

스위칭 방식을 이용한 능동 소음기 특성에 관한 연구

성덕만* 이승요* 최규하* 강성유** 황희웅** 심도현***
 *건국대학교 선기공학과 **호서대학교 신자공학과 ***호서대학교 선기공학과

A Study on Characteristic of Active Silencer Using Switched-scheme

D.M. Sung*, S.Y. Lee*, G.H. Choe* J.Y. Kang**, H.Y. Hwang** D.H. Jang***

*Dept. of Electrical Eng. Konkuk University

**Dept. of Electronic Eng. Hoseo University

***Dept. of Electrical Eng. Hoseo University

Abstract - This paper presents active silencer by Switched-scheme. Full-bridge inverter is used as operating source of loudspeaker for proposed scheme. And ramp comparison control and hysteresis control are used respectively for active noise control method in this scheme. Computer simulation is accomplished to show the noise reduction characteristics by Switched-scheme. The results of experiment present the effect of audible noise reduction.

1. 서론

최근 소음에 대한 인식이 커짐에 따라 선진국뿐만 아니라 다른 여러 나라에서 소음 공해에 대한 규제를 하고 있다. 이율리 이러한 소음을 줄이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 기존의 수동적 소음 저감법이 서주파 소음원에 대해서 그 저감효과가 떨어짐에 따라 능동적 소음 저감법에 대한 관심이 고조되고 있다. 능동 소음제어는 크기가 같고 위상이 반대인 상쇄음파를 발생시킴으로써 소음을 상쇄시키는 방법으로, 흡음이나 저폐를 이용하는 수동 소음저감법에 비하여 적은 비용으로 소음저감 효과를 기대할 수 있다[1,2]. 본 논문에서는 이러한 능동적 소음 저감법을 위하여 스위칭 방식을 이용한 능동 소음기를 제안하였으며, 제안된 능동소음기는 full-bridge 인버터를 사용하여 구성되었다. 제안된 방식의 능동 소음 제어를 위하여 삼각파 비교 제어기법과 히스테리시스 제어기법이 각각 적용되었으며 시뮬레이션과 실험을 통한 각각의 소음 제어 효과에 대한 연구 결과를 제시하였다.

2. 스위칭 방식을 이용한 능동소음제어

그림 1은 스위칭 방식을 이용한 능동 소음 제어기의 시스템 구성도로서 겹출 전류 오차(e_{rr})의 제어를 통하여 소음제어를 수행함을 나타낸다. 그림의 제어기 출력은 인버터를 구동하기 위한 PWM(Pulse Width Modulation) 필스 형태로서 인버터의 스위칭 상태를 결정하게 된다. 상쇄원으로 사용되는 스피커는 전류의 함수로 구동되는 하니의 액츄에이터(actuator)이므로 원하는 상쇄음을 발생시키기 위해서는 인버터 출력에 대한 스피커 전류의 선형 함수로서 필터링이 수반되어야 하며 그림의 필터는 이러한 목적을 위해서 사용된다. 그림 2는 능동 소음 제어 시스템의 전달함수를 고

려한 블럭선도이며 소음이 저감되기를 바라는 곳의 겹출 신호를 $D(S)$ 라 한다면 소음 제어 시스템의 전달함수는 다음식과 같이 표현 된다.

$$\frac{D(S)}{P_r(S)} = \frac{P_t(S)}{[1 - P_t(S) \cdot K_m(S) \cdot S_w \cdot V_k \cdot F(S) \cdot K_e(S)]}$$

여기서 $P_r(S)$: 소음 $P_t(S)$: 1차 경로 전달 특성
 $P_t(S)$: 2차 경로 전달 특성 $K_m(S)$: 겹출 마이크 이득
 S_w : 스위칭 햄수 V_k : 인버터 입력 직류 전압
 $F(S)$: 필터 전달함수 $K_e(S)$: 스피커 이득

위 식에서 양수 있는 비와같이 이상적으로 우변의 분모를 '0'이 되도록 세어를 한다면 겹출 마이크 부근의 소음은 완전하게 상쇄가 되며, 이때 조절 가능한 세어 변수는 스위칭 게이트 신호 S_w , 인버터 입력 직류전압 V_k , 그리고 필터 전달함수로 표현된 $F(S)$ 를 조절하기 위한 필터 계수기 된다.

