

# ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТАБІЛІЗАЦІЇ ШВИДКОСТІ ЗІ СКАЛЯРНИМ КЕРУВАННЯМ

Вінницький національний технічний університет;

## **Анотація**

*Проведено аналіз існуючих принципів побудови електроприводів стабілізації швидкості асинхронних двигунів з векторним та скалярним управлінням, який виявив їх недоліки, пов'язані зі складністю технічної реалізації та пульсаціями швидкості на нижній межі діапазону регулювання, а також показав відсутність математично обґрунтованих методик параметричного синтезу регуляторів одноконтурного електроприводу стабілізації швидкості асинхронного двигуна зі скалярним керуванням.*

**Ключові слова:** частотний електропривод, асинхронний двигун, система управління, скалярне керування, передатна функція, регулятор.

## **Abstract**

*An analysis of the existing principles of constructing electric drives for speed stabilization of asynchronous motors with vector and scalar control was conducted, which revealed their shortcomings associated with the complexity of technical implementation and speed pulsations at the lower limit of the control range, and also showed the absence of mathematically justified methods for parametric synthesis of regulators of a single-loop electric drive for speed stabilization of an asynchronous motor with scalar control.*

**Keywords:** frequency electric drive, asynchronous motor, control system, scalar control, transfer function, regulator.

## **Вступ**

Електроприводи змінного струму застосовують практично у всіх галузях промисловості. При цьому регулювання швидкості з необхідною точністю є одним із пріоритетних завдань. Сучасні регульовані електроприводи з асинхронними виконавчими двигунами, що володіють великим діапазоном регулювання швидкості, в переважній більшості випадків являють собою системи векторного управління. Однак, існують сфери застосування, де необхідно скалярне управління асинхронним двигуном. До них відносяться багаторухові приводи сліпів підйомно-спускових механізмів, стрічкових конвеєрів, апаратів повітряного охолодження олії та газу, електроприводи занурювальних відцентрових насосів, що здійснюють механізований видобуток нафти [1].

При цьому слід зазначити, що підвищення швидкодії таких електроприводів покращує якість та ефективність роботи установок, що розглядаються. Тому розвиток теорії та практики електроприводів стабілізації швидкості асинхронних двигунів зі скалярним керуванням, що дозволяє підвищити їхню швидкодію є актуальним завданням.

Дуже важливу роль у світі грає енергетична ефективність електроприводу змінного струму, що визначається коефіцієнтами корисної дії частотного перетворювача і двигуна. Тому роботи, спрямовані на зниження втрат у цих елементах електроприводу та, як наслідок, підвищення їх коефіцієнтів корисної дії, також є актуальними [2].

Метою проведеного дослідження є підвищення ефективності електроприводу стабілізації швидкості асинхронного двигуна зі скалярним керуванням за рахунок використання методики параметричного синтезу регулятора, яка забезпечує підвищення швидкодії одноконтурного електроприводу стабілізації швидкості асинхронного двигуна зі скалярним керуванням, що відрізняється урахуванням полюсів та нулів уточненої передавальної функції двигуна.

## **Результати дослідження**

Системи векторного керування знайшли широке поширення в промисловості, проте не завжди можливо застосувати принцип їхньої побудови в електроприводах. Наприклад, не можна

використовувати векторне управління при паралельному підключенні двох і більше двигунів до одного частотного перетворювача. Також не застосовують векторне керування при керуванні занурювальними насосами, що здійснюють механізований видобуток нафти, оскільки між частотним перетворювачем та асинхронним двигуном встановлений підвищуючий трансформатор. Крім того, системи векторного управління мають ряд недоліків: велика складність обчислювальних алгоритмів, які застосовуються при технічній реалізації, необхідність введення параметрів електродвигуна та наявність пульсацій швидкості при незмінному моменті навантаження [3].

У зв'язку з цим, у сучасних частотних перетворювачах є можливість застосування так званого скалярного управління з різними законами зміни амплітуди (діючої напруги) функції частоти. Як правило, це розімкнуті системи з невеликим діапазоном регулювання швидкості.

Однак для отримання великого діапазону регулювання застосовують і замкнуті системи, наприклад, скалярного частотно-струмового управління, які також відрізняються великою складністю технічної реалізації [4]. Тому набули розвитку і інші принципи побудови електроприводів стабілізації швидкості асинхронного двигуна зі скалярним керуванням. Прикладом може бути двоконтурна система, що використовує тільки один сенсор зворотного зв'язку – сенсор швидкості (див. рис. 1).

У внутрішньому контурі швидкості застосовано пропорційно-диференціальний регулятор  $W_{пд}(p)$ , а у зовнішньому – інтегральний регулятор  $W_i(p)$ . При порівнянні блоків структурної та функціональної можна зробити висновок, що блоки диференціювання, множення та виділення модуля, суматори, блок поділу, комутатор та блок порівняння в сукупності виконують функцію складного ПД-регулятора. Основним недоліком аналізованого електроприводу зі скалярним керуванням асинхронним двигуном є зміна постійної часу регулятора функції швидкості, оскільки постійна часу диференціювання на малих швидкостях починає досягати декількох секунд.

