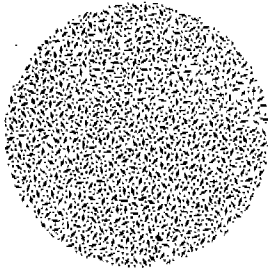


# 에너지節減을 위한 電 動機 選定法과 運轉法

## Electric Motor's Selection and Operation for Energy Saving



李 承 院

서울大 工大 教授

### 1. 序 論

인간은 자연중에서 자연에 순응만 하면서 살아온 것이 아니라 자연중에 있는 여러가지 물체를 그들이 필요로 하는 물건으로 바꾸어 왔고 그들이 사는 환경을 안락하게 개조해 왔으며 또 자연중에 존재하는 여러가지 에너지를 그들에게 도움이 되는 에너지로 바꾸어 쓰고 있다.

그러던 중 그들이 사용하던 에너지자원에 있어서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 석유의 공급 한계가 명백해지고 수요의 격증에 따라 부족현상을 나타내기 시작 가격이 폭등하기 시작하였다.

즉, 1971년에 배럴당 1불하던 것이 1981년에 와서는 35불을 호가하기 까지에 이르렀다.

즉 10년간에 35배로 폭등한 것이다.

그리하여 온 세계는 새 에너지 자원개발과 에너지 절약시대를 맞이한 것이다. 그런데 전기에너지는 많은 특징을 가지고 있어 이 자연에너지의 약 40%가 전기에너지로 변환되어 사용되고 있다. 그런데 자연에너지를 전기에너지로 변환해서 수송한 다음 이것을 또 우리가 필요로 하는 에너지로 재차 변환하는 과정에서 약 70%의 손실이 발생한다. 또 우리가 소비하는 전기에너지의 약 50%가 전동기에 의해서 기계적 동력으로 재차 변환되어 사용되고 있다. 이상과 같은 여러점을 종합적으로 감안할 때 전기에너지의 전동기에 의한 기계동력으로의 변환 과정에 있어서의 손실감축이 얼마나 절실한가를 우리는 알 수 있을 것이다.

그래서 이 과정에 있어서의 손실감축이라는 관점에서 전동기를 어떻게 선정해야 하나 또 그 운전은 어떻게 해야하나를 검토해 보기를 한다.

종래에는 새로운 설비를 계획할 경우 사용자측에서 소요능력을 산출설비제작소에 발주한다. 설비제작회사에서는 그 설비에 소요되는 전동기 용량을 결정 전기제작소에 발주한다.

이 경우 표준전동기를 사용하기 위해서 과다용량을 사용하는 경우가 많다. 또 부하용량과 일치하게 용량을 정하였다하더라도 제작대상의 변경 등으로 인해 정격부하이하로 운전하게 되는 경우도 많다.

특히, 송풍기와 같은 경우에는 공기의 온도가 변화하면 부하특성이 변화하게 되어 소요동력이 달라진다.

또, 시장사정에 따라 조업도도 달라질 것이다. 즉 수요가 적으면 생산을 감축해야하기 때문에 정격동력 이하로 사용하게 된다. 따라서 기계를 선정할때는 이러한 점을 감안해야 한다.

또, 적절한 전동기를 선정하였다하더라도 상기와 같은 여러가지 부하의 변동에 따라 가장 효율적인 운전방법이 있을 것으로서 여기에서는 적절선정과 그 운전법에 관해서 검토해 보았다.

## 2. 電動機의 選定法

### (1) 전동기 선정방법

공장이나 대형건물설비에 사용되는 전동기는 전동기에 걸리는 부하의 상태 부하와 시간과의 관계 부하용량과 전동기 용량과의 관계 또 부하와 사용 조건등에 가장 적합한 것을 선정해야 하는데 이의 방법에는 과다용량 전동기를 사용하지 않는 이외에 다음과 같은 점이 고려되어야 한다.

a. 일정부하 전동기로서는 고효율 전동기를 사용한다.

b. 변동부하에 대해서는 부하의 종류에 적합한 가변속도 전동기를 사용해야 한다.

c. 변동부하에 일정속도 전동기를 사용할 경우는 가변주파 임버터를 두어 그 주파수를 변화시킴으로써 전동기 속도를 변화시킬 수 있도록 해야 한다.

