

# ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ЧАСТОТНО-ПАРАМЕТРИЧНОГО КЕРУВАННЯ АСИНХРОННИМ ДВИГУНОМ З ФАЗНИМ РОТОРОМ

Вінницький національний технічний університет;

## *Анотація*

*Запропоновано підхід щодо підвищення ефективності роботи системи електропривода, яка реалізує параметричний спосіб пуску асинхронного електродвигуна шляхом включення в обмотку ротора індукційного опору, особливістю якої є введення в ланку постійного струму проти-ЕРС інвертора, що є притаманним каскадному управлінню асинхронного двигуна з фазним ротором.*

**Ключові слова:** електропривод, система керування, параметричний спосіб пуску, індукційний опір, інвертор, ланка постійного струму.

## *Abstract*

*An approach has been proposed to improve the efficiency of the electrical drive system, which implements a parametric method of starting an asynchronous electric motor by connecting it to the rotor winding of the induction support, especially when introduced into a line of a steady-state anti-ERS inverter, which is attached to the cascade control of an asynchronous motor with a wound rotor.*

**Key words:** electric drive, heating system, parametric starting method, induction support, inverter, constant flow tank.

## **Вступ**

При виборі та обґрунтуванні системи електроприводу для конвеєрних установок слід врахувати, що найчастіше використовуються електроприводи змінного струму на основі асинхронних двигунів. Для коротких конвеєрів з низькою продуктивністю зазвичай застосовують асинхронні двигуни з глибокопазним короткозамкненим ротором або з ротором типу подвійної білячої клітини, які забезпечують високий пусковий момент. Максимальна потужність таких електроприводів зазвичай не перевищує 100-200 кВт, оскільки падіння напруги в мережі може значно знизити пусковий момент, що ускладнює запуск конвеєра, що працює під навантаженням [1-2].

Для конвеєрів з великою довжиною та продуктивністю зазвичай використовують електроприводи на основі асинхронних двигунів з фазним ротором, які дозволяють обмежити пускові струми та прискорення. Для зменшення динамічних навантажень застосовують попередні пускові ступені, які допомагають правильно налаштувати зазори в передачах і створити початковий натяг стрічки. Крім того, використовують велику кількість пускових ступенів, щоб знизити миттєві збільшення моменту двигуна під час перемикання пускових резисторів. Це зменшує виникнення пружних коливань в тяговому органі і запобігає його прослизанню за цимбалами.

Мета роботи полягає в підвищенні ефективності системи частотно-параметричного керування асинхронним двигуном з фазним ротором з включеними в коло ротора блоків частотно-параметричного керування.

## **Результати дослідження**

У системах управління асинхронним двигуном з фазним ротором найчастіше статор підключається безпосередньо до мережі, а в коло ротора вводиться опір або напівпровідниковий перетворювач. Однією з важливих переваг таких систем є можливість регулювання та управління енергією ковзання, що не характерно для систем з асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором. Ці системи мають високий коефіцієнт корисної дії (ККД), який залишається стабільним навіть при значних змінах швидкості в широкому діапазоні. Крім того, переважувальна здатність електроприводу в таких системах також є досить високою [2].

Найбільш економічний спосіб керування асинхронним електродвигуном з фазним ротором заснований на введенні проти-ЕРС у коло ротора, реалізується в системі асинхронного вентильного каскаду (АВК). Однак АВК здатний забезпечити прийнятні техніко-економічні показники електроприводу тільки за неглибокого діапазону регулювання швидкості (20-25% від номінальної), і не завжди здатний забезпечити необхідні пускові характеристики. Системи АВК з послідовним збудженням не забезпечують необхідну для механізмів конвеєрного типу підвищену здатність до перевантаження [3].

В даний час для керування асинхронним електродвигуном з фазним ротором використовують переважно параметричні системи управління. Всі вони мають такі недоліки: значні втрати енергії в процесі пуску на реостатах, міжвиткове коротке замикання в роторному колі внаслідок перенапруги (характерно для імпульсних систем регулювання), низький коефіцієнт потужності [4].

Пропонована система електроприводу реалізує параметричний спосіб пуску асинхронного електродвигуна шляхом включення обмотку ротора індукційного опору. Її особливістю є введення у ланку постійного струму проти ЕРС інвертора, що є притаманним каскадному управлінню АД з ФР.

У ротор асинхронного двигуна включається дволанковий перетворювач частоти, виконаний з урахуванням автономного інвертора напруги. До трифазного виходу перетворювача частоти підключається індукційний частотно залежний опір.

На рисунку 1 приведена схема електрична функціональна пропонованого електроприводу на базі АД з ФР.

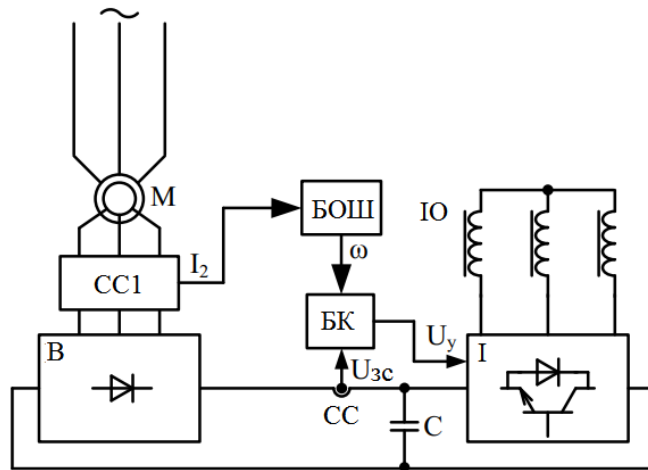


Рис. 1. Схема електрична функціональна електропривода з частотно-параметричним регулятором в колі ротора

Система управління інвертором (див. рисунок 2) являє собою двоконтурну систему підпорядкованого регулювання зі зворотними зв'язками за швидкістю та струмом, що містять коригування струму завдання, що є зворотним зв'язком для контуру завдання вихідної частоти інвертора.

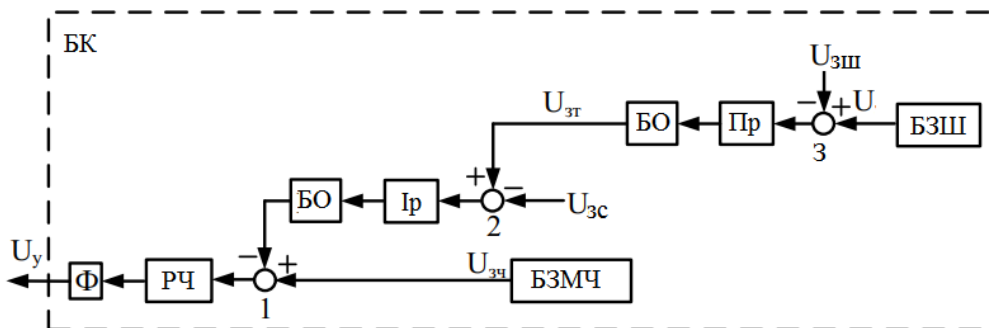


Рис. 2. Структурна схема блоку керування електропривода

Електропривод містить: асинхронний електродвигун з фазним ротором (М), сенсор струму в колі ротора (СС1), некерований мостовий діодний випрямляч (В), конденсатор у ланці постійного струму

(С), сенсор струму (СС), автономний інвертор напруги (І), блок управління ключами інвертора (БК), блок обчислення швидкості (БОШ), частотно-залежний індукційний опір (ІО).

Блок керування містить: блок завдання швидкості (БЗШ), блок завдання максимальної частоти (БЗМЧ), регулятор швидкості П-типу (Пр), регулятор струму І-типу (Ір), блоки обмеження (БО), регулятор частоти (РЧ), функціональний перетворювач (Ф), суматори (1,2,3).

По мірі розгону електродвигуна ЕРС наводиться в обмотці ротора зменшується внаслідок зменшення ковзання. Система управління, прагнучи підтримати сталість струму, що протікає у ланці постійного струму, починає знижувати завдання на вихідну частоту інвертора, впливаючи на комплексний опір індукційного опору і зменшуючи опір його магнітної системи. Темп розгону електроприводу визначається шляхом зміни коефіцієнта І-регулятора струму. Після досягнення двигуном швидкості близької до швидкості на природній характеристиці, вихідна частота інвертора встановлюється в 0, що відповідає постійному відкриттю двох напівпровідникових ключів інвертора. Один в анодній групі, інший у катодній. При переході на знижену швидкість система управління починає збільшувати вихідну частоту інвертора до досягнення електродвигуном необхідної швидкості.

### Висновки

Запропонована схема електропривода дозволяє реалізувати плавний пуск електродвигуна із заданим обмеженням пускового моменту до необхідної швидкості. Підтримуючи постійним струм у ланці постійного струму, система управління забезпечує стабілізацію пускового моменту.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Beshta O.S. Electric drives adjustment for improvement of energy efficiency of technological processes, Scientific Bulletin NSU, 2012, Vol. 4, pp. 98-107. The original source of material: <http://nv.nmu.org.ua/index.php/ru/component/jdownloads/finish/34-04/530-2012-4-beshta/0>.

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. Автоматизований електропривод ч. 2 [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів освітньої програми «Електромеханічні системи автоматизації, електропривод та електромобільність» спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / В.І. Теряєв. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 204 с.

**Роман Сергійович Димидюк** — 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.

**Думудюк Роман S.** — 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.