

유도 전동기의 소음

호 서 대 학 교
 教授 신 대 철

❖ 목 차 ❖

1. 서 론
2. 소음의 분류
3. 소음의 측정방법
4. 소음의 저감 대책
5. 결 론

3. 소음의 측정방법

소음의 측정에는 2가지의 방법이 있다. 발생되는 소음을 평가하기 위한 방법으로 사람의 귀를 이용하여 측정하는 감각량 즉 주관적 방법과 계측기를 이용하여 측정하는 물리량 즉 객관적인 방법으로 구별할 수 있는데 주로 객관적 방법을 많이 사용하고 있다. 그러나 소음은 사람에 따라 제각기 감각량이 다르므로 얼마의 크기에서 영향을 받고, 감지되는가를 파악하기 위해서 현장의 작업자를 대상으로 귀에 의해서 평가하기도 한다. 또한 소음은 발생되는 상태나 종류가 광범위하여 소음에 관련된 계측방법도 다종다양하다.

각각의 목적에 따라 측정방법이나 측정기 종류가 다르지만 유도전동기의 소음 측정은 현장에서 소음을 발생하는 원인을 실태조사 하기 위한 소음 측정과 저소음 유도전동기 개발연구에 필요한 소음 측정이 있다. 그리고 사용하고 있는 유도전동기로부터 발생하는 소음의 전파를 차단하여 방음 및 차음 등의 대책에 필요한 소음측정이 있다.

유도 전동기의 소음크기 및 수량적인 평가로 국제표준화기구(ISO), 국제전기협회(IEC), 일본공업규격(JEM) 그리고 한국산업규격(KS) 등에서 절대값을 취하고 있으며 소음을 측정하는 경우 주의 할 사항은 다음과 같다.

- (1) 측정용 마이크로폰을 스쳐가는 바람의 소음은 마치 강한 바람이 사람의 귓가를 스치는 현상과 비슷하다. 이러한 경우 바람에 의한 소음의 영향을 저감하기 위해서는 구멍이 많은 스폰지 제품, 즉 공모양을 한 방풍망(wind screen)을 장착하여야 한다. 이 공모양의 방풍망은 먼지, 오물, 강우 등으로부터 마이크로폰을 보호하고 기계적인 손상을 피하여야 하고 방풍망 효과의 한계, 음의 전파의 변화, 바람에 의한 주위의 잡음 등이 있는 경우나 강풍인 경우는 측정을 삼가하는

것이 바람직하다.

- (2) 장마철의 경우 상대습도가 90[%]정도가 되어도 소음 측정계와 마이크로폰에 미치는 영향은 무시할 수 있지만 비, 눈 등에는 관리에 주의를 하여야 한다.

특히 비가 내리는 곳의 측정용 마이크로폰은 방풍망을 설치하고 방풍망이 어느정도 젖어도 측정에는 크게 영향을 받지 않으나 습기가 많은 장소에서 연속적으로 측정할 경우는 특별히 제작한 마이크로폰과 레인커버(rain cover), 제습기(dehumidifier) 등을 사용하여야 한다.

- (3) 보통 소음 계측에 사용하고 있는 측정용 마이크로폰은 영하 10[°C]에서 영상 50[°C] 범위에서 정확하게 작동하지만 경우에 따라 마이크로폰 내부에서 갑작스런 온도의 변화로 인하여 수적 현상이 발생하여 오측정의 원인이 될 수 있으므로 급변화는 피하여야 한다.

- (4) 측정용 마이크로폰과 소음 측정기가 진동에는 크게 영향을 받지 않지만 진동으로 인한 충격을 배제하는 것이 계측기에 좋다. 소음 측정기를 진동이 심한 장소에서 사용할 경우는 발포성의 고무판이나 이와 유사한 방진 재료 위에 설치하여 측정한다.

- (5) 대기압의 변화가 ± 10 [%] 정도인 경우는 측정용 마이크로폰의 감도에 거의 영향을 주지 않지만 이 보다 높은 범위의 값에서는 마이크로폰의 허용감도를 초과하여 측정이 불가능한 경우가 있다. 이러한 경우는 고감도 측정용 마이크로폰으로 교체하여 측정하여야 하고 피스톤폰(piston phone)으로 교정할 경우는 대기압에 따른 보정값을 참고하여야

한다.

- (6) 옥외에서 소음을 측정할 경우, 즉 음의 원거리 전파를 대상으로 측정하는 경우에는 기상 조건, 지형, 지표면 등의 상태에 의해서 크게 영향을 받을 수가 있다. 따라서 소음 측정시의 조건으로 날씨, 측정 장소의 풍향, 풍속, 온도, 상대습도 등의 기상조건, 지형 지표면 상태 등을 될 수 있으면 정확히 기록하여 소음의 측정결과 분석에 이용하면 좋다.
- (7) 유도전동기의 근접한 장소에 다른 기계류가 있는 경우 전동기 소음을 측정하려면 자체, 진동, 고온, 기류 등의 영향을 고려하여야 하고 만약 자체가 있는 장소에서는 동적 마이크로폰(dynamic microphone)을 사용한 소음계는 부적당하다.

그리고 소음 측정기의 마이크로폰 진동막은 진동에 의해서 음압에 상당하는 압력을 받아 잡음을 발생시켜 측정기 자체에 진동을 주지 않도록 하여야 한다. 만약 진동이 큰 장소에서 측정할 경우는 소음 측정기를 손으로 들고 측정하여야 한다.

또한, 유도전동기에서 발생하는 소음의 크고 적음을 평가하기 위해서 소음계측기로 음향 파워 레벨을 측정하고 있다. 보통 음향 계측에는 압력형 마이크로폰에 의해서 음압이 측정되기 때문에 이 음향 파워레벨은 음압레벨로부터 산출된다.

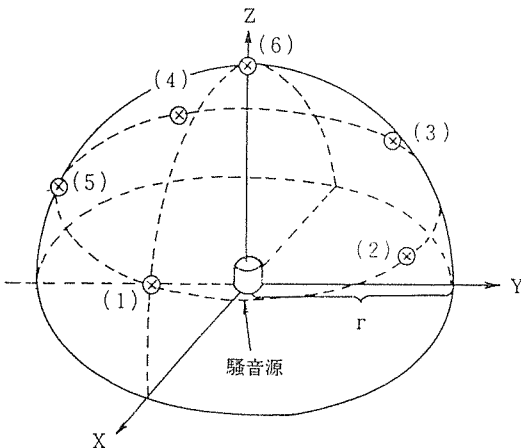
이미 설치한 유도전동기의 대수가 많은 공장의 경우 각각의 유도전동기 음향 파워 레벨을 알기 위해서는 유도전동기를 설치한 실의 크기, 실의 흡음력으로부터 실의 소음레벨을 추정할 수 있으므로 소음저감 대책의 계획을 수립할 수 있다.

