온도보상 및 선형화된 전력검출기에 관한 연구

A Study on the Temperature Compensated and Linearized Power Detector

김희태 · 오재석* · 박의준 · 이영순 · 김병철

Hee-Tae Kim · Jae-Seok Oh* · Eui-Joon Park · Young-Soon Lee · Byung-Chul Kim

요 약

본 논문에서는 다이오드의 비선형 특성을 선형화하고 온도에 따른 특성 변화를 보상하는 방법에 대해 연구하였다. 입력전력에 대한 다이오드의 비선형성을 선형화하기 위해 Square root 회로를 사용하였으며, 온도에 따른 다이오드의 특성변화를 보상하기 위해서는 2개의 동일한 다이오드와 기준전위를 가변시킬 수 있는 OP-Amp를 사용하였다. 그 결과로써, (Square root회로와 온도보상회로를 이용하여) 설계된 다이오드 전력 검출기는 입력전력이 −6 dBm보다 큰 경우에 0.23±0.025 V/dBm의 비율로 선형적으로 출력전력을 검출하였으며, 상온에서 80 ℃까지의 온도변화에 대해 출력전압의 변화없이 안정적으로 동작하였다.

Abstract

In this paper, the method to linearize the non-linearity of diode and to compensate the characteristics change of diode with the temperature is studied. Square root circuit is used to linearize the non-linearity of diode about the input power, and two identical diodes and OP-Amps which have variable reference are used to compensate the characteristic change of diode with the temperature. As the result, designed diode power detector (with the square root circuit and temperature compensation circuit) can detect the output power linearly with the 0.23± 0.025V/dBm rate in the case the input power is greater than −6 dBm, and the designed circuit operates stably with no variation in the output data about the temperature change from the room temperature to 80℃.

Ⅰ. 서 론

이동통신 시스템의 기지국이나 중계기의 장비 중 고주파 전력증폭기는 신호를 전송하기 전에 그 신호를 증폭하는 모듈로 통화품질에 결정적인 영향을 미치며, 전체 시스템의 효율을 결정짓는 모듈이다. 전력검출기는 이러한 전력 증폭기의 출력전력을 검출하여 ALC, AGC 회로의 가변감쇠기, 전력이나 VSWR의 Alarm 회로 등에 직류전압을 공급하는 역할을 하는데, 현재 회로가 간단하고 가격이 저렴한 Schottky 다이오드나 Log amp 등이 많이 사용되고 있다. Log amp를 이용하여 검출기를 제작할 경우에는 다이오드를 이용한 검출기와는 달리 주파수에 따라 온도특성이 변화하는 모양이 다르므로 넓은 주파수 대역에서 온도보상을 하기가 어려우며, 주변의 간섭에 영향을 많이 받으므로 Shielding을 확실하게 해 주어야 하는 불편함이 있다. 이에 비해 다이오드 검출기는 다이오드의 비선형특성 때문에 입

금오공과대학교 전자공학부(School of Electronic Eng., Kumoh National University of Tech.)
*구미기능대학 정보통신과(Dept. of Information & Communication Sys., Kumi Polytechnic College)
· 논 문 번 호 : 20000630-074
· 수정완료일자 : 2000년 8월 21일

력레벨에 대한 출력전압을 예측할 수가 없다[1]~[3]. 그러므로 다이오드 검출기의 출력전압을 선형화한다면, 검출된 전압으로부터 RF 전력 레벨을 충분히 예측할 수 있고 ALC, AGC 회로에 사용되는 가변 감쇠기 등의 제어가 좀더 용이해질 것이다. 본 논문에서는 다이오드의 비선형적 특성에 대해 역의 특성을 나타내는 Square root 회로를 이용하여 출력전압을 선형화할 뿐만 아니라 온도에 따라 변화하는 다이오드의 출력특성도 특성이 같은 두 개의 다이오드와 기준전위를 가변시킬 수 있는 OP-Amp를 이용하여 온도 보상을 함으로써 온도 변화에 무관하게 선형적인 출력 전압을 얻을 수 있는 다이오드 검출기를 설계하고자 한다[4],[5].

