2003년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2003.7.21-23

대용량 발전소에 적용된 싸이리스터 진단에 관한 연구

김진성*, 임익헌, 이주현, 류호선, 신만수, 이재도
전력연구원

Study on the diagnosis of thyristor applied to the large power plant

Jin-Sung Kim*, Ik-Hun Lim, Ju-hyun Lee, Ho-Sun Ryu, Man-Su Sin, Jea-Do Lee
Kepri

Abstract - 싸이리스터는 대규모 산업현장의 전력변환 장치에서 설치되어 전력을 제어하기 위해 사용되고 있다. 그러나 전력 변환 특성상 싸이리스터 소자에 주기적인 전압 Stress가 존재하므로 열화 정도를 정밀하게 진단할 필요가 생겼으며 각 싸이리스터의 용량 및 다양한 제작사의 서로 다른 기준을 가지고 있으므로 산업현장에서 적용할 수 있는 시험방법 및 열화 판단을 기술하고자 한다.

1. 서 론

대용량 발전소에서 사용되는 싸이리스터는 빠른 속응성과 전력제어가 쉽다는 이유로 대전류를 On-Off하기 위한 스위치로 사용되면서 대부분의 직접여자방식 정류기에서 적용되고 있다. 하지만, 장기간 운전에 대한 stress와 싸이리스터 소자의 특성이 모두 동일하지 않기 때문에 전류 도통시 내부 저항값이 낮은 싸이리스터로 편중되어 소자의 특성 변화를 유도하게 된다. 이것을 방지하기 위해 설계 당시에 충분히 고려되지만, 완벽하게 전류평형을 이루는 것은 불가능하기 때문에 무고장 운전을 위해 싸이리스터의 주기적인 유지, 관리가 필요하며 적당한 시험 방법으로 점검을 해야 한다.

2. 본 론

2.1 Thyristor 소자 동작 특성

반도체소자인 싸이리스터(Thyristor 또는 SCR : Silicon Controlled Rectifier)는 일종의 전자 스위치로서 대규모 산업현장의 전력 변환 장치의 핵심부품으로 장착되어 있다.

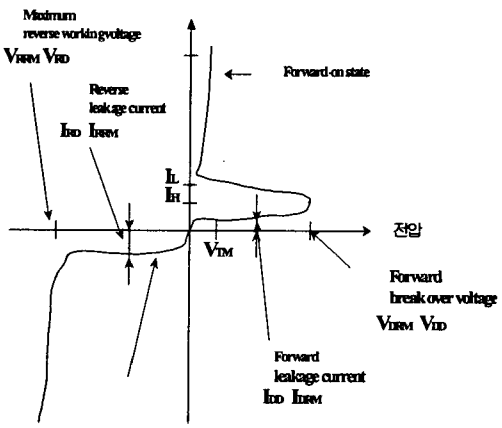


그림 1 싸이리스터 전압, 전류 특성

싸이리스터는 Gate에 주입된 전류에 의해 소자가 ON되지만, 그 후로는 Gate의 영향을 받지 않고, 정상적인 OFF상태에서는 극히 적은 누설전류를 가지지만, ON상태(포화상태)에서는 외부부하에 의해서만 전류가 제어된다.

또한, Anode에 극히 높은 양의 전압을 인가하면 항복 작용에 의해 ON 된다. 이때의 전압을 항복전압이라 한다. 이 전압은 인가한 전압 파형에 따라 값을 달리한다. 소자 접접온도가 높으면 OFF 상태 누설 전류의 양이 많아지며, 항복전압도 낮아져 ON 될 확률이 높아진다. 양극 전압의 급격한 상승은 내부 capacitance의 영향으로 발생하는 변위전류의 영향으로 ON 될 수도 있다.

2.2 싸이리스터 도통 시험

싸이리스터 도통시험은 그림 2와 같이 진단 회로를 구성할 수 있다. 그림에서 알 수 있듯이 Cathode와 Gate사이에 직류전압을 step으로 인가하여 싸이리스터의 ON 상태 특성을 확인한다. 진단 회로를 살펴보면 Cathode와 Anode사이에는 직류 전압이 인가되며 싸이리스터와는 직렬로 저항을 삽입하여 큰 전류가 흐르는 것을 제한하도록 하였다. 싸이리스터 게이트 측에서는 진단 장비에서 초기 offset 전압이 인가되어, offset 전압 인가 이후에는 단계적으로 전압이 공급되어 그림 3과 같이 사이리스터의 Turn-on 특성을 시험한다.