이 음향 파워 레벨의 측정 방법에는 기계의 크기에 비해서 충분히 큰 무향실 또는 운동장의 한 가운데나 산의 정상으로 반사면이 없는 옥외에서

측정하는 자유음장법, 잔향실이나 무향실의 내부에서 측정하는 확산음장법, 잔향실이나 무향실이 없는 경우나 전동기를 이동하지 않는 경우로 현장에서 측정하는 반확산음장법, 자유음장법 및 확산음장법의 조건을 만족할 수 없는 경우의 근사값을 측정하는 근접음장법, 그리고 최근에는 측정장소에 지장을 받지 않고 음의 세기 레벨(sound intensity level), 음압 레벨(sound pressure level), 음향 파워 레벨(sound power level)을 직접 가시화가 가능한 음의 세기 측정 기법등으로 분류할 수 있다.

3.1 자유음장법

측정하는 유도전동기의 크기에 비해서 충분히 큰무향실 또는 지면에서 가까운 곳에 반사면이 없는 옥외에서 측정한다. 즉 넓은 운동장의 한 가운데나 산의 정상같은 장소를 선택하여 측정한다.



(그림 3.1) 반경 $r(m)$ 의 반구면 음향 파워 레벨 측정점

마이크로폰	X	Y	Z
(1)	$0.89r$	0	$0.45r$
(2)	$0.28r$	$0.85r$	$0.45r$
(3)	$-0.72r$	$0.53r$	$0.45r$
(4)	$-0.72r$	$-0.53r$	$0.45r$
(5)	$0.28r$	$-0.85r$	$0.45r$
(6)	0	0	r

측정점은 유도전동기의 중심점에서 (그림 3.1)과 같이 반지름 $r(m)$ 의 반구면(半球面) 또는 구면(球面)위에 여러점을 설정하여 마이크로폰((1) (2) (3) (4) (5) (6))으로 각 측정점의 실효값 음압레벨을 구한 뒤 음향 파워레벨을 구한다.

그리고 주의할 점은 마이크로폰의 설치장소가 자유음장 상태로 있기 때문에 측정점을 음원과 마이크로폰의 간격이 2배로 됨에 음압레벨이 $6[dB]$ 내려간다. 즉 역2승 법칙이 성립됨을 확인할 수 있다. 그리고 소음원의 주파수 성분이 넓은 대역(band)인 경우는 $1/1$ 옥타브 또는 $1/3$ 옥타브를 분석하여 음압 레벨을 측정하고 있으나 ISO, ANSI, JEM, KSC등에서는 $1/3$ 옥타브를 사용하도록 규정하고 있다.

3.2 확산음장법

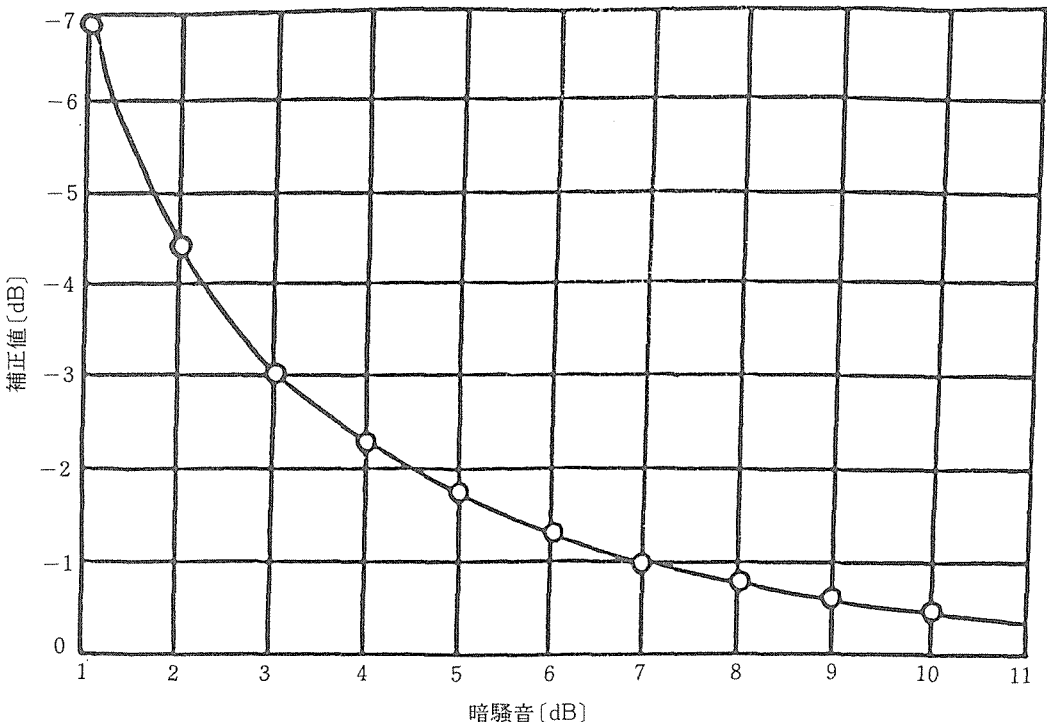
확산음장법은 잔향실이나 무향실의 내부에서 측정하는 방법으로 유도전동기로부터 방사된 음의 에너지는 벽이나 기타의 조영체에 여러 번 반사를 반복하여 실의 흡음상태 및 넓이에 따라 일정한 값으로 된다.

유도전동기로부터 근접한 장소를 제외하고는 음의 에너지 밀도는 잔향실에 전반적으로 전파되어

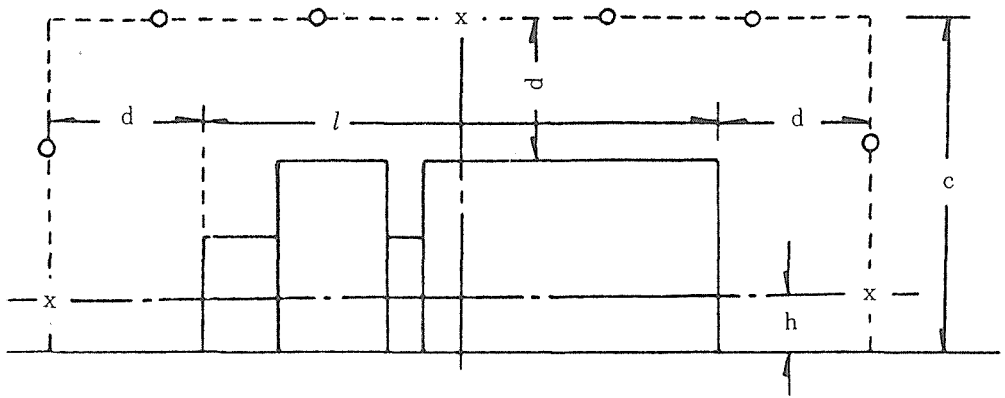
거의 같기 때문에 여러 측정점의 평균 음압 레벨을 측정하여 음향 파워 레벨을 구할 수 있다. 그리고 측정조건은 일본 공업회에 다음과 같이 규정되어 있다.

- (1) 정격전압, 정격주파수로 무부하 운전한다.
- (2) 암소음(background noise)의 영향은 합성소음과 암소음과의 차(差)가 10[dB] 이상인 경우에는 암소음의 영향을 무시하여도 좋고 10[dB]미만인 경우에는 (그림 3.2)에 의하여 보정을 한다. 그리고 3[dB]미만인 경우에 측정값은 신뢰성이 없기 때문에 음의 레벨합과 차를 계산에 의한다.
- (3) 암소음 및 주위의 반사음은 될 수 있으면 적고 음의 변화가 적은 장소를 선택하고 방진 물체위에 설치한다.

