

가변 소스 인덕터를 갖는 GaAs FET 선형화기 설계

Design of GaAs FET Linearizer with Variable Source Inductance

安正植*, 李基洪*, 姜廷震**, 劉載文***, 李鍾岳*
(Jeong-Sig An*, Ki-Hong Lee*, Jeong-Jin Kang**, Jae-Moon Yoo***,
and Jong-Arc Lee*)

요 약

본 논문에서는 소스에 큰 값의 가변 인덕터를 갖는 새로운 형태의 predistortion 선형화기가 연구되었다. 그것은 입력 전력이 증가함에 따라 양의 진폭과 음의 위상 편차를 얻을 수 있어 전력증폭기에서 만들어지는 왜곡을 충분히 보상할 수 있다. 또한, 하나의 GaAs FET, 인덕터, 입·출력 정합회로, 그리고 바이어스회로로 구성되어, 회로가 간단하므로 넓은 대역폭에 걸쳐 선형화 특성과 온도 안정성을 갖는다. 그리고 소스 인덕터와 게이트 바이어스를 변화시킴으로써 원하는 왜곡 특성을 얻을 수 있는 장점을 갖는다. 제작한 predistorter에서, 주 증폭기에 의한 IM3가 10.61dBc이고, predistorter를 갖는 주 증폭기의 IM3가 21.91dBc이므로 약 11dB의 개선된 결과를 얻었다.

Abstract

In this paper, a new type of predistortion linearizer has been studied. It employs a series feedback amplifier with a large source inductance as a predistortion linearizer, which provides positive amplitude and negative phase deviations for input power and can compensate for AM-AM and AM-PM distortions of power amplifier. This predistortion linearizer consists of only one GaAs FET, large source inductor, input·output matching networks and bias circuits. Because of its simple circuit, the linear can be operated over a broad bandwidth and has good thermal stability. The characteristics of this linearizer can be easily tuned using source inductor, its gate bias condition. In fabricated linearizer, the third-order intermodulation distortion(IMD) for main amplifier alone is 10.61dBc, and the IM₃ for main amplifier with predistorter is 21.91dBc. Therefore, the IM₃ characteristic results an improvement of approximately 11dB.

1. 서 론

오늘날의 통신방식은 아날로그 방식에서 디지털

* 建國大學校 電子工學科

(Dept. of Electronic Eng., Konkuk Univ.)

接受日: 1999年7月26日, 修正完了日: 1999年11月12日

** 동서울大學 電子通信科

(Dept. of Electronic Comm., DongSeoul College)

*** 동서울大學 電子科

(Dept. of Electronics, DongSeoul College)

화 되어 그 품질의 척도가 되고 있는데, 그 대표적인 예가 좀더 많은 가입자를 수용하고 양질의 서비스를 제공할 수 있는 CDMA 방식이다. 이 방식에 적용되는 여러 가지 RF 시스템은 디지털 변조와 멀티톤(Multi-tone)에 의한 AM-AM, AM-PM에 대한 고려가 필수적이며, 이들에 의해 비선형 소자에서 발생하는 많은 기생 주파수성분(Spurious Response), 상호변조왜곡(Intermodulation Distortion, IMD)은 인접 채널에 대한 간섭현상을 유발하며 시스템의 성능을 떨어뜨리는 결정적인 역할을 한다. 특히, 송신시스템의 최종 단계 사용되는 전력증폭기는 충분한 송신전력으로 단말기에 최적의 신호를 전달해야 함은 물론이고, 타 채널이나 다른 서비스 업자에 영향을 미치지 않아야 하므로 고가의 부품을 사용하여야 한다. 따라서, 이러한 전력증폭기는 전체 시스템의 가격을 상승시키는 주원인이 되고 있으며, 이를 조금이나마 완화하기 위한 방법으로 베이스밴드(Baseband)에서 OQPSK나 MSK 등의 변조방식을 사용하여 전력증폭기의 부담을 덜어주기도 하나 이러한 방법에 대한 한계는 분명히 존재하며 이를 극복하기 위한 새로운 방식이 제안되어야 하겠다.

CDMA와 같이 좀더 넓은 대역의 단일-채널이나 위성 시스템과 셀룰라 기지국에서와 같이 다중반송파(multicarrier) 응용에서는 feedforward 나 analogue predistortion과 같은 광대역 선형화 방법이 필요하다. Analogue predistortion 방식은 위성 시스템에서와 같이, 적당한 선형성 만을 필요로 하는 광대역 응용에 성공적으로 사용되어져 왔으며, 근본적으로 전력효율을 떨어뜨리지 않는 장점을 갖는다[1]-[4].

