УДК 621.3.067

ДОСЛІДЖЕННЯ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ОСЬОВОГО ВЕНТИЛЯТОРА З ЧАСТОТНИМ КЕРУВАННЯ

І. М. Голодний, кандидат технічних наук, доцент

О.Ю. Синявський, кандидат технічних наук, доцент

О.В. Санченко, аспірант*

Національний університет біоресурсів і природокористування України

e-mail: golodnyi@ukr.net

Анотація. *Біля 60 % затрат електроенергії в промисловості припадає на долю електродвигунів. При цьому значна частина цих витрат приходиться на привідні системи вентиляторів, компресорів, насосів та інших установок з циклічним режимом роботи. Ефективне зниження використаної потужності при зменшенні продуктивності агрегату можливе тільки при зниженні швидкості електродвигуна. Це означає, що для роботи вентилятора чи насоса з максимальним ККД, використовують частотно-регульований електропривода. ККД при цьому зростає на 15…20 %. Але такий привод потребує великих капітальних витрат, які не завжди окупаються за рахунок зниження затрат на електроенергію, особливо для приводів малою потужності.*

Метою роботи є визначення ефективності використання малопотужного регульованого асинхронного електропривода вентиляційної установки.

Аналіз робочих характеристик регульованого електропривода при вибраному способі керування проводився з використанням положень теорії електропривода та статистичних методів обробки результатів досліджень на лабораторній установці.

Для проведення аналізу робочих характеристик створена лабораторна установка регульованого електропривода осьового вентилятора ВО-7,1М з двигуном АИРП80-А6У2. Двигун має підвищений опір обмотки ротора, що обумовлює підвищене ковзання при номінальному моменті, підвищений пусковий момент та невелику кратність пускового струму. Живлення електродвигуна проводилось від перетворювача частоти Mitsubishi FR-E540-1,5K-EC. Дослід проводили три рази. Для подальшого аналізу записували середнє значення результатів. Результати досліджень надавались у вигляді графічного матеріалу.

Регулювальна характеристика $n=f(f_1)$ має лінійний характер. Діапазон регулювання має значення D= 9:1. Привод з такою характеристикою доцільно використовувати для приводів, які потребують високої точності регулювання швидкості, наприклад, дозаторів, виконавчих механізмів тощо.

Економія електроенергії за рахунок підвищеного ККД із-за малопотужності електропривода незначна, а капітальні затрати набагато більші в порівнянні з

регульованим електроприводом на базі тиристорного регулятора напруги чи регулятора з широтно-імпульсним керуванням.

Ключові слова: ***перетворювач частоти, асинхронний електропривод, робочі характеристики, регулювальна характеристика, капітальні затрати***

Актуальність. Для регульованого асинхронного електропривода осьових вентиляційних установок використовують напівпровідникові перетворювачі напруги, зокрема тиристорні регулятори зі станцією керування "Кліматика-1". З розвитком силової електроніки, зокрема IGBT-транзисторів, для привода малопотужних електродвигунів з коротко-замкнутим ротором появляється привод з частотне регулювання швидкості електродвигуна. В той же час, техніко економічне обґрунтування та робочі характеристики даного електропривода відсутні.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Біля 60 % затрат електроенергії в промисловості припадає на долю електродвигунів. При цьому значна частина цих витрат приходиться на привідні системи вентиляторів, компресорів, насосів та інших установок з циклічним режимом роботи. Ефективне зниження використаної потужності при зменшенні продуктивності агрегату можливе тільки при зниженні швидкості електродвигуна. Це означає, що для роботи вентилятора чи насоса з максимальним ККД, використовують частотно-регульований електропривода. ККД при цьому зростає на 15…20%. Але такий привод потребує великих капітальних витрат, які не завжди окупаються за рахунок зниження затрат на електроенергію, особливо для приводів малою потужності. Тому, для розрахунку приблизного терміну окупності регульованого електропривода інженерами фірми Lenze розроблена програма Energy Saving Calculator [1, 2, 3], яка дозволяє середньодобові і річні затрати на електроенергію.

Мета дослідження – визначення ефективності використання малопотужного регульованого асинхронного електропривода вентиляційної установки.

Матеріали і методи дослідження. Аналіз робочих характеристик регульованого електропривода при вибраному способі керування проводився з використанням положень теорії електропривода та статистичних методів обробки результатів досліджень на лабораторній установці.

