

다이오드를 이용한 Predistortion 선형화기의 설계

○이 원 우, *정 용 재, **박 장 랑, 윤 상 원, 장 익 수
 (서강대학교 전자공학과, *삼성 전자, **한국 전자 통신 연구소)

(Design of Predistortion Linearizer using diodes)

W. W. Lee, Y. C. Jung, K. R. Park, S. W. Yun, I. S. Chang

Dept. of Electronic Engineering, Sogang University *SAMSUNG Electronics, **ETRI

Abstract

HPA(High Power Amplifier) has nonlinear properties - AM to AM conversion, AM to PM conversion, or 3rd IMD etc. In this paper, predistortion type linearizer was designed to use in the transmitters of digital communications, that can be used on the cellular base station, satellite base station, or satellite transponder. This type of linearizer using the nonlinearity of diode has improved the C/I(Carrier to Intermodulation Distortion) ratio well.

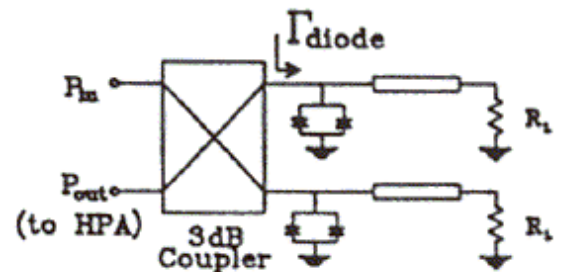
1. 서론

이동 통신 기지국이나 위성 통신 지구국의 송신단에서 인터모도 신호를 보낼 때는 고출력 증폭기, 즉 SSPA(Solid State Power Amplifier)가 사용되며, 위성 탑재 장치에는 대개 TWT(Traveling Wave Tube Amplifier)가 사용된다. 이러한 고출력 증폭기들은 모두 비직선 특성을 가지고 있어서 디지털 통신 방식인 TDMA 혹은 SCPC(Single Channel Per Carrier) 등과 같은 통신 방식은 많은 반송파가 공동 증폭되므로 입력

II. 본론

선형화 방식 중 Predistortion type은 고출력 증폭기의 비직선 특성인 진폭의 감소와 위상의 지연 왜곡을 보상해 주기 위해 입력 신호를 역의 왜곡 성분으로 만들어 주어 고출력 증폭기에서 생기게 될 왜곡 성분을 상쇄시키는 것을 의미한다.

본 논문에서 제시한 모델은 입력 레벨에 따른 Schottky 다이오드의 동적 저항값의 변화를 이용한 반사형 회로이며 그 구성도는 (그림 1)과 같다.

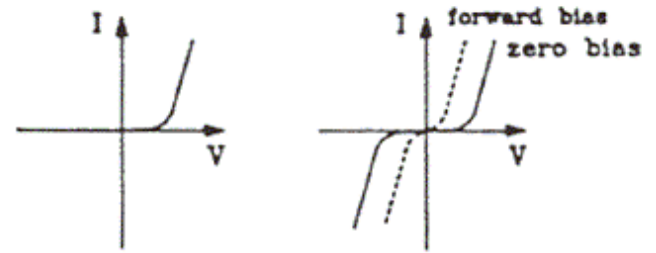


(그림 1) 본 선형화기의 회로 구성도

위 그림에서처럼 3dB 방향성 결합기의 상호 분리 단자에 똑같이 다이오드를 anti-parallel로 접지하고 특성 임피던스가 Z_c , 전기적 길이가 θ 인 마이크로스트립 선로의 끝에 부하 저항 R_L 을 연결한다.

만능과 사이에 큰변조 잡음이 발생하는 문제점이 있다. 여기에 선형화기를 장착하게 되면 출력 Back-off 량을 대폭 감소시킬 수 있으며 인접 채널간의 간섭을 막아 큰변조 잡음 특성을 개선시킬 수가 있다.

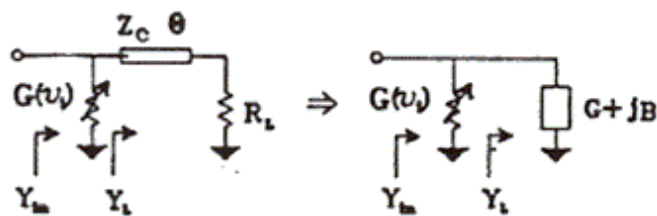
현재까지 위성 중계기용, 위성 지구국용, 이동 통신 지구국용의 고출력 증폭기에 사용되어진 선형화기의 종류로는 Feed-Forward, Negative-Feedback, Predistortion type 등이 있는데, 본 논문에서는 다이오드의 비직선 특성을 이용한 Predistortion type의 선형화기를 설계 제작하여 새로운 선형화기의 모델을 제시하였다.



