

УДК 521.317

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО ИЗМЕРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРИОДИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Д. т. н. Г. А. Оборский, к. т. н. В. И. Ковальков, д. т. н. В. Н. Тихенко,
к. т. н. П. Т. Слободяник

Одесский национальный политехнический университет
Украина, г. Одесса
bulkob@km.ru

Рассматриваются особенности некоторых перспективных направлений повышения точности измерения параметров периодических сигналов. Анализируются возможные источники погрешностей измерения и оценивается их диапазон для этих направлений.

Ключевые слова: сигналы, точность измерения, устройства сравнения, цифровые приборы.

Для проверок, настройки и испытаний различной электронной аппаратуры широко применяются генераторы периодических сигналов [1]. Для этих целей используются генераторы синусоидальных колебаний (подгруппа Г3 и Г4), измерительные генераторы импульсов прямоугольной формы подгруппы Г5, а также специальной формы Г6. При этом нередко возникает необходимость в точном измерении параметров периодических сигналов, которые несут информацию о динамических свойствах электронных устройств, о вносимых ими искажениях, о влиянии внешних факторов.

Для проверок используют специальные образцовые приборы, например измерители нелинейных искажений и анализаторы спектра, измерители параметров импульсных сигналов, вольтметры и осциллографы высокого класса точности, образцовые генераторы. Но такие измерительные приборы не всегда доступны в силу их высокой стоимости и потребности в квалифицированном обслуживающем персонале. Осциллографическое определение параметров импульсов сигналов, хотя удобно и широко используется при настройках и ремонте различной аппаратуры, но не пригодно для точных измерений и проверок. Благодаря своей высокой точности, в качестве образцовых средств измерений вполне могли бы служить цифровые приборы. Однако периодические импульсные сигналы характеризуются

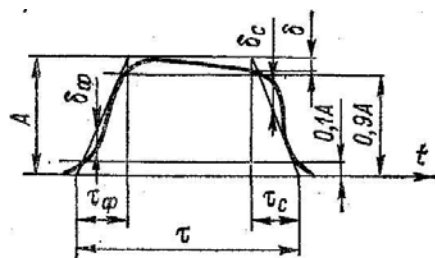


Рис. 1. Вид типового информационного импульсного сигнала

целым рядом параметров (рис.1), а для цифрового измерения многих из них наша промышленность таких специальных приборов серийно не выпускает [2, 3].

В первую очередь, к таким параметрам относятся мгновенные временные характеристики импульса: протяженность фронтов τ_ϕ и τ_c выходного сигнала на строго заданных уровнях δ от его амплитуды A , а также текущие значения длительности τ импульсов. Они несут информацию о важнейших динамических свойствах испытываемых комплектующих приборов, узлов и готовых электронных изделий. В повседневной практике эти параметры измеряют с помощью осциллографов. И хотя осциллографический метод получил широкое применение благодаря

своей наглядности, во многих случаях он не удовлетворяет требованиям точности, быстроты и удобства измерения. Так, погрешность измерения осциллографическим методом составляет 5—10%, в лучшем случае 2—4%. Более высокую точность могут обеспечить лишь специализированные приборы, серийно не выпускаемые, поэтому дефицитные и дорогостоящие.

Осциллографические измерители временных и амплитудных параметров отличаются от универсальных осциллографов наличием дополнительных узлов, позволяющих выполнять амплитудные измерения сигналов на любом уровне диапазона 0,1—0,9 от A , а также с погрешностью 1—3% произвольно устанавливать уровни начала и конца измерения. Рекламируемая же в проспектах погрешность измерения

временных параметров может составлять лишь 10^{-2} — $10^{-1}\%$, но только для интегральных значений параметров. Столь малые значения достигаются за счет использования высокоточных калибраторов длительности, стабилизированных кварцевыми резонаторами, и чувствительных компараторов.

