

SF₆ 가스중 PET Film의 절연특성

김정달, 정장근, 주성철, 이덕진, 박재윤, 이용길*
 경남대학교 전기공학과, 동의 공업대*

Insulated Characteristics of PET Film under SF₆

Kim J.D. Jung J.G. Joo S.C. Lee D.J. Park J.Y. Lee Y.G.*
 Kvnunam Universitv. Donaeui Collae*

Abstract - SF₆ gas has been widely used the gas insulated transmission line, gas insulated transformer and gas insulated substation and Polyester film used as the turn insulation with other material. SF₆ gas has been actively studied in domestic and foreign countries.

In general, when dielectric surface electric field exceed any electric field strength on air, corona discharge is occurred from the dielectric surface. This paper presents the insulation strength of turn insulation of SF₆ - PET film studied under application of AC voltage, constitute of the plane to plane with PET Film.

The results obtained in experimental are summarized that Partial Discharge Initial Voltage(PDIV) of turn insulation depend on gas pressure, but Breakdown Voltage(BDV) did not depend on gas pressure.

르는 전류파형은 시편 하부에 50[Ω] 무유도 저항 양단의 전압강하를 Lecroy LC334 500[MHz] 오실로스코프 시스템으로 측정 분석하였다.

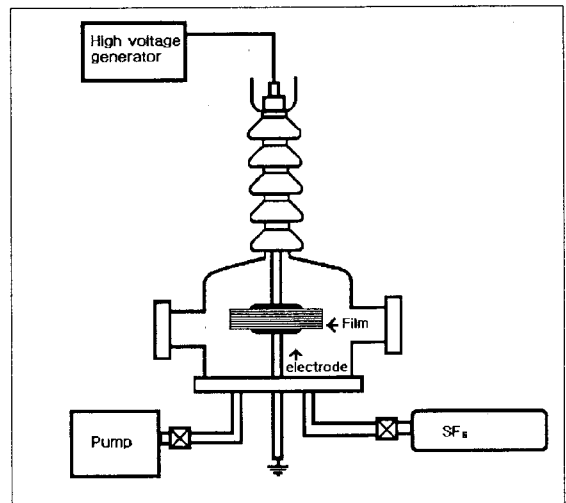


Fig.1 Experimental apparatus

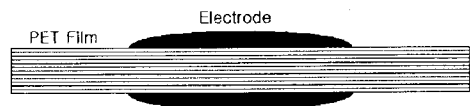


Fig.2 Sample preparation and Electrode Configuration

1. 서 론

최근 전력수요의 증가에 따라 기기들이 대용량화되어 가고 있다. 이러한 대용량의 기기들은 크기와 무게뿐 아니라 이에 제반 되는 여러 가지 이유로 인해 실사용에 많은 어려움이 있다. 특히, 국토가 좁고 산악지대가 많은 우리 나라의 현실을 볼 때 콤팩트한 대용량 기기의 개발의 필요성은 매우 절실하다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 방법중 하나가 SF₆ 가스를 이용한 대용량 전력 기기이다.

그러나, 가스절연방식만으로는 고전압기기의 모든 계통을 절연하기란 불가능하다. 특히, 전기적 절연시 기계적 강도를 필요로 하는 부위, 도체와 도체사이의 간격이 매우 좁혀져있을 경우에는 가스절연방식으로는 무리가 따른다.

고체절연물은 코로나 발생시 고전압 장치에 이상전자를 발생시켜 기기의 내압을 저하시킬 우려가 있으므로, 기기 설계시 전계감소를 위한 많은 연구가 행해지고 있다. [1-2] 이러한 절연구조는 충전부, 전극, 가스와의 접합부(Triple junction)에서 전계집중에 의한 전자방출을 발생시키는데, 이것은 유전체의 유전율, 불순물, 보이드(Void) 및 표면상태 등에 의해 많은 영향을 받는다. [3-7]

본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 현재 개발중인 초고압급 SF₆ 가스 VT구조에서 권선간 절연에 사용되는 고체절연물(PET Film)의 주위환경에 대한 영향과 그 내압을 연구 발표하려 한다.

