

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Мунтянов Сергей Николаевич

аспирант

ФГБОУ ВПО «Южно-Уральский государственный университет» (НИУ)

г. Челябинск, Челябинская область

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Аннотация: при проектировании измерительных преобразователей с использованием большого количества однотипных элементов итоговая точность зависит от распределения параметров в партии данных элементов. Данная статья описывает методы оценки итоговой погрешности по известным характеристикам распределения параметров.

Ключевые слова: погрешность, Монте-Карло, ряд Тейлора.

При разработке измерительных преобразователей возникает вопрос о точности их характеристик. Например, при разработке делителя напряжения в высоковольтном преобразователе напряжения [1], делитель может состоять из множества емкостей, каждая из которых имеет свой номинал.

Существуют несколько методов расчета погрешности измерительного преобразователя:

- а) расчет функции распределения вероятности;
- б) метод граничных испытаний;
- в) метод натурных испытаний;
- г) метод линеаризации;
- д) метод статистических испытаний математической модели.

Прямой расчет функции распределения вероятности функции нескольких переменных нерядовая задача. Он используется при известном законе распределения, либо при возможности аппроксимировать эмпирическую функцию распределения вероятности аргументов. Зачастую его используют при простой функции

преобразования. Пример расчета для произведения нескольких случайных величин, распределенных по нормальному закону, приведен в статье [2].

Метод граничных испытаний зачастую применяются в проверке надежности приборов. Данный метод заключается в проведении однократного или многократного натурального эксперимента в утяжеленных условиях работы. Данный метод позволяет оценить, будет ли выходить значение функции преобразования за определенный уровень, и не позволяет определить статистические характеристики внутри данной области при рабочих значениях влияющих факторов [3].

Метод натуральных испытаний – эмпирический метод оценки точности. Проводя испытания модели или натурального образца, а затем статистическую обработку результатов испытаний можно получить диапазон рассеяния показателя, а также вероятность попадания его в заданное поле допуска. Однако, метод натуральных испытаний требует больших затрат времени и средств на проведение экспериментальных работ и поэтому имеет ограниченное применение.

Зачастую при нелинейных зависимостях и некоррелированных погрешностях измерений аргументов используют метод линеаризации.

Метод линеаризации предполагает разложение нелинейной функции в ряд Тейлора:

$$f(x_1, x_2, \dots, x_n) + \Delta f \approx f(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \dots, \bar{x}_n) + \frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1 + \frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2 + \dots + \frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n + R,$$

где $f(x_1, \dots, x_n)$ – нелинейная функциональная зависимость измеряемой величины A от измеряемых аргументов x_i , $\partial f / \partial x_i$ – первая производная от функции f по аргументу x_i ; Δx_i – отклонение результата измерения аргумента x_i , от его среднего арифметического; R – остаточный член.

Метод линеаризации допустим, если можно пренебречь остаточным членом R .

$$R = \frac{1}{2} \sum_{i,j=1}^n \frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_j} (\Delta x_i, \Delta x_j).$$

У данного метода существует ряд недостатков, которые ограничивают его применение. К ним относятся:

а) априорное нормальное распределение всех случайных величин;

б) метод не даёт количественной оценки вероятности попадания эксплуатационного показателя в заданное поле допуска.

К числу методов лишенных данных недостатков относятся методы статистических испытаний математических моделей.

Для оценки погрешности преобразователя с нелинейной функцией преобразования, при учете, что могут быть определены эмпирические значения параметров, влияющих на его точность, используют метод приведения статистических характеристик параметров к выходному значению функции преобразования [4].

Метод приведения (для косвенных измерений с нелинейной зависимостью) применяется при неизвестных распределениях погрешностей измерений и при корреляции между погрешностями для получения результата косвенного измерения и определения его погрешности. При этом предполагается наличие ряда n результатов наблюдений измеряемых аргументов. Сочетания аргументов, полученных в j эксперименте, подставляют в функцию преобразования и вычисляют ряд значений K_j измеряемой величины K .

Данный метод неэффективен при большом количестве операций, так как при каждой из них объемы итоговых выборок увеличиваются.

Метод, который позволяет решить данную проблему за счет уменьшения размерности исходной выборки значений, но при сохранении закона распределения влияющих параметров, называется методом Монте-Карло [5].

Метод Монте-Карло – это численный метод, моделирующий псевдослучайные числовые последовательности с характеристиками известного закона распределения измеряемого параметра [6].

Как пример можно рассмотреть случай, когда в ходе обработки уменьшается количество рассматриваемых случайных величин путем их замены на случайную величину с таким же законом распределения, но меньшим объемом выборки.

Список литературы

1. Мунтянов, С.Н. Предпосылки к созданию комбинированного цифрового трансформатора тока и напряжения / С.Н. Мунтянов // Новое слово в науке: перспективы развития: материалы II междунар. науч.-практ. конф. (Чебоксары, 30 дек. 2014 г.) / редкол.: О.Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2014. – С. 179–180. – ISBN 978-5-906626-55-4.
2. Springer, M. D The distribution of products of beta, gamma and Gaussian random variables / M.D. Springer, W.E. Thompson // SIAM Journal on Applied Mathematics. – 1970. – Vol. 18. – №.4. – P. 721–737.
3. Справочник по радиоэлектронике / А.Ф. Богданов [и др.]; под ред. А.А. Куликовского. – М.: Энергия, 1970. – 758 с.
4. МИ 2083-90 ГСИ. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей.
5. Бусленко Н.П. Метод статистических испытаний (Монте-Карло) и его реализация на цифровых вычислительных машинах / Н.П. Бусленко, Ю.А Шрейдер. – М.: Государственное издательство физ-мат. литературы, 1961. – 229 с.
6. Губарь, Ю.А. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс] // Национально Открытый Университет «ИНТУИТ» Режим доступа: URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/2260/156/lecture/4327> (дата обращения: 15.12.2014).