

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

П. А. МАТЕВОСЯН

ПРИМЕНЕНИЕ АВМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНВЕРСНОЙ ЗАДАЧИ ТОЧНОСТИ СЛОЖНЫХ МОДЕЛИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ

В работах [1—5 и др.] рассмотрены, главным образом, методы решения задач анализа точности сложных устройств. Не менее важной и более сложной является задача синтеза устройств, исходя из условий заданной точности. Эта, так называемая инверсная задача, в значительной степени усложняется, если ограничения задаются не на один выходной параметр, а на несколько. При установлении ограничений на погрешности параметров решающих устройств необходимо также соблюдать условие минимума затрат на изготовление сложного устройства, т. е. требуется так назначить ограничения (допуски), чтобы стоимость изготовления сложного устройства в целом была возможно минимальной. Аналитические методы решения рассматриваемой задачи для сложных устройств, описываемых нелинейными уравнениями, представляются весьма сложными и громоздкими. Решение этой задачи в значительной степени облегчается при применении обратимых решающих блоков аналоговых вычислительных машин (АВМ).

В статье предлагается метод решения инверсной задачи точности сложных аналоговых устройств, основанный на применении универсальных АВМ и обратимых решающих блоков.

Систему машинных уравнений в общем случае можно представить так:

$$y_s = F_s(y_1, \dots, y_n, y_{b1}, k_{11}, \dots, k_{1s}, k_{b1}), \quad (1) \\ (s = 1, 2, \dots, n)$$

где y_i — машинная переменная или выходной параметр (напряжение, угол поворота, скорость);

y_s — производная машинной переменной по машинному времени t_m ($s = 1, 2, \dots, n$);

y_{bs} — независимая переменная или входной параметр, поданный на вход s -го решающего блока, имеющего коэффициент передачи k_{bs} ;

k_{qs} — коэффициент передачи q -го входа решающего блока ($q = 1, 2, \dots, l$).

Начальные условия определим в виде $y_s(0) = A_s$.

При исследовании точности аналоговых вычислительных устройств (АВУ) в качестве „первичных ошибок“ удобно рассматривать не

погрешности параметров отдельных деталей, а погрешности решающих блоков в целом, учитываемых ошибками коэффициентов передач k_{qj} , k_{aj} .

Если решение системы (1) представить в виде:

$$y_i = \Phi_i(t, k_{11}, k_{21}, \dots, k_{n1}, k_{12}, k_{22}, \dots, k_{nm}, y_{01}, \dots, y_{0m}), \quad (2)$$

то формулу для расчета точности АВУ согласно [1, 2] можно представить так:

$$\Delta y_i = \sum_{q=1}^{i-1} \left(\frac{\partial \Phi_i}{\partial k_{q1}} \right)_0 \Delta k_{q1} + \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial \Phi_i}{\partial y_{0j}} \right)_0 \Delta y_{0j} + \sum_{j=1}^m \left(\frac{\partial \Phi_i}{\partial k_{aj}} \right)_0 \Delta k_{aj}. \quad (3)$$

Если при решении задачи синтеза ограничения задаются только на p выходных параметра, а остальные $n - p$ выходных параметров исследуемого АВУ не ограничены допусками, то структурную схему устройства, предназначенного для решения уравнений (3), можно представить в виде, приведенном на рис. 1. Здесь блок ПАУ, построен-

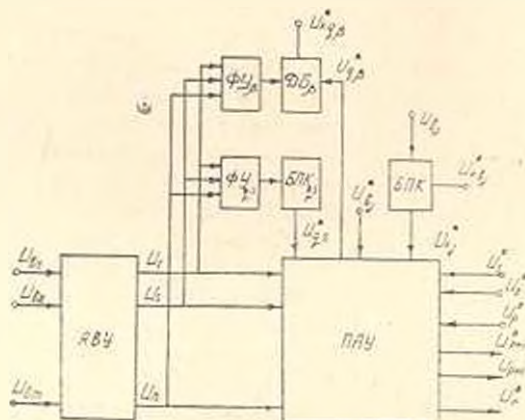


Рис. 1.

ный на обратимых решающих блоках, соответствует схеме „преобразованного вычислительного устройства“, смоделированного на основе уравнений (3). Блок АВУ, соответствующий схеме устройства, смоделированного на основе исходных заданных уравнений (1), предназначен для выдачи в блок ПАУ напряжений, необходимых для вычислений частных производных. Блок ФУ — функциональное устройство, БПК — блок постоянного коэффициента, ДБ — обратимый множително-делительный блок.

С помощью схемы в общем случае можно решать как обратную задачу, так и прямую, т. е. можно установить погрешности выходных параметров АВУ от совместного влияния всех возможных первичных ошибок решающих блоков. При использовании устройства для решения обратной задачи необходимо иметь в виду, что число получаемых в

качестве решения ограничений первичных ошибок решающих блоков должно быть равно числу выходных параметров, на погрешности которых задаются ограничения, т. е. во всех случаях число неизвестных системы (3) должно быть равно числу уравнений. С помощью схемы можно выполнять расчет точности только для одного, единичного экземпляра АВУ. Однако, как известно, в каждом конкретном экземпляре устройства первичные ошибки параметров решающих блоков имеют случайные значения.

