

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ КАЛИБРОВКИ ДАТЧИКА ТОКА ACS712

В.С. Ошлаков, А.Я. Суранов

Алтайский государственный университет
г. Барнаул

Статья посвящена разработке методики и анализу результатов калибровки датчиков тока ACS712. Показано, что среднеквадратичное значение погрешности калибровки в диапазоне до 2,5 А не превышает нескольких миллиампер. Полученные значения существенно меньше величины, приведённой в спецификации датчика.

Ключевые слова: калибровка, датчик тока, погрешность измерения.

В настоящее время в практике автоматизированных измерений широкое распространение получают миниатюрные датчики, рассчитанные на применение с платформой Arduino [1]. К их числу относится датчик тока ACS712, в основе работы которого лежит измерение напряжения с датчика Холла [2]. В спецификации такого датчика с диапазоном $\pm 5\text{А}$ приводятся следующие параметры: типовая чувствительность (крутизна преобразования) – 185 мВ/А, общая погрешность – 1,5 %. Однако разброс индивидуальных характеристик преобразования требует калибровки таких датчиков с целью определения действительных коэффициентов реальной характеристики преобразования.

Для выполнения индивидуальной калибровки необходимо включить датчик тока последовательно с «эталонным» амперметром и соответствующей нагрузкой, подать на такую цепь нарастающее напряжение и сопоставить значения тока, полученные с «эталонного» амперметра, и значения напряжения с выхода датчика тока. При работе датчиков с платой Arduino целесообразно измерять их выходное напряжение с помощью этой же платы. Большое количество калибруемых датчиков тока, потенциально большое число точек калибровки по диапазону (при выявлении характера калибровочной зависимости) и необходимость усреднения отсчётов сигнала в каждой калибровочной точке настоятельно требуют автоматизации процедуры калибровки.

В данной работе для автоматизированного формирования ступенчатого напряжения и тока до 1 А использовался блок сбора данных myDAQ компании National Instruments [3] в сочетании с усилителем мощности Vernier

[4], а для калибровки в более широком диапазоне – программируемый четырёхканальный блок питания HMP4040 с выходным напряжением до 32 В и током до 10 А [5]. Указанные в спецификации блока питания погрешности встроенного вольтметра и амперметра (соответственно $<0,05\% + 2\text{ мВ}$ и $<0,05\% + 2\text{ мА}$) позволяют считать их «эталонными» по отношению к калибруемому датчику. Программное обеспечение для управления перечисленными устройствами и расчётов калибровочной зависимости было написано в среде LabVIEW [6]. При этом использовался дополнительный пакет LINX [7].

На первом этапе выполнения калибровки целесообразно было определить величину случайной погрешности измерения напряжения в каждой калибровочной точке. Результаты измерения значений напряжения с помощью платы Arduino Uno показаны на рисунке 1 и дают величину среднеквадратичного значения 8 мВ (при шаге квантования 5 мВ).

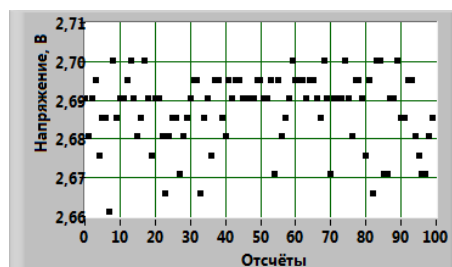


Рисунок 1 – Отсчёты шума на выходе датчика при токе 1 А

Дальнейший резерв уменьшения этой величины связан с накоплением и усреднением отсчётов сигнала. Характер уменьшения С.К.О. среднего с увеличением числа ус-

редняемых отсчётов показан на рисунке 2. Экспериментальные значения хорошо аппроксимируются степенной функцией с показателем, близким к $-0,5$, что соответствует теоретическому закону убывания погрешности $1/\sqrt{n}$. Из графика видно, что для уменьшения погрешности до $0,5$ мВ достаточно усреднить 50 – 60 отсчётов.



Рисунок 2 – Зависимость С.К.О. среднего от числа усредняемых отсчётов

Необходимо отметить, что у части датчиков встречаются аномально высокие значения среднеквадратичного значения шума, вплоть до 40 мВ. Спектральный анализ шумов таких датчиков с помощью системы сбора данных *myDAQ*, работающей с частотой 200 кГц и имеющей 16 двоичных разрядов, показал наличие значительной компоненты на частоте 10 кГц (рисунок 3). Представляется, что именно она и даёт такие высокие значения случайной погрешности при считывании сигнала платой *Arduino* с частотой не выше 150 Гц.

