

# 전동력응용기술

산업 제어 기술 원  
공학박사 고 요

## 1. 개발기술의 개요

전동력응용 분야는 전기에너지를 통해 회전력 및 추력을 이용하는 기술로서 전동기제어장치, 펌프기술, 팬 제어기술, 전동력 운반제어 등의 효율 향상 기술개발을 통하여 전기에너지 사용량을 절감할 수 있는 분야이며, 구동하는 전동기 자체의 고효율화 뿐만 아니라 전동기의 동력을 이용하는 펌프, 송풍기, 압축기, 엘리베이터, 에스컬레이터, 컨베이어, 천장크레인 등의 기술개발로서 막대한 양의 에너지절약이 가능한 분야이다. 이를 나열하면,

- 펌프는 가정용, 건물용, 하수처리용, 각종 플랜트용, 석유화학용, 발전소용 등 사회전반에 걸쳐 광범위하게 사용되는 유체기계로서 그 중요성은 날로 증가하고 있으며, 국가 기간 산업에 핵심적인 기계로서 에너지절약형으로 연구개발을 추진하여 기술의 자립 및 이용효율의 극대화를 할 필요가 있음.
- 송풍기는 전기적인 에너지를 기계적인 에너지로 변환하거나 이송을 수행하는 구동원으로서 가정 및 산업용 시스템의 열교환 효율과 소음,

진동, 내구성 등에 영향을 주는 제품 또는 부품일 뿐만 아니라, 에너지절약에 직접적으로 기여하는 냉동 공기조화 분야의 핵심기능 제품으로서 생활수준의 향상 및 산업의 급속한 발전과 함께 전력사용 비중이 크게 증가하고 있는 제품이며, 여름철 첨두부하와 전력 예비율에 주된 요인을 제공하는 전력 다소비형 생산제 산업으로 고효율 및 절전형 기술개발이 관건임.

- 압축기는 회전체의 고속회전에 의하여 작동유체에 기계적 에너지를 가함으로서 유체의 압력과 온도 등 유체의 에너지 특성을 변화시키는 장치이며, 압축기의 축방향 추력/반경방향 추력의 발생에 대한 이해 및 밀봉장치, 베어링 등과 관련한 회전체의 정확한 설계를 통해 기계손실을 감소시킴으로서 압축기에서의 에너지 절감이 가능함.
- 국내의 전동력 응용기기 산업은 기술도입과 핵심부품을 수입하여 조립, 생산함으로써 양적으로 많은 성장을 해왔으나, 설계기술, 핵심기술 등의 자립도가 낮아 기술발전의 한계에 이르고 있고, 송풍기, 펌프, 압축기 및 터보기계

등의 에너지 절약효과가 크게 나타날 수 있는 분야는 시스템 전체의 최적 설계를 유도하여 적용 용도 및 장소에 따라 다양한 설계 기준을 설정, 적용하는 것이 필요하며 시스템화 된 기술을 발전시킬 필요가 있다.

- 전동력 응용기기에서 주요 설비별 소요동력은 시스템에 따라 다소 차이가 있으나 대형공장이나 대형빌딩에서의 소요동력이 상당히 크므로 최적 시스템 설계기술을 개발하여 적정 용량의 기기를 설치하고 설비를 효율적으로 운전하는 것이 중요하며, 설비의 운전패턴과 적용기기에 대한 기초 통계를 산출하여 최적시스템 설계에 반영하는 것이 필요하다.

## 2. 전동력응용기술

### 가. 펌프

원동기로부터 받은 기계적 에너지를 작동 액체에 전달하여 작동 액체를 저압부에서 고압부로 송출하는 기계를 총칭하여 펌프라 하며, 작동 원리에 따라 원심식(Centrifugal), 왕복식(Reciprocating), 회전식(Rotary), 특수형 등으로 분류할 수 있으며, 구조에 따라서 편흡입, 양흡입, 단단 펌프 등 다양하게 분류 가능하다.

펌프의 작동원리는 구동기로부터 동력을 전달받아, 케이싱(Casing)속에 내장된 회전차(Impeller)가 속도 에너지를 생성시키고, 케이싱이 유체의 속도를 감소시킴으로서 속도에너지를 압력에너지로 변환시켜 유체를 이송시키는 원리(베르누이 정리)이다.

○ 원심식 펌프의 구성요소는 다음과 같다.

- 회전차(Impeller) : 속도에너지를 생성시키며,

크기와 형상에 따라 용량이 결정됨.