### (2) 설에너지용 전동기의 종류와 그 적용

#### a. 고효율전동기

우리나라에서는 범용전동기에 대한 KS규격이 제정되어 있는데 이는 기름값이 배럴당 1불 시대인 것으로서 35불 시대인 현재로서는 당연히 재고를 해야할 처지라고 보는 바이다. 그러나 아직 그에대한 구체적인 작업은 이루어지고 있지 않다.

전동기의 효율을 상승시키기 위해서는 철손이 작은 철심재료의 사용 철심 및 도선재료의 중량 등이 고려되어야 한다. 고효율 전동기는 송풍기, 펌프 방적용 등 가동시간이 긴 것일수록 유리한데 현시점에서 5.5KW 이상에서는 2~4% 그 효율을 상승시키는 것이 전동기 가격과 설에너지 가격과의 분기점이 될 것으로 사료된다.

고효율전동기는 운전손실을 적게해서 효율을 향

상시키기 위해서 전부하시의 슬립을 적게해야 한다. 그러나 이 경우 기동 회전력은 낮아진다. 따라서 기동정지가 빈번한 부하에는 부적당하다.

그래서 종래 100%의 부하로 운전하던 전동기를 고효율 전동기로 대체할 경우 전동기가 과부하가될 우려도 있으므로 이점 주의를 요한다.

또, 고효율 전동기라 할지라도 전동기가 경부하가 되는 시간이 길 경우에는 효율이 낮아질 때가 있으므로 그의 선정에 있어서 이점에 대해서도 주의를 해야 한다.

#### b. 극수변환전동기

극수변환전동기는 1:2, 1:1.5, 2:3, 3:4 등의 2단 변속을 위시해서 3단 4단으로 유단변속되는 전동기로서 정출력, 정토크, 2승 저감토크 특성을 가지고 있다. 이것은 타 가변속도 전동기와 비교해 볼때 구조가 가장 간단하기 때문에 수리가 용이하고 고속도에서 슬립이 적기 때문에 각종부하에 있어서 큰 성능저하 효과를 거둘 수 있다. 특히 송풍기나 펌프등에 사용함으로써 큰 성능저하 효과를 거둘 수 있는 방법이다.

#### c. 1차전압제어 전동기

유도전동기에 가하는 1차 전압을 사이리스터 역병렬접속이라든가 트라이악등에 의해서 제어함에 의하여 무단변속 운전을 할 수가 있다.

일반공장이나 대형건물의 공조설비의 송풍기나 펌프의 전력소비량도 전체의 약 50% 이상이 보통인데 이들의 부하용량은 하기, 동기와 같은 제철에 따라 또 하루의 주간 야간에 따라 그양이 많이 달라진다.

이 경우 풍량조절을 펌프등에 의해서 하지말고 전동기의 속도를 조절해서 사용하면 막대한 전력이 절약된다. 그래서 이런 경우 이와같은 무단변속 전동기를 선택해야 한다.

그외에도 이 전동기는 콘베어와 같은 수송기계, 연선기, 권선기와 같은 화학기계등에 사용할 경우 많은 전력이 절약된다.

#### d. 와전류 크릿치 전동기

농형유도 전동기에 와전류 크릿치와 속도 검출용 교류발전기를 직결 와전류 크릿치의 전류를 조절 전동기로부터의 전달력을 제어 부하변동시에도 일정속도를 유지케하는 전동기로서 속도제어범위가 1:10 정도의 정토크 교류의 무단변속 전동기이다. 이 전동기는 주로 중용량의 부하에 적합하다.

### e. 직류 전동기

직류전동기는 원래가 변속비가 크고 정도가 높은 가변속도기로서 산업에 널리 사용되고 있다. 다만 정류자를 가지고 있는 관계로 해서 작은 고장파보수 유지비가 많이 드는 결점이 있다.

### f. 사이리스터 전동기

사이리스터 전동기의 본체는 일종의 동기 전동기이며 전기자는 유도전동기의 고정자와 꼭 같고 회전자의 자석을 교차 자극으로서 게자코일의 틈에 코일 지지물에 의해서 고정되고 있다. 회전부에 코일이 없기 때문에 활동환이나 부러쉬가 없어 구조가 견고하여야 유지보수가 쉬우면서도 직류기와 같은 제어가 가능하기 때문에 아주 세밀한 속도제어에 의해 전력을 크게 절약할 수가 있다. 또 직류기와 같은 정류한계가 없기 때문에 고속화, 대용량화 할 수 있는 특징이 있다.

