

проектировании и настройке на рабочую частоту гидропоры [Текст] / О.О. Мугин. // Вестник научно-технического развития 2009. №6 (22). - С. 20 – 24. 5. Ингерт Г.Х. Динамические характеристики гидростатических опор [Текст] / Г.Х. Ингерт, Б.Г. Лурье. // Станки и инструмент 1972. – №9. – С. 5 – 7. 6. Ингерт Г.Х. Переходные процессы в гидростатических опорах [Текст] / Г.Х. Ингерт. // Станки и инструмент. – 1986. – №5. С. 24 – 25. 7. Иващенко Н.И. Автоматическое регулирование теория и элементы систем. [Текст] / Н.И. Иващенко // – М.: Машиностроение, 1973. – 606 с. 8. Быков К.П. Мотоциклы «Урал», «Днепр». Эксплуатация, ремонт. Пособие по ремонту [Текст] / Состав. К.П. Быков, П.В. Грищенко; Ред. Т.А. Шлёнчик. // – Чернигов: ПКФ «Ранок». 2001. – 208 с. 9. Коробочкин Б.Л. Динамика гидравлических систем станков. [Текст] / Б.Л. Коробочкин // – М.: Машиностроение, 1976. – 240 с. 10. Лозинський Д.О. Пропорційний електрогідравлічний розподільник з незалежним керуванням потоків для мобільних машин. [Текст] автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. / Д.О. Лозинський – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 20 с. 11. Ловкис З.В. Гидроприводы сельскохозяйственных машин [Текст] З.В. Ловкис // – Мн.: Урожай, 1986. – 216 с.

Поступила в редколлегию 15.03.2011

УДК 519.683:517.9:629.36

О.Я. НИКОНОВ, докт. техн. наук, проф., НТУ «ХП»
В.Ю. УЛЬКО, асп., ХНАДУ, м. Харків

ПОБУДОВА НЕЛІНІЙНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИХ СЛІДКУЮЧИХ ПРИВОДІВ БАГАТОЦІЛЬОВИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

У статті розглянута задача побудови нелінійної математичної моделі електрогідравлічних слідкуючих приводів як підсистеми інформаційно-керуючої системи багатоцільових транспортних засобів. Отримана передавальна функція замкнутої системи електрогідравлічних слідкуючих приводів.

В статье рассмотрена задача построения нелинейной математической модели электрогидравлических следящих приводов как подсистемы информационно-управляющей системы многоцелевых транспортных средств. Получена передаточная функция замкнутой системы электрогидравлических следящих приводов.

In paper the problem of construction of nonlinear mathematical model of electrohydraulic servo drives as subsystems of an informational-controlling system of multi-purpose vehicles is considered. The transfer function of a looped system of electrohydraulic servo drives is obtained.

1. Постановка проблеми

Всі реальні технічні системи не мають ідеально прямолінійних статичних характеристик при будь-яких значеннях вхідної величини, тобто всяка система керування, власне кажучи, є нелінійною системою, тому що якщо об'єкт керування і вимірювальний елемент регулятора можна вважати в першому наближенні лінійними, то підсилювально-силовий елемент регулятора завжди буде нелінійним завдяки великого посилення і обмеженої потужності регулюючого елемента. У технічних розрахунках через неможливість точного урахування всіх явищ звичайно створюють деякий ідеалізований математичний опис досліджуваної системи за допомогою рівнянь, щоб, зберігши її головні

істотні риси, одержати найбільш просту розрахункову методику. Найбільш простими і найбільш вивченими є лінійні рівняння, тому цілком природним є прагнення тим або іншим способом лінеаризувати всі реальні нелінійні характеристики, тобто замінити їх так чи інакше прямою лінією. І тільки тоді, коли нелінійність відіграє істотну роль у поведінці системи, застосовують теорію нелінійних систем. Остання стає усе більш важливою для практики по мірі підвищення вимог до якості процесів і до точності розрахунку систем автоматичного керування і регулювання [1-5].

