

工場電氣의 最新技術

電氣設備의 省에너지 (3)

1. 工場의 省에너지對策의 概要

(1) 省에너지對策의 概要

工場의 省에너지對策의 推移를 製鐵所를 예로 표시해 보면 표 1 과 같다.

省에너지方針은 1973년의 제 1차 석유위기의 직후는 개인의 절약의욕과 창의에 의한 절약이 주체였다. 省에너지 지식의 습득에 따라 省에너지 테마의 발굴, 기술개발(메이커와 공동)로 진행해 갔다. 1979년에는 제 2차 석유위기가 도래하여 「에너지사용의 합리화에 관한 법률」도 공포된 결과 에너지管理조직의 강화가 도모되는 한편 에너지기술

이 속속 도입하게 되었다. 1982년 이후는 석유의 수급완화를 반영하여 省에너지라기 보다는 省코스트가 追究되어 省에너지, 에너지의 轉換, 需要運用管理 回收에너지의 有効活用등을 전체적으로 고려한 로우틀코스트의 最少화가 추진되고 있다.

(2) 省에너지對策의 概要

공장電氣設備의 省에너지對策의 개요에 대해 記述하겠다. 공장은 물건을 생산하는 곳이며 入力로서 原材料가 있으며 出力로서는 제품이 있다. 原材料를 제품으로 변환하는 것이 生産프로세스이다.

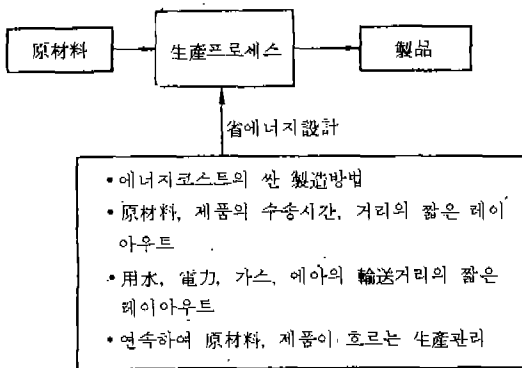
〈표- 1〉 工場의 省에너지 對策의 推移(例)

	1974年~76年	1977年~78年	1979年~81年	1982年~
省에너지方針	節 約	○省에너지테마의 發掘 ○省에너지기술의 개발	○에너지管理의 強化 ○大形에너지기술·設備의 도입	○로우틀코스트머니법의 추진 ○省에너지테마의 재 발굴
활동내용	○省에너지啓蒙, 교육 개선제안 제도	○프로젝트팀에 의한 省에너지活動	○全社의 에너지 관리조 직의 편성 ○全社의 주요인 省에너 지에의 着手	○테마發掘手法의 활용 ○橫斷的인버構成에 의한 테마의 발굴
주요적용기술 (전기관계)	○高壓나트륨램프에의 한 공장조명 ○流体繼手に 의한 轉의 回轉數제어	○인버터에 의한 轉의 回轉數제어	○省에너지形機器의 채용 ○直流機의 交流機化	○마이컴에 의한 電力 실적관리 ○電氣集塵器의 間欠 제어 ○펌프, 轉의 인버터 제어의 보급

根本적인 에너지코스트의 低減을 도모하기 위해서는 原點에 되돌아가 生産프로세스 그 自体를 코스트低下라는 觀點에서 재검토하지 않으면 안된다. 生産프로세스의 省에너지를 근본적으로 좌우하는 요인은 제조방법, 레이아웃, 생산관리이다. 이를 그림 1에 표시한다. 먼저 이러한 것들 부터 재검토 할 필요가 있다.

電氣設備는 生産프로세스의 하나의 構成要素이며 또한 거의 電動力설비이므로 그 대책에 의해 대폭적인 生産프로세스의 省에너지를 달성한다는 것은 어려운 일이다. 따라서 電氣設備의 省에너지對策에 있어서는 單獨으로 생각할 것이 아니라 生産프로세스를 구성하는 하나의 要素라는 관점에서 먼저 전체를 본다음에 부분을 본다는 사고방식으로 대처할 필요가 있다.

