

ЕКОНОМІЧНІ АСПЕКТИ СТВОРЕННЯ НОВИХ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ ДЛЯ РОБОТИ З ПЕРЕТВОРЮВАЧАМИ ЧАСТОТИ

Наведені результати попередніх розрахунків економічної ефективності модернізації асинхронних електродвигунів для частотно-керованих електроприводів.

Проблема підвищення енергоефективності електроприводів завжди була актуальною перш за все тому, що електромеханічне перетворення енергії є однією з найенергоємніших операцій у промисловості і відбувається воно у всіх регульованих електроприводах. Важливість цієї проблеми сьогодні підвищується внаслідок зростання цін на енергоресурси і вимагає пошуку нових шляхів і можливостей зменшення втрат енергії в електротехнічному обладнанні.

Сучасний регульований електропривод складається з напівпровідникового та електромеханічного перетворювача. Перетворювальна частина сучасних керованих електроприводів оптимізована з точки зору втрат енергії до достатньо високого рівня. Коефіцієнт корисної дії (ККД) сучасних перетворювачів сягає 95...97 %, у той час як ККД вітчизняних асинхронних машин (АМ) в діапазоні потужностей 0,5...20 кВт складає 65...85 %, тобто найбільша частина втрат енергії відбувається саме у двигуні. Аналіз конструкції сучасних електродвигунів дає підставу стверджувати, що значного підвищення ККД за рахунок її вдосконалення у найближчому майбутньому не очікується, а підвищення енергоефективності можливе за рахунок використання нових матеріалів.

Нові вимоги до ККД електродвигунів (ЕРАСТ у США та EFF1 у ЄС) зумовили розробку технологій мідного лиття обмоток роторів АМ. У США у 2002 р. виготовлено перші зразки АМ із литою мідною роторною обмоткою потужністю від 3 до 200 кВт, що забезпечило підвищення ККД АМ на 1,2...3 %. Німецька компанія SEW-Eurodrive у 2003 р. виготовила двигуни серії DTE/DVE потужністю від 1,1 до 37 кВт з литтям мідної роторної обмотки під тиском. В Україні такі дослідження було проведено в УкрНДІВЕ (м. Донецьк) з вибухозахищеними двигунами потужністю до 400 кВт з мідною обмоткою ротора та підвищеним пусковим моментом. Ці двигуни створювалися як загальнопромислові, тобто з живленням від трифазної мережі промислової частоти 50 Гц, що вимагало забезпечити високий пусковий та перевантажувальний момент. У той же час збільшується кількість двигунів, що працюють від перетворювачів частоти (ПЧ). В ЄС вона складає до 50 %, а в Україні – до 10 %. Такі двигуни не вимагають високого пускового та перевантажувального моменту і можуть мати спрощену конструкцію у порівнянні з загальнопромисловими. В [4] запропоновано конструкцію ротора АМ для частотно-регульованого електропривода. Для оцінки економічного ефекту використання таких двигунів було виконано розрахунки, результати яких зведені до таблиці, де позначено: P_n – номінальна потужність АМ; S_n , η , Δp_{el} – номінальне ковзання, ККД і втрати електричної енергії стандартної АМ з роторною обмоткою, виготовленою з алюмінію, при живленні від ПЧ на частотах 50, 25 та 5 Гц [1]; S_n^* , η^* , Δp_{el}^* – розрахункові номінальне ковзання, ККД і втрати електричної енергії АМ з роторною обмоткою, виготовленою з міді, при живленні від ПЧ на частотах 50, 25 та 5 Гц; $\Delta C_{ам} = C_{ам}^* - C_{ам}$ – збільшення вартості АМ при заміні матеріалу ротора з алюмінію на мідь, де $C_{ам}$ – середня ринкова вартість стандартної АМ згідно з прайс-листами виробників; $C_{ам}^*$ – очікувана вартість АМ з роторною обмоткою, виконаною з міді. Досвід закордонних виробників показує, що вартість таких двигунів збільшується на 15 % порівняно зі стандартним; $\Delta P_{ЕК}$ – очікувана економія електричної енергії за одну 1 год роботи $\Delta P_{ЕК} = \Delta p_{el} - \Delta p_{el}^*$; $E_{\Delta P}$ – розрахункова економія коштів за 1 год роботи $E_{\Delta P} = \Delta P_{ЕК} \cdot C_{ел}$, де $C_{ел}$ – середній тариф на сплату за

електричну енергію для промислових підприємств 0,04 EUR/год; $E_{ТФ}$ – розрахункова економія коштів за середній термін експлуатації. Згідно з літературними даними, для електродвигунів серій АМ типів 4А, 5А та ін., прийнятний ресурс роботи визначений за підшипниковими вузлами не менше ніж 20000 год, за ізоляцією не менше ніж 30000 год [2]. Фактичний ресурс роботи АМ, визначений за статистичними даними, сягає 15...30 років, що при двозмінному навантаженні може дорівнювати 100000 год [3]. У той же час досвід впровадження ПЧ показує, що їх середній термін експлуатації становить не менше 40000 год; $C_{ПЧ}$ – середня ринкова вартість ПЧ згідно з прайс-листами фірм-постачальників.

