

## ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ТЕПЛОВА МОДЕЛЬ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОДВИГУНА

Вовк О.Ю., к.т.н.

Oleksandr.vovk@tsatu.edu.ua

Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного,  
м. Мелітополь

**Актуальність та постановка проблеми.** На сьогодні основним приводним елементом робочих машин є асинхронні електродвигуни з короткозамкненим ротором через їх значну конструкційну надійність [1]. Але у процесі їхньої експлуатації надійність цих електродвигунів знижується внаслідок різноманітних впливів, які не можливо у повному обсязі врахувати при проектуванні та виготовленні [2, 3]. Більшість з таких експлуатаційних впливів призводять до значного нагрівання електродвигуна і, як наслідок, до різкого зношення його ізоляції [4]. З метою запобігання значних наслідків теплових впливів на електродвигуни на практиці застосовують різні пристрої захисту, які базуються на контролі його теплового стану. Для настроювання даних пристроїв інженери-експлуатаційники виконують певні теплові розрахунки, які базуються на відповідних теплових схемах заміщення асинхронного електродвигуна. Еквівалентні теплові схеми, які призначені для аналізу його усталеного режиму при проектуванні, передбачають від 50 до 100 вхідних параметрів [5 – 7]. Тому їх застосування в експлуатації для контролю теплового стану електродвигуна без створення відповідної бази даних не є можливим. Еквівалентні теплові схеми, що використовуються для аналізу теплового стану електродвигуна в експлуатації (одноеlementна, двоелементна) [8 – 10], не дозволяють в повній мірі контролювати тепловий стан окремих вузлів асинхронного електродвигуна. Тому у роботі була поставлена задача отримати спосіб визначення усталеного перевищення температури електродвигуна, на базі складеної триелементної теплової моделі.

**Основні матеріали дослідження.** Асинхронний електродвигун у тепловому відношенні розглянуто як систему трьох тіл: 1) обмотки статора; 2) обмотки ротора; 3) сталі (магнітопроводу, механічної частини і корпусу) і прийнято, що теплоємність середовища навколо електродвигуна дорівнює нескінченності, а температура навколишнього середовища номінальна і постійна (рис.1). Це є цілком достатнім для аналізу експлуатаційних процесів у ньому.

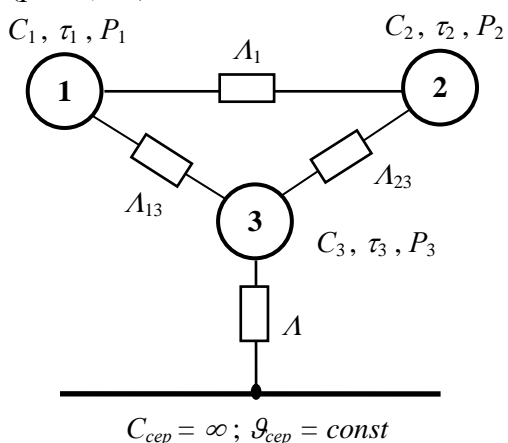


Рис.1. Теплова схема  
заміщення асинхронного

На схемі (рис.2) наведено наступні умовні позначення:

$C_1, C_2, C_3$  – теплоємності відповідних тіл, Дж/°C;

$\tau_1, \tau_2, \tau_3$  – перевищення температур відповідних тіл над температурою навколишнього середовища, °C;

$P_1, P_2, P_3$  – втрати активної потужності у відповідних тілах, Вт;

$A_{12}, A_{13}, A_{23}$  – теплопровідності між відповідними тілами, Вт/°C;

$A$  – теплова провідність між третім тілом і навколишнім середовищем, Вт/°C;

$C_{sep}$  – теплоємність навколишнього

середовища,  $Bm/^\circ C$ ;

$\vartheta_{сер}$  – температура навколишнього середовища,  $^\circ C$ .