표 2에 전기설비의 省에너지대책을 표시한다. 비교적 새로운 기술에 대해서는 다음에 상술한다.



〈그림-1〉 生産프로세스의 省에너지設計

(3) 變電·配電설비의 省에너지대책

변전·배전설비는 수전한 전력을 적당한 電壓에 강하하여 부하설비에 분배하는 것으로서 그 자체가 전력을 소비하는 것이 아니다.

따라서 주요 省에너지대책은 부하에 극력 값싼 전력을 공급하는 일이다.

(1) 대먼드콘트롤

契約전력 500KW이상의 대형수용가에 적용되는 전기요금제도는 수용가의 省에너지 노력이 그대로 공급코스트의 저감으로 연결되는 것이니만큼 이를 전기요금의 저감이라는 형식으로 수용가에 환원하

$$\begin{aligned}
 & \text{電氣料金 [원]} \\
 = & \underbrace{\text{契約電力 [kW]} \times \text{基本料金率 [원/kW]} \times \text{1.85-月間平均力率}}_{\text{基本料金}} \\
 + & \underbrace{\text{使用電力量 [kWh]} \times \text{電力量料金率 [원/kWh]}}_{\text{電力量料金}}
 \end{aligned}$$

〈그림-2〉 電氣料金の 概略体系圖

자는 생각이 내포되고 있는데 개략体系圖는 그림 2와 같이 된다. 따라서 전기요금을 低減하기 위해서는,

- ① 契約전력의 저감
- ② 力率의 개선. 85%를 기준에 割増. 할인이 있다.
- ③ 사용전력량의 저감
- ④ 料金率이 싼 電力 사용

의 방법이 있다. 그러나 쉽게 계약전력을 내리고 그 계약전력을 초과하는 것과 같은 전기의 사용을 하면 계약금의 지불 계약전력의 격상이 요구된다. 이러한 것들에 대한 방위적대책과 적극적인 전기요금의 저감을 위해 需要電力콘트롤이 필요하다. 디먼드콘트롤에 의해 수요전력의 조정이 쉽게 이루어질 수 있다면 부하의 야간등의 移行과 하계피크시의 대응등 특약요금제도의 가입이 가능하게 된다.

수요전력콘트롤을 하는 장치로서 디먼드監視 제어 장치가 시판되고 있다. 이 장치는 30분간의 전력량을 規定價이하로 누르는 것을 목표로 하고 있으며 전력관리에 필요한 각종 설정 표시(CRT화면표시)·조작·출력신호·일보·월보의 작성등의 기능을 갖고 있다. 최근의 것은 CRT画面에서 전력관리선의 결정을 할 수 있다.

(2) 無効電力制御장치

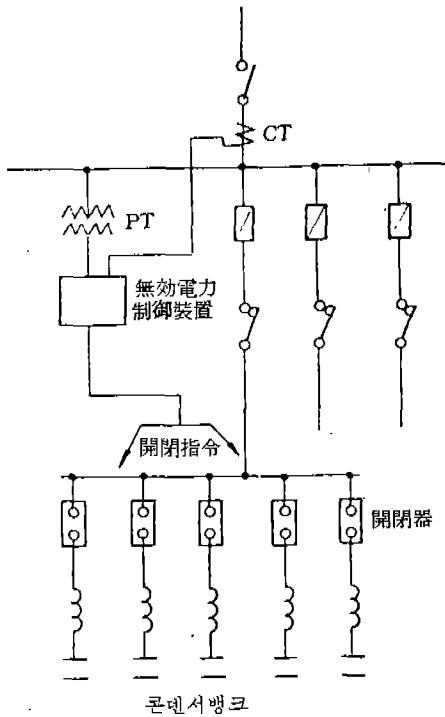
부하역률의 개선에 의해 변압기 손실과 배선손실이 적어지므로 사용전력량이 적어진다. 따라서 力率개선은 그림 2에 의해 기본요금의 저감, 전력량 요금의 저감에 대해 유효하게 된다.

