

GIS내 파티클의 상태에 따른 전기적 방전 신호 분석

이동준, 이곤, 곽희로, 김경화*, 권동진**
 숭실대학교 전기공학과, 홍성기능대학 전기과*, 전력연구원**

Analysis of Electrical discharge signal according to particle state in GIS

Dong Zoon Lee, Gon Lee, Hee Ro kwak, Kyung Wha Kim*, Dong Jin Kwon**
 Dept. of Electrical Eng. Soongsil Univ. Dept. of Electricity .Hongsung college*, KEPRI**

Abstract - The breakdown was caused by particle in GIS and various methode was suggested to find particle in GIS. In this paper, four states of particle was imitated which are particle on electrode, particle on enclosure, particle on spacer and crossing particle. The discharge voltage of each states was classified by four voltages which are initial, development, later and close discharge voltage. Φ -Q-N pattern was analyzed according to the states and to the discharge voltages. In the result, the electrical discharge pattern according to the particle states may be distinguished.

1. 서 론

산업의 발달과 경제적인 성장에 따라 전력의 안정적 인 공급에 대한 일반 대중의 욕구가 늘어나고 있다. 따라서 변압기와 GIS와 같은 변전기기의 사고는 사회적, 경제적으로 큰 물의를 야기하게 되므로 전력설비에 대한 예방진단 연구가 활발히 진행되고 있다.

GIS는 절연성능이 좋은 SF₆가스로 절연한 콤팩트한 전력기기이므로 GIS내 도전성 파티클이 존재하게 되면 불균등한 전계가 형성되어지고 절연효과가 급격히 감소 하여 절연사고의 원인이 되고 있다. 따라서 GIS내 파티클을 찾기 위한 여러 가지 방법들이 제시되고 있다.

본 논문에서는 GIS내에 파티클 존재시 파티클의 상태에 따른 전기적 방전 신호를 Φ -Q-N 파형으로 분석하여 파티클의 상태에 따라 Φ -Q-N 패턴이 어떻게 나타나는지를 분석하였다.

2. 실험방법

본 논문에서 사용한 고전압 발생장치는 400(kV)까지 인가 가능한 HAEFELY사의 장비를 이용하였으며, 파티클의 상태에 따른 전기적 방전 신호의 Φ -Q-N파형분석[1,2]을 위해 사용한 장비는 HAEFELY사의 PD DETECTOR TE-571을 이용하였다.

GIS내 파티클의 위치에 따른 전기적 방전신호를 측정하기 위하여 모의 챔버와 전극 및 스페이서를 제작하였다. 전극은 평판대 평판 전극으로 지름 100.0 [mm]의 원형전극으로 제작하였으며 전극 끝부분에서 부분부분방전이 발생하는 것을 방지하기 위하여 라운드(round)처리 하였다. 스페이서는 지름 55.0[mm], 높이 12.0[mm]의 아크릴로 제작하였으며 전극과 아크릴 사이에서의 부분부분방전 발생을 억제하기 위하여 아크릴의 양면을 매끄럽게 처리하였다.

본 논문에서 모의한 파티클 상태는 파티클이 전극에 부착한 경우, 파티클이 외함에 부착한 경우, 파티클이 스페이서에 부착한 경우, 파티클이 자유운동하는 경우(3)이다. 이때 전극간 거리는 12.0[mm]로 하였고 파티클의 크기는 지름 0.56[mm] 길이 5.0[mm]이다. 그림 1은 본 논문에서 모의한 파티클의 상태에 따른 전극 모양이다.