При рассмотрении серий однотипных АВУ, предполагая, что распределение случайных значений „первичных ошибок“ решающих блоков нормальное, уравнения допусков для решения рассматриваемой задачи синтеза, согласно (3), можно представить в виде:

$$\begin{aligned} \delta^2 |U_s| = & \sum_{i=1}^n B_{si}^2 \delta^2 |U_i| + \sum_{k=p+1}^{l-n} B_{sk}^2 \delta^2 |U_{kq}| + \\ & + \sum_{j=1}^m B_{sbj}^2 \delta^2 |U_{bj}| + \sum_{j=1}^m B_{sbkj}^2 \delta^2 |U_{kbj}| \end{aligned} \quad (4)$$

(s = p + 1, p + 2, ..., n)

и

$$\begin{aligned} \delta^2 |U_{bz}| = & \sum_{i=1}^p B_{zi}^2 \delta^2 |U_i| + \sum_{k=p+1}^{l-n} B_{zsk}^2 \delta^2 |U_{kq}| + \\ & + \sum_{j=1}^m B_{zbj}^2 \delta^2 |U_{bj}| + \sum_{j=1}^m B_{zkbj}^2 \delta^2 |U_{kbj}|, \end{aligned} \quad (5)$$

(z = 1, 2, ..., p),

где B_{si} , B_{sk} , ..., B_{sbkj} — нелинейные коэффициенты, которые могут быть получены в результате решения уравнений (3) относительно неизвестных Δk_{qj} и Δy_j .

Основываясь на принципе независимости действия „первичных“ ошибок, с помощью устройства, для заданных значений входных параметров и времени, поочередно можно определять ограничения, погрешностей параметров решающих блоков от действия каждого заданного ограничения в отдельности. Для получения слагаемых формул (4) и (5) к соответствующим выходам схемы ПАУ подключаются блоки квадраторов.

Решение задачи синтеза специализированных АВУ, исходя из условий заданной точности решения, как известно, может иметь множество вариантов, если не исходить из дополнительных условий, например, из условия минимальной стоимости изготовления.

Как известно, специализированные АВУ, в зависимости от их назначения, могут быть изготовлены на базе использования как меха-

Если предположить также, что относительные приросты стоимости решающих блоков величины постоянные и равны между собой, то

$$\frac{\delta y}{y} = \frac{\delta_s^2}{a_{1s}^4 \sum_{v=1}^p \frac{1}{a_{1v}^2}} \quad (16)$$

Формула (16) может быть использована для грубых, ориентировочных расчетов.

АрмНИИЭ

Поступило 23.XI.1969.

Պ. Ա. ԴԱՔԵԼՈՒՅԱՆ

ԱՆԱԼՈՐԱՅԻՆ ՀԱՇՎԻՉ ՄԵԲԵՆԱՆՆԵՐԻ ՕԳՏԱԵՈՐԾՈՒՄԸ ԲԱՐԻ ՄՈԳԵԼԱՑՆՈՂ ՍԱՐՔԵՐԻ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ ԻՎԵՐՍԱՅԻՆ ԿԱԴՐԻ ԼՈՒՄԱՆ ՀԱՄԱՐ

Ա. մ փ ո փ ո ՝ մ

Անալորային է բարդ մոդելացնող սարքերի ճշտության ինվերսային խնդրի լուծման մեթոդ ան պարամետրի, որ լուծող բլոկների պարամետրների վրա դրվում է սահմանափակում՝ ելնելով սարքերի պատրաստման նվազագույն ծախսերից: Քննարկվող խնդրի լուծման համար առաջարկվում է օգտագործել անալոգային հաշվիչ մեքենայի հակադարձ լուծող բլոկները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бругиш Н. Г. Точность механизмов. Гостехиздат, 1946.
2. Быховский М. А. Основы динамической точности электрических и механических цепей. Изд. АН СССР, 1958.
3. Бругевич Н. Г., Сергеев В. И. Основы нелинейной теории точности механизмов с низшими кинематическими парами. Сб. "Точность механизмов и автоматизированных измерительных средств". Изд. "Наука", 1966.
3. Meissinger H. F. The Use of Parameter Influence Coefficients in Computer Analysis of Dynamic Systems, Proc. Western Joint Computer Conf., May 3-5, 1960.
5. Лебедев А. Н. Основы теории точности счетно-решающих устройств. Ленинград, 1964.
6. Баранов Г. Г. О выборе допусков, обеспечивающих заданную точность механизма и наименьшую стоимость его изготовления. Сб. "Труды института машиноведения". Семинар по точности в приборостроении. Выпуск 11, Изд. АН СССР, 1956.