



THEME

03

온실가스 배출 저감을 위한 기계분야의 신기술 현황

김 윤 제 | 성균관대학교 기계공학부, 교수 | e-mail : yjkim@skku.edu

이 글에서는 국가 정책으로 추진되고 있는 온실가스 배출 저감 방안에 관련된 국내 기계 산업 분야의 기술 현황에 대하여 간단히 기술하고자 한다.

배 경

기후변화 협약과 관련하여 포스트 교토 체제(2013년 이후 온실가스 감축의무 부담)에 대한 논의 구도가 현실화됨에 따라 유럽과 미국은 온실가스 감축에 초점을 맞춘 기술개발에 부단한 노력을 기울이고 있다. 그동안 청정기술로 간주되어 왔던 원자력발전이 최근에 발생한 일본의 대지진으로 인하여 안전성에 대한 우려가 제기되면서 부존자원이 부족한 국가의 온실가스 저감기술 확보는 시급한 과제로 대두되고 있다. 현재 우리나라는 세계 10위권 이내의 이산화탄소 배출 국가로서 온실가스 감축을 위한 여러 가지 국가 정책 및 기술에 대한 대처 방안을 강구하고 있다.

교토의정서에 의한 선진국의 온실가스 감축계획 이행방안이 타결됨에 따라 우리나라를 포함한 선진개도국에 대한 온실가스 감축의무부담 문제가 강력히 요구될 것으로 예상되는데, 이에 따라 전체 온실가스의 85% 이상을 차지하고 있는 이산화탄소에 대한 배출저감 기술이 2013년 이후부터는 에너지 생산 및 제조업 분야에 적용된다.

에너지 소비절약과 효율증대는 에너지 생산 원료, 즉 화석연료의 사용을 줄임으로써 이산화탄소 배출을 감소시킬 수 있다. 또한 에너지 소비량이 적고, 효율이 높은 기술을 배출업종에 적용 보급하는 신기술과 에너지 발생을 위하여 사용되는 연료를 청정한 것으로 변환하거나 제조 원료를 저 에너지 소비 물질로 변환하는 방법과 같은 기술개발이 이루어져야 한다. 이


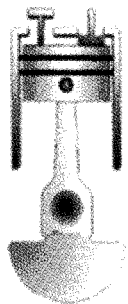
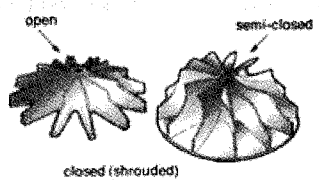
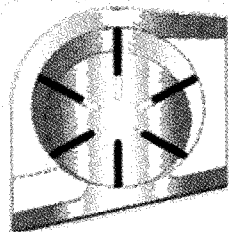
에 따라 철강, 석유화학, 정유, 시멘트 산업 등 전반적인 산업분야에서 온실가스 감축을 위한 신기술 개발이 활발히 진행되고 있는데, 이 글에서는 온실가스 감축 및 에너지 소비효율 증가를 위한 다양한 기계산업 분야 중 공기압축기, 회전기기 인버터 제어 시스템 및 냉매 분야의 신기술 개발 사례를 간략히 소개하고자 한다.

무급유식 공기압축기

18세기 산업혁명에서부터 공기압 응용기술은 열차용 공기 브레이크, 프레스용 클러치의 브레이크 장치, 차량의 자동문 개폐장치 및 토목 기계 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 공기압 장치는 간단한 조작으로 사용이 가능하므로, 그 용도로서는 치과용 그라인더, 가정용 공기주입기 및 나아가 산업용 로봇 및 유도탄에 이르기까지 그 적용범위는 광범위하다. 특히 단순한 저가형 자동화기기로 널리 보급되었고 지금은 공장 자동화(FA : Factory Automation) 시스템 구성에 절대적인 요소로서 그 수요는 한층 더 증가하고 있다. 이에 따라 공기압축기 생산을 위한 에너지 소비도 지속적으로 증가하게 되고 공기압축기 구동에 따른 에너지 소비량 또한 크게 증가하고 있는 추세이다. 현재 사용되고 있는 공기압축기 종류와 용도를 표 1에 나타내었다.

