

154kV 수전설비용 가선금구(인류형 클램프)와 자기애자에서 발생하는 코로나 특성

한운기, 김종민, 방선배, 김한상, *최형준
전기안전연구원, *새빛테크

Corna Characteristics of Between Compression Clamp or Dead End clamp and Porcelain Insulator Used 154kV Receiving Electrical Facility

Han Woon-Ki, Kim Jong-Min, Bang Sun-Bae, *Choi Hyong-Jun
Electrical Safety Laboratory Research, *Sevit Tech

Abstract - 코로나 발생은 전극의 침점이 형성되어 전극에 전계가 집중될 경우 불균질성에 의한 방전이다. 수용가용 154kV 인류형 클램프 말단의 전선처리하는 코로나 발생을 가속시켜 전력손실, 노이즈 발생 등의 영향을 미친다. 본 연구에서는 수용가용 154kV 수전설비용 자기애자(Porcelain Insulator)와 가공선로(Overhead Line)의 지지용 금구사이에서 발생하는 코로나 특성을 고찰하였다. 일반적 방법으로 확인 되지않는 코로나를 UV Image 이용하여 애자의 소손 위험성 및 상태를 제시하였으며, 유한요소법(FEMLAB)을 이용하여 나전선의 길이별로 전계분포에 의한 위험성을 제시하였다. 수전설비의 설치조건 및 금구류의 유지보수 및 안전성 향상에 활용될 것으로 기대한다.

미치는 주변조건은 기온 20℃, 기압 760mmHg에서 실험하였다. 인류형 클램프는 3단이고, 애자는 자기애자를 사용하였다.

1. 서 론

가공 배전선로(154kV) 에서 수용가용 수전설비로 인입되는 전선(나선)은 지지물로 첩탑과 애자를 사용하고 있으며, 전선의 절연은 애자와 그 주위의 공기에 의존하고 있다.

일반적으로 공기는 절연상태나 절연내력에는 한도가 있으며 기온, 기압의 표준상태(20℃, 760mmHg)에서는 직류에서 약 30kV/cm, 정현파교류 실험치에서 약 21kV/cm 이상의 전위경도가 형성되면 절연은 파괴된다.

코로나 발생은 송·배전전압이 높아지거나 표면의 오염 및 돌기에 의한 침점, 곡률반경의 증가가 원인이 된다. 전선표면의 전위경도가 과열극한 전위경도를 초과하면 공기의 절연성이 부분적으로 파괴되어 음 및 광을 수반한 코로나 방전(Corona Discharge)이 일어난다. 또한 전력계통의 확대와 함께 나전선 등의 도입부분의 전선 및 애자 표면에 부착되는 먼지 등의 오염물이나 전선표면의 손상 또는 미소돌기부분으로 인하여 이부분의 전계가 국부적으로 커져, 코로나 임계전압 이하에서도 코로나가 발생하는 일이 있다.

특히 중요 수용가용 154kV로 수전하는 수용가의 경우 인입선로의 사고에 대비하여 예비용 가공선로를 포함하여 2회선 설치하기도 한다. 이 경우 사용하지 않는(예비 가공전선로) 수전설비의 가공인입부 전선은 애자-인류형클램프의 전선말단에 별도의 코로나방지시설을 하지 않은 채로 시공되어 있다. 이러한 가공전선(154kV Overhead Line)로 말단의 전선의 침점처리하는 코로나발생의 주요원인이 된다.

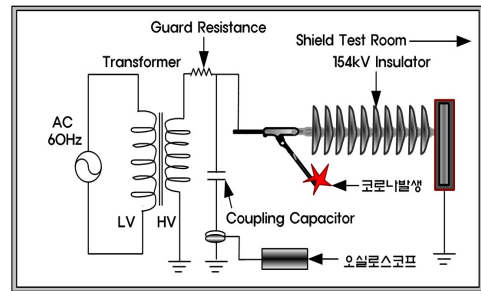
따라서, 본 연구에서는 수용가용 154kV 수전설비용 자기애자(Porcelain Insulator)와 가공선로(Overhead Line)의 인류형클램프 말단 전선 사이에서 발생하는 코로나 특성을 고찰하였다. 수전설비에 설치된 금구와 애자와의 이격거리, 오염상태, 주변환경(습도 및 애자 오염)의 조건에 따른 코로나를 UV Image 카메라(OFIL, ISRAEL)를 이용하여 검출하였고, 유한요소법(FEMLAB)을 이용 해를 수치적으로 구했다. 유한요소법에 의한 모델링으로 인류형클램프와 전선접속점에 의한 애자간의 전계집중도 및 애자에 미치는 영향을 알아보았다. 분석된 자료는 수전설비의 설치조건, 금구류의 유지보수 및 안전성 향상에 활용될 수 있을 것이다.

