

中華民國國家標準	低壓三相鼠籠型高效率感應電動機 (一般用)	總號	1 4 4 0 0
CNS		類號	C 4 4 8 2

Low-voltage three-phase squirrel-cage high-efficiency induction motors
(For general purpose)

目錄

節次	頁次
前言	3
1. 適用範圍	4
1.1 除外條款	4
2. 引用標準	4
3. 種類	4
4. 額定	4
4.1 額定電壓	4
4.2 額定輸出功率	4
5. 性能	5
5.1 溫升	5
5.2 滿載特性	5
5.3 轉矩特性	9
5.4 起動電流特性	11
5.5 噪音	11
5.6 絕緣耐電壓	12
5.7 各相無載電流之差	12
5.8 使用電壓之變動	12
6. 構造	13
7. 尺度	13
8. 量測之基本要求	13
8.1 電能量測	13
8.2 電阻	13
8.3 機械	14
9. 損失之種類	15
9.1 定子(一次)銅損 P_s	15
9.2 轉子(二次)銅損 P_r	15
9.3 鐵損 P_{fe} 、摩擦損與風損之總和 P_{fw} (無載試驗)	16
9.4 雜散損 P_{LL}	16

(共 25 頁)

公 布 日 期 89 年 1 月 28 日	經 濟 部 標 準 檢 驗 局 印 行	修 訂 公 布 日 期 101 年 3 月 26 日
--------------------------	---------------------	-------------------------------

印行年月 101 年 3 月

本標準非經本局同意不得翻印

10. 效率計算與試驗法	16
10.1 一般	16
10.2 試驗法	17
11. 製品稱呼法	19
12. 標示	19
12.1 銘牌	19
12.2 端子符號	20
12.3 接線銘牌	20
12.4 旋轉方向之標示	20
附錄 A(參考)符號	21
附錄 B(參考)電動機特性計算	22
參考資料	25

前言

本標準係依標準法之規定，經國家標準審查委員會審定，由主管機關公布之中華民國國家標準。CNS 14400:2003 已經修訂並由本標準取代。

依標準法第四條之規定，國家標準採自願性方式實施。但經各該目的事業主管機關引用全部或部分內容為法規者，從其規定。

本標準並未建議所有安全事項，使用本標準前應適當建立相關維護安全與健康作業，並且遵守相關法規之規定。

本標準之部分內容，可能涉及專利權、商標權與著作權，主管機關及標準專責機關不負責任何或所有此類專利權、商標權與著作權之鑑別。

1. 適用範圍

本標準適用於連續額定、額定頻率 60 Hz、50/60 Hz、額定電壓 600 V 以下、在周圍溫度 40℃ 以下使用之低壓三相鼠籠型高效率感應電動機(以下簡稱高效率電動機)。

1.1 除外條款

本標準之高效率性能要求不適用於下列項目。

(a) 沉水電動機，設計用於完全浸入液體中運轉者。

備考：本除外項目不含電動機正常係使用於空氣中但可耐浸入液體中操作者。

(b) 一體式機組及被驅動設施不可分離者(例如一體式冰水機...等)。

(c) 多速電動機(例如變極、電梯用電動機...等)，但不包括渦流機用電動機。

(d) 國家標準另有規範，或運用條件限制主要關鍵設計機能，提經政府主管權責機構認可者(例如高溫排煙電動機...等)。

2. 引用標準

CNS 3071 旋轉電機標準尺度

CNS 10919 低壓三相鼠籠型感應電動機(一般用)檢驗法

3. 種類

高效率電動機依其對人體及固體外物之保護型式，分為下列 2 類。

(a) 保護型：係指直徑超過 12 mm 之固體異物不會入侵電動機內部，即手指等不會碰觸電動機內部之轉動及導電部分。

(b) 全閉型：係指直徑超過 1 mm 之固體異物不會入侵電動機內部，即工具、電線等不會碰觸電動機內部之轉動及導電部分。

高效率電動機之效率分為下列 3 種。

(a) IE1⁺為高效率

(b) IE2 為優級效率

(c) IE3 為超高效率

4. 額定

4.1 額定電壓

高效率電動機之額定電壓，原則上 75 kW(100 HP)以下者為 220 V，超過 75 kW(100 HP)者為 380 V、440 V 或由製造廠商與客戶協議。

4.2 額定輸出功率

高效率電動機之額定輸出功率，為額定電壓及額定頻率下高效率電動機軸連續產生之輸出功率。額定輸出功率以 kW 表示，如表 1 所示。

表 1 額定輸出功率

kW	(0.37)	(0.55)	0.75	1.5	2.2	(3.0)	3.7	(4.0)	5.5	7.5	11	15
HP (參考值)	0.5	0.75	1	2	3	4	5	5.5	7.5	10	15	20

kW	18.5	22	30	37	45	55	75	90	110	132	150	160	200
HP (參考值)	25	30	40	50	60	75	100	125	150	175	200	215	270

備考：1 HP=746 W，()括弧中所列者為非常用規格。

5. 性能

5.1 溫升

依 CNS 10919 之 3.2 規定的方法施行試驗時，應為表 2 之規定數值以下。

表 2 溫升限度

單位：K

測定部位	測定法 絕緣等級	溫度計法					電阻法				
		A 類	E 類	B 類	F 類	H 類	A 類	E 類	B 類	F 類	H 類
定子繞組		—					60	75	80	105	125
鼠籠型轉子繞組		不限制									
靠近絕緣體之鐵心及其他機械部分		60	75	80	105	125	—				

5.2 滿載特性

額定電壓 220 V 高效率電動機之滿載特性，依第 10 節規定之方法施行試驗時，應為表 3、表 4 或表 5 之規定數值以上。

表 3 IE1+高效率電動機之滿載特性

額定輸出		2 極			4 極			6 極			8 極		
		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)	
kW	HP (參考 值)	60 Hz	全閉 型	保護 型	60 Hz	全閉 型	保護 型	60 Hz	全閉 型	保護 型	60 Hz	全閉 型	保護 型
0.37	0.5	3,600	66.0	66.0	1,800	68.0	68.0	1,200	66.0	66.0	900	66.0	66.0
0.55	0.75		68.0	68.0		70.0	70.0		68.0	68.0		68.0	68.0
0.75	1		72.0	72.0		80.0	80.0		77.0	77.0		70.0	70.0
1.5	2		81.5	81.5		81.5	81.5		84.0	82.5		80.0	82.5
2.2	3		82.5	81.5		85.5	84.0		85.5	84.0		81.5	84.0
3	4		82.5	81.5		85.5	84.0		85.5	84.0		81.5	84.0
3.7	5		85.5	82.5		85.5	85.5		85.5	85.5		82.5	85.5
4	5.5		85.5	82.5		85.5	85.5		85.5	85.5		82.5	85.5
5.5	7.5		86.5	85.5		87.5	86.5		87.5	86.5		82.5	86.5
7.5	10		87.5	86.5		87.5	87.5		87.5	88.5		86.5	87.5
11	15		88.5	87.5		89.5	89.5		88.5	88.5		86.5	87.5
15	20		88.5	88.5		89.5	89.5		88.5	89.5		87.5	88.5
18.5	25		89.5	89.5		91.0	90.2		90.2	90.2		87.5	88.5
22	30		89.5	89.5		91.0	91.0		91.7	91.7		89.5	89.5
30	40		90.2	90.2		91.7	91.7		91.7	91.7		89.5	89.5
37	50		91.0	91.0		91.7	91.7		92.4	92.4		90.2	90.2
45	60		91.7	91.7		92.4	92.4		92.4	92.4		90.2	91.0
55	75		91.7	91.7		93.0	93.0		92.4	92.4		91.7	92.4
75	100		92.4	91.7		93.6	93.0		93.0	93.0		91.7	92.4
90	125		93.6	92.4		93.6	93.6		94.1	93.6		92.4	92.4
110	150	93.6	92.4	94.1	94.1	94.1	93.6	92.4	92.4				
132	175	94.1	93.6	94.1	94.1	94.1	93.6	—	—				
160	215	94.1	93.6	94.1	94.1	94.1	93.6	—	—				
200	270	94.5	94.1	94.5	94.5	—	—	—	—				

表 4 IE2 優級效率電動機之滿載特性

額定輸出		2 極			4 極			6 極		
		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)	
kW	HP (參考值)	60 Hz	全閉 型	保護 型	60 Hz	全閉 型	保護 型	60 Hz	全閉 型	保護 型
0.75	1	3,600	75.5	—	1,800	82.5	82.5	1,200	80.0	80.0
1.1	1.5		82.5	82.5		84.0	84.0		85.5	84.0
1.5	2		84.0	84.0		84.0	84.0		86.5	85.5
2.2	3		85.5	84.0		87.5	86.5		87.5	86.5
3.7	5		87.5	85.5		87.5	87.5		87.5	87.5
5.5	7.5		88.5	87.5		89.5	88.5		89.5	88.5
7.5	10		89.5	88.5		89.5	89.5		89.5	90.2
11	15		90.2	89.5		91.0	91.0		90.2	90.2
15	20		90.2	90.2		91.0	91.0		90.2	91.0
18.5	25		91.0	91.0		92.4	91.7		91.7	91.7
22	30		91.0	91.0		92.4	92.4		91.7	92.4
30	40		91.7	91.7		93.0	93.0		93.0	93.0
37	50		92.4	92.4		93.0	93.0		93.0	93.0
45	60		93.0	93.0		93.6	93.6		93.6	93.6
55	75		93.0	93.0		94.1	94.1		93.6	93.6
75	100		93.6	93.0		94.5	94.1		94.1	94.1
90	125		94.5	93.6		94.5	94.5		94.1	94.1
110	150		94.5	93.6		95.0	95.0		95.0	94.5
150	200	95.0	94.5	95.0	95.0	95.0	94.5			
185~375	250~500	95.4	95.2 ^(a)	95.4	95.6 ^(b)	95.0	95.4			

註^(a) 在 NEMA 能源效率值(nominal limit)中, 250 HP 為 94.5 %, 500 HP 為 95.8 %, 本表取其平均值。

註^(b) 在 NEMA 能源效率值(nominal limit)中, 250 HP 為 95.4 %, 500 HP 為 95.8 %, 本表取其平均值。

表 5 IE3 超高效率電動機之滿載特性

額定輸出		2 極			4 極			6 極		
		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)		同步 轉速 (rpm)	額定效率 η (%)	
kW	HP	60 Hz	全閉 型	保護 型	60 Hz	全閉 型	保護 型	60 Hz	全閉型	保護型
0.75	1	3,600	77.0	77.0	1,800	85.5	85.5	1,200	82.5	82.5
1.1	1.5		84.0	84.0		86.5	86.5		87.5	86.5
1.5	2		85.5	85.5		86.5	86.5		88.5	87.5
2.2	3		86.5	85.5		89.5	89.5		89.5	88.5
3.7	5		88.5	86.5		89.5	89.5		89.5	89.5
5.5	7.5		89.5	88.5		91.7	91.0		91.0	90.2
7.5	10		90.2	89.5		91.7	91.7		91.0	91.7
11	15		91.0	90.2		92.4	93.0		91.7	91.7
15	20		91.0	91.0		93.0	93.0		91.7	92.4
18.5	25		91.7	91.7		93.6	93.6		93.0	93.0
22	30		91.7	91.7		93.6	94.1		93.0	93.6
30	40		92.4	92.4		94.1	94.1		94.1	94.1
37	50		93.0	93.0		94.5	94.5		94.1	94.1
45	60		93.6	93.6		95.0	95.0		94.5	94.5
55	75		93.6	93.6		95.4	95.0		94.5	94.5
75	100		94.1	93.6		95.4	95.4		95.0	95.0
90	125	95.0	94.1	95.4	95.4	95.0	95.0			
110	150	95.0	94.1	95.8	95.8	95.8	95.4			
150	200	95.4	95.0	96.2	95.8	95.8	95.4			
185~375	250~500	95.8	95.4 ^(a)	96.2	96.0 ^(b)	95.8	95.8 ^(c)			

註^(a) 在 NEMA 能源效率值(nominal limit)中，250 HP 為 95.0 %，500 HP 為 95.8 %，本表取其平均值。
 (b) 在 NEMA 能源效率值(nominal limit)中，250 HP 為 95.8 %，500 HP 為 96.2 %，本表取其平均值。
 (c) 在 NEMA 能源效率值(nominal limit)中，250 HP 為 95.4 %，500 HP 為 96.2 %，本表取其平均值。

備考 1. 對於 IE1⁺等級電動機而言，若額定輸出功率未列於表內時，以其較大一級輸出功率之效率為檢驗標準。例如 100 kW、4P 全閉型之效率，以 110 kW、4 P 之效率 94.1 %為檢驗標準。

備考 2. 對於 IE2 與 IE3 等級電動機而言，若輸出功率未列於表內時，其效率檢驗標準依下列原則。

(a) 若未表列之輸出功率“大於或等於”其大一級輸出功率與小一級輸出

功率之平均值，以大一級輸出功率之效率為檢驗標準。

(b) 若未表列之輸出功率“小於”其大一級輸出功率與小一級輸出功率之平均值，以小一級輸出功率之效率為檢驗標準。

備考 3. 由於材料、製造過程及試驗之誤差，相同極數、功率之電動機，效率之量測值會有微小差異。對於相同型號之多台電動機，其效率量測值不會是唯一之特定值，而為 1 個範圍。對於 IE2 與 IE3 電動機而言，在額定電壓及頻率下，任何極數、型號電動機在全載下之量測效率，其量測值不應小於額定效率 η 減去許可差 (tolerance) ε 。除 IE1⁺ 外，額定效率如上表所示，許可差 ε 之計算方式如下。

$$\varepsilon = (1 - \eta) \times 15 \% (\text{輸出功率} \leq 150 \text{ kW 之電動機})$$

$$\varepsilon = (1 - \eta) \times 10 \% (\text{輸出功率} > 150 \text{ kW 之電動機})$$

備考 4. 銘牌上之“額定效率”應符合其效率等級 (IE1⁺、IE2、IE3 等級電動機) 之要求。

5.3 轉矩特性

高效率電動機之提升轉矩依 5.3.1 試驗，起動轉矩及脫載轉矩依 CNS 10919 之 3.3 規定方法施行試驗時，再施加接近額定電壓時，普通鼠籠型高效率電動機應為表 6 規定值以上。

5.3.1 提升轉矩 (pull-up torque) T_{ur}

又稱最小轉矩，於額定電壓及額定頻率下，高效率電動機由零轉速至相當於最大轉矩之轉速之間，在軸端產生轉矩之最小值，於高效率感應電動機稱為提升轉矩。

備考：提升轉矩之測定計算方法如下。

測定提升轉矩時儘量施加接近額定電壓之電壓。但如有困難施加接近額定電壓之電壓值時，於較低電壓測定提升轉矩後由下列公式計算額定電壓時之提升轉矩。

$$T_{ur} = T_{u2} (E/E_2)^k, \text{ 但 } k = \log(T_{u2}/T_{u1}) / \log(E_2/E_1)。$$

式中， E ：額定電壓 (V)

E_2 ：測定提升轉矩時施加較 E_1 高之電壓。

E_1 ：測定提升轉矩時施加較 E_2 低之電壓。

T_{ur} ：額定電壓時之提升轉矩 (對額定轉矩之比)。

T_{u2} ：施加 E_2 電壓時之提升轉矩 (對額定轉矩之比)。

T_{u1} ：施加 E_1 電壓時之提升轉矩 (對額定轉矩之比)。

於下述公式中， E_2 宜採 E_1 之 2 倍以上，而 E_1 宜為 E 之 20 % 以上。

測定提升轉矩時施加之電壓儘量接近額定電壓 (提升轉矩正比於電壓之方法)。

表 6 普通鼠籠型高效率電動機轉矩特性(最小值)

額定 輸出 功率 kW	與額定轉矩之比											
	2 極			4 極			6 極			8 極		
	起動 轉矩	提升 轉矩	脫載 轉矩	起動 轉矩	提升 轉矩	脫載 轉矩	起動 轉矩	提升 轉矩	脫載 轉矩	起動 轉矩	提升 轉矩	脫載 轉矩
0.37	1.9	1.3	2.0	2.0	1.4	2.0	1.7	1.2	1.7	1.6	1.1	1.6
0.55	1.9	1.3	2.0	2	1.4	2.0	1.7	1.2	1.7	1.6	1.1	1.6
0.75	1.8	1.2	2.0	1.9	1.3	2.0	1.7	1.2	1.8	1.5	1.1	1.7
1.5	1.8	1.2	2.0	1.9	1.3	2.0	1.6	1.1	1.9	1.4	1.0	1.8
2.2	1.7	1.1	2.0	1.8	1.2	2.0	1.6	1.1	1.9	1.4	1.0	1.8
3.0	1.7	1.1	2.0	1.8	1.2	2.0	1.6	1.1	1.9	1.4	1.0	1.8
3.7	1.6	1.1	2.0	1.7	1.2	2.0	1.5	1.1	1.9	1.3	1.0	1.8
4.0	1.6	1.1	2.0	1.7	1.2	2.0	1.5	1.1	1.9	1.3	1.0	1.8
5.5	1.5	1.0	2.0	1.6	1.1	2.0	1.5	1.1	1.9	1.3	1.0	1.8
7.5	1.5	1.0	2.0	1.6	1.1	2.0	1.5	1.1	1.8	1.3	1.0	1.7
11	1.4	1.0	2.0	1.5	1.1	2.0	1.4	1.0	1.8	1.2	0.9	1.7
15	1.4	1.0	2.0	1.5	1.1	2.0	1.4	1.0	1.8	1.2	0.9	1.7
18.5	1.3	0.9	1.9	1.4	1.0	1.9	1.4	1.0	1.8	1.2	0.9	1.7
22	1.3	0.9	1.9	1.4	1.0	1.9	1.4	1.0	1.8	1.2	0.9	1.7
30	1.2	0.9	1.9	1.3	1.0	1.9	1.3	1.0	1.8	1.2	0.9	1.7
37	1.2	0.9	1.9	1.3	1.0	1.9	1.3	1.0	1.8	1.2	0.9	1.7
45	1.1	0.8	1.8	1.2	0.9	1.8	1.2	0.9	1.7	1.1	0.8	1.7
55	1.1	0.8	1.8	1.2	0.9	1.8	1.2	0.9	1.7	1.1	0.8	1.7
75	1.0	0.7	1.8	1.1	0.8	1.8	1.1	0.8	1.7	1.0	0.7	1.6
90	1.0	0.7	1.8	1.1	0.8	1.8	1.1	0.8	1.7	1.0	0.7	1.6
110	0.9	0.7	1.7	1.0	0.8	1.7	1.0	0.8	1.7	0.9	0.7	1.6
132	0.9	0.7	1.7	1.0	0.8	1.7	1.0	0.8	1.7	—	—	—
160	0.9	0.7	1.7	1.0	0.8	1.7	1.0	0.8	1.7	—	—	—
200	0.8	0.6	1.7	0.9	0.7	1.7	—	—	—	—	—	—

備考：高轉矩型之起動轉矩值等於普通轉矩型相當容量起動轉矩之 1.5 倍，但不小於額定轉矩之 2 倍。

高轉矩型之提升轉矩值等於普通轉矩型相當容量提升轉矩之 1.5 倍，但不小於額定轉矩之 1.4 倍。

高轉矩型之脫載轉矩值等於普通轉矩型相當容量脫載轉矩之值，但不小於額定轉矩之 1.9 倍。

5.4 起動電流特性

高效率電動機之起動電流，在額定電壓為 220 V 時，應為表 7 之規定數值以下。

表 7 高效率電動機之起動電流

額定輸出功率 (kW)	起動電流 (A)	額定輸出功率 (kW)	起動電流 (A)
0.37	22	18.5	584
0.55	30	22	694
0.75	38	30	867
1.5	63	37	1070
2.2	81	45	1299
3	106	55	1588
3.7	127	75	1968
4	137	90	2362
5.5	188	110	2887
7.5	237	132	3464
11	347	160	4200
15	474	200	5250

備考：若額定電壓非為 220 V，起動電流與額定電壓成反比。

5.5 噪音

高效率電動機之噪音，依 CNS 10919 之 3.5 所規定之方法施行試驗時，其聲度應為表 8 之規定數值以下。

表 8 高效率電動機之噪音聲度值

單位：dB(A)

額定輸出 功率 kW	保護型				全閉型			
	2 極	4 極	6 極	8 極	2 極	4 極	6 極	8 極
0.37	63	58	58	58	69	61	60	60
0.55	63	58	58	58	73	63	61	61
0.75	63	58	58	58	73	63	61	61
1.5	67	58	58	58	75	66	61	61
2.2	68	62	60	60	77	68	63	63
3	71	65	62	62	80	72	65	65
3.7	71	65	62	62	80	72	65	65
4	75	67	64	64	83	74	68	68
5.5	75	67	64	64	83	74	68	68
7.5	76	69	67	67	84	77	70	70
11	78	72	69	69	87	78	72	72
15	80	74	72	72	87	82	74	74
18.5	82	76	74	74	90	82	77	77
22	86	76	74	74	90	82	79	77
30	88	79	77	75	91	84	81	77
37	88	79	77	75	91	85	81	77
45	90	82	80	76	93	86	83	79
55	90	82	80	76	93	86	83	79
75	92	85	82	79	94	89	86	82
90	92	85	82	79	94	89	86	82
110	92	85	82	79	94	89	86	82
132	93	87	84	—	95	92	87	—
160	93	87	84	—	95	92	87	—
200	94	88	—	—	95	92	—	—

5.6 絕緣耐電壓

依 CNS 10919 之 3.6 所規定之方法施行試驗時，應能承受試驗電壓，且無異常現象。

5.7 各相無載電流之差

依 CNS 10919 之 3.3 所規定之方法施行試驗時，各相無載電流與其平均值之差不應超過平均值之±5 %。

5.8 使用電壓之變動

高效率電動機之供給電源，在下列電壓、頻率變動範圍內施加額定負載使用時，

應為實用上無妨礙。

- (a) 電壓變動：在額定頻率下，端子電壓在額定值 $\pm 10\%$ 範圍內變動。
- (b) 頻率變動：在額定電壓下，電源頻率在額定值 $\pm 5\%$ 範圍內變動。
- (c) 電壓及頻率同時變動：端子電壓在額定值 $\pm 10\%$ 範圍內變動，電源頻率在額定值 $\pm 5\%$ 範圍內變動，且兩變動百分比絕對值之和為 10% 之內。

備考：所謂“實用上無妨礙”，係指電動機能連續穩定運轉，不致使壽命顯著縮短之意。在此情況，特性及溫升不必與額定狀態下之定值相符。

6. 構造

6.1 電纜線之進口如無特別規定，從反負載端觀之，應位於電動機之右側。如裝設接線盒時，從反負載端觀之，其安裝中心應位於最上方至右側 110° 之範圍內。

6.2 額定輸出功率 5.5 kW 以上高效率電動機於必要時，應有配合起動器之構造。

7. 尺度

依 CNS 3071 之規定。

8. 量測之基本要求

8.1 電性能量測

8.1.1 除非另有規定，電壓及電流之量測值皆為均方根值。

8.1.2 電源為接近正弦波且為各相平衡。電源波形偏差因數不應超過 $\text{THD}5\%$ 。進行試驗時頻率應維持在 $\pm 0.5\%$ 以內。平均頻率應在規定值之 $\pm 0.1\%$ 以內。

8.1.2.1 頻率變動率

頻率變化過大會造成機械及量測裝備損壞。在依次量測中，平均頻率變動率不應超過 0.33% 。

8.1.3 儀器選擇

儀器含轉矩計、轉速計、電阻計、瓦特表、溫度計等，類比及數位儀器均可，但皆應經過校正且精度高。誤差不應超過滿刻度之 $\pm 0.2\%$ 。

8.1.4 變壓器

變壓器之輸出電壓誤差不應超過 $\pm 0.3\%$ 。當變壓器、電壓表、電流表及瓦特表組成1個量測系統時，滿刻度之誤差不應超過 $\pm 0.2\%$ 。

8.1.5 電壓

試驗電壓不平衡率不應超過 0.5% 。

8.1.6 電流

每相之線電流皆應量測，並取其平均值作為計算特性之依據。

8.1.7 電功率

三相電功率之量測，可使用2個單相瓦特表。

8.2 電阻

8.2.1 參考電阻

使用直流電阻計測定電阻，量測定子繞組冷狀態下線電阻值。

8.2.2 參考周圍溫度

所有特性量測值須修正至周圍溫度 25°C 之值。

8.2.3 溫度不同時電阻之修正

試驗分析時，若在某一溫度下之定子繞組電阻值須修正至另一溫度時，可套用以下公式。 R_a 為溫度 t_a 時之定子繞組電阻，當溫度為 t_b 時，定子繞組電阻以 R_b 表示， R_b 應修正為

$$R_b = \frac{R_a(t_b + k)}{t_a + k}$$

式中， R_b ：溫度為 t_b 時之電阻(Ω)；

t_b ：電阻修正之指定溫度($^{\circ}\text{C}$)；

R_a ：溫度為 t_a 時之電阻(Ω)；

t_a ：量測電阻後之繞組溫度($^{\circ}\text{C}$)；

k ：導體之溫度係數，銅繞組時為 235，鋁繞組時為 225。

8.3 機械

8.3.1 功率性能量測

電動機之輸出機械功率以動力計量測，以 P_m 表示，並依下列公式計算。

$$P_m = \frac{T_D \times n_r}{9.549} \text{ (W)}$$

式中， T_D ：轉矩(N·m)

n_r ：轉子轉速(rpm)

8.3.1.1 穩態之軸承損

由於軸承油脂之存在，電動機需運轉一段時間(30 分鐘以上)，摩擦損始會趨於穩態。

8.3.1.2 於無載時，在半小時中，若輸入功率之變化不超過 3%，可視為達到穩態。

8.3.2 轉速及轉差率

採用光學或數位轉速表。測量轉速之誤差不應超過 $\pm 1 \text{ r/min}$ 。

轉速差 Δn 為同步轉速 n_s 與電動機轉子轉速 n_r 之差，亦即 $\Delta n = n_s - n_r$ 。

轉差率 s 之標么值以下列公式表示。

$$s = \frac{\text{轉速差(rpm)}}{\text{同步轉速(rpm)}} = \frac{\Delta n}{n_s} = \frac{n_s - n_r}{n_s}$$

式中， Δn ：轉速差(rpm)

n_s ：同步轉速(rpm)

n_r ：轉子轉速(rpm)

8.3.2.1 轉差率之修正

轉差率之量測應依定子之溫度修正，公式如下。

$$s_0 = \frac{s_L(t_0 + k)}{(t_L + k)}$$

- 式中， s_0 : 定子繞組溫度 t_0 時之轉差率；
- s_L : 定子繞組溫度 t_L 時測得之轉差率；
- t_0 : 定子繞組額定負載時之溫度，若未試驗額定負載之溫度時，使用表 9 之溫度；
- t_L : 負載試驗時之定子繞組溫度；
- k : 導體之溫度係數，銅繞組時為 235，鋁繞組時為 225。

9. 損失之種類

三相鼠籠型感應電動機之總損失 P_T 可分為 5 型。

- (a) 定子(一次)銅損 P_s
- (b) 轉子(二次)銅損 P_r
- (c) 無載鐵損 P_{fe}
- (d) 摩擦損與風損之總和 P_{fw}
- (e) 雜散損 P_{LL}

$$P_T = P_s + P_r + P_{fe} + P_{fw} + P_{LL} \dots\dots\dots (1)$$

9.1 定子(一次)銅損 P_s

高效率電動機之定子(一次)銅損以 P_s 表示。

$$P_s = 1.5 \times I_{ll}^2 \times R_{ll} \dots\dots\dots (2)$$

式中， I_{ll} : 線電流；

R_{ll} : 溫度修正後之一次線電阻(參照 8.2.3)。

9.1.1 繞組溫度

電阻對溫度之修正應依下述進行。

- (a) 在額定負載下，以電阻法測得之溫升加上標準周圍溫度 25°C，此時之電阻作為計算定子(一次)銅損之電阻。
- (b) 相同之電機設計及結構設計可視為溫升相同。
- (c) 額定負載之溫度無進行試驗時，繞組之電阻須依表 9 之溫度修正。

表 9 基準溫度

絕緣等級	溫度°C
A	75
E、B	95
F	115
H	135

所有負載均以此溫度決定一次銅損。

9.2 轉子(二次)銅損 P_r

轉子(二次)銅損之大小與轉差率有關，公式如下。

轉子(二次)銅損 = (定子輸入功率 - 定子(一次)銅損 - 無載鐵損) × 轉差率，亦即

$$P_r = (P_1 - P_s - P_{fe}) \times s \dots\dots\dots (3)$$

9.3 鐵損 P_{fe} 、摩擦損與風損之總和 P_{fw} (無載試驗)

於無載情況下，以額定電壓、額定頻率使高效率電動機運轉，直到輸入穩定為止。

9.3.1 無載電流

各線之平均電流為無載電流。

9.3.2 無載損失

輸入之功率值為高效率電動機之無載損失 P_{nL} 減去定子(一次)銅損 P_s (依無載溫升)，剩餘之值為摩擦損、風損及鐵損，亦即 $P_{nL} - P_s = P_{fw} + P_{fe}$ 。

9.3.3 鐵損分離

於額定頻率下，電壓由額定電壓之 125 % 逐漸降低，電流將隨著電壓下降而變小，記錄無載輸入功率、無載電壓及無載電流，直到電流停止下降並開始升高為止。

9.3.4 摩擦損與風損之總和 P_{fw}

進行無載試驗時，輸入功率 P_1 減去一次銅損 P_s 後，得出 $P_1 - P_s$ ，以 $P_1 - P_s$ 為縱軸，電壓為橫軸，作一曲線，並將該曲線延伸至電壓為零之處，在縱軸上得出之截距即為摩擦損與風損之總和 P_{fw} 。於低電壓時，若對電壓之平方作曲線，更為精確。

9.3.5 鐵損 P_{fe}

在無載下，電動機之固定損失等於無載輸入功率 P_1 減去一次銅損 P_s ，亦即固定損失為鐵損 P_{fe} 、風損與摩擦損之總和 P_{fw} 。求出風損與摩擦損之總和 P_{fw} 之後，鐵損為

$$P_{fe} = P_1 - P_s - P_{fw} \dots\dots\dots (4)$$

9.4 雜散損 P_{LL}

電動機之損失，除摩擦損、風損、一次銅損、二次銅損、鐵損之外的皆為雜散損。雜散損係由測得之全部損失減去摩擦損、風損、一次銅損、二次銅損、鐵損。

10. 效率計算與試驗法

10.1 一般

高效率電動機於滿載特性試驗以額定頻率之額定電壓運轉，施加相當於額定輸出之實負載，測定其轉矩、旋轉速度、輸入功率、輸入電壓及輸入電流，依下列公式計算其滿載效率 η 。

$$\text{效率 } \eta = \frac{\text{輸出功率 } P_2}{\text{輸入功率 } P_1} = \frac{\text{輸入功率 } P_1 - \text{損失 } P_T}{\text{輸入功率 } P_1} = \frac{\text{輸出功率 } P_2}{\text{輸出功率 } P_2 + \text{損失 } P_T}$$

10.1.1 直接量測法之效率計算

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \dots\dots\dots (5)$$

式中， P_1 ：定子輸入功率；

P_2 : 輸出機械功率，其計算方式如 8.3.1 所述。

10.1.2 損失分離法之效率計算

$$\eta = \frac{P_1 - P_T}{P_1} = \frac{P_2}{P_2 + P_T} \dots\dots\dots (6)$$

式中， P_1 : 定子輸入功率；

P_2 : 輸出機械功率，其計算方式如 8.3.1 所述；

P_T : 總損失功率，依照第 9 節所述計算各項損失。

10.2 試驗法

10.2.1 量測設備架設

須確認試驗設備穩妥固定，量測儀器精度符合第 8 節之要求。

10.2.2.1 量測電動機冷機狀態下定子繞組之各線電阻及周圍溫度。

10.2.2.2 進行以下試驗之前，電動機須運轉一段時間(30 分鐘以上)，使摩擦損達穩態。

若高效率電動機之溫度接近正常額定時之溫度且達溫度穩定，則分項試驗可單獨進行。

10.2.2.3 額定負載溫度試驗

高效率電動機與動力計耦合，加上額定負載，直到溫度穩定為止。但若相同之電動機在以前已有試驗過負載溫度，則可不試。所謂“溫度穩定”係指每小時之溫度變化小於 2 K。

10.2.3 負載試驗

在額定電壓、額定頻率下，以受測之電動機驅動動力計，記錄電動機之電壓、電流、輸入功率、轉矩、轉速、定子繞組溫度、周圍溫度、定子繞組電阻及電動機轉差率。進行試驗之負載點計 6 點，建議為 25 %、50 %、75 %、100 %、115 %、125 %或 25 %、50 %、75 %、100 %、125 %、150 %。

10.2.4 無載試驗

將受測之高效率電動機脫離動力計並取下連軸器，使電動機無負載運轉。無載試驗須待溫度及輸入值穩定為止。

10.2.5 損失計算

10.2.5.1 摩擦損與風損之總和 P_{fw}

參照 9.3.4 之規定。

10.2.5.2 鐵損 P_{fe}

參照 9.3.5 之規定。

10.2.5.3 定子(一次)銅損 P_s

參照 9.1 之規定。若定子之電阻非在試驗中測得，電阻值須依 8.2.3 修正。

10.2.5.4 轉子(二次)銅損 P_r

參照 9.2 之規定。

10.2.5.5 總損失 P_T

各負載點之總損失為輸入功率 P_1 減輸出功率 P_2 ，亦即 $P_T = P_1 - P_2$ 。

10.2.5.6 雜散損之計算

雜散損之測定點為 6 點，約在負載之 25 %、50 %、75 %、100 %、115 %、125 %或 25 %、50 %、75 %、100 %、125 %、150 %。雜散損之值為總損失減去摩擦損、風損、一次銅損、鐵損及二次銅損。

10.2.5.7 雜散損合理化

修正前之雜散損以 P_{Lr} 表示，其計算方式為

$$P_{Lr} = P_1 - P_2 - P_s - P_r - P_{fe} - P_{fw} ; P_2 = T \times n_r / 9.549 \dots\dots(7)$$

式中， P_1 ：定子輸入功率；

P_2 ：輸出機械功率；

P_s ：一次銅損；

P_r ：二次銅損；

P_{fe} ：鐵損；

P_{fw} ：摩擦損與風損之總和；

T ：轉矩(N·m)；

n_r ：轉子轉速(rpm)。

雜散損應使用線性迴歸分析使其合理化。方法為將修正前之雜散損 P_{Lr} 表示為轉矩平方之線性函數，如下所示。

$$P_{Lr} = A \times T^2 + B \dots\dots\dots(8)$$

式中， P_{Lr} ：修正前之雜散損

T ：轉矩

A ：斜率

B ：轉矩 T 為零時之截距。

並使用線性迴歸，以減少量測之誤差。此平順雜散損始能用於計算效率。

$$\text{式中， } A = \frac{N \sum [P_{Li} \times (T_i^2)] - \left(\sum_{i=1}^N P_{Li} \right) \times \left(\sum_{i=1}^N T_i^2 \right)}{N \sum (T_i^2)^2 - \left(\sum_{i=1}^N T_i^2 \right)^2}$$

$$B = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N P_{Li} - A \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N T_i^2 \right)$$

$$\text{相依係數 } \gamma = \frac{N \sum [P_{Li} \times T_i^2] - \left(\sum_{i=1}^N P_{Li} \right) \times \left(\sum_{i=1}^N T_i^2 \right)}{\sqrt{\left[N \sum (T_i^2)^2 - \left(\sum_{i=1}^N T_i^2 \right)^2 \right] \times \left[N \sum (P_{Li})^2 - \left(\sum_{i=1}^N P_{Li} \right)^2 \right]}}$$

若斜率為負值或相依係數 γ 小於 0.9，剔除錯誤之點再進行 1 次迴歸，此時相依係數若大於或等於 0.9，則採用第 2 次迴歸。若第 2 次迴歸 γ 仍小於 0.9 或斜率為負，則此次試驗資料不予採用，問題可能在儀器或讀值或二者皆有，須查明問題錯誤所在，並加以排除後再重新試驗。

10.2.6 損失修正及效率

10.2.6.1 修正雜散損

修正後之雜散損 P_{LL} 為

$$P_{LL} = AT^2 \dots\dots\dots (9)$$

10.2.6.2 一次銅損 P_s 對周圍溫度之修正

6 個負載點之試驗中，電阻值皆須修正至周圍溫度為 25°C 之高效率電動機溫度，修正公式依 8.2.3 之規定。

10.2.6.3 二次銅損 P_r 對周圍溫度之修正

二次銅損之計算在 9.2 已敘述，但其中 1 次銅損 P_s 及轉差率 s 皆須修正至周圍溫度為 25°C 之高效率電動機定部溫度。

10.2.6.4 修正後之總損失

每個負載點之總損失為 10.2.5.1、10.2.5.2、10.2.6.1、10.2.6.2 及 10.2.6.3 等 5 節所述之各項的總和。

10.2.6.5 修正後之輸出功率

各負載點修正後之輸出功率為輸入值減去修正後之總損失。

10.2.6.6 效率

依 10.1 為輸出功率與輸入功率之比值，輸入為量測值，輸出功率為 10.2.6.5 修正後之輸出功率。

11. 製品稱呼法

以名稱、絕緣等級、保護型式、極數、額定值(輸出功率、電壓、頻率、電流)等稱呼。
例：三相鼠籠型高效率感應電動機、B 類、全閉型、4 極、11 kW、220 V、60 Hz、IE2。

12. 標示

12.1 銘牌

電動機應於明顯處附以標明下列各項之銘牌。

- (a) 名稱(指明三相鼠籠型高效率感應電動機)；
- (b) 絕緣等級(指明 A、E、B、F 或 H 類)；
- (c) 極數；
- (d) 額定輸出功率(kW 或 HP)；
- (e) 額定電壓(V)；
- (f) 額定頻率(Hz)；
- (g) 電流(滿載電流之近似值，以 A 表示)；
- (h) 轉速(額定輸出功率下每分鐘轉數之近似值，以 rpm 表示)；
- (i) 保護方式符號(IP 碼)；
- (j) 冷卻方式符號(IC 碼)；
- (k) 冷媒溫度(溫度為 40°C 時可省略)；
- (l) 電動機之型式符號；

- (m) 製造號碼及年分；
- (n) 製造廠商名稱或商標；
- (o) 額定效率(滿載時之效率)；
- (p) 效率等級(IE1⁺、IE2 或 IE3)。

12.2 端子符號

端子或端子附近應以適當方法標示端子符號。

12.3 接線銘牌

電動機具有數個繞組或僅有端子符號無法明瞭其連接方式時，應設接線銘牌說明。

12.4 旋轉方向之標示

旋轉方向固定時應在電動機上易見處標示旋轉方向。

附錄 A
(參考)
符號

符號	名稱	單位
P_1	定子輸入功率	W
P_2	輸出機械功率	W
P_{fe}	鐵損	W
P_{fw}	摩擦損與風損之總和	W
P_{Lr}	修正前之雜散損	W
P_{LL}	修正後之雜散損	W
P_{nL}	無載總損失	W
P_r	轉子(二次)銅損	W
P_s	定子(一次)銅損	W
P_T	總損失	W
R_{ll}	線電阻	Ω
s	轉差率	
T	轉矩	Nm
I_{ll}	線電流	A
V	電壓	V
n	轉速	rpm
η	效率	%

附錄 B

(參考)

電動機特性計算

表 B.1 特性計算表

輸出功率 P_2		kW	HP	額定頻率 f		Hz	
極數 p				同步轉速 n_s		rpm	
額定電壓 V_{11}		V					
冷狀態平均線電阻(1) R_a		Ω	(2) t_a	$^{\circ}\text{C}$			
運轉熱狀態線電阻(3) R_b		Ω	(4) t_b	$^{\circ}\text{C}$ 在周圍溫度(5) t_c'		$^{\circ}\text{C}$	
項次	內容	1	2	3	4	5	6
6	周圍溫度 t_c ($^{\circ}\text{C}$)						
7	定子繞組溫度 t_s ($^{\circ}\text{C}$)						
8	頻率 f (Hz)						
9	同步轉速 n_s (rpm)						
10	轉速差 Δn (rpm)						
11	轉子轉速 n_r (rpm)						
12	線電壓 V_{11} (V)						
13	線電流 I_{11} (A)						
14	定子輸入功率 P_1 (W)						
15	鐵損 P_{fe} (W)						
16	定子(一次)銅損 P_s (W)						
17	氣隙功率 P_g (W)						
18	轉子(二次)銅損 P_r (W)						
19	摩擦損與風損之總和 P_{fw} (W)						
20	修正前總損失 P_T (W)						
21	轉矩 T (N·m)						
22	動力計修正 T_D (N·m)						
23	修正後轉矩 T_D' (N·m)						
24	輸出機械功率 P_2 (W)						
25	總損失 $P_1 - P_2$ (W)						
26	雜散損 P_{Lr} (W)						
截距 $B =$		斜率 $A =$		相依係數 $\gamma =$			
27	定子(一次)銅損 P_s' (W), 在 t_a $^{\circ}\text{C}$						
28	修正後氣隙功率 P_g' (W)						
29	修正後轉速差 $\Delta n'$ (rpm)						
30	修正後轉速 n_r' (rpm)						
31	轉子(二次)銅損 P_r' (W), 在 t_s $^{\circ}\text{C}$						
32	修正後雜散損 P_{LL} (W)						
33	修正後總損失 P_T' (W)						
34	修正後輸出機械功率 P_2' (W)						
35	輸出機械功率(kW)						
36	效率 η (%)						
37	功率因數 pf (%)						

表 B.2 特性總表

項目	負載率(%)				□115 % □125 %(勾選)		□115 % □150 %(勾選)	
	25 %	50 %	75 %	100 %				
功率因數 pf (%)								
效率 η (%)								
轉子轉速 n_r (rpm)								
線電流 I_{l1} (A)								

表 B.3 特性計算式

(6)	周圍溫度 t_c (°C)	
(7)	定子繞組溫度 t_s (°C)	
(8)	頻率 f (Hz)	
(9)	同步轉速 n_s (rpm)	(9)=120×(8)/極數
(10)	轉速差 Δn (rpm)	(10)=(9) - (11)
(11)	轉子轉速 n_r (rpm)	(11)=(9) - (10)
(12)	線電壓 V_{l1} (V)	
(13)	線電流 I_{l1} (A)	
(14)	定子輸入功率 P_1 (W)	
(15)	鐵損 P_{fe} (W)	
(16)	定子(一次)銅損 P_s (W)	(16)=1.5×(13) ² ×(1)×[k+(7)]/[k+(2)] (k: 銅繞組235, 鋁繞組225)
(17)	氣隙功率 P_g (W)	(17)=(14) - (15) (16)
(18)	轉子(二次)銅損 P_r (W)	(18)=[(17)×(10)]/(9)
(19)	摩擦損與風損之總和 P_{fw} (W)	
(20)	修正前總損失 P_T (W)	(20)=(15)+(16)+(18)+(19)
(21)	轉矩 T (N·m)	
(22)	動力計修正 T_D (N·m)	參照備考
(23)	修正後轉矩 T_D' (N·m)	(23)=(21)+(22)
(24)	輸出機械功率 P_2 (W)	(24)=(23)×(11)/9.549
(25)	總損失 P_T' (W)	(25)=(14) - (24)
(26)	雜散損 P_{Lr} (W)	(26)=(25) - (20)
截距 $B =$ _____ 斜率 $A =$ _____ 相依係數 $\gamma =$ _____ 刪除點 _____		
(27)	定子(一次)銅損 P_s' (W), 在 t_s °C	(27)=1.5×(13) ² ×(3)×[k+(4) (5)+25]/[k+(4)] (k: 銅繞組235, 鋁繞組225)
(28)	修正後氣隙功率 P_g' (W)	(28)=(14) - (27) - (15)
(29)	修正後轉速差 $\Delta n'$ (rpm)	參照 7.3.2.1
(30)	修正後轉速 n_r' (rpm)	(30)=(9) - (29)

表 B.3 特性計算式(續)

(31)	轉子(二次)銅損 P_r' (W), 在 t_s °C	(31)=(28)×(29)/(9)
(32)	修正後雜散損 P_{LL} (W)	(32)=A×(23) ² A=(26)對(23)平方, 線性回歸後的斜率
(33)	修正後總損失 P_T' (W)	(33)=(15)+(19)+(27)+(31)+(32)
(34)	修正後機械輸出功率 P_2' (W)	(34)=(14) - (33)
(35)	機械輸出功率 P_2 (kW)	(35)=(34)/1,000
(36)	效率 η (%)	(36)=100×(34)/(14)
(37)	功率因數 pf (%)	(37)=(14)×100/[$(\sqrt{3})$ ×(12)×(13)]

$$\text{備考: } T_D = 9.549 \times \frac{P_A - P_B}{n_A} - T_A$$

$$\text{式中, } P_A = (P_{inA} - P_{sA} - P_{fe}) \times (1 - s_A)$$

$$P_B = (P_{inB} - P_{sB} - P_{fe})$$

試驗 A: 電動機驅動動力計, 且動力計之電樞為開路。

試驗 B: 電動機未耦合動力計。

P_{inA} = 試驗 A 時, 電動機的輸入功率

P_{sA} = 試驗 A 時, 電動機定子(一次)銅損

P_{fe} = 鐵損

s_A = 試驗 A 時之轉差率

P_{inB} = 試驗 B 時, 電動機定子輸入功率

P_{sB} = 試驗 B 時, 電動機定子(一次)銅損

n_A = 試驗 A 時之轉子轉速

T_A = 試驗 A 時之轉矩

參考資料

- IEC 60034-2-1 Rotating electrical machines - Part 2-1: Standard methods for determining losses and efficiency from tests (excluding machines for traction vehicles)
- IEC 60034-30 Rotating electrical machines - Part 30: Efficiency classes of single-speed, three-phase, cage-induction motors (IE-code)
- JIS C4210 Low-voltage three-phase squirrel-cage induction motors for general purpose
- NEMA MG1 Motors and generators

修訂日期

第一次修訂：90年12月03日

第二次修訂：92年09月09日