

УДК 681.31

СЫТНИК Б.Т., к.т.н., профессор,
 БРЫКСИН В.А., ассистент,
 МИХАЙЛЕНКО В.С., аспирант,
 ПАРХОМЕНКО А.А., аспирант (УкрГАЖТ)

Метод идентификации параметров инерционных объектов

В работе предложена структура системы, которая обеспечивает адаптивную идентификацию параметров инерционных объектов в зависимости от текущего соотношения сигнал/шум и позволяет повысить точность адаптации и качество процесса управления.

Ключевые слова: автоматическая идентификация, фильтр-дифференциатор, интегральная оценка качества.

Введение

Предлагаемый метод и устройство идентификации относятся к области автоматического регулирования и могут быть использованы для измерения параметров инерционных объектов при исследовании и наладке систем автоматического регулирования в условиях воздействия на них переменных помех. К таким объектам относятся, например, замкнутые контуры управления тяговыми агрегатами локомотивов [1 - 4].

Анализ литературы

Известно устройство для определения коэффициента усиления динамического объекта [5]. Недостатком устройства является низкая точность измерения, обусловленная отсутствием зависимости характеристик фильтров от амплитудных и частотных характеристик помехи. Изменение этих характеристик без соответствующего изменения параметров фильтров может привести либо к недостаточно эффективному подавлению помех, либо к значительным амплитудно-фазовым искажением измеряемых сигналов, и таким образом, вызвать появление недопустимых погрешностей измерения параметров исследуемого объекта.

Цель работы

Повышения точности идентификации параметров инерционных объектов при воздействии помех с изменяющимися характеристиками.

Основная часть

Рассмотрим подробнее работу системы идентификации. Структурная схема предлагаемой системы идентификации приведена на рис. 1.

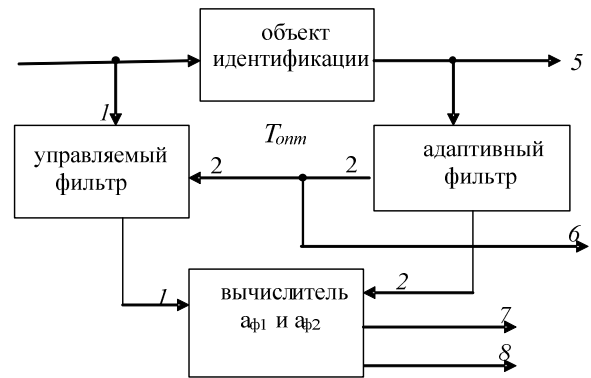


Рис. 1. Структурная схема системы идентификации

Предположим, что передаточная функция исследуемого объекта имеет вид

$$W_o(p) = \frac{1}{a_2 p^2 + a_1 p + 1}, \quad (1)$$

а передаточная функция адаптивного и управляемого фильтров, соответственно,

$$W_{\phi_1}(p) = \frac{1}{a_{\phi_1} p + 1}, \quad (2)$$

$$W_{\phi_2}(p) = \frac{1}{a_{\phi_2} p + 1}. \quad (3)$$

В установившемся режиме $t \rightarrow \infty, p \rightarrow 0$ и при

$$X_{\text{вх}}(p) = \frac{1}{p} \\ X_1(\infty) = a_1, \text{ а } X_2(\infty) = a_2. \quad (4)$$

Если $a_{\phi_1} \neq a_{\phi_2}$, то $X_1(\infty) \neq a_1$, а $X_2(\infty) \neq a_2$
т.е.

$$X_{\text{вых}_1}(p) = \frac{a_{\phi_2} a_2 p^2 + (a_2 + a_1 a_{\phi_2}) p + (a_{\phi_2} + a_1 - a_{\phi_1})}{(a_2 p^2 + a_1 p + 1)(a_{\phi_1} p + 1)(a_{\phi_2} p + 1)} \quad (5)$$

и $X_{\text{вых}_1}(\infty) = a_{\phi_2} + a_1 - a_{\phi_1}$. (6)

Аналогично

$$X_{\text{вых}_2}(p) = \frac{a_{\phi_2} a_2 p^2 + (a_2 + a_1 a_{\phi_2} - a_1 a_{\phi_1}) p + (a_{\phi_2} - a_{\phi_1})}{p (a_2 p^2 + a_1 p + 1)(a_{\phi_1} p + 1)(a_{\phi_2} p + 1)(a_1 p + 1)} \quad (7)$$

