

ВПЛИВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПРИВОДНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ГНОСПРИБИРАЛЬНИХ ТРАНСПОРТЕРІВ

Синявський О. Ю., к.т.н., доц., e-mail: sinyavsky2008@ukr.net

Савченко В. В., к.т.н., доц., e-mail: vit1986@ua.fm

Твердохліб В. М., студент магістратури

Гирило А. І., студент магістратури

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Актуальність дослідження. Нині встановлено, що найбільший вплив на електроприводи виробничих машин і механізмів мають відхилення та несиметрія наруги. У ході обробки даних понад 170 експериментів визначено, що показниками якості електроенергії, які найбільш часто виходять за встановлені межі, є відхилення наруги (68 %) та коефіцієнт несиметрії за нульовою послідовністю (38 %) [1].

Хоча за EN50160 середньоквадратичне відхилення наруги повинно бути в межах $\pm 10\%$, але в реальності ці показники можуть значно відрізнятися від норми, наприклад, в Україні відхилення наруги буває від -20% до $+30\%$ [2].

Внаслідок відхилення і несиметрії наруги змінюється кутова швидкість двигуна, яка в свою чергу обумовлює зміну приводних характеристик гноєприбиральних транспортерів. Тому дослідження зміни технологічних і енергетичних характеристик гноєприбиральних транспортерів при відхиленні та несиметрії наруги має теоретичне і практичне значення.

Мета дослідження – встановлення впливу відхилення та несиметрії наруги на технологічні і енергетичні характеристики гноєприбиральних транспортерів.

Основні матеріали досліджень. При відхиленні і несиметрії наруги асинхронний двигун працює на робочій частині механічної характеристики, яку можна вважати лінійною [3].

При відхиленні наруги механічна характеристика електродвигуна на робочій ділянці опишеться рівнянням:

$$M_{\partial} = \beta_{\partial} U_*^2 (\omega_0 - \omega), \quad (1)$$

де M_{∂} – момент двигуна, Н·м; β_{∂} – жорсткість механічної характеристики електродвигуна, Н·м·с; U_* – наруга у відносних одиницях; ω_0 – синхронна кутова швидкість, с⁻¹; ω – задана кутова швидкість, с⁻¹,

а при несиметрії наруги

$$M_{\partial} = \beta_{\partial a} \beta_{\partial n} (\omega_0 - \omega), \quad (2)$$

де $\beta_{\partial a} = \beta_{\partial a} / \beta_{\partial n}$ – жорсткість механічної характеристики електродвигуна при несиметрії наруги у відносних одиницях; $\beta_{\partial a}$ – жорсткість механічної характеристики електродвигуна при несиметрії наруги; $\beta_{\partial n}$ – жорсткість механічної характеристики електродвигуна при номінальній симетричній нарузі, Н·м·с.

Механічна характеристика гноєприбиральних транспортерів: [3]:

$$M_c = M_{cn}, \quad (3)$$

де M_{cn} – момент статичних опорів при номінальній кутовій швидкості, Н·м.

В усталеному режимі роботи

$$\beta_{\partial} U_*^1 (\omega_0 - \omega) = M_{cn}, \quad (4)$$

$$\beta_{\partial a} \beta_{\partial n} (\omega_0 - \omega) = M_{cn}. \quad (5)$$

Продуктивність гноєприбирального транспортера прямо пропорційна кутовій швидкості електродвигуна:

$$Q_* = \omega_*. \quad (6)$$

Тоді закон зміни продуктивності гноєприбирального транспортера при зміні наруги запишеться у вигляді:

$$Q_* = \frac{\omega_0}{\omega_n} - \frac{M_{сн}}{\beta_\delta \omega_n U_*^2}, \quad (7)$$

а при несиметрії напруги

$$Q_* = \frac{\omega_0}{\omega_n} - \frac{M_{сн}}{\beta_\delta \beta_{\delta a^*} \omega_n} \quad (8)$$

Відхилення та несиметрія напруги впливають також на енергетичні характеристики гноєприбирального транспортера, однією з яких є питома витрата електроенергії, кВт·год/кг, яка визначається так:

$$q = P_1 / Q, \quad (9)$$

де P_1 – потужність, споживана електродвигуном з мережі, кВт.

У відносних одиницях вираз (9) має вигляд:

$$q_* = \frac{P_2 + \Delta P_c + \Delta P_v}{P_{2н} + \Delta P_{сн} + \Delta P_{вн}} \cdot \frac{Q_n}{Q} = \frac{P_2 + \Delta P_{вн} (\alpha + \Delta P_v / \Delta P_{вн})}{P_{2н} + \Delta P_{вн} (\alpha + 1)} \cdot \frac{Q_n}{Q}, \quad (10)$$

де $P_{2н}$ і P_2 – відповідно потужність на валу двигуна при номінальній і відмінній від номінальної напрузі; $\Delta P_{сн}$ і ΔP_c – постійні втрати потужності; $\Delta P_{вн}$ і ΔP_v – змінні втрати потужності; α – коефіцієнт втрат.

Враховуючи, що номінальні втрати потужності

$$\Delta P_n = P_{2н} \frac{1 - \eta_n}{\eta_n} = \Delta P_{вн} (\alpha_n + 1), \quad (11)$$

де α – коефіцієнт втрат; η_n – ККД двигуна при номінальній напрузі, тоді питома витрата електроенергії при відхиленні напруги

$$q_* = \eta_n + \frac{1 - \eta_n}{(\alpha_n + 1)} \cdot \frac{(\alpha + 1 / U_*^2)}{Q_*}, \quad (12)$$

а при несиметрії напруги

$$q_* = \eta_n + \frac{1 - \eta_n}{(\alpha + 1)} \cdot \frac{(\alpha_a + 1 / \beta_{\delta a^*})}{Q_*}. \quad (13)$$

Таким чином, зниження та несиметрія напруги викликають зростання питомої витрати електроенергії в електроприводі гноєприбирального транспортера.

Висновок. При зниженні та несиметрії напруги зменшується жорсткість механічної характеристики електродвигуна. При цьому зростає ковзання та втрати потужності. Внаслідок цього зменшується продуктивність та зростають питомі витрати електроенергії в електроприводі гноєприбиральних транспортерів. На основі проведених досліджень встановлено, що при зниженні напруги на 20 % продуктивність гноєприбиральних транспортерів знижується до 3 %.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дед А. В., Сикорский С. П., Смирнов П. С. Результаты измерений показателей качества электроэнергии в системах электроснабжения предприятий и организаций. Омский научный вестник. 2018. №2 (158). С. 60 – 63.
2. Szultka A., Szultka S., Czapp S., Zajczyk R. Voltage Variations and Their Reduction in a Rural Low-Voltage Network with PV Sources of Energy. Electronics 2021, 10(14), 1620
3. Лавріненко Ю. М., Савченко П. І., Синявський О. Ю. та ін. Основи електропривода. К.: Видавництво Ліра-К, 2016. 524 с.
4. Синявський О. Ю., Савченко В. В., Лавріненко Ю. М. та ін. Електропривод виробничих машин і механізмів. К.: ФОП Ямчинський О.В., 2020. 444 с.