

ПРОГРАММА КУСОЧНО-ЛИНЕЙНОЙ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИЙ, ЗАДАННЫХ ФОРМУЛОЙ

И. Г. ВИНТИЗЕНКО

(Представлена научным семинаром УВЛ ТПИ)

Преимущества аналоговой вычислительной техники (наглядность получаемых результатов, простота подготовки и решения задач и т. п.) сводятся на нет некоторыми трудоемкими и длительными работами (расчет масштабов, подготовка функций для набора на универсальных преобразователях и др.). Чтобы ускорить этим работы, используются программы расчета масштабов и аппроксимации функций, составленные для реализации на электронных цифровых вычислительных машинах (код АРАСНЕ [2], стандартные программы для ЭЦВМ «Урал-2» [1] и др.). Однако мощные машины не всегда свободны, дорого машинное время. Возникает необходимость написания алгоритмов и соответствующих программ для малых, широко распространенных цифровых машин, таких как, например, ЭЦВМ «Проминь». Использование малых цифровых вычислительных машин в аналоговых лабораториях может значительно ускорить подготовительные операции.

Наиболее частым случаем задания нелинейностей в аналоговой вычислительной технике является способ задания, назовем его способом аналитического задания, комбинации элементарных функций, таких, например, как

$$F(x) = \frac{\exp(-\alpha x) + \sin \beta x}{\cos \gamma x} \quad F(x) = \frac{\ln(\alpha x)}{\cos^2 \beta x} + \exp(\gamma x) \text{ и т. п.}$$

Наличие в малой ЭЦВМ «Проминь» большого числа «защитых» стандартных подпрограмм тригонометрических, показательных, гиперболических и других функций, возможность генерирования по подпрограммам специальных функций, а также простота программирования на этой машине обусловили ее выбор для реализации цифровой программы, производящей кусочно-линейную аппроксимацию аналитически заданной функции $F(x)$.

Программа состоит из нескольких блоков, которые выполняют следующие операции:

1) перевод исходных координат задачи в электрические напряжения УФП так, чтобы максимальное значение функции $F(x)$ было равно $+100$ в, минимальное $= -100$ в, левое крайнее значение аргумента $x_{\min}$ (минимальное) $= -100$ в, правое крайнее значение $x_{\max}$ (максимальное) $= +100$ в,

$$U_i = 100 \left(2 \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} - 1 \right) = M_x x - D_x,$$

$$U_0 = 100 \left(2 \frac{F(x) - F_{\min}}{F_{\max} - F_{\min}} - 1 \right) = M_F F(x) - D_F,$$

$$M_x = \frac{200}{x_{\max} - x_{\min}} \quad D_x = 100 + x_{\min} M_x,$$

$$M_F = \frac{200}{F_{\max} - F_{\min}} \quad D_F = 100 + F_{\min} M_F$$

так что аппроксимируемая функция вписывается внутрь прямоугольника $(-100, +100$ в по U , $-100, +100$ в по U_0) и касается всех границ прямоугольника;

2) кусочно-линейная аппроксимация функции $F(x)$ с выдачей на печать напряжений открывания U_{ij} диодных элементов и значений функций в точках перегиба аппроксимирующей ломаной U_{0i} . Процесс построения аппроксимирующей ломаной иллюстрируется рис. 1. Вся область $[x_{\min}, x_{\max}]$ делится на n равных шагов h , так что

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{n}.$$

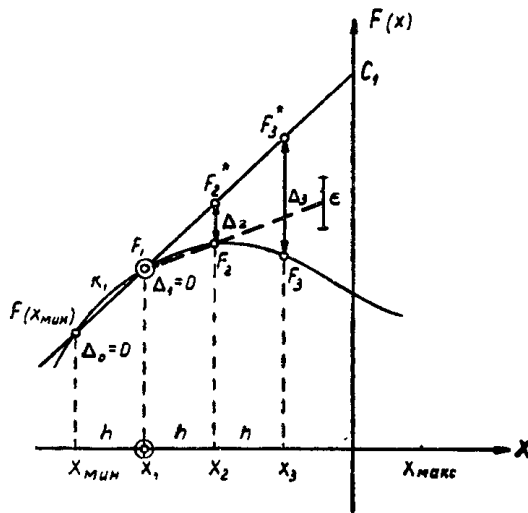


Рис. 1

Число n задается оператором (учитывается вид функции, требуемая точность и др.).

Вычисляется $F(x_1) \equiv F_1$ при $x_1 = x_{\min} + h$, проводится прямая через точки $F(x_{\min})$ и F_1 , определяется ее наклон k_1 , и точка пересечения прямой с осью $y - c_1$

$$k_1 = \frac{F_1 - F(x_{\min})}{h}$$

$$c_1 = F(x_{\min}) - k_1 x_{\min}.$$

Далее в точке $x_2 = x_1 + h$ вычисляется истинное значение функции $F(x_2) \equiv F_2$ и приближенное значение F_2^* , полученное по формуле

$$F_2^* = k_1 x_2 + c_1,$$

находится их разность по абсолютной величине

$$\Delta_2 = |F_2 - F_2^*|$$

и сравнивается с заданной точностью аппроксимации ϵ . Если $\Delta_2 > \epsilon$, то точку

$$(x_1, F_1)$$

считаем точкой перегиба аппроксимирующей ломаной, при этом x_1 и F_1 записываются в соответствующие массивы $\{x_j\}$ и $\{F_j\}$.

