

прикладі розглянутого двигуна, можна стверджувати про можливість безпечного короточасного збільшення обертів у 2 рази від номінальних [3].

Отже збільшення обертів за рахунок зменшення потоку дозволяє підвищити значення діапазону керування в рази. Але, звичайно, такий ефект досягається за рахунок підвищеного струму якоря, що з практичної точки зору також накладає суттєві обмеження для використання даного методу. Проте це дозволяє в короточасних режимах використовувати для одного і того ж технологічного процесу приводний двигун меншої потужності у порівнянні з традиційним однозонним принципом керування та впроваджувати додаткову гнучкість технологічного комплексу.

Література

[1]. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. Посібник/ М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. К.: Либідь, 2005. – 680 с.

[2]. Фоменко А.М., Шарейко Д.Ю. Комплектні електроприводи: У 3 ч. Ч. 2: Цифрові комплектні електроприводи: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2014. – 142 с.

[3]. Шарейко Д.Ю., Фоменко А.М. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Комплектні електроприводи": у 3 ч. Ч. 1. Миколаїв: НУК, 2014. – 32 с.

Torque control in a two-zone electric drive

Shareiko D. Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Automation Department of Admiral Makarov National Shipbuilding University,

Mykolaiv, Ukraine dshareyko.mk@gmail.com

Boyenko O.V., master's degree, gr. 6371m, National Shipbuilding University named after Admiral Makarov, Mykolaiv, Ukraine sashaboenko2000@gmail.com

Kvashenko E.R., master's degree, gr. 6371m, National Shipbuilding University named after Admiral Makarov. Mykolaiv, Ukraine eugenekvashenko@gmail.com

Two-zone control of a direct current motor (DC motor) is considered. A method of maintaining a constant torque in the second control zone is given. A calculation scheme was created to prove the adequacy of provisions in the Simulink environment. All calculations were carried out on the basis of the complete electric drive EPU1M-2-4027DUHL4. The results of the calculations are given in the form of graphs.

Key words: complete electric drive, two-zone control, motor torque, DC motor, armature current, brush voltage, calculation scheme, shaft speed.

УДК 681.5

НАЛАШТУВАННЯ ПІД – РЕГУЛЯТОРА У ЕЛЕКТРОПРИВОДІ

Шарейко Д. Ю.

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

Бойчук М.Ю.

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

Довганюк А.В.

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

Розглянуто налаштування ПД–регулятора у системі електропривода постійного струму підпорядкованого регулювання. Дослідження проводилися з метою поширити діапазон керування швидкістю електропривода. Поширення діапазону керування електропривода відбувається з метою не погіршити показники якості електропривода. Розрахунки проводяться у середовищі *Simulink*.

Ключові слова: електропривод постійного струму, підпорядковане керування, ПД–регулятор, показники якості керування, діапазон керування, технологічний процес, розрахункова схема, швидкість обертів валу.

Збільшення діапазону за рахунок параметрів регуляторів дуже сильно залежить від вимог технологічного процесу [1]. Для дослідження впливу динамічного сигналу завдання на перехідні процеси за швидкістю для різних настроєк регулятора швидкості розглянемо систематичну помилку системи, створену за умови представлення сигналу завдання стохастичною випадковою величиною [2]. В такому разі математичне очікування систематичної помилки $m_e(t)$ буде виражено сумою математичних очікувань випадкових величин похибки від сигналу завдання $m_{eg}(t)$ та сигналу навантаження $m_{ef}(t)$:

$$m_e(t) = m_{eg}(t) + m_{ef}(t). \quad (1)$$

$$m_e(t) = m_{eg}(t) = \int_0^{\infty} \omega_{eg}(t-\tau) m_g(\tau) d\tau = a_0 m_g(t) + a_1 m_g'(t) + \frac{a_2}{2!} m_g''(t) + \dots + \frac{a_n}{n!} m_g^{(n)}(t), \quad (2)$$

де ω_{eg} – вагова функція системи за похибкою; $m_g(t)$ – математичне очікування випадкової величин сигналу навантаження; a_n – коефіцієнти похибок, що розраховуються:

$$a_n = \int_0^{\infty} (-\tau)^n \omega_{eg}(\tau) d\tau = \left. \frac{d^n W_{eg}}{dp^n} \right|_{p=0}. \quad (3)$$

