

負荷特性에 맞는 電動機 選定方法

定 토크 負荷에 맞는 電動機

金 善 慶 譯

電動機는 一般 産業用으로서 여러 분야에서 사용되고 그 用途가 다양하다. 이를 사용하는 데는 電動機 特性을 파악, 負荷特性에 맞는 적절한 電動機를 선정하여 電動機의 능력을 충분히 활용하는 것이 電力節減, 設備의 효과적 이용이라는 점에서 중요한 문제라 생각한다.

여기서는 負荷 토크가 속도에 대하여 일정한 負荷(예를 들면 컨베이어, 捲揚機, 工作機 등)에 요구되는 電動機의 토크 特性에 대하여 기술함과 함께 連續使用, 短時間使用, 反復使用 등의 각 운전패턴에 대하여 標準電動機를 어떻게 적용시키는가에 대하여 기술한다.

負荷의 종류와 같이 電動機의 종류도 다양하나 여기서는 견고하고 신뢰성이 높으며 保守가 간단하여 가장 많이 쓰이는 三相籠形誘導電動機를 대상으로 하여 기술하기로 한다.

1. 負荷特性의 주된 종류

일반적으로 速度에 대한 負荷 토크 特性은 표 1과 같이 분류된다. 電動機의 치수는 토크와 冷却方式으로 결정되는 것으로 기준속도에서의

出力 또는 토크가 주어졌을 때 電動機의 치수는 표의 윗부분에 기재된 것부터 순차적으로 작아진다.

이 項의 본 취지인 定 토크 負荷의 대표적인 용도를 다음에 열거한다.

- (i) 搬送用: 台車驅動, 컨베이어, 크레인의 橫行·走行 등
- (ii) 捲揚用: 엘리베이터, 크레인, 호이스트, 체인블럭 등
- (iii) 기타: 각종 工作機械의 이송, 피더 등

2. 電動機의 토크 特性

籠形三相誘導電動機의 속도 토크 特性은 일반적으로 그림 1과 같은 모양을 하고 있으며, 세 가지의 부분으로 大別된다.

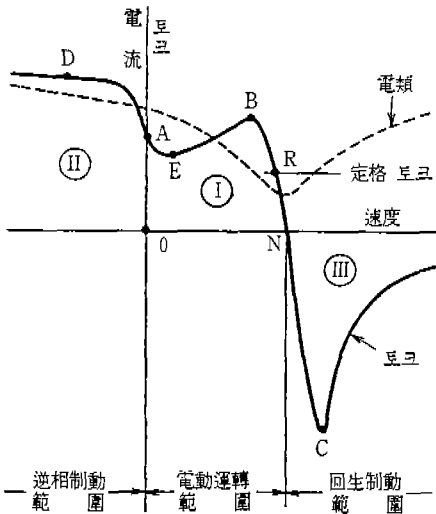
가. 電動運轉範圍

이 부분이 電動機로서 機械를 움직이는 데 이용된다.

A點은 기동 토크라 불리는데, 靜止하여 있는 機械를 움직이기 시작하는 토크로, 공업규격에

<표 1> 負荷特性的 주된 種類

區分	負荷特性	電動機의 치수	通用例
定出力			工 作 機 械 捲 取 機 베리어로터리레이스
遞減 토크		基準速度에서의 出力 또는 토크가 주어졌을 때 電動機의 크기는 本表의 上記 記載한 것부터 순차적으로 작아진다.	
定토크			卷 揚 機 攪 拌 機 컨베이어, 木工機 시멘트 키툐서 퀵린 더믹서 피더 工 作 機 械
遞減 出力			펌 風 프 送 風 機 다이아메이킹머신



<그림 1> 三相籠形誘導電動機의 토크 特性

서 표 2와 같이 분류되고 있다.

B點은 최대 토크라 부르며 定格 토크의 160% 이상이라고 규정되어 있다.

E點은 최소 토크라 부르며 기동 토크에서 최대 토크까지의 최소치이다. 공업규격에는 특별히 규정되어 있지 않으나 NEMA에서는 표 3과 같이 규정되어 있다.

R點은 정격 토크라고 하며 電動機에 負荷를 연결하여 連續運轉할 때의 토크로서 電動機를 無負荷로 돌렸을 때의 속도는 N點이 되어 同期 速度와 거의 같아진다.

