

# 에너지 절약을 위한 전기설비 관리기술(Ⅵ)

글/지 철 근(공학박사, 전기응용기술사)

## 6. 전동기 응용설비

### 6.1 펌프설비

#### (1) 펌프의 종류와 특성

급수, 배수 및 공조용 펌프로는 대부분 원심펌프가 사용된다.

원심펌프는 원심펌프와 터빈펌프로 나누어지며 이는 또 단단식 펌프와 다단식 펌프로 세분화된다.

##### (가) 원심펌프

날개차로 회전시키며 날개차로부터 받는 원심력으로 낮은 곳에 있는 액체를 높은 곳으로 올리는 것이다.

비속도가 200~800이고, 비교적 양정이 낮은 것(300m 정도)용으로 효율이 좋다.

##### (나) 터빈펌프

날개차의 외주에 가이드레인이 있고 바깥쪽에 와실이 있으며 비속도 120~250, 고양정용(20~100m 정도)이며 효율도 좋다.

보일러 급수, 수도, 송수 등 용도가 넓다.

<표 6-1> 펌프의 종류와 성능 및 용도

펌프의 종류	특	정	용	도	효율(%)
원	심	원심력 펌프의 일종	저양정 일반		75~85
터	빈	원심펌프에 안내날개 붙은 것	고양정 일반		73~83
프로펠러	프로펠러 날개를 회전		저양정 대수량		70~80
기	어	구조간단, 취급용이	유용 소용량		55~65
왕복동		20~120rpm	초고양정, 소용량		

#### (2) 펌프의 에너지 절약

##### (가) 펌프의 기종 및 부속 전동기의 선정법

기종은 수량, 양정과 사용목적 및 가격 등에 의하여 결정되지만 메이커의 카탈로그 중의 특성곡선 등으로부터 효율이 좋은 운전점을 선정한다.

기설의 경우는 운전전류, 전압, 역률로부터 전력을 구하고 그의 특성곡선으로부터 부하의 정도나 효율을 조사하여 대책을 세운다.

##### (나) 수량 제어법

제수변에 의한 방법과 전동기의 회전수 제어법이 있으며 후자의 경우가 효율은 좋으나 전동기의 가격이 비싸다.

##### (다) 양정의 저감과 대수 제어법

일반적으로 공조설비의 펌프배관회로에는 밀폐배관방식이 많으며 이런 경우는 펌프의 양정은 배관의 저항과 회로중의 기기의 저항의 합계로 된다.

따라서 개방배관방식의 경우에 비하여 펌프의 양정은 적어지고 필연적으로 그의 동력은 적게 된다.

개방 밀폐배관방식의 어느 것에서도 펌프의 동력은 수량과 양정의 곱에 비례하므로 중규모 이상의 건물의 공조용 펌프에서는 2차측 펌프는 2대 이상 설치하고 공조부하가 감소할 때에는 양방면을 사용하여 냉각코일 등의 수량을 감소시키고 펌프의 대수 제어를 실시하는 것이 에너지 절약이 된다.

이 경우 밀폐배관에서는 리버스 리턴방식으로 할 필요가 있다.

펌프 대수제어방식은 근대 주택단지 등에서 시도되고 있는 펌프 압송급수방식에도 응용되고 있다.

### 6.2 공기압축기 설비

공기압축기는 동력용, 조작용, 압송용 등 여러가지 용도에 사용되고 있다.

특히 최근에는 인력절감 합리화의 수단으로 압축공기가 중용되고 있다. 공장설비중 소비전력은 압축기에서 가장 높다.

따라서 압축공기의 효과적인 사용과 계획은 에너지 절약의 큰 과제로 되어 있다.

#### (1) 공기압축기의 종류와 특성

압축기는 기체에 에너지를 주어서 압력을 올리는 기계이며 그의 종류는 극히 많으나 크게 나누면 용적형과 터보형으로 분류된다.

##### (가) 용적형 압축기

실린더와 같은 일정 용적에 흡입된 기체의 용적을 피스톤이나 회전식으로 감소시켜서 압축하는 것이다. 이 형은 왕복형과 회전형으로 분류된다.