- 케이싱(Casing) : 속도에너지를 압력에너지로 변환시키며, 압력을 지탱하고 흡입구와 토출구를 형성함.
- 케이싱 커버(Casing Cover) : 그랜드 패키징이나 메카니칼 씰등의 축 밀봉장치를 장착할 위치를 제공하고, 압력을 지탱하는 부품으로 스테핑박스(Stuffing Box)라고도 함.
- 축 : 구동기의 동력을 회전차에 전달하고, 회전차를 고정시킴.
- 축수대(Bearing Bracket) : 축이 원활하게 동력을 전달하도록 베어링 장착 위치를 제공하는 부품으로 베어링 하우징(Bearing Housing)이라고도 함.

○ 원심식 펌프 기술의 특징은 다음과 같다.

- 원심펌프는 건물용, 산업용, 석유화학용, 발전소용 등 산업전반에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있으며, 구동기(전동기, 엔진, 터빈)로부터 동력을 전달받아 운전되고 있으므로 에너지 사용량이 대단히 많은 기계임.
- 원심펌프의 소요동력은 유량( $m^3/hr$ ), 양정(m), 유체의 비중, 펌프의 효율에 의해 결정되므로 펌프의 효율이 에너지 절감 차원에서 핵심이라 할 수 있음.
- 펌프 관련기술은 크게 Hydraulic Part의 설계 및 구성기기의 설계를 포함한 설계기술, 적용 및 시스템 엔지니어링 기술을 포함하는 해석기술, 성능 및 모델시험을 포함하는 시험기술, 구조, 가공 및 조립을 포함하는 제조기술로 나눌 수 있음.
- 펌프 사용대수의 제어, 속도제어, 최적운전 조건의 선택 등으로 에너지 절감을 꾀할 수 있으며, 특히 건물용 펌프 등에서는 시간대별로

물의 사용량이 달라지므로, 물 사용량에 따라 압력, 유량, 속도, 대수를 제어하여 에너지 절감효과의 극대화가 가능한 자동급수장치 (Booster System)가 선진국에서는 보편화 되어가는 추세임.

#### 나. 송풍기

모터나 동력원으로부터의 기계적 에너지 즉, 익형의 회전운동에 의하여 작동유체에 에너지를 전달하여 일정한 압력이나 속도를 갖도록 하는 기술로서 작동유체는 대부분 공기이며, 일정한 압력이나 속도를 가진 작동유체는 사용목적에 따라 일정한 지역에 공급하거나 반대로 배출하는데 사용되어진다.

송풍기에는 팬과 블로워로 분류되며 이렇게 분류하는 기준은 압력의 사용이 1000mmH<sub>2</sub>O 이하이면 팬, 1000mmH<sub>2</sub>O에서 10mH<sub>2</sub>O 이하이면 블로워로 구분하고 압력상승이 1kg/cm<sup>2</sup> 이상이면 공기압축기로 분류되어 작동유체를 압축성 기체로 고려하여야 하며 본 송풍기와는 다른 기술을 필요로 한다.

송풍기를 구성하는 구성품으로는 임펠러를 구동하기 위한 전기모터가 있고 작동유체에 에너지를 전달하는 임펠러와 케이싱, 축 외에 보조기기로 구성되며, 이들 구성품 중 가장 중요한 부품이 임펠러 부분으로서 정익과 동익으로 구성되어지나 일반적으로 동익을 임펠러라 한다. 이를 자세히 설명하면,

- 정익은 회전체를 지지하는 지지대로써의 역할과 효율을 상승하기 위하여 공기의 흐름방향을 조절하는 역할을 하며 동익 전·후에 설치함.

- 동익은 회전운동을 하는 부분으로서 공기에게 압력과 속도를 증가하는 부분이며 에너지 전달 및 변환의 역할을 하는 이유로 동익은 송풍기의 전체성능을 좌우하는 부품이고 3차원의 복잡한 형상으로 구성되어 있음.

○ 송풍기의 용도는 다음과 같다.

- 가정 및 사무실 환기 조절용
- 계측기기 등 가전제품 취부용
- 냉동 및 공기 조화용
- 산업용(제철, 석유화학, 제지, 섬유, 폐수처리, 식품 및 의약품 등)
- 기타 특수용도(화력 및 원자력 발전용, 각종 공장설비 및 원료이송용, 지하철, 광산, 터널에서의 지하송풍용 등)

사용하는 목적에 따라 여러 형태의 송풍기가 있으나 흐름방향이 축방향으로 변화가 없는 축류형 송풍기와 축방향에서 직각으로 변화하는 원심형 송풍기로 구분할 수 있으며, 기술적인 관점에서 더욱 세분화가 가능하나 기본적으로 사용하는 풍량 및 공간에 따라 결정된다.

