

ВПЛИВ ЧАСТОТИ СТРУМУ НА ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СКРЕБКОВИХ ТРАНСПОРТЕРІВ

О.Ю. Синявський, кандидат технічних наук

Проведено дослідження впливу частоти струму на технологічні і енергетичні характеристики скребкових транспортерів. Встановлені залежності продуктивності і питомої витрати електроенергії скребкового транспортер від частоти струму.

Скребковий транспортер, частота струму, електропривод, продуктивність, втрати потужності, питома витрата електроенергії.

Відхилення частоти струму викликає зміну кутової швидкості двигуна, яка, в свою чергу, обумовлює зміну технологічних характеристик робочих машин. Частота струму також впливає на втрати енергії в електроприводах.

Нині набули значного поширення частотно-регульовані електроприводи. Особливо широко вони застосовуються в електроприводах транспортних машин і механізмів.

Мета досліджень – встановити вплив частоти струму на технологічні та енергетичні характеристики скребкових транспортерів.

Матеріали і методика досліджень. Аналіз зміни кутової швидкості електроприводів скребкових транспортерів та втрат енергії при відхиленні частоти струму проводився з використанням положень теорії електропривода, які стосуються електромеханічних властивостей асинхронних електродвигунів, приводних характеристик робочих машин і механізмів, енергетики усталених режимів електроприводів, та застосуванням математичного моделювання.

При експериментальних дослідженнях частоту струму змінювали за допомогою перетворювача частоти, вимірюючи при цьому частоту обертання

вала транспортера тахометром і визначали його продуктивність та питому витрату електроенергії.

Результати досліджень. При зміні частоти струму механічна характеристика асинхронного електродвигуна на робочій ділянці описується рівнянням [1]:

$$M_{\delta} = \beta_{\delta} \left(\frac{2\pi f}{p} - \omega \right), \quad (1)$$

де M_{δ} – момент двигуна, Н·м; β_{δ} – жорсткість механічної характеристики електродвигуна, Н·м·с; f – частота струму, Гц; p – число пар полюсів; ω – задана кутова швидкість, с⁻¹.

У скребкових транспортерів момент статичних опорів не залежить від кутової швидкості, тобто $M_c = \text{const}$ [3].

Тоді в усталеному режимі роботи

$$\beta_{\delta} \left(\frac{2\pi f}{p} - \omega \right) = M_c, \quad (2)$$

або

$$\beta_{\delta} \left(\frac{2\pi f}{p} - \omega_n \omega_* \right) = M_c. \quad (3)$$

Синхронна кутова швидкість електродвигуна при номінальній частоті струму f_n :

$$\omega_{0n} = \frac{2\pi f_n}{p}. \quad (4)$$

Тоді рівняння (3) запишеться у вигляді:

$$M_c = \beta_{\delta} (\omega_{0n} f_* - \omega_n \omega_*) = \beta_{\delta} (\omega_{0n} - \omega_n), \quad (5)$$

звідки отримаємо

$$\omega_* = \frac{\omega_{0n}}{\omega_n} (f_* - 1) + 1. \quad (6)$$

Для двигунів з жорсткою механічною характеристикою $\omega_n \approx \omega_{0n}$, тому

$$f_* \approx \omega_*. \quad (7)$$

Продуктивність скребкових транспортерів [2]:

$$Q = K\varphi\gamma BHv, \quad (8)$$

де K – коефіцієнт, що враховує заповнення скребків залежно від кута нахилу транспортера до горизонту; φ – коефіцієнт заповнення; γ – об'ємна маса транспортованого матеріалу, кг/м^3 ; B – ширина скребків, м; H – висота скребків, м; v – швидкість руху скребків, м/с.

Швидкість скребків і продуктивність скребкових транспортерів прямо пропорційно залежать від кутової швидкості приводного вала:

$$v_* = \omega_*; \quad (9)$$

$$Q_* = \omega_*. \quad (10)$$

Закон зміни продуктивності скребкового транспортера при цьому запишеться у вигляді:

$$Q_* = f_*. \quad (11)$$

Експериментальні залежності продуктивності і швидкості скребків гноєприбирального транспортера ТСН-2,0Б (рис.1) показали, що вони лінійно залежать від частоти струму.

