

УДК [621.327]:539

ВПЛИВ ВІДХИЛЕННЯ НАПРУГИ НА РОБОТУ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДРОБАРКИ

Ю.М. Куценко, доктор технічних наук

Таврійський державний агротехнологічний університет

Проведено дослідження впливу відхилення напруги на кутову швидкість дробарок. Визначено можливість прямого пуску електродвигуна приводу дробарки та умови стійкості роботи електродвигунів, що працюють в виробничих умовах.

Електропривод, відхилення напруги, дробарка, стійкість, виробничі умови.

На сьогоднішній день одним із важливих сегментів розвитку народного господарства є виробництво високоякісної цегли. Частина регіонів України потребує інтенсивного відновлення, тому існує попит на якісні будівельні матеріали. На теперішній час є достатньо велика кількість асортименту цегли, яку виготовляють українські та зарубіжні компанії-виробники.

Гіперпресована цегла повинна бути виготовлена згідно ДСТУ Б.В2.7.-7-94 методом пресування, з використанням екологічно чистого матеріалу вапняку-ракушняку. Гіперпресована цеглина має схильність до появи мікротріщин на лицьових поверхнях унаслідок релаксацій внутрішньої напруги, створеної у момент пресування. Використання сучасного технологічного обладнання для виробництва гіперпресованої цегли, а особливо електродвигунів приводу дробарок, дозволяють підвищити якість будівельних матеріалів, надійність і довготривалість будівельних конструкцій.

Надійність роботи електроприводів напряму залежить від якості напруги мережі живлення, при цьому повинна забезпечуватись стійкість роботи

електродвигунів, що працюють при прямому пуску двигуна дробарки.

Мета дослідження – встановити вплив відхилення напруги на кутову швидкість асинхронних електроприводів дробарок та стійкість їх роботи.

Матеріали та методи досліджень. Аналіз зміни кутової швидкості асинхронних електроприводів дробарок та стійкість роботи при змінюванні напруги виконувався з використанням положень теорії надійності систем електропостачання, теорії електропривода, теорії організації систем.

При аналітичних дослідженнях напругу змінювали в діапазоні $0,75 \dots 1,25 U_{ном}$. Параметри мережі живлення, силового трансформатора та електродвигунів приймали за даними реального виробничого об'єкта.

Результати досліджень. У процесі технологічних операцій з виготовлення продукції різних галузей народного господарства відхилення напруги і частоти струму від нормованих значень викликає порушення нормального ходу технологічних процесів, випуск неякісної продукції, зростання втрат електроенергії в елементах системи електроспоживання. Відхилення напруги від номінального значення призводить до змінювання кутової швидкості двигунів, які, в свою чергу, обумовлюють змінювання технологічних характеристик робочих машин.

При відхиленні напруги двигун працює на робочій ділянці механічної характеристики, обмеженої ковзанням θ і критичним S_k . При цьому можна вважати, що механічна характеристика двигуна на цій ділянці лінійна [1]

$$M_o = \beta_o \cdot U^* \cdot (\omega_o - \omega), \quad (1)$$

де M_o – момент двигуна, Н·м;

β_o – жорсткість механічної характеристики електродвигуна, Н·м·с;

$U = \frac{U}{U_{ном}}$ – змінювання напруги в відносних одиницях;

ω_o – синхронна кутова швидкість, c^{-1} ;

ω – кутова швидкість у заданий час, c^{-1} .

Рівняння механічної характеристики робочої машини (дробарки)

описується як [2]

$$M_c = M_o + (M_{c.ном} - M_o) \left(\frac{\omega}{\omega_{ном.}} \right)^{1,7}, \quad (2)$$

де M_c – момент статичних опорів дробарки (робочої машини) при заданій швидкості, Н·м;

M_o – початковий момент, Н·м;

$M_{c.ном}$ – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості, Н·м;

ω і $\omega_{ном}$ – задане і номінальне значення кутової швидкості, с⁻¹;

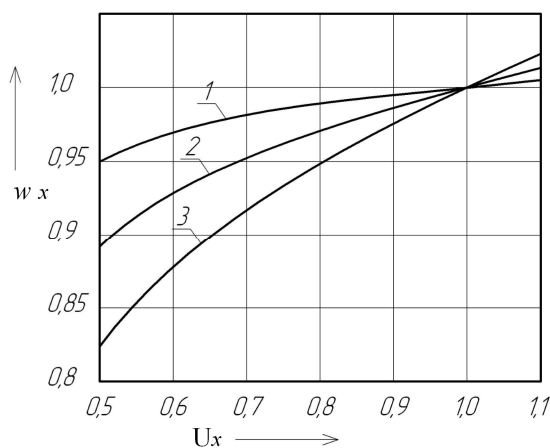
Навантажувальна діаграма дробарки має змінний характер з великими коливаннями моменту та швидкості.

