

폴리머 절연물의 장·단기 신뢰성을 위한 열화 평가기술

조한구 <한국전기연구소 전략기술연구단 선임연구원>

1. 서론

폴리머 절연물은 절연성, 가공성 및 기계적 강도가 우수할 뿐만 아니라 대량생산과 경량화가 가능하여 전기재료로서 용도와 수요는 날로 증가하고 있으며, 최근 옥외용으로 폴리머 절연물의 용도 확대에 따라 연구개발이 가속화되고 있다. 또한, 폴리머 절연물은 표면 발수성이 우수하기 때문에 오손 및 습윤시에도 누설전류가 작으며, 오손내전압도 크다[1]. 그리고, 표면 특성인 발수성이 옥외의 오손조건에서 장기간 유지 및 회복될 뿐 아니라 내트래킹성이 우수하므로 절연물의 누설거리가 단축되어 소형화가 가능하다[2].

그러나, 옥외의 폴리머 절연물의 열화 및 수명은 여러 가지 요인에 의존하므로 그에 따른 열화평가기술은 대단히 중요하다. 또한, 이와 같은 열화요인은 단일열화보다는 복합열화에 의해 발생하기 때문에 복합열화실험이 요구된다. 최근 폴리머 절연물에 대한 열화실험은 주로 IEC 61109에 따라 1000시간 열화실험을 실시하고 있다[3, 4, 5]. 보고에 따르면 이 실험은 순수한 오손실험(pollution test)으로 적합하지만 열화평가를 목적으로 하는 실험으로는 적당하지 않은 것으로 검토되고 있다.

따라서, 모든 종류의 폴리머 절연물에 대해 적용이 가능한 열화실험을 위한 공통된 규격 검토가 요구되고 있다. 본 보고에서는 열화실험의 근간이 되는 IEC 61109에 대한 기술내용과 더불어 복합열화시험인 IEC 61109 Annex C와 최근 배전용 폴리머 현수애자의 규격의 하나인 CEA LWING-01 트래킹 휠 실험을 비교 분석하고 결과를 토대로 열화 평가기술을 논하고자 한다.

2. 열화실험기술

2.1. IEC 61109

최근까지 오직 폴리머 절연물에 대한 열화실험 규격으로는 주로 IEC만이 사용되어 왔다. 여기에는 두 가지 열화실험인 1000시간 열화(class 5.3) 및 5000시간 사이클 실험(Annex C)으로 분류할 수 있다.

단순한 열화실험보다는 주변 환경조건외 특성과 열화와의 관계를 고려한 사이클 실험이 절연물의 열화를 모의하기에 더 적합한 것은 이미 잘 알려진 사실이며, 새로운 형태의 폴리머 절연물 등을 개발할 때 열화실험으로 중요한 위치를 차지하고 있다.

열화실험을 위한 챔버에 대한 IEC 61109(class 5.3)의 기준 요구사항을 요약하면 표 1과 같다. 이 규

정에서 제시된 실험 평가는 섬락 횟수(“각 시료에 대해서 3회 이상 트립(trip)이 발생하지 않아야”), 그리고, 열화에 의한 외관검사(“트래킹이 없고 코어(core)까지 침식이나 갖의 관통이 없고 코어가 보이지 않아”)로 이루어져있다.

표 1. IEC 61109(class 5.3)의 기준 요구사항

Water flow rate	0.4±0.1 ℓ/m ² h
Salinity	10 kg/m ³ (16000 μS/cm)
Duration	1000 hours
Test objects	two line insulators
Maximum chamber volume	10 m ³
Specific creepage	20 mm/kV
Test voltage	14~20 kV
Maximum voltage drop	5 % for 250 mArms
Protection current level	1 A
Nozzle type	Turbo sprayer or room humidifier
Size of droplets	5~10 μm

이와 같은 열화실험에 의하면 절연물 표면은 방전에 의해 반드시 영향을 받지는 않으며, 제조시 발생한 결함 외에는 심각한 손상은 발생하지 않았다. 폴리머 절연물의 직경과 갖에 대한 누설거리의 비, 그리고, 갖의 간격은 이 실험과정에서 섬락의 발생 횟수에 매우 중대한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 이것은 오손실험의 전형적인 결과와 일치하는 것으로 결국 이러한 실험은 열화실험으로 적당치 않다. 따라서, 결과를 개선하기 위해서는 실험 요소들을 보다 면밀히 분석하는 것이 필요하며 “트래킹과 침식 실험”의 연관성을 고려해야 한다.