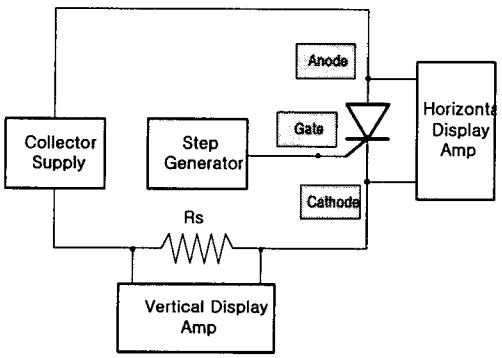


그림 2 싸이리스터 Turn-on curve 특성 측정회로

그림 3 (a)은 정상 싸이리스터의 Turn-on 특성이고, 그림 3 (b)~(d)는 열화가 진행 중인 싸이리스터의 Turn-on 특성을 나타내고 있다. (b)는 열화가 진행되어 Gate 부근의 전류확산이 없이 전류를 도통시키는 것을 나타내고 있고, (c)는 정상적인 싸이리스터 turn-on 특성보다 di/dt 기울기가 낮아진 열화 특성을 나타내고 있다. 즉, 싸이리스터가 내부 저항이 증가하여 정상일때보다 낮은 di/dt를 갖게 된다. (d)는 정상적인 게이트 전압에서 turn-on되는 것이 아니고 정상값 아래에서 turn-on되어 싸이리스터의 특성이 변한 것을 보여주고 있다.

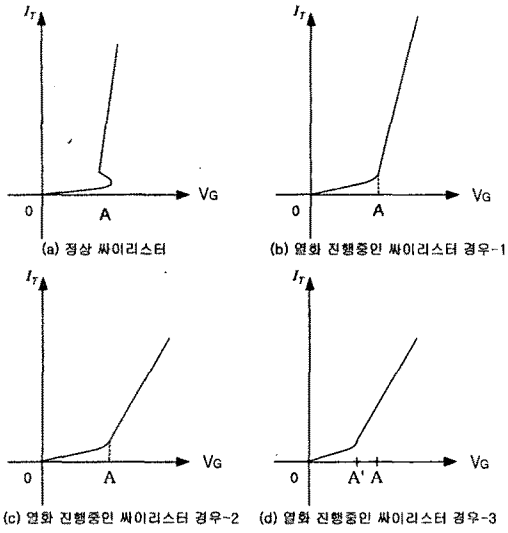


그림 3 싸이리스터 Turn-on 곡선 및 열화 사례

2.3 싸이리스터 누설전류의 측정

싸이리스터 누설전류는 Anode와 Cathode 사이에 순방향 전압이나 역방향으로 전압이 인가되면 누설전류는 그림 4에서처럼 게이트 전압 크기에 따라서 존재하게 되지만 그 크기는 싸이리스터 제작회사마다 다르다.

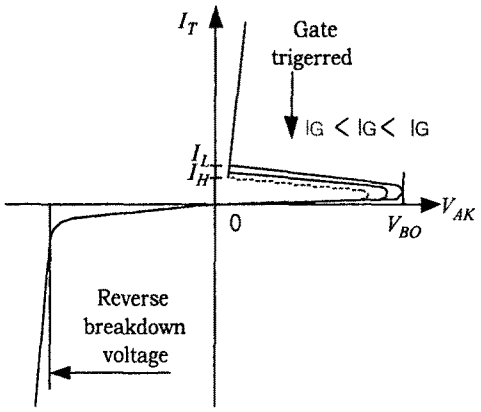


그림 4 게이트 전압에 따른 싸이리스터 특성

그러나 일반적으로 싸이리스터는 역방향으로 전압을 인가하여 점차적으로 전압을 증가시키면 전압이 어느 정도 이상이 되는 곳에서 전류가 급격히 증가하는 Reverse Breakdown Voltage이 있는데 이 전압은 싸이리스터에는 큰 손상을 입는다. 또한 순방향으로 전압을 인가할 경우에도 Gate와 Cathode에 전류를 인가하지 않아도 누설 전류가 흐르며 이것은 역시 인가전압의 크기에 따라 다르며 이 역시 싸이리스터 제작사마다 그 크기가 다르다. 이 역시 순방향으로 전압을 인가하면 어느 정도 이상에서 순방향 저항이 적어짐과 동시에 전류가 급격히 흐르게 된다. 이 때의 전압을 Forward Breakover Voltage라 한다.

이 전압은 Gate와 Cathode 사이에 인가되는 전류의 크기에 반비례하여 Forward Breakover Voltage는 적어진다. 그러므로 싸이리스터 누설전류 측정시에서는 그림 5와 같이 게이트에 전압을 인가하지 않고, 정방향 및 역방향으로 전압을 인가하여 측정한다.

그러므로 소자 정격전압의 70% 또는 운영전압의 120%를 가했을 때 싸이리스터의 누설전류에 의하여 싸이리스터의 고장 유무의 판정은 제작사마다 약간의 차이는 있지만 10%이상 누설전류가 흐르면 열화가 진행되어 교환해야 할 시점으로 판단된다.

