

## 전자전용 광대역 위상배열 고출력 송신장치 설계 및 제작

서원구<sup>1</sup>, 박슬기<sup>1</sup>, 박주래<sup>2</sup>, 이철수<sup>2\*</sup>  
<sup>1</sup>한화시스템, <sup>2</sup>국방과학연구소

### Design and Fabrication of Wideband Phased Array High Power Transmitter for the Electronic Warfare

Won-Gu Seo<sup>1</sup>, Seul-Gi Park<sup>1</sup>, Joo-Rae Park<sup>2</sup>, Cheol-Soo Lee<sup>2\*</sup>  
<sup>1</sup>Communication·EW Team, Hanwha Systems  
<sup>2</sup>Radar/Electronic Technology Center, Agency for Defense Development

**요약** 본 논문에서는 높은 밀집도를 갖는 위협환경에서 다중 위협에 동시에 대응하기 위하여 반도체 고출력 전력증폭기를 이용한 전자전용 광대역 위상배열 고출력 송신장치를 설계 및 제작하였다. 상용 GaN 증폭소자를 평형증폭기로 구성하여 50 W의 고출력 및 안정적인 동작을 위한 수냉식 냉각구조를 설계하였다.  $4 \times 4$  배열로 구성된 광대역 고출력 송신장치 및 이를 냉각하기 위한 냉각조립체를 제작하였고, 3:1 광대역 주파수 대역에서 평균 59.7 dB 이득, 52.4 W의 출력을 얻었으며, 고출력증폭모듈간 진폭차는  $\pm 1.7$  dB, 위상차는  $\pm 9^\circ$  이하의 특성과 함께 냉각구조에 의하여 일정한 온도 특성을 나타내었고, 광대역에서 동시에 이중신호에 대한 빔조향 성능을 나타내었다. 본 논문의 결과를 바탕으로 고밀도 전장환경에서 다중위협에 대한 동시 대응이 요구되는 전자전장비에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

**Abstract** In this study, we designed and fabricated a wide-band high power phased array transmitter using GaN amplifiers for an electronic warfare system. A balanced amplifier structure was adopted to achieve high power output and reduce inter-modulation levels for two simultaneous input signals. A cooling manifold was optimized to enable stable operation of a high-power transmitter, and a  $4 \times 4$  array transmitter with a cooling assembly was manufactured with an average gain of 59.7 dB and an output power level of 52.4 W at each amplifier module. The amplitude and phase differences between amplifier modules were within  $\pm 1.7$  dB and  $\pm 9^\circ$ , respectively. The temperature of each amplifier module was stabilized using a cooling assembly. Furthermore, the radiation emission patterns of the wide-band, high power, phased array transmitter met performance requirements when two simultaneous input signals were applied.

**Keywords** : Cooling Assembly, High Power Amplifier, Phased Array, Wideband Transmitter,  $4 \times 4$  Array Structure

본 논문은 국방과학연구소의 재원을 지원 받아 수행됨.

\*Corresponding Author : Cheol-Soo Lee(Agency for Defense Development)  
email: cslee@add.re.kr

Received June 27, 2022

Accepted August 3, 2022

Revised August 1, 2022

Published August 31, 2022

## 1. 서론

전자전 장비는 무선통신망, 레이더 및 탐색기 등으로 부터 아군의 전력을 보호하기 위한 장비로 다중 위협이 존재되는 환경에서 동시 대응이 가능한 전자전 시스템의 요구가 증가하고 있다. 기존의 전자전 장비는 시분할 방식으로 각 위협에 대하여 대응하므로 지속적인 위협신호에 대한 대응 및 동시에 다수의 위협에 대한 대응 능력에 제한이 있었다. 또한 RF 기술 및 디지털 소자의 발전으로 위협의 밀집도 증가는 다른 주파수 특성을 갖는 위협에 대하여 동시에 대응하는 전자전 재머의 개발이 요구되고 있다[1]. 이와 동시에 고출력 증폭소자에 입력되는 신호의 신호세기 및 위상을 제어하여 방사빔의 방향 및 패턴을 조정하여 넓은 지역에 분포되어 있는 위협에 대해서도 동시에 재밍을 할 수 있는 위상배열 기능도 필요하다.

