

Оценка и приложение на методи за определяне на относителното натоварване на асинхронни електродвигатели

Миглена Христова, Вяра Русева

Резюме: В статията са представени експериментални данни от опита под товар за два асинхронни електродвигателя, въз основа на които са изчислени относителните натоварвания по шест метода, които служат за определяне на натоварването в експлоатационни условия. Представени и анализирани са резултати за получената относителна грешка на изчисленото натоварване по отношение на действителното относително натоварване. Установено е, при какви случаи в практиката кой конкретен метод е най-подходящо да се използва за определяне на натоварването.

Ключови думи: асинхронни електродвигатели, методи за определяне на относителното натоварване, статистическа оценка

ВЪВЕДЕНИЕ

При изследването на електрозадвижващите системи е необходимо да се провери съответствието между номиналната мощност на електродвигателя и мощността, консумирана от задвижваната машина. Тази оценка може да се направи като се определи относителното натоварване на електродвигателя в системата.

Приложение намират различни методи [1, 4] за определяне на относителното натоварване на асинхронните електродвигатели (АД) в експлоатационни условия. Методите се различават по изчислителна сложност, смущаващо въздействие върху технологичния процес, точност и др.

Методите за определяне на относителното натоварване на АД, които се използват в реални експлоатационни условия, са с по-малка точност, но трябва да осигуряват достатъчно точна информация на потребителя, за да се направи правилен избор относно необходимостта от замяна на АД с двигател с по-малка мощност или замяна с двигател от по-висок енергиен клас.

ЦЕЛ на работата е по експериментален път да се направи оценка на методите, използвани за определяне на относителното натоварване на асинхронни електродвигатели в практиката.

ИЗЛОЖЕНИЕ

За да се определи действителното относително натоварване на асинхронни електродвигатели са проведени експерименти и резултатите са сравнени с изчисленото относително натоварване по различни методи.

За целите на експерименталното изследване са използвани два двигателя на фирма Siemens, единият от които е тип 1LA9083-2KA60 с клас на енергийна ефективност EEF1, а другият е тип 1LA7083-2AA60 и е с по-нисък клас - EEF2. Те са куплени с предварително тарирани постояннотокови генератори с независимо възбуждане. Измерванията са направени с трифазен анализатор тип Qualistar C.A 8334В на френската фирма Chauvin Arnoux и получените резултати, при различни относителни натоварвания, са показани в табл.1. За всяка точка от натоварването са измерени стойностите на напреженията и токовете в трите фази, а в табл.1. е изчислена тяхната средноаритметична стойност. Скоростта на въртене е измерена с помощта на ротационни магнитни преобразуватели TC40.

Полезната мощност на вала на двигателя е определена по формулата:

$$P_2 = U_r I_r + I_r^2 R_{ar} + P'_{or}, \quad (1)$$

където U_r и I_r са напрежението и токът на генератора;

$R_{ар}$ - активното съпротивление на котвената верига на генератора;

$P'_{ог}$ - загубите, определени от тарировъчната крива на постояннотоковия генератор.

Таблица 1.

Експериментални резултати от опита под товар

Асинхронен двигател енергиен клас EEF1					Асинхронен двигател енергиен клас EEF2				
$P_2/P_{2н}$	U_1	I_1	P_1	n	$P_2/P_{2н}$	U_1	I_1	P_1	n
%	V	A	W	min ⁻¹	%	V	A	W	min ⁻¹
0	390,5	0,81	107	2990	0	390,0	1,40	145	2980
28,2	391,5	0,99	374	2960	21,5	390,0	1,45	365	2970
58,5	391,3	1,41	769	2916	49,5	390,4	1,68	735	2934
71,5	392,2	1,62	942	2891	64,2	390,9	1,89	937	2911
82,9	390,9	1,86	1109	2866	75,7	390,3	2,10	1118	2892
93,8	391,7	2,10	1266	2846	88,7	391,6	2,34	1330	2868

За всяко действително относително натоварване $P_2/P_{2н}$, определено от проведените експерименти, е изчислено относителното натоварване по шест метода за определяне на натоварването в експлоатационни условия [2, 3]. Основните формули, по които са направени изчисленията за различните методи са дадени в табл. 2.

Таблица 2.

Методи за определяне на относителното натоварване на асинхронни електродвигатели

I метод	II метод	III метод
Метод на консумираната мощност	Опростен метод на консумирания ток	Метод на консумирания ток, с отчитане тока на празен ход
$OH_1 = \frac{P_1}{P_{1н}} 100\%$.	$OH\% = \frac{I_1 U_1}{I_{1н} U_{1н}} 100\%$.	$OH\% = \frac{I_1 - I_0}{I_{1н} - I_0} 100\%$.
IV метод	V метод	VI метод
Комбинация от методи II и III	Метод на консумирания ток	Метод на хлъзгането
$OH\% = \frac{I_1 + I_1 - I_0}{I_{1н} + I_{1н} - I_0} 100\%$.	$OH\% = \frac{2I_1 - I_0}{2I_{1н} - I_0} 100\%$.	$OH\% = \frac{s}{s_H \left(\frac{U_{1н}}{U_1} \right)^2} 100\%$.

