

Таким образом, декомпозиция исходной задачи большой размерности на ряд независимых фрагментов меньшей размерности, реализацию которых возможно осуществлять на системе микро-ЭВМ, повышает оперативность ее решения.

ЕрПИ им. К. Маркса

10. IV. 1985

Ս. Ս. ՉԱԿԱՐՅԱՆ, Կ. Վ. ՄԱՐԳԱՐՅԱՆ

ԽՏԱՅՄԱՆ ՄԵԹՈԴՈՎ ՕՊՏԻՄԻԶԱՑԻԱՅԻ ԿԵՐԻ ԶՈՒԳԱԷՆՈՒ ԼՈՒԾՈՒՄԸ

Ա Վ Վ Ո Վ Ո Ւ Մ

Բարդ օպտիմիզացիայի խնդիրների լուծման համար առաջարկված է գույքահեռ ալգորիթմ, որը հիմնված է խտացման մեթոդի վրա: Կազմակերպված է միկրոպրոցեսորային երկմակարդակային հաշվողական համակարգ, որի հետապոստման համար առաջարկված է նմանակման մոդել: Բերված են դուգահեռ լուծման և նշանակման մոդելների բոլոր-սխեմաները:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Захарьян С. С. Об одном способе записи уравнений многосвязных САУ.— В сб.: Изуч. тр. ЕрПИ, сер. авт. и выч. техника, Ереван, 1973, т. 38, вып. 5, с.98—101.
2. Захарьян С. С. Метод двухуровневой оптимизации многомерных многостадийных систем.— Изв. АН АрмССР (сер. ТН), 1984, т. XXXVII, № 2, с. 20—24.
3. Захарьян С. С., Маркрян К. В. Об одном приложении метода уплотнения переменных.— В кн.: Межвуз. сб. науч. тр. ЕрПИ, АмВТ, Ереван, 1980, сер. 15, вып. 5, с. 46—51.

Изв. АН АрмССР (сер. ТН), т. XL, № 3, 1987

ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

Н. В. АВЕТИСЯН, Т. Г. АРЕШЯН, Д. С. МЕЛКОНЯН

МЕТОД ЧИСЛЕННОГО РАСЧЕТА ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В СИСТЕМАХ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Расчет переходных процессов в системах с распределенными параметрами выдвигает жесткие требования к точности алгоритмов машинного расчета преобразований Фурье. Показано, что применение стандартных машинных средств расчета преобразований Фурье связано с необходимостью задания значительных объемов избыточных данных, внесением в решения систематических ошибок [1].

В данной работе предлагается численный метод расчета переходных процессов в системах с распределенными параметрами, свободный от отмеченных недостатков. Для построения решений используются

уравнения системы с распределенными параметрами в форме четырех-полюсника с использованием комплексных спектров напряжений и токов

$$\begin{vmatrix} U_1(\omega) \\ I_1(\omega) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{vmatrix} \times \begin{vmatrix} U_2(\omega) \\ I_2(\omega) \end{vmatrix}. \quad (1)$$

Переходной процесс в системе может быть рассчитан по частотным характеристикам с помощью обратного синус- или косинус-преобразования Фурье. Остановимся на использовании обратного косинус-преобразования Фурье. В этом случае переходной процесс на расстоянии x от начала линии при $\Delta t \geq 0$:

$$f(t, x) = \frac{2}{\pi} \int_0^{\pi} R(\omega, x) \cos \omega t d\omega, \quad (2)$$

где

$$R(\omega, x) = \operatorname{Re} \{F(\omega, x)\}, \quad F(\omega, x) = \int_0^{\pi} f(t, x) \exp(-j\omega t) dt. \quad (3)$$

Функция $F(\omega, x)$ есть комплексный спектр функции $f(t, x)$, которая в свою очередь описывает напряжение или ток на расстоянии x от начала линии.

При подаче на вход линии тока в виде единичной функции комплексный спектр выходного напряжения для условий холостого хода рассчитывается:

$$U_2(\omega) = \frac{I_1(\omega)}{A_{21}} = \frac{Z_B}{j\omega \operatorname{sh} \gamma x}, \quad (4)$$

где Z_B, γ — характеристические параметры четырехполюсника.

Разработан алгоритм, основанный на формуле (4), для получения массива дискретных значений действительной частотной характеристики. В качестве исходных данных для расчета выражения (2) служат дискретные отсчеты значений действительной частотной характеристики. Приближенный расчет на основе этих данных косинус-преобразования Фурье осуществляется в два этапа.

1. Аппроксимация частотной характеристики кусочно-линейной кривой (сокращение избыточности данных).
2. Расчет обратных преобразований Фурье (ОПФ).