Різноманітність процесів у нелінійних системах та особливості їх динаміки створюють труднощі точного математичного опису і теоретичного вивчення таких систем. Але в цей час інженерам та науковим співробітникам в галузі автоматики у всіх її різноманітних застосуваннях все частіше доводиться зіштовхуватися з нелійними динамічними явищами. Точному математичному рішенню піддається лише невелика частина нелінійних задач теорії автоматичного керування. Однак точне рішення, навіть якщо воно і отримано, часто виявляється занадто складним для застосування в інженерних розрахунках. У зв'язку з цим першорядне значення для теорії і практики систем автоматичного керування і регулювання здобуває розвиток наближених методів дослідження динамічних властивостей нелінійних автоматичних систем [1-5].

В роботі розглянута задача побудови математичної моделі електрогідравлічних слідкуючих приводів як підсистеми інформаційно-керуючої системи (ІКС) багатоцільових транспортних засобів. Безумовно вищезазначена багатомірна система приводів має безліч нелінійностей, серед яких є також істотні нелінійності. Тому для побудови адекватної реальному об'єкту математичної моделі необхідно враховувати ці особливості. Це дозволить синтезувати ефективну і надійну систему електрогідравлічних слідкуючих приводів як підсистеми ІКС, що і доводить важливість і актуальність обраної теми статті.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Велике значення в області дослідження динамічних властивостей нелінійних автоматичних систем надбали наближені методи, засновані на ідеях гармонійного балансу і еквівалентної лінеаризації та запропоновані у відомих роботах М.Н. Крилова і Н.Н. Боголюбова [1]. Стосовно автоматичних систем цей метод (метод гармонічної лінеаризації) розроблений Л.С. Гольдфарбом [2], Е.П. Поповим [3, 4] та ін. Загальні сучасні підходи викладено вченими НТУ «ХП» в роботі [5].

3. Формулювання мети

Метою роботи є побудова математичної моделі електрогідравлічних слідкуючих приводів як підсистеми ІКС багатоцільових транспортних засобів високої прохідності, що знаходяться під впливом зовнішніх випадкових збурень, з урахуванням нелінійних характеристик об'єкту керування.

4. Побудова нелінійної математичної моделі електрогідравлічних слідкуючих приводів

В роботі розглянемо найбільш поширені в системах стабілізації нелінійності: зона обмеження (насичення) і змінний коефіцієнт підсилення.

Перша нелінійна ланка з характеристикою типу зона обмеження (насичення) і крива зміни передавальної функції $W_{H_1}(A_{H_1})$ від відношення A_{H_1}/b_{H_1} наведені на рис. 1. Для цієї ланки передавальна функція згідно методу гармонічної лінеаризації [2-4]

$$W_{H_1}(A_{H_1}) = \frac{2k_{H_1}}{\pi} \left(\arcsin \frac{b_{H_1}}{A_{H_1}} + \frac{b_{H_1}}{A_{H_1}} \sqrt{1 - \left(\frac{b_{H_1}}{A_{H_1}} \right)^2} \right), \quad (1)$$

де $k_{H_1} = \operatorname{tg} \beta_1$ – коефіцієнт підсилення (рис. 1).

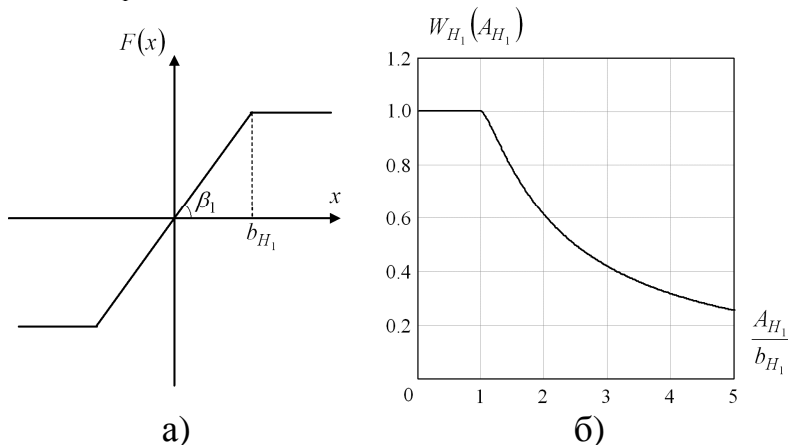


Рис.1 – Характеристика типу зона обмеження (а) і залежність $W_{H_1}(A_{H_1})$ від відношення A_{H_1}/b_{H_1} при $k_{H_1} = 1$ (б)

Насичення, або обмеження, є, мабуть, найбільш розповсюдженим видом нелінійності. Форма характеристики насичення ідентична для багатьох реальних пристроїв, хоча вхідні і вихідні величини можуть мати різну фізичну природу.

