

УДК 631.3-83(075.8)

ЗНИЖЕННЯ ВТРАТ ЕНЕРГІЇ В АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДАХ

М.Т. Лут, О.Ю. Синявський, кандидати технічних наук

Проведений аналіз шляхів зниження втрат енергії в асинхронних електро-приводах. Сформульовано основні засади створення і впровадження енерго-ефективних асинхронних електродвигунів.

Енергозбереження, електропривод, енергоефективний асинхронний електродвигун.

В останні роки розвинені країни активно працюють над питаннями енергозбереження, що обумовлено обмеженістю і закінченістю викопної сировини (нафта, вугілля, газ, уран тощо); зростаючим світовим попитом на енергію за рахунок постійного зростання економіки, промисловості і добробуту населення; глобальними змінами клімату із-за збільшення емісії парникових газів; постійним і часто непередбачуваним зростанням цін на вуглеводні; активною «атомофобією» у багатьох країнах Західної Європи і боротьбою «зелених» проти атомної енергетики, що ще більше загострилися після землетрусу в Японії і аварії на АЕС «Фукусіма» в березні 2011 року.

Аналіз проблеми енергозбереження показав, що більше половини електроенергії, що виробляється в світі, споживають електродвигуни. Тому над їх вдосконаленням працюють всі провідні електротехнічні компанії світу. Це обумовило появу енергоефективних електродвигунів (рис.1), які виконують більше роботи на одиницю енергії, ніж аналоги (мають вищий ККД). Вищий ККД означає менше енергоспоживання. Звідси і друга назва – енергоощадний двигун.

Мета досліджень – встановлення шляхів впровадження енергоефективних асинхронних електродвигунів як чинника енергозбереження в електроприводах.



Рис.1. Чинники, що обумовлюють актуальність підвищення енергоефективності асинхронних електроприводів

Матеріали і методика досліджень. До основних енергетичних показників роботи електропривода належать втрати енергії, коефіцієнт корисної дії (ККД) η і коефіцієнт потужності $\cos\varphi$.

Економічність роботи електропривода у будь-якому режимі характеризується ККД – відношення виконаної механічної роботи до кількості спожитої за цей час електроенергії:

$$\eta_{\text{ц}} = \frac{A_{\text{мех}}}{A_{\text{ел}}} = \frac{\int_0^{T_{\text{ц}}} M_{\text{м}}(t)\omega_{\text{м}}(t) dt}{\int_0^{T_{\text{ц}}} P dt}, \quad (1)$$

де $\eta_{\text{ц}}$ – цикловий ККД електропривода; $T_{\text{ц}}$ – тривалість робочого циклу, год; $A_{\text{мех}}$, $A_{\text{ел}}$ – корисна механічна робота і спожита з мережі електрична енергія, Дж; $M_{\text{м}}$ – момент на валу робочої машини, Н·м; ω – кутова швидкість приводного вала робочої машини, с⁻¹; P – потужність, споживана електроприводом з мережі, Вт.

Якщо відомі значення ККД перетворювача електроенергії $\eta_{\text{н.ел}}$, двигуна $\eta_{\text{дв}}$ і механічних передач $\eta_{\text{мех}}$, то ККД електропривода

$$\eta = \eta_{\text{н.ел}} \eta_{\text{дв}} \eta_{\text{мех}}. \quad (2)$$

Економічність споживання електроенергії з мережі характеризується коефіцієнтом потужності, який є відношенням активної потужності P до повної S :

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}. \quad (3)$$

Результати досліджень. Європейським союзом розроблений і набув чинності новий стандарт ІЕС 60034-30, згідно з яким встановлено три класи енергоефективності одношвидкісних трифазних асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором (рис.2):

- **ІЕ1** – стандартний клас енергоефективності, приблизно еквівалентний класу енергоефективності Eff2, що застосовується зараз в Європі;

- **ІЕ2** – високий клас енергоефективності, приблизно еквівалентний класу енергоефективності Eff1;

- **ІЕ3** – вищий клас енергоефективності, новий клас енергоефективності для Європи.

Більше того, зараз розробляються вимоги до двигунів класу **ІЕ4**. За вимогами згаданого стандарту зміни стосуються практично всіх двигунів в діапазоні потужностей від 0,75 кВт до 375 кВт. Очікується, що втрати енергії у порівнянні з класом ІЕ3 знизяться на 15%.

Енергоощадні двигуни – це електродвигуни, ККД яких на 1–10 % вищий, ніж у стандартних двигунів. У потужних енергоощадних двигунах різниця в значеннях ККД складає 1–2 %, а в двигунах малої і середньої потужності – вже 7–10 %.