Результати досліджень та їх обговорення. Для проведення аналізу робочих характеристик створена лабораторна установка регульованого електропривода осьового вентилятора ВО-7,1М з двигуном АИРП80-А6У2. Двигун має підвищений опір обмотки ротора, що обумовлює підвищене ковзання при номінальному моменті, підвищений пусковий момент та невелику кратність пускового струму. Живлення електродвигуна проводилось від перетворювача частоти Mitsubishi FR-E540-1,5K-EC.

При дослідженні використовувались такі вимірювальні прилади: комплект К505 для вимірювання споживаних струму, напруги і потужності, тахометр Д-1ММ для вимірювання швидкості обертання ротора електродвигуна. Досліджувалися залежності споживаних з мережі потужності і струму та частоти обертання вентилятора від частоти струму підведеної до двигуна напруги живлення.

Для створення гальмівного моменту на валу досліджуваного асинхронного двигуна використовувалась балансирна машина, що являє собою навантажувальний генератор постійного струму з незалежним збудженням, станина якого може повертатись в стоякових підшипниках. Кут повороту станини залежить від навантаження і обмежується спеціальним пружним пристроєм. На корпусі балансирної машини закріплено стрілку, яка показує кут повороту станини відносно нерухомої шкали залежно від величини гальмового моменту $M_Г$. Для зручності вимірювання гальмового моменту шкала проградуйована в Н·м.

Вали досліджуваного двигуна і балансирної машини жорстко з’єднані за допомогою муфти. Для забезпечення регулювання в широких межах струму збудження навантажувального генератора живлення обмотки збудження передбачене від регульованого джерела постійного струму.

Визначення моменту на валу двигуна, що відповідає опору робочої машини, проводили наступним чином. Перетворювачем частоти задавали частоту струму живлення від 5 до 50 Гц. Навантажувальною машиною встановлювали такий момент, який би утримував швидкість двигуна згідно попередньо визначеній регулювальній характеристиці (рис. 1).

Дослід виконували в трикратній повторності. Для подальшого аналізу записували середнє значення результатів. Результати досліджень наведені на рис. 1, 2 і 3.

Як випливає з рис. 1, залежність $n=f(f_1)$ має лінійний характер. Діапазон регулювання має значення D= 9:1. Привод з такою характеристикою доцільно використовувати для приводів, які потребують високої точності регулювання швидкості, наприклад, дозаторів, виконавчих механізмів тощо. Алгоритм корекції напруги від частоти струму живлення наближається до лінійного $U/f_1 \approx$const, що не відповідає вентиляторному навантаженню.

