

시변 지연기에 의한 음향-기관 안정도의 개선

*염 동 홍 , **안 수 길
*서울 대학교 , **서울대학교

Improvement of Acoustic-Feedback Stability by A Time-Varing Delay

*Donghong YOM, **Souguil ANN
* S.N.U. , ** S.N.U.

1. 서론

확성장치의 실내 사용시 음향기관도가 형성되면 귀환에 의한 불안정 때문에 확성장치의 이득은 제한을 받게된다. 일반적으로 확성장치의 이득을 증가시키기 위한 방법으로서 귀환로 이득을 줄이는 방법과 폐피로의 공진특성을 보상하는 방법을 들 수 있다. 전자의 경우 대표적인 예는 지향성 음향소자를 사용하여 직접음에 의한 귀환을 피하도록 하는 것이다. 후자의 경우는 실내 주파수 특성이 일반적으로 매우 불규칙한 요철의 양상을 가지므로 (1)(2), 확성장치 포함한 폐피로 전반적인 특성을 평탄하게 하기 위해 여러 방법이 제안 되었는데 그중 하나는 반공진피로를 다수 사용하는 것이었다(3). 한편 주파수 이동에 의해 안정도 개선을 도모하는 방법이 발표되었는데 (4)(5)(6), 이는 입력신호의 모든 주파수 성분을 일정 주파수 만큼 이동시켜 출력케 하는 방법으로서 등가적으로 폐피로의 이득을 주파수에 무관하게 하는 즉 평탄화 효과를 가지고 있다. 그러나 이 방법은 입력신호의 고조파 관계를 파괴하므로 이에 따른 음질열락은 피할 수 없었다. 또한 대역 압축에 의해 안정도 개선을 도모하면서 신호의 고조파 관계를 유지하도록 하는 방법도 발표되었다(7). 그러나 이 방법은 대역 압축의 실시간 동작을 위해 주기적으로 입력 신호의 일부를 잘라 버려야 하기 때문에 이에 따른 음질열락 또한 피할 수 없었다.

여기서 제안하는 방법은 인간의 청감 특성상 위상의 변화에는 그리 민감하지 않다는 사실에 근거하여 확성장치의 위상특성을 시간에 따라 변화시켜 안정도의 개선을 도모하고자 하는 것이다.

2. 시변 위상 특성

파형의 왜곡이 없기 위한 선형 위상특성을 갖는 시스템의 전달함수 $H(j\omega)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$H(j\omega) = \exp(-j\omega d) \quad (1)$$

여기서 d 는 이 시스템에 의한 지연시간을 의미하게 된다. 따라서 위상특성을 시간에 따라 천천히 변화시키려는 경우 지연시간 d 를 시간에 따라 변화시키면 됨을 알 수 있다. 이때 d 를 시변함수 $d(t)$ 로 표현하면 $d(t)$ 는 다음의 조건을 만족해야한다.

1) 물리적 실현 가능하기 위한 조건으로서

$$d(t) \geq 0 \quad (2)$$

2) 실시간 동작을 위한 조건으로서

$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int^T d(t) dt < \infty \quad (3)$$

3) 신호정보의 손실이 없기 위한 조건으로서

$$d(t) \text{는 연속이어야 한다.}$$

이러한 조건을 만족하는 $d(t)$ 는 무한히 많으며 그중에서 가령 삼각파형을 갖는 $d(t)$ 를 택하면

$$d(t) = \begin{cases} rt + Ak, & (k-1)T \leq t < (k-1/2)T \\ -rt + Bk, & (k-1/2)T \leq t < kT \end{cases} \quad (4)$$

여기서 r 은 $d(t)$ 의 변화율의 절대치이며 Ak 및 Bk 는 상수로서 위의 인과율 조건 및 연속조건을 만족하여야 한다.

$$\begin{cases} Ak \geq -(k-1)rT \\ Bk \geq krT \\ Bk - Ak = (2k-1)rT \end{cases} \quad (5)$$

한편 어떤 주파수 성분이 지연시간의 증감반복주기 T 에

비해 충분히 긴시간 동안 입력되면 출력신호에 그 주파수 성분이 나타나게 되고 이때 그 크기가 충분히 작지 않으면 입력측에 귀환되어 불안정 요인이 되므로 그 크기는 가령 -10dB 이하로 충분히 작을 것이 요구된다. 입력 $\sin(2\pi ft)$ 에 대한 시변지연기의 출력 $g(t)$ 의 스펙트럼중 입력주파수 성분의 크기 M 을 구해보면

$$M \approx \left| \frac{\sin(\pi frT/2)}{(\pi frT/2)} \right| \quad \text{단, } r \ll 1 \quad (6)$$