Прямые методы измерения параметров импульсов, использующихся в известных цифровых измерителях малых временных интервалов, высокой точности не дают. Предлагаются перспективные направления повышения точности измерения параметров импульсных сигналов с использованием косвенного метода либо измерителей на специально разработанных сравнивающих устройствах. Интегральные параметры измеряются приборами, в которых необходимый параметр преобразуется в пропорциональный его значению аналоговый либо дискретный сигнал. Обобщенные высота и длительность равны высоте и длительности эквивалентного импульса прямоугольной формы с равной площадью и энергией. Приборы, измеряющие интегральные параметры, позволяют сравнивать импульсные сигналы с энергетической точки зрения, что нередко бывает единственным критерием.

В электронных устройствах протекают электрические процессы, имеющие высокую скорость и другие специфические свойства. Их реальные сигналы как физические объекты для аналитического и практического исследований достаточно сложны. Чтобы произвести анализ прохождения сигналов через электронные цепи, необходимо их представление в удобной математической форме. Известно, что в теории сигналов находят два способа математического и физического их представления – временной и спектральной. Это возможно вследствие принципа дуальности частоты и времени, связанных зависимостью $f = 1/t$. При временном методе анализа сигнал представляется непрерывной функцией времени или совокупностью элементарных импульсов, следующих друг за другом через определенные интервалы времени. Спектральный же метод основан на представлении сигнала в виде суммы гармонических составляющих разных, обычно кратных друг другу, частот. Процессы в электрических цепях будут тем сложнее, чем более сложной будет форма сигналов. Для таких случаев более эффективным и полезным становится спектральное представление сигналов.

Анализ структуры измерительных приборов свидетельствует о том, что с аппаратной точки зрения более простыми являются приборы, в которых заложено временное представление о сигнале. Они превосходят спектральные и по метрологическим показателям, хотя и в них погрешность измерения динамических параметров определяется многими составляющими: погрешностями калибровки чувствительности; неравномерностью амплитудно-частотной характеристики тракта; погрешностями шкал аттенуаторов или индикатора; влиянием собственных шумов. В конкретных случаях возможно исключение некоторых частных погрешностей. Например, если уровень выходного сигнала определяется методом сравнения с уровнем сигнала измерительного генератора, то погрешность анализатора будет определяться только погрешностями шкалы индикатора и установки уровня напряжения с генератора. Если сигнал значительно превышает уровень шумов, то их можно не учитывать.

Структурная схема предлагаемого нами цифрового измерителя динамических параметров электронных узлов и устройств, реализующая временной метод анализа, показана на рис. 2. Она, в принципе, мало чем отличается от структур других цифровых измерительных приборов.

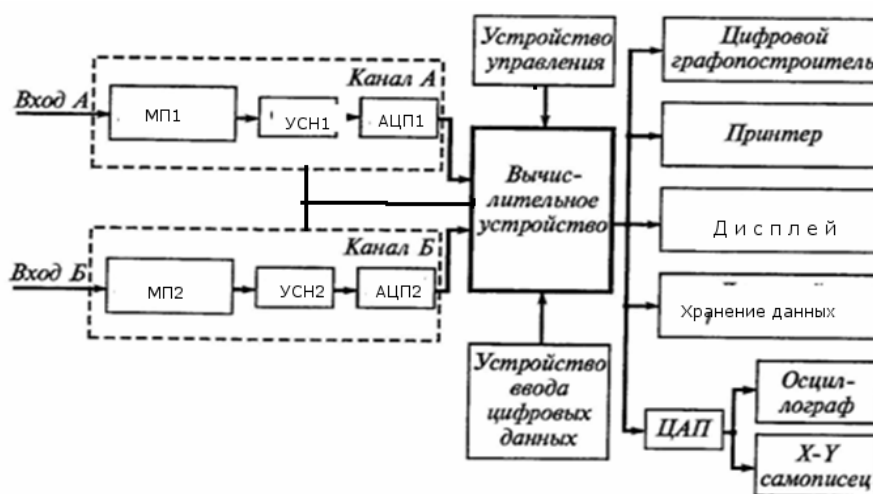


Рис. 2. Структурная схема измерителя динамических параметров электронных устройств

