

MOSFET를 사용한 공진형  
고주파 인버터에 관한 연구

이 달해 오 승훈\* 김동희 유 동욱\*  
영남대학교 전기공학과 \*한국전기연구소 P.E Lab

A STUDY ON THE RESONANCE TYPE HIGH-FREQUENCY INVERTER USING MOSFET

Dal-Hae Lee Seung-Hoon Oh<sup>o</sup> Dong-Hee Kim \* Dong-Wook Yoo  
Department of Electrical Engineering, Yeungnam University. \* K E R I P.E Lab

This paper is study on resonance type high-frequency inverter using self turn-off devices.

The power conversion circuits adopt full-bridge of voltage-fed type.

In the circuit analysis, resistance load was used to estimate of characteristic.

1. 서 론

자기소호 기능을 갖는 전력용 반도체 스위칭소자들은 최근 고속화 대응방향을 지향하여 속속 연구개발되어 실용화로의 성숙단계에 진입하고 있다.(1)(2)

자기소호형 고속 스위칭소자(MOSFET, IGBT)는 종래 Power Electronics 응용분야의 주역이었던 Thyristor에 불가결한 전류조건을 고려할 필요가 없기 때문에 실제적 요구로부터 신형 스위칭소자의 응용이 급속히 전개되고 있을 뿐만 아니라 변환장치의 소형, 경량화 그리고 저소음화, 고속응화에도 공헌하고 있다.

상기의 신형 소자를 도입함으로써 새로운 전력변환회로 방식의 개발은 물론 종래의 회로 구성에 새로운 기능을 부여하여 동작영역의 확장을 꾀하고 있어 향후 Power Electronics 분야의 새로운 장이 전개되리라 하여도 과언이 아니다.

정지 전력변환장치 중에서도 고주파 인버터는 산업용, 가전, 민생용의 유도 가열용 전원을 비롯하여 고주파 방전등 점등장치, 강력 초음파 발전장치 그리고 고주파 인버터 제어형 DC/DC 콘버터등 새로운 많은 응용이 있어 부하대상 시스템에 적합한 구성의 변화회로 개발이 요구된다.

본 논문은 상기와 같은 배경으로 자기소호형 소자를 사용하여 전압·주파수 제어가 가능한 VWF 공진형 고주파인버

터를 제안함과 동시에 제안회로의 정상 특성을 검토하였으며, 더우기 제안 인버터를 실제 제작하여 실험결과에 대해서도 논하고 있다.

2. MOSFET의 Drive기술(4)(5)

MOSFET는 Bipolar Transistor와 달리 업적부정 현상이 없어 안전동작 영역상의 문제가 비교적 적으며, 소수carrier의 축적 효과가 없어 스위칭 특성이 본질적으로 우수하다. 또 입력 임피던스가 높아 전압 제어형 구동이 가능하므로 구동 회로가 간단화 되는 장점이 있다. MOSFET는 bias전압이 0[V]이면 주전류가 0[A]로 되는 normally-off 소자이며, 구동신호 파형은 원리적으로 부의 펄스를 인가하는 경우도 있다.

한편 내부 구조상 기생 내장되어 있는 역방향 다이오드는 대부분이 고속형으로 설계되어 있지않아 (고속형도 있음, 예 BUZ 211 등)이 역방향 다이오드의 역회복시간이 실제회로 응용상 큰 문제로 대두된다. MOSFET는 고내압화에 따라 역회복시간이 길어지므로 실제 고주파 스위칭을 응용한 전력변환 회로에서는 이를 극복하기 위해 변환회로 자체에서 해결하거나 또는 그림 1과 같이 하여 역회복시간에 대한 문제를 해결하고 있다.

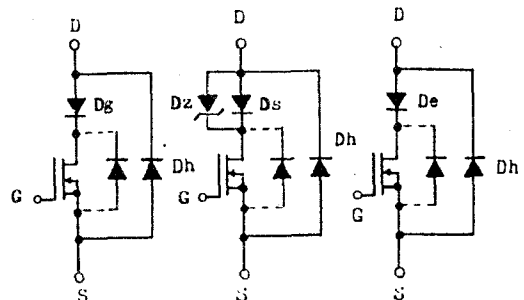


그림 1. 역회복시간의 대책 예

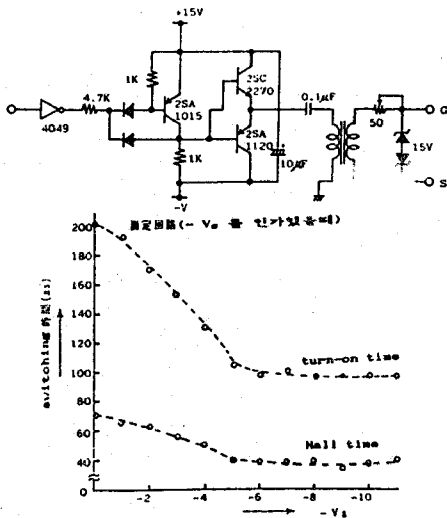


그림 2. MOSFET Drive회로 예

그림 2는 상술한점들을 고려하여 실제 제작한 구동회로 예를 나타내고 있다. 구동회로 설계시 특히 Gate - Source 간의 존재하는 정전용량에 주의 하여야 하며, 이 정전용량의 전하를 빠른시간에 송방전이 가능한 폐회로를 어떻게 구성 시킬것인가가 주요한 점이다.

