

**УДК 53.089.62**

## **МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЭЛЕМЕНТНОЙ КАЛИБРОВКИ ФАЗОХРОНОМЕТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ**

Юлия Александровна Дудникова

*Магистр 2 года*

*кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»*

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.Б. Сырицкий,*

*кандидат технических наук, доцент кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»*

Для того чтобы быть уверенным в корректности получаемых результатов, необходима и очень важна оценка состояния. Благодаря этой оценке можно обеспечить точность измерений в пределах технических характеристик средства измерения. Регулярные проведения оценки состояния, например, калибровки, выполняемой в целях определения действительных значений метрологических характеристик средств измерений, служит для поддержания исправности и производительности прибора.

В гл.3 статье 11 ФЗ №102 «Об обеспечении единства измерений» определены формы государственного регулирования в области обеспечения единства измерений, также следует отметить, что в соответствии с гл.1 ст.1 ФЗ №102 регламентированы сферы государственного регулирования обеспечения единства измерений. Сфера государственного регулирования обеспечения единства измерений распространяется на измерения, которые выполняются при деятельности в области здравоохранения, охраны окружающей среды, обеспечения безопасности труда, экономической, налоговой и иной торгово-финансовой деятельности, оценки соответствия и т.д. (подробнее см. [1]).

Выбранное СИ используется в области технологического обеспечения производства. Исходя из этого, в соответствии с вышеизложенным, средства измерений, не предназначенные для применения в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, могут в добровольном порядке подвергаться калибровке [1].

Фазохронометрическая система, для которой разрабатывается стенд для калибровки, состоит из двух основных модулей: первичный преобразователь (ЛИР-158А) и блок формирования временных интервалов. Данные угловые энкодеры изготавливаются по ГОСТ 26242-90 «Преобразователи перемещений. Общие технические условия», который распространяется на преобразователи перемещений, которые являются средством автоматизации и предназначаются для использования в системах автоматического регулирования станков и (или) для информационной связи по положению между исполнительными механизмами станка, промышленного робота и устройством числового программного управления, а также в системах автоматического или автоматизированного контроля, регулирования и управления других областей техники [2]. Очевидно, что при выпуске из производства преобразователи, несомненно, подлежат контролю. Для данных преобразователей разработана методика поверки «Преобразователи угловых перемещений ЛИР-158. Методы и средства поверки», которая предполагает использование уникального и сложного (так как поддержание стабильного числа механических оборотов влечет за собой высокие требования к конструктивным параметрам и параметрам стабильности электрического тока) оборудования (тахогенератор), поэтому комплектная калибровка является технически сложно реализуемой и экономически невыгодной (необходимость снятия системы со

станка, транспортировка к месту калибровки), поэтому в данном случае отдается предпочтение поэлементной калибровке [3].

В рамках данной работы при калибровке и энкодера следует использовать метод непосредственного сличения. Основой метода служит одновременное измерение одного и того же значения физических величин  $X$  аналогичным по роду измеряемой величины поверяемым и образцовым приборами. При проверке данным методом устанавливают требуемое значение  $X$ , затем сравнивают показания калибруемого прибора  $X$  с показаниями  $X_0$  образцового и определяют разность  $D = X - X_0$ .

При проведении калибровки была поставлена цель сравнить показания калибруемого энкодера ЛИР-158А 5 класса точности ( $\pm 15''$ ) с показаниями прецизионного энкодера (рабочий эталон), например, ЛИР-1170 2 класса точности ( $\pm 1,5''$ ).

Данный способ, во-первых, реализуется с помощью датчика одного производителя (то есть типы сигнала унифицированы), а также для данного энкодера существует утвержденная методика проверки. Для использования в данной схеме калибровки прецизионный энкодер должен быть поверен согласно своей методике проверки.

Для калибровки энкодеров спроектирован специальный стенд из стандартных алюминиевых профилей. Они идеально подходят для построения недорогих модульных конструкций. Для стенда был выбран профиль 20x20 мм, паз 6 мм [3]. Данные алюминиевые конструкционные профили используются для легких конструкций, таких как штативы, каркасы или лабораторные приборы. Стенд из профилей представлен на рисунке 1.

