

주파수 하향변환기를 이용한 전력증폭기의 IM 성분 검출기 설계

김병철 · 박원우 · 조경래 · 이재범 · 전남규

국립금오공과대학교

Design of IM components detector for the Power Amplifier by using the frequency down convertor

Kim, Byung-chul · Park, Won-woo · Cho, Kyung-rae · Lee Jae-buom · Jeon, Nam-kyu

Kumoh National Institute Of Technology

E-mail : bckim@kumoh.ac.kr

요 약

본 논문에서는 주파수 하향 변환기를 이용한 전력증폭기의 혼변조 성분 검출 방법을 제안하였다. 전력증폭기 출력 신호의 일부를 전력분배기를 통해 2개의 경로로 나누어 변환기의 RF, LO 단자에 각각 인가한 뒤 그 차 주파수를 얻고, 얻어진 차 주파수 중 필요한 성분인 3차와 5차의 차 성분만 여파기로 걸러 내어 이를 DC 전압으로 변환함으로써 전력 증폭기 출력 신호의 혼변조 성분의 크기를 알 수 있었다. 3W 전력증폭기의 V_{gs} 를 변화시켜서 3차 혼변조 성분이 $-26.4\sim+2.15\text{dBm}$, 5차 혼변조 성분이 $-34.2\sim-12.89\text{dBm}$ 으로 변화하였을 때, 검출된 DC 전압 크기는 $+0.72\sim+0.9\text{V}$ 의 변화를 보였다.

ABSTRACT

In this paper, the method to detect the IM(Inter Modulation) components of power amplifier is proposed by using frequency down-convertor. Output signals of power amplifier which is coupled by 20dB coupler and divided by power divider are applied to RF and LO of the frequency converter. It could be found the magnitude of IM components of power amplifier as a converted DC voltage which is come from the difference between 3th and 5th IM component. The detected DC voltage values are changed from 0.72V to 0.9V when 3rd IM component level changed from -26.4dBm to $+2.15\text{dBm}$ and 5th IM component level changed from -34.2dBm to -12.89dBm as the V_{gs} of 3W power amplifier is changed.

키워드

전력 증폭기, 주파수 하향 변환기, 혼변조 성분 검출, Log Amplifier

1. 서 론

전력 증폭기의 특성이 약한 비 선형성일 때 출력 전압은 입력 전압의 power series로 표현된다.

동일한 진폭을 가지고 각각 w_1, w_2 의 주파수를 가지는 2-tone 신호가 입력되면 출력은 기본 주파수 w_1, w_2 이외에 DC, 하모닉, 혼변조 성분이 나타나게 된다. 이중 혼변조 성분들은 여파기로 제거할 수가 없으며, 잡음 원인으로 작용하게 되어 전송 품질을 저하시키는 요인이 되는데 이와 같은 혼변조 성분을 감소시키기 위하여 다양한

형태의 선형화 방식이 사용된다.

선형화 방식을 통해 전력 증폭기의 혼변조 특성이 규격을 만족시켜도 온도가 변하면 규격을 벗어나게 되므로 액티브 바이어스, 서미스터, 마이크로프로세서 등을 이용하여 온도가 변해도 전력 증폭기의 혼변조 특성이 규격을 벗어나지 않도록 하고 있다. 그 중 액티브 바이어스를 이용한 방법은 바이어스에 사용되는 트랜지스터와 메인 트랜지스터의 온도 특성이 다르기 때문에 정확하게 보상하기가 어렵다는 문제점이 있고, 서미스터를 이용한 방법은 회로가 간단하다는 장점이 있으나 온도에 따른 서미스터의 저항 값 변화가 비

선형적이라 규격을 벗어나는 구간이 있다는 문제가 있으며, 마이크로프로세서를 이용한 방법은 온도보상을 정확하게 할 수 있으나 많은 데이터를 측정해야 한다는 문제가 있다.

본 논문에서는 정확한 온도보상은 가능하지만 많은 데이터를 측정해야 하는 마이크로프로세서의 데이터 측정 양을 대폭 감소시킬 수 있으며, 양산을 할 경우, 사용하는 TR의 특성들이 조금씩 달라도 상관없이 혼변조 특성을 규격 내에서 유지시키는데 활용할 수 있도록 3차 혼변조 신호의 크기 변화를 DC 전압으로 추출하는 방안을 제시하고자 한다.

II. 본 론

전력 증폭기의 출력을 두 개의 경로로 분리하고, 한 경로는 증폭기가 saturation 상태가 되도록 증폭하여 그림 1에 제시한 바와 같이 주파수 변환기의 RF와 LO 단자에 각각 인가하면 혼변조 신호가 혼합된 IF 신호를 추출할 수 있다.

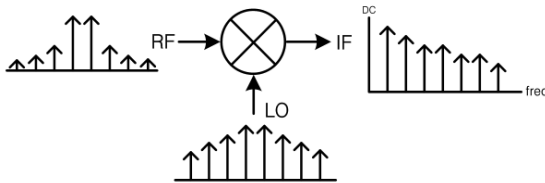


그림 1. 주파수 하향 변환기 블럭도

전력 증폭기에 중심주파수 825MHz, 간격 1.25MHz인 2-tone 신호를 인가하여 추출된 주파수 하향 변환기의 IF 출력 주파수는 표 1과 같다.

