

МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВЕНТИЛЬНИМ ДВИГУНОМ З ПІДВИЩЕНОЮ ЖИВУЧІСТЮ

Трихлєб А.С. – гр. БЕМ-17, студент, *jierpontuq@gmail.com*

Шинкаренко В.В. – гр. БЕМ-17, студент, *valiks152@gmail.com*

Павленко В.М. – к.т.н., доц., *pavlenko.vm@knutd.edu.ua*

Київський національний університет технологій та дизайну

Синтезована математична модель трифазного синхронного двигуна зі збудженням від постійних магнітів, що дозволяє досліджувати робочі і перехідні режими двигуна. Розроблено імітаційну модель, що дозволяє досліджувати перехідні режими в вентильному електроприводі. Розраховані характеристики системи регульованого електроприводу

A mathematical model of a three-phase synchronous motor with excitation from permanent magnets is synthesized, which allows to study the operating and transient modes of the motor. A simulation model has been developed that allows to study transient modes in a valve electric drive. The characteristics of the adjustable electric drive system are calculated

Вступ. Для виробничих об'єктів, що вимагають підвищеної живучості електроприводу, розвиток напівпровідникових перетворювачів сприяв використанню в даній сфері вентильного електроприводу. На сьогоднішній день, застосування вентильного електроприводу стає все більш затребуваним завдяки високим показникам ККД, коефіцієнта потужності і широкого діапазону регулювання. Все це дозволяє використовувати даний електропривод в багатьох сферах промисловості таких як космічна, медична, ВПК тощо.

Вентильний електропривод є електромеханічною системою, до складу якої входять синхронна машина, з збудженням від постійних магнітів, система електричних ключів (вентилів), яка забезпечує живлення обмоток статора, і система управління інвертором, оснащеної давачами положення ротора і давачами струму.

Постановка проблеми. Метою є розрахунок і вибір приводного двигуна, математичне моделювання вентильного двигуна. В даному дослідженні вентильний двигун застосовується в системі електроприводу, призначеного для управління відцентровим насосом. В роботі розглядається імітаційна модель спроектованої машини в середовищі

MatLab Simulink, яка дозволяє змоделювати параметри роботи даного двигуна і вивчити його роботу в реальних умовах.

Результати дослідження. Розроблюваний електропривод повинен мати ряд параметрів і конструктивних особливостей:

- відсутність щітково-колекторного вузла;
- високий пусковий момент;
- широкий діапазон регулювання;
- тривалий режим роботи;

Такий параметр як «відсутність щітково-колекторного вузла» значно знижує коло потенційних типів електроприводів. Вибір зводиться до двох типів двигунів: асинхронний з короткозамкненим ротором і вентильний. Асинхронний двигун, в порівнянні з вентильним має ряд недоліків, таких як:

- високі значення пускових струмів;
- висока кратність пускових струмів до номінальних, при високому пусковому моменті;
- при штучному зниженні значень пускового струму значно зменшується пусковий момент.

Виходячи з цього, для подальшого дослідження обрано електропривод з вентильним двигуном.

До основних переваг можна віднести:

- точність позиціонування, швидкодія;
- високий діапазон регулювання частоти обертання (1: 10000 і більше);
- відсутність щітково-колекторного вузла, що вимагає періодичного обслуговування;
- високі енергетичні показники;
- велика перевантажувальна здатність по моменту;
- порівняно низька теплонавантаженість;
- можливість управління без використання датчика положення ротора. недоліки:
 - складна система управління щодо інших типів електроприводу;
 - висока ціна, внаслідок використання складної електронної системи управління;

Але, при регулюванні швидкості обертання валу з використанням векторного управління використання будь-якого з існуючих типів електродвигунів тягне за собою застосування дорогої електронної системи управління.

Розрахунок характеристик системи регульованого електроприводу PEOR 180 M4 компанії VEM motors GmbH та насосу Calpeda NM 40/16A/C за умов роботи у парі з перетворювачем частоти з широтно-імпульсним методом управління ПЧ фірми «SINAMICS» PM230 та перевірка необхідних умов:

$$Q_{\text{на}} = 0,065 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\text{Натиск } H = 25 \text{ м}$$

$$\text{швидкість обертання валу } n = 1450 \text{ об / хв}$$

$$\text{ККД насосу } \eta_{\text{на}} = 0,75$$

$$\text{ККД передачі } \eta_{\text{п}} = 1$$

$$\text{щільність рідини, що перекачується } \rho = 1000 \text{ кг/м}^3$$

$$\text{коефіцієнт запасу } K_3 = 1,2$$

Знайдемо синхронну кутову швидкість обертання двигуна:

$$\omega_c = \frac{\pi \cdot n_c}{30}$$

$$\omega_c = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157,07 \text{ рад/с}$$

