

AT 파워드 다중공진형 컨버터의 안정성에 대한 실험적 고찰

오용승*, 김창선†, 김희준*
 *한양대학교, †목포대학교

Experimental Considerations for the stability of AT Forward MRC

Yong-Seung Oh*, Chang-sun Kim†, Hee-Jun Kim*
 *Hanyang University, †Mokpo National University

ABSTRACT

In this paper, we experimentally considered the stability of AT forward MRC with the characteristics of high efficiency and high power density. The converter ratings are input 48V, output 5V/50W. The maximum voltage stress is measured to about 170V of 2 times the input voltage when the input is 58V. The 81.66% of maximum efficiency could be obtained. For the stability of the converter, it is compensated through the error op amp in MC34067. A phase margin and a gain margin for relative stability are measured using HP4194A network analyzer.

1. 서 론

AT 파워드 영전압 스위칭 다중공진형 컨버터 (Forward Zero Voltage Switch Multi-Resonant Converter : Forward ZVS MRC)는 클램프 모드형과는 다르게 입력전압을 나누어 교대로 스위칭 동작을 함으로써 공진형 컨버터에서 발생되어질 수 있는 공진 전압 스트레스를 감소시키고 일반 공진형 컨버터와 마찬가지로 회로의 기생요소들을 공진 회로에 포함시켜 공진 요소로서 동작시켜 기생 발진을 최소화시킨다[1-4].

본 논문에서는 고효율을 실현할 수 있고 고주파 스위칭 응용이 가능한 AT 파워드 영전압 스위칭 다중 공진형 컨버터의 안정도에 대한 실험적 고찰을 위해 측정회로를 구성하였고, HP4194A 네트워크 해석기를 이용하여 제어되어지는 컨버터의 루프이득에 대한 위상여유와 이득여유를 측정함으로써

제안되어진 회로의 안정성에 대한 실험적 고찰을 하였다.

2. 본 론

2.1 AT 파워드 MRC의 특성

실험에 사용되어진 AT 파워드 다중공진형 컨버터는 그림 1과 같이 구성하였다. 컨버터의 정격입력은 48V이고 출력은 5V/50W이다. 컨버터는 주파수 가변 주파수 제어방식으로 최소 스위칭 주파수는 500KHz이고 최대 스위칭 주파수는 1MHz이다. 따라서 변압기 2차측의 동작주파수는 1MHz에서 2MHz가 된다. 두 개의 스위치가 교번으로 동작하며 데드타임을 갖고 시비율은 0.45~0.48로 동작한다.

실험에 사용되어진 소자들의 값과 종류는 표 1에 정리하였다. 여기서 T는 변압기를 나타내고 N_1, N_2 는 변압기 1차측 권수, N_3 는 2차측 권수를 나타낸다. 제어회로는 공진형 컨버터 제어 IC인 MC33067을 사용하였다.

