К ВОПРОСУ О ПОСТРОЕНИИ АВТОМАТИЧЕСКИХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

Н. И. Корсунов, Е. В. Корсунова

Харьков

Одна из проблем аналоговой вычислительной техники — построение автоматически перестраиваемых функциональных преобразователей. Решение данной проблемы тесно связано с предотвращением взаимодействия между элементами, при котором изменение наклона, вносимого одним элементом, не влияло бы на работу других элементов функционального преобразователя [1].

Нашедший в последнее время широкое применение метод непрерывной математической логики не разрешил данной проблемы [2].

Целью настоящей работы является построение автоматически перестраиваемого функционального преобразователя, у которого

отсутствует взаимное влияние неточностей на любых участках аппроксимации. Это достигается за счет воспроизведения каждого участка независимо от предыдущего.

Пусть задана функция $y = F^*(x)$. Эта функция может быть с заданной погрешностью ε аппроксимирована кусочной функцией $F(x)$

$$|F^*(x) - F(x)| \leqslant \varepsilon. \tag{1}$$

Функция $F(x)$ составляется из образующих $f_1(x)$, $f_2(x)$, . . . , $f_n(x)$.

Функции $f_i(x)$ в частном случае, который в дальнейшем и будем рассматривать, являются линейными (кусочно-линейная аппроксимация)

$$f_i(x) = a_i + b_i x \tag{2}$$
$$(i = 1, 2, \ldots, n).$$

В настоящей работе не рассматривается задача наилучшего приближения кусочной функции к заданной. При этом считаем, что задана не исходная функция $F^*(x)$, а ее кусочно-линейная аппроксимация $F(x)$.

Разобъем область изменения аргумента на интервалы, на каждом из которых кусочная функция $F(x)$ равна одной из образующих функций. Каждому значению аргумента в узле аппроксимации поставим в соответствие число натурального ряда целых чисел $R \in (1, 2, \ldots, j, \ldots, n)$. При таком квантовании номер аргумента в узле аппроксимации определяет номер интервала.

Методы логики позволяют формализовать описание кусочных функций [2] и представить $F(x)$ в виде

$$F(x) = L[f_1(x), f_2(x), \ldots, f_n(x)]. \tag{3}$$

В результате взаимного влияния помех различных участков функционального преобразователя, построенного по методу непрерывной логики, при проектировании автоматически перестраиваемых нелинейных блоков аналоговых и аналого-цифровых вычислительных машин предпочтительнее пользоваться дискретной логикой. В этом случае действие оператора L сводится к логическому выбору в j-м интервале аргумента i-й образующей функции из множества $f_1(x)$, $f_2(x)$, . . . , $f_n(x)$.

Функцию

$$\psi_j(x) = \begin{cases} 1, & x \in (x_j, x_{j+1}) \\ 0, & x \notin (x_j, x_{j+1}) \end{cases} \tag{4}$$

называют характеристической или функцией включения, тогда с учетом (4) выражение (3) можно представить в виде [2]

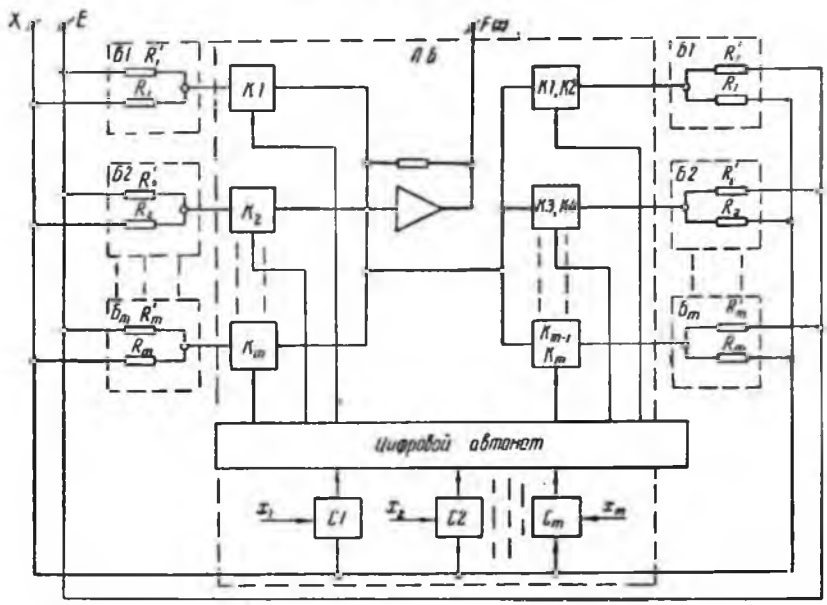
$$F(x) = \sum_{i,\, j=1}^{n} f_i(x)\, \psi_j(x). \tag{5}$$

