

0.5MHz,2KW D급 스위칭 고주파 공진 인버터

정 성근* 오승훈** 심 광열*** 이봉식**** 김동희*****
 *부성Eng **동해전문대 ***울산전문대 ****영남대

0.5MHz,2KW High frequency resonant Invertet
with D-Class Switching.

*Sung-Gyun Jung, **Seung-Hoon Oh, ***Kwang-Yul Sim,
 ****Bong-Seop Lee, *****Dong-Hee Kim

Engineering Boo-Sung*, Dong Hae College**, Ul San Junior College***
 Dept. of Electrical Engineering Yeungnam University****

<Abstract>

This paper describes the Induction-heating high frequency resonant Inverter(0.5MHz, 2KW) with full-bridge circuit using Power-MOSFET.

In this paper can be applied to several areas such as induction heating, development of power supply in industrial process etc.

1. 서 론

전력용 반도체 스위칭 소자(PSSD라 칭함)를 사용한 전력 변환 장치의 고주파화 및 대용량화에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.^{[1][2]}

PSSD중 최근에 개발·실용화된 전력용 반도체 소자(Power - MOSFET, IGBT 및 SIT, SI-Thy)는 전압 제어 구동 소자로 구동 전력도 비교적 적고, 스위칭 속도도 고속이면서 스위칭주파수가 수십KHz ~ 수백KHz이상의 고주파 전력 변환 장치에 적극적으로 이용되고 있어 그 용융 기술이 각광을 받고 있다.^{[3][4][5][6]}

특히, Power - MOSFET는 반도체 소자 중에서도 스위칭 주파수가 수 MHz까지 가능하며, 전압 제어 구동 신호 펄스로 주회로의 온·오프동작을 실현할 수 있어 공업 전열용 전원장치와 전동기 속도 제어용 인버터 혹은 방송 통신용 전원, 고주파 링크형 무정전 전원 장치 등에 적극 이용되고 있다.

본 인버터는 본 대학의 전력 전자 연구실과 부성 엔지니어링이 공동 연구한 것으로 종래의 고주파 인버터 회로 기술을 바탕으로 하여 Power-MOSFET를 적용한 고출력 고주파 유도 가열 전원 장치에 관한 보고이다.

2. 주회로 구성

그림 1은 개발한 인버터의 주 회로 구성을 나타내고 있다. 기본 회로 구성은 풀브릿지이며, 직렬 공진을 이용하고 있다.

그림의 PCB회로 구성은 0.5MHz대로 Power-MOSFET를 고속 스위칭 시킬 때, 실제회로에서 나타날 수 있는 표유 인덕턴스의 영향을 최소화하도록 실장 하였다.

각 스위치에 인가되는 구동신호의 온/오프상태에 따라 회로의 정상 동작모드는 4개로 구분되고, 각 모드의 무차원화 회로 상태 방정식은 다음과 같다.^[6]

[MODE-1]

$$\frac{d}{dz} \begin{pmatrix} i^*(z) \\ v_c^*(z) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{4\pi k}{\mu} & -\frac{4\pi}{\mu} \\ \frac{\pi}{\mu} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i^*(z) \\ v_c^*(z) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \frac{4\pi}{\mu} \\ 0 \end{pmatrix}$$

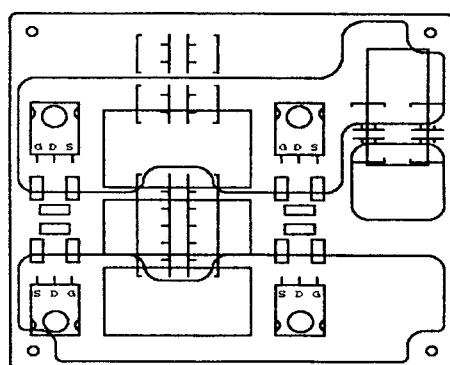


그림 1. 직렬 공진형 고주파 인버터

MODE-2

$$\frac{d}{dz} \begin{pmatrix} i^*(z) \\ v_c^*(z) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -\frac{4\pi\mu}{\lambda} & -\frac{4\pi}{\mu} \\ \frac{\pi}{\mu} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i^*(z) \\ v_c^*(z) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} -\frac{4\pi}{\mu} \\ 0 \end{pmatrix}$$

3. 특성

그림 2은 무차원화 주파수(μ) 및 무차원화 부하 저항

(λ)을 파라메터로 하였을 경우의 스위칭 소자와 역별렬 다이오드에 흐르는 전류의 최대치(I_{max})특성을 나타내고 있다.