Из этого следует

$$X_{\text{вых}_2}(\infty) = \infty.$$

При $a_{\phi_1} = a_{\phi_2} = a_{\phi}$ на выходах вычислителя в установившемся режиме, при $X_{\text{вх}}(p) = \frac{1}{p}$, формируются сигналы

$$X_{\text{вых}_1}(p) = \frac{a_1 p}{(a_2 p^2 + a_1 p + 1)(a_{\phi} p + 1)} X_{\text{вх}}(p), \quad (8)$$

$$X_{\text{вых}_2}(p) = \frac{a_2 p^2}{p (a_2 p^2 + a_1 p + 1)(a_{\phi} p + 1)(a_1 p + 1)} X_{\text{вх}}(p). \quad (9)$$

Как следует из выражений (2) – (3) значения постоянных времени неадаптивных фильтров не зависят от характеристик помех, что требует предварительной настройки фильтров на определенный спектр помехи, а при его изменении может привести к значительному снижению точности измерения параметров исследуемого объекта. Так как частотный спектр помех в входном и выходном сигналах измеряемого объекта всегда различен, то при установке адаптивных фильтров их постоянные времени будут устанавливаться автоматически без предварительной настройки, однако при изменении амплитудных и частотных характеристик помех во входном и выходном сигналах объекта $a_{\phi_1} \neq a_{\phi_2}$ и, следовательно, устройство останется неработоспособным.

Целью работы является повышения точности адаптации параметров инерционных объектов при воздействии помех с изменяющимися характеристиками путем организации самонастройки фильтров и обеспечением равенства их постоянных времени. Указанная цель достигается введением в устройство [6] управляемого и адаптивного фильтров, подключаемых ко входу и выходу объекта, соответственно.

Структурная схема вычислительной цифро-аналоговой имитационной модели адаптивного фильтра, которая предложена в работах [6 - 11], приведена на рис. 2.

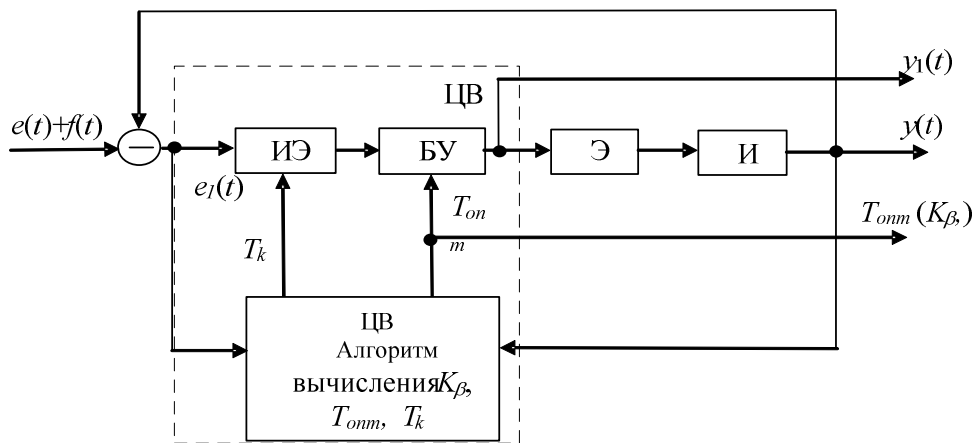


Рис. 2. Структурная схема вычислительной цифро-аналоговой имитационной модели адаптивного фильтра:
ИЭ – импульсный элемент, БУ – блок умножения, ЦВ – цифровой вычислитель, Э – экстраполятор з

передаточной функцией $W_s(p) = \frac{1 - e^{-T_k p}}{p}$, И – интегратор с передаточной функцией $K(p) = \frac{1}{T_{II} p}$, T_k –

период квантования (дискретизации), K_{β} - коэффициент адаптации, $e(t)$ – полезный входной случайный сигнал адаптивного фильтра, $e_I(t)$ -ошибка фильтрации, $f(t)$ – сигнал аддитивной случайной помехи на входе, $y(t)$ – выходной сигнал фильтра, $y_1(t)$ – сигнал производной входного сигнала

Адаптивний фільтр [9] включає інтегратор, вихід якого є першим виходом пристрою, на якому формується отфільтрований сигнал, блок ділення, вихід якого є другим виходом пристрою, на якому формується сигнал, оберненопропорційний еквівалентній постійній часу адаптивного фільтра. Еквівалентна постійна часу адаптивного фільтра змінюється таким чином, щоб забезпечити ефективне

подавлення шуму при мінімальних амплітудних і фазових спотвореннях корисного сигналу. Структурна схема обчислювальної цифро-аналогової імітаційної моделі управляемого фільтра наведена на рис. 3.

