

proposed technical solution can be used to obtain the necessary information in active load sharing systems when generators operate in parallel for a common load, precise positioning systems, and others.

REFERENCES

- [1]. Yiğit Kenan. Evaluation of energy efficiency potentials from generator operations on vessels. *Energy*, 2022. Vol. 257. P. 1-12.
- [2]. Awwad Abdullah M. Eial, Al-Suod Mahmoud M.S., Al-Quteimat Alaa M., Ushkarenko O.O., Al-Hawamleh Atia. Improving the accuracy of the active power load sharing in paralleled generators in the presence of drive motors shaft speed instability. *International Journal of Electronics and Telecommunications*, 2021. Vol. 67, No. 3. P. 371-377.
- [3]. Mahmoud M. Al-Suod, A. Ushkarenko. Optimization of model structure of induction motor control system. *WSEAS Transactions on Power Systems*, 2017. Vol. 12. P. 316-323.

УДК 681.5

ОПТИМІЗАЦІЯ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ НЕЛІНІЙНИМИ КОРИГУЮЧИМИ ПРИСТРОЯМИ

Шарейко Д. Ю.

*кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
dshareyko.mk@gmail.com*

Фоменко Л.А.

*аспірантка кафедри автоматики
Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна
fomenko.liliana.mk@gmail.com*

Розв'язана задача оптимізації системи керування електропривода по швидкодії за допомогою нелінійного коректуючого пристрою. Вихідна система має лінійну частину з передавальною функцією другого порядку та нелінійний релейний елемент. Результати розрахунків представлені у виді графіків.

Ключові слова: критерій оптимальності, релейний елемент, нелінійний перетворювач, показники якості керування, ступінь близькості до оптимального, регулятор, амплітуда сигналу, стала часу.

Загальною властивістю оптимальних систем є здатність забезпечувати найкращу якість з урахуванням реально наявного в системі обмежувача ресурсів керування: споживаної потужності, керуючої напруги і т.і. [1,2]. Критерій оптимальності задається у вигляді функціоналу :

$$J = \int_0^T F(x_1, \dots, x_n; u_1, \dots, u_r, t) dt$$

де T - час керування; x_1, \dots, x_n - фазові координати системи; u_1, \dots, u_r – керуючі на вході неізмінної частини системи (об'єкта керування).

Завданням синтезу оптимального керування є відшукування вектора керування u з компонентами u_1, \dots, u_r , який забезпечує екстремум функціоналу. При цьому вектор u повинен належати обмеженій області Ω_u допустимих керувань. У теоретичному плані для широкого класу систем ця задача успішно вирішується за допомогою принципу максимуму [1].

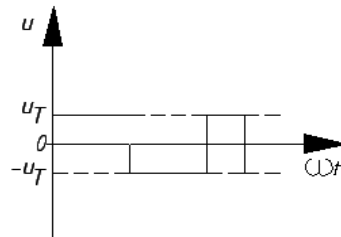


Рисунок 1 - Керуючий сигнал на вході об'єкта

Проте створення оптимальних систем пов'язано з труднощами апаратного характеру. Практична реалізація оптимального керування ґрунтується або на обчисленні моментів перемикання релейного елемента, що реалізує кусочно-постійне керування, або на визначенні необхідної функціональної залежності керуючого сигналу u від поточних координат об'єкта. Перший метод, вимагає включення до складу системи цифрового обчислювального пристрою, другий - допускає застосування, як цифрових, так і аналогових пристроїв. Для об'єкта з передавальною функцією:

$$W(p) = \frac{k}{p(Tp + 1)} \tag{1}$$

на вході релейного елемента потрібно реалізовувати залежність виду:

$$F_x = x - \operatorname{sign} x \ln(1 + |x|) \tag{2}$$

Структурна схема відповідної оптимальної системи приведена на рисунку 2.

