

765KV 事業推進計劃

한 업*, 김재영**, 김용완***, 이석진****

(*한국전력공사 756kV 전압격상추진반장,
 **한국전력공사 756kV 추진반 기술부장대리,
 ***한국전력공사 756kV 추진반 송전부장대리,
 ****한국전력공사 756kV 추진반 변전부장대리)

1. 序 論

지속적인 경제성장에 따른 전력수요의 급격한 증가로 안정적인 전력공급능력 확보 와 합리적인 송변전설비 확충이 요구되고 있다. 그러나, 단위 발전소 설비규모의 증대, 전원설비의 부하지역과의 遠隔化, 전력수요의 지역적 편중 및 송전선로 경과지 確保難의 가중으로 과거 어느때 보다도 전력계통계획 및 이의 건설은 더욱 어려운 여건하에 처해 있으며, 이로 인하여 현재의 345KV 송전전압보다 상위의 送電電壓格上의 필요성이 대두하게 되었다.

이러한 측면에서 한국전력공사에서는 765KV 송전전압 격상사업을 통한 大電力輸送 계획을 수립하였으며, 1998년까지 동해안 원자력 발전단지~경인지역, 서해안 화력 발전단지~경인지역까지 2개 루트, 약 330KM의 765KV 송전선로를 건설하고, 2002년도에 최초로 765KV 격상운전을 예정으로 관련 사업을 추진중에 있다.

이러한 전압격상사업 추진을 위해 우리公社는 80년대 초반부터 기술연구원을 중심으로 기술적인 문제를 연구하고 전복고창군에 실증시험장을 건설하였으며, 92년 6월에 本社에 765KV 격상추진반을 설치하여 운영하고 있다. 765KV 격상추진반은 기술, 송전, 변전 3개 부서로 나뉘어져 각 分野別로 관련기술검토 및 업무를 수행하고 있으며, 本論考에서는 그 간의 수행업무내용 및 앞으로 추진할 계획에 대해 대략적으로 살펴 보고자 한다.

2. 技術分野

2.1 계통기술

공급전원의 大容量化, 遠隔化등에 따라 초초고압 송전선로 구성의 필요성은 전술한 바와 같이 높아지고 있으며, 이를 위해선 需要豫測, 潮流검토 및 故障검토등 계통해석이 먼저 이루어져야 한다. 이러한 검토결과는 변압기, 차단기 및 조상설비등 송변전설비 규격제정의 기초자료로 활용되며, 그 주요 내용을 살펴보면 표 1과 같다.

한편, 765KV 송전선로는 기존의 345KV에 비해 장거리 선로이며, 환경장애영향의 最少化를 위한 導體數 증가로 선로의 충전용량은 대단히 크다. 또한, 송전선이 2회선으로 건설되어 非燃架시 각 相

표 1. 장기 전력계통해석 활용 기본 방향

분 류	검 토 내 용	비 고
<ul style="list-style-type: none"> •년도별 重,輕 부하시 장기 전력계통 해석 •년도별 무효전력 보상용 조상설비계획 •고장 및 안정도해석 	<ul style="list-style-type: none"> •M.Tr 정격 검토 -정격전압 및 전압조정방법 -정격용량 및 적정 Bank數등 •重부하시 S.C 및 輕부하시 Sh.R 검토 -조상설비별 설치위치 및 용량 -계통전압별 기기 설치지점 •차단기 정격 검토 -동작책무 -투입 및 차단시간 -차단용량 •재폐로 방식 및 시간 검토 	<ul style="list-style-type: none"> •M.Tr 규격 작성 •조상설비별 규격 작성 •차단기 규격 작성

표 2. 765KV 송전선로 특유 문제점 및 검토 기본 방향

문 제 점	검 토 내 용
<ul style="list-style-type: none"> •선로 충전시 적정전압 유지 •상시 불평형 전류 증가 억제 •2차 아크전류 증대에 따른 재 폐로 시간 확보 곤란 	<ul style="list-style-type: none"> •Ferranti 효과에 의한 전압상승 및 Sh.R 적용 효과 검토 •각 상간 불평형에 따른 역상전류 증가에 의한 발전기과열 문제 및 燃架여부 검토 •새계로 방식 및 2차 아크 억제 효과(Sh.R, HSGS 적용시)

間的 불평형이나 회선간의 상호간섭도 크다. 따라서, 종래 송전선에서 볼 수 없는 UHV 송전선로 특유의 문제가 발생되며 이에 대한 검토나 대책이 요구되고 있다. 이에 관한 검토의 기본방향을 살펴보면 표 2와 같다.