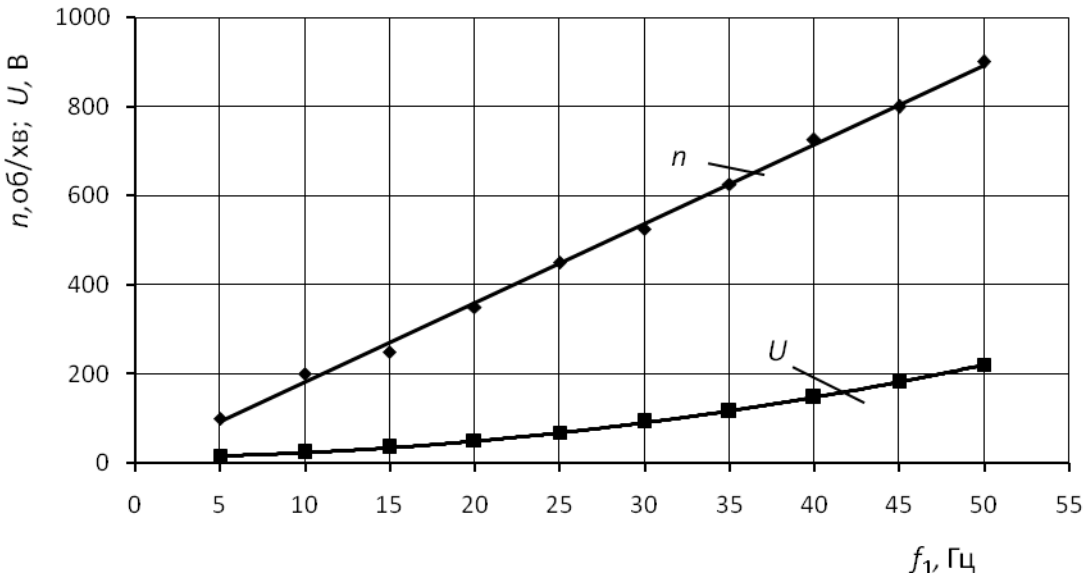

Рис. 1. Регулювальні характеристики

Енергетичні характеристики електропривода з частотним регулюванням наведено на рис. 2. Остільки частотний привод працює в межах номінального ковзання, то відповідно й ККД знижується в незначній мірі. Коефіцієнт потужності протягом діапазону регулювання залишається майже незмінним.

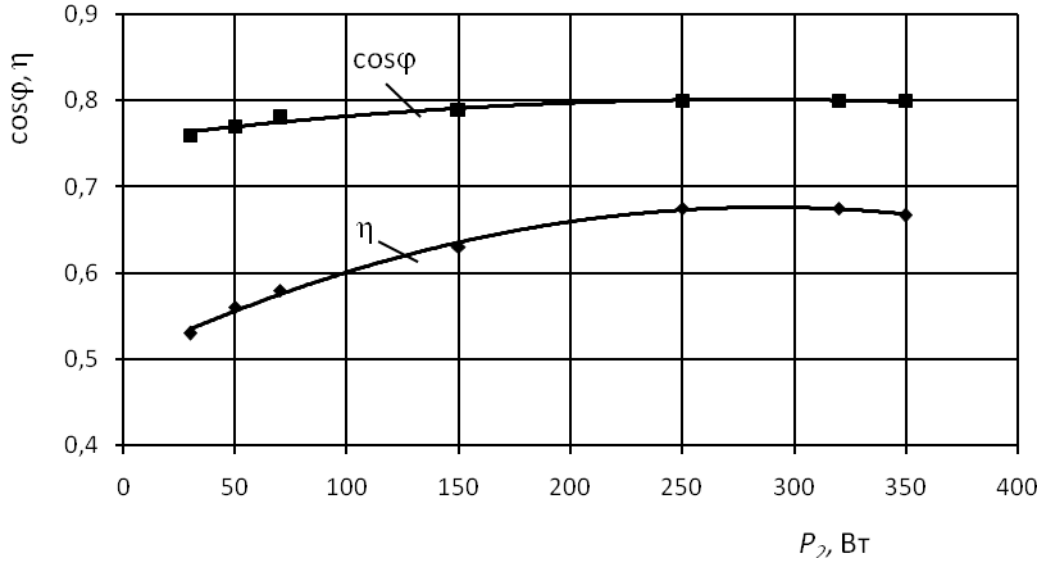

Рис. 2. Енергетичні характеристики

На рис. 3 видно, що зі зниженням частоти струму живлення електропривода величина споживаної потужності P_1 наближується до вихідної P_2. Економія електроенергії за рахунок підвищеного ККД із-за малопотужності електропривода незначна, а капітальні затрати набагато більші в порівнянні з регульованим електроприводом на базі тиристорного регулятора напруги чи регулятора з широтно-імпульсним керуванням (див. табл.).