Построение любого следующего отрезка аппроксимирующей ломаной начинается с точки x_j, F_j ; к x_j прибавляется h , определяется F_{j+1} , крутизна нового отрезка ломаной k_l и константа c_l и т. д.

Если $\Delta_2 \leq \epsilon$, то к x_2 прибавляем шаг h , находим F_3^* , $F_3^* = k_1 x_3 + c_1$ и $\Delta_3 = |F_3 - F_3^*|$. Сравниваем новое Δ_3 с заданной точностью ϵ , поступаем по указанным выше правилам в случаях $\Delta > \epsilon$ и $\Delta \leq \epsilon$ и т. д. до $x = x_{\text{макс}}$. Блок-схема программы приведена на рис. 2.

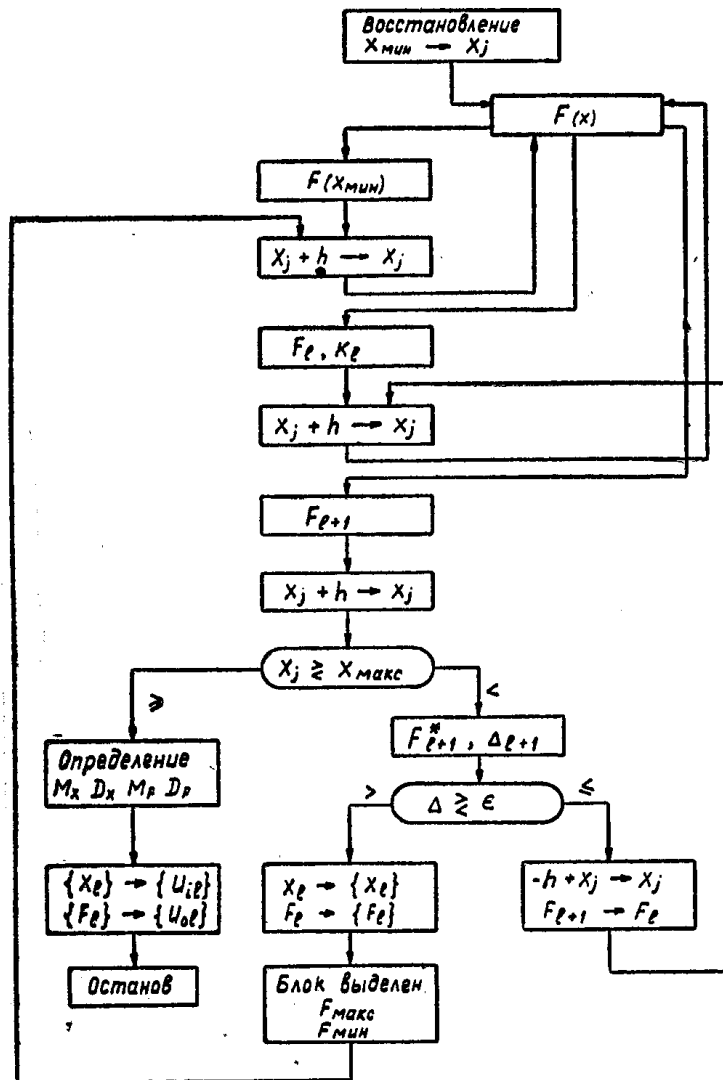


Рис. 2

3. После определения ординат всех точек перегиба $\{F_l\}$, где $l=1, 2, \dots, m$, проводится выбор максимального и минимального значения $F_{\text{макс}}(x_l)$ и $F_{\text{мин}}(x_l)$ массива ординат. Для этого в программу введем блок выбора $F_{\text{макс}}$ и $F_{\text{мин}}$. По ним определяются M_F и D_F . После этого весь массив ординат переводится в напряжения $\{U\}$, при которых происходит «излом» аппроксимированной ломаной, а массив $\{x_l\}$ переводится в напряжения $\{U_{il}\}$, при которых необходимо открывать диоды УФП. Окончательная таблица набора, отпечатанная выводным устройством, будет содержать M_x, D_x, M_F, D_F , массивы $\{U_{il}\}$ и $\{U_{ol}\}$.

Подготовка такого рода функций для набора на универсальном функциональном преобразователе АВМ с помощью малых ЦВМ зна-

чительно сокращает общее время подготовки задачи, не требует графических построений и обеспечивает наиболее высокую (сравнительно с другими методами подготовки кривой) точность аппроксимации. Программа использовалась при подготовке функций для универсального функционального преобразователя НУ-1 АВМ МН-14 при решении нелинейных дифференциальных уравнений.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Х. Береславский, Г. С. Гольденберг, Ю. А. Редьков, Е. П. Яковенко. «Вопросы автоматизации математической подготовки задач к набору на машинах непрерывного действия». В сб. «Математическое моделирование и электрические цепи». Киев, Наукова думка, 1966, стр. 129—139.
 2. Debroux, H. d'Hoop, C. Green L'autoprogrammation des calculateurs analogiques par le code APACHE „Revue A”. 1962, v. 4, № 3, p. 128—134.
-