2.2 전선선정

송전전압이 높아지면 주변에 전기적 환경장해를 유발하는데 이 장해발생량은 전선종류 및 도체구성 방식에 따라 변화하게 된다. 또 전선의 종류는 송전용량과 건설비에 직접적인 영향을 주므로 전선선정은 송전선로 설계에 중요한 고려사항중의 하나가 된다. 따라서 전기적 환경장해를 최소화하면서 경제적으로 大電力을 수송할 수 있는 전선선정이 이루어져야 한다.

검토결과 765KV 송전선로 전력선으로 ACSR 480 Cardinal 전선이 선정되었으며, 이의 제원 및 환경장해 검토결과는 아래 표 3과 같다

표 3. Cardinal전선 제원 및 환경장해 검토결과

구 분	내 용
선종 및 도체수	ACSR 480 Cardinal × 6 Bundle
Cardinal 단면적(mm ²)	Al : 484 St : 67 계 : 551
직경(mm)	30.42
전기저항(Ω) / 소도체수	0.0599 / 6
허용전류(A)	연속 : 919 × 6, 단시간 : 1021 × 6
열용량(MW / 1cct)	7310
코로나 소음(주거지역)	50dB(A)
라디오 장애(“)	SNR 27.9 dB
T.V. 장애(“)	SNR 41.4 dB
풍소음(100M지역)	48 dB(A) (V=10m/s)
T.V. Ghost 장애범위	약 750M

표 4. 설비별 절연협조검토 기본방향

분 류	검 토 내 용	절연설계
•송전절연설계	<ul style="list-style-type: none"> •상용주파수 교류과 전압 •개폐 과전압 •뇌 과전압 	<ul style="list-style-type: none"> •애자갯수 결정 •Clearance 결정 •탑각접지저항 결정 •차폐각 등 결정
•변전절연설계	상 동	<ul style="list-style-type: none"> •변전기기변 BIL / BSL •Surge Arrester 성격 •차단기 투입저항 등

2.3 절연협조검토

765KV 송전계통은 대용량 전력수송을 목적으로 하고 있으므로 신뢰성 향상이 요구 된다. 또한, 지지물의 대형화에 따른 건설비의 상승을 억제할 수 있어야 한다.

그러므로 송변전설비 설계의 기본적인 자료를 제시하는 절연설계는 상기의 신뢰성과 경제성을 만족할 수 있도록 합리적으로 검토 되어져야 한다. 절연협조 검토의 기본 방향은 표 4와 같다.

2.4 추진상황

앞에서 언급한 분야별 기술검토를 위해 UHV보유 電力社 현장조사 및 관련자료 수집, 분석을 통하여 검토기반을 구축하고 있으며, 1998년도 765KV 송전선로 준공을 위해 요구되는 전선선정은 확정하였고 절연협조검토는 현재 진행중에 있다.

또한, 전북 고창군에 설치되어 있는 765KV 실증선로를 통한 각종 자료의 수집, 분석 및 관련 연구개발을 통하여 종합적인 검토가 이루어지도록 추진을 하고 있다.

3. 送電分野

3.1 지지물

765KV 송전선로 지지물은 2회선 수직배열의 철탑 형태가 될 것이다. 기존의 국내 최고 송전전압 345KV에 비해 전압이 2배이상 높아지기 때문에 지상고 및 선간이격 거리가 커져 철탑은 자연히 高所化 및 大型化가 예상된다.

지금까지 송전용 철탑부재로 사용해 왔던 산형강 부재로는 이러한 고소, 대형철탑에 적용하기 위해 선 double angle 이나 box-type angle 형태가 되

어야 하며, 이에따라 部材數의 증가 및 접속개소의 복잡성으로 施工上 많은 인력과 시간이 소요되며, 시공품질의 저하도 우려되었다. 이에 91년~93년까지 생산기술연구과제로 送電用 圓形鋼管鐵塔설계 및 제조기술 개발연구를 민간업체와 공동으로 수행하여 국내 최초로 송전용 원형강관철탑을 설계, 제작하였으며 이에 관련된 제반 기술을 습득 하였다. 원형강관은 산형강에 비해 여러가지 장점이 있는 것으로 연구결과 판명되었으며, 실 적용시의 경제성 및 제반 문제점에 대한 검토는 현재 진행중에 있으므로 검토결과에 따라 765KV 송전선로에 적용할 예정이다.