고효율 및 친환경적인 공기압축기를 개발하여 가파른 에너지 사용 비용을 절감하고, 환경오염을 줄일 수

표 1 공기압축기 제품 종류와 용도

형식	내부 구조	비고
스크류식		일정한 크기를 지니고 있는 케이싱 내에서 서로 맞물려 있는 두 개의 나선형 로터의 회전에 의해 야기되는 치의 결합 및 케이싱에 의한 공유 공간의 증감을 이용하여 공기를 연속적으로 흡입, 압축 및 토출하여 압축공기 생성.
왕복동식		피스톤의 왕복운동을 통한 실린더 내부의 체적 변화에 의하여 압축 및 흡입을 교대로 반복 수행함으로써 압축공기 생성.
원심식	 Fig. 6.9 Impellers	케이싱 내에 들어 있는 임펠러 회전에 의하여 흡입공기가 원심력으로 인하여 임펠러 중심부로부터 흡입되어 외부로 토출되면서 속도 및 압력을 증가시켜 압축공기 생성.
배인식		케이싱 내부에 중심과 편심된 회전축에 원심력에 의하여 움직이는 날개를 두어 배인(vane) 회전축이 돌면서 케이싱과 편심된 공간에서 흡입 및 압축을 날개로 단속하여 압축공기 생성.

있는 무급유식 공기압축기 개발의 필요성이 대두되고 있다.

현재 개발되고 있는 새로운 방식의 무급유식 공기 압축기 제품은 종래 급유식 공기압축기에 비하여 약 25% 정도 동력소모가 적어 에너지 저감 파급효과에 크게 영향을 미친다. 급유식 공기압축기의 경우 지속적인 오일을 교환해 주어야 하기 때문에 자원 및 환경

오염에 문제를 야기하게 된다. 이에 따라 무급유식 공기압축기를 개발하는 것은 환경오염을 줄임으로써 국가 정책 산업인 녹색 성장에 크게 기여할 수 있게 될 것이다. 무급유식 스크류 압축기의 핵심부품인 스크류 에어 블록은 국내 생산이 전무하여 전량 수입에 의존하고 있다. 특히 인버터형 무급유식 스크류 압축기는 최근 2~3년 전부터 일본, 독일, 영국 등에서 생산되

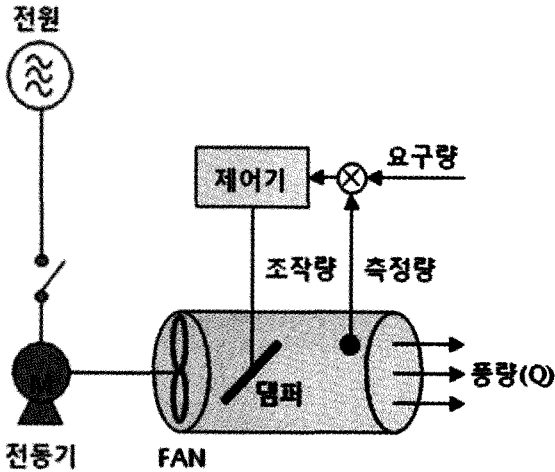


그림 1 댐퍼에 의한 풍량 조절(정속 운전 전동기)

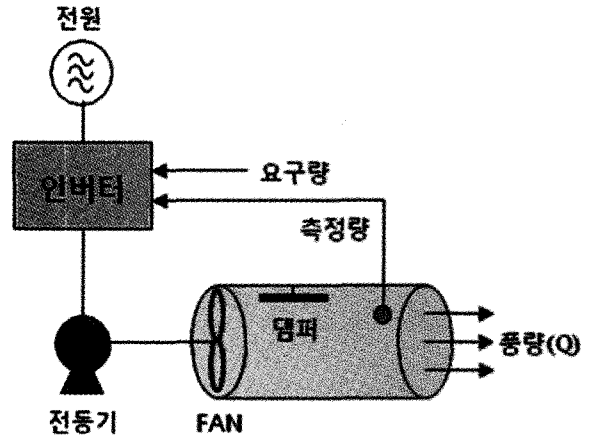


그림 2 가변속 구동에 의한 풍량 조절(변속 운전 전동기)