본 논문에서는 비교적 간단한 구조를 가지고 있으며 전력증폭기의 왜곡 특성을 쉽게 보상할 수 있는 새로운 형태의 predistorter를 설계·제작하였다. 특히, GaAs FET의 소스에 큰 가변 인덕터를 연결하여 이를 변화시킴으로써 원하는 형태의 왜곡을 만들어 줄 수 있다[5].

II. 전치왜곡 선형화기 설계

본 논문에 적용할 Predistortion 방식의 선형화기는 그림 1에 나타난 바와 같이, 회로가 비교적 간단하여

전체 시스템의 크기를 줄일 뿐만 아니라 선형화 시스템의 전력효율을 개선할 수 있는 장점을 가지고 있다. 그림 1에서와 같이 비선형 소자인 GaAs FET의 소스에 인덕터를 직렬로 연결하여, 입력 전력이 증가할 때 양의 이득과 음의 위상편차를 만들 수 있으며, 이는 선형 전력 증폭기의 AM-AM과 AM-PM 왜곡을 보상시킬 수 있다[6].

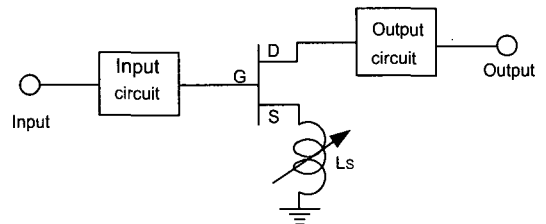


그림 1. GaAs FET 선형화기의 회로
Fig. 1. Circuit of a GaAs FET linearizer.

회로 설계는 그림 2와 같고, $V_d=2V$, $I_{ds}=17mA$, $V_{gs}=-0.9V$ 의 값을 갖도록 설계하였다. 또한, predistortion 선형화기는 광대역 특성을 얻기 위하여 원형 스테르브로 임·출력 정합회로를 구현하였다.

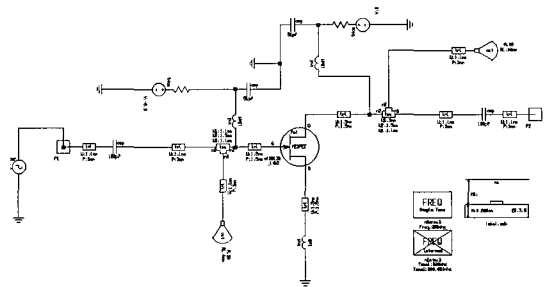


그림 2. 소스 인덕턴스를 갖는 predistortion 선형화기
Fig. 2. Predistortion linearizer with source inductance.

그림 3, 4는 Serenade 8.0에 의한 시뮬레이션 결과를 나타냈으며, 그림과 같이 소스에 연결한 인덕터를 1nH부터 1씩 증가시키면서 이득과 위상편차를 관찰하

였다.

앞서 기술한 바와 같이, 소스 인덕터의 값을 증가 시킴에 따라 이득과 위상 편차의 변화를 볼 수 있으며, 특히 입력 전력이 증가함에 따라 이득 편차는 양의 기울기로 증가하고 위상 편차는 음의 기울기를 가지고 감소함을 볼 수 있다. 따라서, 이와 같이 변화된 값은 주 증폭기의 IMD 왜곡 특성을 충분히 예측하여 이를 보상할 수 있을 것으로 사료된다.

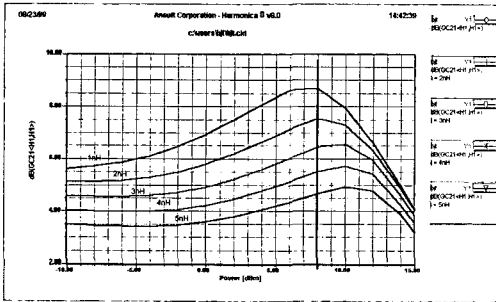


그림 3. 소스 인덕턴스 가변에 따른 이득 편차
Fig. 3. Gain deviation with source inductance variation.

