電動力設備의 에너지 節減技術

負荷特性에 맞는
電動機 選定方法

定出力負荷에 맞는 電動機

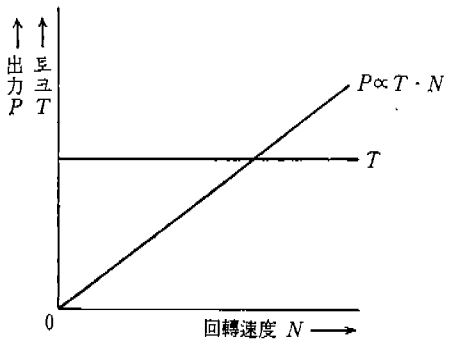
金 善 慶 譯

1. 定出力과 電動機

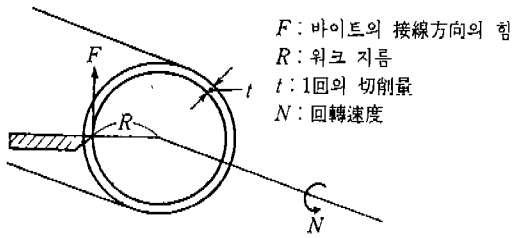
가. 定 토크와 定出力

(1) 定 토크

定 토크란 그림 1에 표시하는 바와 같이 回轉速度와 무관하게 토크가 일정한 것을 말한다. 따라서 出力은 토크와 回轉速度의 곱에 비례하는 것이므로 回轉速度에 비례하는 것이 된다. 펌프·블로어 등의 流體를 수송하는 機械負荷를 제외한 일반적인 機械負荷는 定 토크 특성인 것이 많다. 예를 들면 工作機械負荷는 定 토크 特性인 것이 많다. 예로서 工作機械의 대표격인 軸旋盤을 보면 직경을 D_1에서 D_2로 가공할 때 필요한 토크는 바이트의 접선방향의 힘과 워크 經으로 결정되고 1회의 切削量이 일정하면 바이트의 接線方向의 힘은 일정하다고 생각되기 때문에 정 토크 특성이 된다. 이를 回轉速度를 올려서 빨리 가공하면 당연히 필요한 動力(出力)은 回轉速度에 비례하여 늘어나게 된다(그림 2 참조).



<그림 1> 定 토크



<그림 2> 軸旋盤의 例

(2) 定出力

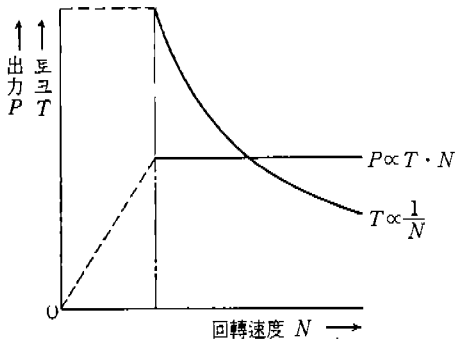
定出力이란 그림 3에 표시하는 바와 같이 回轉速度와 관계없이 出力이 일정한 것을 말한다. 이때 제로 回轉까지 定出力으로 하는 것은 토크가 무한대가 되어 불가능하고 비현실적이다. 일반적으로는 필요한 최대 토크와 最低速回轉 및 最高速回轉에 의하여 定出力의 범위가 정해진다. 定出力負荷로서 취급되는 것은 여러 가지가 있으나 본질적으로 負荷(機械) 자체가 속도변화에 대하여 定出力特性이 되어 있는 것은 존재하지 않고 일반적으로 定 토크 特性負荷의 조건을 인위적, 자동적으로 바꾸어 定出力으로 하고 있다. 예를 들면

(i) 같은 壓延機로 작은 것을 壓延할 때는 壓延量이 적고 필요 토크도 적으므로 고속도로 壓延하고, 큰 것은 壓延量이 많고 토크도 커서 저속도로 壓延한다.

(ii) 荷役機械에서 무거운 물건은 필요 토크가 커지기 때문에 저속도로, 가벼운 것은 필요 토크가 적으므로 고속도로 작업한다.

(iii) 工作機械에서 다듬질 상태를 균일하게 하기 위하여 워크徑에 관계없이 같은 속도로 가공할 때 바이트의 接線方向의 힘을 一定(切削量一定)하다고 하면 워크徑이 작을 때는 고속도로 토크를 작게, 워크徑이 클 때는 저속도로 토크를 크게 하여 운전한다.

등은 잘 알려져 있는 定出力負荷이다.



<그림 3> 定出力

나. 電動機의 體格

電動機의 크기는 捲線의 냉각조건 및 定格電壓이 같고 絶線의 두께가 같다면 直流機, 交流機에 관계없이 出力 토크의 크기에 비례한다. 여기서는 이해하기 쉬운 直流機를 예로 설명하기로 한다.

(1) 토크와 體格

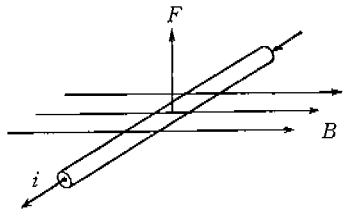
磁束密度 B〔Wb/m²〕의 磁界中의 길이 ℓ〔m〕인 도체에 電流 i〔A〕가 흐르면 그림 4와 같이 도체는 플레밍의 왼손법칙으로 결정되는 방향에 $F=\beta\cdot\ell\cdot i$〔N〕의 힘을 받는다. 이 법칙을 실제의 直流機에 맞추어 보면 도체와 電流의 방향, 힘의 방향은 그림 5와 같다.