2. 실험장치 구성 및 방법

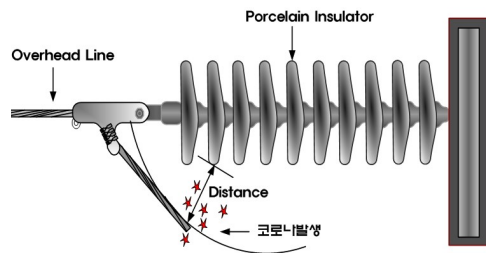
코로나임계전압은 기하학적 배치(도체반경, 선간거리 등)로 부터 구해지는 값과 주변환경(전선표면상태, 날씨, 상대공기밀도 등) 요인을 계수로 보정하여 표시할 수 있다. 전력계통의 설계에는 코로나임계전압이 통상운전전압보다 높게 선정된다.

인가전압은 최대전압 200kV까지 가능한 고전압설비(Hipotronics, max 200kV, 60Hz)이고, 시료에 인가전압은 $154/\sqrt{3}$, $160/\sqrt{3}$ kV로 모델링하였다.

현장조사시 발생한 현상과 동일한 조건으로 실험장치를 구성하였다. 인입선(나전선, 150mm), 인류형 클램프, 전선 말단부분으로 장치를 구성하였다. 강선(나전선의) 도출 거리는 7.5, 15, 20cm로 3단계로 구분하여 실험하였다. 간선의 애자와 인출 강선간의 거리이고, 코로나발생의 영향을



〈그림 1〉 고전압 인가장치



〈그림 2〉 코로나 발생 실험구성도

3. 실험결과

3.1 수전설비 현장 예비가선에서 코로나 발생

특고압설비, 특히 옥외노출 된 채로 사용 되는 전기설비는 부식 등의 외부요소에 의해 열화가 발생되며, 코로나 발생의 원인을 제공한다.

그림 3에서는 현장에서 154kV 수전설비 예비선로에 인류형 클램프 나전선 말단부분에서 발생하는 코로나 Image를 보여주고 있다. 그림 3과 같은 인류형클램프를 이용한 방식은 '70년대 주로 이용하였던 방식'이고 신설된 설비에서는 사용되고 있지 않다.

코로나가 발생하는 부분은 전선의 말단 전계가 집중된 곳에서 시작하였으며 일부 지지용 애자의 표면에 오염이 된 곳은 전선의 말단에서 애자 쪽으로 코로나가 집중됨을 알 수 있다. 그림과 같은 인류형클램프를 사용한 설비는 코로나 발생의 강도의 차이는 있었으나 수전설비 모두에서 발생되었다. 이러한 현상은 습도 및 먼지 등의 열화요인이 증가할 수록 코로나 발생의 강도가 높을 것으로 조사되었다.

