

# 펄스 폭 가변을 이용한 X-대역 고효율 60 W 전력 증폭 모듈 설계

## Design of X-Band High Efficiency 60 W SSPA Module with Pulse Width Variation

김민수 · 구응서\* · 이영철

Min-Soo Kim · Ryung-Seo Koo\* · Young-Chul Rhee

### 요약

본 논문에서는 반도체형 전력 증폭기의 바이어스를 개선하기 위하여 순차 제어 회로와 펄스 폭 가변 회로를 적용한 X-대역 60 W 고효율 전력 증폭 모듈을 설계하였다. 순차 제어 회로는 전력 증폭 모듈을 구성하는 각 증폭단의 GaAs FET의 드레인 전원을 순차적으로 스위칭하도록 회로를 구성하였다. 드레인 바이어스 전원의 펄스 폭을 RF 입력 신호의 펄스 폭보다 넓게 하여 전력 증폭 모듈의 입력 신호가 있을 때만 스위칭 회로를 순차적으로 구동시킴으로써 전력 증폭 모듈의 열화에 따른 출력 신호의 왜곡과 효율을 향상시킬 수 있다. 60 W 전력 증폭 모듈은 고효율 GaAs FET를 이용하여 전치 증폭단, 구동 증폭단과 주전력 증폭단으로 구성하였으며, 주전력 증폭단은 전력결합기를 이용한 평형증폭기 구조로 구현하였다. 설계된 전력 증폭 모듈은 9.2~9.6 GHz에서 듀티사이클 10 %로 동작시켰을 때 50 dB의 전력 이득, 펄스 주기 1 msec, 펄스 폭 100 us, 출력 전력 60 W에서 동작함에 따라 펄스-SSPA 형태로 반도체 펄스 압축 레이더 등에 적용할 수 있다.

### Abstract

In this paper, X-band 60 W Solid-State Power Amplifier with sequential control circuit and pulse width variation circuit for improve bias of SSPA module was desinged. The sequential control circuit operate in regular sequence drain bias switchoing of GaAs FET. The distortion and efficiency of output signals due to SSPA nonlinear degradation is increased by making operate in regular sequence the drain bias wider than that of RF input signals pulse width if only input signal using pulsed width variation. The GaAs FETs are used for the 60 W SSPA module which is consists of 3-stage modules, pre-amplifier stage, driver-amplifier stage and main-power amplifier stage. The main power amplifier stage is implemented with the power combiner, as a balanced amplifier structure, to obtain the power greater than 60 W. The designed SSPA modules has 50 dB gain, pulse period 1 msec, pulse width 100 us, 10 % duty cycle and 60 watts output power in the frequency range of 9.2~9.6 GHz and it can be applied to solid-state pulse compression radar using pulse SSPA.

Key words : Pulsed SSPA, X-band, Radar System, VEPG, High Efficiency

「본 논문은 교육과학기술부와 한국연구재단의 지역혁신인력양성사업으로 수행된 연구 결과임」

경남대학교 정보통신공학과(Department of Information & Communication Engineering, Kyungnam University)

\*국방기술품질원(Defense Agency for Technology and Quality)

· Manuscript received 2012 July 26, 2012 ; Revised August 27, 2012 ; Accepted August 30, 2012. (ID No. 20120726-04S)

· Corresponding Author : Young-Chul Rhee (e-mail : micropt@kyungnam.ac.kr)

## I. 서론

표적 탐지, 추적, 유도 기능 등 현대 레이더 시스템은 여러 가지 기능을 하나의 레이더로 구현 가능하며, 레이더 시스템에 사용된 펄스 전력 증폭기는 듀티사이클이 1% 미만으로 원거리 탐지를 위해서는 수 kW급 큰 출력이 요구되어 마그네트론, 클라이스트론, TWT와 같은 진공관을 이용하였다<sup>[1]</sup>. 그러나 마그네트론과 같은 진공관 형태의 증폭기는 큰 출력을 낼 수 있으나, 크기가 크고, 효율성과 신뢰성이 낮다는 단점이 있다<sup>[2]</sup>.