3. 제안 공진형 고주파인버터

고주파 인버터는 기본적으로 부하에 대하여 전류원으로 동작하는 전류원과 전압원으로 동작하는 전압원이 있다. 또 고주파 인버터 회로의 스위칭소자 구성에 의해 많은 회로 구성을 생각 할수 있으나, 자기소호형 소자는 역전압이 인가 되면 파괴되므로 대부분이 전압원으로 구성된다. 제안하는 고주파 인버터는 출력전압(전력)과 출력 주파수가 제어 가능한 VWF기능을 인버터 내부에 부여한 전압형 고주파 인버터 이다. 그림 3은 SIT를 본연시에 의해 전원분할형 Half-Bridge 인버터의 스위칭 소자 및 전압 제어용 승압회로의 스위칭소자로 사용하고 있다. 고주파 출력전압은 전력용 DC/DC 컨버터부의 PWM-TIC Controller로 조정하고, 출력주파수는 PLL용회로로 구성되는 공진주파수 추종제어에 의해 고주파인버터부의 PFM-TIC Controller로 조정하고있다.

그림 4는 Full-Bridge 고주파 인버터를 나타내고 있다. 이 회로 구성에 있어서 VWF기능을 부여하기 위해서는 (1) 1 Arm 스위치군에 대하여 2 Arm 스위치군의 구동신호를 0°-180°로 연속적으로 구동신호의 위상차를 주어서 VWF 제어기능을 부여하는 방법, (ii) 1 Arm 스위치군에 대하여

2 Arm 스위치군의 펄스폭을 가변하는 방법에 의해 VWF제어를 실현 시킬수 있다. 본고 예서는 그림 4에서 보여준 회로에 대해서만 기술하고자 한다.

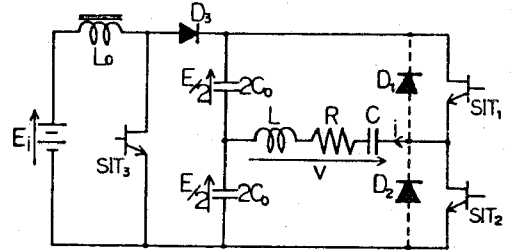


그림 3. Chopper 링형 고주파 인버터

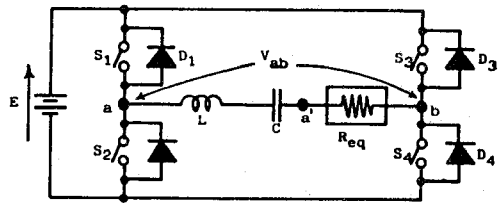


그림 4. Full-Bridge 고주파 인버터

4. 회로 동작 원리상의 정상특성

그림 4에서 보여준 고주파 인버터는 종래의 전압형 고주파 공진 인버터회로 구성과 같으나, Gate신호의 위상차를 부여해 단일 PWM제어를 실현시키는것이 다른점이다. 그림중 L, C는 공진용이며, 부하는 유도 가열 부하 모델로 하고 있다.

그림 5는 그림 4의 인버터를 운전하기위한 각 스위치 (S1~S4)에 공급하는 구동신호의 시퀀스를 나타내고 있다. 지금 (S1°와 S4°) 혹은 (S2°와 S3°)가 도통 상태에 있을때 즉 위상차  $\phi=0^\circ$ 의 경우 그림 4의 Vab는 전원전압 (E)와 같다. 또 (S1°와 S2°)에 의해 동기를 위한 (S3°와 S4°)는 상대적으로  $\phi$ 를 0°-180°까지 연속으로 이동시키는것에 의해 Vab 당단에 전원전압 E가 인가되는 비가  $\phi$ 에 의해 PWM제어 되는 출력전압이 나타난다.