그림 2에서 알 수 있듯이, 임의의 μ 에 대해서 λ 가 증가할수록 I_{max} 값은 감소하는 특성을 나타내고 있다.

λ 의 증가는 공진회로의 제동 계수가 크게 작용하게 되므로 work-coil에 주입되는 진동 전류를 억제하는 결과, I_{max} 값이 감소하게 된다.

특히 공진 조건으로 운전할 경우, λ 가 감소하면 I_{max} 값이 상당히 큰 값으로 증가하는 특성을 가지므로, 부하 단락에 대해 I_{max} 값을 계한할 필요가 있다.

또, 임의의 λ 에 대해서 μ 가 1.0부근에서 운전할 때는, I_{max} 가 가장 크게 되므로 스위칭주파수에 따라 전력을 제어할 수 있다는 것을 나타내고 있다.

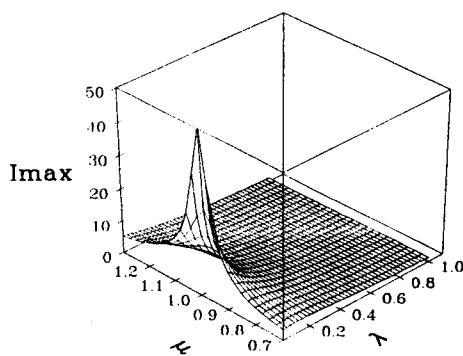


그림 2. 최대 전류

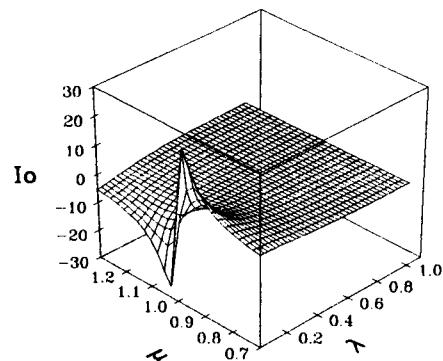


그림 3. 스위칭 전류의 초기치 특성

그림 3은 λ 와 μ 를 파라메터로 하였을 경우, 스위칭 소자에 흐르는 전류의 초기치(I_0)특성을 보여주고 있다.

그림에서 알 수 있듯이, $\mu=1.0$ 을 경계로, $\mu<1$ 일 경우 용량성 상태, $\mu>1$ 일 경우 유도성으로 운전되고 있음을 나타낸다.

스위칭 주파수에 따라 운전 상태가 바뀌어지므로 다이오드의 선정에 주의를 요한다.

4. 개발 인버터

그림 4는 실제 제작한 개발 장치의 외형도 및 정합 변성기를 보여주고 있으며, 그림 5는 부하 부의 실제 모양을 보여주고 있다.

그림 6은 본 개발 인버터의 기동시에서 정상상태까지의 부하 공진 전류의 실측 파형을 나타내고 있다.

그림에서도 알 수 있듯이 큰 오바슈터 없이 정상 상태로 가고 있음을 알 수 있다.

그림 7과 8은 R-L-C양단의 전압 및 공진용 콘덴서의 공진 전압의 실측 파형을 나타내고 있다.

실측 파형에서 알 수 있듯이, 고속 스위칭을 실행함에 따라 실제 회로에서는 표유 인덕턴스의 영향이 나타나 출력 파형에 심한 링깅현상이 발생하고 있다.

