

765kV 송전선로 유지·보수 활선공법 고찰

최한열, 민병욱
대전 중앙교육원

765kV Transmission maintenance live-line work study

Han-Yeol Choi, Byeong-wook Min
KEPCO

Abstract -

Live line work is well known for mending and maintenance of electrical power equipment. Nowadays needs of electric power supply require live line work

In Korea, live line work is needed since 765kV transmission operation and restructure of electric power industry has changed. In other words, in case of suspension of power supply on the transmission is getting hard to keep up with efficiency of transmission operation, customer's confidence and generation-limited cost. Therefore live line work is very meaningful.

As the condition of 765kV Transmission both bare hand and Helicopter live line technique must be used in moderation because of economic, geographical, environmental circumstances around steel tower.

1. 서 론

활선공법은 전 세계의 많은 전력설비의 유지·보수 작업의 방법으로 성공적으로 시행되어왔다. 오늘날 전력산업 측면에서 공급전력의 품질과 고객의 요구는 활선공법의 사용을 필수적으로 만들었다.

활선작업의 역사는 1900년대 초로 거슬러 올라가며, 나무로 제작된 활선 공구가 활선작업을 하는 절연 장구로써 사용되었다. Fiberglass Reinforced Plastic(FRP) 절연 폴은 1959년 미국의 AB Chance 회사가 처음으로 도입하여 사용하였다. 활선 공법과 장구들은 지속적으로 개발되었으며 활선작업에 대한 새로운 기술의 적용과 안전한 작업방법을 증진하기 위한 노력이 계속되었다.

국내에서 활선작업의 필요성은 765kV 송전선로의 운영과 전력산업 구조개편 이후 부각되기 시작했다. 즉, 송전선로 운영의 효율성 확보, 신뢰도 향상, 발전계약비용 증가 등으로 인해 송전선로의 휴전작업이 매우 어려운 상황이 됨에 따라 송전선로 활선작업의 필요성이 크게 요구된 것이다.

송전선로의 활선공법은 크게 간접활선공법과 직접활선공법으로 구분된다. 국내 초고압 송전선로의 경우에는 긴 절연거리로 인해 직접활선공법 적용이 예상된다.

이미 활선작업과 관련한 일반적인 기술들이 선진외국에 의해 많이 개발되어졌고 발표된 문헌들이 많이 있으나, 선로구성이 우리와 다르고, 우리나라 선로환경과 전압에 적합한 기술사항들에 대한 검토가 없었기 때문에 외국의 기술을 그대로 도입하는 것은 문제가 있다. 활선작업과 관련하여서도 안정적인 작업규정이거나 작업관련 기술사항 등에 대한 연구가 없었기 때문에 이러한 부분에서 기술개발이 추진되어야 할 것으로 사료된다. 즉, 외국의 기술개발 실적을 토대로 우리나라 실정에 적합한 활선공법을 개발해야 할 필요가 있다.

따라서 본 논문에서는 직접활선공법 적용시 국내 765kV 송전선로에 적합한 공법에 대해 고찰해 보고자 한다.

2. 본 론

2.1 초고압 송전선로 활선작업의 최소 접근거리

가공 송전선로에서 주요 절연은 공기이다. 고도나 습도 또한 Air gap의 절연특성에 영향을 미친다. 일반적으로 요구되는 Air gap은 특별한 지점에서 영향을 미칠 수 있는 전압이나 과전압에 의해 결정된다. 최소 접근거리의 산출은 IEC 61472 및 IEEE 516에 규정되어 있다. 초고압 송전선로의 활선작업을 위한 최소 접근거리는 활선에 직접 접촉하여 작업을 하는 경우에는 그다지 큰 의미를 가지지 않지만 각종 활선 작업 장비의 운용이나 보조 작업자의 안전을 위하여 반드시 검토되어야 하는

중요한 요인이다. IEC 61472 및 IEEE 516에 규정되어 있는 초고압 송전선로의 최소 접근거리 산출에 관한 내용을 토대로 국내 활선기법에 맞는 기준사항을 결정하기 위해서는 고장의 전력시험센터의 절연 시험장에서의 지속적인 연구가 수반되어야 한다.

