

Проведений аналіз дає змогу зробити такі висновки.

1. Цифровий синтез гармонічних сигналів супроводжується виникненням методичних та інструментальних похибок, які містять три складові: амплітудну і фазову похибки відтворення основної гармоніки, а також спотворення у вигляді вищих гармонік.

2. Методичні похибки зумовлюються заміною неперервної кривої сходишковою та обмеженням формату подання відліків.

3. Статичні інструментальні похибки, спричинені нелінійністю характеристики перетворення ЦАП, викликають незначне спотворення основної гармоніки та породжують додаткові гармоніки.

4. Динамічні інструментальні похибки ЦАП обмежують частотний діапазон синтезованих гармонічних сигналів.

5. На заданій частоті вимірювання похибки відтворення амплітуди основної гармоніки мають мультиплікативний характер та їх вплив, загалом, можна усунути при калібруванні вимірювального каналу.

6. Фазовий зсув, зумовлений інерційністю елементів, що беруть участь у цифровому синтезі гармонічних напруг, є сталим, тому його вплив також можна компенсувати.

1. Смеляков В.В. Цифровая измерительная аппаратура инфранизких частот. М., 1975. 2. Быстродействующие интегральные микросхемы ЦАП и АЦП и измерение их параметров / Марцинявичюс А.-Й. К. и др.; под ред. А.-Й. К. Марцинявичюса, Э.-А. К. Багданскиса. М., 1988. 3. Шлыков Г.П. Измерение параметров интегральных ЦАП и АЦП. М., 1985. 4. Гаврилюк М.О., Проців Р.О., Хома В.В. Комбіновані алгоритми зрівноваження компенсаційно-мостових вимірювальних схем // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. №4, 1998. С.71-76. 5. Хома В.В. Цифрове оброблення сигналів у засобах вимірювання імітансу // Вісн. ДУ "Львівська політехніка". № 324, 1998. С.125-130.

УДК 621.352

ЗНАХОДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ТЕПЛОВОГО РОЗШИРЕННЯ ВОЛЬФРАМУ

© Попов Б.О., Іскерка І.*, 2000

* Політехніка Ченстоховська, електричний факультет (Польща),

Державний науково-дослідний інститут інформаційної інфраструктури (Львів, Україна)

Запропоновано машинний алгоритм знаходження параметрів найкращого чебишовського наближення за допомогою суми багаточлена і експоненти від x^{-1} . Показано його застосування для знаходження параметрів моделі теплового розширення вольфраму.

In the paper a computer algorithm for best Chebyshev approximation by sum of polynomial and exponential function from x^{-1} evaluation is presented. Application of the designed algorithm for parameters of tungsten temperature extention mathematical model aquisition is illustrated.

Необхідність нелінійного наближення таблично заданих залежностей може виникати у деяких прикладних задачах, наприклад, в механіці чи прикладній фізиці. При цьому використовуються різні типи апроксимаційних виразів та способи побудови наближень [2,3]. У випадку аналітичного представлення залежності теплового розширення вольфраму від температури використовується сума полінома та експоненти [4]. Наближення знаходять, як правило, використовуючи відомий метод найменших квадратів.

Нехай залежність подана у вигляді таблиці значень: $y_i = f(x_i), i = 1, 2, \dots, n$. Розглянемо можливість використання найкращого чебишовського наближення для апроксимації табличних залежностей виразом типу:

$$F(x) = \sum_{i=0}^{m-2} a_m x^m + a_{m-1} * e^{\frac{a_m}{x}} \quad (1)$$

Найкраще чебишовське наближення є оптимальним у сенсі мінімуму максимальної похибки апроксимації [4]:

$$\min_A \max_{x_i \in X} \left(\frac{|f(x_i) - F(A, x_i)|}{\varpi(x_i)} \right) \Bigg|_{i=1}^n \quad (2)$$

де $A = \{a_i\}_{i=1}^n$ – множина всіх параметрів наближення; X – множина точок апроксимації, ϖ – вагова функція ($\varpi(x_i) \neq 0, x_i \in X$).

