

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧАСТОТНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА В СТАТИЧНИХ РЕЖИМАХ РОБОТИ

Розглянуто існуючі способи ефективного впровадження частотного електроприводу. Запропоновано схему стенду для дослідження системи «перетворювач частоти – асинхронний електродвигун» в статичних режимах роботи. Встановлено та запропоновано шляхи підвищення ефективності використання частотного електроприводу шляхом правильного вибору навантаження та режимів роботи двигуна.

The main methods of frequency drives effective implementation are examined. The diagram for experiments on the system «frequency inverter – asynchronous motor» in static modes is presented. The ways to increase efficiency of frequency drives implementation by right choosing its modes and loads are presented.

Постановка проблеми

Сучасний електропривод споживає до 60% всієї електроенергії, що виробляється для промисловості [1, с.23]. Проблема енергозбереження в електроприводі на даний час залишається актуальною.

Відомо також, що асинхронний електропривод споживає до 90% електроенергії, що споживається всіма видами електроприводів. Тому розробка способів оцінки та дослідження ефективності використання асинхронних двигунів в промисловості та побуті є дуже важливою.

На сьогоднішній день широкого використання в різноманітних галузях набувають системи «перетворювач частоти - асинхронний електродвигун» (ПЧ - АД), які дозволяють регулювати частоту обертання асинхронного двигуна в широких межах.

Силкові напівпровідникові пристрої, які складають основу частотного перетворювача, стають дешевшими та досконалішими, що в свою чергу сприяє їх широкому розповсюдженню. Очікується, що застосування системи ПЧ - АД дасть економію електроенергії в межах 10 – 70 % в залежності від типу навантаження та умов застосування.

Аналіз існуючих способів ефективного використання систем ПЧ – АД

За весь термін експлуатації двигун споживає електроенергію на суму, що більша у десятки а то і сотні разів, ніж початкова вартість двигуна - енергетична складова незрівнянно вища складової, пов'язаної з капітальними витратами, тому її оптимізація є особливо важливою та актуальною на даний час.

У [2] виділено декілька основних напрямків впровадження частотного приводу:

- у системах водопостачання, водовідведення, вентиляції тощо;
- у електросталеплавильному виробництві та інших енергоємних процесах;
- модернізація підйомно-транспортних механізмів (особливо енергоощадливим буде використання рекупративних частотних приводів).

Показано, що важливим аспектом керування асинхронним двигуном є можливість гнучкого керування напругою живлення. Цей метод дає високий відсоток економії у системах, де двигун працює у недовантаженому режимі (це конвеєри, помпи, вентилятори, компресори). Тому частотний перетворювач обов'язково повинен володіти такою можливістю для адекватної оцінки характеристик системи «частотний перетворювач - АД».

Порівнюються дві системи регулювання використовуючи закони подібності. Ця методика дозволяє привести порівняння двох систем з різними характеристиками. Середній відсоток економії досягає 50-60 % для мережі 380 В. Частотний привод дозволяє економити не тільки електроенергію, а і транспортовані продукти (наприклад воду) за рахунок зниження непродуктивних втрат.

В [3] висвітлені аспекти роботи регульованих асинхронних електроприводів при роботі на насосні навантаження. Автор стверджує, що типовим прикладом пристроїв з навантаженням, що зображене на рис. 1 є відцентрові насоси й вентилятори, чия механічна характеристика описується рівнянням квадратичної параболи. Невелике зниження швидкості електропривода може дати значний вигравш у потужності. Тому економія електроенергії є головною перевагою використання керованого електропривода для насосів і вентиляторів. При кожному виборі електродвигуна й перетворювача частоти повинен передувати етап аналізу характеру навантаження і його механічної характеристики.

Автор стверджує, що відповідно до теорії подібності максимум коефіцієнта корисної дії зі зменшенням частоти обертання дещо знижується й зміщується вліво. Якщо розглянути роботу агрегату для витрат, які менші за номінальні (вертикальні лінії А та В), то для цих режимів раціонально працювати на зниженій частоті обертання. У цьому випадку ККД насоса вищий, ніж при роботі на номінальній частоті обертання. Таким чином, зниження частоти обертання відповідно до технологічного навантаження дозволяє не тільки заощаджувати споживану енергію на виключенні гідравлічних втрат, але й одержати економічний ефект за рахунок підвищення коефіцієнта корисної дії самого насоса.