<표 2> 起動 토크에 의한 三相誘導電動機의 分類

形 式	起動 토크	定格出力
普通籠形	125% 以上	3.7kW 以下
特殊籠形 1種	100% 以上	5.5kW 以上
特殊籠形 2種	150% 以上	5.5kW 以上
高起動토크形	200% 以上	-
高抵抗籠形	200% 以上	7.5kW 以下
捲線形	起動抵抗에 의하여 可變	-

<표 3> 最小 토크에 關한 NEMA 規格

起動 토크	最小 토크
110% 以下	起動 토크×0.9 以上
110~145%	100% 以上
145% 以上	起動 토크×0.7 以上

나. 逆相制動範圍

이 부분은 電動機를 電動運轉할 때 三相電源中 2線을 바꾸어 회전방향을 거꾸로 하고자 할 때 생기는 토크로 이 토크 값은 일반적으로 電動機 運轉範圍 최대 토크의 1.2배 정도이다. 이 토크가 소위 브레이크토크로 制動 토크로서 작용해 가장 간단한 電氣制動方式으로 쓰이고 있다. 이때 스위치를 갑자기 조작하면 순간적으로 D點의 토크보다 매우 큰 토크가 발생할 때가 있으므로 주의할 필요가 있다. 이는 電動機의 殘留電氣에 의한 것으로 이를 피하기 위해서는 타이머 등을 사용하여 轉換時間 0.1초 이상의 시간차를 두면 좋다.

다. 回生制動範圍

이 부분은 電動機가 機械로부터 動力을 받아 同期速度 以上으로 돌려져 發電機로 동작하였을 때 발생하는 토크로서 예를 들면 荷役機械의 捲下時 및 極數變換電動機를 高速에서 低速으로 轉換할 필요가 있는 용도에는 負荷側의 機械的 強度를 충분히 고려할 필요가 있다.

또 捲下時에는 電動機의 速度가 同期速度 以上일 때가 있기 때문에 回轉子의 機械的 強度는 同期速度의 120% 이상으로 고려되어야 한다.

3. 定 토크에 맞는 電動機의 토크 特性

定 토크 負荷를 운전하는데 적합한 電動機 토크 形狀은 토크커브가 패이지 않고 속도에 따르지 않고 항상 一定한 加速 토크를 유지하는 모양이다. 그러나 보통 籠形의 三相誘導電動機는 일반적으로 그림 1에 표시한 바와 같이 토크커브에 약간의 패임이 있다. 다음에 定 토크 負荷를 운전하는데 필요한 電動機의 토크에 대하여 기술한다.

공업규격에는 “定格周波數에서는 端子電壓이 定格値의 ±10%에 걸쳐 변화하더라도 定格出力과 같은 負荷로 사용했을 때 실용상 지장이 있으면 안된다”라고 되어 있다.

電動機가 발생할 수 있는 토크는 端子電壓의 약 2층에 비례하므로 端子電壓이 10% 떨어지면 토크는 약 20% 떨어지게 된다.

따라서 定 토크 負荷에 사용하는 電動機는 여유가 있는 加速 토크가 없으면 加速時間이 길어지든가 加速不能하게 되는 등 불의의 트러블이 발생할 때가 있다. 이를 방지하기 위하여도 電源容量에는 여유를 주고 電動機의 配線은 케이블 사이즈가 큰 것을 사용하는 등 배려할 필요가 있다.

일반적으로 電動機의 최소 토크는 150% 이상이 필요하다. 4極 이상의 標準電動機의 최소 토크는 150% 이상이라고 생각하여도 좋으나 2極機種에서는 일반적으로 팬·블로어 등의 체감 토크 特性의 용도를 대상으로 하기 때문에 일부에 150% 이하의 것도 있어 電源電壓의 변동이 클 때에는 주의할 필요가 있다.

또 電動機의 발생 토크가 떨어지면 負荷 GD^2 이 클 때는 起動時 損失이 커져 電動機의 온도 상승에 미치는 영향이 크고 스테이터 코일의 燒損, 熱應力에 의한 로터바의 끊어짐 등이 발생할 우려도 있어 사전에 충분히 검토하여 둘 필요가 있다.

電動機에는 起動에 지장이 없는 최대 負荷 GD^2 이 있고 그것을 許容負荷 GD^2 이라 부른

다. 許容負荷 GD^2 는 電動機가 냉각상태에서 2 회, 운전후의 상태에서 1회 지장없이 起動可能한 電動機 軸換算의 最大負荷 GD^2 이다.

일반적으로 起動時間은 10초 이내를 목표로 하여 10초를 초과하게 되면 電動機容量을 늘리는 것이 바람직하다.

4. 電動機의 損失

電動機의 損失에 대하여 운전상태와 加減速時에 대하여 기술한다.

가. 運轉時

電動機의 損失은 負荷의 大小에 따르지 않고 一定한 固定損과 負荷에 따라 변하는 變動損, 소위 負荷損으로 나누어진다. 損失의 내역은 다음과 같이 표시된다.

