

코아레스 모우터

李 根 喆*

차례

1. 序 言
2. 코아레스 모우터의 構造
3. 捲線方法
 - 3.1 디스크形 電機子
 - 3.2 실린더形 電機子
4. 코아레스 모우터의 特性
 - 4.1 모우터의 토크-速度 및 電流特性
 - 4.2 各 定數를 求하는 方法
5. 코아레스 모우터의 選擇法
 - 5.1 t_1 의 區間에 있어서 立上時
 - 5.2 t_2 區間에 대하여
6. 코아레스 모우터의 用途

1. 序 言

現在 小形 直流모우터는 音響機器, 事務機器, 카메라, 自動制御機器 및 其他 小形 機器에 廣範圍하게 使用되고 있다.

從來의 直流모우터는 整流子和 브러시가 있어서 壽命에 制限을 받는것이 缺點이었으며 本來의 特徵인 小形, 高効率, 高토크, 制御성의 良好 및 低廉한 價格에도 不拘하고 信賴성이 높은 分野에는 使用되는 일이 적었다.

그러나 브러시와 整流子로 因하여 壽命과 電氣的 雜音에 障害를 주고있는데 이것은 電機子捲線의 인덕턴스가 原因이 되고있다. 電機子の 인덕턴스를 低下시키면 이들의 障害는 除去할수 있으며 信賴性도 크게 증가된다.

인덕턴스를 크게 低下시키기 위하여는 回轉部(電機子)에 鐵心을 갖지않는 電機子捲線만으로 回轉시키면 良好하다.

코아레스·모우터의 電機子製作法에 대하여는 몇 가지의 方法이 實用化되어 製品되고 있으며, 어느것이나 自己融着線, 高耐熱皮膜電線, 平角線 및 高耐熱에폭시

樹脂 등 새로운 材料의-開發에 큰 役割을 하고있다.

또한 코일만으로 構成된 電機子の 機械的, 熱的 強度를 이들의 새로운 材料에서 얻은 것은 超小形의 코아레스 모우터나 高出力の 코아레스 모우터를 可能하게 하였으며 漸次 應用分野가 擴大되리라고 생각된다.

表 1. 코아레스 모우터의 特徵

- (1) 電機子인덕턴스가 적다.
- (2) 整流성이 良好하다.
- (3) 長壽命이다.
- (4) 電氣雜音이 적다.
- (5) 鐵損이 없다(히스테리시스損 渦電流損)
- (6) 効率が 良好하다.
- (7) 토크 코깅이 없다.
- (8) W.F 特性이 良好하다
- (9) 交番磁界의 變動部分이 없고 漏洩磁束의 脈動이 없다.
- (10) 貴性모우멘트가 적다.
- (11) 機械的 時定數가 적다.
- (12) 電氣的 時定數 및 電機子反作用이 적다.
- (13) 토크와 電流의 直線성이 良好하다.
- (14) 回轉子에 대한 磁氣吸引力이 없다.
- (15) 冷却이 良好하며 過電流에 견딜수 있다.
- (16) 積層鐵心을 必要하지 않는다.

小形 모우터의 用途는 특히 音響, 自動制御機器, 事務機器 등이나 應答性, 回轉과 토크의 不均一, 電氣雜音, 機械的 騒音의 面에서 볼때 코아레스, 모우터가 原理的으로 優秀하다.

또한 最近 電子技術의 發達로서 電源은 交流에서도 얻을 수 있으며 線形 IC의 發達は 直流모우터를 한층 制御하기 쉽게 하였고 파워드랜지스터와 파워 IC은 大形 直流모우터를 簡單히 制御할 수 있게 하였다.

2. 코아레스 모우터의 構造

코아레스. 모우터를 構造上 分類하면 다음과 같다.

* 正會員 : KORSTIC 技術部長

코아레스 모터 { 디스크(圓板)電機子形—그림 1.
 실린더(圓筒)電機子形 { 內部磁石形—그림 2, 3
 外部磁石形—그림 4.