2.1. CEA LWING-01

시험변압기를 사용하며 시험시 부하가 걸렸을 때 전류는 실효치로 250[mA], 고압측의 최대 전압강하는 5 %이내이어야 한다. ANSI C 29.11에 의해 상용 주파전압을 결정한다. 시험 결과는 트랙(track)이 없

폴리머 절연물의 장·단기 신뢰성을 위한 열화 평가기술

으며 코어(core)까지 이르는 침식(erosion)이 없고 갖(shed)과 하우징(housing)에 구멍(puncture)이 없어야 한다. 또한, 트래킹 휠 시험이 끝난 시료는 48시간 이내에 급준파시험 및 상용주파전압시험을 끝내야 한다.

표 2. 트래킹 휠(tracking wheel) 실험 인자

시험인자	인자치
전기적 스트레스(최소)	35 V/mm(누설거리)
염수의 NaCl 함량	1.40±0.06g/l
시험시간(최소)	30,000 cycle

표 3. 전시험 및 내트래킹 실험

시험순서	시험방법
상용주파 건조섬락 전압시험	시료를 6회씩 섬락시켜서 섬락전압 평균치를 구함.
Tracking 시험	<ul style="list-style-type: none"> - 시료의 한쪽 금구를 wheel에 90° 간격으로 4개를 고정 시킨다. - Wheel을 90° 씩 회전시켜 하부의 시료가 소금물에 잠기게 하고 상부의 시료는 누설거리 1mm당 35 V 전원(인가전압 21.3 kV)에 연결되도록 한다. - 90° 회전시간은 8초, 정지시간은 40초로 한다. - Wheel이 360° 회전하는 것을 1cycle로하여 30,000 cycle을 실시한다. - 물의 NaCl 함유량은 1.40±0.06 g/l로 한다.

시료의 설치는 4개의 각 위치에서 정지된 상태로 40초간 머물게 되며 한 위치에서 다음 위치로 이동하는 시간은 8초이다. 주기의 첫번째 위치는 염수(비이온수에 NaCl첨가)에 담겨지는 부분이며, 두 번째 위치는 과다한 염수를 떨어뜨려 세번째 위치에서 건조대 방전을 일으키게 하는 부분이다. 여기서 시료는 60[Hz]의 전압이 인가된다. 마지막 위치에서 시료는 건조대 방전에 의해 뜨거워진 표면이 냉각되게 된다. 표 2는 트래킹 휠 시험인자, 표 3은 전시험 및 내트래킹 시험방법을, 표 4는 트래킹 휠 시험 후에 여러

가지 확인시험을 나타내었다.

표 4. 내트래킹 시험 후 확인시험

시험순서	시험방법	시험기준
육안검사		트래킹이 발생치 않아야 하며 core에 부식이 없을 것
급준파 파두 충격전압 시험	준도 1,000 [kV/ μ s]의 급준파 충격전압을 정. 부 각 10회씩 인가	외부섬락이 일어나 절연 파괴가 되지 않을 것
상용주파 건조섬락 전압시험	시료를 5회씩 섬락시켜 섬락전압 평균치를 구함.	섬락전압 평균치는 트래킹 시험전의 섬락전압 평균치의 90% 이상일 것
상용주파 내전압시험	트래킹 시험후의 상용주파건조섬락전압 평균치의 80%전압으로 30분 인가	절연파괴가 되지 않을 것

3. 열화시험의 비교

3.1. 열화시험방법 및 항목

폴리머 애자의 장기성능 평가방법으로는 전기 절연·환경을 대상으로 한 복합열화시험이나 기계적 성능시험이 제안되고 있다. 전기절연·환경에 대한 복합열화시험으로서는 표 5에서와 같이 각종 열화요소를 조합하여 가속배율로서 10~20배정도가 상정되는 시험방법이 제안되고 있다[6].

표 5. 폴리머 절연물의 복합열화 시험방법

시험법	인가전압	복합 스트레스	시험시간	휴지시간 (유, 무)
IEC 61109	14~20 kV (34.6 mm/kV)	염무	1000 h	무
IEC 61109 Annex C	50 kV/mm (20.8 mm/kV)	염무, 강우, 습도, 온도, 자외선	5000 h	무
CEA 트래킹 휠 시험	35 kV/mm	염수	30000 cycle (192초/cycle)	무 → 유

복합열화시험은 열화조건이 실사용 환경에서의 조건과 유사하여야 한다. 그러나, 시험 효율 향상을 목적으로 열화조건 설정을 과도하게 부여하게 되면 실

험의 타당성을 잃게 된다. 또한 복합열화시험의 타당성을 검증하기 위해서는 이들 시험과 병행하여 옥외 과전폭로시험을 병행하여야 한다.