Получените резултати за относителното натоварване, изчислено по всеки от методите, и относителната грешка на изчисленото натоварване по отношение на действителното относително натоварване, са показани в табл. 3. Изчисляването на относителната грешка става по формулата:

$$\delta_i = \frac{OH_i - P_2/P_{2н}}{P_2/P_{2н}} 100, \% \quad (2)$$

където i е поредният номер на метода;

OH_i - изчисленото относително натоварване по i -тия метод;

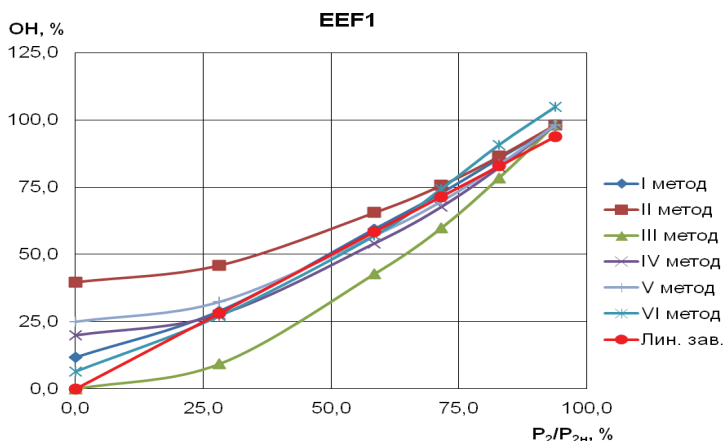
P_2/P_{2H} - действителното относително натоварване.

Таблица 3.

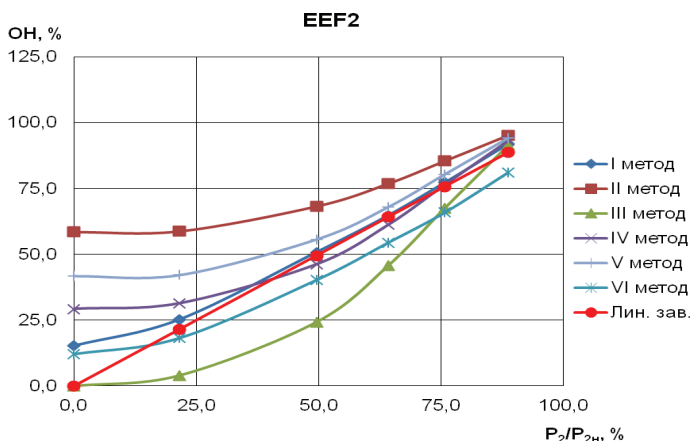
Относително натоварване и относителна грешка на натоварването, определено по шест метода

Асинхронен двигател енергиен клас EEF1												
P_2/P_{2H}	Относително натоварване, %						Относителна грешка, δ %					
	Методи						Методи					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,0	11,7	39,7	0,0	19,9	25,1	6,5	-	-	-	-	-	-
28,2	28,9	46,0	9,3	27,7	32,4	27,2	2,5	63,2	-67,0	-1,9	15,1	-3,6
58,5	59,4	65,6	42,8	54,2	57,2	57,0	1,5	12,1	-26,9	-7,4	-2,3	-2,5
71,5	72,7	75,6	59,8	67,7	69,8	74,3	1,7	5,7	-16,4	-5,3	-2,4	3,9
82,9	85,6	86,4	78,5	82,5	83,5	90,7	3,4	4,3	-5,3	-0,5	0,8	9,5
93,8	97,8	98,1	98,3	98,2	104,8		4,2	4,6	4,8	4,7	4,7	11,7
Асинхронен двигател енергиен клас EEF2												
P_2/P_{2H}	Относително натоварване, %						Относителна грешка, δ %					
	Методи						Методи					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
0,0	15,2	58,5	0,0	29,3	41,8	12,2	-	-	-	-	-	-
21,5	25,2	58,8	4,0	31,4	42,2	18,3	17,0	172,8	-81,4	45,7	95,7	-15,1
49,5	50,8	68,3	24,2	46,2	55,7	40,3	2,6	37,8	-51,1	-6,6	12,4	-18,6
64,2	64,8	76,9	45,7	61,3	68,0	54,5	1,0	19,8	-28,8	-4,5	5,9	-15,1
75,7	77,3	85,5	67,5	76,5	80,4	65,9	2,1	13,0	-10,8	1,1	6,2	-12,9
88,7	91,9	95,3	91,4	93,3	94,2	81,1	3,7	7,5	3,1	5,3	6,2	-8,5

При избор на мощността или оценка на натоварването на електродвигателите е важно да се избере критерий за необходимата точност. За тази цел като основа може да се използва гамата стандартни мощности на АД. Тази гама е дискретна, като стъпката между две стандартни мощности, в общия случай, е в границите (20...36)%. При избор мощността на АД се изчислява необходимата мощност и се избира следващата равна или по-голяма стандартна номинална мощност. По теория на вероятностите средностатистическото завишаване на избраната мощност съставлява половината от стъпката между две стандартни мощности. При изчисленията не е целесъобразно да се търси точност, която превишава значително половината от посочената стъпка, т.е. (16...18)% при двигателите с малка мощност и (10...12)% при двигателите със средна и голяма мощност. Затова, като необходима точност при оценка на натоварването на АД, може да се приеме, че точност от 10% е достатъчна.



