТ — измерители (анализаторы) импеданса (иммитанса), RLC-измерители (анализаторы), виртуальные и портативные приборы, а также анализаторы цепей (Network Analyzer) измеряют как активные, так и пассивные параметры.

В большинстве случаев рассматриваемые СИ применяются в ходе научных исследований в электрохимии, физике и других дисциплинах, при диагностике и контроле элементов, устройств, материалов (радиоэлектронных компонентов), в медицинской диагностике и т.д.

Последний обзор СИ ПЦПТ был дан в работе [1]. В этом обзоре попробуем выяснить, что нового появилось среди приборов, и в каких новых областях они нашли свое применение.

ОБЗОР ПРИБОРОВ РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Анализаторы иммитанса — приборы с наиболее широкими функцио-

нальными возможностями, позволяющие измерять параметры иммитанса при изменяющихся внешних условиях (в функции частоты, напряжения смещения, напряжения на объекте и т.д.), что необходимо в процессе разработки и исследования рассматриваемых объектов [1]. Примером может служить прибор IM3570 Impedance Analyzer фирмы **HIOKI** (Япония). Прибор имеет достаточно широкий диапазон частот: $4...5 \cdot 10^6$ Гц с погрешностью измерения 0,08%.

Измерители параметров иммитанса — приборы с широкими функциональными возможностями, обеспечивающие высокую точность измерения (порядка 0,1%). Эти приборы предназначены для применения в лабораторных и производственных условиях. Рабочий диапазон частот варьируется в диапазоне $0,1...3 \cdot 10^9$ Гц. Обеспечивают измерение параметров R, L, C до следующих значений: 10^{11} Ом, $750 \cdot 10^3$ Гн и 100 Ф. Как правило, напряжение на объекте измерения составляет 0,003...200 В. Технические характеристики ряда измерителей параметров иммитанса зарубежных производителей приведены в таблице 1.

Отметим, что фирма **Escort** (торговая марка **Aktakom**, Тайвань) дополнительно разработала и поставляет программное обеспечение для серии измерителей иммитанса AM-3016, позволяющее управлять прибором через последовательный интерфейс (RS-232) и удаленно наблюдать за результатами измерений. Кроме того, в главном меню окна

программы есть функция просмотра и сохранения результатов в формате Excel или Access [2].

Одной из тенденций является добавление в разрабатываемые приборы USB-интерфейса для подключения к компьютеру или внешних портативных блоков памяти. Завод «**Калибр**» (Белоруссия) представил новый прибор E7-20, работающий в диапазоне частот от 25 до 10^6 Гц с погрешностью измерения 0,1% [3]. ГП «**Укрметртестстандарт**» (Украина) разработало измеритель импеданса MHC-1100, предназначенный для автоматического измерения параметров импеданса (емкости, индуктивности, активного сопротивления, взаимной индуктивности, тангенса угла потерь и тангенса угла фазового сдвига) по любой из двухэлементных схем замещения, а также процентных отклонений с представлением результатов измерений в цифровом виде. Измеритель может быть использован для выполнения метрологических работ, при контроле электро- и радиотехнических изделий, в научных исследованиях, при измерениях неэлектрических величин с использованием измерительных преобразователей любого типа. Прибор имеет достаточно широкий диапазон частот: $0,1...10^5$ Гц, а погрешность его измерения составляет 0,01/0,002% [4].

Портативные приборы — малогабаритные приборы с автономным (батарейным) питанием. Портативные СИ ПЦПТ характеризуются меньшими функциональными возможностями,

Таблица 1. Технические характеристики измерителей параметров иммитанса

Фирма, страна, модель	Основная погрешность измерения, %	Рабочая частота, Гц	Диапазоны измеряемых величин			Напряжение смещения, В	Масса, кг	Энергопотребление, В·А (Вт)
			R, Ом	C, Ф	L, Гн			
QuadTech, США, 7600 Plus Precision LCR Meter	0,05	$10...2 \cdot 10^6$	10^9	10	99,999	$5 \cdot 10^3...5$	10	100 Вт
TEGAM INC., США, 3550	0,1	$42...5 \cdot 10^6$	$10^5...2 \cdot 10^8$	$10^{-13}...0,037$	$326 \cdot 10^9...750 \cdot 10^3$	—	7	250 Вт
Escort, Тайвань, AM-3026 ¹ AM-3028	0,1 0,05	$20...5 \cdot 10^6$ $20...10^6$	$10^4...10^8$	$10^5...9,99$	$10^{11}...10^5$	5 2	15	100 Вт
Wayne Kerr, Великобритания, 65120B	0,05	$20...120 \cdot 10^6$	$10^5...2 \cdot 10^9$	$10^9...1$	$10^9...2 \cdot 10^3$	40	14	150

¹ Торговая марка Aktakom.

габаритами, массой и стоимостью. Основная погрешность измерения таких приборов составляет около 2%.

Компания **Agilent Technologies Inc.** (США) представила новую линейку ручных измерителей иммитанса U1731C, U1732C и U1733C LCR, которые позволяют инженерам и специалистам быстро и максимально удобно выполнять основные измерения. По сравнению с предыдущими моделями данной серии следует отметить такие улучшения как возможность выбора измерительных частот до 10^5 Гц (U1733C) и обеспечение погрешности измерений 0,2%. Кроме того, серия U1730C позволяет проводить автоматическую идентификацию компонентов, в результате которой на экране отображается тип устройства и подробный анализ таких параметров как полный импеданс, сопротивление постоянному току и эквивалентное последовательное сопротивление [5].

Уже упоминавшийся белорусский завод «Калибр» разработал новый прибор E7-18, работающий в диапазоне частот 20...1000 Гц с погрешностью измерения 0,08%.

