

центра 11 относительно оси базовой поверхности центра (рисунок 3).

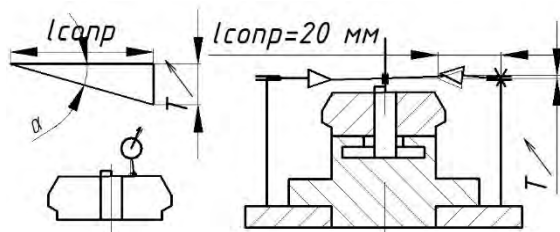


Рисунок 3 – Оценка инструментальной составляющей погрешности А1

Допуск соосности $T = 5$ мкм. Длина сопряжения центра со стойкой $l_{сопр} = 20$ мм.

$$\alpha = \arctg \frac{0,005}{20} = 0,014^\circ.$$

При допуске торцового биения зубчатого колеса 180 мкм звено А1 вносит погрешность измерения (2):

$$\Delta 1 = 10,4 \times 10^{-6} \text{ мкм.}$$

Расчет остальных составляющих в этой цепи аналогичен. Числовые значения углов поворота близки к α , а значения составляющих

погрешности относятся к пренебрежимо малым величинам и в дальнейших расчетах могут не учитываться.

Таким образом, погрешность измерения с помощью контрольного приспособления составляет $\Delta = 15$ мкм и обусловлена погрешностью используемой измерительной головки и погрешностью снятия показаний оператором. Можно также сделать вывод, что погрешности из-за постоянного несовпадения линии измерения с номинальным направлением, как правило, всегда будут пренебрежимо малы из-за малости углов наклона линии измерения и небольших измерительных перемещений.

1. Серенков, П.С. Методы менеджмента качества. Проектирование норм точности: учеб. пособие / П.С. Серенков, Ю.Б. Спесивцева. – Минск: ИВЦ Минфина, 2009. – 336 с.
2. Цитович, Б.В. Метрологическая экспертиза и нормоконтроль. Курсовое проектирование: учебно-методическое пособие / Б.В. Цитович. – Минск: БНТУ, 2008. – 119 с.

УДК 681

ТОЧНОСТЬ КООРДИНАТНЫХ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Хорлоогийн А.С., Астапчик О.С., Дубицкий Д.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь

Координатно-измерительные машины (КИМ) в мировом машиностроении применяются достаточно давно и по праву считаются одними из самых точных средств измерения. На данный момент в мировом масштабе принято использовать концепцию неопределенности в связи с чем в соответствии с требованиями международных стандартов, результат измерений, помимо измеренного значения, должен содержать неопределенность измерений. Получение достоверного значения неопределенности в координатной метрологии является достаточно сложной задачей. Это связано с тем, что КИМ являются очень гибким инструментом, на который влияет большое количество факторов.

В математическую модель кроме точечной оценки входит большое количество поправок обусловленных:

- 1 инструментальной погрешностью средства измерения;
- 2 используемой методикой выполнения измерений;
- 3 погрешностями формы и расположения измеряемых поверхностей деталей;
- 4 используемыми алгоритмами обработки измеренных точек;

5 внешними факторами.

Поддающимися управлению с целью снижения неопределенности измерений являются факторы: 2 – используемая методика выполнения измерений, 4 – используемые алгоритмы обработки измеренных точек и 5 – внешние факторы.

К внешним влияющим факторам относятся температура, влажность и засоренность окружающей среды. Они могут поддерживаться на необходимом уровне, либо компенсироваться, например, включением термокомпенсации. Методика выполнения измерений представляет собой последовательность выполнения измерений, которая включает в себя: черновое (стартовое) и чистовое базирование посредством измерения базовых поверхностей, последовательность и способ измерения точек на остальных поверхностях, используемые алгоритмы обработки измеренной информации, способ построения и расчета геометрических параметров из известных измеренных параметров, порядок представления информации в протоколе. Особое значение имеют используемые алгоритмы обработки измеренных точек [1].