全損失 :

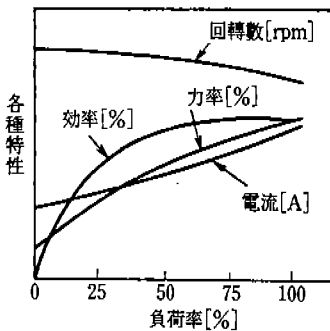
固定損 = 鐵損 + 機械損 + 風損

負荷損 = 一次銅損 + 二次銅損 + 漂遊負荷損

일반적으로 損失의 대부분은 熱損失이기 때문에 溫度上昇에 관계하는 熱損失을 계산할 때는 다음 式으로 간단하게 구하여진다.

$$\text{損失} = \left(\frac{1}{\text{效率}} - 1 \right) \times \text{出力} \quad (1)$$

또 固定損과 負荷損은 대체로 같게 설계되어 電動機의 效率은 定格出力 부근이 최대가 되므로 50% 이하의 輕負荷가 되면 效率 · 力率은 극단적으로 나빠진다. 負荷率에 대한 各種特性



<그림 2> 負荷率에 대한 各種 特性

의 예를 그림 2에 표시한다.

나. 加減速時의 損失

電動機를 슬립 s_1 에서 s_2 까지 直入起動 혹은 制動하였을 때 電動機의 損失은

$$W = \frac{GD^2 \cdot N^2}{730} \cdot (s_1^2 - s_2^2) \cdot (1 + r_1/r_2) \cdot \frac{T_M}{T_M \pm T_L} [W \cdot s] \quad (2)$$

로 표시된다. (+)는 制動時 (-)는 起動時이다.

여기에 W : 電動機損失 $[W \cdot s]$

GD^2 : 電動機와 負荷(電動機軸換算)의 合計는 플라이 휠 效果 $[kg \cdot m^2]$

N : 同期回轉數 $[rpm]$

r_1 : 一次導體抵抗 $[\Omega]$

r_2 : 二次導體抵抗 一次換算值 $[\Omega]$

T_M : 電動機發生 平均 토크 $[kg \cdot m]$

T_L : 負荷 토크 $[kg \cdot m]$

起動時 및 各 制動時의 $(s_1^2 - s_2^2)$ 의 값과 負荷 토크의 부호를 표 4에 표시한다.

(2)式에서 加減速時의 損失을 줄이려면 다음에 기술하는 세 가지 方法이 있다.

(1) 負荷 GD^2 를 적게 하는 方法

(2) 二次抵抗을 늘리는 方法

二次導體에 高抵抗의 재료를 사용한 高抵抗籠形誘導電動機가 이 方法을 채택하고 있다. 그러나 標準電動機에 비하여 운전시의 손실이 증가하므로 특히 起動 · 制動을 번번히 하는 용도

<표 4> 起動時 및 制動時의 $s_1^2 - s_2^2$ 과 負荷 토크의 符號

	슬립		$s_1^2 - s_2^2$	負荷 토크의 符號
	s_1	s_2		
起 動	1	0	1	-
回生制動	-1	0	1	+
逆相制動	2	1	3	+

에 적합하다. 이 두 가지 長點을 잘 導入한 것이 捲線形誘導電動機나 特殊籠形誘導電動機이다.

捲線形誘導電動機는 起動 및 制動時에 슬립링을 거쳐 二次回路에 抵抗을 접속하여 이 抵抗을 순시 전환함으로써 큰 토크를 발생함과 함께 손실을 줄이고 있다. 또 特殊籠形誘導電動機는 表皮效果를 이용하여 슬립이 큰 곳에서 二次抵抗이 커지도록 로터 슬롯을 깊게 하여 2段으로 나누어 슬립이 적은 운전시에는 二次抵抗이 작도록 설계되어 있다.

(3) T_M 과 T_L 의 比를 적절히 하는 方法

T_L 이 큰 負荷에서는 端子電壓의 강하에 의하여 T_M 이 감소하면 $T_M/(T_M - T_L)$ 가 커져 起動時 損失이 증가하므로 T_M 에는 충분한 여유를 주어야 한다. 일반적으로는 T_M 은 T_L 의 200~300% 정도이다.