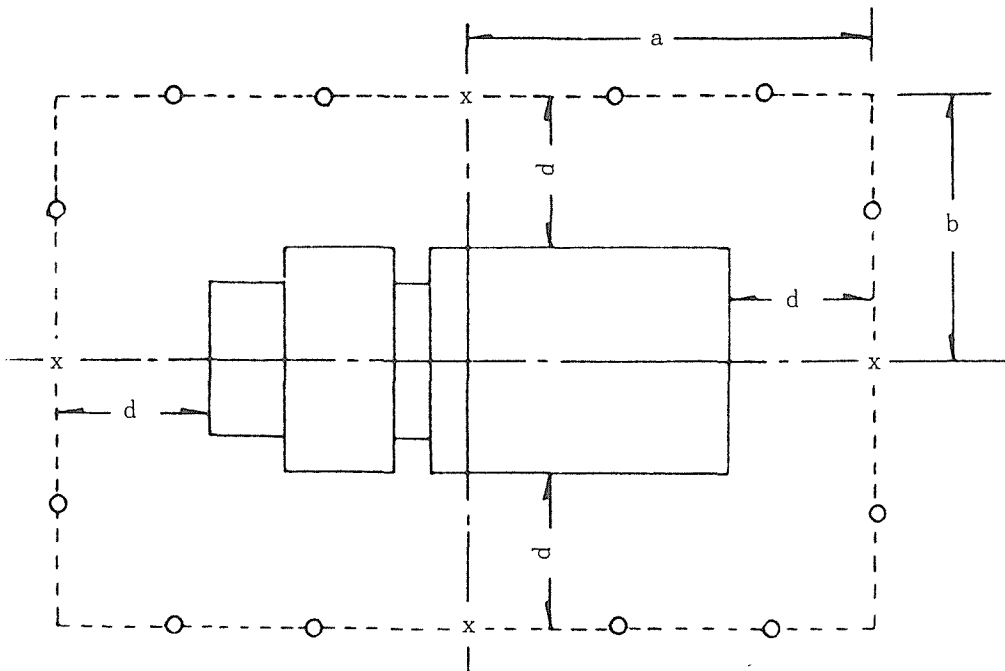
- (4) 반사음의 영향은 전동기 표면에서 마이크로폰까지의 소음레벨이 똑같이 감소하고 거리를 그대로 한 경우 약 4[dB]이상 감소하는 장소를 선택한다.
- (5) 청각 보정 회로는 A특성 회로를 채용하며 소음계의 지시가 변동할 때는 수회 측정하여 그 값을 산술평균한다(A특성회로는 사람의 귀로 인지할 때의 주파수의 보정회로임).
- (6) 측정 위치는 축 중심선의 수평면 끝부분 및 축의 직각 방향 끝부분에서 유도전동기의 출력이 1[kW]미만인 경우는 0.5[m]이상, 1[kW]이상인 경우는 1.0[m] 이상 이격된 4지점에서 측정한다. (그림 3.3)은 유도전동기의 소음 측정법으로 x점은 마이크로폰의 측정위치이다.



(그림 3.2) 암소음의 보정



(a) 종축의 경우



(b) 횡축의 경우

h: 축의 높이 또는 0.25[m]중 큰쪽 선택
 x: 측정점, o: 측정점에서 1[m]이격된 점

(그림 3.3) 유도전동기의 소음측정법

만약 측정된 소음레벨과 압소음이 10[dB] 미만으로 접근하는 경우 유도전동기의 길이 (l)가 0.25[m]이상이면 측정 대상의 유도전동기로부터 1[m] 이격된 거리로 하고 0.25[m]미만인 경우는 $4l \leq d \leq 1$, $d > 0.25$ [m]의 조건을 만족하도록 선정한다.

(7) 마이크로폰은 유도전동기의 냉각바람 영향을 받지 않는 장소에 설치하고 측정점은 축을 제외한 유도전동기 표면에서 측정한다.

만약 측정대상의 유도전동기가 위의 조건보다 큰 경우는 측정점을 n 개 설정하여 측정한다.

이외에도 특수한 경우의 측정방법은 측정하는 실의조건에 따라서 주파수 분석도 다양하나 본문에서는 생략한다.

3.3 반확산 음장법

잔향실이나 무향실이 없는 경우 또는 유도전동기를 이동할 수 없는 경우 즉 현장에서 측정하는 방법이다. 우선 유도전동기로부터 적당히 이격한 점에서 평균음압레벨을 측정한다 다음 유도전동기의 운전을 정지하고 유도전동기 근처의 음향 파워레벨을 표준 소음원으로 놓고 이에 관한 평균음압레벨을 측정하면 음향 파워레벨을 구할수 있다. 그리고 표준 소음원은 될 수 있으면 넓은 주파수 성분이어야 하고 특정의 순음 성분은 작게할 필요가 있다.

3.4 근접 음장법

자유음장법이나 확산음장법의 조건을 만족할 수 없는 경우, 즉 무향실이나 잔향실이 아닌 보통의

실에서 소음을 측정하는 방법으로 음원에서 방사되는 소음의 측정 위치를 설정하는데 어려운점이 많다.

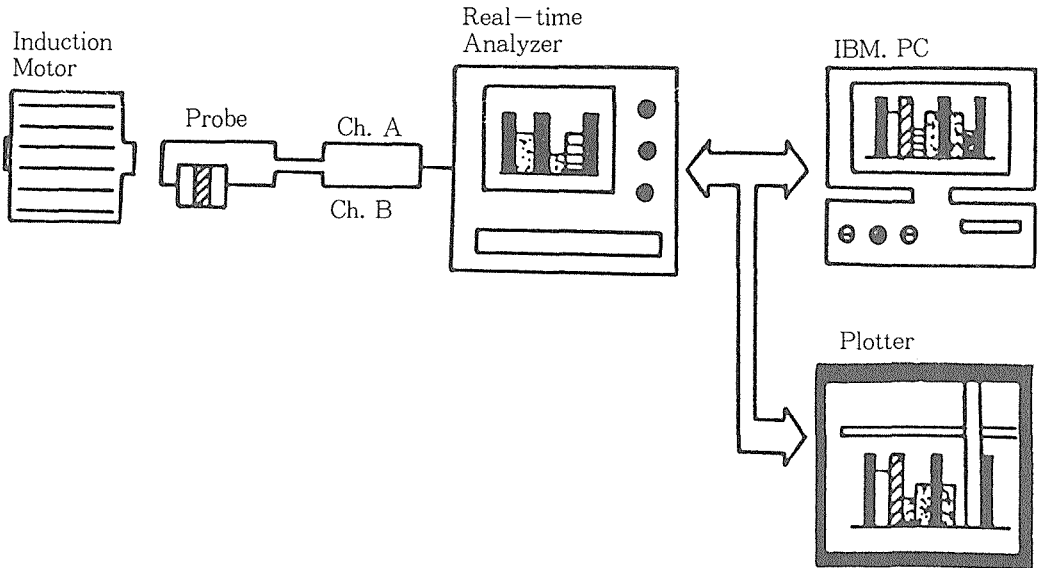
음원으로부터 방사를 고려할 때 근접하여 소음을 측정하면 소음 측정기의 위치를 조금만 변화시켜도 음압레벨은 크게 변하게되어 오차가 발생될 우려가 있다. 이러한 현상은 유도전동기에서 발생하는 최저 주파수의 파장보다도 짧은 거리에서 측정할 때 발생하거나 유도전동기의 최장 길이의 2배 보다 짧은 거리에서 측정할 경우 발생된다. 따라서 이러한 영역에서의 측정은 가급적이면 피하는 것이 바람직 하다.