○ 송풍기의 종류는 다음과 같다.

- 축류형 송풍기(Axial Flow Fan) : 축류형(사류형) 송풍기(Axial Fan), 프로펠러형 송풍기(Propeller Fan)
- 원심형송풍기(Centrifugal Flow Fan) : 다익형 송풍기(Sirocco Fan), 익형 송풍기(Air Foil Fan), 터보형 송풍기(Turbo Fan)

송풍기는 일반적으로 여타 유체기계에 비하여 간단한 구조를 가지고 있으므로 기술적으로 저급 기술로 인식하고 여러 중소기업체에서 생산을 하고 있으나 국내 생산업체의 대부분이 선진 외국업체와 기술제휴에 의한 생산을 하고 있는 실정이며 이는 핵심기술인 임펠러의 설계기술을 확보하지

못하고 있기 때문이다.

국내 송풍기 생산업체는 선진 외국과의 기술제휴선을 통해 설계도면과 감속기, 베어링, 회전차축, 하우징등을 선별 수입하여 도입기술에 대한 체계적인 분석과 검증없이 단순설계와 모방생산에 급급해온 나머지 설계기술의 낙후는 물론, 대부분의 제품 생산 및 제조공정을 수작업에 의존하고 있는 실정이다.

수입한 임펠러가 고효율의 임펠러라 할지라도 생산기술이 미비할 경우 수입한 완제품보다 효율이 떨어지는 결과를 초래하며 주된 요인은 케이싱과 임펠러간의 동심도가 낫다든지, 임펠러의 팁끝간격이 넓다든지 하는 것으로 작업자에게 영향을 주는 소음문제와 수명 및 효율에 영향을 주는 진동문제 때문이다.

선진 외국업체에서는 설계시스템을 갖추고 있어서 주문에 따라 기본설계 및 상세설계를 단시간에 할 수 있는 상태이며, 고효율화를 이룩하기 위하여 설계된 구성부품의 성능시험을 반복하여 그 결과를 설계시스템에 반영하여 지속적으로 설계시스템의 안정화 및 신뢰성을 향상시키고 있다. 매년 무역적자 규모가 증대하고 있으며 '96년말 송풍기 부문만 900억원 정도의 무역적자가 예상된다.

국내 송풍기산업의 국제경쟁력 향상을 위해서는 공기역학적 3차원 유체유동 해석기법을 활용, 파라미터(고효율, 풍량, 압력, 소음, 진동, 내구성 등)별 공통애로기술인 성능예측 기술개발과 상세설계 및 최적설계를 위한 설계자동화 기술개발을 위해 정부, 연구기관, 관련 생산업체 등의 협력체제 구축이 시급하다.

국내에서는 송풍기의 제반 성능인 축동력 및 축바란스, 소음 및 진동, 풍속 및 풍량 특성 등을 입증하기 위한 공인기관, 공인규격, 공인설비 등의 미

비로 인하여 객관적이고 신뢰성 있는 평가가 불가능한 실정으로 선진국 제품에 비하여 품질이 취약한 실정인바, 원자력 발전 등에 사용되는 송풍기는 대단위로 수입하여야 하고 만일 성능에 대하여 공인을 받기 위하여서는 미국의 AMCA로 부터의 성능시험을 받아야 하는 점 등이 있으므로 수출에도 상당한 손실을 입고 있다.

#### 다. 압축기

압축기는 회전차의 고속회전에 의하여 작동유체에 기계적에너지를 가함으로서 유체의 압력과 온도 등 유체의 에너지 특성을 변화시키는 장치로서 작동유체가 축방향으로 유입한 후 반경방향으로 배출되는 원심형과 축방향으로 유입하여 축방향으로 배출되는 축류형으로 대별되며 원심형은 대부분 일반 산업용으로 쓰이는 반면 축류형은 항공기용 가스터빈에 주로 적용되고 있다. 원심압축기는 보통 사용압력이  $1\text{kg/cm}^2$  이상인 경우에 해당되며, 크게 회전부분과 정지부분으로 구분하고, 회전부분에는 임펠러, 슬리브, 축, 벨런싱드럼 및 축추력 평형디스크가 있으며 정지부분은 케이싱, 다이어프램 등으로 구성되어 있다. 원심압축기는 축류형에 비하여 단당 압력비가 높고 비교적 제작이 용이하며 설계의 정확도가 축류형에 비해 덜 요구된다는 점에서 일반 산업용으로 널리 쓰이고 있으며 공기흐름이 반경방향이기 때문에 압축기의 길이가 짧아진다는 장점과 공기 유량의 변화 범위가 축류형에 비해 넓어 작동특성이 축류형에 비해 안정적인 것이 특색이다.

