

# “電動機의 可變速制御시스템” Adjustable Speed System of Motor

成 基 契

金星計電(株) 常務

## 1. 머리말

오일쇼크(Oil Shock) 이래 에너지의 有効利用은 산업계에서는 가장 중요한 테마가 되었다. 특히 전기는 쓰기 쉽고 깨끗한 에너지이기 때문에 그 수요가 매년 증가일로에 있음은 누구나 다 아는 사실이다.

따라서 이 전기의 最高效率의 運用은 모두가 깊이 검토해 보지 않으면 안되는 문제인 것이다.

먼저 전기의 에너지 절약 대상을 분류하여 보면

### 1) 電氣機器 單体の 에너지 절약

높은 效率의 채용, 負荷率의 조사, 不必要時의 정지等 機器 單体에 대한 검토

### 2) 單一機能 시스템의 에너지 절약

펌프, Blower 等 單一機能설비의 高效率운전

### 3) 플랜트의 에너지 절약

플랜트 전체의 Total 에너지 관리 시스템, 排熱回收 시스템, 보일러 설비 負荷追從에 의한 總合 高效率 운전 시스템 등으로 분류할 수 있을 것이다.

이러한 것들은 서로 복잡하게 얽혀 있기 때문에 製品의 생산 프로세스나 操業 상황에 맞추어 가장 적합한 에너지 절약방식을 고려할 필요가 있다.

여기서는 에너지 절약 시스템 중에서도 가장 대표적인 것이며 효과가 큰 펌프, Blower 설비의 可變速運轉에 대해서 서술한다.

## 2. 可變速 運轉에 의한 動力節電의 原理

산업계에서 펌프, Blower 의 설비는 매우 많이 사용되고 있으며 일반적으로 값이 싸고 보수가 용이한 유도전동기가 많이 쓰이고 있다.

그러나 이러한 설비중에는 設備計劃容量과 實負荷의 사이에 큰 差가 있는 것 또는 輕負荷, 重負荷의 변동이 심한 것 등이 있다.

이러한 설비에서는 驅動電動機를 減速 운전함으로써 Damper 나 Valve를 사용치 않는다든가 또는 필요에 따라 Damper 나 Valve 와 병용함으로써 機能을 만족시킴과 동시에 커다란 에너지 절약효과를 가져올 수 있다.

다시말해 펌프, Blower 의 회전속도가 어느 범위내에서 변화하는 경우는 대개 다음 관계의 식이 성립되며 이것을 2乘低減 토크 負荷特性이라고 한다.

$$\text{流量(風量, 水量)} Q \quad Q \propto N \dots\dots (1)$$

$$\text{壓力(風壓, 揚程)} H \quad H \propto N^2 \dots\dots (2)$$

$$\text{軸動力} P \quad P \propto N^3 \dots\dots (3)$$

(N : 驅動機 回轉速度)

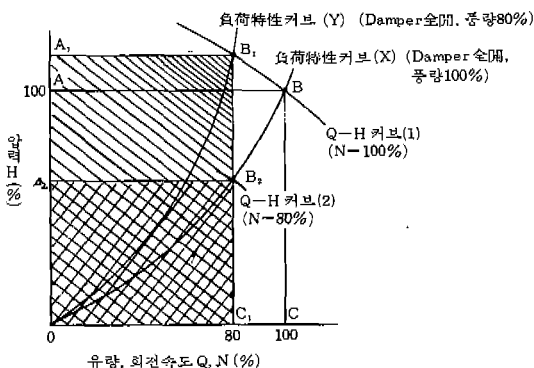
즉, 예를 들어 Blower에 있어서는 풍량을 조절하는데 Damper로 제어하는 것은 Blower의 Q-H 특성을 변화시키지 않고 管路抵抗을 변화시켜서 유량을 변화시키게 되기 때문에 軸動力은 그다지 감소하지 않는다.

그러나 속도제어를 해서 Damper를 全開한 채로 減速하는 경우는 Q-H 곡선이 비례해서 감소한다. 이 방식을 사용하면 軸動力은 이론식에 의하면 3乗으로 저하되어 대폭적인 에너지 절약이 실현될 수 있는 것이다.

(그림 1은 Blower의 Damper 제어특성을 나타낸 것이다. 전동기를 100% 속도로 운전하고 100% 유량이 필요한 경우의 運轉點은 커브(1)과 負荷特性커브(X)의 交點 B이고 이때의 軸動力(Q×H)은 面積 ABCO가 된다.

전동기를 100% 속도로 운전하고 Damper를 어느위치까지 닫음으로써 80%의 유량을 얻게 되는 경우의 運轉點은 Q-H 커브(1)과 부하 커브(Y)의 交點 B<sub>1</sub>이 된다.