디스크電機子是 扁平形 直流모터(一般的으로 팬케이크 모터 또는 프린트 모터라고 부른다)에 사용하여 薄形의 모터를 實現할 수 있다.

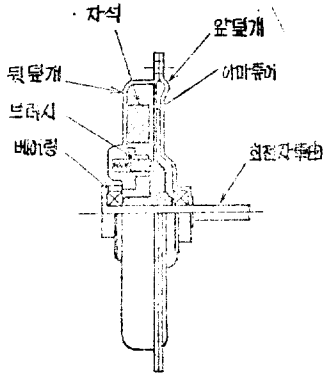


그림 1. 디스크(圓板)電機子形 코아레스 모터

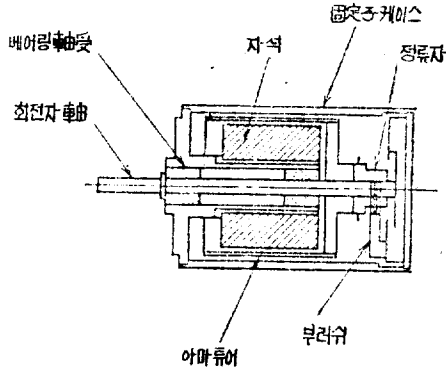


그림 2. 실린더(圓筒)電機子形(內部磁石形)코아레스 모터

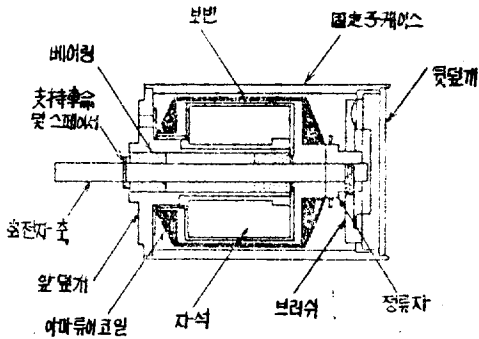


그림 3. 실린더(圓筒)電機子形(外部磁石形)코아레스 모터

실린더電機子中에서 内部磁石形은 數와트以下の 코아레스. 모터에, 外部磁石形은 空隙 磁束密度를 매우 높게 할 수 있어서 數와트에서 數百와트까지의 高速應答을 要求하는데 使用할 수 있다.

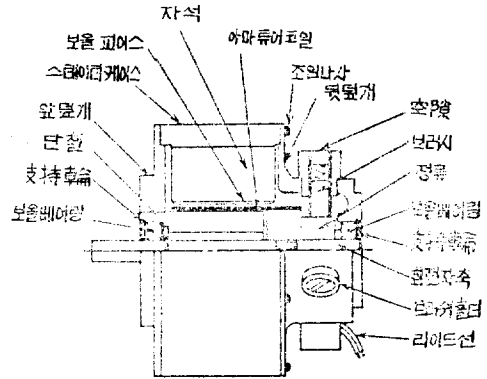


그림 4. 실린더(圓筒)電機子形(內部磁石形)코아레스 모터

3. 捲線方法

코아레스 모터는 原理의으로 有鐵心形 直流모터와 同一하며 捲線은 重捲과 波捲도 할 수 있다.

3.1 디스크形 電機子

디스크形 電機子是 프린트配線 또는 打抜에 의한 것과 에나멜線으로 重捲하고 플라스틱으로 成形 固定하여 디스크 狀으로 仕上한 것이었다.

3.2 실린더形 電機子

실린더形 電機子是 原理의으로 그림 5의 (a)~(h)로 生覺되며 (c), (e), (f), (g)는 片端이 OPEN 狀態에서 컵形 電機子を 製作할 수 있으므로 모터構造는 그림 2와 같이 되며 完全한 自動捲線이 可能하다.

그림 5 (b)의 捲線構造는 兩端이 閉鎖되어 있으므로 모터의 構造는 그림 3과 같이 되며 構造도 完全自動 捲線이 可能하다.

또한 그림 5 (a), (d)의 捲線은 實際로 (h)와 같은 捲線構造가 一般的으로 그림 4와 같은 外部磁石形에 많이 使用된다.