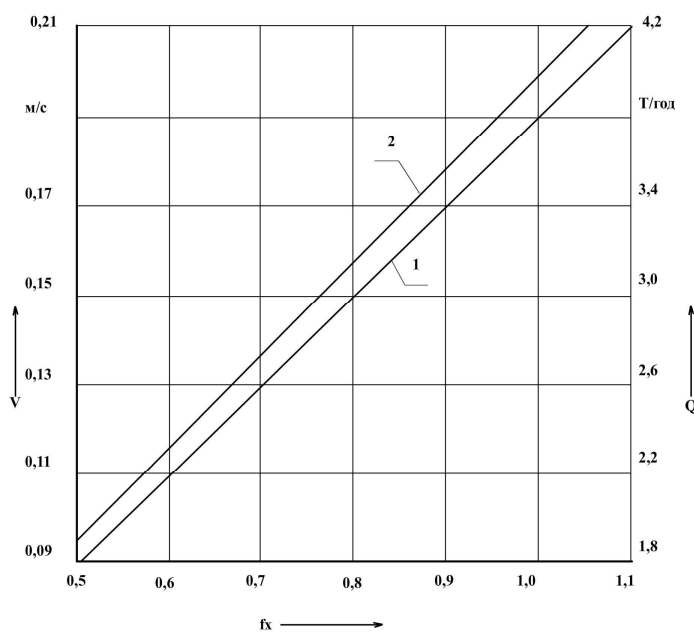


Рис.1. Залежності швидкості руху скребків (1) і продуктивності (2) гноєприбирального транспортера ТСН-2,0Б від частоти струму

Зміна частоти струму впливає на втрати потужності в електродвигуні. Втрати в сталі від вихрових струмів і гістерезису визначаються за формулою [1]:

$$\Delta P_{cm} = \Delta P_{cm1} + \Delta P_{cm2} \approx \Delta P_{cm1n} U_*^2 f_*^{1,3} (1 + s^{1,3}), \quad (12)$$

де ΔP_{cm1n} – втрати в сталі статора при номінальних значеннях частоти і напруги живлення, Вт.

При зміні частоти струму у асинхронного електродвигуна втратами в сталі ротора можна знехтувати [1]. Тоді вираз для втрат в сталі при номінальній напрузі матиме вигляд:

$$\Delta P_{cm} \approx \Delta P_{cm1n} f_*^{1,3}. \quad (13)$$

У частотно-регульованих електроприводах скребкових транспортерів напругу змінюють прямо пропорційно частоті струму:

$$U_* = f_*. \quad (14)$$

Тому втрати в сталі для таких приводів

$$\Delta P_{cm} \approx \Delta P_{cm1n} f_*^{3,3}. \quad (15)$$

У скребкових транспортерів $M_c = \text{const}$, тому при зміні частоти струму перепад швидкості і змінні втрати залишаються постійними:

$$\Delta P_v = \Delta P_{vn} = \frac{M_c^2}{\beta_o} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) = \text{const}. \quad (16)$$

Питому витрату електроенергії у відносних одиницях визначають за формулою:

$$q_* = \frac{P_{1*}}{Q_*} = \frac{P_2 + \Delta P_{vn} (\alpha + \Delta P_v / \Delta P_{vn})}{(P_{2n} + \Delta P_{vn} (\alpha + 1)) Q_*}, \quad (17)$$

де P_1 – потужність, споживана двигуном з мережі, Вт; P_{2n} и P_2 – відповідно потужність на валу двигуна при номінальній і відмінній від номінальної частоті струму; ΔP_{cn} і ΔP_c – постійні втрати потужності; ΔP_{vn} і ΔP_v – змінні втрати потужності; α – коефіцієнт втрат.

