

초고압 송전선로용 활선장비 활용현황 조사연구

이형권*, 손홍관*, 김효진**, 김대식**
 한국전기연구원*, 한국전기공사협회(KECA)**

**Research on report equipments application status
 for live-line works in UHV T/L**

Korea Electrotechnology Research Institute*
 Korea Electrical Contractors Association**

Abstract - We have investigated about kinds of the equipment according to use. They have many kinds of equipments, namely conductive cloths, insulated gloves, conductive shoes, insulated sticks, swivel boom, fittings and insulator cradles etc. We have suggested about use of equipments, basic functions and shapes.

1. 서 론

북미지역, 러시아, 동유럽 등 많은 나라에서 송전선로의 활선작업은 일반화된 기술로 적용되고 있고, 대부분의 송전선로 유지보수는 주로 활선작업에 의해 수행하고 있으며, 이에 따라 활선작업에 알맞은 관련 장비들이 개발되었고, 계속해서 활선작업기술과 부합되는 장비들을 연구개발 중에 있는 것으로 조사 되었다.

외국에서 적용되고 있는 활선장비로는 사용 용도에 따라 종류가 매우 다양하게 조사되었다. 먼저 작업자 보호를 위한 장비로서 절연장갑, 도전복, 도전화, 안전화, 정전기 소멸벨트 등으로 종류가 다양하며, 활선작업을 위한 장비로는 절연봉류, 공구류, 금구류, 애자런 탈착용 보조세트, 스윙볼붐(swivel boom) 등 상당히 많은 종류의 활선작업용 장비가 있는 것으로 조사되었다. 장비에 대한 형상, 용도 등 세부적인 사항에 대해서는 연구내용에 제시하였으며, 본 조사연구의 내용을 토대로 하여 국내 자체의 765kV 송전선로 활선작업에 필요한 장비를 개발하고, 도입하는데 참고 자료가 될 수 있을 것으로 여겨진다.

2. 초고압 송전선로용 활선장비 활용현황

2.1 초고압 송전선로용 활선장비의 분류

초고압 송전선로의 활선작업에 필요한 소요장비를 직접활선공법과 간접활선공법(절연봉공법, 중간절연봉공법)으로 분류하면 표 2.1과 같으며, 이를 활선작업 위치별로 분류하면 표 2.2와 같다. 주로 간접활선공법에 의한 첩탑주변의 활선작업시 많은 장비가 요구되고 있다.

표 2.1 활선공법에 따른 소요장비의 분류

구 분	직접활선공법	간접활선공법
개인보호장비류	○	○
절연조작봉(hand stick)	×	○
절연지지봉(support stick)	○	○
애자받침대(cradle)	○	○
중량물 이동장치	○	○
Strain Carrier	○	○
절연사다리 및 작업받판	○	○
호이스트(hoist)	○	○
절연로프	○	○
기타(헬기, 스페이서카 등)	○	×

○ : 필요, × : 불필요

표 2.2 활선작업 위치에 따른 소요장비의 분류

구 분	첩탑주변의 작업	경간의 작업
개인보호장비류	○	○
절연조작봉(hand stick)	○	△
절연지지봉(support stick)	○	×
애자받침대(cradle)	○	×
중량물 이동장치	○	×
Strain Carrier	○	×
절연사다리 및 작업받판	○	×
호이스트(hoist)	○	△
절연로프	○	○
기타(헬기, 스페이서카 등)	×	○

○:필요, ×:불필요, △:경우에 따라 필요

2.2 초고압 송전선로용 활선장비의 종류

2.2.1 개인보호 장비류

작업자를 전기적 또는 기계적으로 보호하기 위한 장비로서 종류 및 용도는 표 2.3과 같고, 형상은 그림 2.1~2.4에 나타낸다.