### g. 가변주파임버터

상용교류를 정류기에 의해서 정류해서 일정전원을 만든 다음 이것을 임버터부에서 다시 가변전압, 가변주파수의 교류전류로 변환하여 유도전동기나 동기전동기를 구동시키는 것으로서 특히 최근 대형화가 기도되고 있는 펄스폭변조제어방식의 경우에는 다음과 같은 이점이 있다.

(가) 정류기가 전파정류회로로 되어있어 제어회로가 대폭 간단화 되었으며 전원예외의 고주파영향도 감소되었다.

(나) 부품수가 대폭 감소되어 신뢰성이 향상되었다.

(다) 저주파영역에서는 과형이 개선되기 때문에 저속시의 토오크특성이 양호하다. 그래서 특히 기설 유도전동기나 동기전동기를 가변속도로 운전하여 성에너지의 목적을 달성하려고 할 때 이 가변주파 임버터를 사용한다.

이상 설명한 성에너지용 전동기의 종류와 용도를 정리한 것이 표 1이다.

## 3. 省에너지用 電動機選定節次

2항에서 성에너지용 전동기의 종류와 특징 및 각종부하에의 적용에 대해서 논하였는데 이들을 부하에 따라 어떻게 선정해야하나 하는 문제가 남아있다.

## 〈표-1〉 성에너지용 전동기의 종류와 그 용도

### 1) 일반농형전동기

• 고효율전동기-펌프, 송풍기, 빙정기등으로서 연간 부하가 거의 일정한 경우

### 2) 가변속 전동기

• 극수변환전동기-펌프, 펌 등 2승 저감토오크 특성을 갖고 유단변속으로 에너지절감이 가능한 부하

• 극수변환전동기(일정회전력)-콘베어, 권선기, 자반기, 방직기등 회전수가 저하하더라도 토오크가 일정한 부하로서 유단변속으로서 충분히 에너지 감축이 가능한 부하

• 일차전압제어전동기-펌프, 송풍기등 2승 저감 토오크 특성의 부하로서 무단변속이 필요한 경우

• 일차전압제어전동기(일정회전력)-콘베어, 권선기, 연선기, 곰포기, 압연기 크레인행주행용 전동기 등 회전수가 변화하더라도 토오크가 일정한 특성을 갖는 무단변속부하용

• 와전류결합전동기-펌프, 송풍기, 콘베어, 권선기, 본체가 원심주조기등 회전수가 변화하더라도 회전력이 일정한 부하

• 직류전동기-전선을 감을 때와 같이 주변속도가 일정하게 제어한다든가 공작기계와 같이 광범위하게 속도를 제어할 필요가 있는 부하

• 사이리스터전동기-일반산업, 제철용 등 무부러쉬 직류 전동기로서 응답이 빠르고 변속범위가 넓은 부하

### 3) 권선형 전동기

• 2차저항제어-시동빈도가 높은 크레인 권상기등에 사용되나 성에너지형이 아니다.

