

ВПЛИВ ПРОВАЛІВ НАПРУГИ МЕРЕЖІ НА ШВИДКІСТЬ ВИТРАТИ РЕСУРСУ ІЗОЛЯЦІЇ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

Вовк О.Ю., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет імені
Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.*

Постановка проблеми. Сучасний стан розвитку промисловості передбачає застосування різноманітних машин і агрегатів з електроприводами. Силowymi елементами більшості цих електроприводів є трифазні асинхронні двигуни [1]. Вони мають доволі надійну конструкцію, порівняно незначну вартість виготовлення і інші суттєві якісні характеристики [2]. У той же час їх експлуатація супроводжується деякими проблемами, обумовленими певними експлуатаційними впливами, які доволі складно врахувати при проектуванні [3]. Однією з них є живлення асинхронних двигунів електроенергією, у якої параметри відхилені від нормованих значень [4]. Суттєвий вплив на якість електроенергії здійснюють провали напруги мережі [5, 6]. Вони призводять до негативних наслідків, пов'язаних зі старінням ізоляції і зниженням енергетичних показників асинхронних двигунів [7]. Це призводить до зниження експлуатаційної надійності асинхронних двигунів у всіх галузях промисловості: щорічно виходять з ладу та ремонтуються близько 30 % зазначених електродвигунів, час напрацювання на відмову становить 0,5 ... 1,5 роки [8]. Існуючі дослідження, головним чином, спрямовані на встановлення наслідків впливу провалу напруги на енергетичні показники асинхронних двигунів. У той же час досліджень, які розглядають вплив відхилень напруги на ресурс вказаних електродвигунів небагато. Тому за мету роботи було визначено встановлення впливу провалу напруги на ресурс асинхронних двигунів.

Основні матеріали дослідження. З метою встановлення впливу провалу напруги на ресурс асинхронного двигуна було визначено, що головним проявом провалу напруги є зменшення ковзання електродвигуна і збільшення споживаного струму. Це, у свою чергу, обумовлює збільшення теплової дії струму і зростання нагрівання електродвигуна. Тому у якості критерія оцінки впливу провалу напруги на ресурс асинхронного двигуна було прийнято швидкість теплового зношення ізоляції його обмотки статора, яка визначається так:

$$e = e_n \times \exp \left(\frac{\Delta T}{T_{обм} + J_{сер} + 273} \right) - \frac{1}{t_{обм} + J_{сер} + 273}, \quad (1)$$

де e – поточна швидкість теплового зношення ізоляції обмотки статора, баз.год./год.; e_n – номінальна швидкість теплового зношення ізоляції обмотки статора, баз.год./год.; B – параметр, що характеризує клас ізоляції обмотки статора, К; q_{1n} – номінальне значення абсолютної температури обмотки статора, К; $t_{обм}$ – поточне перевищення температури обмотки статора, °С; $J_{сер}$ – поточна температура навколишнього середовища, °С.

Прийнято, що асинхронний двигун працює у тривалому номінальному режимі роботи, тому поточне перевищення температури обмотки статора визначається так:

$$t_{обм} = t_n \times \frac{a + \frac{(r_1 + r_2 s_n)^2 + (x_1 + x_2)^2}{(r_1 + r_2 s)^2 + (x_1 + x_2)^2}}{a + 1 - a \times \frac{(r_1 + r_2 s_n)^2 + (x_1 + x_2)^2}{(r_1 + r_2 s)^2 + (x_1 + x_2)^2} - 1}, \quad (2)$$

де t_n – номінальне перевищення температури обмотки статора, °С; a – коефіцієнт втрат електродвигуна; a – температурний коефіцієнт опору матеріалу провідників обмотки статора, 1/°С. де r_1, r_2, x_1, x_2 – параметри Г-подібної схеми заміщення асинхронного електродвигуна, Ом; s_n – номінальне ковзання електродвигуна; s – поточне ковзання електродвигуна.

Поточне ковзання асинхронного двигуна залежить від коефіцієнта провалу прикладеної до електродвигуна напруги (k_u), його коефіцієнта завантаження (k_z), номінального ковзання і відносного моменту зрушення робочої машини (M_{0*}). Вигляд цієї залежності визначається видом механічної характеристики робочої машини, яку він приводить у дію. Результати такого дослідження викладені у [9].

Таким чином, (1), (2) і вирази ковзання, наведені у [9], визначають залежність поточної швидкості теплового зношення ізоляції обмотки статора електродвигуна від коефіцієнта його завантаження з урахуванням провалу прикладеної до нього напруги, тобто $e = f(k_z)$.