표 2.3 개인보호장비의 종류 및 용도

구 분	용 도	
전 기 적 보 호	절연화 (insulating shoes)	미끄러지지 않는 유연한 절연체로 만들고, 작업자 다리의 전기적 보호용
	절연장화 (insulating boots)	미끄러지지 않는 유연한 절연체로 만들고, 작업자 다리의 전기적 보호용
	절연장갑 (insulating gloves)	고무 또는 합성재료로 만들고, 작업자 손의 전기적 보호용
	절연소매 (insulating sleeves)	고무 또는 합성재료로 만들고, 작업자 팔의 전기적 보호용
	접속단자 (bonding lead)	충전부와 작업자의 도전복, 금속판, 차폐물을 접속 또는 분리하기 위한 금속단자
	절연복 (insulating clothing)	절연체로 만들고, 작업자 몸의 전기적 보호용
기 계 적 보 호	도전복 (conductive clothing)	도전성 실로 짠 자연섬유 또는 합성섬유로 만들고 전계의 영향으로부터 작업자를 보호하기 위해 사용
	안전모 (safety helmet)	작업자의 머리 보호용
	안전벨트 (safety belt)	작업자의 추락 방지용
	안전화 (safety shoes)	작업자의 다리 보호용
기 타	절연장갑보호기 (insulating-glove cover)	절연장갑의 기계적 보호용
	보안경 (safety spectacles)	아크에 의한 빛, 먼지등으로부터 작업자 보호
	얼굴가리개 (face shield)	아크에 의한 빛으로부터 작업자 보호



그림 2.1 절연화 및 절연소매



그림 2.2 절연장갑

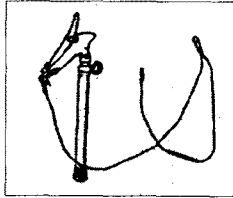
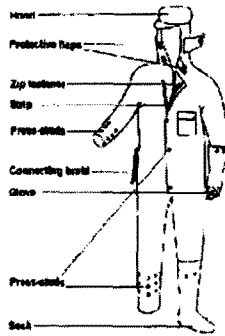


그림 2.3 접속단자



그림 2.4 절연복



2.2.2 절연조작봉(hand stick)

활선에 직접 접촉하지 않고 절연체로 된 절연봉 끝에 각종 공구를 매달아 일정한 간격을 유지한 채 원격으로 조작하기 위한 공구로서 사용용도 및 목적에 따라 다양한 종류의 절연조작봉이 개발되어 사용되고 있다. 특히 절연조작봉에 의한 공법이 발달된 북미 지역에서 많이 사용되고 있으며, 북미지역의 공법을 도입한 국가의 대부분에서 적용하고 있다. 절연조작봉의 종류 및 용도는 표 2.4와 같다.

표 2.4 절연조작봉(hand stick)의 종류 및 용도

종 류	용 도
All-Angle Cog Wrench	볼트, 너트의 설치 또는 제거용
Clip-on Ammeter Stick	클립고정식 전류계용 (clip-on ammeter)
cotter pin Plier Stick	콧터핀 제거 및 고정, 삽입용
Flexible Insulated Wrench	볼트, 너트의 고정, 설치, 제거용
Insulating Oiler Stick	미끄럽거나 녹이 손 장소용
Retractable Hook Stick	클램프 및 금구류의 설치, 제거 및 조정용
Spliced Universal Hand Stick	Universal Hand Stick 길이 연장용
Tie Stick	접속와이어(tie wire)의 설치, 제거용
Tie Wire Cutter	접속와이어(tie wire)의 절단용
Universal Hand Stick	각종 공구를 끝에 연결하여 사용
Wire Cutter Stick	도체나 와이어 절단용
Wire Holding Stick	활선작업 도중 도체나 와이어를 잡는데 사용

한편 Universal Hand Stick의 끝에 연결하여 사용하는 부속 공구들에는 표 2.5와 같은 것들이 있다.

표 2.5 범용 부속공구의 종류

Universal Accessories		
Adjustable Insulator Fork	Formed Wire Tool	Retractable Hook
Adjustable Plier	Hack Saw	Stick Adaptor
All-Angle Plier	Hammer	Rotary Blade
Ammeter Holder	Holding Fork	Rotary Prong
Ball Socket Adjuster	Insulator Ball Guide	Screw Clamp
Conductor Cleaning Brush	Locating Drift	Screw Driver
Conductor Sander	Mechanical Hand	Shepherd's Hook
Cotter key Installer	Mirror	Spiral Disconnect
Cotter key Installer-Remover	Oilcan	Tie Wire Cutter
Cotter key Remover	Pin Holder	Universal Adaptor
Fixed Double-Prong Head	Pruning Saw	Vice Grip Plier
Flexible Wrench Head	Ratchet Wrench	Wrench

2.2.3 절연지지봉(support stick)

도체나 장비를 잡거나 이동하는데 사용하는 공구로서 절연지지봉의 종류 및 용도는 표 2.6 및 그림 2.5~그림 2.8과 같다.