Виртуальные приборы. Под данным классом средств измерений принято понимать приборы, созданные на базе персонального компьютера, обеспечивающего функции не только управления и обработки данных, но и вывода и графического представления информации. Сегодня на рынке нет функционально-ориентированных виртуальных приборов для измерения ПЦПТ, выпускаемых серийно. Единственным, разрабатываемым под различные задачи измерения, является прибор «Виртуальный измеритель-анализатор параметров импеданса» Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (Москва) [6], созданный в нескольких модификациях и использующийся в ряде НИИ и вузов. Базовый вариант прибора такого типа работает в диапазоне частот $10 \dots 2 \cdot 10^6$ Гц и обеспечивает измерение параметров комплексного сопротивления с модулем в диапазоне $10^{-3} \dots 10^9$ Ом. Основная погрешность измерений составляет около 0,2%. Последняя разработка описана в [7].

Проблемно-ориентированные приборы. ООО «НТЦ Транспорт» (Омск) выпускает цифровой измеритель параметров иммитанса «Имметр», предназначенный для измерения параметров (индуктивности, добротности, сопротивления постоянному току) приемных катушек автоматической локомотивной сигнализации всех типов, в том числе и применяемых на метрополитене, а также для измерения наведенной ЭДС и сопротивления постоянному току. Прибор допускает измерение при синусоидальном напряжении параметров объектов, представляемых параллельной или последовательной двухэлементной схемой замещения в диапазоне частот 20...1000 Гц с погрешностью измерения 0,08 % [8].

Для решения проблемно-ориентированных задач фирма **SY-LAB Gerate GmbH** (Австрия) [9] разработала микробиологические анализаторы ВаСТрас 4300 и BioТрас 4250, предназначенные для автоматической регистрации роста широкого спектра микроорганизмов (например, для обеспечения безопасности и контроля качества готовой продукции, для определения стерильности различных материалов и растворов).

В последние годы метод измерения импеданса в данной области получил широкое распространение на рынке благодаря своей универсальности и надежности. Прибор ВаСТрас 4300 регистрирует два параметра: М-параметр (импеданс среды) и Е-параметр (электродный импеданс), которые учитываются отдельно или в комбинации. Измерительная система прибора ВаСТрас 4300 является высокочувствительной к микробным метаболитам и позволяет проводить измерения даже в селективных питательных средах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Важно отметить, что метод измерения параметров импеданса нашел широкое применение при исследованиях наноконпозиционных материалов [10–12], поскольку изменения импеданса легко регистрируются, а его параметры являются весьма информативными. Например, электрохимический

импеданс (сопротивление и емкость) может изменяться вследствие разрушения структуры, а электрический импеданс материала может быть измерен и отслежен по всей толщине, и в случае растрескивания или расслоения можно отследить его изменение.

На основе рассмотренного материала можно сделать вывод, что использование метода измерения импеданса в различных областях науки и техники по-прежнему остается актуальным. Особых изменений в технических характеристиках разрабатываемых приборов не появилось. Основное внимание уделяется расширению и улучшению пользовательских функций, а также обучению потенциальных потребителей с помощью методических и демонстрационных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сапронов П.В. Средства измерения параметров цепей переменного тока (приборы)//Электронные компоненты, №5, 2005.
2. <http://www.aktakom.ru>.
3. <http://www.kalibr.com>.
4. <http://www.ukrcsm.kiev.ua>.
5. <http://www.home.agilent.com>.
6. Агамалов Ю.Р., Бобылев Д.А., Кнеллер В.Ю. Виртуальные измерители-анализаторы параметров импеданса//Датчики и системы, №5, 2004.
7. Агамалов Ю.Р., Бобылев Д.А., Боровских Л.П., Кнеллер В.Ю. Виртуальный самоверяемый анализатор иммитанса с адаптивными функциональными возможностями//Датчики и системы, №7, 2008.
8. <http://www.ntc-transport.ru>.
9. <http://www.sylab.com>.
10. <http://publichenko.ru>.
11. Карпова С.С., Морозова М.Н., Аньчков М.Г., Грачева И.Е. Гидропиролитический синтез и исследование наноструктур на основе металлооксидов//Труды молодых ученых/Главный редактор д.т.н., проф. В.О. Никифоров. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2010.
12. Крахин О.И., Прокофьев М.В. Применение наноматериалов и нанотехнологий для повышения качества СВЧ-техники//Сборник докладов III Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь». – М.: изд. ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН, 2009.

СОБЫТИЯ РЫНКА

| РЫНОК ПОЛУПРОВОДНИКОВ ДОСТИГ ДНА | Так считает президент STMicroelectronics Карло Бозотти (Carlo Bozotti). Он заявил, что количество заказов, которые его компания получила за последние несколько недель, указывает на начало восстановления спроса. По словам Бозотти, на текущий момент происходит коррекция складских запасов на фоне слабого спроса, что может свидетельствовать о достижении рынком дна. В то же время Бозотти заметил, что пока рано говорить о возможности улучшения ситуации.

Бозотти заявил о прекращении коррекции складских запасов вслед за руководством компаний TSMC, Texas Instruments и Microchip Technology. Эта коррекция осложнилась последствиями японского землетрясения в марте 2011 г. и широко-масштабным долговым кризисом.

Однако традиционно хорошие показатели компании в последнем квартале года на этот раз не столь хороши, — считает Боб Крысьяк (Bob Krysiak), исполнительный вице-президент ST. По его мнению, проблема заключается в психологии потребителей, которые в нынешней ситуации очень осторожно идут на расходы.

www.elcomdesign.ru