• 2차여자제어-펌프, 송풍기, 선동기, 공기압축기, 압축기등 50KW이상의 용량부하

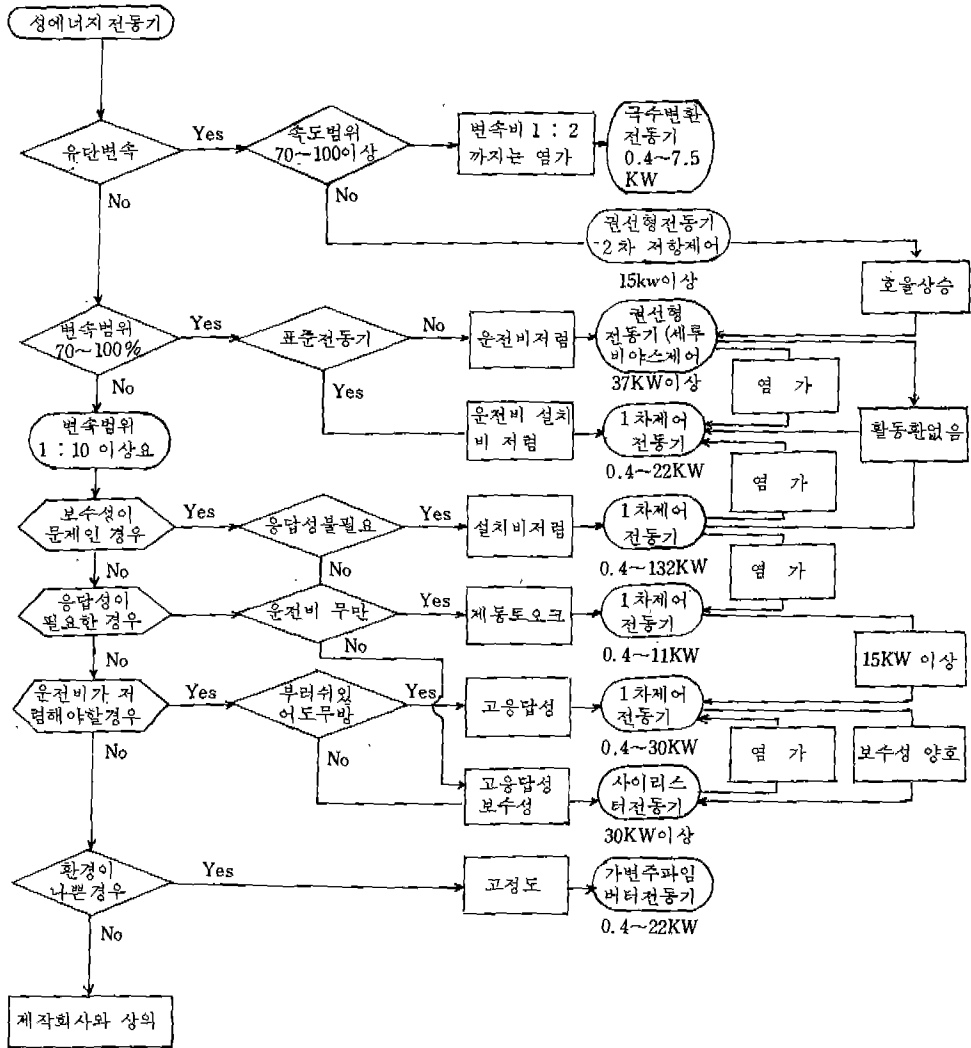
### 4) 동기전동기

• 영구자석동기전동기-화학섬유기계 구동용등 여러 개의 전동기를 제어한다든가 전동기 상호간에 일정한 속도관계를 갖게할 필요가 있는 부하

5) 가변주파임버터 구동전동기-농형유도전동기, 동기전동기를 가변주파 임버터 전원에 의해서 속도를 제어하여 각종산업용 부하에 사용한다.

전동기는 변속속도범위, 응답성, 설치방법, 가격환경등을 감안해서 그림 1과 같은 절차에 따라 검토 이를 선정해야 한다.

## 4. 變速電動機에 의한 省에너지



공장설비 대형건축설비 및 일반산업용에 사용되고 있는 전동기는 일정부하로 연속적으로 운전되고만 있지 않다.

즉, 단속적으로 부하가 변동되는 경우가 있다. 일정부하운전을 하고 있는 것 같지만 사실은 계절과 시간에 따라 주기적으로 변화하는 경우가 많다.

이와같은 변동부하에 대해서 정속도 전동기를 사용한다는 것은 성에너지 운전의 견지에서 볼때 대단히 비효율적 운전이 된다.

그리고 일직전압제어 변속이나 와전류결합전동기 사용에 의한 속도제어는 저속운전의 경우 슬립손실이 발생해서 얼른 생각하기에는 성에너지 운전법이 아니라고 생각하기 쉬우나 이 경우 일력의 감소로

인한 전력절감이 있으므로 슬립손실 증가분이 문제가 되지 않을 정도로 전력이 많이 절약되는 것이다

그런데 각 변속방식의 우열은 성에너지의 견지에서만 고려할 것이 아니라 그 설비비도 아울러 고찰해야 그 전체적인 경제성을 알수 있을 것이므로 이 두가지 관점에서 각 변속운전을 검토 비교해야 한다.

### (1) 운전비용의 비교

운전전력비용을 슬립전력 손실이 발생하는 경우와 전회전수에 있어서 손실이 같은 경우와 종합효율면에서 검토하기로 한다.

(a) 슬립손실이 발생 저회전일수록 효율이 저하

하는 경우

와전류결합방식, 2차저항 제어방식이 이에 속하는 방식으로서 이 방식에 있어서의 슬립전력손실  $P_s$ 은 다음과 같이 된다.