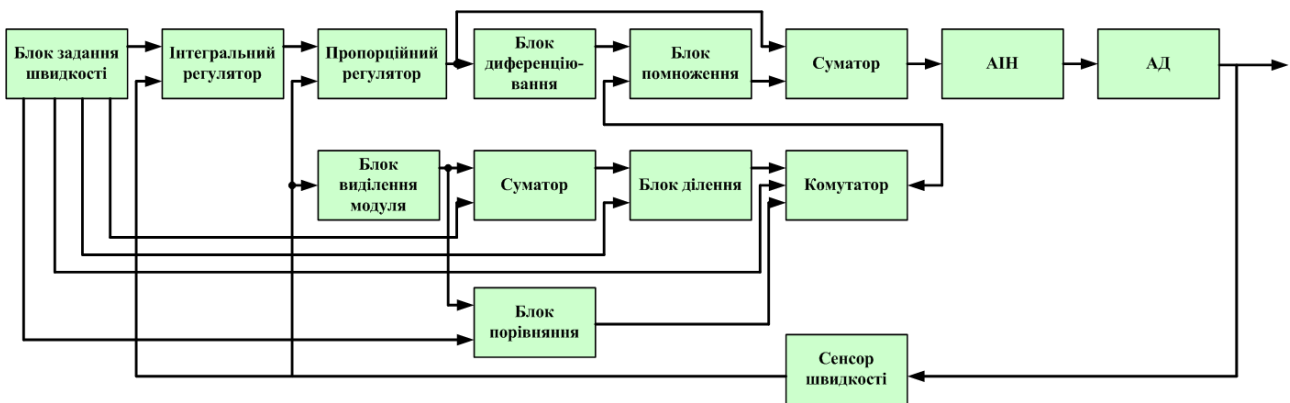


Рис. 1. Функціональна схема двоконтурного електроприводу стабілізації швидкості зі скалярним керуванням АД

Слід зазначити, що практично будь-який сучасний частотний перетворювач має так званий технологічний регулятор, як правило пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД), і дозволяє створити одноконтурний електропривод стабілізації швидкості.

Для простоти технічної реалізації електроприводу стабілізації швидкості асинхронного двигуна пропонується зробити його одноконтурним (див. рис. 2).

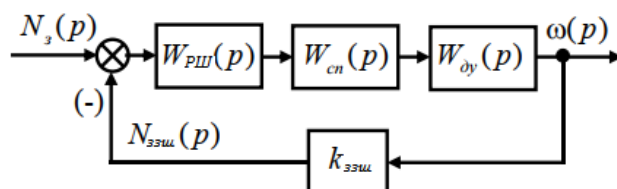


Рис. 2. Структурна схема одноконтурного ЕП стабілізації швидкості АД зі скалярним керуванням

Структурні схеми електроприводів стабілізації швидкості асинхронними двигунами містять у своєму складі сенсори швидкості, необхідні реалізації великого діапазону регулювання. Однак, у

багатьох випадках установка датчиків швидкості неможлива, наприклад, у приводах відцентрових насосів, що застосовуються для механізованого видобутку нафти. Аналогічним прикладом є електроприводи бурових установок, що працюють у складних польових умовах. У електроприводах стрічкових конвеєрів також у багатьох випадках неможливе встановлення датчиків швидкості, незважаючи на те, що регулювання швидкості та її стабілізація необхідна. У приводах змінного струму мінімальної потужності система датчиків швидкості буває недоцільною з економічної точки зору, оскільки призводить до значного підвищення вартості електроприводу.

Відомі способи створення спостерігачів та обчислювачів швидкості обертання ротора асинхронних двигунів вимагають великих обчислювальних витрат за достатньої малої точності непрямого визначення швидкості, що ускладнює створення бездатчикових електроприводів, необхідних у багатьох електротехнічних комплексах.

### Висновки

Огляд існуючих принципів побудови електроприводів стабілізації швидкості асинхронних двигунів з векторним та скалярним управлінням виявив їх недоліки, пов'язані зі складністю технічної реалізації та пульсаціями швидкості на нижній межі діапазону регулювання. Проведений аналіз показав, що відсутні математично обґрунтовані методики параметричного синтезу регулятора одноконтурного електроприводу стабілізації швидкості асинхронного двигуна зі скалярним керуванням.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Довгань С.М. Дослідження систем електропривода методами математичного моделювання. - Дніпропетровськ: НГА України, 2001. -137с.
2. Сучасні перетворювачі частоти в системах електропривода : навч. посібник / М. В. Загірняк, Т. В. Коренькова, А. П. Калінов, А. І. Гладир, В. Г. Ковальчук. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – Харків: Видавництво «Точка», 2017. – 206 с.
3. Белов М. П. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів: підручник для студ. вищ. навч. закладів / М.П. Белов, В.А. Новіков, Л. Н. Розсудів. - 3-є изд., вип. - М.: Видавничий центр Академіям, 2007. - 576 с. ISBN 978-5-7695-4497-2.
4. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепіков та ін.; За ред. П.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. - К.: Либідь, 2005. - 680 с.

*Летючий Роман Ігорович* — ст. гр. ЕПА-23м, Факультет електроенергетики та електромеханіки.

*Олександр Анатолійович Паянок* — к.т.н., доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: oapayanok@gmail.com.

Науковий керівник: *Олександр Анатолійович Паянок* — к.т.н., доцент кафедри комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: oapayanok@gmail.com.

*Letyuchy Roman I.* — student of the group EPA-23m, Faculty of Electricity and Electromechanics.

*Payanok Oleksandr A.* — Cand. Sci (Tech.), Associate Professor, Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oapayanok@gmail.com.

Supervisor: *Payanok Oleksandr A.* — Cand. Sci (Tech.), Associate Professor, Department of computerized electromechanical systems and complexes, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: oapayanok@gmail.com.