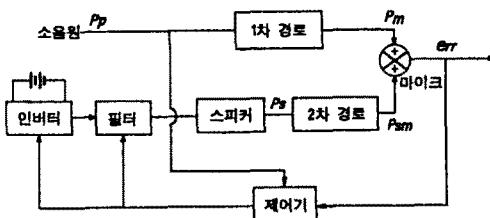


그림 1. PWM 인버터를 이용한 능동 소음 제어 시스템

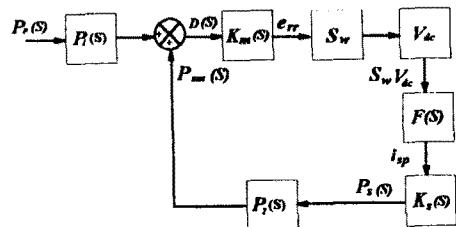


그림 2. 선형함수를 고려한 능동 소음 제어 블럭선도

본 논문에서는 전류 오차음의 제어를 수행하기 위하여 삼각파 비교 제어기와 히스테리시스 제어기를 사용하였으며, 인버터의 스위칭 상태를 전류 오차음의 증감 방향에 따라 바꾸어 중으로써 상쇄음을 발생시키는 방법을 사용하였다.

3. 능동 소음 제어 시스템 구성

3.1 인버터를 이용한 소음 제어 시스템

그림 3은 본 연구에서 사용된 소음 제어 시스템을 나타낸다. 상쇄원 스피커 구동을 위하여 full-bridge 인버터를 사용하였으며 마이크로 검출된 전류 오차음이 제어기 입력신호로 사용되었다. 본 연구에서는 서주파 소음을 대상으로 하였으므로 인버터의 PWM 폴스 출력을 필터링하기 위하여 서역 통과 필터를 사용하였다.

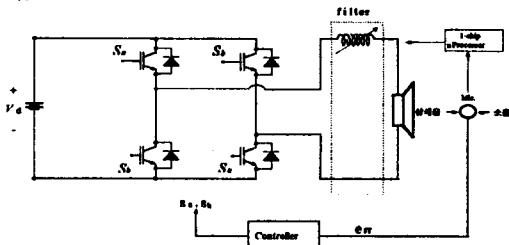


그림 3. 제인된 능동 소음 제어 방식의 시스템 구성도

필터링을 위해 사용된 인덕터는 단단으로 연결하여 발생되는 소음의 주파수에 따라 선택적인 필터의 사용이 가능하게 하였다. 이를 위하여 1-chip u Processor를 이용했으며, 사용된 프로세서는 Intel사의 8051이다.

3.2 삼각파 비교제어기

능동 소음 제어의 빠른 응답을 선결조건으로 하고 기급식 제어에 알고리즘의 수행시간을 최소화하기 위하여 본연구에서는 삼각파 비교 제어기법과 히스테리시스 제어기법을 능동 소음 제어를 위한 제어기법으로 도입하였다. 그림 4는 삼각파 비교 제어를 위한 제어 블럭선도를 나타낸다.

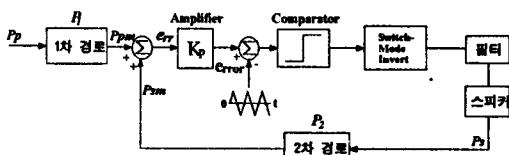


그림 4. 삼각파 비교 제어 블럭다이어그램

삼각파 비교 제어기법을 사용하여 능동 소음 제어를 하는 경우에 있어서는 삼각파 캐리어의 주파수를 기정 주파수 이상으로 설정하여야 하며 본 연구에서는 캐리어 수파수를 35(kHz)로 설정하였고 P제어기를 사용하여 크기변조비를 조성하였다.

3.3 히스테리시스 제어기

히스테리시스 제어를 능동 소음 제어 기법에 적용하는 경우 인버터 제어신호 s_a 는 히스테리시스 벤드폭과 인버터 직류 전압 그리고 필터 인덕턴스에 영향을 받게 된다. 그럼 5는 히스테리시스 제어를 위한 제어 블럭선도를 나타내며, 본 논문에서는 히스테리시스 벤드폭을 검출 마이크의 소음신호 선압의 크기에 기준을 두고 설정하였다.

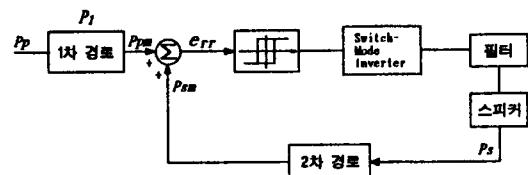


그림 5. 히스테리시스 제어 블럭다이어그램

3.4 필터

상쇄원 스피커 구동을 위한 인버터 출력은 PWM 폴스파 형태이므로 소음신호에 대한 상쇄신호를 발생시키기 위해서는 스피커 입력단에 필터를 달아 줄 필요가 있다. 본 논문에서는 스피커가 구동 선류의 피형에 따른 음파를 발생시키는 것으로 보고 스피커를 모델링하여 소음에 따른(본 논문에서는 500(Hz) 이하의 소음 원에 적용) 필터 인덕턴스의 값을 설정하였다. 그럼 6은 사용된 필터의 구조를 나타낸다.