##### (나) 터보형 압축기

날개의 익양력 또는 원심력을 가하여 압축하는 것으로서 이 형에는 원심과 축류형이 있다.

<표 6-2> 회전형 압축기와 터보 압축기의 특성

종 류	압력(kg/cm <sup>2</sup> )	용량(m <sup>3</sup> /min)	특 징
가동익형 압축기	1단에서 3 2단에서 8.5	2~60	
나사형 압축기	1단에서 2.5~3.5 2단에서 5~10 3단에서 30	2,000~6,000	효율은 왕복형에 뒤지지만, 소음 진동이 적고, 소형이고 염가이므로 범용압축기의 경향이 있다.
원심형 터보압축기	>2기압		터보 송풍기의 압력을 높게 할 것.

<표 6-3> 왕복형 압축기의 특성

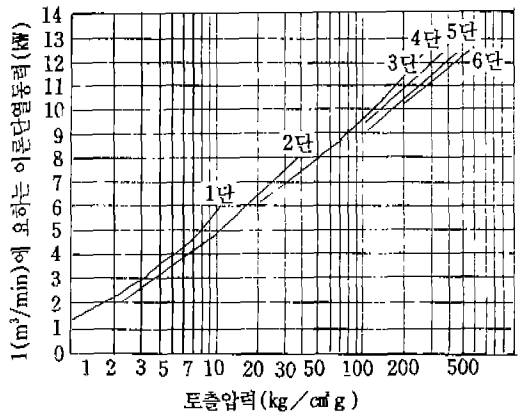
종 류	압력범위(kg/cm <sup>2</sup> )	용 도
범용압축기	7~8.5	100kW 이상은 2단 압축기 1,000kW까지 표준기종으로 넓게 사용된다.
중압압축기	10~100	석유정제, 석유화학, 일반화학공업의 공정용으로 사용된다.

종 류	압력범위(kg/cm <sup>2</sup> )	용 도
고압압축기	150~1,000	암모니아, 메탄올, 수소첨가 등의 합성화학용으로 수 1,000kW의 대형이 많다.
초고압압축기	1,500~3,500	폴리에틸렌, 에틸렌합성용의 에틸렌 압축기가 주이다.
무급유압기	수 10	식품공업, 제강용 공기 등

### (2) 압축기의 전동기 용량산정

#### (가) 도표로부터 구하는 법

필요한 공기량과 사용압력을 알고 있는 경우에는 몇 kW의 전동기를 사용하면 되는가의 판단자료를 그림 6-1에서 표시한다.



<그림 6-1> 압축단수와 동력특성

#### (나) 계산식으로 구하는 법

필요한 공기량과 사용압력을 알고 있을 경우에는 전동기의 용량은 다음과 같이 구한다.

$$\text{단열압축출력} = 0.736 \times 7.6 \text{ m} \times P_s \times V \times (P_d/P_s) \times r - 1 [\text{kW}]$$

여기서

$P_d$  : 토출절대압력(kg/cm<sup>2</sup>)

$P_s$  : 흡기절대압력(kg/cm<sup>2</sup>)

$m$  : 압축기의 압축단수

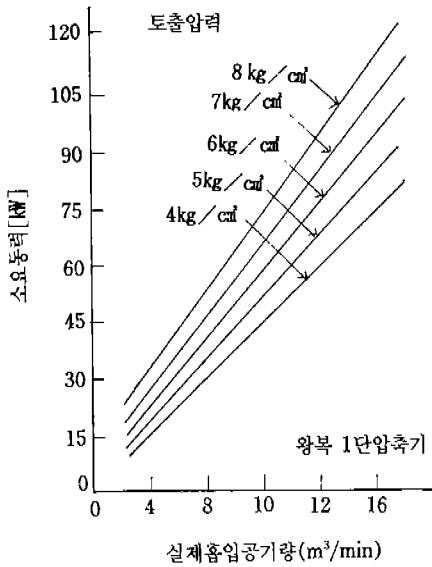
$V$  : 매분기의 토출공기량(m<sup>3</sup>/min)

$r$  : 0.289(m)

전동기의 축출력: 압축출력/n [kW]

여기서  $n$ : 압축효율

$n$ 의 값: 토출압력 7kg/cm<sup>2</sup> 내외에서는



<그림 6-2> 일반 공기압축기 소요동력선도

- 1단압축형: 소형공냉식: 20~60%  
소형수냉식: 50~80%  
중형수냉식: 70~85%
- 2단압축형: 70~90%

### 6.3 송풍기의 설비

송풍기의 동력은 풍량과 정압의 곱에 비례하고 효율에 반비례한다.