부하토크가 회전수의 2승에 비례하는 경우 (2승 토크부하)

$$P_s \approx P_0 (1-s)^2 \cdot s = P_0 n^2 \cdot (1-n)$$

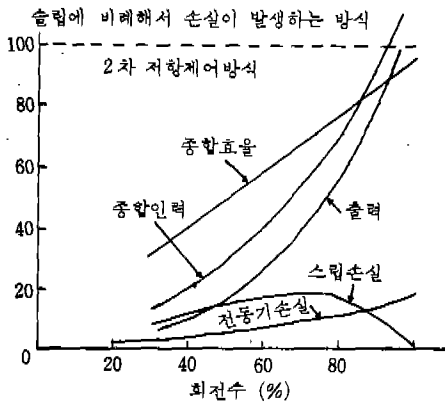
부하토크가 회전수와 관계없이 일정한 경우

$$P_s \approx P_0 \cdot s = P_0 \cdot (1-n)$$

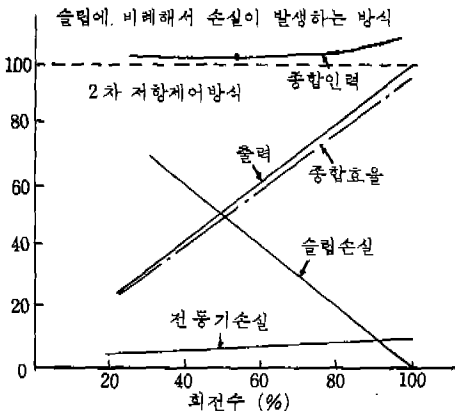
여기서  $P_0$ 는 정격출력,  $s$ 는 퍼유닐로 표시한 슬립,  $n$ 는 회전수이며 이것을 도표로 표시한 것이 그림 2 및 3이다.

(b) 효율이 회전수와 무관한 방식

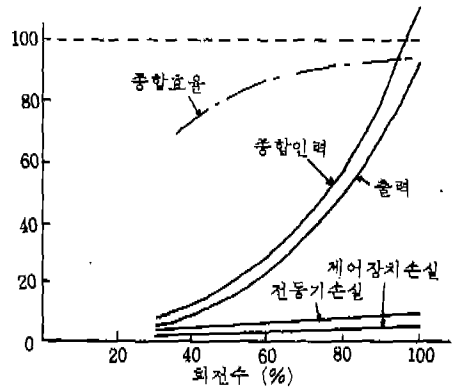
1차 주파수 제어방식과 2차 여자제어방식이 이 방식에 속하며 이경우는 슬립손실이 발생하지 않으므로 종합인력이 거의 종합인력과 같으며 이 경우의 종합효율손실 입력출력을 표시하면 그림 4 및 5와 같다.



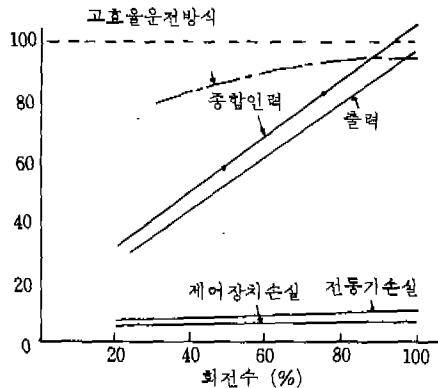
〈그림-2〉 2승토크부하의 경우의 특성



〈그림-3〉 전 토크 부하의 경우의 특성



〈그림-4〉 2승 토크부하의 경우의 특성



〈그림-5〉 정토크 부하의 경우의 특성

## (2) 설비비용의 비교

(a) 초기투자비와 운전비

일반적으로 효율이 낮은 장치는 초기 투자비는 저렴하나 운전비가 많이 들고 효율이 좋은 장치는 이와 반대이다. 따라서 성에너지의 관점에서만 본다면 효율이 좋은 장치를 설치해야 하겠지만 종합적 경제성을 고려해야 하기 때문에 초기투자비와 아울러 검토해야 한다.

(b) 회전수 제어범위와 제어장치의 비용

제어장치용량(가격)이 전동기의 크기에만 관계되는 방식과 출력과 회전수 제어범위를 가미한 것에 관계되는 방식이 있다.