또한 이때의 軸動力은 A<sub>1</sub> B<sub>1</sub> C<sub>1</sub> O가 된다. 한편 전동기의 속도를 80%로 함으로써 80%의 풍량을 얻게 되는 경우의 運轉點은 Q-H 커브(2)와 부하 커브(X)의 交點 B<sub>2</sub>가 되고 이때의 軸動力은 A<sub>2</sub> B<sub>2</sub> C<sub>1</sub> O가 된다. 즉 前者와 後者를 비교해 보면 可變速運轉의 경우가 A<sub>1</sub> B<sub>1</sub> B<sub>2</sub>



〈그림-1〉 Blower의 Q-H 특성

A<sub>2</sub>만큼 軸動力(電力)이 절약된다는 것을 알 수 있다.

### 3. 可變速 시스템의 種類와 適用

電動機를 變速하면 에너지 절약이 가능하다는 것은 전술한 바와 같다. 그러면 전동기를 變速하는 데는 어떤 방식이 있으며 각각 어떤 특징을 가지고 있는가에 대해서 알아보자.

#### 1) 電動機 極數 變換制御

2~3種의 다른 속도모만 운전하는 플랜트에 적합하며 값이 싸고 용이한 제어방식이다. 미세한 조정은 不可能하지만 Damper 제어와 병용해서 운전하면 상당히 유효한 제어방식이다.

#### 2) 繼手制御

기계식의 流体繼手와 전기식의 過電流繼手が 있으며 일정속도로 운전하고 있는 전동기의 出力軸에 繼手を 넣어 軸動力의 전달을 제어하는 방식이다.

값이 싸고 용이한 제어방식이나 기존 설비에 추가하는 때는 취부하기 위해 기계주위의 改造가 필요하며 더우기 繼手부분에서의 손실이 크기 때문에 채용에 있어서는 검토를 要한다.

#### 3) 1次 電壓制御

誘導電動機에의 印加電壓을 변화시켜 發生토크를 제어하여 속도를 변화시키는 방식으로 效率, 力率制御성능은 약간 떨어지나 값이 싸고 용이하기 때문에 小容量機에의 적용이 有利하다.

#### 4) 2次 電力制御

捲線形 전동기를 사용해서 그 2차전력을 제어하는 방식으로 2차 저항제어는 용이하나 저항에서 열손실이 발생하기 때문에 에너지 절약은 되지 않는다.

열손실을 발생시키지 않는 셀비우스 제어는 권선형 전동기 2차측에 정류기와 인버터 장치를 直列로 설치해서 2차전력을 전원측에 回生함으로써 속도를 제어할 수 있다.

이 제어는 권선형 전동기의 使用이라고 하는 特殊性이 있으나 高速度만의 可變速에서는 變

換機容量이 적고 높은 효율의 운전이 가능하다.

#### 5) 1次電壓・周波數制御

전동기의 電源電壓과 周波數를 일정한 比, 즉  $V/f=C$ 로 변환시켜 전동기에 변화시킨 주파수를 가하는 제어방식이다.

이 방식을 채용하면 기존의 전동기 및 기계 주위에 특별한 개조없이 可變速 제어가 가능케 된다.

小容量에는 트랜지스터형, 大容量에는 다이리스터형 인버터가 사용된다. 이 방법은 일반적으로 VVVF 제어 (Variable Voltage Variable Frequency)로 불리며 이 VVVF의 방식에도 전류형, 전압형, 초퍼형, Pulse 幅變調形 등이 있고 각각 특징을 갖고 있다.

### 4. VVVF의適用

에너지 절약을 目的으로 한, 可變速 시스템에는 이상 서술한 여러방식이 있으나 기존의 유도전동기를 可變速하는 데는 VVVF 방식이 가장 적합한 방식인 것이다. 이 VVVF를 적용하는 경우는 下記 각항의 검토가 필요하다.

1) 機械系의 共振은 軸(Shaft)의 파손이라는 중대한 문제를 일으킨다.

일반적으로 기존설비에서는 計劃運轉 범위내에 이 共振點이 있으면 制御의으로는 회피가 곤란하다.

事前에 機械系共振에 대해서 충분히 검토를 要한다.

#### 2) 高調波에 의한 영향

기존의 전동기나 Blower, 軸, 커플링 등은 VVVF 驅動用으로 제작되어 있지는 않기 때문에 高調波에 의한 영향은 신중히 검토하지 않으면 안된다.

##### a) 전동기의 온도상승

矩形波전류에 의한 운전을 위해 전동기에 흐르는 전류는 歪形波가 되어 高調波 Loss에 의해 온도가 상승한다.

특히 큰 軸出力이 요구되는 高速영역에서 문제가 된다. 따라서 고속운전에서는 상용전원에

切換해서 운전하는 것을 고려한다.

##### b) 軸電壓의 發生

高調波에 의해 軸電壓이 발생해서 軸電流가 흘러 軸受 등이 손상을 입게 된다. 만일 軸電壓이 발생하는 경우는 接地브러쉬를 취부해서 대처한다.