이 대책으로서 力率개선콘덴서를 고정식으로 설치하고 있는 예가 많으나 부하의 변동이 많을 경우는 역률을 높은 값으로 일정하게 유지하기는 어렵다. 또한 야간등의 輕負荷시에는 進行力率이 되며 파전압으로 전기기기의 수명을 줄인다. 고역률의 안

〈표-2〉 電氣設備의 省에너지對策

設 備	主 目 的	對 備	設 備	主 目 的	對 策
變電·配電設備	經濟的運轉·運用	○에너지센터에 의한 에너지의 集中管理運用 ○디먼드콘트롤 ○力率콘트롤 ○마이컴·퍼스컬에 의한 使用電力量의 自動計測 ○變壓器群의 最適運轉	逆風機·펌프	經濟的인 運轉	○파워코먼더의 使用 ○設備의 變換變更(날개 차고판, 切削) ○回轉數低減 ○回轉數制御 ○台數制御 ○負荷側條件을 考慮한 自動運轉
	設備·機器의 效率向上	○負荷의 統廢合(變壓器數, 電氣室數의 最適化) ○高效率變壓器의 採用 ○受電電壓, 配電電壓의 格上	컴프레서	使用壓力·使用流量의 低減 設備效率의 向上	○送風機·펌프와 同一
	補機關係의 省에너지 운전	○펌프·팬의 省에너지 運轉	클 레 인	經濟的인 運轉	○파워코먼더의 使用 ○台數制御 ○吐出壓力精密制御
照 明 設 備	設備의 效率向上	○高效率光源·器具의 採用 ○配電電壓의 格上(100V→200V)	콘 베 어	設備效率의 向上	○走行, 卷上의 '電子式 可變速' ○制御(一次다이리스터 制御, 인버터制御)
	照度の 再檢討	○照明레벨의 再檢討 ○自然採光改善 ○器具의 감축 ○不良照明法改善	壓 延 機	經濟的인 運轉	○空運轉防止(自動運轉) ○파워코먼더의 使用
	經濟的使用	○점심시간의 消燈 ○타이머, 포토센서에 의한 自動點滅 ○스위치의 多樣化 ○燈數制御 ○調光制御	壓延補機	設備效率의 向上	○M-G 方式의 다이리스터化 ○主機(直流機)의 交流機化 ○冷却팬의 經濟的運轉
			프로세스라인	設備效率의 向上	○直流機의 交流機化
			電氣集塵器	經濟的인 運轉	○閑欠荷電制御
			電動機使用設備-一般	設備效率의 向上	○節電形電動機의 使用
空 調 設 備 (主로케이지形)	設備·機器의 效率의 向上	○效率이 좋은기기의 채택	其 他	設備效率의 向上	○監視·表示裝置의 電子化(CRT디스플레이 LED램프) ○制御케이블의 多重傳送化 ○制御裝置의 電子化(마이컴프로그램플콘트롤러)
	經濟的運轉	○設定溫度, 濕度の 緩和 ○필터의 定期清淨의 勵行 ○冷却水의 電磁弁에 의한 온 오프		設備의 經濟的運轉	○設備機器의 稼動狀態, 電力使用狀態集中監視 ○自動制御의 레벨업에 의한 코스트미니엄運轉
送風機·펌프	使用壓力·使用流量의 低減	○操業條件의 再檢討에 의한 低減 ○漏洩防止			
	設備效率의 向上	○配管, 덕트의 抵抗減少 ○高壓力負荷設備의 移設 ○高效率機器의 使用			

정적 유지를 위해 무효전력을 검출하고 그 값을 일정범위로 유지하도록 복수의 콘덴서뱅크의 開閉를 행하는 무효전력제한장치가 시판되고 있다. 이 예를 그림 3에 표시한다.



〈그림-3〉 無効電力制御 시스템

(3) 使用電力量 自動測定・監視시스템

공장에 있어서는 공정마다 혹은 설비마다의 사용 전력량과 연속조업의 경우는 각반의 사용전력량을 안다는 것은 省에너지대책을 위한 첫걸음이며 중요하다. 이에 대해서 최근에는 마이크로컴퓨터가 이용된다. CRT화면에 그래픽표시하거나 프린터로 조업일보로서 인자하는 방법이 채용되고 있다. 그림 4는 이러한 예이다.