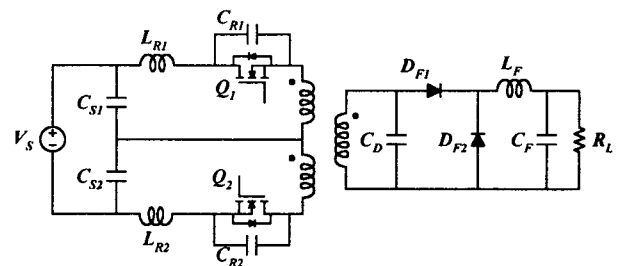


그림 1 AT Forward ZVS MRC

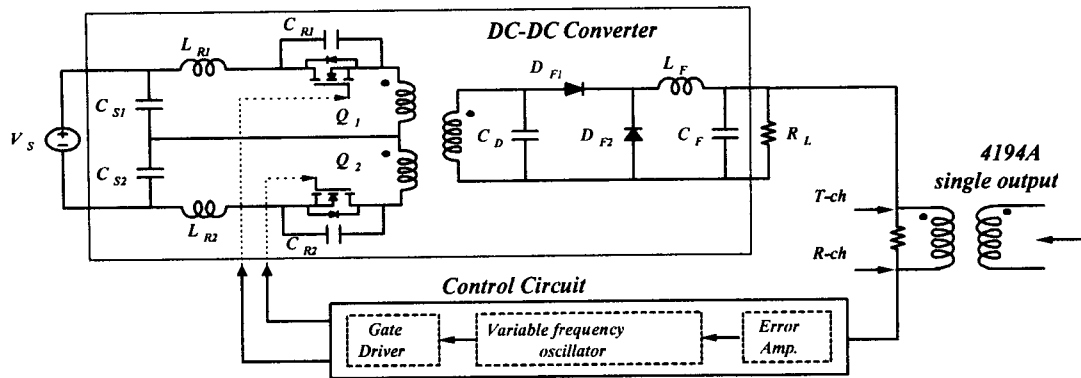


그림 2 구성되어진 루프이득 측정회로

표 1 실험에 사용된 소자

Circuit parameter	Component value	
Primary switch (Q_1, Q_2)	IRF640	
T	Core	Mn-Zn ferrite core
	Turns ratio(N)	1.5
	N_1, N_2	3 Ts, USTC
	N_3	2 Ts, Cu foil
	Leakage inductance	520 nH (500KHz) 490 nH (1MHz)
Resonant inductor (L_{R1}, L_{R2})	3 μ H	
Resonant capacitor (C_{R1}, C_{R2})	5.7 nF	
Rectifiers (D_{F1}, D_{F2})	60CNQ035	
Input filter cap. (C_{S1}, C_{S2})	22 μ F	
Output filter cap. (C_F)	22 μ F	
Output filter ind. (L_F)	24 μ H	

$$\frac{v_c(s)}{v_o(s)} = \frac{1 + sCR_2}{sCR_1} \quad (1)$$

2.3 측정회로의 구성

HP4194A 네트워크 해석기를 적용하기 위한 측정회로는 그림 2와 같이 구성하였다. 측정 주파수 범위는 100Hz에서 1.3MHz까지이고 입력 신호의 절연을 위해 pot를 코어를 이용한 1:1 변압기를 사용하였다. T-ch와 R-ch는 HP4194A 네트워크 해석기의 테스트 입력과 기준 입력을 나타낸다.

2.2 보상회로의 구성

오차증폭기의 보상에 여러 가지 방법이 있으나 제안되어진 회로에는 2-pole, 1-zero의 특성을 가지는 방법을 적용하였고 오차증폭기의 구성을 그림 3에 나타내었다.

그림 3에서 보여지는 오차증폭기는 위상특성에 있어서 원점에 극점과 하나의 영점 f_z 이 나타나고 있다. 극점에 의해 저주파 이득은 커지게 되고, 오차증폭기의 전달함수는 다음과 같이 구할 수 있다. 각 소자의 값은 $R_1=940\Omega$, $R_2=2K\Omega$, $C=51nF$ 이다.

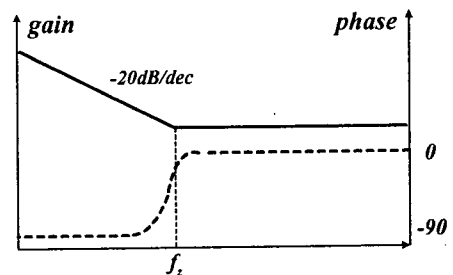
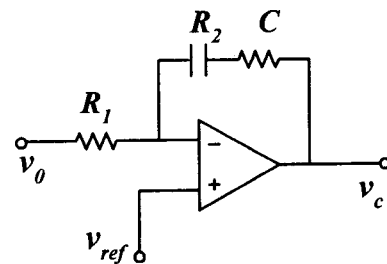