고 있지만, 국내에서는 기술 부족으로 인하여 아직 생산하지 못하고 있는 실정이다. 세계 최대 생산기지로 성장한 중국에서 최근 급유식 스크류 에어 블럭을 양산하고 있고, 무급유식 에어 블럭은 아직 생산하지 않고 있다. 국내에서 이 제품을 개발하여 조기 양산에 성공한다면 상당 규모를 수출할 수 있을 뿐만 아니라 수입대체효과를 이룰 수 있다. 또한 제품의 상용화가 이루어지면 연간 수십만 리터 이상의 오일 사용을 줄여 환경오염 및 비용을 크게 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

인버터형 에너지 저감용 가변속 드라이브 기술

국내 소비전력의 70% 이상이 동력용으로 소비되고 있으며 대부분 산업부문에서 중요한 역할을 담당하고 있는 전동기에 의해 소비되고 있다. 고효율 전동기의 적극적인 사용과 적절한 제어기술 도입으로 최적운전에 의한 운전 효율 향상 방안이 비용절감 면에서 효과가 큰 에너지 절감 방법이라 할 수 있다. 그런데 이미 일반형 전동기가 상당부분 사용되고 있는 상황에서는 전동기 자체의 효율 향상과 관계없이 기존 전동기의 최적 운전에 의해 운전효율을 향상하는 것이 필수적이다. 다양한 부하 조건에 따라 전동기 대수를 조절하거나 전동기 회전속도를 조절하는 것이 대표적인 방

법으로 이 경우 가변속 전동기를 채용하면 회전수를 제어함으로써 최적 운전이 가능해지며 에너지 절약효과도 크다고 할 수 있다.

전동기의 가변속 구동을 위해서는 전동기와 인버터 조합에 의한 가변속 제어가 일반적이며 대표적인 응용 분야가 팬, 펌프와 같은 회전기계 분야에서의 에너지 절약이다. 팬, 펌프에서 댐퍼(조정밸브)의 열리는 각도를 조절하여 풍량(유량)을 제어하는 경우(그림 1)는 전동기가 항상 일정한 회전수로 회전하기 때문에 풍량(유량)이 적어져도 필요한 축동력은 그다지 저감되지 않는다. 그러나 인버터 적용에 의해 전동기가 가변속으로 구동되는 경우(그림 2)는 댐퍼를 완전 개방한 상태에서 전동기 회전속도를 가변하여 요구되는 풍량(유량)을 제어하기 때문에 회전속도의 세제곱에 비례하여 축동력이 감소하므로 에너지를 절약할 수 있다.

그림 3은 댐퍼 제어와 가변속 구동 시의 동작 특성을 비교한 것으로 A점(풍량 Q1)에서 B점(풍량 Q2)으로 이동할 경우의 특성을 도시한 것이다. 소비 전력이 정압(압력, H) 및 풍량(Q)의 곱으로 주어지고 정압이 속도의 제곱에 비례하기 때문에 회전속도를 낮출 경우 회전속도의 세제곱에 비례하여 축동력이 감소하므로 상당량의 에너지 절감이 가능하다(그림 4). 인버터 효율 및 기타 영향을 감안하면 60Hz 일정속도로 회전하

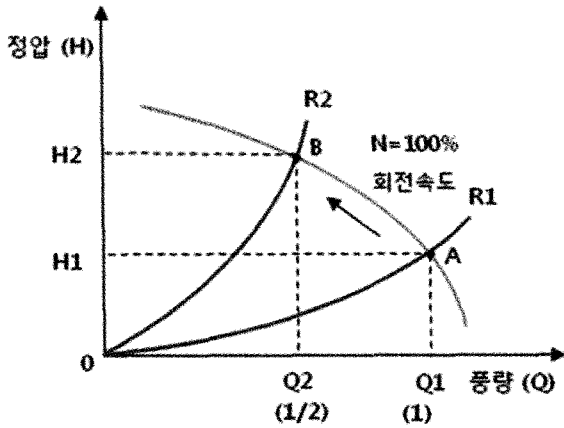


그림 3 가변속 구동에 의한 팬의 구동 특성 비교

P1 : 인버터 설치전 동력
 P2 : 인버터 설치후 동력
 N1 : 인버터 설치전 전동기 회전수 (60Hz)
 N2 : 인버터 설치후 전동기 회전수 (50Hz, 55Hz)
 ※ 50Hz 운전시