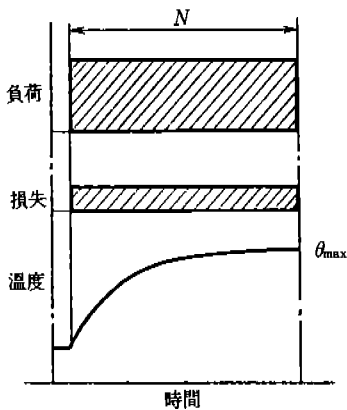
5. 使用 및 定格

電動機의 負荷에는 팬·펌프 등과 같이 連續運轉을 하는 것, 서터, 밸브 등과 같이 단시간 운전하는 것, 工作機械나 엘리베이터 등 어느 一定周期로 起動·運轉·制動을 반복운전하는

것 등이 있다. 여기서는 일반적으로 쓰이는 使用 및 定格에 대하여 간단하게 기술한다.

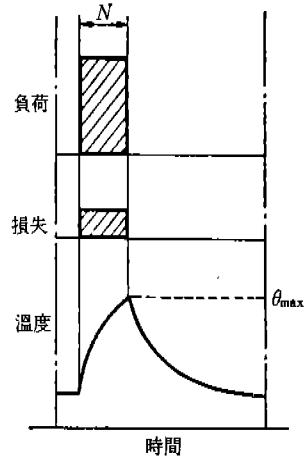
사용의 種類는 다음과 같이 大別된다.

- (1) 連續使用(그림 3 참조)
- (2) 短時間使用(그림 4 (a) 참조)



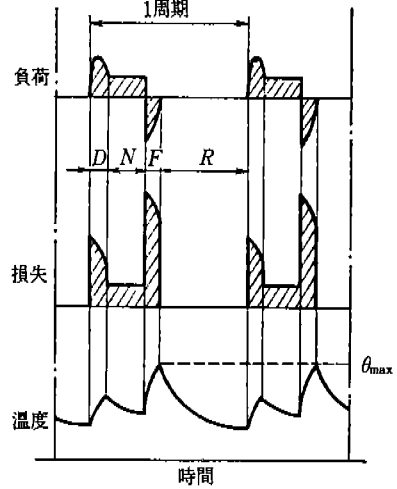
N : 一定負荷에서의 運轉時間
 θ_{max} : 運轉中の 最高溫度

<그림 3> 連續使用



N : 一定負荷에서의 運轉時間
 θ_{max} : 運轉中の 最高溫度

(a) 短時間使用



D : 起動期間
 N : 一定負荷에서의 運轉期間
 F : 電氣制動期間
 R : 停止하여 電壓이 印加 안된 期間
 θ_{max} : 運轉中の 最高溫度

$$\text{負荷時間率} = \frac{D+N+F}{D+N+F+R} \times 100[\%]$$

(b) 反復使用

<그림 4>

(3) 反復使用(그림 4 (b) 참조)

上記 使用의 운전효율의 참고도를 그림3, 4에 표시한다. 定格에는 出力, 電壓, 電流, 回轉速度, 周波數 등이 지정되고 각기 定格出力, 定格電壓, 定格電流, 定格回轉速度, 定格周波數라 부르고 그 값은 電動機의 명판에 표시되어 있다.

또 사용상태를 표시하는 定格은 아래와 같이 大別된다.

(i) 連續定格 : 指定된 조건하에서 연속 사용하였을 때 그 電動機에 관한 규격을 벗어나지 않는 定格을 말한다.

(ii) 短時間定格 : 指定된 조건하에 冷却狀態에서 短時間 사용했을 때 그 전동기에 관한 규격을 벗어나지 않는 定格을 말한다.

원칙적으로 時間은 10분, 30분, 60분, 90분간으로 정해져 있다. 또 短時間 사용 후에는 電動機溫度가 周圍溫度와 같아질 때까지 休止하고 있어야 한다.

(iii) 反復定格 : 指定된 조건하에서 反復使用하였을 때 그 電動機에 관한 규격을 벗어나지 않는 定格을 말한다.

특히 지정되지 않을 때는 1周期の 標準値는 10분간으로 하고 負荷時間率은 원칙적으로 15, 25, 40 또는 60%로 정해져 있다.

(iv) 等價定格 : 指定된 조건하에서 反復使用하였을 때 熱的으로 等價인 連續使用 또는 短時間使用으로 바꾸어 놓을 수 있다. 이렇게 바꾸어 사용하였을 때 그 電動機에 관한 규격을 벗어나지 않는 定格을 말한다.

6. 電動機 容量의 決定方法

앞에서 기술한 각각의 사용방법에 대하여 專用設計된 電動機를 선정하는 것이 바람직하겠지만 使用台數가 적은 사용자에게 오더메이드하는 것은 價格이나 納期面에서 不利하다. 여기서는 여러 가지 사용에 대하여 標準電動機로 어디까지 적용이 가능한지에 대하여 기술함과 동시에 선정을 그래프로 읽을 수 있는 C·Z-許

容出力 커브에 대하여 기술한다.

