

765kV 점퍼V면에서 활선작업 유형별 개폐섬락 특성실험 및 분석

김대식^{*}, 김효진^{*}, 이형권^{**}, 한상옥^{***}, 김주한^{***}, 구경완^{*}
 한국전기공사협회^{*}, 한국전기연구원^{**}, 충남대학교^{***}, 호서대학교^{*}

Switching Flashover Characteristic Tests and Analysis for Jumper V String
 in 765kV T/L Live Line Works

D.S. Kim^{*}, H.J. Kim^{*}, H.K. Lee^{**}, S.O. Han^{***}, J. H. Kim^{***}, K.W. Koo^{*}
 KECA^{*}, KERI^{**}, Chungnam National Univ^{***}, Hoseo Univ^{*}

Abstract - 활선작업시 개폐섬락전압은 첩탑형태와 작업유형에 따라 개폐섬락전압이 달리 나타나게 된다. 즉, 활선작업자의 위치, 첩탑 종류 및 애자장치 종류 등에 따라 개폐섬락전압은 다르게 나타나기 때문에, 적용하고자 하는 활선공법이 있다면, 이에 대한 개폐섬락전압의 특성을 파악해 둘 필요가 있다. 점퍼V면은 일반적으로 선로의 수평각이 증가도 지역에 설치된다. 즉, 수평각이 너무 커서 조립식 점퍼장치를 설치할 수 없는 첩탑에 점퍼V면 장치를 설치한다. 765kV 송전선로에서 실제 점퍼V면 장치가 많이 설치되어 있지 않으나, 이 경우에도 유지보수 사항이 발생할 수 있기 때문에 안전한 활선작업을 위한 실무규모 개폐섬락특성에 대해 검토할 필요가 있다.

1. 활선작업시 섬락특성에 영향을 미치는 사항

직접활선작업시 전기적 섬락특성은 주로 첩탑주변에서 활선작업을 할 때 나타나는 전기적인 현상을 의미한다. 직접활선작업은 작업자가 직접 활선작업용 활선작업대를 타고 접근하기 때문에 전선 및 애자런 주변의 전계분포가 아무 것도 없는 경우와 다르게 나타나게 된다. 또한 활선작업 위치에서 절연체 역할을 하고 있는 애자런에 손상된 애자나 오손된 애자가 있는 경우, 전기적인 절연특성이 다르게 나타나게 된다. 따라서 직접활선공법을 개발하고자 하는 경우에는 활선작업자의 작업 유형과 애자의 손상 유형 등에 따라 나타나는 절연특성을 충분히 파악할 필요가 있다.

첩탑주변에서 발생되는 활선작업 내용으로는 불량애자 교체작업이 가장 빈번한 것으로 알려지고 있다. 불량애자 교체작업을 위해서는 작업자가 직접 불량애자 위치에 가서 작업을 해야 하기 때문에 애자런 주변의 전계분포가 크게 달라지고, 이로 인해 섬락특성이 달리 나타나게 되는데, 이러한 변화는 다음과 같은 사항에 따라 영향을 받는다. 즉,

- 불량애자의 수량과 위치
 - 불량애자런의 형태, 예로서 현수형, 내장형, V면장치 등
 - 애자와 금구류의 형태와 크기
 - 활선작업용 공구가 절연구간 내에 있는지의 유무
 - 도전복을 입은 작업자의 유무
 - 의자, 베크 등 규모가 큰 금속성 장비의 유무
- 상기와 같이 직접활선작업을 하고자 하는 위치에 있는 애자런의 손상 상태나 크기, 종류 등에 따라 개폐섬락특성이 다르게 나타난다는 의미이다.
- 송전선로 활선공법을 적용하고 있는 선진외국의 경우에는 이미 이러한 특성을 파악하기 위해 각기 자국의 송전선로 특성에 맞는 실험을 하였다. 특히 러시아, 남아프리카의 ESKOM 전력회사, 이탈리아의 CESI, CIGRE, 등 많은 나라에서 자체 선로에 대해 실험을 하여 섬락특성 자료를 확보하고 있으며, 이를 활선작업에 활용하고 있다.

따라서 본 내용에서는 국내의 765kV 점퍼V면에서 활선작업 유형별 개폐섬락특성 실험 및 분석을 통하여 안전한 활선작업이 수행 될 수 있도록 하고자 한다.

