

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ РЕГУЛЬОВАНОГО
ЕЛЕКТРОПРИВОДА ВЕНТИЛЯТОРА З РІЗНИМИ СИСТЕМАМИ
КЕРУВАННЯ**

*І. М. Голодний, кандидат технічних наук, доцент
Білоцерківський національний аграрний університет*

E-mail: golodnyi@ukr.net

О. В. Санченко, кандидат технічних наук

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: sansash@ukr.net

Анотація. У промисловості значна частина витрат електроенергії, що споживає електропривод, припадає на регульовані приводні системи вентиляторів, компресорів, насосів та інших установок з циклічним режимом роботи. Регульовальні системи, що використовуються, створюють вищі гармоніки або мають високу вартість.

Мета дослідження – порівняльний аналіз ефективності різних систем керування електроприводом вентиляційних систем.

Аналіз ефективності вибраного способу керування проводився з використанням положень теорії електропривода, статистичних методів обробки результатів досліджень та методики визначення економічної ефективності прикладних досліджень.

Розрахунок ефективності розробки, якою є регульований електропривод вентиляційної системи з широтно-імпульсним керуванням, проводився за порівняльною таблицею техніко-економічних показників отриманих за відомою методикою визначення економічної ефективності прикладних досліджень. За базові варіанти взято електропривод вентиляторної установки "Климатика-5" з тиристорним регулятором напруги та регульована вентиляційна система з частотним перетворювачем. Основні технічні характеристики вентиляційної системи: $U_H = 380 \text{ В}$, $I_H = 63 \text{ А}$.

У результаті досліджень встановлено, що розроблений регульований електропривод вентиляційної системи з широтно-імпульсним керуванням має кращу економічну ефективність порівняно з електроприводом з тиристорним регулятором з фазо-імпульсним керуванням і складає 16391 грн., а з частотним електроприводом – 18042 грн.

Економія електроенергії частотного електропривода за рахунок підвищеного коефіцієнта корисної дії електропривода із-за низького ККД і малопотужності двигуна незначна, а капітальні затрати набагато більші порівняно з регульованим

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

Ключові слова. *напівпровідникові перетворювачі напруги, перетворювач частоти, фазо-імпульсне керування, широтно-імпульсне керування, регульований електропривод, осьовий вентилятор, прибуток*

Актуальність. Нині значна частка електрообладнання використовується з малопотужними регульованими електроприводами осьових вентиляторів. Регулювання швидкості двигунів серії АИРП та 4АПА проводиться зміною підведеної напруги живлення. Зміну підведеної напруги здійснюють за допомогою тиристорних регуляторів напруги з фазо-імпульсним керуванням. Такі регулятори напруги створюють всі непарні вищі гармоніки, які погіршують якість електроенергії. Переваги перетворювача частоти, зокрема лінійна регульовальна характеристика і розширений діапазон регулювання 10:1, більш потребує привод з точним регулюванням (дозатори, виконавчі механізми), а економія електроенергії за рахунок роботи двигуна в діапазоні регулювання з номінальним ККД не покриває вартості самого перетворювача частоти через низькі енергетичні показники електродвигуна.

Аналіз ефективності використання регульованого електропривода вентиляційної системи з різними способами керування і присвячено цю роботу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Біля 60 % затрат електроенергії в промисловості припадає на долю електродвигунів. При цьому значна частина цих витрат припадає на приводні 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 електропривод. 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.

Мета дослідження – провести аналіз ефективності використання регульованого електропривода вентиляційної системи з різними способами керування.

Матеріали і методи дослідження. Аналіз економічної ефективності при вибраному способі керування проводився з використанням положень теорії електропривода, статистичних методів обробки результатів досліджень та методики визначення економічної ефективності прикладних досліджень.

Результати досліджень та їх обговорення. Аналіз ефективності розробки проводився за порівняльною таблицею техніко-економічних показників, отриманих за відомою методикою визначення економічної ефективності прикладних досліджень [1]. За базові варіанти взято електропривод вентиляторної установки "Климатика-5" з тиристорним регулятором напруги та регульована вентиляційна система з частотним перетворювачем. Основні технічні характеристики вентиляційної системи: $U_H = 380$ В, $I_H = 63$ А.

Прибуток від зниження капітальних затрат на створення електропривода:

$$P_K = K_{\text{БАЗА}} - K_{\text{ШП}}, \quad (1)$$

де $K_{\text{БАЗА}}$, $K_{\text{ШП}}$ – основні капітальні затрати базового варіанту (тиристорний регулятор чи перетворювач частоти) і розробки (широотно-імпульсний регулятор).

