РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU** (11) **2306592** (13) **C1**

(51) МПК
G05B23/00 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

Статус: по данным на 27.09.2011 - действует
Пошлина: учтена за 6 год с 11.01.2011 по 10.01.2012

(21), (22) Заявка: **2006100546/09, 10.01.2006**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.01.2006

(45) Опубликовано: **20.09.2007**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **АЛЕКСАНДРОВ А.Г. Конечно-частотная идентификация дискретных объектов, 6-й Санкт-Петербургский симпозиум по теории адаптивных систем. Сборник трудов, т.2, 1999, с.5-8. RU 2189622 C1, 20.09.2002. RU 2146063 C1, 27.02.2000. RU 2079870 C1, 20.05.1997. JP 2004272916 A, 30.09.2004.**

Адрес для переписки:
117997, Москва, В-342, ГСП-7, ул. Профсоюзная, 65, ИПУ, патентный отдел

(72) Автор(ы):
Александров Альберт Георгиевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН РФ (RU)

(54) СПОСОБ АКТИВНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к идентификации объектов управления при неизвестных ограниченных внешних возмущениях, может быть использовано для определения математической модели объекта на основе дискретной информации о сигнале на его выходе и реализовано с применением ЭВМ в автоматическом режиме, в реальном масштабе времени. Технический результат заключается в повышении точности идентификации. Способ заключается в том, что испытательные гармоники подаются на вход объекта последовательно во времени, при этом каждой гармонике, действующей в течение рабочего интервала, предшествует интервал (интервал - пауза), на котором испытательный сигнал отсутствует. Интервалы - паузы и рабочие интервалы позволяют оценить влияние реализовавшегося внешнего возмущения на ошибку идентификации и уменьшить это влияние путем увеличения времени идентификации.

Изобретение относится к идентификации объектов управления при неизвестных ограниченных внешних возмущениях. Способ может быть применен для определения математической модели объекта на основе дискретной информации о сигнале на его выходе и реализован с применением ЭВМ в автоматическом режиме, в реальном масштабе времени.

Известны способы идентификации линейных объектов управления (см. патент РФ RU (11) 2079870, кл. G05B 23/02, 1997 и патент РФ RU (11) 2146063, кл. G05B 17/02, 2000).

Они не достигают цели, когда внешние возмущения, действующие на объект, неизвестны.

Наиболее близким к предлагаемому является способ активной идентификации линейных объектов управления (см. А.Г.Александров «Конечно-частотная идентификация дискретных объектов» // 6-й Санкт-Петербургский симпозиум по теории адаптивных систем. Сборник трудов, том 2, стр.5-8, 1999), который заключается в следующем.

1. К асимптотически устойчивому объекту, описываемому уравнением

$$y(k)+d_1y(k-1)+\ldots+d_n(k-n)=b_1u(k-1)+\ldots+b_nu(k-n)+$$
$$+f(k-1),(k=1,2\ldots) \qquad (1)$$

прикладывается испытательный сигнал

$$u(k) = \sum_{i=1}^{n} p_i \sin \omega_i hk,(k = 1,2 \ldots) \qquad (2)$$

Здесь y(k) - измеряемый в момент hk (k=1, 2...); h - интервал дискретности измерений выхода объекта; f(k) - неизмеряемое неизвестное ограниченное внешнее возмущение: $|f(k)|\leq f^*$, (k=1, 2...), f^* - число, d_i, b_i, ($i = \overline{1, n}$) - неизвестные числа, n - известно.

Амплитуды p_i и частоты ω_i ($i = \overline{1, n}$) испытательного сигнала (2) - задаются.

