

광대역 5-bit 위상변위기의 설계 및 제작

*전병휘, **정영준, *이광일, ***임인성, *오승엽

충남대학교, 한국전자통신연구원, 한국 천문연구원
전화 : 042-821-7704

Design and Implementation of the Wideband 5-bit Phase Shifter

Byeong-Hwi Jeon, Young-Jun Chong, Kwang-Il Lee, In-Sung Lim, Seung-Hyeun Oh

*Department of Electronic Engineering, Chungnam National University

**Advanced Radio Tech. Dept, ETRI

***Korea Astronomy Observatory

E-mail : idyll00@cnu.ac.kr

Abstract

This paper describes the design and implementation of wideband 360° phase shifter by using I/Q vector method. One of four quadrants was selected by a switching operation and the desired phase value was obtained by varying attenuation level of attenuator located in I/Q path. The minimum phase RMS error of 3.6° and the maximum phase RMS error of 25.2° were measured over 6~18GHz frequency range. Those characteristics are good enough for the requirement of ECM radar equipment. The phase values can be adjusted by control module.

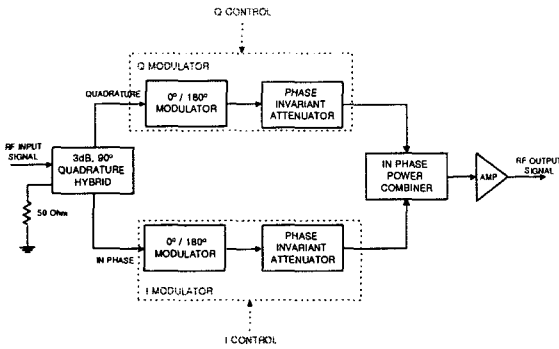
I. 서론

위상 변위기는 마이크로웨이브 신호의 감쇠없이 위상을 조절하는 소자로 통신 및 레이더시스템, 마이크로웨이브 장비 및 측정 시스템 등에 다양한 용도로 사용되고 있다. 광대역 특성을 얻기 위한 방법으로는 선로 교환 방식에다 I/Q 벡터 합성

방식을 조합한 광대역 위상 변위기가 이용되고 있다. 일반적으로 광대역 특성을 갖는 위상 변위기는 넓은통과 대역 내에서 위상 에러 및 진폭 에러를 일정하게 유지시키기가 어려울 뿐만 아니라 이러한 에러들에 의해 발생하는 캐리어 성분과 불요 잡음억압 성능을 개선하지 못하여 ECM 시스템 성능열화를 초래하게 되므로 이러한 에러 값들을 줄이는 것이 중요하다[2].

II. 광대역 위상변위기의 기본 구성

본 논문에서 이요한 I/Q 벡터 방식을 이용한 광대역 위상 변위기의 구조는 [그림 1]과 같이 90° 방향성 결합기, 4 사분면 선택을 위한 4 개의 스위치, Pi-section 및 Coupled-section 의 조합으로 구성된 두개의 180° 비트 위상 변위기 및 두 경로의 신호를 벡터적으로 합성하기 위한 전력 합성기로 구성되며, RF 신호들의 위상 및 크기를 동시에 제어 함으로서 RF 신호를 원하는 벡터 위치로 변환이 가능하다[2].



[그림 1] I/Q 벡터 합성을 이용한 위상 변위기 구조도

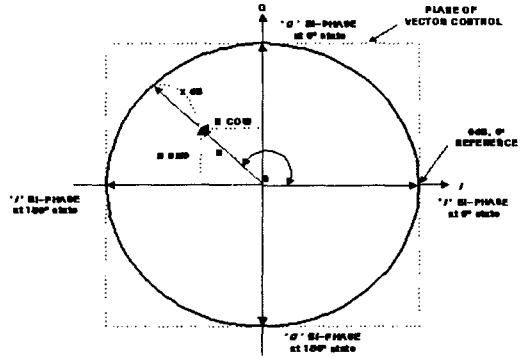
I/Q 벡터 방식을 이용한 위상 변위기는 인가되는 RF 입력 신호가 3Db-방향성 결합기를 통하여 같은 진폭 및 90° 위상차를 갖는 두 신호로 나누어진다. 분리된 두 신호는 스위치 및 Pi-section 및 Coupled-section으로 구성된 두개의 180° 비트 위상 변위기를 통하여 [표 1]과 같이 4사분면들 중 하나의 4분면에 위치한 후, 동위상 전력 합성기로 합해진다. 이때 각각의 경로에 있는 감쇠기의 감쇠량을 변화시킬 경우 [그림 2]와 같이 두 경로의 신호들이 크기가 벡터적으로 합성되어 원하는 위상차를 얻을 수 있다.