표 1. IEC 61472방식에 의한 최소접근거리의 계산 예

Us(kV)	362	362	362	550	550	800	800
u_2	2.1	2.3	2.6	1.8	2.3	1.8	2.0
$U_2(kV)$	621	680	768	808	1033	1176	1306
$U_{90}(kV)$	683	748	845	889	1136	1293	1437
k_f	1.0	1.0	0.85	1.0	0.85	1.0	0.85
$F(m)$	0.0	0.0	0.1	0.0	0.3	0.0	0.5
n_0	18	18	18	25	25	35	35
n_d	0	0	5	0	10	0	0
k_i	1.0	1.0	0.83	1.0	0.76	1.0	0.83
K_t	1.12	1.12	0.80	1.12	0.73	1.12	0.79
$D_U(m)$	1.64	1.85	3.73	2.35	7.38	4.13	10.0
$D_A(m)$	1.95	2.16	4.04	2.66	7.69	4.44	5.44

IEC에서는 765kV 급인 경우 작업자의 움직임을 고려하여 약 5.4[m] 정도를 추천하고 있다. 여기서 추천하는 것은 활선작업자가 철탑에서 핫스틱을 이용하여 간접적으로 작업하는 경우에 유지해야 하는 거리이다.

2.2 직접활선공법 안전성

직접활선공법에 있어 안전성이라고 하면 크게 전기적인 위험으로부터 작업자 보호 및 지락, 단락사고 방지(상간 및 대지간 섬락 사고 방지)를 들 수 있다.

그러나 직접활선공법에 있어 가장 중요한 안전성 문제는 작업자 보호이다. 즉 전자계 영향과 과전압에 의한 작업자 섬락사고에 대한 안전성 확보가 가장 중요하다.

2.2.1 전자계 영향

활선작업시 작업자에 대한 고전계 영향에 대한 대책으로는 도전복 착용과 전계강도에 따라 작업지역을 구분한 후 작업시간을 제한하는 방법 적용한다. 송전선로의 자계는 부하전류에 비례하여 변화하는데, 전선표면으로부터 이격거리에 급격히 저감되는 특성을 갖고 있다.

2.2.1.1 작업자가 6도체 내부에서 작업하는 경우

작업자가 6도체 내부에서 작업하는 경우를 상정하여, 6도체 내부에 머리, 가슴 등이 놓일 수 있다고 볼 때, 유도되는 전류의 계산 결과는 표 2와 같다.

체내 유도전류에 대한 국제기준은 현재 10(mA/m²) 이하임으로 표 2에 의할 때, 6도체 내부에서 작업시 체내 유도전류는 국제기준을 만족하는 것으로 나타났다.

표 2. 6도체 내부에서의 위치별 자계강도와 체내 유도전류

모델구분	모델 크기 (cm)	전도도 (S/m)	각 위치(그림참조)에서의 자계강도(mG)와 유도전류(mA/m ²)					
			C자계	C전류	B자계	B전류	A자계	A전류
러시아 모델 [1]	Heart (단매질) 17X11	0.11	3,12	0.39	337	0.04	342	0.04
러시아 모델 [2]	Brain (단매질) 18X13	0.12	3,12	0.51	337	0.05	342	0.05
ICNIRP 모델 (단매질)	20X20	0.2	3,12	1.12	337	0.12	342	0.12

2.2.1.2 작업자가 6도체 외측에서 작업하는 경우

작업자가 6도체 외측에서 작업하는 경우를 상정하여, 6도체 외측에 머리, 가슴 등이 놓일 수 있다고 볼 때, 표 3와 같이 계산되었다.

6도체의 외측 작업시에도 체내 유도전류는 국제기준을 만족하는 것으로 나타났다. 현재까지의 해석은 체내의 기관이 균일한 전도도로 구성되어 있다고 가정하여 해석한 것이다.

표 3. 6도체 외부에서의 위치별 자계강도와 체내 유도전류

모델구분	모델 크기 (cm)	전도도 (S/m)	각 위치(그림참조)에서의 자계강도(mG)와 유도전류(mA/m ²)					
			C자계	C전류	B자계	B전류	A자계	A전류
러시아 모델 [1]	Heart (단매질) 17X11	0.11	17,81	2.24	9.67	1.22	6.52	0.82
러시아 모델 [2]	Brain (단매질) 18X13	0.12	17,81	2.90	9.67	1.57	6.52	1.06
ICNIRP 모델 (단매질)	20X20	0.2	17,81	6.42	9.67	3.49	6.52	2.34