폴리머 애자의 복합열화시험 후에 열화정도를 평가하는 것이 중요한데, 현재 열화평가시험은 시료의 외관상태, 중량, 표면 오손물질의 조사, 표면분석, 오손내전압시험, 상용주파주수섬락시험, 뇌임펄스섬락시험, 인장과파괴하중시험, 굴곡내하중시험등이 있다. 각각의 시험에 대한 내용을 정리하면 다음과 같다.

- ① 외관상태 : 부식·트래킹의 유무, 초킹·크랙의 유무, 갓관통의 유무, 변색 등의 특이현상
- ② 중량 : 중량의 변화
- ③ 표면 오손물질의 조사 : 부착물의 조성 및 부 착량
- ④ 표면분석 : 발수성 및 표면거칠기의 변화, 표면의 화학 구조 변화, 원소분석에 따른 표면층의 열화 상태(표면의 Si/Al비)
- ⑤ 오손내전압 : 오손내전압의 변화
- ⑥ 상용주파주수섬락전압 : 섬락전압의 변화
- ⑦ 뇌임펄스섬락전압 : 섬락전압의 변화
- ⑧ 인장과파괴하중 : 파괴하중의 변화
- ⑨ 굴곡내하중 : 계면의 변형, 내하중의 저하

3.2 IEC 61109와 IEC 61109 Annex C

표 6, 7에 IEC 61109와 IEC 61109 Annex C의 차이점을 비교하여 나타내었다.

표 6. IEC 61109와 IEC 61109 Annex C와의 비교

규격	IEC 61109	IEC 61109 Annex C
약칭	염수분부시험법	복합열화시험법
샘플	모델애자	모델애자
시험 방법	염수분부 챔버(용적 10m ³ 이내, 높이 2.5m이하)내에 시료를 수직 및 수평으로 배치하고, 항상 전압을 인가한다. 이 챔버내에 염수를 발생시킴 염수유량 : 0.4±0.1 l/m ³ h 염물입자크기 : 5~10 μ m 온도 : 20±5℃	모의 태양광 인공강우 건조가열 : 50℃ 습윤가열 : 50℃ : 98% rh : 95% rh 24h를 1사이클로 함

열화실험으로서의 트래킹과 침식실험의 목적은 주로 트래킹, 침식, 관통 그리고, 또 다른 형태의 손상에 대한 절연물의 저항성을 평가하기 위한 것이다. 그러나, IEC 61109에서는 최대 섬락 횟수를 손상의 평가보다 더욱 더 중요한 요소로 다루고 있다. 이 실험은 실제로 열화를 다루는 것이 아니라 규정된 조건에서의 오손 섬락으로 다루어지는 것이다. 섬락 횟수는 열화실험에서는 보다 가변적이고 부적절하다고 생각된다. 따라서, 트래킹, 침식, 관통 및 또 다른 형태의 손상에 대해서 절연물의 소재가 아닌 형상 설계를 평가하기 위해서는 트래킹과 침식실험 자체만 가지고 판단하는 것이 적절하다고 판단된다. 또한 섬락 특성은 실험 결과에서 평가된 한정된 발생 횟수만으로 제한되어서는 안된다.

표 7. IEC 61109와 IEC 61109 Annex C와의 비교

실험조건	IEC 61109	IEC 61109 Annex C
오손액 성분	NaCl 10 kg/m ³	NaCl 7 kg/m ³
오손액 도전율	1.6 S/m	1.15 S/m
전계	34.6 mm/kV	20.8 mm/kV
규정기준	3회 이상 트립되지 않고, 트래킹, 갓의 관통, FRP가 노출할 정도의 침식 여부	없음

표 8. IEC 61109 Annex C와 CEA LWIWG-01 시험의 비교

규격	IEC 61109 Annex C	CEA LWIWG-01
약칭	복합열화시험법	트래킹 훔 시험
샘플	모델애자	모델 애자
방법	모의 태양광 인공강우 건조가열 50℃ 습윤가열 50℃ 98% rh 고습윤 95% rh 24h을 1사이클로 합	전기적 스트레스(최소) 35 [V/mm](누설거리) 염수의 NaCl 함량 1.40 ± 0.06 g/l 30,000 cycle 시험시간(최소)
오손액 성분	NaCl 7 kg/m ³	NaCl 1.40 ± 0.06 g/l
오손액 도전율	1.15 S/m	2.87 ms/cm
전계	20.8 mm/mm	35 V/mm
규정		표 4

