

ЕНЕРГООПТИМАЛЬНІ ШВИДКІСНІ РЕЖИМИ ПНЕВМОТРАНСПОРТУ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ВИРОБНИЦТВА БОРОШНА

Розглянуто можливості зниження енерговитрат в пневмотранспортних системах борошномельних підприємств шляхом застосування частотно-регульованого асинхронного електроприводу при керуванні технологічними вентиляторами.

Умовні позначення

H – повітряний тиск вентилятора, Па;

Q – продуктивність вентилятора, м³/год.;

n – число обертів вентилятора, об./хв.;

U_1 – діюче значення першої гармоніки напруги, В;

U_H – діюче значення номінальної напруги мережі, В;

n_H – номінальне число обертів двигуна при різній частоті живлення, об./хв.;

M_H, M_C – номінальний та статичний моменти, Н/м.;

S_1, S_2 – ковзання в першому та другому режимах роботи АД при заданому M_C ;

$\Delta P_{M1}, \Delta P_{M2}, \Delta P_{C1}$ – втрати в міді обмотки статора, ротора, сталі статора;

$\Delta P_{M1H}, \Delta P_{M2H}, \Delta P_{C1H}$ – номінальні втрати в міді обмотки статора, ротора, сталі статора;

P_H – номінальна потужність електродвигуна, в.о.;

$\mu_C = \frac{M_C}{M_H}$ – відносне значення статичного моменту навантаження;

I_H – номінальний струм АД, А;

I_0 – струм холостого ходу при живленні номінальною напругою, А;

B – конструктивний коефіцієнт, для АД єдиної серії, $B=0,96\div 0,98$.

АД – асинхронний двигун

Впровадження на борошномельних підприємствах пневматичного транспорту значно спрощує умови ведення технологічного процесу. В зерноочищувальних відділеннях транспортування зерна супроводжується ефективним очищенням його поверхні. В розмольних відділеннях підвищується можливість більш точної класифікації продуктів, кращого їх просіювання і, в кінцевому підсумку, збільшення продуктивності підприємства.

Перевага пневматичного транспорту над механічним може досягти ще більшої ефективності, якби були враховані наступні недоліки [1] :

- переведення млинів на пневмотранспорт приводить до зростання питомих витрат енергії на 1 току продукції у деяких випадках на 50 і більше відсотків;
- коефіцієнти корисної дії вентиляторів високого тиску не перевищують 50% (в кращих зарубіжних аналогах 70%);
- не створені системи для ефективного контролю та автоматичного керування пневмоустановками.

Досвід експлуатації пневмотранспорту у борошномельній промисловості показує, що їхні енергетичні показники на різних підприємствах значно змінюються і на 20-30% перевищують зарубіжні аналоги [2]. Тому зменшення витрат електроенергії у даному випадку є важливим фактором підвищення ефективності роботи борошномельних виробництв. Варто зазначити, що при переході продуктивності вентилятора від $Q=1$ до

$Q=0,5$ за допомогою дроселювання його потужність зменшується від 1 до $0,7P_n$, а за допомогою регулювання числа обертів вентилятора - від 1 до $0,127P_n$ [3].

Таким чином, перехід від дроселювання потоку матеріалу до регулювання продуктивності вентилятора вирішує питання керування технологічними режимами установок при значному зменшенні енергетичних витрат. Поставлена задача успішно вирішується шляхом використання регульованих асинхронних електроприводів пневмотранспортерів, основними типами яких є:

- система "тиристорний перетворювач напруги- асинхронний двигун" (ТПН-АД), призначена для масових електродвигунів з керуєчими пускогальмівними режимами та режимами короткочасного зниження швидкості;
- система "напівпровідниковий перетворювач частоти- асинхронний двигун" (НПЧ-АД), що забезпечує найвищі вимоги за діапазонами і якістю регулювання швидкості технологічних машин і вентиляторів.

Оптимізація режимів роботи приводів дозволяє зменшити робочі швидкості повітря в матеріалопроводах до величин, мінімально необхідних для повноцінного переміщення продуктів, що забезпечує стабільність процесу пневмотранспортування. Це підтверджується результатами проведених нами дослідів на реальному виробництві з серійним вентилятором ВПЗ 9,6/1200. Аеродинамічна характеристика вентилятора (рис.1, крива 1) за допомогою пакету програм MathCAD апроксимована залежністю:

$$H = -0,048 \cdot Q^2 + 0,197Q \cdot n \cdot 10^{-3} + 0,159 \cdot n^2 \cdot 10^{-5}. \quad (1)$$

