

에너지節約을 위한

그룹콘트롤에 의한 電力節減

Energy Saving by the Method of Group Control

에너지管理公團 진단지도부·기술사

朴 鎬 哲

여러 대의 機械가 동일한 目的으로 設置된 유틸리티 設備의 경우는 各機械를 個別로 管理치 않고 全体的으로 制御함으로써 불필요한 電力使用을 최대로 억제하여 요구되는 목적을 이루면서 에너지 節約을 기할 수 있다.

따라서 本稿에서는 空氣壓縮機, 펌프 등의 特性에 따른 그룹 콘트롤(Group Control) 技法과 電力節減의 效果를 提示해 본다.

1. 空氣壓縮機(Air Compressor)

가. 그룹 콘트롤의 必要性

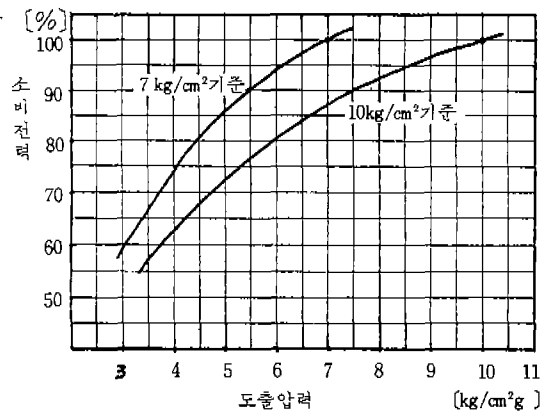
空氣壓縮機는 所要軸動力이 다음과 같이 計算된다.

$$Lad = \frac{K}{K-1} \cdot \frac{P_1 \cdot Q_1}{6120} \left\{ \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right\} \cdot \frac{1}{\eta} \text{ (kW)}$$

이 式에서 보는바와 같이 壓力比가 낮을 수록 消費電力은 減少하며 보통 吐出壓力을 1kg/cm² 낮추게 되면 그림 1에서 보는바와 같이 6~8

% 정도의 소비전력이 감소된다.

實際 에어 콤프레서를 設置한 工場에서 壓縮 空氣의 使用량이 가장 많을 때의 壓力은 정상시 와 比較할 때 1~2kg/cm² 정도 차이가 있으며 이는 정상시의 壓力을 使用량이 많을 때의 壓力



〈그림 1〉 吐出압력과 소비전력 감소

으로 낮추어서 管理해도 問題點이 없는 경우가 많다.

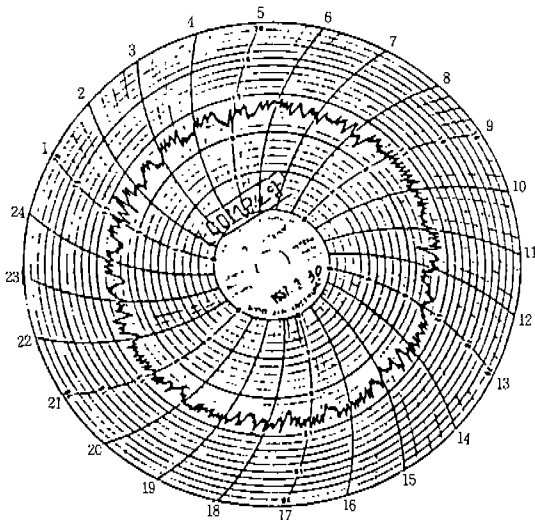
또 壓力의 時間的 變化 그래프(Graph)를 作成하게 되면 그림 2와 같이 壓力變化의 폭이 2 ~ 3 kg/cm² 정도 있게 된다.

그러나 基準供給壓力의 下向調整時 급작스런 負荷變動이 있게 되면 作業에 지장을 줄 우려와 또 그림 2에서 보는 바와 같이 변화폭 때문에 기준공급압력을 낮추지 못하는 問題點이 있다.