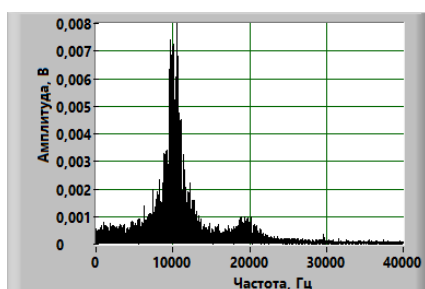


Рисунок 3 – Амплитудный спектр шума на выходе некоторых датчиков тока

Для подавления данной компоненты на выходе таких датчика тока устанавливался ФНЧ с частотой среза 1 кГц. Такая мера позволила снизить уровень шумов до указанного выше ($6 - 8$ мВ).

При использовании для калибровки блока питания *NMP4040* программа калибровки

включала ступенчатое регулирование напряжения на выходе всех каналов блока питания, ввод соответствующих значений тока I , ввод усреднённых значений напряжения с выхода датчика тока U и расчёт коэффициентов аппроксимирующей зависимости $I = f(U)$, представляющей калибровочную характеристику датчика. В процессе предварительных экспериментов был подтверждён линейный характер калибровочной зависимости (рисунок 4).

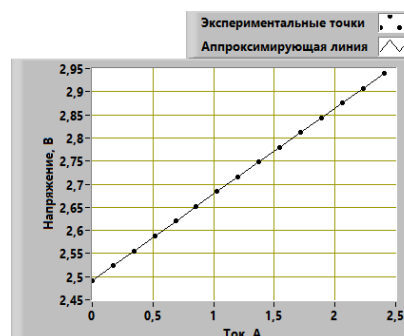


Рисунок 4 – Зависимость напряжения на выходе датчика от заданного тока

В этом случае для определения аддитивного и мультипликативного коэффициентов калибровочной характеристики достаточно задать два значения тока на краях диапазона (нулевой и максимальный) и занести коэффициенты в таблицу для последующего расчёта величины тока. На рисунке 5 приведены отклонения от линейной зависимости, пересчитанные в значения тока.

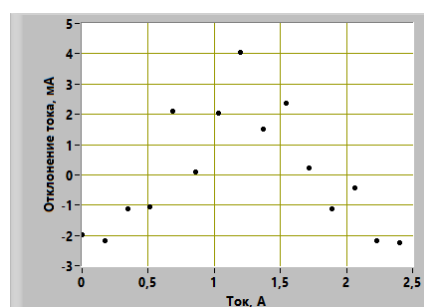


Рисунок 5 – Отклонения экспериментальных значений от линейной зависимости, пересчитанные в единицы тока

Таким образом, приведённые выше результаты калибровки позволяют говорить о погрешности датчиков на уровне единиц миллиампер, что существенно меньше приведённого в паспортных данных значения $1,5\%$. Однако такие уровни погрешности калибровки и измерения могут быть получены для

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ КАЛИБРОВКИ ДАТЧИКА ТОКА ACS712

датчиков данного типа при отсутствии дополнительных внешних магнитных полей и неизменном положении относительно силовых линий магнитного поля Земли. Так, в частности, была обнаружена чувствительность показаний датчиков на включение/выключение сравнительно близко расположенных реле типа HL54S и на изменение ориентации таких датчиков. Такая чувствительность требует магнитного экранирования реле и датчиков, или выполнения повторной калибровки при изменении ориентации датчиков. Практика показывает, в последнем случае достаточно введения поправки аддитивного коэффициента калибровочной зависимости, что обеспечивается измерением выходного напряжения при разрыве цепи протекания тока.

Полученные результаты свидетельствуют о высоком метрологическом потенциале датчиков тока ACS712, достигаемом, однако, при выполнении ряда конструктивных мер и

использовании определённых способов обработки сигнала этих датчиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Петин В. Проекты с использованием контроллера Arduino, 2-е издание – БХВ-Петербург, 2015.
2. www.allegromicro.com/en/Products/Current-Sensor-ICs/Zero-To-Fifty-Amp-Integrated-Conductor-Sensor-ICs/ACS712.aspx.
3. www.ni.com/mydaq.
4. www.vernier.com/products/sensors/pamp/
5. www.rohde-schwarz.ru/products/test_and_measurement/hameg/HMP.
6. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 904 с.
7. www.labviewmakerhub.com.

**Ошлаков Вадим Сергеевич – магистрант, тел.: (3852) 367-061, e-mail: voshlakov@mail.ru;
Суранов Александр Яковлевич – к.т.н., доцент.**