그리고 소비전력량은 전동시의 입력[kW]과 운전시간의 곱의 된다.

송풍기는 일반적으로 벨트연결의 전동기로 구동되고, 또한 덕트 흡출구, 흡입구 에어필터 등과 조합되어 사용된다.

그리고 보통 설계자가 시방을 지정하여 제작되지만 계산상 불분명한 부분이 있으므로, 일반적으로 안전효율을 감안하고 있다.

그러나 연간을 통하여 사용되는 시간이 길므로 에너지 절약 대치효과는 크다.

#### (1) 송풍기의 종류와 특성

송풍기는 원심형과 축류형으로 대별하고 있다.

##### (가) 원심 송풍기

기체를 고속회전하는 날개차 내로 유도하여 그의 원심력을 이용하여 이것에 압력을 주는 것으로 압력

의 대소에 따라 팬과 블로어로 분류하고 있다.

팬: 압력 350~400mmHg인 것

블로어: 압력 25~30mmHg인 것

원심송풍기는 다음과 같은 특징이 있다.

- ① 진동, 소음이 없이 운전이 정속 평활하다.
- ② 소형, 경량 및 염가로 운반에 편리하다.
- ③ 고속전동기에 직결한다.
- ④ 송풍이 균일하다.

##### (나) 축류 송풍기

수개의 프로펠러를 보수에 장착 또는 보수와 동일 구조로 제작한 것으로 무압, 유압, 송풍기로서 용도가 넓다. 고속회전을 요하므로 대부분 전동기에 직결한다.

특성은 축류펌프의 특성과 유사하며 일정속도에서 풍압은 풍량 0에서 최대이고 풍량증가에 따라 점차로 감소하여 서정이 일어나지 않는다.

축류송풍기의 특징은

- ① 형태, 중량 모두 적다.
- ② 특별한 설치장소가 불필요하다.
- ③ 풍압효율, 성능이 좋다.

#### (2) 송풍기의 에너지 절약

<표 6-4> 각종 송풍기의 압력과 용도

형 식	압 력 범 위	용 도
원심형 다단 터보 블로어	100~1,500(mmHg)	터보 팬의 고압인 것, 바닥 밀 통풍
원심형 1단 터보 블로어	15~30(mmHg)	"
원심형 터보팬	50~400(mmAq)	보일러용, 화학공장용
원심형 프레이트 팬	50~250(mmAq)	시멘트공장용, 보일러 유도풍용
원심형 다의 팬	15~200(mmAq)	건축물, 광산, 선박의 환기용 냉난방용
축류식 프로펠러 팬		무압식, 교반용, 전기팬으로 유압식은 흡입구, 토출구도풍관을 취부하여 원거리 송풍으로 건축물, 공장, 광산, 선박 등의 통풍 및 보일러의 강제 통풍에 사용
축류식 무압식 (환기용, 교반용)		
축류식 유압식 (환기용, 송배풍기용)		

(가) 송풍기의 기종 및 부속전동기 선정법  
 기종은 풍량, 정압과 사용목적 및 가격 등으로 결정되지만 메이커의 카탈로그 중의 특성곡선이나 표로부터 효율이 좋은 운전점을 선정한다.

기설의 경우는 운전전류, 전압, 역률로부터 전력을 구하고 그의 특정곡선으로부터 부하의 정도나 효율을 조사하여 대책을 세운다.

(나) 풍량의 제어법

흡출구댐퍼, 흡입구댐퍼, 석션베인 및 전동기의 회전수 제어 등의 방법이 있다.