따라서 M 을 -10dB 이하로 하려면 다음 부등식을 만족하여야한다.

$$\pi frT/2 > 2.35 \quad (7)$$

3. 실험 및 결과

그림1에 실험장치의 개통도를 보이고 있다. 시변지연기는 클럭주기에 비례하는 지연시간을 갖는 지연 소자로 구성하였다. 클럭발생기는 시간에 따라 클럭주기가 삼각파적으로 변화하도록 구성하였다. 실험에 필요한 rT 의 범위를 알기 위해 최소 입력 주파수를 300Hz로 정하면 식(7)로부터

$$rT > 0.005 \quad (8)$$

실험 장소는 55 m³의 연구실과 174 m³의 강의실을 택하였다. 그림2에 측정 결과를 보이고 있다. 대략 $rT=0.08$ 근방에서 6dB 이상의 여유 이득을 얻을 수 있음을 볼 수 있다.

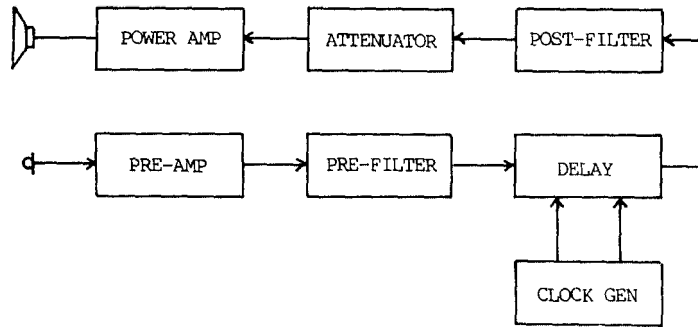


그림 1. 실험장치의 개통도

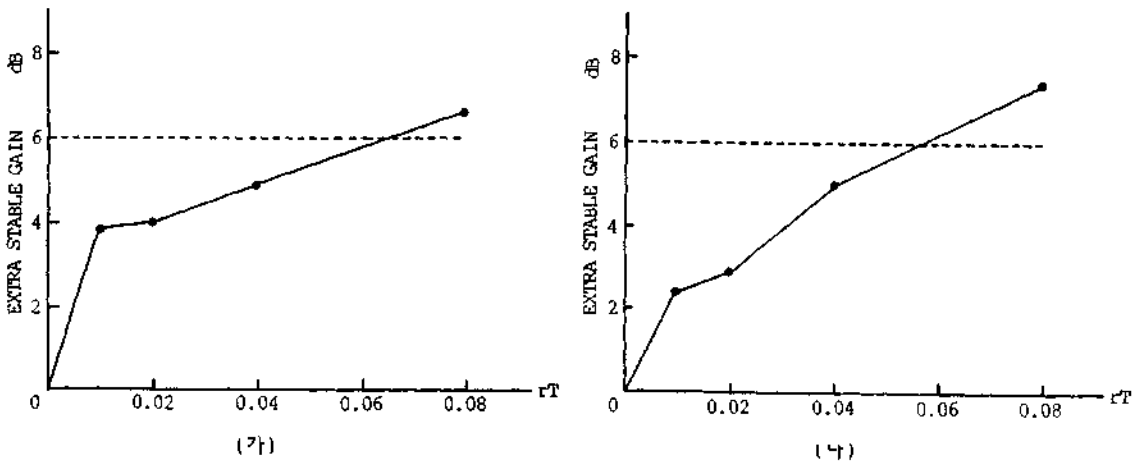


그림 2. $T=1.7\text{sec}$ 에서의 여유이득

(가) 연구실의 경우 (나) 강의실의 경우

참고 문헌

- (1) R.H. Bolt and R.W. Roop, "Frequency response fluctuations in rooms," J.A.S.A., vol.22, 1950
- (2) M.R. Schroeder and K.H. Kuttruff, "On frequency response curves in rooms. Comparison of experimental, theoretical and Monte Carlo results for the average frequency spacing between maximas," J.A.S.A., vol.34, Jan. 1962
- (3) C.P. Boner and C.R. Boner, "Minimizing feedback in sound systems and room-ring modes with passive networks," J.A.S.A., vol.37, 1965
- (4) A.J. Prestigiacomo and D.J. MacLean, "A frequency shifter for improving acoustic feedback stability," J. Audio Eng. Soc., vol.10, 1962
- (5) M.R. Schroeder, "Improvement of acoustic-feedback stability by frequency shifting," J.A.S.A., vol.36, 1964
- (6) M.H. Jones, "Frequency shifter for howl suppression," Wireless World, July 1973
- (7) J. Alisobhani and S.G. Knorr, "Improvement of acoustic-feedback stability by bandwidth compression," IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Processing, vol. ASSP-28, No. 6, Dec. 1980