2. 활선작업 유형별 개폐섬락 특성실험 및 분석

2.1 활선작업 유형 설정

실험을 위한 활선작업 유형을 설정하기에 앞서 먼저 점퍼V면장치에서 이루어질 활선작업 내용은 참고문헌[1]로부터 파악해 볼 수 있다. 점퍼V면장치에서 이루어질 수 있는 활선작업의 주요 내용은 다음과 같다.

- 점퍼선 보수 및 장력조정
- 점퍼스페이스 유지보수 및 교체
- 아킹링 및 금구류 유지보수 및 교체
- 점퍼내혼 유지보수
- V면의 불량애자교체 및 세정작업
- 기타 점퍼장치의 이물질 제거 등의 작업

765kV 점퍼V면장치에서 이루어질 활선작업은 상기에서 제시한 내용이 대부분일 것으로 여겨진다. 점퍼V면장치에서 활선작업을 위해 활선작업자가 접근하는 공법의 순서를 보면 [그림 2.1]과 같다.

① 점퍼스페이스 유지보수 및 교체

점퍼V면장치에는 점퍼선의 간격유지를 위해 점퍼스페이스가 있다. 점퍼스페이스를 유지보수하기 위한 공법은 [그림2.1]의 점퍼V면장치 활선접근공법의 흐름과 동일하다. 즉, 그림과 같이 활선에 접근한 후 활선작업대 내에서 작업이 가능한 경우라면 활선작업대 내에서 작업하고, 그렇지 않은 경우에는 직접 점퍼선에 위에서 점퍼스페이스를 교체하게 된다.

② 아킹링 및 금구류 유지보수 및 교체

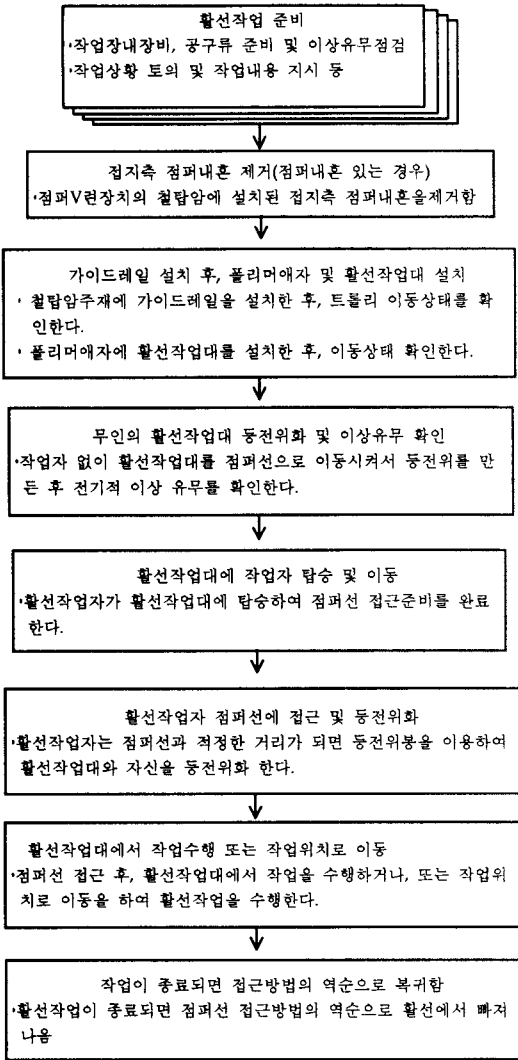
점퍼V면장치의 아킹링이나 금구류는 점퍼장치의 중심 위치에 있기 때문에 활선작업대가 접근하는 위치가 된다. 따라서 아킹링이나 금구류의 유지보수 작업은 큰 어려움이 없을 것으로 보인다.

③ 점퍼내혼 유지보수

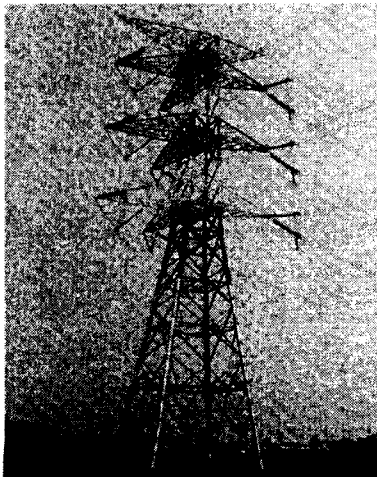
점퍼내혼은 첩탑암에 부착된 것이어서 활선작업에 어려움은 없다. 즉, 활선에 접근하지 않아도 작업이 가능하다.