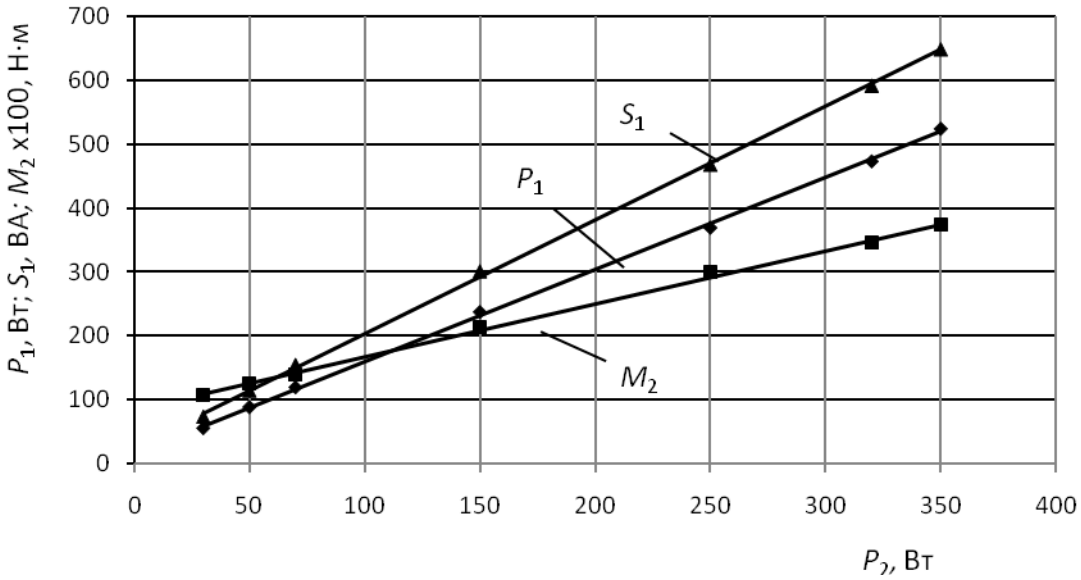

Рис. 3. Робочі характеристики електропривода вентиляційної установки з частотним керуванням

Капітальні витрати регульованих електроприводів різної конфігурації

Електропривод з тиристорним регулятором напруги з фазо-імпульсним керуванням		Електропривод з регулятором напруги на базі широтно-імпульсного керування		Електропривод з частотним керуванням	
Елементи	Вартість, грн.	Елементи	Вартість, грн.	Елементи	Вартість, грн.
Тиристори 250 А, 6 шт.	16200	Діоди 250 А, 6 шт.	1800	Перетворювач частоти	22000-29000
Синхронізовані блоки керування, 3 шт.	3000	Транзистор IGBT 250 А, 1 шт.	1200		
		Блок керування, 1 шт.	1000		
Всього	19200	Всього	4000	Всього (середня вартість)	25500

Висновки і перспективи. Регулювальна характеристика $n=f(f_1)$ має лінійний характер. Діапазон регулювання має значення D= 9:1. Привод з такою характеристикою доцільно використовувати для приводів, які потребують високої точності регулювання швидкості, наприклад, дозаторів, виконавчих механізмів тощо.

Економія електроенергії за рахунок підвищеного ККД із-за малопотужності електропривода незначна, а капітальні затрати набагато більші в порівнянні з регульованим електроприводом на базі тиристорного регулятора напруги чи регулятора з широтно-імпульсним керуванням

Список літератури

1. Колодийчук В. Управление насосами, компрессорами и вентиляторами / В. Колодийчук // К.: Деньги и технологии. – 2003. – №4. – С. 14-14.

2. Голодний І. М. Дослідження робочих характеристик трьохфазного асинхронного електропривода з тиристорним регулятором напруги / І. М. Голодний, О. В. Санченко // Енергетика і автоматика. – 2017. – №3. – С. 55-62.

3. Голодний І. М. Комп'ютерна модель трифазного регульваного асинхронного електропривода з широтнотно-імпульсним перетворювачем / І. М. Голодний, О. В. Санченко // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія "Техніка та енергетика АПК". – 2016. – Вип. 242 – С. 97-100.

References

1. Kolodiychuk, V. (2003). Upravlenye nasosamy, kompressoramy y ventyliatoramy [Control of pumps, compressors and fans]. Den'gi i tekhnologii, 4, 14-14.

2. Holodnyi, I. M., Sanchenko, O. V. (2016). Doslidzhennia robochykh kharakterystyk trokhfaznoho asynkhronnoho elektropryvoda z tyrystornym rehuliatorom napruhy [Doslidzhennia robochykh kharakterystyk trokhfaznoho asynkhronnoho elektropryvoda z tyrystornym rehuliatorom napruhy]. Enerhetyka i avtomatyka, 3, 55-62.

3. Holodnyi, I. M., Sanchenko, O. V. (2016). Kompiuterna model tryfaznoho rehulvanoho asynkhronnoho elektropryvoda z shyrotnotno-impulsnym peretvoriuvachem [Computer model of a three-phase asynchronous electric drive rehulvanoho of shyrotnotno-pulse converter]. Naukovyi visnyk Natsionalnoho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. Seriia "Tekhnika ta enerhetyka APK", 242, 97–100.