Стандартні значення вагової функції: $\varpi(x) = 1$ для наближення з абсолютною похибкою, $\varpi(x) = f(x)$ для наближення з відносною похибкою та $\varpi(x) = |f_{\max}(x) - f_{\min}(x)|$ для наближення зі зведеною похибкою.

Для наближення використаємо відомий алгоритм Ремеза [1]. Система рівнянь чебишовської інтерполяції матиме вигляд:

$$f(t_i) - \left(a_0 + a_1 t_i + a_2 t_i^2 + \dots + a_{m-1} e^{\frac{a_m}{t_i}} \right) = (-1)^i \mu \varpi(t_i), i = 0, 1, \dots, m+1 \quad (3)$$

де t_i – точки альтернанса, $t_i < t_{i+1}$; a_i – шукані параметри наближення.

Якщо система рівнянь (3) має розв'язок, то його шукаємо так. З перших $m+1$ рівнянь системи (3) знаходимо аналітичні вирази для перших $m+1$ параметрів:

$$a_0 = \chi_0(a_m), a_1 = \chi_1(a_m), \dots, a_{m-1} = \chi_{m-1}(a_m) \quad (4)$$

Ці аналітичні вирази є розв'язками системи $(m+1)$ -го лінійного рівняння із $(m+1)$ -м невідомим.

Аналітичні вирази (4) для a_0, a_1, \dots, a_{m-1} підставляємо в останнє рівняння системи (3) і одержуємо трансцендентне рівняння з одним невідомим

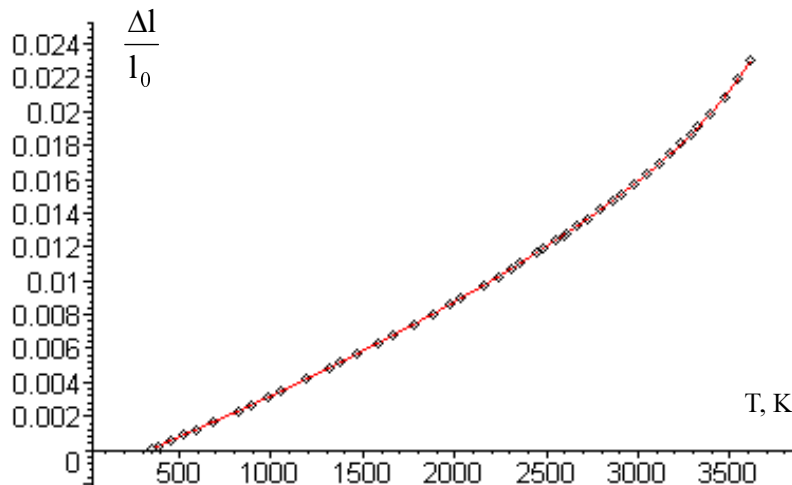
$$\varphi(a_m) = 0. \quad (5)$$

Розв'язуємо рівняння (5) відносно параметра a_m . Далі, підставляючи числове значення a_m у вирази (4), одержуємо значення решти шуканих параметрів.