Расчет неопределенности измерения для КИМ является достаточно сложной задачей, в

связи с чем чаще всего данной процедурой пренебрегают, считая неопределенность измерения равной неопределенности указанной в паспорте КИМ (при этом необходимо соблюдать условия эксплуатации КИМ). Под данной характеристикой обычно понимают только величину ошибки MPE (Maximum Permissible Error), которая определена в группе стандартов EN ISO 10360 и имеет вид

$$MPE = A + L/K, \text{ мкм,}$$

где L – длина измеряемого объекта, мм; A, K – постоянные, характеризующие КИМ [2].

По нормам DIN EN ISO 10360 каждое отклонение обозначается как MPE. Оно указывает предельное значение, за пределы которого не может выходить погрешность при выполнении измерения с помощью КИМ. В зависимости от вида погрешности выделяют предельно допустимое отклонение метрологической характеристики:

- 1 предельное значение погрешности линейного измерения MPE_E ;
- 2 предельное значение погрешности линейного измерения при измерении с оптическими сенсорами $MPE_{E-2D(OT)}$;
- 3 предельное значение погрешности касания при применении расстояния сенсоров $MPE_{PF(OT)}$;
- 4 предельное значение погрешности касания MPE_p ;
- 5 предельное значение погрешности касания MPE_{TNR} и MP_t ;
- 6 предельное значение погрешности касания при измерении с оптическими сенсорами $MPE_{E-2D(OS)}$.

1 Предельное значение погрешности линейного измерения MPE_E

Для определения погрешности линейного измерения измеряются откалиброванные концевые меры разной длины или ступенчатые концевые меры. Должно быть определено соответственно 5 различных участков длины в 7 любых позициях в рабочем объеме измерительной машины. Каждая длина измеряется трижды. Полученные значения сравниваются с откалиброванными значениями. При этом погрешность не должна превышать погрешности спецификации. Спецификация чаще всего выдается в зависимости от длины в форме

$$MPE_E = A + L/K.$$

2 Предельное значение погрешности линейного измерения при измерении с оптическими сенсорами $MPE_{E-2D(OT)}$

Для определения погрешности линейного измерения измеряют деталь в форме стеклянной линейки. Расстояния между отдельными маркировками откалиброваны таким образом, что из сравнения между измеренными и откалиброванными значениями можно определить погреш-

ность линейного измерения. Она не должна превышать заданное значение для погрешности линейного измерения $MPE_{E-2D(OT)}$. Как и у тактильных сенсоров индекс E (по-английски E = error (ошибка) обозначает погрешность линейного измерения. Дополнительно индекс E указывает на то, что речь идет о 2D измерении, так как оно производится оптическими камерами. Данные OT (по-английски Optical Error Translatory – ошибка оптического преобразования) указывает на то, что КИМ перемещает оптическую измерительную головку между измерением отдельных штрихов линейки. Таким образом, учитываются погрешности КИМ и измерительной головки.

3 Предельное значение погрешности касания при применении расстояния сенсоров $MPE_{PF(OT)}$

При определении погрешности касания у двумерных оптических сенсоров измерительная головка измеряет матовую сферу с незначительным отклонением от формы. Определенное отклонение от формы не должно превышать установленное значение для погрешности касания $MPE_{PF(OT)}$. Значение PF обозначает вид измерения (по-английски Probing Form – вид ощупывания). Так как измерительная головка в одной позиции может определить только одну линию, то измерительная сфера должна двигаться измерительной машиной. Значение OT (по-английски Optical Error Translation – погрешность оптической передачи) указывают на то, что КИМ двигает камеру и что отклонения КИМ и измерительной головки учитываются.

4 Предельное значение погрешности касания MPE_p

Для определения погрешности касания ощупывается сфера (диаметр от 10 до 50 мм) с незначительной погрешностью формы в 25 рекомендованных положениях по ISO 10360-2. Из значений измерения рассчитывается так называемый заменяющий шар, рассчитанный по Гауссу. Разница радиальных расстояний от центра заменяющего шара не должно превышать значения спецификации.