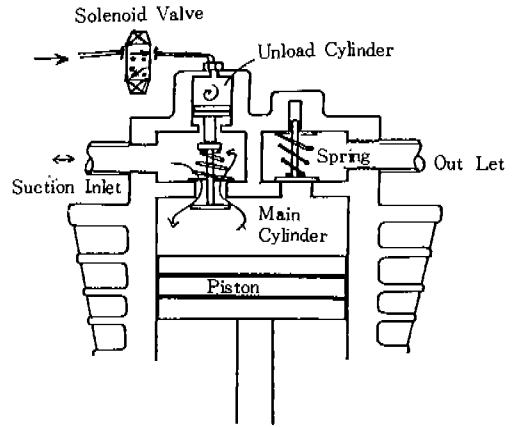
그러므로 이러한 문제점을 그룹 컨트롤로 해결하게 되면 供給壓力의 下向調整에 따른 電力 節減이 가능하다.

또 에어 콤프레서의 吐出壓力 조절방식은 소용량 전동기에서는 직입기동이 가능하므로 壓力 스위치에 의해 구동전동기가 ON/OFF되는 구조이고, 중·대용량에서는 그림 3과 같이 Solenoid 밸브에 의해 Unloader를 動作시켜 吸入 밸브를 계속 열어놓아 空氣의 壓縮이 이루어지지 않도록 하는 方式으로 이때 전동기는 계속 구동되어 電力이 소비되게 된다.

Unload시 消費되는 電力은 機種에 따라 다소 차이가 있으나 보통은 負荷시의 10~40% 정도



〈그림 2〉 壓力時間 Chart



〈그림 3〉 Unloader 작동 설명도

나 되고 있다.

따라서 그룹 컨트롤 시는 Unloading인 Compressor의 臺數를 최소화하도록 회로를 구성하여 불필요한 전력낭비를 막을 수가 있다.

나. 回路構成

그룹 컨트롤을 가능하게 하기 위해서는 우선 각 콤프레서의 기동/정지를 자동화 해야한다. 만일 기동/정지장치가 갖추어진 경우는 약간의 回路改造로 活用이 가능하다.

중·대용량의 기동/정지방식에는 Y-△기동, 리액터 기동, 전압기동 등 여러가지가 있을 수 있으나 어느 방식도 정합이 가능하다.

Air Compressor의 制御對象은 吐出壓力이므로 壓力의 精確한 檢出이 필요하다.

그림 4는 壓力檢出裝置의 例로서 이때 壓力-時間 Chart上的 壓力變化 폭을 줄이기 위해서는 壓力 스위치의 精密度를 높일 필요가 있고 또 壓力 스위치의 단수를 많이 할 수록 效果的이다.

壓力의 檢出點은 Compressor 出口에 인접하여 檢出하게 되면 진동압력이 있어 精密 制御가 어려우므로 그림 5에서와 같이 최종 탱크에서 檢出토록 하여 진동압력에 의한 장애를 최소화한다.

그러나 Unloader 動作으로 Solenoid 밸브에 供給되는 Air는 다소의 진동이 있어도 별문제 없으므로 Compressor 吐出口에서 직접 취출토록 한다.

실제의 그룹 콘트롤 회로구성시는 다음과 같은 전제조건이 있다.

① Compressor가 기동중에는 Unloading되어 기동전류를 최초로 한다.

② Unloading이 일정시간(例: 5分)지속되는 구동전동기가 정지되도록 하여 소비전력을 절감한다.

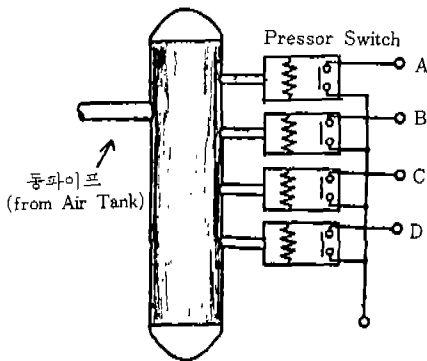
③ 정지상태의 Compressor는 壓力이 낮아져

서 기동신호가 주어질 때는 즉시 기동되도록 한다.