1개의 도체에 흐르는 電流는 $1/2a$ 이므로 1개의 도체에 작용하는 힘은

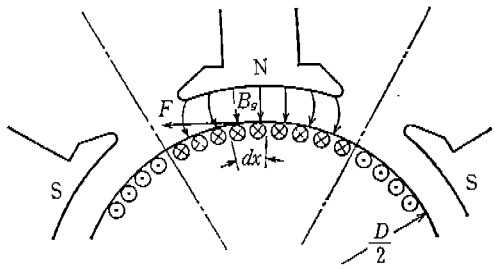
$$F=B_g\cdot\ell_i\cdot\frac{I}{2a}\ 〔\mathrm{N}〕 \tag{1}$$

여기서 Z : 電機子捲線의 전도체수

$2a$: 電機子捲線의 並列回路數



<그림 4> 플레밍의 왼손 法則



<그림 5> 토크와 體格

I : 電機子에 흘러가는 電流〔A〕

B_g : 갭의 磁束密度〔$\overrightarrow{Wb}/m^2$〕

D : 電機子의 外徑〔m〕

ℓ_i : 電機子 鉄心의 軸方向 길이〔m〕

1개의 導體에 의한 토크는 (1)식에 $D/2$를 곱한 것이다.

電機子全體의 토크 T는 그림 5에서 볼 때 電動機 주변에 따른 微小幅 dx에 작용하는 토크 dT를 電機子全周에 걸쳐 積分하여 구한다.

$$dT=\left(B_g \cdot l_i \cdot \frac{I}{2a}\right)\times\frac{D}{2}\times\left(\frac{Z}{\pi D}\cdot dx\right) \qquad (2)$$

$\frac{Z}{\pi D}\cdot dx$는 dx부분에 존재하는 도체수를 표시한다.

이를 積分하여

$$T=\left(\frac{I}{2a}\cdot\frac{Z}{\pi D}\right)\times B_g\times\frac{\pi}{2}\times D^2 l_i \qquad (3)$$

여기서 $\left(\frac{I}{2a}\cdot\frac{Z}{\pi D}\right)$는 電氣裝荷라 불리우는 것으로 電機子周邊 단위길이당의 電流値를 표시하고 電動機를 설계하였을 때 冷却 및 特性上에서 일정한 限界値가 된다. 또 갭의 磁束密度 B_g는 磁氣裝荷라고도 하며 鉄心의 포화를 생각하면 일정한 한계치가 존재한다. 따라서 電氣裝荷, 磁氣裝荷를 일정하게 하는 범위에서는

$$T \propto D^2 \cdot l_i \qquad (4)$$

가 되어 $D^2 \cdot l_i$는 電機子鉄心의 體積이므로 토크는 電動機의 體格에 비례한다.

라. 電動機 選定上의 유의사항

(1) 定出力 범위의 최저속도

定出力의 負荷로 電動機를 사용할 때 定出力으로 사용하는 回轉速度範圍가 중요해진다. 定出力範圍의 최저속도에 의하여 필요최대 토크가 결정되고 (2)에서 기술한 바와 같이 이 토크에 의하여 電動機의 體格이 결정된다. 電動機의 가격은 電動機의 體格에 비례한다고 해도 되므로 最低速度를 함부로 낮게 하면 같은 出力 kW라도 가격이 비싸진다.

필요최대 로크는 出力 P〔kW〕와 최저회전속도 N〔rpm〕에서 다음 식으로 구할 수 있다.

$$T_m=\frac{P\times 10^3}{975\times N}\ 〔kg\cdot m〕 \qquad (5)$$

(2) 定出力範圍의 最高速度

최근에는 될 수 있는 한 最高速度/最低速度의 比를 크게 하여 機械를 유효하게 사용하고자 하는 경향이 있으나 出力과 最低速度에 의하여 결정된 體格의 電動機를 高速으로 운전하면 아래와 같은 문제가 있으므로 충분히 검토할 필요가 있다.

(i) 最高速度에서는 電動機의 過負荷耐量이 작아진다 : 直流機의 경우 整流能力에 여유가 없어져 可變周波電源을 사용한 交流可變速機의 경우는 最高速度에서의 電動機가 낼 수 있는 최대 토크가 작아져 각기 過負荷에 대한 여유가 없어진다.

따라서 最高速度에서 過負荷耐量의 크기에 따라서는 電動機의 體格을 크게 할 필요가 있다.

(ii) 機械的인 강도를 충분히 발휘할 필요가 있다 : 크기가 결정된 電動機의 回轉速度를 올릴 때는 回轉部分의 機械的强度가 문제가 된다. 위험속도나 과다한 遠心力에 의한 應力에 견디는 電動機는 비싸다.

(iii) 冷却條件의 변화와 效率低下 : 定出力範圍에서는 負荷電流를 거의 일정하다고 보므로 捲線에 발생하는 손실도 일정하다고 본다. 따라서 他力 팬으로 냉각할 때는 문제가 없으나 보수상 電動機를 자기냉각 팬으로 계획할 때는 高速이 될수록 팬 動力이 증가하여 效率이 저하하여 조건에 따라서는 電動機出力을 줄일 필요도 있다.