Відповідно прибуток від зниження капітальних витрат на створення електропривода з широкоотно-імпульсним керування становитиме:

$$P_{K1} = K_{\text{БАЗА.ТРН}} - K_{\text{ШП}} = 19200 - 4000 = 15200 \text{ грн,}$$

$$P_{K2} = K_{\text{БАЗА.ПЧ}} - K_{\text{ШП}} = 25000 - 4000 = 21000 \text{ грн,}$$

де $K_{\text{БАЗА.ТРН}}$, $K_{\text{БАЗА.ПЧ}}$ – основні капітальні затрати базового варіанту, відповідно, з тиристорним регулятором напруги і перетворювачем частоти.

Для порівняння, капітальні затрати на частотно-регульований асинхронний електропривод співрозмірної потужності в середньому становлять 25,5 тис. грн [2].

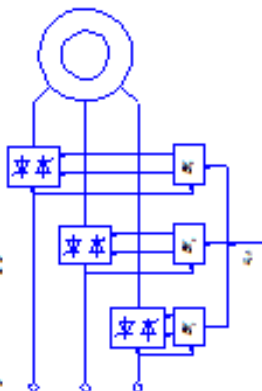
Станція "Кліматика-5" розрахована на одночасну роботу 20 осьових вентиляторів ВО-7,1М з двигуном АИРП80А6У2 потужністю 0,37 кВт. Загальна потужність станції 7,4 кВт.

Економія спожитої енергії протягом літнього періоду (3 місяці) за рахунок покращення енергетичних характеристик розробки

Порівняльні техніко-економічні показники

Базовий варіант

Електропривод з тиристорним регулятором напруги з фазо-імпульсним керуванням



Основні капітальні затрати
Елементи

Вартість, грн.
16200

Тиристори 250 А, 6 шт.
Синхронізовані блоки керування БК, 3 шт.
3000

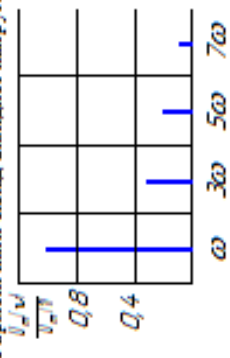
Всього

Всього

Форма вихідної напруги

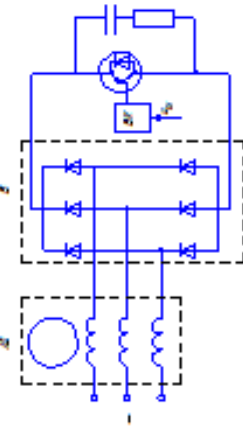


Гармонічний склад вихідної напруги



Новий варіант

Електропривод з регулятором напруги на базі широтного імпульсного керування



Основні капітальні затрати
Елементи

Вартість, грн.
1800

Діоди, 250 А, 6 шт.
Транзистор IGBT 250 А, 1 шт.
1200

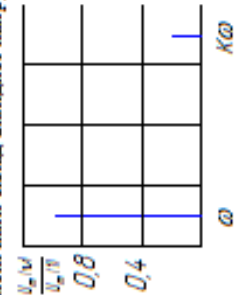
Блок керування, 1 шт.
1000

Всього
4000

Форма вихідної напруги



Гармонічний склад вихідної напруги



Базовий варіант

Електропривод з частотним регулюванням



Основні капітальні затрати
Елементи

Вартість, грн.
25000

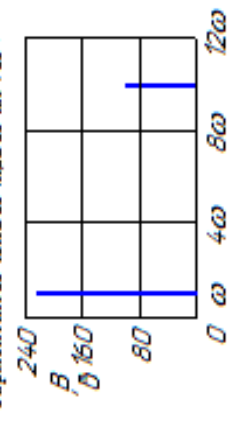
Перегорювач частоти, 1 шт.
25000

Всього

Форма вихідної напруги



Гармонічний склад вихідної напруги



$$W_{\text{ЕЛ1}} = 0,1 \cdot P_{\Sigma} \cdot T = 0,1 \cdot 7,2 \cdot 720 = 518 \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \quad (2)$$

де 0,1 – економія електроенергії розробленим електроприводом порівняно з тиристорним електроприводом з фазо-імпульсним керуванням [3], P_{Σ} - сумарна потужність привода, кВт; T – час роботи привода, год.

Економія спожитої енергії частотним регульованим електроприводом протягом літнього періоду (3 місяці) за рахунок покращення енергетичних характеристик в порівнянні з розробкою

$$W_{\text{ЕЛ2}} = 0,25 \cdot P_{\Sigma} \cdot T = 0,25 \cdot 7,2 \cdot 720 = 1286 \text{ кВт}\cdot\text{год.}, \quad (3)$$

де 0,25 – економія електроенергії частотним електроприводам порівняно з розробкою [3].

Вартість зекономленої енергії

$$C_{\text{ЕЛ1}} = c_{\text{ЕЛ}} \cdot W_{\text{ЕЛ1}} = 2,3 \cdot 518 = 1191,40 \text{ грн.}, \quad (4)$$

$$C_{\text{ЕЛ2}} = c_{\text{ЕЛ}} \cdot W_{\text{ЕЛ2}} = 2,3 \cdot 1286 = 2957,80 \text{ грн.}, \quad (5)$$

де $c_{\text{ЕЛ}}$ – вартість електроенергії, грн/(кВт·год.).