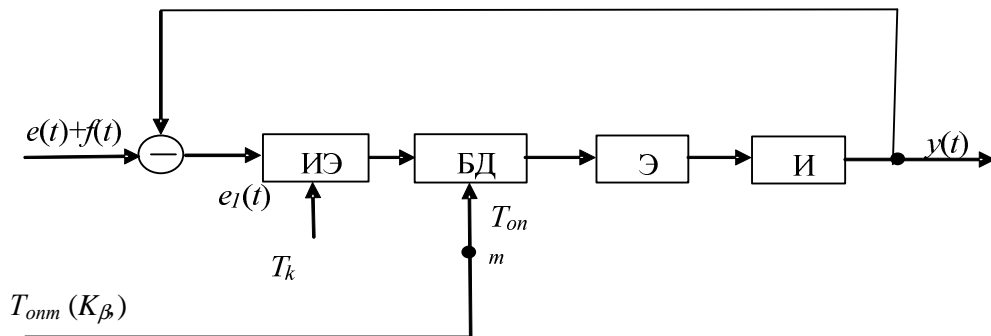


Рис. 3. Структурна схема обчислювальної цифро-аналогової імітаційної моделі управляемого фільтра

Передаточна функція фільтра по каналу $e \rightarrow y$ рівна

$$W(p) = \frac{y(p)}{e(p)} = \frac{1}{T_{omn}p + 1},$$

де $T_{omn} \approx \frac{T_\beta}{K_\beta} \approx \frac{T_\beta \sqrt{Q}}{\sqrt{R}} = a_{\phi 1}$ (10)

- оптимальне значення постійної часу фільтра,

T_β - необхідна постійна часу фільтра по корисному сигналу,

K_β - коефіцієнт адаптації,

Q і R - поточні значення рівнів спектральних щільностей шуму і корисного сигналу, відповідно.

В адаптивному фільтрі (рис. 1) на першому виході присутнє отфільтрованне значення входного сигналу, а на другому виході формується сигнал пропорційний квазіоптимальному значенню постійної часу фільтра во всем діапазоні зміни амплітудних і частотних характеристик

корисного сигналу і шуму, т.е. сигнал відхилення постійної часу фільтра від початкового значення. Однак використовувати цей фільтр для фільтрації і входного і вихідного сигналів досліджуваного об'єкта не можна, так це призведе до встановлення різних постійних часу першого і другого фільтра $a_{\phi 1} \neq a_{\phi 2}$ що призведе до втрати працездатності пристрою.

В пропонуваній системі ідентифікації, комп'ютерна модель якої наведена на рис. 4, другим параметричним виходом першого адаптивного фільтра, підключеного до виходу об'єкта (рис. 1), використовується для встановлення постійної часу другого управляемого фільтра, підключеного до входу об'єкта, чим забезпечується рівність постійних часу першого і другого фільтрів при змінних шумах (на схемі комп'ютерної моделі постійні часу фільтрів рівні). Отже, наявність цього відмінного признаку призводить до виключення ручної налаштування фільтрів при змінних шумах, що забезпечує рівність їх постійних часу і точність вимірювання параметрів досліджуваного об'єкта і є метою роботи.

