

ВПЛИВ ЧАСТОТИ СТРУМУ НА КУТОВУ ШВИДКІСТЬ РОБОЧИХ МАШИН

*О.Ю. Синявський, кандидат технічних наук
В.В. Савченко, асистент*

Проведено дослідження впливу частоти струму на кутову швидкість виробничих машин і механізмів. Встановлено залежності кутової швидкості від частоти струму для робочих машин з різними типами механічних характеристик.

Електропривод, кутова швидкість, частота струму, механічна характеристика робочої машини, жорсткість механічної характеристики електродвигуна.

Відхилення частоти струму від нормованих значень в асинхронних електроприводах викликає негативні наслідки [1], серед яких найсуттєвішими є порушення нормального ходу технологічних процесів, випуск неякісної продукції та скорочення строку служби електродвигунів.

При відхиленні частоти струму змінюється кутова швидкість двигуна, яка в свою чергу обумовлює зміну технологічних характеристик робочих машин. Тому дослідження зміни кутової швидкості асинхронних електроприводів при відхиленні частоти струму має теоретичне і практичне значення.

Мета дослідження – проаналізувати вплив відхилення частоти струму на кутову швидкість робочих машин з асинхронним електроприводом.

Матеріали та методика досліджень. Аналіз зміни кутової швидкості асинхронних електроприводів при відхиленні частоти струму проведено з використанням положень теорії електропривода, які стосуються електромеханічних властивостей електродвигунів, приводних характеристик робочих машин і механізмів, та застосуванням математичного моделювання.

Результати досліджень. При зміні частоти струму асинхронний електродвигун працює на робочій ділянці механічної характеристики, яку можна вважати лінійною [2], тобто

$$M_{\partial} = \beta_{\partial} (\omega_0 - \omega), \quad (1)$$

де M_{∂} – момент двигуна, Н·м; β_{∂} – жорсткість механічної характеристики електродвигуна, Н·м·с; ω_0 – синхронна кутова швидкість, с⁻¹; ω – задана кутова швидкість, с⁻¹.

Механічна характеристика робочих машин описується рівнянням [3]:

$$M_c = M_0 + (M_{сн} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_n} \right)^x, \quad (2)$$

де M_c – момент статичних опорів робочої машини при заданій кутовій швидкості, Н·м; M_0 – початковий момент, Н·м; $M_{сн}$ – момент статичних

опорів при номінальній кутовій швидкості, Н·м; ω і ω_H – задане і номінальне значення кутової швидкості, с⁻¹; χ – показник степеня.

При зміні частоти струму механічна характеристика асинхронного електродвигуна на робочій ділянці описується рівнянням:

$$M_\partial = \beta_\partial \left(\frac{2\pi f}{p} - \omega \right), \quad (3)$$

де f – частота струму, Гц; p – число пар полюсів.

В усталеному режимі роботи

$$\beta_\partial \left(\frac{2\pi f}{p} - \omega \right) = M_0 + (M_{сн} - M_0) \left(\frac{\omega}{\omega_H} \right)^\chi, \quad (4)$$

або

$$\beta_\partial \left(\frac{2\pi f}{p} - \omega_H \omega_* \right) = M_0 + (M_{сн} - M_0) \omega_*^\chi. \quad (5)$$

Синхронна кутова швидкість електродвигуна при номінальній частоті струму f_H :

$$\omega_{0H} = \frac{2\pi f_H}{p}. \quad (6)$$

Тоді рівняння (5) запишеться у вигляді:

$$\beta_\partial (\omega_{0H} f_* - \omega_H \omega_*) = M_0 + (M_{сн} - M_0) \omega_*^\chi, \quad (7)$$

звідки отримаємо

$$f_* = \frac{M_0 + (M_{сн} - M_0) \omega_*^\chi + \beta_\partial \omega_H \omega_*}{\beta_\partial \omega_{0H}}. \quad (8)$$

Для робочих машин, у яких момент статичних опорів не залежить від кутової швидкості ($\chi=0$), рівняння (8) прийме вигляд:

$$f_* = \frac{M_{сн} + \beta_\partial \omega_H \omega_*}{\beta_\partial \omega_{0H}}, \quad (9)$$

звідки

$$\omega_* = \frac{\omega_{0H}}{\omega_H} f_* - \frac{M_{сн}}{\beta_\partial \omega_H}. \quad (10)$$

Таким чином, для машин із незмінним моментом статичних опорів кутова швидкість лінійно залежить від частоти струму.

