

# 電動機의 適正容量 을 알아본다

電動機의 용량이 負荷가 요구하는 軸動力에 대해 부족하면 電動機가 過負荷 운전되기 때문에 과열하여 수명이 저하한다. 과부하의 정도에 따라서는 즉시 燒損할 수도 있다. 한편 電動機의 定格出力은 軸動力에 대해 일반적으로 5~15%의 여유를 가지고 결정되어 있지만 쓸데 없이 너무 여유가 있는 容量의 것을 채용하면 電動機 본체가 커지고 價格의 由로 불리해질 뿐 아니라 特性面에서도 效率이 저하하는 등 不利해진다.

여기서는 주로 三相誘導電動機에 대한 適正容量 決定方法을 概說한다.

## 1. 電動機의 一般特性

### 가. 負荷率에 대한 效率과 力率

삼상 유도電動機의 負荷率에 대한 效率과 力率의 變化를 그림 1에 든다. 일반적으로 效率은 75~125%의 부하율에서는 대략 一定하고 부하율이 50% 정도 이하에서 급격히 低下한다. 力率은 부하율이 작아질수록 나빠지고 그 정도는

效率보다도 크다. 定格負荷時에는 容量이 커질수록 效率, 力率 共に 높은 값이 된다. 따라서 電動機의 高效率 운전을 위해서는 運轉 패턴의 변경 등에 의해 輕負荷 운전시간과 無負荷 空轉 時間을 가급적 짧게 해야 한다.

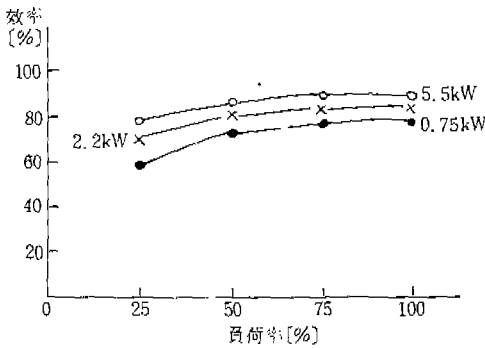
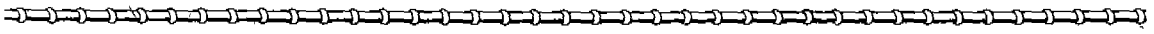
### 나. 電源變動時의 特性

JEC-146(回轉機 一般)에서는 定格出力으로 운전해서 실용상 지장이 있어서는 안되는 電源變動의 허용값을 다음과 같이 정하고 있다.

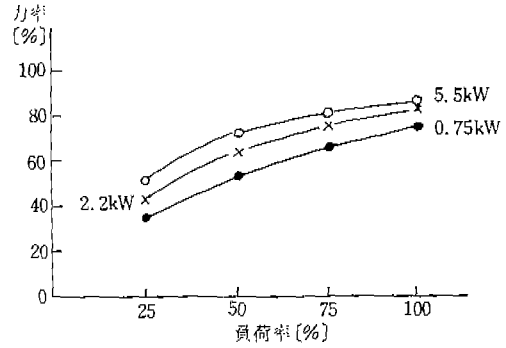
- (i) 電壓變動은 정격주파수 하에서 정격값의  $\pm 10\%$  이내.
- (ii) 주파수 변동은 정격전압 하에서 정격값의  $\pm 5\%$  이내.
- (iii) 양쪽이 변동하는 경우, 각각의 변동은上記 이내이고 또한 變動 백분율의 절대값의 합이 10% 이내.

현실적으로는 銘板의 정격전압과 다른 電壓에서 사용되는 일도 많기 때문에 이 경우의 溫度 上昇이나 特性變化를 검토해 둘 필요가 있다. 전

註: JEC(일본전기학회규격)



(a) 負荷率과 效率



(b) 負荷率과 力率

全期防沫 外被表面 冷却 自力形 능력 4P-200V-50Hz

<그림 1> 負荷率에 대한 效率과 力率

동기 용량 算定上 특히 중요한 것은 기동전류  $I_s$ , 기동 토크  $T_s$ , 停動 토크  $T_m$  인데, 이것들은 각각 다음 식으로 표시된다.