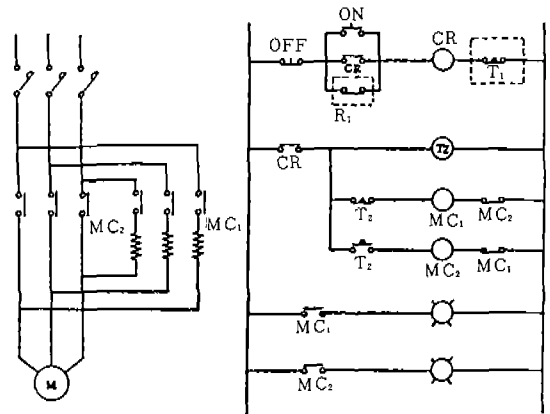
④ 各 Compressor는 各段을 임의로 變更할 수 있도록 한다.

⑤ Unloading Solenoid 밸브는 그룹 콘트롤에 의한 조작용과 Compressor 안전용을 가능하면 별개로 병렬 설치한다.

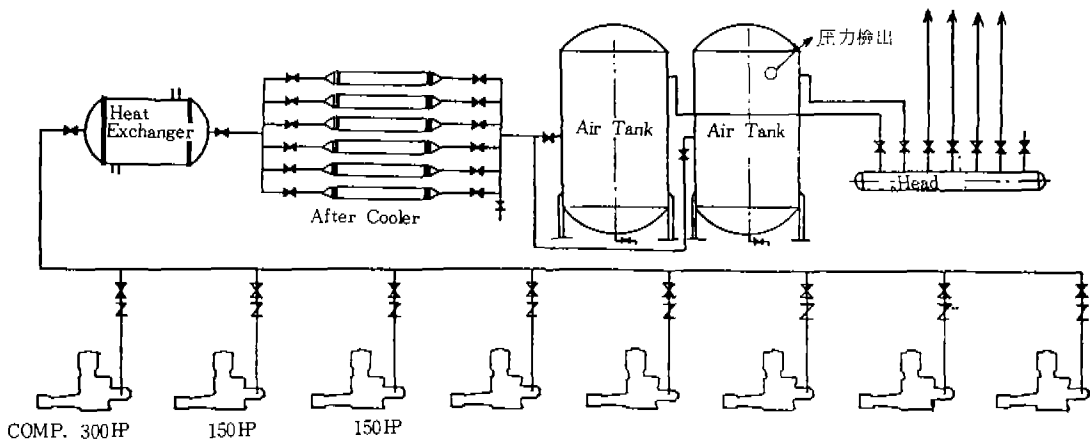
그림 6은 리액터 기동 회로의 例로서 그림 7의 그룹 콘트롤 회로와 연계동작 특성을 보면 다음과 같다.



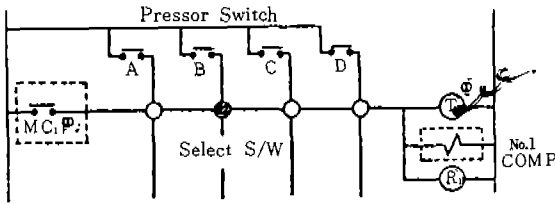
〈그림 4〉 壓力스위치 설치例



〈그림 6〉 리액터 기동회로



〈그림 5〉 Compressor 設置系統圖例



〈그림 8〉 그룹 콘트롤 회로

이때 MC 1은 구동전동기의 기동시 동작되는 Relay이고 T1은 Unloader Solenoid 밸브 동작 시간을 체크하는 Timer이다.

따라서 Compressor가 기동중에는 MC 1이 동작되어 Solenoid 밸브는 ON되고 Compressor는 Unload 된다.

기동이 완료되면 MC2의 OFF로 Unloading이 해제된다.