ИССЛЕДОВАНИЕ АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА ОСЕВОГО ВЕНТИЛЯТОРА С ЧАСТОТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

И. М. Голодный, А. Ю. Синявский, А. В. Санченко

Аннотация. *Около 60 % затрат электроэнергии в промышленности приходится на долю электродвигателей. При этом значительная часть этих расходов приходится на приводные системы вентиляторов, компрессоров, насосов и других установок с циклическим режимом работы. Эффективное снижение использованной мощности при уменьшении производительности агрегата возможно только при снижении скорости электродвигателя. Это означает, что для работы вентилятора или насоса с максимальным КПД используют частотно-регулируемый электропривода. КПД при этом возрастает на 15...20%. Но такой привод требует больших капитальных затрат, которые не всегда окупаются за счет снижения затрат на электроэнергию, особенно для приводов малой мощности.*

Целью работы является определение эффективности использования маломощного регулируемого асинхронного электропривода вентиляционной установки.

Анализ рабочих характеристик регулируемого электропривода при выбранном способе управления проводился с использованием теории электропривода и статистических методов обработки результатов исследований на лабораторной установке.

Для проведения анализа рабочих характеристик создана лабораторная установка регулируемого электропривода осевого вентилятора ВО-7,1М с двигателем АИРП80-А6У2. Двигатель имеет повышенное сопротивление обмотки ротора, которое обусловливает повышенное скольжение при номинальном моменте, повышенный пусковой момент и небольшую кратность пускового тока. Питание электродвигателя проводилось от преобразователя частоты Mitsubishi FR-E540-1,5K-EC. Опыт проводили три раза. Для дальнейшего анализа записывали среднее значение результатов, которые предоставляли в виде графического материала.

Регулировочная характеристика n = f(f_1) имеет линейный характер. Диапазон регулирования имеет значение D = 9:1. Привод с такой характеристикой целесообразно использовать для приводов, требующих высокой точности регулирования скорости, например, дозаторов, исполнительных механизмов и т.д.

Экономия электроэнергии за счет повышенного КПД из-за маломощности электропривода незначительна, а капитальные затраты намного больше по сравнению с регулируемым электроприводом на базе тиристорного регулятора напряжения или регулятора с широтно-импульсным управлением.

Ключевые слова: ***преобразователь частоты, асинхронный электропривод, рабочие характеристики, регулировочная характеристика, капитальные затраты***

INVESTIGATION OF ASYNCHRONOUS ELECTRIC POWER FREQUENCY CONTROL FAN BUS

I. Golodny, O. Sinyavsky, O. Sanchenko

Abstract. *About 60 % of the cost of electricity in the industry accounted for electric motors. At the same time, a significant part of these costs falls on the drive systems of fans, compressors, pumps and other installations with a cyclic mode of operation. Effective reduction of the used power while reducing the performance of the unit is possible only when the speed of the electric motor decreases. This means that a variable frequency drive is used to operate the fan or pump with maximum efficiency. The efficiency at the same time increases by 15 ... 20%. But such a drive requires large capital expenditures, which do not always pay off by reducing energy costs, especially for low power drives.*

The aim of the work is to determine the efficiency of using low-power adjustable asynchronous electric drive of a ventilation unit.

The performance analysis of a controlled electric drive with the selected control method was carried out using the electric drive theory and statistical methods of processing the results of research in a laboratory setting.

For the performance analysis, a laboratory installation of an adjustable electric drive axial fan VO-7,1M with the AIRP80-A6U2 engine was created. The motor has an increased resistance to the rotor winding, which causes an increased slip at the rated torque, increased starting torque and a small starting current ratio. The power of the motor was carried out from the frequency converter Mitsubishi FR-E540-1,5K-EC. The experiment was carried out three times. For further analysis, the average value of the results was recorded, which were provided in the form of graphic material.

The regulation characteristic n = f (f_1) is linear. The adjustment range is D = 9: 1. A drive with such a characteristic should be used for drives that require high precision speed control, for example, dispensers, actuators, etc.

Energy savings due to increased efficiency due to the low power of the electric drive is insignificant, and capital costs are much higher compared to an adjustable electric drive based on a thyristor voltage regulator or a pulse-width controlled regulator.

Keywords: ***frequency converter, asynchronous electric drive, performance, control characteristics, capital costs***