Так, практично всі реальні підсилювачі, незалежно від того, чи є вони електронними, магнітними, пневматичними або гідравлічними, мають межу підсилення потужності в області великих вхідних сигналів уже тільки тому, що джерело живлення, за рахунок якого здійснюється підсилення вхідного сигналу, обмежено по потужності.

Насичення, або обмеження, є, мабуть, найбільш розповсюдженим видом нелінійності. Форма характеристики насичення ідентична для багатьох реальних пристроїв, хоча вхідні і вихідні величини можуть мати різну фізичну природу. Так, практично всі реальні підсилювачі, незалежно від того, чи є вони електронними, магнітними, пневматичними або гідравлічними, мають межу підсилення потужності в області великих вхідних сигналів уже тільки тому, що джерело живлення, за рахунок якого здійснюється підсилення вхідного сигналу, обмежено по потужності.

Друга нелінійна ланка з характеристикою зі змінним коефіцієнтом підсилення і крива зміни передавальної функції $W_{H_2}(A_{H_2})$ від відношення A_{H_2}/b_{H_2} наведені на рис. 2. Для другої нелінійної ланки передавальна функція згідно методу гармонічної лінеаризації [2-4]

$$W_{H_2}(A_{H_2}) = k_{H_3} - \frac{2(k_{H_3} - k_{H_2})}{\pi} \left(\arcsin \frac{b_{H_2}}{A_{H_2}} + \frac{b_{H_2}}{A_{H_2}} \sqrt{1 - \left(\frac{b_{H_2}}{A_{H_2}} \right)^2} \right), \quad (2)$$

де $k_{H_2} = \operatorname{tg} \beta_2$ і $k_{H_3} = \operatorname{tg} \beta_3$ – коефіцієнти підсилення (рис. 2).

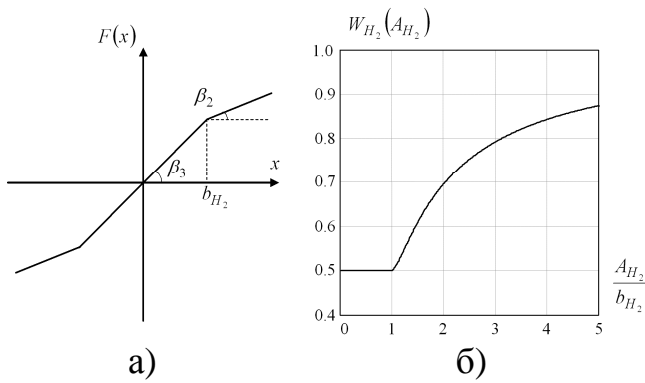


Рис.2 – Характеристика зі змінним коефіцієнтом підсилення (а) і залежність $W_{H_2}(A_{H_2})$ від відношення A_{H_2}/b_{H_2} при $k_{H_2} = 0.5$, $k_{H_3} = 1$ (б)

Статична характеристика ланки зі змінним коефіцієнтом підсилення може бути отримана як апроксимацією криволінійної статичної характеристики, так і в ланках з лінійною характеристикою при наявності пристрою перемикання передатного числа в залежності від значення вхідної величини.

Розглянемо електрогідравлічні слідкуючі приводи багатоцільових транспортних машин високої прохідності на прикладі системи наведення і стабілізації гармати танка у вертикальній площині.

В роботі [6] наведено математичний опис та інформаційно-структурна схема електрогідравлічних слідкуючих приводів (рис. 3).