Система рівнянь теплового балансу для схеми, наведеної на рис.1, має такий вигляд:

$$\left. \begin{aligned} C_1 d\tau_1 + \Lambda_{13}(\tau_1 - \tau_3)dt - \Lambda_{12}(\tau_2 - \tau_1)dt &= P_1 dt; \\ C_2 d\tau_2 + \Lambda_{23}(\tau_2 - \tau_3)dt + \Lambda_{12}(\tau_2 - \tau_1)dt &= P_2 dt; \\ C_3 d\tau_3 + \Lambda_{31}\tau_3 dt - \Lambda_{13}(\tau_1 - \tau_3)dt - \Lambda_{23}(\tau_2 - \tau_3)dt &= P_3 dt. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Розв'язання системи рівнянь (1) щодо  $\tau_1$  для усталеного режиму роботи асинхронного електродвигуна ( $\tau_{1y}$ ) наступне:

$$\tau_{1y} = a \cdot P_1 + b \cdot P_2 + c \cdot P_3, \quad (2)$$

де  $a$  – коефіцієнт впливу втрат  $P_1$  на нагрівання обмотки статора,  $^\circ C/Bm$ ;

$b$  – коефіцієнт впливу втрат  $P_2$  на нагрівання обмотки статора,  $^\circ C/Bm$ ;

$c$  – коефіцієнт впливу втрат  $P_3$  на нагрівання обмотки статора,  $^\circ C/Bm$ .

Коефіцієнти  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – складна функція теплових провідностей. З метою визначення цих коефіцієнтів через інші параметри теплового стану електродвигуна застосовано перевищення температури обмотки статора над температурою навколишнього середовища в досліді короткого замикання ( $\tau_{1к}$ ) і холостого ходу ( $\tau_{1х}$ ), а також у номінальному режимі роботи ( $\tau_{1н}$ ). На основі цих параметрів складено систему із трьох рівнянь, кожне з яких представляє собою вираз (2) для дослідів номінального навантаження, короткого замикання і холостого ходу. При цьому прийнято, що зазначені коефіцієнти є однаковими у всіх вказаних режимах. Зазначена система рівнянь щодо коефіцієнтів  $a$ ,  $b$ ,  $c$  остаточно розв'язана так:

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{\tau_{1к} + \tau_{1х} - \tau_{1н}}{P_{1х}}; \\ b &= \frac{\tau_{1к} - \frac{P_{1н}}{P_{1х}} \cdot (\tau_{1к} + \tau_{1х} - \tau_{1н})}{P_{2н}}; \\ c &= \frac{\tau_{1н} - \tau_{1к}}{P_{3н}}. \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

**Висновок.** У роботі запропонований спосіб визначення усталеного перевищення температури електродвигуна, на базі складеної триелементної теплової моделі.

#### Список використаних джерел

1. Овчаров В.В. Вовк О.Ю. Теоретичні передумови комплексного діагностування асинхронних електродвигунів // Праці Таврійського державної агротехнічної академії: наукове фахове вид., Вип. 1, Т.21. – Мелітополь: ТДАТА, 2001. С. 4-6.
2. Вовк О.Ю. Періодичне діагностування асинхронних електродвигунів в експлуатації // Праці Таврійської державної агротехнічної академії: наукове фахове вид., Вип.32 – Мелітополь: ТДАТА, 2005. С. 74 – 85.
3. Овчаров С.В. Ресурсоэнергосберегающие эксплуатационные режимы силового электрооборудования. – К.: Видавництво ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 293 с.
4. Вовк О.Ю., Квітка С.О. Технологія періодичного контролю роботоздатності асинхронних електродвигунів // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове вид., Вип.11, т.3 – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – С. 80 – 88.

5. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Математична модель теплового стану асинхронного електродвигуна у нестационарних режимах // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. Вип.175. Харків: ХНТУСГ, 2016. С. 79-81.
6. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Теплова модель асинхронного електродвигуна в стаціонарних режимах // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка. Вип.166., Ч.4. Харків: ХНТУСГ, 2015. С. 118-120.
7. Вовк О.Ю., Квітка С.О. Теоретичний підхід до управління тепловим станом працюючого асинхронного електродвигуна з регульованим навантаженням // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Вип.164. Київ: НУБІП, 2011. С. 179-184.
8. Вовк О. Ю. Квітка С.О., Яковлев В.Ф. Аналітичне порівняння методів визначення усталеного перевищення температури обмоток статора асинхронного електродвигуна // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія "Механізація та автоматизація виробничих процесів". №8(23). Суми : СНАУ, 2011. С.114–116.
9. Вовк О.Ю. Аналіз усталеного теплового режиму асинхронного електродвигуна в експлуатації // Праці ТДАТУ. Вип.32. Мелітополь : ТДАТУ, 2005. С. 33-39.
10. Вовк О.Ю. Сталий процес нагрівання асинхронного електродвигуна// Праці ТДАТУ. Вип.5. Мелітополь : ТДАТУ, 2002. С. 62-66.