Підвищення ККД в енергоощадних електродвигунах досягається за рахунок:

- збільшення долі активних матеріалів – міді і сталі;

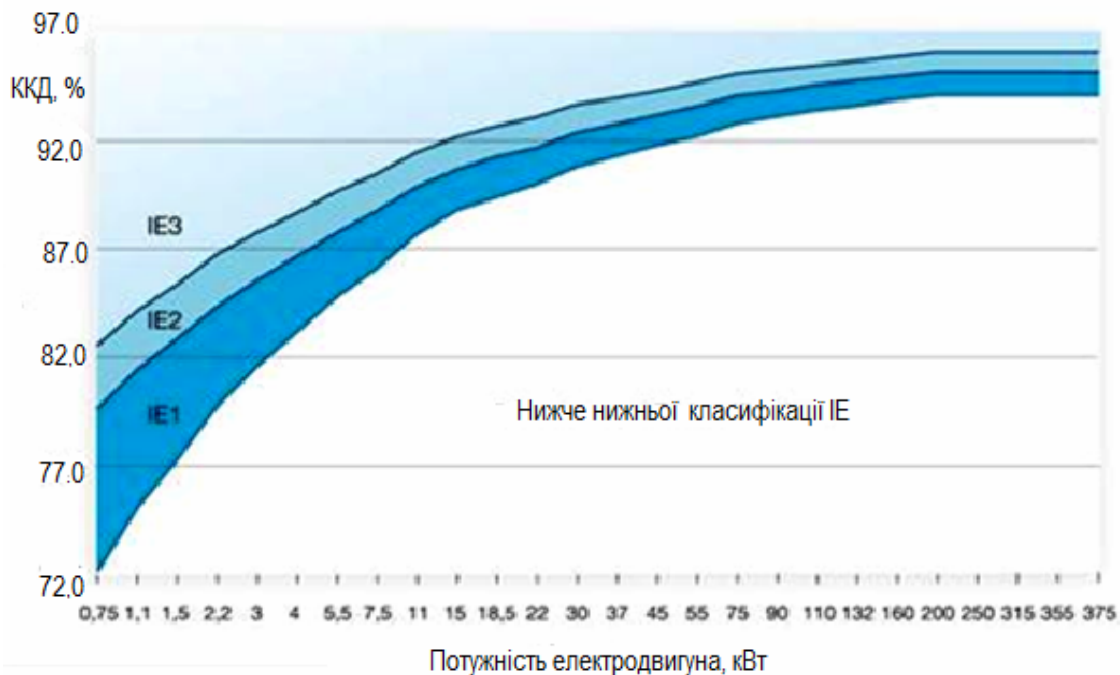


Рис.2. Класи енергоефективності асинхронних електродвигунів

- використання тоншої і високоякісної електротехнічної сталі;
- застосування замість алюмінію міді в роторних обмотках;
- зменшення повітряного зазору в статорі за допомогою прецизійного технологічного устаткування;
- оптимізації форми зубцевої зони магнітопроводу і конструкції обмоток;
- використання підшипників вищого класу;
- особливої конструкції вентилятора.

У загальному випадку перехід до застосування енергоефективного (енергоощадного) двигуна дозволяє підвищити ККД двигуна на 1–10 % та надійність його роботи; скоротити час простоїв; зменшити витрати на технічне обслуговування; підвищити перевантажувальну здатність двигуна; його стійкість до теплових перевантажень та погіршення експлуатаційних умов (зниженої і завищеної напруги, спотворення форми кривої напруги, перекосу фаз тощо); підвищити коефіцієнт потужності; знизити рівень шуму; збільшити швидкість двигуна за рахунок зменшення ковзання.

Недоліками електродвигунів з підвищеним ККД у порівнянні із звичайними є на 10 – 30 % вища вартість; дещо більша маса; вища величина пускового струму.

Із зростанням енергоефективності збільшується і термін служби двигуна, оскільки втрати в ньому і нагрівання двигуна менші.

У деяких випадках використання енергоефективного двигуна є недоцільним:

- коли двигун експлуатується менше 1–2 тис. год/рік;
- при роботі двигуна в режимах з частими пусками, оскільки заощаджена електроенергія буде витрачена на вище значення пускового струму;
- при роботі двигуна з недовантаженням, внаслідок зменшення ККД при роботі на навантаження нижче номінального.

За статистичними даними вартість енергоефективного двигуна складає менше 2 % сумарних витрат на життєвий цикл. Так, якщо двигун працює 4000 годин щороку протягом 10 років, то частка електроенергії становить приблизно 97 % всіх витрат. Тому збільшення ККД двигуна середньої потужності на 2 % дозволить окупити зростання вартості енергоощадного двигуна вже через 3 роки, залежно від режиму роботи.

Освоєння і впровадження електродвигунів високої ефективності усуває проблему необхідності збільшення встановленої потужності електроустаткування і зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу. Крім того, зниження величини шуму і вібрації, збільшення надійності всього електроприводу є безперечним аргументом на користь застосування енергоефективних асинхронних електродвигунів.

