

KOMPSAT용 S-Band 고주파 증폭기에 대한 설계 및 제작

*김상준 최영진 김태경

*삼성항공 우주연구소 위성개발팀

TEL +82-593-851-1822 FAX +82-593-851-1844

Design and Fabrication of S-band Power Amplifier for the KOMPSAT

Sang-june Kim, Young-jin Choi, Tae-kyung Kim
Samsung Aerospace Satellite Team

e-mail :samjkim@samsung.co.kr

Abstract

본 논문에서는 KOMPSAT에 사용할 S-band 위성증계기 (RF transponder)에 사용되는 Power Amplifier에 대한 설계와 제작에 대하여 논하고자 한다. 또한 이설계에 대한 검증을 수행하기 위하여 impact analysis와 기본적인 이론을 정리 한후 모의 설계를 통해 설계 가능성을 검토 하였다. 현재 당사가 개발 추진중인 다목적 실용 위성 (KOMPSAT)에 이용될 S-band Transponder의 주파수는 uplink 2099.5 MHz와 downlink 2280 MHz를 근간으로 설계하였으며, 회로 시뮬레이션 을 위해 사용된 software는 ADS(advanced Design System :HP) 및 ISSPICE 4 E.2이며, Monte Carlo Analysis function을 이용하여 대수학적 으로 전개하였다.

I. 서론

트랜스폰더 설계는 송수신 주파수의 비를 정하는 방법에 기초를 두는데, 그 방법중의 하나가 Spacecraft Tracking and Data Network(STDN)이며 이 방법을 택할경우 STDN방식을 사용하고 있는 지상국 들과 통신이 가능하게 된다. 트랜스폰더는 OBC(on board computer)와 RF 입력단 사이에 위치하며, 지상에서 캐리어에 실려 올라온 명령을 복조하여 OBC에 전달하고 OBC에서 지상으로 보내는 데이터를 캐리어에 변조하여 RF 입력단으로 보내는 역할을 한다. 본 연구에서는 현재 당사가 개발 추진중인 다목적 실용위성 (KOMPSAT)에 이용될 S-band 주파수대역인 uplink 2099.5 MHz와 downlink 2280 MHz를 근간으로 설계하였다.

또한 위성 증계기 (RF Transponder)에 적용되는 Power Train Amplifier에 대한 회로 분석과 기본적인 이론을 정리하였으며 유전율 2.94, 두께 25 mil, RT duroide 6002 기판을 사용하여 설계, 제작 하였다.

II. 본론

1. 회로 설계 이론

1.1 개요

Power Amplifier는 다음 그림과 같이 3개의 증폭기 단으로 구성되어 있다. 첫 단은 Class A로 동작하며, 이를 위한 바이어스는 CR1 과 R8에 의해서 공급된다. 둘 째단과 셋째단은 각 Class C로 동작하여 출력 파워와 효율을 높이도록 되어 있다. 그 외에 출력파워를 monitoring하기 위한 회로와 Harmonics제거를 위한 LPF로 구성되어 있다.

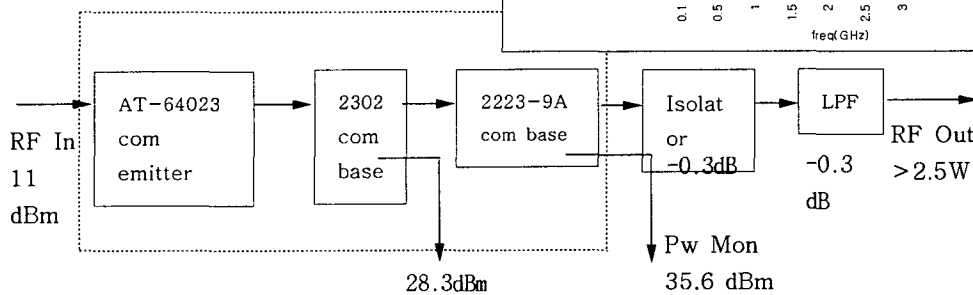


그림1. Power Train Block Diagram

1.2 1st Stage - AT64023

첫 단의 앰프는 Class A로 바이어싱 되어 있으며, 최대 전력 전송을 위해서 Conjugate Matching 회로를 포함하고 있다. 입력 matching 회로를 구현하기 위해서 TR의 S11으로부터 유도해 나가는 방법을 사용한다. 다음 그림에 AT64023 소자의 S11을 보이고 있다.