진공관을 대체시키기 위하여 반도체 전력 증폭기(SSPA: Solid-State Power Amplifier) 모듈의 개발은 1980년대 이후 계속적으로 연구 발전되어 초고주파 영역에 적용되는 GaAs, GaN과 같은 초고주파 화합물 반도체가 개발되었다<sup>[3]</sup>. 초고주파 화합물 반도체는 진공관 소자보다 선형 특성이 우수하고 상호변조(intermodulation) 및 고조파 왜곡 현상이 적으므로, 반도체 레이더 시스템에 적용할 수 있는 연구가 활발히 진행되어 왔다<sup>[4],[5]</sup>.

이러한 화합물 반도체 소자를 이용하였을 경우 장점인 평균 무고장 시간(MTBT: Mean Time Between Failure)이 50,000시간으로 3,000시간의 마그네트론보다 길고, 주파수 가변성의 경우, 진공관은 10~20%인 반면 반도체 소자는 50% 정도로 좋다. 또한 저 전압 전원 공급이 가능할 뿐만 아니라, 레이더 신호처리 과정에서도 DSP 및 FPGA의 적용으로 디지털화가 가능하다<sup>[6],[7]</sup>. 출력의 경우, 수 kW급의 진공관에 비하여 수 W급의 소출력을 내는 반도체 증폭 모듈은 여러 개의 반도체 증폭 모듈을 다양한 직병렬 구조(CSA: Corporate Structured Amplifier)로 연계하고, 펄스 압축(pulse compression) 방식을 적용함으로써 수 kW급의 고출력이 가능함에 따라 반도체 증폭 모듈을 적용한 펄스 압축 레이더에 적용할 수 있다<sup>[8]-[10]</sup>.

그림 1은 펄스 압축방식에 대한 개념을 보여주고 있다. 진공관의 경우, 목표물을 탐지, 추적하는 데 필요한 펄스 폭과 최대 전력이 각각  $T_1$ ,  $P_1$ 이면, 필요한 에너지는  $E_1 = P_1 \times T_1$ 이다. 반도체 소자는  $P_2$ 의 전력으로  $E_1$ 과 동일한 에너지량  $E_2$ 를 만족시키기 위해  $T_2$  시간 동안 펄스 폭을 확장하여 전송하고, 수신된 신

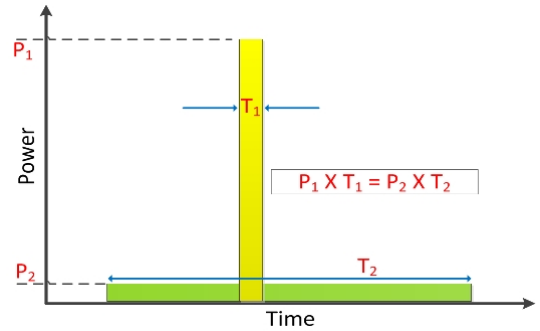


그림 1. 펄스 압축의 개념

Fig. 1. The concept of pulse compression.

호는 펄스 압축 알고리즘을 이용하여 다시 펄스를 복원함으로써 소출력의 반도체 증폭 모듈로도 kW급의 고출력 효과를 낼 수 있다<sup>[2]</sup>. 펄스 압축 알고리즘은 본 논문에서 취급하지 않았다. 이러한 반도체 증폭 모듈을 펄스 압축 레이더에 적용하기 위하여 펄스로 동작하는 전력 증폭 모듈의 안정된 동작 특성이 요구되며, 입사되는 펄스 신호에 대하여 신호 왜곡 없이 증폭할 수 있도록 증폭기의 비선형 열화 특성을 안정화 시켜야 한다.

본 논문에서는 반도체 펄스 압축 레이더 시스템에 적용시키기 위하여 전력 증폭 모듈(SSPA)의 열화 현상을 전력 증폭 소자의 드레인 바이어스 전원 펄스 폭을 가변시키고, 순차적으로 동작시킴으로써 전력 증폭 모듈의 안정화에 따른 신호 왜곡과 효율 문제를 해결하고자 한다. 바이어스 전원을 VEPG(Variable Extention Pulse Generator) 회로를 이용하여 펄스 폭을 가변시키고 순차적으로 전력 증폭 모듈을 동작시키는 60 W 전력 증폭 모듈을 설계하였으며, SSPA의 출력 효율 향상을 위해 AB급 바이어스에 VEPG 회로, 드레인 스위칭 회로, 순차 회로로 구성된 TR 제어 회로를 적용하였다. 기존 진공관을 이용한 아날로그 방식에 비해 분해능과 효율이 높고 전체 레이더 시스템 소형화에도 용이하므로 향후 소프트웨어 기반 고해상도 광대역 다기능 레이더 등 디지털 레이더 시스템이 가능하다<sup>[11],[12]</sup>.

