



KAPITEL 3 / CHAPTER 3³ EFFICIENCY OF THE DRIVE ELECTRIC MOTOR DURING ITS WORK

DOI: 10.30890/2709-2313.2024-31-00-031

Вступ

В умовах сучасного виробництва велика увага приділяється проблемі зниження коефіцієнта корисної дії (ККД) при роботі електродвигуна, підвищення енергоефективності електроприводів механізмів різного класу,

За останні роки відбулися суттєві якісні зміни в області приводних двигунів база яких появляються напівпровідникових перетворювачів, а також в області автоматизації управління. Значно підвищився обсяг завдань, що вирішуються системами керування, а також можливість нового функціонала ускладнився двигунів характеристики, що дозволило розширити технологічні можливості, спростити управління ними, що в кінцевому підсумку призвело до підвищення продуктивності праці в основних і допоміжних операціях.

Застосування одиночного і багато машинного приводу дозволяє вирішувати достатньо велику кількість проблем, а саме регулювати швидкість окремих механізмів завдяки знаходженню фізичних величин, змінювати швидкість двигуна. При цьому виникає необхідність в одержанні штучних механічних характеристик, двигун стає невід'ємною частиною виробничого механізму.

Данна наукова робота присвячена знаходженню коефіцієнта корисної дії електродвигуна підчас його роботи у будь який момент часу його роботи. Також вирішується питання визначення миттєвої потужності на певному проміжку часу.

Актуальність даної теми зумовлена необхідністю постійного контролю стану електропривода з метою забезпечення його ефективної роботи.

Об'єктом дослідження є процес вимірювання, розрахунку та контролю значення коефіцієнта корисної дії електропривода.

Предметом дослідження є математичний апарат для опосередкованого визначення коефіцієнта корисної дії електропривода за даними електричних

³Authors: Moshnoriz Mykola Mykolayovych



параметрів двигуна та параметрів механізму.

Мета роботи: підвищити ефективність роботи електропривода змінного струму в процесі роботи за рахунок контролю значення коефіцієнта корисної дії.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Проаналізувати інформацію про коефіцієнт корисної дії (ККД) електричної машини. Методи визначення ККД електричних машин.
2. Розвинути метод визначення ККД електричного двигуна в процесі його роботи.
3. Розробити структурну схему засобу для визначення ККД електричного двигуна в процесі його роботи.
4. Провести експеримент і оцінити адекватність запропонованого методу.

Наукова новизна: отримав подальший розвиток метод визначення ККД електричного двигуна, який на відміну від відомих дозволяє визначати миттєве значення ККД електричного двигуна, що дозволяє оцінити ефективність його роботи.

Практичне значення отриманих результатів: запропоновано структурну схему пристрою вимірювання ККД електричного двигуна змінного струму, який на відміну від відомих дозволяє визначати миттєве значення ККД.

Достовірність теоретичних положень наукової роботи підтверджується строгістю постановки задач, коректним застосуванням математичних методів під час доведення наукових положень, строгим виведенням аналітичних співвідношень, порівнянням результатів, отриманих за допомогою розроблених у роботі методів, з відомими, та збіжністю результатів математичного моделювання з результатами експерименту.

Особистий внесок здобувача. Автором самостійно розроблено підхід до імітації роботи електропривода і отримання його енергетичних характеристик згідно з запропонованого підходу.

Основна частина

Відомо, що коефіцієнт корисної дії будь якої технічної системи дорівнює відношенню корисної роботи системи до затраченої. У випадку



електромеханічної системи можна співставляти замість роботи величину потужності на виході системи, до потужності, яка подається на вхід системи. Якщо розглянути електропривод, то корисною буде механічна потужність, що забезпечує виконання механізмом передбачених функцій. Затраченою при цьому буде електрична потужність, що прикладається до електричного двигуна. У тяговому електроприводі корисна потужність забезпечує приведення в дію транспортного засобу, його роботу в певному режимі, розгін, гальмування тощо. Затрачена потужність споживається електроприводом з контактної мережі.

Джерело: [1-5]

В процесі роботи коефіцієнт корисної дії електропривода змінюється залежно від режиму роботи і погіршується в процесі старіння системи. Тому важливим є питання оцінки його значення в процесі роботи електропривода.

