

정전 유도형 소자의 스위칭 특성과 응용기술

김 동희^이 배 진호 배영호* 권 순걸** 서 기영**

영남대학교 전기공학과 경북산업대학 전기공학과 경남대학교 전기공학과

A Study on Switching Characteristics of Static Induction Type Device and Its Application

Kim - Donghee Bae - Jinho Bae - Yeongho Kwon - Soonkul Seo - Kiyeong
Yeungnam Univ. Kyungbook Sanup Univ. Kyungnam Univ.

< ABSTRACT >

Power electronics technology based on power Semiconductor switching devices (PSSD) is used extensively as a mean to control electrical energy in domestic and industry applications.

This paper presents new driving circuits considering characteristics of PSSDs, which can drive SIT and SI-Thy having potentiality of applications in future industry. And it is shown that the preposed design method can be applied to main power conversion circuits.

1. 서 론

전력용 반도체 스위칭소자(Power Semiconductor Switching Device, 이하 PSSD로 약칭)의 응용을 주체로 한 전력전자 기술은 민생 가전분야에서 기간 산업분야에 이르기 까지 전기에너지를 자유자재로 제어 조정하는 수단으로 눈부신 활약을 하고있다.

PSSD는 1970년 후반부터 마이크로일렉트로닉스의 미세 가공기술을 도입함에 의해 대용량화, 고속화로의 실용화가 급속히 진행되었다(1)(2). 그 결과, Thyristor family의 고속화 (A-SCR, GATT 등)는 물론, 제어신호 단자에 소신호를 인가하는 것의에해 동작주파수가 수십KHz ~ 수백KHz대 이상으로 운전이 가능한 Transistor family (MOSFET, SIT 등)가 출현되었다.(3)(4)(5). Transister family 소자들은 회로 역 bias시간의 확립이 불 필요하므로, 주 변환회로의 운전 동작영역을 확장시킬 뿐만아니라, 출력 주파수의 고주파화가 가능하므로 장치의 소형 경량화에도 공헌하고있다.(6)(7)

상기의 자기소호형 PSSD는 제어단자에 전압또는 전류 pulse를 인가 하여, 주단자간의 carrier 혹은 channel을 형성 소멸시키는 스위칭동작을 하므로, 신호전압 전류 pulse

를 발생시키는 구동 회로에따라 스위칭특성에 큰 영향을 미친다.(8)(9). 신형 PSSD중에서도 SI형 소자는 Normally-on 특성 (Normally-off 도 있으나 일반적으로 전기적 특성이 나쁘다)을 갖고 있어 주 변환회로에 스위칭 소자로 사용할 경우 전원 단락으로부터의 보호가 필요하며, 또 고속 스위칭 동작을 실현 시킬수있는 구동회로 기술이 수반되지 않으면 안된다.

본 고에서는 상기와 같은 관점에서 PSSD중에서도 향후 산업 전반에 광범위하게 사용하리라 예상되는 SI소자를 중심으로 하여 구동 회로기술과, 스위칭특성 및 실제 주 변환회로에 그 응용이 가능함을 검토하고있다.

2. SIT (Static Induction Transistor)의

고속 Drive회로 기술

SIT는 1950년대에 동북대학의 Nishizawa교수에 의해 발표되어, 1970년경에 개발(To kin)을 시작하여 현재에 이르고 있다. SIT는 Source(S)-Drain(D) 공핍층의 거리를 짧게한 소자로, 그 기본구조는 그림1과 같다. 이 구조는 MOSFET의 Gate(G)를 PN접합 구조로 하었다고 볼 수있으므로, 순 bias를 인가해 on전압을 개선시킬 수 있다.

그림2와 3은 SIT를 스위칭 동작에 사용할 경우의 전기적 출력특성을 실측한 파형이다. 실측파형에서 알 수 있듯이 Normally-on 특성을 가지므로 주 단자(D-S)간은 단락 상태로 된다. 기본 스위칭 동작은 Vgs가 정 또는 영전위이면