Ⅱ. 온도보상 및 선형화 되어진 다이오드 검출기의 설계

현재 고출력 전력 증폭기에서 주로 사용되어지고 있는 다이오드 검출기를 그림 1에 나타내었다. 그림 1 입력 단의 Capacitor는 정합을 위한 소자이고, 다음 단의 Schottky 다이오드에서는 검출한 전력에 따라 정류된 전류의 값이 바뀌게 되는데 이를 전압으로 바꾸기 위한 Load를 다음 단에 달았다. 이 Load에 걸린 전압은 OP-Amp를 이용한 Buffer에 입력이 되고 다음 OP-Amp에서 증폭이 된다.

그림 2에는 다이오드 검출기의 출력특성을 나타내었는데, 그림 2와 같이 비선형적으로 검출되는 전압을 선형화하기 위해 본 논문에서는 그림 3에 제시된 Square root 회로를 이용하였다. 그림 3에서 쓰인

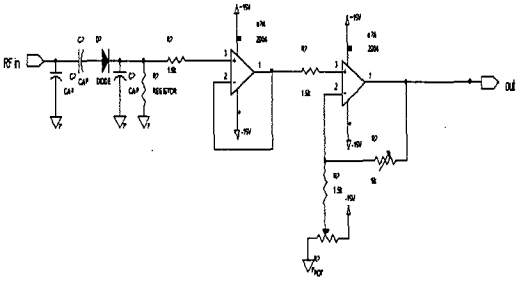


그림 1. 온도보상 및 선형화회로가 없는 전력 검출기
Fig. 1. Power detector without temperature compensation and linearization circuit.

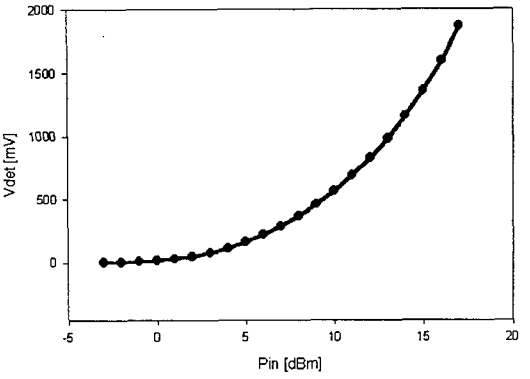


그림 2. 그림 1 회로의 출력 특성
Fig. 2. The output characteristics of circuit in Fig. 1.

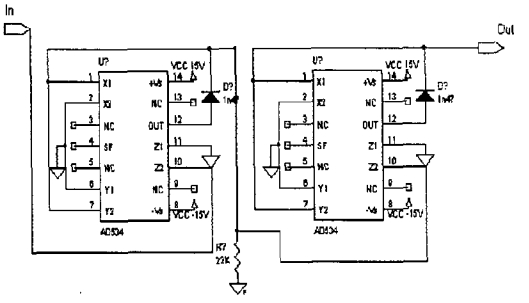


그림 3. Square root 회로
Fig. 3. Square root circuit.

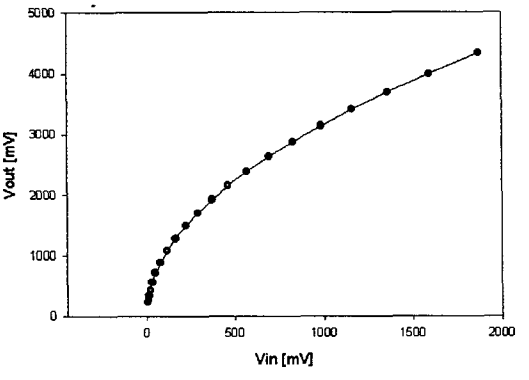


그림 4. Square root 회로의 출력특성
Fig. 4. The output characteristics of square root circuit.

IC는 AD 사의 제곱 및 나누기 회로로써 Square root 특성도 만들 수 있다. Square root 특성을 갖도록 사용할 경우 출력전압은 식 (1)과 같이 표현되고 Z_1

과 X_2를 접지시키면 식 (2)와 같이 표현된다.

$$V_{out} = \sqrt{10V \times (Z_2 - Z_1)} + X_2 \quad (1)$$

$$V_{out} = \sqrt{10V \times Z_2} \quad (2)$$

따라서 다이오드의 출력전압을 근사적으로 Square 함수라고 본다면 Square root 회로를 통과하면 일차함수가 될 것이다.

