

MOS - GTO 의 스위칭 특성과 Gate Drive 회로 설계에 관한 연구

* 노진입 성세진

충남대학교 전기공학과

A study on the switching character of MOS-GTO and the design of gate drive circuit

Jin Eep Roh Se Jin Seong

Dept. of Electrical Eng. Chungnam Nat'l Univ.

Abstract

This paper describes a study on the switching character of MOS-GTO and the design of gate drive circuit.

Chopping power supply converter, synchronous and asynchronous motor speed adjustment, inverter, etc., needs low drive energy " high frequency " switches. To fulfill these need, switches must have rapid switching time and insulated gate control. MOS-GTO structure is well suited to these constraints. The power switch is serial installation of a GTO thyristor and a MOS Transistor. The gate of the GTO is linked to positive pole of the cascode structure via a MOS high voltage transistor and ground via a transient absorber diode. This high performance MOS-GTO assembly considerably increases the strength which facilitate the drive of GTO thyristers.

1. 서론

최근 전력용 반도체 소자의 설계 및 제작기술의 발달로 고전압 대용량화, 고속화, 복합화로 전력변환 분야에 많은 변화를 주고있다. 대용량화, 고효율화 및 소형 경량화를 실현하기 위해서는 고속 스위칭 소자 이면서 대용량 특성을 갖는 전력용 반도체 소자가 요구된다. 이와같은 요구에 따라 트랜지스터와 MOSFET의 단점을 보완한 복합소자인 IGBT가 개발되어 최근 전력변환기에 많이 사용되고 있다. 그러나 IGBT는 대체적으로 고속 스위칭 특성을 가지나 대용량 전력변환 장치에는 적용하기 어렵다. 그래서 고속스위칭 특성을 가지면서 용량을 증가시키기 위하여 대용량 소자인 GTO와 고속 스위칭 소자인 MOSFET의 특성을 보완한 비교적 대용량, 고속 소자인 MOS-GTO가 최근에 개발되었다.

본 연구에서는 MOS-GTO의 스위칭 특성과 이를 Gate Drive 하기 위하여 Gate 특성(전압, 전류, 스위칭 시간등

)을 분석하고, 이 특성을 충족시킬수 있는 Gate Drive 회로의 설계 및 제작이 필요하다. 그러므로 고속 스위칭 특성을 갖는 Gate Drive 회로를 설계함에 있어서 회로의 각 변수의 값과 전기적 특성을 고려하여 적절한 구성품의 선정이 중요하다. 이와같은 관점에서 회로를 설계하고, 시험 제작하여 MOS-GTO와 연계한 스위칭 특성실험을 통하여 설계된 Gate Drive 회로의 유용성과 적용할수 있는 최대 주파수 범위를 알아보고자 한다.

2. MOS-GTO의 구조 및 동작회로

MOS-GTO의 동작회로는 2.1과 같으며, 구조적으로는 GTO와 MOSFET가 Hybrid Modul로 제작되어 있다. 그리고 동작회로를 살펴보면 GTO와 MOSFET가 직렬로 연결되어 ON 전압이 증가하여 손실이 증가하지 않을까 하는 우려를 할수 있으나 이와같은 구성이 복합소자로 되어있기 때문에 ON 전압은 3V 내외로 IGBT와 유사하다.

3. MOS-GTO의 전기적 특성 (PDBS 150)

표 3.1 MOS-GTO (PDBS 150)의 전기적 특성

항 목	기호	시험조건	정격치	단위
◦ Repetitive Peak Off 전압	V _{drm}		1000	V
◦ 가제어 전류	I _{tgq}	T _j = 125° C	150	A
◦ Gate Source 전압	V _{gs}		± 20	V
◦ ON 전압	V _t	T _j = 25° C		
		I _t = 150 A	2.9	V
◦ Turn on time	T _{on}	Tr + Td	1.4	μS
◦ Turn off time	T _{off}	Tf + Tstg	1.55	μS
◦ Tail time	T _{tail}		3	μS
◦ Gate Source Cap.	C _{igs}	f = 1 Mhz	13	nF
◦ 충전 전하 용량	Q _g	V _{gs} = 15V	600	nC
◦ Series Gate Res.	R _l		2.5	Ω

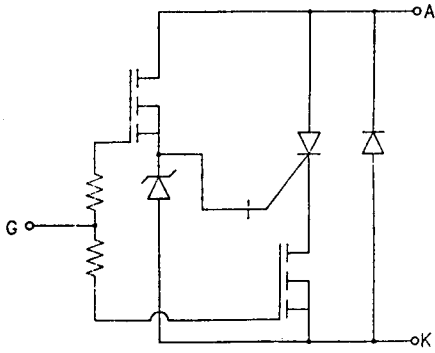


그림 2.1 MOS-GTO의 동가회로

MOS-GTO의 특성을 종합해보면 다음과 같다.

- 1) 전압구동형 소자로 Gate Drive 회로가 간단하며 구동전력이 적다.
- 2) 비교적 고전압 대전류 소자이다. (IGBT < MOS-GTO (GTO))
- 3) 고속 작동이 가능하며 스위칭 손실이 적다.
- 4) 대전력 소자인 GTO를 응용한 소자로 대전력 고속 스위칭 소자로 발전 가능성이 높다.

