

## 가속열화된 사이리스터의 커패시턴스 특성

서길수, 이양재\*, 김형우, 강인호, 김남균  
한국전기연구원, \*진주산업대학교

### Capacitance Properties of Degraded Thyristor with Temperature and Voltage

Kil-soo Seo, Yang-jae Lee\*, Hyeng-woo Kim, In-ho Kang, Nam-kyun Kim,  
Korea Electrotechnology Research Institute. \*Jinju Polytech Univ.

**Abstract :** In this paper, the capacitance properties of degraded thyristor with temperature and voltage were presented. As degraded thyristor, 8 thyristors with each other different reverse blocking voltage used. Its impedance and resistance properties were measured from frequency 100Hz to 10MHz applied with bias voltage from 0V to 40V. As a result, at low frequency region, that is, at the frequency 100 - 10kHz, the abrupt increasement of its capacitance was confirmed. And also, at high frequency region, the capacitance peak move toward low frequency in the region of frequency 4 - 6MHz as degradation of thyristor.

**Key Words :** Thyristor, impedance, capacitance, semiconductor device, degradation.

#### 1. 서 론

일반적으로 반도체 소자는 수명이 거의 반영구적으로 알려져 왔으나 시간이 지남에 따라 열화과정을 갖는 것으로 보고되고 있다.[1-4]

현재 국내에서는 대용량 전력변환소자의 발전으로 HVDC(High Voltage DC Transmission) 변환시스템, 2기 HVDC와 계통연계, Back-to-Back UPFC 및 Static Var Compensator 변환시스템이 적극적으로 도입되어 왔다. 또한 양수발전소 및 HVDC변환소에서는 운용한지 이미 15년을 넘어서고 있다. 전기적 특성변화와 함께 파손되면 대형 설비사고를 일으킬 수 있기 때문에 소자 제조사에서는 15년 이상된 대용량 반도체 소자에 대해서 교체를 권고하고 있는 실정이다.

실리콘으로 제작된 사이리스터는 장기간 사용하게 되면 열적 및 전기적 스트레스를 받아 취약부위나 결함부위가 확대되어 파괴에 이르게 된다. 이와 같이 열화에 따라서 전기적 변수가 변화하게 된다. 통상 현장에서 사용하는 가장 일반적인 방법은 저지 상태에서 절연상태를 점검하는 방법으로 메가(megahom meter)를 사용한다. 이미 열화에 따라 누설전류가 증가하는 것으로 보고하고 있다. 누설전류의 증가는 절연내력의 저하를 의미하며 실제 순,역방향 저지전압이 저하한 사이리스터는 누설전류도 증가한다.

본 논문에서는 인위적으로 열 및 전압으로 가속열화시킨 위상 제어용 사이리스터의 역방향 커패시턴스 특성을 측정하였다. 주파수 범위는 100Hz - 10MHz이며, 역방향 차단전압열화에 따른 특성을 파악하기 위해 바이어스전압을 인가하여 정선을 형성시켜 커패시턴스 및 저항이 직렬로 연결된 모델로 두고 임피던스를 측정하였다. 측정된 커패시턴스와 역방향차단전압과의 특성에 대해서 기술하였다.

#### 2. 실험

본 실험에서는 표 1과 같은 특성을 갖는 가속열화된

역차단전압이 각각 다른 사이리스터 8개를 애질러트 4194A 임피던스 분석기를 이용하여 순, 역방향 바이어스 전압 0 - 40V까지 인가, 주파수 100Hz - 10MHz까지 회로 모드 직렬로 두고 R-X 값을 측정하였다. 측정의 정확도를 위하여 mounting force는 전용 clamp로 고정하여 균일한 힘이 인가되도록 하였다. 또한 측정값은 측정시 발생하는 랜덤 노이즈를 제거하기 위하여 16회 합산하여 평균한 값을 이용하였다.

