

온도상승에 따른 SCR 특성 변화에 관한연구

이영수*, 이간운, 박문동, 차재만
한전기공(주) 원자력 기술연수원

Study of Changes of Characteristics of SCR in accordance with a rise in temperature

Young-Soo Lee, Kan-Woon Lee, Moon-Dong Park, Jae-Man Cha

Abstract - When The temperature of the joining of SCR rises major changes of characteristics are increase of leakage current, decrease of break-down voltage, and increase of turn off time. Because these changes promote the inferiority of SCR it(SCR) will get out of control and its life time will be shortened and finally it will be destroyed.

In this paper, we will measure the changes of the characteristics in accordance with a rise in temperature. On the basis of the result we will find out the appropriate time to change SCR and we will use the result for the maintenance of SCR and increase of reliability of SCR.

1. 서 론

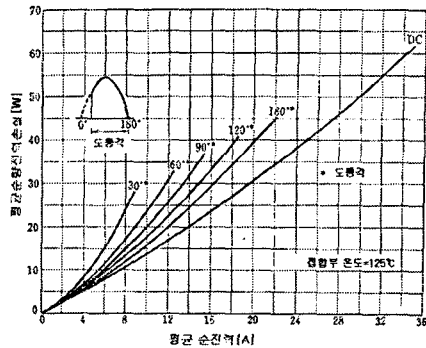
SCR은 제어용 전력변환장치등 산업현장에 광범위하게 사용되고 있는 반도체 스위칭 소자이다. SCR의 수명은 15~25년으로 반영구적이나 사용 환경조건이나 유지관리에 따라 열화에 촉진되어 수명이 저하된다. SCR의 수명 저하요인은 실리콘판 결정의 변형, 표면 특성변화, 페리트와 전극재간의 결합부열화 등 물리적인 요인과 게이트 전류의 상승시간 지연이나 회로의 접촉불량 및 정격이상의 di/dt으로 인한 국부과열, 회로의 서지전압이나 정격이상의 dv/dt인가에 의한 특성변화등 전기적인 요인, 그리고 온도상승이다. 특히 온도상승은 SCR의 물리적, 전기적인 모든 특성을 변화하는데 대표적인 특성변화는 누설전류증가, 내압감소, 턴 오프 시간증가 및 열 피로에 의한 결합부의 결합 형태로 나타난다. 이로 인해 SCR의 열화가 촉진되어, 제어불능, 수명단축 및 파괴로 이어진다. 본 논문은 온도 상승에 따른 SCR의 특성변화를 실측하여 이 값을 토대로 SCR의 교체 시기 및 유지관리의 기초자료로 활용하고 이를 관리하여 설비의 신뢰성을 증대하고자 한다.

2. 본 론

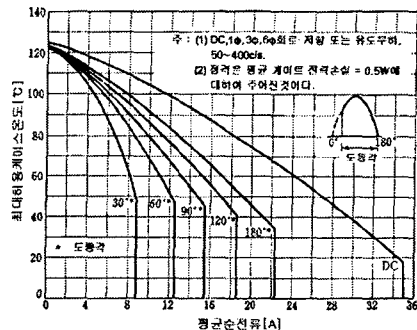
2.1 온도상승과 전력손실

다이리스타가 동작시 접합영역에서 발생하는 전력손실은 순방향 도통손실, 턴 온 스위칭손실, 역방향 저지손실 그리고 게이트 손실이다. [그림1]은 한 예로서 SCR에 있어서 여러 가지 도통각일 때의 순방향손실에 대한 평균전류의 관계를 나타낸 것이다. 이들 전력손실곡선은 애노드 전류와 순방향 전압강하의 적분 순시치이다.

역방향 저지손실은 특성표에 수록되어 있는 저지상태의 V-I 곡선의 적분에 의해 구할 수 있다. 게이트손실은 펄스상의 신호에서는 무시할 수 있으나 높은 듀이티 싸이클을 가진 경우에서는 염두해 두어야 한다. SCR은 그 최대허용 피크 접합부 온도를 넘지 않도록 사용할 때 소자는 반복 베이스로서 사용 된다. [그림2]는 SCR의 케이스 온도에 대한 평균전류 정격을 나타낸 것이다.