표 2.6 절연지지봉(support stick)의 종류 및 용도

종 류	용 도
Adjustable Strain Stick	여러 부속 공구와 함께 전선을 올리거나 장력을 지지하는 데 사용되는 절연지지봉
Clevis/Tongue Stick	적절한 부속공구나 아답터로 여러 가지 조작할 수 있는 절연지지봉
Deadend Tool	내장애자련의 교체를 위해 도체의 장력을 잡는데 사용
Roller Link Stick	도체를 따라 이동이 가능한 롤러가 부착된 하중 부담형 절연지지봉
Spiral Link Stick	한쪽 끝에 나선형 링크가 부착된 하중부담형 절연지지봉
Swivel Link Stick	한쪽 또는 양쪽 끝에 회전고리(swivel)가 부착된 하중부담형 절연지지봉
Tension Link Stick	도체의 장력을 부담하는데 사용
Wire Support Stick	도체를 고정시키거나 이동시키는데 사용하고 일명 와이어통(wire tong)이라고 함



그림 2.5 Roller Link Stick



그림 2.6 Spiral Link Stick



그림 2.7 Tension Link Stick

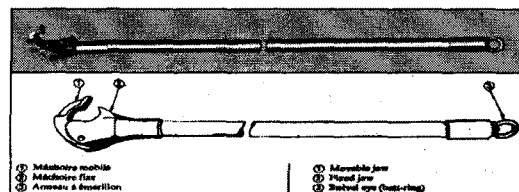


그림 2.8 Wire Support Stick (wire tong)

2.2.4 애자받침대(Cradle)

애자런 교체작업시 애자런을 안전하게 이동시키는데 사용되는 장비가 애자받침대(cradle)이다. 이 장비는 활선부와 집지부를 연결하기 때문에 절연체로 구성되어 있고, 다음과 같은 3가지 형태의 애자받침대가 주로 사용되고 있다. 결합형 애자받침대는 애자런의 길이가 작은 저전압용으로 주로 사용되고, 표준형 애자받침대가 일반적으로 많이 사용되고 있다. 초고압 송전선로의 내장애자런에는 한쪽이 열려있는 (side-opening) 애자받침대를 사용한다. 애자받침대의 부속장치로는 Cradle Bail, Support Hook, Cradle Carrier, Insulator Retaining Plate 등이 있다.

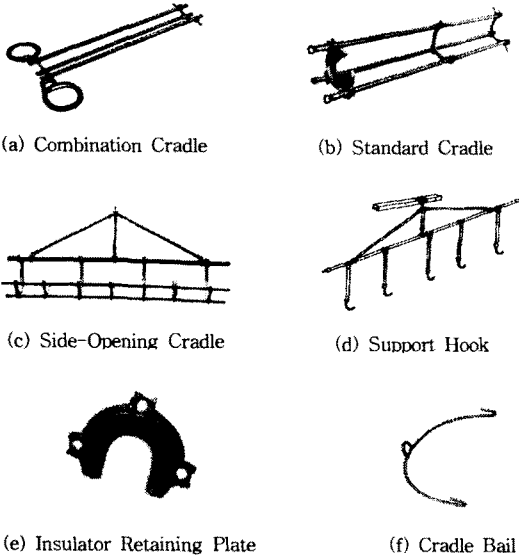


그림 2.9 애자받침대(insulator cradle) 및 부속장치

2.2.5 중량물 이동장치

철탑주변에서의 활선작업시 애자런, 금구류, 장비 및 공구 등을 이동시키고, 운반하기 위해서는 Boom, Slide, Hoist 등이 필요하다. 여기서는 중량물 이동을 위해 사용되는 장비에 대해서 검토한다.