$$I_s = \frac{E}{(r_1 + r_2 s')^2 + (x_1 + x_2 s')^2}$$

$$\approx \frac{E}{x_1 + x_2 s'}$$

$$T_s = \frac{3E^2 r_2 s' P}{9.8 \times 4\pi f \times \{(r_1 + r_2 s')^2 + (x_1 + x_2 s')^2\}}$$

$$\approx \frac{3E^2 r_2 s' P}{9.8 \times 4\pi f \times (x_1 + x_2 s')^2}$$

$$T_m = \frac{3E^2 P}{9.8 \times 8\pi f \times \{r_1 + \sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2 s')^2}\}}$$

$$\approx \frac{3E^2 P}{9.8 \times 8\pi f \times (x_1 + x_2 s')}$$

- 여기서  $r_1$  : 1차 저항  
 $x_1$  : 1차 누설 리액턴스  
 $r_2 s'$  : 表皮效果를 고려한 2차 저항의 1차 환산값  
 $x_2 s'$  : 2차 누설 리액턴스의 1차 환산값  
 $x_2 s'$  : 表皮效果를 고려한  $x_2'$   
 $E$  : 相電圧  
 $f$  : 주파수  
 $P$  : 極數

저항 증가율은 電壓變動에 대해서 무관계하지만 周波數가 바뀌면 비례에 가까운 형태로 변화한다. 이상에 의해 전원 변동시의  $I_s$ ,  $T_s$ ,  $T_m$  은

$$I_s \propto \frac{E}{f}$$

$$T_s \propto \left(\frac{E}{f}\right)^2$$

$$T_m \propto \left(\frac{E}{f}\right)^2$$

이 된다. 또 電源變動에 의해 자속밀도, 勵磁電流, 철손, 기계손 등도 변화하기 때문에 效率이나 力率도 변화한다. 이런 변화를 종합해서 표 1에 든다.

## 2. 適正容量 電動機 채용에 의한 效果

일반적으로 電動機의 정격출력은 소요 軸動力의 계산과정에서 安全係數를 곱하고 다시 그 결과에 5~15%의 여유를 가지게 해서 算定하는 일이 많다.

이렇게 했기 때문에 실제의 부하에서는 70%나 80%의 輕負荷에서 사용되는 것이 많아진다.

〈표 1〉 電源變動時的 電動機特性

特 性	電 壓		周 波 數	
	+10%	-10%	+5%	-5%
無 負 荷 電 流	+10~15%	-10~12%	-5~8%	+5~10%
無 負 荷 損 失	+5~15%	-5~15%	-5~10%	+5~10%
效 率	100%負荷時	±微量	±微量	±微量
	75%負荷時	-微量	+微量	+微量
	50%負荷時	-0.5~1.5%	+0.5~1.5%	+0.5~1.5%
力 率	100%負荷時	±微量	±微量	±微量
	75%負荷時	-1~2%	+1~2%	+微量
	50%負荷時	-4~8%	+4~8%	+1~2%
定 格 電 流	-10%	+10%	±微量	±微量
起 動 토크	+21%	-19%	-10%	+11%
起 動 電 流	+10%	-10%	-5~6%	+5~6%
停 動 토크	+21%	-19%	-10%	+11%
同 期 速 度	變化無	變化無	+5%	-5%
슬 립	-17%	+23%	變化無	變化無
騷 音	+微量	-微量	+微量	-微量
溫 度 上 昇	-4~5%	+5~6%	-微量	+微量

그림 1에서처럼 전동기는 경부하가 될수록 效率가 나빠지므로 부하율이 너무 여유가 있는 전동기의 경우, 定格出力이 작은 전동기를 채용함으로써 電力이 節約되는 일이 있다.

구체적인 예를 들면 11kW 定格의 電動機에 5kW의 부하가 걸려 있는 경우, 5.5kW 정격의 전동기로 바꾸었다고 하면 부하율은 45.8%에서 90.9%가 되고 M社製 전동기의 경우, 효율이 86%에서 88.5%가 된다. 따라서 이것을 1日 24시간, 年間 300일 운전한다면

$$Q = \left( \frac{1-0.86}{0.86} - \frac{1-0.885}{0.885} \right) \times 5 \times 24 \times 300$$

$$= 1,182 \text{ (kWh)}$$

즉, 小容量의 전동기로 바꾸는 것만으로 이 예에서는 年間 1,182kWh의 電力이 절약된다.

