

SCR 게이트 전류의 변화특성에 관한 연구

성형수, 원화재, 한승문, 한정훈, 박호철
한전기공(주)

A Study on Gate Trigger Current of SCR

Houng-Su Seong, Hak-Jai Won, Seung-Mun Han, Jeong-Hoon Han, Ho-Chul Park
Korea Plant Service & Engineering Co., Ltd.

Abstract - In order to turn on the SCR gate, trigger signal source have to provide appropriate gate current and voltage under the gate rating based on the characteristic of SCR, the nature of load and power.

It will be essential design factors such as trigger source impedance, trigger signal occurring, signal time width and turn off conditions. Also minimum gate trigger current is changed with the deterioration of SCR. SCR, which is needed large gate trigger current absolutely, is very important for SCR characteristic test because it causes unstable output in the misfire or makes a trouble to pulse trigger circuits.

This paper shows scheme to test the performance of SCR with the precision analyzing mechanism and the changing trend of minimum gate current under the trigger conditions.

1. 서 론

SCR을 올바르게 트리거하기 위해서는 트리거 신호의 전원은 SCR의 특성, 그 부하 및 전원의 성질에 따라서 게이트 정격을 넘지 않는 적당한 게이트 전류와 게이트 전압을 공급해 주어야 한다. 트리거전원의 임피던스, 트리거 신호의 발생시점과 신호폭 그리고 OFF 일때의 조건등이 중요한 설계요소가 된다. 또한 SCR의 트리거 동작이 가능한 최소 게이트 전류는 SCR의 노후도에 따라 변화하며 지나치게 큰 게이트 전류를 요구하는 SCR은 트리거 펄스 발생회로에 고장을 발생시키거나 실호로 시스템의 출력을 안정화 시키지 못하기 때문에 SCR의 특성시험에서 중요도를 갖는다.

따라서 본 논문에서는 SCR의 트리거 조건에서 최소 게이트전류를 정밀 분석하는 메카니즘 제시와 함께 변화 형상을 파악함으로써 SCR의 성능을 시험하는 한 방안으로 제시하고자 한다.

2. 본 론

2.1 SCR의 트리거 과정

SCR의 트리거 과정을 두 개의 트랜지스터 작용으로 해석하면 직류게이트 전류를 서서히 증가시킨 경우의 스위치 동작은 먼저 대칭적인 트랜지스터의 동작으로부터 시작되고 애노우드 전류는 게이트 전류에 비례해서 증가한다. 그림 1에서 애노우드 전압이 (+)인 경우 애노우드 전류는 전자사태(애벌런쉬)의 모양으로 급격히 증가하는 점까지는 비교적 애노우드 전압의 영향을 받지 않는다. 이 점에서 다이오드의 소신호 임피던스(dV/dI)는 빠르기는 하지만 비교적 완만하게 높은 정(+)의 저항으로부터 0저항으로 변화해가도 다시 전압의 감소를

수반하면서 전류가 증가함에 따라 부(-)의 저항이 증가해간다. 부성저항 영역은 2개의 트랜지스터가 포화상태에 이를 때까지 계속되며 임피던스는 완만하게 (-)에서 0으로, 그리고 (+)의 저항으로 반전해간다. 또한 트리거를 위한 조건은 게이트전류 이외에 애노우드 회로의 임피던스의 크기와 공급전압에 의해서도 좌우된다.