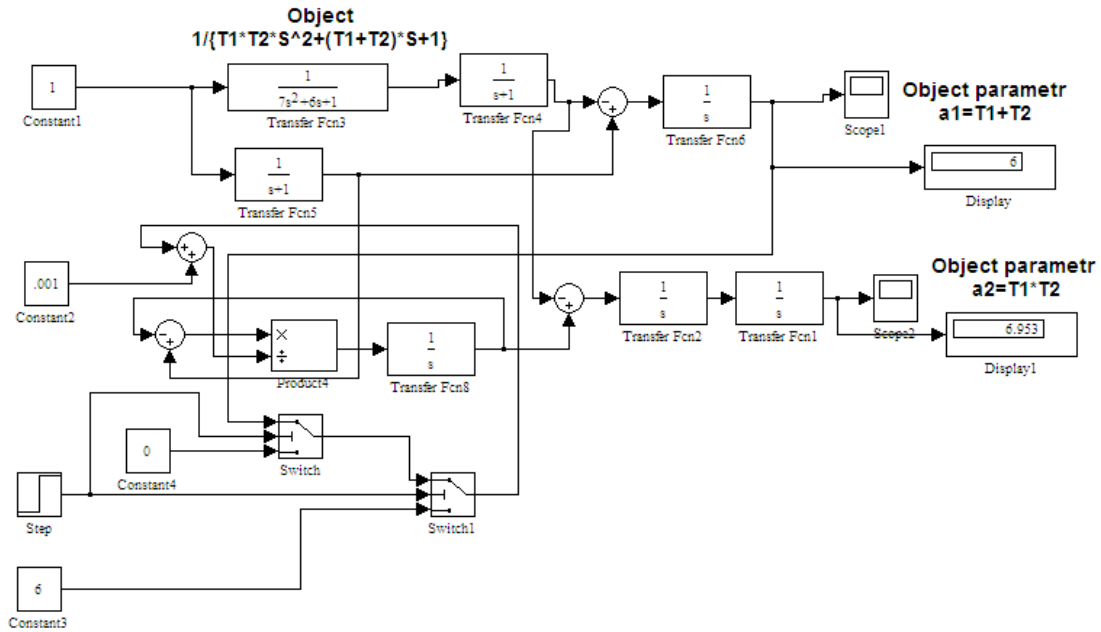


Рис. 4. Компьютерная модель системы идентификации

На вход первого фильтра поступает выходной сигнал измеряемого объекта $X(t)$ с аддитивной помехой $V(t)$. Передаточная функция второго фильтра описывается выражением

$$W_{\phi_2}(s) = \frac{1}{a_{\phi_1}s + 1},$$

где $a_{\phi_1} = 1$ - сигнал на втором входе первого фильтра.

Так как $a_{\phi_1} = a_{\phi_2}$, то передаточные функции первого

фильтра и второго фильтра равны. На выходах вычислителя формируются сигналы

$$X_{\text{вых}_1}(\infty) = a_1 \text{ и } X_{\text{вых}_2}(\infty) = a_2,$$

которые не зависят от переменных параметров настройки фильтров. Графики переходного процесса идентификации параметров инерционного объекта приведены на рис. 5 и на рис. 6.

$$X_{\text{вых}_1}(\infty) = a_1 = 6$$

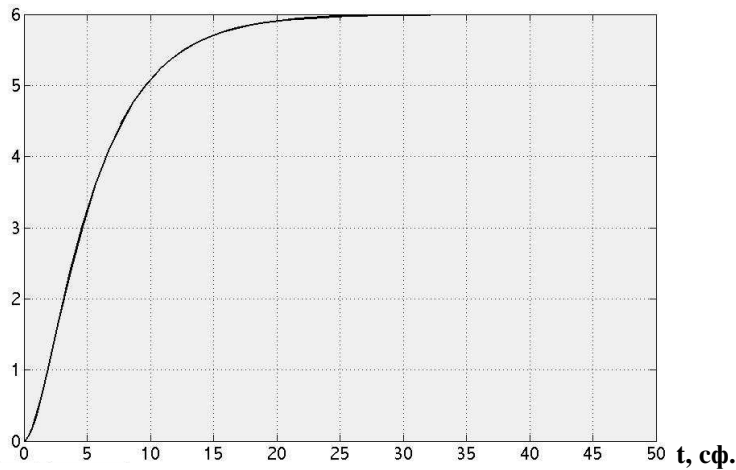
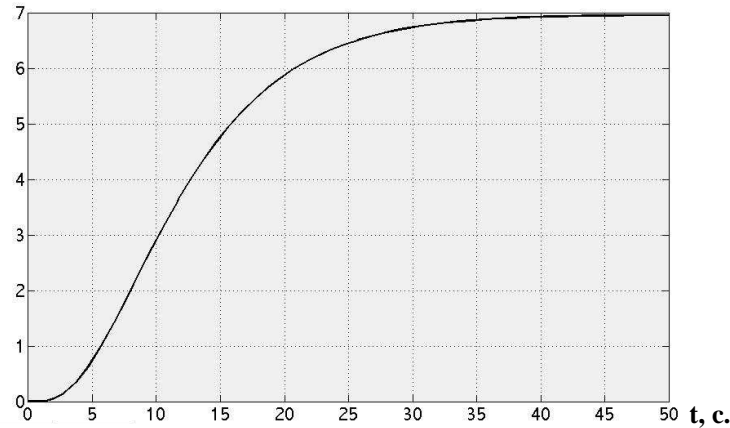