RF대역의 고출력 송신장치의 증폭기로 진행파관 증폭기(TWT: Traveling Wave Tube), 클라이스트론(Klystron), 마그네트론(Magnetron)의 진공관 형태가 있으나, 이러한 종류의 증폭기는 수 kV의 고전압 전원공급기나 낮은 효율 특성으로 수명이 짧고 높은 대기전력에 의한 발열을 식히기 위한 냉각장치 등이 필요하다[2]. 한편, 반도체 전력증폭기는 집적도 및 소형화로 위상배열 송신시스템 적용이 용이하지만 광대역 주파수 및 높은 출력 구현과 관련한 연구가 진행되고 있다[3].

본 논문에서는 높은 밀집도를 갖는 위협환경에서 다중 위협에 동시에 대응하기 위하여 3:1 광대역 주파수 특성의 고출력 증폭모듈을 4 x 4 배열로 구성한 광대역 위상배열 고출력 송신장치를 설계 및 제작하였다.

본 논문은 다음과 같이 구성하였다. 제 2장에서는 상용 GaN 증폭기를 이용하여 50 W급 전력증폭모듈 설계에 대하여 기술하였으며, 제3장에서는 광대역 위상배열 시스템의 제한된 공간에서 고출력 증폭소자의 안정적인 동작을 위한 방열 설계에 대하여 다루었다. 4장에서는 4 x 4 배열의 광대역 위상배열 고출력 송신기 제작 및 측정결과를 제시하였으며, 5장에 결론을 기술하였다.

## 2. 고출력 증폭모듈 설계

넓은 공간에 분포하고 서로 다른 동작주파수를 갖는 다수의 위협신호에 동시에 대응하기 위한 광대역 위상배열 고출력 송신장치는 Table 1의 목표성능으로 설계 및 제작되었다.

Table 1. High power amplifier target specifications

Item	Spec.
Frequency	2 ~ 6 GHz
Saturation Power	> 47 dBm(50 W)
Input VSWR	< 2:1
Gain	> 50 dB
Gain Flatness	< ±1 dB@Psat
Difference mag. of each assembly	< ±2 dB
Difference phase of each assembly	< ± 10°
Array number	4 x 4
Cooling method	Water cooling

고출력 송신장치는 4개로 구성된 고출력 송신증폭모듈을 4층으로 구성하여 총 16개의 고출력 증폭모듈로 구현하였다. 또한 위협신호의 방향으로 고출력 신호를 송신하기 위하여 각 채널 간 위상 및 진폭의 변화량을 제한하였다. 기존의 전자전 장비는 시분할 방식을 사용하여 다수의 위협신호에 대응하므로 증폭기에는 하나의 재밍 신호가 입력되었으나, 다수의 위협에 대하여 동시에 대응하기 위하여 증폭기에 두 개의 신호가 동시에 입력되며 시분할 방식에서 발생하지 않았던 혼변조가 발생하게 된다. 이러한 혼변조 영향을 줄이면서 고출력 특성을 구현하기 위하여 평형증폭기(balanced amplifier) 구조를 사용하였다. 평형증폭기는 단일 증폭기에 비하여 3 dB 증가한 P1dB(1dB Gain Compression Point)와 OIP3 (Output Third Order Intercept Point) 특성으로 출력이 2배 증가하며, IM3(Third Order Inter-modulation) 출력은 6 dB가 개선되는 효과를 갖는다[4].

본 논문에서의 평형증폭기 구조의 고출력 증폭모듈을 Fig. 1과 같이 구성하였다.