그림 3 오차증폭기의 구성

입력전압	출력전류	f (주파수)	Vo	Gain margin	phase margin	Figure No.
38 V	1 A	990 MHz	5.0587 V	14 dB	90 deg	4
	5 A	568 KHz	5.0628 V	9.7dB(-151)	46 deg	5
	6.2 A	512 KHz	5.0619 V	8dB(-83)	100 deg	6
48 V	1 A	1.02 MHz	5.0557 V	13 dB	93 deg	7
	5 A	682 KHz	5.0587 V	16 dB	74 deg	8
	9.5 A	510 KHz	5.0652 V	12dB(-126)	88 deg	9
58 V	1 A	1.04 KHz	5.0602 V	20.35 dB	80 deg	10
	5 A	754 KHz	5.0601 V	23 dB	75 deg	11
	11.5 A	516 KHz	5.0632 V	34 dB	58 deg	12

표 2 측정 결과

2.4 측정 결과 및 고찰

측정은 입력전압이 각각 38V, 48V와 58V 일 때 부하의 출력전류를 1A, 5A 및 최대부하전류로 변화시키면서 측정하였다. 측정된 결과를 표 2로 정리하여 나타내었고, 측정되어진 파형 중에 부하전류가 1A일 때 각각의 입력전압에서 Gain- phase 곡선을 그림 4와 그림 7, 그림 10에 각각 나타내었고 또한 최대 부하전류일 때를 그림 6과 그림 9, 그림 12에 각각 나타내었다.

표 2에서 볼 수 있듯이 입력전압이 38V이고 부하전류 1A일 때 위상여유는 약 90° 정도이고 이득여유는 약 14dB이다. 0dB를 지나는 이득곡선의 기울기는 약 -20dB이다. 그리고 최대 부하 전류인 6.2A일 경우 위상이득은 100° 이며 이득 여유는 8dB이다. 또한 입력전압이 48V이고 부하전류 1A 일 때 위상여유는 약 93° 정도이고 이득여유는 약 13dB이다. 그리고 최대 부하 전류인 9.5A일 경우 위상이득은 88° 이며 이득 여유는 12dB이다. 58V 인 경우에도 관찰해 보면 전체적으로 부하전류가 증가할수록 위상여유는 감소하고 있음을 알 수 있다.

