ЕЛЕКТРОННА ТЕХНИКА '93
СОЗОПОЛ, СЕПТЕМВРИ 1993 Г.

ОЦЕНКА НА ТОЧНОСТТА НА РЕЛЕТА ЗА ВРЕМЕ ЧРЕЗ МЕТОД "МОНТЕ КАРЛО"

И.А.Масларов, А.Д.Папазов, К.Л.Хинов, Н.В.Стоянова

Въведение

С усложняването на конструкциите и повишаване на изискванията за точност и надеждност към техническите средства в електрониката и автоматиката все по-голямо значение придобива въпросът за предварителната оценка на качеството на етапа на проектиране. Едновременно с това трябва да се държи сметка и за технологическите и икономическите проблеми при производството. Това особено подчертано се отнася за аналогови електронни, електромеханични и хибридни (електронно - механични) изделия. При решаването на тези задачи статистическите методи за оценка и контрол имат традиционно значение [2,4]. Проблемът за прогнозиране на качеството още на етапа на разработване на изделията при наличие на голям брой случайни фактори обаче, все още не е намерил задоволително решение. Може да се твърди, че един от най подходящите методи в това отношение е методът на статистическите изпитвания, популярен под името метод Монте Карло [1,3,5]. Известни са редица проблеми в науката и техниката, решени чрез този метод (в теоретичната физика, теорията на масовото обслужване и др.). Соболь формулира задача с пасивен характер за оценка на напрежението върху резистор с нормален закон на разпределение на съпротивлението, включен в електрическа схема [3]. Даскалов дава пример за оценка на загубите в намотка със съпротивление, представляващо също така случайна величина [2]. Тук се прави един опит за предварителна оценка на качествен показател на хибридно изделие като функция на съответни параметри на съставните му елементи. Въз основа на този подход още на етапа на проектирането може да се определи степента на влияние на тяхната точност върху качеството и стойността на крайния продукт и да се предпишат съответни икономически оправдани допуски.

Същност на решение на задачата. Нека бъде прието, че качественият параметър Q - обект на изследването е функция на n фактора - случайни параметри A_i, [3], т.е.:

$$Q = f (A_1, A_2, \ldots A_n) \qquad (1)$$

Ако тази функция се познава детерминистично, не представлява затруднение да се извърши числено моделиране, като при възприети закони на разпределение и числени характеристики на A_i се намери съвкупност от числени стойности за Q_i. От тях би могло да се изкаже хипотеза и направи проверка за разпределение на Q_i, а така също да се изчислят и съответните числени характеристики.

Еднократното прилагане на метода Монте Карло дава пасивно решение на правата задача. Значително по-голям интерес представлява обратната задача - при зададени граници (или числови характеристики при възприет закон на разпределение) на интересуващия ни параметър на качеството Q, какви следва да бъдат ограниченията върху разпределението на случайните фактори A_i и степента на тяхната значимост.

Много често функцията (1) не може да бъде определена аналитично в явен вид. В такъв случай биха могли да се използват експериментално определени зависимости, стига Q да е точно определено за конкретните стойности на A_i. Това се отнася до голяма степен за оценка на влиянието на фактори, представляващи параметри на технологични параметри (температури, температурни скорости, продължителност, съотношения на съставки в материали и др.). Достатъчно е експериментално определената функция да бъде със степен на възпроизводимост в границите на допустимите грешки на експеримента. В този случай функцията следва да бъде въведена като масив от числени стойности в компютър, с помощта на който посредством подходяща интерполационна програма (най добре чрез сплайни) се изчислява Q за всяка комбинация на A_i.

Значително по сложен е случаят, при който Q е функция не само на факторите $A_1 - A_n$, но и на други известни или неиз - вестни фактори и следователно по природа е случайна функция. Макар и с по-малка точност, задачата би могла да се реши като се търси регресионен модел на Q . Вместо детерминираното урав нение, при това положение ще трябва да се ползува съответно уравнение на регресия.

Като се разполага с удобно за изчисление описание на връзката $Q = f (A_i)$, може да се приложи метода на планирания експеримент, като за фактори се въведат числовите характеристики на A_i (при избран закон на разпределението им) и се определят уравненията за регресия на числовите характеристики на Q . Чрез тях, още на етап проектиране, би могло да се прави оценка за качествата на изделието, въвеждайки различни комбинации за факторите A_i (респ. числовите им характерис - тики).

Този подход, очевидно, може да се прилага с презумцията за нормално разпределение на A_i , обаче при малки граници на варирането им, макар и без да е гарантирана математическа обосновка, задачата би могла да се решава и при други разпределения (за този ред задачи след нормално, най важно по преценка на авторите е равномерното разпределение).

Пример. Решена е задачата за определяне на времето на закъснение с RC верига (T ≡ фактор Q), в зависимост от числовите хараактеристики на разпределението на стойностите R, C и собственото време на закъснение t на електромагнитно реле (при нормални закони за R и C и равномерен за t). Изхождайки от това, при възприети стандартни допустими отклонения 20% и 10 % за R и C са генерирани масиви за R и C , n ≈ 100 бр., за които се доказва, че се подчиняват на нормалния закон. Опитите са извършени с електромагнитни релета тип РАЧ, със съпротивление на намотката 1200 Ω и време за включване 50 ms. В действителност физически експеримент показа, че времето се подчинява на нормален закон с $\bar{t} \approx 49$ ms и $\sigma \approx 3.47$ ms. При така подготвените изходни условия бяха осъществени числени "игри" по метода Монте Карло, при следните условия :

1. t = const, C = const, R = var при 10 % и 20 % толеранс

2. t = const, C = var при 10 % и 20 % толеранс, R = const
3. t = const при вариране на R и C с 10 % и 20 %
4. Вариране на R и C при горните толеранси и генериране на определен номер реле от разполагаемия масив (45 броя)

За всяка от задачите е направена проверка за разпределение (при 95 % вероятност) по метода на Пирсон и е установено влиянието на толерансите на отделните параметри.

Проведен е и физически експеримент, като времето за включване t бе измервано с помощта на генератор за честота с точност на отчитане 0.01 ms. Комбинацията на стойностите за R и C (при избраните числови характеристики) бе дискретизирана за 10 стойности от диапазона $\bar{A}_i \pm 3\sigma$, които се генерират по съответна програма за случайни числа с нормално разпределение. Номерата на релетата се избираха за съответната комбинация чрез таблица за равномерно разпределени числа. Измерените времена t за различните комбинации бяха обработени статистически и дават добро потвърждение (в границите на 8 ÷ 15 %) на теоретично изчислените. Изводите показват силното влияние на собственото време t на релето върху времето на закъснение , и по-голямото значение на точността на резистора в сравнение с тази на кондензатора, което има и определено икономическо значение.

Изводи. Показан е начин за прилагане на метод Монте Карло за оценка на точността на времето на закъснение на релета с RC верига, в зависимост от точността на използуваните параметри. Посочена е възможността да се използува метода за решаване на правата и обратната задача за качеството на сродни изделия по време на проектирането и производството им.

Литература

1. Бусленко, Н.П. Метод статистического моделирования. М., Статистика, 1970
2. Даскалов, В.Б. Проектиране и контрол на технологическите процеси. С., Техника, 1985
3. Соболь, И.М. Метод Монте-Карло. М., Наука, 1968
4. Сотсков, Б.С. Основы теории надежности элементов и устройств автоматики и вычислительной техники. М., Высшая школа, 1970
5. Хеминг, Р. Числени методи за научни работници и инженери. С., Техника, 1974