電機子捲線의 固定에는 그림 5 (b), (c), (e), (f), (g)와 같이 導體上에 絶緣皮膜을 燒附하고 이 위에 特殊한 融着塗料를 燒附한 自己融着에나멜線을 使用한 것으로서 加熱 또는 溶劑로서 接着하면서 捲線을 自動的으로 行하는 方法이다.

그림 5 (h)는 主로 高出力의 코아레스 모터에 使用되므로 機械的 強度와 耐熱性이 要求되는 코일의 固定法이 매우 重要하며 電線은 絶緣層에 폴리에틸렌

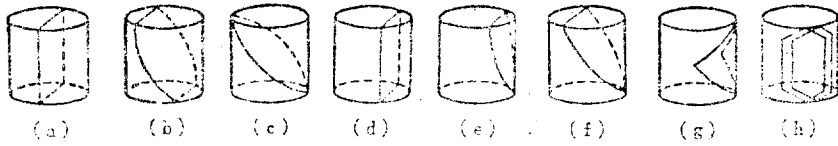


그림 5. 실린더形 電機子의 原理圖

티에스틸이리드, 폴리아미드이미드 및 폴리이미 등을 사용하여 自己融着層으로 固定한 後 高耐熱에 適시 樹脂로서 接着 固定시킨다. 固定시키기 위하여는 유리布를 사용하는 경우가 있다.

4. 코아레스 모우터의 特性

코아레스. 모우터의 發生토크는 플레밍의 左手法則에 따라서 磁界中에 놓인 導體에 電流가 흐를 경우 發生하는 電磁力的 合計가 되며 電機子인덕턴스가 매우 적으므로 電機子反作用이 없고 計算値와 實際 特性이 一致하고 있다.

4.1 모우터의 토크-速度 및 電流特性

모우터의 토크-速度, 토크-電流特性은 다음式으로 表示된다.

$$V = R_a I_a + K_B \cdot W \tag{1}$$

$$T_f = K_T I_a \tag{2}$$

$$T_f = T_0 + T_f + T_D \tag{3}$$

$$T_D = D \cdot W \tag{4}$$

(1), (2), (3) (4)式에 의하여

$$\omega = \frac{1}{(D + \frac{K_B R_T}{R_a})} \left\{ \frac{K_T}{R_a} V - (T_f + T_0) \right\} \tag{5}$$

$$I_a = \frac{V}{R_a} - \frac{K_B}{R_a} \cdot \frac{1}{(D + \frac{K_B R_T}{R_a})} \left\{ \frac{K_T}{R_a} V - (T_f + T_0) \right\} \tag{6}$$

(5), (6)式으로부터 $\omega - T_0$, $I_a - T_0$ 의 關係는 直線이 되며, $\pi=0$ 인 경우 ω_0 , I_{a0} 가 無負荷回轉과 無負荷電流를 表示하고 (5)式에서 $\omega=0$ 인 경우 T_0 가 停動토크 T_0 , (6)式의 第2項을 零으로한 I_a 가 停動電流 I_a 가 된다. 그림 6은 토크-速度, 電流의 曲線例을 表示한다.

4.2 各 定數求하는 方法

(a) 토크定數 $K_T: (N-m/A)$

單位電流를 모우터에 흘릴 때 發生하는 토크로서 모우터에 任意 電壓을 印加하여 回轉시키고 外部에서 토크를 加하여 各 토크에 對한 流入電流를 測定한 바 그림 7 (a)와 같은 토크-電流特性을 表示하였다 여기서 토크-電流特性의 傾斜 $\Delta T / \Delta I$ 을 토크定數라고 한다.