3.3 IEC 61109 Annex C와 CEA LWIWG-01

표 8은 IEC 61109 Annex C와 CEA LWIWG-01에 대한 실험을 비교하였으며, 실험 결과는 트랙(track)이 없으며 코어(core)까지 이르는 침식(erosion)이 없고 갓(shed)과 하우징(housing)에 구멍(puncture)이 없어야 한다. 또한, 트래킹 훔 시험이 끝난 시료는 48시간 이내에 급준파 및 상용주파전압 시험을 끝내야 한다.

4. 열화평가시험

4.1 IEC 61109 Annex C

폴리머 절연물에 대한 열화시험은 주로 IEC 61109에 따라 1000시간 염수분무시험을 실시하고 있지만, 이 실험방법은 순수한 오손시험으로 적합하고 열화평가를 목적으로 하는 시험으로는 적당치 않은 것으로 검토되고 있다. 단순한 염수분무시험보다는 주변 환경의 사이클 특성과 열화와의 관계를 고려한 사이클 시험이 절연물의 열화를 모의하기에 더 적합하다. 따라서, 본 보고에서는 폴리머 애자를 시료로 하여 IEC 61109 Annex C(5000시간)인 복합열화시험으로 선정하였다.

IEC 61109 Annex C(5000h)를 복합열화시험으로 채택하여 시험하였으며, 실험장비 구축상 자외선은 조사하지 않았다. 이 시험은 실제 자연환경 조건과 동일한 비, 염수, 습도, 온도 등을 고려한 복합가속열화조건을 가지고 있다. 그림 1은 KERI에서 제작한 복합열화시험 장치내의 시료 형상 및 배치형태를 나타낸다. 시료는 총 6개를 설치할 수 있으며, 온, 습도가 조절이 가능하며, 챔버의 균일도를 위하여 주수 및 염수 노즐이 전체공간에 적절하게 6개씩 분포되어 있다. 사용된 시료의 동경은 31[mm], 고대 갓 중 큰 갓의 직경은 126[mm], 작은 갓은 직경은 47.5[mm]이며 갓의 수는 모두 5개로 구성되며, 시료의 누설거리(creepage distance)는 580[mm], 공칭시험전압은 20.8 [mm/kV]로 하여 시험하였다.

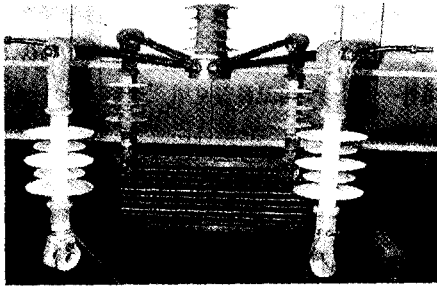


그림 1. 시료의 형상과 배치 형태

IEC 61109 annex C의 5000시간 복합열화시험 사이클을 요약하면 표 9와 같다. 이 실험에서는 실제 자연 환경에서 가능한 염무, 자외선, 습도(98 %) 그리고, 온도(50 ℃) 변화 등을 고려한 복합열화 조건을 가지고 있다. IEC 61109 annex C 규격의 장점은 기존 1000시간 염무에서 제시된 섬락 발생 횟수와 열화의 육안 검사에 대한 단점을 보완하고 있지만 아직 이러한 측면에서 충분한 검토가 되어있지 않다.

표 9. 실험 사이클(24시간)

전 압															
인공강우															
습 도															
가 열															
염 무															
자 외 선															

4.2 CEA LWING-01

그림 2와 같이 시료(복합열화시험과 동일)의 한쪽 금구를 wheel에 90° 간격으로 4개를 고정 설치하여 wheel을 90° 씩 회전시켜 하부의 시료가 소금물에 잠기게 하고 상부의 시료는 누설거리 1mm당 35[V]에 연결 되도록 한다. 각 위치에서 정지된 상태로 40초간 머물게 되며 한 위치에서 다음 위치로 이동하는 시간은 8초이다. 주기의 첫번째 위치는 염수(비이온수에 NaCl첨가)에 담귀지는 부분이며, 두 번째 위치는 과다한 염수를 떨어뜨려 세번째 위치에서 건조대 방전을 일으키게 하는 부분이다.