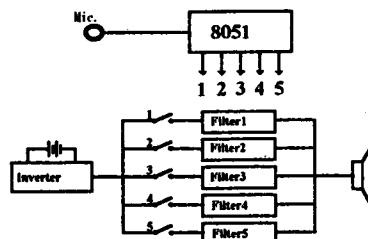


그림 6. 소음 수파수에 따른 필터의 선택

4. 컴퓨터 시뮬레이션

본 시뮬레이션에서는 소음의 수파수를 100(Hz)에서 500(Hz)까지를 대상으로 하여 100(Hz)씩 주파수가 증가하는 소음원에 대한 소음 제어 결과를 제시한다. 상쇄원 구동원으로서의 인버터를 모델링하고, 서역 통과 필터를 사용하는 스피커 모델을 사용하여 각각의 제어 기법에 대해 시뮬레이션을 수행하였다.

4.1 삼각파 비교 제어기법에 의한 시뮬레이션

캐리어의 주파수를 35(kHz)로 설정하였으며, 같은 공간을 대상으로하여 1차 및 2차 경로의 전달특성은 같은 조건을 갖는 것으로 가정하였다. 그럼 7은 삼각파 비교 제어기법에 의한 시뮬레이션 피형으로 (a)는 소음신호 파형이며 (b)는 전류 오차음을 나타낸다. 제어기가 off되어 있다가 on되기 시작하면서 전류 오차음이 감소되고 있음을 보이고 있다.

4.2 히스테리시스 제어기법에 의한 시뮬레이션

히스테리시스 밴드폭은 0.2(V)(상위밴드 0.1, 하위밴드 -0.1)로 두었으며 시뮬레이션 결과를 그림 8에 제시하였다. 그림의 (a), (b)는 삼각파 비교 제어 기법에 의한 경우와 같다.

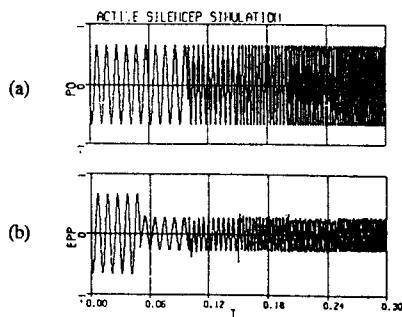


그림 7. 삼각파 비교 제어 기법을 사용한 경우의 시뮬레이션

(a) 발생소음 (b) 진류오차음

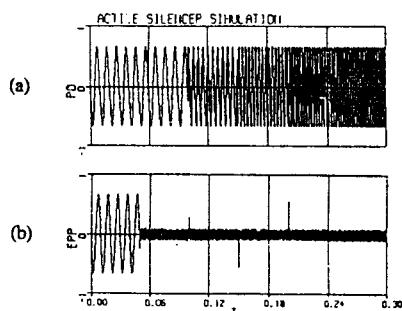


그림 8. 히스테리시스 제어 기법을 사용한 경우의 시뮬레이션

(a) 발생소음 (b) 진류오차음

5. 실험 결과

5.1 삼각파 비교 제어기법에 의한 실험

그림 9와 그림10은 각각 100(Hz), 200(Hz) 정현파 소음원에 대하여 삼각파 비교 제어기법에 의한 능동 소음 제어를 실시한 실험 파형으로 캐리어의 주파수를 35(kHz), 인버터 입력 전압을 3(V)로 주었을 때의 결과이다. 그림의 (a)는 소음기 off시이며 (b)는 소음기를 on시킨 경우의 진류 오차음을 나타내며 10(dB)정도의 소음 감쇄 효과를 얻을 수 있었다.

5.2 히스테리시스 제어기법에 의한 실험

그림 11과 그림12는 100(Hz), 200(Hz) 삼각파 소음원에 대해 히스테리시스 제어를 수행한 실험파형으로 이 때 히스테리시스 밴드폭은 0.3(V), 인버터 입력 전압은

을 3(V)로 하였다. 이 경우에 있어서도 10(dB)정도의 소음 감쇄 효과를 나타내었다.

