

765kV 수직2회선 송전선로 직접활선작업을 위한 인력양성 프로그램개발

최병섭, 김효진, 김대식, 백성현, 원성호, 이형권*
한국전기공사협회, 한국전기연구원*

A Development of Lineman Training Program for Bare-hand Work in 765kV Vertical Double Circuit T/L

CHOI, B.S KIM, H.J KIM, D.S BAEK, S.H WON, S.H LEE, H.K*
KECA KERI*

Abstract - 우리나라는 1960년대 이후 지속적인 경제성장에 따라 전력 에너지의 수요도 끊임없이 증가하였고, 이후 꾸준한 전력계통의 설비 및 용량의 증가로 인해 현재에는 선진국 수준의 송전망을 구축하고 있으며, 765kV급 초고압 송전선로를 자체기술로 건설하여 운영하고 있는 상황이다. 향후 대용량 송전을 위한 초고압 송전계통 구성설비 증대가 계속 될 전망이다. 따라서, 전력의 신뢰도와 안전성 확보가 가능한 유지보수 방안이 필요 할 것이다.

특히 765kV 송전선로 고장시 전력계통에 미치는 영향은 막대할 것으로 사료되며 유지보수를 위해 휴전시 1일 수 억원의 발전제약비용이 발생 될 것으로 예상된다. 이에 765kV 송전선로의 휴전 없는 활선공법 활용의 필요성이 대두되고 있던 바, 산업자원부 전력산업연구개발사업으로 추진된 “초고압 송전선로 활선공법 및 관련장비 개발”(한국전기공사협회, 2006)과제가 성공적으로 개발되었고, 활선작업에서 중요한 직접활선 작업원에 대한 전기적 안전성을 충분히 검토·분석되었다. (참고문헌 [1], [2], [3] 분석). 따라서 본 연구에서는 초고압 직접활선 기능을 보유할 수 있는 현장인력 양성을 위한 보다 효율적이고 안전한 교육 프로그램 개발 방안을 제시하고자 한다.

1. 765kV 송전선로 직접활선작업의 필요성

765kV 송전선로는 방사상으로 구성되어 있어서 루프화로 구성되어 있는 345kV 송전선로와는 달리 정전작업에 의한 유지보수가 쉽지 않은 문제점이 있다. 또한 휴전작업을 위해 2회선 중 1회선을 정전시킬 경우 발전량을 줄여야 하고, 계통의 신뢰도 유지를 위해 줄어든 발전량 이상을 타 발전기로 대체 운영해야 하기 때문에 이에 따른 비용 발생이 불가피 하게 되는데, 개략적으로 765kV 송전선로를 유지보수하기 위해 발생하는 발전제약비용은 적어도 수억 원/일 정도가 될 것으로 예상되고 있으며, 향후 송전선로의 용량증가에 따라 발전제약비용은 더 증가할 것으로 전망된다. 이러한 선로운영 측면에서 볼 때 유지보수에 다음과 같은 제약점이 있다.

- 765kV 송전선로는 방사상으로 구성되어, 루프운전이 불가능함
- 765kV 송전선로의 송전용량이 커서 휴전작업에 의한 영향이 매우 큼
- 고장복구 정전작업 필요시 1일 약 수억원의 발전제약비용 발생
- 송전선로의 고장은 전체 계통에 미치는 영향이 막대함

2. 765kV 수직 2회선 송전선로 직접활선원 양성 교육 프로그램 개발

2.1 765kV 수직 2회선 송전선로 직접활선원 구분

송전선로에서 직접활선작업에 의해 유지보수를 할 경우 작업자는 크게 지상작업자와 자격을 갖춘 활선작업자로 구분할 수 있으며, 한 단계 더 세분화하면 활선에 직접 접근하는 작업자를 별개로 구분할 수 있다. 국내의 경우에는 이미 간접활선 위주의 자격을 갖고 있는 송전활선원 자격제도가 있으므로 이를 활용하여 작업조를 구성하는 것이 보다 합리적 일 것으로 보인다. 왜냐하면 기존의 송전활선원도 활선작업의 기본적인 사항과 철탑 내 작업방법 등을 숙지하고 있기 때문이다. 따라서 가급적 기존의 인력이나 제도를 활용하여 작업원을 구성하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 765kV 송전선로 직접활선작업을 위한 활선작업자 구분은 표 2.1과 같다.