④ 불량애자교체 및 세정작업

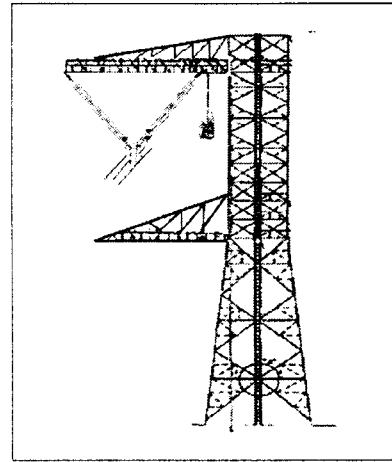
765kV 점퍼V면장치용 애자는 154×246mm 표준현수애자가 사용되고 있다. 불량애자를 교체하는 방법은 내장애자런이나 현수애자런보다는 비교적 쉽게 애자교체가 가능하다. 불량애자 교체공법의 기본적인 개념을 보면 아래의 [그림 2.2]와 같다.



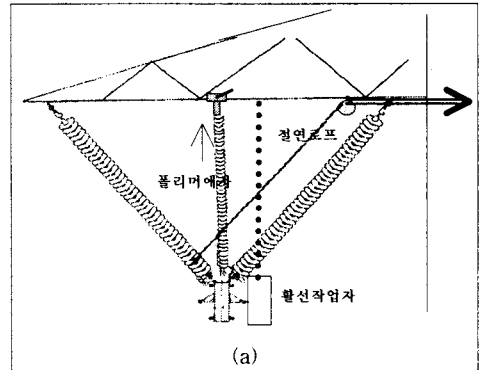
(a) 점퍼V런장치 접근 세부공법의 흐름도



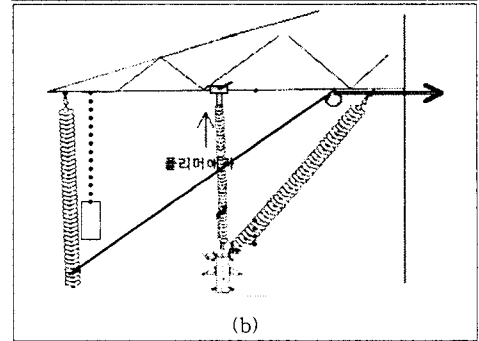
(b) 점퍼V런 철탑



(c) 실험용 철탑을 이용한 점퍼V런장치에서의 활선작업 모의 개념도
 [그림 2.1] 점퍼V런 장치에서 활선작업 개념도



(a)



(b)

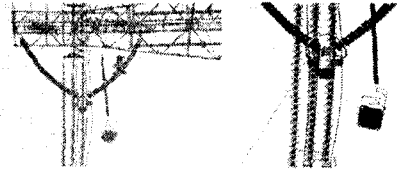
[그림 2.2] 점퍼V런장치의 불량애자 교체공법 개념도

[그림 2.2]에서 보는 바와 같이 활선작업자가 불량애자의 위치까지 접근할 필요 없이, 점퍼선 지지점에 위치하여 작업하는 공법이 제시되었다. 따라서 전기적인 측면에서 본다면 매우 안정적인 공법이다. 애자를 세정하는 경우에도 불량애자 교체공법과 같은 개념으로 작업하는 것을 고려하면 된다.

이상과 같이 검토된 내용을 토대로 조립식점퍼장치에서 활선작업시 전기적인 안전성을 검토해야할 작업 상황을 도출하여 50%개폐선락전압 특성실험을 하였다. 먼저 실험을 위한 활선작업 유형을 설정해 보면 [표 2.1]과 같다.

[표 2.1] 점퍼V런장치에서 활선작업 유형설정 내용

활선작업 기본유형	실험 필요성 및 모의조건
㉠ 점퍼V런장치 접근작업	<ul style="list-style-type: none"> - 활선작업대를 타고 활선에 접근하는 과정에서 접근시 나타날 수 있는 섬락특성을 파악하고자 함. - 작업자의 작업상황을 마네킹을 이용하여 동일한 상태로 모의함 - 동일한 규모의 활선작업대와 폴리머 애자를 이용하여 모의함
㉡ 점퍼V런장치 등전위 및 작업 상황	<ul style="list-style-type: none"> - 점퍼V런장치의 점퍼선 지지점과 활선작업대가 등전위 된 상태 - 작업자가 활선작업대 내에서 작업하는 상태 - 마네킹을 이용하여 동일한 작업 및 규모로 모의함
㉢ 점퍼V런장치 지지점 작업상태	<ul style="list-style-type: none"> - 작업자가 활선작업대에서 이탈하여 점퍼선 위로 올라온 상태 - 작업자가 점퍼선 위에서 작업상황 연출 - 애자탑승기와 마네킹을 이용하여 동일한 작업 조건으로 모의함