표 1. 증폭기 출력의 혼변조 성분 주파수 혼합에 의한 IF 출력 주파수 (단위 : MHz)

LO \ RF	L5 _{th}	L3 _{th}	f1	f2	R3 _{th}	R5 _{th}
L5 _{th}	-	1.25	2.5	3.75	5	6.25
L3 _{th}	-1.25	-	1.25	2.5	3.75	5
f1	-2.5	-1.25	-	1.25	2.5	3.75
f2	-3.75	-2.5	-1.25	-	1.25	2.5
R3 _{th}	-5	-3.75	-2.5	-1.25	-	1.25
R5 _{th}	-6.25	-5	-3.75	-2.5	-1.25	-

여기서, L은 왼쪽, R은 오른쪽을 의미하며, 전력 증폭기의 혼변조 신호의 크기를 감안하여 7차까지만 고려하였다. 이와 같이 추출된 주파수 혼합기의 출력 주파수를 표 2에 제시하였는데 크기는 각 성분들의 전력의 합으로 나타나게 된다.

예를 들어 주파수 혼합기의 출력 주파수 중 1.25MHz(L5_{th}-L7_{th})는 주파수 하향 변환기의 RF 단자에 인가된 L5_{th}와 LO단자에 인가된 L7_{th} 신호를 나타낸다.

표 2. 추출된 주파수의 혼합 내용

IF	각 IF 주파수들의 출력 요인
DC	L7 _{th} -L7 _{th} , L5 _{th} -L5 _{th} , L3 _{th} -L3 _{th} , f1-f1, f2-f2, R3 _{th} -R3 _{th} , R5 _{th} -R5 _{th} , R7 _{th} -R7 _{th}
1.25	L5 _{th} -L7 _{th} , L3 _{th} -L5 _{th} , f1-L3 _{th} , f2-f1, R3 _{th} -f2, R5 _{th} -R3 _{th} , R7 _{th} -R5 _{th}
2.5	L3 _{th} -L7 _{th} , f1-L5 _{th} , f2-L3 _{th} , R3 _{th} -f1, R5 _{th} -f2, R7 _{th} -R3 _{th}
3.75	f1-L7 _{th} , f2-L5 _{th} , R3 _{th} -L3 _{th} , R5 _{th} -f1, R7 _{th} -f2
5	f2-L7 _{th} , R3 _{th} -L5 _{th} , R5 _{th} -L3 _{th} , 7 _{th} -f1
6.25	R3 _{th} -L7 _{th} , R5 _{th} -L5 _{th} , R7 _{th} -L3 _{th}
7.5	R5 _{th} -L7 _{th} , R7 _{th} -L5 _{th}
8.75	R7 _{th} -L7 _{th}

표 1, 2에 제시된 바와 같이 IF출력은 전력 증폭기의 입력 주파수 간격인 1.25MHz의 정수배인데 그 중 1.25MHz, 2.5MHz, 3.75MHz, 5MHz 성분의 크기는 fundamental 성분과 혼변조 성분의 혼합 성분을 포함하게 되고 6.25MHz, 7.5MHz, 8.75MHz는 RF입력의 3차, 5차, 7차 혼변조 신호와 LO 입력의 3차, 5차 7차 혼변조 신호간의 혼합 결과로서 이 주파수들의 크기 변화를 통해 전력 증폭기의 혼변조 성분 크기변화를 추측할 수 있다. 우리가 관심 있는 부분은 3차, 5차, 7차 혼변조 신호의 크기이므로 fundamental 성분이 포함된 신호를 제외하면 6.25MHz, 7.5MHz, 8.75MHz 중 하나를 통해 혼변조 성분의 크기를 알 수 있지만 7.5MHz, 8.75MHz는 RF의 5차, 7차 혼변조 신호와 LO의 5차, 7차 혼변조 신호의 차를 나타내는 성분으로서 그 크기가 6.25MHz에 비해 상대적으로 작기 때문에 본 논문에서는 6.25MHz만을 추출하여 사용하였다.

III. 실험 및 결과

그림 2에 실험 회로의 구성을 나타내었다. 전력 증폭기는 Motorola사의 MHL-9236과 MRF-9045로 구성하였으며, 상온에서 약 3W의 출력을 가지면서 3차 및 5차 혼변조 신호의 크기가 최소가 되도록 게이트 바이어스 전압을 조정하였다.