(c) 제어장치의 가격이 전동기 출력에만 관계되는 경우

2차 주파수제어 무정류자전동기가 이 경우로서 정격회전속도까지 제어할 경우 전동기 정격용량 해당 사이리스터 변환장치가 필요하게 된다.

그러나 송풍기 펌프등과 같이 2승 토오르크부하의 경우에는 장치용량이 회전수의 3승에 비례해서 저감되기 때문에 한정된 저회전범위 내에서만 제어할 경우 경제적이어서 가능하다.

(b) 제어장치의 가격이 회전수제어 범위에 따라 달라지는 경우

2차 여자제어방식, 와전류결합방식, 유체결합방식, 2차저항제어방식등이 이러한 방식으로서 지금 2차 여자제어방식인 세루비아스방식의 경우에 대해서 검토해보면 다음과 같다. 이 경우의 2차 사이리스터 변환장치의 용량[KVA]은 다음과 같다.

$$KVA \propto S_{max} KWO$$

여기서  $S_{max}$  : 회전수제어범위의 최대슬립

$KWO$  : 전동기 정격출력

따라서 정지세루비아스방식에서는 회전수 제어범위가 고속도영역의 경우에서만 경제적이다. 보통 50%~100%회전수 범위에서 유리하다.

동기 세루비아스방식의 경우는 동기속도를 중심으로 상하속도에서 운전되므로 변환장치용량은 정지세루비아스의 경우와 1/2정도이면 족하나 사이크로 콤팩터를 사용하기 때문에 용량감축에 비례해서 그 비용이 감축되지는 못한다.

이 방식에서는 30~100% 정도의 회전수범위에서 사용할 수 있어 비교적 광범위변환이 유효한 방식이다.

와전류결합방식, 유체결합방식, 2차저항제어방식의 경우의 장치의 용량은 부하 토오르크 특성에 따라 상이하다.

2승 토오르크부하의 경우에는 장치내 슬립손실이 최대가 되는 것은 슬립이 33%가 되는 경우로서 이 경우의 손실이 정격출력의 약 15%가 된다.

따라서 이 장치는 이 손실해당온도 상승을 억제하기 위한 충분한 냉각능력을 갖게해야 한다. 정격부하의 경우 그 손실을 슬립에 비례함으로써 최저속도에서 최대가 된다. 따라서 장치는 최저속도에서 발생하는 열을 발산할 수 있어야 한다.

## 5. 一定運轉을 可變速으로 할에 의한 省에너지

종래 송풍기펌프는 일정속도 구동전동기로 운전을 하고 그 풍량이나 유량의 조절을 뱀퍼나 발부에

의해서 조절해 왔었는데 이 방법에 의한 풍량이나 유량의 손실을 수반하게 된다.

이 경우 이를 전동기의 속도를 조절함에 의한 것 같으면 막대한 에너지를 절약할 수 있게된다.

지금 송풍기의 속도조절의 경우를 검토해 보자. 풍량(Q), 풍압(H), 회전수(N), 축동력(P) 간에는 다음의 관계가 있다.

$$Q = k_1 N$$

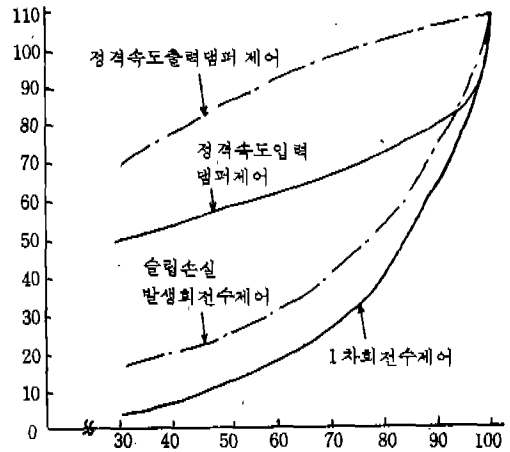
$$H = k_2 N^2$$

$$P = k_3 N^3$$

여기서  $k_1, k_2, k_3$  는 비례상수

즉, 속도가 감축될 경우 축동력이 회전수의 3승에 비례해서 감소하게 되므로 에너지가 감절됨을 알 수가 있다.

그림 6은 송풍기의 풍량과 각속도 제어방식과의 관계를 표시한 것이다. 뱀퍼제어와 회전수제어에 있어서 그 풍량의 경우에는 차이가 없으나 풍량이 내려갈수록 소비전력차가 많아져 회전수제어가 얼마나 많은 전력이 절약되는가를 알 수 있다.