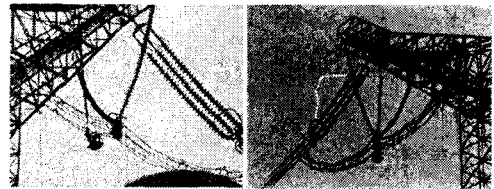


[그림 2.3] 점퍼V런장치 접근공법에 대한 섬락현상 실험 모의상태

실험결과 점퍼V런장치에 접근할 때 나타나는 섬락특성은 현수에자련이나 조립식점퍼장치에 접근할 때 나타나는 특성과 동일하였다.

㉡ 점퍼V런장치와 등전위에서 작업 상태

본 실험은 점퍼V런장치에 활선작업대가 접촉된 전기적인 등전위 상태에서 나타나는 섬락현상을 파악하고자 하는 실험내용으로서, 실험상태를 보면 [그림 2.4]와 같다.



[그림 2.4] 점퍼V런장치와 등전위 상태의 섬락 실험상황

2.2 실험 및 분석

앞의 [표 2.1]에서 설정한 활선작업의 유형에 따라 다음과 같이 개폐임펄스전압을 인가하여 섬락특성을 파악하였다. 먼저 실험결과를 보면 아래의 [표 2.2]와 같다.

[표 2.2] 점퍼V런장치에서 활선작업시 50%개폐섬락전압

Test No.	실험을 위한 활선작업 유형	50% 개폐섬락 전압(kV)	표준 편차 α(%)
1	㉠ 점퍼V런장치 접근작업 - 활선작업대를 타고 활선에 접근하는 과정에서 접근시 나타날 수 있는 섬락특성을 파악. 점퍼장치와 작업대 위치함 - 작업자의 작업상황을 마네킹을 이용하여 동일한 상태로 모의함	1,631	3.0
2	㉡ 점퍼V런장치와 등전위에서 작업상태 - 점퍼V런장치의 점퍼선 지지점과 활선작업대가 등전위 된 상태 - 작업자가 활선작업대 내에서 작업하는 상태	1,632	1.9
3	㉢ 점퍼V런장치 지지점 작업상태 - 작업자가 활선작업대에서 이탈하여 점퍼선 위로 올라온 상태 - 작업자가 점퍼선 위에서 작업상황 연출	1,626	1.8

상기 그림에서 보는 바와 같이 활선작업대와 점퍼선의 6도체 중 중선과 등전위를 시킨 상태로써, 실험결과 50%개폐섬락전압은 1,632kV가 얻어졌다. 또한 섬락시 나타난 섬락경로는 대부분 내장애자장치의 아킹흔에서 발생을 하였다. 조립식점퍼장치에서 활선작업대가 등전위 상태에서는 대부분 활선작업대를 통해 섬락경로가 형성된 것과는 달리 점퍼V런장치의 경우에는 내장애자장치를 통해 섬락현상이 나타났다. 이러한 차이는 점퍼V런장치의 점퍼깊이가 조립식점퍼장치보다 길기 때문인 것으로 보인다.

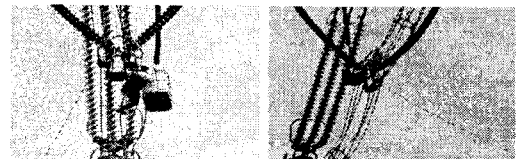
㉢ 점퍼V런장치의 지지점 작업상태

점퍼V런장치에서도 유지보수가 있을 수 있는데, 이 경우 작업자는 활선작업대를 이탈하여 점퍼선 위에서 작업을 할 수 있다. 이러한 경우를 고려하여 작업자가 점퍼선 위에서 작업하는 상황을 모의하였는데, 아래의 [그림 2.5]에서 보는 바와 같이 작업자 모의용 마네킹을 점퍼선의 중선 위에 서있는 상태에서 작업하는 상황을 연출하여 모의하였다. 또한 활선작업대를 그대로 설치한 상태에서 실험을 하였다. 실험결과 50%개폐섬락전압은 1,626kV가 얻어졌다. 50%개폐섬락전압으로 보면 정상상태나 활선작업대의 등전위 상태와 전기적으로 비슷한 상황임을 알 수 있어, 안정적으로 작업을 할 수 있음을 알 수 있다. 또한 섬락발생시 나타난 섬락경로는 [그림 2.5]에서 보는 바와 같이 대부분 내장애자련의 아킹흔에서 섬락이 발생하였으며, 작업자와 절탑암 사이에서 1회 섬락이 나타났다.