Номінальне значення моменту двигуна:

$$M_H = \frac{p_H}{\omega_H}$$

$$M_H = \frac{22000}{157,07} = 140,06 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

При номінальній напрузі мережі живлення максимальний момент двигуна визначається за формулою:

$$M_{\text{max}} = k_{\text{max}} M_H$$

$$M_{\text{max}} = 1,25 \cdot 140,06 = 175,08 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Номінальна ЕРС двигуна:

$$E_{1H} = 0,95 \cdot U_H$$

$$E_{1H} = 0,95 \cdot 337,25 \text{ В}$$

Рівняння кутової характеристики синхронного двигуна:

$$M(\theta) = \frac{3 \cdot U_H \cdot E_{1H}}{\omega_0 \cdot X_1} \sin \theta$$

$$M(\theta) = \frac{3 \cdot 355 \cdot 337,25}{157,07 \cdot 13,04} \sin \theta = 175,36 \sin \theta \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Кутова характеристика, побудована відповідно до отриманого виразу представлена на рис 1.

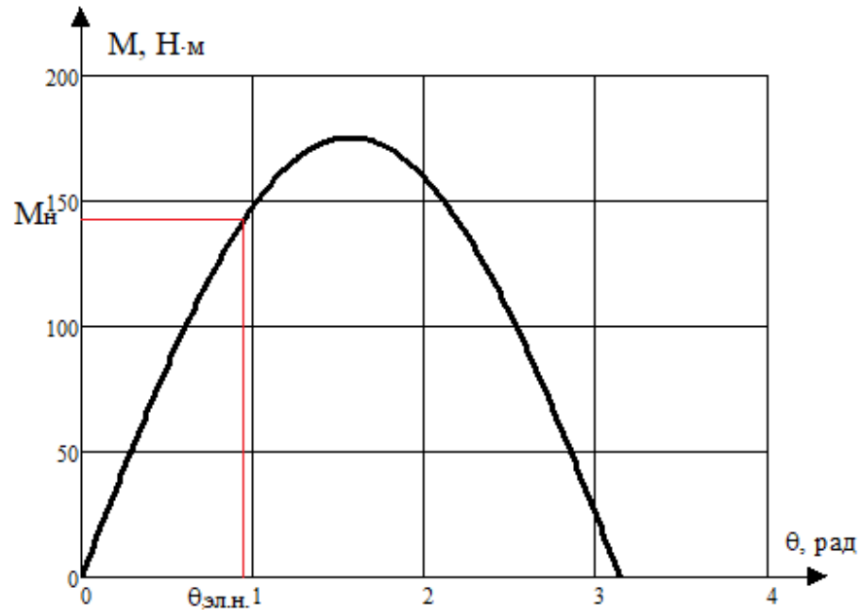


Рисунок 1 - Кутова характеристика

Статична механічна характеристика синхронного двигуна має форму прямої лінії, паралельної осі моментів, і перетинає вісь ординат в точці, що відповідає номінальній швидкості обертання

Механічна характеристика представлена на рис 2.