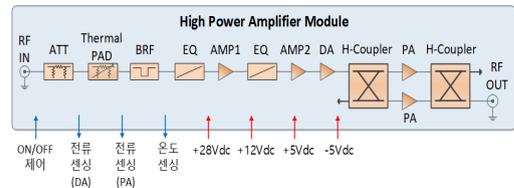


Fig. 1. High power amplification assembly diagram

Table 1의 성능을 충족하기 위하여 Fig. 1과 같이 고출력 증폭모듈 내 온도상승으로 인한 이득 특성을 안정화시키기 위하여 온도 패드와 전력증폭소자의 주파수별 포화특성을 고려하여 3 GHz에서 6 dB 손실을 갖는 대

역저지필터, 광대역 이득 평탄특성을 위한등화기, 전력 증폭기의 낮은 이득 및 높은 입력 신호 레벨을 보완하기 위한 구동증폭기를 사용했다. 평형 증폭기 구성을 위해 입력 신호를 분기하고 출력 신호를 결합하는 목적의 90° 하이브리드 커플러 2개와 대전력 출력을 위한 전력증폭기 2개로 사용하였다. 또한 +28 Vdc, +12 Vdc, ±5 Vdc 전원라인과 고장진단을 위하여 증폭기의 전류와 고출력 증폭모듈내부 온도를 감지하도록 하였다. Fig. 2는 Fig. 1의 고출력 증폭모듈에 대하여 -10 dBm 입력에 대한 이득 및 출력, OIP3 특성을 계산하였다.

Item	ATT	Thermal PAD	BRF	EQ	AMP1	EQ	AMP2	DA	H-Coupler	PA	H-Coupler
Model	-	TC400037* EN	-	EQ1-6-63+	PA4-3- 830+	EQ1-6-61- 63+	PA4-830+	HMC87A2P SE	99-7111	NORCO1111	99-7111
Block diagram											
Gain (dB)	-1	-3.5	-0.5	-1.7	20.5	-1.5	14.1	12.7	-3.4	21	2.6
Pout (dBm)	-11	-14.5	-15	-16.7	3.8	2.3	16.4	28.67*	25.27	44.71	47.31
OIP3 (dBm)					18.0		21.6		29.0	44.50	

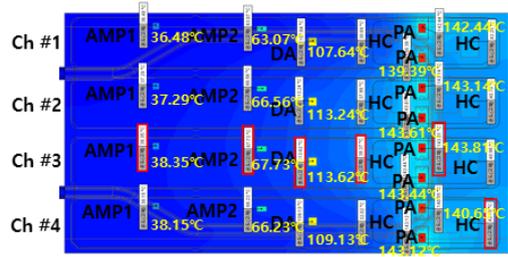
Fig. 2. RF Budget of Broadband Power Amplifier

### 3. 고출력 증폭모듈 냉각 설계

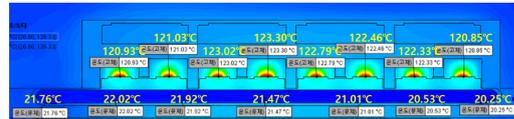
2장에서 설계한 고출력 증폭모듈에 구성된 능동소자는 전원인가 및 RF신호 인가에 따라 고열이 발생되며, 발생된 열을 방출하기 위하여 유체를 이용한 방열구조를 설계하였다. 본 장은 고출력 증폭기 냉각 구조 설계와 관련하여 1절에서는 고출력 증폭모듈 동작에 따른 발열 해석, 2절에서는 냉각수로관 설계 및 3절에서는 냉각관 경로 설계로 구성하였다.

#### 3.1 고출력 증폭모듈 열 해석

2장에서 설계한 고출력 증폭모듈에 전원 인가로 인한 각 증폭소자에서 발열량에 따른 온도를 CAD 임베디드 전산 유체 역학 툴인 Simens사의 Simcenter FLOEFD 소프트웨어로 해석하였다. Fig. 3(a)는 Fig. 1의 AMP1, AMP2, DA, HC, PA, HC 부품에 대한 온도로서 각각 38.3 °C, 67.7 °C, 113.6 °C, 38.3 °C, 143.8 °C, 42.7 °C으로 계산되었고, DA와 PA 사이의 HC 하단부에 위치한 온도센서에서 고출력증폭모듈별로 31.6 °C, 36.4 °C, 32.2 °C의 값을 얻었다. Fig. 3(b)는 냉각수의 입수 및 출수 온도의 해석결과로 각각 20.5°C, 22.02°C이다.