а)



б)

Фиг. 1. Графика за оценка точността на шест метода за определяне на натоварването на асинхронните двигатели

От резултатите, дадени в табл. 3, са построени зависимостите на изчисленото по различните методи относително натоварване във функция от действителното относително натоварване, за двата изследвани двигателя. На двете графики (фиг. 1.) е показана и линейната зависимост, при която относителната грешка би била нула. Спрямо нея могат да бъдат оценени получените резултати по отделните методи. От графиките на фиг. 1а и фиг. 1б се вижда, че най-неточни са двата метода II и III на тока. При опростения метод на тока II се получава натоварване по-високо от действителното, а при метода на тока с отчитане на тока на празен ход III – по-малко натоварване от действителното. За останалите методи се получават по-големи грешки при натоварвания до 25 % от номиналното.

Недостатък на първите два метода е, че при тях се използват линейни зависимости със свободен член равен на нула. При това не могат да се отчетат загубите на празен ход в двигателя. Тъй като тези загуби са по-малки при енерго-

ефективните двигатели, то и получените относителни грешки на методите са по-малки при двигателя с по-висок енергиен клас. Недостатък на останалите методи е, че при тях се използва стойността на тока при празен ход, за която в практиката липсват или трудно се получават данни.

Тъй като изследваните двигатели са с малка мощност, използването на опростения метод на тока за определяне на действителното натоварване в експлоатационни условия на такива двигатели е недопустимо и би довело до значителни грешки. При натоварване над 25% точността на трите метода (на консумираната мощност, на метода, получен като средна стойност от двата метода на тока и метода на хлъзгането) се повишава и те могат да се използват за приблизителна оценка натоварването на АД в експлоатационни условия.

ИЗВОДИ

При оценка на натоварването на електродвигателите е важно да се избере критерий за необходимата точност. Може да се приеме, че точност от 10% е достатъчна, тъй като не превишава значително половината от стъпката на стандартните номинални мощности на асинхронните двигатели.

1. Проведено е експериментално изследване за оценка на шест метода за определяне на относителното натоварване на асинхронните двигатели в експлоатационни условия, което показва, че методът на консумираната мощност е най-точен.

2. Използването на метода на тока и метода на тока с отчитане тока на празен ход при двигатели с малка мощност води до голяма грешка, като в първия случай се получава по-голямо натоварване от действителното, а във втория – по-ниско.

3. При натоварване над 25% от номиналната мощност за приблизителна оценка натоварването на АД в експлоатационни условия могат да се използват трите метода (на консумираната мощност, на метода, получен като средна стойност от двата метода на тока и метода на хлъзгането).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Angers P., Comparison of Existing Standard Methods of Determining Energy Efficiency for Three-Phase Cage Induction Motors, EEMODS'09: Energy Efficiency in Motor Driven Systems, Nantes, France, 2009, pp 313-321.

[2] Kueck J. M., D. Olszewski Casada, J. Hsu, P. Otaduy, L.Tolbert, Assessment of Methods for Estimating Motor Efficiency and Load Under Field Conditions, Prepared by Oak Ridge National Laboratory, Managed by Lockheed Martin Energy Research Corp., for U.S. Department of Energy, under contract DE-AC05-96OR22464, January 1996.

[3] Lu B., T. G. Habetler, R. G. Harley, A Survey of Efficiency Estimation Methods of In-Service Induction Motors with Considerations of Condition Monitoring Requirements, IEEE Transactions on Industry Applications, vol. 42, no. 4, July/August 2006, pp. 924-933.

[4] Phumiphak T., C. Chat-uthai, Effective Estimation of Induction Motor Field Efficiency Based on On-site Measurements, 1st International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON 2004), 2004.

За контакти:

гл. ас. д-р инж. Миглена Христова, катедра "Електроснабдяване и електрообзавеждане", Русенски университет "А. Кънчев", Тел.: 082 888 659, E-mail: mcanikova@uni-ruse.bg.

доц. д-р инж. Вяра Русева, катедра "Електроснабдяване и електрообзавеждане", Русенски университет "А. Кънчев", Тел. 082 888 616; E-mail: vruseva@uni-ruse.bg.

Докладът е рецензиран.