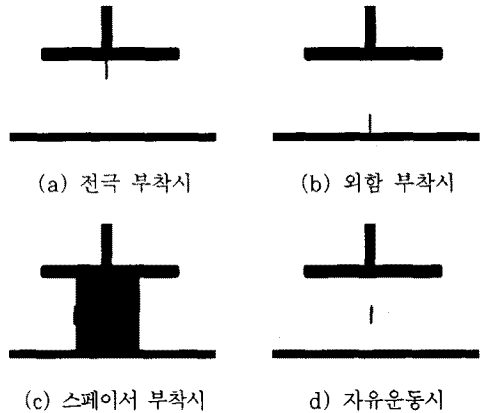


그림1 GIS내 파티클의 상태

또한 파티클의 각 상태에서 부분방전량이 인가전압에 따라 다르게 나타날 것으로 사료되므로 본 논문에서는 부분방전개시전압부터 절연파괴전압까지의 전압을 10등분하여 부분방전개시전압과 절연파괴전압간의 1/10 (10%)인 전압을 초기부분방전전압, 4/10(40%)인 전압을 전기부분방전전압, 7/10(70%)인 전압을 중기부분방전전압, 9/10(90%)인 전압을 말기 부분방전전압으로 정의하였다. 표 1은 파티클의 각 상태 및 각 부분방전전압에서의 인가전압을 나타낸 것이다.

표 1 금속이물 각 상태에서의 인가전압구분

단위 : kV

파티클상태	부분방전 전압			
	초기 (10%)	전기 (40%)	중기 (70%)	말기 (90%)
전 극	17	23	29	33
외 함	17	23	29	33
스페이서	20	26	32	35
자유운동	18	22.5	27	29

전기적 방전신호를 얻기 위하여 파티클의 각 상태 및 각 부분방전전압의 인가전압에서 각각 3회, 총 48회 실시하였다.

3. Φ -Q-N 파형 분석

파티클 상태에 따른 전기적 방전신호를 Φ -Q-N으로 분석하기 위하여 GIS내 파티클이 전극에 부착되어 있는 경우, 외함에 부착되어 있는 경우, 스페이서에 부착되어 있는 경우, 파티클이 자유운동하는 경우에 대하여 살펴 보았다.

(가) 전극에 파티클 부착시

파티클이 전극에 붙어 있을 경우 초기부분방전전압, 전기부분방전전압, 중기부분방전전압, 말기부분방전전압에 나타난 Φ -Q-N 파형을 그림 2에 나타내었다.

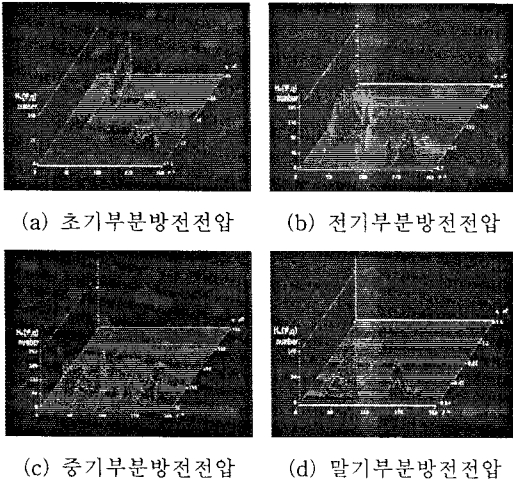


그림 2 전극에 파티클 부착시 Φ -Q-N 파형

그림 2에서 보듯이 전극에 파티클 부착시 나타난 Φ -Q-N 파형을 양의 반주기와 음의 반주기로 나누어 살펴보면, 먼저 양의 반주기의 경우 초기, 전기, 중기부분방전전압에서는 분포 중심이 약 90° 내외에서 발생하고 있으며 90° 를 중심으로 교집합(\cap)의 형태와 엠(M)자 형태의 골로 발생하고 있다. 또한 말기부분방전전압에서는 분포 중심이 90° 전후에서 두 번 발생하고 있다. 한편, 전반적으로 음의 반주기에서 나타난 파형은 크기가 작은 부분방전이 집중적으로 발생하고 있다.

전체적으로 양의 반주기의 부분방전은 음의 반주기의 부분방전에 비하여 부분방전의 크기가 상대적으로 크게 발생하였다.

(나) 외함에 파티클 부착시

파티클이 외함에 붙어 있을 경우 초기부분방전전압, 전기부분방전전압, 중기부분방전전압, 말기부분방전전압에 나타난 Φ -Q-N 파형을 그림 3에 나타내었다.