3.5 음의 세기 측정기법

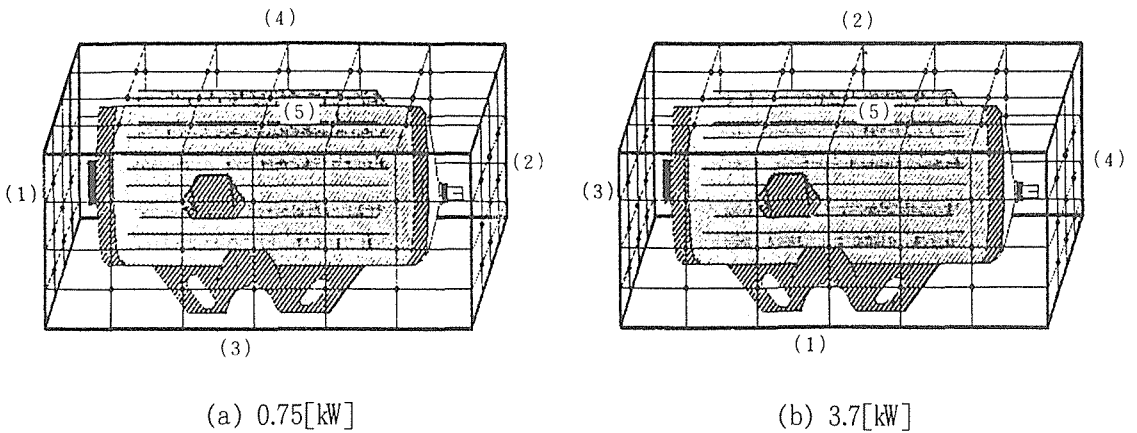
종래의 소음 측정 방법은 마이크로폰 1개에 의한 음향레벨 측정방법으로써 주위환경의 영향을 많이 받았으며 음의 흐름을 잔향실이나 무향실과 같은 특수한 음향 조건하에서 측정하는 제약이 있어 눈으로 확인하는 것이 불가능하였다. 그리고 유도전동기 소음의 크기 평가만 가능하였고 저소음 유도전동기 설계에 필요한 소음의 정량화는 불가능하였다.

그러나 음의 세기 측정기법은 작업장과 같은 조건의 일반 실험실에서 주위 영향에 관계없이 측정할 수 있는 반확산 음장 상태에서 저소음 유도전동기의 설계에 필요한 소음을 정량화 할 수 있으므로 전동기에 대한 음향 파워 레벨을 쉽게 계산할 수 있고 각면에 대한 음향파위를 부위별로 알 수 있다.

음의 세기 탐침자(probe)는 대향된 2개의 압력형 마이크로폰으로 음압과 마이크로폰의 중심선상 음압 구배 성분을 측정할 수 있다.



(그림 3.4) 음의 세기 측정 시스템의 블록선도



(그림 3.5) 유도전동기의 음력레벨 측정격자

음의 세기를 측정하기 위한 조건은 다음과 같다. 단, 여기서 출력이 0.75[kW], 3.7[kW] 유도전동기의 측정 예를 든다.

(1) 정격전압, 정격주파수의 전원으로 무부하운

전한다.

- (2) 유도전동기를 방진물체 위에 설치한다.
- (3) 청각 보정회로는 A특성회로를 채택하고 수회 측정하여 산술 평균한다.

(4) (그림 3.5)와 같이 측정할 전동기에 가로 0.5[m]×세로 0.34[m]×높이 0.26[m]인 상자 모양의 격자를 제작하여 폐곡면으로 형성한 총 5면(0.75[kW]에서는 반 부하측(1), 부하측(2), 단자함측(3), 반 단자함측(4), 상측이고, 3.7[kW]에서는 단자함측(1), 반 단자함측(2), 반 부하측(3), 부하측(4), 상측(5)를 뜻함)에 63지점(단자함측, 반 단자함측, 상측에 똑같이 15점씩, 부하측과 반 부하측에 각각 9점씩)을 측정한다.(여기서 상자모양의 격자 틀은 지름 5[mm]의 스테인레스 강(stainless steel)이고 격자의 점을 세분하는 방법으로 수십회 측정하여 선정된 것이 63지점으로 <표 3.4>와 같다.

표에서 측정점이 많을수록 측정값은 참값에 근접하였다. 본 측정의 측정점(63)과 96점의 음력차는 0.75[kW]에서는 0.23[dB], 3.7[kW]에서는 0.11[dB]이었다. 측정상 ±0.5[dB]이하로 가장 측정점의 수가 작은 63점을 택하였다.

(5) 각 지점에서 측정된 음의 세기를 합해 면적을 곱해서 음력 레벨을 산출한다.

이상의 음의 세기 측정기법으로 소음을 측정하면 어떠한 음장 상태에서나 음압, 음향 파워레벨을 측정할 수 있으므로 음원의 위치를 찾아내는데 매우 쉽고 저 소음 유도전동기의 설계 및 제작에 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

<표 3.4>

측정 지점의 선정법

구분 측정 점수	0.75[kW]			[3.7kW]		
	음력 [dB]	차이 [dB]	각 면 (측정점 수)	음력 [dB]	차이 [dB]	각 면 (측정점 수)
25	72.4	-1.9	1(5) 2(5) 3(5) 4(5) 5(5)	77.7	-0.1	1(5) 2(5) 3(5) 4(5) 5(5)
37	71.5	0.8	1(5) 2(5) 3(9) 4(9) 5(9)	79.0	-1.4	1(9) 2(9) 3(5) 4(5) 5(9)
46	71.3	1.0	1(5) 2(5) 3(12) 4(12) 5(12)	75.9	1.7	1(12) 2(12) 3(5) 4(5) 5(12)
63	72.07	0.23	1(9) 2(9) 3(15) 4(15) 5(15)	77.49	0.11	1(15) 2(15) 3(9) 4(9) 5(15)
84	72.35	-0.05	1(12) 2(12) 3(20) 4(20) 5(20)	77.74	-0.14	1(20) 2(20) 3(12) 4(12) 5(20)
96	72.3	0	1(12) 2(12) 3(24) 4(24) 5(24)	77.6	0	1(24) 2(24) 3(12) 4(12) 5(24)

4. 소음의 저감 대책

소음은 사람이 좋아하지 않는 음으로 청력에 장애를 줄 뿐만 아니라 맥박 및 혈압의 상승, 정신적 피로, 복통, 두통 등 각종 신체적, 정신적인 장애를 초래하고 있다. 또한 소음은 국민생활이나 작업환경에 지장을 주고 있어 각국에서는 법으로 규제하고 있다. 이중 유도전동기의 저 소음화는 산업발전과 병행하여 소음레벨이 높은 중용량 전동기에서 취급되었으나 최근에는 고도성장의 경제로 인하여 생활환경 개선의 일환으로 공조기기, 에어컨 및 주택 설비기기, 기타 가전제품 등에도 소음레벨이 낮은 일반용 소형 전동기에 이르기까지 저소음화의 요구는 고조되어 가고 있는 실정이다. 이에 유도전동기의 소음 저감 대책으로 음원측의 소음레벨을 낮추는 적극적인 방법과 수음측의 소음레벨을 낮추는 소극적인 방법으로 분류하여 설명한다.