Існує ряд методів визначення електромеханічних параметрів (ЕМП) двигуна (ТД) (рисунок 1).



Рисунок 1 – Методи визначення ЕМП ТД

Джерело: [4-5]

Серед запропонованих методів пропонуємо скористатися методом безпосереднього визначення ЕМП ТД в процесі його роботи під навантаженням. Це єдиний метод, який дозволяє отримати показники ефективності електропривода в процесі його роботи без виведення двигуна з експлуатації та



зупинки механізму. Слід зауважити, що застосування даного методу на практиці ускладнене необхідністю встановлення сенсора механічного моменту системи.

На рисунку 2 подамо спрощену функціональну схему процесу вимірювання ККД ТД.



Рисунок 2 – Спрощена функціональна схема процесу вимірювання ККД ТД

Джерело: [5]

На схемі зображено процес розрахунку ККД ТД з отриманням інформації про спожиту електроприводом потужність, його швидкість обертання та момент навантаження на валу.

Зі схеми визначення ККД електродвигуна можна зробити висновок, що для цього необхідно сумістити процедури визначення швидкості обертання валу двигуна, спожитої двигуном електричної потужності та визначення моменту на валу двигуна.

Визначення частоти обертання електричного двигуна може виконуватися різними способами. Класифікація цих способів зображена на рисунку 3.

Визначення моменту обертання електричного двигуна може виконуватися різними способами. Класифікація цих способів зображена на рисунку 4.

Для перевірки працездатності запропонованого способу визначення ККД електродвигуна в процесі його роботи розглянемо випадок багатодвигунного електропривода.

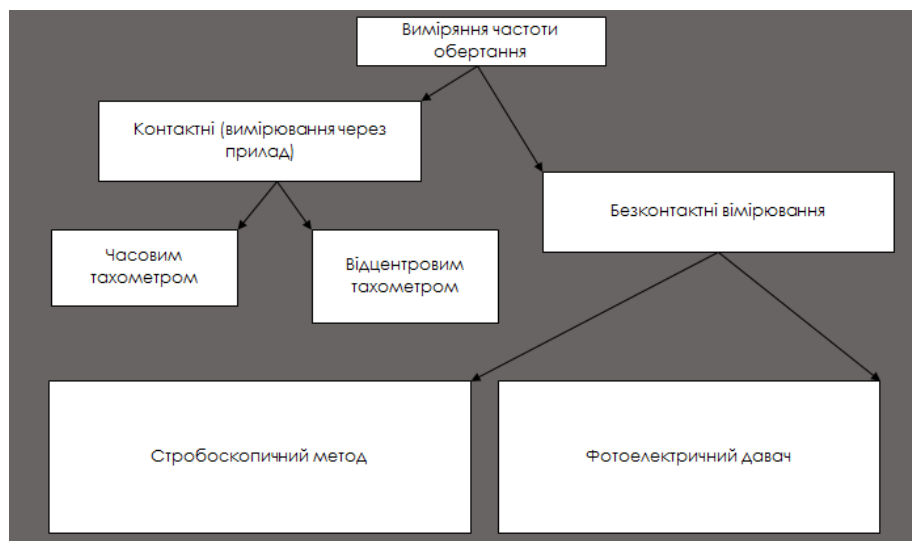


Рисунок 3 – Класифікація способів визначення частоти обертання електричних двигунів

Джерело: [5]