가. 連續使用의 경우

그림 2에 표시한 바와 같이 三相誘導電動機는 輕負荷가 됨에 따라 效率·力率이 떨어지므로 負荷에 대한 여유를 너무 크게 잡아 連續使用하는 것은 電力消費面에서 바람직하지 않을 뿐 아니라 電動機 치수도 커져 경제적으로 불리하게 된다.

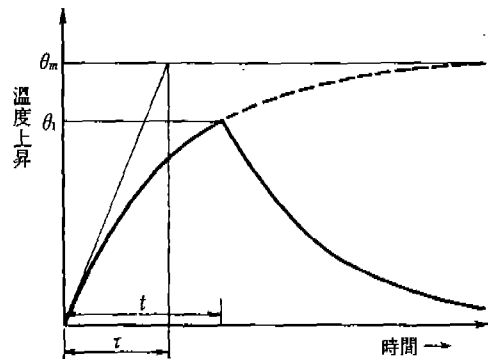
일반적으로 負荷變動, 電壓變動, 周波數變動에 의한 電動機에의 온도상승 여유 등을 고려하여 90% 정도의 負荷率이 되는 電動機를 선정하는 것이 바람직하다.

나. 短時間 定格의 경우

連續定格의 標準 電動機를 短時間 定格으로 사용하였을 때 溫度上昇面에 여유가 생기기 때문에 出力을 올려 사용하는 것이 가능하다. 그 증가한 出力을 許容出力이라 부르는데 다음에 許容出力을 구하는 方法을 기술한다.

그림 5에 표시하는 바와 같이 短時間使用에서는 連續使用時 電動機의 최종 온도상승 θ_m 에 도달하기 전에 電源이 끊어져 電動機溫度上昇은 θ 보다 차차 떨어진다.

許容出力時的 損失을 Q_1 이라 하고 連續定格時的 損失을 Q 라 하면 이 兩者의 比는 θ_m 과 θ 를 같게 하는 조건으로 구하여진다.



<그림 5> 運轉時間과 溫度의 關係

$$\theta_m = \frac{Q}{A} \quad (3)$$

$$\theta_1 = \frac{Q_1}{A}(1 - e^{-t/\tau}) \quad (4)$$

여기서 θ_m : 連續使用時의 溫度上昇[deg]
 θ_1 : 短時間使用時의 溫度上昇[deg]
 Q : 連續使用時의 損失[W]
 Q_1 : 短時間使用時의 損失[W]
 A : 冷却係數[W/°C]
 t : 短時間 運轉時間[s]
 τ : 熱時定數[s]

조건에서 $\theta_1 = \theta_m$ 이라 하면 다음 式이 얻어진다.

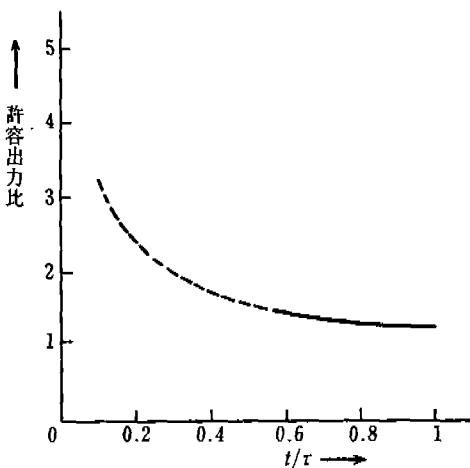
$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{1}{1 - e^{-t/\tau}} \quad (5)$$

短時間定格에서는 許容出力이 連續定格 出力보다 크게 되므로 固定損보다 負荷損의 영향이 커진다. 負荷損은 出力의 2乘에 비례하므로 許容出力을 P_1 , 連續使用時의 出力을 P 라 하면 그 比는 아래 式과 같이 된다.

$$\frac{P_1}{P} = \sqrt{\frac{Q}{Q_1}} = \sqrt{\frac{1}{1 - e^{-t/\tau}}} \quad (6)$$

여기서 P_1 : 許容出力(短時間 運轉時)
 P : 連續定格時의 出力

許容出力比 P_1/P 는 운전시간과 熱時定數에



<그림 6> 短時間使用時의 許容出力比

의하여 결정되고 운전시간이 짧을수록, 熱時定數가 클수록 크게 되어 過負荷運轉이 可能하게 된다(그림 6 참조).