$$P2 = \left(\frac{N2}{N1}\right)^3 \times P1 = \left(\frac{50}{60}\right)^3 \times P1 = 0.58 \times P1 \quad \text{절감률} = 1 - \left(\frac{P2}{P1}\right) = 42\%$$

그림 4 60Hz 전동기를 50Hz로 회전하였을 경우의 소모전력 비교

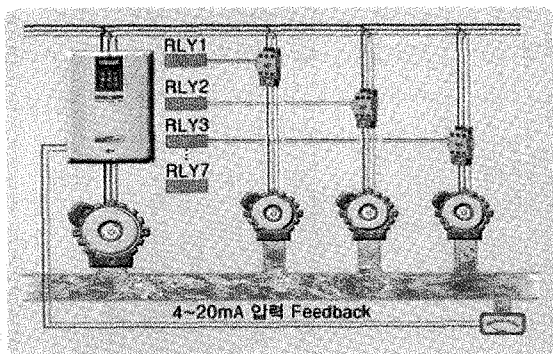
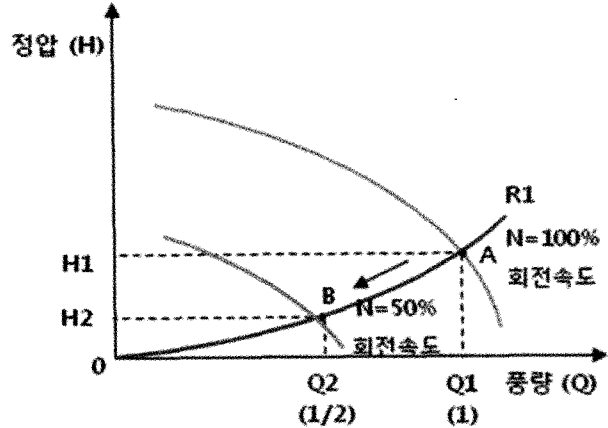


그림 5 복수 전동기 제어 가능

는 전동기를 50Hz로 낮추면 평균 37%, 55Hz로 낮추면 평균 20% 정도의 절전이 가능하다고 알려져 있다.

이와 같이 에너지 절약효과가 높은 팬, 펌프 등의 가변속 구동을 촉진하기 위해 고효율 인버터 지원제도가 시행되고 있으며 팬, 펌프의 가변속 구동 시에 인버터는 복수 전동기 제어(MMC : Multi-Motor



Control), Flying start 등의 기능을 갖추는 것이 바람직하다.

① 고효율 인버터

에너지 저감을 위한 전동기 가변속 구동용 고효율 인버터는 최대 주파수를 제한하여 에너지 사용 효율을 높이고 소비전력을 절감할 수 있다.

② 복수 전동기 제어

MMC 기능은 그림 5와 같이 상용 전원으로 여러 대의 전동기를 구동하는 설비에서 인버터와 릴레이를 조합하여 인버터 및 상용전원과 전동기가 연결될 수 있게 해놓은 것이다. 인버터에서 릴레이를 조작하여 가속이 필요한 전동기는 인버터에 접속하여 인버터에 의해 상용전원 주파수까지 가속한 후 이후 전동기는 상용전원으로 접속하고, 인버터는 릴레이 조작을 통해 다른 전동기와 연결하여 감·가속시킬 수 있다. 인버터는 한 대이지만 여러 대의 전동기를 가변속 운전하는 것이 가능하다.