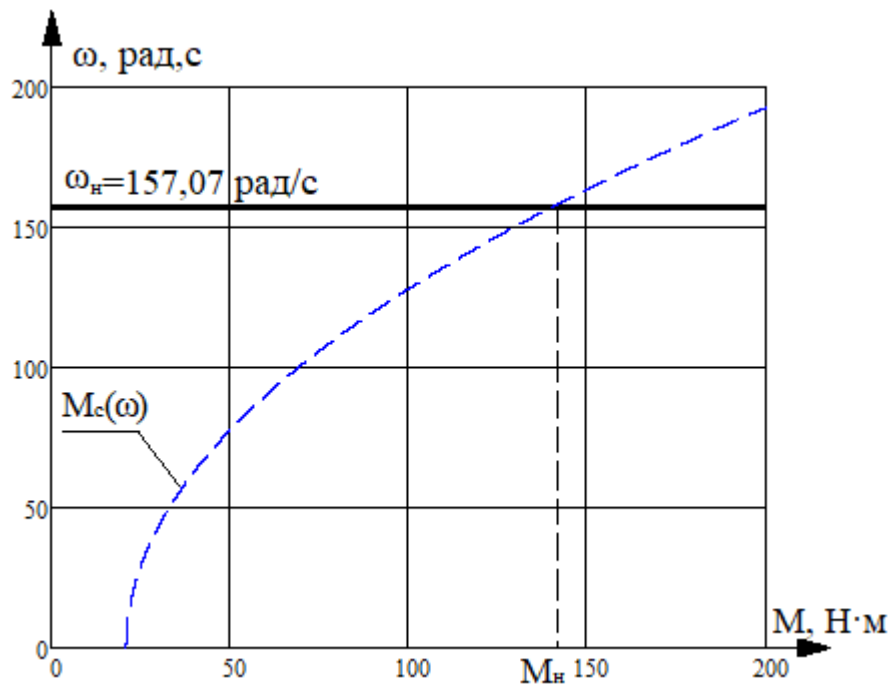


Рисунок 2 - Механічна характеристика

Механічна характеристика приводного механізму задається виразом:

$$M_c(\omega) = 0,15 \cdot M_H + 0,85 \cdot M_H \cdot \left(\frac{\omega}{\omega_H}\right)^2$$

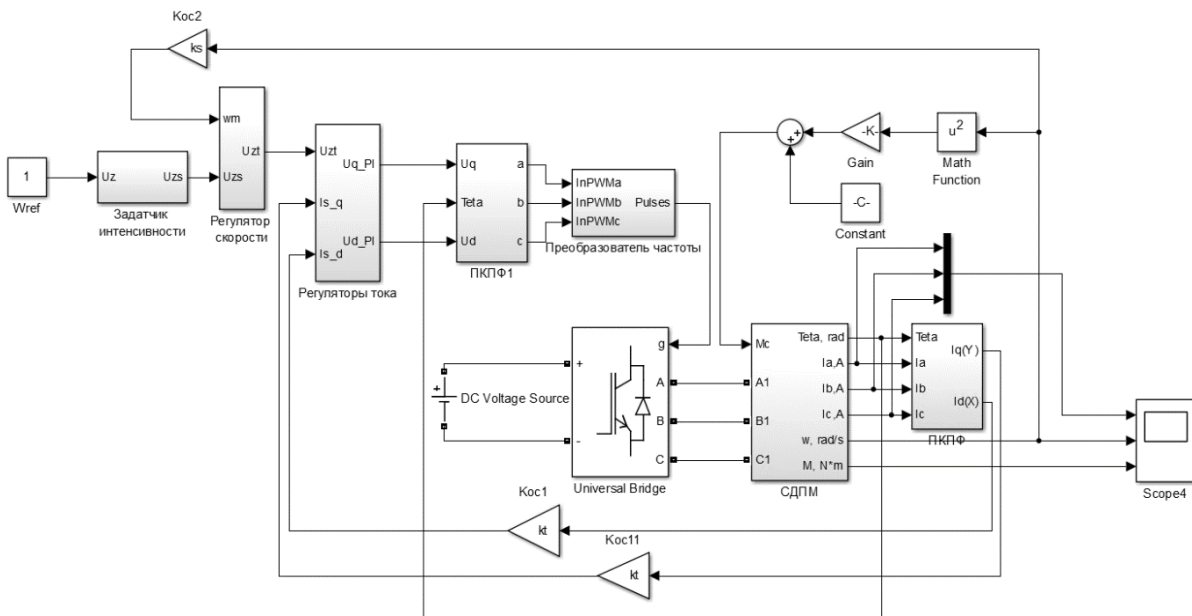
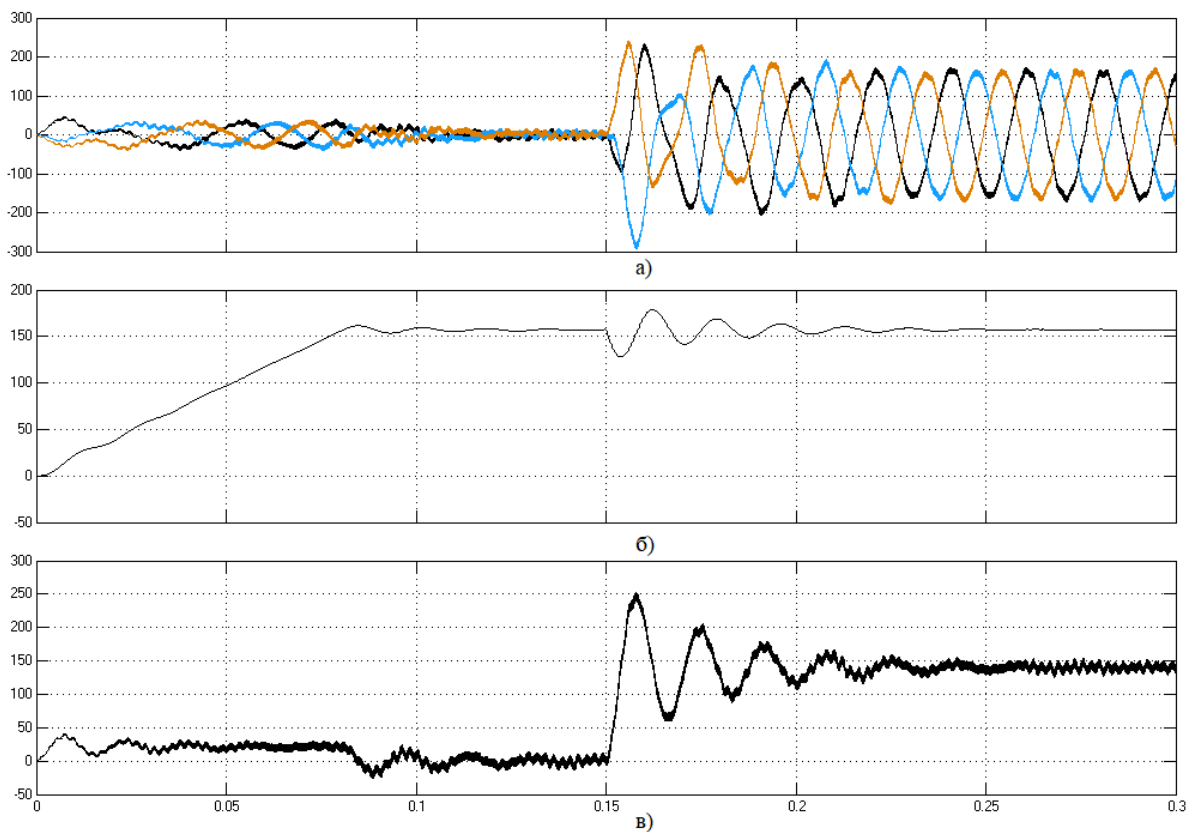