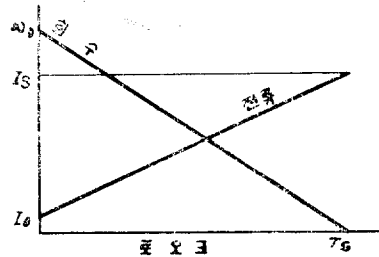


그림 6. 코아레스 모우터의 토크-速度, 電流特性

$$K_T (N-m/A) = \frac{\Delta T (N-m)}{\Delta I (A)} \tag{7}$$

(b) 誘起電壓定數 $K_B: (V/rad/S)$

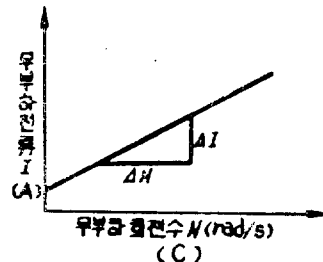
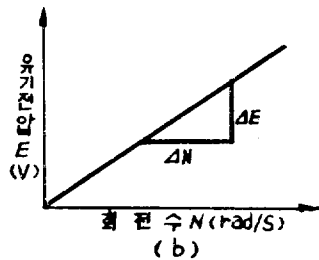
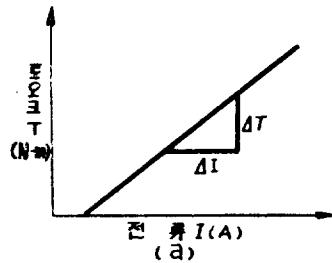


그림 7. 코아레스 모우터의 回轉數-誘起電壓特性

單位回轉數에 대한 內部誘起電壓으로서 모우터를 外部에서 回轉시키고 任意 回轉數에 대한 모우터의 出力電壓을 內部임피던스의 電壓計로서 測定한바 그림 7 (b)와 같은 回轉數-誘起電壓特性을 얻었다. 本 特性의 傾斜 $\Delta E/\Delta N$ 을 誘起電壓定數라고 한다.

$$K_E(V/\text{rad/S}) = \frac{\Delta E(V)}{\Delta N(\text{rad/S})} \quad (8)$$

(c) 粘性係數 D : $(N-m/\text{rad/S})$

모우터의 回轉數에 比例하는 負荷를 表示하며 모우터에 任意的 電壓을 印加할 경우 電壓을 可變하여 無負荷回轉數와 無負荷電流를 測定하였으며 다음式으로부터 求했다. (그림 7 (c) 參照)

또한 粘性토크 $T_D = D \cdot W$ ($N-m$)이다.

$$D = \frac{\Delta I}{\Delta N} \times K_T (N-m/\text{rad/S}) \quad (9)$$

(d) 電機子抵抗 R_a : (Ω)

모우터를 外部 모우터로서 約 30rpm回轉시키고 또한 電壓을 零에서부터 서서히 增加시켜 流入電流가 定格値의 1/4 程度까지 여러번 測定한다.

이 경우 모우터兩端의 電壓을 測定하고 V/I 에서 抵抗을 算出한다. 다음에 電源電壓의 極性을 逆으로하여 同一한 測定을 行하고 抵抗을 算出한다.

(e) 電氣의 時定數 τ_e : (S)

電氣의 定數는 電機子電流의 過渡應答速度를 나타내는 것으로서 다음式으로 表示된다.

$$\tau_e = \frac{L_a}{R_a} (S) \quad (10)$$

R_a : 電機子抵抗(Ω), L_a : 電機子인덕턴스

(f) 機械의 定數 τ_m : (S)

機械의 時定數는 電機子의 機械的 過渡應答을 表示하며 다음式으로 나타낸다.

$$\tau_m = \frac{R_a J_m}{K_E K_T} (S) \quad (11)$$

J_m : 電機子慣性모멘트(kg-m^2)

(g) 磨擦負荷토크 T_f : ($N-m$)

모우터軸에 外部로부터 토크를 加하고 軸이回轉하기 始作할 때의 토크를 말한다.

5. 코아레스 모우터의 選擇法

코아레스 모우터를 使用하는 경우 動作點이 모우터의 絕對定格을 超過하지 않는 範圍에서 熱的으로 安全한 動作領域內에 있을 것이 必要하다.

最近 動作모우드로서 使用되는 일이 매우 많으므로 모우터의 選擇基礎가 되는 特性을 보면 다음과 같다.

