

# 전치왜곡기를 사용한 선형전력증폭기 설계

정회원 손석용\*, 안정식\*, 김계국\*\*

## A design of the linear power amplifier with a predistorter

Seok-Yong Son\*, Jeong-Sig An\*, Kye-Kook Kim\*\* *Regular Members*

### 요 약

전치왜곡방식의 선형전력증폭기는 HPA(high power amplifier)의 입력단에 선형화기를 연결하여 미리 왜곡 성분을 부가함으로써 HPA에 의해 만들어지는 IMD(intermodulation distortion) 성분을 효과적으로 제거시킬 수 있는 장치이다. 이 방식에 의한 선형전력증폭기는 대역 특성이 우수하고 회로 구성이 간단하여 쉽게 구현할 수 있으며 또한 재현성이 높은 장점을 갖는다<sup>1), 2)</sup>.

본 논문에서는 최대 출력 전력이 50dBm인 HPA의 입력단에 전치왜곡기를 연결하고, 2톤 신호를 입력하여 이때 발생하는 IM3(3'rd intermodulation distortion)성분의 변화를 살펴보았다. 그 결과 전치왜곡기를 사용하지 않은 경우 평균 출력 전력이 41.86dBm에서 IM3는 -31.40dBc이며, 전치왜곡기를 사용한 경우 평균 출력 전력이 42.16dBm에서 IM3는 -37.37dBc로 약 6dB 개선되었음을 볼 수 있다.

### ABSTRACT

The linear power amplifier with a predistorter is device which is able to cancel effectively IMD of the HPA by connecting predistorter at input port. This method has wide-band characteristic, and has high merit for reproducing because of simple element.

In this paper, the maximum output power of the HPA is 50dBm, the gain is 51dB, and the gain flatness is  $\pm 1$ dB. IM3(3'rd intermodulation distortion) is measured at 2-ton input signal.

The IM3 for the HPA without a predistorter is -31.40dBc at average output power of 41.68dBm, and the IM3 for the HPA with a predistorter is -37.37dBc at average output power of 42.16dBm, therefore its cancellation performance results in an improvement of approximately 6dB.

### I. 서 론

오늘날 무선 통신의 발달로 개인 휴대 통신을 비롯하여 많은 이동통신 서비스가 날로 증가하고 있으며, 수요자의 요구 충족을 위한 통신 시스템의 개선은 당연한 결과라 하겠다. 따라서, 얼마나 많은 가입자가 동시에 무선통신을 이용할 수 있는가 하는 것은 통신 시스템의 성능을 판단하는 중요한 지표가 될 수 있을 것이다. 특히, 통신 시스템에서 많은 수의 가입자를 수용하기 위해서는 많은 수의 반송파를 효과적으로 전송할 수 있는 전력 증폭기를

사용하여야 하며, 이는 통신 시스템의 핵심 기술이 되고 있다. CDMA(code division multi-access) 방식의 이동통신 시스템에 적용되는 여러가지 RF시스템은 디지털 변조와 멀티톤(multi-tone)에 의한 진폭왜곡(AM-AM), 위상 왜곡(AM-PM)에 대한 고려가 필수적이며, 이들에 의해 비선형 소자에서 발생하는 많은 기생주파수성분(spurious response), 상호변조왜곡(IMD)은 인접 채널에 대한 간섭현상을 유발하여 시스템의 성능을 떨어뜨리는 결정적인 역할을 한다<sup>3), 4)</sup>.

본 논문에서는 그림 1-1과 같이, 전력 증폭기의 입력단에 전치왜곡기를 부가하여 효과적으로 IMD

\* (주)웨이브컴 부설연구소(maxwellan@hanmail.net)

\*\* 원주대학 전자통신과(kkk@sky.wonju.ac.kr)

논문번호: 00039-0830, 접수일자: 8월 30일

성분을 제거시킴으로써 증폭기의 선형특성을 개선시키고자 한다. 본 논문의 2장에서는 전력증폭기와 전치왜곡기의 전기적 특성과 선형전력증폭기의  $IM_3$  특성을 측정된 결과를 나타냈으며, 3장에서는 2장의 결과를 토대로 본 논문에서 구현한 선형전력증폭기의 개선된 특성을 기술하였다.