표 10은 시험용 고분자 애자의 누설거리 및 인가전압을 나타내었다.



그림 2. 시료의 형상과 배치 형태

표 10. 트래킹 휠 애자의 누설거리와 인가전압

시 료	누설거리[mm]	인가전압[kV]
1	578	21.3
2	575	21.3
3	609	21.3
4	587	21.3

4.3. 열화 평가 결과

최근까지 폴리머 절연물의 침식(erosion)등급은 주요 요소로 다루어지지 않았지만, 현재 IEC 61109 실험은 절연물의 형상과 제조상의 결함을 검출하는데 그 목적이 있다.

다음은 IEC 61109에서 5000시간 실험한 경우의 평가지표를 나타내었다.

가. 손상 평가

0.1mm 이상의 표면이나 깊이의 균열과 트리잉(treeing), 트래킹(tracking) 및 하우징 두께의 10% 이상 되는 크기의 침식은 허용되지 않는다. 그리고, 백약(chalking), 크레이징(crazing) 및 변색도 허용되지 않는다. 이러한 손상을 보다 정확하게 분류하기 위해서는 침식 정도(표면 거칠기)와 화학적 표면 분석을 할 수 있다.

나. 누설전류의 모니터링

누설전류는 절연물의 소재와 형태적 요소(profile

parameter)에 민감하다. 누설전류는 이러한 특성을 반영하는데 염무 상태의 최대 누설전류값과 강우 상태에서의 다른 절연물간의 현저한 누설전류 차이의 유형으로 분류할 수 있다. 이러한 현상은 염무 상태 중 절연물의 표면에 형성된 염분층에 의한 것으로 가열 상태에 건조되어 강우시 갑자기 젖으면서 발생하게 된다. 이것은 발수성과 절연물의 형태적 요소에 따라 달라진다.

다. 발수성(hydrophobicity) 측정

절연물의 표면 발수성은 누설전류와 직접적인 관계가 있으며, 트래킹과 침식현상에 중요한 역할을 한다.

그림 3은 교대 갓을 가진 폴리머 애자의 1번 큰 갓과 2번 작은 갓의 표면에서 얻어진 표면 누설 저항비가 ∞로 나오지 않은 기름 종이수(이 갓수에 대한 명칭을 Bad Hydrophobicity Num)와 열화 시간과의 관계를 나타내는 그래프이다. 여기서 Bad Hydrophobicity Num.는 측정된 12개의 기름종이 중 표면 누설저항비가 ∞로 나오지 않은 데이터의 갓수이다.

그림 4는 열화에 따른 큰 갓과 작은 갓의 바깥쪽 표면의 발수성 특성을 나타낸 것으로 R2/R1(여기서 R2는 기름 종이를 제거한 뒤의 누설저항, R1은 기름 종이를 둔 상태의 누설 저항) 표면 누설저항비의 변화로 발수성을 측정하였다. 작은 갓의 경우는 모두 ∞이지만 큰 갓의 경우 바깥쪽 표면의 표면 누설 저항비 값의 변화가 크다. 즉, 갓의 표면의 열화는 바깥쪽이 더 심하게 일어남을 알 수 있다[7].

이와는 달리 CEA LWING-01 트래킹 휠 실험에서는 다른 양상을 가져오다.

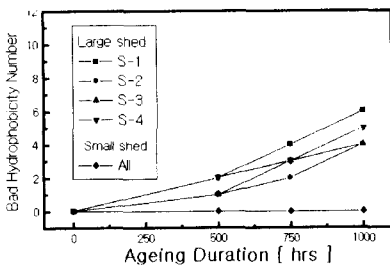


그림 3. 열화 시간에 따른 Bad Hydrophobicity Num. 변화

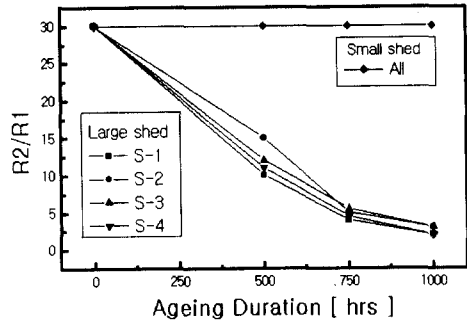


그림 4. 열화 시간에 따른 바깥쪽 표면 누설 저항비 변화

표 11. 전 시험인 상용주파건조섬락전압시험

시험방법	시험결과	
	1	114 kV
시료를 6회씩 섬락시켜서 섬락전압 평균치를 구함.	2	103 kV
	3	109 kV
	4	103 kV

표 12. 내트래킹 시험 후 확인시험

시험순서	시험결과	
육안검사	-	
급준과 과두 충격전압시험	양 호	
상용주파 건조섬락 전압시험	1	114 %
	2	120 %
	3	101 %
	4	110 %
상용주파 내전압 시험	양 호	



그림 5. 트래킹 휠 시험에 의한 파괴양상

표 11은 트래킹 휠 시험에 대한 상용주파건주섬락 전압 시험결과를 나타내었으며, 표 12는 트래킹 휠 시험 후에 여러 가지 확인시험을 실시한 결과를 나타내었다.