Bi-phase Modulator State		Desired Phase Shift
I	Q	
0°	0°	0°~90°
180°	0°	90°~180°
180°	180°	180°~270°
0°	180°	270°~360°

[표 1] 0/180° 위상 변위기 상태도

[그림 2]에서 보듯이 $I = R \cos \theta$, $Q = R \sin \theta$ 라 하고, 요구되는 감쇠비를 X dB, 요구되는 위상변화를 θ° 라 가정하면 정규화 시킨 출력

전압의 크기는 $R = 10^{-\frac{X}{20}}$ 으로 주어진다. 이때 I 와 Q 경로의 감쇠기 감쇠값은 식 1) 및 식 2)와 같이 계산된다.



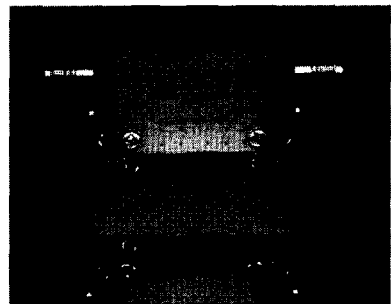
[그림 2] I/Q 벡터 위상 관계도

$$I(\text{attenuator}) = 20 \log(R \cos \theta) \quad \text{식 (1)}$$

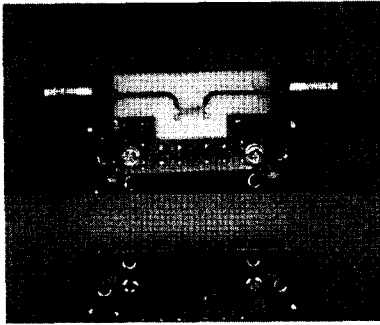
$$Q(\text{attenuator}) = 20 \log(R \sin \theta) \quad \text{식 (2)}$$

III. 제작 및 측정결과

Pi-section 과 Coupled-section 의 조합으로 구성되는 광대역 180° 비트 위상 변위기는 [그림 3] 및 [그림 4]와 같이 비유전율이 3.27이고 두께가 15 mil인 TMM3 기판을 이용하여 제작하였다[3],[4].

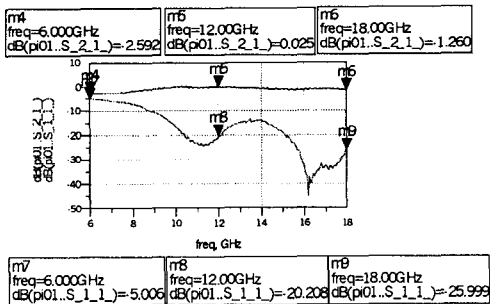


[그림 3] 제작된 pi 구조 (25.4*25.4 mm)

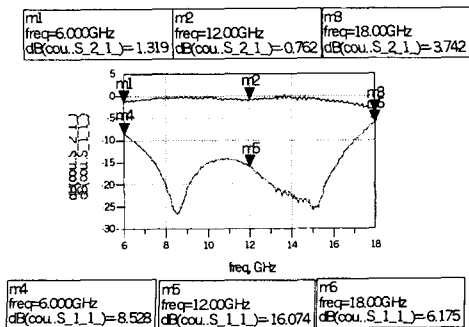


[그림 3] 제작된 coupled 구조(25.4*25.4 mm)

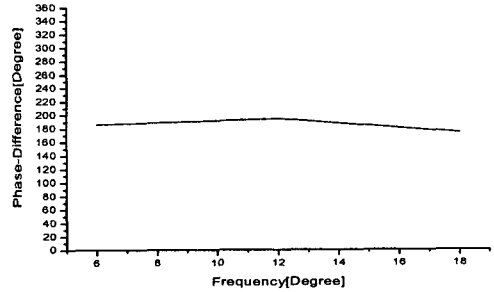
TRL-calibration 방법으로 측정된 Pi-section 및 Coupled-section 의 삽입 손실 및 반사 계수에 대한 측정 결과는 [그림 5] 및 [그림 6]과 같고, 두 회로 간의 위상 차는 [그림 7]과 같이 측정되어 3.7 dB 이내의 삽입 손실 및 $180 \pm 10^\circ$ 의 위상차를 나타내었다.