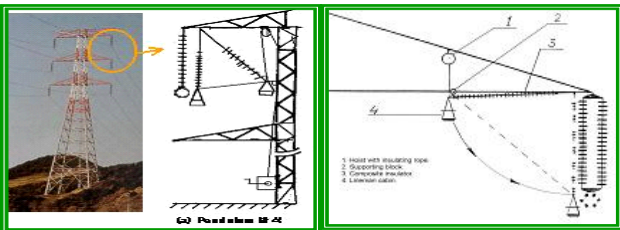
2.3 활선작업 공법 분류

2.3.1 작업방식에 의한 분류

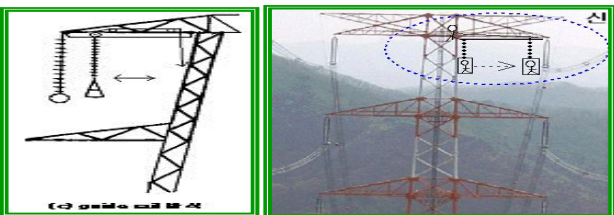
초고압 송전선로의 활선 공법은 작업방식 분류에 의한 방법으로 직접 합선(Bare-Hand), 절연 봉 공법(Hot Stick), 중간 절연봉 공법(Intermediate)으로 구분된다. 직접 활선 공법(Bare hand technique)은 일반적으로 132kV 이상의 고전압에서 사용되는 공법으로 선로 전압과 작업자를 등전위로 만든 후 작업자가 선로에 직접 접촉하여 작업을 시행하는 공법이다.

2.3.2 접근방식에 의한 분류

접근 방식에 의한 분류로는 절연로프 접근공법(Rope), 이동화차 접근공법(Trolley Pole), 애자런 탑승공법(String Working), 작업사다리 공법(Insulated ladder), 크레인 접근 공법(Boom truck), 헬기 접근 공법(Helicopter)으로 분류할 수 있다. 로프 접근방법은 진자방식(Pendulum)에 의해 접근하는 방식, 이동화차 접근방식은 이동화차(Trolley Pole)를 설치하여 활선 단에 접근하는 방식 등이 사용되고 있다.



〈그림 1〉 진자방식(Pendulum)에 의한 접근 방식



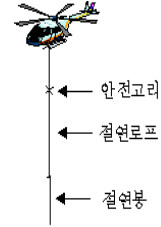
〈그림 2〉 이동화차 접근 방식(Trolley Pole)

2.4 초고압 선로 항공 활선 작업

헬리콥터를 이용한 활선작업 공법은 Underslung 방식과 Aerial rack work 방식 2종류로 크게 나눌 수 있다.

2.4.1 Underslung을 이용한 활선 작업

아래 그림에서 Underslung 방식의 활선작업 기본 개념 및 사진을 볼 수 있다. 헬기와 작업자간의 길이는 전압급에 따라 충분한 안전이격거리를 적용해야 한다.



〈그림 3〉 Underslung 공법 사진

2.4.2 Aerial Rack Work 방식의 활선 작업

활선작업자가 헬기의 skid에서 의자나 선반(rack)에 앉아서 작업을 수행하는 방식으로 가공지선 수리 및 점검, 항공장애 표시구 점검 및 설치, 진동방지 댐퍼 점검 및 수리 등에 적용하고 있는 공법이다.



〈그림 4〉 Aerial Rack Work 방식

2.5 765kV 송전용 철탑 위치 분석

765kV 활선공법의 적용을 위해서는 현재 765kV 송전용 철탑의 위치를 조사 분석하여 각 철탑에 작업 가능한 공법을 적용하여야 한다.

표 4. 765kV 송전선로 철탑 설치현황

구분	산악지	야산지	평탄지
점유율(%)	45	34	21

3. 결 론

설비운영 측면에서 설비의 유지·보수 사항은 필연적으로 발생한다. 765kV 송전선로의 입지 조건으로 볼 때 유지·보수 작업여건이 매우 열악함을 볼 수 있다. 직접활선공법은 장비 및 자재의 현장 접근성이 떨어지고 작업시간과 인원이 많이 소요되는 반면 적은 비용으로 섬세한 활선작업을 소화할 수 있다. 반면 헬리콥터 활선작업은 제한적인 접근성, 고비용의 단점이 있으나 작업 효율성이 뛰어나다. 우리나라의 765kV 송전선로의 경우 두 가지 활선공법 중 어느 한 공법만을 채택하기 보단 철탑이 위치하고 있는 지리적, 환경적 및 구조적 사항과 경제적인 면을 고려, 직접활선공법과 헬리콥터 활선공법을 적절하게 적용하여야 할 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] "Overhead line maintenance", ESCOM
- [2] "헬리콥터를 이용한 송전선로 활선 보수작업 기반개발 연구", 대한전기학회, 2005
- [3] "초고압 송전선로 직접활선공법 안전성 확보방안 연구", 대한전기학회,
- [4] "초고압 송전선로의 활선공법 기술동향", 대한전기학회, 2005