우선 가장 일반적으로 사용되는 Boom에는 그림 2.10과 같은 종류가 사용되고 있으며, 현수애자런 교체시 철탑 암 하단에 설치하여 애자런 등을 이동시키는 데 이용되고 있는 Trolley Pole은 그림 2.11 및 그림 2.12와 같은 형태의 것이 사용되고 있다.

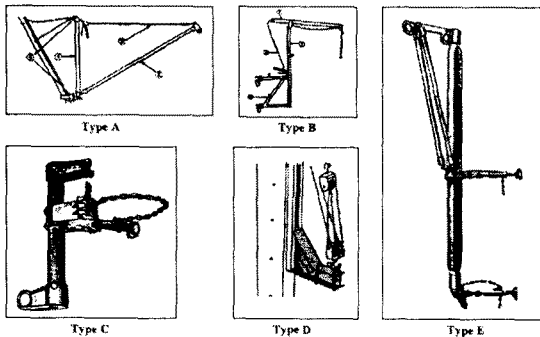


그림 2.10 Swivel Boom

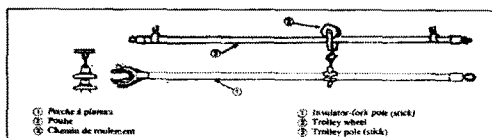
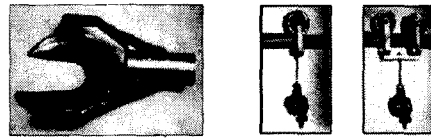


그림 2.11 Trolley Pole



(a) Insulator Fork (b) Roller



(c) Clamp Stick

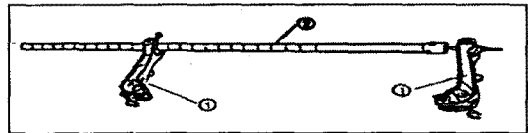
그림 2.12 Trolley Pole의 구성품

2.2.6 애자런 임시지지장치

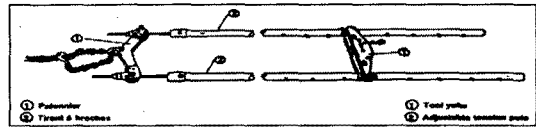
현수 또는 내장애자런의 교체시 애자런이 부담하는 하중을 다른 지지장치로 전환해야 애자런을 제거할 수 있다. 단도체방식의 1련 현수애자런의 교체시에는 애자런의 양측에 와이어통을 연결하여 사용하므로 철탑측의 타워요크와 와이어통만으로 교체가 가능하다. 그러나 2도체이상, 2련 애자런 또는 내장애자런인 경우에는 별도의 하중지지용 절연장치가 필요하게 된다.

애자런 임시 지지장치로 주로 사용되는 장비가 Single 또는 Double Strain Carrier이며, 요크 및 Jack Screw, Adjustable Strain Stick 등으로 구성되어 있다. Single Strain Carrier는 2련 애자런중 1련만 교체할 경우에 사용되며, Double Strain Carrier는 2도체 이상 선로의 1련 현수애자런 또는 1련 내장애자런의 교체시 주로 사용된다.

한편 러시아 등의 동구권에서는 폴리머애자를 임시로 설치하여 애자런을 지지하는 방식이 주로 사용되고 있다.