Square root 회로의 출력 특성을 그림 4에 제시하였고, Square root 회로 두 개를 캐스캐이드로 연결한 회로의 출력특성을 그림 5에 나타내었다.

Square root 회로를 한 개만 사용했을 경우의 검

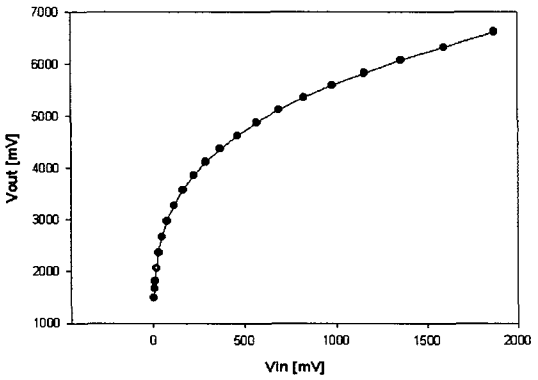


그림 5. 캐스캐이드 연결된 Square root 회로의 출력 특성

Fig. 5. The output characteristics of cascaded square root circuits.

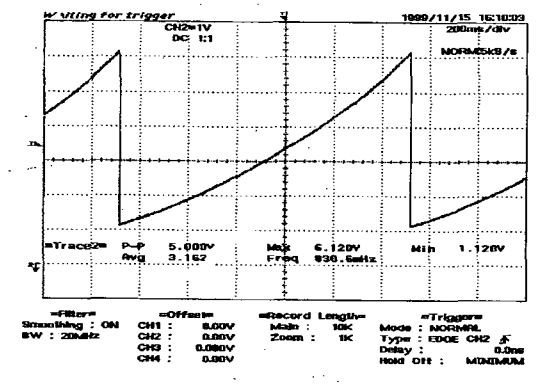


그림 6. Square root 회로 한 개만 연결했을 때의 검출기 출력특성

Fig. 6. The output characteristics of detector with one square root circuit.

출회로 출력특성을 그림 6에 나타내었는데 선형화가 덜 되는 것을 알 수 있다. 따라서 본 논문에서 설계한 선형화 회로에는 두 개의 Square root 회로를 캐스캐이드로 연결하여 사용하였다.

선형적인 특성을 갖도록 설계된 다이오드 검출기도 온도보상이 되지 않은 상태에서는 주변 온도가 상온에서 80℃ 정도로 변하면 상온에서의 출력전압보다 80℃에서의 출력전압이 0.4~0.5 V 정도 높게 변한다. 이와 같은 온도변화에 따른 출력의 변화를 보상하기 위하여 특성이 동일한 두 개의 다이오드를 사용하였는데 두 다이오드의 온도변화 기울기를 맞추기 위한 회로와 그 회로의 시뮬레이션 결과를 각각 그림 7과 그림 8에 나타내었다. 그림 7의 회로에서 D1이 온도 보상용 다이오드이고, D2가 RF 전력 검출용 다이오드인데, 동일한 두 개의 다이오드

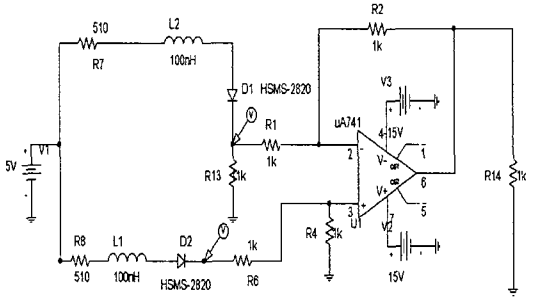


그림 7. 두 다이오드의 온도변화 기울기를 맞추기 위한 회로

Fig. 7. Circuit for matching the slopes of change about the temperature for two diodes.

