인버터 운전과 에너지 절감(Ⅳ)

글/구 형 모 (현대중전기 산업전자영업부장)

목 차

Ⅰ. 인버터 원리
1. 서 론
2. 인버터에 의한 가변속시의 장단점
3. 인버터의 원리

Ⅱ. 인버터의 용량 선정 및 적용 방법
1. 용량 선정 및 가·감속 시간 선정
2. 극수 변환 모터를 인버터로 운전하는 경우
3. 진동 모터를 인버터로 운전하는 경우
4. 기어 모터를 인버터로 운전하는 경우

Ⅲ. 인버터 설치시의 제반 유의점과 대책
1. 외부 회로 검토
2. 전원측에 변압기를 사용하는 경우
3. 자가 발전기 전원을 사용하는 경우
4. 고조파 전류
5. 전원 역율 개선 방법
6. 진동과 소음 대책
7. 인버터로부터의 잡음 장해와 대책
8. 주회로 배선거리

Ⅳ. 에너지 절감 효과
1. FAN PUMP의 특성
2. FAN PUMP의 에너지 절감 효과
3. 에너지 절감 효과 계산 예

Ⅳ 에너지 절감 효과

정속 모터로 구동하는 FAN PUMP는 계절과 시간 혹은 생산현황에 따라 부하가 변동하며 밸브와 DAMPER를 조정해서 부하변동에 대응하고 있다. 그러나, 이 방식에서는 유량을 줄이기 위해 밸브와 DAMPER를 조이더라도 손실이 증가해서 모터의 소요동력은 그만큼 감소하지 않아서 절전효과를 기대할 수 없다. 이러한 경우 모터의 회전수제어를 하면 소요동력은 회전수 3승에 비례해서 감소해 큰 에너지 절감을 실현할 수 있다.

1. FAN PUMP의 특성

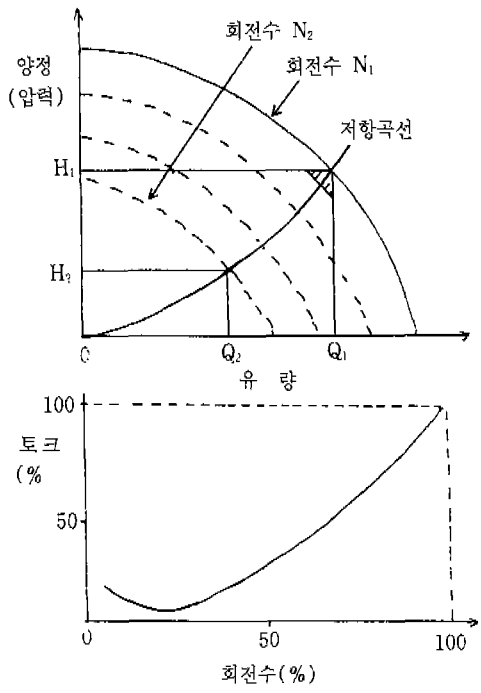
FAN PUMP의 모터 축동력 P는 유량(풍량) Q와 양정(압력) H사이에 $P\alpha Q\cdot H$인 관계가 있다. 이제 풍량을 Q_1에서 Q_2로 제어할 때 모터의 회전수를 N_1, N_2라고 하면 회전수에 대한 Q, H, P의 관계는 아래 식과 같다.

$$Q_2=Q_1\times\frac{N_2}{N_1},\ H_2=H_1\times(\frac{N_2}{N_1})^2,\ P=P_1\times(\frac{N_2}{N_1})^3$$

또한 모터 축동력 P와 토크는

$T\alpha\frac{P}{N}$로 된다

이상의 것에 의해 FAN PUMP의 모터 축동력은 회전수의 3승에 비례하고 토크는 회전수의 2승에 비례(2승 저감토크)한다.



2. FAN PUMP의 에너지 절감 효과

말단 압력이 일정한 PUMP의 속도제어를 예로 들면

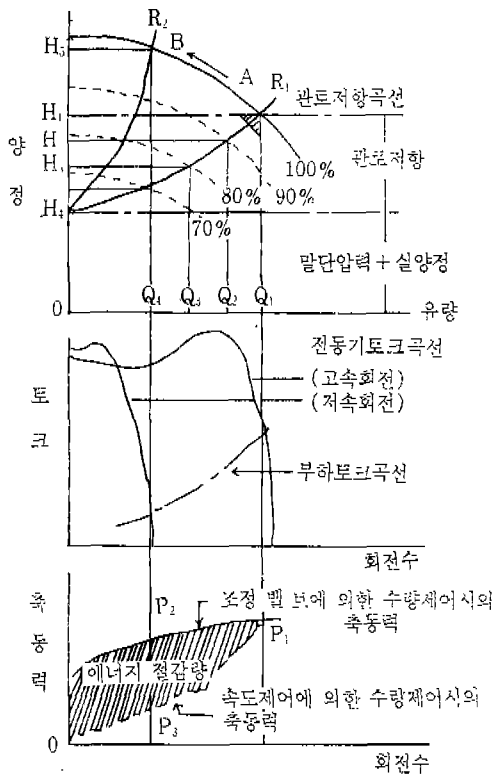
(1) 정속 모터를 사용한 경우 (조정 밸브에 의한 수량제어)