4. Gate drive 회로의 설계

4.1 설계 요구 조건

- 출력 전압 : $\pm 18\text{ V}$
- 출력 전류 : 2 A (6 A , Peak)
- 상승 시간 : 500 nsec (Max) (650 nsec)
- 하강 시간 : 500 nsec (Max) (600 nsec)
- Delay Time : 500 nsec (Max) (750 nsec)
- Storage Time : 500 nsec (Max) (950 nsec)

* () 안은 MOS-GTO의 스위칭 특성임

4.2 회로의 설계

앞에서 요구된 전기적 특성을 만족시키기 위해서 회로의 구성을 증폭기(Op Amp.)를 사용한 B급 Push - Pull 전력용 증폭기를 그림 4.1과 같이 구성하였다. 여기에서 증폭기의 전기적 특성이 Drive 회로의 특성에 매우 큰 영향을 주므로 이의 선정이 무엇보다 중요하다고 할수 있다. 증폭기의 특성중 Gain Bandwidth (Hz)와 slew rate ($\text{V}/\mu\text{s}$)가 높을수록 스위칭 시간이 빠르므로 증폭기의 선정시 이와같은 특성을 고려하여야 한다. 본 설계에서 선정된 증폭기(AD 848, Analoge Device 사)의 특성은 Gain Bandwidth가 175 (Mhz) 이고 slew rate가 $300\text{ (V}/\mu\text{s)}$ 이다.

또한 이 증폭기의 출력을 높이기 위해서는 전력용 증폭 회로를 설계 하여야 하는데, 여기서 각 소자의 스위칭 특성을 충분히 고려하여야만 요구된 규격치를 충족시킬수 있다. 즉 본 회로에 사용되는 트랜지스터와 다이오드들은 요

구되는 전압과 전류를 만족시키면서 고속 스위칭 특성을 갖는 소자의 선정이 중요하다.

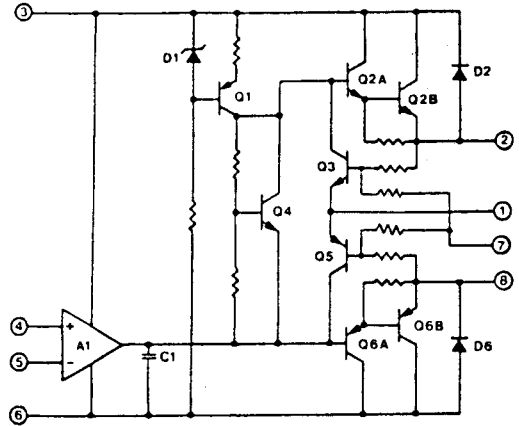


그림 4.1 설계된 Gate Drive 회로

5. 제작 및 스위칭 특성 실험

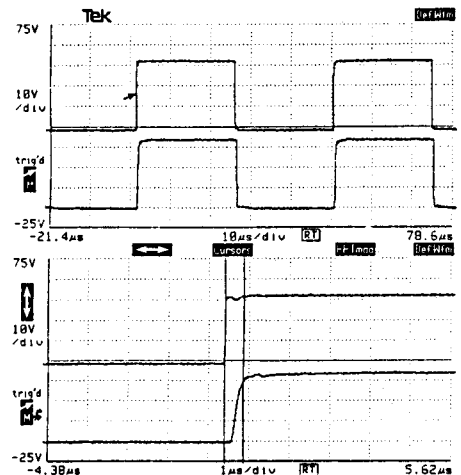


그림 5.1 제어 클럭(상)과 상승 시간 파형

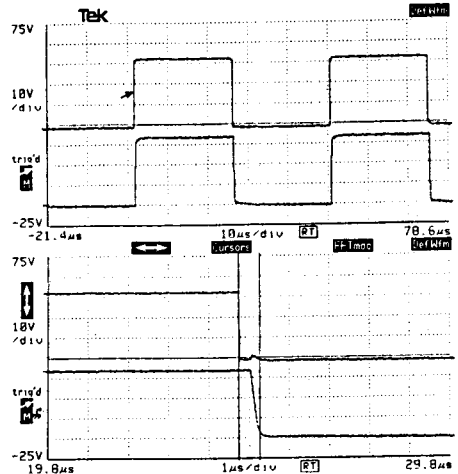


그림 5.2 제어 클럭(상)과 하강 시간 파형

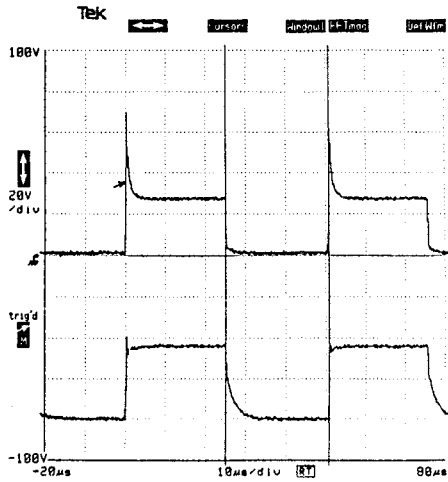


그림 5.3 MOS-GTO 전압(상) 및 전류(하) 파형(20 KHz)