〈그림 - 6〉 풍량, 회전수 (%)

### (1) 속도제어에 의한 전력절감 실례

그림 6에 따라 1000KW송풍기의 풍량을 조절함에 있어 각 제어방식에 따른 전력절감액을 계산해 보기로 한다.

지금 연간 운전시간이 8000시간인데 그 중 100% 75%, 50% 부하가 각 1/3 기간씩 걸렸다고 보자, 그리고 전력요금을 40원 / KWh라고 하자.

저항뱀퍼의 경우 소요전력은

$$1000KW \times (1.06 \times 0.33 \times 0.97 \times 0.33 + 0.84 \times 0.33) \times 8000h = 7.66 \times 10^4 KWh$$

입구 밸브 제어의 경우 소요전력은

$$1000KW \times (1.06 \times 0.33 + 0.71 \times 0.33 + 0.59 \times 0.33) \times 8000h = 6.29 \times 10^4 KWh$$

2차 저항제어의 경우(슬립손실발생의 경우)의 소요전력은

$$1000KW \times (1.06 \times 0.33 + 0.59 \times 0.33 + 0.29 \times 0.33) \times 8000h = 5.18 \times 10^4 KWh$$

고효율 운전의 경우 소요전력은

$$1000KW \times (0.18 \times 0.33 + 0.47 \times 0.33 + 0.15 \times 0.33) \times 8000h = 4.54 KWh$$

$$\times 8000h = 4.54 KWh$$

이것을 전기요금으로 비교하여 보면 제 1표와 같다.

이것으로 미루어본다할 것 같으면 80% 이하에서 운전하는 시간이 긴 경우에는 회전시 변환장치비는 1, 2년에 회수됨을 알 수가 있다.

또 아주 극히 저풍량의 경우만 이 방식에 의한 제어를 함에 의하여도 경제성을 높이는 방식으로서 용량이 적은 VVVF를 사용 저풍량일 때만 사용케 하여 설비부자를 적게하는 방법도 고려할 수 있다.

(표-1) 각종방식에 따른 전력비 대비율

제 어 방 식	저항 밸브 제어	입구 밸브 제어	슬립발생 방식에 의한 회전수제어	고효율 운전방식에 의한 회전수제어
년간소요전력량	$7.66 \times 10^4 KWh$	$6.29 \times 10^4 KWh$	$5.18 \times 10^4 KWh$	$4.54 \times 10^4 KWh$
년간 전기요금	30640만원	25160만원	20760만원	18160만원
전력 용급차	+12480만원	+7000만원	+2560만원	0

## 6. 回轉數制御로 할때 考慮해야할 點

종래 일정속도로 운전하던 것을 회전수 제어운전 방식으로 바꿀 경우에는 다음 사항들을 검토해야한다.

(1) 원심음력의 반복에 따른 피로증가문제

회전수 변경에 따라 원심음력이 빈번히 변하므로 그 밀도와 변화폭에 따른 기계의 피로파괴 가능성에 대한 검토를 사전에 해야한다.

(2) 온도상승문제

전동기가 저속도에서는 냉각효과가 저하하므로 주의를 요한다.

그러나 2승 토오크 부하의 경우에는 냉각효과 이상으로 손실이 저하하므로 별문제는 없을 것이나 각 속도에 따른 냉각효과의 감축으로 인한 온도상승 문제를 검토해야 한다.

(3) 사이리스터 전원사용시의 맥동의 영향

이 경우 번복맥동토오크가 발생하므로 이에 의한 기계의 비틀림 진동에 대해서 검토를 해야한다.

(4) 전원고주파의 영향

사이리스터에서 유출되는 고주파가 타기계에의 이상유입, 유도장해 전원과의 병렬공진에 의한 이상 전압 발생들을 검토해야 한다.

## 7. 各 回轉數制御方式의 選定法

(1) 와전류결합방식과 유체결합방식

기설 유도전동계가 농형이거나 권선형이거나 간에 적용할 수 있다. 결합장치에 있어서의 슬립만큼 최고속도가 떨어짐에 유의해야 한다.

그리고 결합장치만큼 축방향거리가 길어져서 기초공사를 다시해야 한다.

