Литература

1. Зайка В.А., Мельников В.П., Гракович В.Ф. Система автоматизированного анализа аэрологической информации. Материалы УП Всесоюзного совещания по проблемам управления. М., 1977.
2. Зайка В.А., Гракович В.Ф., Бирюков А.В. Построение человеко-машинной системы экспресс-анализа результатов аэрофизических экспериментов. Материалы второго Всесоюзного научно-технического совещания "Проблемы дистанционного сбора, передачи и отображения данных в информационных системах". М., 1977.
3. Букат Г.М., Дорошко Н.Н., Скачек А.В. Язык управления и язык разговорного программирования в системе ГАММА. Известия АН БССР (серия физ.-мат.наук), 1976, № 1.
4. Букат Г.М., Борисевич В.Ф., Савик Н.П. Система коллективного пользования на ЭВМ "Минск-32". Сб.: Программирование и математические методы решения физических задач. Дубна, 1974.

Е.А. Вакулич

К ВОПРОСУ ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА ПО ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАМ

(Куйбышев)

Получение математического описания на основании экспериментальной информации является важной задачей теории и практики изучения физического объекта. Классические методы идентификации, обладая высокой точностью, в основном сложны и требуют привлечения мощной вычислительной техники. Между тем, при решении ряда задач исследователя может удовлетворить менее высокая точность модели объекта. Одним из упрощенных методов является идентификация преобразователя (П) по переходным процессам, включающая приближенную в выбранной метрике входного и выходного сигналов теоретическими функциями и определение по виду отклика параметров модели. Однако

15-4834

в условиях реального сигнала, характеризующегося наличием случай ной составляющей, указанная процедура не эффективна и не позвол ет получить достоверный результат.

Ниже вскрываются некоторые особенности указанного метода па раметрической идентификации для случая модели в виде линейного обыкновенного дифференциального уравнения II порядка. Рассматри ются режимы работы П, носящие апериодический характер.

Пусть структура математической модели, подлежащей идентиф кации, задана априорно, причем как для колебательных режимов, близких к апериодическим, так и для апериодических форма зада выбрана единой:

$$W(s)=1/(T_0^2 s^2+2T_0\xi s+1),\quad \xi\in(0{,}5\sqrt{2},\infty).$$

Входной сигнал аппроксимирован на заданном временном ин тервале аналитической зависимостью согласно выбранному критер точности. Для конкретности выкладок рассуждения проводятся пр нительно для класса аналитических зависимостей экспоненциальн вида

$$x(t)=1-e^{-\gamma t} \qquad (1)$$

при нулевых начальных условиях. Перейдем в выражении (1) и за сях совокупности откликов к переменным $\tau=\gamma t$, $q=\omega_0/\gamma$, $a=$ с учетом которых получим:

$$x(\tau)=1-e^{-\tau} \qquad (2)$$

$$y(\tau)=\begin{cases} 1-e^{-2a\xi^2\tau}\left(\cos 2a\tau\xi\sqrt{1-\xi^2}+\frac{\xi}{\sqrt{1-\xi^2}}\sin 2a\tau\xi\sqrt{1-\xi^2}\right)-K_3\Big[e^{-\tau}- \\ -e^{-2a\xi^2\tau}\left(\cos 2a\tau\xi\sqrt{1-\xi^2}+\frac{2a\xi^2-1}{2a\xi\sqrt{1-\xi^2}}\sin 2a\tau\xi\sqrt{1-\xi^2}\right)\Big],\ \xi<1 \\ 1-e^{-2a\tau}(1+2a\tau)-K_3\left\{e^{-\tau}-e^{-2a\tau}\left[1+(2a-1)\tau\right]\right\},\ \xi=1 \\ 1-K_1e^{-2p_1a\tau}+K_2e^{-2p_2a\tau}-\left[K_3e^{-\tau}+K_4e^{-2ap_1\tau}-K_5e^{-2ap_2\tau}\right],\ \xi>1 \end{cases} \qquad (3)$$

$$p_1=\xi(\xi-\sqrt{\xi^2-1}),\ p_2=\xi(\xi+\sqrt{\xi^2-1}),\ K_1=\frac{p_2}{2\xi\sqrt{\xi^2-1}},\ K_2=\frac{p_1}{2\xi\sqrt{\xi^2-1}},$$

$$K_3=\frac{4a^2\xi^2}{(1-2ap_1)(1-2ap_2)},\ K_4=\frac{a\xi}{\sqrt{\xi^2-1}\,(1-2ap_1)},\ K_5=\frac{a\xi}{\sqrt{\xi^2-1}\,(1-2ap}$$

Выбор новых переменных позволяет рассмотреть множество вход ных сигналов П как однопараметрическое семейство, выделить связ

...ческих свойств П с частотным спектром входного сигнала, упростить проведение аналитического анализа.

Исследования двухпараметрического семейства $y(\tau, a, \varphi)$ в диапазоне $a \in (0, \infty)$ показало существование для фиксированного a_φ области, ограниченной кривыми $y(\tau, a_\varphi; 0{,}5\sqrt{2})$, $y(\tau; a_\varphi; 1)$, $y(\tau, a_\varphi, \infty)$. Ширина области убывает с ростом a, при $a >$ I,2 кривые почти сливаются, образуя для $a \to \infty$ левое предельное положение:

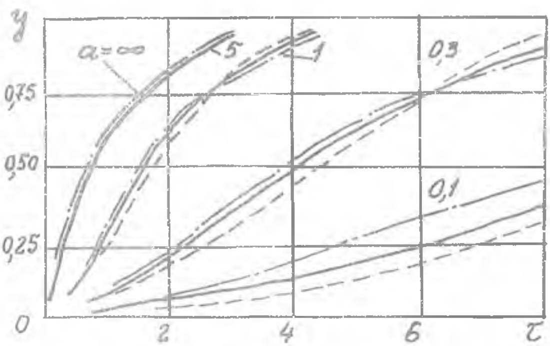
$$y(\tau) = 1 - e^{-\tau}.$$

Правое предельное положение семейства соответствует значению $a = 0$ и совпадает с осью абсцисс. При $\varphi \to \infty$ для каждого $a = a_\varphi$ существуют предельные значения p_i, κ_i.