표 2.1 765kV 송전선로 직접활선작업자 구분

지상 작업자	정의	지상에서 활선작업을 지원하는 사람
	주요 작업내용	지상에서 장비운반, 정리정돈, 장비를 올리고내리는 작업 등
철탑 활선원	정의	철탑에 탑승하여 철탑 내에서 활선작업을 지원하는 사람
	주요 작업내용	철탑 내에서 장비이동 및 설치, 정리정돈, 장비를 받고 내려주는 작업, 활선작업대 설치 및 해체작업, 활선작업대와 스페이스가 이동용 절연로프 조적작업, 장비 이상유무 확인 작업 등

직접 활선원	정의	철탑에서 활선으로 직접 접근하여 활선작업을 수행하는 사람
	주요 작업내용	활선에 접근하여 애자교체, 전선 유지보수, 급구류 교체 또는 유지보수, 스페이스댐퍼 교체, 이물질 제거작업, 장비와 도전복의 이유무 확인작업, 철탑 내에서 직접활선원의 작업내용 감시 등
직접 활선작업 총책임자	정의	직접활선작업을 총괄적으로 책임지는 사람
	주요 작업내용	직접활선작업의 모든 내용을 감시 및 감독, 장비의 이상유무 판정, 작업수행 및 중단 여부 판정 등

2.2 765kV 수직 2회선 송전선로 직접활선공법 교육기준

한국전력공사에서는 765kV 2회선 송전선로 직접활선공법 교육기준을 제정하였는데 이 기준은 765kV 2회선 송전선로에서 직접활선 작업을 위한 활선원이 우수한 기능 및 자격을 보유함으로써 765kV 활선작업의 안전성 및 유지보수에 대한 우수한 품질을 확보하여 전력계통의 신뢰성을 향상시키는데 그 목적이 있다.

직접활선원 양성 교육내용 및 자격 기준은 아래 표 2.2와 같다.

표 2.2 765kV 직접활선원 양성교육 및 자격기준

구분	초급과정	중급과정	고급과정
이론 교육	- 초고압 송전선로 활선작업 필요성 - 외국의 공법, 기술 - 직접활선작업 기본조건 - 헬기활선공법	- 직접활선 공법 장비사용 기준 - 활선 장비 관리 요령 - 헬기활선 공법	- 실 선로에서 현수, 내장 철탑에서 유지보수 - 급구류 유지보수 요령
실기 교육	- 암 이동법(모의철탑) - 장비 조작방법 (모의철탑)	- 실 선로에서 현수, 내장 철탑에서 유지 보수 - 급구류 유지보수 요령	- 가압선로에서 직접 활선 작업의 전 공법 - 헬기 활선장비 사용요령
교육 기간	1주(5일/주)	1주(5일/주)	2주(5일/주)
교육 인원	16명 이내(최소 5명)	16명 이내(최소 5명)	16명 이내(최소 5명)
교육 대상	- 송전활선원 2급 또는 송전전기원 2급이상 자격 소유자로서 해당분야 3년이상 경력보유자 - 송전공사 시공 또는 관리 분야에 5년이상 근무한자	- 송전활선 1,2급자격자 중 초급과정 수료자	- 송전활선 1급자격자 중 중급과정 수료자

초급, 중급교육을 거쳐 고급교육을 이수하고 나면 평가를 통해 자격을 부여하는데 자격평가는 한국전력공사의 주관부서 담당자와 위임을 받은 송전분야 전문가 2명으로 구성하여 평가하고 지정교육기관에서 주관한다. 직접활선원의 자격평가항목은 필기평가, 실기평가, 정신적, 신체적 평가로 나뉘어 진다.

직접활선원 자격은 정신적 및 신체적으로 적합한 자로서 자격평가 항목별 득점이 각각 60% 이상인 자를 적격자로 판정한다.

2.3 765kV 수직 2회선 송전 직접활선원 양성 교육 프로그램

직접활선공법 개발시 직접활선원 양성을 위해 제안된 교육기준(안)과 한국전력공사의 765kV 2회선 송전선로 직접활선공법 교육기준을 근간으로 765kV 송전 직접활선원 양성 교육프로그램을 개발하였다.

본 교육은 교육내용의 특성상 한국전력공사 고강 전력시험센터의 765kV 실증시험선로를 활용한 실규모급 설비에서 교육을 실시함으로써 교육생들이 공법 및 장비사용법 등 교육내용의 이해와 현장적응능력을 극대화할 수 있도록 하였다.

또한 교육 참가자의 소속회사 업무공백을 최소화 하기 위해 1주 단위로 교육하되 직접활선작업을 효율적으로 운용할 수 있도록 이론 및 실습교육을 병행하여 실시하고, 교육 프로그램을 작업별 난이도로 구분하여 초급과정은 활선작업과정과 장비 사용법 등 전반적인 이해를 습득케 함으로써, 지상작업이 가능토록 하였다.