5.1 t_1 의 區間에 있어서 立上時(그림 8參照)

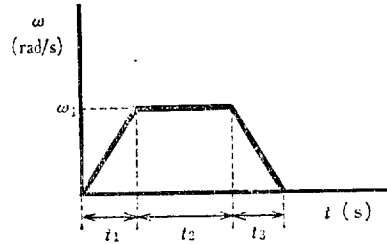


그림 8. 코아레스 모우터의 動作모우드

立上時 그림 9(a)의 모우터等價回路에서 (12)式으로 表示되는 運動方式이 成立한다.

$$\left. \begin{aligned} V &= R_a I_a + E_e \\ J \frac{dW}{dt} &= K_T I_a - D \cdot W - T_f - T_L \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

初期狀態에서는 모우터가 停止하고 있으므로

$$W = \frac{1}{\alpha} \left\{ \frac{K_T}{R_a} V - (T_f + T_L) \right\} (1 - e^{-t/\tau_e}) \text{ (rad/S)} \quad (13)$$

$$\alpha = D + \frac{K_E K_T}{R_a}, \quad J = J_m + J_L$$

이 된다.

(a) t_1 (S)에서 모우터의 角速度 $W = W_1$ 으로 하기 위하여 印加해야 할 電源電壓 V_1 은 (13) 式에서

$$V_1 = \left\{ \frac{\alpha W_1}{(1 - e^{-t_1/\tau_e})} + (T_f + T_L) \right\} \frac{R_a}{K_T} (V) \quad (14)$$

(b) 印加電壓이 V_2 일 때 모우터의 角速度 $W = W_1$ 이 되기위한 時間을 t_1' 로 하면

$$t_1' = \frac{J}{\alpha} \log_e \left\{ \frac{\left\{ \frac{K_T}{R_a} V_2 - (T_f + T_L) \right\}}{\left\{ \frac{K_T}{R_a} V_2 - (T_f + T_L) - \alpha W_1 \right\}} \right\} (S) \quad (15)$$

(c) 印加電壓이 V 인 경우 t (S)後에 모우터가 到達하는 角速度 W 는 (13)式에서 求한다.

5.2 t_2 區間에 대하여

t_2 區間에 있어서 모우터가 W_1 으로 回轉하는 中 電源遮斷과 同時에 그림 9 (b)와 같이 모우터端子間을 外部抵抗 R 로서 短絡하여 制動을 거는 경우 運動方程式은 (17)式으로 表示된다.

$$\left. \begin{aligned} 0 &= (R_a + R) I_a + K_E \cdot W \\ J \frac{dW}{dt} &= K_T I_a - D \cdot W - T_f - T_L \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

初期狀態에서 모우터의 角速度 W 는 W_1 으로 回轉하므로 이 경우 W 는

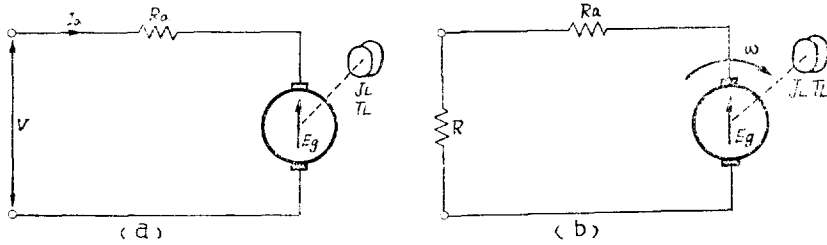


그림 9. 코아레스 모터의 等價回路

$$W = -\frac{(T_f + T_L)}{\alpha_s} + \left\{ W_1 + \frac{(T_f + T_L)}{\alpha_s} e^{-\frac{\alpha_s}{J} t} \right\} \quad (18)$$

(rad/S)

$$\alpha_s = D + \left(\frac{K_E K_T}{R_a + R} \right), \quad J = J_M + J_L$$

$W=0$ 即 모터가 停止할 때 까지의 時間 t_3 은 (18) 式에서

$$t_3 = \frac{J}{\alpha_s} \log_e \left\{ \frac{W_1 + \frac{(T_f + T_L)}{\alpha_s}}{\frac{(T_f + T_L)}{\alpha_s}} \right\} \quad (19)$$

(S)

이 된다.