원심압축기는 단면적당 흡입 공기량이 작고 형태의 특징상 다단으로 만들기가 어렵지만 단당 압축비가 매우 높아 소형으로 비상용 발전기, 보조동

력기관, 소모성 소형엔진, 터보차저, Processor Industry, 터보냉동기 등 산업용에 많은 적용이 되고 있다. 현재 국내업체에서는 압축기의 임펠러, 디퓨저, 스크롤 등 핵심부품에 대한 자체 설계능력에 대한 확신의 부족으로 대부분 해외에서 기술도면을 수입하여 단순 생산하는 단계에 있어 많은 외화 유출이 발생하고 있으며, 이의 주 원인은 제작사양에 대한 자체 설계 및 제작품의 시험평가를 통한 성능 검증에 대한 경험의 부족으로 판단되므로 자체기술에 의한 설계능력의 배양 및 성능시험평가는 산업기기로 널리 사용되고 있는 원심압축기 설계기술의 국산화 측면에서 매우 중요하다고 인식된다.

### 3. 전기에너지의 사용현황

전동력응용 기기는 전동기를 구동원으로 하기 때문에 전기에너지의 소비추정이 전동기에 대한 것과 함께 반영되어 정량적으로 이루어질 수 없으나, 기기자체의 효율을 통해 전기에너지로 역산하게 되면, 대략 연간 3,000GWh 수준('95년 기준)이며 이는 총 전력의 2% 정도를 점유한다. 펌프의 경우는 연간 약 11,060kWh이며, 이는 508.800백만원 정도로 예상된다.

- 연간 전력비 =  $Pe \times B \times R = 508,800$ 백만원  
여기서,

$$\begin{aligned}
 Pe &= \text{국내 보급된 펌프의 용량(kW)} \\
 &= \text{년간 국내생산(또는)대수} \times \text{대표구동기 동력(kW)} \\
 &= (\text{년간 국내시장 규모(원, '96년도 예상)} \div \text{대표기종의 가격(편흡입블류트 펌프, 토출구경 } \phi 65, \text{ 원/1대)}) \\
 &\quad \times \text{대표기종의 동력(7.5kW)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= [282,810 \text{백만원} \div 0.7 \text{백만원/대}] \times 7.5 \text{kW} \\
 &= 404,014 \text{대} \times 7.5 \text{kW} = 3,030,105 \text{kW} \\
 B &= \text{년간 운전시간} = 365 \text{일} \times 10 \text{시간/일} \\
 &= 3,650 \text{시간} \\
 R &= \text{전력비(원/kWh)} = 46 \text{원/kWh(산업용 기준)}
 \end{aligned}$$

송풍기의 경우, 국내에서의 가정용 및 사무실용, 산업용 및 특수용으로 사용되는 송풍기의 총 보급용량은 약 6,042MW 정도로 전체 발전용량의 약 18.5%(소요동력원 즉, 전동기 포함)를 송풍기에너지 소비량으로 추정할 수 있다(국내에서의 필요댓수가 매년 10% 이상씩 증가하고 있는 추세이며, 시스템의 대형화 추세에 따라 대당 평균동력 또한 증가하고 있는 추세임).

- 산업용 및 특수용 송풍기의 경우 전체 발전용량의 약 10% 수준으로 전력소모량은 3,260MW 정도 규모의 보급이 추정됨.
- 가정용 및 사무실용 송풍기의 보급용량은 약 2,700MW로 전체 발전용량의 8.5% 수준으로 추정됨.
- 냉장고에 실장된 송풍기의 경우 추정치: 냉장고의 전체 보급용량은 1,366MW로서 전체 발전용량의 4.2% 수준이며, 냉장고에 부착된 송풍용 팬의 경우 96MW로 전체 발전용량의 0.3% 수준임.
- 선풍기 및 환풍기의 대표용량을 70W로 둘 때 1,000만 가구를 기준으로 산출하면 발전용량의 2.1% 정도가 됨.
- 공기청정기 및 기타의 경우 100W를 대표용량으로 두어 1,000만 가구를 기준으로 산출하면 발전용량의 3.1% 정도로 총 1,000MW에 상응함.