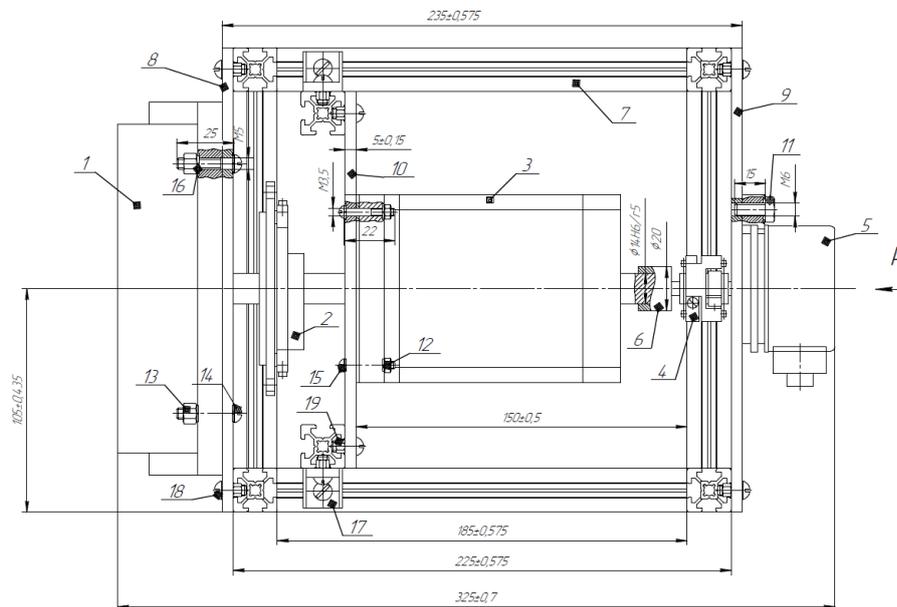


Рисунок 1 – Стенд для калибровки энкодеров

Принципиальная схема калибровки заключается в том, что с одной стороны располагается рабочий эталон, а с другой стороны калибруемый энкодер, которые соединены между собой шаговым двигателем 86HS118-6004B14 с двумя выходными валами и муфтами. На шаговый двигатель подается управляющий сигнал с Блока управления и обработки, вал двигателя делает поворот на заданный угол. Измерения проводятся в десяти точках, равномерно распределенных по всему диапазону измерений [4]. Показания обоих энкодеров в каждой точке записываются и обрабатываются Блоком. В качестве Блока может использоваться Блок формирования временных интервалов (с двумя разъемами для энкодеров и двумя каналами для передачи данных) при условии

его предварительной калибровки. Обработка результатов проводится согласно ГОСТ 8.207-76 [5] с обязательной проверкой результатов измерений на соответствие нормальному закону распределения.

Управляющая программа осуществляет поворот вала шагового двигателя с двумя выходными валами. Программируемый контроллер SMSD-4.2 отлично подходит для его подключения и управления. При работе в программируемом режиме контроллер выполняет последовательность команд, заданных от ПК - угол поворота, направление движения, начальную и максимальную скорость, ускорение. Есть возможность составлять сложные алгоритмы (исполнительные программы) с организацией циклов, синхронизацией с внешними устройствами. Программы управления шаговыми двигателями содержатся в перезаписываемой энергонезависимой памяти контроллера, либо могут сохраняться в виде файла на компьютере. Для управления от компьютера предназначена программа SMC\_Program, или иная программа, обеспечивающая передачу данных по RS-232.

Для снятия показаний с датчиков необходим преобразователь, так как обработка данных происходит по цифровым значениям. Установленный угловой датчик ЛИР-158А вырабатывает аналоговый синусоидальный сигнал, затем поступающий на вход блока обработки измерительной информации. Подсистема оцифровки сигнала при помощи аналоговых компараторов либо АЦП (аналого-цифровой преобразователь) преобразует аналоговый сигнал в удобный для дальнейшей обработки цифровой вид. Исходя из характеристик энкодера, наиболее предпочтительным преобразователем является ЛИР-510. Но у данного преобразователя вход для подключения RS422 ПИ TTL, а у энкодера выходной сигнал СН, поэтому необходим нормирующий преобразователь (интерполятор), а именно ЛИР-960, который предназначен для преобразования синусоидальных квадратурных сигналов инкрементных энкодеров типа СН (~1 В) или СТ (~11 мкА) в прямоугольные квадратурные сигналы типа ПИ для их последующей обработки в системах ЧПУ и УЦИ.

Подробная схема калибровки энкодера ЛИР-158А с учётом всех преобразователей представлена на рисунке 2.