Datasheet로부터 주파수(2.256GHz)와 바이어스 포인트(16V, 110mA)에 맞는 S-parameter를 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 S_{11} &= 0.755 \angle 130 \\
 S_{12} &= 0.048 \angle -2 \\
 S_{21} &= 1.95 \angle -10 \\
 S_{22} &= 0.53 \angle -172
 \end{aligned}$$

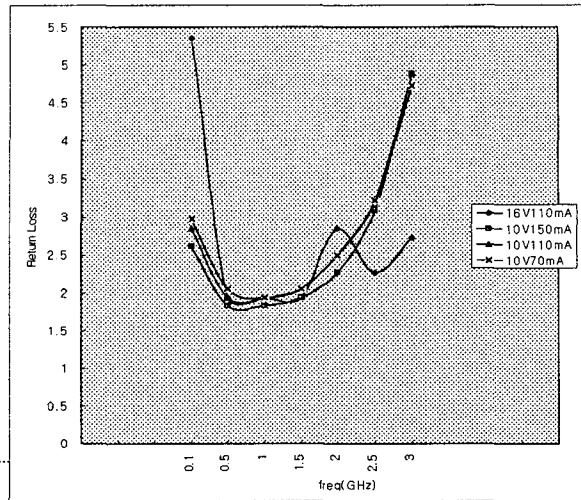


그림2. Frequency VS Return Loss

가. D_s

$$\begin{aligned}
 S_{11} &= 0.775 \angle 130 = 0.775 \cos(130) \\
 &\quad + j0.775 \sin(130) \\
 &= -0.4982 + j0.5937 \\
 S_{12} &= 0.048 \angle -2 = 0.048 \cos(-2) \\
 &\quad + j0.048 \sin(-2) \\
 &= -0.04979 - j0.00168 \\
 S_{21} &= 1.95 \angle -10 = 1.95 \cos(-10) \\
 &\quad + j1.95 \sin(-10) \\
 &= 1.9203 - j0.3386 \\
 S_{22} &= 0.53 \angle -172 = 0.53 \cos(-172) \\
 &\quad + j0.53 \sin(-172) \\
 &= -0.5248 - j0.0738
 \end{aligned}$$

2. 제작 및 시험결과

임피던스 정합 및 하모닉 튜닝을 이용하여 중심 주파수가 2280 MHz 이고 50% 이상의 전력 효율을 갖는 5W급의 고효율 전력 증폭기를 제작하여 그 특성을 분석 하였다. A급 증폭기와 C급 증폭기의 패키지 등가 회로를 고려하여 기본주파수에 대해서는 최적

KOMPSAT용 S-Band 고주파 증폭기에 대한 설계 및 제작

부하임피던스를 정합하였고 제 2,3 고조파에 대해서도 하모닉 튜닝을 하였다.

1) 고효율 전력 증폭기 설계

설계 제작을 위해서 사용한 능동소자는 HP사의 64023 A class 의 고전력 TR이며, 이 소자의 특성중 1dB Gain Compression 은 2GHz 대역에서는 28 dBm , Vce=16V , Ic=110 mA 를 이용하였고, 다 음단은 GHz 사의 2302인 2 Watt C-class , 22 23-9A의 9 Watt C-class 를 이용하여 전력 증폭 하였다.

2) 고효율 전력 증폭기 제작

유전율 2.94인 RT/duroid 6002기판을 이용하여 칩 캐패시터 및 칩 저항을 이용하여 증폭기를 제작하였다. 전력 증폭기를 구동하기위한 전력증폭단과 설계된 임출력 정합 회로를 포함한 전체회로의 제작된 전력 증폭기 사진을 그림 3 에 나타내었다. 측정된 최종출력특성은 그림 4 에 나타내었다.

그림 5는 튜닝후에 측정한 출력 스펙트럼이다. 임출력에 대한 임피던스 매칭 결과는 그림6,7 에 나타나 있다.

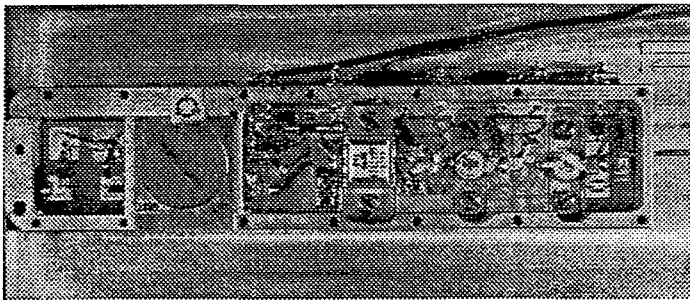


그림 3 Power Amplifier 제작 모듈

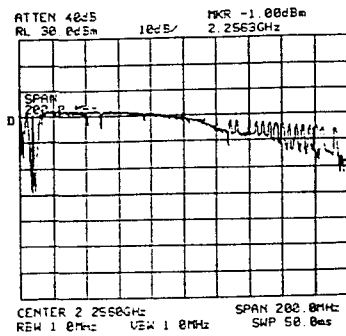


그림 4. 측정된 최종 출력 특성

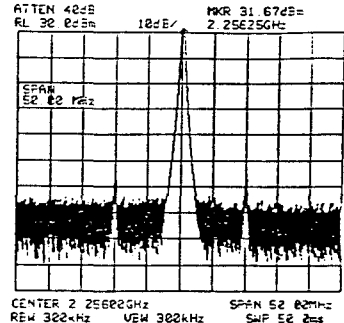
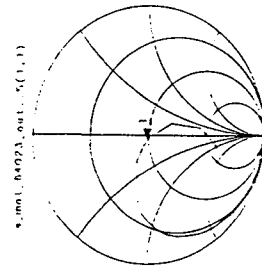