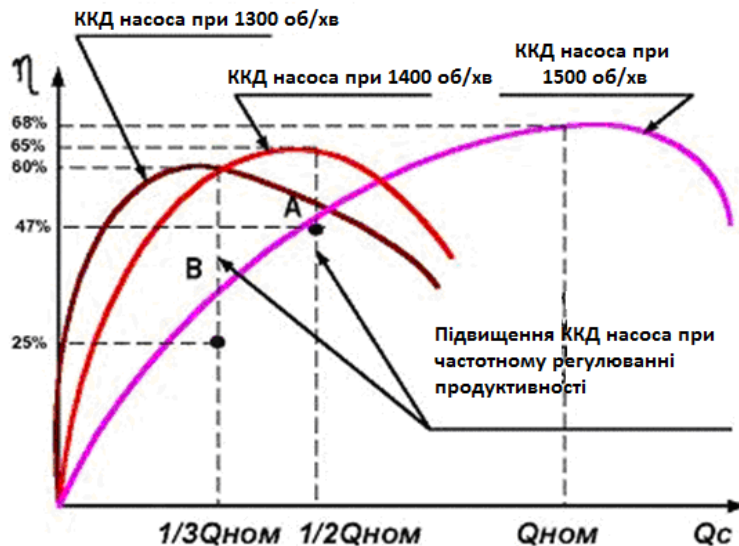


Рис. 1. Зміна ККД насосного агрегату з частотним регулюванням при зміні продуктивності

Виклад основного матеріалу

Структурна схема стенду для дослідження частотно-керованого асинхронного електроприводу в статичних та динамічних режимах представлена на рисунку 2.

Стенд побудований на основі перетворювача частоти японської фірми Mitsubishi FR-D720S-025-EC.

Програмне забезпечення для проведення експерименту розроблялося на базі мови програмування LabVIEW.

При проведенні досліджень всі необхідні параметри записуються програмно у кожний момент часу у файл табличного формату. Кожний стовпчик у цьому файлі - це окремий параметр, записаний для кожної ітерації циклу програми архівації результатів проведення експерименту. Серія таких файлів, отримана в результаті експериментів з різними частотами при різних законах керування може бути передана до математичного пакету MathCAD для подальшої апроксимації, побудови графіків та обробки результатів дослідів.

Дослідження статичних характеристик частотно-керованого асинхронного електродвигуна проводилися для двигуна типу АІР71А6 із застосуванням вище описаного програмного забезпечення для скалярного та векторного керування при робочих частотах у діапазоні від 10 до 100 Гц із кроком 10 Гц. Приклади експериментально-отриманих характеристик зображені на рисунках 3 - 7.

Штриховою лінією зображено результати дослідів, що проведені при скалярному керуванні, а суцільною - при векторному.

Аналіз результатів досліджень

При дослідженнях на частотах від 10 до 40 Гц векторне керування має перевагу: жорсткість механічної характеристики вища ніж при скалярному керуванні. При моментах навантаження, що складають половину критичного моменту при векторному керуванні, жорсткість механічної характеристики при скалярному законі керування дещо вища.

Зауважимо, що при частоті 50 Гц явну перевагу має скалярне керування - воно забезпечує найкращу жорсткість у всьому діапазоні навантажень та більший критичний момент.

При частотах, які вищі за 50 Гц жоден із законів керування не дає явних переваг - критичний момент падає прямо пропорційно заданій частоті обертання.

Аналізуючи робочі характеристики системи у вигляді залежності коефіцієнта потужності двигуна від корисної потужності на валу, можна сказати, що найвище значення коефіцієнта потужності зберігається при векторному керуванні у діапазоні номінальної потужності, причому коефіцієнт потужності зростає із зменшенням заданої частоти керування для діапазону частот від 10 до 50 Гц, а для діапазону від 60 до 100 Гц він падає. Максимальне значення коефіцієнта потужності становить близько 0,9 при частоті 10 Гц та потужності близько 50 Вт.