各段에 해당되는 Pressor Switch가 표와 같이 Setting되었다면,

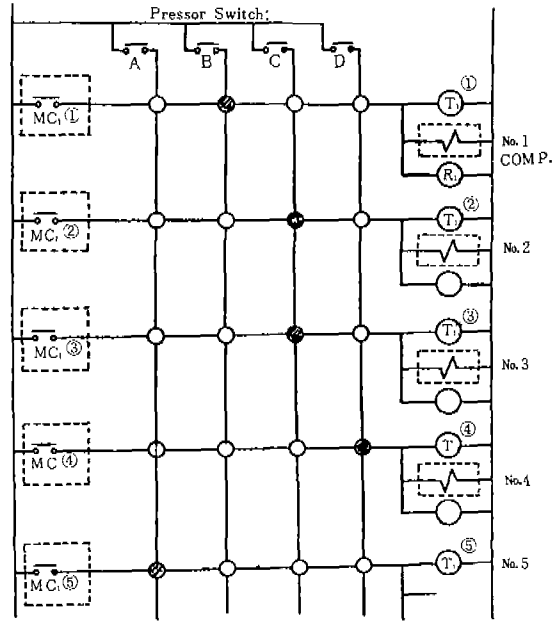
GROUP	Pressor S/W	
	기호	Setting 壓力
1	A	7.4kg/cm ² g
2	B	7.2 "
3	C	7.0 "
4	D	6.8 "

이때 Select S/W에 의해 2그룹이 선택되어 있으므로 이 Compressor는 吐出壓力이 7.2 kg/cm²g를 넘어서면 Pressor S/W B가 동작되어 Timer T1과 Relay R1 및 Solenoid 밸브가 동작되고 Unloading 된다.

Unload가 일정시간 계속되면 T1에 의해 그림 6의 한시요소 T1이 OFF되고 CR 릴레이가 OFF하여 電動機가 정지된다.

壓力이 낮아져서 壓力 S/W B가 OFF되면 Solenoid 밸브가 OFF되어 Unloading이 해제 된다.

만일 전동기가 정지상태라면 R1 릴레이의 b점 접 동작으로 그림 6의 回路에서 電動機는 기동이 재개되고 기동중에는 MC 1에 의해 Unloading



〈그림 8〉 Group Control Sequence

된다.

여러대에 대한 제어회로 예는 그림 8과 같다.

Unloading-Loading이 빈번한 곳에서는 電動機가 정지될 사이도 없이 계속 가동되기 때문에 이때는 그룹 콘트롤과 별개로 電動機電壓制御裝置(Motor Voltage Controller)를 부착하여 Unload시 電動機의 低負荷에 따른 低效率과 低力率을 改善토록 하는 것이 좋다.

2. 펌프

가. 그룹 콘트롤의 필요성

여러 대의 펌프가 병렬설치 運轉되고 있는 경우의 대부분은 工程의 冷却水순환계통이나 空調設備의 暖房순환수 계통이다.

그러나 대부분의 경우는 供給溫度와 回收溫度差에 의한 制御가 되지 않고 계절이나 時間에 따라 적당히 調節하는 형편이어서 불필요한 펌프 가동이 있을 때가 많다.

펌프의 所要軸動力은 다음과 같이 表示되며 동일한 特性의 펌프를 직·병렬 연결시는 그림 9 와 같다.

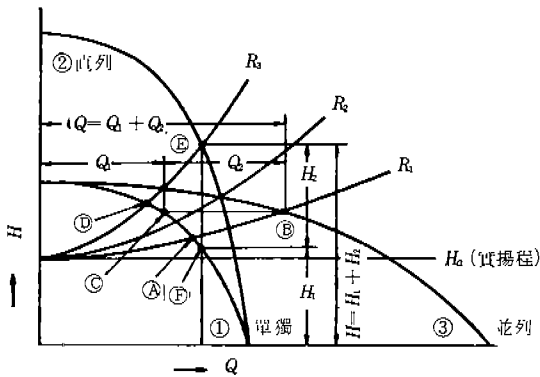
$$L = \frac{0.163 Q \cdot H}{\eta} \text{ [kW]}$$

또 동일한 特性의 펌프를 여러 대 구동하게 되면 그림 10과 같이 유량이 變化하며 파다한 流量은 이에 따른 管路抵抗 증가와 불필요한 순환 수량 때문에 전력낭비의 요인이 있게 된다.