[그림 5] S-parameter 특성@ pi 구조



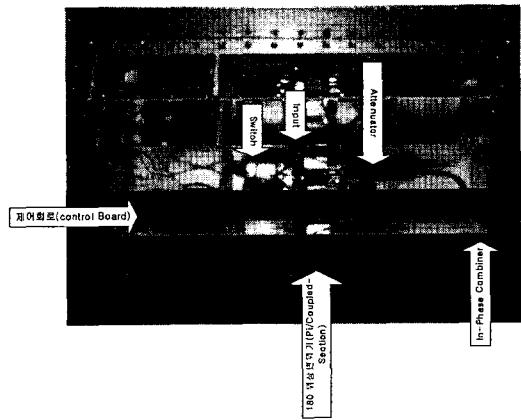
[그림 6] S-parameter 특성@ coupled 구조



[그림 7] 측정된 pi 와 coupled 구조의 위상차

IV. 광대역 위상 변위기 제작 및 측정

I/Q 벡터 합성 방식을 이용한 위상 변위기 전체 회로는 [그림 8]과 같이 스위치 동작 및 I/Q 경로의감쇠기 양을 조정함에 의하여 원하는 위상 특성을 얻을 수 있도록 제작하였다. 제작된 위상 변위기의 전체 동작 주파수 대역(6~18GHz)에서의 위상측정 결과와 4분면에 대한 위상에러특성 [그림 9]와 [표 2]에 나타내었다.



[그림 8] 제작된 광대역 위상 변위기

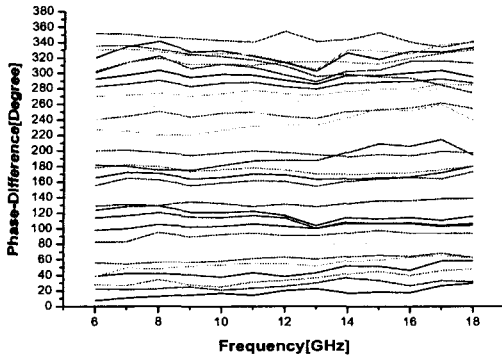
V. 결론

본 논문에서 I/Q 벡터 합성방식을 이용해서 광대역 위상 변위기를 제작하였다. 측정 결과 RMS phase error 는 최소 3.6° 최대 RMS phase error는 25.2° 의 양호한 위상 특성을 나타내었으며, 반사손실은 10dB 이하의 양호한 특성을 나타내었다. 하지만 삽입손실의 경우 Ku band(12~18GHz) 에서 감쇠기 자체의 대역 내 감쇠 변화율이 심하여 이의 영향이 위상 변위기 출력에 그대로 반영되어 평균 삽입 손실 에러가 커지는 결과를 초래하여 이에 대한 개선이 요구된다.

References

- [1] Shibani Koul, Microwave and Milli-meter WavePhase Shifters, Artech House, 1991
- [2] G.T. Microwave Inc., " A Broadband I & Q Vector Modulator," Microwave Journal, 1995.8.
- [3] D.C.Boire, " A 4.5 to 18 GHz Phase Shifter," IEEE MTT-S Digest., pp 601 ~ 604, 1985
- [4] Sarjit S. Bharj, " A 2-18GHz Degree Phase Splitter Network" IEEE MTT-S Digest., pp 959

" 이 연구는 BK21 충남대학교 정보통신인력 양성사업단의 지원을 받았음"



[그림 9] 광대역 위상 변위기 위상특성

	I att[dB]	Q att[dB]	RMS Phase-error
1 사분면	0	1	8.7
	0	4	7
	0	9	7.8
	0	14	6.9
	2	0	7.2
	4	0	7.9
	8	0	5.7
	16	0	4.6
2 사분면	24	0	3.6
	8	0	5.7
	4	0	8.9
	1	0	4.3
	0	0	16.2
	0	2	11.9
3 사분면	0	8	7.9
	0	14	16.4
	0	1	6.3
	0	4	15.2
	0	8	25.2
	0	12	24.8
	1	0	16.5
	7	0	20.9
4 사분면	11	0	18.1
	16	0	17.1
	24	0	16
	8	0	17.6
	4	0	13.7
	1	0	13.9
	0	0	8.8
	0	2	7.2
	0	8	7.5
	0	14	16

[표 2] 제작된 위상 변위기의 RMS phase error