

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Разработан и изготовлен измерительный комплекс, с помощью которого исследуются параметры датчиков физических величин. Измерение параметров реализовано на основе встроенного микроконвертера. Программа на ПК осуществляет интерфейс пользователя с измерительным комплексом, а также обработку и визуализацию измеренных параметров.

© Ю.А. Брайко,
Р.Г. Имамудинова, 2004

УДК 681.3(031)

Ю.А. БРАЙКО, Р.Г. ИМАМУДИНОВА

КОМПЬЮТЕРНЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПАРАМЕТРОВ ДАТЧИКОВ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Микроэлектронные датчики физических величин – важные элементы сложных систем обработки данных, а также систем экологического мониторинга, поскольку от их параметров в значительной мере зависят метрологические характеристики сложных систем. Датчики физических величин относятся к компонентам широкого применения, поэтому комплекс вопросов, связанный с построением автоматизированных систем измерения и контроля параметров, является важной задачей, решение которой необходимо для улучшения качества датчиков и повышения их конкурентоспособности.

В данной работе изложены материалы по разработке и созданию виртуального измерительного комплекса параметров датчиков физических величин на базе персонального компьютера.

Для измерения параметров электронных приборов используются три подхода к созданию контрольно-измерительных комплексов: тестеры с ручным заданием воздействий и измерением параметров; автоматизированные комплексы с управлением от персональной ЭВМ; открытые виртуальные измерительные системы [1].

При первом подходе к построению комплексов задание управляющих воздействий осуществляется в ручном режиме.

Производительность таких тестеров очень низка, а вероятность ошибок оператора и промахов при выполнении измерений достаточно высока.

Измерительные комплексы второго и третьего типов обеспечивают автоматическое

управление процессами измерения параметров. Результаты измерений визуализируются и представляются в удобном для обобщения и анализа виде. Как следствие, обеспечивается высокая производительность процедур измерения и контроля и высокая достоверность полученных результатов.

Для контроля параметров датчиков физических величин разработан виртуальный двухуровневый измерительный комплекс. На верхнем уровне комплекса используется персональный компьютер (ПК) с набором периферийных устройств. Нижний уровень комплекса состоит из программно-аппаратных средств на базе встроенного микроконвертера ADuC812 фирмы Analog Devises [2,3].

Датчики влажности и температуры описываются с помощью параллельных эквивалентных схем реального конденсатора, поскольку эти эквивалентные схемы применяются в случае преобладания потерь в диэлектрике [4].

При включении датчика в цепь переменного тока и подачи на него напряжения U с частотой ω , ток, протекающий через него, будет определяться значением проводимости

$$y = \sqrt{(1/R_S)^2 + (\omega \cdot C_S)^2},$$

где R_S – сопротивление утечки; C_S – емкость в параллельной эквивалентной схеме реального конденсатора.

Для параллельной эквивалентной схемы датчика

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega \cdot R_S \cdot C_S} = \frac{1}{\omega \cdot \tau_S},$$

где τ_S – постоянная времени датчика.

Иногда в качестве параметра эквивалентной схемы датчика используется добротность Q_S , которая определяется из выражения

$$Q_S = \frac{1}{\operatorname{tg} \delta}.$$

Емкость, определяющая значение проводимости y датчика на частоте ω , называется эффективной емкостью C_{eff} . Значение C_{eff} для параллельной эквивалентной схемы может быть определено из выражения

$$C_{eff} = \frac{y}{\omega} = C_S \sqrt{1 + \operatorname{tg}^2(\delta)},$$

где $\operatorname{tg} \delta$ – тангенс угла потерь в параллельной эквивалентной схеме емкостного датчика.

Для определения значений влажности и температуры окружающей среды с помощью емкостных датчиков необходимо измерить электрические параметры на входе и выходе измерительной схемы, построенной на базе этих датчиков.