Розглядаючи коефіцієнт потужності системи як функцію корисної потужності на валу можна стверджувати, що на всьому діапазоні робочих потужностей він досягає значень від 0,6 до 0,75. При роботі на частотах від 60 до 100 Гц коефіцієнт потужності залишається майже однаковим в усьому діапазоні. На нижчих частотах явними перевагами володіє скалярне керування, яке дозволяє отримати вищий коефіцієнт потужності у діапазоні потужностей від низьких до номінальних. Отже, одною з явних переваг системи «перетворювач частоти - АД» є майже постійний коефіцієнт потужності системи у всьому діапазоні корисних потужностей та частот керування.

Векторне керування забезпечує менші струми двигуна на всьому діапазоні частот та потужностей порівняно із скалярним. Це якісно впливає на тепловий режим роботи двигуна.

ККД двигуна на частотах від 10 до 70 Гц при векторному керуванні вищий ніж при скалярному на

всьому діапазоні корисної потужності. На частотах, що нижчі за номінальні, максимальний ККД росте прямо пропорційно заданій частоті і досягає номінального значення.

Робоча характеристика у вигляді $M_2 = f(P_2)$ близька до лінійної в робочому діапазоні, що пояснюється жорсткістю механічної характеристики частотно-керованого АД.

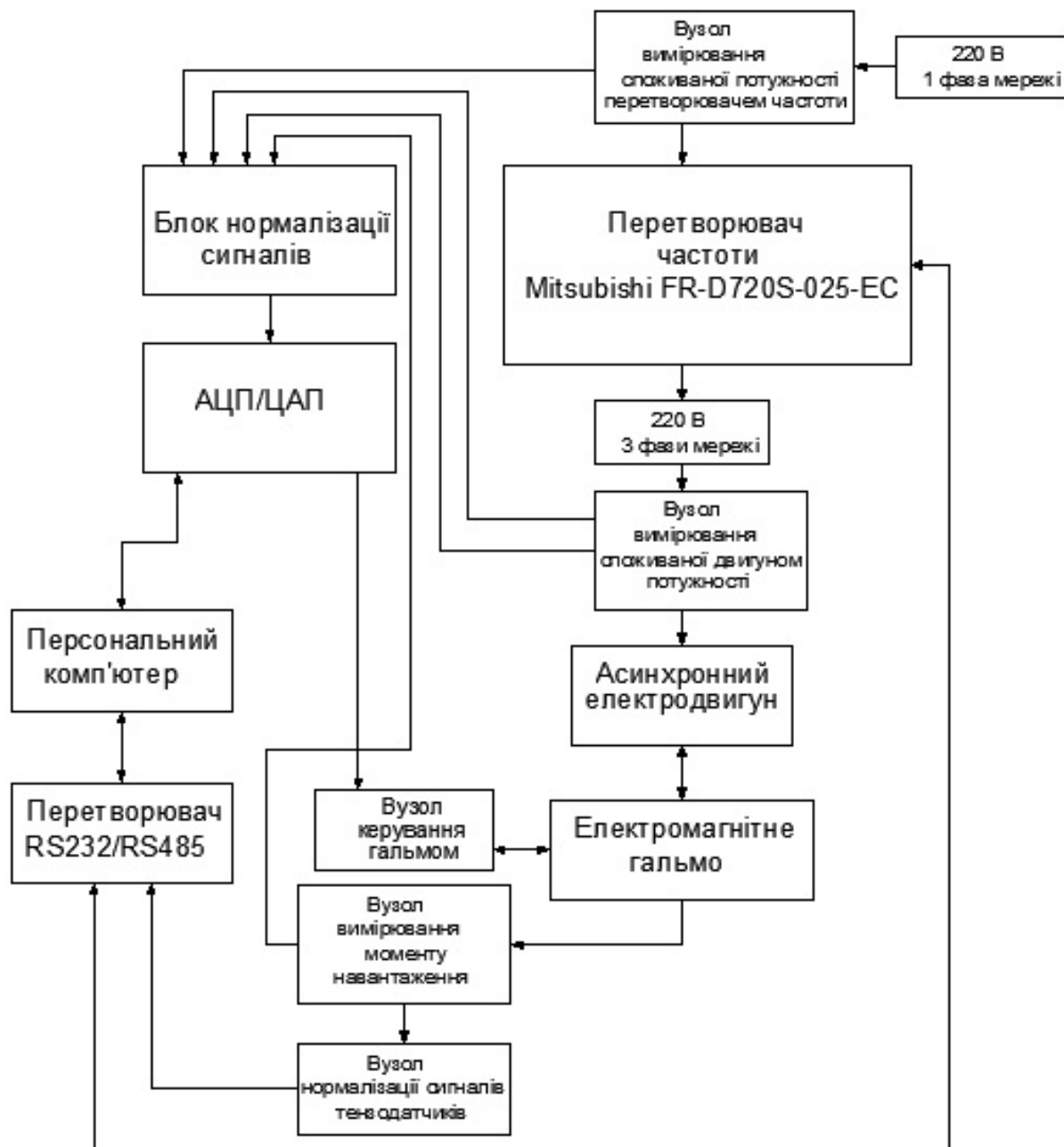


Рис. 2. Структурна схема стенду для дослідження частотно-керованого асинхронного двигуна

Отримані результати можна викласти у вигляді наступних положень та рекомендацій:

- розроблені засоби досліджень дозволяють за короткий час зняти всі механічні та робочі характеристики системи з частотно-керованим асинхронним двигуном у повністю автоматичному режимі. Стенд є універсальним та дозволяє досліджувати всі асинхронні двигуни з максимальною потужністю у 0,4 кВт та номінальним струмом до 3 А;

- встановлено, що для досягнення найкращого результату ефективного впровадження частотних перетворювачів недостатньо знати максимальний момент навантаження та задану частоту обертання, а необхідно проводити аналіз факторів, що впливають на характеристики;

- при розробці систем керування потрібно брати до уваги те, що існують режими роботи, ефективність яких є вищою ніж в номінальному режимі;

- для покращення ефективності при побудові системи керування слід передбачити можливість переключення керування з векторного на скалярний і навпаки;

- у побутовій та промисловій техніці впровадження частотного електроприводу дасть змогу підвищити ефективність роботи за рахунок зниження втрат при роботі у неномінальних режимах складових системи (наприклад зміна ККД компресора від його частоти обертання та тиску, що необхідно створити)