(다) 정압의 저감법

송풍기의 정압은 공조기의 저항과 덕트, 흡출구, 흡입구 기타 덕트도중의 소음기, 챔버, 전열교환기, 댐퍼 VAV유닛 등의 기기의 저항의 합계로 된다.

따라서 정압을 내리기 위하여 설계시에 다음 사항을 고려해야 한다.

① 덕트의 저항을 적게 한다.

고속덕트를 피하고 중속 또는 저속덕트로 하고 구부러짐 기타 저항이 적은 것을 사용한다.

② 공조기나 덕트 도중의 기기에 저항이 적은 것을 사용한다.

**6.4 공조설비**

공조설비는 냉방, 난방 및 환기의 기능으로 쾌적한 주거환경을 만들어 주고, 기타 물품의 생산공정이나 보관 등에 필요한 온도, 습도나 청정한 실내공기를 유지한다.

건물의 소비 에너지는 생산성 에너지를 제외시키면 대부분 건축설비에 사용되며, 건축설비 중에서도 공조설비가 가장 많은 에너지를 소비하고 있다.

공조설비 에너지 소비량은 냉방, 난방 등의 공조부하와 공조기기의 용량, 동력 및 운전시간에 따라 달라진다.

〈표 6-6〉 인공조명기구의 성능과 발열량

종 류	램프효율 (lm/W)	종합효율 (안정기 손실포함) (lm/W)	1000 lm당의 발열량 (kcal/h·1000 lm)
백열전구 100[W]	15	15	57
할로겐 전구 500[W]	21	21	41
형광등 40[W]백색	81	65	13
형광등 110[W]백색	86	79	11
고압수은램프 400[W]	55	52	17
메탈할라이드 램프 400[W]	76	72	12
고압나트륨 램프 400[W]	119	108	8

〈표 6-5〉 설계 냉방부하 구성비의 예 (단위: %)

열 부 하 요 소	사무소 빌딩	제 조 공 장
벽 체 통 과	22.0	15.4
인 체	14.7	3.7
조 명	21.6	14.5
전 동 기	9.5	41.4
취 입 외 기	32.2	25.0
합 계	100.0	100.0

사무소 및 제조공장의 설계 냉방부하 구성을 표 6-5에 표시한다.

(1) 건물의 공조부하 저감

(가) 공조실의 구간분할

구간분할은 각실을 공조부하의 시간적 변동상태가 근사한 것을 동일 공조기 계통으로 구분하는 것으로, 이것이 부적절한 경우는 방에 따라서 과냉, 과열의 상태가 생기고, 공조 불요의 시간에 방의 공조를 정지시키지 못한다.

(나) 유리장면의 차폐

각종 유리창의 차폐계수를 고려하여 차폐대책을 계획한다. 그리고, 건물의 각종 조건과 냉난방 부하의 관례를 참고한다.

(다) 외벽, 지붕의 도장색과 단열

일반적인 외벽과 지붕의 부하는 건물 냉방 부하의 3.3~11.3% 정도이다.

그러나 외벽과 지붕을 백색으로 도장하면 일사흡수율이 0.5로서 건물부하가 약 1.0~3% 감소된다.

(라) 조명부하의 저감

조명부하의 전냉방부하에 점유되는 비율은 약 14~22%이므로 조명부하용량을 저감시키면 그의 비율로 건물의 냉방부하가 저감된다.

조명부하의 발열량을 표 6-6에 표시한다.

전동중에서 가장 발열량이 많은 것은 백열전구와 할로겐램프이고, 가장 발열량이 적은 것은 고압나트륨램프이다.

(마) 외기추입량의 저감

외기추입은 방의 공기의 청정도를 유지하기 위해 필요하며, 건축기준법에 의하면 실내의 탄산가스 농도 1,000ppm이하(재실자 1인당 20~30m<sup>3</sup>/n 정도)로 규정하고 있다.

외기추입량의 공조부하에 대한 영향은 냉·난방시이며, 특히 냉방시에는 40~50% 정도로 된다.

(2) 에너지 절약형 공조기기 시스템

(가) 에너지 절약형 공조 시스템

공조 시스템은 열원 시스템, 공조기 시스템, 반송 시스템 및 자동제어 시스템 등으로 구성되어 있다.