(4) 에너지센터

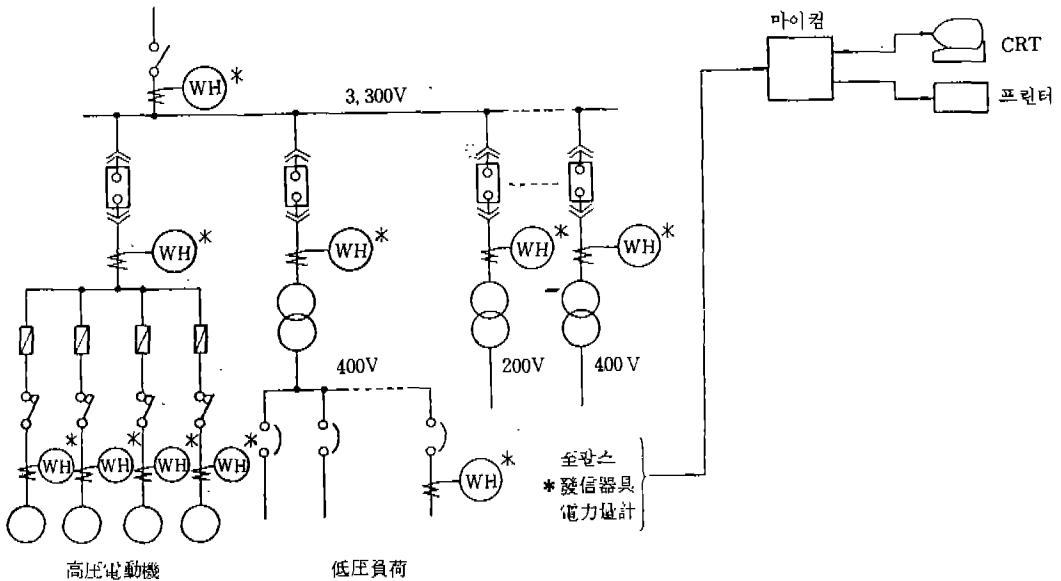
철강 일관 제철소의 각 생산공정에 있어서 사용되는 에너지는 원료탄, 코우코스 副生가스, 중유, L PG, 전력, 증기, 산소, 질소, 압축공기, 물이 있다. 이들 토우틀에너지량으로서는 粗鑛톤당 약 550~600만Kcal이며 이들 에너지를 종합적으로 집중 관리하는 시스템이 이른바 에너지센터이다.

에너지센터는 에너지의 수급을 취급하는 동시에 省에너지나 省力에도 기여하며, 종합코스트의 축소를 추구하는 시스템이다. 에너지센터의 목적 기능을 표 3에 시스템구성예를 그림 5에 표시한다.