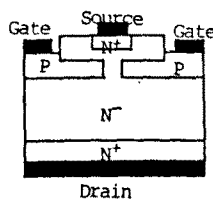


그림 1 SIT의 기본 구조

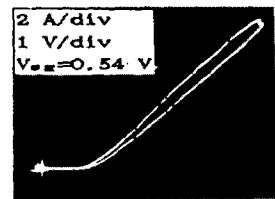


그림 2 출력 특성

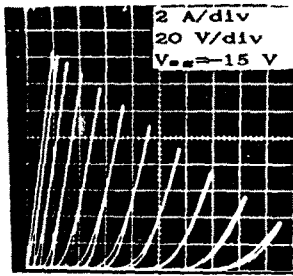
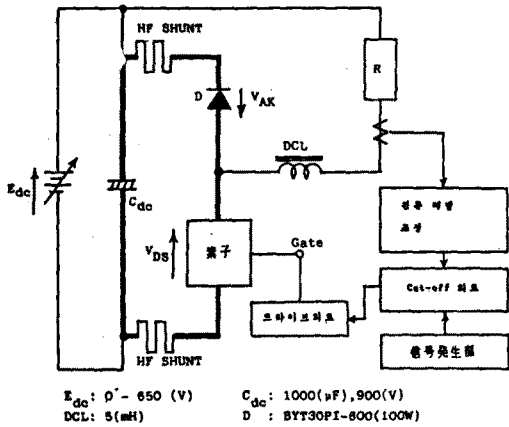


그림 3 출력 특성

Turn-on되고, V_{gs} 가 충분한 부진위로 되면, Turn-off로 이행한다. SIT의 스위칭 속도는 G-S간에 존재하는 입력용량(C_{iss})과 Drive회로 구성에 따라 영향을 받으며, SIT에 충전시 과도전류 $i_{or} = (C_{iss} \cdot E_a) / t_{on}(A)$ 를 발생시키는 Drive회로가 요구된다. 따라서 SIT를 고속 스위칭동작시키기 위해서는 Drive 회로의 출력저항을 적게하여야 하나, C_{iss} 와의 상호 관계를 고려하여 출력 저항값을 결정하여야 한다.

또 Normally-on 특성을 갖고있으므로 Drive회로에서 on/off 신호에 이상이 있을시에도 항상 차단할 수있는 기능이 요구된다. 그림4는 SIT 및 Si-Thy의 스위칭 특성을 조사하기위한 실험 회로를 나타내고있다. 실험 회로는 스위칭 소자를 강압 초파에 적용하여 사용하였다.



E_{dc} : 0 - 650 (V) C_{dc} : 1000(μ F), 900(V)
 DCL: 5(mH) D: BYT30FI-800(100W)

그림 4 실험 회로

그림 5는 P.C에 의해 주회로와 절연하고 있는 SIT Drive회로를 보여주고있다. 그림 5에서 SIT의 on/off에 따른 잡음이 구동용 전원(8V)에 혼입하는 경우가 있으므로 오동작을 피하기위해 전압증폭 전단의 저항값의 선정에 주의를 요한다.

그림 6은 P.T를 사용한 SIT의 Drive회로를 보여주고있다. 그림 7은 그림 6의 Drive회로를 사용하여 SIT를 스위칭 동작시켰을때의 손실을 측정한 값이다. 실측 결과 출력저항에 역 병렬 Diode를 접속하였을 경우, 출력 저항값에 따라 Turn-off손실이 거의 일정한 값으로 감소됨을 알수있었다.

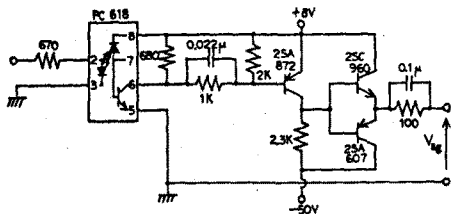


그림 5 P.C에 의한 SIT Drive회로

실험 결과로부터 그림 6의 Drive회로는 Turn/on off가 약 200 μ s 이내로 스위칭 동작이 완료됨을 알 수있었고, SIT를 가장 저 손실로 운전하기 위한 구동주파수가 200KHz~300KHz 범위가 됨을 알 수있었다. 그림 6(a), (b)는 gate구동 신호를 차단 혹은 복귀하였을 경우, 공진형 인버터의 출력 전류 파형을 실측한 것을 보여주고있다. 실측 파형에서 알 수있듯이, 차단 부귀 어느경우에나 과도적인 값을 나타내지 않고, 5~8 cycle내에 주 변한 회로가 정상 운전됨을 보여 주고있다.