4.1 적극적인 방법

이 방법은 유도전동기를 제작하기 전에 소음저감을 위해서 충분한 연구를 한후 설계를 하여야 한다. 그리고 사용하는 재료가 흡음, 방사재료인지 파악하고 나서 선택하여야 한다. 또한 유도전동기 자체에서 발생하는 소음의 원인을 파악하고 전반 경로에 방음기를 부착하는 것이 경제적으로 유리한가 아니면 소극적인 방법, 즉 수음측의 저감 대책이 유리한지 고려하여 선택하여야 한다.

(1) 설계 개선

설계를 하는 경우 가장 주의할 점은 규정값이

청감보정을 한 데시벨 dB(A)로 물리량이 아닌 경우는 모두 물리량으로 환산할 필요가 있다. 그러나 수음점에서는 각종 음원에 의한 소음이 합성된 음이기 때문에 암소음 측정에 의한 보정에 의하여 대상음원의 소음레벨을 환산하여야 한다.

종래에는 소음레벨만을 설계자료로 사용한 결과 유도전동기의 소음 저감에 크게 도움이 되지 못하였다. 요즘에는 주파수 분석의 결과에 따라 설계를 하고 흡음재나 차음재 등이 방음재의 선정에 이용되고 있다.

1) 강성화

설계의 입장에서 강성이 강한 유도전동기를 설계하는 경우 진동을 방지하는 면에서는 좋다. 그러나 유도전동기가 대형화가 되면 중량이 증가되어 비 경제적이므로 부적당하다.

2) 공진회피

유도전동기 자체의 공진을 피하는 설계방법은 과거에는 회전기 계통에 많이 이용되었다. 이 설계 방법은 진동모드(mode)의 복잡성, 고차(高次)의 진동 등이 문제가 되어 현재는 일부분의 중요한 공진만을 선택하는 공진회피 설계방법을 이용하고 있다.

3) 첨가장치

첨가장치에 의한 방진, 방음방법은 공기방진기, 오일 방진기 및 방진 고무 덮개 등을 설치하여 소음 저감 대책에 이용되고 있다. 그러나 유도전동기에는 반드시 필요로 하고 있지 않지만 진동의 경감 또는 방음의 관점에서 첨가 장치를 설치하고 있다.

4) 기타

위에서 기술한 강성화, 공진회피, 첨가장치 등의 유도전동기 고정자, 회전자 및 통풍덕트의 구조변경 설계를 하는 경우도 있다. 이상으로 기술한 방법은 각각 구성하는 부품, 즉 재료 자체의 진동특성을 거의 무시한 설계방법으로 최적의 한도 내에서 경제적인 점을 충분히 고려하여 설계하여야 한다.

(2) 재료 개량

단일 재료로 유도전동기를 제작하여 진동의 자기 감쇠 효과를 도모하는 방법에는 강자성 합금과 쌍정(雙晶)형 합금을 사용하고 크나큰 방진효과가 있는 복합 재료를 들 수 있다.

최근에는 강자성 합금을 특수한 열처리를하여 종전보다 진동감쇠 효과를 약 100배 정도로 개량한 싸이렌 타로이(siren talloy) 합금이 개발되어 사용되고 있다.

1) 단일재료

㉞ 강자성형 합금

기계적 진동에너지가 이에 추종하는 가역적인 자왜(磁歪), 자구(磁區)의 이동상태로 변화되어 결국에는 열로써 흡수된다.

이 합금의 감쇠 효과는 응력과 외부자장(磁場)의 의존성이 큰 결점이 있다. 또한 주파수의 의존성은 작고, 온도의 의존성은 거의가 재료의 큐리점에서 결정되는 특징이 있다.

요즘 Al(2~8[%]), Cr(15~30[%]), Si(0.5[%]) 이하), Mn(1[%]) 이하), Fe(60.5~71.5[%]) 등을 합금한 싸이렌 타로이가 저 소음 유도전동기 개발에 사용되고 있다. 그리고 싸이렌 타

로이는 진동감쇠능력이 스테인레스 강의 100배정도이고 380℃까지 열화되지 않는다. 또한 경년 변화는 10,000시간 정도, 내식성이나 용접성은 페라이트계 스테인레스 강과 같은 정도, 가격은 철 정도의 특성이 있어 저소음 회전기, 사무기기, 가전제품, 산업기기, 중전기기등에서 많이 사용하고 있다.

㉟ 쌍정형 합금

재료의 쌍정계면이 외부응력에 의해서 가역적으로 이동하므로 히스테리시스에 의한 에너지 흡수 현상이 원인이 되어 높은 감쇠 효과를 나타내고 있다. 그 대표적인 것은 Cu+Mn 합금, Ni+Ti 합금 등이 알려져 있지만 재료의 사용온도 범위가 한정되어 있고 마르텐사이트(martensite)변태를 일으키기 위한 열처리가 복잡한 것 등의 문제점이 있다.

2) 복합재료

공정 합금의 경우에는 2개 이상의 원소가 존재하여 그 원소의 경계가 기계진동의 에너지에 의해서 유동(流動)을 일으키기도 하고 각각의 원소 음속차에 의한 진동 위상차에 의하여 진동이 서로 상쇄되기도 한다. 이 방법은 흑연, 주철을 사용하여 대형기계의 베이스(base)에 실용화되고 있다.

또한 방음효과가 있는 금속관 사이에 유기재료를 샌드위치 상태로 적층한 복합재료도 실용화되고 있지만 사용 한계 온도, 기계적 강도, 주물, 단조, 압연, 소성가공 등에 문제점이 남아있어 더욱 연구가 계속되어야 한다.

(3) 음원측

유도전동기의 음원측 대책으로는 자기적, 통풍적, 기계적 등의 소음을 저감하는 3가지 방법으로

분류할 수 있다.

1) 자기적 소음

유도전동기의 자기적 소음은 주로 고정자 및 회

전자의 슬롯 수에 관련된 공극의 고조파 자속의 상호 간섭에 의한 전자력에 기인되는 것으로 저감 대책은 <표 4.1>과 같다. 이외에도 설계 및 제조 기술상의 모든 대책을 강구하여야 한다.

