

Тема: Метод обработки данных для обеспечению единства измерений

Аннотация: В данной статье рассказывается о создании метода по обеспечению единства измерений, а также некоторых основных понятий, связанных с метрологией.

Ключевые слова: измерения, прибор, датчик, обработка, метрология, метод, расчет, точность, погрешность.

В наше время широкое развитие получает разработка роботов и измерительных приборов в целом. В связи с этим существует потребность проведения измерений для последующего внедрения технологий в проект. Но так как в данном случае важным параметром является точность, то нужны приборы, отвечающие данному критерию, так как ошибки могут привести к фатальным последствиям.

В связи актуальностью темы развития проектирования роботов, целью исследования стала разработка некоего универсального метода, который бы помог определиться с выбором приборов на основе полученных данных.

Разработанный метод должен является неким сборником простых и проверенных методов, который позволит быстро и качественно проводить испытания, делать выводы на основе полученных данных о внедрении тестируемого прибора/датчика в работа или же измерительную систему. Поэтому начнем с знакомства с основами, которые помогли в создании метода.

Наука, которая занимается вопросами о проведении и способах измерений, а также проведением мероприятий по улучшению качества и точности измерений, и об единстве измерений в целом, называется метрологией. Данная наука состоит из трех разделов:

- Теоретического (занимается разработкой методов для проведения испытаний, а также изучением основных элементов в измерительной технике);

- Законодательного (занимается разработкой правовой основы для проведения испытаний, калибровочных и поверочных работ, которая способствует улучшению качества измерений);
- Практического (занимается проверкой разработок двух предыдущих разделов).

Есть также основные понятия, такие как: точность, погрешность, средства измерений, классы точности и т.д.

Точность – величина, характеризующая степень приближенности измеренного значения к истинному.

Погрешность – величина, характеризующая отклонение измеренного значения от истинного значения. Существуют разные виды погрешности, но познакомимся с основными:

- Абсолютная погрешность – разность между истинным и измеренным значениями величины;
- Относительная погрешность – значение, равное отношению абсолютной погрешности к истинному значению;
- Приведенная погрешность – Значение, равное отношению абсолютной погрешности к нормирующему значению;
- Случайная погрешность – вид погрешности, возникающий произвольно при проведении испытаний;
- Систематическая погрешность – погрешность, изменяющаяся по определенному закону;
- Прогрессирующая погрешность – погрешность, меняющаяся с течением времени;
- Грубая погрешность – погрешность по причине упущений или недосмотра испытателем при проведении работ либо из-за неисправности аппаратуры [2, с. 546].

Класс точности – мера прибора, определяемая пределами основных и дополнительных погрешностей, а также другими факторами, влияющими на точность измерений [3, с. 1].

Нормированное значение погрешности – мера, используемая для определения вносимой погрешности в результаты измерений.

Измерение – совокупность операций, определяющих зависимость между величинами. Существует несколько типов измерений:

- Прямое сличение – сравнение, при котором значения тестируемого прибора сравниваются со значениями эталонного прибора;
- Косвенное измерение – поиск функциональных зависимостей, проведение расчетов, основанных на данной зависимости, это приводит к нахождению реального значения;
- Проверочные схемы – схемы, служащие для минимизации неточностей в процессе измерений [1, с. 4].

При проведении испытаний лучше всего использовать метод прямых сравнений, потому как данный вид измерений является наиболее простым в реализации и наглядным.

Перейдем к методу. Проводятся измерения во всем диапазоне измерений определяемой величины. Для каждого значения эталонного датчика x_i , $i=1...N$ (или принимаемого за эталонный) проводится серия измерений $y_j(x_i)$, $j=1...M$ датчиком, предназначенным для калибровки. Определяются средние значения для каждого $y_j(x_i)$ и величина разброса (отклонения дельта). Строится зависимость $y_{cp} = F(x)$, которая определяет значения показаний калибруемого датчика от "эталонных - истинных" значений. Далее вычисляется обратная зависимость $x_{cp} = F(Y)$, которая переводит показания исследуемого калибруемого датчика в истинные (эталонные) значения.

После проведения эксперимента производится обработка полученных данных. Результатом данной обработки является то, что шкала тестируемого прибора будет приводится к шкале эталонного.

Метод обработки данных основывается на математической статистике, поэтому мы используем в расчетах среднее значение, среднеквадратическое отклонение, дисперсия, коэффициент Стьюдента и т.д.

Для лучшего понимания, рассмотрим метод по шагам:

1. Вычисление среднего значения измерения в каждой точке ;
2. Вычисление отклонения дельты с учетом систематической погрешности эталонного прибора ;
3. Построение линии тренда в виде полинома третьей степени;
4. Вычисление истинного значения за счет коэффициентов, полученных при построении графиков в предыдущем шаге.

Теперь остановимся на каждом шаге поподробнее. Вычисление среднего значения происходит в соответствии с рис. 1.



Рис. 1 – График расчета среднего значения

Данный расчет производится для того, чтобы узнать среднее значение измерений в каждой точке.