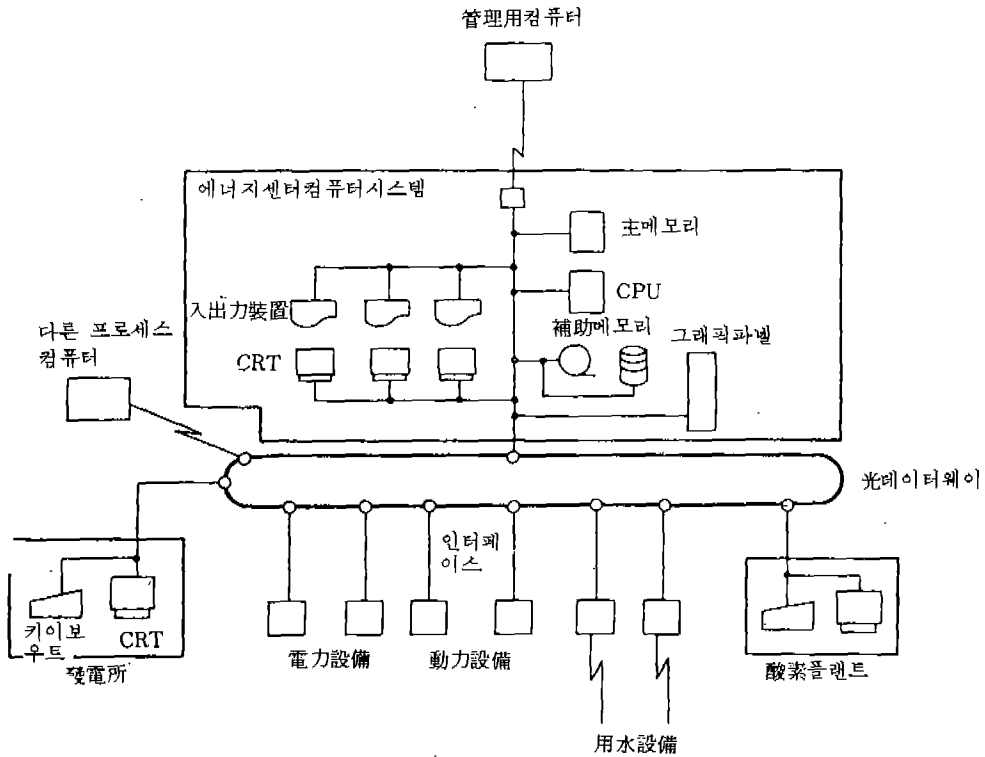
(4) 電動力應用設備의 省에너지對策

(1) 설비효율의 향상

전기설비기기의 효율은 해마다 향상하고 있으며 신설설비에 있어서는 이들이 적극적으로 채용되고 있다. 예를 들면



〈그림-4〉 使用電力量의 自動測定監視시스템



〈그림 - 5〉 에너지센터의 制御시스템 例

〈표 - 3〉 에너지센터의 目的과 機能例

目 的	機 能
에너지需給調整	에너지需給計劃立案 ○에너지發生, 消費의 實績데이터 收集 ○動力設備의 運轉制御 ○오퍼레이션가이던스
에너지의 效率的 運用	○電力의 디먼드콘트롤 ○副正가스의 適正配分 ○自家發의 最適負荷配分 ○酸素플랜트에 있어서의 空氣分離 器의 最適運轉
動力設備의 運轉의 合理化	○集中遠方監視操作
環境 및 防災의 集中管理	○環境모니터링 ○緊急連絡시스템

① 변압기: 모듈形 변압기, 省에너지形 변압기의 채용

② 전동기: 절전형 전동기의 채용

③ 제어장치: 전자화된 장치의 채용(마이컴· 퍼스컴, 디지털計裝장치등)

④ 감시· 표시장치: 전자화된 장치의 채용(CRT 디스플레이· LED램프등)

⑤ 배선용케이블: 제어케이블의 多重傳送化(데이터하이웨이· 리모모트I/O등)

⑥ 전력변환장치: 고효율변환장치의 채용 등이다. 전기설비기기는 앞으로도 메이커들에 의해 省에너지 노력이 있을 것이며 사용자도 이를 적극적으로 채용해 나가면 그 메리트는 享受할 수 있다.

그러나 설비효율의 향상만을 투자목적으로 하는 것은 재산이 맞지 않는다. 예로 直流機의 可變速 제어 방식으로서 워드레오나아드方式과, 다이리스터 레오나아드 방식이 있다. 500KW의 경우 종합효율은 前者가 76%, 後者は 88%정도이며, 10포인트의 차가 있다. 운전전력 저감의 메리트만을 목적으로 하여 워드레오나아드 방식을 다이리스터 레오나아드 방식으로 갱신하는 것은 투자기준에 맞지 않는다 따라서 설비효율의 향상은 설비의 증설· 신설시

의 설계방침으로서 추진해야 할 것이다

- (2) 경제적인 운전
설비의 사용전력량은
사용전력량 [kWh]

$$\frac{\text{사용시간 (h)} \times \text{부하실동력 (KW)}}{\text{기계효율} \times \text{전동기효율} \times \text{전력변환장치 효율}}$$

로 표시된다. 사용전력량을 적게하기 위해서는 다음과 같은 방법이 있다.