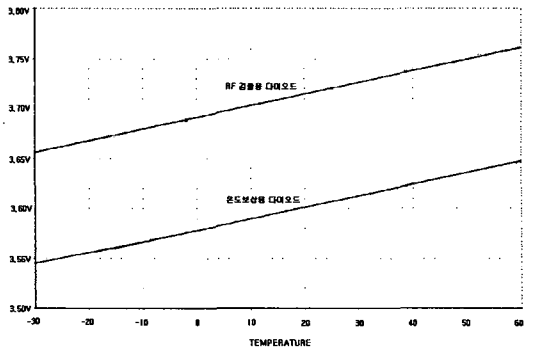


그림 8. 그림 7 회로의 Simulation 결과

Fig. 8. The simulation result of the circuit in Fig. 7.

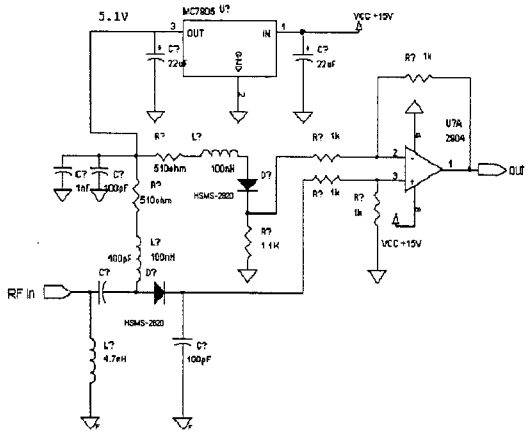


그림 9. 온도보상이 된 다이오드 검출기

Fig. 9. Temperature compensated diode detector.

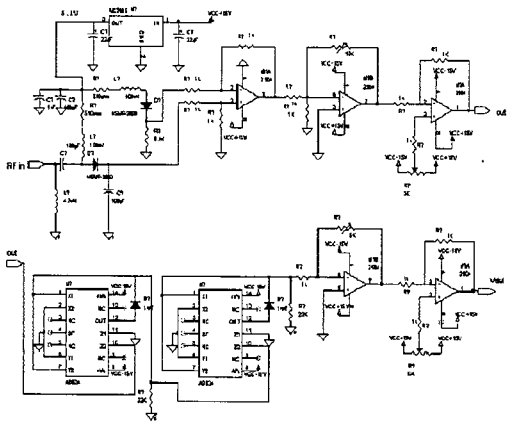


그림 10. 설계된 온도보상형 선형전력검출기

Fig. 10. Designed temperature compensated linear power detector.

를 사용함으로써 온도에 따라 변화하는 모양이 똑같도록 하였다. 두 다이오드의 온도에 대한 변화가 동일하지 않은 경우 그 기울기를 맞춰줄 수 있도록 R13을 사용했고 그 차를 증폭하기 위한 OP-Amp 를 사용했는데, 그림 8의 시뮬레이션된 결과처럼 두 개의 다이오드가 온도변화에 대해 출력전압의 기울기가 동일하게 변화하도록 맞추어 준다면, RF 검출용 다이오드의 출력전압은 온도 보상용으로 사용된 다이오드의 출력보다 RF 신호를 검출한 만큼의 더 큰 전압을 가지게 되고, 두 다이오드의 출력이 온도변화에 대해 일정하게 변화하므로 두 다이오드의 차 전압도 온도의 변화와 무관하게 일정한 값으로 나오게 된다. 온도보상이 된 다이오드 검출기 회로를 그림 9에 제시하였다.

Ⅲ. 온도보상형 선형 전력검출기의 제작 및 실험

본 논문에서 제시한 선형화회로와 온도보상 회로를 적용한 온도보상형 선형 전력검출기 회로와 그 출력특성을 그림 10과 그림 11에 나타내었으며, 설계된 전력검출기의 Layout은 그림 13에 나타내었다. 그림 10에 제시된 회로의 온도보상용과 RF검출용 모두 HP사의 HSMS-2820 Schottky 다이오드를 사용하였고, 검출된 전압의 선형화를 위해서는 AD사의 AD534 analog multiplier가 Square root mode로 사용되었다. 제작된 회로의 출력특성은 그림 11에

