

*д.т.н. Лущик В. Д.
(ДонДТУ, Алчевськ, Україна)*

ПІДВИЩЕННЯ КОЕФІЦІЄНТУ КОРИСНОЇ ДІЇ АСИНХРОННИХ ДВИГУНІВ

На прикладі асинхронного двигуна ВАО2-280-L2 розглянуті всі можливі удосконалення і збільшення ККД при цих удосконаленнях.

***Ключові слова:** асинхронний двигун, коефіцієнт корисної дії, втрати, мідь, сталь, магнітний потік, пази, статор, ротор.*

На примере асинхронного двигателя ВАО2-280-L2 рассмотрены все возможные усовершенствования и увеличение КПД при этих усовершенствованиях.

***Ключевые слова:** асинхронный двигатель, коэффициент полезного действия, потери, медь, сталь, магнитный поток, пазы, статор, ротор.*

Останнім часом з'явилось декілька публікацій [1,2,3], в яких інформується, що інститут УкрНДІВЕ приступив до створення вітчизняної серії конкурентоздатних вибухозахищених асинхронних двигунів 5В, 5ВР. Важливість цієї роботи пояснюється необхідністю підвищення конкурентоздатності вітчизняних двигунів до рівня кращих зарубіжних аналогів, що особливо важливо в зв'язку зі вступом України до світової торгової організації. Мінпромполітики України затвердило технічне завдання на дану ДКР, в якій передбачено підвищення коефіцієнту корисної дії (ККД) не менш ніж на 1,5÷1,8% при одночасному зменшенні маси двигунів на 15%.

Тут з'являється запитання: за рахунок чого очікується зменшення маси двигунів? Підвищення ККД можливе тільки за рахунок збільшення активних частин двигуна, його магнітопроводу та провідникового матеріалу. Зменшення маси можливе лиш за рахунок корпусних деталей. Через рік після перших публікацій уже зазначається, що ККД повинен бути збільшений як мінімум на 0,5% [3]. Очевидно, не так просто збільшувати ККД, не збільшуючи при цьому вагу активної частини двигуна.

Розглянемо на прикладі двигунів серії ВАО2-280 Первомайського електромеханічного заводу всі можливі варіанти удосконалень, що призводять до зменшення втрат в двигуні і збільшення його ККД.

Слід зауважити, що майже у всіх типах двигунів серії ВАО2-280 дуже занижені індукції магнітного потоку в повітряному зазорі і відповідно в зубцях і спинці статора, що є помилковим рішенням. В свій час серію ВАО2-280 проектував УкрНДІВЕ.

Нижче, в таблиці 1 приведені значення магнітних індукцій в повітряному зазорі B_{δ} , в зубцях статора B_{Z1max} , в спинці статора B_{a1} , число витків в фазі W_1 , розміри активного провідника в статорі (гол.), втрати, сума втрат, ККД і приріст ККД 1) серійного двигуна ВАО2-280-L2 потужністю $P_2=200$ кВт, 2) двигуна зі зменшеним числом витків в фазах W_1 (число ефективних провідників в пазу 4+4), 3) двигуна зі збільшеним розміром провідників в результаті збільшення ширини пазу на 1мм до $b_p=11,1$ мм, 4) двигуна зі збільшеним розміром провідників в результаті зменшення товщини корпусної ізоляції з 2,08мм (на 2 сторони) до 1,17мм, 5) двигуна зі зменшеними втратами в сталі завдяки магнітним клинам, 6) двигуна зі збільшеним поперечним перерізом пазів ротора.

Таблиця 1 – Дані розрахунків двигуна ВАО2-280-L2

N п/п	B_{δ}	B_{Z1max}	B_{a1}	W_1	Провід	$r_{ст.1}$	r_{m1}	r_{m2}	$r_{доd}$	$r_{мех}$	Σp	η	$\Delta\eta$
	Тл	Тл	Тл		мм	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	Вт	%	%
1	0,596	1,2755	1,368	36	4×7,1	2177	3766	2772	1064	3040	12820	93,98	
2	0,671	1,435	1,54	32	4,5×7,1	2755	2955	2175	1060	3040	11985	94,34	0,366
3	0,671	1,62	1,54	32	4,5×8	2755	2614	2175	1058	3040	11642	94,50	0,52
4	0,671	1,62	1,54	32	4,5×9	2755	2317	2175	1056	3040	11343	94,63	0,653
5	0,671	1,62	1,54	32	4,5×9	2204	2317	2175	1054	3040	10790	94,88	0,9
6	0,671	1,62	1,54	32	4,5×9	2204	2317	1755	1052	3040	10368	95,07	1,09

В пункті 1 таблиці 1 приведені експериментальні дані номінального режиму роботи ($P_2=200$ кВт), одержані в дослідній лабораторії ПЕМЗ. Струм холостого ходу становить всього 20% від номінального струму, що свідчить про явну незавантаженість магнітопроводу магнітним потоком.