## II. X-대역 고효율 60 W 전력 증폭 모듈 설계

### 2-1 전력 증폭 모듈의 TR 제어 회로 설계

레이더 송신 신호는 짧은 듀티사이클을 갖는 펄

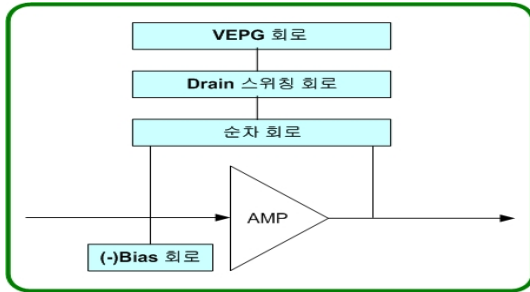


그림 2. 전력 증폭 모듈의 TR 제어 회로의 구성도  
Fig. 2. The TR control circuit block diagram of SSPA module.

스 신호이다. 전력 증폭 모듈의 드레인 바이어스 펄스 인가와 동시에 RF 입력 펄스 신호를 증폭시키면 드레인 바이어스 펄스의 상승/하강 시간(rising/falling time) 지연에 의한 왜곡이 발생하게 된다. 출력 신호의 왜곡을 없애기 위해서는 드레인 바이어스의 펄스 폭이 RF 입력 펄스 폭보다 넓어야 하며, 효과적으로 증폭하기 위해 각 증폭 모듈의 스위칭 제어와 순차 제어가 요구되므로 전력 증폭 모듈의 TR 제어 회로가 설계되어야 한다. 그림 2는 전력 증폭 모듈의 TR 제어 회로 구성도를 보여주고 있다. 레이더 제어 신호에 의하여 드레인 바이어스 펄스 신호가 VEPG 회로에 인가되면, VEPG 회로에서는 드레인 바이어스 펄스 폭을 증폭 소자에 입력되는 RF 입력 펄스보다 넓게 가변시켜 출력에서는 펄스 폭이 확장된 드레인 바이어스 펄스 신호를 생성한다. 출력된 신호는 드레인 바이어스 스위칭 회로와 순차 제어 회로(sequential control circuit)를 동작시킨다.

그림 3은 VEPG 회로의 구성도를 보여주고 있다. 그림 3에서 P1과 P2는 각각 VEPG 입/출력 포트이다. 레이더 시스템 제어에 따라 전력 증폭 모듈이 동작할 수 있도록 P3는 전력 증폭 모듈 구동 신호, P4는 펄스동작 신호로 구성하였다. 레이더 제어 신호에 의해 P1에 드레인 바이어스가 입력되면(①), 이 신호는 둘로 나뉘어 한 신호는 직접 XOR에 입력되고(②), 다른 신호는 딜레이 모듈을 거쳐(③) P4와 연산되어 마지막 AND에 입력된다(④). ④에 입력된 신호는 P3와 연산되어 P2를 통해 펄스 폭이 확장된 드레인 바이어스 펄스 신호를 생성한다.

그림 4는 VEPG의 동작을 시간에 따른 펄스 형태(time chart)로 보여주고 있다. (a)는 레이더 송신기 구

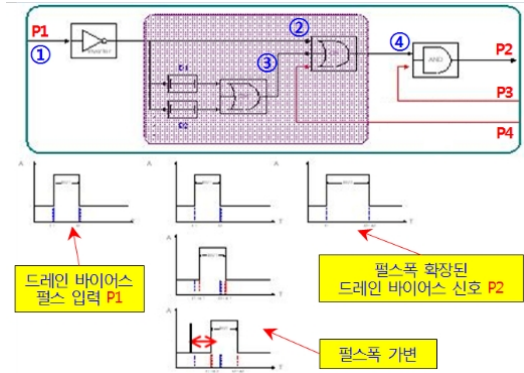


그림 3. VEPG 회로를 이용한 드레인 바이어스 펄스 폭 가변  
Fig. 3. The pulse width variation of drain bias using VEPG.