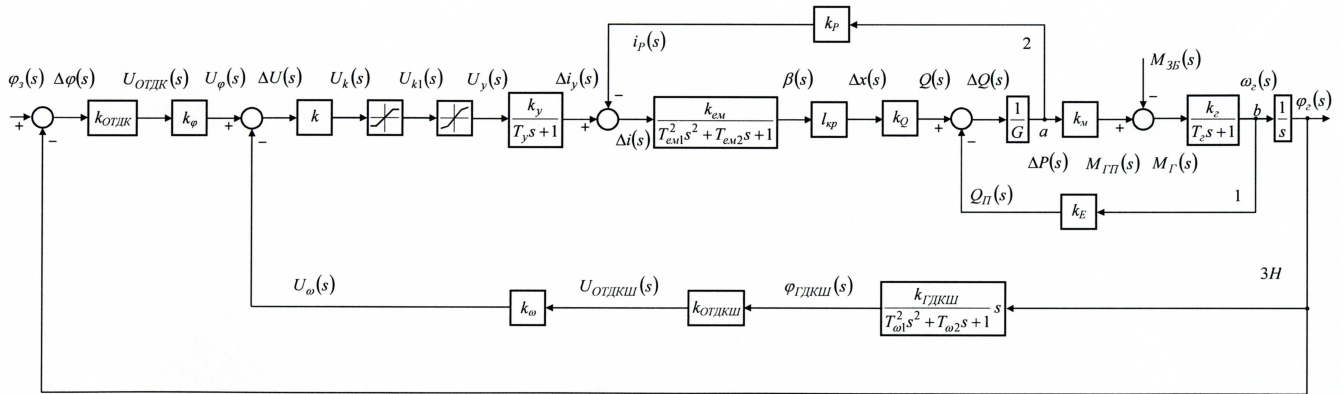


Рис.3 – Інформаційно-структурна схема системи наведення і стабілізації гармати з урахуванням нелінійних характеристик системи

Структурна схема системи наведення і стабілізації гармати, що наведена на рис. 3 містить нелінійну ланку з передавальною функцією $W_{H_1}(A_{H_1})$ (1) та характеристикою типу зона обмеження (насичення) (рис. 1). У даному випадку обмежується сигнал керування $U_k(t)$, що подається до входу обмотки управління електромагніту електрогідроприводу. Значення $U_k(t)$ повинно знаходитись в строго визначених межах, які обумовлені технічними характеристиками виконавчого органа. Структурна схема містить також нелінійну ланку з передавальною функцією $W_{H_2}(A_{H_2})$ (2) і характеристикою зі змінним коефіцієнтом підсилення (рис. 2). У даному випадку ця нелінійна ланка вводиться до структурної схеми з метою підвищення якості перехідних процесів та підвищення надійності системи у цілому шляхом розширення області стійкості.

Для отримання передавальної функції всієї системи необхідно перетворити структурну схему системи, тобто точку *a* перенесемо в вузол *b* по ходу руху

сигналу. Із перетвореної структурної схеми системи наведення і стабілізації гармати знайдемо передавальну функцію розімкненого контуру 1 при $M_{3B}(s) = 0$

$$W_1(s) = \frac{\frac{1}{G} \cdot k_M k_2}{T_2 s + 1}.$$

Далі знайдемо передавальну функцію замкненого контуру 1

$$W_1'(s) = \frac{W_1(s)}{1 + W_1(s) \cdot k_E} = \frac{k_M k_2}{G(T_2 s + 1) + k_M k_2 k_E}.$$

Отримаємо передавальну функцію розімкненого контуру 2

$$W_2(s) = \frac{k_{eM} l_{kp} k_Q}{T_{eM1} s^2 + T_{eM2} s + 1} \cdot \frac{k_M k_2}{G(T_2 s + 1) + k_M k_2 k_E}.$$

Знайдемо передавальну функцію замкненого контуру 2

$$W_2'(s) = \frac{W_2(s)}{1 + W_2(s) \cdot k_P \cdot \frac{1}{k_M} \cdot \frac{T_2 s + 1}{k_2}}.$$

Отримаємо передавальну функцію розімкненого контуру 3H при $M_{3B}(s) = 0$ з урахуванням нелінійної ланки з передавальною функцією $W_{H_1}(A_{H_1})$ і $W_{H_2}(A_{H_2})$

$$W_{3H}(s) = k \cdot W_{H_1}(A_{H_1}) \cdot W_{H_2}(A_{H_2}) \cdot \frac{k_y}{T_y s + 1} \cdot W_2'(s) \cdot \frac{1}{s}$$

та замкненого контуру 3H

$$W_{3H}'(s) = \frac{W_{3H}(s)}{1 + W_{3H}(s) \cdot k_\omega \cdot k_{OTDKШ} \cdot \frac{k_{ГДКШ}}{T_{\omega 1}^2 s^2 + T_{\omega 2} s + 1}} \cdot s$$