[그림1] SCR의 순방향전력손실



[그림2] SCR의 최대평균전류정격

이들 곡선은 SCR의 최대 허용평균 애노우드 전류정격을 케이스 온도와 도통각의 함수로 나타내고 있다. 곡선상의 점은 접합부 온도가 각각의 조건에서 최고 허용치를 넘지 않도록 선정되었는데 곡선의 SCR은 125°C이다. 곡선은 단상저항부하회로에서 점호각이 0° 인 경우 SCR은 180°의 전기각으로 토통하고 케이스온도가 온도가 80°C이하이면 13A의 평균전류를 흘릴 수 있다. 점호각이 120° 인 경우 최대평균전류 9A로 도통각 180°일 때에 비해 낮다. SCR의 비 반복 전류정격에서는 소자의 최대 접합부 동작 온도를 단시간 동안에 사용하는 것이 허용 된다. 이들 정격은 사고전류와 같은 정격 부하조건하에서 비 반복 서어지 전류정격을 나타내고 있다.

2.2 온도상승 한계

반도체소자의 내부온도가 가질 수 있는 온도의 이론적인 상한값은 소위 진성온도 T_i 라 불리 운다. 이 온도에서는 반도체소자 안에서 가장 약하게 도프된 영역에서의 진성캐리어 밀도가 그 영역에서 다수캐리어의 도핑밀도와 같아진다. 예를 들어 실리콘 다이오드에서 도너의 밀도가 10^{14}cm^{-3} 인 약하게 도프된 드리프트영역에서 진성온도는 약 200°C이다. 만일 이 온도를 넘어서면 접합

면이 정류특성을 잃어버리게 되는데, 그 이유는 진성캐리어의 밀도가 도핑밀도를 훨씬 넘어서게 되고 전위장벽을 형성하는 공핍층이 진성캐리어에 의해 단락되어 버리기 때문이다. 그러나 규격표상의 최대 내부온도는 이 한계값 보다 훨씬 낮은 값이다. 전력반도체내의 전력소모는 내부온도에 따라 증가하며 그 손실은 200℃의 온도에서도 대단히 커지게 된다. 소자의 제작사에서는 통상 도통상태에서의 통전전압, 스위칭시간, 스위칭손실과 같은 변수들의 최대값을 어떤 규정된 온도에서 보장하고 있는데, 이 온도는 소자에 따라 다르지만 흔히 125℃로 잡는다.

3. 시험

3.1. 시험 준비

SCR은도특성을 실증하기 위해서는 피 시험 SCR(10개), SCR 특성시험기, 온도가열기, 적외선 방사 온도계가 사용 되었다. 피 시험 SCR은 480VAC 회로에 사용되는 내압이 1200V이상의 것으로 제조회사는 5개사 제품을 선정했다. SCR특성시험기로는 Tektronix사의 Curve Tracer 371B를 사용했다. Curve Tracer 371B의 전압, 전류의 측정범위는 3,000V, 400A이다. 온도계는 SATO사의 SK-8700을 사용하였으며 온도 측정 부위는 실리콘 펠리트와 가장 근거리인 스틸에서 측정하였다.

3.2 시험

3.2.1 온도별 시험 Data

피 시험 SCR을 온도가열기를 통해 상온에서부터 약20℃씩 상승하면서 180℃까지 온도 변화에 대해 시험하였다.

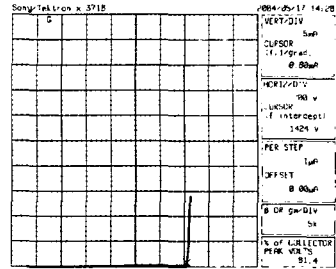
[표1] SCR1 시험 Data(A사 제품)

	순방향 내전압시험		역방향 내전압시험		
	Forward Break Over 전압(V)	누설전류 (mA)	Reverse Break Down 전압(-V)	누설전류 (-mA)	
온도 (℃)	21	1390	0.3	1350	0.3
	40	1394	0.3	1394	0.55
	60	1424	0.80	1394	0.30
	80	1424	0.55	1416	0.60
	100	1458	1.35	1434	1.50
	120	1474	3.70	1434	2.75
	140	1394	5.50	1434	2.75
	150	1394	5.50	1348	5.25
180	1414	10.55	1244	10.75	