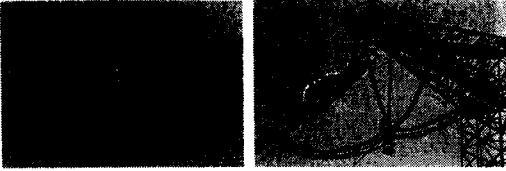
각 실험항목별 실험내용 및 섬락현상을 파악하면 다음과 같다.

㉠ 점퍼V런장치 접근작업

[그림 2.3]과 같이 등전위 작업이 이루어지게 될 위치에서 섬락현상을 보자 한다. 점퍼선으로부터 약 0.5m 지점에 위치할 때의 50%개폐섬락전압은 1,631kV로 나타났다. 섬락시 나타난 섬락경로는 대부분 내장애자장치의 아킹흔에서 발생하였으며, 1회 활선작업대를 통해 절탑암으로 섬락이 나타났다. 활선작업대가 점퍼V런장치와 직접 접촉된 등전위 상태가 아니기 때문에 섬락경로가 주로 내장애자장치에서 발생하였고, 이로 인해 50%개폐섬락전압도 정상상태와 비슷하게 나타난 것으로 생각할 수 있다.



(a) 실험조건 모의 상태



(b) 점퍼V런장치에서 작업모의시 섬락현상
 [그림 2.5] 점퍼V런장치에서 활선작업시 섬락실험 상황

그러나 실제 작업시에는 작업자가 자세를 낮추어 작업을 하기 때문에 대부분은 내장애자장치에서 섬락이 발생할 것으로 볼 수 있다.

3. 결 론

이상과 같이 국내 765kV 점퍼V런에서 나타날 수 있는 활선작업 상황에 대한 유형별 50%개폐섬락특성을 파악하여 보았고, 실험 및 분석을 통하여 다음과 같이 결론을 도출 하였다.

① 765kV 점퍼V런장치에서 애자손상에 따른 섬락특성은 현수애자련이나 내장애자련의 경우와 비슷한 특성을 갖는 것으로 나타났다. 손상된 애자 수가 5개 이하에서는 50%개폐섬락전압이 정상상태와 큰 차이가 없었으나, 10개인 경우에는 정상상태와 큰 차이가 있는 것으로 나타났다.

② 가이드레일 공법에 의해 점퍼V런장치에 접근하는 방법은 전기적으로 안전함을 확인하였다.

③ 작업자가 유지보수를 위해 점퍼선 위에서 작업할 경우, 50%개폐섬락전압은 정상상태와 차이가 없는 것으로 나타났으나, 작업자가 불필요하게 전선으로부터 높게 위치할 경우, 즉 서있는 경우에는 섬락발생시 작업자 머리를 통해 섬락경로가 형성될 수 있으므로 몸은 가급적 최대한 낮게 숙이고 작업을 하여야 한다.

④ 손상애자를 단락상태로 모의한 후, 손상애자 수량 및 위치별 50%개폐섬락특성을 실험하여 실험데이터를 제시함으로써 향후 765kV 송전선로 운영에 많은 활용이 될 것으로 보인다.

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, “초고압 송전선로 활선공법 및 관련 장비 개발”, 1, 2, 3, 4차년도 보고서, 2006, 11
- [2] 산업자원부, “765kV 송전선로 활선작업시 전기적 섬락특성 연구”, 1, 2차년도 보고서, 2006, 3
- [3] 이형권, 김대식, 한상욱, “국내 765kV 송전선로 활선작업시 작업자의 전기적 안전성”, 대한전기학회 하계학술대회 765kV 송전선로 활선공법 및 관련장비 전문 Workshop 논문집, 2005. 7
- [4] 손홍관, 이형권, 김효진 “국내 765kV 송전선로 불량애자 유형별 섬락특성 및 분석”, 대한전기학회 하계학술대회 765kV 송전선로 활선공법 및 관련장비 전문 Workshop 논문집, 2005. 7