В пункті 2 розраховані втрати при збільшенні магнітного потоку в 1,125 рази. Активний опір обмотки статора r_l зменшується в $(1,125)^2$ рази, активний опір роторної обмотки, приведений до обмотки статора, також зменшується в $(1,125)^2$ рази. Відповідно в стільки ж раз зменшуються втрати в міді статора r_{m1} і втрати в обмотці ротора r_{m2} . Втрати в сталі $r_{ст.1}$ пропорційні квадрату магнітного потоку. Тільки за рахунок зміни обмоткових даних (вага міді статора не змінюється) збільшується ККД на 0,366%. Покращення енергетичних показників при збільшенні

магнітного потоку можливо перевірити експериментально на серійному двигуні: достатньо зняти його робочі характеристики при напрузі

$$U_1 = U_{1i} \frac{W_{1над.}}{W_{1дв.}} = 660 \frac{36}{32} = 742,5 \text{ В}.$$

В пункті 3 розраховано зменшення втрат в міді статора при збільшенні розміру провідника в результаті збільшення ширини пазу. Тут варто провести оптимізаційні розрахунки. Можливо, більш оптимальним буде подальше збільшення ширини пазу до $B_{Z1max}=1,7 \div 1,8$ Тл. При цьому потрібно буде враховувати зростання втрат в сталі зубців.

В пункті 4 розраховано зменшення втрат в міді статора при збільшенні розміру провідника в результаті зменшення товщини корпусної ізоляції.

В пункті 5 завдяки магнітним клинам (замість склотекстолітових) приймаємо, що втрати в сталі $p_{ст.1}$ зменшуються на 20%. Експериментальні дані зменшення втрат завдяки магнітним клинам відсутні.

Завдяки збільшенню магнітного потоку в 1,125 рази в двигуні з серійним ротором пусковий і максимальний моменти збільшуються в 1,26 рази, але збільшується і пусковий струм в 1,125 рази. Застосування ротора з двоклітковою обмоткою обмежує збільшення пускового струму, а застосування в роторі пазів різної висоти [4], як показано на рисунку 1, збільшує поперечний переріз пазів ротора і дозволяє збільшити ККД на 0,2% (пункт 6 таблиці 1).

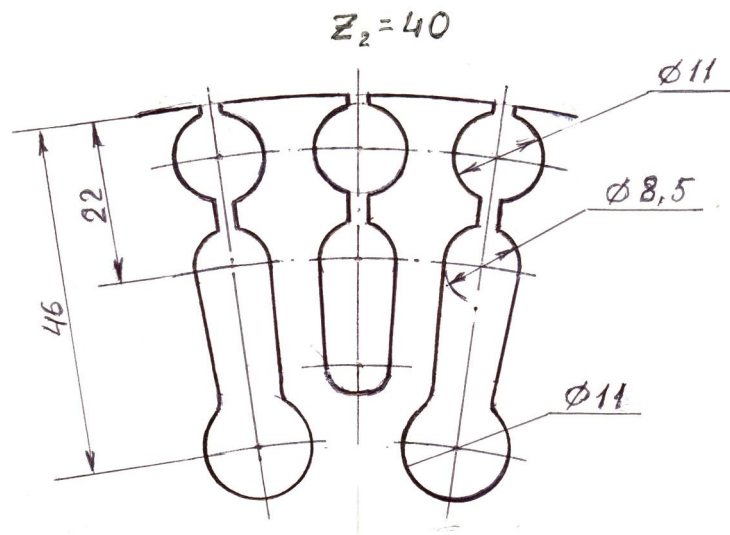


Рисунок 1 – Пази ротора асинхронних двигунів ВАО2-280-2

При висоті обертаня $h \geq 280$ мм рекомендується в [1], [2] замінити алюмінієву обмотку ротора на зварну мідну. Це дозволить додатково збільшити ККД на 0,4÷0,5%. Але двополюсні двигуни при $h=280 \dots 355$ мм будуть, як і в існуючих двигунах, залиті алюмінієм, так

як неможливо забезпечити потрібний переріз мідних нижніх коротко замикаючих кілець.

Висновки

1. Розглянуті на прикладі асинхронного двигуна ВАО2-280-L2 всі можливі варіанти удосконалень. Показано зменшення суми втрат при цих удосконаленнях і збільшення ККД.

2. Двигуни з меншими втратами і більшим ККД будуть мати меншу теплову напруженість і будуть більш надійними в експлуатації.

3. При необхідності кафедра ЕМА ДонДТУ спільно з відділом головного конструктора ПЕМЗ може провести модернізацію будь-якої серії асинхронних двигунів, що виготовляються заводом.

Бібліографічний список

1. Макаров К.Д. *Направление расчета основного исполнения серий 5В и 5ВР взрывозащищенных асинхронных низковольтных двигателей мощностью 0,25-355 кВт / К.Д. Макаров, Л.И. Акульшина, О.Ю. Городько, В.Г. Шейко // Взрывозащищенное электрооборудование: Сборник научных трудов УкрНИИВЭ. – Донецк, ООО «Юго-Восток, ЛТД», 2008. - С. 162-167.*

2. Каїка В.В. *Перспективи впровадження в серійне виробництво нових високоефективних енергозберігаючих вибухозахищених асинхронних двигунів / В.В. Каїка, Г.В. Красніков, О.В. Кукулевський // Взрывозащищенное электрооборудование: Сборник научных трудов УкрНИИВЭ. – Донецк, ООО «Юго-Восток, ЛТД», 2008. - С. 168-173.*

3. Ширнин И.Г. *Энергетические показатели взрывозащищенных двигателей мощностью до 355 кВт. / И.Г. Ширнин., В.А. Палкин // Наукові праці ДНТУ. – 2009. - №9. - С. 254-260.*

4. Луцик В.Д. *Асинхронні двигуни з пазами різної висоти в короткозамкненому роторі / Луцик В.Д. // Збірник наукових праць ДонДТУ. - 2010.- № 30.- С. 257-266.*