АДАПЛАБ

Практикум по применению

МОСКВА 1996

1 Назначение

Практикум предназначен для освоения технологии идентификации и адаптивного управления на основе методов конечно- частотной идентификации и частотного адаптивного управления

До начала практикума необходимо:

- изучить Руководство пользователя пакета программ АДАПЛАБ;
- приобрести практические навыки работы с этим пакетом, решая примеры его применения, приведённые в Руководстве;
- повторить соответствующий раздел теории, краткие сведения о которой приведены в разделе 6 Руководства, а для более детального изучения теории использовать учебное пособие [2].

2 Конечно-частотная идентификация

2.1 Введение

Идентификация – это определение структуры и параметров неизвестного объекта по результатам измерений его выхода. При этом объект возбуждается известным входным сигналом (испытательным воздействием) и неизвестным внешним возмущением.

Динамический объект имитируется программой решения линейного дифференциального уравнения, структура (степень числителя и знаменателя его передаточной функции) и параметры которого неизвестны .

Известно , что процесс идентификации можно разделить на следующие этапы:

1. Планирование экспериментов.
   (a) Выбор входных (испытательных) сигналов.
   (b) Определение выборочного интервала (интервала дискретности) – h.
   (c) Выбор длительности испытаний – δ.
2. Выбор структуры модели.
   (a) Выбор степеней числителя и знаменателя передаточной функции объекта.
   (b) Выбор вида модели объекта: непрерывная модель (описываемая дифференциальным уравнением) либо дискретная (описываемая разностным уравнением).

3. Выбор метода определения параметров.

4. Подтверждение модели.

   На этом этапе сравниваются выходы объекта и идентифицированной модели и делается заключение о завершении (или продолжении) идентификации.

2.2 Работа 1: «Конечно-частотная идентификация» (директива 111)

2.2.1 Цель работы

Работа направлена на практическое освоение частотного метода идентификации и приобретение опыта идентификации физического объекта, описываемого выходными и входными сигналами.

2.2.2 Три вида моделей объекта

Можно различить три вида моделей объекта: предполагаемую, действительную и идентифицированную модели.

Предполагаемая модель описывается в таблице 1 приложения.

Действительная модель формируется ЭВМ на основе предполагаемой модели путём изменения её коэффициентов с помощью генератора случайных чисел в пределах, указанных в таблице 1 процентов. Командой на формирование действительной модели является задание режима работы объекта (номера варианта). Если этот номер равен 1, то введённая из таблицы 1 модель (предполагаемая модель) остаётся без изменения. Если номер режима равен 2, то случайным образом формируется новая (действительная) модель. Если номер режима равен 3, то параметры сформированные в режиме 2 изменяются случайным образом, в пределах, указанных в таблице 1 процентов, и т.д..

Идентифицированная модель – это модель получаемая в результате идентификации.

2.2.3 Последовательность экспериментов

Процесс выполнения лабораторной работы состоит из трёх серий экспериментов.

Целью *первой серии экспериментов* является определение параметров испытательного сигнала.

$$u(t) = e^{\lambda t} \sum_{i=1}^{n} \rho_i \sin \omega_i t, \tag{1}$$

где λ – показатель экспоненты, $\rho_i \left(i = \overline{1,n}\right)$ – амплитуды, $\omega_i \left(i = \overline{1,n}\right)$ – частоты испытательного воздействия (для простоты, далее $\omega_1 < \omega_2 < \cdots < \omega_n$), n – порядок модели объекта. Эксперименты этой серии выполняются с помощью директив 116.2 и 116.3.

Вторая серия экспериментов (моделирование процесса идентификации) предназначена для определения интервала дискретности – h, измеряемого числом делений периода наибольшей частоты ω_n, длительности задержки начала фильтрации и длительности фильтрации измеряемых числом периодов наименьшей частоты ω_1. Для этой серии используется директива 111.4 (режим 1).

Третья серия экспериментов – это идентификация, которая осуществляется с помощью директивы 111.4 (режим, указан в задании).

Таким образом, первые две серии являются подготовительными для третьей.

В первой и третьей сериях используется действительная модель объекта, а во второй серии – предполагаемая модель.