Во втором шаге вычисляется отклонение дельты с учетом погрешности эталонного прибора. Но сперва рассчитывается среднеквадратическое отклонение по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_{cp})^2}{n(n-1)}}$$

4

где x_i – измерение в каждой точке, x_{cp} – среднее значение в каждой точке, n – количество измерений. После происходит вычисления самой дельты:

$$\Delta(x) = \frac{S(x_i)}{\sqrt{n}} \times t_{a,n_i-1} + \Delta_{эт},$$

где S – среднеквадратическое отклонение, n – количество измерений, t_{a,n_i-1} – коэффициент Стьюдента, $\Delta_{эт}$ – погрешность эталонного прибора.

После вычисления дельты, получаем $y_i = y_{icp} \pm \Delta_i$, как показано на рис. 2.

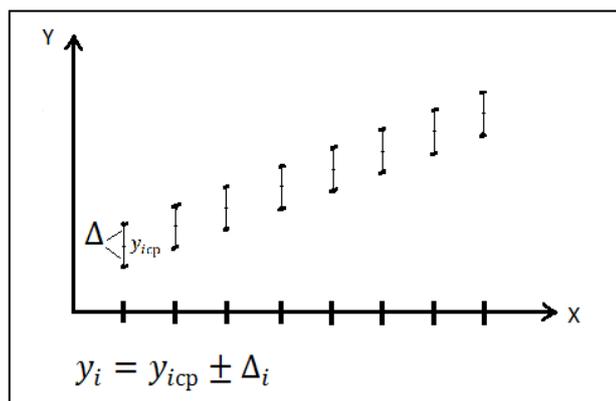


Рис. 2 – График получения значений y_i

Далее строятся линии тренда полинома 3 степени, формулы которых следующие: $x_1 = f(y_i) = a_0 + a_1 y_i + a_2 y_i^2 + a_3 y_i^3$, $x_2 = f(y_i + \Delta_i) = b_0 + b_1 y_i + b_2 y_i^2 + b_3 y_i^3$, $x_3 = f(y_i - \Delta_i) = c_0 + c_1 y_i + c_2 y_i^2 + c_3 y_i^3$. Линии тренда графиков показывают коэффициент как для верхнего (b_i), так и нижнего (c_i) отклонений показаний. Эти коэффициенты используются при поиске истинного значения измерений. Также мы имеем коэффициенты a_i , которые являются калибровочными.

На основе полученных данных можно вычислить истинное значение величины. Приняв за значение «X» в формулах для линий трендов верхнего и нижнего отклонений измеренную величину, получим значения величины с учетом верхнего и нижнего отклонений. Далее происходит расчет истинного значения по формуле: $y_{и} = \frac{y_{в} + y_{н}}{2}$, где $y_{в}$ – значение верхнего отклонения измеренной величины, $y_{н}$ – значение нижнего отклонения измеренной величины.

После вышеперечисленных манипуляций происходит расчет погрешности, который также включает в себя методы математической статистики.

Расчет погрешности происходит следующим образом:

1. Рассчитывается среднее значение;
2. Рассчитывается среднеквадратическое отклонение;
3. Производится поиск коэффициента Стьюдента в связи с доверительной вероятностью. Данный коэффициент зависит не только от вероятности, но и количества измерений;
4. Рассчитывается длина доверительного интервала многократных измерений по формуле: $\Delta x_{\text{сл}} = t \times S$, где t – коэффициент Стьюдента, S – среднеквадратическое отклонение;
5. Рассчитывается длина доверительного интервала однократных измерений по формуле: $\Delta x_{\text{ои}} = \alpha \times d$, где α – доверительная вероятность, d – цена деления прибора;
6. Расчет абсолютной погрешности: $\Delta x = \sqrt{\Delta x_{\text{сл}}^2 + \Delta x_{\text{ои}}^2}$;
7. Расчет относительной погрешности: $\delta = \frac{\Delta x}{x_{\text{ср}}} \times 100\%$;
8. Запись результата в виде: $x = x_{\text{ср}} \pm \Delta x$.

Заключение: Рассмотренный метод является неким сборником наработок в области метрологии. Использование элементов распределения Стьюдента поможет в прогнозировании поведения генеральной совокупности измерений, так как количество произведенных много меньше. Проверка данного метода довольно проста и достаточно наглядна, а расчеты можно производить в программе по обработке таблиц, будь то Microsoft Excel или OpenOffice Calc.

© Т.К. Велиев, 2020

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методы обработки результатов измерений и оценки погрешностей в учебном лабораторном практикуме / Н.С. Кравченко, О.Г. Ревинская — Томск: Томский политехнический университет, 2017. — 120 с.
2. Руководство по метрологическим приборам и методам наблюдений / Всемирная Метеорологическая Организация – 2017. – 1386 с.
3. ГОСТ 8.401-80. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Классы точности средств измерений. [Текст] введ. 1981-06-30 – Москва: Стандартиформ, 2010 – 10 с.