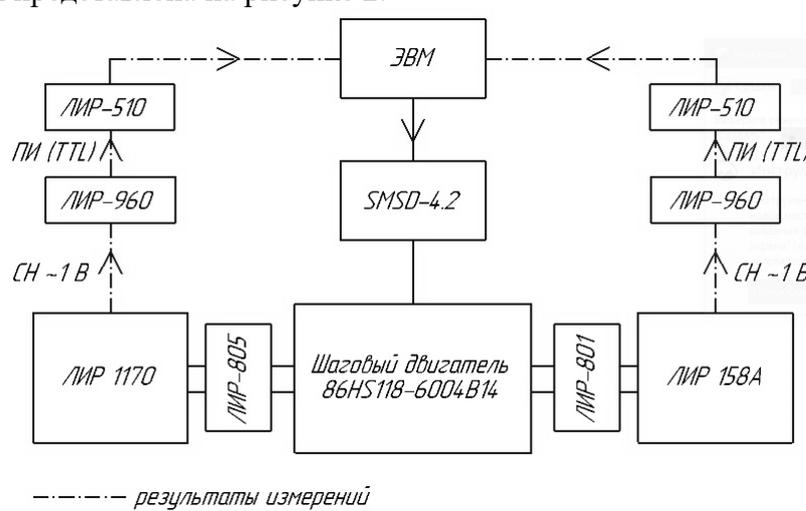


Рисунок 2 – Подробная схема калибровки ЛИР-158А

По выбранному УЦИ необходимо осуществить снятие показаний. Для этого существует программа «Скиф» [6]. Она предназначена для отображения и сбора данных преобразователей перемещения с использованием некоторых устройств цифровой индикации, плат и модулей интерфейса СКБ ИС. Работа с программой проста и интуитивно понятна. Программа работает с линейными и угловыми, инкрементными и

абсолютными энкодерами. Для дальнейшей обработки результатов, снятых при калибровке энкодера была выбрана программа MATLAB. В ней был разработан код программы, на основе которого кода было создано консольное приложение Calibration\_APP. Обработка результатов в приложении происходит следующим образом:

1) Производят снятие показаний при помощи выбранного УЦИ с калибруемого энкодера ЛИР-158А (А) и с эталонного энкодера ЛИР-1170 (В) за 1 полный оборот (1 оборот = 10 значений = N) и заносят их в отдельный файл, который располагается в папке со специальной программой Calibration\_App.

2) Повторяют 15 раз процедуру, указанную в п.1.

3) Открывают приложение Calibration\_App и затем нажимают кнопку «Калибровать». На экране появляется график зависимости разности показаний ( $\Delta$ ) от количества измерений (N), на который нанесены границы допустимой погрешности  $\Delta\alpha = \pm 0,0073^\circ$ .

По данному графику производится анализ показаний и по которому видно, что все точки результата лежат в пределах допустимой погрешности  $\Delta\alpha = 0,0073^\circ$ , отсюда следует, что данный ЛИР-158А годен. По данному графику производится анализ показаний и по которому видно, что 1 точка результата лежит за пределом допустимой погрешности  $\Delta\alpha = 0,0073^\circ$ , отсюда следует, что данный ЛИР-158А не годен.

Кроме калибровки энкодеров, производится калибровка блока по схеме, представленной на рисунке 3.

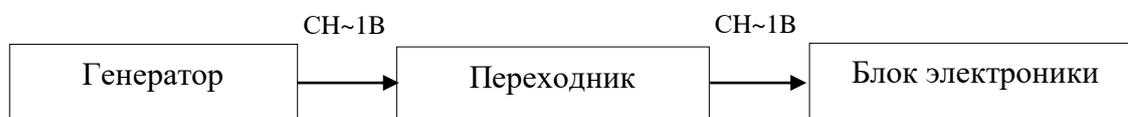


Рисунок 3 – Схема передачи сигнала при калибровке

В данной системе имитацию датчика ЛИР-1170 (рабочего эталона) выполняет генератор Tabor WX1281B с синусоидальным выходным сигналом, который необходимо преобразовать в цифровой вид и получить интервалы времени. Чтобы это сделать, нужно соединить генератор WX1281B, на котором разъём SMA (мама), с блоком электроники, на котором разъём DB9 (мама). Для этого необходимо сделать специальный переходник, который будет состоять из двух разъёмов, а именно: SMA (папа) и DB9 (папа). Контакты данных разъёмов следует соединить между собой как GND – GND (земля – земля) и TXD – RXD (передача – прием сигнала). После подключения переходника, преобразования синусоидального сигнала в цифровой вид и полученного на выходе измерения блоком, необходимо рассчитать разницу с эталонным показанием, полученным с показаниями которые выставляют на генераторе. Полученное значение должно не выходить за пределы паспортного значения.

## Литература

1. Федеральный закон N 102-ФЗ (ред. от 13.07.2015). Об обеспечении единства измерений. Утв. 26.06.2008. 19с.
2. ГОСТ 26242-90 Системы числового программного управления. Преобразователи перемещений. Общие технические условия. Введ. 1991-01-01. М.: Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам, 1991. 14 с.
3. Алюминиевый конструкционный профиль. Каталог ООО «Р.С.И». Челябинск, 2020
4. МП 2511/0010-15. Методика поверки. Преобразователи угла поворота измерительные KINAX WT 717-12190E0020M00. Утв. 2015-10-28. 5 с.
5. ГОСТ 8.207-76 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Прямые измерения с многократными наблюдениями. Методы обработки

- результатов наблюдений. Основные положения. Введ 1977-01-01. М.:  
Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР, 1977. 8 с.
6. Программное обеспечение для работы с модулями и платами интерфейса. Каталог  
СКБ ИС. СПб., 2010