그리고 定格容量을 내림으로써 起動電流에 의한 損失의 저감이나 전력요금의 삭감 등도 기대된다.

### 3. 適正容量 算定方法

#### 가. 電動機 容量 算定要因

전동기의 容量算定은 부하측에서 일정한 토크와 회전수가 주어졌도 그것을 구동하는 전동기의 電源條件을 하나 더하는 것만으로 대폭 달라진다. 실제로는 負荷側에도 여러가지 조건이 있고 또 에너지 절약 등도 고려해서 종합적인 관점에서 용량을 산정해야 한다.

전동기 용량을 정하는 要因中 주된 것을 들면 다음과 같다.

(1) 負荷側の 要求

- (i) 정상 운전시의 토크와 회전수
- (ii) 기동시의 토크
- (iii) 정상 운전시의 토크 변동
- (iv) 기동시간에 대한 시방

(2) 電源側の 요구

- (i) 전압 변동, 주파수 변동
- (ii) 기동전류에 대한 제한

(3) 電動機 自体

- (i) 위의 모든 시방을 만족한 특성을 가지고 온도 상승에 문제가 없을 것
- (ii) 최고 효율, 최고 역률에 가까운 상태에서 운전할 수 있을 것
- (iii) 이니셜 코스트가 낮을 것

이러한 요인을 종합해서 가장 적합한 전동기를 선정하게 된다.

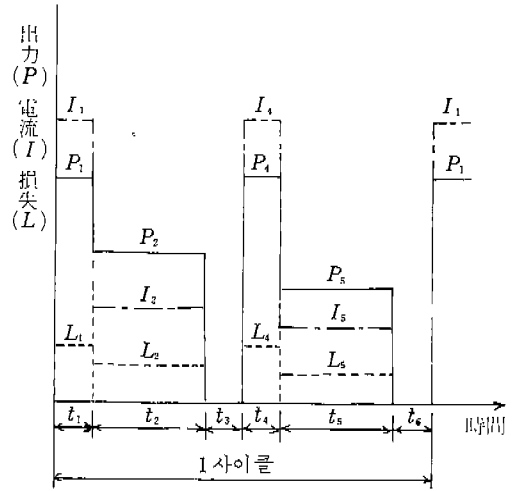
나. 溫度上昇에서 本 定格出力의 算定

펌프나 블로어는 일반적으로 負荷의 소요 동력이 시간에 관계 없이 일정하다. 이러한 負荷에 대해서는 機械效率의 오차나 여유를 예상해서 기계 메이커의 노하우에 의해 기계 메이커에서 電動機 定格出力을 산정하고 있다.

밀이나 크러셔(파쇄기)처럼, 부하에 따라서는 그림 2처럼 時間과 더불어 負荷가 바뀌는 변동 부하 연속사용이나 계속사용일 때가 있다. 이러한 負荷인 경우에는 電流나 電壓을 오실로 등으로 측정하여 온도 상승에 관한 等價的인 연속 출력을 구한다. 이 求하는 方式에는 다음과 같은 2乘 平均法과 損失 平均法이 있다.

(1) 2乘 平均法

유도전동기에서는 온도 상승에 대한 鐵損과 銅損의 영향은 일반적으로 銅損쪽이 크다. 또 철



〈그림 2〉 斷續負荷運轉 사이클

손은 전압, 주파수가 일정하면 負荷率에 관계없이 일정하지만 電流는 여자전류 분을 무시하면 거의 부하율에 비례한다. 그래서 전동기의 온도 상승이 銅損만에 지배된다고 가정하면 온도 상승은 出力의 거의 2乘에 비례한다고 할 수 있다. 즉 1周期間의 2乘 平均出力을 구하고 이것을 정격출력으로 하는 방법이 2乘 平均法이다.