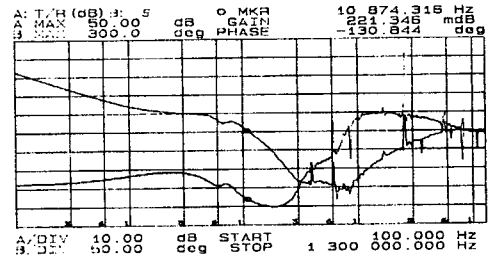


그림 5 38V/5A

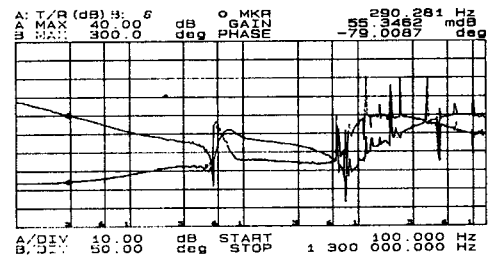


그림 6 38V/6.2A

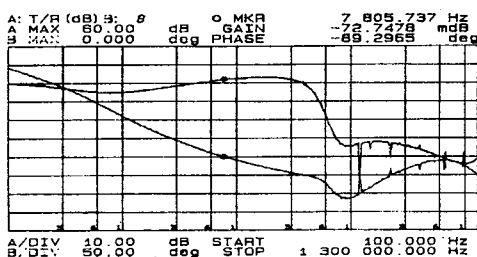


그림 4 38V/1A

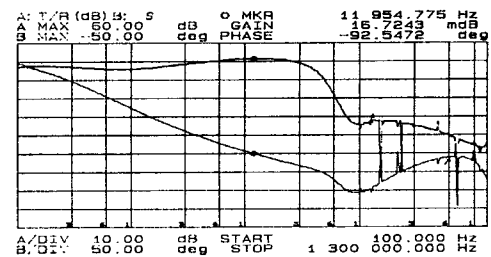


그림 7 48V/1A

3. 결 론

본 논문에서는 제안한 AT 포워드 다중공진형 컨버터의 안정성에 관한 실험적 고찰을 수행하였다. 컨버터의 정격은 입력전압 48V, 출력 5V, 50W로 하였고 입력전압 58V에서 측정된 최대 전압스트레스는 입력전압의 2.9배인 170V, 최대 효율은 81.66%으로 측정되었다. 오차증폭기를 통하여 보상회로를 구성하였고 비안정도를 나타내기 위해서 컨버터에 대한 위상여유와 이득여유를 측정하였으며, 네트워크 해석기인 HP4194A를 이용하였다. 측정결과 컨버터에 2개 이상의 영점이 존재하고 있으며 표 2의 분석에 따라 전체적으로 부하전류가 증가할수록 위상여유는 감소하고 있음을 알 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] W. A. Tabisz, F. C. Lee, "Zero voltage switching multi - resonant technique - A novel approach to improved performance of high frequency quasi - resonant converters", IEEE PESC, pp. 9~17, 1988.
- [2] H. J. Kim, C. S. Kim, S. H. Lee, I. H. Lee., "A development of the 2MHz clamp mode forward ZVS MRC on board power module for telecommunication application", IEEE INTELEC, pp. 321~325, Sep., 1993.
- [3] 김창선, "AT 포워드 다중공진형 컨버터의 동작원리", 한국조명전기설비학회 논문지, Vol.12, No.3, pp114-123, 1998.8.
- [4] 김창선, AT 포워드 다중공진형 컨버터의 모델링 해석, 한국조명전기설비학회 논문지, Vol. 14, No. 3, pp. 6~14, May 2000

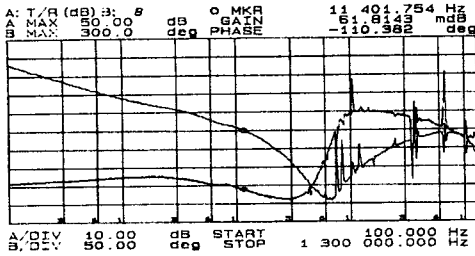


그림 8 48V/5A

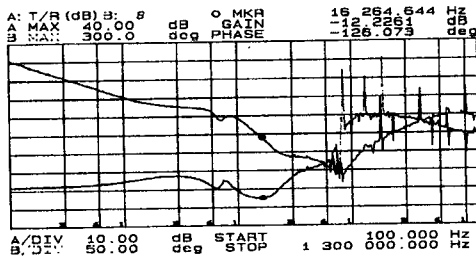


그림 9 48V/9.5A

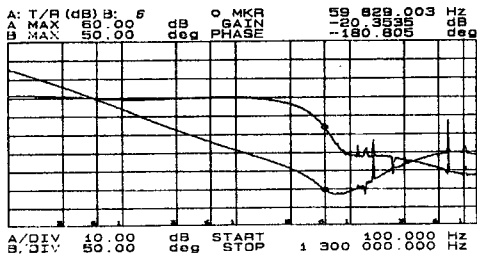


그림 10 58V/1A

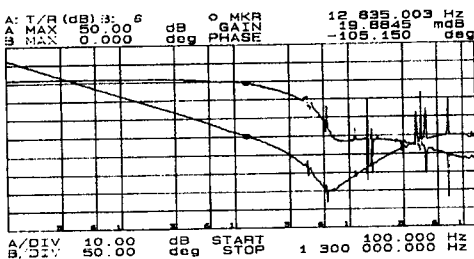


그림 11 58V/5A

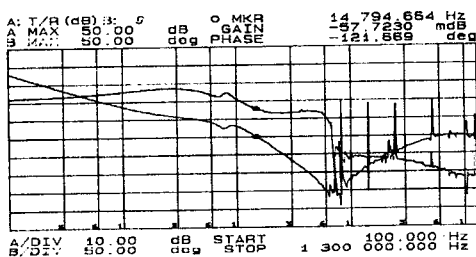


그림 12 58V/11.5A