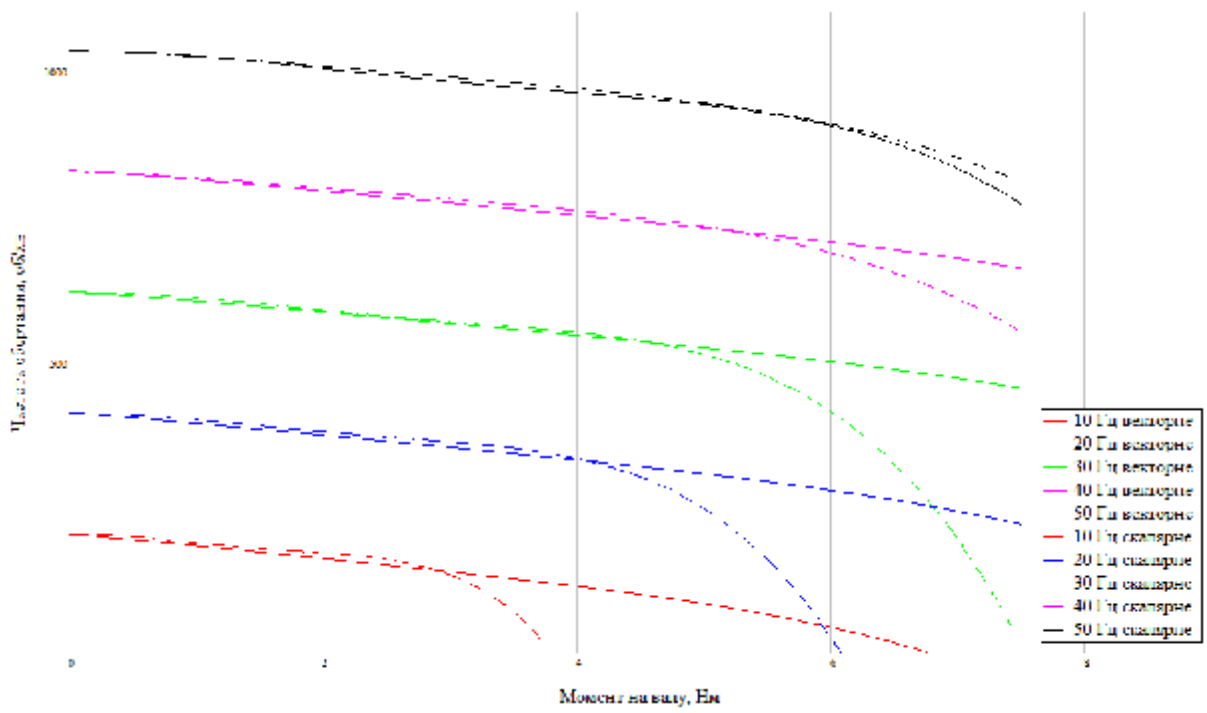


Рис. 3. Механічні характеристики двигуна при частотах від 10 до 50 Гц

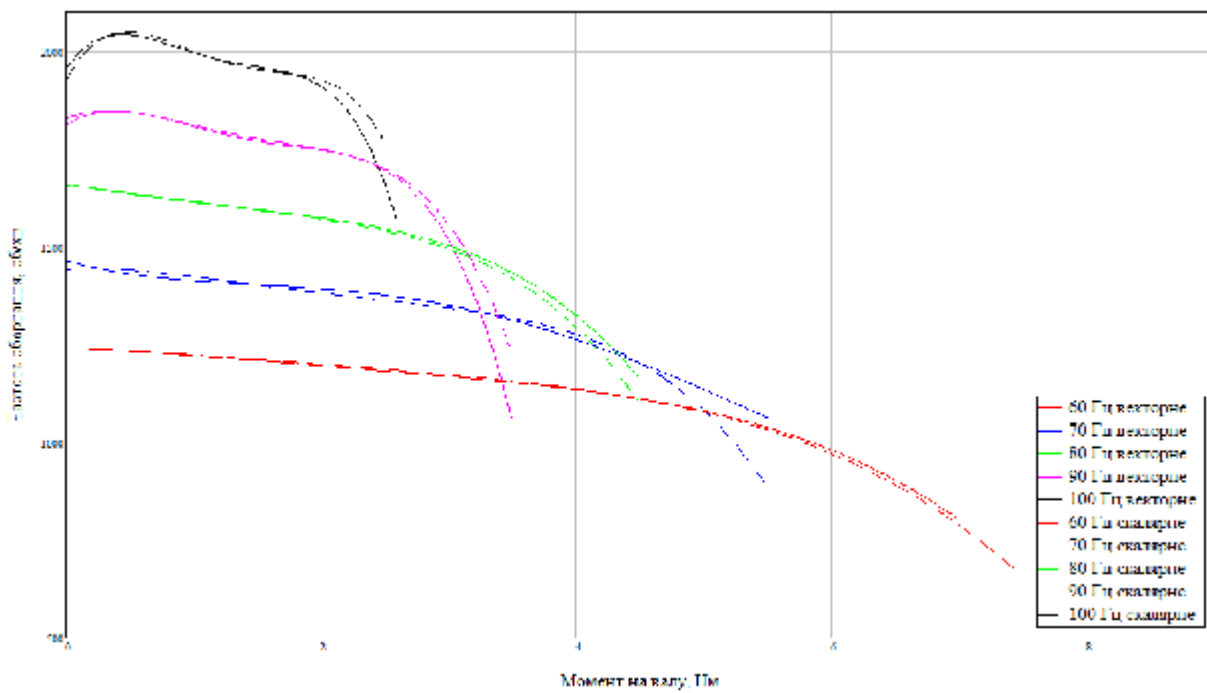


Рис. 4. Механічні характеристики