

УДК 62-83-52

С.С. Старостін, канд. техн. наук

СПРОЩЕНИЙ ПІДХІД ЩОДО ОТРИМАННЯ ДИСКРЕТНИХ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Анотація. Розглянуто спрощену процедуру отримання дискретних математичних моделей електромеханічних об'єктів. В основу підходу покладено припущення достатньо великої електромагнітної сталої часу силового кола електроприводу. Аналіз результатів підтвердив ефективність розробленого методу.

С.С. Старостин, канд. техн. наук

УПРОЩЕННЫЙ ПОДХОД К ПОЛУЧЕНИЯ ДИСКРЕТНЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Аннотация. Рассмотрена упрощенная процедура получения дискретных математических моделей электромеханических объектов. В основу подхода положено предположение достаточно большой постоянной времени силовой цепи электропривода. Анализ результатов подтвердил эффективность разработанного метода.

S.S. Starostin ,PhD

A SIMPLIFIED APPROACH FOR OBTAINING DISCRETE MATHEMATICAL MODELS OF ELECTROMECHANICAL FACILITIES

Abstract. The simplified procedure for obtaining of discrete-time mathematics models for electromechanical objects is considered. The approach is based on assumption of a sufficiently large electromagnetic time constant of electrical drive power circuit. The analysis of results confirmed the efficiency of the developed method.

Вступ. Реалізація цифрового регулювання в електромеханічних системах на базі мікропроцесорних контролерів з урахуванням дискретності функціонування силових перетворювачів електроенергії потребує знання дискретних передавальних функцій об'єктів. При цьому результати синтезу систем регулювання матимемо у вигляді, який дозволяє безпосередньо здійснювати програмування контролерів.

Аналіз попередніх досліджень. Загальний підхід до синтезу дискретних математичних моделей електромеханічних об'єктів розглянуто в [6]. Далі в [4] звернуто увагу на можливість зниження порядку передавальних функцій ланок об'єкту. Між тим, досвід розробок електромеханічних систем [5, 7] дає підґрунтя для впровадження підходу, який враховує підстави припустимого спрощення математичного опису і, таким чином, дозволяє зразу отримати результат, придатний для синтезу систем регулювання.

Мета роботи – перевірка можливості застосування спрощеного підходу при отриманні дискретної математичної моделі об'єкту регулювання електромеханічної системи.

Матеріал і результати дослідження. У [2,3] обґрунтовано, що типові перетворювачі електроенергії можна охарактеризувати моделлю (рис. 1), яку складають: ідеальний імпульсний елемент ІЕ з періодом дискретності T_u , ланка 1 затримки в часі на величину ζT_u та аперіодична ланка 2 зі сталою часу T_e , що відповідає електромагнітним процесам у силовому колі.

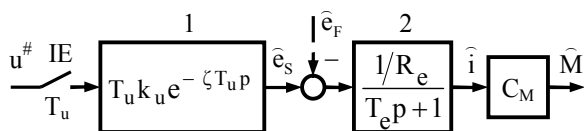


Рис. 1. Імпульсна модель перетворювача електроенергії

моделі враховано коефіцієнт передачі перетворювача за напругою k_u та еквівалентний опір силового кола R_e . Змінна \hat{e}_F враховує збурення, які мають місце при роботі перетворювача. Конструктивний параметр C_M характеризує зв'язок обертового моменту M зі струмом електродвигуна i .

Аналіз результатів синтезу дискретних математичних моделей механічної частини об'єктів регулювання свідчить, що можна виходити з припущення достатньо великої електромагнітної сталої часу T_e та затримки в моделі перетворювача на один інтервал дискретності. Отже, при цьому вплив на механічну частину системи характеризує структурна схема, зображена на рис. 2 у величинах відносно до номінальних даних двигуна.

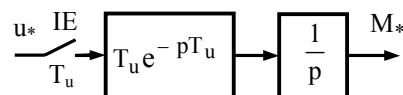


Рис.2. Структурна схема формування обертового моменту двигуна

Застосування запропонованого підходу розглянемо на прикладі двомасового об'єкту зі структурною схемою, поданою на рис. 3 у відносних величинах ($\omega^* = \omega / \omega_B$, $M^* = M / M_B$).

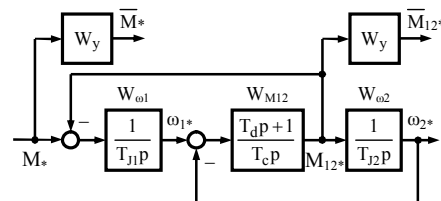


Рис.3. Структурна схема двомасового механічного об'єкту

Структуру характеризують наступні параметри:

- ω_1, ω_2 – відповідно кутові швидкості двигуна та механізму;
- M_{12} – пружний момент у механічній передачі;
- $T_{J1} = J_1\omega_B/M_B, T_{J2} = J_2\omega_B/M_B$ – сталі часу, що характеризують відповідно моменти інерції двигуна J_1 та механізму J_2 ;
- $T_c = M_B/c_{12}\omega_B$ – стала часу жорсткості механічної передачі (c_{12} – коефіцієнт жорсткості);
- $T_d = b_{12}T_c \omega_B/M_B$ (b_{12} – коефіцієнт внутрішнього тертя у механічній передачі).

У структурі присутні ланки усереднення з передавальними функціями $W_y = [1 - \exp(-T_u p)]/T_u p$, оскільки доцільно розглядати процеси відносно середніх значень моментів.