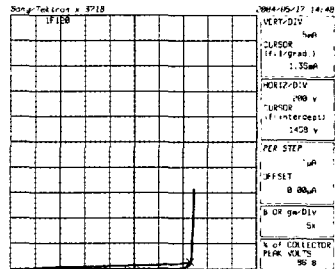
[표2] SCR2 시험 Data(B사 제품)

	순방향 내전압시험		역방향 내전압시험		
	Forward BreakOver 전압(V)	누설전류 (mA)	Reverse Break Down 전압(-V)	누설전류 (mA)	
온도 (℃)	23	1360	0.1	1325	0.4
	40	1365	0.2	1338	0.4
	60	1387	0.25	1346	0.43
	80	1418	0.32	1365	0.62
	100	1425	0.57	1372	0.85
	120	1428	0.82	1381	1.12
	140	1416	1.53	1215	2.71
	150	1397	2.92	957	4.33
170	1385	11.5	820	10.3	

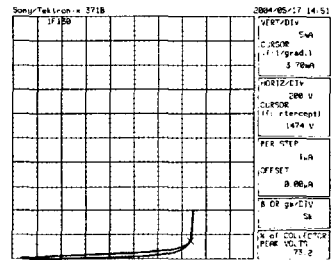
3.2.2 온도별 시험 파형



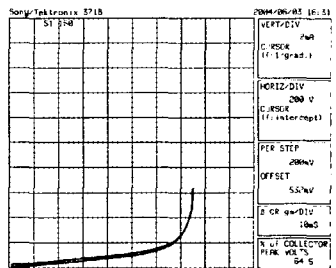
[그림3] SCR1 온도 80℃에서 순방향 내전압시험



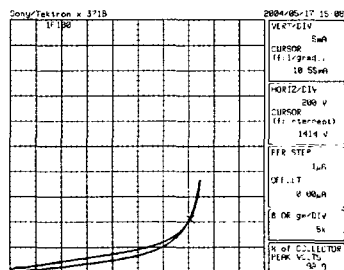
[그림4] SCR1 온도 120℃에서 순방향 내전압시험



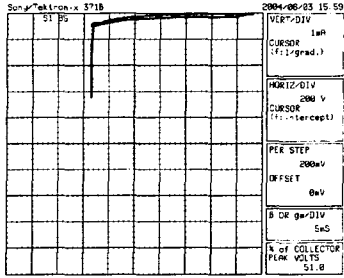
[그림5] SCR1 온도 130℃에서 순방향 내전압시험



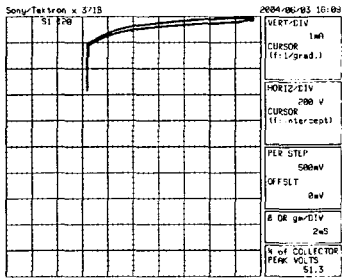
[그림6] SCR1 온도150℃에서 순방향 내전압시험



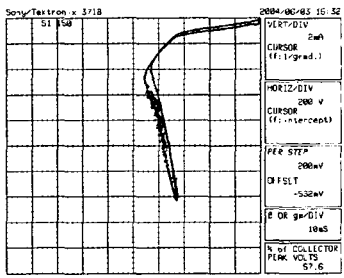
[그림7] SCR1 온도 180℃에서 순방향 내전압시험



[그림8] SCR2 온도80°C에서 역방향 내전압시험



[그림9] SCR2 온도120°C에서 역방향 내전압시험



[그림10] SCR2 온도150°C에서 역방향 내전압시험

3.2.3 특정온도에서의 특성

특정온도에서 SCR의 제조회사별로 특정온도시험을 하였다. [표3]과[표4]는 특정온도(80°C 및 120°C)에서 순방향 및 역방향내전압 시험결과를 나타낸것이다.