двигуна при частотах від 60 до 100 Гц

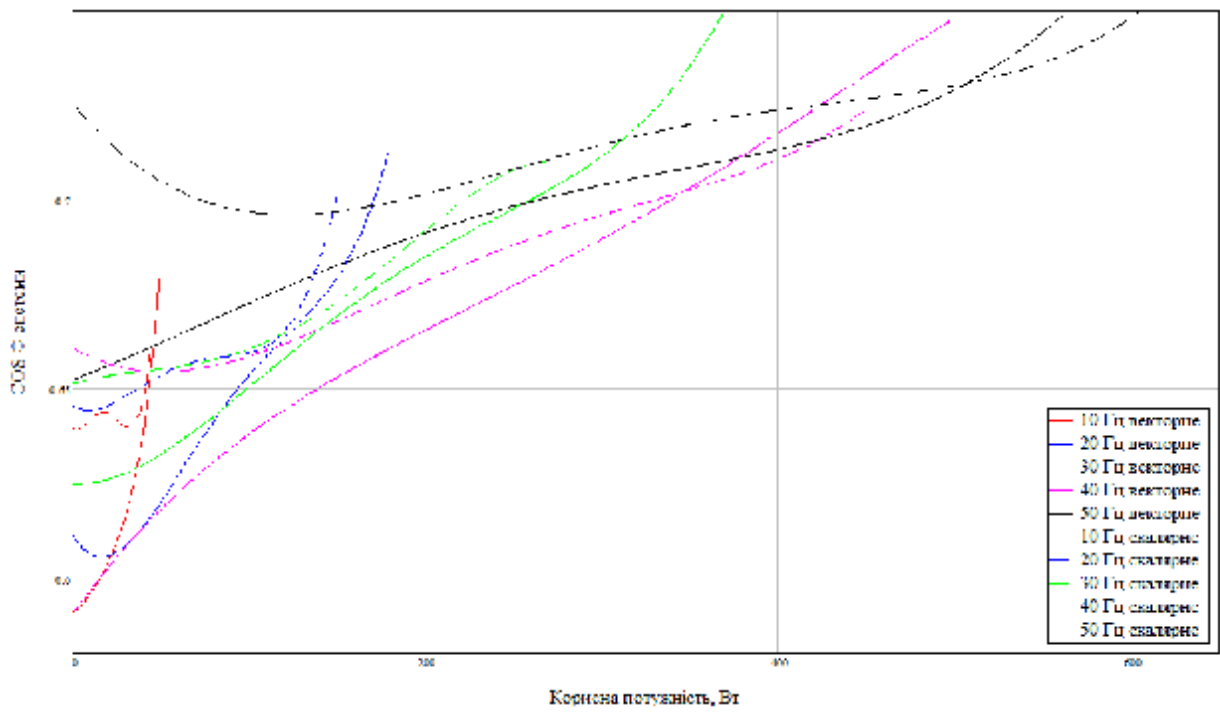


Рис. 5. Залежність коефіцієнта потужності системи від корисної потужності на валу при частотах від 10 до 50 Гц