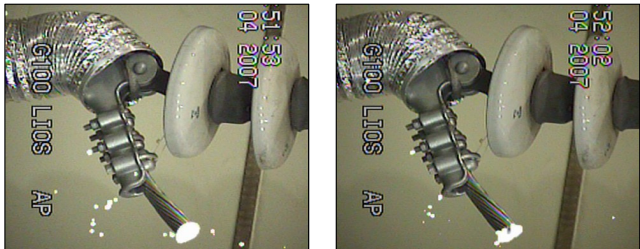


〈그림 3〉 154kV 수전설비 예비가선에서 코로나 발생 현상

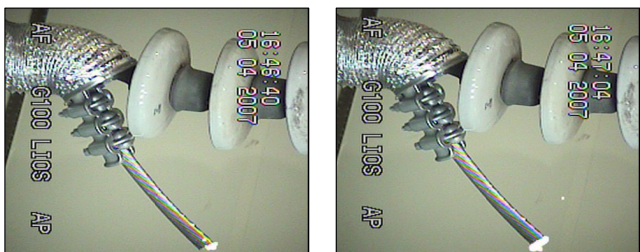
3.2 수전설비

그림 4는 나전선과 애자간의 거리별, 인가전압별 코로나 발생 Image이다. 나전선의 거리, 7.5, 15, 20cm, 인가전압 154/√3, 160/√3 kV에서 각각의 코로나 Image이다. 나전선의 도출거리가 길고, 인가전압이 높을수록 Image의 크기는 증가함을 알 수 있다. (f)의 경우 코로나의 방향이 애자를 향해 진전됨을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 전선의 인가전압이 증가하고, 애자의 표면에 오염정도, 주변의 환경정도에 따라 코로나 발생 크기는 증가하는 것임을 알 수 있다.

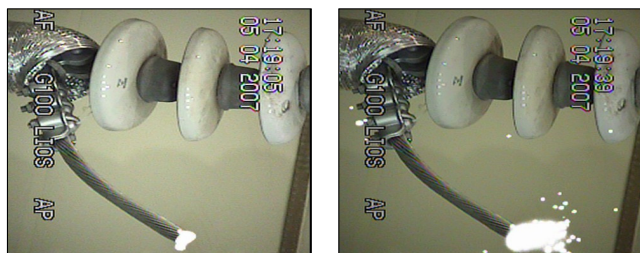
인류형 클램프를 이용한 전선접속 및 말단처리의 경우 실험에서 알 수 있듯이 코로나발생을 방지하기 위한 금구류가 필요함을 알 수 있다. 금속금구류를 이용한 전계분포의 완화 또는 절연처리에 의한 코로나 발생을 방지할 필요가 있음을 알 수 있다.



(a) 거리 7.5cm, 전압 154/√3 (b) 거리 7.5cm, 전압 160/√3 kV



(c) 거리 15cm, 전압 154/√3 (d) 거리 15cm, 전압 160/√3 kV

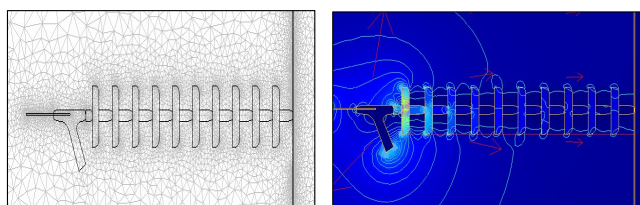


(e) 거리 20cm, 전압 154/√3 (f) 거리 20cm, 전압 160/√3 kV
 <그림 4> 나전선 거리 및 전압별 코로나 발생현상

3.3 유한요소법(FEMLAB)을 이용한 전계해석

유한요소법은 분할모델을 사용하는 수치 해석적 방법으로 연속적 해가 아닌 각 절점에서의 해를 수치적으로 구한다. 유한요소법에 의한 모델링으로 인류형클램프와 전선접속점에 의한 애자간의 전계집중도 및 애자에 미치는 영향을 알아 보았다.

유한요소법 프로그램인 FEMLAB을 이용하여 위의 그림 4의 시료와 동일 조건을 모델링한 결과이다. 그림 5는 나전선의 거리가 5.7cm 이고, 그림 6은 나전선 거리가 25cm 경우의 매쉬(Mesh)분할 전위분포곡선이다. 그림 5는 첫 번째 애자에서 전계가 집중되고, 그림 6은 전선이 도출됨에 따라 가장 가까운 2번째 애자 및 그와 하단부 애자에 영향을 가함을 알 수 있다.



<그림 5> 나전선 거리 7.5cm의 전계해석

그림 7은 애자의 바깥쪽 부분의 전기장 분포도이다. 나전선의 길이가 7.5cm, (a) 경우에는 일반적인 전기장의 분포와 같이 애자에 인가됨

을 알 수 있다. 그리고 나전선의 길이가 25cm, (b) 경우에는 2번째 애자에 가장 강한 전기장이 분포되고 하단 부위로 전계분포가 변화된 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 애자의 절연내력저하와 표면 오염시 코로나 발생의 증가 및 소손 등에 의한 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