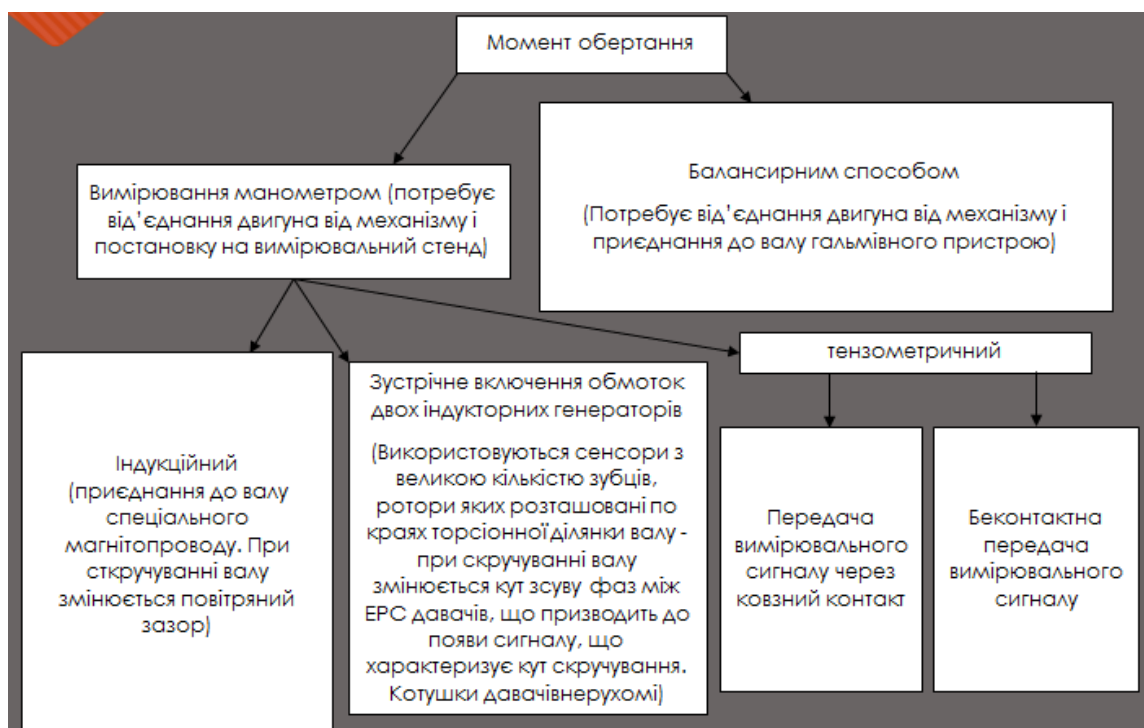


Рисунок 4 – Класифікація способів визначення моменту обертання електричних двигунів

Джерело: [5]

Структурна схема механізму з чотиридвигунним електроприводом зображена на рисунку 5.

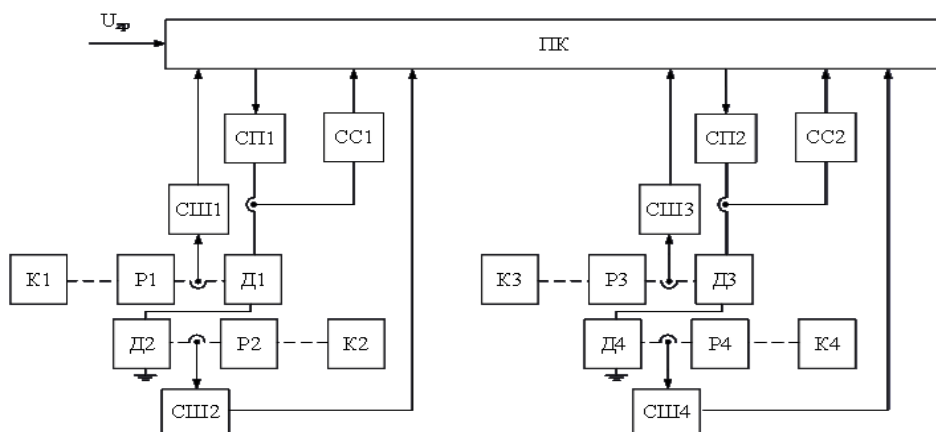


Рисунок 5 – Структурна схема механізму з чотирьохдвигунним електроприводом

Авторська розробка

На схемі зображено чотири двигуни Д1-4, редуктори Р1-4 та сенсори моменту навантаження К1-4. Двигуни попарно живляться від силового перетворювача СП1-2. Значення струму споживання визначається сенсорами струму СС1-2, а значення швидкості двигунів – сенсорами швидкості СШ1-4. Силowymi перетворювачами керує пристрій керування ПК.

Розглянемо модель одного двигуна постійного струму послідовного збудження (рисунок 6).