<표 4.1>

전자 소음의 대책

소음	원 인	대 책
기 본 파 자 속 의 진 동 음	공극의 불평형	<ul style="list-style-type: none"> • 편심을 제거함. • 고정자 내경, 회전자 외경을 정원으로 함.
	자기회로의 불평형	<ul style="list-style-type: none"> • 공극을 크게 한다. • 자속 밀도를 낮게 한다. • 고정자 권선의 결선방법을 개선한다. • 2차 저항을 평형상태로 유지시킨다. • 전원 전압을 정격 상태로 유지시킨다.
	고정자의 2배의 주파수(2f)와 공진 또는 가진	<ul style="list-style-type: none"> • 고정자의 고유진동수를 공진상태로 유도한다. • 사용되는 부속품의 강성을 강화한다.
	고정자 코일단의 진동	<ul style="list-style-type: none"> • 코일단을 움직이지 않도록지지 강화. • 고정자 빼기의 헐거움 제거.
고 조 파 자 속 의 진 동 음	슬롯수 조합불량	<ul style="list-style-type: none"> • 고조파 전자력에 의한 극대수와 이 경우 분담하는 슬롯수와 조합이 같을 것. • 고정자 또는 회전자의 사구계수의 값이 1.0~1.5범위에 있도록 한다. • 자성 썩기를 채용한다. • 슬롯 모양이나 배열을 변경한다.
	고정자나 고정자 철심이 전자력파의 극대수에 의한 진동수와 공진	<ul style="list-style-type: none"> • 고정자 또는 고정자 철심의 공진 유도. • 고정자 철심으로부터 고정자에 전달되는 진동을 방지하는 방법을 모색한다.
맥 동 음	슬롯수 조합불량 권선분포에 의한 고조파 자속 2차 저항의 불평형 회전자 편심	<ul style="list-style-type: none"> • 슬롯수의 차이만큼 극수로부터 옮긴다. • 고조파 자속이 적은 권선분포로 한다. • 2차 저항의 불평형을 제거함. • 회전자의 편심 또는 변형을 제거함.

2) 통풍적 소음
 이 소음은 주로 고정자 권선에서 발생하는 열을 냉각하기 위해서 설치한 냉각팬이나 통풍덕트에서 발생하는 소음으로 날개에 전달되는 압력에 의한 충격으로 날개의 수와 회전수의 적에 의한 기본

주파수 및 2배의 소음이고, 날개 맨 끝부분에서 국부적으로 발생하는 와류에 의한 광대역의 소음 등을 말할 수 있다. 그리고 이에 대한 저감대책은 <표 4.2>와 같다.

<표 4.2> 통풍 소음의 대책

소 음	대 상 대책
냉각팬 음	<ul style="list-style-type: none"> · 압력으로 인한 충격이 적은 팬의 모양을 채용함. · 팬의 직경을 축소한다. · 날개의 각도, 날개수, 날개간격 등을 압력충격이 적게 설치 함.
싸이렌 음	<ul style="list-style-type: none"> · 회전 날개수의 적에 의한 사이클이 고조파가 되는 것을 억제한다. · 날개의 간격을 불규칙하게 배열한다. · 회전 날개와 리브의 틈을 크게한다. · 리브의 단면 및 취부각도를 변화시킨다.
덕트 음	<ul style="list-style-type: none"> · 덕트수를 감소한다. · 고정자와 회전자 덕트의 상대위치를 겹치지 않게하고 틈을 크게 한다. · 고정자와 회전자 덕트의 통풍저항차를 최소로 한다. · 고정자와 회전자의 덕트편수의 조합이 싸이렌음으로 되는 것을 억제한다. · 덕트편의 모양을 변화시킨다.
와류 음	<ul style="list-style-type: none"> · 팬의 날개를 전·후의 방향으로 변화될 수 있는 구조로 한다.
난류의 충격음	<ul style="list-style-type: none"> · 팬의 날개모양을 종류가 되도록 제작한다.

3) 기계적 소음
 회전자를 지지하고 회전을 원활히 하기 위하여 설치한 축수에서 발생하는 소음으로 롤링면의 요철의 충돌, 전동체 및 보지기의 충돌 그리고 회전

마찰에 의한 진동 등의 원인으로 소음이 발생하는 것으로 이에 대한 저감 대책은 <표 4.3>과 같고 기계적 소음의 영향도는 축수의 형식이나 사용조건 등에 따라 다르게 나타난다.

〈표 4.3〉

기계 소음의 대책

소 음	대 책
회전 진동 음	<ul style="list-style-type: none"> • 예압을 공급한다. • 적절한 윤활유를 공급한다. • 적당하게 레디얼 틈을 선정한다. • 베어링 함의 강성을 크게한다.
롤러 음	<ul style="list-style-type: none"> • 레디얼의 틈을 적게한다. • 유성이 양호한 윤활제를 선정한다.
케이징 음	<ul style="list-style-type: none"> • 볼 베어링의 레디얼 틈을 적게하고 예압을 가한다. • 베어링의 취부오차를 적게한다. • 윤활 성능이 좋은 글리스를 사용. • 케이징 제작 정도의 향상을 꾀한다.
클리크 음	<ul style="list-style-type: none"> • 레디얼의 잔류틈을 적게한다. • 윤활 성능이 좋은 글리스 사용. • 방지하는 베어링 사용.
차터 음	<ul style="list-style-type: none"> • 베어링의 조립시 마무리면의 굴곡 제거. • 조립시 틈이 클 때에는 축 또는 베어링 함의 굴곡을 제거한다.
클랙 음	<ul style="list-style-type: none"> • 베어링을 교환한다. • 베어링에 충격을 주지 않는다. • 내마모, 내전식성의 윤활유를 사용한다. • 축 전류 방지 장치를 설치한다.
먼지 음	<ul style="list-style-type: none"> • 윤활제 속의 이물질 제거. • 베어링 세척방식 및 밀봉방법의 개선.

(4) 전파경로

음원측의 대책으로 규정 소음레벨 이하로 저감되지 않는 경우와 저감비용이 큰 경우에는 음원측과 수음측 사이, 즉 전파경로에 소음기를 부착하여 수음측의 소음을 저감하는데 이용하고 있으나 소형 유도전동기는 경제적인 면에서 타당성이 없어 소음기를 부착하지 않고 있다. 그러나 대형 유

도전동기에서는 소음기를 부착하여 소음을 저감하는 예가 많다.

이외에 전동기의 진동에 의한 소음의 발생은 음의 방사를 공중이나 바닥면에 전달을 억제하기 위한 방법으로 진동부분의 구조물을 개량하거나 완충물을 이용하여 저감하고 있다.

4.2 소극적 방법

(1) 수음측

이 방법은 음원 대책이나 전파 경로 대책을 가능한 범위에서 시도하였으나 아직 소음 방지의 목표에 도달되지 않은 경우나 수음점, 즉 피해를 받고 있는 장소에 구체적인 소음 대책으로 수음을 차단하는 차음공사, 음원으로부터 이격하거나 작업장의 작업자에게 귀마개 착용 등의 여러 가지 방법을 강구할 수 있다.

이들 방법중 주로 벽을 설치하여 소음을 차단하는 차음공사가 큰 효과는 거둘 수 있지만 보다 차음효과를 높이기 위해서는 차음구조를 불연속성의 중량물로 설치하여야 하고 두께, 재료, 모양등이 같은 것을 사용하여야 한다.