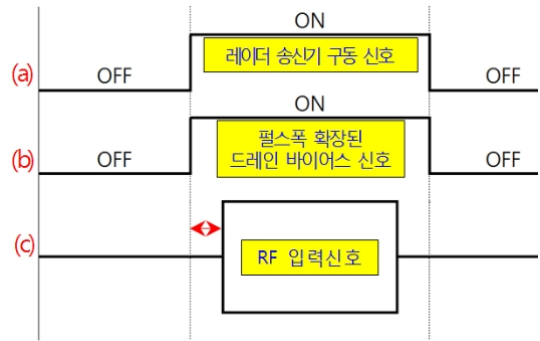


그림 4. VEPG 회로의 시간에 따른 펄스 형태  
Fig. 4. The time chart of VEPG.

동 신호, (b)는 VEPG에 의해 출력된 펄스 폭이 확장된 드레인 바이어스 신호, (c)는 증폭소자로 인가되는 RF 입력 펄스 신호이다. 펄스 폭이 확장된 드레인 바이어스 신호 동안 증폭소자로 들어온 RF 입력 신호가 안정적으로 증폭할 수 있음을 알 수 있다.

그림 5는 실제 제작된 VEPG의 측정 결과를 보여주고 있다. 입력 펄스 신호(위)가 그림 3에서의 VEPG 회로에서 P1에 입력된 신호이고, 펄스 폭이 확장된 드레인 바이어스 출력 신호(아래)가 P2이다. 딜레이 모듈 특성 제어에 따라 드레인 바이어스 펄스 폭을 최대 300 ns까지 확장시킬 수 있으며, 레이더 송신기 구동 신호와 동기를 맞추기 위해 200 ns 확장시켰다.

그림 6과 그림 7은 드레인 바이어스 스위칭 회로의 성능을 확인하기 위해 측정된 결과를 보여주고

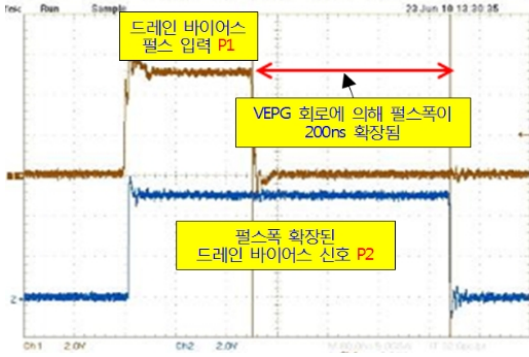


그림 5. VEPG 회로의 측정 결과  
Fig. 5. The measurement result of VEPG.

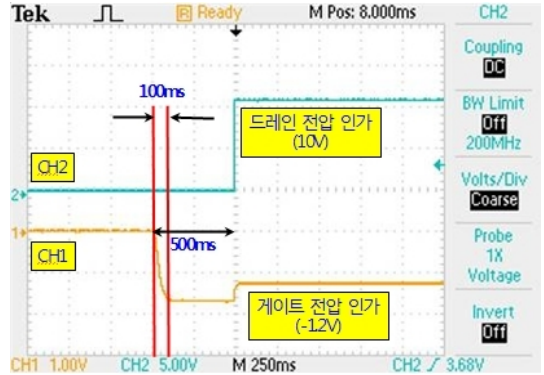


그림 8. 순차 회로의 측정 결과  
Fig. 8. The measurement result of sequential circuit.



그림 6. 드레인 스위칭 회로의 측정 결과(상승 시간)  
Fig. 6. The measurement result of drain switching circuit(rising time).

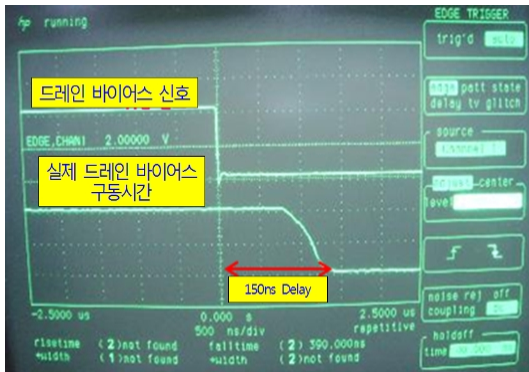


그림 7. 드레인 스위칭 회로의 측정 결과(하강 시간)  
Fig. 7. The measurement result of drain switching circuit(falling time).