Для дробарок з механічною характеристикою ($x=1,7$) змінювання напруги та кутової швидкості запишеться як [3]

$$U_* = \sqrt{\frac{k_3 \omega_*^2 s_H}{s}} = \frac{1-s}{1-s_H} \sqrt{\frac{k_3 s_H}{s}}, \quad (3)$$

де k_3 – коефіцієнт завантаження.

Таким чином, змінювання кутової швидкості залежить від напруги, при цьому необхідно враховувати ковзання електродвигуна (рис. 1.)



1 – 0,02; 2 - 0,05; 3 - 0,1.

Рис. 1. Зміна кутової швидкості від напруги в електроприводах дробарок при номінальному ковзанні двигуна

Пуск потужного двигуна буде забезпечено, якщо виконується умова

$$M_{\text{пуск}} \cdot (1 - \Delta U_{\text{доп.пуск}})^2 \geq M_{\text{зр.}} + M_{\text{надл.}} \quad (4)$$

де $M_{\text{зр.}}$ — момент зрушення робочої машини, Н·м;

$M_{\text{надл.}}$ — надлишковий момент, який забезпечує необхідне прискорення системи двигун-робоча машина, Н·м. Надлишковий момент приймають $0,25 \cdot M_{\text{ном.}}$.

З умови (4) визначається допустиме відхилення напруги на затискачах двигуна дробарки, що пускається, в %

$$\Delta U_{\text{доп.пуск}}^* = \left(1 - \sqrt{\frac{M_{\text{зр.}} + 0,25 \cdot M_{\text{ном.}}}{M_{\text{пуск}}}} \right) 100 \quad (5)$$

За виразом 5 визначається допустиме відхилення напруги на затискачах двигуна, що запускається. Отримане значення порівнюється із максимально допустимим відхиленням для двигуна та допустимим відхиленням напруги для електромагнітних апаратів керування та захисту.

При пуску потужного двигуна повинна забезпечуватись стійкість раніше працюючих двигунів, у даному випадку цеху з виробництва цегли

$$\Delta U_{\text{ф.ст.}}^* \leq \Delta U_{\text{доп.ст.}}^* \quad (6)$$

де $U_{\text{ф.ст.}}$ - фактичне відхилення напруги на затискачах двигуна, що працює, в статичному режимі, %;

$U_{\text{доп.ст.}}$ - допустиме відхилення напруги на затискачах двигуна в статичному режимі, %.

Фактичне зниження напруги на затискачах двигуна при пуску від трансформатора визначається за виразом [2]

$$\Delta U_{\text{ф.}} = \frac{Z_{\text{тр.}} + Z_{\text{мережі}}}{Z_{\text{тр.}} + Z_{\text{мережі}} + Z_{\text{ед.}}} \cdot 100\% \quad (7)$$

де $Z_{\text{тр.}}$ - повний опір трансформатора при короткому замиканні, Ом %,

$$Z_{\text{тр.}} = \frac{U_{\text{ном.}} \cdot u_k \cdot \%}{100 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{2\text{ном.}}}$$

$Z_{\text{мережі}}$ — повний опір з'єднувальної лінії, $Z_{\text{мережі}} = Z_o \cdot l$, Ом;

$Z_{ед.}$ – повний опір короткого замикання асинхронного двигуна,

$$Z_{ед.} = \frac{U_{ном.}}{\sqrt{3} \cdot I_{ном.дв.} \cdot k_i};$$

При пуску потужного двигуна повинна забезпечуватись стійкість раніше працюючих двигунів, що має місце при умові [2]

$$M_{кр.} \cdot (1 - \Delta U_{доп.ст.})^2 \geq M_{с.макс.} \quad (8)$$

де $M_{кр.}$ – максимальний момент двигуна, що перевіряється на стійкість, Н·м.

$\Delta U_{доп.ст.}$ – допустиме відхилення напруги на затискачах двигуна, стійкість якого перевіряється, в.о.;

$M_{с. макс.}$ – максимальний приведений момент навантаження для валу електродвигуна, Н·м.

Допустиме відхилення напруги на затискачах двигуна, стійкість якого перевіряється

$$\Delta U_{доп.ст.} = \left(1 - \sqrt{\frac{M_{с.макс.}}{M_{кр.}}} \right) \cdot 100\% . \quad (9)$$

За виразами 6 та 9 виконується перевірка статичної стійкості системи «двигун-робоча машина» за умов живлення від джерела сумісної потужності.

Фактичне відхилення напруги на затискачах працюючого двигуна визначається за виразом [1,4]

$$\Delta U_{ф.} = \frac{Z_{тр.} + Z_{мережі}}{Z_{тр.} + Z_{мережі} + Z_{екв.}} \cdot 100\% , \quad (10)$$

де $Z_{екв.}$ – повний еквівалентний опір асинхронних двигунів, які

включені паралельно двигуну, що запускається, $Z_{екв.} = \frac{Z_{дв.1} \cdot Z_{дв.2}}{Z_{дв.1} + Z_{дв.2}}$ Ом

де $Z_{дв.1, дв.2}$ – повний опір короткого замикання електродвигунів, Ом.