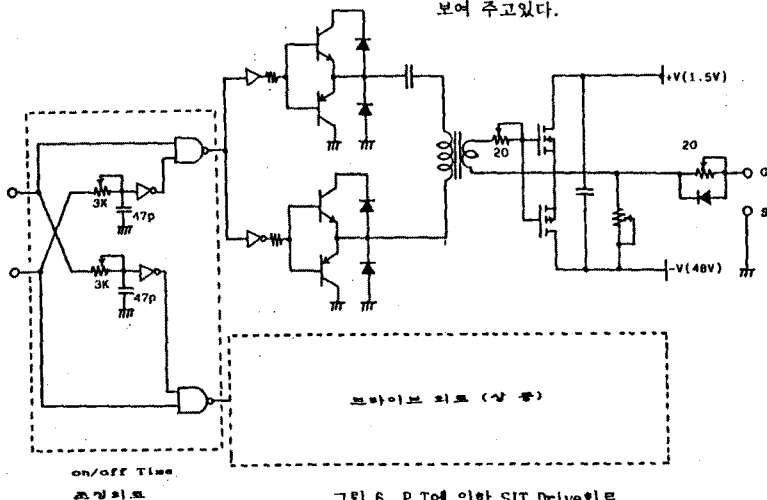


그림 6 P.T에 의한 SIT Drive회로

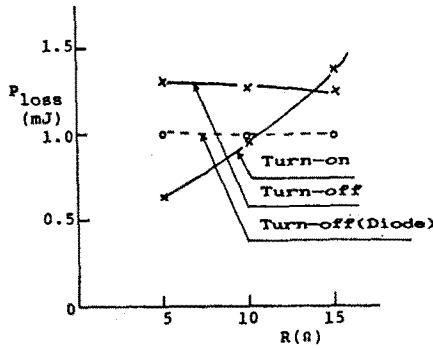


그림 7 스위칭 손실

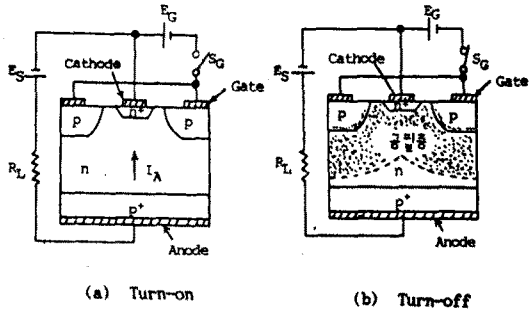
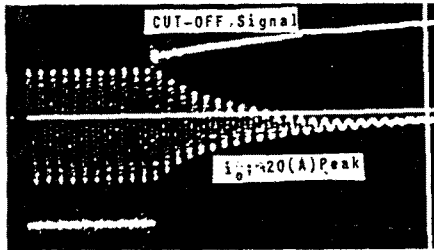
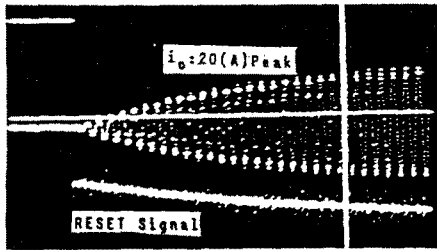


그림 9 SI-Thy 기본구조 및 동작원리

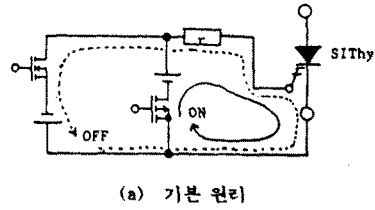


(a) gate 차단

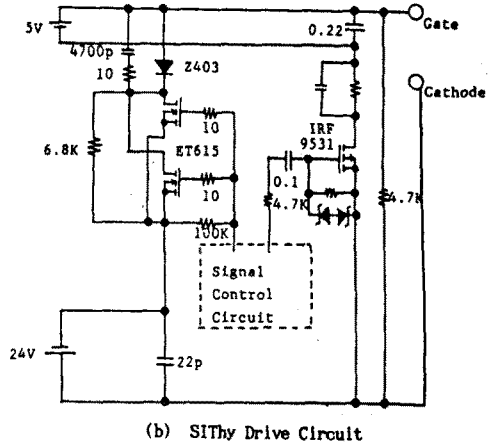


(b) gate 복구

그림 8 gate차단 복귀시의 출력 전류 실측파형



(a) 기본 원리



(b) SI-Thy Drive Circuit

그림 10 SI-Thy의 Drive회로

3. SI-Thy의 고속 Drive회로 기술

그림 9(a)(b)는 SI-Thy의 기본 구조와 스위칭 동작의 기본 원리를 나타내고 있다. 그림에서 순 방향전압(E_s)가 A-K 간에 인가되고, gate bias가 인가하지 않는 경우, p^+n^+Diode 부분에 주전류 I_A 가 흘러 도통 상태로된다. 이때 p^+, n^+ 층으로부터 n층에 정공과 전자가 주입되어, n층은 도전을 번조가 생기므로 p^+ 층이 없는 SIT에 비하여 on전압이 낮게된다. 한편 G-K에 gate전압을 인가하면, n층의 과잉 캐리어 gate층으로 방출 되어 두 개의 gate 영역 간의 n층 부분에 공핍층이 형성되어 저지 상태로 이행된다. 이와 같은 turn-off 과정에 있어서 Drive 회로에는 큰 과도 전류가 흐르기 때문에 고속으로 turn-off시키기 위해서는 gate회로

의 임피던스를 되도록이면 적게 설계하도록 하여야한다.