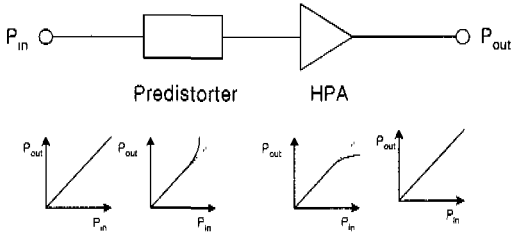


그림 1-1. 전치왜곡 선형화기의 동작원리

## II. 선형전력증폭기 설계·제작 및 측정결과

본 장에서는 설계·제작한 전력증폭기와 전치왜곡기의 전기적 특성을 측정하였으며, 이와 더불어 전력증폭기의 앞단에 전치왜곡기를 장착한 경우와 장착하지 않은 경우에 IMD 특성을 측정하였다.

### 2-1. 전력증폭기(HPA)의 전기적 특성

본 실험에 사용된 전력증폭기는 충분한 이득과 출력 전력을 얻기 위해서 3단으로 구성하였으며,  $P_{1dB}$ 는 50dBm이 되도록 설계하였다.

그림 3-1은 3단으로 구성된 100W급 전력증폭기의 이득, 입력 반사계수 그리고 이득편차를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 860~900MHz 대역에서 입력 반사계수는 -22dB 이하이고, 이득은 측정장비를 보호하기 위해 설치한 감쇠기의 감쇠량 30dB에 이득 21dB를 더한 51dB이며, 1dB 이하의 이득편단 특성을 보여주고 있다.

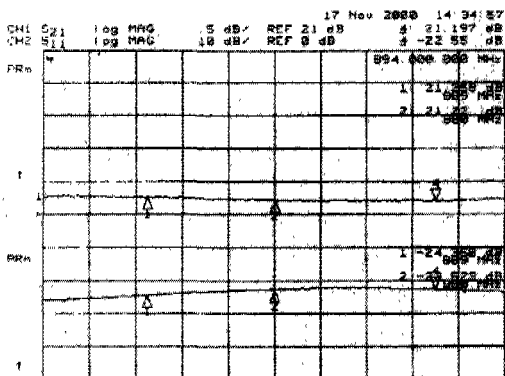


그림 2-1. 주파수에 따른 HPA의 반사계수와 이득 특성

### 2-2. 전치왜곡 선형화기 회로 제작 및 측정 결과

본 논문에서 설계·제작한 전치왜곡 선형화기는 그림 2-2에 나타난 바와 같이, 회로가 비교적 간단하여 전체 HPA의 크기를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 전방배환 선형화기(feedforward linearizer)의 주 증폭기에 적용하는 경우 선형전력증폭기의 전력효율을 개선시킬 수 있는 장점을 가지고 있다<sup>5, 6, 7</sup>.



그림 2-2. 제작한 전치왜곡기의 사진

그림 2-3은 860MHz~900MHz 대역에서 전치왜곡 선형화기의 이득 평탄도를 나타내고 있다. 그림에서 보는 바와 같이, 이득 평탄도가 1dB 이내로 비교적 양호한 결과를 나타내고 있다.

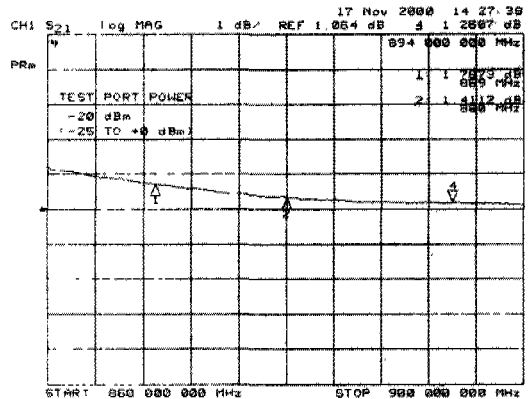
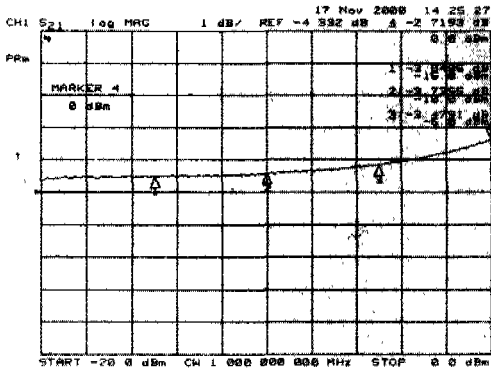