После чего должны быть выполнены вычисления с использованием вышеприведенных выражений, в результате чего определяются значения следующих параметров: R_s , C_s , $tg\delta$, Q_s .

Набор измерительных процедур реализуется программным способом с использованием ПК. Такая структура измерительного комплекса обеспечивает низкую стоимость, универсальность, аппаратную гибкость (рис. 1).

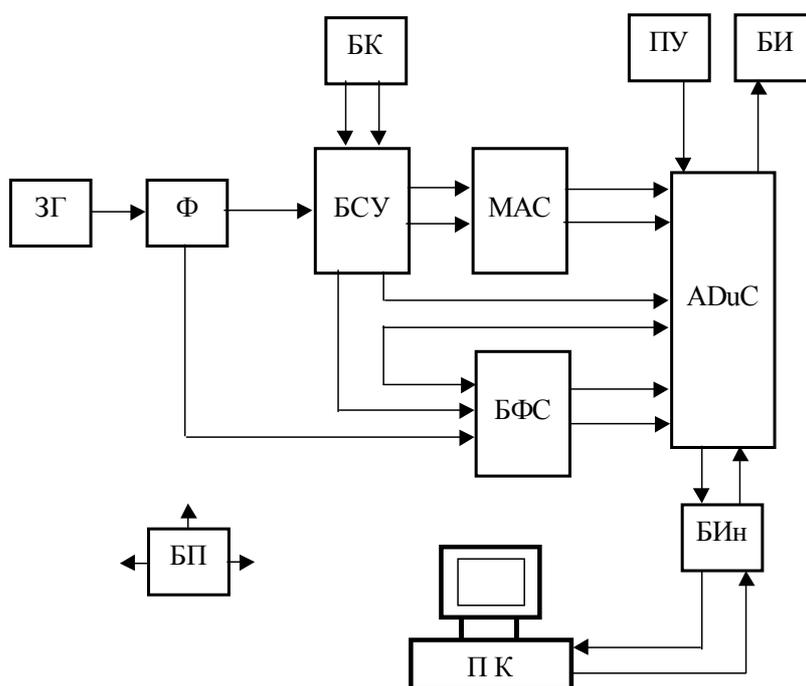


РИС. 1. Структурная схема виртуального измерительного комплекса датчиков физических величин

Здесь ЗГ – задающий генератор; Ф – формирователь тестовых сигналов; БК – блок коммутации БСУ – блок согласующих усилителей; МАС – мультиплексор аналоговых сигналов; БФС – блок формирования сигналов; ПУ – пульт управления; БИ – блок индикации; БИН – блок интерфейса; БП – блок питания; ПК – персональный компьютер; ЭД – эталонный датчик.

С помощью задающего генератора и формирователя гармонический сигнал с частотой f_n подается параллельно на измерительные схемы, состоящие из согласующих усилителей и исследуемых датчиков. Датчики предварительно устанавливаются в контактные гнезда, конструктивно объединенных в блок комму-

тации, который помещается в среду для задания требуемых внешних воздействий.

Поскольку микроконвертер AduC812 имеет только восемь входных аналоговых сигналов, в структуру системы потребовалось ввести дополнительный мультиплексор аналоговых сигналов (МАС), что позволило подать на входы АЦП десять выходных сигналов от измерительных схем, а также входной гармонический сигнал, что, в свою очередь позволило скорректировать погрешность от нестабильности амплитуды входного сигнала.

АЦП, входящий в состав микроконвертера ADuC812, имеет разрешающую способность $n = 12$ бит и время преобразования $t_{np} = 5$ мкс.

Управляющая программа, находящаяся в резидентной Flash-памяти программ, позволяет реализовать совмещение операций во времени при обработке сигналов, благодаря чему амплитуды входных и выходных сигналов определяются с большой точностью.