그림 5. 출력 스펙트럼



freq = 2.56000GHz
 S(1,1) = 0.00000000
 S(2,2) = -0.073597 - j0.015500
 impedance = Z0 * (0.981352 - j0.026554)

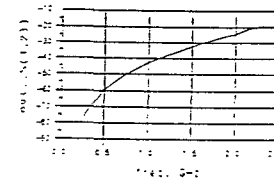
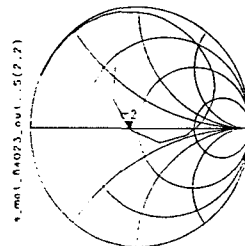


그림 6. 입력 임피던스 매칭



freq = 2.56000GHz
 S(1,1) = 0.00000000
 S(2,2) = -0.073597 - j0.015500
 impedance = Z0 * (0.981352 - j0.026554)

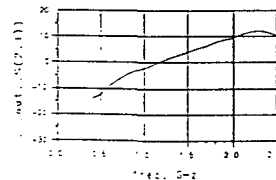


그림 7. 출력 임피던스 매칭

III . 결론

본 연구는 S-band 대역의 트랜스폰더에 사용되는 Power Amplifier 설계 및 제작시 고려 되어야 할 factor 를 검토하였다.

본 자료를 토대로 S-band 트랜스폰더 출력 Power 변경시 당사가 보유하고 있는 회로 설계 소프트웨어를 이용한 시뮬레이션을 통해 그 타당성을 검증하고 수치 해석을 통해 오차범위를 많이 줄일수 있게 되었다. 그러나 설계치를 기준으로 제작시 요구되는 값이 만족되지 않았으나 Alignment 를 통해서 보완이 되었다고 생각된다.

본연구에서 설계분석을 통하여 수행한 impact analysis 는 당사가 추진중인 다목적 실용위성 (KOMPSAT) 개발에 있어서도 많이 활용될수 있으리라 생각된다.

또한 본 기술을 바탕으로 향후 Ka/Ku band 대역까지 수행할수 있도록 설계할 예정이다.

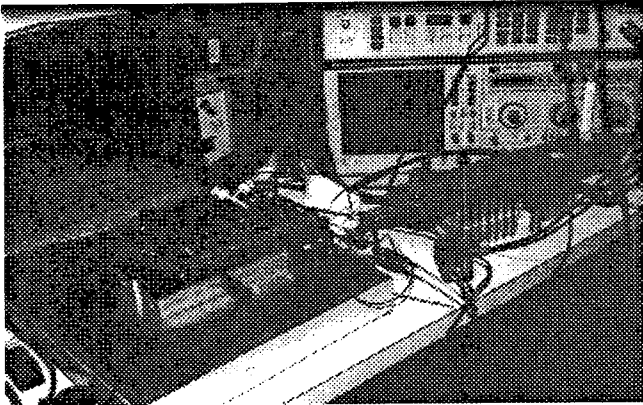


그림 8. S-band Power Train Amplifier alignment & test

참고문헌

- 1.L3-comm Alignment instructions ALI TWK 11006037
- 2.Microwave Made Simple W.StephenCheung, Frederic H.Levien 1985
- 3.A Handbook of integration circuit applications Rerrest M.Mins III
- 4.Microwave Semiconductor circuit Design 1984 W. Alan Davis pp.233-237
- 5.Microwave Semiconductor Devices & Their Circuit Applications ,1969 H.A.Watsonpp.187-189
- 6.Microwave devices and circuits 1987.Samuel Y.Liao pp144-150
- 7.A Study of frequency change on the KOMPSAT S-band Transponder 제4차 아.태지역 우주학술대회 발표 Bahrain 1997.12.2
- 8.A large signal model for the GaAs MESFET, Asher Madjar, IEEE Transactions on Microwave theory and Techniques, 1981, p781-788,
9. 최적부하 임피던스와 하모닉 튜닝을 이용한 B급 고효율 전력 증폭기의 설계, 유종호, 조영송, 1996.6전자공학회 논문지 p1002-1011
10. 파형분석을 통한 대신호 전력 증폭기의 설계, 이승준, 김병성, 1998-4 한국통신학회 논문지 p1121-1133

후기

본 자료는 산업자원부, 과학기술부, 정보통신부의 지원으로 수행중인 다목적 실용위성 개발 사업의 일부로 수행되었습니다.