(a)



(b)

Fig. 3. Temperature analysis results of high power amplifier module (a) Temperature of active devices, (b) temperature of inlet and outlet of cooling water

#### 3.2 냉각 용량 및 냉각수로관 설계

광대역 위상배열 고출력 송신장치는 Fig. 1의 증폭모듈 4개를 한면에 구성하고 이를 4층으로 적층하여 4 x 4 배열구조로 설계하였다. 적층간격은 29.5 mm로 고출력 증폭모듈을 냉각하기 위한 냉각수로관은 9 mm 이내에 성형되어야 한다. Fig. 3의 냉각수로관에서 냉각수를 유동시키기 위하여 입수구는 대기압보다 높은 기압을 인가하고 출수구에는 대기압보다 낮은 기압을 적용하였으며, 입수구와 출수구의 압력차는 1.97 bar로 설정하였다. 설정된 압력차에 대하여 직경 6.35 mm 인 냉각수로관에 대한 냉각수의 속도 및 유량은 Simcenter FLOEFD를 이용하여 Fig. 4와 같이 각각 2.7 m/s, 12 l/min로 해석되었다.

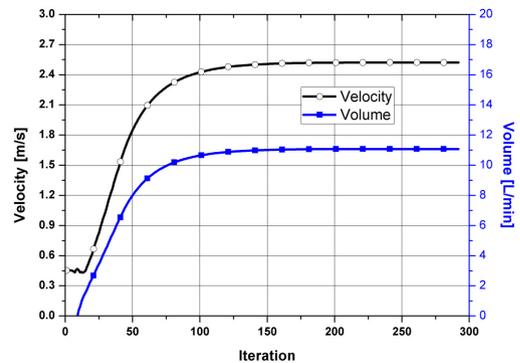


Fig. 4. Analysis results of the flow rate and volume

광대역 위상배열 고출력 전력증폭기에서 발생하는 고열을 냉각시키기 위하여 유체를 이용하였으며 냉각수를 순환 및 열교환을 위한 냉각기의 용량은 Eq. (1)로 얻어진다.

$$Q = MC\Delta T \quad (1)$$

여기에서, Q는 열용량 [kcal/hr], M은 냉각수 시간당 질량 [kg/hr]으로 냉각수 유량[L/hr], 냉각수 비중 [kg/L]의 곱이며, C는 냉각수 비열, ΔT는 방열대상의 유출구, 유입구간 냉각수 온도 차이이다. Eq. (1) 및 Fig. 3과 4에 의하여 열용량은 1.44 kcal/hr로 광대역 위상배열 고출력 송신장치는 1.67 kW 이상의 냉각 용량이 필요하다. Fig. 3의 배열된 전력증폭모듈을 위상배열 시스템에 적용하기 위하여 일정한 전력증폭모듈간 S<sub>21</sub>특성이 필요하며, 전력증폭소자의 특성은 발열온도에 따라 변화[5]되므로 배열된 전력증폭모듈에 대한 온도를 일정하게 유지해야 한다. 이러한 발열량은 전력증폭소자와 냉각수로관의 거리에 따라 변화하므로 냉각수로관과 전력증폭소자간 거리(D)를 0, 10, 20 mm로 조절하면서 전력증폭소자의

온도를 Fig. 5에 나타내었다. 냉각수로관 위에 위치한 전력증폭소자의 온도가 가장 낮았으며 냉각수로관과의 거리가 멀어질수록 온도가 높아지는 현상을 보였으며, 배열된 전력증폭소자간 온도차를 줄이도록 전력증폭소자와 냉각수로관의 거리를 최적화 하였다.

### 4. 제작 및 측정

광대역 위상배열 고출력 송신장치는 4개의 고출력 증폭모듈과 냉각수로관이 설치된 방열조립체가 하나의 조립체를 형성하고 이를 4개의 층으로 구성하였다. Fig. 6은 Fig. 1로 구성된 고출력 증폭모듈 4개를 배열한 4개의 고출력증폭모듈 제작사진이다.