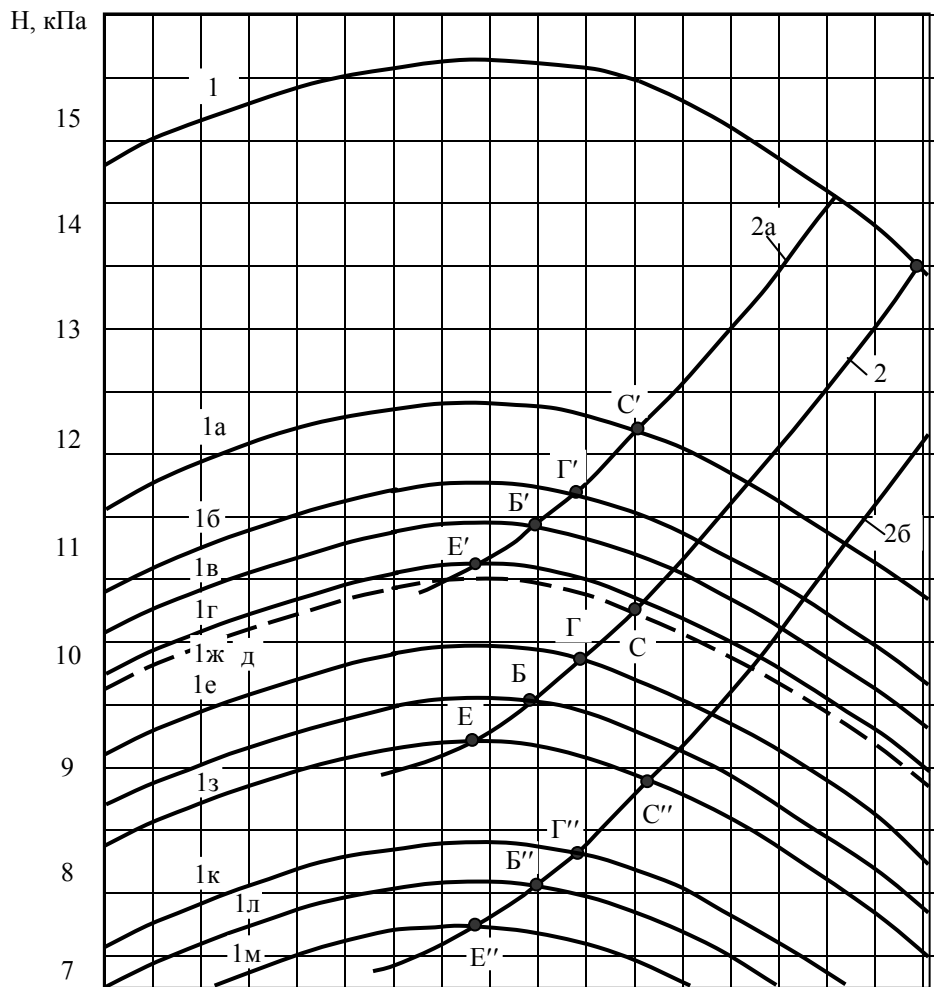


Рис.1. Аеродинамічні характеристики вентиляційної установки (1) і пневмережі (2) при регулюванні продуктивності вентилятора шляхом зміни швидкості обертання

$n_n = 2960$ об/хв, 1а – 2646 об/хв, 1б – 2576, 1в – 2533, 1г – 2492, 1д – 2489, 1е – 2423, 1ж – 2354, 1з – 2291, 1к – 2191, 1л – 2156, 1м – 2085

Використовуючи залежність (1), підбиралась така частота обертання вентилятора, щоб його аеродинамічна характеристика проходила через точки, що відповідають режимам Г, Б і Е. При цьому крива 2 відповідає номінальному навантаженню, 2а – 0,75 номінального, 2б – 1,25 номінального навантаження.

Аналізуючи характеристики (рис.1) за допомогою приведеної в [2] методики, приходимо до висновку, що плавне регулювання частоти обертання вентилятора забезпечує енергооптимальні швидкісні режими роботи технологічного обладнання з повною стабілізацією функціонування всієї пневмережі. Одночасно слід відзначити що при частотному регулюванні ККД електродвигуна може досягати 90%.

Описані особливості дозволяють зменшити енергоспоживання асинхронного електродвигуна (АД) при роботі в зоні номінальної швидкості з допомогою частотного перетворювача (ПЧ). В межах зміни швидкості, від точки 1е (2423 об/хв) до 1к (2291 об/хв), при оптимізації режимів роботи можна застосовувати систему ТРН-АД. При цьому зменшується енергоспоживання недовантаженого АД в зоні вказаних швидкостей на регульованій ($U_1 < U_n$), а не на природній ($U_1 = U_n$) характеристиці.

Цей режим ілюструється на рис.2, де цифрою "I" позначена природна, цифрою "II" - регульовально-механічна характеристика системи ТРН-АД.