있다. CW 신호를 입력하고 스위칭 제어 신호로 듀티사이클 10 %인 구형파를 입력하였을 때, 상승 시

간 50 ns, 하강 시간 150 ns의 동작 특성을 보였다.

X-대역 60 W 전력 증폭 모듈에 적용된 증폭소자들은 공핍형 구조의 GaAs 화합물 반도체로 전원 인가 시 반드시 게이트 전압이 안정적으로 인가된 후 드레인 전압이 인가되어야 하므로 순차 회로가 요구된다. 순차 회로 설계 시 충분한 지연 시간을 확보하기 위해 단순히 RC 충전회로로 구현한다면 상당히 큰 값의 커패시터가 필요하고, 공간적인 제약을 가져오므로 본 논문에서는 연산증폭기를 비교기로 사용하고 적은 용량의 커패시터, 그리고 저항을 이용하여 충분한 지연 시간을 조절할 수 있는 순차 회로를 설계하였다. 그림 8은 전력 증폭 모듈의 동작에 영향을 미치지 않는 한도 내에서 게이트 전압 인가하고, 시험 제어 회로를 통한 500 ms 지연 시간 이후에 드레인 전압을 인가한 것을 보여주고 있으며, 실제 100 ms의 지연 시간을 확보하였다.

### 2-2 X-대역 60 W 전력 증폭 모듈 설계

펄스 압축 레이더 송신부에 적용하기 위한 X-대역 60 W 전력 증폭단의 주요 설계 사양은 표 1과 같다.

이러한 사양을 만족할 수 있도록 그림 9와 같이 X-대역 고효율 60 W 전력 증폭 모듈을 구성하였고, 그림 10과 같이 각 증폭단과 아이솔레이터 등 능동, 수동소자 사이에 나타나는 전력 소모와 이득 관계(power link budget)를 설정하였다. 그림 9에서 40 dB 이상의 전력 이득을 얻기 위해 전치 증폭단, 구동 증폭단, 주전력 증폭단의 3단으로 구성하였으며, 전치 증폭단은 Eudyna社의 내부 정합된(Internally matched)



표 1. X-대역 60 W 전력 증폭단 설계 사양  
Table 1. Specifications of X-band 60 W SSPA module.

General specifications	
Frequency ranges	9.2~9.6 GHz
Saturated output power	+48 dBm Max.
Output power(P1 dB)	+47 dBm Min.
Gain	+40 dB Typ.
Gain flatness over 400 MHz	±1 dB max.
Gain variation	±1.5 dB
Input/output VSWR	1.5:1 max.
Harmonics at rated power	-50 dBc max.
Pulse width	100 μs
Duty cycle	10 %
PRF	10 kHz
Pulse droop	±0.5 dB
Fall/rise time	150 ns
Operating voltage(DC)	11 V <sub>dc</sub> , 3.8 A max. 28 V <sub>dc</sub> , 0.9 A max

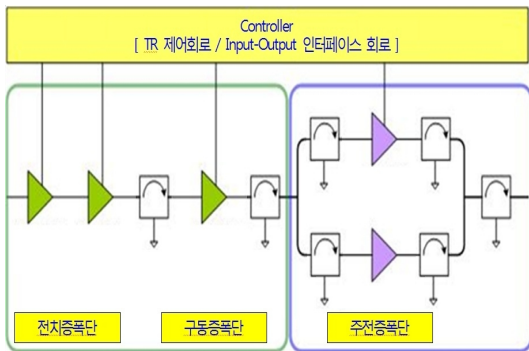


그림 9. X-대역 60 W 고효율 전력 증폭 모듈의 구성도  
Fig. 9. The block diagram of X-band 60 W high efficiency SSPA module.