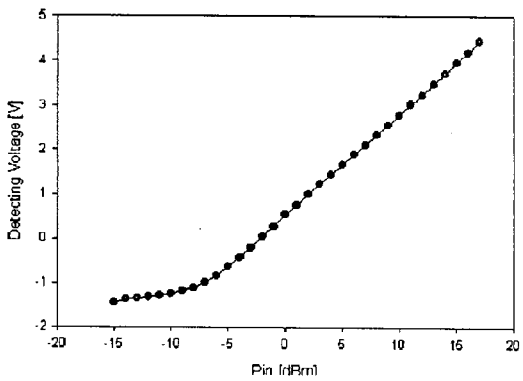


그림 11. 설계된 전력검출기의 출력특성

Fig. 11. The output characteristic of designed power detector.

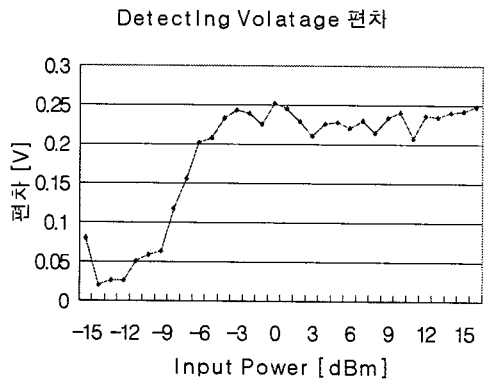


그림 12. 검출된 전압의 편차

Fig. 12. Deviation of detecting voltage.

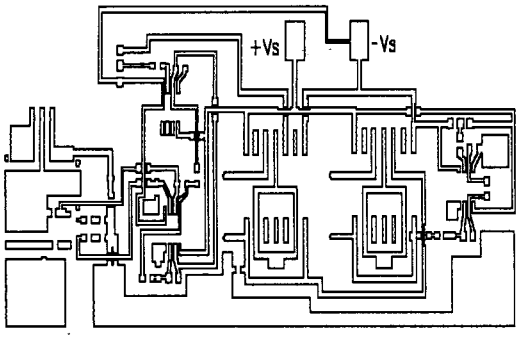


그림 13. 설계된 전력검출기의 Layout

Fig. 13. Layout of designed power detector.

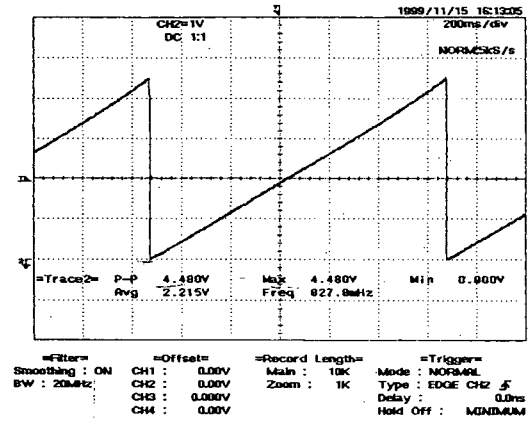


그림 14. 상온에서 측정한 전력검출기의 출력특성

Fig. 14. The output characteristics of power detector at room temperature.

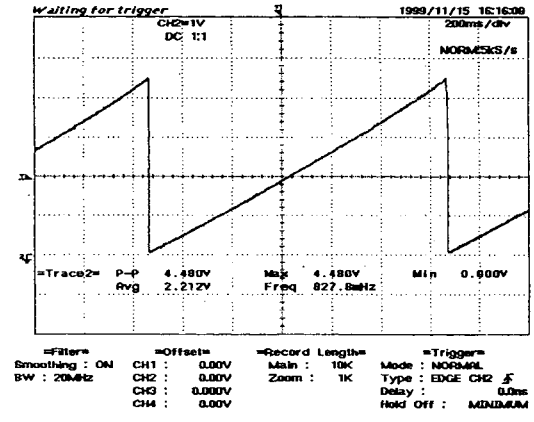


그림 15. 80℃에서의 출력특성

Fig. 15. The output characteristics at 80℃.

제시된 바와 같이 입력전력이 −6 dBm 이상이면 출력전압이 입력전력 1dBm당 0.23V씩 선형적으로 변화하였고, 선형화 동작범위 내에서 검출되는 전압의 편차는 그림 12에 제시된 바와 같이 0.05V 내에 들어감을 알 수 있었다.