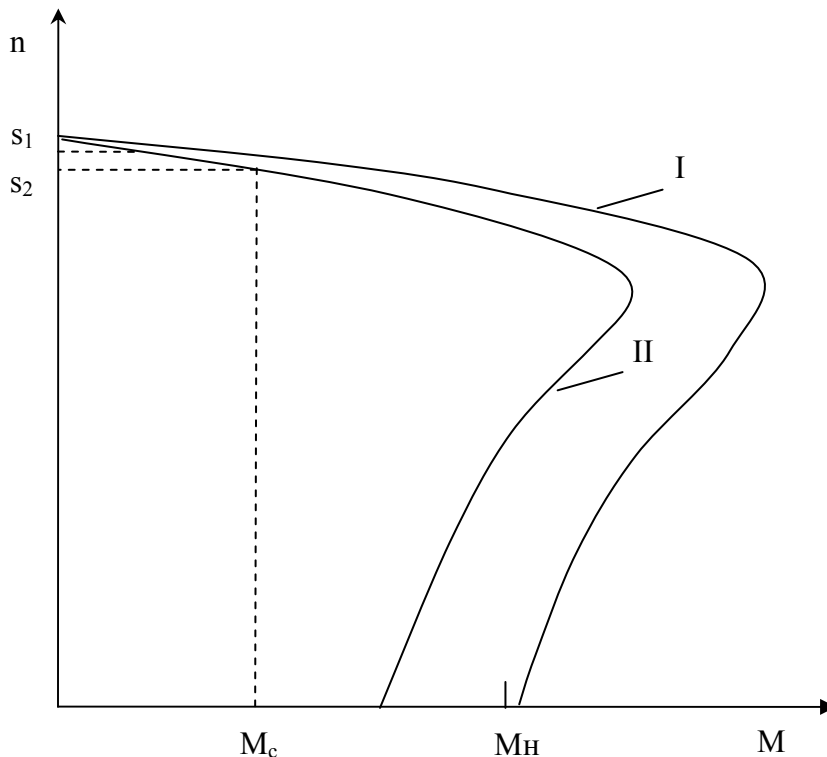


Рис.2. Механічні характеристики АД
I – без ТРН; II – з ТРН

Електромагнітні втрати в АД можна описати наступним чином:

$$\Delta P_{em} = \Delta P_{m1} + \Delta P_{m2} + \Delta P_{cl} \quad (2)$$

При роботі на природній характеристиці [4]:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{m1} &= [A + (1 - A) \cdot \mu_c^2] \Delta P_{m1n}; \\ \Delta P_{m2} &= \mu_c^2 \Delta P_{m2n}; \\ \Delta P_{cl} &= [B + (1 - B) \cdot \mu_c^2] \Delta P_{cln}; \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$A \approx (I_0 / I_n)^2.$$

При роботі на характеристиці "II" (рис.2):

$$\left. \begin{aligned} \Delta P_{M1} &= 1,1\mu_c \left[A \frac{s_H}{s} + (1-A) \frac{s}{s_H} \mu_c^2 \right] \Delta P_{M1H}; \\ \Delta P_{M2} &= 1,1\mu_c \frac{s}{s_H} \Delta P_{M2H}; \\ \Delta P_{C1} &= \mu_c \left[B \frac{s_H}{s} + (1-B) \frac{s}{s_H} \right] \Delta P_{C1H}, \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

При незначному зниженні швидкості АД (характеристика "II", рис.2) збільшуються втрати ΔP_{M2} , зменшуються втрати ΔP_{M1} і ΔP_{C1} , але їх перерозподіл такий, що $\Delta P_{ем}$ в цьому режимі менші ніж при роботі в режимі "I". Існують методики оптимального вибору s_2 , при якому $\Delta P_{ем}$ будуть мінімальними [4]. Економія електроенергії буде тим більша, чим менший момент АД в порівнянні з номінальним і чим більший час його роботи в режимі "II".

Висновки

Дослідження пневмотранспортних мереж, проведені нами на млині Тернопільського комбінату хлібопродуктів, показали, що використання системи ПЧ-АД та ТПН-АД в порівнянні з нерегульованим режимом дозволяє зменшити енергоємність процесу на 57,5%.

Наведений приклад впевнено підтверджує можливість значного зниження енергоспоживання при використанні систем регульованого асинхронного електроприводу в процесах виробництва борошна. В подальших дослідженнях енергооптимальних швидкісних режимів пневмотранспортних установок, при виборі типу перетворюючого блоку, слід враховувати індивідуальні технологічні характеристики конкретного механізму.

The possibilities of reduction of power losses in pneumatic systems a torment of the molar enterprises are considered by application of the frequent adjustable asynchronous electric drive for want of management of technological ventilators

Література

1. Корчемний М.О., Федорейко В.С., Бурин Р.Я., Понятишин В.З. Розробка алгоритмів керування, моделі економічної ефективності та рекомендації по енергозберігаючих заходах в технологічних процесах виробництва борошна, які забезпечують мінімум питомих втрат енергії // Депонований звіт в УкрІНТЕІ, К, 2002. Держреєстрація №0100U002414, інв. № 0212U000931. -С.80.
2. Федорейко В.С. Обґрунтування й дослідження способу зменшення енергоємності виробництва борошна на борошномельних підприємствах// Машинознавство.-2001.-№7(49).-С.53-55.
3. Корчемний М.О., Федорейко В.С., Щербань В.П. Енергозбереження в агропромисловому комплексі.- Тернопіль.:Підручники і посібники, 2001.-984 с.
4. Браславский И.Я. О возможностях энергосбережения при использовании регулируемых асинхронных электроприводов // Электротехника.-1998.-№8.-С.2-5.

Одержано 12.01.2003 р.