표 6-7에 각 서브 시스템에서 고려될 구 있는 에너지 절약 시스템과 그의 구성기기를 표시한다.

〈표 6-7〉 에너지절약형 공조방식 일람표

서브시스템	시 스템	구 성 기 기
열원 시스템	① 축열방식 ② 열회수방식 ③ 외기냉방방식 ④ 대수제어방식 ⑤ 전열교환방식 ⑥ 자연에너지 이용방식	냉 동 기 보 일 러 열 펌 프 전 열 교 환 기 태 양 집 열 기
공 조 시스템	① 조닝 ② VAV방식 ③ 외기 냉방방식 ④ 물-공기 방식	VAV 유닛 환 기 송 풍 기 팬 코 일 유닛
반 송 시스템	① VAV방식 ② VVW방식 ③ 물-공기 방식 ④ 동력회수 방식	송 풍 기 덕 트 펌 프 · 배 관 팬 코 일 유닛
자동제어 시스템	① 대수제어 ② 과열, 과냉방지 ③ 인터록 제어 ④ 최적제어 ⑤ CO <sub>2</sub> 농도 제어	서 모 스타 트 퓨미디티스타트 CO <sub>2</sub> 농도 계 산 기 제 어 시 스템

6.5 운반설비

(1) 엘리베이터

(가) 엘리베이터의 종류와 특성

엘리베이터는 고속운반이 특징이며 구동방식에 따라서 교류전동기식과 직류전동기식이 있다.

① 직류 엘리베이터(고·중속형)

속도가 120[m/분] 이상의 고속용은 직류전동기로 직접 구동하는 기어리스 엘리베이터이다. 속도 피드백 제어에 의하여 원활한 승차감과 정밀한 착상 성능 등으로 초고층 빌딩용으로 적당하다.

150[m/분] 이하의 중속용에서는 감속기를 사용한 기어드 엘리베이터이다.

이 직류방식에서 직류전동기로는 분권전동기가 사용되며, 전기자에 인가되는 직류전압을 변화시켜서 전동기의 회전수를 제어하는 가변 전압제어방식을 사용하고 있다.

3상 교류전원으로부터 직류를 얻는 방식에는 교류전동기 직렬직류발전기인 M-G세트나 교류를 사이리스터를 사용하여 직접 직류로 교환하는 사이리스터 레어너드 방식이 있다.

② 교류 엘리베이터(중·저속형)

105[m/분] 이하의 중속 및 저속용은 유도 전동기를 사용하여 경제성과 실용성을 겸비한 기어드 엘리베이터이다.

적용하는 속도방식으로부터 저항제어방식과 피드백제어방식으로 나누어 진다.

저항제어방식은 비교적 중부하의 기종에 적용되며, 일반적으로는 2단속도 전동기를 사용하여 원활한 회생제동을 하며 부하보상장치를 덧붙여서 고정도의 착상을 한다.

피드백방식은 속도피드백에 의한 가속 및 제동력 제어를 시행하며, 원활·정밀한 착상과 운전시간의 단축을 실현한 효율이 높은 엘리베이터이며 현재 주로 이 제어방식을 사용하고 있다.

이 방식을 구동방식으로 분류하면 교류1단과 교류2단 제어방식으로 된다.

주로 많이 사용되는 교류 2단 속도방식은 유도전동기에 고속권선과 저속권선을 설치하는 것이다.

기동시는 고속권선에 급전하고, 1차측에 접속된 저항에 순차적으로 단락하는 저항제어를 한다.

감속은 고속권선의 급전을 끊는 동시에 저속권선에 전압을 가하여 저속전동기의 회생제동을 이용하여 감속한다.

(나) 에너지절약형 엘리베이터

최근에 중요한 에너지 절약화된 기기를 들면 다음과 같다.

① 마이컴장비 구동형 엘리베이터

사양의 표준화에 의하여, 양산 기종으로서의 생산

합리화를 도모한 규격형 엘리베이터는 수요확대에 따라 기능, 외장의 다양화로 발전되고 있다.