Загальний прибуток від впровадження розробки порівняно з електроприводом з тиристорним регулятором напруги (Π_1) і частотним електроприводом (Π_2) становитиме:

$$\Pi_1 = \Pi_{\text{К1}} + C_{\text{ЕЛ1}} = 15200 + 1191 = 16391 \text{ грн.}, \quad (6)$$

$$\Pi_2 = \Pi_{\text{К2}} - C_{\text{ЕЛ2}} = 21000 - 2958 = 18042 \text{ грн.} \quad (7)$$

Оскільки розрахунок проводився порівняльний, то інші експлуатаційні затрати, такі як вартість обслуговування, амортизаційні відрахування, відрахування на поточний ремонт, загальногосподарські витрати тощо, рівнозначні, то їх не враховували.

Висновки і перспективи. Розроблений регульований електропривод вентиляційної системи з широтно-імпульсним керуванням має кращу економічну ефективність порівняно з електроприводом з тиристорним регулятором з фазо-імпульсним керуванням і складає 16391 грн, а з частотним електроприводом – 18042 грн.

Економія електроенергії частотного електропривода за рахунок підвищеного коефіцієнта корисної дії електропривода із-за низького ККД та малопотужності

двигуна незначна, а капітальні затрати набагато більші порівняно з регульованим електроприводом на базі тиристорного регулятора напруги чи регулятора з широтно-імпульсним керуванням.

Список використаних джерел

1. Методика визначення економічної ефективності використання в сільському господарстві результатів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій. К.: Урожай, 1986. 118 с.
2. Грехов И. В. Современные полупроводниковые приборы для преобразователей малой и средней мощности. Известия академии наук. Энергетика. 1993. № 5.
3. Голодний І. М., Синявський О. Ю., Санченко О. В. Дослідження асинхронного електропривода осьового вентилятора з частотним керуванням. Енергетика і автоматика. 2018. №6. С. 70-77.

References

1. Metodyka vyznachennya ekonomichnoyi efektyvnosti vykorystannya v sil's'komu hospodarstvi rezul'tativ naukovo-doslidnykh i doslidno-konstruktors'kykh robit, novoyi tekhniki, vynakhodiv i ratsionalizators'kykh propozytsiy (1986). [Methods for determining the economic efficiency of the use in agriculture of the results of research and development work, new technology, inventions and innovative proposals]. Kyiv: Urozhai, 118.
2. Grehov, I. V. (1993). Sovremennyye poluprovodnikovyye pribory dlya preobrazovateley maloy i sredney moshchnosti [Modern semiconductor devices for converters of low and medium power]. News of the Academy of Sciences. Energy. Vol. 5.
3. Golodnyi I. M., Sinyavsky, O.Yu., Sanchenko, O.V. (2018). Doslidzhennya asynkhronnoho elektropyroda os'ovoho ventylyatora z chastotnym keruvannyam [Research of asynchronous electric drive of the axial fan with frequency control]. Enerhetyka i avtomatyka, 6, 70-77.

TECHNICAL AND ECONOMIC ANALYSIS OF ADJUSTABLE ELECTRIC FAN DRIVE WITH VARIOUS CONTROL SYSTEMS

I. Golodnyi, A. Sanchenko

Abstract. *In industry, a significant portion of the energy consumed by electric drives is accounted for by variable drive systems of fans, compressors, pumps and other units with cyclic operation. The control systems used create higher harmonics or have a high cost.*

The purpose of the study is a comparative analysis of the effectiveness of various electric drive control systems for ventilation systems.

An analysis of the effectiveness of the selected control method was carried out using the principles of electric drive theory, statistical methods for processing research results and methods for determining the economic efficiency of applied research.

The calculation of the efficiency of the development, which is an adjustable electric drive of a ventilation system with pulse-width control, was carried out using a comparative table of technical and economic indicators obtained using a well-known method for determining the economic efficiency of applied research. The basic options are the electric drive of the Klimatica-5 fan unit with a thyristor voltage regulator and an adjustable ventilation system with a frequency converter. Main technical characteristics of the ventilation system: $U_H=380$ V, $I_H=63$ A.

As a result of the research, it was established that the developed adjustable electric drive of the ventilation system with pulse-width control has better economic efficiency compared to an electric drive with a thyristor regulator with phase-pulse control and amounts to 16,391 UAH, and with a frequency electric drive - 18,042 UAH.

The energy savings of a frequency electric drive due to the increased efficiency of the electric drive due to the low efficiency and low power of the motor are insignificant, and the capital costs are much higher compared to an adjustable electric drive based on a thyristor voltage regulator or a regulator with pulse-width control.

Key words: *semiconductor voltage converters, frequency converter, pulse-phase control, pulse-width control, adjustable electric drive, axial fan, profit*