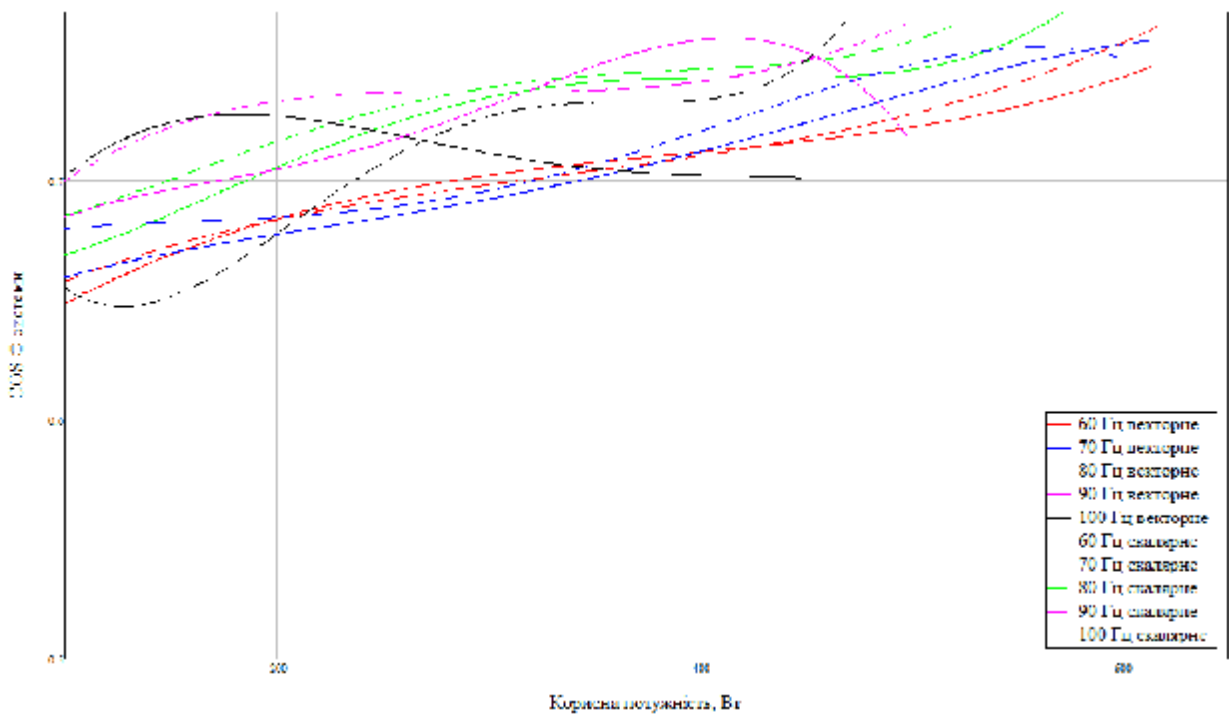


Рис. 6. Залежність коефіцієнта потужності системи від корисної потужності на валу при частотах від 60 до 100 Гц

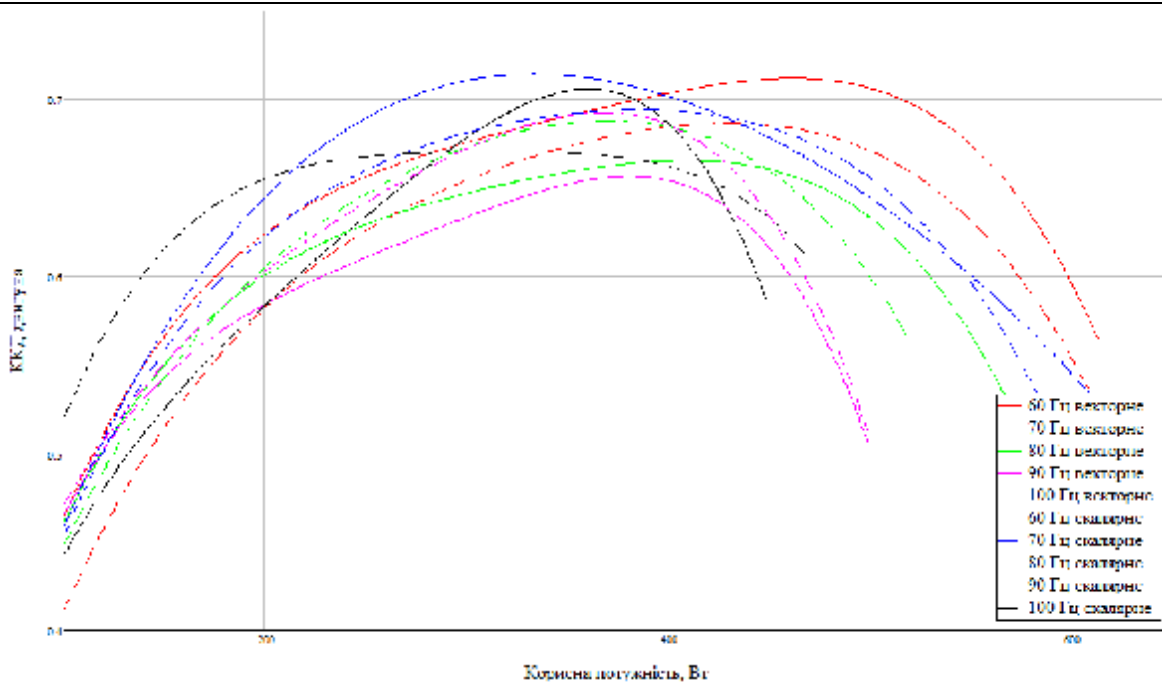


Рис. 7. Залежність ККД двигуна від корисної потужності на валу при частотах від 10 до 50 Гц