이상으로 기술한 음원측, 전파경로 및 수음측의 관계는 (그림 4.1)과 같고 이를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$SPL = 10 \log_{10} W_1 - 10 \log_{10} \frac{W_2}{W_1} + 10 \log_{10} \left(\frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R} \right) + 120 [dB]$$

단, SPL: 수음점의 음압레벨 [dB]

W_1 : 음원의 음향출력 [W]

W_2 : 음원 출구면의 음향 출력 [W]

r : 음원 출구에서 수음점까지의 거리 [m]

Q : 지향성 계수

$Q=1$: (자유공간)

$Q=2$: (넓은 지평면상이나 벽에 근접한 위치)

$Q=4$: (지평면상에서 넓은 벽에 근접한 장소)

R : 주위 환경에 따라 정해지는 실(room)의 정수

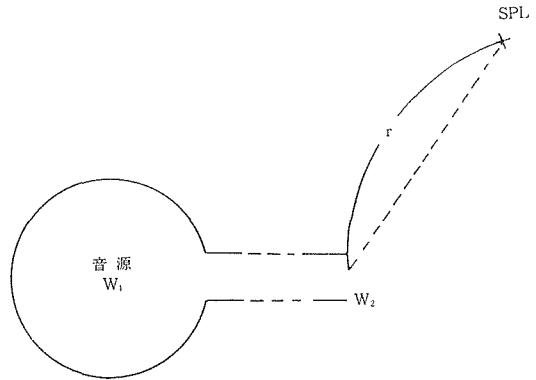
$$\text{여기서 } R = \frac{\bar{a} S}{1 - \bar{a}} [m^2]$$

단, $\bar{a} S$: 흡음력

\bar{a} : 실 내벽의 평균 흡입률

\bar{a} : 실 내벽의 총 면적

$R \approx \bar{a} S$: (\bar{a} 가 적은 경우)



(그림 4.1) 소음 전파 경로

<표 4.4> 유도전동기의 소음 저감 대책

분류 \ 대책	소음 저감 대책
음원	$10 \log_{10} W_1$ 을 적게 한다.
소음기	$10 \log_{10} \frac{W_1}{W_2}$ 을 크게 한다.
이격거리	이격거리 [r]를 크게 한다.
지향성	지향성 계수 [Q]를 적게 한다.
환경	방의 정수 [R]를 크게 한다.

수음측의 소음저감대책에 관한 식을 <표 4.4>와 같이 표기할 수 있다. <표 4.4>에서 음원측의 대책, 소음기 설치, 거리대책, 지향성 대책, 환경 대

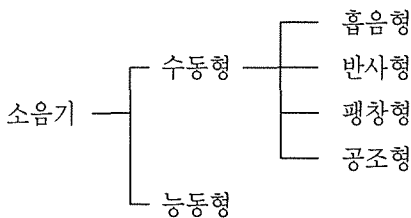
책 등을 계획할 수 있으며, 유도전동기 소음 대책으로 음원대책이나 소음기 설치의 2가지가 있지만 음원의 소음을 덜 수 있으면 낮게하여 음원 대책을 세우는 것은 대단히 비용이 많이 들어 대다수 소음기를 이용하고 있기 때문에 소음기에만 언급한다.

(2) 소음기

유도전동기의 소음은 전자, 통풍, 기계 소음이 발생하고 있는데 소음기를 설치하여 실효를 거둘 수 있는 소음은 주로 통풍소음이다. 냉각팬이나 통풍덕트에서 발생하는 소음은 그대로 실내에 방사되므로 정해진 실내의 음압레벨이 그 실의 허용 소음 레벨을 초과할 경우에 소음기가 필요하게 된다. 소음기에는 <표 4.5>와 같이 분류할 수 있다.

<표 4.5>에서 수동형과 능동형의 차이점은 수동형은 다른 동력을 필요로 하지 않고 소음을 제거하는 방법이고 능동형은 동력을 이용하여 발생하고 있는 음파와 역 위상의 음파를 방사하여 소음을 상쇄시키는 방법이다.

<표 4.5> 소음기의 분류



오늘날 소음제거 방법에는 주로 수동형을 사용하고 있고 능동형은 현재 연구 단계에 있으므로 수동형 소음기에 대해서만 언급한다.

소음기는 다음과 같은 점을 고려하여 설계하여야 한다.

- 1) 유체 저항이 적을 것.
- 2) 설치 면적이 적을 것.
- 3) 저주파 영역의 감응능력이 클 것.
- 4) 소음기 내부의 기류에 의한 와류음등의 발생이 적을 것.
- 5) 간단한 소음기구를 사용할 것.
- 6) 흡음재 등의 재료가 내구성이 좋을 것.

이에 관한 유도전동기 소음기의 설계 흐름도는 (그림 4.2)와 같다.

① 유도전동기 소음의 주파수 분석

발생되는 소음의 음향파위 스펙트럼은 거의가 팬의 날개수에 의해 결정되고 팬음의 기본음파를 첨두로 하는 광대역 음이다.

② 소음기의 소요감음도의 결정

요구하는 감음도와 그 주파수 특성을 얻는다.