2. Выход объекта прикладывается ко входам фильтра Фурье

$$\begin{aligned}\alpha_i(\delta) &= \frac{2}{p_i\delta}\sum_{k=1}^{\delta} y(k)\sin\omega_i hk,\\ \beta_i(\delta) &= \frac{2}{p_i\delta}\sum_{k=1}^{\delta} y(k)\cos\omega_i hk,\end{aligned} \quad \left(i = \overline{1, n}\right) \qquad (3)$$

3. Выходы фильтра Фурье служат коэффициентами следующей системы линейных алгебраических уравнений

$$\begin{aligned}&\sum_{k=1}^{n}\left[\cos \nu\omega_i h\right]b_\nu(\delta) - \sum_{\nu=1}^{n}\left[\alpha_i(\delta)\cos \nu\omega_i h + \beta_i(\delta)\sin \nu\omega_i h\right]d_\nu(\delta) = \alpha_i(\delta),\\ -&\sum_{k=1}^{n}\left[\sin \nu\omega_i h\right]b_\nu(\delta) + \sum_{i=1}^{\nu}\left[\alpha_i(\delta)\sin \nu\omega_i h - \beta_i(\delta)\cos \nu\omega_i h\right]d_\nu(\delta) = \beta_i(\delta),\end{aligned} \quad \left(i = \overline{1, n}\right) \qquad (4)$$

решение которых дает оценки $\hat{k}_\nu$ и $\hat{d}_\nu$ ($i = \overline{1, n}$) искомых коэффициентов объекта.

Длительность идентификации δh определяется из неравенств

$$\begin{aligned}&\left|d_i(q\tau_\sigma) - d_i\left[(q+1)\tau_\sigma\right]\right| \leq \varepsilon_i^\alpha,\\ &\left|b_i(q\tau_\sigma) - b_i\left[(q+1)\tau_\sigma\right]\right| \leq \varepsilon_i^b,\end{aligned} \left(i = \overline{1,n}, q = 2,3\ldots\right) \qquad (5)$$

в которых $\tau_\sigma = \frac{2\pi}{\omega_m h}$, ω_m - наименьшая из испытательных частот, ε_i^d и ε_i^b ($i = \overline{1, n}$) - заданные числа.

Недостатком этого способа является то, что при выполнении неравенств (5) длительность идентификации может оказаться недостаточной и оценка коэффициентов объекта будут существенно отличаться от их истинных значений.

Целью изобретения является повышение точности определения времени идентификации, что приведет к уменьшению ошибок идентификации (разности абсолютных значений оценок коэффициентов объекта и их истинных величин).

Поставленная цель достигается тем, что испытательные гармоники подаются на вход объекта не одновременно (параллельно), как в (2), а последовательно во времени. При этом каждой гармонике, действующей в течение рабочего интервала, предшествует интервал (интервал - пауза), на котором испытательный сигнал отсутствует. Интервалы - паузы и рабочие интервалы позволяют оценить влияние реализовавшегося внешнего возмущения на ошибку идентификации и уменьшить это влияние путем увеличения времени идентификации.

Способ заключается в следующем.

А). Процесс определения длительности идентификации состоит из интервалов $[t^{[0]}, t^{[1]}]$, $[t^{[1]}, t^{[2]}]$,..., $[t^{[n-1]}, t^{[n]}]$. На i-м ($i = \overline{1, n}$) интервале испытательный сигнал

$$u^{[i]}(t) = \begin{cases} 0, \text{ при } t_{2q-2}^{[i-1]} \le t < t_{2q-1}^{[i-1]} \\ p_i \sin \omega_i hk, \text{ при } t_{2q-2}^{[i-1]} \le t < t_{2q}^{[i-1]} \end{cases} \left(i = \overline{1, n}\right) \quad (6)$$

где

$$t_{2q-1}^{[i-1]} = t_{2q-2}^{[i-1]} + q\tau_\sigma,\ t_{2q}^{[i-1]} = t_{2q-2}^{[i-1]} + 2q\tau_\sigma,\ t_{2q}^{[i-1]} = t_{2q-2}^{[i]},\ q = 1,2\ldots$$

Далее для простоты будем рассматривать лишь первый интервал (и поэтому верхние индексы в обозначениях (6) будем опускать). Он состоит из равных по длительности пар подинтервалов.

На подинтервалах - паузах $[t_0, t_1]$, $[t_2, t_3]$,... испытательный сигнал отсутствует (u=0), а на рабочих подинтервалах - $[t_1, t_2]$, $[t_3, t_4]$,... - испытательный сигнал $u(t)=p_1 \sin \omega_1 hk$.