Знайдемо передавальну функцію всієї розімкненої системи

$$W_{4H}(s) = \frac{k_{OTDK} k_\phi W_{3H}(s)}{1 + W_{3H}(s) k_\omega k_{OTDKШ} \cdot \frac{k_{ГДКШ}}{T_{\omega 1}^2 s^2 + T_{\omega 2} s + 1}} \cdot s$$

та замкненої системи

$$W_{4H}' = \frac{k_{OTDK} k_\phi W_{3H}(s)}{1 + W_{3H}(s) k_\omega k_{OTDKШ} \cdot \frac{k_{ГДКШ}}{T_{\omega 1}^2 s^2 + T_{\omega 2} s + 1}} \cdot s + k_{OTDK} k_\phi W_{3H}(s)$$

Для синтезу системи наведення і стабілізації гармати танка необхідно визначити області допустимих значень варійованих параметрів. Звичайно це область стійкості замкненої системи в площині варійованих параметрів регулятора.

5. Виводи і перспективи подальших досліджень

В статті побудовано математичну модель електрогідравлічних слідкуючих приводів як підсистеми ІКС багатоцільових транспортних засобів високої прохідності, що знаходяться під впливом зовнішніх випадкових збурень, з урахуванням нелінійних характеристик об'єкту керування. Наступний етап у

розв'язанні проблеми синтезу системи наведення і стабілізації гармати – вибір методу параметричного синтезу системи керування. Методи класичної теорії автоматичного керування не працюють для математичних моделей високого порядку. Якщо порядок диференційних рівнянь, що складають математичну модель об'єкту керування, вище п'яти, то проблема параметричного синтезу може бути вирішена тільки за допомогою методів сучасної теорії керування, зокрема, методу простору станів, методів теорії АКОР, методів мінімаксу, методів функцій Ляпунова, методів імітаційного моделювання.

Список літератури: 1. *Крылов Н.М.* Введение в нелинейную механику / *Н.М. Крылов, Н.Н. Боголюбов.* – К.: Изд-во АН УССР, 1937. – 236 с. 2. Метод Гольдфарба в теории регулирования: [сб. науч. статей]. – М.;–Л.: Госэнергоиздат, 1962. – 224 с. 3. *Попов Е.П.* Приближенные методы исследования нелинейных автоматических систем / *Е.П. Попов, И.П. Пальтов.* – М.: Физматгиз, 1960. – 792 с. 4. *Попов Е.П.* Прикладная теория процессов управления в нелинейных системах / Попов Е.П. – М.: Физматгиз, 1973. – 584 с. 5. *Александров С.С.* Автоматичне керування рухомими об'єктами і технологічними процесами / *Александров С.С., Козлов Е.П., Кузнецов Б.І.* – Харків: НТУ «ХПИ», 2002. – 492 с. 6. *Никонов О.Я.* Розроблення інформаційно-структурної схеми електрогидравлічних слідкуючих приводів багатоцільових транспортних засобів / *О.Я. Никонов, В.Ю. Улько* // Вестник НТУ «ХПИ». Сборник научных трудов. Тематический выпуск: Новые решения в современных технологиях. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2010. – № 46. – С. 21-29.

Поступила в редколлегию 18.03.2011

УДК 621.395

А.Г. ЛОЖКОВСКИЙ, док. техн. наук, проф., зав. кафедрой, Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

В.А. КАПТУР, канд. техн. наук, доц., Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

О.В. ВЕРБАНОВ, ст. преп., Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

В.М. КОЛЧАР, ст. преп., Одесская национальная академия связи им. А.С. Попова

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПАКЕТНОГО ТРАФИКА

В статье рассмотрены математические модели, позволяющие адекватно описывать трафик мультисервисных сетей с коммутацией пакетов, обладающий свойством пачечности.

Ключевые слова: телекоммуникационная мультисервисная сеть, модель трафика, пик-фактор трафика.

В статті розглянуто математичні моделі, що дозволяють адекватно описувати трафік мультисервісних мереж з комутацією пакетів, який має властивості пачковості.

Ключові слова: телекомунікаційна мультисервісна і синтез систем розподілу інформації.

The mathematical models, permitting adequately to describe of traffic in multiservice packet switching networks, which possessed property of burstness, is considered.

Keywords: a telecommunication multiservice network, model of self-similar traffic, information distribution system.