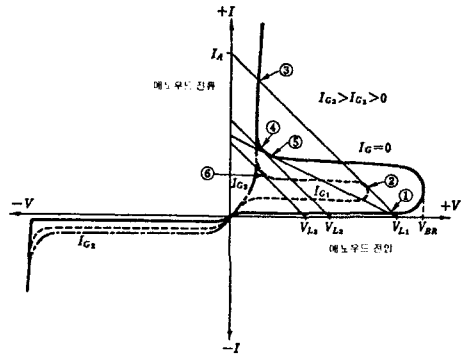


그림 1 게이트 전류와 SCR의 A-K간 특성

게이트전류가 0 인 경우 특성곡선은 ①에서 부하선과 교차하고 게이트 전류가 I_G1 인 경우는 ②에서 부하선과 접하게 되며 이점에서는 SCR의 부성저항의 크기는 외부의 부하저항과 같다. 이 조건은 동작점이 불안정하기 때문에 안정한 동작점 ③의 로우임피던스 상태로 스위치 한다. 이와 같이 되면 게이트 전류를 없애도 동작점 ③에서 도통이 유지된다. 만일 공급전압이 V_L2로 감소하면 부하선이 이동하여 동작점 ③은 원점으로 향하여 이동한다. 부하선이 동작점 ④에서 특성곡선과 접하게 되면 다시 불안정한 조건으로 되고 SCR은 원래의 하이 임피던스 OFF 상태로 되돌아 간다.

동작점 ④에 있어서의 애노우드 전류는 이 조건에 있어서의 유지전류이다. 만일 공급전압을 내려서 동작점 ④에 이르는 것이 아니고 부하저항을 증가시켜 갔다고 하면 특성곡선이 부하선과 접하는 점은 ⑤보다 낮은 전류로 된다. 이것은 그 조건하에서의 유지전류이다.

만일 공급전압 V_L3 이 저하한 후 애노우드 전류 I_G1 이 흐른다면 터언 오픈는 동작점 ⑥에서 일어나고 그 애노우드 전류는 보다 낮은 값으로 된다. 따라서 SCR을 트리거 하려면 보다 큰 게이트 전류 I_G2를 필요로 한다. 그러나 게이트 신호를 I_G1 이하로 내리면 OFF 상태로 되돌아가므로 SCR은 실제로 ON 상태로 래칭 되어 있다고 할 수는 없다. 래칭 전류는 적어도 유지전류와 같든가 또는 저전류의 도통이 불균일한 영역에서 일어나기 때문에 보다 높은 값으로 된다. 이와 같이 트리거는 애노우드와 게이트 양쪽의 조건에 의해서 결정된다.

그림 2 는 게이트-캐소우드 사이의 전압-전류 특성의

한계값, 즉 게이트 캐소우드 사이의 내부저항의 상한과 하한 각 온도에서의 최대 게이트 트리거 전류 및 전압, 최소 게이트 비 트리거 전압 및 전류, 각종 게이트 최대 정격을 나타내고 있다. 일반적으로 SCR의 게이트-캐소우드 사이의 내부저항은 불균일이 어느정도 존재하므로 저온에 있어서도 트리거할 수 있게 하려면 게이트 전원의 부하선은 그림 2와 같이 사선부의 바깥쪽에 최대 정격내에서 그어지게 할 필요가 있다.

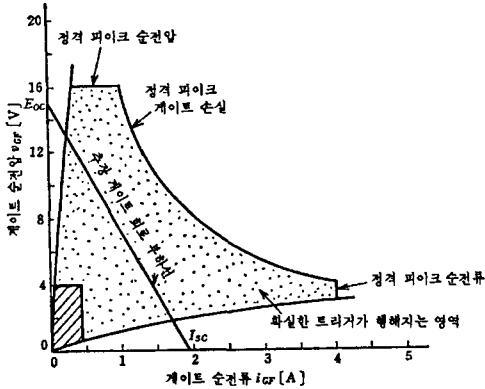


그림 2 게이트에 관한 한계값과 특성 (300A 1600V)

그림에서 사선부는 $-40 \sim 125^{\circ}\text{C}$ 까지의 트리거 점의 소재 영역을 나타낸다.

2.2 트리거 특성

그림 3은 C35형 SCR의 직류게이트 트리거 특성을 그래프로 나타낸 것으로 게이트-캐소우드간 전압을 이러한 형식의 모든 SCR에 대한 한계선 (A)와 (B) 사이의 (+)게이트전류의 함수로서 나타낸 것이다. 이들 데이터는 애노우드 전류가 0인(개방) 조건에 대한 것이다.