2. 定出力特性을 갖는 電動機

電動機는 본질적으로 定 토크 特性이나 1.-가-(2) 定出力의 항에서 기술한 바와 같이 인위적, 자동적으로 定出力負荷로 한 것에 대응시켜 電動機가 過負荷 또는 軸負荷가 안되도록 제어

<표 I > 定出力負荷에 쓰이는 電動機

	方 式	特 徵	價格比	
			電動機	制御盤
電動機 단독으로 定出力을 얻을 수 있는 것	誘導機의 極數變換方式	(1) 연속적으로 速度를 바꿀 수는 없으나 단계적으로 2段, 3段, 4段까지 제작 가능 (2) 極數變換時의 電流·토크가 크다.	1.3	0.5
制御에 의하여 定出力을 얻을 수 있는 것	直流機의 界磁制御	(1) 速度를 쉽고 광범위하게 원활, 정밀하고 경제적으로 조정이 된다. (2) 定出力범위는 最低速度의 2~3배 정도까지 된다(大形機일수록 범위가 적어진다). (3) 整流子, 브러시가 있기 때문에 보수가 불편하다.	1.0	1.7
	誘導機의 1次周波數制御	(1) 直流機 나름대로 速度制御가 가능 (2) 出力의 변화, 속도의 변화에 따라 力率이 비교적 많이 변화한다. (3) 電源에 포함되는 高調波에 의한 溫度上昇을 고려할 필요가 있다.	4.8	4.5 (전류형 인버터)
	捲線形誘導機의 크리머 方式에 의한 制御	(1) 速度制御範圍를 넓게 하면 直流機의 體格이 커진다. 30% 減速 정도가 적당 (2) 過負荷耐量이 비교적 크게 잡힌다. (3) 起動裝置가 필요	1.5	0.7
	同期電動機의 制御(無整流子電動機)	(1) 直流機와 동등한 制御가 可能 (2) 定出力範圍, 過負荷耐量은 直流機보다 약간 못함 (3) 토크 脈動이 비교적 크다.	2.2	3.4 (直流式)

주: 價格比는 300 kW 定出力範圍 750~1000rpm으로 하고 直流電動機를 1.0으로 함

하여 定出力特性을 만들어 내고 있는 것이다.

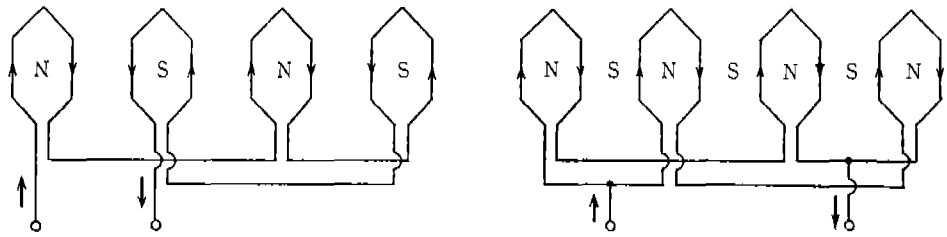
이와 같은 사고방식에 의하여 定出力特性을 얻을 수 있는 電動機를 분류하면 다음과 같다 (표 I 참조).

가. 電動機 단독으로 定出力特性을 얻을 수 있는 것

回轉速度가 단계적으로 변화하여도 무관할 때는 極數變換誘導機가 있다.

極數變換方式에는 보통 하나의 捲線을 接續變更하여 極數를 極數比 2:1로 바꾸는 方式(單一捲線方式 그림 6)과 極數가 다른 두 개 이상의 捲線을 동일 슬롯 안에 수납하는 方式(多重捲線方式 그림 7)이 있고 또 이 兩方式을 組合시켜 極數의 단계를 많게 할 수도 있다.

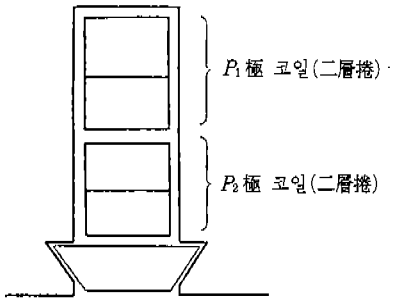
籠形의 경우는 자동적으로 固定子의 勵磁極數에 대응한 電流가 回轉子에 흐르기 때문에 固定子捲線이 極數變換만으로 되나 捲線形에서는 回轉子捲線의 極數變換도 필요하게 되어 구조가 복잡해지므로 별로 사용하지 않는다.



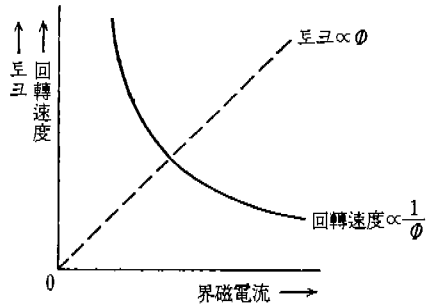
(a) 4極接續(高速)
이것을 델타 결선으로 한다

(b) 8極接續(低速)
이것을 스타 결선으로 한다

<그림 6 > 定出力極數變換의 例



<그림 7> 二重捲線 極數變換의 슬롯과 코일



<그림 8> 界磁制御時의 토크와 回轉速度
(電機子電壓·電流가 一定한 경우)

나. 制御에 의하여 定出力을 얻을 수 있는 것

(1) 直流電動機의 界磁制御

他勵 및 分捲直流電動機의 界磁電流를 제어함으로써 定出力으로, 또한 회전속도를 연속적으로 변화시킬 수 있다.