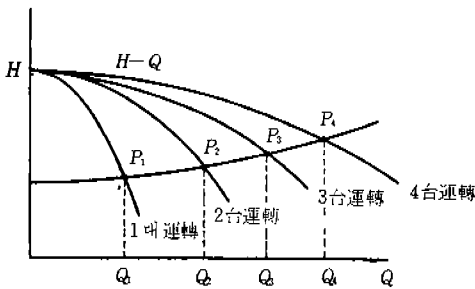
따라서 溫度나 壓力의 檢出을 精確히 하여 구동 펌프의 대수를 제어하게 되면 불필요한 전력 낭비를 억제할 수 있다.

나. 回路構成

우선 各 펌프가 個別로 自動기동/정지가 용이



(그림 9) 펌프의 직·병렬특성
(同一特性의 Pump)



(그림 10) 運轉臺數 制御

하도록 회로를 구성한다.

소용량에서는 전동기의 직입기동이 가능하나 중·대용량에서는 Y-Δ 기동이나 리액터 기동 등의 방식으로 구성토록 한다.

펌프의 制御對象은 用途에 따라서 冷却水나 暖房水순환계통에서는 溫度를, 工業用水나 Make Up水에서는 壓力을 管理하게 되므로 이를 精確히 檢出토록 한다.

이때 溫度檢出時는 순환 Head에서 檢出하여 감도改善 및 誤差를 줄이고, 壓力을 檢出時는 연결 Pipe의 길이를 충분히 하여 그림 4와 같은 구조로 함으로써 진동에 의한 장애를 최소화 한다.

실제의 回路構成은 그림 11의 Y-Δ기동회로나 리액터 기동 등의 방식으로 구성한다.

그룹 콘트롤 回路는 그림 12와 같이 구성하고 이때 해당 스위치 (溫度 또는 壓力)가 동작되면 약간의 時間遲延을 두어 펌프가 기동/정지 되도록 연동시킨다.

그러나 壓力이나 溫度 Setting值의 各段間差는 1대가 더 稼動/정지될 때의 溫度나 壓力差 以上으로 한다.