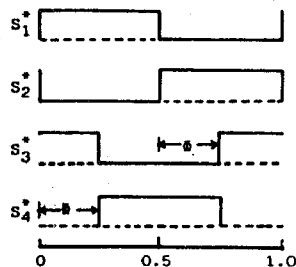


그림 5. Drive Pulse 시퀀스

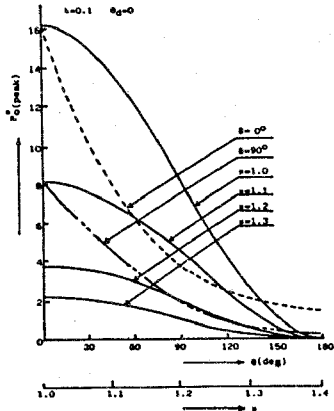


그림 6.  $\phi$ 에 따른 정상출력 제어특성

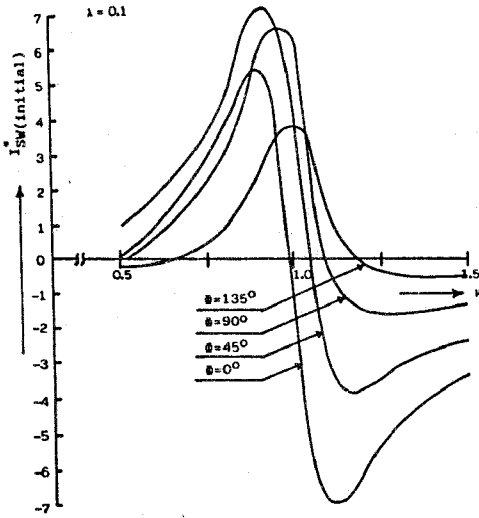
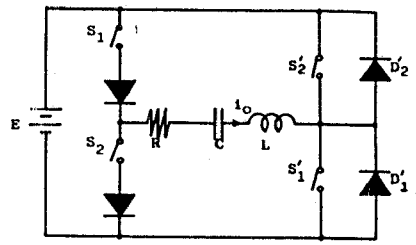
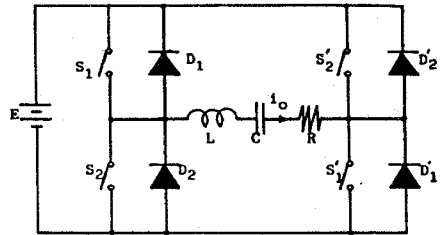


그림 7. ( $S_3, S_4$ )의 전류 초기치

참가해서 제한회로는 회로 공진 파라메타(L,C)에 의한 고 유주파수(fr)과 Gate에 공급되는 인버터의 동작 주파수 (fo)와의 대소 관계에 의해 회로동작 상태를 변화 시킬수 있는 특징을 갖고 있다. 특히  $fr < fo$ 의 경우 내장 다이오드를 갖는 MOSFET (IGBT)를 유용히 사용할수 있어 회로 구성에 있어 간단화를 도모할수 있다. 그림 6은 위상차  $\phi$ 와 정규화 주파수  $\mu$ (출력 주파수/회로의 고유 주파수)에 대한 출력 전력  $P_o^*$  특성을 나타내고 있다.  $P_o^*$  제어특성은  $\phi$ 에 의해 임의의  $\mu$ 에 대해서 거의 직선성을 갖고 제어 되는 특성을 알수 있다. 한편 일점 파선으로 나타내 곡선은 종래 주파수제어에 의한 출력제어 특성으로  $\mu=1.0$ 에서 최대출력으로 되고,  $\mu$ 의 변화에 따라  $P_o^*$ 가 급격히 감소하는 경향이 있으므로 제어 범위가 협소함을 알수 있다. 그림 7은 ( $S_3, S_4$ )에 있어서의 전류 초기치를 나타내고 있다. 그림에서 알수있듯이  $S_1$ 이 도



(a)



(b)

그림 8. 회로 구성

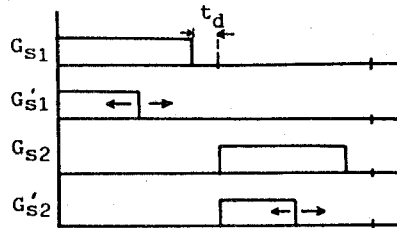


그림 9. Gate신호 Pulse

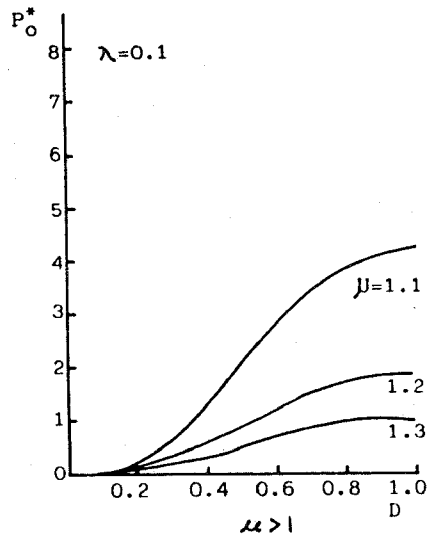


그림 10.  $D - P_o^*$  특성

동하고,  $\phi$ 후에  $S_4$ 가 도통하므로 출력에서 볼때 회로 상태는  $S_1(D_1)$ 은 유도성으로,  $S_4(D_4)$ 는 용량성으로 나타난다.