2. 본 론

2.1 실험장치

본 실험에 사용한 실험장치의 개략도는 그림 1과 같다. 인가전압은 AC 상용전압을 사용했으며, 시편에 흐

실험 챔버는 3(bar)~10⁻⁷(Torr)까지 압축과 배기가 가능하며, 진공도 측정은 Pirani gauge와 Ionization gauge로 측정하였으며, 가스압력의 측정은 Bourdon형 압력계를 사용하였다.

전극의 구성은 그림 2와 같이 칼날효과(Edge effect)에 의한 전계 집중을 막기 위해 전극을 Bruce형으로 설계하였으며, PET Film의 연면방전을 피하기 위해 전극 가장자리에서부터 Film끝단자까지의 거리를 충분히 두었다. 실험에 사용된 평판전극은 구리를 사용하였으며, 표면에서 파티클에 의한 오차를 최소화 하기 위해, 최초 선반가공후 사포(CW1000)로 연마하고, Al₂O₃(1[μm]) 분말로 최종 경면처리 했다. PET Film의 두께는 초고압 VT에서 실제 사용하고 있는 25[μm]의 두께를 사용하였다. 전극과 PET Film간의 접촉은 불순물을 없애고 극간의 공극을 최소화 하기 위해 압축Contact을 하여 실험에 임하였다.

2.2 실험 방법

가스 주입방법은 주위 오염을 막고, 순도를 더하기 위해 먼저 진공 배기장치로 10^{-3} [torr]까지 배기시킨 다음 시험 압력별 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 2[kgf/cm²]로 SF₆가스를 주입 시켰다. 파괴전압의 측정은 시편이 열화되기 전의 순수파괴값을 얻기 위해 매우 빨리 인가했으며, 파괴전압을 측정할 후 그 진전 현상을 알아보기 위해 새로운 시편을 장착하여 최초 코로나가 발생 될 때까지는 1[kV/sec]씩, 최초 코로나 펄스 발생이후에는 0.1[kV/sec]씩 전압을 상승시키면서 시편의 열화 특성을 살펴보았다. 파괴후 시편 손상에 의한 오차를 줄이기 위해 매번 전극표면을 세척후 재 실험하였다. 실험 데이터는 10회 이상 반복하여 실험을 하였으며, 그때마다 가스를 교체하여 정확성을 기하였다.

본 논문은 SF₆하에서 권선 절연용 PET Film의 매수 및 압력의 증가에 따른 부분방전 개시전압(PDIV)과 절연파괴전압(BDV)을 측정 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 SF₆ 가스중의 절연물 절연특성

표1에는 여러 가지 고분자물질의 특성 값을 나타내었다.

Material Property	Polyester (PET)	Polypro- Phylene (PP)	Polyethy- lene (PE)	Kraft Paper
Tensile Strength (kg/mm ²)	22	18	2	10
Elongation(%)	100	100	300	3
Tear propagation (kg/mm)	22	14	1.5	
Dielectric constant	3.0	2.0	2.2	2.0
Thermal conductivity (kcal/mhr°C)	0.14	0.12	0.39	0.11

Table 1. General characteristics of insulating polymer materials

표1에서 보는바와 같이 PET Film이 PP 나 PE 보다 tensile strength 나 tear propagation resistance가 우수하기 때문에 권선의 tapping에 유용하다. 이러한 고체 절연물과 가스 절연물을 함께 사용하는 경우 가스는 절연매체로서, 고체 절연물은 절연 및 구조 재료로서 사용되기 때문에 절연 측면에서는 복합절연으로 간주할 수 있다. 일반적으로 고체 절연물은 가스에 비하여 절연내력이 높고 실용상 약 2배의 절연내력을 갖고 있기 때문에 절연구성중 고체 절연물의 비율이 크면 그만큼 절연 내력을 향상시킬 수가 있다. 그러나 고체 절연물의 비율을 증가시키면 고체 절연물과 가스 절연물의 유전을 차이로 인하여, 전계가 유전율이 낮은 가스 간 극에 집중하게 되어 부분방전을 유발시킬 위험성이 있다. 과전부의 전계집중을 방지하기 위해서는 과전부의 첨예한 부분이 발생하지 않도록 해야하며, 그 부위를 고체절연물로 피복 하는 것이 좋다. 고체 절연물은 가능하면 등전위면을 따라 배치하고, 연면방전이 발생하지 않도록 해야 한다. 가스 단독으로 모든 계통의 절연을 담당하는 것보다, 부분적인 고체 절연물의 삽입은 계통전체의 절연내력 향상에 크게 도움이 된다.