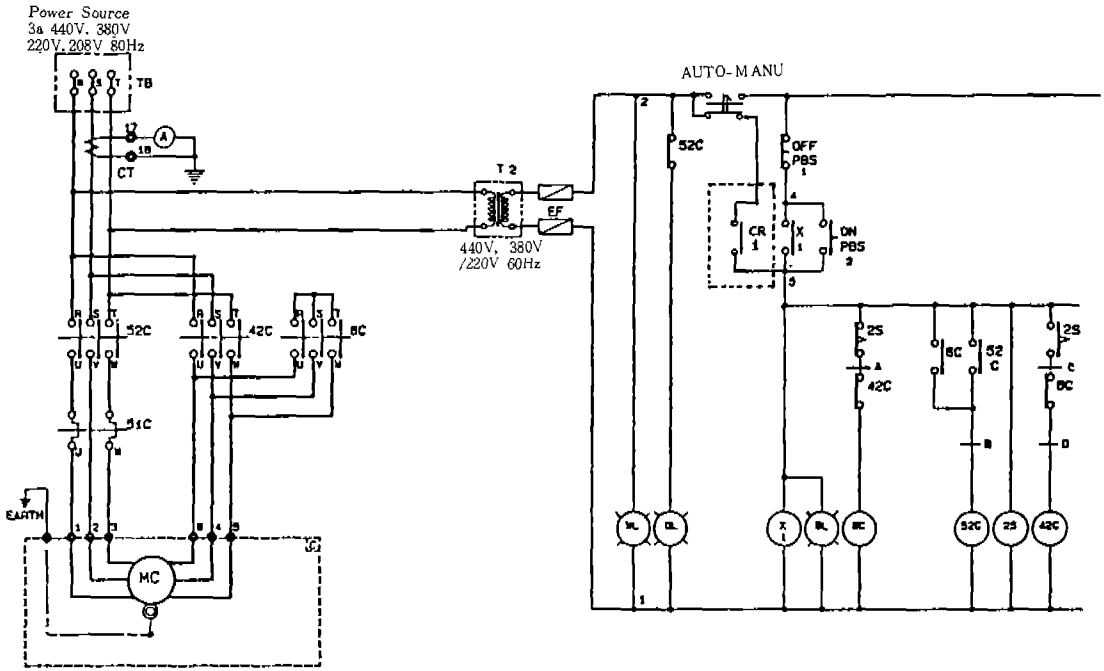
3. 其他

그룹 콘트롤의 응용은 이 밖에도 여러 곳에 응용될 수 있다.

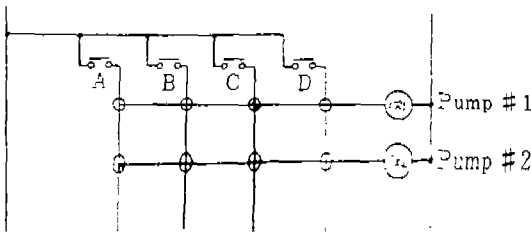
즉, Conveyer의 경우, 기능이나 製品크기에 따라 여러가지 형태가 있으나 대개 Hanging 구조는 길이가 길며 1個의 Line으로 구성되어 있어서 速度制御만 가능하다. 그러나 製品의 重量이나 크기가 비교적 큰 경우 Velt Conveyer 나 Roller Conveyer등의 경우는 여러 Section으로 나누어져 있고 電動機도 各各 設置되어 있으며 製品의 크기, 불량여부 등에 따라 분리되어 이송된다.

이때 製品이 통과하지 않는 시간에도 Conveyer는 계속 가동되거나 통과하는 製品의 量이

1. Transformer Installed when Power Source is Other Than
3a 220V, 208V 60Hz Auto-Manu



〈그림 11〉 Y-Δ 기동회로 예



〈그림 12〉 Pump Group Control: 흐트예

많지 않아 일정시간 集計시켜 移送해도 시장이 없는 경우 등 짧은 時間일지라도 빈번하게 불필요한 가동이 發生된다.

따라서 이들을 綜合적으로 制御하는 그룹콘트롤의 적용으로 불필요한 가동의 억제에 따른 전력절감이 가능하다.

한편 고층건물의 엘리베이터를 그룹 콘트롤方法으로 時間的 또는 층간의 중복을 피해 한 장소에만 치우치지 않도록 하는 간단한 방법을 생

작할 수 있다.

그러나 時間帶와 가동대수를 연동제어하는 방식의 적용이 가능하다.

즉, 출퇴근시간, 평상시간, 중식시간, 퇴근후 등으로 여러가지 시간대 패턴을 나누어 가동대수를 정해진 순서에 따라 자동으로 억제하는 그룹 콘트롤의 적용이 가능하다.

이밖에도 다수의 機器가 동일목적으로 設置된 경우는 그룹 콘트롤의 적용을 檢討해 볼 필요가 있으며, 또한 本文에서 提示하는 각 Sequence 回路들은 하나의 方法提示에 불과하므로 適用時 業體의 특수조건이나 機器의 技能 등을 감안하여 改善, 發展시킴으로써 보다 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것으로 期待된다.

아울러 PC(Programable Controller)의 活用으로 소형화하고 보다 더 복잡한 制御를 實現하는 努力이 필요하다.