단, 熱時定數가 커질 때는 冷却에도 시간이 걸리게 되므로 熱時定數가 큰 電動機에서의 過負荷 短時間運轉에서는 냉각시간을 길게 할 필요가 있기 때문에 운전빈도는 감소한다. 일반적으로 냉각시간은 冷却熱時定數의 3배가 필요하다. 全閉外扇形 標準電動機의 운전시 熱時定數는 20~50분 정도이고 冷却熱時定數는 40~100분 정도이다.

다. 反復使用의 경우

連續定格 電動機를 反復使用하였을 때의 許容出力은 平均損失法을 이용하여 구한다.

(1) 平均損失法

平均損失法은 운전 사이클의 1周期에 발생하는 電動機 損失에 의한 온도상승이 연속사용시 몇 W의 損失과 같은가를 구하는 方法이다.

그림 7에서 1周期 中에 온도상승에 미치는 영향을 무시할 수 없는 起動期間, 실질적으로 일정한 負荷의 운전기간, 온도상승에 미치는 영향을 무시할 수 없는 制動期間, 電壓이 印加 안 되는 정지기간이 있을 때의 1周期의 損失 合計는 다음 式과 같이 된다.

$$\Sigma W = W_D + Q_1 N + W_F \quad (7)$$

여기서 ΣW : 1周期의 損失 計[W·s]

W_D : 起動時 損失[W·s]

W_F : 制動時 損失[W·s]

Q_1 : 一定負荷時 損失[W]

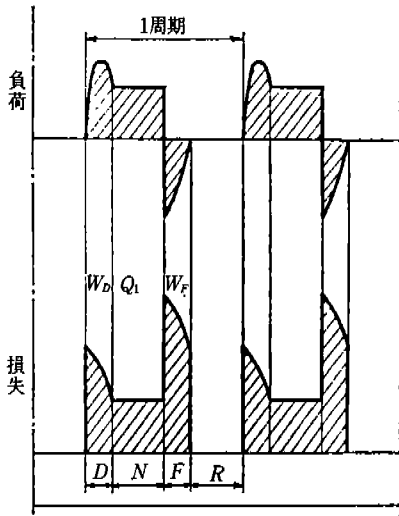
1周期의 時間 Σt 는

$$\Sigma t = D + N + F + R \quad (8)$$

이나 全閉外扇形 등의 自己通風冷却方式의 電動機에서는 加減速期間 및 정지기간은 一定負荷 運轉期間에 비하여 冷却能力이 감소한다. 冷却能力의 減少率을 각기 α , β 라 하면

$$\Sigma t_e = \alpha \cdot D + N + \alpha \cdot F + \beta \cdot R \quad (9)$$

여기서 Σt_e : 等價運轉時間[s]



D : 起動期間[s]
 N : 一定負荷에서의 運轉期間[s]
 F : 電氣制動期間[s]
 R : 停止하여 電壓이 印加 안된 期間[s]
 W_D : 起動時 損失[W·s]
 Q_1 : 一定負荷時 損失[W]
 W_F : 電氣制動時 損失[W·s]

<그림 7> 反復使用時的 負荷와 損失

는 連續運轉이라 가정하였을 때와 생각상 等價인 운전시간이 된다. 따라서 反復使用을 連續運轉이라 가정하였을 때의 損失, 즉 平均損失은

$$Q_e = \frac{\sum W}{\sum t_e} = \frac{W_D + Q_1 \cdot N + W_F}{\alpha \cdot D + N + \alpha \cdot F + \beta \cdot R} \quad (10)$$

여기서 Q : 平均損失[W]

電動機 冷却方式에 의한 補正係數 α , β 의 일반적인 값을 표 5에 표시한다.

(2) 許容出力을 구하는 方法

連續運轉定格出力時的 損失을 Q 라 하면 平均損失 Q_e 가 Q 와 같아질 때가 反復使用에서

<표 5> 補正係數 α , β

冷却方式	加減速時	停止時
	α	β
開放形	0.6	0.3
全閉外扇形	0.7	0.4
他力通風形	1.0	1.0

의 許容出力時이고 그때의 一定負荷時 損失을 Q_1 이라 하면 (10)식에서

$$Q = Q_e = \frac{W_D + Q_1 \cdot N + W_F}{\alpha \cdot D + N + \alpha \cdot F + \beta \cdot R} \quad (11)$$

가 된다. 따라서 Q_1 과 Q 의 比는

$$\frac{Q_1}{Q} = \frac{\alpha \cdot D + N + \alpha \cdot F + \beta \cdot R}{N} - \frac{W_D + W_F}{N \cdot Q} \quad (12)$$

가 되고 許容出力比는

$$\frac{P_1}{P} = \sqrt{\frac{Q_1}{Q}} = \sqrt{\frac{\alpha \cdot D + N + \alpha \cdot F + \beta \cdot R}{N} - \frac{W_D + W_F}{N \cdot Q}} \quad (13)$$

여기서 P_1 : 反復使用하였을 경우의 許容出力

P : 連續運轉時的 定格出力

가 된다.