시험 결과 시료 2개에 트래킹 및 침식이 일어났으며, 파괴 양상은 주로 시험 애자의 작은 갓(shed) 부분에 트래킹에 의한 침식(erosion)이 발생하였는데 대부분의 파괴양상은 parting line 부근에 따라서 침식과 트래킹이 일어났다. 또한, 그림 5와 같이 작은 갓 부분에서의 관통파괴와 대부분 시험애자의 동경 부분에 트래킹에 의한 침식이 있음을 확인할 수 있었는데 이 부분의 파괴양상도 parting line을 따라 일어났으며, IEC 61109에서 5000시간 실험에서 전혀 볼 수 없었던 현상이었다.

5. 결 론

지금까지 열화실험과 관련되어 가장 많이 다루어지는 IEC 61109 규격을 중심으로 열화 평가요소, 이에 미치는 영향에 대한 예를 살펴보았다. 또한 폴리머 절연물의 개발과 평가에 있어서 관심의 대상인 장·단기 열화진단의 목적을 이루기 위해서는 재현성과 신뢰성이 확보된 복합열화실험과 단시간 시험인 CEA LWING-01 트래킹 휠 실험을 통한 두 실험 방법의 차이를 검토하였다. 그 중 대표적인 결과를 정리하면

1. 복합열화실험의 경우 표면 발수성은 표면방전으로 인하여 갓 바깥 쪽이 갓 안 쪽보다 더 저하됨을 두가지 방법을 통해 확인하였다.
2. 트래킹 휠 시험에서는 복합열화시험에서 발생하지 않았던 시험 애자의 작은 갓(shed) 부분에 트래킹에 의한 침식이 발생하였다. 또한 대부분의 침식에 의한 파괴양상은 금형의 이음선(parting line) 부근에 따라서 침식과 트래킹이 일어났다.
3. 복합열화시험에 의한 손상 등급 평가결과, 2000시간까지는 열화시험 판정기준에 벗어나는 열화는

일어나지 않았다.

이상과 같은 결과에서 열화실험의 궁극적인 목표는 짧은 시간 내에 폴리머 절연물의 성능과 수명을 판단하는 것이다. 이 문제는 수명에 영향을 미치는 열화 요인을 찾아내고 환경적, 기계적 그리고 전기적 스트레스가 미치는 열화 요인을 다루어야 해결이 가능할 뿐 아니라 제조공정상의 문제점과 결함을 검출할 수 있다.

참 고 문 헌

- (1) E. M. Sherif, A. E. Vlastos, "Influence of Aging on the Electrical Properties of Composite Insulators", 5th ISH, 51.01, pp. 1-5, 1987.
- (2) G. B. Rackliffe, R. E. Lee, D. E. Fritz, "Performance Evaluation of 15kV Polymeric Insulators for Dead-End Type Applications on Distribution System", IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 4, No. 2, pp. 1223-1231, 1989.
- (3) S. H. Kim, E. A. Chemey, R. Hackam, "Effect of Filler Level in RTV Silicone Rubber Coatings Used in HV Insulators", IEEE Trans. on Electr. Insul. Vol. 27, No. 6, pp. 1065-1072, 1992.
- (4) IEC 61109, "Composite insulator for AC overhead lines with a nominal voltage greater than 1000 V, 1992.
- (5) S. Shihab, "On-Line Pollution Leakage Current Monitoring System", RMT, Australia, 1994.

◇ 著 者 紹 介 ◇



조 한 구(趙漢九)

1959년 4월 14일생. 1984년 성균관대 공대 전기공학과 졸업, 1987년 동대학원 전기공학과 졸업(석사), 1992년 전기기기 기술사, 1996년 동대학원 전기공학과 졸업(박사), 1999년-2000년 동서대학교 전자기계공학부 겸임교수, 현재 한국전기연구소 전략기술연구단 선임연구원.