Введенный в работах [2, 3] интерполирующий множитель

$$\Phi_i(x_j) = \begin{cases} 1 & \text{при } i = j \\ 0 & \text{при } i \neq j \end{cases} \tag{6}$$

позволяет при заданном наборе образующих $f_i(x)$ построить кусочно-непрерывную функцию $F(x)$, проходящую через заданные узлы интерполяции, с помощью следующего выражения в логической форме:

$$F(x) = \sum_{i,j=1}^{m} f_i(x)\,[\psi_j(x) \wedge \Phi_i(x_j)]. \tag{7}$$



На рисунке приведена структурная схема функционального преобразователя. Блоки $Б_1$, $Б_2$, ..., $Б_n$ служат для получения образующих $f_i(x)$, из которых логическим блоком выбирается лишь одна, соответствующая значению функции на данном участке аппроксимации. Технически в качестве блоков $Б_i$ могут быть использованы решающие элементы, например, операционные усилители или резисторы.

Рассмотрим построение логического блока, назначение которого состоит в формировании функции

$$\eta(x) = \psi_j(x) \wedge \Phi_i(x_j), \tag{8}$$

что технически осуществляется системой управляемых ключей, компараторов и дешифратора.

Примем, что при наличии m участков аппроксимации имеется такое же количество компараторов, выходные сигналы которых имеют два состояния «0» и «1». Считаем, что код «1» соответствует сигналу «открыть ключ». Так как на i-м участке, независимо от числа ранее сработавших компараторов, должен быть включен лишь один ключ, формально можно построить тривиальный автомат [4], выходные сигналы которого

$$U_i = \bar{C}_{i-1} \wedge C_i. \qquad (9)$$

Перейдем к рассмотрению автоматической перестройки функционального преобразователя. На данном участке аппроксимации функция определяется выражением (2), что технически осуществляется с помощью сопротивлений R_i' и R_i. Таким образом, опорным источником э. д. с, перестройка данного преобразователя сводится лишь к перестройке сопротивлений R_i' и R_i, что в современных АВМ осуществляется системой автоматической перестройки коэффициентов.

Таким образом, функциональный преобразователь, построенный по принципу выбора, содержащий операционный усилитель и блок сравнения, позволяет автоматически перестроить вид нелинейной зависимости лишь за счет изменения входных сопротивлений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Р. Томович, У. Карплюс. Быстродействующие аналоговые вычислительные машины. Изд-во «Мир», 1964.
2. С. А. Гинзбург. Математическая непрерывная логика и изображение функций. Изд-во «Энергия», 1968.
3. И. С. Березин, Н. П. Жидков. Методы вычислений. Физматгиз, 1959.
4. А. Гилл. Введение в теорию конечных автоматов. Изд-во «Наука», 1966.

ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ ОПИСАНИИ КУСОЧНО-ЛИНЕЙНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ САУ

Н. В. Книгавко, И. В. Кузьмин, Ю. Н. Степанов

Харьков

При исследовании нелинейных систем автоматического регулирования часто приходится сталкиваться с характеристиками элементов типа зоны нечувствительности (рис. 1), насыщения (рис. 2), зоны нечувствительности с насыщением (рис. 3). Эти характеристики бывают как симметричные (рис. 1), так и несимметричные (рис. 3).

Аналитическое описание подобных характеристик производится по участкам, соответствующим линейным частям характеристики,