그림 3에서 보듯이 양의 반주기에서는 크기가 작은 부분방전이 집중적으로 발생하고 있으며, 또한 음의 반주기에서는 대부분 약 270° 부근에서 분포 중심이 나타나고 있으며 그 모양은 교집합(\cap)의 형태와 엠(M)자 형태의 골로 발생하고 있다. 그리고 말기부분방전전압에서는 270° 전후에서 두 개의 피크가 나타나고 있다.

전체적으로 음의 반주기의 부분방전은 양의 반주기의 부분방전에 비하여 대체적으로 부분방전의 크기가 크게 발생하는 것을 알 수 있다. 이런 부분방전패턴은 파티클이 전극에 부착하였을 경우의 부분방전패턴과 대칭되는 모습으로 파티클이 전극에 부착시 양의 반주기와 파티클이 외함에 부착시 음의 반주기의 모습이 비슷한 부분방전파형을 나타내고 있다.

위의 2가지 형태의 경우 즉, 파티클이 전극에 부착한 경우와 파티클이 외함에 부착한 경우에 특징이 가장 뚜렷하게 나타나는 부분방전전압은 전기부분방전전압과 중기부분방전전압이었으며, 초기부분방전전압이나 말기부분방전전압에서는 특징이 뚜렷하게 나타나고 있지 않는 것도 있었다.

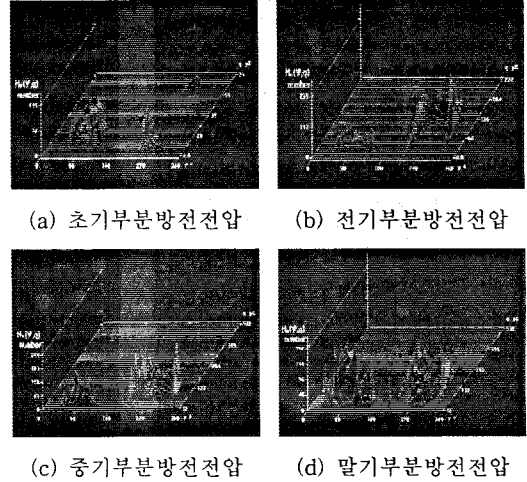


그림 3 외함에 파티클 부착시 Φ -Q-N 파형

(다) 스페이서에 파티클 부착시

파티클이 스페이서에 붙어 있을 경우 초기부분방전전압, 전기부분방전전압, 중기부분방전전압, 말기부분방전전압에 나타난 Φ -Q-N 파형을 그림 4에 나타내었다.

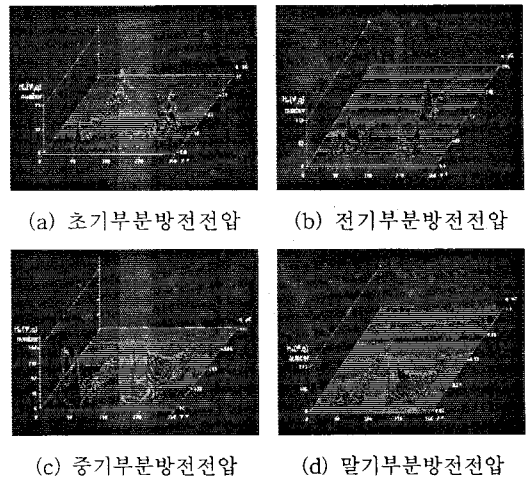


그림 4 스페이서에 파티클 부착시 Φ -Q-N 파형

그림 4에서 보듯이 파티클이 스페이서에 부착한 경우에는 파티클이 전극에 부착한 경우와 외함에 부착한 경우와 비교할 때 양의 반주기와 음의 반주기에서 부분방전의 크기가 비교적 유사하게 발생하고 있다.

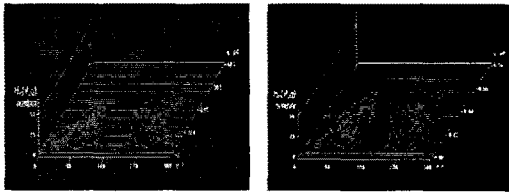
또한 파티클이 전극에 부착한 경우, 외함에 부착한 경우, 스페이서에 부착한 경우에는 초기부분방전전압에서 약 90° 와 270° 를 중심으로 좁은 위상에서 부분방전이 발생하다가 부분방전전압이 커지면 부분방전이 발생하는 위상이 변화하는 것을 알 수 있다.