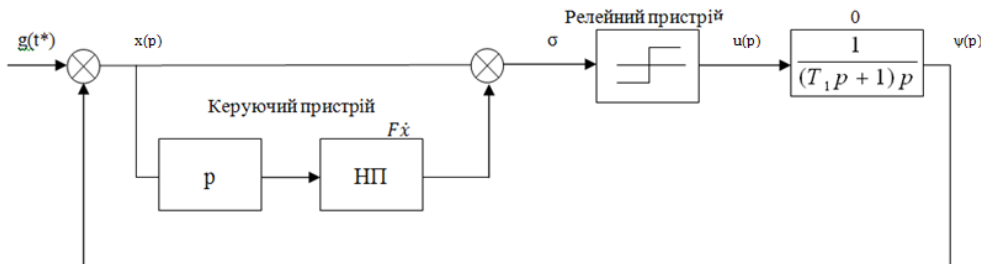


Рисунок 2 - Структурна схема оптимальної системи

НП – нелінійний перетворювач, який реалізує залежність F_x . Різні способи апроксимації оптимальних законів керування, як правило, не дають істотного спрощення апаратури, оскільки вимагають, застосування нелінійних функціональних перетворювачів. В якості технічно простих і досить ефективних засобів оптимізації можуть бути використані нелінійні динамічні коригуючі пристрої, що використовують коригувальний сигнал типу $[-1_{t_2}^1]$. Як приклад розглянемо систему (рис. 3), що складається з лінійної частини з передавальною функцією (1) і нелінійного коригуючого пристрою.

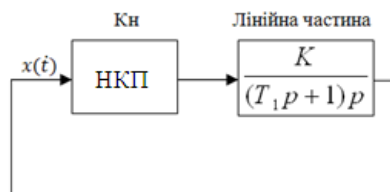


Рисунок 3 - Система з нелінійним коригуючим пристроєм

На рисунку 4 наведена структурна схема системи, що містить релейний елемент, лінійну частину другого порядку і нелінійний коригуючий пристрій, що складається з двохпозиційного

ключа, k , схеми порівняння знаків ССЗ і фазовипереджуючої ланки Б - фільтра з передавальною функцією

$$W_D(p) = \frac{T' p + 1}{T'' p + 1} \quad (T' > T'') \quad (3)$$

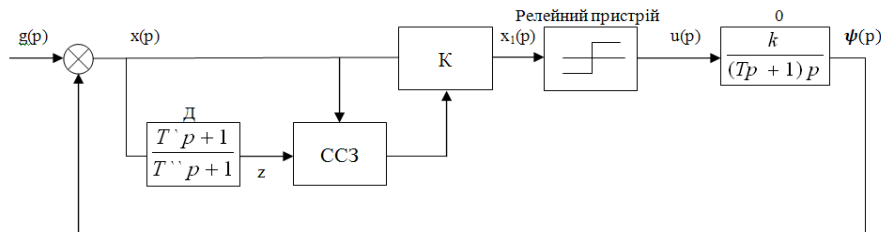


Рисунок 4 - Система з лінійною частиною другого порядку

Обчислення були проведені для різних діапазонів відносних амплітуд a , методом перебору по a , T_1 і T_2 , Результати обчислень дозволили побудувати залежності значень T_1 і T_2 , які забезпечують $|\Delta|_{\min \max}$, від ширини діапазону, яка визначається його верхньою межею a_{\max} . $|\Delta|_{\min \max}$ це ступінь близькості керування до оптимального. Графіки залежностей T_1 і T_2 від a_{\max} в натуральному і логарифмічному масштабах наведені на рисунку 5.