라. 許容出力이 定格出力보다 클 때의 주의 사항

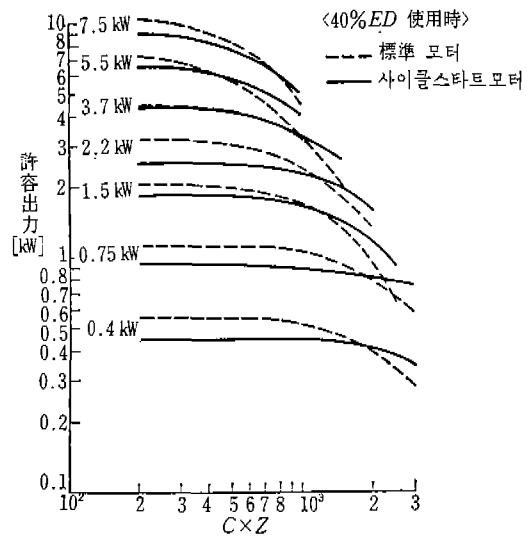
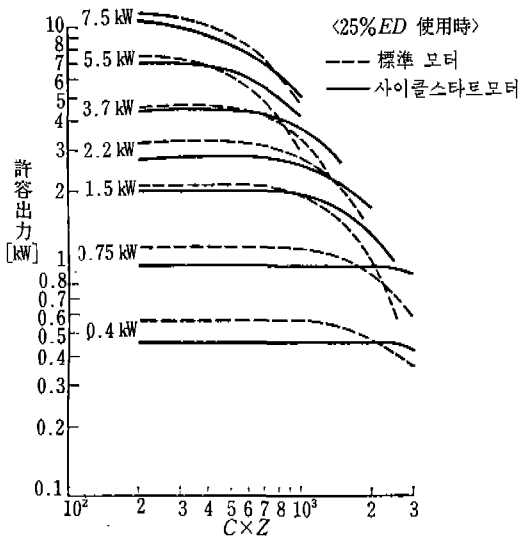
連續定格의 電動機를 短時間使用하거나 작은 運轉時間率로 反復使用하였을 때는 계산상 許容出力이 電動機의 最大出力을 넘을 때가 있다. 이때 당연히 許容出力은 最大出力 이하로 제한되며 軸이나 베어링의 機械的인 強度에 따라 連續定格出力의 150% 이하에서 사용하는 것이 바람직하다.

또 電動機가 발생할 수 있는 토크는 변하지 않으므로 定 토크 負荷에 적용시킬 때는 加速 토크가 작아지는 것에 주의하여야 한다.

마. C·Z-許容出力 커브

電動機를 反復定格으로 使用할 때 (3)에서 이미 기술한 方法에 의하여 許容出力을 구하려면 起動時損失, 制動時損失 등을 계산해야 하기 때문에 계산이 복잡하게 된다.

C·Z-許容出力 커브는 필요負荷動力과 운전시간, 起動, 逆轉, 制動, Inching의 회수 등 효율 사이클과 負荷 GD^2 을 알고 있으면 電動



<그림 8> C·Z-許容出力 커브

機의 許容出力을 그래프로 읽을 수 있고 電動機의 選定을 간단히 할 수 있게 한 것이다. 必要動力負荷가 그래프에 의하여 읽는 許容出力值보다 적으면 사용이 가능하다.

그림 8에 標準三相籠形 誘導電動機와 高抵抗籠形 誘導電動機를 定 토크 負荷에 사용하였을

때의 C·Z-許容出力 커브를 표시한다.

이하에 C·Z-許容出力 커브의 사용방법을 구체적으로 표시한다.

(1) 負荷時間率 %ED를 구하는 方法

$$\%ED = \frac{1\text{周期의 運轉時間}}{1\text{周期의 時間}} \times 100 \quad (14)$$

코너

박스

電力 저장용 리튬 電池 개발에 10年間 140억 엔 投資

電 氣 자동차용과 發電所의 電力負荷平準化를 위한 가정용 電力 저장 장치로, 輕量小型 리튬 電池를 개발하기로 日本 通產省 工業技術院이 결정했다.

10년에 걸쳐 140억 엔을 투자하게 될 이 연구는 大型 프로젝트 「Moon Light 計劃」의 일환으로 추진되는데, 이를 위하여 연구 팀을 두 개로 나누어 수행할 것이라 한다.