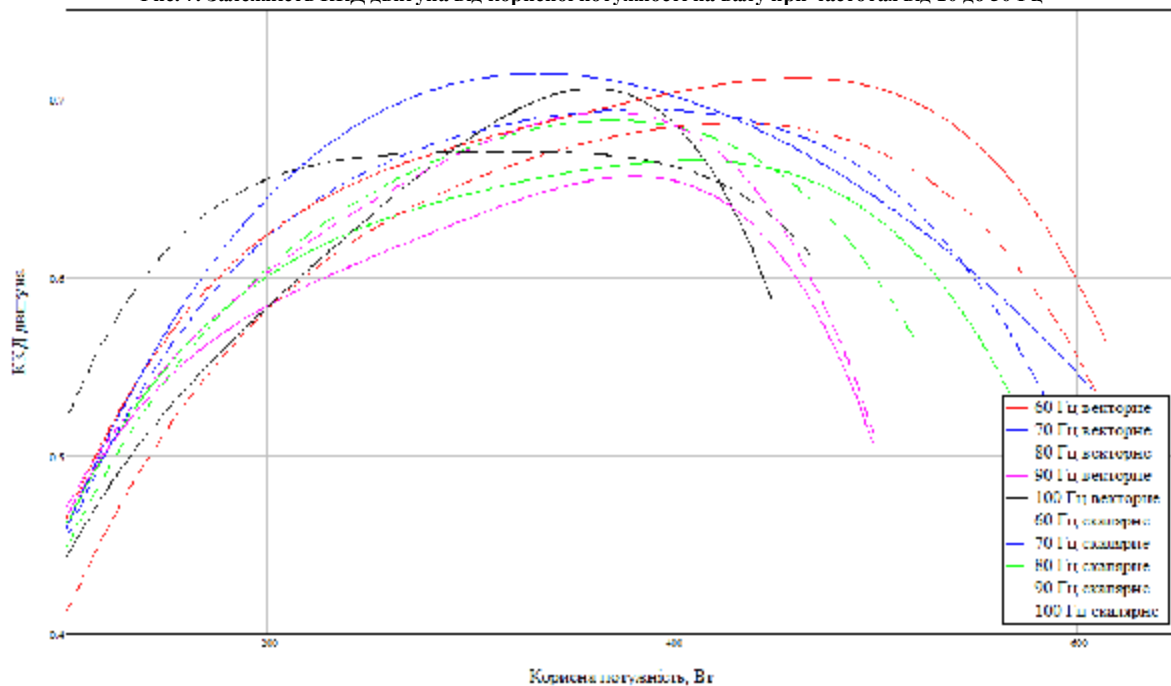


Рис. 8. Залежність ККД двигуна від корисної потужності на валу при частотах від 60 до 100 Гц

Висновки

Результати досліджень показали актуальність ефективного впровадження та використання частотно-керованих асинхронних електроприводів при оптимальному виборі частоти обертання двигуна та застосуванні відповідних способів керування ним.

Література

1. Снегирев Д.А. Асинхронный электродвигатель для частотно-регулируемого электропривода турбомеханизмов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.09.01. - Воронеж, 2006. - 142 с.
2. Браславський І.Я. Ішматов З.Ш. Реалізація енергоощадних технорлогій на основі регульованих асинхронних електроприводів // Електроінформ. - 2003. - №3. - с. 11-15.
3. Кулиманов С.Л. О возможностях энергосбережения при использовании регулируемых асинхронных электроприводов // Электротехника. - 1998. - №8. - с. 23-29.

Надійшла 16.5.2012 р.
Рецензент: д.т.н. Параска Г.Б.