이점은 회로 설계시 중요한 설계자료로 제공된다. 그림 8 은 (a)(b)는 구동신호 펄스 폭 제어방식의 회로방식을 나타 내고 있다. 스윗칭 소자의 Duty를 변화 시키는 것에 의해 출 력전력을 제어할수 있고, ( $S_1$  과  $S_2$ )는 50% Duty로 스윗칭 주파수가 바뀌어 진다.이상의 동작에 의해 출력 전압과 출력 주파수를 제어 하는것이 가능하며 이것이 펄스 폭 제어에 의한 출력-주파수 제어의 기본 원리이다.그림 8 (b)는 전원 회생 루프를 내장한 것으로 그림 8 (a)의 회로 동작과 그 기 본 원리는 같으나 출력 전류가 반주기 동안에 정.부로 연결 되는 점이 다르다.

그림 9는 그림 8 (a)(b)를 운전시키기 위한 구동신호의 타 임 시퀀스를 나타내고 있다.  $Gate^1, Gate^2$ '는 PLL-용용의 이상회 로를사용하여 AND Gate에서 얻어내고 있다.

그림 10은 Duty에 따라  $P_{out}$ 의 제어특성을 나타내고 있음을 알수 있다.

5. 실험 결과

그림 11은 그림 4의 회로를 실제 제작하여 그림 5의 Drive Pulse 시퀀스에 의해 운전하였을 때의 실측 파형을 나타내고 있다.실측 파형에서 보여주는 바와 같이 출력제어가 안정되 게 실현 되고 있음을 확인 할수 있다.그림 12는 출력전류의 이론치와 실험치와의 오차는 사용한 MOSFET의 동특성 내부 저항 (약 0.2 - 0.8)과 회로 부품의 손실에서 기인 된것으 로 사료된다.

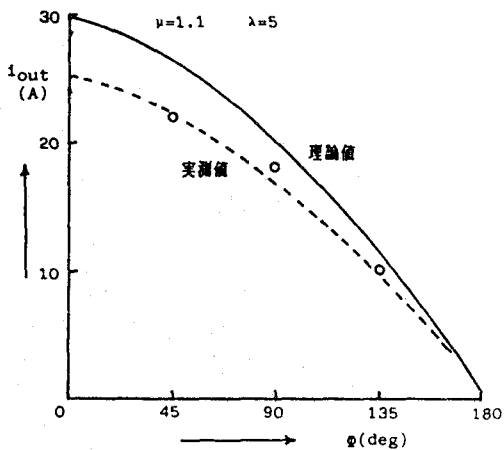


그림 12. 이론치와 실험치

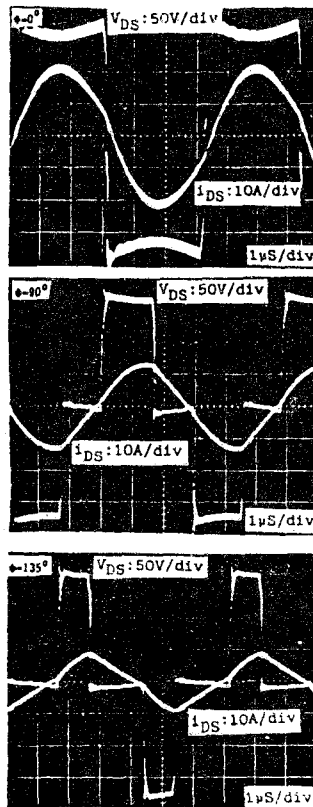


그림 11. 공진 주파수 추종제어에서의 실측파형

6. 결 론

본고 에서는 고주파 공진형 인버터에 있어서 출력전압과 출력 주파수를 인버터의 내부에서 독립적으로 제어하는 방 식과 자기 소호형 고속소자를 중심으로 한 회로 구성에 대해 서도 기술 하였다. 또 제안 회로의 정상 특성에 대해서도 논 하였으며, 더우기 실험회로를 제작하여 H/W 입장에서 원리상 유효하다는것도 검토 하였다.

\*참 고 문 헌

- (1) 일본 전기학회 : 고주파용 전력반도체 디바이스 응용기 술의 동향 (1987)
- (2) 배 진호, 김 동희 : 전력용 반도체소자의 Drive기술, 전자 공학회지 NO. 6 Vol 14, 1987
- (3) R A C : Thyristors Application Note, An-6856 U S A . 8 . 80.
- (4) ZUNG T.Chang : ASCR sine-wave inverter produce low E M I , Electronics, 5 , 1981.
- (5) 김 동희, 유 동욱, 오 승훈 : 자기소호형 소자를 사용한 신 방식 고주파 인버터, 1989년 하계 종합학술대회 논문집.