УДК 621.777

Б.І. Кузнєцов, А.А. Чаусов, В.П. Соляник,
А.Н. Калногуз, Т.Б. Кузнєцова
Українська інженерно-педагогічна академія, кафедра систем керування, Харків

НАБЛИЖЕНИЙ СИНТЕЗ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ ІЗ АНАЛІТИЧНИМИ НЕЛІНІЙНОСТЯМИ

Розглянуто проблему наближеного синтезу динамічних систем з аналітичними нелінійностями у вигляді нелінійних зворотних зв'язків за повним вектором стану. Для реалізації керування використано нелінійний спостерігач. Наведено приклад оптимальної системи.

The problems of the dynamic systems approximated synthesis with analytic non-linearities the form of nonlinear feed-back on complete vector are surveyed. The non-linear observers are created for carriing out control. The examples of the control systems are given.

Розглянуто питання наближеного синтезу динамічних систем з аналітичними нелінійностями у формі нелінійних зворотних зв'язків по повному векторі стану. Для реалізації керувань будуються нелінійні спостерігачі. Доводяться приклади синтезу промислових систем керування.

Наявність пружних елементів у трансмісіях багатьох електромеханічних систем не дозволяє реалізувати високу швидкодію, властивим сучасним системам керування саме електроприводами. Доводиться зменшувати смугу пропускання систем керування в десятки і навіть у сотні разів порівняно з вихідним настроюванням регуляторів у жорсткій системі керування. При цьому доводиться одночасно зменшувати швидкості руху робочих органів, що приводить до істотного зниження продуктивності устаткування. Спроби підвищити швидкодію в рамках традиційних регуляторів систем підпорядкованого регулювання сприяють виникненню незатухаючих коливань струму і швидкості, часто роблячи систему принципово непрацездатною.

Математичні моделі систем з обліком наявності пружних елементів як двох-, трьох і багатомасових систем наведені в [1] у формі змінних стану:

$$\frac{d\vec{x}(t)}{dt} = A\vec{x} + B\vec{u}(t); \tag{1}$$

$$\bar{y}(t) = C\bar{x}(t) + D\bar{u}(t), \tag{2}$$

де $\bar{x}(t), \bar{u}(t), \bar{y}(t)$ – вектори стану, керування і виходу, матриці A,B,C,D – відповідно матриці стану, керування, виходу і виходу по керуванню.

Положення збільшується наявністю падаючої ділянки в характеристиці моменту (сили, коефіцієнта) тертя. При цьому залежність моменту опору M_c від швидкості ковзання $\omega_{ск}$ робочого органа апроксимирують поліном

$$M_c(\omega_{ск}) = \sum_{i=0}^{n} \beta_{ci}\,\omega_{ck}^{i}, \tag{3}$$

ступінь якого n звичайно не перевищує трьох [2]. Крім того, на повільність руху робочого

$$\vec{x}(t)=T\vec{x}_M(t). \tag{21}$$

У цьому законі керування матриці T, L, M задовольняють такій системі рівнянь:

$$AT+BL=TA_M; \tag{22}$$

$$GT+DL=CA_M; \tag{23}$$

$$BM=TB_M; \tag{24}$$

$$DM=D_M. \tag{25}$$

Матриця коефіцієнтів підсилення ДО фільтра (20) знаходиться з умови мінімуму функціоналу

$$J=\int_0^\infty\left\{\vec{z}^T(t)R_1\vec{z}(t)+2\vec{z}^T(t)S\vec{v}(t)+\vec{v}^T(t)R_2\vec{v}(t)\right\}dt \tag{26}$$

для системи

$$\frac{d\vec{z}(t)}{dt}=A\vec{z}(t)+B\vec{v}(t), \tag{27}$$

де

$$\vec{z}(t)=\vec{x}(t)+T\vec{x}_M(t). \tag{28}$$

Тут введено керування

$$\vec{v}(t)=\vec{u}(t)+L\vec{x}_M(t)-M\vec{u}_M(t).$$

Тоді нелінійне керування для вихідної системи (4–7) формується у формі зворотного зв'язку по повному векторі стану $\vec{x}(t)$ і по векторі завдання $\vec{v}(t)$ у формі

$$\vec{u}(t)=K\vec{x}(t)+L\vec{v}(t)+\sum_{i=2}^{\infty}K_i\left[\vec{x}(t),\vec{v}(t)\right]. \tag{29}$$

Для реалізації керування (10) необхідний повний вектор стану $\vec{x}(t)$, що переважно вимірюється як деякий вектор виходу $\vec{y}(t)$. Для вихідної нелінійної системи (4–7) побудуємо нелінійний спостерігач [4]

$$\frac{d\hat{x}(t)}{dt}=\Phi_H(\hat{x}(t),\vec{u}(t),\vec{y}(t)), \tag{30}$$

у якому нелінійна векторна функція $\Phi_H(\hat{x}(t),\vec{u}(t),\vec{y}(t))$ може бути подана у вигляді ряду

$$\Phi_H(\hat{x}(t),\vec{u}(t),\vec{y}(t))=A_H\hat{x}(t)+B_H\vec{u}(t)+G_H\vec{y}(t)+\sum_{i=2}^{n}f_{Hi}(\hat{x}(t),\vec{u}(t),\vec{y}(t)), \tag{31}$$

де символ i вказує на порядок форми від векторів стану $\hat{x}(t)$, керування $\vec{u}(t)$ і виміру $\vec{y}(t)$.

1. Кузнєцов Б.І. Новосьолов Б.В., Богаєнко І.Н. Проектування систем із складними кінематичними ланцюгами. - К., 1996. - 282 с. 2. Александров Є.Є., Кузнєцов Б.І., Радиєвский А.Е. Оптимізація електричних систем із пружними елементами. - Харків, 1995. - 304 с. 3. Альбрехт Е.Г. Про оптимальну стабілізацію нелінійних систем. Прикладна математика і механіка. - Т.25. - 1961. - с. 836-844. 4. Куржанский Б.И. Задача ідентифікації - теорія гарантованих оцінок / Автоматика і телемеханіка, 1991. - № 4. - с. 3-26. 5. Клепіков В.Б., Кузнєцов Б.И., Богаєнко И.Н. Багатократноінтегріруючі системи керування. К., 1998. - 2444 с. 6. Александров Є.Є., Борисюк М.Д., Кузнєцов Б.И. Параметрична оптимізація багатоканальних систем автоматичного керування. - Харків, 1995. - 2723 с. 7. Кузнєцов Б.І., Новосьолов Б.В., Богаєнко И.Н. Проектування багатоканальних систем оптимального керування, К., 1993. - 242 с.