Запропонований алгоритм можна реалізувати на комп'ютері у загальному вигляді лише в обчислювальній системі, що передбачає виконання аналітичних перетворень. Нами він реалізований у системі Maple V, Release 5 [5]. Відповідний фрагмент програмної реалізації має такий вигляд:

```
> a:='a'; a:=array(0..m); mu:='mu'; aa:='aa';
> aa:=array(0..m+1);
> eqns:=[seq(ordinate[t[i]]-evalf(subs(x=abscys[t[i]],rac))=(-1)^i*mu*w[t[i]],
  i=1..m+2)];
> aa[m+1]:=solve(eqns[1],mu); eqns:=subs(mu=aa[m+1], eqns);
> i:='i';
> for i from 0 to m-2 do
> aa[i]:=solve(eqns[i+2], a[i]); eqns:=subs(a[i]=aa[i], eqns);
> od:
> A[1]:=solve(eqns[m+1],a[m-1]):
> A[2]:=solve(eqns[m+2],a[m-1]):
> eq:=A[1]=A[2]:
> a[m]:=fsolve(eq, a[m], a[m]=-100000..-100):
> a[m-1]:=eval(A[1]);
> for i from m-2 to 0 by -1 do a[i]:=eval(aa[i]); od;
> mu:=eval(aa[m+1]);
```

Проілюструємо використання розробленого алгоритму для наближення залежності теплового розширення вольфраму від температури (див. рисунок).



Залежність лінійного розширення вольфраму від температури.

У роботі [3] показано, що теплове розширення вольфраму може бути описане формулою (1) при $m=7$. Результати апроксимаційного моделювання з використанням методу найменших квадратів, подані у згаданій роботі, мають такий вигляд:

$$F(x) = -0.00129 + 0.37078 \cdot 10^{-5} x + 0.1464 \cdot 10^{-8} x^2 - 0.11225 \cdot 10^{-11} x^3 + 0.5495 \cdot 10^{-15} x^4 - \\ 0.9645 \cdot 10^{19} x^5 + 25.6 e^{-\frac{28188.7038}{x}}$$

і стандартне відхилення становить $3.76 \cdot 10^{-5}$ відносних одиниць.

Запропонований алгоритм для того самого випадку дає результат:

$$F(x) = -0.001874600585 + 0.6821307249 \cdot 10^{-5} x - 0.4888288231 \cdot 10^{-8} x^2 + 0.4933436495 \cdot \\ 10^{-11} x^3 - 0.2147275952 \cdot 10^{-14} x^4 + 0.3591870913 \cdot 10^{-18} x^5 - 39.01174944 e^{-\frac{26727.87463}{x}}$$

із стандартним відхиленням $0.80 \cdot 10^{-5}$ відносних одиниць.

1. Демьянов В.Ф., Малоземов В.Н. Введение в минимакс. М., 1972. 2. Лабутин С.А., Чальий В.В. Дробно-степенная аппроксимация экспериментальных зависимостей // Электронное моделирование, № 2. Т.18, 1996. С. 12-16. 3. Шрюфер Е. Обработка сигналов: цифровая обработка дискретизованных сигналов: Підручник / За ред. В.П. Бабака. К., 1992. 4. Langheinrich P. Meßapparatur zur Bestimmung des Längenausdehnungskoeffizienten von hochschmelzenden Metallen bis zum Schmelzpunkt sowie der Gleichgewichtskonzentration von Eigenfehlstellen. Dissertation. Max-Planck-Institut für Metallforschung, Institute für Physik Stuttgart, 1998. 5. Monagan M.B., Geddes K.O., Heal K.M. et. al. Maple V, Release 5. Programming Guide.-N.Y., 1998.

УДК 621.382

АНАЛІЗ НЕСТАБІЛЬНОСТІ РОБОЧИХ РЕЖИМІВ ВУЗЛІВ ПЕРВИННОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ ТЕРМОСЕНСОРНИХ БІПОЛЯРНИХ ІС

© Готра О.З., 2000

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра “Інформаційно-вимірювальна техніка”

Проаналізовано нестабільність вихідних сигналів вузла первинного перетворення, визначальними факторами якої є зміна струмів базових кіл та модуляція колекторною напругою вхідної характеристики транзисторів. Показано, що при збільшенні напруги живлення вихідний струм стабілізатора I_{out} може не лише зростати, але й, переходячи точку з нульовим приростом, спадати. Отже, даний режим може бути використаним при роботі перетворювачів з мінімальною залежністю сигналів від напруги живлення.