

## МИНИМИЗАЦИЯ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ АМПЛИТУДНОЙ ПОГРЕШНОСТИ ПРИ ОСЦИЛЛОГРАФИЧЕСКОМ НАБЛЮДЕНИИ СИГНАЛА

Брашеван Н.С.

Научный руководитель: Заревич А.И., к.т.н., доцент кафедры СУМ ИК  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
brashewan@yandex.ru

### Введение

С момента начала электрических измерений, актуальной является задача максимального увеличения их точности. За прошедшее столетие измерительная техника в своем развитии достигла максимальных пределов точности и предельно широких диапазонов значений измеряемых физических величин.

Современный осциллограф является комплексным многофункциональным измерительным прибором и предоставляет следующие возможности – анализатор спектра, вольтметр, генератор сигналов заданной формы и др. Однако, несмотря на широкие возможности осциллографа, в силу его универсальности он обладает существенно низкими метрологическими характеристиками. Во многом низкие метрологические характеристики обусловлены быстродействующими АЦП малой разрядности, с использованием широкополосных измерительных усилителей и делителей. Таким образом, существует проблема между универсальностью прибора и его метрологическими характеристиками. Актуальность обусловлена необходимостью повышения точности осциллографа, как универсального прибора.

Для повышения точности измерений необходима минимизация погрешности прибора. При этом, мы имеем возможность определить систематическую составляющую погрешности и её уменьшить путём введения соответствующих поправок к показаниям прибора. Для этого необходимо экспериментально получить таблицу поправок.

### Описание эксперимента

При выполнении работы использовались следующие оборудование, инструменты и программное обеспечение:

- цифровой осциллограф Актаком АСК-2041;
- вольтметр В7-46/1;
- генератор-калибратор Fluke 5520A;
- набор кабелей для соединения приборов;
- персональный компьютер с операционной системой Microsoft Windows 7;
- программный пакет Matlab.

Для калибровки амплитудной характеристики аналого-цифрового преобразователя необходимо иметь перестраиваемый источник постоянного

напряжения, тестируемое устройство и образцовое средство измерения – вольтметр [1].

Поскольку основной погрешностью цифрового осциллографа является аналого-цифровой преобразователь, то тестирование проводилось комплексно.

С генератора-калибратора подаем заранее заданное значение напряжения постоянного тока на измерительные каналы цифрового осциллографа, параллельно соединенного с вольтметром. На дисплее осциллографа наблюдаем сигнал и записываем на USB – накопитель. Фиксируем значение напряжения на вольтметре и записываем в журнал эксперимента.

В соответствии с предложенной процедурой была составлена схема экспериментальной установки. Она представлена на рисунке 1.

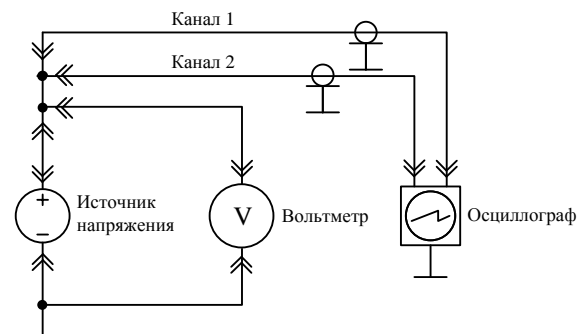


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Поскольку эксперимент является многофакторным и имеет 308 вариантов измерений, необходимо ограничить факторность эксперимента.

Таблица 1. Матрица эксперимента

Развёртка горизонт./вертикал.	1 В	10 мВ
10 мкс/дел	1 В, 10 мкс	10 мВ, 10 мкс
100 мкс/дел	1 В, 100 мкс	10 мВ, 100 мкс

Измерения проводились в полной шкале, что составило 101 опыт. Поскольку количество экспериментов четыре и два канала осциллографа, общее количество опытов составило 808. Объем выборки 4000 отсчетов, обусловлено техническими характеристиками осциллографа.

Для получения таблицы поправок, были использованы формулы абсолютной и приведенной погрешности [2].

Алгоритмы обработки экспериментальных данных реализован в соответствии с ГОСТ [3].

При статистической обработке группы результатов прямых многократных измерений выполняют следующие операции [2]:

1. исключают известные систематические погрешности из результатов измерений;
2. вычисляют оценку измеряемой величины;
3. вычисляют среднеквадратическое отклонение результатов измерений;
4. проверяют наличие грубых погрешностей и при необходимости исключают их;
5. проверяют гипотезу о принадлежности результатов измерений нормальному распределению;
6. вычисляют доверительные границы случайной погрешности оценки измеряемой величины;
7. вычисляют доверительные границы не исключенной систематической погрешности оценки измеряемой величины;
8. вычисляют доверительные границы погрешности оценки измеряемой величины.

#### **Результаты эксперимента**

В работе были получены следующие результаты.

Показано, что основным источником систематической погрешности в осциллографе является аналогово-цифровой преобразователь, поскольку в нём происходит наиболее существенное искажение формы сигнала – сигнал квантуется по времени и по уровню.

Выявлено, что в преобразователях постоянного тока существуют четыре погрешности: погрешность смещения, погрешность усиления и два вида ошибок линейности (дифференциальная и интегральная).

Опираясь на известные методики была описана процедура эксперимента, выбрана структурная схема экспериментальной установки, определен состав используемого экспериментального оборудования.

Проведены рассуждения, лежащие в основе ограничения факторности эксперимента, выбраны конкретные факторы.

В работе выполнены экспериментальные исследования по определению амплитудных характеристик измерительных каналов цифрового осциллографа.

Проведена статистическая обработка результатов на основе стандартизированного алгоритма обработки результатов прямых многократных измерений.

Получены таблицы поправок к амплитудным характеристикам измерительных каналов

осциллографа, рассчитаны погрешности этих поправок.

Всего в эксперименте было проанализировано 808 файлов, соответствующих своим настройкам цифрового осциллографа и уровню подаваемого на его входы постоянного напряжения. Объем выборки в каждом опыте составляет 4000 отсчетов.

Обнаружено, что для вертикальной чувствительности измерительных каналов 1 В/дел, значения поправок составляют порядка 20 мВ при приведенной погрешности 0,5 %. Для вертикальной чувствительности измерительных каналов 10 мВ/дел значения поправок составляют порядка 1,5 мВ при приведенной погрешности 4 %. Зависимость величин поправок от горизонтальной развертки для исследуемых значений 100 мкс/дел и 10 мкс/дел статистически не достоверно.

#### **Заключение**

Таблица поправок, полученная в настоящей работе применима к измерениям напряжения постоянного тока. Для использования в задачах измерения мгновенных значений напряжения переменного тока нужно учитывать частотную и амплитудную зависимость данных поправок. А именно амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики нелинейных компонентов прибора. Применение полученных поправок возможно к сигналу напряжения переменного тока, однако предварительно он должен пройти через фильтр нижних частот. В таком случае можно применить поправки полученные в настоящей работе. Однако данное утверждение требует дополнительных доказательств, выходящих за рамки настоящей работы.

#### **Список использованных источников**

1. Кестер У. «Аналого-цифровое преобразование»: Москва: Техносфера, 2007. – 1016 с.
2. Спиридонова А.С., Наталинова Н.М. Практикум по метрологии, стандартизации и сертификации: учебное пособие / Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 135 с.
3. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения. ГОСТ Р 8.736-2011 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ).