

E種 絶緣 誘導 電動機의 設計

(Design of Class E Insulation Induction Motor)

李 承 院*

(Sung-won Lee)

論 文

16-2-1

Abstract

From the discovery of Alago's disk, a number of trials and efforts have been concentrated on a small-sized and light-weighted induction motor. They have devoted themselves, however, mainly to a improvement of cooling effect, a proper weight-distribution of copper and iron and desirable number of slots. In consequence, such an effort restricted only to the field of design, has resulted in unsatisfactory developments in the insulating materials consisting of the main parts of an induction motor.

The quality of fibre and paper which are used as class-A insulation materials with their "compound" and "varnish" has been increased to some extent. Similarly Class-B insulation materials like asbest mica has been almost a combination of inorganic and binding materials.

But nowadays synthetic chemistry is making a remarkable progress. So it comes possible for us to have silicon resin and other good ones of similar characteristics. And even a thin silicon resin insures us to get excellent heat-proof and insulation, so a better space factor and cost-down in motor design have come possible in most advanced nations of the world, but not in our country. Furthermore, a consideration of productivity and economy in manufacturing process has been neglected by a majority of engineers. This is more unpleasant and more undesirable. I think this rational method of induction motor design using new synthetic resin will devote in making your productivity and economy better. And the nation-wide standard value of electric motor size is sited here.

〔I〕 緒 論

誘導電動機는 오래前부터 그의 小型化, 輕量化를 爲하여 많은 努力이 傾注되어 왔는데 이는 主로 그의 冷却效果의 改善, 電氣 및, 磁氣裝荷의 適切한 配分, 槽數의 適切한 配合等 設計部門에 있어서의 改善에만 注力하여 왔을뿐 그의 構成材料인 絶緣材料面에 있어서는 等閑視 되어 그 進歩가 현저하지 못하였다. 即 A種 絶緣材料로서 使用되고 있던 綿, 紙 및 이의 處理에 使用되는 compound나 Vanish는 誘導機가 製作되기 始作할 때부터 途中 말은 改善은 되었지만 現在까지 主要 絶緣材料의 本格的 變更없이 使用되고 있는 形便이다. 또 B種 絶緣材料도 마찬가지로 asbest mica等도 無機質材料와 接着材를 組合한 것으로 天然材料 또는 그를 加工한 것에 지나지 않는다.

그런데 近來에 와서는 合成化學이 急速히 發達되어 Si樹脂를 비롯하여 優秀한 合成樹脂 絶緣材料가 여러가지 開發되고 있는데 이것들은 거의 다 耐熱性이 좋고 같은 電氣的 絶緣을 하는데 比較가 되지 않을만큼 많은 것으

로 可能하게 되어 點積率을 大端히 向上시킬 수 있어 各種 電氣機器를 小型化 할 수 있는 可能性이 엿 보이게 되었다.

그래서 先進各國에서는 이런 材料를 使用하여 새로운 規格 特性值 等を 制定 함으로서 많은 發展과 利得을 取하고 있는 形便인데 우리나라에서는 이런 材料를 使用한 技術이 開發되어 있지 않을 뿐만 아니라 從前의 A種 絶緣材 使用 電動機의 치수에 規格이 없어 各樣各색의 것이 生産되고 있을 뿐 아니라 그 經濟性에 對한 考察이 全然 行하여지지 않고 있는 한심스러운 狀態에 놓여 있는 形便이다.

故로 本人이 이번이 이 研究를 通하여 새로운 合成樹脂 絶緣材料를 使用하는 合理的인 電動機 設計法을 提示함으로서 그 經濟性을 明白히 하고 아울러 E種 絶緣材 使用 國內 電動機 치수의 規準值를 提示하는 바이다.

〔II〕 E種 電動機 關連 各種規格

1. 絶緣規格

從來의 絶緣物은 有機 絶緣材料, 無機 絶緣材料等 天然材料가 그 基本材料였기 때문에 O, A, B, C,의 四等

*서울 工大教授

級으로 充分하였다. 그러나 요사이 와서는 Si 樹脂를 비롯하여 포리에틸렌 아세테이트樹脂等 熱安定도가 좋고 電氣的으로나 物理的으로나 그 性能이 優秀한 合成樹脂가 出現하게 되어 絶緣物에 對한 從來의 熱區分에 再檢討를 加해야만 하게 되었다. 그래서 I, E, C,에서는 1952 年來 이 問題를 論議하여 왔는데 絶緣物의 劣化는 濕氣等 周圍狀況도 크게 影響을 미치며 同種의 材料라도 一部가 變性되면 耐熱性이 變한다 든가 組合方法이 다르면 같은 材料라도 耐熱도가 달라지는 등 絶緣材料의 實際的인 判斷은 大端히 어려우므로 壽命試驗法의 確立을 主張하는 美國側과 經濟的 理由로서 E, F, H 種의 3 區分의 新設을 主張하는 區州側 意見이 對立 하였었다.

그러나 討議結果 從來의 規格과 같이 個個의 絶緣物을 區分別로 나누지 않고 經驗 및 適當할 試驗에 依하여 分類하기로 하고 IEC Pub 85 를 1957 年에 制定하여 E 種 絶緣 階級이 國際的으로 認定되도록 되었고 이는 表 1 과 같다. 여기에 注意해야할 點은 이 表에 있는 材料를 使用하기만 하면 되는 것이 아니라 適當한 處理가 되어 있지 않으면 E 種 絶緣材料로서 使用할 수 없으며 反對로 이 表에 없는 것이라도 規定溫度에 充分히 견딜 수 있다면 使用할 수 있는 것이다. 即 使用 可能 與否를 判斷할 수 있는 方法이 講究되고 그에 依하여 實際的으로 120°C 에 견딜 수 있는 것이라면 E 種 絶緣材料로서 使用할 수 있다.

表 I E 種 絶緣 材料

1	2	3	4	5
絶緣의 種類	主 副 別	絶 緣 材 料	結 合, 含 浸 塗 布 材 料	絶 緣 處 理 材 料
E	副	에나멜 線用포리 우레탄 樹脂 에나멜 線用에 폭씨 樹脂	無	油變性 아스팔트 油變性 合性樹脂 바니쉬 架橋 포리에스틸 樹脂 에 폭씨 樹脂 보다 高溫에 屬하는것
		세루로즈 充填成型品 綿積層品 紙積層品	메라민 樹脂 페놀 樹脂 페놀후 라무 樹脂	
		架橋 포리에스틸수지, 세루로즈, 트리아세테이트 필름, 포리에틸 렌, 테레후 타레트 필름, 포리에 틸렌테레 후라레트 섬유	無	
		바니쉬 서리포리 에틸렌 테레후 타 레트 천	油變性 아루엣드 바니쉬	

2. 치수規格

電動機치수를 國際的으로 統一을 期하기 爲하여 國際 電氣標準會議가 1949 年에 I, E, C, Recommendation Pub 72-1, 72-2 로서 發表한 規格이 있는데 이 內容을 要約 하면

- (1) 標準出力 Series
- (2) Frame 치수 Series

(3) 軸端 치수 Series

의 三部로서 되어 있고 各國은 그 形便에 따라 適當히 (1), (2), (3)中의 것을 組合하여 別途 規格을 定하게 되어 있다.

(1)은 電動機를 設置할 境遇 必要 各部 치수로서 그림 1 의 A, B, C, K 의 치수를 規定한 것으로서 表 II 와 같다.

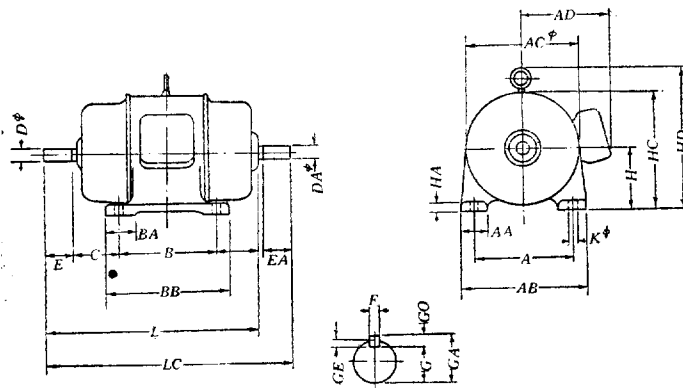


그림 1

表 II

kW	h.p.
0.06	1/12
0.09	1/8
0.12	1/6
0.18	1/4
0.25	1/3
0.37	1/2
0.55	3/4
0.75	1
1.1	1.5
1.5	2
2.2	3
3.7	5
5.5	7.5
7.5	10
11	15
15	20
18.5	25
22	30
30	40
37	50
45	60
55	75
75	100
90	125
110	150
132	175
150	200
610	220
185	250
200	270
220	300
250	350

表 III

Frame number 2)	Millimetres						
	H		A	B	C	K maximum	
	nominal	maximum deviation					
112 S	112	-0.5	190	114	70	12	
112 M	112	-0.5	190	140	70	12	
(112 L)	112	-0.5	190	159	70	12	
132 S	132	-0.5	216	140	89	12	
132 M	132	-0.5	216	178	89	12	
(132 L)	132	-0.5	216	203	89	12	
160 S	160	-0.5	254	178	108	14	
160 M	160	-0.5	254	210	108	14	
160 L	160	-0.5	254	254	108	14	
(810 S)	180	-0.5	279	203	121	14	
180 M	180	-0.5	279	241	121	14	
180 L	180	-0.5	279	279	121	14	
(020 S)	200	-0.5	318	228	133	18	
200 M	200	-0.5	318	267	133	18	
200 L	200	-0.5	318	305	133	18	
225 S	225	-0.5	356	286	149	18	
225 M	225	-0.5	356	311	149	18	
(225 L)	225	-0.5	356	356	149	18	
250 S	250	-0.5	406	311	168	22	
250 M	250	-0.5	406	349	168	22	
(250 L)	250	-0.5	406	406	168	22	
280 S	280	-1.0	457	368	190	22	
280 M	280	-1.0	457	419	190	22	
(280 L)	280	-1.0	457	457	190	22	
315 S	315	-1.0	508	406	216	27	
315 M	315	-1.0	508	457	216	27	
(351 L)	315	-1.0	508	508	216	27	

이것을 보면 같은 中高에 對하여 80 mm 以下는 한 種類, 90 mm, 100 mm 에 對해서는 2 種類 112 mm 以上에 對해서는 3 種類의 標準 flame 을 設定하여 S. M. L 等の 記號로 區分하고 있다. 그리고 標準出力 Series 는 表 III 와 같은데 各國은 이 出力 Series 를 表 II 의 標準치수에 配當해야 하고 그 出力에 따라 標準軸端치수가 決定되는 것이다.

〔III〕 韓國 E 種電動機 標準規格

緒論과 (II)의 關連規格에서 既述한 場과 같이 E 種電動機의 設計에 先行하여 國產을 爲한 치수가 決定되어야 한다. 勿論 이 치수는 單獨의 經濟的인 出力과 크기의 Series 를 定할 수 있지만 이를 國內의 統一一시시킬 것이 아니라 國際의 統一一시키는 것이 더 有意義한 것은 再言을 要하지 않는다.

故로 本人은 여러가지로 研究 檢討한 結果 設計에 들어가기 前에 制約되는 出力 및 치수의 Series 로서 I.E.C

表 IV 三相籠型誘導電動機(一般用)外形치수표

(단위 : mm)

Frame No.	H		A	B	C	K ϕ 너
	호칭치수	공차				
90 S	90	-0.5	140	100	56	9
90M	90	〃	140	125	56	9
112 S	112	〃	190	114	70	12
112M	112	〃	190	140	70	12
132 S	132	〃	216	140	89	12
132M	132	〃	216	178	89	12
160M	160	〃	254	210	108	14
160 L	160	〃	254	254	108	14
180M	180	〃	279	241	121	14
180 L	180	〃	279	279	121	14
200M	200	〃	318	267	133	18
200 L	200	〃	318	305	133	18
225 S	225	〃	356	286	149	18
225M	225	〃	356	311	149	18

表 V 三相籠形誘導電動機의 出力指定 및 그에 따른 치수표 (一般用)

Frame No.	絶緣種別	定格出力 (kw)			D	E	key way	
		2극	4극	6극			F	GE
90 S	E	0.75	0.75	—	22	50	7	4
90 M	E	1.5	1.5	0.75	22	50	7	4
112 S	E	2.2	2.2	1.1	28	60	7	4
112 M	E	3.7	3.7	1.5	28	60	7	4
132 S	E	5.5	5.5	2.2	38	80	10	4.5
132 M	E	7.5	7.5	3.7	38	80	10	4.5
160 M	E	11	11	5.5	42	110	12	4.5
160 L	E	15	15	7.5	42	110	12	4.5
180 M	E	19	19	—	48	110	12	4.5
180 L	E	22	22	15	48	110	12	4.5
200 M	E	—	—	—	—	—	—	—
200 L	E	30	30	22	55	110	12	4.5
225 S	E	37	37	—	60	140	15	5
225 M	E	—	—	—	—	—	—	—

規格에 合當하는 것으로서 外型치수로서 表VI와 如히 定하고 出力 및 그에 따르는 치수로서 表V와 같이 決定, 이를 基準으로 本 研究을 進行시키고져 하는 바이다.

〔IV〕 構造上的 隘路와 解決法

(1) E種電動機는 在來의 A種電動機에 比하여 發生 損失이 크기 때문에 可能한 限 冷却效果를 크게 할 必要가 있다. E種 絶緣으로 하면 溫度上昇은 15°C, A種 絶緣보담 높지만 그 比率은 75/60 即 25% 밖에 增加되고 있지 않는다. 그러나 表IV의 出力, 치수 關係를 보면 A種 絶緣의 在來의 境遇와 E種 絶緣의 경우는 2~3 倍의 差가 있다. 저급 效率이 같다고 假定하면 損失이 2~3 倉가 되는데 溫度上昇 許容限度는 25% 밖에 안된다는 것이 된다. 故로 冷却 效果가 同一 하다면 溫度上昇은 大端히 커져서 25%의 餘裕를 가지고는 間頭가 안된다.

이에 對處하기 爲하여는 冷却 fin의 數를 增加시켜야 하고 그 fin의 높이도 크게 하여 冷却 面積을 增加시켜야 한다. 이와 같이 fin의 數와 높이를 增加시키면 그 冷却效果가 커지는 同時에 flame 自體가 튼튼 하게 되어 振動이 減少되는데 도움이 되기도 한다.

이 외에도 冷却 fan, end ring fan 등을 두어 内部의 空氣를 攪拌함과 同時에 電動機内部의 熱發散을 좋게 하여 溫度上昇의 抑制에 힘써야 한다.

(2) 軸 受

軸受에는 耐熱性, 耐濕性, 耐老化性이 良好한 greece를 使用해야 하며 그 構造도 기름이 새지 않고 摩擦損失도 極히 적도록 해야 한다.

또 Bearing을 通해서 呼吸作用을 하게 해서는 안되

며 微細한 먼지, 水分 등이 侵入하지 못하는 構造로 해야 한다.

〔V〕 設 計

치수系列이 決定됨에 따라 鐵心 內外徑 等 任意의 計算值를 擇할 수 없으므로 그 系列에 맞도록 하면서 最小量의 銅과 鐵이 使用되며, 要求되는 特性을 얻을 수 있는 最適 設計를 해야 한다. 지금 이러한 設計條件을 區分해 보면 다음과 같이 된다.

要求特性

1. Rated horse power
2. poles
3. frequency
4. phases
5. Voltage
6. Number of voltage
7. percentage of overload
8. Temperature rise and time (120°C)
9. Enclosure
10. Insulation class (E class)
11. Minimum

2. 固定子 設計

固定子設計에 있어서는 前記條件 치수系에 맞으면서 全負荷特性, 回轉力特性, 溫度上昇, 振動, 騒音 等 制限條件에 들도록 E種 絶緣材料를 使用해서 設計해야 한다. 그러기 爲해서는 優秀한 磁氣特性의 硅素鋼板을 鐵心材料로 任定함과 同時에 홈의 크기, 形狀, 空隙 等 充分한 檢討를 해야 하며 鐵心 各節의 磁束密度와 穴内部에 들어가는 電線量과의 關係를 適當히 하고 最量 組合를 選擇하여 振動, 騒音은 減少시키도록 해야 한다.

固定子 捲線에 誘起되는 電壓은

$$E = \frac{\phi_r n N k_p C_w}{60 \times 10^8} \text{ volt/phase} \dots\dots\dots(1)$$

여기서 $CW = f_b f_d k_d$

f_b = 波形率로서 正弦波임으로 1.11

f_d = 磁束分布係數

k_d = 分布捲線係數

k_p = 短節係數

지금 $E = E_T \times 0.97$ 로 보면

1極當 全 磁束 ϕ 는

$$\phi = \frac{\phi_r \times f_d}{p} = \frac{E_T \times 0.97 \times 10^8}{0.22 N f k_p k_d}$$

出力은

$$h_p = \frac{EI m \times eff \times p F}{746}$$

여기에 (1)식의 E 와 $\phi_t = \pi D l_g B_g$

$ImNk_p = \pi DQ$ 를代入하면

$$h_p = \frac{\pi D l_g B_g \pi D Q n C_w \times eff \times pF}{4.54 \times 10^{11}}$$

$$\frac{D^2 l_g n}{h_p} = \frac{4.54 \times 10^{11}}{B_g Q C_w \times eff \times pF}$$

$$= \frac{4.54 \times 10^{11}}{B_g Q C_w \times 0.86 \times 0.88} = C \dots \dots (2)$$

여기서 $eff = 0.86$
 $pF = 0.88$

$B_g = 8200$
 $Q = 170$
 $C_w = 0.902$

로定하면

$$\frac{D^2 l_g n}{h_p} = \frac{4.54 \times 10^{11}}{8200 \times 170 \times 0.902 \times 0.86 \times 0.88}$$

$$D^2 l_g = 4.77 \times 10^5 \times \frac{5}{1800} = 1324$$

$l_g / \tau = 1.4$ 로하면

$$l_g / D = \frac{1.4 \times 3.14}{4} \rightarrow l_g = 1.1D$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{1324}{1.1}} = 10.63 \rightarrow D = 10.6(\text{cm}) \text{로 함}$$

$l_g = 1.1 \times 10.6 = 11.7 \rightarrow l_g = 12(\text{cm})$ 로 함

$B_g = 8,200$ 으로 假定하면

$$\phi = \frac{B_g \times A_g}{1.57} \text{에서}$$

$$A_g = \frac{10.6 \times 3.14 \times 12 \times 0.96}{4} = 96(\text{cm}^2)$$

그러므로

$$\phi = \frac{8200 \times 96}{1.57} = 500,000 \text{ (kilolines)}$$

Y結線으로 한 1相當 直列 導體數를 Z 라 하면

$$Z = \frac{123 \times 10^8}{2.22 \times 5 \times 10^5 \times 0.902 \times 60} = 205$$

Slot數를 36으로 한 1 Slot當 導體數를 N 라 하면

$$N = \frac{205 \times 3 \times 2}{36} = 34.2 \rightarrow 34 \text{로 한다.}$$

捲線係數를 求하자면

$$1 \text{相} 1 \text{極當 Slot數} = \frac{36}{3 \times 4} = 3$$

$k_d = 0.96$

捲線 pitch를 1~8로 하면

$k_p = 0.94$

$$\therefore k_w = 0.96 \times 0.94 = 0.902$$

Z 를 다시 求하면

$$Z = \frac{34 \times 36}{3 \times 2} = 204$$

ϕ 를 다시 求하면

$$\phi = \frac{127 \times 0.97 \times 10^8}{2.22 \times 204 \times 60 \times 0.902} = 502,000 \text{ (kilolines)}$$

負荷電流를 I_f 라 하면

$$I_f = \frac{5 \times 746}{127 \times 3 \times 0.86 \times 0.88} = 13(\text{A})$$

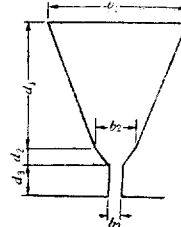
使用할 電線은, 電流密度를 $5\text{A}/\text{mm}^2$ 로 하면

$$\sigma_1 = \frac{13}{5} = 2.6(\text{mm}^2) = 1.3 \times 2$$

1.3 ϕ 電線의 斷面積이 $1,327\text{mm}^2$ 이므로

1.3 ϕ 電線(polyester enamel wire)을 使用한다.

왜냐하면 par-Y 結線이므로 2倉함



固定子 S10型 計算

$d_2 = 1.0$
 $d_3 = 0.5$
 $b_3 = 2.9$

로定하고 slot間 pitch를 Pt_1 라 하면

$$Pt_1 = \frac{10.6 \times 3.14}{36} = 0.925$$

固定子 磁束密度를 $15,000 \text{ gauss}$ 로 하면

$$At_1 = \frac{\phi}{Bt_1} \times 1.57 = \frac{502,000}{15,000} \times 1.57 = 525(\text{cm}^2)$$

固定子 幅을 t_1 라 하면

$$t_1 = \frac{52.5 \times 4}{36 \times 12 \times 0.96} = 0.506 \rightarrow 0.5(\text{cm}) \text{로 함}$$

$$b_2 = \frac{(10.6 + 0.3) \times 3.14}{36} - 0.5 = 0.45(\text{cm})$$

固定子 鐵心 磁束密度를 $12,000 \text{ gauss}$ 로 하면

$$Ac_1 = \frac{\phi}{Bc_1} = \frac{502,000}{12,000} = 41.8(\text{cm}^2)$$

固定子 鐵心幅을 C_1 라 하면

$$C_1 = \frac{41.8}{12 \times 0.96 \times 2} = 1.81(\text{cm}) \rightarrow 1.8(\text{cm}) \text{로 함}$$

$$\frac{D_0}{D} = 1.7 \text{로 하면 } D_0 = 1.7 \times 10.6 \approx 18 \text{에서}$$

$$d_1 = \frac{18 - (10.6 + 2 \times 0.15 + 2 \times 1.8)}{2} = 1.75(\text{cm})$$

$$b_1 = \frac{\{10.6 + 2(0.15 + 1.75)\} \times 3.14}{36} - 0.5 = 0.75(\text{cm})$$

slot space factor를 計算하면

$$S_f = \frac{1.41^2 \times 34}{108.3} \times 100 = 62.5(\%) \text{ (適當)}$$

$$\text{여기서 } As_1 = \frac{(4.5 + 7.5) \times 17.5}{2} + \frac{(2 + 4.5) \times 1}{2} = 108.3$$

固定子 磁束密度를 다시 計算하면

$$Bt_1 = \frac{502,000}{51.8} \times 1.57 = 15,200 \text{ (gauss)}$$

$$\text{여기서 } At_1 = 36/4 \times 0.5 \times 12 \times 0.96 = 51.8(\text{cm}^2)$$

固定子 鐵心の 磁束密度는

$$Bc_1 = \frac{502,000}{41.5} = 12,100 \text{ (gauss)}$$

$$\text{여기서 } Ac_1 = \frac{(18-14.4)}{2} \times 12 \times 0.96 \times 2 = 41.5 \text{ (cm}^2\text{)}$$

3. 回轉子 設計

Air-gap 은 經驗에 依해 0.3mm 로 한다.

回轉子 slot 型 計算

$$S_2 = 1.2 \times S_1 = 1.2 \times 3.6 = 43.2 \rightarrow 42 \text{ 로 한다}$$

全 固定子 銅斷面積을 S_{CS} 라 하면

$$S_{CS} = 204 \times 2 \times 3 \times 1,327 = 1,624 \text{ (mm}^2\text{)}$$

固定子 銅斷面積의 50%로 하면

$$S_{CR} = 0.5 \times 1,624 = 812$$

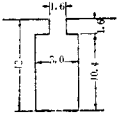
Al 을 銅代身 鑄造하면

$$S_{AR} = 812 \times 1.62 = 1,314$$

回轉子 bar 의 斷面積을 S_R 이라 하면

$$S_R = 1,314 / 42 = 31.3$$

回轉子 bar 의 幅을 3mm 로 하면 回轉子 bar 의 寬이
는 $31.3 \div 3 = 10.4$ 로 定한다.



S_{AR} 을 다시 計算하면

$$S_{AR} = 42 \times 3.0 \times 10.4 = 1,310$$

回轉子 치의 磁束密度를 Bt_2 라 하면 치

$$\text{幅 } t_{21} = \frac{106 - 2(0.3 + 1.6)}{42} \times 3.14 = 3.0$$

$$= 4.65 \text{ (mm)}$$

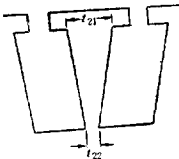
$$\text{치幅 } t_{22} = \frac{(106 - 2 \times 12.3) \times 3.14}{42} - 3.0 = 3.08 \text{ (mm)}$$

$$\text{平均 치幅} = 3.08 + \frac{(4.65 - 3.08)}{3} = 3.6 \text{ (mm)}$$

$$At_2 = 42 / 4 \times 0.36 \times 12 \times 0.96 = 436 \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$Bt_2 = \frac{502,000}{43.6} \times 1.57 = 18,100 \text{ (gauss)}$$

$$Bc_2 = \frac{5.02 \times 10^5}{12 \times 0.96 \times 4.54} = 9,600 \text{ (gauss)}$$



여기서 $\{10.54 - (2 \times 1.2 + 3.9)\} = 4.54$

$$B_g = \frac{502,000}{96} \times 1.57 = 8,220$$

$$Lt_1 = 1.9 \text{ (cm)}$$

$$\frac{1}{2} L_{C1} = \frac{16.2 \times \pi}{2 \times 4} = 6.35 \text{ (cm)}$$

$$L_{r2} = 1.9 \text{ (cm)}$$

$$\frac{1}{2} L_{C2} = \frac{5.87 \times \pi}{2 \times 4} = 2.3 \text{ (cm)}$$

$$g_e = 0.03 \times 1.354 = 0.04054$$

여기서

$$G_{F1} = \frac{(4.4 \times 0.3 + 0.75 \times 2.0) \times 9.22}{(4.4 \times 0.3 + 0.75 \times 2.0) \times 9.22 - 2^2} = 1.181$$

$$G_{F2} = \frac{(4.4 \times 0.3 + 0.75 \times 1.6) \times 7.85}{(4.4 \times 0.3 + 0.75 \times 1.6) \times 7.85 - (1.6)^2} = 1.142$$

$$GF = GF_1 + GF_2 = 1.354$$

Teeth 와 Coil 의 Ampere Turn 은

$$1.9 \times 6.3 = 12 \text{ (AT)}$$

$$6.35 \times 3.6 / 1.57 = 14.6 \text{ (AT)}$$

$$1.2 \times 30 = 36 \text{ (AT)}$$

$$2.3 \times 3.14 / 1.57 = 4.6 \text{ (AT)}$$

$$0.8 \times 0.04054 \times 8,220 = 267 \text{ (AT)}$$

全 AT = 334

$$I_m = \frac{2.22 \times 334 \times 4}{3 \times 204 \times 0.922} = 5.37$$

$$X_m = \frac{9.72}{5.37} \times \frac{123}{127} = 1.74$$

$$Gt_1 = 7.85 \times 51.6 \times 1.9 \times 4 = 3.08 \text{ (kg)}$$

$$Gc_1 = 7.85 \times 20.8 \times 6.35 \times 8 = 8.26 \text{ (kg)}$$

鐵損을 計算하면 (H30 0.5T 銅板)

$$3.08 \times 8.6 = 26.5 \text{ (watt)}$$

$$8.26 \times 5.6 = 46.3 \text{ (watt)}$$

$$\text{全 鐵損} = 2.5 \times (26.5 + 46.3) = 182 \text{ (watt)}$$

1 相當 固定子 홀 리악탄스

$$\frac{(612)^2 \times 60 \times 9.72}{10^8 \times 127} \times \frac{12.1 \times 0.871 \times 1.882 \times 2.64}{36} = 0.0172 \times 1.455 = 0.0250$$

1 相當 回轉子 홀 리악탄스

$$0.0172 \times \frac{12.1 \times 0.97 \times 1,932 \times 2.4}{42} = 0.0223$$

1 相當 固定子端結線 누설자속

$$0.0172 \times \frac{(1.266 + 0.5 \times 3.5) \times 0.97 \times 0.985}{4} = 0.0124$$

1 相當 回轉子端結線 누설자속

$$0.0172 \times \frac{3.14 \times 10.6 \times 1.661 \times 0.97 \times 0.69}{(1.7 \times 0.79 + 1.2 \times 1.86 + 1.43 \times 1.661) \times 16} = 0.0067$$

$$0.0172 \times \frac{100.2 \times 0.871 \times 4 \times 0.88}{36 \times (36 \times 42) \times 0.0464} = 0.0464$$

$$Q_{sk} = \frac{0.922 \times 180 \times 4}{3.14 \times 10.6} = 20.0$$

$$0.0095 \times 2,045 = 0.0194$$

$$\dot{X}_T = 0.1322$$

$$\dot{X}_1 = 0.0588$$

$$\dot{X}_2 = 0.1322 - 0.0588 = 0.0734$$

왜냐하면

$$K_1 = 0.632 + 1.25 = 1.882$$

$$K_u = \frac{0.5}{2.0} + \frac{4 \times 1.0}{3 \times 2.0 + 4.5} = 0.632$$

$$K_L = 0.32 \times 2 \times \frac{d_3}{b_2} = 0.322 \times \frac{17.5}{4.5} = 1.25$$

$$b_3/b_2 = \frac{7.5}{4.5} = 1.665$$

$$\therefore K_c = 0.22$$

$$K_2 = 1 + 0.932 = 1.932$$

$$K_u = \frac{d}{b} = \frac{1.6}{1.6} = 1$$

$$K_L = 0.334 \times \frac{d_2}{b_2} = 0.334 \times \frac{8.4}{3.0} = 0.932$$

$$b^3/b^2 = \frac{3.0}{3.0} = 1 \quad \therefore K_c = 0.334$$

$$k_{s1} = 0.871$$

$$K_u/K_L = 0.632/1.25 = 0.508$$

$$\% \text{ coil pitch} = \frac{8-1}{36/4} = \frac{7}{9} = 77.9(\%)$$

$$T_{p1} = 0.922, \quad T_{p2} = 0.785$$

$$\alpha = \frac{0.03}{1.707} = 0.01757$$

$$\beta = 2.5 \times \sqrt{0.07571} + 0.64 = 0.9715$$

$$A_T = 95 \times \frac{17 \times 2}{2} \times 0.707 \times [0.871 + 0.92 \times 0.94 + \frac{42}{36}] \\ \times \sqrt{\frac{123.8}{127}} = 2140$$

$$B_L = \frac{2140}{0.247 \times 0.03 \times 0.9715} = 2.98 \times 10^5$$

$$K_z = 51.5(\%)$$

$$C_{z1} = (7.85 - 1.6) \times 0.485 = 3.03$$

$$\Delta K_{u1} = \left(\frac{0.5 + 0.58 \times 1.0}{2.0} \right) \times \left(\frac{3.5}{3.5 + 1.5 \times 2.0} \right) \\ = 0.54 \times 0.538 = 0.291$$

$$K_{u1s} = 0.632 - 0.291 = 0.341$$

$$K_{1s} = 0.341 + 1.25 = 1.591$$

$$0.0250 \times \frac{1.591}{1.882} = 0.0211$$

$$\Delta K_{u2} = \frac{3.03}{3.03 + 1.6} = 0.655$$

$$K_{u2s} = 1.0 - 0.655 = 0.345$$

$$K_{2s} = 0.345 + 0.932 = 1.277$$

$$0.0223 \times \frac{1.277}{1.932} = 0.0147 \dots \text{回轉 Slot Reactance}$$

$$0.0124 \dots \text{起動時의 固定子 Coil end 의 Reactance}$$

$$0.0067 \dots \text{回轉子 } \dots \dots$$

$$0.0464 \times 0.515 = 0.0239 \dots \text{Zig zag Reactance}$$

$$\dot{X}_{Ts} = 0.0788$$

$$X_T = 0.1322 \times \frac{127}{9.72} = 1.73$$

$$X_1 = 0.0588 \times \frac{127}{9.72} = 0.769$$

$$X_2 = 0.0734 \times \frac{127}{9.72} = 0.961$$

$$r = \frac{(612 \times 0.902)^2 \times 21 \times 9.72}{3 \times 127 \times 10^5} \times \left(\frac{12}{31.2 \times 0.5 \times 42} + \frac{2 \times 8.34}{1.14 \times 16 \times 0.5 \times 126} \right)$$

$$= 1.63 \times (0.0183 + 0.0053) = 0.0385$$

$$r^2 = 0.0385 \times \frac{127}{9.72} = 0.503$$

$$r_{2st} = 0.9 \times 0.0385 = 0.0346$$

$$r_{175^\circ C} = 0.021 \times \frac{204 \times 25}{100 \times 2.654} = 0.403$$

$$r_1 = 0.403 \times \frac{9.72}{127} = 0.0308$$

$$T_p = \frac{106 \times 3.14}{4} = 8.3$$

$$M_{CL} = 1.4 \times 8.3 \times \frac{7}{9} + 4 + 12.0 = 25(\text{cm})$$

$$Z_{st} = \sqrt{(0.0308 + 0.0385)^2 + (0.0788)^2} = 0.105$$

$$I_{st} = \frac{9.72}{0.105} = 92.5(\text{A})$$

$$\% \text{ Saturation} = \frac{0.0788}{0.1322} \times 100 = 59.6(\%)$$

$$\text{mechanical loss} = 3,700 \times 0.02 = 74(\text{watt})$$

End Ring 斷面積을 Ser 이라 하면

$$\text{Ser} = \frac{0.32 \times 1,310}{4} \times 1.2 = 126$$

幅을 6 mm 로 하면 길이는 21 mm

$$\frac{r_2}{s} = \frac{0.503}{0.048} = 10.5$$

$$Z_2 = 10.5 + j 0.961 = |10.51|$$

$$Y_2 = 0.0951 - j 0.00873 = |0.0952|$$

$$b_m = \frac{1}{1.74} \times \frac{9.72}{127} = 0.044$$

$$g_m = \frac{182}{3 \times (123)^2} = 0.004$$

$$Y = (0.0951 + 0.00401) - j(0.00873 + j 0.044) \\ = 0.09911 - j 0.05273 = |0.1115|$$

$$Z = 7.97 + j 4.24 = |8.97|$$

$$Z_1 = (7.97 + 0.403) + j(4.24 - j 0.769) \\ = 8.373 + j 5.01 = |9.75|$$

$$I_1 = \frac{127}{9.75} = 13.03$$

$$I_2 = 13.03 \times \frac{8.97}{|0.51|} = 11.1$$

$$P = 3 \times 0.952 \times (11.1)^2 \times 10.5 = 3,700(\text{watt})$$

$$P_0 = 3,700 - 74 = 3626$$

$$3I_1^2 r_1 = 3 \times 13.03^2 \times 0.403 = 205$$

$$3I_2^2 r_2 = 3 \times 11.1^2 \times 0.503 = 186$$

$$\text{Total loss} = 182 + 186 + 205 + 74 = 647$$

$$\text{Input} = 3626 + 647 = 4273$$

$$\text{eff} = \frac{3626}{4273} = 85(\%)$$

$$P.F. = \frac{8.373}{9.75} \times 100 = 86(\%)$$

$$\text{r.p.m.} = 0.952 \times 1800 = 1712$$

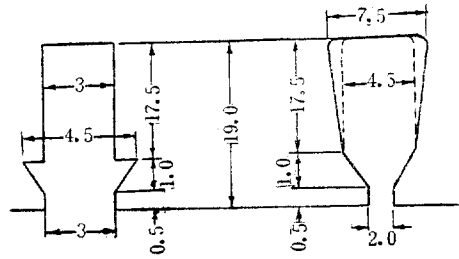
$$T_{FL} = \frac{3626 \times 0.976}{1,712} = 2.07[\text{kg-m}]$$

$$\% T_{st} = \frac{0.0346}{(0.105)^2} \times 0.952 \times 100 = 298(\%)$$

E種 絶縁 三相 誘導電動機의 設計票

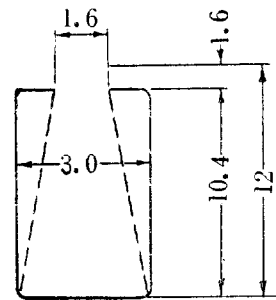
出力 3.7kw 極數
電壓 200/220V 周波數 50/60/60c/s

固 定 子	卷	線	
	外	徑	180
	內	徑	106
	積	重	120
	鐵	心 材 質	KT-1 0.5t
	鐵	心 材 重 量	32 kg
	홈	(溝) 數	36
	導	線 種 類	PEW 1.3φ
	每	溝 線 數	17
	홈	pitch	1~8
	銅	線 重 量	3.78kg
	結	線 法	Y ²
回	路	2	
	Lead 線		
	Coil 線	길이 45 以下	

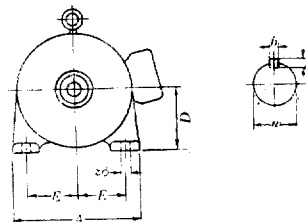
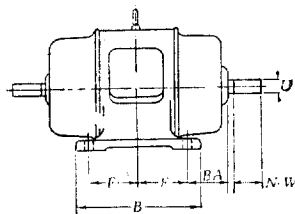


回 轉 子	空	隙	0.3
	外	徑	105.4
	內	徑	36
	홈	(溝) 數	42
	外 型		
	bar		3×8.4
	길	이	120
	材	質	Al
	重	量	0.358kg
	Ring		6×21
材	質	Al	
重	量	0.213kg	

홈(溝)의크기



外 型



A(最大)	B(最大)	D	E	F	BA	Zφ	키치수 b×h×l	Lφ	N-W
229	190	114	-0.5	95	70	11	7×7×40	28	51.4 60