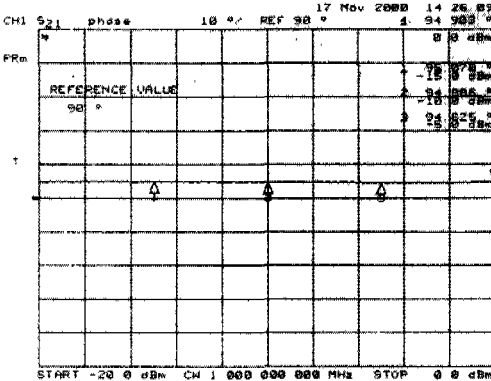
그림 2-3. 전치왜곡기의 이득 평탄도

그림 2-4는 HPA의 입력단에 전치왜곡기를 연결하여 약 6dB 정도의 개선된 선형특성을 얻었을 때, HPA에서 제거한 전치왜곡기의 입력 전력의 변화에 따른 이득편차와 위상 편차를 측정된 결과이다. 그림 2-4(a)와 (b)에서 입력 전력이 -15dBm일 때 95.08°의 위상과 -3.83dB 이득, -10dBm일 때 94.88°의 위상과 -3.74dB의 이득, -5dBm일 때

94.63°의 위상과 -3.45dB의 이득, 0dBm일 때 -94.9°의 위상과 -2.72dB의 이득 특성을 나타내고 있다. 따라서, 위의 결과로부터 입력 전력이 증가함에 따라 이득은 증가하고 위상의 변화는 거의 없음을 알 수 있다. 이것은 HPA의 3차 왜곡과 같은 IMD 성분의 발생은 주로 AM-AM 왜곡에 기인함을 알 수 있다.



(a) 입력전력에 따른 이득 편차



(b) 입력전력에 따른 위상 편차

그림 2-4. 측정된 이득 편차와 위상 편차

2-3. 전치왜곡기에 따른 HPA의 IMD 특성

그림 2-5는 전치왜곡기를 연결하지 않은 경우 2톤을 입력하여 출력 스펙트럼을 측정한 그래프이다. 그림에서, 톤당 출력전력은 41.86dBm이고, 2톤에 의한 3차 상호변조 성분(IM<sub>3</sub>)과 주 신호간의 IMD는 -31.40dBc를 나타내고 있다.

그림 2-6에서, 전치왜곡기를 연결한 경우 톤당 출력전력은 42.16dBm이고, 2톤에 의한 3차 상호변조 성분(IM<sub>3</sub>)과 주 신호간의 IMD는 -37.37dBc를 나타내고 있다. 여기서 톤당 출력전력이 41.86dBm에서 42.16dBm으로 증가한 이유는 감소된 3차 IMD 성

분이 주 신호전력에 더해진 것으로 생각된다. 이상과 같은 결과를 통해서 HPA에 전치왜곡기를 사용한 선형전력증폭기의 선형특성은 전치왜곡기를 사용하지 않은 경우에 비해 약 6dB 정도 개선되었음을 알 수 있다.