直流電動機의 발생 토크 및 회전속도는 다음과 같이 표시된다.

토크 $T=K_1 \cdot \Phi \cdot I_a$ 〔N·m〕 (6)

回轉速度 $N=K_2 \cdot \dfrac{V-R \cdot I_a}{\phi}$ 〔rpm〕 (7)

여기서 K_1, K_2 : 比例定數

V : 端子電原

ϕ : 主磁束(포화를 무시하면 界磁電流에 比例)

I_a : 電機子電流

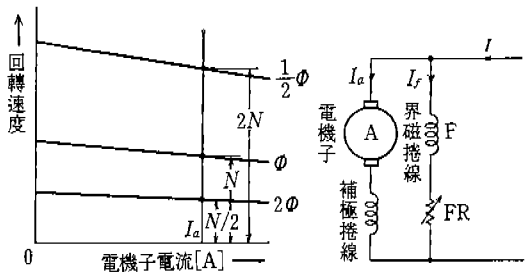
R : 電機子回路抵抗(捲線抵抗, 브러시 抵抗 등)

따라서 鉄心의 포화를 무시하면 主磁束 ϕ는 界磁電流에 비례하므로 界磁電流, 즉 主磁束을 제어함으로써 토크, 回轉速度를 변경할 수 있다 (그림 8, 그림 9 참조). 이때 電動機出力은 토크와 回轉速度의 곱으로 되므로 (6), (7)式의 곱을 취하면

$P \propto K_1 \cdot K_2 (V \cdot I_a - R \cdot I_a^2)$ (8)

이 되어 主磁束(界磁電流)와는 관계없이 出力을 一定하게 할 수 있다.

直流機는 훌륭한 速度特性과 制御性能이 있으나 整流子라는 제조상, 보수상 불편한 점이



<그림 9> 分捲電動機의 界磁制御

있어 최근에는 交流可變速機로 교체되고 있다.

(2) 誘導機의 制御

誘導機는 直流機에 비교하여 저속에서 고속까지 비교적 쉽게 大容量機의 제작이 가능하고 거기에다 농형은 견고하고 염가이기 때문에 앞으로 交流可變速機 분야에서 사용이 확대되리라 생각된다. 誘導機 制御에는 여러 가지 方法이 쓰이고 있으나 여기서는 定出力負荷에 맞는 制御方式에 대하여 설명키로 한다.

(가) 一次周波數制御

이 制御方式에서의 可變周波數電源은 최근의 다이리스터 應用技術·制御技術의 발달로 인하여 여러가지 방식이 개발되고 出力電壓波形로 正弦波에 가까운 것이 얻어질 수 있게 되었다. 誘導電動機의 同期回轉速度는 다음 式으로 표시된다.

$$N_s=\frac{120\times f}{p}\ [\text{rpm}] \tag{9}$$

여기서 f : 電源周波數〔Hz〕

p : 極數

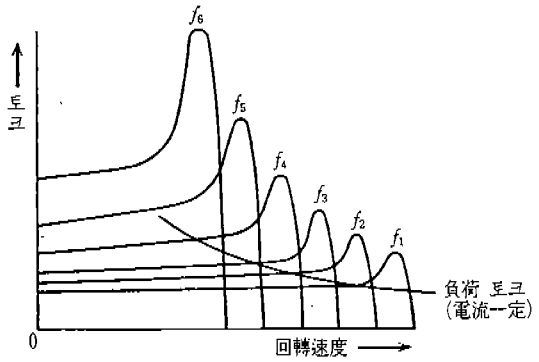
따라서 可變周波電源을 설치하면 同期速度를 자유롭게 바꿀 수 있다. 이 방법은 捲線形이거나 籠形에도 적용되고 전력효율이 좋기 때문에 이상적인 制御方式이라 할 수 있다. 周波數制御時의 최대 토크는 다음式으로 근사치가 표시된다.

$$T_m\propto K\cdot\frac{V^2}{f\cdot(x_1+x_2)^2}\propto\left(\frac{V}{f}\right)^2 \tag{10}$$

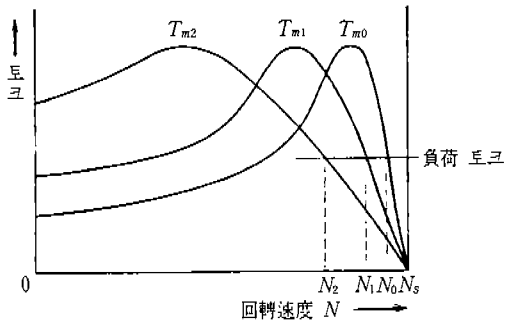
여기서 K : 比例定數

V : 一次電壓

f : 一次周波數



<그림 10> 周波數制御時의 電動機 토크(電壓一定)



<그림 11> 二次抵抗制御時의 負荷 토크와 回轉速度의 關係

x_1 : 二次 리액턴스

x_2 : 二次 리액턴스의 一次換算値

따라서 定出力負荷에 사용할 때는 一次電壓이 一定에 가까운 制御를 하여 負荷電流를 거의 一定하게 하기 위하여 그림10과 같은 回轉速度와 토크의 관계가 된다.

