2.4. Структура статьи должна быть следующей:

- *введение (краткое изложение состояния рассматриваемого вопроса и постановка задачи, решаемой в статье);*

- *материалы и* *методы решения задачи* *и принятые допущения*;

- результаты (основное содержание статьи, доказательства представленных в статье положений, исходные и конечные математические выражения, эксперименты и расчеты, примеры и иллюстрации);

- обсуждение полученных результатов и сопоставление их с ранее известными;

- заключение (выводы и рекомендации).

Введение

В исследовательском процессе используются лабораторные установки и стенды. В обоих случаях конечная цель работы на установке – получения некоторых параметров исследуемых объектов. Если стенды для научных или опытно-конструкторских работ изготавливаются чаще всего или организацией-исполнителем, или контрагентом с предоставлением полной документации по стенду, то для лабораторных работ в учебных целях предпочтение отдается приобретению «готовых решений».

Оправдывается такой подход конечной целью. Работы на лабораторной установке в учебных целях сами себя «калибруют». Произведение большого числа действительно независимых измерений позволяет выявить неточности в работе установки и вывести для дальнейшего учета поправочные коэффициенты для показаний. Работа на установке в научно-исследовательских целях не подразумевает произведения большого числа опытов в целях выявления неточностей коэффициентов. Для этих целий отводится кратковременная процедура калибровки (установление зависимости между показаниями средства измерительной техники и размером измеряемой величины), описанной в эксплуатационной документации (ЭД). Всилу того, что такие лабораторные стенды изготавливаются или организацией-исполнителем, или смежной организацией, все допущения и погрешности доподленно известны.

Возвращаясь к «готовым решениям», погрешности и допущения, принятые при проектировании, могут быть известны только по паспортным данным, предоставленных производителем. Конструктив таких лабораторных установок всячески запутывается и скрывается, по большей части, из коммерческих соображений. Помимо программного ограничения (ПО) возможного числа моделируемых процессов, всилу закрытости ПО, остается актуальным вопрос правдивости измерямых установкой, и выдаваймых в ПО, показаний. Никто, кроме производителя, не знает, каким методом происходит измерение и обработка сигналов; учтены ли схемотехнические особенности исполнительной схемы, и вообще, не допуще на ли алгоритмическая ошибка. В общем случе показания лабораторных установок приходится принимать «на веру», а методы объективного контроля необходимо разрабатывать пользователю.

Таким образом, просматривается три основных направления по калибровке лабораторных установок:

1) Процедура колибровке по ЭД в комплекте. Является, конечно, обязательной процедурой. Можно с недоверием относиться к результатам, получаемым измерениями на лабораторной установки, но эти данные заложены производителем.

2) Выведение поправочных коэффициентов для лабораторной установки путем проведения многочисленных опытов. Является «побочным» эффектом работы на установке, наименее наукоемкий и времязатратный процесс. Он позволяет найти величину, пропорциональную истинной, но не гарантирует, что этот коэффициент пропорциональности равен единице. (приложение 1).

3) Использование для калибровки внешние устройства, гарантирующие с известной ошибкой нахождение истинной величины. Функционал таких устройств может различаться от механического упора, позволяющего найти крайнее истинное значение, до устройств, дублирующих функционал установки, или даже превышающий его.

Разработка тестирующих устройств, охватывающих функционал лабораторой установки, - наиболее наукоемкий процесс, но и наиболее надежный способ установления поправочных коэффициентов. Так же такое тестирующее устройство, всилу своей униерсальности, может применяться для отладки различных установок без своей глубокой модернизации. Необходимость состоит только в разработке методики снятия показаний и их анализа.