여기서 負荷와 時間의 관계가 그림 2와 같은 경우, 2乘 平均出力  $P_m$  은

$$P_m = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3 + P_4^2 t_4 + P_5^2 t_5}{t_m}}$$

여기서  $t_m$ 은 가속시 또는 감속시와 정지시의 冷却效果가 全速運轉時의 冷却效果보다 작은 것을 고려한 等價周期間

$$t_m = \alpha t_1 + t_2 + \beta t_3 + \alpha t_4 + t_5 + \beta t_6$$

$\alpha$ 는 기동시와 제동시의 冷却補正係數,  $\beta$ 는 정지시의 冷却補正係數로서, 이것은 전동기의 형식이나 설계내용에 따라서 다르지만 보통은 표 2와 같은 값이 된다.

그런데 일반적으로는 電動機의 出力을 계속하

〈표 2〉 冷却補正係數

冷却方式	$\alpha$	$\beta$
保護防滴自由通風形	0.6	0.3
全閉外被表面冷却自力形	0.7	0.4
他力通風形	1.0	1.0

는 것은 어렵기 때문에 負荷電流를 측정해서 2乘 平均電流  $I_m$ 에서 2乘 平均出力  $P_m$ 을 구하는 경우가 많다.

즉,

$$I_m = \sqrt{\frac{\sum I^2 t}{t_m}}$$

$$P_m = \frac{I_m}{I_r} P_r$$

단,  $I$  : 측정된 각 부하전류

$I_r$  : 정격출력  $P_r$ 시의 정격전류

$t_m$  : 냉각효과를 고려한 等價周期

한편, 전동기의 熱時定數는 냉각방식이나 체격으로 변하지만 변동 부하인 경우, 1주기가 길면 部分的으로 過熱할 우려가 있으므로 等價出力의 算定에 있어서는 1주기가 10~15분 정도 이상이 되는 경우에는 최대 온도의 요소를 고려하여야 한다.

## (2) 損失 平均法

2乘 平均法은 열손실이 부하의 2乘에 비례한다는 가정에 입각하고 있지만 力率이 나쁘고 여자전류를 무시할 수 없는 경우나 鐵損이 銅損에 비해 큰 경우, 그리고 부하  $GD^2$ 이 큰 블로어와 같은 기계로 起動·停止를 빈번히 반복하는 경우 등에는 손실이 出力에 비례하지 않는다. 이러한 경우는 1週期中의 발생 손실의 平均 값에 대해 생각하는 쪽이 좋다. 즉, 平均 損失法은 부하의 1주기중 손실이 평균해서 생긴다고 가정한 경우, 연속 정격의 몇 kW 출력인 전동기

일과 같은가 하는 것으로 定格을 구하는 方法이다.

즉, 그림 2와 같은 경우에는 平均損失  $L_e$ 는

$$L_e = \frac{L_1 t_1 + L_2 t_2 + L_4 t_4 + L_5 t_5}{t_m}$$

일반적으로는 각 운전시간에 있어서의 損失을 직접 구하는 것은 어렵기 때문에 起動과 制動時에는 계산에 의해 발생 손실을 구하고 기타의 운전시에는 전류를 측정해서 손실을 구한다.

기동과 제동시에 2次側에서 발생하는 損失은 전동기의 토크와 부하 토크가 슬립에 관계 없다고 가정하면 다음 식으로 표시된다.

$$Q_2 = \frac{(GD_w^2 + GD_l^2) \times N^2}{730} \times \frac{T_w}{T_w \pm T_l} \times (s_1^2 - s_2^2) \text{ [W} \cdot \text{s]}$$

여기서

$GD_w^2$  : 전동기  $GD^2$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ]

$GD_l^2$  : 전동기축 환산부하  $GD^2$  [ $\text{kg} \cdot \text{m}^2$ ]

$N$  : 회전수 [rpm]

$T_w$  : 기동 또는 제동시의 평균 전동기 토크 [ $\text{kg} \cdot \text{m}$ ] 또는 [%]

$T_l$  : 기동 또는 제동시의 평균부하 토크 [ $\text{kg} \cdot \text{m}$ ] 또는 [%]

$s_1, s_2$  : 슬립 [p.u.]

$T_l$ 의 부호는 起動時가 -, 制動時가 +이다.