Апертурное время определения амплитуды гармонического сигнала с частотой $f = 10^3$ Гц составляет $t_a = 5$ мкс, при этом апертурную погрешность можно оценить с помощью следующего соотношения:

$$V_{ap} = \frac{U_m - U_m (\pi/2 + t_0/T)}{U_m} \cdot 100 \% \leq 0,05 \%,$$

где T – период тестового сигнала; U_m – амплитудное значение тестового сигнала.

Для определения фазовых сдвигов между входным и выходными сигналами измерительных схем используется блок формирования сигналов и программируемые таймеры микроконвертера ADuC812.

Пульт управления и блок индикации служат для запуска и контроля работы системы.

Процедура измерения емкости, тангенса угла потерь, значения сопротивления утечки и эффективной емкости емкостного датчика относительной влажности начинается с определения с помощью микроконвертера AduC812 параметров входного и выходного сигналов: амплитуды входного опорного сигнала U_{max} , амплитуд выходных сигналов измерительных схем – $U_{m\text{ вых}1} \div U_{m\text{ вых}n}$, длительности полупериода входного опорного сигнала $T/2$, временных сдвигов между входным опорным и выходными сигналами $t_i - t_{i0}$.

Далее осуществляется пересылка полученных параметров в ПК по последовательному интерфейсу RS 232, где выполняются вычисления значений емкости, тангенса угла потерь, сопротивления утечки и эффективной емкости емкостного датчика относительной влажности.

Обработка измерительной информации включает следующие шаги:

- определение фазового сдвига φ_i i -го выходного сигнала датчика относительно входного с использованием выражения

$$\varphi_i = 2\pi \cdot t_i / T,$$

где t_i – временной сдвиг i -го выходного сигнала; T – период гармонического сигнала;

- вычисление постоянной времени датчика

$$\tau_{si} = tg \varphi_i \cdot T / 2\pi,$$

где τ_{si} – постоянная времени датчика, $\tau_{si} = R_{si} C_{si}$; R_{si} – сопротивление датчика, C_{si} – емкость датчика; T – измеренное значение периода сигнала ЗГ;

- определение значения R_{si} :

$$R_{si} = k \cdot \sqrt{1 + (\omega \cdot \tau_{si})^2} \cdot R_0,$$

где k – коэффициент передачи измерительной схемы на частоте опорного сигнала; $k = U_{\max \text{ вых}} / U_{\max \text{ вх}}$; ω – круговая частота входного опорного сигнала, (значение ω определяется из выражения $\omega = 2\pi/T$), R_0 – сопротивление резистора измерительной схемы;

- определение значения емкости датчика C_{si} из выражения $\tau_{si} = C_{si} \cdot R_{si}$:

$$C_{si} = \frac{\tau_{si}}{R_{si}} ;$$

- определение тангенса угла потерь для каждого датчика $tg \delta_i$:

$$tg \delta_i = \frac{I}{\omega \cdot \tau_{si}} ;$$

- определение значения эффективных емкостей датчиков C_{effsi} :

$$C_{effsi} = C_{si} \sqrt{1 + tg^2(\delta)_{si}} .$$

Программное обеспечение измерительного комплекса состоит из двух уровней. ПО первого уровня, находящееся во Flash-памяти микроконвертера AduC812, реализовано на языке ассемблера ASM51. Оно состоит из набора подпрограмм, каждая из которых выполняет свои функции: подготовительные операции для измерения и определение момента измерения; преобразование измеренной величины в цифровой вид с помощью АЦП; накопление измеренных величин в буфере; определение амплитуды входного опорного сигнала $U_{\max \text{ вх}}$ и амплитуд выходных сигналов измерительных схем – $U_{\max \text{ вых1}} \div U_{\max \text{ вх}}$, измерение длительности полупериода входного опорного сигнала $T/2$ и временных сдвигов между входным опорным и выходными сигналами – $t_i - t_{i0}$; конфигурирование последовательного порта; прием управляющей информации из ПК и передача измеренных величин в ПК.