3.2 SF₆ 가스의 AC 절연파괴 특성

그림 1은 AC하에서 SF₆ 가스, 공기, 광유의 압력에 따른 절연내력의 변화를 나타낸 것이다.

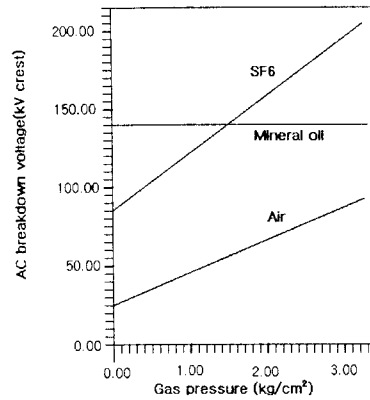


그림 1에 표시한 것과 같이 SF₆ 가스와 공기는 압력의 증가에 따라 절연내력이 상승하나, 광유는 비압축성이므로 압력에 따라 변화하지 않고 일정한 값을 나타낸다. 압력이 대략 1.2kgf/cm²정도이면 SF₆가스의 절연내력이 광유와 비슷한 값을 갖게 되므로 통상 가스 변압기의 주입압력을 이 값으로 하고 있다.

3.3 SF₆ 가스중 PET Film 매수의 증가에 따른 절연특성

SF₆가스 중 PET Film의 매수 증가에 따른 절연 파괴전압(BDV)과 초기 코로나 개시전압(PDIV)을 그림 3, 4에 나타내었다.

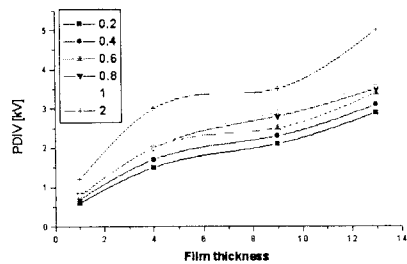


Fig.3 The PDIV of different gas pressure insulation to PET Film Thickness

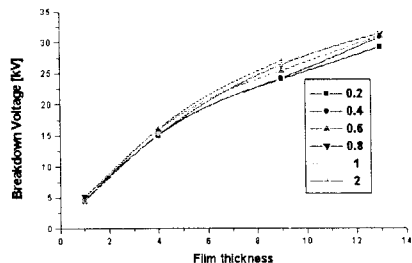


Fig.4 The BDV of different gas pressure insulation to PET Film Thickness

그림 3, 4에서 보는 바와 같이 서로 다른 SF₆ 가스 압력 하에서 PET Film의 매수 증가에 따라 절연파괴전압(BDV)과 부분방전 개시전압도 증가하는 경향을 볼 수가 있다. 부분방전 개시전압(PDIV)은 0.2~1(kgf/cm²)의 압력에서 1매일 경우에는 약 0.5~0.7(kV), 4매는 약 1.5~1.8(kV), 9매는 약 1.8~2.5(kV), 13매는 약 2.5~3.2(kV)의 부분방전 개시전압을 나타내고 있는 반면, 2(kgf/cm²)의 압력에서는 그 값이 약간 상승하는 것을 볼 수 있었다. 이는 턴간 절연의 부분방전 개시전압은 SF₆ 가스의 압력에 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 또 이러한 각기 다른 압력 하에서 절연파괴전압(BDV)과 부분방전 개시전압의 차가 발생하는 것은 전극과 PET Film과의 접촉면에서 생긴 아주 미세한 공극 때문인 것으로 사료된다.

