

УДК 621.382:510.22

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ НА ФОРМИРУЮЩИХ ОПЕРАЦИЯХ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОМПОНЕНТОВ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

© Л.П. Вершинина, В.А. Лопухин

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Поступила в редакцию 10 марта 1999 г.

Рассмотрена проблема обеспечения точности компонентов электронных приборов на формирующих операциях в условиях неопределенности. Решается задача выбора оптимальных корректирующих воздействий на процесс доводки параметров компонентов.

Особые требования, предъявляемые к точности и надежности современных электронных приборов, вызывают необходимость обеспечения высокой стабильности и точности параметров используемых компонентов.

Углубляющийся процесс микроминиатюризации электронных приборов на базе интегральной технологии требует ужесточения допусков на параметры компонентов, так как регулировка приборов после их сборки практически исключается.

Существующие в настоящее время методы изготовления компонентов не всегда обеспечивают достаточную воспроизводимость их номиналов. Достижение необходимой точности компонентов по номиналу в процессе формирования основного параметра связано с введением контроля на этих технологических операциях. Обеспечение необходимой точности номиналов компонентов осуществляется с помощью операции доводки.

Доводочные операции являются неотъемлемой частью технологии, причем удельный вес этих операций в общем объеме производства высок. Комплекс мероприятий по обеспечению качества доводочных операций включает выбор методов и средств доводки, а также оптимизацию контроля при доводке.

Основная задача контроля при доводке компонентов заключается в своевременном прекращении доводочной операции при достижении параметром компонента заданного значения, то есть при достижении необходимой точности. В случае, когда непрерывный контроль возможен в процессе доводки и на его результат практически не влияют мешающие факторы, эта проблема решается простым применением высокоточных измерительных средств. В большинстве же случаев задача контроля осложняется тем, что результат доводки с достаточной степенью точности может быть определен только после окончания технологической операции. Это объясняется тем, что при доводке компонентов иногда происходит на-

грев изделия, и, несмотря на возможность осуществления непрерывного контроля в процессе самой операции, возникают значительные трудности учета влияния температуры на окончательную величину параметра изделия.

Могут иметь место и другие мешающие влияния, например, инерционность отвода режущего инструмента после окончания доводки или влияние проводимости электролита при электролитическом окислении конденсаторов.

Задача контроля при доводке в общем случае состоит в том, чтобы на фоне мешающих осуществлению точного контроля факторов найти оптимальную оценку меры количественного воздействия доводочного оборудования на параметр компонента и скорректировать эту меру воздействия для обеспечения необходимой точности параметров компонентов. Меру воздействия назовем коэффициентом доводки

$$K=y/x,$$

где y – величина параметра компонента после доводки, x – величина параметра заготовки до операции доводки.

Рассмотрим случай, когда контроль в процессе доводки невозможен и осуществляется после ее окончания, а затем по результатам контроля производится корректировка уставки коэффициента доводки.

Таким образом, оптимизация контроля будет заключаться в нахождении оптимальной величины коэффициента доводки K_{opt} и выработке корректирующего воздействия $\gamma = K_{opt} - K_N$ для обеспечения заданной точности параметра компонента. Здесь $K_N = y_N/x_N$, где x_N и y_N — номинальные значения параметров компонента изделия до и после цикла доводки.

Данная задача решена в работе [1] с помощью статистических методов принятия решений. Приведены формулы для K_{opt} в случае различных предположений о распределении параметров компонентов. В реальных условиях получение достаточной статистики требует вре-

мени и определенных затрат. При недостатке информации и наличии шумов K_{opt} не может быть определено на основе статистических методов с требуемой точностью, что приводит к браку при производстве компонентов. Для оценки коэффициента доводки в условиях неопределенности используем методы теории нечетких множеств.

Пусть компоненты подвергаются индивидуальной доводке последовательно, в дискретные моменты времени, условно обозначенные порядковыми номерами изделий $i = 1, 2, \dots$. Обозначим через x_i величину параметра компонента, требующего доводки, через y_i – величину параметра компонента после окончания доводки в случае отсутствия мешающих контрольным факторам (помехи), при этом $y_i = K x_i$. Тогда величина параметра изделия после окончания доводки с учетом влияния помехи q_i будет равна

$$Z_i = q_i + y_i = q_i + K x_i.$$

Обозначим $K_i = Z_i/x_i$. Пусть γ_i – корректирующее воздействие перед подгонкой i -го компонента.

Представим K_i и K_N в виде нечетких треугольных чисел [2]:

$K_i = (Z_i/x_i, a_i)$, $K_N = (y_N/x_N, b)$, где a_i и b – интервалы задания нечетких чисел, определяемые соответственно погрешностью измерения параметров и допуском на значение подгоняемого параметра.

Тогда итерационный процесс выработки оптимального корректирующего воздействия описывается следующим образом:

полагаем $\gamma_1 = 0$; по имеющимся K_1 и K_N определяем $\gamma_2 = K_1 - K_N$, в качестве меры воздействия для следующего компонента выбираем $K_N + \gamma_2$ и осуществляем доводку. В результате доводки получаем $K_2 = Z_2/x_2$.

Используя алгоритм, предложенный в [3], строим связь между γ_2 и K_2 в виде нечеткого отношения

$$R_2 = \gamma_2 \otimes K_2,$$

где \otimes – знак операции граничного произведения нечетких множеств.

Таким образом, имеем

$$K_2 = R_2 \circ \gamma_2,$$

где \circ – знак операции максиминного произведения.

По заданному K_N определяем γ_3 из соотношения $\gamma_3 = R_2^{-1} \circ K_N$ и осуществляем доводку следующего компонента с корректирующим воздействием γ_3 . На основании результата доводки K_3 находим нечеткое отношение $R_3 = (\gamma_2 \otimes K_2) \cap (\gamma_3 \otimes K_3)$, определяем очередное корректирующее воздействие $\gamma_4 = R_3^{-1} \circ K_N$ и так далее.

Анализ предложенного подхода проводился на имитационной модели. Имитировался процесс выработки корректирующего воздействия в условиях, когда аргументы известны, что величины x_i , q_i , K распределены по нормальному закону.

Эксперимент показал, что результаты моделирования на нечеткой модели и результаты расчета по формуле для K_{opt} [1] хорошо согласуются. Применение предлагаемого подхода к решению задач оптимизации контроля на формирующих операциях позволяет повысить производительность процесса обработки изделий и его точность в условиях неопределенности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лопухин В.А. Обеспечение точности электронной аппаратуры. Л. Машиностроение. 1980. 269 с.
2. Прикладные нечеткие системы. Ред. Т.Тэрано, К.Асаи, М.Сугэно. М. Мир. 1993. 368 с.
3. Вершинина Л.П. // Изв. вузов. Приборостроение. 1997. Т.40, №7. С.67–69.

OPTIMIZATION OF FORMATION OPERATIONS CONTROL DURING PRODUCTION OF ELECTRONIC COMPONENTS

L.P. Vershinina, V.A. Lopukhin

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The problem of electronic components' accuracy assurance at the formation operations under uncertainty conditions is discussed. The task of choosing optimal correcting actions upon the process of the components' parameter trimming is solved.