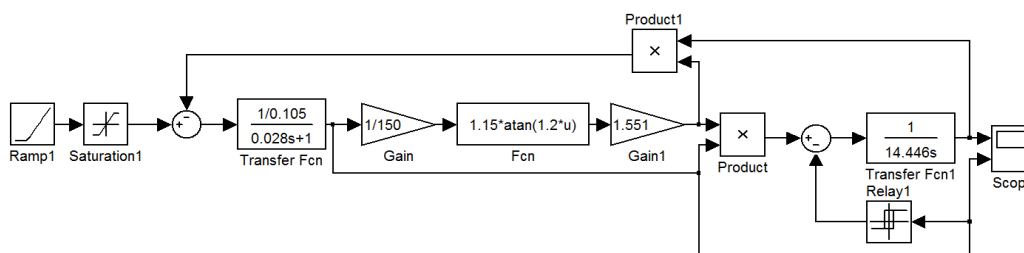


Рисунок 6 – Комп’ютерна модель одного тягового електропривода при плавній зміні напруги живлення

Авторська розробка

Графіки перехідних процесів двигуна подано на рисунку 7.

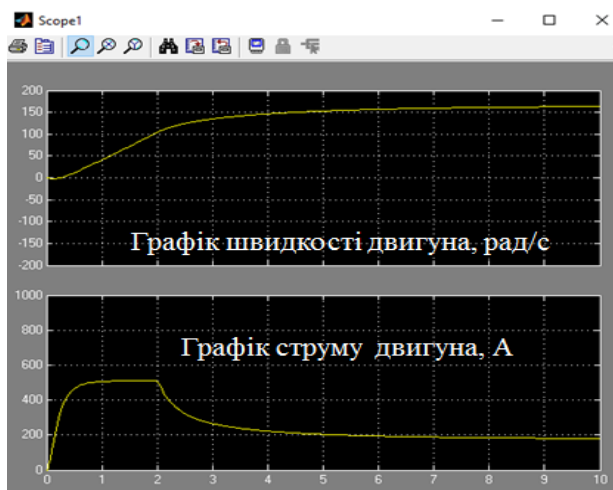


Рисунок 7 – Графіки перехідного процесу швидкості та струму двигуна постійного струму при пуску на номінальне реактивне навантаження

Авторська розробка

Доповнимо модель двигуна пристроєм визначення його ККД. Процес визначення його ККД можна зобразити блоками арифметичних операцій множення та ділення (область, виділена штриховою лінією).

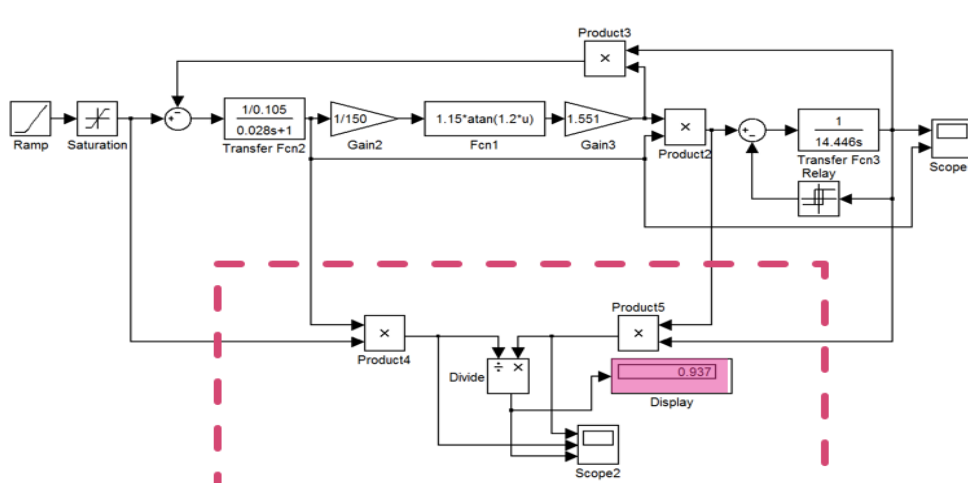


Рисунок 8 – Модель однодвигунного електропривода на основі двигуна постійного струму послідовного збудження з визначенням ККД