У роботі була визначена потужність електродвигуна приводу дробарки марки СМ493Б та прийнято до експлуатації електродвигун серії АИР225М4УПУЗ; $P_H=55$ кВт; $n_H=1470$ об/хв.

Побудовані механічна характеристика електродвигуна та робочої машини. Визначено можливість прямого пуску при номінальній напрузі та зниженні напруги до 25%.

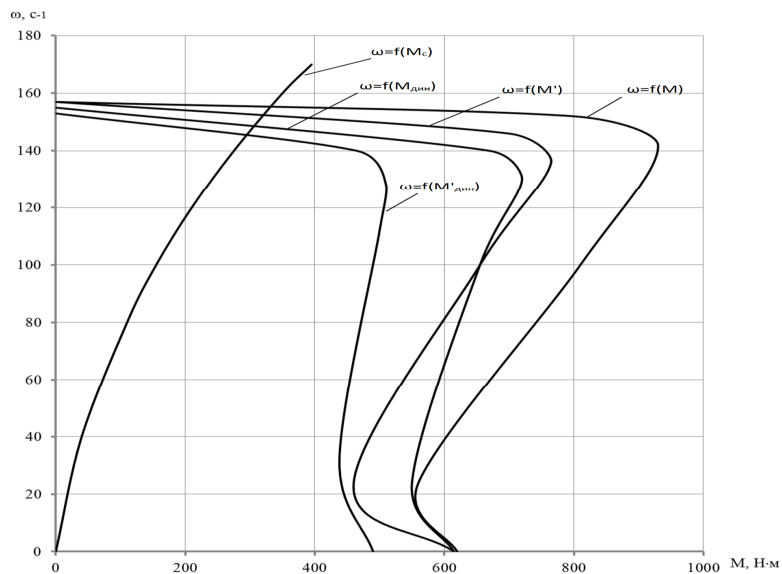


Рис. 2. Механічні характеристики дробарки та електродвигуна при номінальній та зниженій напрузі

Живлення електродвигунів цеху виробництва цегли на підприємстві ВАТ "Пологовський хімічний завод "Коагулянт" виконується від трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ потужністю 250 кВ·А.

Допустиме відхилення напруги на затискачах електродвигуна АИР225М4УПУЗ складає $\Delta U_{\text{доп.пуск}}^* = 91\%$. У відповідності із нормативними документами допустиме відхилення для електромагнітних апаратів керування та захисту перевищує допустиме значення при пуску електродвигуна.

Таким чином в умовах виробництва даного підприємства можливий прямий пуск потужного електродвигуна. При цьому також забезпечується статична стійкість електродвигунів, що працюють при пуску ЕД серії АИР250S2УПУЗ.

Висновки

Відхилення напруги впливає на зменшення швидкості обертання ротора електродвигуна приводу дробарки. Коефіцієнт, від якого залежить зміна моменту двигуна при різних швидкостях дорівнює $x = 1,7$. У результаті

аналітичних досліджень встановлено, при номінальній напрузі забезпечується прямий пуск електродвигуна приводу дробарки. При відхиленні напруги мережі на 10 % статична стійкість електродвигунів, що працюють в даних виробничих умовах не забезпечується.

Список літератури

1. Электропривод в тяжелом машиностроении : Л. Б. Гейлер. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1958. – 586 с.

2. Электропривод: підручник / Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко, П. І. Савченко [та інш.] ; за ред. Ю. М. Лавріненка. – К. : Ліра-К, 2009. – 504 с.

3. Электропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній : Підручник / Є. Л. Жулай, Б.В. Зайцев, Ю. М. Лавріненко, О. С. Марченко [та ін.]. ; За ред. Є. Л. Жулая. – Вища освіта, 2001. – 288 с.

4. Электропривод у питаннях і відповідях: навч. посіб. для студентів вищ. навч. закл. / П. І. Савченко, М. Л. Лисиченко, О. К. Тищенко, В. В. Гузенко. – Х : ХНТУСГ ; Факт, 2012. – 500 с.

Проведены исследования влияния отклонения напряжения на угловую скорость дробилок. Определены возможность прямого пуска электродвигателя привода дробилки СМ493Б и условия устойчивости работы работающих электродвигателей в производственных условиях .

Электропривод, отклонение напряжения, дробилка, устойчивость, производственные условия.

The influence of voltage deviation on angular velocity crushers. The possibility of direct starting electric motor crusher and stability conditions of electric motors working in you-facturing conditions.

The electric, voltage deviation, crusher, stability, pro-chi conditions.