

효과적인 절연재료 열화검사를 위한 영상처리에 관한 연구

정기봉*, 오무송*, 김태성**

조선대학교 컴퓨터공학과*, 전남대학교 전기공학과**

A Study on the Image Processing for Effective Insulation Material Degradation Testing

Ki-Bong Joung*, Moo-Song Oh*, Teh-Sung Kim**

Dept. of computer. Eng., Chosun University, Kwangju 501-759, Korea*

Dept. of Electrica. Eng., Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea**

Abstract

Because Insulation material is play an important part for normal work of electricity equipment, the study is advanced, but as the voltage of electricity system is raising, we required that new insulation material. They have excellent specific against high stress, namely the study of insulation increase and prevention diagnosis of insulation degradation of Epoxy or XLPE and so on. In this thesis, I utilize image processing technique for effective inspection of insulation material degradation.

Key Words(중요용어) : Insulation material(절연재료), Insulation degradation (절연 열화), Tree Discharges(트리방전)

1. 서론

장기간 사용중에 전력용 설비의 치명적인 절연 파괴 단계의 주된 원인으로 알려져 있는 부분방전은 제작상태 및 운용중의 열화진단 시스템으로 널리 연구되고 있다. 그러나 부분방전은 그 신호가 대단히 미약하고 복잡한 열화패턴을 갖고 있어서, 시스템에서 얻어지는 데이터에서 인위적인 해석이나 인식은 대단히 어렵고 경우에 따라서는 불가능하다.

트리열화는 절연재료의 열화단계를 시각적으로 제공하기 때문에 절연파괴 단계를 관측하는데 뛰어난 강점을 갖고 있으나, 트리열화 과정의 재현성이 떨어지고 트리의 패턴이 복잡함으로 기존의 시각적 관측으로는 트리성장의 정확한 정량화가 어렵기 때문에 화상처리에 의한 실시간 처리가 제안되고 있다. 본 연구에서는 전기절연의 열화진단을 하기 위한 방법의 초기 단계로서 열화진단을 위해 입력된 영상을 Color Filtering기법을 이용하여 단계별로 진화 되는 트리의 패턴별로 Color화 시키는 기법에 대하여 연구 되었다.

2. 부분 방전

2.1. 부분 방전 발생

전극사이를 완전하게 연결하지 못하는 전기적 방

전을 부분방전이라고 한다.

이러한 방전의 크기는 비록 작지만, 점진적인 절연성 저하를 진행 시키고 궁극적인 파괴의 원인이 된다. 그러므로 비파괴 절연시험에서 부분방전의 존재를 검출하는 것은 필수적이다.

부분방전의 형태는 아래와 같이 4가지가 있다.

- 내부방전.(Internal discharges)
- 표면방전.(surface discharges)
- 코로나방전.(corona discharges)
- 전기트리 방전. (tree discharges)

전기트리 방전이 내부방전의 이론에 적용되고, 연구자에 따라서는 전기트리 방전을 내부방전의 특수한 경우로 설명하는 경우도 있다.

2.2 방전의 반복

교류전압에서 내부방전의 작용은 잘 알려진 abc 회로를 사용하여 설명된다. 공동의 용량은 절연파괴 경로에 의해 분기되는 정전용량 c로 표현하고, 공동에 직렬로연결된 절연재료의 용량은 정전용량 b, 정전용량 a는 절연재료의 정상적인 부분이다. 전기트리 방전도 비슷한 방법으로 표현하면 트리채널을 정전용량 c로 가정하여 이론적인 절연파괴 및 방전 발생은 모형화된다. 절연 파괴 경로는 트리의 직렬로 연결된 절연재료의 정상적인 부분은 또 용량 a

로 표현된다. 그러나 트리의 경우에는 불평등 전계의 전형적인 모델이고 성장이 재료에 따른 독특한 특성을 갖고 있어서 수식화된 모델이나 시뮬레이션 문제로 남아 있다.

2.3 절연성 평가

전력용 시스템의 절연성 평가는 전기적 수명이 긴 시간동안에는 어떤 방전에서 치명적이고, 짧은 시간동안에는 어떤 방전을 치명적인가라는 인식이 사전에 필요하다. 예를 들어, 해로운 방전은 방전패턴과 다이어그램의 도움으로 해롭지 않은 방전으로부터 구별되어야 한다. 예를 들면 공기중의 코로나는 오존과 질소화합물이 절연재료에 해를 입히지 않는 한 위험하지 않다. 그러나 SF₆가스에서의 코로나 방전은 매우 해롭다. 그러므로 수백[pC]은 공기중의 코로나에 대해 허용될 수 있다. 반면 훨씬 더 작은 [pC]의 코로나 방전이 있는 SF₆가스는 용납될 수 없다. 표면방전은 내부방전보다 덜 위험하다. 왜냐하면 표면 방전은 덜 집중되기 때문이다. 그래서 상당히 큰 크기도 허용될 수 있다.