電氣 자동차용으로는 走行距離 10만km, 최고 시속 120km, 平均 속도 70km, 1回 充電走行距離

689km(時速 40km에서), 10Mode 주행시 230km 등을 목표로 하고 있으며, 電力 저장용으로는 耐用年數 10年, 20kWh에서 電池의 용적을 100리터 정도로 계획하고 있다.

電力供給系統의 負荷를 平準化하기 위한 電力 저장용을 일반 가정에 보급하여 夜間 電力을 이 용하도록 하며 電氣 자동차의 充電用도 겸하도록 設計를 계획하고 있어 머지않은 電氣 자동차의 普及에 대비하는 의의가 크다.

여기서 1周期的 運轉時間은 起動·制動에 필요한 時間을 포함하고 1周期的 時間은 10분 이내를 기준으로 하고 있다.

(2) 1時間當의 等價起動回數 Z 를 구하는 方法

$$Z = \frac{n_s + 0.5n_i + 3n_p + 4n_r + n_d}{T} \times 3600 [\text{回}/h] \quad (15)$$

여기서 n_s : 1周期中의 起動回數
 n_i : 1周期中의 Inching 回數
 n_p : 1周期中의 逆相制動回數
 n_r : 1周期中의 逆轉回數
 n_d : 1周期中의 直流制動回數
 T : 1周期的 時間[s]

Inching 1回の 損失은 起動 0.5回の 損失에 해당하고 逆相制動, 逆轉, 直流制動은 각각 3回, 4回, 1회에 해당하는 것으로 하고 있다.

(3) 慣性增加率 C 를 구하는 方法

$$C = \frac{GD_M^2 + GD_L^2}{GD_M^2} \quad (16)$$

여기서 GD_M^2 : 電動機의 플라이휠 效果[kg·m²]

여기서 GD_L^2 : 電動機軸으로 換算한 負荷의 플라이휠 效果[kg·m²]

電動機의 GD^2 및 最大 GD^2 의 값을 표 6에 표시한다. 電動機軸으로 換算한 負荷 GD^2 의 값이 最大 GD^2 을 넘을 때는 제조 메이커에 조

<표 6> 全閉外扇形 電動機 4極의 電動機 GD^2 과 最大 GD^2

出力 [kW]	電動機 GD^2 [kg·m ²]	最大 GD^2 [kg·m ²] 60Hz
0.4	0.006	0.27
0.75	0.011	0.84
1.5	0.027	1.1
2.2	0.041	1.8
3.7	0.076	2.9
5.7	0.130	3.7
7.5	0.160	5.0

회할 필요가 있다. 여기서 最大 GD^2 은 反復使用하였을 때의 電動機에 지장이 없는 最大負荷 GD^2 을 뜻하고, 3.에서 기술한 許容負荷 GD^2 과는 다르다.

(4) 選定例

必要負荷動力 1.1kW
 運轉時間 5秒
 休止時間 15秒
 起動回數 1回/周期
 逆相制動回數 1回/周期
 負荷 GD^2 (電動機軸換算) 0.05 kg·m²
 適用 電動機의 設定
 全閉外扇形 1.5kW 200V 50Hz 4極 E種
 표 6에서 $GD_M^2=0.027$ kg·m²
 最大 $GD^2=1.8$ kg·m²

이하에 %ED와 $C \cdot Z$ 를 구한다.

$$\%ED = \frac{5}{5+15} \times 100 = 25[\%]$$

$$C = \frac{0.027+0.05}{0.027} = 2.85$$

$$Z = \frac{1+3 \times 1}{20} \times 3600 = 720 [\text{回}]$$

$$C \cdot Z = 2.85 \times 720 = 2052 [\text{回}]$$

25%ED의 그래프에서 1.5kW 標準 모터의 許容出力은 1kW이고 사이클 스타트모터의 許容出力은 1.3kW이다. 따라서 標準 모터에서는 2.2kW를 선정하여야 하나 사이클 스타트모터에서는 1.5kW로 족하게 되어 電動機 치수는 작고 損失도 적어지므로 경제적으로 유리하게 된다.

일반적으로 負荷 GD^2 이 클 때는 起動이 빈번하고 $C \cdot Z$ 가 클 때는 사이클 스타트모터가 적합하다.

☆ ☆ ☆

電動機의 토크 특성과 短時間使用, 反復使用에 대하여 連續定格의 電動機를 어디까지 적용시키느냐에 대하여 기술하였다. 독자 여러분에게 참고가 되었으면 다행이겠다.

☞ 다음 호에 계속