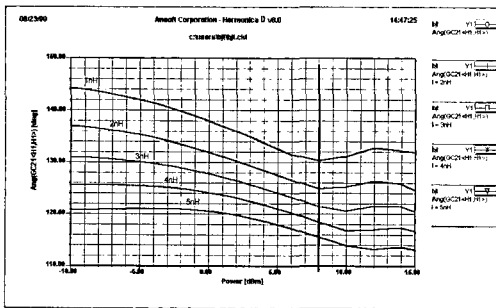


그림 4. 소스 인덕턴스 가변에 따른 위상 편차
Fig. 4. Phase deviation with source inductance variation.

III. 실험 및 고찰

그림 5는 실제 제작한 predistortion 선형화기를 나타냈다. 그림에서와 같이, 원형 스테브에 의해 입·출력 정합회로를 구성하였으며 소스에 연결한 인덕턴스

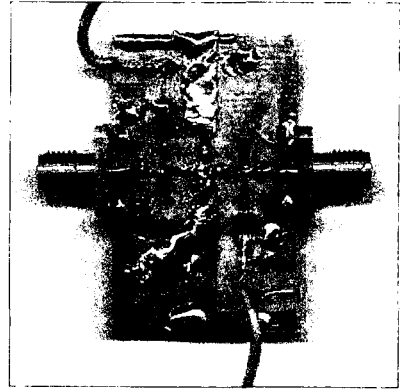
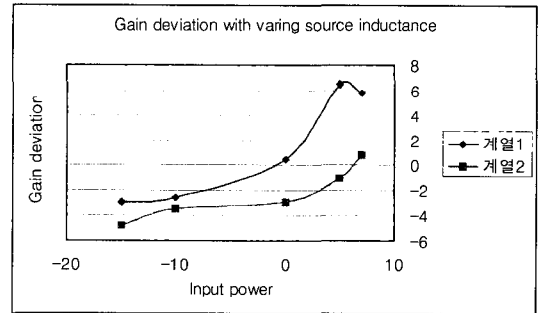
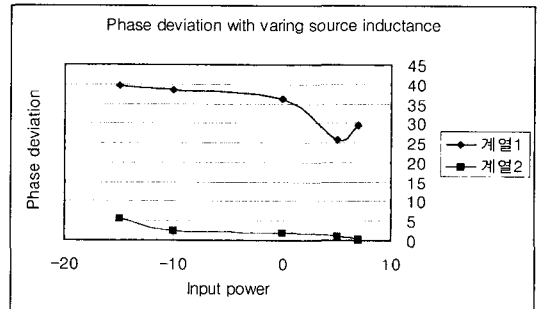


그림 5. 제작한 Predistortion 선형화기
Fig. 5. Fabricated predistortion linearizer.



(a) 이득편차
(a) Gain deviation.



(b) 위상편차
(b) Phase deviation.

그림 6. 소스 인덕턴스 가변에 따른 이득과 위상 편차 특성
Fig. 6. Gain and phase deviation characteristics with source inductance.

를 변화시켜 원하는 왜곡특성을 얻을 수 있다.

그림 6의 (a), (b)는 소스 인덕턴스를 변화시키면서 이득과 위상 편차를 측정한 그래프이다. 계열 1과 2는 차례로 L_s 가 1nH, 2.2nH일 때 이득과 위상을 나타낸 것이다. 그림에서 보는 바와 같이, 시뮬레이션 결과와 거의 일치한 모양을 나타내고 있으며 이는 소스 인덕터의 값을 변화시킴으로써 주 증폭기의 3차 왜곡 성분을 거의 정확하게 보상할 수 있을 것으로 생각된다.

그림 7의 (a), (b)는 predistorter를 연결한 경우와 연결하지 않은 경우 전력증폭기(HPA)에 2-톤을 입력하여 출력 스펙트럼을 측정한 그래프이다. 그림과 같이, (a)에서 톤당 출력 전력은 약 35.32dBm이고, 2톤에 의한 3차 상호변조 성분의 절대값은 24.71dBm을 나타