Отримання дискретних передавальних функцій, які відповідають вихідній структурній схемі (рис. 3), у точному варіанті передбачає врахування моделі перетворювача згідно з рис.1 і наявних зворотних зв'язків. Цю методику детально подано в [6]. При спрощеному підході зворотні зв'язки не приймаємо до уваги, і передавальні функції визначаємо на основі модифікованого z-перетворення [1] за формулами

$$W_{\omega_1}^{\#}(z) = \frac{\omega_1(z)}{M(z)} = \frac{Z\{W_M W_{\omega_1}\}}{Z\{W_M W_y\}} = \frac{k_{J1}}{1-z^{-1}}; \quad (1)$$

$$W_{M12}^{\#}(z) = \frac{\bar{M}_{12}(z)}{\omega_1(z)} = \frac{Z\{W_M W_{\omega_1} W_{M12} W_y\}}{Z\{W_M W_{\omega_1}\}} = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{T_c(1-z^{-1})}; \quad (2)$$

$$W_{\omega_2}^{\#}(z) = \frac{\omega_2(z)}{M_{12}(z)} = \frac{Z\{W_M W_{\omega_1} W_{M12} W_{\omega_2}\}}{Z\{W_M W_{\omega_1} W_{M12} W_y\}} = \frac{k_{J2}}{1-z^{-1}}, \quad (3)$$

де $Z\{\}$, $z = \exp(pT_u)$ – відповідно функція та оператор z-перетворення для інтервалу дискретності T_u ; $W_M = T_u \exp(-T_u p)/p$; $k_{J1} = T_u/T_{J1}$; $k_{J2} = T_u/T_{J2}$; $q_0 = (T_u + 3 T_d)/6$; $q_1 = 2T_u/3$; $q_2 = (T_u - 3 T_d)/6$.

Для виключення алгебраїчних петель здійснюємо перетворення виразу (2) у відповідності з [4]. При цьому маємо

$$W_{M12}^{\#}(z) = \frac{q_0 + q_1 z^{-1} + q_2 z^{-2}}{T_c(1-z^{-1})} \cong \frac{s_1 z^{-1} + s_2 z^{-2}}{T_c(1-z^{-1})}, \quad (4)$$

де $s_1 = 2q_0 + q_1 = T_u + T_d$; $s_2 = -q_0 + q_2 = -T_d$.

У [5, 6] були подані результати, отримані раніше з урахуванням зворотних зв'язків й електромагнітних процесів у силовому колі електропривода. Порівняння тих результатів з виразами (1), (3) та (4) підтверджує їх адекватність. На користь розглянутого підходу свідчить моделювання структури (рис. 3) при неперервному та дискретному варіантах ланок. Характерний результат, поданий на рис.4, показує практичну відповідність неперервного та дискретного процесів.

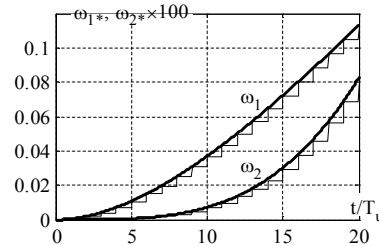


Рис.3. Часові діаграми неперервного та дискретного процесів змінення швидкості в двомасовому об'єкті
Висновок. Спрощений підхід щодо отримання дискретних передавальних функцій об'єктів регулювання електромеханічних систем забезпечує адекватні результати, що дає підґрунтя для його застосування при синтезі цифрових систем регулювання.

Список використаної літератури

1. Джури Э. Импульсные системы автоматического регулирования / Э.Джури. – М.: Физматгиз, 1963. – 456 с.
2. Перельмутер В.М. Об импульсной модели тиристорного электропривода / В.М. Перельмутер // Изв. вузов. Эл.механика. – 1985. – № 3. – С.84-86.
3. Старостін С.С. Обґрунтування імпульсної моделі широтно-імпульсних перетворювачів електроенергії / С.С.Старостін // Техніч. ел.динаміка. Тем. вип. "Силовая електроніка та енергоефективність". – Ч.3. – 2006. – С.114-117.
4. Старостін С.С. Особливості визначення дискретних передавальних функцій об'єктів регулювання електромеханічних систем / С.С.Старостін // Вісн. Нац. техн. ун-ту "ХПІ". Сер. "Ел.техніка, електроніка та ел.привод". Тем.вип. 30 "Проблеми автоматизованого ел.привода. Теорія та практика". – 2008. – С.153-154.
5. Старостін С.С. Синтез і аналіз дискретної математичної моделі двомасового електромеханічного об'єкта / С.С.Старостін // Ел.машинобудування та ел.обладнання. – 2008. – Вип.70. – С. 18-23.
6. Старостін С.С. Урахування дискретних властивостей силових перетворювачів електроенергії при синтезі електромехатронних систем / С.С.Старостін // Вісн. Нац.техн.ун-ту "Харківський політехнічний інститут". Тем. вип. 45 "Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія та практика". – 2005. – С.348 - 351.
7. Старостін С.С. Цифрове позиційне регулювання в електромеханічних системах з пружними зв'язками / С.С.Старостін // Вісн. Кременчуцького держ. політехн. ун-ту. – 2009. –Вип.3/2009(56). – Ч.1. – С. 23-26.

Отримано 11.07.2011



Старостін
Сергій Станіславович,
к.т.н., проф. каф. систем
програмного управління і
мехатроніки Донецького
нац. техн. ун-ту,
83000, м. Донецьк,
вул. Артема, 58.
Тел.: 062-304-71-31
E-mail: sergii.starostin@
df.donntu.edu.ua