Проведено чисельний аналіз швидкості теплового зношення ізоляції асинхронного двигуна АИР100S2 при $k_z = 0,5 \dots 1$; $k_u = 0,9 \dots 0,8$; $J_{сер} = 40$ °С. При цьому прийнято, що він приводить у рух робочі машини з відносним моментом зрушення, який дорівнює 0,2. Результати для робочої машини з незалежною від швидкості механічною характеристикою ($x = 0$) наведені у таблицях 1, 2.

Таблиця 1

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 0$ та $k_u = 0,9$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_n , баз.год/год	0,06	0,13	0,32	0,90	2,86	10,34

Таблиця 2

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 0$ та $k_u = 0,8$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_n , баз.год/год	0,17	0,58	2,41	12,25	76,04	575,2

Результати для робочої машини з лінійно-зростаючою механічною характеристикою ($x = 1$) наведені у таблицях 3, 4.

Таблиця 3

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 1$ та $k_u = 0,9$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_n , баз.год/год	0,06	0,13	0,33	0,90	2,77	9,52

Таблиця 4

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 1$ та $k_u = 0,8$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_n , баз.год/год	0,18	0,59	2,35	11,19	63,25	421,7

Результати для робочої машини з нелінійно-зростаючою (параболічною) механічною характеристикою ($x = 2$) наведені у таблицях 5, 6.

Таблиця 5

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 2$ та $k_u = 0,9$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_n , баз.год/год	0,06	0,13	0,32	0,90	2,86	8,81

Таблиця 6

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = 2$ та $k_u = 0,8$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_n , баз.год/год	0,17	0,58	2,41	12,26	76,04	319,5

Результати для робочої машини з нелінійно-спадаючою (гіперболічною) механічною характеристикою ($x = -1$) наведені у таблицях 7, 8.

Таблиця 7

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = -1$ та $k_u = 0,9$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e_n , баз.год/год	0,06	0,14	0,33	0,90	2,68	11,32

Залежність $e = f(k_3)$ при $x = -1$ та $k_u = 0,8$

k_3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1
e , баз.год/год	0,18	0,59	2,29	10,29	53,51	816,5

Результати дослідження, наведені у таблицях 1 – 8, показують, що при зниженні напруги на затискачах досліджуваного асинхронного двигуна на 10 % він може працювати без наслідків для ізоляції із завантаженням на 80 % від номінального, а при зниженні напруги на 20 % – із завантаженням на 65 % від номінального. При більшому завантаженні електродвигун необхідно вимикати через різке збільшення швидкості теплового зношення ізоляції, або вмикати пристрій для підняття напруги на затискачах електродвигуна (наприклад, вольтододатковий трансформатор).

Висновки. Таким чином, в результаті дослідження встановлено, що для збереження швидкості теплового зношення ізоляції асинхронного двигуна на номінальному рівні при провалі напруги мережі потрібно або включати пристрій для збільшення напруги, або знижувати навантаження на електродвигун до певного вказаного вище рівня.

Список використаних джерел

1. Вовк О.Ю., Квітка С.О. Періодичний контроль функціонального стану асинхронних електродвигунів за енергетичними показниками. *Праці ТДАТУ*. 2020. Вип.20, Т.4. С.115–125.
2. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Квітка О.С. Розрахункове визначення втрат активної потужності в асинхронних електродвигунах за паспортними даними. *Вісник ХНТУСГ*. 2017. Вип.186. С.80–82.
3. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Безменнікова Л.М. Обґрунтування параметрів функціонального стану асинхронних електродвигунів. *Праці ТДАТУ*. 2008. Вип.8, Т.9. С.129–137.
4. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Дослідження втрат активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2017. Вип.7, Т.1. С.126–134.
5. Вовк О.Ю., Квітка С.О. Енергозберігаюче керування асинхронними електродвигунами прикладеною напругою. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2020. Вип.10, Т.2. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-2-27
6. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Математична модель теплового стану асинхронного електродвигуна у нестационарних режимах. *Вісник ХНТУСГ*. 2016. Вип.175. С.140–142.
7. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Теплова модель асинхронного електродвигуна в стаціонарних режимах. *Вісник ХНТУСГ*. 2015. Вип.164. С.118–120.

8. Квітка С.О., Вовк О.Ю., Квітка О.С. Пристрій контролю функціонального стану та захисту групи асинхронних електродвигунів від аварійних режимів роботи. *Вісник ХНТУСГ*. 2014. Вип.153. С.85–87.

9. Вовк О.Ю., Квітка С.О., Квітка О.С. Вплив відхилення напруги живлячої мережі на втрати активної потужності в асинхронному електродвигуні. *Вісник ХНТУСГ*. 2015. Вип.164. С.121–123.