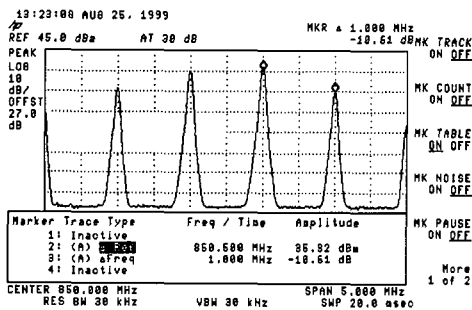
내고 있다. 따라서, predistorter를 연결하지 않은 주 증폭기의 3차 IMD 특성은 10.61dBc를 나타내고 있다. 또한, (b)에서 2톤 입력에 의한 출력 3차 상호변조 성분의 절대 값은 약 12.93dBm이며, 이것의 IMD는 21.91dBc를 나타내고 있다. 따라서, predistorter를 연결한 주 증폭기의 3차 IMD는 연결하지 않은 경우에 비해 약 11dB 개선되었음을 알 수 있다. 따라서, 본 논문에서 설계한 predistorter는 간단한 구조를 가지고 있으며, 소스 인덕턴스와 게이트 바이어스를 변화시킴으로써 쉽게 전력증폭기의 왜곡특성을 보상할 수 있다.

IV. 결 론

GaAs FET를 사용하여 구현한 predistortion 선형화기는 소스 인덕터가 1nH일 때 최대의 이득과 위상 편차를 갖는다. 또한, 최대 이득 편차는 입력 전력 레벨이 0dBm~7dBm 구간에서 6dB를 갖고, 위상은 11° 를 나타냈다. 따라서, 본 논문에서 설계한 predistortion 방식의 선형화기는 소스 인덕턴스를 변화시켜 줌으로써 이득과 위상 편차의 기울기를 조정할 수 있고, 결국 feedforward 선형화기 주 전력 증폭기의 왜곡 특성을 예측하여 이를 정확하게 보상할 수 있을 것이다.

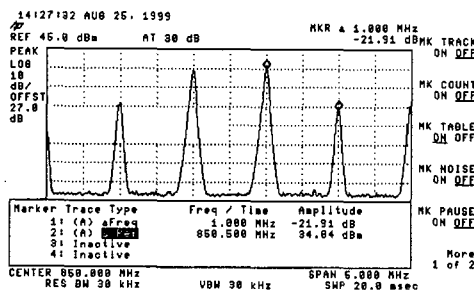
참 고 문 헌

- [1] M. Kumar, J. Whartenby, and H. Wolkstein, "Predistortion 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.
- [2] 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.
- [3] Ogura, K. Seino, T. One, A. Kamikokura and H. Hirose, "Development of A Compact, Broadband FET Linearizer for Satellite Use," *IEEE MTT-S Digest*, pp. 1195-1198 1997.
- [4] M. Nakayama, K.Mori, Y. Itoh, and T. Takagi, "A



(a) Predistorter가 없는 경우

(a) Without predistorter.



(b) Predistorter가 있는 경우

(b) With predistorter.

그림 7. 주 증폭기의 IMD(상호변조 왜곡) 특성

Fig. 7. IMD(intermodulation distortion) characteristics of main amplifier.

Consideration on Phase Distortion Characteristics of GaAs FETs Under Lagre-Signal Operation," *Proc. of IECE Autumn Conf.*, C-24 1994

[5] N. Imai, T. Nojima, and T. Murase, "Novel Linearizer Using Balanced Circulators and Its Application to Multilevel Digital Radio Systems," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. 37. no. 8, pp. 1237-1243, Aug. 1989

[6] R. S. Tucker, "Third-order Intermodulation Distortion and gain Compression in GaAs FETs," *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.*, vol. MTT-27, pp. 400-408, May 1979.

저 자 소 개



安正植 (正會員)

1997. 3~1998. 7 (주) CTI 중앙연구소 과장, 1997. 3~현재 동서울대학교 전자통신과 겸임 전임 강사, 1997. 3~현재 건국대학교 일반 대학원 전자공학과 박사과정, 1998. 9~현재 (주) 웨이브 컴 부설 정보

통신 연구소 실장.

劉載文 (正會員)

第3券 第1號 論文 99-01-04 參照.
現在 동서울大學 電子科 教授.



李基洪 (會員申請中)

1998 관동대학교 전자공학과 공학사, 1998~현재 건국대학교 전자·정보통신공학과 석사과정.



李鍾岳 (正會員)

1966년 한양대학교 전기과 공학사, 1970년 연세대학교 전기과 공학석사, 1974년 연세대학교 전기과 공학박사, 1976년~현재 건국대학교 전자·정보통신공학과 교수.

姜廷震 (正會員)

第3券 第1號 論文 99-01-04 參照.
現在 동서울大學 電子通信科 教授.