2.2.4 Методика экспериментов

2.2.4.1 Первая серия экспериментов

Для выполнения первой серии экспериментов используется директива 116.2 (определение частот испытательного воздействия) и директива 116.3 (определение амплитуд испытательного воздействия). Эксперименты проводятся над действительной моделью.

Для определения частот испытательного воздействия, объект возбуждается ступенчатым сигналом

$$u(t) = \bar{u} \cdot 1(t),$$

в котором амплитуда $\bar{u}$ выбирается так, чтобы можно было визуально определить время переходного процесса T. При этом $\bar{u}$ должно быть таковым, чтобы процессы при $\bar{u} = 0$ и $\bar{u} \neq 0$ отличались не более чем в 1.5 раза.

Используя полученное значение T определяем

$$\omega_1 = \frac{3}{T}.$$

Остальные испытательные частоты ω_i $\left(i = \overline{2,n}\right)$ должны быть кратны ω_1:

$$\omega_i = k\omega_1, \quad i = \overline{2,n},$$

где k_i $\left(i = \overline{2,n}\right)$ – целые положительные числа.

Заметим что эти частоты желательно выбирать близкими к числам $1/T_i$ $\left(i = \overline{1,\bar{n}}\right)$, где $\bar{n} < n$ и T_i – постоянная времени знаменателя передаточной функции предполагаемой модели.

Определение амплитуд ρ_i $\left(i = \overline{1,n}\right)$ испытательного сигнала (1) осуществляется с использованием директивы 116.3.

Объект возбуждается воздействием (1) с определёнными выше частотами. При этом, для *асимптотически устойчивых объектов*, показатель $\lambda = 0$. Для *неустойчивых объектов* λ определяется на основе предполагаемой модели как $\lambda > \max\{\operatorname{Re} s_1, \operatorname{Re} s_2, \ldots, \operatorname{Re} s_n\}$, где s_i $\left(i = \overline{1,n}\right)$ – корни знаменателя $d(s)$ передаточной функции предполагаемой модели. Это значение λ уточняется в третьей серии экспериментов из условия сходимости выходов фильтра Фурье. Если это условие нарушается, то λ увеличивается до тех пор пока выходы фильтра не будут сходится.

В экспериментах по определению амплитуд ρ_i $\left(i = \overline{1,n}\right)$ вначале выбираются малые их значения и запоминается выход объекта $y^{(1)}(t)$. Эта функция сравнивается с функцией $y_{u=0}(t)$ (которая является выходом объекта при $u = 0$), если $y^{(1)}(t)$ и $y_{u=0}(t)$ отличаются менее чем в 1.5 раза, то эксперимент повторяется для бóльших значений ρ_i $\left(i = \overline{1,n}\right)$ и запоминается график $y^{(2)}(t)$, который сравнивается с $y_{u=0}(t)$. Если они различаются более чем в 1.5 раза, то ρ_i $\left(i = \overline{1,n}\right)$ – уменьшается и т.д..

2.2.4.2 Вторая серия экспериментов

Эта серия осуществляется над предполагаемой моделью с использованием директивы 111.4 (режим 1). Если идентифицируемая модель ищется в непрерывной форме, то в начале определяется минимально допустимый интервал дискретности h, при котором дискретность практически не искажает непрерывной модели. Для определения такого h необходимо задаться некоторым числом делений (N) периода максимальной испытательной частоты, числами периодов задержки и фильтрации равными 1 и начать моделирование процесса идентификации.

Если таблицы 2 и 3 показывают удовлетворительную близость полиномов $d_{\text{con}}(s)$ и $d(s)$, $k_{\text{con}}(s)$ и $k(s)$, то процесс моделирования продолжается, в противном случае он прекращается и начинается снова при большем числе делений N.

Процесс моделирования завершается графиком 3 (Подтверждение модели), на котором приведены результаты моделирования предполагаемой и идентифицированной модели при $u(t) = 1(t)$ и $f(t) = 0$. Если выходы этих

моделей достаточно близки, то это означает, что значения периодов задержки и фильтрации, принятые в этом эксперименте, могут быть использованы в третьей серии экспериментов.