Для робочих машин, у яких момент статичних опорів лінійно залежить від кутової швидкості ($\chi=1$), рівняння (8) прийме вигляд:

$$f_* = \frac{M_0 + (M_{сн} + \beta_\partial \omega_H - M_0) \omega_*}{\beta_\partial \omega_{0H}}, \quad (11)$$

звідки

$$\omega_* = \frac{\beta_\partial \omega_{0H} f_* - M_0}{M_{сн} + \beta_\partial \omega_H - M_0}. \quad (12)$$

Таким чином, для машин із моментом статичних опорів, лінійно залежним від кутової швидкості, кутова швидкість лінійно залежить від частоти струму.

Для робочих машин з вентиляторною механічною характеристикою ($x=2$) рівняння (8) має вигляд:

$$f_* = \frac{M_0 + (M_{сн} - M_0)\omega_*^2 + \beta_0 \omega_n \omega_*}{\beta_0 \omega_{0n}}. \quad (13)$$

Для робочих машин, у яких момент статичних опорів зменшується із зростанням кутової швидкості ($x=-1$), рівняння (8) приймає вигляд:

$$f_* = \frac{M_0 + (M_{сн} - M_0)/\omega_* + \beta_0 \omega_n \omega_*}{\beta_0 \omega_{0n}}. \quad (14)$$

Таким чином, для робочих машин з вентиляторною і гіперболічною механічними характеристиками кутова швидкість при відхиленні частоти струму змінюється за складним алгоритмом.

Якщо знехтувати початковим моментом $M_0=0$, отримаємо:

$$f_* = \frac{M_{сн} \omega_*^x + \beta_0 \omega_n \omega_*}{\beta_0 \omega_{0n}}. \quad (15)$$

Оскільки

$$M_{сн} = K_3 M_{0n}, \quad (16)$$

де K_3 – коефіцієнт завантаження двигуна,

$$\beta_0 = \frac{M_{0n}}{\omega_0 - \omega_n} = \frac{M_{0n}}{\omega_0 s_n}, \quad (17)$$

де s_n – номінальне ковзання двигуна, то

$$f_* = K_3 s_n \omega_*^x + \frac{\omega_n}{\omega_{0n}} \omega_*. \quad (18)$$

Для робочих машин, у яких момент статичних опорів не залежить від кутової швидкості ($x=0$), рівняння (18) записується у вигляді:

$$f_* = K_3 s_n + \frac{\omega_n}{\omega_{0n}} \omega_*, \quad (19)$$

звідки

$$\omega_* = \frac{\omega_{0n}}{\omega_n} (f_* - K_3 s_n). \quad (20)$$

Для робочих машин, у яких момент статичних опорів лінійно залежить від кутової швидкості ($x=1$), рівняння (18) має вигляд:

$$f_* = (K_3 s_n + \frac{\omega_n}{\omega_{0n}}) \omega_*, \quad (21)$$

звідки

$$\omega_* = \frac{f_*}{K_3 s_n + \frac{\omega_n}{\omega_{0n}}}. \quad (22)$$

Таким чином, для машин із моментом статичних опорів не залежним і лінійно залежним від кутової швидкості кутова швидкість лінійно залежить від частоти струму.

Для робочих машин з вентиляторною механічною характеристикою ($x=2$) рівняння (18) запишеться у вигляді:

$$f_* = K_3 s_n \omega_*^2 + \frac{\omega_n}{\omega_{0n}} \omega_* \quad (23)$$

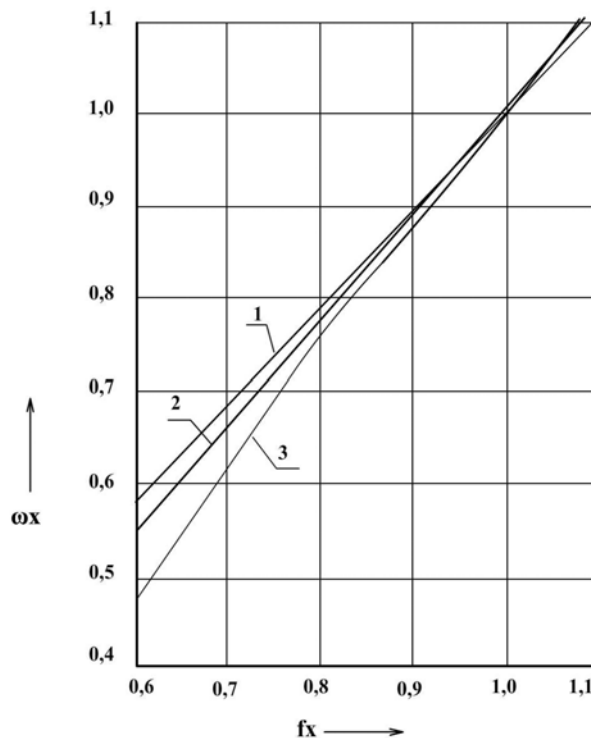
Для робочих машин, у яких момент статичних опорів зменшується із зростанням кутової швидкості ($\chi = -1$), рівняння (18) приймає вигляд:

$$f_* = \frac{K_3 s_n}{\omega_*} + \frac{\omega_n}{\omega_{0n}} \omega_* \quad (24)$$

Для двигунів з жорсткою механічною характеристикою номінальне ковзання невелике і $\omega_n \approx \omega_{0n}$, тому першим доданком у виразі (18) можна знехтувати. Тоді отримаємо:

$$f_* \approx \omega_* \quad (27)$$

На рисунку показані залежності зміни кутової швидкості від частоти струму для робочих машин із різним типом механічних характеристик. Як впливає із наведених залежностей, вони близькі до лінійних, за винятком робочих машин із гіперболічною механічною характеристикою ($\chi = -1$).



Залежність кутової швидкості від частоти струму для робочих машин з механічною характеристикою: 1 – $\chi = 2$; 2 – $\chi = 1$, $\chi = 0$; 3 – $\chi = -1$.

Висновки

Зміна кутової швидкості асинхронного електропривода при відхиленні частоти струму визначається жорсткістю механічної характеристики електродвигуна (номінальним ковзанням) і показником степеня (типом) механічної характеристики робочої машини.

Зміна кутової швидкості електропривода при відхиленні частоти струму для робочих машин з моментом статичних опорів не залежним або лінійно залежним від кутової швидкості відбувається за лінійним законом, а для інших типів машин – за більш складним алгоритмом.

Список літератури

1. Вплив якості електроенергії на функціонування споживачів у сільському господарстві / Д.Г. Войтюк, В.П. Лисенко, І.І. Мартиненко [та ін.] // Електрифікація та автоматизація сільського господарства. – 2004. – №1(6). – С. 3–12.
2. Електропривод / [Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко та ін.]; за ред. Ю.М. Лавріненка. – К.: Ліра-К, 2009. – 504 с.
3. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній / [Є.Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю.М. Лавріненко, та ін.]; за ред. Є.Л. Жулая. – К.: Вища освіта, 2001. – 288 с.

Проведено исследование влияния частоты тока на угловую скорость производственных машин и механизмов. Установлено зависимости угловой скорости от частоты тока для рабочих машин с различными типами механических характеристик.

Електропривод, угловая скорость, частота тока, механическая характеристика рабочей машины, жесткость механической характеристики электродвигателя.

Studies of influence of frequency of current are undertaken on the speed of productive machines and mechanisms. Dependences of speed are set on frequency of current for working machines with the different types of mechanical descriptions.

Electric drive, speed, frequency of current, mechanical description of working machine, inflexibility of mechanical description of electric motor.

УДК 631.24.243

НАУКОВІ ПЕРЕДУМОВИ КЕРОВАНОГО ЕЛЕКТРОМАГНІТНОГО ВПЛИВУ НА ЕВОЛЮЦІЮ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РІВНЯ ПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ГЕНОТИПІВ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН

***В.В. Снітинський, доктор біологічних наук, академік НААНУ
В.М. Боярчук, В.О. Паранюк*, С.Й. Ковалишин,
кандидати технічних наук
Львівський національний аграрний університет***

Запропоновано передпосівне стимулювання насіння кормових трав електричним коронним розрядом при певних режимах опромінення насіння, що може забезпечувати репродуктивне підвищення

* Науковий консультант – доктор технічних наук Г. Б. Іноземцев

© В.В. Снітинський, В.М. Боярчук,
В.О. Паранюк, С.Й. Ковалишин, 2012