③ Flying Start 기능

여러 대의 전동기를 한 대의 인버터로 구동 시 상용 전원으로 운전 중인 인버터 운전으로 전환하거나 관성이 큰 부하 시스템에서 자연대류, 순시 정전 등에 의

해 부하가 회전하는 경우를 들 수 있다. 이러한 상태에서 인버터가 전동기 운전을 개시할 경우 전동기 회전속도를 자동으로 탐색하여 기동 시 인버터 고장 내지 과부하가 걸리지 않으면서 전동기를 가동하는 기능을 말하며, 팬, 펌프의 가변속 구동에서 인버터 및 부하를 보호하기 위해 필요한 기능이다.(인버터 업체에 따라서는 속도 서치라고도 한다)

가변속 구동에 의하여 공조기기, 펌프, 사출기, 집진기, 수처리기기, 압축기, 염색기, 블로어 등 산업현장에서 사용되는 다양한 기기에 적용이 가능하여 에너지 절감효과를 얻을 수 있다. 이러한 가변속 구동에 의한 에너지 절감효과는 일정 속도로 구동하는 팬, 펌프 적용 시 크게 나타나며 산업현장에서 고효율 조명기기로의 교체, 폐열회수, 신재생 에너지 사용 등과 결합하여 에너지 절감효과를 극대화할 수 있다.

이러한 산업분야에서의 전력 에너지 절약은 산업현장에서의 생산성 향상 및 발전에 사용되는 화석연료의 절감으로도 이어질 수 있다. 또한 온실가스 감축에도 도움을 주어 최근 대두되고 있는 기후변화 협약 대응에도 도움을 줄 수 있으며, 에너지 소비가 높은 산업 구조를 가진 우리나라의 경제적인 효과로도 이어질 수 있다.

냉매산업

신선하게 식품을 보관하고자 하는 소비자들의 요구와 업계의 신제품 개발로 인하여 국내 냉장고 및 전문 냉동고 시장은 해마다 급격히 성장하고 있다. 이런 추세에서 CFC계 냉매나 HCFC계 냉매는 몬트리올 의정서에 의한 오존층 파괴물질 규제선언 이후 점차 HFC 계열의 냉매나 혼합냉매로 대체되어 사용되고 있지만 교토의정서에 의해 HFC계 냉매 또한 지구온난화 규

제물질로 규정되어 냉장고 시스템에 장기적으로 사용되기 어려운 실정이다.

이러한 문제를 근본적으로 해결하기 위해서는 환경에 무해한 자연냉매를 사용해야 하는데, 이런 추세를 반영하듯 이미 유럽과 일본에서는 자연냉매 중 하나인 이소부탄(R-600a)을 가정용 냉장고의 냉매로 적용하고 있다. 자연냉매 사용은 지구 온난화 예방이 가능하지만 현재 제품에 사용할 경우 가연성에 의한 위험성이 있어 생산단계, 제품의 보관 및 운송단계, 사용 및 서비스 단계로 분류하여 세밀히 검토하여야 한다.

맺음말

전술한 기술을 포함하여 기계산업에는 미래 전향적인 녹색 기술을 접목한 다양한 온실가스 저감 기술이 있을 수 있다. 하지만 국내 중소기업들은 온실가스 감축 의무에 대한 인식 부족으로 인하여 에너지 소비 절감을 위한 신기술 개발 사례가 미진하다. 해당 신기술을 개발하였다 할지라도 기술 누출 우려 및 보안 의식으로 인하여 자료를 공개하지 않기 때문에 해당 제품의 직접적인 에너지 사용량 데이터 확보가 용이하지 않다.

따라서 이러한 문제점을 극복하고 D/B 구축을 위한 원활한 조사가 이루어지기 위해서는 국가적 차원에서 각종 산업체에 인센티브 부여 및 자료 공개의 우려를 불식시킬 수 있는 지속적인 홍보 노력이 필요하다. 또한 기계산업의 성장 둔화로 인한 온실가스 저감 기술 도입이 다소 약화된 시점에서, 생산 설비 투자가 보다 원활하고 효과적으로 진행되어 미래를 대비할 수 있는 온실가스 저감 신기술을 지속적으로 확보해야 할 것이다.