Массивы данных, получаемые путем дискретизации обрабатываемой функции с равномерным шагом, как правило, характеризуются значительной избыточностью. Поэтому эффективные алгоритмы цифрового спектрального анализа могут быть построены с использованием методов сокращения избыточности исходных данных. В предлагаемом алгоритме используется регрессионный метод сокращения избыточности данных [2], с помощью которого исходная функция аппроксимируется кусочнолинейной кривой.

Рассмотрим алгоритм расчета ОПФ. В результате сокращения избыточности данных функция $R(\omega, x)$ заменяется аппроксимирующей функцией $\overline{R}(\omega, x)$, состоящей из отрезков прямых, соединяющих избыточные отсчеты $\{R_i\}$ в точках $\{z_i\}$ ($i = 0, \dots, M$). Для расчета обратного косинус-преобразования Фурье функции $R(\omega, x)$ заменим ее аппроксимирующей функцией:

$$\overline{R}(\omega, x) = \sum_{k=1}^{M-1} R_k U_k(\omega - z_k) + R_0 v_0(\omega - z_0) + R_M v_M(\omega - z_M), \quad (5)$$

где конечные элементы определяются следующими соотношениями:

$$u_k(\omega) = \begin{cases} 0 & \omega \notin [-\Delta z_{k-1}, \Delta z_k], \\ 1 - \omega/\Delta z_k & \omega \in [0, \Delta z_k], \\ 1 + \omega/\Delta z_{k-1} & \omega \in [-\Delta z_{k-1}, 0]; \end{cases} \quad (6)$$

$$v_0(\omega) = \begin{cases} 0 & \omega \notin [0, \Delta z_0], \\ 1 - \omega/\Delta z_0 & \omega \in [0, \Delta z_0]; \end{cases} \quad (7)$$

$$v_M(\omega) = \begin{cases} 0 & \omega \notin [-\Delta z_{M-1}, 0], \\ 1 + \omega/\Delta z_{M-1} & \omega \in [-\Delta z_{M-1}, 0]. \end{cases} \quad (8)$$

Экспоненциальные преобразования конечных элементов (6) — (8):

$$V_0(jt) = \text{Fe} \{v_0(\omega)\} = \int_0^{\Delta z_0} v_0(\omega) \exp(j\omega t) d\omega = \quad (9)$$

$$= \frac{1 - \cos t\Delta z_0}{t^2 \Delta z_0} + \frac{j}{t} \left(1 - \frac{\sin t\Delta z_0}{t\Delta z_0} \right);$$

$$V_M(jt) = \text{Fe} \{v_M(\omega)\} = \frac{1 - \cos t\Delta z_{M-1}}{t^2 \Delta z_{M-1}} - \frac{j}{t} \left(1 - \frac{\sin t\Delta z_{M-1}}{t\Delta z_{M-1}} \right); \quad (10)$$

$$U_k(jt) = \text{Fe} \{u_k(\omega)\} = \frac{1 + c_k - c_k \cos t\Delta z_{k-1} - \cos tc_k \Delta z_{k-1}}{t^2 c_k \Delta z_{k-1}} - \\ - j \frac{\sin tc_k \Delta z_{k-1} - c_k \sin t\Delta z_{k-1}}{t^2 c_k \Delta z_{k-1}}, \quad (11)$$

где

$$c_k = \frac{\Delta z_k}{\Delta z_{k-1}}; \quad \Delta z_k = z_{k+1} - z_k, \quad k = 1, \dots, M-1.$$

Расчетная формула для обратного косинус-преобразования Фурье функции $\overline{R}(\omega, x)$ имеет вид:

$$f(t, x) = \frac{2}{\pi} \operatorname{Re} \left\{ \sum_{n=1}^{m-1} R_n U_n(jt) \exp(jtz_n) + R_m V_m(jt) \exp(jtz_m) + \right. \\ \left. + R_{m+1} V_{m+1}(jt) \exp(jtz_{m+1}) \right\}. \quad (12)$$

Таким образом, расчет переходного процесса $f(t, x)$ по формуле (12) сводится к вычислению выражения (12). Программа, реализующая алгоритм расчета переходного процесса, состоит из трех подпрограмм. Первая подпрограмма осуществляет вычисление действительной частотной характеристики переходного процесса по формуле (4). Входными данными этой подпрограммы являются первичные параметры линии. Выходными данными являются массивы значений действительной частотной характеристики.

