

**ВПЛИВ ЯКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ
НА ПРИВОДНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЕПАРАТОРІВ МОЛОКА**

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

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

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Актуальність дослідження. Хоча за EN50160 середньоквадратичне відхилення напруги повинно бути в межах $\pm 10\%$, але в реальності ці показники можуть значно відрізнятись від норми, наприклад, в Україні відхилення напруги буває від -20% до $+30\%$ [1].

Як показали проведені дослідження, найбільший вплив на електроприводи сільськогосподарських машин мають відхилення напруги (у 68 % випадків) та несиметрія напруги (у 38 % випадків) [2].

Сепаратори молока для відокремлення вершків потребують незмінної кутової швидкості барабана [3]. Проте внаслідок відхилення і несиметрії напруги змінюється кутова швидкість двигуна, яка в свою чергу обумовлює зміну технологічних характеристик сепаратора молока. Тому дослідження зміни технологічних і енергетичних характеристик сепараторів молока при відхиленні та несиметрії напруги має теоретичне і практичне значення.

Мета дослідження – встановлення впливу відхилення та несиметрії напруги на технологічні і енергетичні характеристики сепараторів молока.

Основні матеріали досліджень. При відхиленні і несиметрії напруги асинхронний двигун працює на робочій частині механічної характеристики, яку можна вважати лінійною [4].

При відхиленні напруги 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_* – напруга у відносних одиницях; ω_0 – синхронна кутова швидкість, с⁻¹; ω – задана кутова швидкість, с⁻¹,

а при несиметрії напруги

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

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

Механічна характеристика сепаратора молока має вентиляторний вигляд [3]:

$$M_c = M_0 + b \omega^2, \quad (3)$$

де M_0 – початковий момент, Н·м; b – коефіцієнт, Н·м·с².

В усталеному режимі роботи

$$\beta_{\partial} U_*^2 (\omega_0 - \omega) = M_0 + b \omega^2, \quad (4)$$

$$\beta_{\partial a^*} \beta_{\partial n} (\omega_0 - \omega) = M_0 + b \omega^2. \quad (5)$$

Продуктивність сепараторів молока

$$Q_* = \omega_*^2. \quad (6)$$

Тоді закон зміни продуктивності сепаратора молока при зміні напруги запишеться у вигляді:

$$U_* = \sqrt{\frac{M_0 + b\omega_n^2 Q_*}{\beta_\rho(\omega_0 - \omega_n \sqrt{Q_*})}}, \quad (7)$$

а при несиметрії напруги

$$\beta_{\rho a^*} = \sqrt{\frac{M_0 + b\omega_n^2 Q_*}{\beta_\rho(\omega_0 - \omega_n \sqrt{Q_*})}}. \quad (8)$$

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

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

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

У відносних одиницях вираз (9) має вигляд:

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

де P_{2n} и P_2 – відповідно потужність на валу двигуна при номінальній і відмінній від номінальної напрузі; ΔP_{cn} і ΔP_c – постійні втрати потужності; ΔP_{vn} і ΔP_v – змінні втрати потужності; α – коефіцієнт втрат.

Враховуючи, що номінальні втрати потужності

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

де α – коефіцієнт втрат; η_n – ККД двигуна при номінальній напрузі, а змінні втрати потужності

$$\Delta P_v = \Delta P_{vn} \omega_*^4 / U_*^4, \quad (12)$$

то питома витрата електроенергії при відхиленні напруги

$$q_* = \eta_n Q_* + \frac{1 - \eta_n}{(\alpha_n + 1)} \cdot \frac{(\alpha U_*^2 + Q_*^2 / U_*^4)}{Q_*}, \quad (13)$$

а при несиметрії напруги

$$q_* = \eta_n \sqrt{Q_*} + \frac{1 - \eta_n}{(\alpha_n + 1)} \cdot \frac{(\alpha_a + Q_*^2 / \beta_{\rho a^*})}{Q_*}. \quad (14)$$

Таким чином, зниження та несиметрія напруги викликає зростання питомої витрати електроенергії в сепараторів молока.

Висновок. На основі проведених досліджень встановлено, що при зниженні напруги на 20 % кутова швидкість барабана сепаратора молока знижується на 4 %, продуктивність – до 9 %, а питома витрата електроенергії зростає на 10 %. Несиметрія напруги призводить до зменшення продуктивності сепаратора молока та зростання питомої витрати електроенергії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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
2. 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.
3. Синявський О. Ю., Савченко В. В., Лавріненко Ю. М. та ін. Електропривод виробничих машин і механізмів. К.: ФОП Ямчинський О. В., 2020. – 444 с.
4. Лавріненко Ю. М., Савченко П. І., Синявський О. Ю. та ін. Основи електропривода. К.: Видавництво Ліра-К, 2016. 524 с.