Исследуемые аналоговые сигналы по одному (А) или двум (А, Б) каналам подаются на соответствующие масштабирующие преобразователи МП1 и МП2 с переменными коэффициентами передачи. Эти преобразователи приводят уровни входных сигналов, находящиеся в диапазоне $0,1 \dots 10$ В, к стандартному значению, необходимому для нормальной работы последующих блоков. С помощью оригинальных устройств сравнения УСН1 и УСН2, выполняемых на быстродействующих токовых переключателях, выделяются временные интервалы, соответствующие динамическим параметрам испытуемых электронных устройств [4].

В основных метрологических узлах, т. е. в предложенных устройствах сравнения, исключаются ряд составляющих основной погрешности. Это позволило повысить разрешающую способность измерителя до нескольких тысяч. С помощью следящих аналого-цифровых преобразователей АЦП1 и АЦП2 с время-импульсным кодированием в приборе получают непрерывную последовательность текущих значений измеряемых параметров. Статическая обработка вычислительным устройством получаемых случайных последовательностей кодов обеспечивает высокие значения достоверности и точности экспериментальных данных.

Возможна работа как одного, так и обоих каналов. В последнем случае выборки мгновенных значений сигнала проходят одновременно по двум каналам, что позволяет сохранять в цифровом коде информацию о временных либо фазовых соотношениях сигналов, необходимую для измерения их взаимных характеристик. Рассчитанные характеристики либо параметры можно наблюдать на дисплее, отображать в виде графиков с помощью цифрового графопостроителя либо хранить данные на съемных накопителях. Дополнительный ЦАП позволяет использовать для таких целей более простые аналоговые устройства: осциллограф и координатный самописец.

Установлено, что для ряда прикладных задач можно получить высокую точность измерения, применяя косвенный метод расчета необходимых интегральных значений параметров информационных сигналов. Это позволяет использовать для измерений серийно выпускаемые цифровые приборы, в частности разнотипные вольтметры [2, 3]. Такая методика весьма эффективна, например, при наладках, испытаниях и поверках генераторов периодических сигналов.

На основе анализа источников составляющих основной погрешности был оценен ее предполагаемый диапазон в приборах, использующих как метод прямых измерений временных параметров сигналов, так и более доступный в реализации косвенный метод. В разработанном нами специализированном цифровом измерителе динамических параметров мощных транзисторов диапазон измерений составлял $0,1 \text{ мкс} \dots 100 \text{ мс}$, разрешающая способность $1000 \text{—} 10000$, относительная погрешность измерения не превышала $0,005$. Высокая чувствительность цифровых измерителей, достигающая единиц наносекунд, позволяет обнаруживать малейшие флуктуации параметров испытуемых изделий, что весьма важно при диагностике их надежности.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Метрологическое обеспечение и поверка средств измерений электрических величин: Учеб. пособие / Кондратов С. И., Гусельников В. К., Будённый М. М. и др.— Харьков: НТУ «ХПИ», 2007.
2. Чинков В. М. Цифрові вимірювальні прилади.— Харків: НТУ «ХПІ», 2008.
3. Оборский Г. А., Ковальков В. И., Слободяник П. Т. О повышении эффективности поверки измерительных генераторов импульсных сигналов // Труды XII МНПК «Современные информационные и электронные технологии».— Украина, г. Одесса.— 2011.— С. 268.
4. АС 498733 СССР. Преобразователь динамических параметров импульсных схем в код. В. И. Ковальков.

G. A. Oborsky, V. I. Kovalkov, V. N. Tikhenko, P. T. Slobodyanik

Perfection methods of measuring digital information parameters of periodic signals

In the paper are considered the features of several perspective directions in accuracy enhancement of measuring the periodic signals parameters. The authors analyze possible sources of measurement errors and estimate their range for this area.

Keywords: *signals, accuracy, comparing devices, digital devices.*