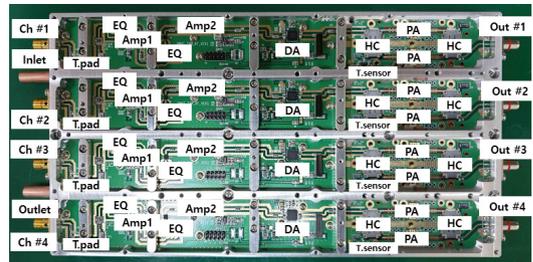
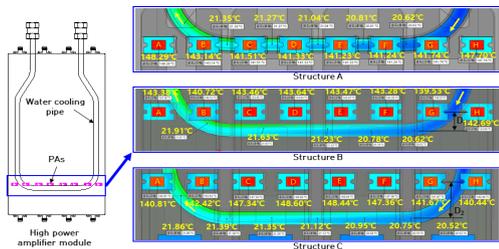
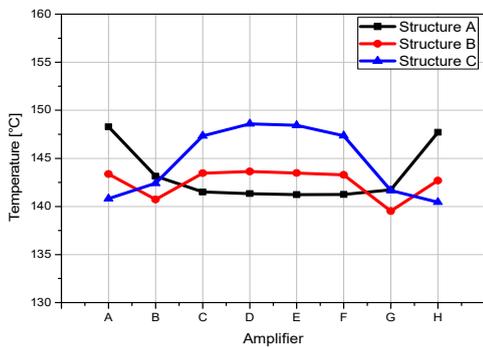


Fig. 6. Picture of fabricated high power amplifier module



(a)



(b)

Fig. 5. Analysis results of high power amplifier temperature as a function of the position of cooling water pipe (a) Simulation conditions with various water cooling pipe position, (b) temperature of high power amplifier

100 mW급 Amp1 과 200 mW급 Amp2, 1 W급 상용 구동증폭기(DA)를 사용하였고 광대역 PA는 30 W급 GaN소자를 사용하였다. 3:1 광대역 주파수에서 증폭기의 입/출력 반사손실과 IMD 특성 개선 및 출력전력 증가를 위하여 90° 및 -3 dB 특성을 갖는 90° 하이브리드 전력분배기/결합기를 사용하였다.

Table 1 이득평탄도를 만족시키기 위해 동작 주파수 대역에서 총 6 dB 기울기 특성의 Equalizer 2개를 적용하였고 온도에 따른 RF소자들의 이득 열화 특성을 보상해주는 온도패드를 사용하였다. PA는 유테틱(eutectic) 접합 공정을 이용하여 캐리어에 조립하였으며, 이를 다시 PCB pallet와 솔더링하여 방열 및 고장 시 쉽게 교체할 수 있도록 하였다. 고출력증폭모듈에서 발생한 열을 방열하기 위하여 냉각수로가 형성된 방열조립체를 Fig. 7과 같이 제작하였으며, 하나의 방열조립체는 4개의 고출력증폭모듈을 냉각시키도록 하였다. 냉각기로부터 방열조립체의 냉각수로관 입수구로 입수된 냉각수는 고출력증폭모듈에서 발생한 열을 흡수하고 이를 출수구를 통

하여 냉각기로 보내어진다. 방열조립체는 가동된 알루미늄 판에 접착제를 도포하고 성형한 냉각파이프를 삽입한 다음, 프레스로 압입하여 고출력 증폭모듈과 압착이 되도록 표면을 평탄하게 가공하였다.