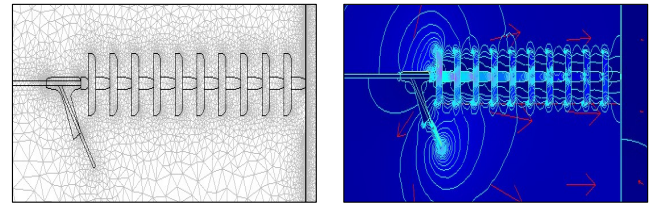
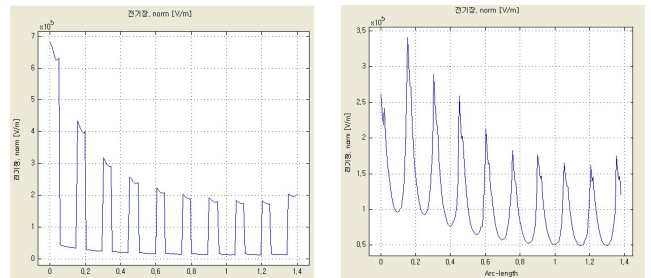


그림 6> 나전선 거리 25cm의 전계해석



(a) 나전선 7.5cm 애자전계 (b) 나전선 25cm 애자전계
 <그림 7> 애자의 전계분포 곡선

4. 결 론

본 연구에서는 수용가용 154kV 수전설비용 자기애자(Porcelain Insulator)와 가공선로(Overhead Line)의 지지용 금구(인류형 클램프 애자) 사이에서 발생하는 코로나 특성을 고찰하였다. 수전설비에 설치된 금구와 애자와의 이격거리, 인가전압 조건에 따른 코로나 Image를 검출하고 유한요소법(FEMLAB)을 통한 모델링으로 인류형클램프와 전선접속점에 의한 애자간의 전계집중도 및 애자에 미치는 영향을 알아보았다.

① 현장에서 코로나 Image를 측정한 결과 154kV 수전설비 예비선로에 인류형 클램프 나전선 말단부분에서 발생하는 코로나 Image가 발생되고 있었다. 이러한 현상은 습도 및 먼지 등의 열화요인이 증가할수록 코로나 발생의 강도가 높은 것으로 측정되었다.

② 나전선의 거리, 7.5, 15, 20cm, 인가전압 154/√3, 160/√3 kV에서 나전선의 도출거리가 길고, 인가전압이 높을수록 Image의 크기는 증가함을 알 수 있고, 코로나의 방향이 애자의 표면을 향해 진전됨을 알 수 있다.

③ 유한요소법에 의한 애자간의 전계집중도 및 애자에 미치는 영향을 알아 본 결과, 나전선의 길이가 7.5cm 경우에는 일반적인 전기장의 분포와 같이 애자에 인가됨을 알 수 있고 25cm인 경우, 2번째 애자에 가장 강한 전기장이 분포되어 애자의 절연내력저하와 표면 오염시 코로나 발생의 증가 및 소손 등에 의한 영향을 미치는 것을 알 수 있다

이러한 결과로 인류형클램프를 이용한 전선접속 및 말단처리의 경우 코로나발생을 방지하기 위한 금구류가 필요함을 알 수 있고, 금속금구류를 이용한 전계분포의 완화 또는 절연처리에 의한 코로나 발생을 방지할 필요가 있음을 알 수 있다. 또한 코로나 Image 거출을 통한 현장설비의 진단은 수전설비의 설치조건, 금구류의 유지보수 및 안전성 향상에 활용될 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] C.K.Birdsall, "Partial-in-cell charged-particle simulation, plus Monte Carlo Collision with Neutral Atoms, Pic-MCC." IEEE Transaction on Plasma Science, vol.19, pp66-85, 1991
- [2] 김중서, "부분방전을 이용한 자가용 GIS 단로기설비의 내부이상 신호 분석프로그램 개발", 동신대학교 석사학위논문, pp32-36, 2006.2
- [3] 민웅기, 유한요소법을 이용한 pic 플라즈마 시뮬레이션, 서울대학교 석사학위 논문, 1997
- [4] A.J.Davies and C.J.Rvans, "Field distortion in gaseous discharge between parallel-plate electrode," Proceeding of IEE, vol.114, p1547, 1967.
- [5] M.Khalifa, High-Voltage Engineering, Malcel Dekker, Inc., 1990
- [6] O.C.Zienkiewicz and R.L.Taylor, "The Finite Element Method Volume2, McGraw-Hill, 1989, pp.484-494.
- [7] 전기안전연구원, "부분방전 검출에 의한 몰드변압기 무정전 진단기법 연구", 한국전기안전공사, pp181-188, 1999.