

УДК 531.71.08

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ИЗМЕРЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ В ГПС

Безвесильная Е.Н., Квасников В.П., Присяжнюк Н.П.

Рассматривается методика определения оптимального количества точек измерения, их расположения и оценки геометрической составляющей погрешности измерения деталей в ГПС.

В настоящее время в связи с усложнением задач автоматизированного измерения сложнопрофильных поверхностей возникает необходимость создания эффективных систем измерения и обработки информации экспериментальных исследований.

Погрешность измерения множества деталей в ГПС связана с погрешностью координатной измерительной машины (КИМ), технологическими характеристиками измеряемых деталей и характером взаимодействия измерительной системы и деталей в процессе измерения. Установление этой связи позволит формализовать решение ряда задач, возникающих при построении ИС. В КИМ при непрерывном или дискретном обходе деталей измерительную информацию получают с ограниченных участков – информационных зон (ИЗ).

В качестве размера зоны примем пять характерных высокочастотных неровностей поверхности детали.

Рассмотрим совокупность функций поверхности $\{Z_0\}$, соответствующую разным деталям.

Пусть $Z_i = Z_i(x, y)$ – функция, описывающая поверхность i -ой детали ($i = 1, 2 \dots N$).

Задача определения размера детали сводится к задаче поиска на заданных участках глобальных экстремумов, описывающих поверхность деталей.

Дисперсия восстановления функции поверхности i -ой детали на участке S_L ($L = 1, 2$) в любой точке при пространственных частотах расположения точек измерения (ТИ) по указанным соответствующим индексами осям координат ω_{XL} , ω_{YL} меньших соответствующих частот Найквиста ω_{XIL} , ω_{YIL} , определяется энергией E_L на оставшемся участке частот функции поверхности [1]

$$\sigma_{PIL}^2 = E_L(\omega_{XIL}, \omega_{XL}, \omega_{YIL}, \omega_{YL}).$$

Энергию функции поверхности разобьем на три части. Первая определяет энергию функции поверхности до пространственных частот ТИ ω_{XL} , ω_{YL} , вторая на участках пространственных частот между ω_{XL} , ω_{YL} и ω_{KXL} , ω_{KYL} , а третья, оставшаяся часть энергии, которая обуславливает одну из составляющих погрешности.

Математическое ожидание дисперсии восстановления функции поверхности из множества $\{Z_0\}$ на соответствующих участках будет равно

$$\sigma_{ML}^2 = \int_{S_L} \varphi_L(X_{ML}, Y_{ML}) \sigma_{PL}^2 dX_{ML} dY_{ML}.$$

Дисперсия, которая характеризует геометрическую составляющую погрешности измерения, определяется выражением

$$\sigma_0^2 = \sigma_{M1}^2 + \sigma_{M2}^2. \quad (1)$$

Дифференцируя (1) по X_L , Y_L на участках S_L и приравнявая производные к нулю, получаем две системы уравнений вида

$$\frac{d\sigma_{ML}^2}{dX_L} = 0, \quad \frac{d\sigma_{ML}^2}{dY_L} = 0. \quad (2)$$

Решая их при условиях

$$\frac{d^2\sigma_{ML}^2}{dX_L^2} < 0, \quad \frac{d^2\sigma_{ML}^2}{dY_L^2} < 0,$$

находим значения координат оптимальной в смысле минимума погрешности положения ТИ.

Из данного подхода следует, что для анализа представляет интерес та часть поверхности, на которой функция плотности распределения вероятности глобальных максимумов не равна нулю.

Основными причинами уменьшения геометрической составляющей погрешности ИС при заданном размере информированных зон при увеличении их количества являются увеличение частоты обрезания низкочастотной составляющей спектра поверхности и уменьшение площади поверхности, не покрытой зонами.

Методика определения оптимального количества ТИ, их расположения и оценки геометрической составляющей погрешности измерения ИС состоит из следующих этапов: определение допустимого значения геометрической составляющей погрешности измерения и обусловленного ею значения дисперсии результатов измерений σ_G^2 [1], оценка объема выборки N деталей; построение функции плотности распределения вероятности глобальных экстремумов $\varphi_L(X_M, Y_M)$ этих поверхностей в заданных областях S_i ; определение на участках S_{LO} размеров информационных зон (как математического ожидания пяти периодов характерных высокочастотных составляющих спектра), энергии E_L или граничного спектра мощности $F_{PGL}(\omega_x, \omega_y)$; по проведенному анализу поверхностей деталей на каждой стороне, по которой производится измерение, определяют дисперсии σ_{MLG}^2 для одной ТИ, производят априорную оценку общего количества ТИ с учетом заданной дисперсии погрешности σ_G^2 , используя следующее соотношение $K = \inf[(\sigma_{M1G}^2 + \sigma_{M2G}^2)/\sigma_G^2]$; нахождение значения дисперсии

$\sigma_{OK}^2 = \sigma_{M1}^2 + \sigma_{M2}^2$ и сравнение с σ_G^2 при известных координатах ТИ (при $\sigma_{OK}^2 > \sigma_G^2$ количество ТИ увеличивают, а при $\sigma_{OK}^2 < \sigma_G^2$ — уменьшают), процесс повторяют до тех пор, пока при некотором K не будет выполнено условие

$$\sigma_{OK}^2 \leq \sigma_G^2 \leq \sigma_{OK-1}^2.$$

Полученное количество ТИ и их расположение обеспечивают заданное значение геометрической составляющей погрешности измерения, их следует принимать за основу при работе ИС.

Библиография

1 Королук В.С. и др. Справочник по теории вероятностей и математической статистике. — М.: Наука, 1985. — 236 с.

Поступила в редакцию 7.10.1999 г.