그림 14에 Anritsu사의 MG3642A Signal generator를 사용하여 주파수가 880MHz인 입력전력을 −3dBm부터 17dBm까지 변화시키면서 상온에서 측정한 전력검출기의 출력특성을 제시하였으며 그림 15에는 80℃에서의 출력특성을 나타내었다.

Ⅳ. 결 론

본 논문에서 제시된 방법으로 설계·제작된 전력검출기는 주파수가 880 MHz이고 크기가 −3dBm ~17dBm인 입력에 대해 1 dBm당 출력전압이 0.23 V로 선형적으로 변화하므로 입력레벨에 대한 출력레벨의 예측이 용이하였고, Chamber가 없는 관계로 Heat Gun을 이용하여 상온에서 80℃까지만 측정하였지만 측정한 범위내의 온도변화에 대해서는 안정적인 출력을 얻을 수 있었다. 본 논문에서 제시한 전력검출회로는 주파수에 따라 변하는 다이오드의 임피던스에 대한 정합을 해준다면 2GHz까지는 사용하는데 아무 문제가 없다고 판단된다. 따라서 본 논문에서 제시된 온도보상형 선형 전력검출기를 사용한다면 DCS나 PCS용 전력증폭기의 ALC, AGC, Predistorter 등을 제어하기 위한 회로에 안정적인 전압을 공급할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

[1] Stephen A. Maas, "*The RF and Microwave Circuit Design Cookbok*", pp. 159-167, 1998

[2] Adel S. Sedra , Kenneth C. Smith, "*Microelectronic Circuits*", Saunders College Publishing, pp. 119-140, Jan., 1996

[3] Rovert V. Garver *Microwave Diode Control Device*, pp. 103-116, 1978

[4] Hiroyuki Inokuchi, Mitaka "Power control device wherein a bias voltage in level detection is given a constant difference from a detected

voltage", U. S. Patent.
[5] Thomas J. Walczak, Palantine, Richard M. Stone, Schaumburg, Gary M. Cristiano "Temperature compensated automatic output control circuitry for RF signal power amplifier with wide dynamic range", U. S. Patent.

김 희 태

1999년 2월: 금오공과대학교 전자통신공학과(공학사)
1999년 3월~현재: 금오공과대학교 전자통신공학과(석사과정)
[주 관심분야] 마이크로파 회로설계

오 재 석

1990년 2월: 금오공과대학교 전자공학과(공학사)
1992년 2월: 금오공과대학교 전자공학과(공학석사)
1997년~현재: 금오공과대학교 전자공학과(박사과정)
1992년~1996년 4월: LG정밀 주임연구원
1996년 5월~현재 : 구미기능대학 정보통신과 조교수
[주 관심분야] 초고주파 회로설계, 초고주파 통신 부품 설계 및 개발

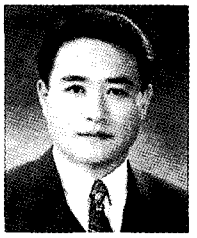
박 의 준

1983년 2월: 동아대학교 전자공학과(공학사)
1986년 9월: 고려대학교 전자공학과(공학석사)
1990년 2월: 고려대학교 전자공학과(공학박사)
1990년~현재: 금오공과대학교 전자공학부 교수
[주 관심분야] 전자장 이론 및 안테나, 마이크로파 전송선로 및 회로설계

이 영 순

1979년 2월: 경북대학교 전자공학과(공학사)
1982년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
1996년 2월: 경북대학교 전자공학과(공학박사)
1982년~현재: 금오공과대학교 전자공학부 교수
[주 관심분야] 전자장 수치 해석, 도파관 불연속 문제, 전자파의 개구결합문제

김 병 철



1980년 2월: 서강대학교 전자공학과(공학사)
1982년 2월: 서강대학교 전자공학과(공학석사)
1991년 8월: 서강대학교 전자공학과(공학박사)
1982년~현재: 금오공과대학교 전자공학부 교수
[주 관심분야] 마이크로파 회로설계