표 1 가속열화된 사이리스터의 특성

일련 번호	Reverse blocking voltage	Mounting force 유		Mounting force 무	
		순방향[Ω]	역방향[Ω]	순방향[Ω]	역방향[Ω]
01	2,200	13.8M	13.84M	∞	2.6M
09	1,742	5.2M	8.2M	∞	2.17M
10	1,091	64	64	63.8	63.8
57	800	28.5k	28.6k	27.26k	28k
40	200	78.3k	82.8k	42.6k	62k
39	100	14.62k	16.16k	12k	13.72k
21	43	7.8k	8.18k	6.95k	7.34k
56	5	6.06k	6.27k	5.43k	5.72k

표 1은 역차단 전압에 따라 mounting force를 인가했을 때와 없을 때의 인가전압 0.1V, 순, 역방향 저항을 나타낸 것이다. 역방향 차단전압이 떨어질수록 저항이 감소하는 특성을 보였다. 소자의 역차단 전압이 정격 이상인 소자는 순, 역방향 저항이 Mohm을 가지며, 정격이하가 되면 현저히 떨어지는 것을 볼 수 있다. Mounting force가 인가되었을 때보다 mounting force가 없는 쪽은 저항이 더 떨어지는 특성을 나타낸다.

#### 3. 결과 및 검토

그림은 1은 사이리스터에 역방향으로 바이어스전압을 각각 5, 10, 20, 40V를 인가했을 때 사이리스터의 정선 2에 의해 형성되는 커패시턴스를 측정한 것이다. 역바이어

스 전압이 증가할수록 depletion depth가 커지기 때문에 정차 감소하는 특성을 보인다.

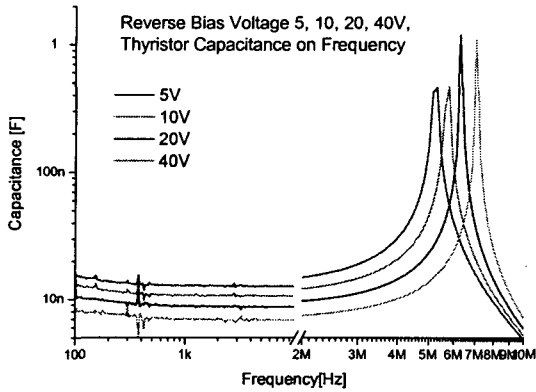


그림 1. 역 바이어스전압에 따른 커패시턴스 특성

주파수 20kHz까지는 거의 균일하게 역바이어스 전압이 40V일때 6.8nF, 20V, 8.7nF, 10V, 10nF, 5V일때 13nF로 나타나며, 주파수가 더욱 높아지면 5.2, 6, 6.8 및 7MHz에서 peak를 갖는 특성을 나타낸다. 이는 인가전압에 따라 인덕턴스를 고정되어 있는 반면 인가전압에 의해 형성되는 역방향 정션 커패시턴스에 의해 결정되는 것으로 사료된다.

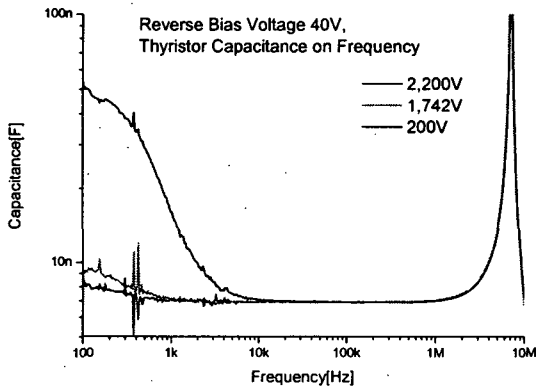


그림 2. 열화된 사이리스터의 커패시턴스의 주파수 특성 (역바이어스 전압 40V 인가시)

그림 2는 역바이어스 전압이 40V를 인가하였을 때, 역방향 차단전압이 각기 다른 사이리스터 소자의 커패시턴스 특성을 나타내는 것으로서 100 - 10kHz까지는 소자의 열화 정도에 따라 커패시턴스 특성을 나타내지만 10kHz 이상이 되면 거의 동일한 커패시턴스 특성을 나타낸다. 100 - 10kHz사이에 역방향 차단전압 2,200V와 1,742V인 사이리스터의 커패시턴스 값은 증가하는 것을 볼 수 있다. 이 부분의 커패시턴스 값은 역바이어스 전압이 높을수록 열화된 소자의 역방향 차단전압특성을 잘 나타내는 것을 볼 수 있다.