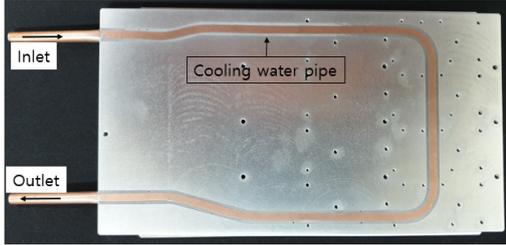


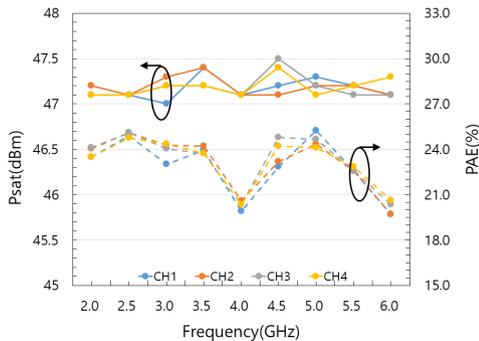
Fig. 7. Picture of cooling assembly

제작된 고출력송신장치의 포화출력 및 전력효율을 Fig. 8에 보였다. 벡터네트워크분석기(Agilent Technologies, N5244A)로 각 모듈별 RF 특성을 측정하였으며, 입력단에 -12 dBm 신호 인가 시 평균 포화출력은 47.2 dBm(52.4W) 및 주파수별 포화출력은 0.5 dB 이내에 분포하였으며, Eq. (2)에 의한 PAE (Power Added Efficiency)는 23.1 %로 측정되었다.

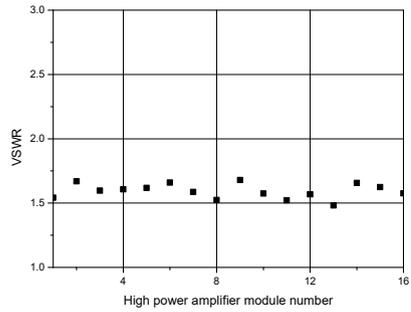
$$PAE = \frac{P_{sat} - P_{in}}{V_{DC} I_{@P_{sat}}} \times 100 (\%) \quad (2)$$

여기에서,  $P_{sat}$ 은 포화출력,  $P_{in}$ 은 입력신호 전력,  $V_{DC}$ 는 인가된 전압,  $I_{@P_{sat}}$ 은 포화출력시 전류이다.

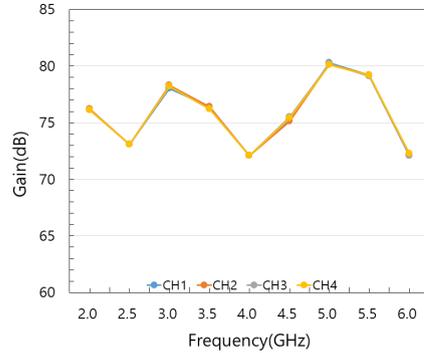
동작주파수 2 ~ 6 GHz 에서 고출력증폭모듈의 입력 전압정재파비(Voltage Standing Wave Ratio)는 1.48:1 ~ 1.67:1로 측정되었다.



(a)



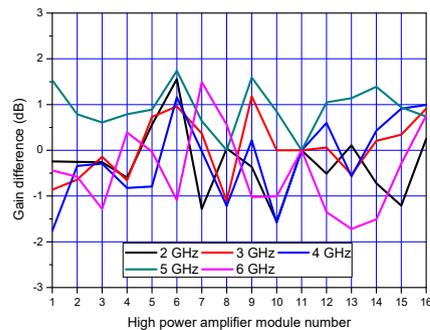
(b)



(c)

Fig. 8. Measurement results of the high power amplifier modules (a) Saturated power, PAE, (b) input VSWR, (c) gain

위상배열 고출력 송신장치에서 고출력증폭모듈간 진폭 및 위상 차는 빔조향 방사패턴의 형상(shape)과 빔조향 각도에 영향을 주는 요소이다. Fig. 9은 11번 고출력 증폭모듈을 기준으로 각각의 고출력 송신모듈의 진폭 및 위상 차를 나타낸 것으로 진폭은 -1.72 ~ 1.74 dB, -9.12° ~ 8.57° 이내에 분포하였으며, 각 모듈간 진폭 및 위상차에 의한 광대역 위상배열 고출력 송신장치의 빔조향 영향은 크지 않다.