중급과정은 전압이 인가되지 않은 실 규모 첩탑 및 선로에서 작업과정 전반에 대한 이론 및 기능을 습득케 하여 지상 및 탑상에서 활선작업 지원이 가능토록 하였고, 고급과정에서는 765kV 전압이 인가된 상태에서의 실 설비 작업 방법과 안전 유지, 관련 이론 및 기능을 습득케 하여 모든 직접활선 작업(Bare-Hand-Work) 수행이 가능토록 프로그램을 개발하였다.

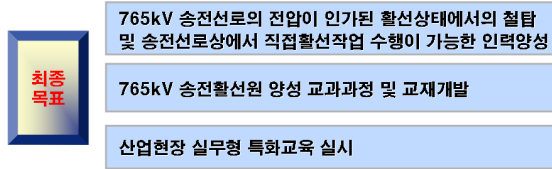


그림 2.1 765kV 송전 직접활선원 양성 교육 목표

한국전기공사협회에서 운영중인 직접활선원 양성 과정은 아래 표 2.3, 2.4, 2.5와 같다.

표 2.3 765kV 송전 직접활선원 기초과정

교육목표	765kV 송전선로의 첩탑 및 선로상에서 직접활선작업(Bare-Hand-Work) 수행을 위한 기능 습득 기초 단계로 작업과정 전반에 대한 이해 및 장구사용법을 습득하며 실 작업 편조 시 지상 작업이 가능토록 함.				
교육내용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 국내 초고압 송전선로 현황과 활선작업의 필요성 2. 외국의 송전선로 활선작업 기술 3. 외국 송전선로 활선작업 분류 및 공법 4. 765kV 송전선로 활선작업 기본사항 <ul style="list-style-type: none"> - 직접활선작업 개요 - 직접활선작업의 안전성 5. 765kV 송전선로 직접활선공법 <ul style="list-style-type: none"> - 직접활선작업 기본조건 - 직접활선작업 기본공법 - 직접활선작업용 장비 6. 765kV 송전선로 헬기활선공법 이론 7. 765kV 송전선로 직접활선 및 헬기공법 교육기준 8. 작업 안전관리 방법 				
교육방법	이론 및 실물크기의 현수 및 내장에자련 조형물에서 활선작업 방법 및 장구 사용방법 등 실습교육				
교육대상	송전활선원 1, 2급 자격자, 송전 기술자, 관련 업무종사자				
교육기간 및 인원	교육기간	1회인원	교육회수	연인원	교육장소
	1주/5일/40시간	16	6	96	한전 고창 전력시험센터

표 2.4 765kV 송전 직접활선원 중급과정

교육목표	765kV 송전선로의 첩탑 및 선로상에서 직접활선작업(Bare-Hand-Work) 수행을 위한 기능습득 중급단계로 작업과정 전반에 대한 이해 및 장구사용법을 습득하며 실 작업 편조 시 지상 및 탑상에서 직접활선작업 지원이 가능토록 함				
교육내용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 직접활선작업과 전기적 안전성 개요 2. 765kV 송전선로 활선작업과 전기적 안전성 3. 직접활선작업용 장비 사용과 성능시험 <ul style="list-style-type: none"> - 직접활선장비 사용 및 취급방법 - 765kV 2회선 송전선로 직접활선 장비 유지관리 지침서 4. 765kV 2회선 송전선로 직접활선작업기준 <ul style="list-style-type: none"> - 활선작업 관련 제반규정 현황 - 직접활선작업 기준관련 기술사항 - 직접활선작업 기준 5. 765kV 송전선로 직접활선작업 방법 <ul style="list-style-type: none"> - 현수첩탑에서 유지보수 직접활선작업 방법 - 내장첩탑에서 유지보수 직접활선작업 - 경간 내 유지보수 직접활선작업 6. 작업 안전관리 방법 				

교육방법	전압이 인가되지 않은 실 규모 첩탑 및 선로에서 작업과정 전반에 대한 이론 및 기능				
교육대상	송전활선 1,2급 자격자 중 765kV 직접활선원 기초과정 이수자				
교육기간 및 인원	교육기간	1회인원	교육회수	연인원	교육장소
	1주/5일/40시간	16	3	48	한전 고창 전력시험센터