В). Выходы фильтра Фурье (3) дают на подинтервалах $[t_0, t_1]$ и $[t_1, t_2]$ числа

$$k_{\alpha_1}(q_1) = \frac{\bar{\alpha}_1(q_1)}{\alpha_1(q_1)}, \quad k_{\beta_1}(q_1) = \frac{\bar{\beta}_1(q_1)}{\beta_1(q_1)}, \quad q_1 = 1, \qquad (7)$$

где $\bar{\alpha}_1$ и $\bar{\beta}_1$ - значения выходов фильтра Фурье (3) при i=1, $\gamma=0$, $\delta=\tau_\sigma$, α_1 и β_1 - значения этих выходов при $\gamma=\tau_\sigma$ и $\delta=\tau_\sigma$.

Если выполняется условие

$$\left|k_{\alpha_1}(q_1)\right| \le \varepsilon_{\alpha_1}, \quad \left|k_{\beta_1}(q_1)\right| \le \varepsilon_{\beta_1}, \qquad (8)$$

где ε_{α_1} и ε_{β_1} - заданные достаточно малые числа, то переходим ко второму интервалу, когда в (6) i=2.

В противном случае переходим ко второй паре подинтервалов ($[t_2, t_3]$ и $[t_3, t_4]$), когда в (6) i=1, а q=2, и проверяем выполнение условий (8). Если они выполняются, то переходим ко второму интервалу (когда в (6) i=2), в противном случае переходим к третьей паре подинтервалов, когда в (6) i=1, а q=3 и т.д. до тех пор, пока не найдется число $q_1 = q_1^*$, при котором выполняются неравенства (8). Повторяем изложенное для случая, когда в (6) i=2 и т.д., и таким образом получим числа

$$\alpha_i(\delta_i) \text{ и } \beta_i(\delta_i) \ \left(i = \overline{1,n}\right), \quad \delta_i = q_i^* \tau_\sigma \quad \left(i = \overline{1,n}\right). \qquad (9),$$

С). Подставляя эти числа в уравнения (4), найдем оценки искомых коэффициентов объекта (1).

Формула изобретения

Способ активной идентификации линейных объектов управления путем определения значений выходного сигнала объекта, на вход которого подают испытательный сигнал, приложения выходного сигнала к фильтру Фурье с последующим вычислением оценок коэффициентов объекта, отличающийся тем, что испытательные гармоники подают на вход объекта последовательно во времени так, что для каждой гармоники, действующей в течение рабочего интервала, которому предшествует интервал - пауза, где испытательный сигнал отсутствует, и для каждой пары интервалов находят числа

$$k_{\alpha_i} = \frac{\overline{\alpha_i}}{\alpha_i},\ k_{\beta i} = \frac{\overline{\beta_i}}{\beta_i},\ (i = \overline{1,n}), \quad (1)$$

где $\overline{\alpha_i}$ и $\overline{\beta_i}$ - значения выходов фильтра Фурье на интервале-паузе, α_i и β_i, - значения этих выходов на рабочем интервале для i-й гармоники, при этом если выполняется условие

$$\left|k_{\alpha_i}\right| \le \varepsilon_{\alpha_i}, \left|k_{\beta_i}\right| \le \varepsilon_{\alpha_i}, (\overline{1,n}), \quad (2)$$

где ε_{α_i} и ε_{β_i} - заданные достаточно малые числа, то переходят к следующей гармонике, в противном случае увеличивают длительности рабочего интервала и интервала-паузы до тех пор, пока не выполнится условие (2) и затем находят оценки коэффициентов объекта управления путем решения системы линейных алгебраических уравнений

$$\begin{aligned} &\sum_{k=1}^{n}\left[\cos v\omega_i h\right] b_v - \sum_{v=1}^{n}\left[\alpha_i \cos v\omega_i h + \beta_i \sin v\omega_i h\right] d_v = \alpha_i, \\ &-\sum_{k=1}^{n}\left[\sin v\omega_i h\right] b_v + \sum_{i=1}^{v}\left[\alpha_i \sin v\omega_i h - \beta_i \cos v\omega_i h\right] d_v = \beta_i, \end{aligned} \quad (i = \overline{1,n}) \quad (3)$$

где d_i, b_i, $(i = \overline{1,n})$ - искомые коэффициенты объекта; ω_i $(i = \overline{1,n})$ частоты испытательного сигнала; h - интервал дискретности.