Тут W_{eg} – це передаточна функція системи за похибкою. Розглянемо навантажений режим, отже $m_{eg}(t) = 0$. З виразу 3 видно, що величина $m_e(t)$ фактично залежить від випадкового сигналу завдання та по суті визначається його характеристикою $m_g(t)$. На значення похибки можна впливати за рахунок коефіцієнтів похибок a_n . Розглянемо вплив параметрів регулятора системи на ці коефіцієнти похибок з метою зниження систематичної помилки. Нехай регулятор швидкості подано у вигляді:

$$W_{rs}(p) = K_{rs} + I_{rs} / p. \quad (4)$$

Для дослідження впливу параметрів K_{rs} та I_{rs} регулятора швидкості на коефіцієнти похибок застосуємо чисельний підхід на прикладі двигуна постійного струму *Lenze MGFRK 132-22* потужністю 10.7 кВт. Попередній розрахунок регуляторів проведемо за методикою настройки на технічний оптимум, за якою визначаємо $K_{rs} = 0.109$ та $I_{rs} = 1.369$. Система підпорядкованого регулювання, що розглядається за передаточною функцією по похибці має астатизм 2-го порядку, тобто перші два коефіцієнти похибок дорівнюють нулю. Для системи було визначено коефіцієнти похибок до 5-го ступеня:

$$\begin{aligned}
K0(K_{rs}, I_{rs}) &= K1(K_{rs}, I_{rs}) = 0; \\
K2(K_{rs}, I_{rs}) &= \frac{0.0132}{I_{rs}}; \\
K3(K_{rs}, I_{rs}) &= \frac{0.00052}{I_{rs}} - \frac{0.0395 K_{rs}}{I_{rs}^2}; \\
K4(K_{rs}, I_{rs}) &= \frac{0.00002}{I_{rs}} - \frac{0.001 - 0.002 K_{rs}}{I_{rs}^2} + \frac{0.158 K_{rs}^2}{I_{rs}^3}.
\end{aligned} \tag{5}$$

Для визначення діапазону зміни параметрів K_{rs} та I_{rs} регулятора швидкості в межах стійкості системи було застосовано математичний апарат D-розбиття та отримано допустимі межі зміни цих параметрів, представлені заштрихованою областю на рисунку 1. Отже, при зміні параметра I_{rs} при фіксованому K_{rs} отримуємо значення відповідних коефіцієнтів, адже збільшення I_{rs} суттєво знижує сумарну похибку [2]. На основі застосування можливостей інструментів *Matlab* та *Simulink*, було проведено чисельний експеримент для різних значень параметрів ПД-регулятора. Розглядається система підпорядкованого регулювання двигуном постійного струму незалежного збудження з двома контурами [1]. Внутрішній контур струму, зовнішній швидкості. Дослідна структурна схема моделі наведена на рисунку 2.