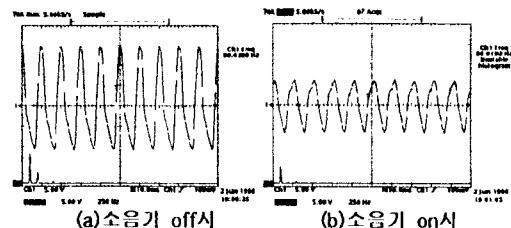


그림 9. 100(Hz) 정현파 소음에 삼각파 비교
제어를 수행한 경우의 실험파형

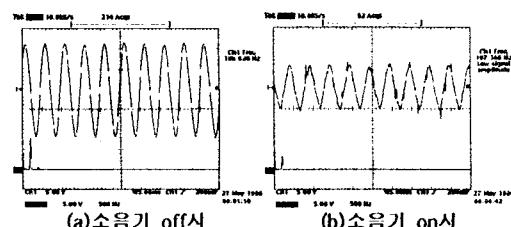


그림 10. 200(Hz) 정현파 소음에 삼각파 비교
제어를 수행한 경우의 실험파형

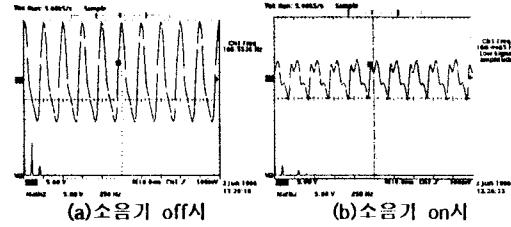


그림 11. 100(Hz) 삼각파 소음에 히스테리시스
제어를 수행한 경우의 실험파형

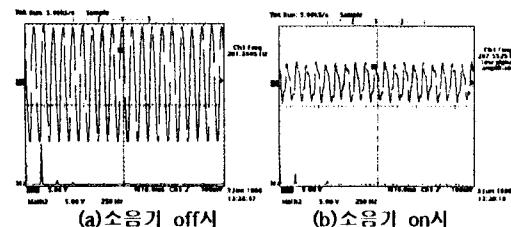


그림 12. 200(Hz) 삼각파 소음에 히스테리시스
제어를 수행한 경우의 실험파형

6. 결론

본 논문에서는 스위칭 소자로 이루어진 인버터를 사용하여 능동 소음 제어를 수행하고 그 소음저감 특성을 실험으로써 보았다. 능동 소음 제어를 위하여 삼각파 비교 제어기법과 히스테리시스 제어기법을 적용하였으며, 각각에 대한 소음 제어를 실시하고 비교하였다. 그림 13~15는 정현파, 삼각파, 구현파 소음원에 대한 소음 시감 효과를 두가지 제어기법을 사용하여 성재전 음압과 상체후 음안의 차이로써 나타낸 것이다. 소음의 수파수가 높아 살수록 소음저감 특성이 솔지 않음을 보이고 있다. 보다 넓은 주파수대의 소음 시감 효과를 높이기 위한 연구가 현재 진행 중에 있다.

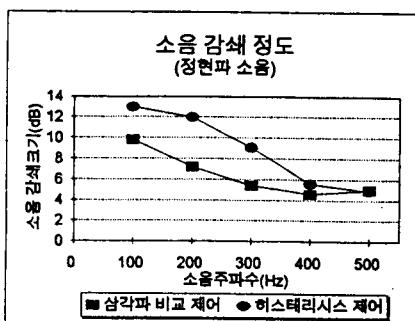


그림 13. 성현파 소음원에대한 소음감쇄 효과

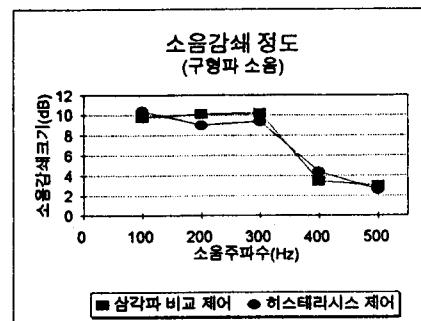


그림 15. 구형파 소음원에대한 소음감쇄 효과

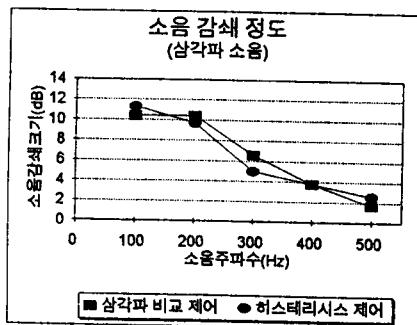


그림 14. 삼각파 소음원에대한 소음감쇄 효과

본 연구는 한국과학재단 1994년도 특성연구
연구비지원에 의하여 연구되었음

참고문헌

- (1) R.R.Leitch, O. TOKII, "Active Noise Control System", *IEE Proceedings*, Vol.134, Pt.A No.6., June 1987.
- (2) P.A.Nelson, S.J.Elliott, "Active Control of Sound", Academic Press
- (3) Joachim Holtz, "Pulsewidth Modulation-A Survey", *IEEE PESC*,1992
- (4) N.Mohan, "Power Electronics", John Wiley
- (5) 이승요, 최규하, 강정유, 장도현, "농농소음기를 위한 PWM 인버터의 제어기법 및 적용" 대한신기학회 하계학술대회, 1995