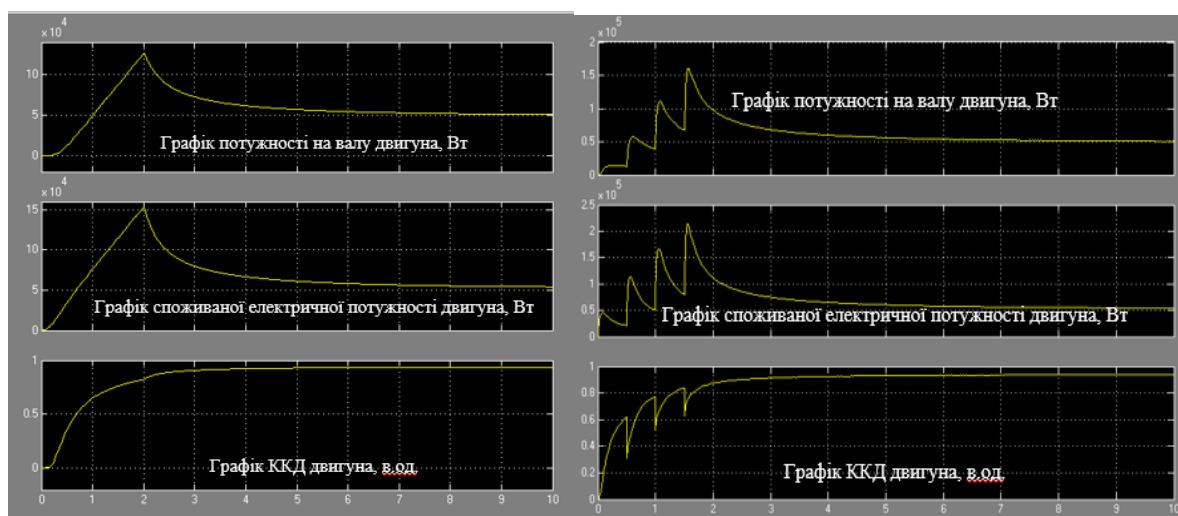
Авторська розробка

За результатом моделювання системи при роботі на номінальне навантаження протягом 10с отримано, що ККД двигуна буде дорівнювати 93,7%, що не відрізняється від паспортного значення більше, ніж на 5%.

Якщо промоделювати роботу електропривода під час рівномірного розгону



шляхом зміни напруги живлення та ступеневого розгону під час зміни опору пускового реостату, то отримуємо графіки ККД (рисунок 10).



а)прямий пуск

б)реостатний пуск

Рисунок 10 – Графіки перехідних процесів електропривода під час рівномірної зміни напруги живлення (а) та ступеневої зміни опору пускового реостату (б)

Авторська розробка

За результатами моделювання можна оцінити характер зміни ККД електропривода під час плавної зміни напруги живлення та ступеневої зміни опору пускового реостату. Можна зробити такі висновки:

- амплітудні значення спожитої енергії менші на 15-25% при плавній зміні напруги живлення двигуна відносно ступеневої зміни опору пускового реостату;
- значення ККД електричного двигуна змінюється за експоненціальним законом, причому на кожному ступені пускового реостату ККД зменшується до 50% від номінального;
- у будь який момент часу можна оцінити значення ККД ТД і на основі цього зробити висновок про ефективність його роботи.

Отже, запропонований підхід дозволяє визначати ККД електромеханічної системи в процесі її роботи, на основі чого можна зробити висновок про ефективність її роботи в поточний момент часу.



Висновки

1. Розроблено підхід до опосередкованого визначення коефіцієнта корисної дії електропривода, який на відміну від відомих дозволяє отримати миттєве значення енергетичної ефективності роботи і оцінити якість керування системою за показником економічної ефективності.

2. Запропонований підхід дозволить виявити тенденцію до погіршення техніко-економічних показників приводу і спрогнозувати його несправність або момент, коли з причини зношення вузлів, робота приводу буде вкрай неефективною.

3. Запропонований підхід апробовано шляхом комп'ютерного моделювання, в результаті чого підтверджено правдивість суджень.