설비비는 적게으나 성에너지 효과는 그리 크지않다. 그리고 냉각계, 순화유계통을 보강해야 한다.

(2) 2차 저항제어방식

권선형 유도전동기에 적용되며 개조비는 적게으나 성에너지 효과가 적고 보수비가 증가한다.

(3) 정지세루비아스방식

권선형 유도전동기에 유효한 방법이나 역시 부러쉬나 슬립링을 개조해야하며 정류장치로 인한 역률 저하로 말미암아 전류가 증가한다.

또, 축전압이 유기되기 쉬우므로 이에대한 대책을 강구해야 한다. 시설비는 크나 성에너지 효과가 크다.

(4) 1차 주파수 제어방식

기설 유도전동기 동기전동기에 다 적용시킬 수 있으며 전동기는 전혀 개조할 필요가 없다.

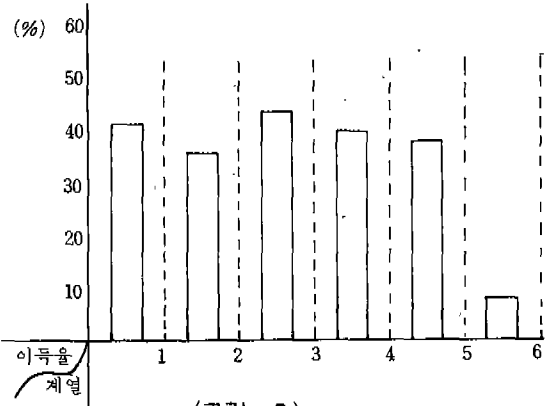
제어장치도 비교적 간단하고 설치비도 적게 든다.

(5) 무정류자전동기

전동기 자체를 교환해야하므로 여러가지 애로점이 수반된다. 그러나 고장이 아주 적어 보수비가 적게 드는 장점이 있다.

### 8. 우리나라全電動機에 節減運轉法 使用時 總節減推定量

우리나라에서 이 방법을 채택할 경우 에너지 절감량이 얼마나 되나를 알아보기 위해서 기계철강계



〈그림-7〉

〈표-2〉

계열	(KWh)	(만) 저항법퍼	(KWh)	(만) 고효율제어	(만) 이득액	(%) 이득율
1. 기계철강	51,996,730	207,987	30,550,846	122,203	85,784	41.2
2. 전기(발전소)	210,562,988	842,252	139,261,053	557,044	285,208	33.9
3. 석유화학피혁	341,068,623	1,364,274	196,038,847	784,155	580,119	42.5
4. 광업시멘트	223,295,661	893,183	135,611,990	542,448	350,735	39.3
5. 섬유제지	134,856,768	539,427	89,133,418	356,534	182,893	33.9
6. 상하수국	427,384,752	1,709,539	388,531,593	1,554,126	155,413	9.1
총합계	1,389,165,522	5,556,662	979,127,747	3,916,511	1,640,151	29.5

열, 발전소, 석유화학계열, 광업 및 시멘트 공업계열, 상하수도의 몇개씩 총30개를 추출, 이것을 계열별로 종합한 것이 표 2이고 이를 도표화 한 것이 그림 7이다. 이를 볼 것 같으면 조사대상 30기업체에 있어서의 연간 절약되는 전력량이 가격으로 환산 164억원에 달한다. 그리고 이것은 전동기 소요 전력의 30%에 해당하는 것으로서 전국적으로 산업용 전력의 50%가 전동기 부하라고 가정할 때 이의 30% 즉 전산업용 전력의 15%가 절약되는 것이다. 이는 84년도 한전 총판매 전력량 4,705만 1,137 MWH를 기준으로 계산할 경우 약 3천 6 백억원이 절약되는 것이다.

### 9. 結 論

에너지 비용이 아주 쌀 때는 시설비 감축에 신경을 써 왔으나 성에너지시대를 맞은 지금에 와서는 운전비 절감을 우선해서 고려해야 한다. 그런데 성에너지 운전은 본고에서 속도제어에 의해서 이득률이 유익함을 알 수 있었으며 이를 위한 방법으로서 가변주파 임버터에 의한 방법이 가장 전력이 많이 절감됨을 실험을 들어 설명함으로써 이방법이 가장 우수함을 알 수 있었다.

나의 변속운전법을 채택할 경우 본문에 기술한 주의점에 대한 배료를 잊지 말아야 한다. \*