Рисунок 3 - Імітаційна модель ВД.

На рис 4 представлені графіки перехідних процесів швидкості, моменту і струму вентильного двигуна при пуску і подальшому набірні навантаження.



*Рисунок 4 - Графіки перехідних процесів а) струму; б) частоти обертання
в) моменту вентильного електроприводу при пуску і набиранні*

Набирання навантаження в реальному електроприводі не відбувається. Дане дослідження необхідно для перевірки адекватності зібраної в MATLAB імітаційної моделі вентильного електроприводу. Номінальний момент накладається в момент часу $t = 0.15\text{c}$ і відповідає номінальній швидкості електроприводу. Швидкість холостого ходу відповідає синхронній швидкості обертання за вирахуванням втрат, що означає відповідність нормальному режиму роботи моделі і дозволяє зробити висновок про вірність зібраної моделі.

Найважчий режим роботи асинхронного двигуна - пуск, але використання задатчика інтенсивності дозволяє уникнути кидки струму і пускового моменту. Іншим найбільш важким режимом є наброс номінального навантаження, який супроводжується кидком струму до 250 А і великими коливаннями моменту.

Пуск під номінальним навантаженням буде відбуватися ще з більш великим пусковим струмом, але в реальному установці цього не відбувається.

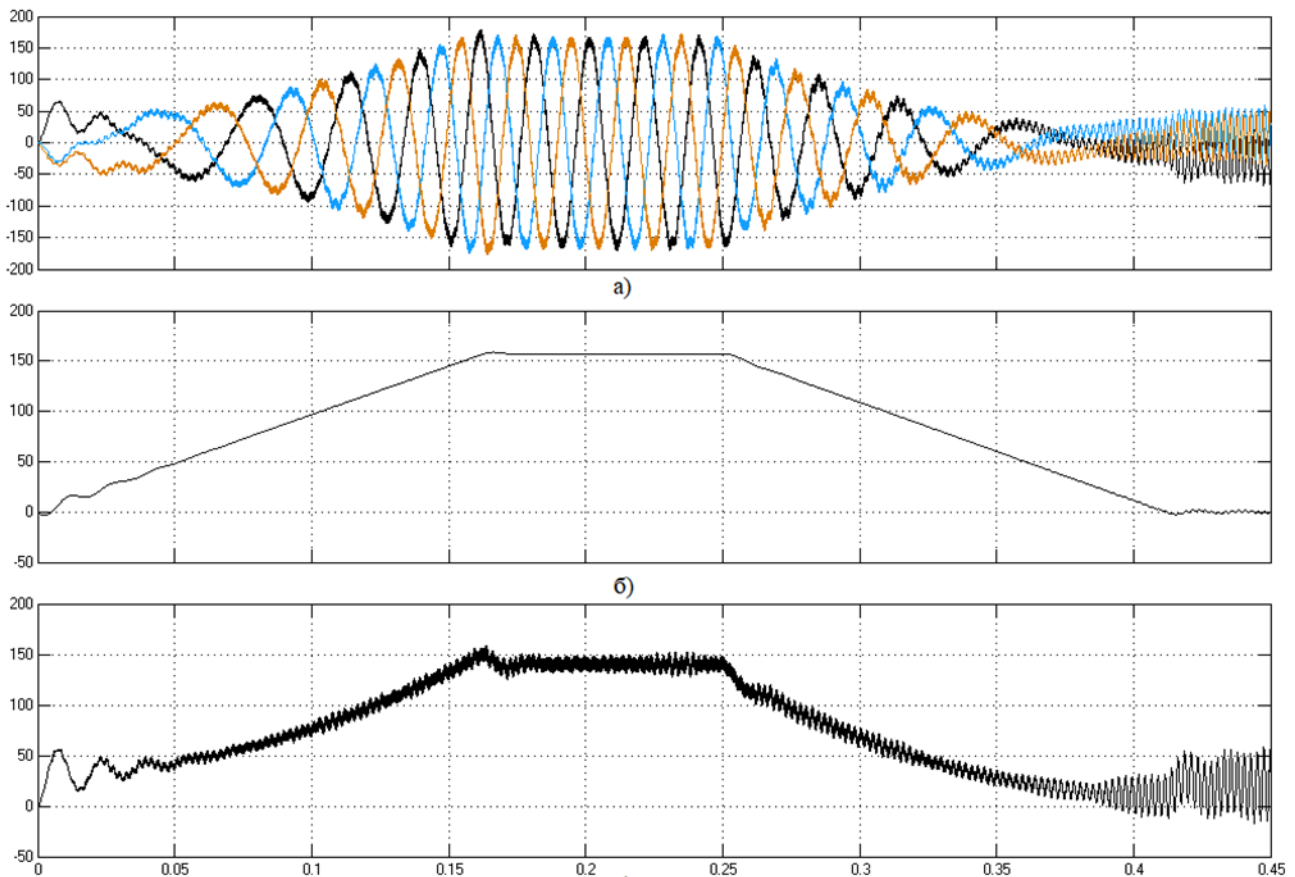


Рисунок 5 - Графіки перехідних процесів а) струму; б) частоти обертання; в) моменту вентиляторного електроприводу при пуску і гальмуванні під вентиляторної навантаженням.

Навантаження буде зростати в міру збільшення швидкості обертання, тобто є вентиляторною. Тому пуск під номінальним навантаженням в даній роботі не розглядається. Гальмування вибігом займає порівняно довгий час і супроводжується стрибком моменту. Тому було прийнято рішення здійснювати гальмування поступовим зменшенням частоти і напруги. Перехідні процеси моменту, швидкості і струму за цикл роботи (пуск, робота в номінальному режимі, гальмування) представлені на рис 5.

Спочатку розгону перехідний процес якісно збігається з процесом під час пуску і подальшому набиранні навантаження. Далі в міру розгону двигун виходить на номінальний режим роботи з моментом опору на валу $140 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Висновок. На основі диференціальних рівнянь, що описують роботу трифазного синхронного двигуна зі збудженням від постійних магнітів, була синтезована математична модель, що дозволяє досліджувати робочі і

перехідні режими двигуна. Розроблено імітаційну модель, що дозволяє досліджувати перехідні режими в вентильному електроприводі.

Список використаних джерел

1. Shane W. Colton Design and Prototyping Methods for Brushless Motors and Motor Control
2. Libor Prokop, Leos Chalupa 3-Phase BLDC Motor Control with Sensorless Back EMF Zero Crossing Detection Using 56F80x
3. Hazrimi Bin Omar Design of Driver Brushless Direct Current Motor(BLDC)
4. Електронний каталог [Електронний ресурс]: база даних містить відомості про СДПМ URL: https://www.vem-group.com/fileadmin/content/pdf/Download/Kataloge/Kataloge/pm_en.pdf
5. Електронний каталог [Електронний ресурс]: база даних містить відомості про насоси URL: <https://www.calpeda.co.th/PDF/industrial/NM.pdf>
6. Електронний каталог [Електронний ресурс]: база даних містить відомості про перетворювачі частоти URL: <https://www.mege.ru/upload/SIEMENS/docs/6SL3210-1NE31-1UL0.pdf>