Вторая подпрограмма осуществляет регрессионный метод сокращения избыточности данных [2], аппроксимирующий исходную функцию множеством избыточных отсчетов. Входными данными этой подпрограммы являются массивы значений действительной частотной характеристики и фиксированный допуск для отклонения. Выходными данными является множество избыточных отсчетов действительной частотной характеристики.

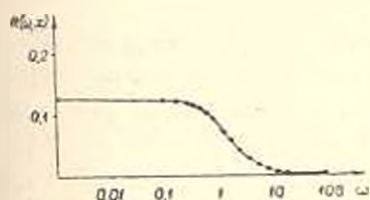


Рис. 1. Избыточные отсчеты действительной частотной характеристики линии с распределенными параметрами.

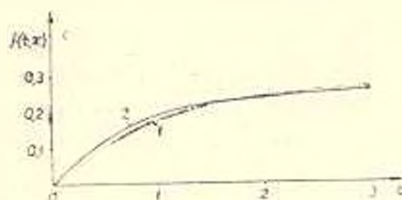


Рис. 2. Переходный процесс, вычисленный по действительной частотной характеристике (кривая 1) и теоретически (кривая 2).

Третья подпрограмма, реализующая алгоритм обратного косинус-преобразования Фурье, вычисляет переходный процесс по расчетным формулам (9) — (12). Входными данными этой подпрограммы являются множество избыточных отсчетов действительной частотной характеристики, интервал времени, в котором вычисляется переходный процесс, и шаг по оси времени. Выходными данными является множество отсчетов переходного процесса $f(t, x)$ в указанном интервале времени.

Описанная выше программа записывалась на языке БЕЙСИК ЭВМ «ИСКРА-22».

Для иллюстрации алгоритма рассмотрим переходный процесс в линии с распределенными параметрами при $L = 0$ на расстоянии x от начала линии, при подаче на вход тока в виде единичной функции. Теоре-

тическая кривая переходного процесса [3], выраженная через функцию ошибки, приведена на рис. 2 (кривая 1).

При тех же условиях вычислен переходный процесс разработанным численным методом. Для этого рассчитана действительная частотная характеристика, график которой приведен на рис. 1. Нензбыточные отчеты действительной частотной характеристики показаны кружками. Кривая 2 рис. 2 иллюстрирует переходный процесс, рассчитанный с помощью ОПФ по действительной частотной характеристике.

Приведенный алгоритм цифрового спектрального анализа, построенный с использованием регрессионного метода сокращения избыточности исходных данных, может применяться для расчета переходных процессов в линиях электропередачи большой протяженности, трубопроводах, а также в биологических системах, в частности, в нервных волокнах.

И-т физиологии АН АрмССР

10. IX. 1986

Մ. Վ. ԱՎԵՏԻՅԱՆ, Խ. Դ. ԱՐԵՇՅԱՆ, Դ. Ս. ՄԵԼԵՆԿԻՆ

ՏԱՐԱՐԱՆՇՎԱՆ ՊԱՐԱՄԵՏՐԵՐՈՎ ՀԱՄԱԱՐԳԵՐՈՒՄ ԱՆՑՈՂՎ ՊՐՈՑԵՍՆԵՐԻ ԹՎԱՅԻՆ ՀԱՇՎԱՐԿԻ ՄԵԹՈԴ

Ա մ փ ո փ ո մ

Առաջարկված է տարարանշված պարամետրերով համակարգերում անցումային պրոցեսների թվային հաշվարկի բաղմակողմանի մեթոդ: Անցումային պրոցեսի մոտավոր հաշվարկը, ըստ իրական հաճախական բնութագրի և Ֆուրյեի հակադարձ կոսինուս-փոխակերպման ղենությանը էստարվում է երեք փուլով՝

1. իրական հաճախական բնութագրի ընդհանուր արժեքների հաշվարկ,
2. Հաճախական բնութագրի մոտարկում մասնակի-զծային կորով (տրվյալների հավելցուկության կրճատում),
3. Ֆուրյեի հակադարձ փոխակերպման հաշվարկ:

Տարաբաշխված պարամետրեր ունեցող զծի մեջ սկզբից որոշակի հեռավորության վրա միավոր հոսանք տալու դեպքում տեղի ունեցող անցումային պրոցեսի համար դիտարկված է օրինակ:

ЛИТЕРАТУРА

1. Халитов М. Д., Ван Цибао. Анализ электромагнитных переходных процессов в сетях энергосистем сверхвысокого напряжения. — ТИИЭР, 1982, т. 70, № 4, с. 46—52.
2. Мельник Л. С., Арешян Т. Г. Помехоустойчивый регрессионный метод сокращения избыточности данных. — Изв. АН АрмССР (сер. ТИ), 1985, XXXVIII, № 5, с. 23—28.