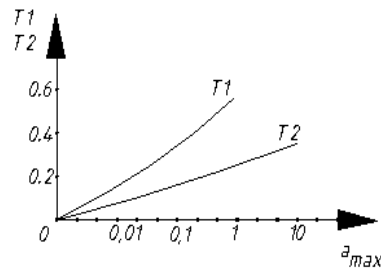


Рисунок 5 - Графіки залежностей T_1 і T_2 від a_{\max}

В процесі обчислень було встановлено, що значення наведеної похибки керування, яке визначається велічиною:

$$\frac{|\Delta|_{\min \max}}{a_{\max}} 100\%$$

при кроці по T_1 і T_2 рівному 0,01, не перевищувало 2%. Звичайно що при зменшенні кроку можна розраховувати на уточнення значень T_1 і T_2 яке дозволить зменшити величину відносної похибки, однак і точність в 2% цілком достатньо для практики.

Література

[1].Хлыпало Е.И. Нелинейные корректирующие устройства в автоматических системах. М.: Энергия, 1973. – 341с.

[2].Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування: Підручник. К.: Либідь, 2007. – 656 с.

OPTIMIZATION OF AUTOMATIC SYSTEMS WITH NONLINEAR CORRECTING DEVICES

D. Yu. Shareiko,

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Automation Department of Admiral Makarov National Shipbuilding University

Mykolaiv, Ukraine dshareiko.mk@gmail.com

Fomenko L.A.
graduate student of the Department of Automation
Admiral Makarov National Shipbuilding University
Mykolaiv, Ukraine fomenko.liliana.mk@gmail.com

The problem of optimizing the electric drive control system in terms of speed using a non-linear correction device has been solved. The output system has a linear part with a second-order transfer function and a non-linear relay element. The results of the calculations are presented in the form of graphs.

Key words: optimality criterion, relay element, nonlinear converter, control quality indicators, degree of closeness to optimality, regulator, signal amplitude, time constant.

УДК 681.5

КЕРУВАННЯ МОМЕНТУ У ДВОХЗОННОМУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІ

Шарейко Д. Ю.

*кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматички Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна dshareyko.mk@gmail.com*

Босенко О.В.

*магістр гр.6371м Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна sashaboenko2000@gmail.com*

Квашенко Є.Р.

*магістр гр.6371м Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова
м. Миколаїв, Україна eugenekvashenko@gmail.com*

Розглянуто двохзонне керування двигуна постійного струму (ДПС). Наведено спосіб підтримки постійного моменту у другій зоні керування. Створено розрахункову схему для доведення адекватності положень у середовищі *Simulink*. Всі розрахунки проведені на підставі комплектного електропривода ЕПУ1М-2-4027ДУХЛ4. Наведено результати розрахунків у виді графіків.

Ключові слова: комплектний електропривод, двохзонне керування, момент двигуна, двигун постійного струму, струм якоря, напруга на щітках, розрахункова схема, швидкість обертів валу.

Керування електроприводів при зменшенні та збільшенні швидкості від номінальної відбувається у різних технологічних процесах [1,2]. Зокрема у токарних верстатах, прокатах сталі, намотувальні верстати та т.і. Проте реалізація двозонного керування швидкістю двигуна постійного струму пов'язана зі зниженням моменту на валу у другій зоні керування [1,2]. При цьому одночасно змінювати напругу живлення якоря та потік збудження не доцільно так як у цьому випадку знижується допустимий момент двигуна та модуль жорсткості механічних регульовальних характеристик. У таких системах завдання швидкості передбачено в обох зонах одним каналом завдання. В першій зоні керування привод поводить себе як звичайна система з регулюванням напруги якоря. При значеннях напруги якоря, близьких до номінального, на вхід контуру збудження подається сигнал зворотного зв'язку по ЕРС двигуна, що призводить до ослаблення потоку. Таку логіку роботи можна забезпечити завдяки впровадженню нелінійності до системи керування. В структурі системи можна забезпечити можливість підпорядкованого керування, а саме передбачити регулятор струму якоря, швидкості вала, ЕРС, а також регулятор струму збудження. Для реалізації такого підходу необхідна прив'язка до конкретних параметрів привода, тому для моделювання було обрано наступне обладнання:

–двигун постійного струму з незалежним збудження 4ПФ132S з параметрами та характеристикою намагнічування, що наведені в [2];