[표3] 80°C온도에서 특성시험

측정시온도(°C)	제조사	순방향 내전압시험		역방향 내전압시험	
		Forward Break Over 전압(V)	누설전류 (mA)	Reverse Break Down 전압(-V)	누설전류 (-mA)
80	A사	1424	0.55	1416	0.60
	B사	1418	0.32	1365	0.62
	C사	1926	0.41	1015	1.95
	D사	1404	1.80	1970	1.42
	E사	1926	3.17	1982	2.27
	F사	1568	4.62	1525	2.51

[표4] 120°C온도에서 특성시험

측정시온도(°C)	제조사	순방향 내전압시험		역방향 내전압시험	
		Forward Break Over 전압(V)	누설전류 (mA)	Reverse Break Down 전압(-V)	누설전류 (mA)
120	A사	1474	3.70	1434	2.75
	B사	1428	0.82	1381	1.12
	C사	1985	1.35	978	2.13
	D사	1424	5.32	1980	1.63
	E사	1970	3.16	1998	3.21
	F사	1554	5.23	1575	5.17

3.3 시험결과 분석

온도변화에 따른 특성 시험결과는 다음과 같다.

첫째, 대부분 상온에서 120°C까지 온도증가에 따라 순방향 및 역방향 내합증가는 [표 1]과 [표2]에서와 같이 증가하는 형태로 나타났다. 순방향 및 역방향 내합은 120°C~130°C을 기점으로하여 저하하는 형태로 나타났다. 둘째, 순방향 및 역방향 누설전류는 [표1]과 [표2]에서와 같이 온도증가와 함께 증가했으며, 100°C이상의 온도가 열시 증가비율이 높았다. 셋째, 제조사별 차이는 있으나 온도가 140°C~150°C에서 [그림9]와 같이 급격한 내합저하현상이 나타났다.

넷째, 특정 온도(180°C과120°C)에서의 특성시험에서는 [표3]과 [표4]와 같이 제조사별로 내합 및 누설전류에 차이가 많았으며 특히 C사의 역방향 내합은 150°C 근방에서 급격히 저하하는 현상으로 나타났다.

다섯째, SCR의 도통시험에서도 온도상승에 따른 게이트전류에 변화가 나타났는데 예로 B사의 SCR에서 상온(23°C)에서 턴온을 위한 게이트전류는 52mA, 이었고 80°C에서는 27mA, 120°C에서는 19mA에서 턴온되었다.

4. 결 론

SCR의 열화를 촉진시키는 대표적인 요인은 온도상승이다. 온도상승의 요인으로 제조상의 결함, 열저항증가 그리고 전력 손실이다. 본 시험을 통해서 전력손실의 요인중에 하나인 누설전류가 온도상승과 함께 증가함을 입증했다. 온도상승과 내합과의 관계에 있어서는 140°C를 기점으로 급격히 감소함을 알았다. 턴온시험에서는 온도상승과 함께 게이트 전류가 감소하고 고온(120°C)에서는 상온 대비 35%전류에 턴온되었다.

즉, 온도상승과 함께 누설전류증가하고 이는 2차적으로 더욱 온도상승 하게 하는 원인이 되어 더욱 누설전류가 증가하며 어떤 한계점을 넘어서 열화하면 정격전압을 저지하는 능력 상실, 즉 내압이 저하를 동반하여 제어능력 상실 및 SCR수명저하로 이어진다. 또한 온도상승은 게이트 감소의 원인이 되고 이는 노이즈에 의한 오동작의 원인을 제공한다. 따라서 온도관리는 유지관리항목에서 가장 우선이 되어야 한다. C사의 역방향 내합 특성에서와 같이 온도상승과 함께 내압이 급격히 증가하는 SCR이 있으므로 자체구입시 SCR의 온도특성을 통해 SCR의 건전성 확인이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] GE Company "SCR Manual" 기전연구사. p29 - p45, p385 p400 .
- [2] Sony Tectronicx "Programmable Curve Tracer Operator Manual".
- [3] 김상진 다이리스터 기초와 응용 "다이리스터 기초와 응용", 집문당 P142- 149.
- [4] 편집부 "SCR 데이터북", 영진출판사.
- [5] Tore M. Undeland, William P. Robbins "Power Electronics(Second Edition)",Wiley, 喜重堂 p665 p672.