관로저항 R은 수량의 2승에 거의 비례해서 변화한다. 한편 조정 밸브를 조정해서도 R은 변화한다. 밸브를 조이면 관로저항은 증가하고 그림에 나타난 R_1에서 R_2로 변화해서 전양정곡선 상의 A점에서 B점으로 이동한다. 수량이 Q_1에서 Q_2로 감소하는 동시에 양정은 H_1에서 H_5로 상승하고 이것에 의해 축동력은 P_1에서 P_2로 변화한다.

(2) 변속 모터를 사용한 경우 (속도제어에 의한 수량제어)

PUMP의 수량변화에 동반해서 관로말단에서의 압력이 항상 일정하게 되도록 PUMP의 회전수를 90%, 80%, 70%로 한 경우 그림의 점선에서 보이는 특성이 된다. 수량이 Q_2일때 회전수는 90%, 수량이 Q_3일때 회전수는 80%로 PUMP의 운전을 하는 셈이다. 이것에 대해서 양정도 H_1, H_2, H_3, H_4로 하강한다. 이때 축동력은 P_1에서 P_3으로 변화한다.

속도제어의 경우는 조정 밸브에 의한 제어에 비교해서 밸브 저항에 의한 손실이 없기 때문에(P_2-P_3) 만큼 축동력이 작게 되고 에너지 절감 효과를 가져오게 된다.

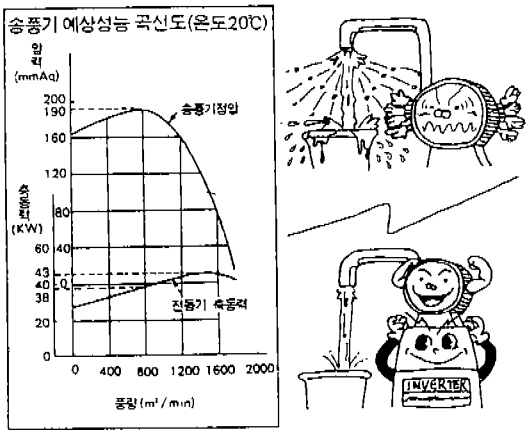


3. 에너지 절감효과 계산 예

(1) 현재의 운전현황

- 송풍기 특성……송풍기예상성능 곡선도(온도 20℃)
- 모터의 특성……전동기 사양표
- 현재의 운전점……DAMPER 전개시의 모터전류 (150A) DAMPER 닫음에 따른 현재의 운전시 전류 (133A)
- 전압……제약없음(풍량만 유지할 수 있으면 가능)

- 연간사용현황…1일 가능 운전시간(15시간)
  1개월 가동일수(25일)
- 지불전력요금……₩100/kWh



(2) 계산

1) 상용전원시 운전상태를 파악한다.

DAMPER 전개시 전류 150A에 의함.

$$\text{부하율}=\frac{\text{DAMPER 전개시 전류}}{\text{모터 정격전류}}=\frac{150A}{157.2A}=0.95$$

$$\text{축동력 } P_1=\text{모터 정격출력 } P\times\text{부하율}$$

$$P_1=45kW\times\frac{150A}{157.2A}=43kW$$

다음으로 송풍기 성능곡선에서 축동력 P_1에 대한 운전점은 풍량 $Q_1=1200m^3/초$, 정압 $H=160mmAq$ 이때에 관로저항 R_1은 160mmAq이다.

2) 마찬가지로 현재의 운전상태를 파악한다.

DAMPER 닫음에 의한 전류 133A에 의함.

$$\text{축동력 } P_1=45kW\times\frac{133A}{157.2A}=38kW$$

다음으로 송풍기 성능곡선도에서 축동력 P_2에 대한 운전점은 풍량 $Q_2=800m^3/초$, 정압 $H=190mmAq$ 이 때에 관로저항 R_2은 190mmAq이다.