내부방전은 많은 경우에 있어 절연재료 수명에 대해 결정적인 요인이다. 수명은 전계 세기, 방전 크기, 그리고 물질이 되는 더 중요한 몇가지 변수에 의존한다. 절연재료의 수명에 관련된 요인으로는 전계와 방전의 크기로 알려져 있다. 절연재료에서 전계가 증가하면 방전의 수는 증가한다. 더욱이 열화 과정은 전계에 의해 결정된다. 예를 들면 결합에서의 방전은 높은 전계일수록 쉽게 형성되고, 공동들의 공간효과에 대한 조건들은 높은 전계일수록 더 빨리 도달한다. 결과적으로 전압수명에서 전계의 영향은 매우크고 아래의 식과 같이 절연재료의 수명 L은 전계 세기 E의 지수 승으로 감소한다.

$$L = \frac{C}{E^n}$$

여기서 수명계수 n은 물질의 종류와 질에 따라 5~20의 값을 갖는다. 잘 알려진 포리에틸렌의 n= 9이다.

둘째는 방전 크기이다. 절연수명에 있어서 방전크기는 실제값들 크기의 순서로 표현될 수 있다. 예를 들어 1000[pC]의 레벨에서 극히 짧은 전압 수명을 갖는다고 한다면, 약 100[pC]에서 절연수명은 500배 정도이고, 3[pC]에서는 약 6개월까지 늘어난다. 만약 3~4[KV/mm]의 동작 스트레스에서 이 수명을 추정한다면, 예상 수명은 30~100년이 된다. 3[pC]의 방전 레벨이 이 전계 세기에서는 전반적으로 허용된다. 이러한 추정은 많은 데이터 축적이 있는 일반

적인 경향들을 설명하지만 실제적인 실험결과들은 그렇지 않다. 더욱이 방전이 자유롭게 수명 곡선을 따라 일어난다고 보증할 수 없다. 왜냐하면 전극형태 및 함유,오염,혹은 돌출같은 결합에서 절연과피 유도하기 때문이다.

세째는 재료의 고유한 특성에 있다. 즉 허용할 수 있는 방전 한계는 절연재료의 안정도에 의존한다. 마이카는 매우 안정된 물질이다. 기계절연은 가능한 한 수지는 적게 사용하고 마이카는 매우 안정된 물질이다. 기계 절연은 가능한 한 수지는 적게 사용하고 마이카는 많이 사용하려고 한다. 유리와 자기는 심지어 더 안정되고, 이것을 사용했을 때 1000[pC]도 해를 입힐 수 없다고 추정할 수 있다. 큰 표면방전이 일어나는 긴 실험에서 유리나 자기의 열화가 일어나지 않는다는 것을 보여준다.

전문가 시스템 기술을 이용한 프로그램은 방전의 특성에 대한 여러 가지 질문에 답을 한 후 진단 결과를 제공해 준다. 방전 검출기에 결합된 펄스 분석기(Pulse height analyser)를 이용하면 더욱 자동화된다. 방전을 인식하기 위한 알고리즘은 컴퓨터를 사용하여 프로그램되어 있다. 그러나 그러한 자동화 진단시스템은 펄스패턴과 방전 사이의 물리적 상관관계에 의해 제공된 것보다 더 좋은 해답을 주지는 못한다.

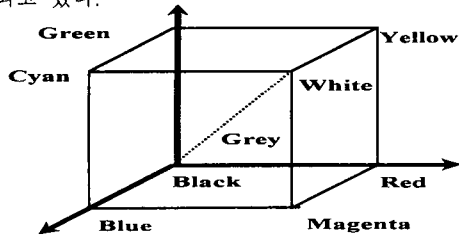
3. 칼라 좌표계

1931년 국제 조명 위원회(Commission International I'Eclairage)가 토마스 영과 헬름홀츠의 색채이론에서 출발한 물리학적인 측정 방법으로 CIE 표색계를 만들었다. CIE 표색계는 빨강, 녹색, 파랑의 세 가지 색광을 일정한 비율로 혼합하면 일정한 방법의 색 자극이 나타난다는 가법혼색의 원리이다. 칼라 좌표계는 RGB 좌표계, XYZ 좌표계, HSV좌표계를 들수 있다.