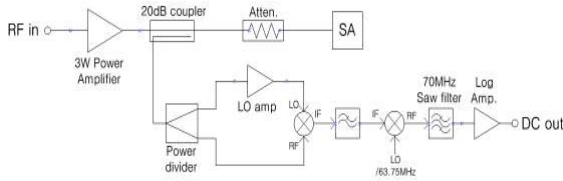


그림 2. 실험 회로의 구성

그림 2와 같이 입력을 인가하고 전력 증폭기의 출력 신호를 20dB 방향성결합기를 거쳐 3dB 전력 분배기로 분배한 후 주파수 하향 변환기의 두 입력으로 이용하였다. 이때 LO 신호의 크기는 RF 신호 하향 변환 손실에 직접적 영향을 미치므로 AG604를 이용하여 17dBm 정도의 크기를 갖도록 하였다.

이렇게 구성된 회로의 첫 번째 주파수 변환기에 의해 생성되는 여러 IF 주파수 중 6.25MHz만을 추출하기 위해 두 번째 주파수 변환기의 LO에 63.75MHz를 인가하고 통과대역 중심 주파수가 70MHz인 SAW filter를 이용하였으며, 이렇게 추출한 신호를 Log amp를 이용하여 DC전압으로 변환하였다.

대부분의 전력 증폭기가 게이트 바이어스 조절을 통해 온도의 변화에 따른 혼변조 성분의 크기 변화를 조절해 주고 있으므로, 본 논문에서도 전력 증폭기의 게이트 바이어스 전압을 조절하여 혼변조 성분의 크기를 조절하였으며, 상온에서 게이트 바이어스 전압의 변화에 따른 fundamental 신호의 크기 변화와 3차 5차 혼변조 신호의 크기 변화를 그림 3에 나타내었다. 게이트 바이어스 전압을 3.6V~3.9V 사이에서 변화 시킨 결과 그림 3에 나타난 바와 같이 3차 혼변조 신호는 -26.4~+2.15dBm, 5차 혼변조 신호는 -34.2~-12.89dBm의 변화를 보였으며, 이때 검출된 DC 전압은 그림 4에 제시된 바와 같이 혼변조 신호의 크기에 따라 +0.72~+0.90V의 변화를 보였다.

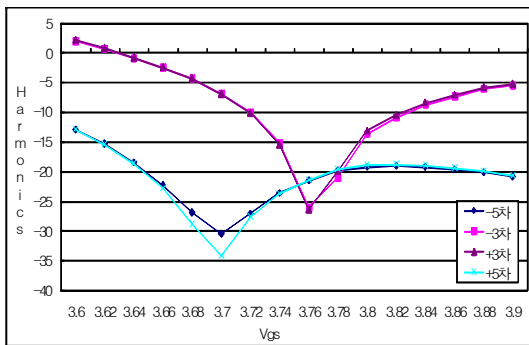


그림 3. 상온에서 게이트 바이어스 전압에 따른 신호들의 크기 변화

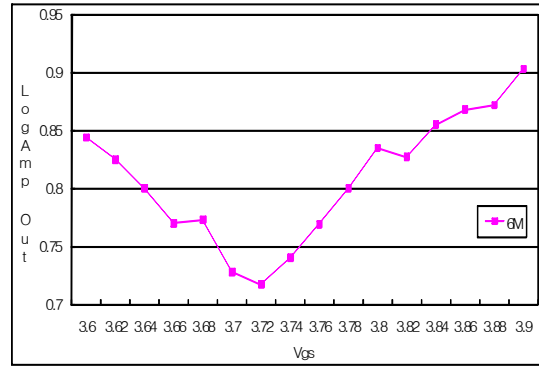


그림 4. 게이트 바이어스 전압 변화에 따른 IF 신호 크기 및 DC 레벨의 변화

IV. 결 론

본 논문에서는 주파수 하향 변환기를 이용하여 전력증폭기의 혼변조 성분 검출기를 설계하였다. 2개의 주파수 변환기를 이용하여 혼변조 신호가 혼합된 6.25MHz의 신호를 추출하고, Log Amp를 통해 DC 전압으로 변환하였는데, 전력 증폭기 출력의 혼변조 신호 크기의 변화와 DC로 변환된 전압의 변화가 서로 일치함으로써 설계한 회로가 혼변조 성분 검출기로써 이용될 수 있음을 보였다.

앞으로 본 논문의 방법을 이용하여 3차 혼변조 신호의 크기 변화를 DC 전압으로 추출하면 3차 혼변조의 크기가 규격을 만족하는 작은 값을 유지하도록 해주는 전압의 범위를 정할 수 있다. 추출된 전압이 그 범위를 벗어나지 않도록 게이트 바이어스 전압을 마이크로프로세서를 이용하여 조절하면 각 온도마다 규격 내의 특성이 유지되는 게이트 전압을 측정할 필요가 없고, TR의 특성이 조금 달라도 상관없이 혼변조 특성이 규격 내에서 유지되도록 할 수 있다.

또한, 전력 증폭기의 선형화 기법에도 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

- [1] Peter B. Kenington, "High-Linearity RF Amplifier Design"
- [2] Nick Pothecary, "Feedforward Linear Power Amplifiers"
- [3] 조속희, "DCS 용 9-FA 선형전력증폭기의 선형화를 위한 Predistorter의 설계", 금오공과대학교 석사학위논문