(나) 크리머 方式

捲線形의 誘導機를 二次抵抗制御하는 것은 잘 알려져 있는 速度制御方式이나 그림11에 표시하는 바와 같이 定 토크 特性으로서 사용하는 것이 한도이고 감속함에 따라 二次抵抗損이 증대한다.

$$\left.\begin{aligned}&P_2=P_1-(P_{1c}+P_i)=P_{2m}+P_{2c}\\&P_{2m}=(1-s)P_2\\&P_{2c}=sP_2\end{aligned}\right\} \tag{11}$$

여기서 P_1 : 一次入力

P_2 : 二次入力

P_{1c} : 一次銅損

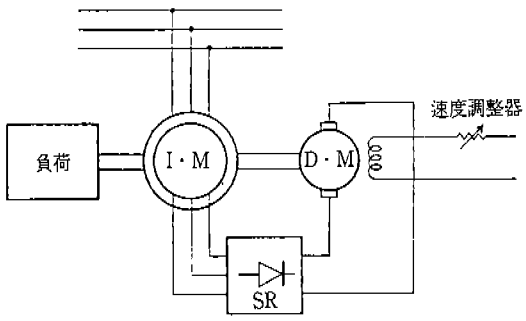
P_{2c} : 二次銅損

P_i : 鉄損

P_{2m} : 二次機械出力

s : 슬립

의 관계가 있다. 따라서 二次抵抗損 P_{2c}를 회수하여 기계적인 動力으로 바꾸어 電動機의 主軸에 돌려주면 슬립에 관계없이 二次入力의 대부분이 機械出力으로 변환되므로 定出力으로 사용할 수 있다. 이 方式을 크리머 方式이라 한다. 최근에는 그림12에 표시하는 바와 같이 슬

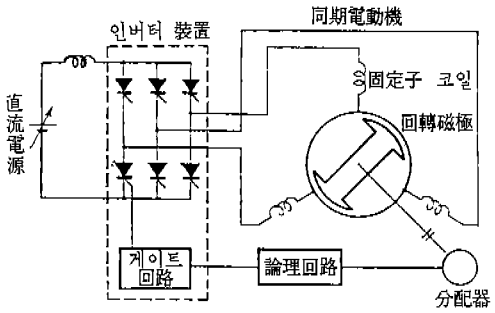


<그림 12> 크리머 方式

링에서 꺼낸 二次電力을 실리콘 整流器로 直流로 변환하여 誘導機에 직결된 直流電動機를 구동하는 방식이 많다. 크리머 方式은 감속범위를 크게 하면 直流機의 분담출력이 증대한다. 너무 증대하면 직접 直流機로 구동하는 것이 유리해지므로 충분한 검토가 필요하다.

(3) 同期電動機의 制御

同期電動機는 一次捲線의 直流에 의한 回轉磁界에 磁極이 붙어서 돌기 때문에 負荷가 변화하여도 속도가 전혀 변하지 않는 완전한 定速度特性의 電動機이다. 이 電動機를 그림13과 같은 電源回路로 운전하는 方式이다. 이 方式은 回轉磁極의 위치를 분배기로 검출하여 論理回路를 통하여 다이리스터의 게이트 制御信號로 변환시켜 磁極의 위치에 따라 電機子의 各相捲線에 순차적으로 通電하도록 제어하는 것이다(그림 14 참조). 이 制御方式에 의한 動作原理는 直流電動機와 흡사하며 直流機의 電機子를 固定子로, 界磁를 回轉子로, 整流子를 다이리스터로 바꾸어 놓은 것으로 볼 수 있다. 또 분배기는 轉流(直流機에서는 整流에 해당한다)때문에 위치검출의 작용을 하고 있어 直流機의 브러시에 해당하는 것으로 간주되므로 無整流子電動機라 부른다. 특성은 直流電動機와 같은 것을 얻을 수 있고 界磁制御, 電機子電壓制御, 位相角制御(直流機의 브러시 위치를 이동시키는 것에 해당한다)가 된다. 電源의 變換方式에는 交流電力을 直流로 변환시켜서 交流可變周波電力으로 하는 直流式과 直流를 개재시키지 않고 직접 交流可變周波電力으로 하는 交流式(사이크로 콘버터 方式)이 있으나 電動機를 제어하는 기본원리는 같다.