그림 10(a)(b)는 Drive의 기본 원리 및 SI-Thy의 실용 Drive회로를 보여주고있다.

상술한 바와같이 SI-Thy는 Normally-on 특성을 가진 소자로 Turn-on시는 Diode특성과 유사하며, gate에 부전압을 인가하여 Turn-off동작을 실현 시키고 있는 대용량 소자이다. 그림 11은 SI-Thy를 종래의 HF 인버터에 적용한 회로 구성을 나타내고, 그림 12는 그림 10(b)의 Drive회로로써 SI-Thy를 동작 시켰을 경우의 Turn-off 파형을 실측한 파형이다. 실험에 사용한 SI-Thy의 정격은 1500V, 300A급이며, 입력전력은 11KW, 동작 주파수 70KHz 였다. 실험을 통하여 SI-Thy는 대용량급에서 효율성이 좋은 스위칭 동작이 이루어졌음을 확인 할수있었다.

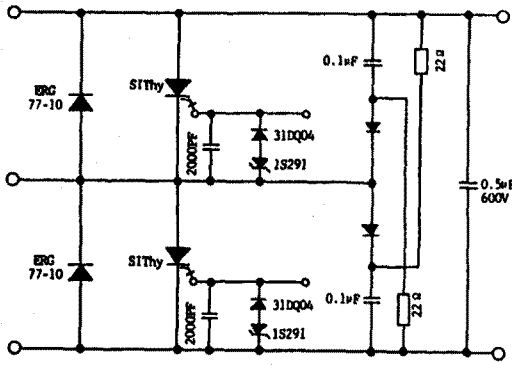


그림 11 H F 인버터의 회로구성

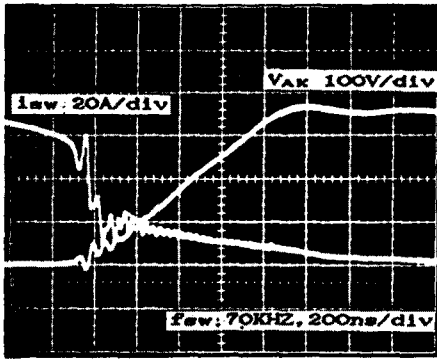


그림 12 Turn-off시 전압 전류파형

참고 문헌

- (1) Brain R.Pelly, "Power Semiconductor devices", IEEE CH 1682-2 991-19 (1982)
- (2) B.Jayant Balliga, "Switching lots of Watts at high speeds", IEEE Spectrum DEC. pp42-48 (1981)
- (3) Ralph E. Locher, "The advent of high Current ASCR's", PCI'81 proceedings, pp169-207 (1981)
- (4) Jun-ichi.N, "High-frequency high power SIT", IEEE Trans. Vol.ED-25 No.3 (1978)
- (5) Marvin W.Smith, "Insulated-gate transistor", Cahner Publishing Co. EDN, Feb.(1984)
- (6) Richard L.Bonkowski, "A technique for increasing power transistor switching frequency", IEEE Trans. Vol.IA-22 No.2 pp240-243 (1986)
- (7) Donghee Kim, "Instantaneous Voltage Resultant Phasor control-based high-frequency Resonant Inverter Using Self Quenching Power Devices", T.IEE. Vol.107-D, No.2 pp247-254 (1987)
- (8) 김 동희 배진호, "전력용 반도체 소자의 Drive기술", 전자공학회지. Vol.14. No.6, pp1-15 (1987)
- (9) 김 동희 배영호, "SI-Thy를 이용한 시분할 고주파 인버터", 전력전자 연구회. 4월 (1988)

4. 결 론

전력용 반도체 스위칭 소자들의 꾸준한 성능 향상과 개발은 전력제어 기술보급에 박차를 가해 산업 전반으로 확산되어, 그 응용분야의 확대화를 위해 눈부신 활약을 하고있다.

전력전자 기술은 응용분야에 따라 다양한 전력변환 장치들을 실용화 시켰으며, 소자의 on/off 동작에 의해 합리적인 전력변환으로 조정하여 최종적으로 목적하는 값으로 제어하고있다.

본 연구는 이상 기술한 바와같이 전력변환 장치에 사용되는 스위칭 소자 중에서도 최근 각광을 받고있는 SI-Thy를 중심으로 Drive 기술에 관해 기본적인 사항을 논했으며, 또 실제 응용이 가능한 Drive회로를 사용해, SI형소자를 구동하여 Turn-on/off특성도 검토하였다. 그 결과 개발한 Drive회로가 실제 응용이 가능하다는 것을 실험적으로 입증하였다. 첨가해 본 연구에서 얻어진 결과가 전력용 스위치 소자의 주변 기초기술에 유용히 이용되길 기대한다.