(a) single diode (b) anti-parallel diodes

(그림2) Diode의 V-I 특성곡선

(그림2)에 나타나 있듯이 anti-parallel로 접지된 다이오드에 DC 전압의 인가량에 따라 동적 저항의 변화 영역을 임의로 조정할 수 있게 하였으며 부하 저항 앞의 선로 길이 θ 에 따라 위상의 지연 변화량을 조절할 수가 있다. 다음 식으로부터 다이오드 전압 v_i 의 변화, 즉 입력 레벨의 변화에 따라 역의 외곽 성분을 발생시키는 Γ_{diode} 의 변화량을 유도할 수 있다. 이때 다이오드의 캐패시턴스나 다른 기생 성분들은 무시한다.



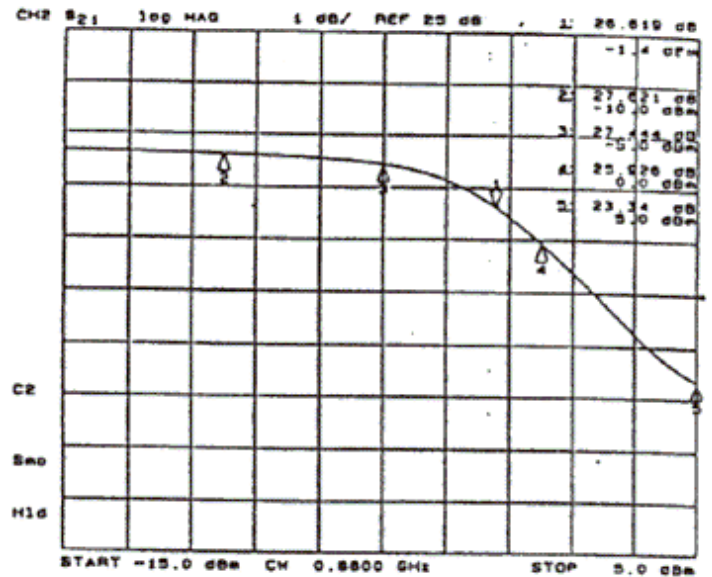
(그림 3) Γ_{diode} 값의 산출

$$Y_{in} = G_d(v_i) + G_L + jB$$

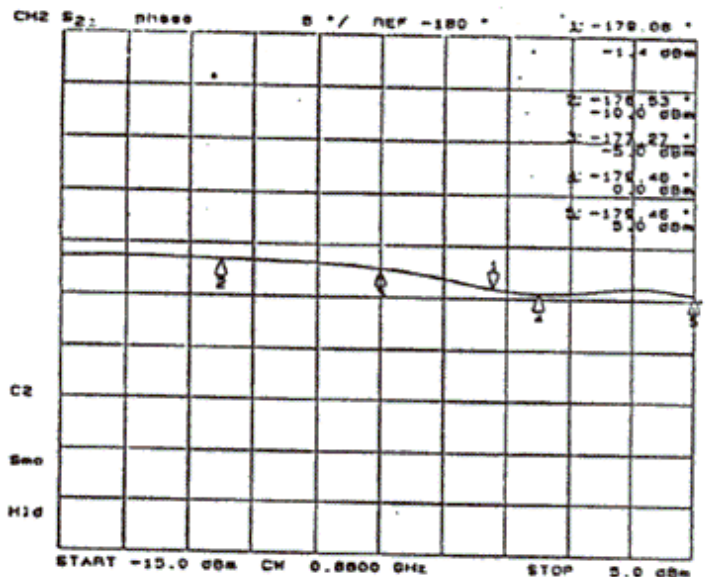
$$\text{Mag}(\Gamma_{diode}) = \sqrt{\frac{(G_0 - G_d(v_i) - G_L)^2 + B^2}{(G_0 + G_d(v_i) + G_L)^2 + B^2}}$$

$$\text{Ang}(\Gamma_{diode}) = \tan^{-1} \left(\frac{G_0 - G_d(v_i) - G_L}{-B} \right) - \tan^{-1} \left(\frac{G_0 + G_d(v_i) + G_L}{B} \right)$$