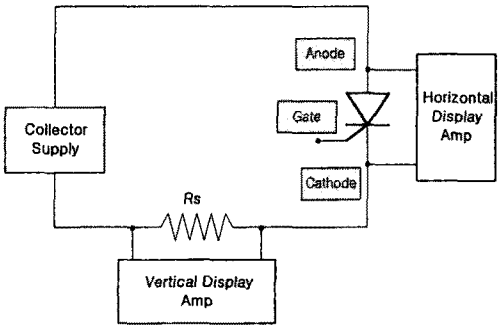
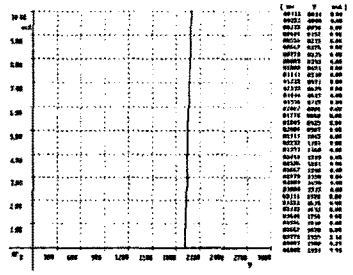
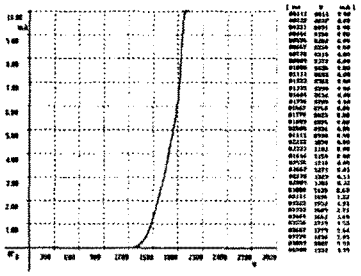


그림 5 싸이리스터 누설전류 특성 측정회로

(a) 정상인 SCR



(b) Break Over 가 직각으로 올라가지 않고 비스듬히 기울어져 있고, Gate가 열화된 현상



(c) Gate가 완전히 파괴된 형태

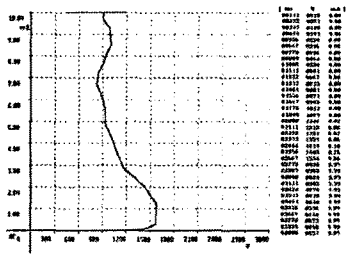


그림 6 누설 전류 측정 파형

2.5 열화에 따른 thyristor의 전기적 특성 변화

장기간 동안 운전되어 온 싸이리스터에 열화가 진행됨에 따라 다음 특성이 변화하게 된다..

- 저지 상태(blocking state)에서의 누설전류량 및

Beak over 전압의 변화
- 전압이 상승하는 구간에서 변위 전류량 변화
- 단일 주기의 정현파 인가시 I-V 특성파형 변화
- 저지상태 누설전류가 증가형태

2.5 싸이리스터 열화 진행 과정

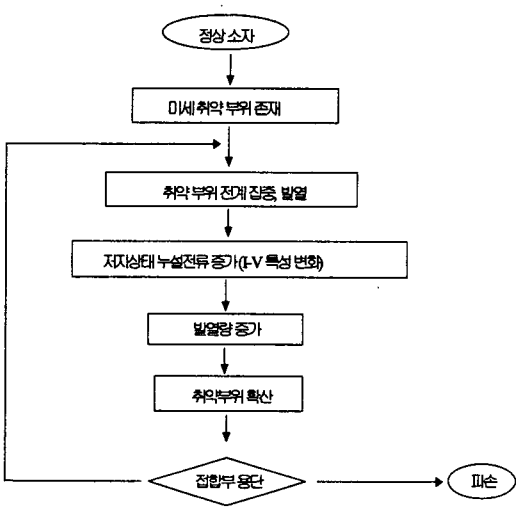


그림 7 싸이리스터 열화 진행 과정

3. 결 론

본 논문은 발전기 여자시스템에 설치되어 운전되고 있는 싸이리스터를 시험하고 분석한 것이다. 국제 규격(IEC)에서는 600V이하의 저용량 싸이리스터 대해서만 규정이 되어 있어 발전소 및 산업현장에 적용되는 대용량 싸이리스터에 대해서는 시험 방법 및 판단 기준이 없는 실정이다.

또한, 산업현장의 싸이리스터는 설비 고장시 경제적 손실이 막대하기 때문에 시스템의 무정지 운전을 위해서 정기적인 점검과 열화된 싸이리스터를 교체할 필요하게 되었다.

기존에는 anode-cathode간 누설전류, 절연저항을 측정하여 수치적인 값만을 가지고 판단하였다. 하지만, 정기적인 점검을 하여 누설전류의 증가 형태[그림 6] 및 싸이리스터 Turn-on 특성 파형 변화 추이[그림 3]및 경향을 분석하고 Data화하여 초기 누설전류 허용치보다 2배가 되거나 초기 Turn-on 특성 파형과 매우 많이 다른 경우에 싸이리스터 교체를 하여야한다.

[참 고 문 헌]

[1] David Finney, "The Power Thyristor and its Application", 1980
[2] 테크노벨리, "Magic Tester Mannual", 2001
[3] Sony Tektronix, "Programmable Curve Tracer Operator Mannual" 34-35,1989
[4] 小津厚二郎, "다이리스터의 응용" 機電研究社
[5] 김병욱 "SCR Mannual" General Electric Company, 라디오 기술사
[6] 임익헌, 이주현, 류호선, 김수열 "여자시스템 점검결과 보고서" 전력연구원, 2001