- ① 사용시간을 적게한다.
- ② 負荷實動力을 적게한다. 부하의 實動力은 荷重, 流量, 速度가 낮을수록 적게된다.
- ③ 설비는 효율 좋게 사용한다. 여기서의 효율이라 함은 운전중의 평균효율로서 定格효율이 아니다 설비는 輕負荷가 될수록 효율이 저하된다.

경제적인 운전이란 이러한 것들을 실현하는 일이다. 이하 최근의 기술에 대해 기술한다.

(a) 送風機·펌프의 可變速제어의 普及 송풍기·펌프의 軸動力은 회전수의 3곱에 비례한다. 따라서 회전수를 낮추는 것이 가장 효과적인 省에너지 대책이다. 회전수제어를 電氣的으로 행하는 방법으로서 1978년경부터 수백KW 이상의 전동기에 대해서 인버터제어가 적용되어 왔으나 중·소 용량기에는 그렇게 적용되지 않았다. 이는 장치가 高價이며 투자기준에 맞지 않기 때문이다. 최근은 파워트랜지스터의 大容量化가 진척되어 200V, 70kVA의 인버터도 제작 가능하여 400V, 150KW 이하의 중소용량의 송풍기·펌프에도 인버터제어가 적용하게 되었다. 트랜지스터 인버터는 다이리스터

인버터에 비해 값이 싸며 高效率이다. 그리고 並列에 사용함으로써 3, 300V, 600KW급의 전동기에도 적용가능하다.

(b) 誘導電動機의 省에너지裝置

1975년, 미국NASA의 프랭크·노러씨에 의해 우주선내의 交流유도전동기 [單相수백W정도]의 에너지소비를 억제하기 위해 「力率콘트롤러」가 개발되었다.

이 특허를 토대로 민간기업의 수개사가 상품화를 실현하고 있다.

미국·코먼더 콘트롤러社의 제품을 파워코먼더라고 한다.

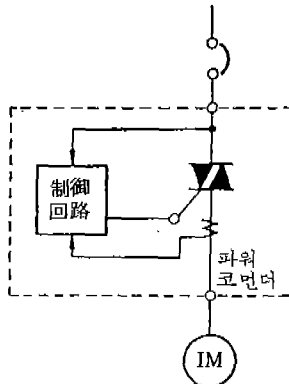
파워코먼더는 전압과 전류의 位相差를 보면서 最適位相角이 되도록 전압을 변화시키는 것이다. 勵磁전류에 의한 力率저하방지를 위해 전압을 스토울 限界까지 낮춤으로써 勵磁電流를 낮추며 力率을 향상시키는 점이 특징이다. 그림 6 (a)는 主回路이며, 장치의 접속단자는 주회로, 제어회로도 포함하여 3개뿐이다. 그림 6 (b)는 制御回路推定圖, 그림 6 (c)는 特性이다. 定格투르크 사용시에서 3~6%의 전력절감, 무부하시에 50%정도의 전력절감이 된다. 可變速제어가 적용되지 않는 전동기에 대해서 앞으로 보급되어 갈 것으로 생각된다.

(3) 電氣集塵장치의 閑欠荷電制御

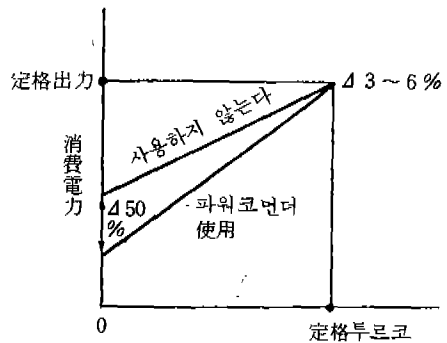
電氣集塵장치는 기계중에 부유하는 微粒子에 전기력을 작용시켜 分離捕集하는 장치로서 그림 7과 같이 放電極과 集塵極에 의해 不平等電界를 만들고 코로나放電을 이용하여 微粒子에 電荷를 주며 電界