(a)

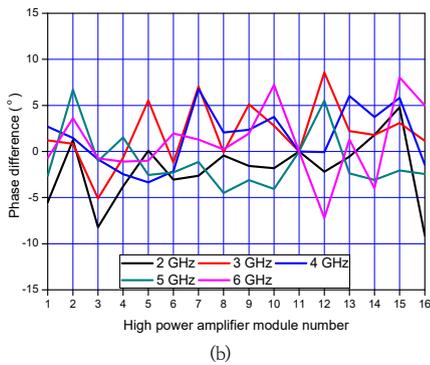


Fig. 9. Measurement difference results of the each high power amplifier module w.r.t 11th module (a) Gain, (b) phase

광대역 위상배열 고출력 송신장치에 위상배열 안테나를 체결하고 서로 다른 주파수 및 다른 빔 조향각도를 갖는 두 개의 신호를 동시에 광대역 위상배열 고출력 송신장치에 인가하여 빔조향 방사패턴을 측정하였다. 2.3, 3.3 GHz 신호는 각각 15°, -15° 빔조향으로 +45° 슬랜트편파를 갖는 위상배열안테나와 연결하였고 4.5, 5.5 GHz 신호는 -45°, 45°로 빔조향으로 -45° 슬랜트편파를 갖는 위상배열안테나와 연결하였다. 야외에서 측정한 방사패턴을 Fig. 10에 나타내었다. 야외시험장에서 수행한 결과로 지면 및 주변의 구조물 반사등으로 인하여 방사패턴에 영향을 주었으나, 2.3과 3.3 GHz 각각의 빔조향 최대값은 조향각 대비 ± 3° 이내에 지향되었으며, 4.5 및 5.5 GHz 신호는 빔조향 각도에서 최대값을 송신하였다.

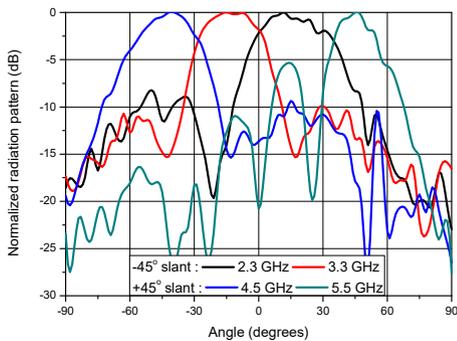


Fig. 10. Measured beam steering radiation patterns

고출력증폭모듈을 50 W 포화출력으로 운용할 때 고출력 증폭모듈의 90° 하이브리드 커플러 하단에 위치한 온도센서 및 냉각수에 대한 온도를 Fig. 11에 나타내었다. 고출력 증폭모듈의 온도변화는 32, 34 및 38 °C로 평균 3.4 °C 이내로 안정화된 특성을 보이고 있으며, 냉

각수는 20 °C로 운용었다. 모듈간 온도 차이는 온도센서 위치와 냉각수로관의 거리에 따른 것으로 분석된다. 제작된 광대역 위상배열 고출력 송신장치는 2 ~ 6 GHz 주파수대역에서 평균 52.4 W급의 출력을 가지며 증폭모듈 당 2개의 신호가 동시에 입력된 조건에서도 ± 45°범위의 빔조향 성능을 나타내었다.

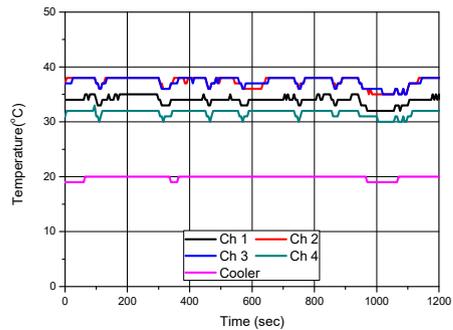


Fig. 11. Temperature of each high power module and cooler

## 5. 결론

본 논문에서는 높은 밀집도를 갖는 위험환경에서 다중 위협에 동시에 대응하기 위하여 반도체 고출력 전력증폭기를 이용한 전자전용 광대역 위상배열 고출력 송신장치를 설계 및 제작하였다. 2 ~ 6 GHz에서 동작하는 30 W급 GaN 전력증폭기를 하이브리드 커플러를 이용하여 평균 52.4 W의 고출력 전력증폭모듈을 설계하였으며 광대역 위상배열안테나의 배열간격으로 제한된 밀집된 공간에서 고출력증폭모듈의 안정적인 운용을 위하여 냉각수로관의 위치를 열 해석으로 최적화한 냉각조립체를 설계하였다. 하나의 냉각조립체 위에 4개의 고출력증폭모듈을 배치하고 이를 4개의 층으로 제작한 광대역 위상배열 고출력 송신장치를 제작하였다. 고출력증폭모듈은 평균 52.4 W 이상의 출력을 보였으며, 진폭 차는 -1.72 ~ 1.74 dB, 위상 차는 -9.12° ~ 8.57° 이내에 분포하며, 입력 전압정재파비는 1.48:1 ~ 1.67:1로 측정되었다. PAE는 23.1%이며 이득은 50dB 이상을 만족하였다. 야외시험 결과 2.3과 3.3 GHz 각각의 빔조향 최대값은 조향각 대비 ± 3° 이내에 지향되었으며, 4.5 및 5.5 GHz 신호는 빔조향 각도에서 최대값을 송신하였기 때문에 이중신호에 대한 빔조향이 가능하여 밀집된 위험신호 환경에서 다중신호를 동시에 송신 가능함을 확인하였다.