Нині освоєний випуск асинхронних короткозамкнених двигуни серії 7А (7AVE), які відносяться до трифазних асинхронних електродвигунів загальнопромислової серії з короткозамкненим ротором. Вони мають ККД на 2 – 4% вищий, ніж в аналогів (EffI). Двигуни випускаються зі стандартним рядом висот осі обертання від 80 до 355 мм, розраховані на потужності від 1 до 500 кВт. Промисловість випускає двигуни зі стандартною частотою обертання 1000, 1500, 3000 об/хв і напругою 220/380, 380/660. Двигуни виконані зі ступенем захисту IP54 і ізоляцією класу F. Допустиме перегрівання відповідає класу В.

До переваг застосування асинхронних двигунів серії 7А відноситься їх висока економічність. Іншою перевагою таких двигунів є їх висока надійність і термін служби, окрім того, у них нижче рівень шуму приблизно в 2–3 рази по відношенню до двигунів попередніх серій. Вони дозволяють виконувати більше число вмикань-вимикань і більш ремонтпридатні. Двигуни можуть працювати при коливаннях напруги мережі до 10 %.

В електродвигунах серії 7А використовується обмотка нового виду, яку можна намотати на обмотувальному устаткуванні старого покоління. При виготовленні двигунів цієї серії застосовуються нові просочувальні лаки, що забезпечують вищу цементацію і високу теплопровідність обмотки статора. Значно підвищена ефективність використання магнітних матеріалів.

Протягом 2009 р. освоєні габарити 160 і 180, а протягом 2010-2011 рр. були освоєні габарити 280, 132, 200, 225, 250, 112, 315, 355 мм.

Серія 7AVE відповідає стандартам енергоефективності IE1, IE2 з можливістю створення машин до рівня IE3 Premium.

Технологічними перевагами двигунів серії 7AVE є низькі шумові характеристики (на 3–7 дБ нижче, ніж у двигунів попередньої серії), тобто більш ергономічні; вищі показники надійності за рахунок зниження робочих температур, що забезпечує надійну роботу при тривалих перевантаженнях на 10–15 %; знижені значення наростання температури при загальмованому роторі, що дозволяє забезпечити надійну роботу в системі приводу механізмів з частими і важкими пусками і реверсом.

Двигуни серії 7AVE адаптовані до роботи у складі частотно-регульованого електроприводу. У таких умовах роботи особливо актуальні такі переваги:

- підвищена кратність максимального моменту в зоні низьких частот сприятливо впливає на роботу машини в області частот 0–20 Гц, а також знижує час пуску електродвигунів у високо інерційних системах;

- високий сервіс-чинник електродвигуна дозволяє працювати з постійним моментом у першій зоні механічної характеристики, не застосовуючи систему незалежної вентиляції.

Конструкцією енергоощадного електродвигуна передбачені місця встановлення датчиків температури, які забезпечують вбудований температурний захист/

Електродвигуни відповідають новому стандарту IEC 6003430.

Не дивлячись на високу результативність, нині існує ряд перешкод для поширення енергоефективних систем електроприводу:

- заміна лише одного або двох електродвигунів на цілому підприємстві є неефективним заходом;

- низький рівень інформованості споживачів про класи енергоефективності двигунів, їх відмінності та існуючі стандарти;

- окреме фінансування на багатьох підприємствах: розпорядник бюджету при закупівлі електродвигунів часто є не тією особою, яка займається питаннями зниження собівартості продукції, що випускається, або несе щорічні витрати на технічне обслуговування;

- придбання електродвигунів у складі комплектного устаткування, виробники якого часто з метою здешевлення продукції встановлюють електродвигуни низької якості;

- витрати на придбання устаткування і на витрату енергії за термін служби часто оплачуються за різними статтями;

- на багатьох підприємствах існують запаси електродвигунів, як правило, того ж типу і того ж класу ефективності.

Висновки

Впровадження енергоефективних двигунів в електроприводах забезпечує:

- економію споживання електроенергії за рахунок вищих ККД двигунів;
- економію за рахунок зниження встановленої потужності, необхідної для роботи устаткування з енергоефективним приводом;
- підвищення терміну служби та надійності двигунів;
- зниження рівня шуму та вібрації.

Список літератури

1. Браславский И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие для студ. высш. учеб.заведений / Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н.; под ред. И.Я.Браславского. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.

2. Закладний О.М. Енергозбереження засобами промислового електропривода: навчальний посібник / Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І. – К.: Кондор, 2005. – 408 с.

3. Машины электрические асинхронные мощностью от 1 до 400 кВт включительно. Двигатели. Показатели энергоэффективности: ГОСТ Р 51677 – 2000. – [Введен 2001-07-01]. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 4 с.

Проведен анализ путей снижения потерь энергии в асинхронных электроприводах. Сформулированы основные принципы создания и внедрения энергоэффективных асинхронных электродвигателей.

Енергосбереження, електропривод, енергоєфективний асинхронний електродвигатель.

The analysis of the ways to reduce energy losses in asynchronous electric drives was conducted. The main principles of creation and introduction of energy-efficient asynchronous motors were formulated.

Energy saving, electric drive, energy-efficient asynchronous motor.