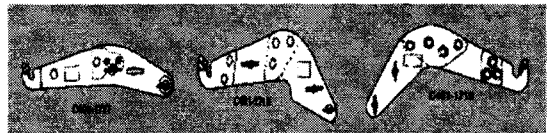


(a) Single Strain Carrier

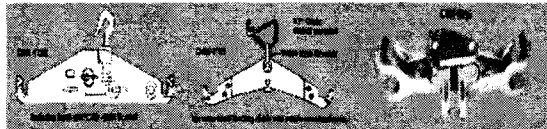


(b) Double Strain Carrier

그림 2.13 Strain Carrier



(a) Single-Pole Yoke



(b) Two-Pole Yoke

그림 2.14 Strain Carrier용 Yoke

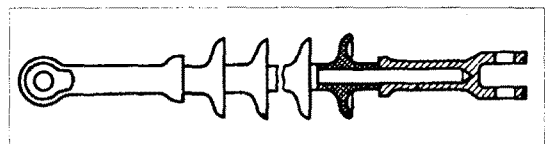


그림 2.15 애자런 임시지지용 폴리머애자

2.2.7 절연사다리 및 작업발판

철탑주변에서의 활선작업시 작업공간 확보 또는 작업자의 활선 접근을 위해 절연사다리가 사용되며, 가볍고 절연성능이 우수한 제품들이 개발되어 사용되고 있다. 또한 철탑 난간에서의 보조작업시 인체의 안전 및 작업성을 개선하기 위한 작업발판 등도 사용되고 있다. 그림 2.16은 초고압 송전선로의 애자런 교체시 사용되는 작업용 절연사다리의 한 예이며, 그림 2.17은 작업공간 확보 및 작업성 개선을 위해 사용되는 절연사다리이다. 또한 그림 2.18은 각종 형태의 작업발판의 예이다.

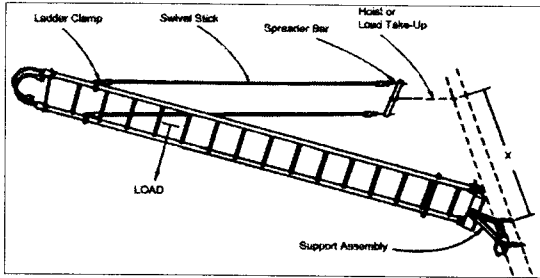


그림 2.16 초고압 선로의 철탑주변 활선작업용 절연사다리

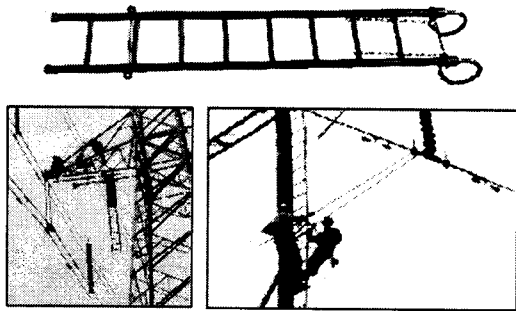


그림 2.17 작업공간 확보를 위한 절연사다리 및 사용 예

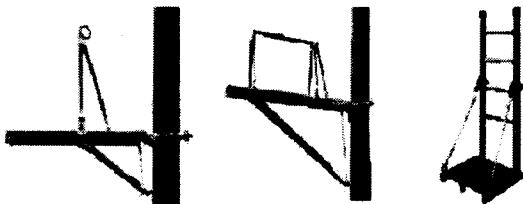


그림 2.18 여러 형태의 작업발판

2.2.8 기타

이 외에도 활선작업을 위해 주로 사용되는 장비 및 공구로는 애자이동기, 애자교체기, 스페이서카, 작업용의자, 헬기, 붐트럭, 절연 로프 및 활차, 호이스트 등이 있다.

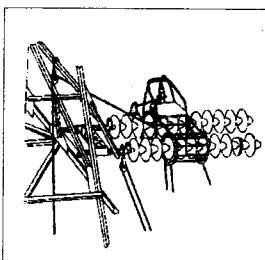


그림 2.19 애자이동기

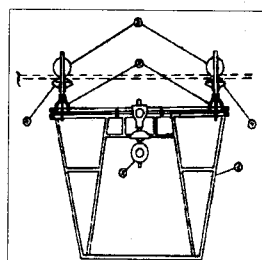


그림 2.20 스페이서카

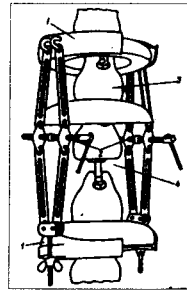


그림 2.21 애자교체기

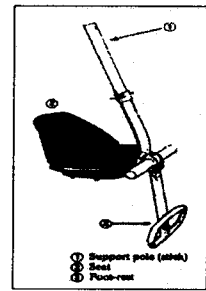


그림 2.22 작업용의자

2.3 활선공법별 주요장비

앞에서 살펴본 공법별 필요한 주요 장비 및 공구를 검토함으로써 우리나라에 적합한 공법 선정에 참조하고, 향후 필요한 장비 및 공구의 기본성능 설계에 고려할 필요가 있다. 다음은 국가별 각각의 공법과 관련 주요장비를 검토하고 분석한 결과이다.