본 논문의 광대역 위상배열 고출력 송신장치 설계는

고밀도 전장환경에서 다중위협에 대한 동시 대응이 요구되는 전자전장비에 활용할 수 있을 것으로 기대되며, 향후 체계개발에 적용시키기 위한 최적화 연구가 진행될 것으로 보여진다.

## References

- [1] J. S. Sim, B. H. Park, "A Study on the Analysis of R&D Trends and the Development Plan of Electronic Attack Cooperation", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation society*, Vol.22, No.6, pp.469-476, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.6.469>
- [2] K. H. Lee, "A Study on the Implementation of High Power Pulse Amplifier with wide-band charactersitic", *Journal of Satellite, Information and Communications*, Vol.1, No.6, pp.1-5, 2016.
- [3] J. D. Kim, S. H. Jung, S. H. Yoo, J. H. Jo, J. H. Lee, W. Y. Lee, B. H. Moon, "Design and Fabrication of S to C-Band GaN Solid State Power Amplifier for the Electronic Warfare", *Journal of the Korean Institute of Electromagnetic Engineering and Science*, Vol.32, No.5, pp.435-445, 2021. DOI: <https://doi.org/10.5515/KJKIEES.2021.32.5.435>
- [4] P. Hantula, R. Tongta, "A Balanced RF Power Amplifier using the Improvement 3-dB Quadrature Hybrid Couplers for Mitigation of the Reverse Intermodulation in FM Broadcasting Systems", *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, Vol.4, No.4, pp.421-430, 2019. DOI: <https://doi.org/10.25046/aj040451>
- [5] Thermal Considerations for High-Power GaN RF Amplifiers, Wolfspeed, Aug 2020. <https://www.wolfspeed.com/knowledge-center/article/thermal-considerations-for-high-power-gan-rf-amplifiers/>

서 원 구(Won-Gu Seo)

[정회원]



- 2014년 2월 : 충남대학교 전기정보통신공학부 (공학사)
- 2016년 2월 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 (공학석사)
- 2015년 12월 ~ 현재 : 한화시스템 선임연구원

<관심분야>

전자전, 고출력 송신장치, 초고주파 회로 및 모듈

박 슬 기(Seul-Gi Park)

[정회원]



- 2006년 2월 : 홍익대학교 전자전기공학부 (전자전기공학사)
- 2008년 2월 : 홍익대학교 전자정보통신공학부 (전자정보통신공학석사)
- 2013년 4월 ~ 2016년 12월 : 삼성전자 책임연구원
- 2017년 1월 ~ 현재 : 한화시스템 전문연구원

<관심분야>

전자전, 안테나, 레이더

박 주 래(Joo-Rae Park)

[정회원]



- 1993년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2015년 2월 : 충남대학교 전파공학과 (공학박사)
- 1993년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 수석연구원

<관심분야>

전자전, 고출력 송신장치, 광대역 로트만 렌즈

이 철 수(Cheol-Soo Lee)

[정회원]



- 1992년 2월 : 아주대학교 전자공학과 (공학석사)
- 2016년 2월 : 충남대학교 전파공학과 (공학박사)
- 1992년 3월 ~ 현재 : 국방과학연구소 책임연구원

<관심분야>

전자전, 고출력 송신장치, 광대역 위상배열 안테나