Рис. 5. График установки a_1

$$X_{\text{вых}_2}(\infty) = a_2 = 7$$

Рис. 6. График установки a_2

Выводы

При изменении параметров случайных полезного сигнала и помех на выходе измеряемого объекта, эквивалентная постоянная времени адаптивного фильтра $a_{\phi 1}$ изменяется, обеспечивая автоматически эффективное подавление помехи при сохранении требуемого постоянного соотношения сигнал/помеха на выходе фильтра. Таким образом, параметрический выход адаптивного фильтра можно использовать при автоматической корректировке параметров системы управления во всем диапазоне изменений амплитудных и частотных характеристик полезного сигнала и помех, что расширяет область применения предлагаемого метода идентификации.

Литература

1. Вилькевич Б.И. Автоматическое управление электрической передачей тепловоза и электрические схемы тепловозов.- М.: Транспорт. - 1987.-272с.
2. Писарев А.Л., Деткин Л.П. Управление тиристорными преобразователями. – М.: Энергия, - 1975.– 264 с.
3. Электропередачи тепловозов на переменном-постоянном токе / И.К. Колесник, Т.Ф. Кузнецов, В.И. Липовка и др. -М.: Транспорт, -1978.-149с.
4. Драбинский В.А., Егунов П.М. Как устроен и работает тепловоз.-М.: Транспорт, -1980.- 367с.
5. Устройство для измерения параметров инерционных звеньев. Устройство для измерения параметров инерционных звеньев. Авторское свидетельство СССР №1209538. Бюл. изобр. 1984.
6. Гусев П.В., Загарий Г.И., Сытник Б.Т. Устройство для измерения параметров инерционных звеньев. Авторское свидетельство СССР №1783478. Бюл. изобр. №47, 1992.
7. Сытник Б.Т., Сытник В.Б. Синтез структуры и моделирование адаптивных цифровых фильтров и систем управления с нестационарными характеристиками. Часть 1 // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2003. – № 6. – С. 18 – 24.
8. Сытник Б.Т., Сытник В.Б., Яцько С.И. Синтез структуры и моделирование адаптивных цифровых фильтров и систем управления с нестационарными характеристиками. Часть 2. // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2004. – № 1. – С. 62 – 66.
9. Гусев П.В., Загарий Г.И., Сытник Б.Т. Адаптивный фильтр. Патент України 11427, Бюл. № 14, 1996.
10. Сытник В.Б. Адаптивная фильтрация и дифференцирование сигналов в системах автоматического управления [Текст]/В.Б. Сытник// Науково-технічний журнал "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті". – 2012. – №4. – С.42-46
11. Авт. свідоцтво № 47196, реєстр. 14.01.2013, МОН України, Державний департамент інтелектуальної власності. Комп'ютерна програма "Адаптивний профіль диференціатор-ідентифікатор" ("The adaptive profile differentiator-identifikator") /В.Б. Ситник; заявка від 13.11.2012 № 47499

Ситнік Б.Т., Бриксін В.О., Михайленко В.С., Пархоменко О.О. Метод ідентифікації параметрів інерційних об'єктів. У роботі запропонована структура системи, що забезпечує адаптивну ідентифікацію параметрів інерційних об'єктів залежно від поточного співвідношення сигнал/шум і дозволяє підвищити точність адаптації і якість процесу керування.

Ключові слова: автоматична ідентифікація, фільтр-диференціатор, інтегральна оцінка якості.

Sytnik B.T., Bryksin V.A., Mikhaylenko V.S., Parkhomenko A.A. The method of inertial object parameter identification. The paper presents the structure of a system that provides an active adaptive inertial parameter identification of objects depending on the current signal/noise ratio and improves the accuracy of adaptation and the quality of control process.

Key words: automatic identification, filter differentiator, integrated estimation of quality.

Рецензент д.т.н., професор Лістровий С.В. (УкрДАЗТ)

Поступила 23.10.2013г.