2.3.1 현수애자런 교체의 소요장비

	공법1(북미)	공법2(북미)	공법3(북미)	공법4(헝가리)
공법 개요	수평, 1련, 1도체 절연봉공법 Trolley Pole 이용 탑상/지상교체	수평, 1련, 1도체 절연봉공법 Cradle 이용 탑상교체	수평, 2련, 3도체 직접활선공법 절연로프접근 Cradle+Cargo Boom 지상교체	수평, 2련, 3도체 직접활선공법 절연애자+로프 절연로프 이용 탑상(애자교체기)
주요 장비	Tower Yoke ... 지지용 link stick Universal tool... Trolley Pole set Clamp stick	Tower Yoke ... 지지용 link stick Universal tool... Insulator Fork Cradle Hoist+wire tong	개인보호장비 절연로프 Strain Carrier Cradle Cargo Boom Shepherd Stick Shotgun Stick	개인보호장비 절연로프 작업용의자 폴리머애자 지지용 절연stick 애자교체기
	공법5(러시아)	공법6(러시아)	공법7(러시아)	공법8(러시아)
공법 개요	수평, 1련 직접활선공법 Slide Bar System 절연로프 이용 지상교체	수평 직접활선공법 Pendulum공법 절연로프 이용 지상교체	수평(축소형철탑) 직접활선공법 로프+애자+줄사 다리 절연로프 이용 지상교체	수평 직접활선공법 절연사다리 접근 절연로프 이용 지상교체
주요 장비	개인보호장비 작업용의자 폴리머애자 지지용 절연Stick Slide Bar System 절연로프	개인보호장비 작업용의자 폴리머애자 지지용 절연애자 절연사다리 절연로프	개인보호장비 작업용의자 폴리머애자 지지용 절연애자 절연줄사다리 절연로프	개인보호장비 절연줄사다리 절연애자 절연로프

2.3.2 V형 애자런 교체의 소요장비

	공법1(북미)	공법2(북미)	공법3(북미)
공법 개요	수평, 단도체 절연봉공법 Trolley Pole 이용 탑상/지상	수평, 단도체 절연봉공법 Cradle 이용 탑상교체	수평, 복도체(4도체) 절연봉공법 Cradle 이용 탑상교체
주요 장비	Tower Yoke ... 지지용 Link Stick Universal Tool ... Trolley Pole Grip-all Clamp Stick Hoist, Wire tongs Shepherd hook	Tower Yoke ... 지지용 Link Stick Universal Tool ... Cradle Grip-all Clamp Stick Hoist, Wire tongs Shepherd hook	Tower Yoke ... Strain Carrier Universal Tool ... Cradle Grip-all Clamp Stick Hoist, Wire tongs Shepherd hook

2.3.3 내장애자련 교체의 소요장비

	공법1(북미)	공법2(북미)	공법3(북미)	공법4(헝가리)
공법 개요	수평, 2련, 1도체 절연봉공법 Cradle, Swivel Boom 탑상교체	수평, 2련, 3도체 중간절연봉공법 절연사다리 접근 Cradle, Swivel Boom 지상교체	수평, 2련 직접활선공법 절연로프 접근 Cradle, Cargo Boom 지상교체	수직, 2련, 3도체 직접활선공법 애자탑승기 접근 애자교체기 이용 불량애자교체
주요 장비	Swivel Boom Strain Carrier Cradle Universal Tool..	Swivel Boom Strain Carrier Cradle Universal Tool.. 작업용사다리	Cargo Boom Strain Carrier Cradle 개인보호장비 절연로프	개인보호장비 애자탑승기 애자교체기
	공법5(러시아)	공법6(러시아)	공법7(브라질)	
공법 개요	수평, 2련, 3도체 직접활선공법 애자탑승기 접근 애자교체기 이용 불량애자교체	직접활선공법 절연 Boom 접근 절연로프 이용 지상교체	직접활선공법 애자리탑승기 접근 ...	
주요 장비	개인보호장비 애자탑승기 애자교체기	개인보호장비 절연 Boom 지지용 절연애자 절연로프 작업용의자 작업용사다리	개인보호장비 ...	