(라) 파티클 자유운동시

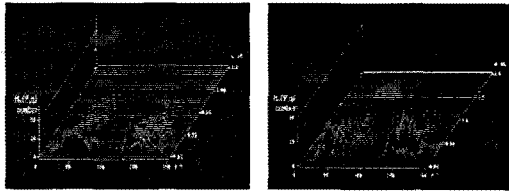
파티클이 자유운동할 경우의 초기부분방전전압, 전기부분방전전압, 중기부분방전전압, 말기부분방전전압에 나타난 ϕ -Q-N 파형을 그림 5에 나타내었다.

[참고 문헌]

[1] A. Bargigia and etc. "Detection of Partial Discharges in Gas Insulated Substation", IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, No. 3, pp. 1239-1249, July 1992
 [2] J.Gorablenkow etc. "Application of UHF Partial Discharge Monitoring and Expert System Diagnosis", Conference Record of the 1998 IEEE International Symposium on Electrical Insulation pp.61-64 June, 1998
 [3] E.Kuffel and etc. "Activity of Moving Metallic Particles in Prebreakdown State in GIS", IEEE transactions on Dielectric and Electrical Insulation, Vol. 4, No. 1, pp. 39-43 February 1997
 [4] June-Ho Lee and etc. "A Study on the Partial Discharge Pattern from Multi-Defect Insulating Systems", Journal of EEIC, Vol. 3, No 2. pp.170-173, 1998



(a) 초기부분방전전압 (b) 전기부분방전전압



(c) 중기부분방전전압 (d) 말기부분방전전압

그림 5 파티클 자유운동시 ϕ -Q-N 파형

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 기초전력공학공동연구소 주관으로 수행되었음

그림 5에서 보듯이 분포중심은 양의 반주기에서는 90° 주위, 음의 반주기에서는 270° 주위에서 발생하고 있으며 양의 반주기와 음의 반주기에서의 부분방전량과 부분방전의 크기가 거의 유사하여 파티클의 상태 4가지 중 부분방전 패턴이 가장 유사함을 알 수 있다. 또한 부분방전이 발생하는 위상폭도 초기부분방전전압에서부터 말기부분방전전압까지 유사하게 나타나고 있다. 또한 부분방전 파형의 형태를 전체적으로 보면 밀(密)한 경향을 보이고 있다. 이러한 파형 형태가 나오는 것은 파티클 자유운동시 파형 특성에는 위 3가지 파티클 상태에서 나타난 특성을 모두 가지고 있기 때문으로 사료된다.

4. 결 론

본 논문에서는 GIS내 파티클의 상태에 따른 전기적 방전신호를 분석하기 위하여 파티클의 상태를 전극, 외함, 스페이서에 파티클 부착시와 자유운동의 경우, 각각의 상태에서 초기, 전기, 중기, 말기의 부분방전전압에서 부분방전신호를 받아 ϕ -Q-N 파형을 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

첫째, 파티클이 전극 부착시와 외함 부착시 나타난 부분방전 패턴은 전극의 경우 양의 반주기에서 외함의 경우 음의 반주기에서 각각 부분방전의 크기가 크게 나타났으며, 부분방전 모습도 대부분 중심위상(90°, 270°)을 정점으로 교집합(\cap)형과 M형의 모습을 나타내고 있다.

둘째, 스페이서에 파티클 부착시와 자유운동시 나타난 부분방전패턴은 양의 반주기와 음의 반주기의 부분방전의 크기가 비슷하게 나타났으며, 특히 자유운동의 경우 그 특징이 뚜렷하게 나타났으며, 스페이서 부착시보다 밀한 경향을 나타내고 있다.

셋째, 파티클이 전극, 외함 및 스페이서에 부착시 부분방전전압이 커짐에 따라 부분방전 발생 위상이 커졌으며, 자유운동시는 발생 위상이 부분방전전압에 관계없이 넓게 나타났다.