이제  $T_w \gg T_l$ 이라고 하면

$$Q_2 = k \frac{(GD_w^2 + GD_l^2) \times N^2}{730} \quad (1)$$

로 표시된다. 단  $k$ 는 기동 ( $s_1 = 1, s_2 = 0$ )과 回生制動時 ( $s_1 = -1, s_2 = 0$ )에는 1, 逆相制動時 ( $s_1 = 2, s_2 = 1$ )는 3, 逆轉時 ( $s_1 = 2, s_2 = 0$ )는 4이다.

다음에 起動과 制動時에 1次側에서 발생하는 損失을 구한다.

勵磁電流를 무시하면 1차와 2차의 銅損比는 1次와 2次の 저항비가 되기 때문에

$$Q_1 = \frac{r_1}{r_2} Q_2$$

여기서  $r_1$  : 1차 저항

$r_2$  : 1차 환산 2차 저항

이상에서 기동 또는 역동시의 발생 손실  $Q$ 는

$$Q = k \frac{(GD_m^2 + GD_l^2) \times N^2}{730} \times \left(1 + \frac{r_1}{r_2}\right)$$

이 된다.

다음에 운전중의 損失을 구한다. 우선 電動機의 테스트 리포트에서 그림 3과 같은 負荷率에 대한 電流, 效率 및 損失의 曲線을 만든다. 부하율  $\alpha$  時의 損失  $L$ 은 이때의 效率  $\eta$ 에서

$$L = \frac{1 - \eta}{\eta} \times P_r \times d$$

로 구할 수 있다. 단  $P_r$ 는 당해 전동기의 定格出力이다.

다음에, 測定한 전류에서 그 기간  $t_n$  中の 損失  $L_n$ 을 이 곡선에서 관독, 1사이클 中の 平均 손실  $L_e$ 를 다음 식으로 구한다.

$$L_e = \frac{\sum Q + \sum L_n t_n}{t_m}$$

인칭이 있는 경우, 인칭 1회의 발생 손실은 (1/2)  $Q$ 로 해서 加算한다. 그런데,

$$\text{효율} = \frac{\text{출력}}{\text{입력}} = \frac{\text{출력}}{\text{출력} + \text{손실}}$$

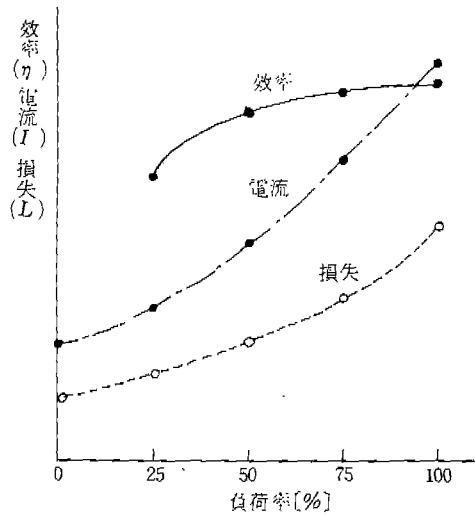
이므로

$$\text{출력} = \frac{\text{손실} \times \text{효율}}{1 - \text{효율}}$$

이 되며, 위에서 구한 平均損失과 그 平均損失에 상당하는 效率를 그림 3에서 관독하면 等價的인 平均出力이 決定된다.

#### 다. 토크 特性에서 본 定格出力의 算定

電動機의 起動 토크가 負荷의 起動 토크보다 커지면 전동기는 起動되지 않는다. 또 기동 도중의 토크도 항상 負荷 토크보다 크지 않으면 도중에서 기동 沙체를 일으킨다. 그리고 電動機의



(그림 3) 負荷率-效率, 電流, 損失曲線

停動 토크는 운전중인 負荷의 최대 토크보다 커져야 한다. 또 경우에 따라서는 시스템 상 起動時間을 빠르게 하는 시방이 주어질 때가 있다. 이 때문에 負荷變動에 대한 溫度上昇 이외에 토크 特性에 대해서도 검토한 후에 定格出力을 결정해야 한다.

#### (1) 起動方式과 토크 特性

농형 유도전동기의 起動方式에는 直入起動, 리액터 起動, 콘돌과 起動, 스타 델타 起動 등이 있지만 電源에 대한 영향을 생각해서 대형기 일수록 減電壓起動을 하는 경우가 많다. 각종 起動方式에 있어서의 起動전류와 토크 特性을 표 3에 든다. 이들 기동방식과 탭 값 선정시에는 다시 전압변동(규격상은  $\pm 10\%$ )시에도 기동 沙체를 일으키지 않도록 주의해야 한다.