2.3.4 경간 활선작업의 소요장비

	헬기공법	Boom Truck 공법	Spacer Car 공법
공법 개요	헬기에 의한 접근 직접활선공법	Boom트럭에 의한 접근 직접 or 간접활선공법	Spacer Car에 의한 접 근 직접활선공법
주요 장비	개인보호장비 헬기(특수장치 설치) 작업공구 Shotgun Stick 리드선	개인보호장비 Insulated Boom Truck 절연사다리/절연Boom 작업공구/간접활선공구 Shotgun Stick 리드선	개인보호장비 Spacer Car 작업공구 Shotgun Stick 리드선

3. 결 론

이상에서 검토한 바와 같이 간접활선공법인 절연봉공법 및 중간 절연봉공법의 경우 직접활선공법에 비해 많은 장비와 복잡한 장비를 필요로 하고 있으며, 전압이 높을수록 애자련의 길이가 길어지고, 애자련의 수가 많아지므로 애자련 이동을 위한 장치들이 부수적으로 필요하다. 또한 수평배열형 첩탑의 경우에는 애자련을 지상으로 쉽게 내릴 수 있으므로 지상교체방식을 주로 사용하고 있으며, 이 경우 애자련 이동에 절연로프의 구성만으로 가능하므로 별도의 운반설비 없이 간단히 구성할 수 있다. 그러나 수직배열형 첩탑인 경우에는 탑상교체 또는 3차원적인 공간 확보와 지상의 작업 여건 등에 따라 필요장비가 달라질 수 있다. 경간 활선작업의 경우에는 대체적으로 직접활선공법을 사용하므로 소요되는 장비가 비교적 적고, 단순하며, 헬기, 붐트럭, 스페이서카와 같은 기본장비를 제외하면 공법에 따른 장비의 차이도 별로 없다.

따라서 국내 765kV 송전선로에서도 활선공법을 적용할 경우 관련 활선장비에 대한 연구가 필수적이며, 본 조사연구의 결과를 토대로 국내에서 활선작업 관련장비를 개발함에 있어 다음의 기술적 검토가 선행되어 선택적 개발과 경제성을 고려하여 외국으로부터의 도입이 요구될 것으로 사료된다.

- 절연장비의 전기적인 설계기술
- 장비에 대한 안전율 산정 및 적용
- 금구류 설계 및 제작기술

- 활선작업시 가선장력, 애자련 장력 등 선로조건에 따른 기계적 강도 설계기술
- 장비류 개발타당성 검증시험 및 분석기술
- 장비류 성능시험을 위한 시험설비 구성 및 평가기술
- 장비수명 예측 및 성능 유지여부 판정 및 평가기술
- 외국 도입장비에 대한 기술사양 작성

[참 고 문 헌]

- [1]한국전기공사협회, "초고압 송전선로 활선공법 및 관련 장비 개발을 위한 조사연구", 2002. 7. 25
- [2]손홍관, 이형권, 김효진, 김대식, "외국의 송전선로 활선작업 기술현황", 전기학회 하계학술대회, 2002. 7
- [3]ESMO 2000 Proceedings, "2000 IEEE ESMO - 2000 IEEE 9th International Conference on Transmission & Distribution Construction, Operation & Live-Line Maintenance Proceedings.", 2000
- [4]IEEC 61813, "Care, maintenance and in-service testing of aerial devices with insulating booms.", 2000
- [5]HUBBELL POWERSYSTEMS, INC, CHANCE "Tool Catalog", 2000
- [6]IEEC, "Safety requirements for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use Part 1, Part 2", 1990, 1992, 1997
- [7]IEEC 60984, "Sleeves of insulating material for live working.", 1990
- [8]48C-ESMO-22, "Live re-string of 138 kV lines(Brazil)", 2000
- [9]IEEC 60895, "Conductive clothing.", 1987
- [10]ANSI D 1051-95, "Rubber Insulating Sleeves"
- [11]ANSI F 711-89, "FRP Rod and Tube Used in Live Line Tools."