

10KW, 200KHz MOSFET 고주파인버터

김 동희 배 상준 민 병제 오 승훈 정 성균
(영남대학교) (안동 공전) (동해 전문대) ((주). 대륙)

10KW, 200KHz MOSFET HF Inverter

Dong Hee Kim, Sang Jun Bea, Byoung Jae Min, Seung Hoon Oh, Sung Gyung Jung
Dept. of Electrical Engineering Yeungnam University

Abstracts

In all areas of power electronics, power conversion technology is a substantial need for increasing the performance and high power semiconductor technology is rapidly developing fast switching power devices with increasing voltage and current limits.

This paper described a study on the series resonant inverter using power MOSFET and its application.

1. 서언

자기소호기능을 갖는 전력용 반도체 스위칭 소자들은 최근 고속화 대응량화를 지향하여 속속 개발·실용화로 의 성숙단계에 진입하고 있다.

정지전력변환장치의 스위칭 소자로서 종래의 Thy. 대신에 자기 소호형 소자 (MOSFET, IGBT, SIThy 등)들을 사용함으로써, 수십KHz에서 수백KHz까지의 주파수 대역에서 고출력 스위칭 동작이 안정되게 실현될 뿐 아니라, 운전동작영역도 넓혀주고 있다.

자기 소호형 스위칭소자중에서도 Power-MOSFET는 스위칭 주파수가 수 MHz대 까지 가능하며, 전압제어 구동펄스로 주회로의 온·오프동작을 실현할 수 있다. 더 우기 공진회로의 동작양식에 따라서는 기생 다이오드를 사용할 수 있어 장치의 소형화도 가능하다.

이와 같은 추세에 따라 본 대학의 전력전자연구실과 (주)대륙에서는 종래의 고주파 인버터회로기술을 바탕으로 하여 Power-MOSFET를 적용한 고출력 고주파 유도 가열용 전원장치를 개발하였다.

본 보고는 개발 장치의 정상 및 과도상태의 이론적 특성 및 개발시험을 통해 얻어진 결과에 대하여 기술하고 있다.

2. MOSFET 고주파인버터의 회로

그림1은 개발인버터의 주회로 구성을 나타내고 있다. 그림에서 부하에 고주파 전력을 전달하기 위해서 L-C직렬공진형 FB인버터로 구성하였다.

여기서 Cd는 직류제거용이며, 스위칭 주파수는 회생전류를 최소화하기 위해 자동주파수 추종제어에 의해 MOSFET를 구동시키고 있다.

그림1에서 각 스위치 (S1-S2)에 인가되는 구동신호 (G1-G2)의 on/off상태에 따라 회로의 정상동작모드는 4개로 구분되고, 각 Mode의 무차원화 회로방정식은 다음과 같다. 또, 무차원화 파라메타는 표 1과 같다.

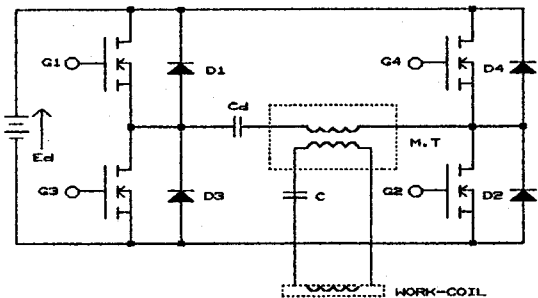


그림 1. 직렬공진형 고주파 인버터

표 1. 기준값 및 무차원화

기준값	무차원화값
$L = L, C = C$	$a = L_1 / L, a_m = M / L$
$E_d = E_s$	$v' = v / E_s$
$Z_s = 2\sqrt{LC}$	$\lambda = R / Z_s$
$I_s = E_s / Z_s$	$i' = i / I_s$
$P_s = E_s I_s$	$p' = p / P_s$
$T_s = 1 / f_s$	$z = t / T_s, dz = dt / T_s$
$f_s = 1 / 2\pi\sqrt{LC}$	$\mu = f_o / f_s = 2\pi f_o \sqrt{LC} = 2\pi \sqrt{LC} / T_s$