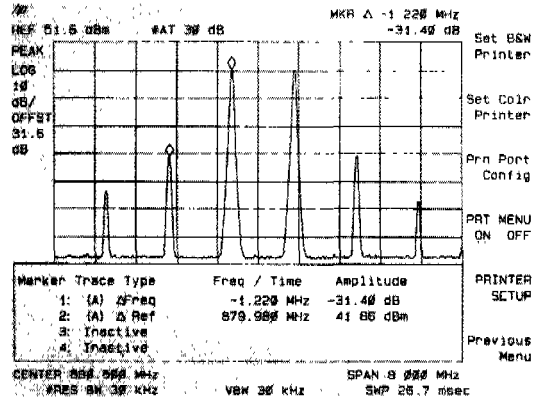


그림 2-5. 전치왜곡기가 없는 HPA의 IMD 특성

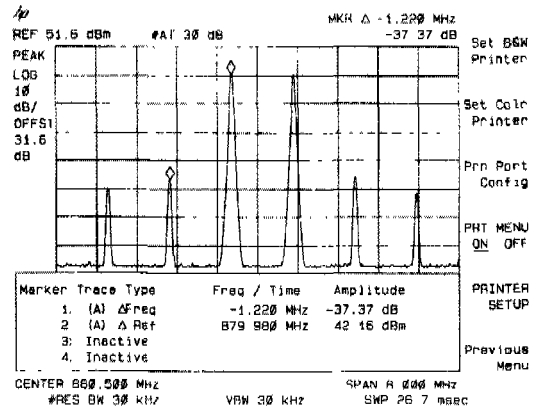


그림 2-6. 전치왜곡기가 있는 경우 HPA의 IMD 특성

III. 결론

송신 시스템에서 전력증폭기의 비선형성으로 인해 발생하는 각종 기생응답(spurious)이나 IMD와 같이 원하지 않는 불요파는 근접 채널이나 타 사업자 망에 간섭을 일으키게 되어 통화 품질을 떨어뜨리는 주원인이 되고 있다. 이와 같은 불요파의 간섭을 최소화하기 위해 본 논문에서는 전치왜곡기를 장착한 선형전력 증폭기를 설계·제작하였다.

본 논문에서 설계·제작한 전치왜곡기는 회로 구성이 간단하며 여기에서 사용된 트랜지스터의 게이트전압(V<sub>g</sub>)을 조정하여 HPA의 원하는 출력전력에서 IMD 특성을 개선시킬 수 있다. 특히, 전치왜곡

기가 없는 경우 HPA의 평균 출력 전력이 41.86dBm일 때 3차성분에 대한 IMD는 -31.40dBc이고, 전치왜곡기를 사용한 경우 평균 출력 전력이 42.16dBm일 때 3차 IMD는 -37.37dBc로 측정되었다. 이상의 결과에서 전치왜곡기를 사용한 HPA의 선형특성은 약 6dB 정도 개선되었음을 알 수 있다.

참고 문헌

[1] R. Stewart and F. Tusubira, "Feed Forward Linearization of 950MHz Amplifier," IEE Proceedings, vol. 135, pp. 347-350, Oct. 1988.

[2] T. Bennett and R. Clements, "Feed Forward an Alternative Approach to Amplifier Linearization," The Radio and Electronic Engineer, vol. 44, pp. 257-262, May 1974.

[3] M. Kumar, J. Whartenby, and H. Wolkstein, "Perdistortion Linearizer Using GaAs Dual-Gate MESFET for TWTA and SSPA used in Satellite Transponders" IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., vol. MTT-33, pp. 1479-1488, Dec. 1985.

[4] M. Horn and A. Egger, "Design and Performance of Microwave Predistortion Network using Digital Circuits," in 14th European Microwave Conference, pp. 549-554, Sep. 1984.

[5] 정용채, "혼변조 신호의 개별 차수 조정 Predistortion 선형화기 설계," 박사학위논문, 서강대학교, 1995.

[6] Noriharu Suematasu, Yoshitada Iyama and Osami Shida, "Transfer Characteristic of IM<sub>3</sub> Relative Phase for a GaAs FET Amplifier," IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., vol. 45, no. 12, pp. 2509-2513. Dec. 1997

[7] 안정식, "저 전력 에터 증폭기에 의한 전방궤환 선형화기 효율 개선에 관한 연구," 박사학위논문, 건국대학교, 2000.

손 석 용(Seok-Yong Son)



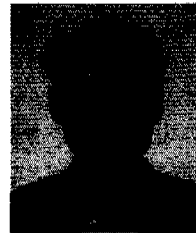
1997년 2월: 건국대학교  
전자공학과(공학사)  
1999년 2월: 건국대학교  
전자공학과(공학석사)  
1999년 3월~현재: 건국대학교  
박사과정 재학중  
2000년 1월~현재: (주)웨이브컴

부설연구소 주임연구원

<주관심 분야> RF 회로설계

안 정 식(Jeong-Sig An)

정회원



1992년 2월: 건국대학교  
전자공학과(공학사)  
1994년 8월: 건국대학교  
전자공학과(공학석사)  
2000년 2월: 건국대학교  
전자공학과(공학박사)

1997년 3월~1998년 7월: (주)CTI 중앙연구소 선임  
연구원

1997년 9월~현재 동서울대학 전자통신과 겸임교수  
1998년 9월~현재: (주)웨이브컴 부설연구소 연구실  
장

<주관심 분야> RF 회로설계

김 계 국(Kye-Kook Kim)

정회원

한국통신학회 논문집 제 24권 12T호 참조