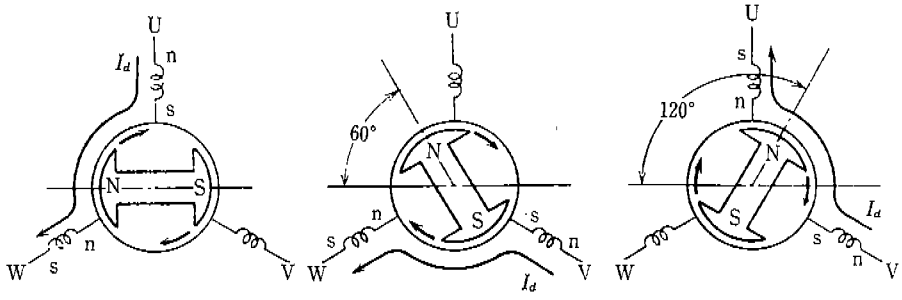
<그림 13> 直流式無整流子 電動機

3. 定出力負荷에 맞는 電動機의 구체적인 選定

가. 壓延機用 電動機

(1) 周圍條件의 검토

壓延機에 사용되는 電動機의 주위조건은 나



N, S ; 回轉磁極의 極性
n, s ; 電機子捲線의 極性
I_d ; 電機子電流

<그림 14> 無整流子電動機 動作 모드

쁜 것이 보통이다. 다량의 鉄粉이나 먼지 등이 있고 水蒸氣, 물, 기름 등이 쓰이는 일이 많으므로 電動機의 보호형식이나 설치장소의 검토가 필요하다. 깨끗한 공기로 충분히 환기가 되어 있는 電氣室에 설치될 때는 開放形이라도 문제가 없으나 환경이 나쁠 때는 全閉形으로 하여 청정한 공기를 보내는 他中力管通風冷却이 바람직하다. 그것이 안될 때에는 濕度나 기름, 가스 등을 고려한 絶緣方式을 채택하여 분진에 대한 保護構造(필터의 설치 등)을 검토하고 捲線의 오손에 의한 冷却率低下를 고려한 溫度上昇에 여유가 있는 電動機를 사용하여야 하겠다. 또 주위온도가 기준 주위온도 40℃를 넘을 때는 溫度上昇値를 낮게 억제한 電動機로 할 필요가 있다. 기타 壓延機에서 전해지는 진동이나 충격에 대해서도 충분한 검토가 필요하고 특히 大形機에서는 軸系 등의 꼬임振動의 共振이 문제가 되는 때가 있으므로 주의하여야 한다.

(2) 필요한 特性

(가) 可逆熱間壓延機

이 壓延機는 1組의 上롤, 下롤로 구성되어 壓延機를 왕복 통과시켜 壓延하는 것이기 때문에 運轉 패턴은 加速－壓延－減速－停止－(逆轉)－加速－壓延의 반복이 된다. 따라서 生産性을 올리기 위하여는 加速·減速에 필요로 하는 시간을 될 수 있는 한 단축시키는 것이 바람직하다. 壓延工程의 시작은 壓延機의 斷面치수가 크고 길이가 짧으므로 低速度로 出力 토크를 크게, 후에는 斷面치수가 작고 길이가 길므로 出力 토크를 줄여 高速度로 운전하여 定出力特性으로 하고 있다. 또 壓延機가 롤에 감겨 있을 때 (壓延中)는 롤러테이블 등 다른 부속기계와의 速度同調나 품질을 일정하게 하기 위하여 負荷 토크가 변화하여도 속도는 변하지 않는 定速度特性인 것이 바람직하다.

(나) 連續熱間壓延機

帶鋼이나 線材 등의 壓延材를 壓延할 때는 壓延材를 다수의 압연 롤을 통과시켜 완성시켜 가는 것이기 때문에 각 롤間의 速度同調가 중요하고 엄밀한 정속도특성이 필요하다. 이 경우도 여러 가지 材質, 치수의 壓延機를 壓延 스케줄에 따라 壓延하기 때문에 이에 대응하여 壓延速度와 出力 토크의 관계를 조정하여 定出力特性으로 하고 있다. 또 生産性면에서 라인스파드는 될 수 있는 한 빠른 것이 바람직하므로 電動機가 高速, 大容量化되고 있는데, 壓延을 시작할 때는 壓延材를 전체 롤을 통과시킨 후 일제히 가속하므로 電動機의 慣性을 작게 하기 위하여 直流機의 예에서는 單電機子形에서 複電機子 내지는 3電機子形이 채택되고 있다.

(다) 連續冷間壓延機

이 壓延機는 連續熱間壓延機와 외관상 흡사하나 壓延材는 常溫에서 壓延되고 또 각 롤 사이에서 張力을 얻으면서 압연된다. 따라서 各롤間의 速度同調를 취하여 가며 토크 制御가 되는 것이라야만 한다. 各壓延 롤 驅動電動機의 협조를 잘하기 위해서는 各電動機의 速度－負荷 토크 特性은 약간 垂下特性으로 되어 있는 것이 좋고 이 垂下特性의 정도를 원활하게 조정할 수 있도록 할 필요가 있다.

(3) 電動機의 選定

壓延機에 필요한 諸特性을 制御할 수 있는 대표적 電動機는 他勵直流電動機이다. 界磁制御로 主磁束을 制御하고 電壓制御로 電流를 制御하여 토크와 회전속도를 콘트롤하므로 이제까지의 定出力範圍를 갖는 壓延用電動機는 대부분 他勵直流電動機이다. 이밖에 同期電動機를 可變周波電源으로 구동하는 無整流子電動機가 壓延機用으로서 실용화된 예가 있고 또 籠形誘導電動機의 벡터 制御의 연구도 진행되고 있다. 無整流子電動機의 경우 동작원리가 直流機와 거의 같고 制御性能은 直流機와 같은 것을 얻을 수 있다고 알려져 왔으나 過負荷耐量 등의 점에서 壓延機에는 적용되지 않고 있다. 앞으로 이들 交流可變速機가 直流機를 대신하리라 생각된다.

(가) 保護方式과 冷却

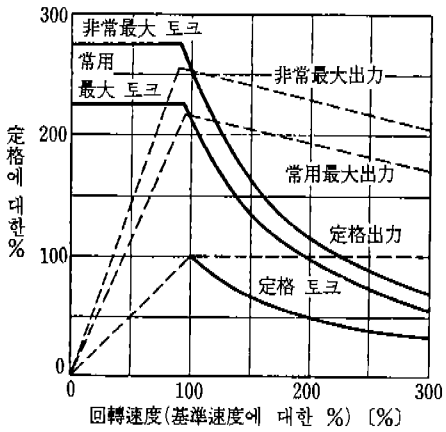
周圍條件을 충분히 검토하여 결정한다.