<mode 1>

$$\frac{d}{dz} \begin{pmatrix} i_1^+ \\ i_0^+ \\ v_c^+ \end{pmatrix} = \frac{4\pi}{\mu} \begin{pmatrix} 0 & -\frac{a_m \lambda}{a(1+a)-a_m^2} & -\frac{a}{a(1+a)-a_m^2} \\ 0 & -\frac{(1+a)\lambda}{a(1+a)-a_m^2} & -\frac{a_m}{a(1+a)-a_m^2} \\ 0 & 1/4 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1^+ \\ i_0^+ \\ v_c^+ \end{pmatrix}$$

<mode 2>

$$\frac{d}{dz} \begin{pmatrix} i_1^- \\ i_0^- \\ v_c^- \end{pmatrix} = \frac{4\pi}{\mu} \begin{pmatrix} 0 & -\frac{a_m \lambda}{a(1+a)-a_m^2} & -\frac{a}{a(1+a)-a_m^2} \\ 0 & -\frac{(1+a)\lambda}{a(1+a)-a_m^2} & -\frac{a_m}{a(1+a)-a_m^2} \\ 0 & 1/4 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_1^- \\ i_0^- \\ v_c^- \end{pmatrix}$$

$$+ \frac{4\pi}{\mu} \begin{pmatrix} \frac{a}{a(1+a)-a_m^2} \\ \frac{a_m}{a(1+a)-a_m^2} \\ 0 \end{pmatrix}$$

3. 특성

그림 2의 (a),(b)는 그림1에서 나타낸 인버터의 기동특성을 보여주고 있다.

그림에서 알 수 있듯이 기동에서 정상운전 상태로 도달할 때까지 각각의 특성값이 10cycle에서 정상치로 수렴하고 있다.

그림 3은 μ 와 λ 가 변화할 때 출력특성을 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 $\mu \approx 1$ 부근에서 최대출력을 발생하고 있다. 이는 공진주파수 추종제어에 의해 최대출력을 얻을 수 있는 스위칭 주파수로 발생 시킬 수 있다.

그림 4는 μ 및 λ 의 변화에 따른 스위칭전류의 초기값 특성을 보여주고 있다.

그림에서 φ 는 휴지시간이며 휴지시간에 따라 초기값 특성에 영향을 주므로 회로설계시 주의를 요한다.