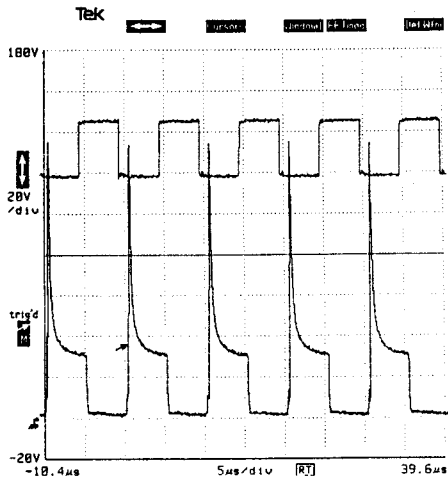


그림 5.4 제어 클럭(상)과 MOS-GTO 전압 파형(100 KHz)

앞에서 설계한 회로를 기초로 제작한 Gate Drive 회로를 MOS-GTO 와 연계하여 전기적 특성실험을 수행하였다. 그림 5.1 와 그림 5.2 는 MOS-GTO 를 Gate Drive 회로에 연결하고 상승시간과 하강시간을 측정 한 파형인데 이 실험결과를 요약하면 다음과 같다.

- 상승 시간 : * 200 nsec (160 nsec)
- 하강 시간 : * 200 nsec (120 nsec)
- Delay Time : * 260 nsec (170 nsec)
- Storage Time : * 320 nsec (280 nsec)

() 안은 무 부하(MOS GTO no connection) 시 스위칭 특성임.

또한 MOS-GTO 에 부하전류를 공급하면서 A - K 사이의 스위칭 특성을 조사 하였다. 그림 5.3 는 부하전류를 38 A 를 공급하면서 A - K 간의 전압 및 전류 파형을 측정하였다. 그림 5.4 는 구동 주파수를 100 KHz 로 했을때 스위칭 파형이다. 그림 5.3 과 그림 5.4 에서 부하전류를 공급

하면 선로의 인덕턴스에 의하여 스파이크 전압이 매우 크게 발생하게 되는데 이는 선로의 인덕턴스를 줄이기 위하여 동판등을 사용하고, 또한 Snubber 회로를 적용하여 MOS-GTO의 안정작동영역(SOA)내에서 작동하도록 하여야 한다.

6. 결 론

MOS-GTO 는 GTO의 단점이라고 할수있는 스위칭 시간을 개선시켰고, 또한 Gate Drive 회로가 비교적 복잡한 전류 구동형에서 MOSFET와 같은 전압 구동형으로 개선함으로써 앞으로 고전압, 대전류, 고속 스위칭 특성이 요구되는 전력 변환장치에 많이 응용될것으로 보인다. MOS-GTO의 Gate Drive 를 위하여 회로를 설계, 제작하여 스위칭 특성실험을 20 KHz 와 100 KHz 에 대해서 수행한 결과 Drive 회로의 스위칭 시간이 1 µsec 이내로써 MOS GTO 의 스위칭 시간 2 µsec(최대)를 합하여 총 3 µsec 이면 안정된 스위칭 작동을 수행할수 있음을 알수 있었다. 그러므로 필요에 따라서는 Duty 비율 50 % 로 할경우 최대 166 KHz 까지 응용이 가능할것으로 판단된다. 특히 상승 시간과 하강 시간이 매우 짧으므로(1 µsec 이내) 스위칭시에 발생하는 손실을 줄일수 있는 장점을 가지고 있다. 그러나 용량면에서 SCR 이나 GTO 에는 미치지 못하고 있으나 앞으로 많은 발전이 기대되는 전력용 반도체 소자이다.

참 고 문 헌

- 1) S.M SZE " Semiconductor Devices Physical and Technology ", AT & T Bell Lab, Murray Hill, New Jersey , 1985
- 2) " PDBS 150 型 MOS-GTO Data " 日本 インター株式会社
- 3) M.S Abler & S.R Westbrook " Power Semiconductor Inductive Switching Devices - A Comparison Based on Inductive Switching ", IEEE Trans. Electron Devices, ED-29,947(1982)
- 4) J.Redoutey and Y. Servet " High Voltage, Very Fast Design ", European Conference on Power Electronics and Applications, Session 1 - 8 : High Frequency Converters P.219, Sept. 1987
- 5) Milan Kubat " Power Semiconductor " P.168 - P.224
- 6) J.Holtz, S.Salam " A Nondissipative Snubber Circuit for high-power GTO Inverters " IEEE Transactions on Industry Applications, Vol.25, No4, July/August 1989
- 7) M. H. Rashid " Power Electronics Circuits, Devices and Applications ", Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey 07632. 1988
- 8) Clerc G., Riotte J.P., Rojat G. " A New Step Towards the Ideal Switch : The GTO - MOS Cascade ", EPE Session 1-2 components, P.87, Sept.1987