Розділивши чисельник і знаменник виразу (17) на P_{2n} та враховуючи те, що

$$\Delta P_n = P_{2n} \frac{1-\eta_n}{\eta_n} = \Delta P_{vn} (\alpha + 1), \quad (18)$$

де η_n – ККД двигуна при номінальній напрузі і частоті струму,
отримаємо

$$q_* = \frac{1 + \frac{1-\eta_n}{\eta_n} \cdot (f_*^{1.3} + 1)}{Q_* \left(1 + \frac{1-\eta_n}{\eta_n} \right)} = \frac{\eta_n}{f_*} + \frac{1-\eta_n}{(\alpha+1)} \cdot \frac{(af_*^{1.3} + 1)}{f_*}. \quad (19)$$

У частотно-регульованих електроприводах скребкових транспортерів
питома витрата електроенергії визначається за формулою:

$$q_* = \frac{\eta_n}{f_*} + \frac{1-\eta_n}{(\alpha+1)} \cdot \frac{(af_*^{3.3} + 1)}{f_*}. \quad (20)$$

Таким чином, зниження частоти струму викликає збільшення питомої
витрати електроенергії у скребкових транспортерів, а її підвищення –
зменшення (рис. 2). У частотно-регульованих електроприводах при зниженні
частоти струму порівняно з номінальною питома витрата електроенергії
зменшується порівняно з нерегульованим електроприводом на 2 – 3 %, а при
підвищенні – збільшується.

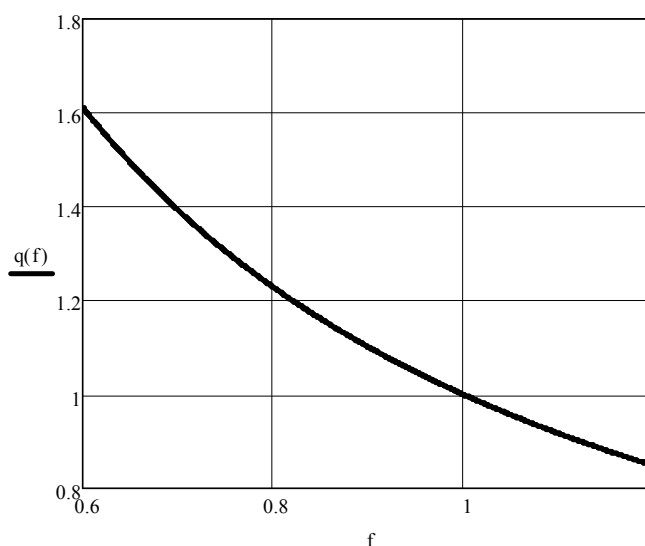


Рис. 2. Залежність питомої витрати електроенергії від частоти струму для скребкового транспортера

Висновки

Продуктивність скребкових транспортерів прямо пропорційна частоті струму. На основі проведених досліджень встановлено, що при зниженні частоти струму на 40 % продуктивність скребкових транспортерів знижується до 40 %, а питома витрата електроенергії зростає на 61 %.

Список літератури

1. Електропривод / [Лавріненко Ю.М., Марченко О.С., Савченко П.І. та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2009. – 504 с.
2. Електропривод і автоматизація / [Синявський О.Ю., Савченко П.І., Савченко В.В. та ін.]; за ред. О.Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 586 с.
3. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / [Жулай Є.Л., Зайцев Б.В., Лавріненко Ю.М та ін.]; за ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.

Проведено исследование влияния частоты тока на технологические и энергетические характеристики скребковых транспортеров. Установлены зависимости производительности и удельного расхода электроэнергии скребкового транспортер от частоты тока.

Скребокый транспортер, частота тока, электропривод, производительность, потери мощности, удельный расход электроэнергии.

The influence of the frequency of current technological and energy characteristics of the conveyor are carried out. The dependences of performance and specific energy consumption conveyor from the current frequency are established.

Conveyor, current frequency, power, performance, power loss, the specific energy consumption.