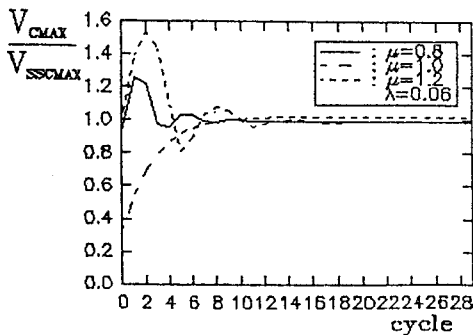


그림 2(a). 공전용 콘덴서의 기동특성치

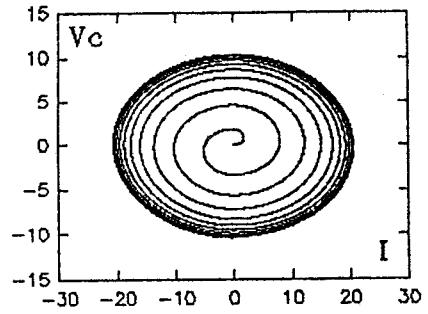


그림 2(b). 상태평면도

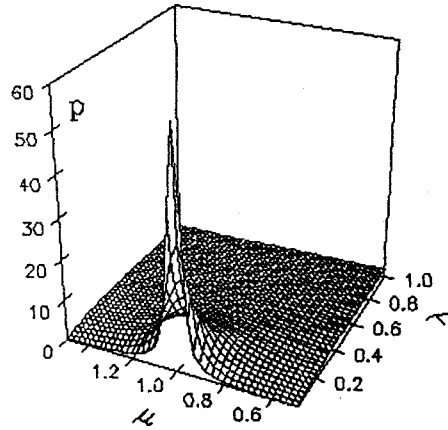


그림 3. 출력전력특성

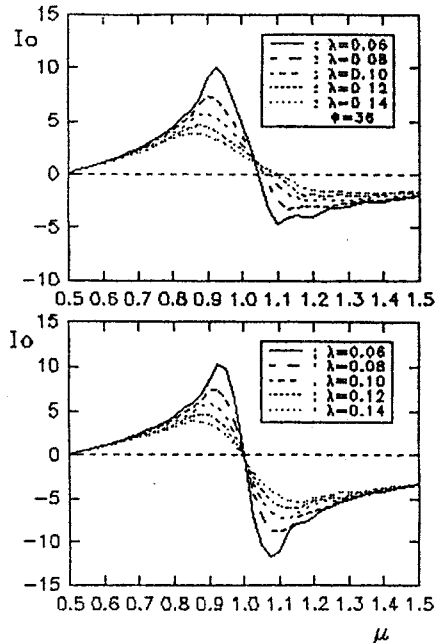


그림 4. 스위칭전류의 초기치 특성

표 2. 회로정수표

전원전압 E_d	: 0 - 350(V)
출력 주파수	: 100 - 200 KHz
$C_a = C_b$: $0.2 \mu F$
$L_a = L_b$: $9 \mu H$
MOSFET	: IR1405H 500V, 100A
고주파 트랜스 P:S	: 6:1
평활용 콘덴서	: $3300 \mu F$

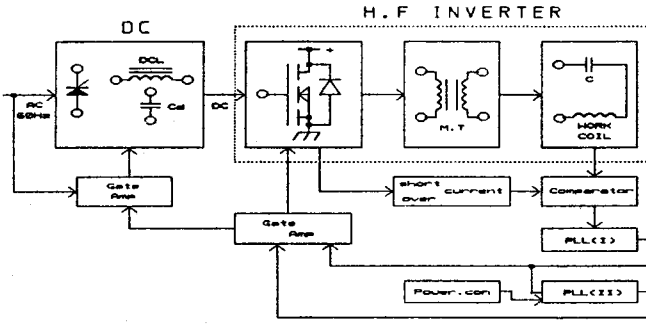


그림 5. 개발 인버터 시스템의 블록도

4. 개발 인버터 시스템

그림 5는 개발한 고출력 고주파 유도가열용 전원장치의 블록도를 보여주고 있다.

회로정수는 특성에서 얻은 이론값을 기본으로 하여 산정하였으며, 그값은 표2와 같다.

그림 6은 실제 제작한 개발장치를 보여주고 있으며, 그림 7은 부하 부의 실제모양을 보여주고 있다.

그림 8은 본 개발장치를 기동시에서 부터 정지시킬때까지의 출력의 변화를 실측한 파형이다.

실측파형에서 알 수 있듯이 큰 오버슈트없이 기동·정지가 이루어짐을 확인하였다.

그림 9는 본 장치를 이용하여 금속체를 유도가열시켰을 경우의 가열상태를 보여주고 있다.

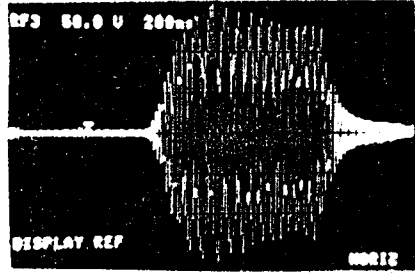


그림 8. 기동 및 정지시의 실측파형



그림 9. 피가열물의 가열상태

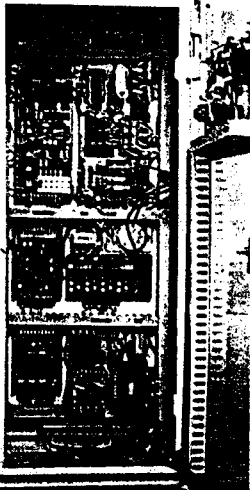


그림 6. 개발장치

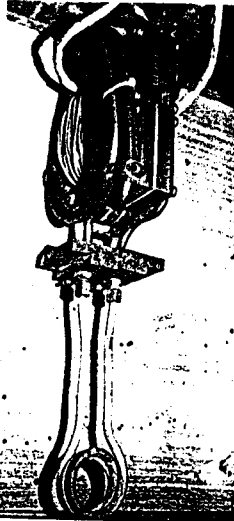


그림 7. Work Coil

5. 결론

본 보고는 Power-MOSFET를 적용하여 고출력 고주파 유도가열전원장치 개발에 관해서 기술하였다.

본 개발을 통해 고속스위칭기술과 출력주파수 자동추종제어기술등을 확립하였고, 개발장치를 통해 제 특성실험을 행한 결과 양호한 결과를 얻었다.

참고 문헌

- 1) 金田 文男: "고주파의 기초와 응용" 동경 전기대출판국, 1990년