향후, KW급, MHz대의 고속 스위칭을 하기 위해서는 실장회로기술에 많은 기술 축적이 필요하다고 사료된다.

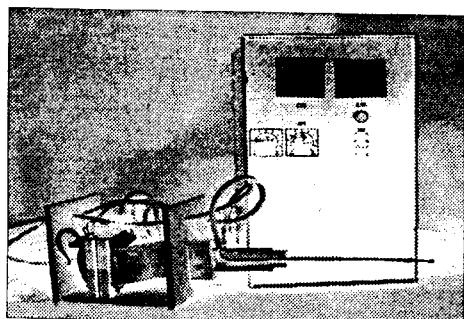


그림 4. 개발 장치

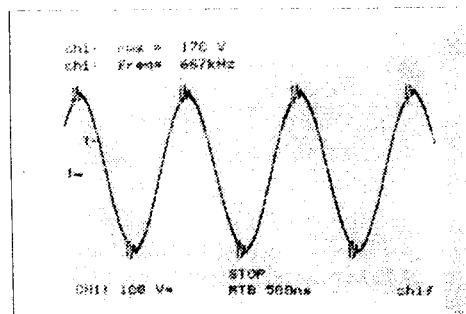


그림 8. 콘덴서의 전압



그림 5. Work coil

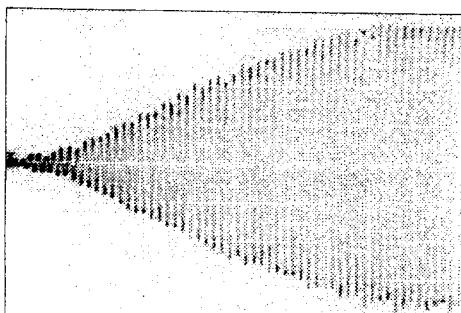


그림 6. 과도상태에서의 부하 전류

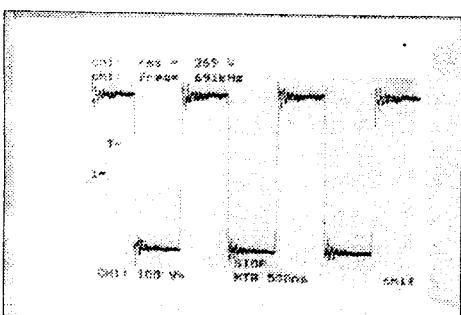


그림 7. R-L-C양단의 전압

5. 결 론

본 연구는 Power-MOSFET를 스위칭 소자로 사용한 풀브릿지형 고주파 유도 가열용 공진 인버터의 개발에 관해서 기술하였다. 스위칭 주파수를 0.5MHz로 하여 피가열 체를 급속히 국부적으로 가열할 수 있어 특수 금속의 표면 열처리에 이용되리라 사료된다.

또한, 본 개발을 통해 고속 스위칭 기술과 출력 주파수 자동추종제어 기술 등을 확립하였다.

<참고 문헌>

- [1] PHIOIVOS D. ZIOGAS," A Novel Sinwave in AC to DC Converter with High-Frequency Transformer Isolation", IEEE Transac. Ind. Elec., Vol.32, No.3, pp. 430-438, 1985
- [2] Kassakian, J. G., Schlecht, M. F., Verghese, G. C., "Principles of Power Electronics", Addison Wesley, pp. 329 - 360, 1991.
- [3] 坂下榮二, "電源高周波歪問題に關する國際的動向とEC-E MC DIRECTIVE" E-MC JAPAN '91(EMI 対策-II), pp.5-2-1, 1991.
- [4] 일본 전기 학회 "고주파용 전력용 반도체 디바이스 용 기술의 동향", pp.1987.
- [5] RAC."Thyristors Application Note".An-6856.USA,pp. 380.
- [6] 김 동희 외 4명, "10KW,200KHz MOSFET 고주파 인버터", 대한 전기학회 하계 학술 대회 논문집 A권, pp. 428~430, 1995.