В противном случае (когда выходы моделей существенно отличаются) необходимо повторить эксперимент увеличивая число периодов задержки начала фильтрации и число периодов фильтрации.

2.2.4.3 Третья серия экспериментов

Эта серия осуществляется над действительной моделью с использованием директивы 111.4 (режим, указанный в приложении)

3 Адаптивное управление

3.1 Введение

Адаптивное управление – это управление при неизвестных параметрах объекта управления.

Различают два вида алгоритмов адаптивного управления: *идентификационные* и *прямые*.

Первый вид алгоритмов основан на идентификации объекта. К таким алгоритмам относятся алгоритмы частотного управления и управления на основе МНК.

3.2 Работа 2: «Частотное адаптивное управление» (директива 311)

3.2.1 Цель работы

Исследовать влияние параметров алгоритма адаптации на процесс частотного адаптивного управления. Параметрами алгоритма служат амплитуды и частоты испытательных воздействий, прикладываемых к объекту и замкнутой системе, а также верхние границы разностей текущих частотных параметров, ошибок идентификации и т.д.. Процесс адаптивного управления характеризуется его длительностью и максимальными отклонениями выходов объекта и регулятора.

3.2.2 Планирование экспериментов

При планировании экспериментов необходимо выбрать амплитуды и частоты испытательных воздействий для первого этапа адаптации, в котором используется объект управления (для простоты, начальный регулятор на

этом этапе не используется) и второго этапа, когда объект замыкается регулятором.

При их выборе использовать рекомендации п. 2.2.4. Испытательные частоты второго этапа определяются как вещественные корни желаемого полинома (а в случае комплексных корней эти частоты равны половине и удвоенной частоте мнимых частей этих корней).

Литература

1. *Пакет программ АДАПЛАБ. Руководство пользователя*, **1996**.

2. Александров А.Г. *Оптимальные и адаптивные системы. М. Высшая школа*, **1989**.

Приложение

П.1 Варианты для работ 1 и 2

Таблица 1[1]

[1] Вариации коэффициентов означают различие коэффициентов предполагаемой и действительной моделей объекта и возмущения.

	Предполагаемая модель объекта	Внешнее возмущение	Номер варианта
1	$(s^2+6s+25)(5s+1)y =$ $= 25(-0.4s+1)u + f$	$10\sin 6.1t$	1 вар. – режим 3 2 вар. – режим 4
	Вариации коэффициентов: $(5) : 70\%$	80%	
2	$(1000s+1)(50s+1)y =$ $= 5(-50s+1)u + f$	$\sin 0.025t$	1 вар. – режим 3 2 вар. – режим 4
	Вариации коэффициентов: $(1000) : 70\%$	80%	
3	$(1000s+1)(s^2+0.3s+0.25)y =$ $= 5u + f$	$5\sin 0.31t$	1 вар. – режим 3 2 вар. – режим 4
	Вариации коэффициентов: $(1000) : 70\%$	80%	
4	$(s+1)(2s+1)(5s+1)y =$ $= (0.1s+1)(0.3s+1)u + f$	$5\sin 2.2t$	1 вар. – режим 3 2 вар. – режим 4
	Вариации коэффициентов: $(5) : 70\%$	80%	
5	$(s^2-16)y = (5s-30)u + f$	$\sin 2.75t$	1 вар. – режим 3 2 вар. – режим 4
	Вариации коэффициентов: $(-16) : 70\%$	80%	
6	$(s^3+6s^2+4s-2)y =$ $= (0.3s^2+1.6s+2)u + f$	$\sin 1.75t$	1 вар. – режим 3 2 вар. – режим 4
	Вариации коэффициентов: $(-2) : 70\%$	80%	

П.2 Желаемые полиномы для работы 2

Таблица 2

задания	Желаемый полином
1	$(s+1)(s+2)(s+3)(s+4)(s+5)$
2	$(100s+1)(150s+1)(200s+1)(250s+1)$
3	$(50s+1)(100s+1)(150s+1)(180s+1)(200s+1)$
4	$(s+1)(s+2)(s+3)(s+4)(s+5)$
5	$(s^2+14s+50)(5s+30)$