#### 3) 振動 토오크와 軸비틀림 共振

VVVF 운전을 하는 경우는  $6Nf$  周波數의 토오크 振動이 생긴다 ( $6$ : 整流 相數,  $N$ : 整數,  $f$ : 制御周波數). 이 振動 토오크는 機械系의 振動源이 된다.

이 때문에 전동기와 Blower의 軸이 결합한 軸의 비틀림 固有振動數와 一致하는 點(共振點)을 통과하는 경우에는 振動 토오크가 전달되어 軸, 커플링이 진동한다. 일반적으로는 충분히 強度的으로 견딜 수 있으나 공진점에서의 연속 운전은 통상 피해야 한다.

#### 4) 高調波電流의 電源에의 영향

高調波電流가 전원측에 流出되는 경우가 있다. 이 경우는 전기기기의 이상과열 등이 일어날 위험이 있기 때문에 주의를 要한다. 만약 발생하는 경우는 적당한 Filter의 삽입을 고려한다.

지금까지 서술한 바와 같이 기존의 설비를 VVVF 可變速으로 하기 위해서는 각각의 항목에 대해 상세히 검토할 필요가 있다. 더우기 에너지 절약을 위한 可變速은 下記 조건에 유의할 필요가 있다.

1) 플랜트로서 總合的인 效率이 좋을 것

2) 自動制御의 附加價値를 고려하여 自動化, 省力化를 계획할 것

3) 單體, 플랜트로서 信賴性, 安全性이 높고 동시에 保守가 용이할 것

4) 기존설비에 용이하게 附加할 수 있고 특별한 改造를 요하지 않을 것

5) 토오크 振動이 플랜트 運用에 영향이 없을 정도로 충분히 작을 것

6) 플랜트에서 요구되는 始動 토오크, 最大 토오크를 충분히 낼 수 있을 것. 더우기 加變速,

減變速에 있어서도 충분히 적용시킬 수 있을 것

7) 事故時的 Back-up이 가능할 것. 즉, 可變速裝置의 사고로 플랜트의 停止에 이르지 않도록 충분히 주의해서 계획 할 것

등이 計劃時點에서 必히 검토해야 할 사항들이다.

### 5. 代表的인 適用例

#### 1) 間歇(간헐) 負荷에의 적용

종래 定速으로 운전하고 있던 펌프, Blower의 不要時間帶를 減速운전하여 전력의 절약을 꾀하게 된다.

설비의 操業 패턴에 따라 부하가 변동하는 설비 예를 들면 냉각탑용 Blower 등이 여기에 해당된다.

이 부하에서는 100% 속도 가까이에서는 상용전원 운전하면서 종래대로 Damper를 併用하는 것이 VVVF의 設備容量이 작게 되어 효과적이다.

#### 2) 連續負荷에의 적용

설비용량이 實負荷에 비해 지나치게 크다는 가 설비변경에 의해 유량의 제어가 필요한 경우

가 이 경우로서 많은 實績이 있으며 今後도 급속히 수요가 증가할 것이다.

이 설비의 대표적인 예는 보일러의 各種 補助機器로서 (FDF, IDF, BWP用) 일반적으로 보일러 설비는 플랜트의 가장 중요한 설비이며 豫防保全을 포함해서 상당한 余裕容量을 가지고 운전되고 있다. 여기에 可變速裝置를 도입하면 상당한 에너지 절약이 가능케 되나 실제 적용에 있어서는

- 1) 事故時的 對策
- 2) 制御應答의 檢討
- 3) 펌프, Blower 相互間의 영향과 全시스템과의 關係等의 검토가 필요하다.

### 6. 結 論

이상 전술한 바와 같이 전동기 설비, 특히 펌프, Blower 설비의 可變速에 의한 에너지 절약은 가장 적합한 變速裝置로서 가장 적합한 운전을 하면 에너지 절약의 量도 가장 크고 더우기 플랜트 運用에 유연성이 생겨 큰 附加價値가 생기게 되는 것이다.

## 韓電사장 職代 成樂正씨 내정

정부는 새해 1월 1일자로 公社로 발족하는 韓國電力사장 직무대리에 成樂正 현 부사장을 내정한 것으로 30일 알려졌다.

韓電은 31일 成사장 직무대리의 명의로 法院에 公社설립 등기를 마칠 예정이다.

한편 韓電 및 韓國重工業 사장을 겸임하고 있는 金榮俊사장은 韓國重工業 사장만을 맡게 될 것으로 알려졌다.

또 李南周 부사장은 퇴임하고 金永權, 金善昶, 申東仙, 金炯澤, 崔相得, 文熙成 이사와 鄭名煥감사는 유임될 것으로 알려졌다.

#### ◇ 成사장 略歷

- ▲ 27년 忠南禮山 출생 ▲ 서울大工大·同大學院 졸업
- ▲ 국방과학 연구소 연구관 ▲ 韓電 기술계획 부장·理事 부사장