이 규격형 엘리베이터에 종래의 릴레이 시스템을 대폭 전자회로화 한 것이 마이컴 엘리베이터이다.

마이컴화함으로써 다양한 새로운 기능이 나오고, 카 내의 조명, 환기팬 자동휴지기능, 가속으로부터 감속까지 사이리스터로 제어하여 종래제품에 비하여 약 20%의 에너지 절약을 달성하고 승객에 대한 서비스와 안전향상을 도모하고 있다.

② 사이리스터 레오너드식 엘리베이터

종래의 전력변환으로서 MG를 사용한 워드레오너드 방식을 에너지 변환효율이 높은 사이리스터 장치로 대체한 방식으로 약 20%의 에너지를 절감한다.

③ 고능률 에너지 절약형 엘리베이터 군관리 시스템

고층빌딩, 대규모빌딩의 방대한 교통수를 효율 좋게 처리하기 위한 방식으로 이 군관리 방식은 호출 할당시스템을 채택하여, 각 홀에서의 호출에 대하여 최적 엘리베이터를 선정, 서비스하게 함으로써 극히 효율 좋은 운전으로 되고 또한 에너지절약을 기한다.

(2) 에스컬레이터

(가) 에스컬레이터의 종류

에스컬레이터는 건물 내에서 다수의 사람들의 연속적인 대량수송에 적합하다. 에스컬레이터는 유효난간이 나비 1,200mm(1,200형)과 800(800형)의 2종류를 표준으로 하고 있다.

1,200형은 공칭 2인승의 형식으로, 성인 2인이 어깨를 나란히 하여 편하게 탈 수 있는 큰 수송능력을 가지고 있다. 에스컬레이터는 대기시간이 필요없는 것이 특징이므로 백화점 등에 넓게 이용되고 있다.

에스컬레이터는 경사를 갖는 계단식으로 된 컨베

이어이다. 30° 이하의 기울기를 갖는 트레스에 끝없는 체인에 수 10개의 발판을 붙여서 레일로 지지하고 있다.

이 체인을 트러스의 위쪽 구동용 체인과 아래쪽 종속형 체인간에 걸어서 위쪽의 체인을 전동기에 직결한 워밍속기로 구동한다.

(나) 전력절약형 에스컬레이터

① 주 구동기의 효율향상

종래의 에스컬레이터의 감속기로 소음이 낮은 워밍기어를 사용하였으나 전달효율을 높이기 위하여 해리컬기어를 대치하여 에너지 절감을 기하고 있다.

② 주행저항의 저감

에스컬레이터가 무부하상태로 운전되는 경우의 소요동력은 핸드레일 및 스탭롤러의 주행저항에서 소비된다. 이들 중 핸드레일의 주행저항이 전 주행저항의 약 80%를 점유하고 있다.

신형 에스컬레이터에서는 핸드레일을 4개의 구동롤러에 의하여 협압구동하는 방식으로 개량하고, 핸드레일의 루프는 굴곡개소를 대폭 삭감하여, 주행저항을 종래형의 대략 50%로 저감시켜서 에너지 절약을 도모하고 있다. 그리하여 상승시에는 종래형에 대하여 약 30% 이상의 에너지가 절약되고, 하강시는 전력을 회생시킬 수 있다.

그리고 에스컬레이터의 설치에는 다음 사항을 고려하여야 한다.

- 지나보나 기둥에 균등하게 하중이 걸리는 위치
- 사람의 흐름의 중심, 예컨대 엘리베이터와 정면 현관의 중간등에 배치한다.
- 에스컬레이터의 바닥면적을 적게 한다.
- 승객의 시야가 넓도록 한다.
- 주행거리가 짧도록 한다.

<표 6-8> 에스컬레이터의 종류와 표준치수

형 명	난간유효 나비[m]	계단나비 W[m]	수송능력 [명/시]	경사각도 [°]	실효속도 [m/분]	사용전동기 [KW]	효 율 E
800	0.8	0.004	5,000	30	27	7.5	0.75
1,200	1.3	0.004	8,000	30	27	4.7m이하 7.5 4.7m이상 11.0	0.84