표 2.5 765kV 송전 직접활선원 고급과정

교육목표	765kV 송전선로의 첩탑 및 선로상에서 모든 직접활선 작업(Bare-Hand-Work) 수행이 가능토록 함				
교육내용	<ol style="list-style-type: none"> 1. 765kV 2회선 송전선로 직접활선작업 기준 2. 초고압 송전선로 직접활선작업 안전수칙 및 유의사항 요약 3. 765kV 2회선 송전선로 직접활선작업 절차 <ul style="list-style-type: none"> - 현수애자장치 금구류 유지보수 활선작업 절차 - 불량현수애자 및 애자련 교체 활선작업 절차 - 스페이서탭퍼 및 전선 유지보수 활선작업 절차 (현수첩탑에서 접근시, 내장에자련에서 접근시, 첩퍼장치에서 접근시) - 내장에자장치 금구류 유지보수 활선작업 절차 (내장에자련에서 접근시) - 내장에자련 불량애자 교체 활선작업 절차 - 조립식첩퍼장치 금구류 및 첩퍼선 유지보수 활선작업 절차 - 첩퍼V런장치 금구류 유지보수 활선작업 절차 - 첩퍼V런장치 불량애자 및 애자련 교체 활선작업 절차 				
교육방법	765kV 전압이 인가된 상태에서의 실 설비 작업 방법과 안전 유지, 관련 이론 및 기능 교육				
교육대상	송전활선 1급 자격자 중 765kV 직접활선원 중급과정 이수자				
교육기간 및 인원	교육기간	1회인원	교육회수	연인원	교육장소
	1주/10일/80시간	16	1	16	한전 고창 전력시험센터

3. 결 론

미국, 캐나다, 러시아, 남아프리카공화국 등 지역이 넓고 전력계통이 루프화 되어 있지 않은 외국의 경우 초고압 송전선로의 활선작업이 매우 일반화 되어 있으며 인력양성을 위한 교육시설이나 교육 프로그램이 발달되어 있다.

국내의 경우 역시, 765kV 송전선로는 계통에 미치는 영향이 막대하고 사고발생 우려가 있을 경우에는 즉시 유지보수를 해야 하는 선로의 중요성을 감안할 때 직접활선작업이 필수적이나 기존 국내의 765kV 송전선로 활선작업에 대한 연구 및 관련 장비개발이 전무한 실정이었다.

그러나 산업자원부 전력산업연구개발사업 “초고압 송전선로 활선공법 및 관련 장비 개발” (한국전기공사협회, 2006)의 성공적 수행으로 직접활선작업을 가능케 하였으나 현재 직접활선작업을 수행할 수 있는 인력은 연구에 참여 했던 소수의 인원에 한정되어 있어 전력계통의 신뢰도 및 안정성 향상을 위해 직접활선원 양성이 시급하다 하겠다.

국내의 실정에 맞는 765kV 송전선로 직접활선 공법 및 장비를 실선로에 활용하기 위해서는 활선작업 기준, 지침서, 교육기준, 활선작업원 양성이 함께 추진된다면 곧 바로 765kV 송전선로 유지보수시 직접활선공법이 적용가능 할 것이며 이 경우 다음과 같은 효과를 기대할 수 있다.

- 고장복구 정전작업 필요시 1일 약 수억원의 발전제약비용 발생 감소
- 산업자원부 전력산업연구개발사업 완료과제인 765kV 직접활선공법 신기술 실용화에 기여
- 국산 개발 장비 및 작업기술 현장 적용
- 전력계통의 신뢰도 및 안정도 향상에 기여
- 활선상태 설비 직접 유지보수작업으로 고장 가능요인 사전 제거 가능
- 애자파손 등 고장 발생시 계통변경이나 정전 없이 신속 복구 가능
- 기술 및 기능 인력 해외 수출 기반구축
- 초고압 직접활선전공 신규직종 개발 및 관련 기능인력 양성
- 기존 송전활선원의 기능 부가로 경쟁력 향상에 기여
- 고창전력설비시험센터의 시설 및 시험설비 활용도 증대

[참 고 문 헌]

- [1] 산업자원부, “초고압 송전선로 활선공법 및 관련장비 개발”, 1, 2, 3, 4차년도 보고서, 2006. 11
- [2] 산업자원부 “765kV 송전선로 활선작업시 전기적 섬락특성 연구”, 1, 2차년도 보고서, 2006. 3
- [3] 대한전기학회 하계학술대회 논문집, “국내 765kV 송전선로 활선작업시 작업자의 전기적 안전성”, 2005. 7
- [4] 한국전력공사, “765kV 송전선로 직접활선원 교육관리 기준” 2007. 5