역의 외곽성분 발생을 위한 선형화기의 동작원리를 살펴보면, 낮은 구동 입력 레벨에서는 다이오드의 동적저항이 커서 Γ_{diode} 가 적은 값을 가지게 되나, 입력 레벨 v_i 이 점점 커짐에 따라 다이오드의 동적 저항이 적어져서 Γ_{diode} 값이 커지게 되어 선형화기의 출력의 이득은 증가하고 위상은 앞서게 된다. 결과적으로 이득이 감소하고 위상이 지연되는 고출력 증폭기의 비직선 특성을 보상하기 위해서 선형화기의 출력



(a) 이득의 비직선 특성



(b) 위상의 비직선 특성

(그림 4) 고출력 증폭기의 비직선 특성

이러한 비직선 특성을 갖는 고출력 증폭기를 개선하기 위한 선형화기의 회로도는 (그림 1)에 나타나 있듯이 Z_c 는 70ohm, θ 는 주파수 880MHz에서 7°로 하였

나중엔 크기 제약상으로도 고출력 증폭기의 입력으로 인가 된다.

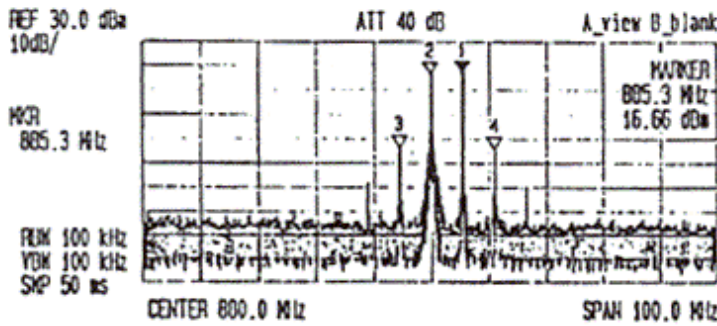
표. 제작 및 실험 결과

선형화기의 제작 실험을 위해 사용되어진 고출력 증폭기는 Milcom사의 400W급으로서 0dBm 입력으로 26dBm 출력을 얻을 수 있으나, 입력 레벨의 증가에 따른 이득과 위상의 비직선 특성이 (그림 4)와 같다.

으며 부하저항 R_L 은 18ohm으로 구성하였을 때 가장 양호한 특성을 얻었다.

선형화기의 성능실험을 위해 2-tone을 선형화기를 장착한 증폭기에 인가하여 3rd IMD (Inter-Modulation Distortion)를 조사하였다. 출력 back-off를 5dB도 하여 인가하였을 때, 순수한 고출력 증폭기의 carrier와 3rd IMD의 스펙트럼이 (그림 5)의 (a)에 나타나 있고 (b)는 선형화기를 장착하였을 때의 스펙트럼이다. (그림 6)은 출력 back-off를 10dB로 낮추어 인가하였을 때의 개선 전(a)와 개선 후(b)를 나타내고 있다.

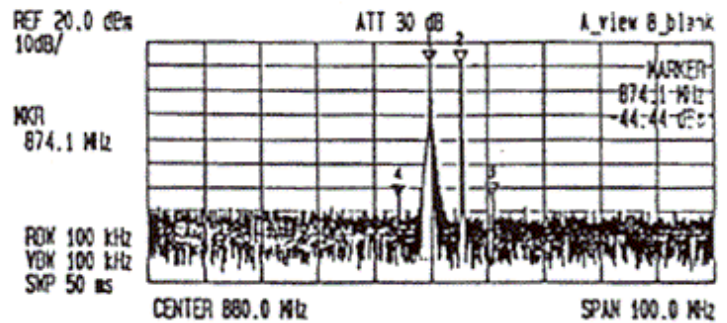
다이오드를 이용한 Predistortion 선형화기의 설계



*** Multi Marker List ***

No. 1:	885.3 MHz	16.66 dBm	A
No. 2:	879.7 MHz	16.09 dBm	A
No. 3:	874.3 MHz	-13.59 dBm	A
No. 4:	890.9 MHz	-14.03 dBm	A

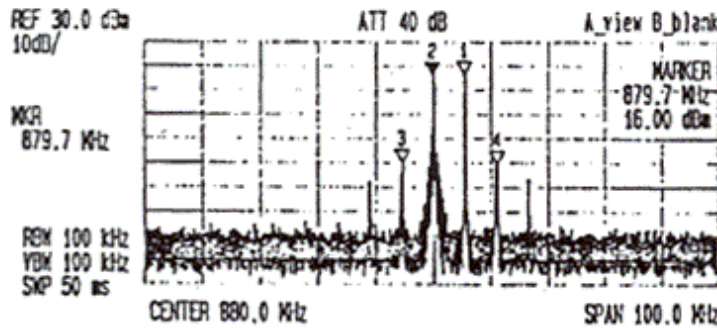
(a) 순수한 고출력 증폭기의 C/I비



*** Multi Marker List ***

No. 1:	879.7 MHz	11.38 dBm	A
No. 2:	885.3 MHz	11.22 dBm	A
No. 3:	890.9 MHz	-43.28 dBm	A
No. 4:	874.1 MHz	-44.44 dBm	A