(a) 主回路

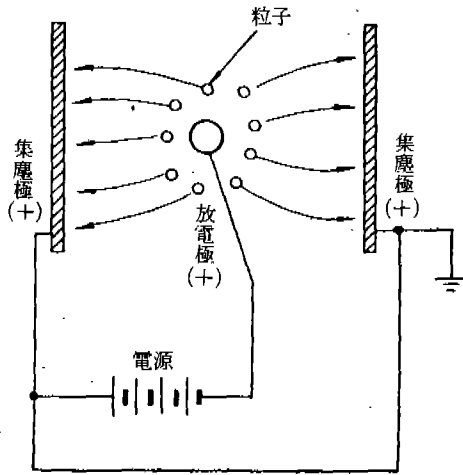


(b) 制御回路推定圖

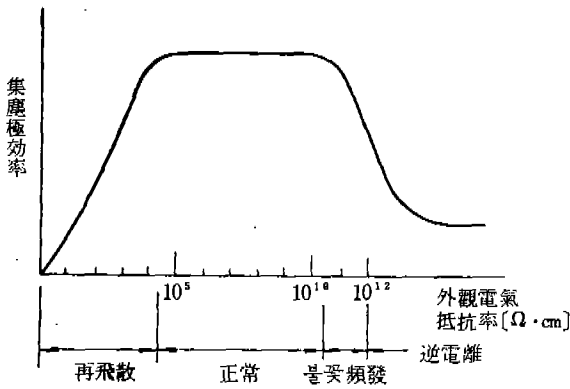


(c) 特性

(그림-6) 파워코먼더



〈그림-7〉 電氣集塵 장치의 原理

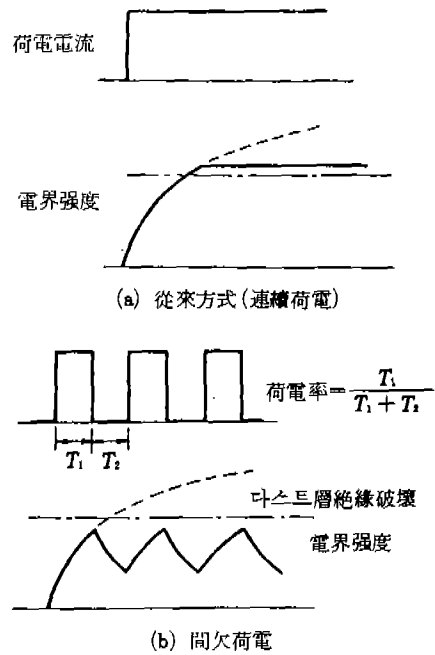


〈그림-8〉 電氣抵抗率과 集塵效率

의 작용으로 集塵極에 分離捕集하는 것이다.

집진효율은 집진空間의 電界강도와 集塵極上에 滯積한 dust의 外觀상의 전기저항율의 영향을 받는다. 연구에 따르면 外觀전기저항율과 집진효율의 관계는 그림 8과 같이 $10^{10} (\Omega \cdot \text{cm})$ 이상으로 불꽃이 빈발하고 $10^{12} (\Omega \cdot \text{cm})$ 이상에서는 逆電離가 일어나 집진효율이 현저하게 저하한다. 逆電離이란 집진극에 체적한 dust층이 절연층으로서 활동, 큰 전압강하에서 절연과괴를 생기게 하고 正의 코르나를 발생 가스空間에 正이온을 방출하며 負電荷를 중화하는 현상이다. 전기저항의 높은 회진으로서 석탄 화력과 소결공장의 회진이 있다. 이들 회진을 효율 좋게 포집하는 시스템으로서 間欠荷電제어 시스템이 개발되었다.

그림 9에 그 원리를 표시한다. 間欠荷電제어는 전



〈그림-9〉 間欠荷電制御의 原理

〈표-4〉 效果의 例

	高抵抗다스트			中·低抵抗다스트		
荷電率	1	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{5}$
集塵效率	베이스	6% 向上	13% 向上	베이스	不變	20% 減
消費電力(比率)	100	24	14	100	63	24

류를 단속적으로 인가하는 것이며 電界強度는 dust층 절연과괴 전계강도내에 억제되므로 逆電離는 발생하지 않는다.

표 4는 效果의 예이다. 고저항다스트에 대해서는 집진효율의 향상과 省電力 中·低抵抗다스트에 대해서 省電力의 效果가 있다. *