低壓 37kW 이하인 표준전동기의 토크 特性이 KS C 4202에 규정되고 있는데, 이를 표 4에 든다. 高壓電動機에 대해서는 停動 토크가 定格

토크의 160% 이상으로 규정되어 있을 뿐이고, 기동 토크, 풀 업 토크에 대한 規定은 없다. 일반적인 電動機에서는 기동 토크는 정격 토크의 100~200% 정도, 停動 토크는 200% 정도이다.

### (2) 停動 토크에 대한 檢討

기동 완료후의 통상 운전시에 큰 負荷가 걸린 경우, 電動機의 停動 토크가 작으면 스톨한다. 그래서 전동기의 停動 토크는 電壓變動을 고려해서도 운전중인 최대 부하 토크보다 커지도록 선정해야 한다.

### (3) 起動時間에 대한 檢討

電動機의 기동시간  $t_s$ 는 다음 식으로 구할 수 있다.

$$t_s = \sum \frac{(GD_m^2 + GD_l^2) \times \Delta N}{375 \times \Delta (T_v - T_l)}$$

$$= (GD_m^2 + GD_l^2) \times N / \{375 \times T_r \times (\alpha - \beta)\} \text{ [s]}$$

여기서

$GD_m^2$ : 전동기  $GD^2$  (kg·m<sup>2</sup>)

$GD_l^2$ : 전동기축 환산부하  $GD^2$  (kg·m<sup>2</sup>)

$N$ : 회전수 [rpm]

$T_v$ : 기동시 전동기 토크의 순시값 (kg·m)

$T_l$ : 기동시 부하 토크의 순시값 (kg·m)

$T_r$ : 電動機 定格 토크 (kg·m)

$\alpha$ : 기동시 平均 전동기 토크 [p. u]

$\beta$ : 기동시 平均 토크 [p. u]

〈표 3〉 各種 起動方式에서의 起動電流, 起動 토크

起動方式	起動電流	起動토크
직 인	$I_s$	$T_s$
스타델타	$I_s/3$	$T_s/3$
리액터	$\alpha I_s$	$\alpha^2 T_s$
콘플라	$\alpha^2 I_s$	$\alpha^2 T_s$

\*  $\alpha$ 는 電壓分 탭값 [p. u]

〈표 4〉 電動機의 토크 特性 (KS C 4202 拔萃)

定格出力 [kW]	定格 토크에 대한 比					
	2 極		4 極		6 極	
	最小起動 토크	停動 토크	最小起動 토크	停動 토크	最小起動 토크	停動 토크
0.2	1.9	2.0	2.0	2.0	-	-
0.4	1.9	2.0	2.0	2.0	1.7	1.7
0.75	1.8	2.0	1.9	2.0	1.7	1.8
1.5	1.8	2.0	1.9	2.0	1.6	1.9
2.2	1.7	2.0	1.8	2.0	1.6	1.9
3.7	1.6	2.0	1.7	2.0	1.5	1.9
5.5	1.5	2.0	1.6	2.0	1.5	1.9
7.5	1.5	2.0	1.6	2.0	1.5	1.8
11	1.4	2.0	1.5	2.0	1.4	1.8
15	1.4	2.0	1.5	2.0	1.4	1.8
22	1.3	1.9	1.4	1.9	1.4	1.8
30	1.2	1.9	1.3	1.9	1.3	1.8
37	1.2	1.9	1.3	1.9	1.3	1.8

시스템 상의 制限 때문에 기동시간을 빨리하고 싶은 경우, 負荷  $GD^2$ 과 負荷 토크가 일정하면  $\alpha$ 를 크게 할 수 밖에 없는데,  $\alpha$ 에는 制限이 있기 때문에 경우에 따라서는 定格出力을 크게 해야 할 필요가 생긴다.