(b) 선형화기를 장착한 고출력 증폭기의 C/I비

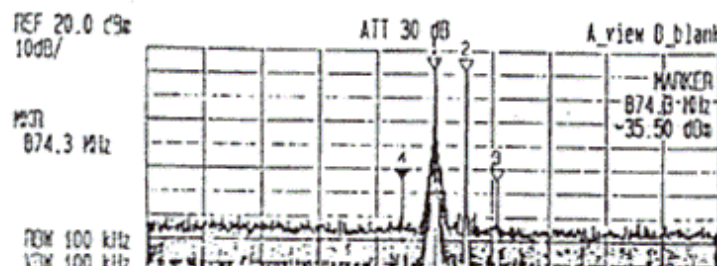


*** Multi Marker List ***

No. 1:	885.3 MHz	16.72 dBm	A
No. 2:	879.7 MHz	16.00 dBm	A
No. 3:	874.4 MHz	-19.56 dBm	A
No. 4:	891.0 MHz	-20.31 dBm	A

(b) 선형화기를 장착한 고출력 증폭기의 C/I비

(그림 5) 출력 back-off 5dB 일 때의 선형화기를 장착한 고출력 증폭기의 C/I비 개선 효과



(그림 6) 출력 back-off 10dB 일 때의 선형화기를 장착한 고출력 증폭기의 C/I비 개선 효과

실험결과에서 알 수 있듯이 5dB 출력 back-off를 하였을 때 C/I비는 30.2dBc에서 36.7dBc도 약 6~7dB 개선되었음을 알 수 있고, 10 dB back-off일 때는 46.3dBc에서 55.8dBc도 C/I비가 약 9~10dB 개선된 것으로 나타났다.

N. 결론

본 논문에서 새로운 형태의 다이오드를 이용한 predistortion type의 선형화기를 설계 제작하여 실제 고출력 증폭기에 장착하여 증폭기의 비직선 특성을 개선하는 효과를 확인하였다. 본 실험은 여기서 제시한 선형화기의 성능을 확인하기 위해 비교적 적은 출력의 증폭기를 HF 대역에서 적용하였으나, 차 주 위성통신을 위한 더 높은 주파수와 고출력에서도 개선이 가능 하리라 보아진다.

한편, 선형화 방식 중 보다 더 우수한 특성을 얻을 수 있는 방식은 feed-forward 방식이겠으나, 본 논문에서 제시한 predistortion type의 선형화기는 적은 용적과 크기가 요구되어지는 위성 중계기 탑재용, 혹은 위성 통신 지구국과 이동통신 지구국에 사용되어질

SMP 50 ms CENTER 890.0 MHz SPAN 100.0 kHz

*** Multi Marker List ***

No.	Frequency (MHz)	Power (dBm)	Modulation
No. 1:	879.7 MHz	11.56 dBm	A
No. 2:	885.3 MHz	11.38 dBm	A
No. 3:	890.9 MHz	-34.75 dBm	A
No. 4:	874.3 MHz	-35.50 dBm	A

(a) 순수한 고출력 증폭기의 C/I비

feed-forward type에 복합적으로 사용함으로써 고출력 증폭기의 비직선 특성을 보다 더 개선시키는 데 응용할 수 있을 것으로 판단된다.

$\Delta\Delta\Delta$ $\Delta\Delta\Delta$

참고 문헌

[1] G. Satoh and T. Mizuno, "Impact of a New TWTA Linearizer Upon QPSK/TDMA Transmission Performance," IEEE J. Select. Areas Commun, vol. SAC-1, Jan. 1983.

[2] M. KUMAR, J. C. Whartenby, and H. J. Volkstein, "Predistortion Linearizer Using GaAs Dual-Gate MESFET for TWTA and SSPA Used in Satellite Transponders," IEEE Trans. vol. MTT-33, pp. 1479 - 1488, Dec. 1985.

[3] H. Seidel, "A Microwave Feed-Forward Experiment", Bell System Technical Journal, Vol. 50, No.9, pp. 2879 - 2916, Nov. 1971.

[4] Robert V. Garver, "Microwave Diode Control Devices," Artech House, INC, 1978.