Материалы и методы решения задачи и принятые допущения

Выявляются несколько основных критериев (концепция) при разработке тестирующего устройства:

1. Принципиальная доступность и низкая стоимость конечного устройства.
2. Универсальность в подходах к снятию показаний. ПО для тестирующего устройства должно предоставлять достаточно общие данные, чтобы прибегнув к разработанной методики была принципиальная возможность анализировать широкий спектр устройств.
3. Возможность подключения дополнительной перифирии. Для более детального анализа конкретных лабораторных установок, ПО должно иметь возможность обрабатывать данные от дополнительно подключенных устройств.
4. Электрическая защищенность. Устройство должно быть устойчиво к возможным скачкам напряжения на принимающих каналах, для защиты периферийных устройств и микроконтроллера (МК). Одновременно должна быть установлена защита лабораторной установки от возможного неправильного использования тестирующего устройства, для недопущения выхода история самой лабораторной установки.

Техническое описание тестирующего устройства

Тестирующее устройство построено на базе микроконтроллера RISC-архитектуры фирмы Atmel ATMega328 в составе отладочной платы Arduino Uno. Технические характеристики, необходимые для решения поставленной задачи, приведены в таблице 1.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Характеристика | Номинал | Примечание |
| Тактовая частота | 16 МГц | Кварцевый резонатор |
| Напряжение питания | 1,8-5,5 В |  |
| Количество каналов АЦП | 6 | Используется 4 канала |
| Разрешение АЦП | 10 бит | 8 бит используется |
| Частота дискретизации АЦП | 10 КГц | Доступно до 200 КГц |
| Опорное напряжениие | 5 В | Напряжение питания МК |
| Интерфейсы связи | USART, SPI, I2C | Используется преобразователь USART-USB |
| Количество программируемых линий ввода-вывода | 23 | 8 используется для ЦАП,  4 канала АЦП,  1 канал внешнего прерывания |

Таблица 1. Технические характеристики МК ATMega328.

Диапазон напряжений питаний позволяет подключать плату через порт USB к персональному компьютеру (ПК). Так же напряжение питание порта USB имеет высокую стабильность и известный номинал, что позволяет его же использовать и в качестве опорного напряжения АЦП. В соответствии с техническим описание МК, 2 младших разряда значения АЦП сильно подвержены нелинейным искажениям, в связи с чем производится «сжатие» (ADC/4) 10и бит до 8и бит. Одновременно это позволяет отправлять значения, измеренные АЦП, в одной посылке через интерфейс USART. Для сопряжения интерфейса МК (USART) и ПК (USB) на отладочной плате применен МК-преобразователь ATMega8u2. Наличие каналов внешних прерываний позволяют использовать их для подсчета внешних импульсов, что в свою очередь позволяет реализовать обработчик таких устройств, как инкрементальный энкодер.

Характеристики МК позволяют использоваь его для реализации разрабатываемого тестирующего устройства.

Допущения:

* Напряжение питания USB принимается за 5 В без учета возможных отклонений напряжения от номинала в зависимости от производителя материнской платы ПК.
* Считается, что инструментальная погрешность измерения АЦП в пределах разрешенной частоты дискретизации (200 МГц) нулевая в связи с минимизацией погрешности от двух младших разрядов АЦП при сжатии значений АЦП от 10и до 8и бит.
* Задержка на передачу данных в процессе работы МК принебрежимо мала. В связи с «внутриплатным» (малыми) расстоянием между устройствами USART (Mega328 и Mega8u2), скорость обмена данными установлена в 115200 бод/с. Период обращения ПО ПК к МК составляет от 35 до 45 мс.   
  Т.о. – время передачи 6 байт данных по последовательному интерфейсу, что занимает от времени цикла программы.
* Тактовая частота в 16 МГц достаточна для обработки по вектору прерывания внешних импульсов без их пропусков, без анализа и учета качества работы компилятора с языка C++ ( AVR GCC), а также пропусков импульсов во время отправки посылок по последовательному порту.

<https://ru.wikipedia.org/wiki/%CA%E0%EB%E8%E1%F0%EE%E2%EA%E0>

<http://www.atmel.com/images/Atmel-8271-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega48A-48PA-88A-88PA-168A-168PA-328-328P_datasheet_Complete.pdf>

<http://www.atmel.com/ru/ru/Images/doc7799.pdf>