2 W급 GaAs 소자(Gain=26 dB P1 dB=33 dBm)와 4 W급 GaAs 소자(Gain=7.5 dB/P1 dB=36 dBm)를 이용하여 36 dB 이상 되도록 하였다. 구동증폭단은 주전력 증폭단을 구동하는데 필요한 전력 42 dBm을 공급하기 위해 Eudyna社의 15 W급 GaAs 소자(Gain=7.5 dB/P1 dB=42 dBm)를 이용하여 설계를 하였다. 주전력 증폭단은 최종 출력 전력 47.8 dBm 이상을 얻기 위해서 Toshiba社의 30 W급 GaAs 소자(Gain=7 dB/P1 dB=45 dBm) 두 개를 평형증폭단 형태로 구성 하였다. 60 W 전력 증폭단의 각 증폭 모듈마다 아이

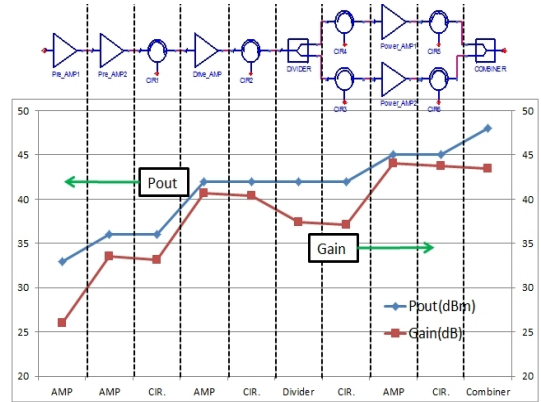


그림 10. X-대역 전력 증폭 모듈의 전력과 이득 관계  
Fig. 10. The link budget of X-band SSPA module.

슬레이터를 배치함으로써 VSWR과 격리도를 향상 시켰다.

### Ⅲ. X-대역 고효율 60 W 전력 증폭 모듈 구현 및 분석

그림 11은 실제 제작된 X-대역 고효율 60 W 전력 증폭 모듈의 내부 구조를 보여주고 있다. 레이더 시스템에서 주어진 전원은 28 V이고, 증폭 모듈에 이용되는 전원은 11 V이므로 레귤레이터를 이용하여 조절하였다. 전력 증폭 모듈의 바이어스 회로와 안정적인 전원 공급을 위해 레귤레이터와 대용량 전원공급기를 배치하였으며, 전력 증폭단의 각 증폭 소자로 입력되는 전압은 서로 분리된 전원 공급기를 사용하였다. 이는 펄스로 동작되어지므로 DC 전원이 공급될 때 인덕티브 성분을 최소화 시킨다.

그림 12는 제작한 X-대역 전력 증폭 모듈의 입력

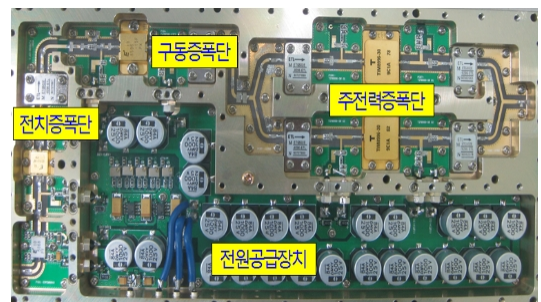


그림 11. 실제 구현한 60 W 전력 증폭 모듈  
Fig. 11. The implemented of 60 W SSPA module.

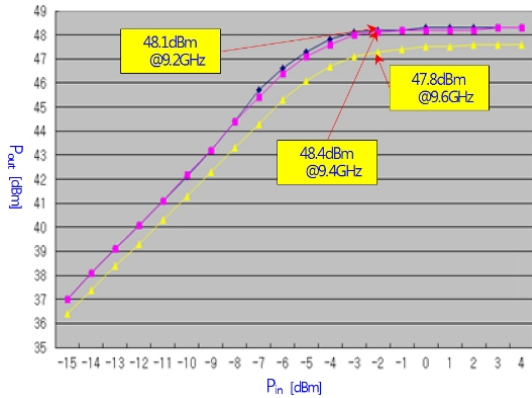


그림 12. 60 W 전력 증폭 모듈의 출력 특성  
Fig. 12. The output characteristic of 60 W SSPA module.



그림 14. X-대역 전력 증폭 모듈의 펄스 특성  
Fig. 14. The pulse characteristic of SSPA module.