其他 外部에서 逆電壓을 印加하여 制動을 걸 경우는 省略한다.

以上과 같이 增分的 動作에서는 주어진 모터定數에서 立上과 立下에 要하는 時間, 印加電壓을 求하여 모터를 選擇할 必要가 있다.

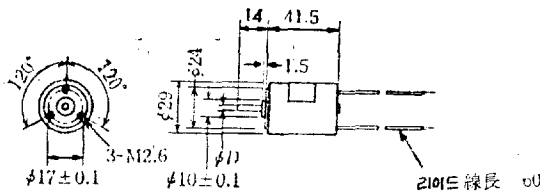
6. 코아레스 모터의 用途

一般的으로 小形은 回轉이 平滑하고 效率이 良好하므로 테이프레코오더, 카세트레코오더, VTR, 비데오 디스크, 8mm카메라, TV카메라, 醫療器, 記錄計, 調節計, 펜레코오더, xy레코오더, xy플로터, 플르피디스크, 카아드리더, 프린터 및 自動計量器등에 使用된다.

또한 比較的 大形(數+와트~數百와트)의 것은 應答이 매우 빠르므로 增分動作을 行하는데 많이 使用된다 以外에 펄스모터로서 追從할 수 없는 分野에 特別利用되며, 시리즈프린터, 라인프린터, 磁氣디스크, 카아드리더, 紙테이프리더, 카아드펀치, 타이프라이터, 팩시밀리, 데이터레코오더, 金錢登錄機, 電子寫植機, 自動熔接機, 工業로봇 및 工作機械 등에 使用되고 있다.

〈附錄〉日本 Sewo社 코아레스 모터의 性能例를 表 2, 3, 4, 5에 表示하였다.

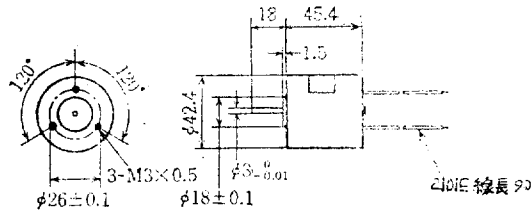
表 2. DL 30S 시리즈의 性能表



形 式	ϕ_D
DL30S-001	$\phi 3_{-0.01}^0$
DL30S-002	$\phi 3_{-0.02}^{-0.01}$
DL30S-003	$\phi 3_{-0.02}^{-0.01}$
DL30S-004	$\phi 3_{-0.02}^{-0.01}$
DL30S-005	$\phi 3_{-0.02}^{-0.01}$

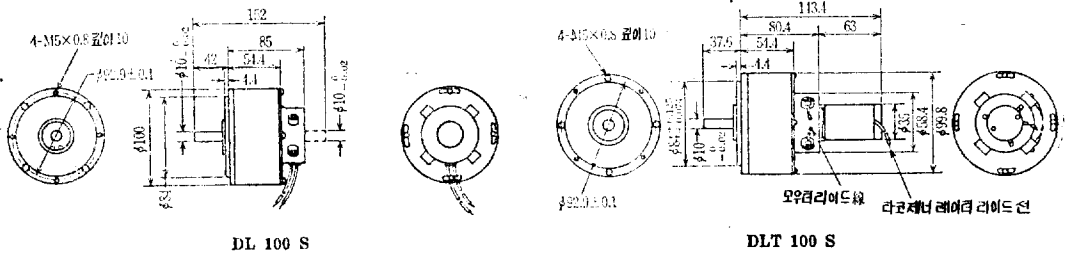
仕樣項目 形 式	定 格		使用電 無負荷		停 動 直 流		인 력 慣 性		重 量	壽 命				
	電 壓 (V)	토크 (g-cm)	電 流 (A)	回轉數 (rpm)	電 流 (A)	回轉數 (rpm)	토크 (g-cm)	抵 抗 (Ω)			턴스 (mH)	回轉方向		
DL 30 S-001	12	50	0.26	4450	0~12	0.024	5250	330	7.2	0.9	10	CW,CCW	100	2000
DL 30 S-002	12	50	0.26	4450	0~12	0.024	5250	330	7.2	0.9	10	CW,CCW	100	2000
DL 30 S-003	12	30	0.10	2830	0~12	0.012	3300	210	18	2.2	10	CW,CCW	100	2000
DL 30 S-004	24	50	0.13	4450	0~24	0.012	5250	330	28	3.6	10	CW,CCW	100	2000
DL 30 S-005	24	30	0.05	2830	0~24	0.006	3300	210	72	8.8	10	CW,CCW	100	2000