트리거회로-SCR의 게이트 동작영역은 권장게이트 구동영역으로 표시되며 이 영역은 규격내의 모든 트리거점 (I_{GT} , V_{GT})을 나타내는 사선부와 한계선 (A), (B)와 정격 피크 허용 순 게이트 전압 V_{GF} 를 나타내는 선 (C)와 정격 피크 전력 손실 P_{GM} 을 나타내는 선(D)에 둘러 쌓여 있다. 따라서 규격에 해당하는 모든 SCR을 확실히 트리거하기 위해서는 트리거 회로는 사선영역의 바깥쪽에 신호(I_{GT} , V_{GT})를 공급하여 주어야 한다.

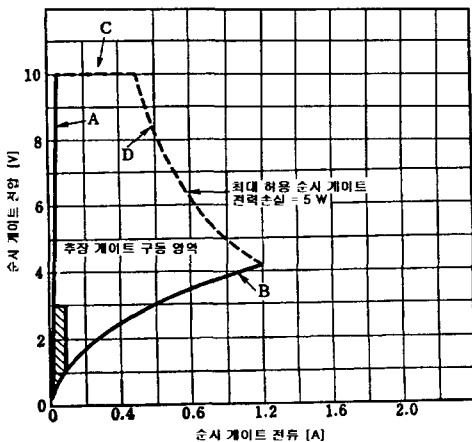


그림 3 DC 게이트 트리거 특성(C35형 SCR)

그림에서 사선부는 $-65 \sim 125^{\circ}\text{C}$ 까지의 트리거 점의 소재 영역을 즉 규격내의 모든 트리거 점을 포함하는 부분과 트리거 하는 최소의 게이트 전류의 온도 의존성을 나타낸 것으로 접합부 온도가 내려갈수록 트리거에 소요 되는 게이트 구동은 커짐을 나타낸다.

또한 그림 3은 SCR을 트리거 하지 않는 최대의 게이트 전압도 명시하고 있다(125°C 에서 0.25V). 그림 4는 C106형 SCR을 트리거 하는 구형과 펄스에 대한 펄스폭과 피크전류의 관계를 나타내고 있다. 일반적으로 트리거에 필요한 직류게이트 전압 및 전류의 항목이 규격으로서 기입되어 있는데 그림에서 보듯이 100[μs] 이상의 트리거 펄스폭에 대해서는 직류의 데이터가 적용되고 그것보다 짧은 펄스폭에 대해서 I_{GT} 는 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 전체 전하가 적당하다면 게이트 전류, 전압, 전력의 각 정격을 넘지 않는 어떤 단일방향의 파형도 사용할 수 있음을 알 수 있다.

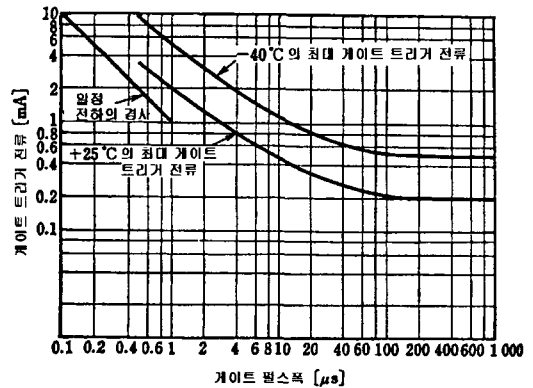


그림 4 트리거 펄스폭의 영향

2.3 게이트 트리거 특성 시험

본 논문에서는 SCR의 게이트 트리거 특성시험을 위해서 그림 5와 같이 시험회로를 구성 하였다.

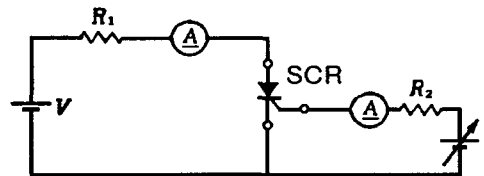


그림 5 게이트 트리거 특성 시험 회로

시험대상 SCR의 A-K 간에 일정한 크기의 전압을 인가 하고(직류 6[VDC]) 게이트에 가변직류전압을 조절하여 게이트에 흐르는 전류를 서서히 영으로부터 증가시키며 게이트 전류와 애노우드 전류를 측정하여 SCR의 애노우드 전압이 급격히 감소하며 SCR이 온 상태로 스위칭 하는 현상을 측정하였다.