3.4 SF₆ 가스중 압력의 증가에 따른 절연특성

그림 5, 6은 SF₆가스 하에서 압력의 증가에 따른 절연파괴전압(BDV)과 부분방전개시전압(PDIV)을 나타낸 것이다.

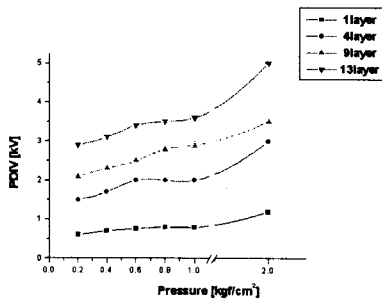


Fig.5 The PDIV of different PET Film Thickness insulation to pressure

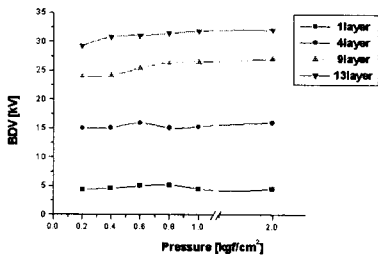


Fig.6 The BDV of different PET Film Thickness insulation to pressure

SF₆ 가스압력과 PET Film의 매수 증가에 따라 부분방전 개시전압(PDIV)은 증가하는 경향을 볼 수가 있지만, 절연파괴전압(BDV)은 거의 일정한 것을 알 수가 있었다. 즉, 턴간 절연의 부분방전 개시전압(PDIV)은 SF₆ 가스압력의 영향을 받지만 절연파괴전압(BDV)은 영향을 받지 않았다. 이는, 시편의 구성도와 밀접한 관계가 있는 것으로, 전극과 PET Film은 중간 매질이 전혀 없이 직접 콘택이 되어있기 때문에 이러한 구조에서 절연내력의 결정요소는 전극간에 존재하는 물질일 수밖에 없는 것이다. 그러나, 부분방전 개시전압이 가스압력에 영향을 받는 것은 전극과 콘택이 되어 있지

않은 부분, 다시 말해서 가스에 노출되어있는 필름의 표면에서 에너지를 받은 분자나 원자들의 활동으로 인해 발생하는 국부적인 현상으로 볼 수가 있는 것이다. 결국, 이러한 구조에서 PET Film의 자체 절연파괴전압은 그 두께에 의존한다는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

SF₆하에서 권선 절연용 PET Film의 매수 및 압력의 증가에 따른 부분방전 개시전압(PDIV)과 절연파괴전압(BDV)을 분석해본 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

- ① 턴간 절연의 부분방전 개시전압(PDIV)은 SF₆ 가스 압력에 의존하였다.
- ② 턴간 절연의 절연파괴전압(BDV)은 SF₆ 가스압력의 영향을 거의 받지 않았다.

위와 같은 결과로 인해 결국 PET Film의 두께가 절연파괴전압을 결정하고, 부분방전 개시전압(PDIV)은 PET Film의 절연내력을 저하시키는 요소로 작용된다는 것을 의미한다.

이상과 같이 SF₆ 가스 하에서 PET Film의 절연특성을 측정 한 결과, SF₆ voltage transformer의 설계 및 제작시 기초 데이터가 될 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

- [1]J.M. Meek, J.D. Craggs, "Electrical Breakdown of Gases", JOHN WILEY & SONS, 1978.
- [2]Brian Chapman, "Glow Discharge Process", JOHN WILEY & SONS, 1983.
- [3]中村信幸 御所康七 遠藤正雄, "誘電體表面に現れるコロナ放電", ED-95-18
- [4]L.Niemer, L.Ullrich, N. Wiegart, "The Mechanism of Leader Break-down in Electronegative Gases", IEEE Transactions on Electrical Insulation, Vol.24 No.2, April 1989.
- [5]細川 辰三, "SF₆中 平等電界 ギツブにおける破壊の前驅現象", (日) 電氣學會, 59-A71.1982
- [6]L.G.Charistophorou et all, "Recent Advances in Gaseous Dielectrics", IEEE Int Symp EI Ins, 1984
- [7]田春生, "放電·高電壓 工学", 東明社, 1988.