3.1 RGB(Red, Green, Blue) 좌표계

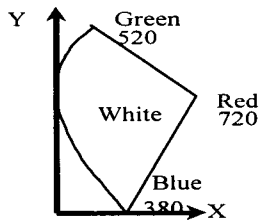
본 연구에서 사용된 좌표계로서 RGB 칼라 공간은 서로 가산할 수 있는 삼원색인 빨강, 녹색, 파랑으로 구성된다. 이들 칼라의 분광 요소들이 부가적으로 복합되어 결과적인 칼라값이 된다. 아래의 그림과 같이 각축의 모서리가 빨강, 녹색, 파랑인 3차원 입방체로 표현되며, 검정색이 원점이고 흰색은 입방체의 반대쪽 끝이 된다. 칼라 채널당 8비트를 가지는 24비트 칼라 그래픽 시스템에서 빨강색은 255,0,0이지만 입방체 상에서는 1,0,0이다. 이 칼라 공간은 칼라 요소들의 상호 관계가 너무 큼으로서 많은 Application에 이상적이지 못하며, 몇몇 영상처

리 알고리즘들은 수행이 어렵다. RGB 칼라 공간은 CRT 모니터와 컴퓨터 그래픽 시스템에 널리 사용되고 있다.



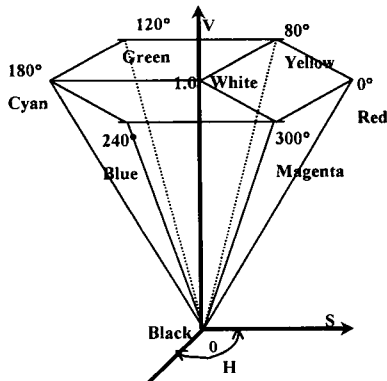
3.2 XYZ 좌표계

국제 조명 위원회(CIE)에서 사용되는 기준을 마련하기 위해 지정한 것이다. XYZ 칼라 공간은 물리적인 원색과 관계가 없지만 칼라의 표준으로 사용된다. 이 칼라공간은 간단한 행렬 곱으로 다른 칼라 공간으로 쉽고 완벽하게 변환된다.



3.3 HSV(Hue, Saturation, Value) 좌표계

HSV 칼라 공간은 1987년 Smith에 의해 만들어졌다. HSV 칼라 공간은 사용할 때, 어떤 칼라를 만들어 내기 위해서 몇 퍼센트의 파랑색이나 녹색이 필요한지 알 필요가 없고 채도 조절 또는 명도 변경을 한다. 아래의 그림과 같이 콘형 좌표계로 모형화되어 있다. 색상은 0°에서 360°의 범위를 가진 각도 H로 표현되며, 채도는 0에서 1까지의 범위를 가지는 반지름에 해당한다. 명도는 Z축에 해당하는데 0일 때는 검정색을 1일 때는 흰색을 나타낸다. 색상을 합치는 구성요소보다는 칼라의 순도, 명도의 예술적인 목적에 적합하다.



HSV 칼라 모델은 사람들이 칼라를 표현하기 쉬운 모델이다.

4. 영상 처리

4.1. 영상 데이터의 특성

본 연구 과정에서 사용되는 초음파단장치로부터 입력되는 영상의 이미지데이터의 컬러이미지 또는 시각적인 모델을 제시하여야하는데 이 제시모델을 본 논문에서는 BMP파일 사용하였다. BMP파일은 윈도우에서 어느 컴퓨터에서든지 화면에 출력시킬 수 있는 장치 독립적인 비트맵 파일이기 때문에 사용하기 편리하다.

표 1-1은 BMP파일의 구조를 요약한 것이다. BMP파일의 구조는 처음의 두 바이트는 BM이란 BMP파일이라는 것을 알리는 문자가 있으며 다음에 DWORD형으로 BMP 실질 이미지 데이터가 있는 파일의 포인트를 가리킨다. 그 다음에는 BMP의 실질적인 헤더정보가 있는데 biSize는 현재 헤더의 크기를 말해주고, 다음으로 가로와 세로의 크기, 플랜의 값이 설정된다. BitCount는 한 픽셀의 정보가 들어있는 비트 수를 말한다. 예를 들면 16컬러라고 하면 4비트로 16까지의 수를 표현할 수 있으므로 4로 표시하고, 256컬러는 8비트로 8, 트루컬러는 24비트로 표현할 수 있으니까 24로 설정하고, 흑백인 경우 0,1 두 가지만 사용되므로 1바이트로 설정하는 값을 말한다. Compression은 압축해서 저장하면 1보다 크고 압축하지 않았으면 0으로 세팅된다.