이때 A-K 사이에 일정크기 이상의 전류가 흐르게 되면 SCR이 트리거된 것으로 인정하여 시험을 종료한다. 그 결과 A-K 간의 내전압 시험에서는 순방향의 브레이크오버 전압 특성 및 역방향에서의 브레이크다운 전압 특성이 정상적 이면서도 트리거시 전류가 동일기종의 다른 SCR과 비교할 때 현저히 높은 SCR을 찾아낼 수 있었다.

2.4 게이트 특성시험 결과 판정

그림 6은 그림5의 특성시험 회로로서 PRX C385N형의 SCR에 대해 게이트 트리거 특성시험을 한 결과

를 정상특성을 가진 것 과 불량특성을 가진 것을 한 그래프에 나타낸 것이다. 그래프에서 가로축은 게이트에 흐르는 전류이며 세로축은 A-K 간의 전류를 표시한다.

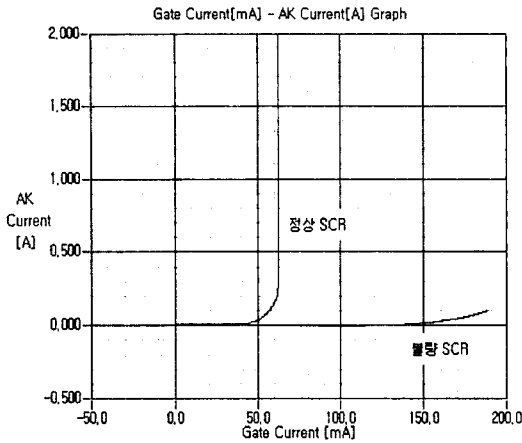


그림 6 게이트 트리거 특성
(정상적인 SCR 과 비정상적인 SCR)

그래프에서와 같이 정상적인 경우는 게이트전류 약 62 [mA]에서 A-K 간의 전류가 급상승하여 트리거 된 것으로 판단되는데 비해 비정상적인 경우에는 게이트 전류가 약 190 [mA]까지 상승하여도 A-K 간의 전류가 트리거 된 상태로 볼 수 없는 현상이다. (시험장비의 능력이 최대 190[mA] 까지 상승 가능하여 더 이상 증가시키지 못하였음)

3. 결 론

본 논문에서는 SCR의 게이트 트리거 특성시험을 통해 A-K 간의 트리거에 필요한 전류를 측정하는 방법을 제시하였다. SCR이 트리거 하는데 설계치 보다 큰 전류의 요구는 게이트 펄스회로에 전기적인 부하를 가중시켜 고장을 유발하거나 펄스변압기의 출력이 전압강하 되어 실효를 할 가능성이 매우 높다. 따라서 SCR의 성능 시험 항목의 하나로 게이트 트리거 특성 시험을 통해 트리거시 시스템을 불안정하게 하는 장애요인을 점검할 수 있는 방법으로 제시하고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] MUHAMMAD H. RASHID, "POWER ELECTRONICS Circuits, Devices, and Applications", pp. 107-207, 1993
- [2] General Electric Company, "SCR Manual 4th edition", pp. 53-94, 1975
- [3] David Finney, "The Power Thyristor and its Applications", pp. 1- 17, 1982
- [4] C.R.Paul/ S.A.Nasar/ L.E.Unnewehr, "Introduction to Electrical Engineering", pp. 286-290, 1986
- [5] Ben G. Streetman, "Solid State Electronic Devices, Second edition", pp. 401-417, 1983
- [6] 집문당, "사이리스터의 기초와 응용", pp. 96-100, 1987
- [7] 보성각, "전력전자", pp. 135-155, 1996
- [8] 한전기공(주) 원자력 훈련원, "전력전자 기초", pp. 155-168, 2000