Для проведення розрахунків було обрано вісім найбільш поширених потужностей двигунів, які охоплюють весь діапазон АМ серій 4А (5А; АІР) [1]. Розрахунки виконувались для двигунів серії 4А з двома парами полюсів, як найбільш поширених і технологічних. Для розрахунку використовувалась стандартна математична модель на базі Т-подібної схеми заміщення АМ [1] з урахуванням зміни параметрів при частотному регулюванні. Для АМ з мідним ротором відповідні параметри схеми заміщення ротора були скореговані відповідно до зміни матеріалу заливки ротора та скосу пазів. Для розрахунків ККД також були використані результати експериментальних досліджень дослідних зразків асинхронних двигунів з мідним ротором [5] на частоті 50 Гц, що виконані на базі загальнопромислових двигунів зі спеціальною технологією заливання у ротор міді під тиском.

N пп	P_n , кВт	F , Гц	S_n , %	η , %	$\Delta p_{ел}$, Вт	S_n^* , %	η_n^* , %	$\Delta p_{ел}^*$, Вт	$C_{ам}$, EUR	$\Delta C_{ам}$, EUR	$C_{ПЧ}$, EUR	$\Delta P_{ЕК}$, Вт	$E_{ТФ}$, EUR
1	0,37	5	90	22	130	46,5	27	102	35,5	5,3	175	28	44,8
2	0,37	25	18	57	139	9,3	63	108	35,5	5,3	175	31	49,6
3	0,37	50	9	68	174	4,65	73	136	35,5	5,3	175	38	60,8
4	1,1	5	54	29	274	28	36	213	62	9,3	280	61	98
5	1,1	25	10,8	63	292	5,6	68	228	62	9,3	280	64	102,4
6	1,1	50	5,4	75	366	2,8	79	285	62	9,3	280	81	130
7	5,5	5	36	43	725	19	50	533	153	23	720	192	306
8	5,5	25	7,2	78	776	2,8	83	571	153	23	720	205	328
9	5,5	50	3,6	85,5	970	1,9	88,5	714	153	23	720	256	408
10	18,5	5	22	53	1627	11,5	60	1206	464	69	1950	421	674
11	18,5	25	4,4	84	1736	2,3	88	1286	464	69	1950	450	720
12	18,5	50	2,2	89,5	2170	1,15	92	1609	464	69	1950	561	898
13	37,0	5	17	57	2745	8,9	65	1992	718	107	2500	753	1204
14	37,0	25	3,4	86	2928	1,89	89,6	2125	718	107	2500	803	1284
15	37,0	50	1,7	91	3660	0,89	93,3	2657	718	107	2500	1003	1600
16	55,0	5	14	62	3345	7,7	68	2493	954	143	3300	852	1362
17	55,0	25	1,8	88,5	3568	1,56	91	2659	954	143	3300	909	1440
18	55,0	50	1,4	92,5	4460	0,77	94,3	3324	954	143	3300	1136	1816
19	132	5	13	64	7450	6,8	69	5872	2630	394	7950	1578	2324
20	132	25	2,6	88	7948	1,36	90	6264	2630	394	7950	1684	1344
21	132	50	1,3	93,0	9935	0,68	94,4	7830	2630	394	7950	2105	3360
22	315	5	10,0	69,6	13725	5,7	74	10872	9090	1363	16900	2853	4560
23	315	25	2,0	91,5	14640	1,14	93	11598	9090	1363	16900	3042	4800
24	315	50	1,0	94,5	18300	0,57	95,6	14497	9090	1363	16900	3803	6080

Аналіз розрахункових даних дає змогу вважати, що вдосконалення АМ, призначених для роботи з ПЧ, шляхом заміни матеріалу роторної обмотки з алюмінію на мідь і спрощення конструкції ротора, забезпечує економію енергії, яка не тільки покриває витрати, пов'язані з подорожчанням АМ, але і може зменшити термін окупності системи ПЧ-АМ у цілому.

Регульований електропривод ПЧ-АМ сьогодні стає основою більшості застосувань автоматизованого електропривода в технологічних системах. Тому розробка нових АМ з високими енергетичними характеристиками, а також ПЧ для управління ними є актуальною задачею.

Приведены результаты предварительных расчетов экономической эффективности модернизации асинхронных электродвигателей для частотно-управляемых электроприводов.

*Frequency controlled induction motors modernization preliminary cost-efficiency results calculation have ad-
duced.*

1. *Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник /А.Э. Кравчик, М.М. Шлаф, В.И. Афонин, Е.А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с.*
2. *Асинхронные двигатели общего назначения / Бойко Е.П., Гаинцев Ю.В., Ковалев Ю.М. и др.; Под ред. В.М. Петрова и А.Э. Кравчика. – М.: Энергия, 1980. – 488 с.*
3. *Костенко М.П., Пиотровский Л.М. Электрические машины. Часть II. – М. - Л.: Госэнергоиздат, 1958. – 652 с.*
4. *Пат. України на корисну модель 45106, МПК H02K 17/16. Короткозамкнений ротор асинхронного двигуна / І.В. Волков, В.О. Войтех, О.П. Плугатар. Заявл. 27.05.2009. Опубл. 26.10.2009. Бюл. № 20.*
5. *P.-W. Han. Improving Three-Phase Induction Motor Efficiency by the optimized Design with Copper Rotor Cage // Proc. of ICEM 2006, No 586, September 2006, Greek.*

Надійшла 1.03.2010