표 1-1. BMP파일의 구조

Table 1-1. Structure of BMP file

Variable name	Contents
BtType = "BM"	BMP 파일이라는 표시
BffOffBits	BMP 데이터가 있는 포인트
BiSize	헤더의 크기
BiWidth	BMP 이미지의 가로크기
BiHeight	BMP 이미지의 세로크기
BiPlanes = 1	플랜 번호 현재는 1임
BiBitCount	한 픽셀의 정보가 들어있는 비트수
BiComperSSION	압축유무 플래그
팔레트 테이블	만약 팔레트가 있다면 현재 이 곳에는 팔레트 정보가 들어있음
데이터	이미지 데이터가 들어있음

다음 블록에서는 팔레트테이블이 나타나는데 VGA 모니터에서는 R(적색), G(녹색), B(청색) 3원색을 가지고 화면에 색상을 출력하는데, 각각 색상

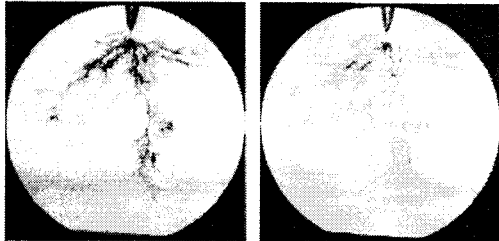
의 정보 8비트씩을 가지고 있기 때문에 전체 색상 값은 24비트, 즉 2의24승인 16777216가지의 색을 표시할 수 있다. 이러한 여러 가지의 흑백과 컬러의 값이 다르기 때문에 결국 팔레트 테이블과 데이터는 가변적이다. 데이터의 크기가 데이터 정보에 따라 변하니까 OffsetBits나 biSize가 그 변화정보를 나타낸다.

5. 실험 결과

아래 보이는 그림들은 부분 방전의 측정을 위하여 촬영된 영상을 영상처리 기법중 Color Filtering 방법을 통하여 5단계의 구역을 구분한 영상이다.

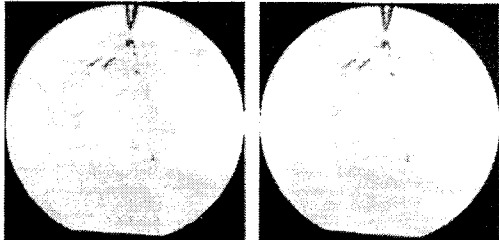


[그림 1] 부분 방전의 결과를 촬영한 원영상



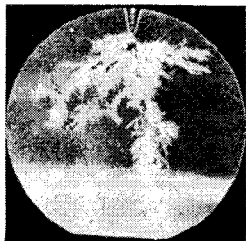
[그림 2] 단계 1

[그림 3] 단계 2



[그림 4] 단계 3

[그림 5] 단계 4



[그림 6] 단계 5의 종료 영상.

6. 결 론

본 논문에서 연구된 화상처리방법은 절연 재료가 트리패턴으로 방전 되는 특성을 이용한 것으로, 열화진단 시스템의 설계를 위한 기본 연구로서 연구된 결과에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 트리의 성장은 트리 패턴에 따라서 전반부와 후반부로 구분되어지고, 특히 트리진해이 후반부에서는 트리형 트리의 성장율이 가장 빠르다.

2. 일반적인 방전 결과로 획득된 영상은 전반부에 비하여 후반부가 치밀도 및 방전율이 높게 표시된다는 점을 이용하여 각각에 구분된 부분에 가중치를 주어 처리 하였다.

3. 원 영상자체로서는 단색의 트리 형태의 방전 결과만을 획득 되던 내용을 단계별로 가중치에 의한 컬러화 시킴에 따라 단계별 구분이 명확해 졌다.

그러나, 본 연구는 열화진단 시스템의 구축을 위한 전 단계로서의 연구로서 본 논문에서 제시된 방법에 따라 방전 영상을 정확한 식에 맞추어 각 부위별 계산에 의한 방전의 정도를 인식하는 부분이 아직 연구중이며, 현재까지의 처리 방법은 현업에서 적용 하기에는 처리 시간적인 면에서 앞으로 많은 연구 진행 되어야 할것으로 사료 된다.

[참고 문헌]

[1] 이상엽, "Visual C++ Programming Bible Ver 5.X", 영진출판사, 1997.
 [2] 이정근, "Microsoft Multimedia Development Kit", 도서출판 세운, 1996.
 [3] James D. Murray & William Varrayper, "Graphics file format second edition", O'Reilly & Associates Inc, 1996.
 [4] Lim Jangseob, "The Partial Discharge due to Mica-Epoxy Interface Condition", Proceeding of the 6th Asian Conference on Electrical Discharge at Oita, pp.179-184,1993
 [5] 김태성, 임장섭, "마이카에폭시 계면층에서의 열화현상", 대한전기학회 방전 및 고전압공학 연구회 학술발표회, pp.71 74, 1992.
 [6] 이은학, 마이카에폭시 복합절연계 계면층에서의 전기적 열화에 관한연구, 전남대학교 박사학위 청구논문, pp.4895, 1992.
 [7] Lim jangseob, "The Measurement of Partial Discharge at interface Layer in MicaEpoxy Composite", Proceeding of the 2nd KoreaJapan Joint Symposium on Electrical Insulation and Dielectric Materials at Seoul, pp.6265,1993.