5 Предельное значение погрешности касания MPE_{TNR} и MP_t

Для определения погрешности касания при сканировании сканируется сфера с незначительной погрешностью формы (диаметр 25 мм) по 4 траекториям, установленным в ISO 10360-4. При сравнении измеренных значений с MPE_{TNR} спецификацией должны быть выполнены два условия. Во-первых, разница радиальных расстояний, определенная через отдельные точки, от центра заменяющего шара не должна превышать значение спецификации (см. MPE_p). Во-вторых, разница между радиальными дистанциями и откалиброванным диаметром сферы не должна быть больше, чем значение спецификации. Кроме того, требуемое для проверки время t должно

соответствовать спецификации, так как скорость имеет существенное влияние на результат. Когда указаны точность и требуемое время значение погрешности касания при сканировании, это является важным индикатором производительности координатной измерительной машины.

6 Предельное значение погрешности касания при измерении с оптическими сенсорами $MPE_{E-2D (OS)}$

При определении погрешности касания при измерении с оптическими сенсорами измеряется окружность с небольшим отклонением формы, которая наносится на стеклянную плиту и при этом определяется погрешность окружности. Эта погрешность не должна превышать определенное значение для допустимого отклонения касания $MPE_{E-2D (OS)}$ Первый индекс PF обозначает (по-английски Probing Form – вид ощупывания). 2D означает двухмерное измерение. OS (по-английски Optical Error Static – оптическая ошибка статики) означает неподвижно установленную измерительную головку.

УДК681

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Янченко В.С., Ярмолович М.А.

Белорусский государственный институт метрологии
Минск, Республика Беларусь

Современный технический прорыв, достигнутый за последние два десятилетия в области информационных технологий, все более глубоко внедряется во все сферы деятельности, и энергетика не является исключением. Сложившаяся энергетическая инфраструктура, представляющая собой электростанцию, сеть электропередачи и потребителя может оказаться несостоятельной в мире с широко распространенными энергоэффективными производствами, растущей нагрузкой мелких домохозяйств, ввиду перехода на электромобили и прогресса, достигнутого в альтернативной энергетике. Более того, энергетическая трансформация является просто необходимой в условиях надвигающегося экологического и ресурсного кризиса.

Решением данных проблем должны стать такие инновационные концепции, как распределенная генерация электроэнергии, кластеры мини-электростанций, активно-адаптивные сети.

Рассмотрим один из наиболее перспективных способов преодоления структурно-технологического кризиса в энергетике – построение взаимосвязанных самоорганизующихся интеллектуальных энергетических систем. Данные системы предполагают, что ввиду прогресса достигнутого прежде всего в солнечной и ветряной генерации, потребитель электроэнергии является одновременно ее производителем,

Так, например, для машины Romer Multigage данная величина:

$$MPE_E = 5 + L/40 \text{ мкм.}$$

Ошибка MPE указывает предельное значение, за пределы которого не может выходить неопределенность при выполнении измерительного задания.

Так как на производстве нет возможности свести все влияющие факторы к минимуму, то необходимо создать более гибкую систему определения неопределенности измерения позволяющую учитывать любые их отклонения от нормы.

1 Гапшис В.А. и др. Координатные измерительные машины и их применение. М. Машиностроение, 1988, – 328 с.

2 Зубарев Ю.М., Косаревский С.В., Ревин Н.Н. Автоматизация координатных измерений. Учебное пособие. — СПб.: Изд-во ПИМаш, 2011. — 160 с.: ил.

также в данных системах присутствуют традиционные системы электрогенерации, и активно-адаптивные сети, способные транспортировать электроэнергию в любом направлении. При большом количестве потребителей и производителей электроэнергии ключевым вопросом является грамотное распределение энергии, при котором потребитель должен получить энергию в необходимом объеме и по конкурентной цене, а производитель выгодно продать. Ядром данной системы является компьютерный алгоритм, который непосредственно принимает решение о распределении энергии.



Рисунок 1 – Самоорганизующаяся интеллектуальная энергетическая система