(나) 定格出力

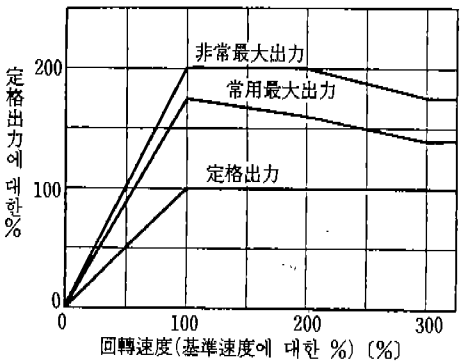
壓延所要 에너지 또는 소요 토크를 이론식이나 경험적 실측치에서 구하고 壓延速度에서 所要動力을 결정한다.

(다) 過負荷耐量

壓延機가 롤에 감길 때의 충격 토크 및 急加減時의 소요 토크로 결정된다. 壓延材用 電動機의 절연 및 온도상승은 일반공업용에 비하여 가혹하기 때문에 過負荷時 熱容量을 충분히 여유를 둘 필요가 있다. 壓延用直流電動機에 대한 규격(그림15)을 참고하기 바란다.



(a) 可逆壓延用 直流電動機의 過負荷耐量



(b) 非可逆(連續)壓延用 直流電動機의 過負荷耐量

<그림 15>

(라) 定出力範圍

壓延 스케줄에 의하여 결정되나 單機에 의한 kW×rpm에는 한도가 있어 이를 넘을 때는 上롤, 下롤을 다른 電動機로 구동하는 雙電動機方式 등이 채택된다.

나. 捲取用電動機

(1) 필요한 特性과 制御

捲取機를 사용하는 장치에는 鉄鋼産業에서의 帶鋼, 線材壓延 라인 이후의 捲取機 및 도금 등의 표면처리 라인의 捲取機, 紙·필름·印刷産業에서의 捲取機 등 많은 분야에서 사용되고 있다. 어느 경우에도 라인의 처리 스피드에 同調시키면서 처리하는 재료에 일정한 張力을 加한 상태로 捲取롤에 捲取하는 장치이다. 따라서 지나치게 감기면 電動機出力 토크의 증가와 回轉速度의 低減에 의해 定出力特性이 되어 速度制御와 張力制御(토크 制御)가 동시에 되어야 할 필요가 있다. 이와 같은 制御에는 他勵直流電動機를 사용하여 (6), (7)式에 표시한 바와 같이 端子電壓, 電機子電流를 일정하게 하고 界磁制御로 主磁束을 捲取徑에 비례시켜 늘리면 捲取徑에 비례한 토크가 얻어져 回轉速度가 反比例하게 되므로 매우 적합하게 된다. 또 다른 방법은 처리하는 재료에 주어지는 機械 에너지는 電動機에 加해진 電氣 에너지에 비례한다는 관계를 이용한 것으로, 관계식은 다음과 같다.

$$E \times I_a = k \times v \times T \qquad (12)$$

여기서 E : 電動機의 逆起電力

I_a : 電動機의 電流

v : 處理材의 速度

k : 比例定數

T : 處理材에 加해진 張力

즉, 逆起電力 E는 回轉速度×磁束에 비례하고 處理材速度 v는 回轉速度×捲取徑에 비례하므로 界磁를 制御하여 逆起電力 E와 處理材速度 v가 비례하도록 하면 張力 T는 電動機電流 I_a에 비례한 관계가 되므로 電流를 制御함으로써 張力制御가 가능해진다.

(2) 電動機의 選定

捲取機用電動機로는 종전 일부에 捲線形誘導機의 크리머 方式이 있는 외에는 대부분이 制御가 쉽고 精度가 높은 制御가 되는 他勵直流電動機가 사용되었다. 근래에는 可變周波電源을 이용한 無整流子電動機나 籠形誘導電動機가 사용되는 예가 눌어나고 있다. 이때 電源에 포함되는 高調波電流成分에 따라 토크 맥동이 발생하므로 적용하는 데는 다음과 같은 점에 유의하여야 한다.

(i) 速度制御範圍에서의 機械系 固有振動數와의 共振을 피한다.

(ii) 低速領域에서는 특히 토크 脈動이 커져 제품의 품질이 고르지 않게 될 가능성이 있으므로 사용하는 速度制御範圍를 충분히 검토할 필요가 있다.

(iii) 정밀한 처리 라인의 捲取機用에 사용할 때는 高調波電流成分이 적은 可變周波電源方式으로 할 필요가 있다.

나. 工作機械用 電動機

(1) 필요한 特性

工作機械用 電動機는 종전 籠形誘導電動機를 사용하여 일정속도의 出力을 기어의 變換방식으로 機械速度를 바꾸던 것이 대부분이었다. 이것이 機械의 大形化·精密化에 따라 機械의 加工能率向上이나 速度制御의 용이성이 요구됨에 따라 電動機를 電氣的으로 직접 速度制御하게 되었다. 工作機械를 사용하는 공장의 대부분은 큰 電源容量이 없고 공장의 바닥면적을 유효하게 이용할 필요와 電動機는 단지 起動源일 뿐 주체는 工作機械라는 점 때문에 다음과 같은 것이 요구되고 있다.