ПО второго уровня находится в ПК. Оно реализовано на языке C++ Builder 5 и имеет удобный интерфейс пользователя. Выбирая соответствующие опции меню, оператор может инициировать процесс измерения, а при необходимости – тестовый режим. Принятые из микроконвертера величины используются для вычисления параметров по вышеприведенным формулам. Полученные в результате вычислений данные отображаются на экране в виде таблицы. Эти данные можно сохранять и накапливать в файлах, а при необходимости воспроизводить на экране. Далее приводится моментальный снимок экрана с командной строкой меню и таблицей результатов для каждого канала (рис. 2).

Исследование параметров датчиков влажности									
Файл Измерение Отображение Тесты Справка									
Измерение	Каналы	C	R	Импеданс	tg	U _{вх}	U _{вых}	Период	Сдвиг
		(пФ)	(кОм)	(кОм)		(В)	(В)	(мкс)	(мкс)
1	1	97,98	8159	1592	0,1989	2,078	2,078	999,3	218,6
2	1	97,98	8164	1593	0,1989	2,078	2,079	999,3	218,6
3	1	94,76	7816	1646	0,2164	2,078	2,148	1003	216,8
4	1	97,07	7694	1587	0,2108	2,079	2,073	999,3	216,8
5	1	98,21	7980	1592	0,2036	2,078	2,076	1003,0	218,6
6	1	96,51	8121	1620	0,2036	2,073	2,109	1003,0	218,6
7	1	98,24	7512	1580	0,2194	2,078	2,073	1003,0	216,0
8	1	94,79	8272	1650	0,2036	2,073	2,148	1003,0	218,6

РИС. 2. Моментальный снимок экрана с таблицей результатов

Значения относительной влажности γ_{thi} и $\gamma_{\text{обр}}$ получаются путем вычислений с использованием аппроксимирующих функций (степенных полиномов):

$$\gamma_{\text{thi}} = F^n(C_{Ri}), \quad \gamma_{\text{обр}} = F I^n(f_{\text{обр}}),$$

где $f_{\text{обр}}$ – значение частоты выходного сигнала датчика относительной влажности.

Основные результаты можно сформулировать следующим образом.

1. Компьютерный измерительный комплекс создан для автоматизации лабораторных исследований емкостных датчиков на основе пористых пленок анодного окисла алюминия (ПАОА). Методы, заложенные в основу разработки данного комплекса, позволяют использовать его для испытаний и других типов емкостных датчиков, широко применяемых в последнее время для биологических исследований и контроля технологических процессов.

2. Разработанный измерительный комплекс организован в виде специализированной двухуровневой виртуальной измерительной системы. Такая организация обеспечивает высокую производительность при лабораторных исследованиях датчиков, удобство в эксплуатации и достаточно высокие для решаемой задачи метрологические характеристики (основная приведенная погрешность основных параметров датчиков обеспечивается на уровне 1 – 2 %).

3. Перспективность исследования и разработки измерительных комплексов параметров датчиков подтверждается тем, что, благодаря гибкости структуры, они достаточно легко могут быть дополнены программно-аппаратными средствами для контроля параметров других типов датчиков, например датчиков с частотным выходным сигналом.

1. *Виртуальный измерительный комплекс параметров оптронов / П.Ф. Алексенко, Г.А. Сукач, В.С. Кретулис и др. // Оптоэлектроника и полупроводниковая техника. – 1998. – Вып. 33. – С.51–58.*
2. *Новые микросхемы семейства микроконвертеров и средства их отладки // Электронные компоненты и системы. – 2004. – № 1. – С. 35–36.*
3. *Охрименко В. Новые микроконвертеры // Электронные компоненты и системы. – 2003. – № 3. – С. 14–19.*
4. *Эшитейн С.Л. Измерение характеристик конденсаторов. – Л.: Энергия, 1971. – 220 с.*

Получено 05.03.2004