3) 인버터 제어

조건이 DAMPER 닫음일 때 풍량 $Q_2=800m^3/초$를 유지하면 된다. 따라서 인버터 운전시 관로저항 R_2를

$$R_2=R_1\times\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^2=160mmAq\times\left(\frac{800m^3/초}{1200m^3/초}\right)^2$$
$$\fallingdotseq 71mmAq$$

이상의 정압이 있으면 풍량 Q_2가 유지된다. 인버터 제어시 정압 $H'_2=R'_2$로 하면

$H'_2 : H_2=N_2^2 : N_1^2$으로부터

$$\text{회전축변화율}=\frac{N_2}{N_1}=\sqrt{\frac{H_2}{H_2}}=\sqrt{\frac{71mmAq}{190mmAq}}=0.61$$

또한 인버터 제어에 의한 축동력 P'_2는 회전수의 3승에 비례하므로 아래와 같다.

$$\text{축동력 } P'_2=P_1\times\left(\frac{N_2}{N_2}\right)^3=43kW\times(0.61)^3\fallingdotseq 9.8kW$$

4) 각 축동력을 입력해서 환산한다.

DAMPER의 닫음에 의한 축동력 P_2에 대해서

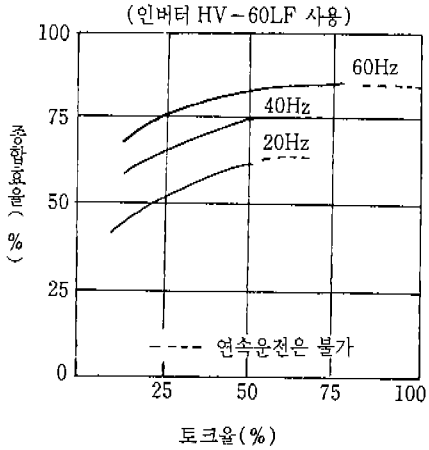
$$\text{부하율}=\frac{133A}{157.2A}\times 100\%\fallingdotseq 85\%$$

모터의 부하특성에 의해(100%시 91.3%, 75%시 92%의 비례 산출로 부터) 모터효율=91.5%이다. 이것에 의해서

$$\text{입력}=\frac{P_2}{\text{효율}}=\frac{38kW}{0.915}=41.5kW$$

인버터 제어에 의한 축동력 P'_2에 대해서

$$\text{토크}=\frac{974\times\text{출력}(P)}{\text{회전수}(N)}\text{의 관계로 부터}$$



인버터+Motor 종합효율도

$$\text{토크율}=\frac{T_2}{T_1}=\frac{P'_2}{P}\times\frac{N_1}{N_2}\times 100\%$$
$$=\frac{9.8\text{kW}}{45\text{kW}}\times\frac{1}{0.61}\times 100\%=35.7\%$$

인버터－모터 종합효율도(60Hz×0.61＝36Hz)로부터 종합효율은 약 67%이다. 이것에 의해

$$\text{입력}=\frac{P'_2}{\text{효율}}=\frac{9.8\text{kW}}{0.67}=14.6\text{kW}$$

5) 에너지 절감 효과

(41.5kW－14.6kW)×(₩100/kWH)×(15시간/일)×(25일/월)×12개월＝₩12,105,000

이상과 같이 DAMPER 전개시 1,200m³/초에서 DAMPER를 닫아 800m³/초로 운전할 경우와 같이 송풍기에 인버터로 풍량제어를 하면 연간 약 1,200만원의 전기료가 절감 될수 있다.

<연재 끝>

새해부터 이렇게 달라진다

세금

◀**근로소득공제범위 확대**＝근로소득공제금액이 2백30만~4백90만원에서 2백50만~6백만원으로 상향조정된다.

◀**기초공제확대**＝연간 48만원에서 60만원으로 확대된다.

◀**동거노부모·장애인 의료비 공제범위 확대**＝동거중인 노부모·장애인의 의료비는 공제한도에 관계없이 전액 공제된다.

◀**맞벌이부부 특별공제 신설**＝맞벌이하는 주부근로자도 연간54만원의 특별공제를 받는다.

◀**보험료공제한도 확대**＝보험료공제한도가 연간 24만원에서 50만원으로 확대된다.

노동·임금

◀**최저임금액 인상**＝시간급이 9백25원에서 1천5원으로 8시간기준 일급이 7천4백원에서 8천40원으로 인상된다.

산업·환경

◀**에너지효율등급 표시대상품목 확대**＝기존의 효율등급표시 대상품목인 냉장고·승용차·조명기기에 에어컨이 추가된다.

◀**산업체 에너지절약 준비금 제 시행**＝매년 에너지절약 시설투자금액의 15%씩을 3년동안 에너지절약 시설 투자준비금으로 내야 하며 법인세에서 손금으로 처리할 수 있다.

◀**에너지이용 합리화사업 융자지원방법 개선**＝융자비율을 소요자금의 90%까지로 확대조정하고 융자대상사업에 건물·선박절약시설이 추가된다.