Это приводит к наличию предельных кривых:

$$y(\tau) = 1 - \frac{1}{a-1}\left(a e^{-\tau} - e^{-a\tau}\right).$$

Графически указанную структуру семейства $y(\tau)$ иллюстрирует рис. I.



Р и с. I.

Из анализа вытекает качественная картина условия успешной идентификации. При моделировании пробного сигнала необходимо отдавать предпочтение малым значениям комплекса a ($a < 1$), для которых удовлетворяется известное требование широкого спектра гармоник пробного сигнала по сравнению с полосой пропускания идентифицируемого звена. Большие a (γ мало по сравнению с φ) соответствуют случаю, когда большая часть гармоник спектра входного сигнала сосредоточена внутри спектрального окна П, что затрудняет идентификацию.

Проведенный анализ показывает, что для рассматриваемого типа П вид и положение кривых в семействе переходных процессов зависят в основном от обобщенного комплекса параметров модели q при весьма слабом влиянии ξ. Указанная особенность в сочетании с методически сложной процедурой сглаживания сигнала в условиях отсутствия его описания как случайного процесса не позволяе дифференцировать влияние ω_0 и ξ по графику переходного процесса. Это приводит к невозможности проведения достоверной идентификации П без введения некоторой априорной информации о параметра модели. Сформулированные выводы для указанного типа П носят общи характер и справедливы для других классов моделей $x(t)$.

В заключение укажем простую процедуру неполной идентификации, построенную на основании формул (2); (3): I) аппроксимируем экспериментальную запись входного сигнала теоретической функцией из заданного класса и определяем параметры модели, 2) перестраиваем входной сигнал в функции от τ, 3) аппроксимируем полученную в пункте 2) функцию зависимостями теоретических отклик при варьировании a (для фиксированного ξ), 4) рассчитываем по значению a комплекс q. Представление о точности метода д входного сигнала (I) было получено на основании проведенных те товых расчетов. Величина погрешности определения q завист статических свойств случайной составляющей. При расчетах замечено, что при наличии на участке выхода кривой (I) шума с амплит дами до 20% от номинального уровня сигнала в импульсе погрешнос не превышает 10% (рассматривался широкополосный случайный проц с эффективным энергетическим спектром в полосе до 400 Гц.

Указанная последовательность операций была реализована при практических расчетах параметров динамического звена, функционально представляющего собой преобразователь давления газа, в виде варианта программы для ЭВМ "Наири" и алгоритма безмашинного расчета с использованием графических зависимостей. На рис. 2 представлены записи входного (а) и выходного (в) сигналов П, кривая (б) модели входа $x = 1 - e^{-100t}$. В результате расчета (при $\xi = 1$) получены значения $a = 0{,}95$,

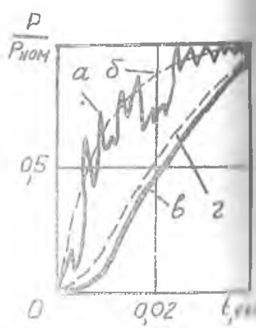


Рис. 2.

φ = 190. Окончательное определение коэффициентов модели II осуществлялось после нахождения ω. теоретическим методом. Кривая (г) на рисунке рассчитана по результатам проведенной идентификации.

С.В. Смирнов

ОРГАНИЗАЦИЯ СПИСКОВ С ДВУМЯ СВЯЗЯМИ И РАБОТА С НИМИ ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ НА ЯЗЫКЕ ПЛ/I ДОС ЕС

(Куйбышев)

Необходимость учета в машинном представлении данных их структурных отношений наиболее часто возникает при решении невычислительных задач, связанных с организацией систем дискретного моделирования, компиляции, информационного поиска, обработки символьной информации и т.п. Проблемам, связанным со структурами данных или информационными структурами, посвящена обширная литература, выполнено большое количество теоретических и практических работ.

В настоящем сообщении рассматривается весьма узкий из указанного круга проблем вопрос, сформулированный в заглавии, и обобщается опыт, накопленный авторами при разработке набора моделирующих подпрограмм *CREATE* [I]. Стимулом к изложению этого опыта послужили, с одной стороны, все более обнаруживающая себя тенденция написания системного математического обеспечения (чаще какой-либо его части) на языках высокого уровня (в данном случае - на языке ПЛ/I), а с другой стороны, тот факт, что программы на ПЛ/I могут рассматриваться как спецификация системных программ для последующего написания их на машинно-ориентированном языке [2].

Наибольшая гибкость в работе с линейными списками данных достигается при использовании циклических списков с двумя связями (рис. I). В общем случае такие списки требуют большего объема памяти, однако, помимо очевидного достоинства, заключающегося в возможности продвигаться по списку как вперед, так и назад, они обладают тем преимуществом, что для исключения любого элемента из середины списка достаточно знать адрес этого элемента [3].

Универсальный алгоритмический язык ПЛ/I [4] располагает возможностями для весьма сложной организации данных, в частности,

18-4834