表 3. DL-40S시리즈의 性能表



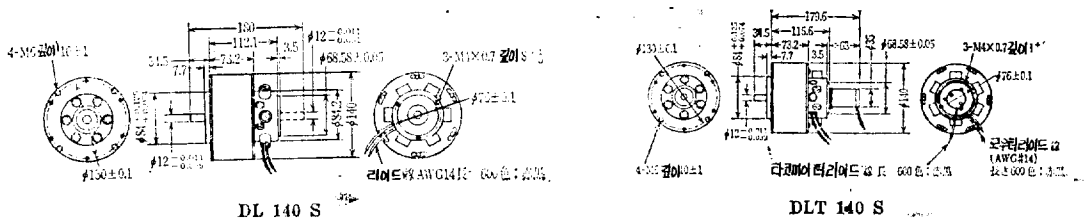
仕樣項目 形式	定 格		使用電 無負荷		停 動 直 流		인덕 慣 性		問 轉 方 向		重 量 (g)	壽 命 (H)
	電 壓 (V)	토크 (g-cm)	電 流 (A)	回轉數 (rpm)	電 流 (A)	回轉數 (rpm)	토크 (g-cm)	抵 抗 (Ω)	인덕 (mH)	慣 性 (g-cm ²)		
DL 40 S-001	12	100	0.4	2700	0~12	0.05 3150	550	22	0.95	42	CW, CCW	230 2000
DL 40 S-002	24	100	0.2	2700	0~24	0.025 3150	550	55	3.8	42	CW, CCW	230 2000

表 4. DL(T)100S의 性能表



仕樣項目 形式	토크誘起電 定 數 壓定數		抵 抗 (Ω)	인덕 慣 性 (mH)(g-cm ²)	瞬 時 定 格		電 氣 機 械 的 時 定 數		重 量 (g)	壽 命 (H)			
	(kg-c m/A)	(mV/rpm)			最 大 回轉數 (rpm)	最 大 回轉數 (rpm)	最 大 回轉數 (rpm)	最 大 回轉數 (rpm)			(ms)	(ms)	
DL (T) 100S	0.84	8.6	3.5	0.4	40	25	8000	3.3	4000	0.13	2.1	CW, CCW	2300 2000

表 5. DL(T) 140S, TGC의 性能表



仕樣項目 形式	토크誘起電 定 數 壓定數		抵 抗 (Ω)	인덕 慣 性 (mH)(g-cm ²)	瞬 時 定 格		電 氣 機 械 的 時 定 數		重 量 (g)	壽 命 (H)			
	(kg-c m/A)	(mV/rpm)			最 大 回轉數 (rpm)	最 大 回轉數 (rpm)	最 大 回轉數 (rpm)	最 大 回轉數 (rpm)			(ms)	(ms)	
DL (T)140 S	1.35	13.9	0.65	0.2	706	100	4000	12.7	2000	0.26	2.85	CW, CCW	7000 2000

仕樣項目 形式	出 力 電 壓 (mV/rpm)	抵 抗 (Ω)	인덕 慣 性 (mH)	直 線 性 (%)	리 플 (%)	溫 度 係 數 (%/°C)	回 轉 數 範 圍 (rpm)	慣 性 (g-cm ²)	靜 摩 擦 力 矩 (g-cm)	重 量 (g)
	TGC	3.0	160	7	±1	1.5	-0.01	6000	4.94	18