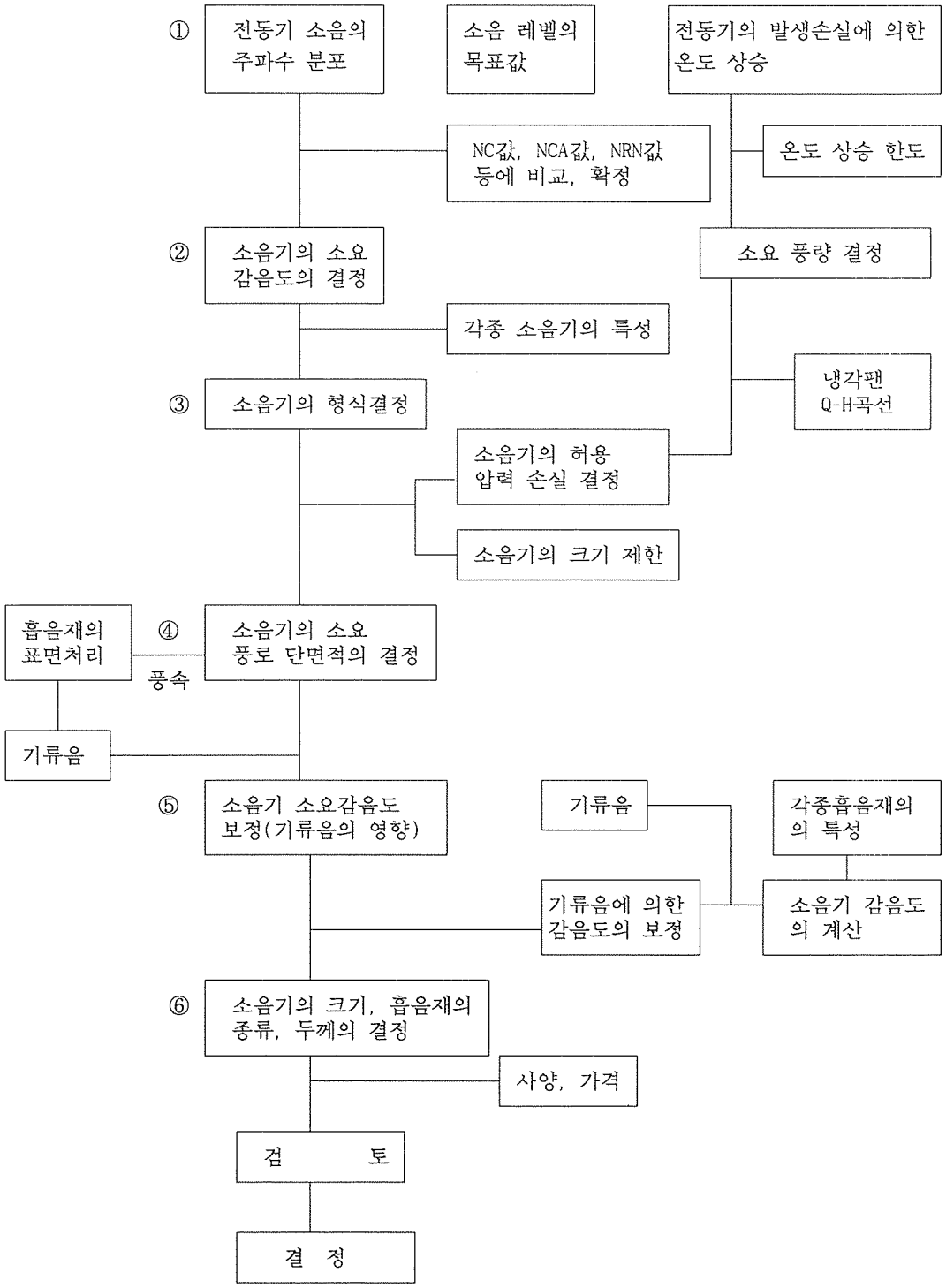
③ 소음기 형식의 결정

소음을 제거할 주파수 특성에 적합한 소음기를 사용하고 유체저항이 적은 소음기를 사용하지 않으면 풍량이 감소하고 전동기의 온도가 상승하여 전동기의 크기가 크게되어 풍량이 증가하기 때문에 소음원 자체가 크게되므로 소음기의 효과가 적게된다.

④ 소음기의 소요풍로 단면적의 결정

소음기의 유체저항을 적게하기 위해서는 풍로 단면적을 크게하면 좋지만 일반적으로 소음효과는 적게된다.

반면에 풍로 단면적을 너무 적게하면 유체 저항이 증가하여 풍로 중에 발생하는 기류음이 크게되어 소음이 크게 발생한다. 풍로 단면적을 결정하려면 소음기 내부를 흐르는 유체 속도와 이때의 기류음 레벨과의 관계를 알고 소음기에서 감음되는 전동기 음 보다도 기류음 레벨이 적게 되도록



(그림 4.2) 유도전동기 소음기의 설계 흐름

단면적을 결정한다. 즉 풍로 단면적에 의해서 결정되는 유체 저항, 기류음 및 감음도를 반복하여 최적한 모양이 되도록 하여야 한다.

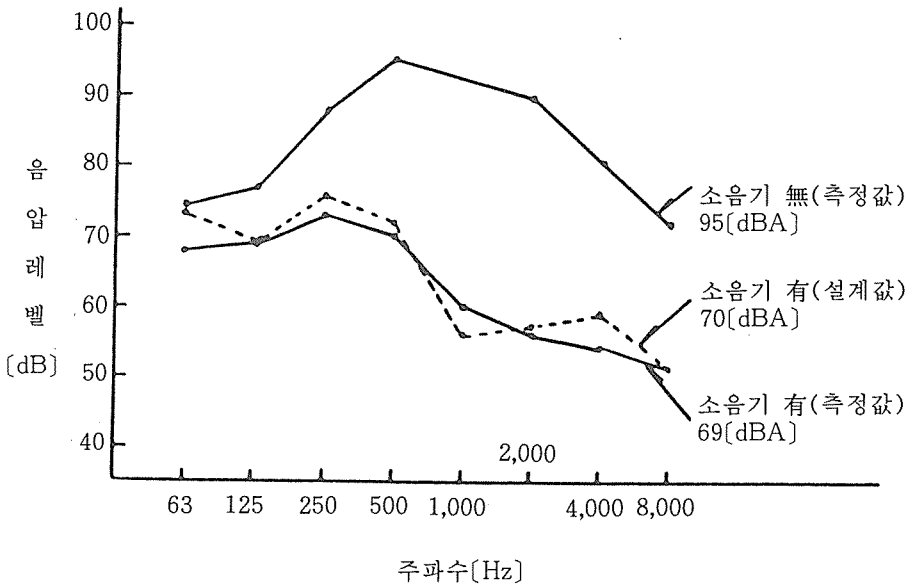
⑤ 소음기의 소요 감음도 보정

위의 ④항에서 설명한 기류음의 영향에 의하여 감음도를 보정한다.

⑥ 소음기의 크기, 흡음재 종류, 두께의 결정
소음 특성에 적합한 흡음재로써 흡음재의 내구성 및 덕트내를 흐르는 유체 속도에 대한 흡음재 표면처리도 고려하여 선정한다.

⑦ 검토

사양, 가격 및 공작을 검토하여 결정한다.



(그림 4.3) 소음기의 효과

이상으로 소음기의 설계가 완료되었다. 그러나 소음기의 감음도를 크게하면 소음기 벽면으로부터의 투과음이나 중용량기 이상의 강판 프레임의 유도전동기에서는 소음기를 전동기의 상부에 설치하기 때문에 전동기 벽면에서의 투과음이 문제로 된다. 이러한 대책으로 덕트 벽면의 판 두께를 증가시키고 전동기 측면에 차음 덮개를 설치한다. 이 경우 공진에 유의를 하여야 한다.

(그림 4.3)은 극수 2극, 회전수 3,600[rpm], 출력 75[kW]의 유도전동기에 소음기를 부착한 경

우와 부착하지 않은 경우의 소음 효과이다.

5. 결 론

이상으로 유도전동기의 소음을 이론적으로 분류한 후에 소음 측정 방법 및 저소음 유도전동기를 설계, 제작하기 위한 수단으로 저감대책을 들었다.

유도 전동기의 소음은 다수의 음이 동시에 존재하므로 총합적인 음의 크기는 최대 레벨의 음원에 의해서 거의 결정되기 때문에 주위의 소음이나 상

대 기계와의 긴밀한 관계가 없이는 전동기의 소음만을 낮게하여도 전체의 소음레벨은 감소되지 않는 경우가 많다. 따라서 저소음 전동기를 설치할 경우에는 저소음화의 필요 한계를 총합적인 면에서 신중히 검토하고 설치 환경, 부하기계의 소음, 전동기 자체의 소음 등을 전체와 밸런스를 고려하

여 전동기 소음값을 결정하지 않으면 의미가 없으므로 무한한 설비투자가 뒤따르게 될 것이다.

끝으로 앞에서 언급한 소음 분류, 측정방법 및 저감 대책이 저소음 유도전동기의 실현에 조금이나마 도움이 되었으면 하는 마음 뿐이다.



지적재산권 보호만이
기술개발을 앞당깁니다