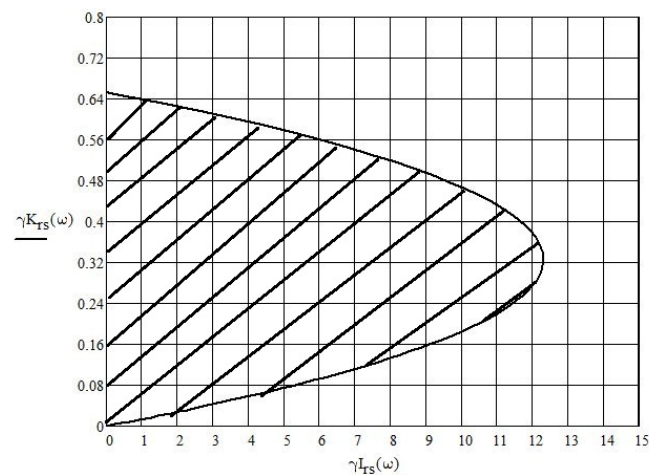


Рисунок 1 - Область стійкості для параметрів регулятора швидкості

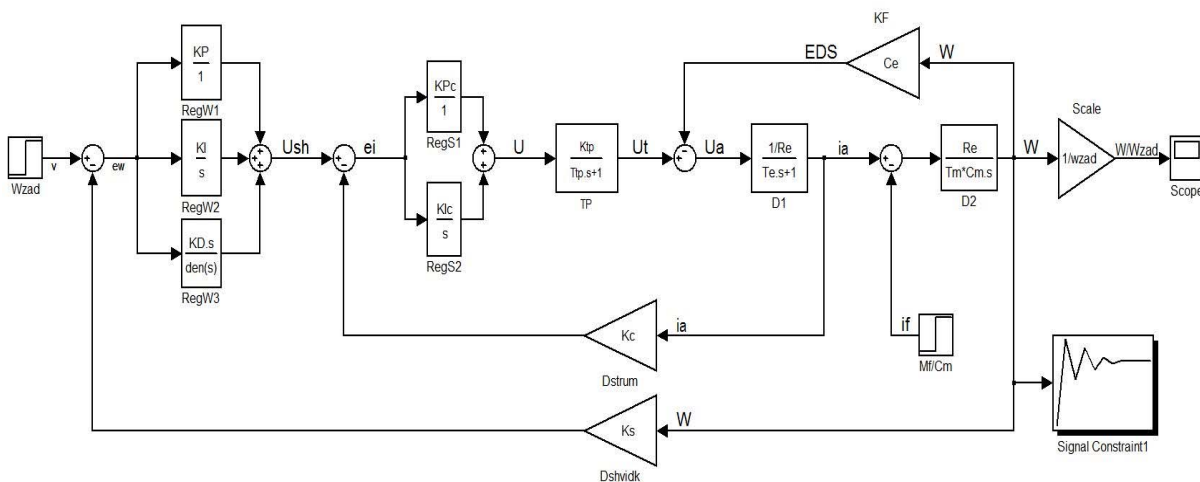


Рисунок 2 - Структурна схема моделі для ПД-регулятора

Застосування такого підходу для різних двигунів та тиристорних перетворювачів, що випускаються промисловістю, з потужністю до 90 кВт дозволило знизити динамічний стрибок при навантаженні до значень, виражених у десяти тисячних долях процента від номінальної швидкості. Це свідчить про діапазон у межах 10000, але при цьому як і раніше є характерні проблеми зі стійкістю.

Література

[1]. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. Посібник/ М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. К.: Либідь, 2005. – 680 с.

[2]. Фоменко А.М., Шарейко Д.Ю. Комплектні електроприводи: У 3 ч. Ч. 2: Цифрові комплектні електроприводи: Навчальний посібник. Миколаїв: НУК, 2014. – 142 с.

FITTING THE PID - REGULATOR AT THE ELECTRIC DRIVE

Shareiko D. Yu.

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

Mykolaiv, Ukraine dshareyko.mk@gmail.com

Boychuk M. Yu.

master's degree, gr. 6371m, National Shipbuilding University named after Admiral Makarov

Mykolaiv, Ukraine jhgjndfibm@gmail.com

Dovganyuk A. V.

master's degree, gr. 6371m, National Shipbuilding University named after Admiral Makarov

Mykolaiv, Ukraine artem.dovhaa@gmail.com

The setting of the PID controller in the DC electric drive system of subordinate regulation is considered. Research was carried out with the aim of expanding the speed control range of the electric drive. The expansion of the control range of the electric drive is carried out in order not to deteriorate the quality indicators of the electric drive. Calculations are carried out in the Simulink environment.

Key words: direct current electric drive, slave control, PID controller, control quality indicators, control range, technological process, calculation scheme, shaft speed.

УДК 681.5

ДИНАМІКА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

Шарейко Д. Ю.

кандидат технічних наук, доцент кафедри автоматики Національного університету

кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

dshareyko.mk@gmail.com

Боровський С.С.

магістр гр.6371м Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

semenakaandrii@ukr.net

Лотоцька Н.О.

магістр гр.6371м Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова

м. Миколаїв, Україна

nadegda03111986@gmail.com