## 4. 定格容量 재검토시의 留意點

### 가. 負荷 $GD^2$ 에 대한 검토

농형 전동기의 경우, 식 (1)로 표시되는 損失이 기동시 回轉子에서 발생한다. 블로어 등 負荷  $GD^2$ 가 큰 경우, 發熱量도 커지며, 이 發熱에 의한 熱應力이나 起動電流에 의한 電磁力, 遠心力 등에 의한 應力の 반복 피로에 의해 회전자 바가 끊기는 일이 있다. 이 때문에 농형 전동기의 용량 재검토에 의해 檢査를 작게 한 것

은 당연히 용량부하  $GD^2$ 도 작아지기 때문에 부하  $GD^2$ 가 허용되는 값인지의 여부를 체크할 필요가 생긴다. 표 5에 JEM 1224(일본전기공업회 규격)에 정해진 표준 전동기의 허용부하  $GD^2$ 를 표시한다.

#### 나. 衝擊負荷에 대한 $GD^2$ 와 슬립의 영향

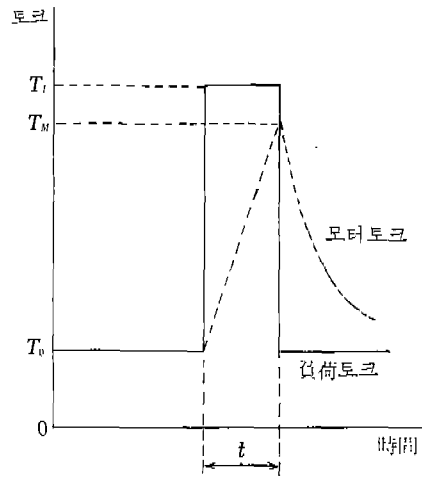
크러셔나 레시프로 컴프레서 등에서는 운전중 급격한 負荷變動이 있지만 이런 경우, 플라이휠 효과에 의해 電動機가 내는 토크는 부하가 요구하는 피크 토크 보다도 작아도 된다. 이것을 표시한 것이 그림 4인데, 이때의 모터 토크  $T_M$ 은 다음 식으로 표시 된다.

$$T_M = T_0 + (T_L - T_0) (1 - e^{-at})$$

〈표 5〉 三相 籠형 誘導電動機의 負荷  $GD^2$ 의 許容값(JEM1224 拔萃)  
單位  $kg \cdot m^2$

出力 [kW]	極數			
	2 極	4 極	6 極	8 極
	60	60	60	60
45	10	50	120	250
55	12	56	150	300
75	16	75	200	400
90	19	89	230	470
110	23	100	280	570
132	26	120	330	680
160	30	140	400	790
200	38	180	490	1,000
250	46	220	600	1,200
280	50	240	650	1,300
315	56	260	750	1,500
355	62	290	820	1,600
400	68	320	930	1,800
450	75	360	1,000	2,000
500	82	410	1,100	2,200

備考: 上表의 수치는 負荷側의  $GD^2$ 를 電動機軸으로 환산한 값을 표시



〈그림 4〉 衝擊負荷時的 電動機 토크

$$a = \frac{375 \times T_L}{GD^2 \times N_0 \times s_f}$$

단,  $T_0$ : 부하 토크의 초기값 ( $kg \cdot m$ )

$T_L$ : 부하 토크의 피크값 ( $kg \cdot m$ )

$T_f$ : 전동기 정격 토크 ( $kg \cdot m$ )

$GD^2$ : 전동기  $GD^2$  + 부하  $GD^2$  ( $kg \cdot m^2$ )

$N_0$ : 동기속도 (rpm)

$s_f$ : 정격 슬립 (p.u.)

이 식에서  $GD^2$ 과  $s_f$ 가 클수록 피크 토크에 대한 電動機 토크는 작아도 된다는 것을 알 수 있다. 이 때문에 電動機  $GD^2$ 의 부하  $GD^2$ 에 대한 비율이 큰 경우, 용량 재검토로 전동기를 소형화하면 플라이휠 효과가 작아지기 때문에 過負荷가 될 경우가 있으므로 주의해야 한다.

\* \* \*

이상, 電動機의 適正容量 算定方法과 유의점에 대해서 概說했는데, 전동기의 효과적 이용을 위해서는 極數나 電壓의 선정 및 可變速制御도 포함한 운전방식에 대한 검토 등도 주요한 과제이다.