그림 3은 열화된 사이리스터에 역바이어스 전압을 5V로 인가했을 때 커패시턴스를 주파수에 따라 나타낸 것으로서 역방향 차단전압이 감소함에 따라 100-10kHz까지는

커패시턴스가 증가하는 특성을 보인다. 건전한 사이리스터의 경우 10nF이며 정격이하의 사이리스터는 주파수가 낮을수록 커패시턴스 100nF - 1μF까지 급격히 증가한다.

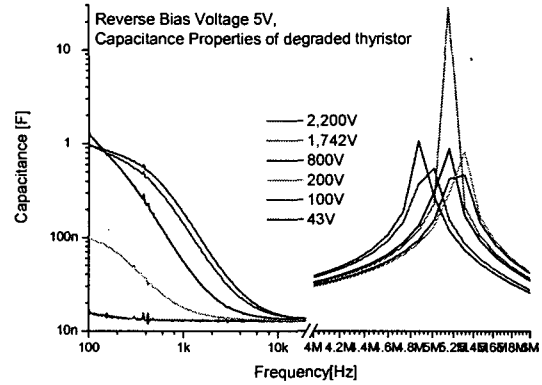


그림 3. 열화된 사이리스터의 커패시턴스의 주파수 특성 (역 바이어스전압 5V 인가시)

고주파영역인 4M - 6MHz사이에서는 사이리스터의 열화 정도에 따라 peak점이 감소하는 특성을 보인다. 역방향 차단전압 특성이 우수할수록 peak점의 주파수가 높다. 이것은 이미 소자의 열화에 의해 결정된 커패시턴스가 반영된 것으로 추정된다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 가속 열화된 사이리스터의 커패시턴스 특성을 임피던스 분석기로 100 - 10MHz까지 분석한 결과 역방향 차단전압이 저하한 사이리스터의 역방향 커패시턴스는 10kHz이하에서는 수 백배이상 증가하는 것을 볼 수 있었으며 이것은 순,역방향 차단전압은 바이어스전압을 인가하였을 때 발생하는 정션 커패시턴스와 밀접하게 관련되어 있음을 실험을 통하여 확인하였다.

측정장치의 주파수 스캐닝 범위의 100 - 10MHz까지 측정하였으나 0 - 100Hz 사이의 커패시턴스를 측정해 봄으로서 커패시턴스를 이용해 사이리스터의 열화특성분석 및 신뢰성 예측에 도움이 될 것으로 기대한다.

#### 감사의 글

본 연구는 전력기반연구사업 연구비 지원에 의한 것입니다.

#### 참고 문헌

- [1] 서길수, 이양재, 김형우 외 3인 “대용량 사이리스터의 전압/열에 의한 가속열화 시스템”, 대한전기학회 2004년 하계학술대회
- [2] 김형우, 서길수, 김상철 외 4인 “대용량 전력반도체 소자의 열화진단”, 2004년 한국전기전자재료학회
- [3] 이양재, 서길수 외 4인 “가속열화 시험을 통한 전력용 사이리스터 소자의 순/역방향 항복전압 특성변화”, 2004년 한국전기전자재료학회
- [4] 서길수, 김상철 외 4인 “HVDC 전력계통용 대용량 전력반도체 특성평가 장비의 제작”, 2003년 대한전기학회 부산,경남,울산지부 학회