***А.Н. Серов, ст. преп.; рук. А.А. Шатохин, к.т.н., доц.***

***(НИУ «МЭИ», г. Москва)***

**ВЛИЯНИЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АЦП НА ПОГРЕШНОСТЬ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ЗНАЧЕНИЯ**

Современные цифровые измерительные преобразователи действующего значения (ДЗ) сигнала содержат в своём составе аналого-цифровой преобразователь (АЦП). АЦП необходим для преобразования аналогового сигнала в цифровую форму для выполнения последующей цифровой обработки в соответствии с реализуемым алгоритмом измерения. Функция преобразования реального АЦП нелинейная. Возникающая вследствие этого погрешность относится к классу погрешностей линейности, и не может быть скомпенсирована ни установкой нуля, ни калибровкой. По этой причине представляет большую важность разработка эффективного метода оценки влияния нелинейности функции преобразования АЦП на погрешность измерения действующего значения сигнала.

Оценка формы нелинейности функции преобразования конкретного АЦП имеет ряд трудностей. Большинство производителей указывают лишь значения некоторых параметров, связанных с нелинейностью функции преобразования, среди которых интегральная, дифференциальная нелинейности, ряд динамических параметров (например, SNR, SFDR, THD, THDN). В некоторых случаях производители указывают типовую форму нелинейности, полученную в результате усреднения большого числа экспериментальных данных. Однако нет никакой гарантии, что конкретный АЦП обладает формой функции преобразования, которая указанна в его техническом описании в качестве типовой.

Результаты имитационного моделирования показывают, что форма нелинейности функции преобразования оказывает существенное влияние на погрешность измерения ДЗ и соотношение составляющих спектра выходного сигнала АЦП. Из доступных литературных источников [1, 2] известно, что погрешность принимает максимальные значения в случае, когда нелинейность обладает свойством нечетной симметрии. Для нелинейности данного вида, в случае подачи на вход синусоидального сигнала, спектр выходного сигнала АЦП содержит нечетные гармоники (как правило, с преобладанием отклонения первой гармоники). В случае нелинейности, обладающей свойством четной симметрии, выходной спектр АЦП содержит постоянную составляющую и четные гармоники. Указанная взаимосвязь формы нелинейности и соотношения гармоник выходного спектра АЦП представляет интерес в задачах измерения ДЗ отдельных гармоник сигнала и измерения ДЗ сигнала в заданной полосе частот.

В настоящее время существуют различные подходы к оценке формы нелинейности функции преобразования АЦП. Следующие подходы могут быть применены и в решаемой нами задаче:

­– метод «наихудшего случая» [1, 2];

– метод, основанный на полиномиальной аппроксимации [2];

– «комбинированный метод» [3].

Согласно методу «наихудшего случая» значение нелинейности функции преобразования АЦП принимает предельное положительное значение в случае положительных отчетов сигнала и предельное отрицательное значение для отрицательных отчетов сигнала. Предельные значения нелинейности, как правило, указываются в техническом описании АЦП в виде параметра интегральной нелинейности. Данный подход представления нелинейности применим для оценки погрешности измерения ДЗ сигнала произвольной формы. Это свойство, как и простота расчета оценки погрешности, являются главными достоинствами метода «наихудшего случая»; к его недостаткам следует отнести сильное завышение оценки погрешности.

В настоящее время для аппроксимации функции преобразования АЦП широкую популярность получил так называемый «комбинированный метод». Согласно данному методу нелинейность представляется в виде трех компонент: «низкочастотной» (аппроксимируемой полиномиальной функцией 3–5 порядка), «высокочастотной» (аппроксимируемой кусочно-линейной функцией) и случайной составляющей (имеющей, как правило, равномерное распределение и нулевую автокорреляционную функцию). Результаты имитационного моделирования показывают, что «комбинированный метод» позволяет существенно приблизить оценку погрешности измерения ДЗ, вызванную нелинейностью функции преобразования АЦП, к её реальному значению.

**Библиографический список**

1. **Adamo F.** Frequency Domain Analysis for Dynamic Nonlinearity Measurement in A/D Converters/ F. Adamo, F. Attivissimo, N. Giaquinto, I. Kale// IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement – 2007, vol. 56, No. 3, p. 760-769.

2. **Suchanek P.** Several approaches to ADC transfer function approximation and their application for ADC nonlinearity correction / P. Suchanek, D. Slepicka, V. Haasz // Metrology and Measurement Systems – 2008, vol. 15, No. 4, p. 501–511.

3. **Arpaia P.** Influence of the architecture on ADC error modeling / P. Arpaia, P. Daponte, L. Michaeli // IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement – 1999, vol. 48, No. 5, p. 956-966.