(i) 電動機의 起動電流를 억제할 것

(ii) 制御盤의 설치면적이 작을 것

(iii) 조작이 간단하고 보수도 간단할 것

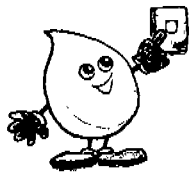
(iv) 일반적으로는 정밀한 速度制御는 필요없고 速度를 설정하면 개략의 定速度特性을 얻을 수 있는 정도로 한다.

(2) 電動機의 選定

(가) 小形工作機械用

小形의 橫軸旋盤 등 연속적으로 速度를 制御할 필요가 없는 것은 電動機容量도 적어지므로 籠形誘導電動機의 2段 내지는 3段의 極數變換方式을 直入起動할 때가 많다. 極數變換方式과

에너지 節約을 위한 실천사항



● 조명등 스위치는 개별스위치나 타임스위치를 설치하여 전기를 아낍시다.

기어를 組合시켜 機械速度의 段數를 늘리고 있는 것이 보통이다.

(나) 中形工作機械

中形의 縱軸施盤 등에서는 電動機容量도 커져 연속적인 速度制御에 의해 가공능률을 올릴 필요가 있으므로 分捲直流電動機를 쓰는 경우가 많다. 이때 交流電源을 실리콘 整流器로 整流하여 直流電源을 얻도록 하면 制御盤은 실리콘 整流器와 界磁電流制御用 저항의 간단한 구성이 되므로 작은 것으로 될 수 있다. 또 起動方法은 電機子回路에 起動用抵抗器를 直列로 넣어 순차적으로 短絡시키면 起動電流를 충분히 억제할 수 있다.

(다) 大形工作機械用 및 精密度를 요하는 工作機械用

大形化됨에 따라 電動機容量이 커지고 制御精密度가 요구되므로 他勵直流電動機를 다이리스터 레오나드 方式으로 운전하여 電壓制御와 界磁制御를 使用하여 토크 制御, 速度制御를 하는 것이 보통이다. 최근에는 보수상 交流可變速機를 사용하는 예가 늘고 있다. 이때 電動機容量이 數百 kW 정도의 것이면 일반적으로는 籠形誘導電動機를 다이리스터 인버터로 一次周波數制御하는 방식이 가격면에서 유리하다. 交流可變速機를 사용할 때는 誘導機 또는 同期機와 여러 가지 可變周波電源方式과의 組合을 생각할 수 있는데 각기의 특징이 있고 가격적으로도 큰 변화가 있으므로 충분한 검토가 필요하다.

라. 기타의 定出力負荷用 電動機

(1) 攪伴機用 電動機

일반적으로 攪伴機는 材料를 혼합시킬 뿐이므로 정밀한 制御가 필요치는 않으나 材料의 종류나 온도에 따라 粘度가 변하고 負荷 토크가 변화하므로 이에 대하여 回轉速度를 변경하여 定出力負荷로 하여 生產性을 올릴 필요가 있다. 따라서 材料의 종류가 적고 電動機容量도 적은 小形에서는 籠形誘導電動機의 極數變換方式을 사용하는 예가 많다. 또 電動機容量이 크고 速度範圍도 넓은 경우는 分捲直流電動機를 실리콘 整流器電源으로 사용하는 예가 많다.

(2) 押出機用電動機

押出機는 負荷 토크 特性이 攪伴機와 비슷하나 押出機 뒤에 계속되는 필름라인 등과의 협조를 위하여 低速度領域까지 고도의 速度制御가 요구된다. 따라서 他勵直流電動機를 다이리스터 레오나드 方式으로 운전하여 電壓制御와 界磁制御를 使用한 토크 制御, 速度制御를 하는 예가 많다. 負荷의 토크 特性과 制御性能으로 볼 때 押出機用의 直流電動機를 交流電動機와 바꾸어 놓는 것은 쉬운 일이므로 앞으로는 交流可變速機가 주체가 되리라 생각된다.

(3) 船舶用 荷役 윈치

윈치중에도 定出力負荷로 사용되는 것은 카고윈치이다. 카고윈치용의 電動機는 사용하는 환경을 고려하여 다음과 같은 점을 충분히 유의할 필요가 있다.

(i) 여러 사람이 조작하므로 操作의 容易性과 충분한 保護裝置가 필요하다.

(ii) 停泊期間에 제한이 있으므로 고장이 없도록 해야 한다.

(iii) 甲板에 설치되므로 튼튼하고 충분한 防水構造이어야 한다.

종전 直流電動機는 直流發電機를 1:1로 組合시킨 워드레오나드 方式이 사용되어 왔으나 船舶의 交流化와 더불어 보수점검이 쉬운 籠形誘導電動機의 極數變換方式이 많이 쓰이게 되었다. 이 경우 4/8/28極의 極數變換形이 보통이며 28極은 중량물이나 파손되기 쉬운 것을 감아올리기 시작할 때나 着床時에, 8極은 定格重量物의 常用速度에, 4極은 輕負荷 또는 로프를 감는 데 사용하고 있다. 이 電動機는 荷役狀態에서 起動하기 때문에 起動時의 突入電流가 電源에 미치는 영향이나 電動機回轉子의 溫度上昇을 충분히 검토할 필요가 있다.

☞ 다음 호에 계속