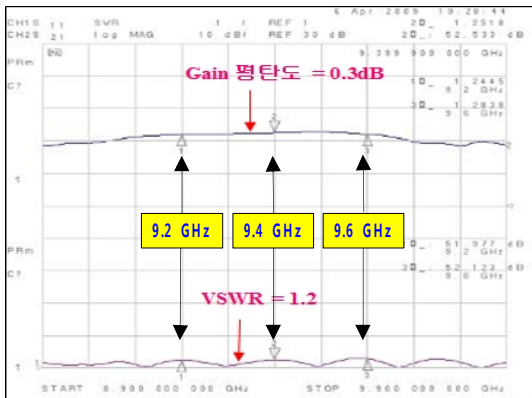


그림 13. X-대역 전력 증폭 모듈의 이득과 VSWR  
Fig. 13. The gain and VSWR of SSPA module.

에 대한 출력 특성 곡선을 보여주고 있다. 최대 출력은 47.8~48.4 dBm이며, 중심 주파수 9.4 GHz에서 48.4 dBm을 보여 60 W급 성능을 보였다. 그림 13은 설계된 X-대역 60 W 전력 증폭 모듈의 이득과 VSWR 특성을 나타낸 것으로 전력 이득은 51.9~52.5 dB, 이득 평탄도 0.5 dB 이내, VSWR은 1.24~1.28이하로 표 1에서 제시한 설계 사양을 충분히 만족함을 알 수 있다.

그림 14는 제작한 X-대역 60 W 전력 증폭 모듈의 펄스 폭 100 us에 따른 펄스 파형을 측정된 것을 보여주고 있다. 레이더를 통해 목표물을 정확히 탐지하기 위해서는 정확한 펄스 반복 주기뿐만 아니라 펄스 droop도 작아야 한다. 대용량 전원공급기를 통해 안정적인 전원을 공급하여 펄스 droop는 0.3 dB

표 2. 스위칭 제어 유/무에 따른 소모 전류 변화량  
Table 2. The result of current change due to switching control.

Input pulse		소모 전류			
		CLASS AB급		스위칭 제어	
Pulse width[us]	PRF [Hz]	11 V 전류[A]	28 V 전류[A]	11 V 전류[A]	28 V 전류[A]
5.33	3,000	5.96	0.33	0.32	0.13
10	3,000	6.03	0.4	0.45	0.22
20	1,500	6.04	0.41	0.44	0.21
33.33	1,000	6.1	0.45	0.47	0.24
46.67	100	5.69	0.3	0.18	0.05
53.33	600	6.1	0.42	0.44	0.22

정도 발생하므로 설계 사양을 만족함을 알 수 있다.

표 2는 일반적인 전력 증폭기의 바이어스인 AB급으로 동작할 때의 전력 증폭 모듈의 소모 전력과 드레인 바이어스 스위칭 제어가 있을 때의 소모 전력을 비교하였다. 듀티사이클이 10%일 때 펄스 폭 5.33 us, PRF 600 Hz일 때 소비 전력은 AB급의 경우, 11 V × 6 A=66 W이고, 28 V×0.42 A=11.76 W이므로 총 소비 전력은 77.76 W이다. 총 소비 전력에서 출력 60 W×듀티사이클 10%=6 W에 대한 효율은 7.7%이다. 동일한 조건에서 드레인 스위칭 제어가 있을 때의 경우는 11 V×0.4 A=4.4 W이고, 28 V×0.22 A=6.16 W이므로 총 소비 전력 10.56 W에서 출력 60 W×듀티사이클 10%=6 W에 대한 효율은 56.7%이다.

드레인 전원 스위칭 제어의 유/무에 따른 전류량 변화를 나타낸 것으로 드레인 바이어스 전원 스위칭 제어기가 있을 때 전체 전력 증폭 모듈의 소비 전류가 많이 줄어들어 효율을 높일 수 있는 것을 알 수 있다.

#### IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 상용 레이더 시스템에서 출력 증폭을 위해 사용하던 진공관의 문제점 개선과 다기능 펄스 압축 레이더 시스템에 적용 가능한 X-대역 60 W 고효율 전력 증폭 모듈을 설계하였다. 설계한 60 W 전력 증폭 모듈은 전치 증폭단, 구동 증폭단, 주전력 증폭단으로 3단으로 구성하였고, 전력 증폭 모듈의 효율 개선과 신호의 왜곡을 개선하기 위해 펄스 폭 가변 회로와 드레인 전원 스위칭 제어 회로, 그리고 순차 회로로 구성된 TR 제어 회로를 적용하였다. 설계한 60 W 전력 증폭 모듈은 주파수 범위 9.2~9.6 GHz, AB급 바이어스 조건에서 드레인 바이어스 전원 스위칭 제어를 사용한 결과, 출력 전력 48 dBm 이상, 전체 이득 50 dB 이상의 성능을 보였으며, 펄스 압축 기술을 이용한 고해상도 다기능 광대역 디지털 레이더 시스템에 적용이 가능함을 보였다.

#### 감사의 글

본 연구를 수행하는데 있어서 한국통신부품(주)의 협조에 감사의 뜻을 전합니다.

#### 참 고 문 헌

[1] A. Mizuhara, "Bandwidth and group delay extension for an X-band 250 kW CW klystron for JPL/ NASA deep space radar", *IEEE International Vacuum Electronics Conf.*, pp. 77-88, Apr. 2004.  
 [2] Merrill Skolnik., *Radar Handbook, 3rd Edition*, Mc-

Graw-Hill, pp. 8.1-8.44, pp. 11.1-11.36, 2008.  
 [3] 문재경, 민병규, 김동영, 장우진, 김성일, 강동민, 남은수, "차세대 고효율/고출력 반도체:GaN 전력 소자 연구 개발 현황", *전자통신동향분석*, 27(4), 2012년 8월.  
 [4] U. K. Mishra, P. Parikh, and Y. Wu, "AlGaIn/GaN HEMTs-an overview of device operation and applications", *Proceeding of the IEEE*, vol. 9, no. 6, pp. 1022-1031, Jun. 2002.  
 [5] B. Ivan, "Practical design comparison between high-power GaAs MESFET and GaN HEMT", *High Frequency Electronics*, pp. 18-28, Oct. 2007.  
 [6] J. R. Guerci, "Next generation intelligent radar", *IEEE Radar Conf. 2007*, pp. 7-10, Apr. 2007.  
 [7] O. Adrian, "From AESA radar to digital radar for surface-based applications", *IEEE Radar Conf. 2009*, pp. 1-5, May 2009.  
 [8] S. G. Qadir, J. K. Kayani, and S. Malik "Digital implementation of pulse compression technique for X-band radar", *International Bhurban Conf. Applied Sciences & Tech.*, pp. 35-39, Jan, 2007.  
 [9] J. H. Joo, G. W. Choi, S. M. Jang, J. J. Choi, and D. M. Park, "1.5 kW solid-state pulsed micro wave power amplifier for s-band radar application", *IEEE Radio and Wireless Symp. 2006*, pp. 171-174, Jan. 2006.  
 [10] D. O. Edward, B. Michael, T. Harry 4 and C. James, *Solid-State Radar Transmitters*, Artech House, 1985.  
 [11] Ian G. Cumming, *Digital Processing of Synthetic Aperture Radar Data*, Artech House, pp. 130-131, 2005.  
 [12] C. J. Peacock, G. S. Pearson, "Digital radar", *2007 IET International Conference on Radar Systems*, pp. 1-5, Oct. 2007.

김 민 수



로설계

2009년 2월: 경남대학교 정보통신  
공학과 (공학사)  
2011년 2월: 경남대학교 정보통신  
공학과 (공학석사)  
2011년 3월~현재: 경남대학교 정  
보통신공학과 박사과정  
[주 관심분야] SSPA, 초고주파 회

이 영 철



1981년~현재: 경남대학교 정보통  
신공학과 교수  
[주 관심분야] 고해상도 다기능 디  
지털 레이더 시스템

구 용 서



구원

[주 관심분야] 반도체 레이더 시스템 설계, Signal Integrity

1985년 2월: 조선대학교 전자공학  
과 (공학사)  
2011년 2월: 경남대학교 정보통신  
공학과 (공학석사)  
2011년 3월~현재: 경남대학교 정  
보통신공학과 박사과정  
1989년~현재: 국방기술품질원 연