지시물의 보조설비로는 승강장치와 추락방지장치의 설치에 대해 검토하고 있다.

또한, 낙뢰로부터 송전선로를 보호하기 위한 낙뢰보호장치 적용도 고려중에 있다.

낙뢰보호장치로는 철탑에 설치하는 SBI(Spline ball ionizer)와 전선에 설치하는 DDS(Dual dissipation system) 2종류가 있다.

3.2 전선

765KV 송전선로 전력선은 국내 최초로 ACSR 480 CARDINAL × 6 BUNDLE / 相로 결정되었다. ACSR 480 CARDINAL전선은 기존 ACSR 480 RAIL전선에 비해 U.T.S.(Ultimate tensile strength)가 커서 弛度를 작게 할 수 있어, 상대적으로 지지물의 높이를 낮출 수 있다.

CARDINAL전선 架線설계조건은 최대수평장력(Max. working tension)을 5,000kgf로 할 예정이다.

그러나, 강원도 태백지역~경기도 가평군지역 765KV 예정 선로경과지중 동해안과 인접해 있는 태백산맥 高山지대인 태백, 사북지역은 지역적 특성으로 겨울철 전선에 착빙설이 유난히도 크게, 자주 발생하는 지역으로 동지역의 冬季 착빙설 하중 조건의 상향조정 방안 및 그럴 경우 동지역의 CARDINAL전선 적용여부에 대해 검토중이다.

가공지선은 2조 가선 예정인데 線種으로는 AW-200 및 OPGW-200를 고려하고 있다.

3.3 애자 및 금구류

전압이 765KV로 격상되고 전선도 6 BUNDLE 이 되며, 線路間隔 역시 기존 송전선로 보다 길어질

것으로 예상됨에 따라, 기존의 애자, 금구류의 적용은 어려워 765KV 송전선로에 적용될 금구류 38종류에 대해 91년~94년까지 생산기술연구과제로 研究, 開發중에 있으며, 금년 말에 최종결과가 나올 것이다.

다만, 애자의 경우 300KN 이상의 強度를 갖는 애자적용이 불가피하리라 생각되는데, 國內 생산능력의 不在로 外國產 도입이 불가피할 것으로 본다. 또한, 765KV 송전선로에는 국내 최초로 Pre-fabricated jumper를 적용하기 위해 연구중에 있으며, 6 Bundle용 Spacer-damper도 국내 개발하기 위해 연구를 진행중에 있다.

3.4 기초

지시물의 高所, 大型化에 따라 기초의 크기 역시 대형화 될 것으로 전망된다. 기존 역T형(Chimney & pad)기초의 경우 상판부 시공을 위해선 굴착깊이가 커지므로 山岳 경사지에서의 土壓유지를 위한 안식각 확보가 어려울 것으로 예상되어 이에대한 代案으로 Pier기초 도입을 고려하고 있다. Pier기초의 경우 굴착깊이는 깊어지나 굴착폭이 작아, 경사지 시공시 기초의 안정성 확보에 크게 기여할 것으로 생각된다.

또한, 암반지역에는 Rock-anchor foundation을 적용하기 위한 연구도 95년 3월까지 결과를 얻기 위해 현재 진행중에 있다.

3.5 시공기술

765KV 송전선로는 지지물의 대형화에 따른 조립 물량의 증가, 6도체가선, Pier기초 적용시 심층 굴착능력 필요, 3D 기피현상에 따른 국내 기능인력 부족등에 따라 機械化 시공법등 새로운 시공기술 도입이 불가피하리라 생각된다.

이에 따라 Pier기초 시공 및 지지물 조립을 위한 Crane도입, 다도체 동시 가선공법, 대량운반수단의 도입이 요구되며, 새로운 工法에 따른 관련 적용품셈의 제정작업도 필요하게 되었다. 이에 관한 연구용역이 우리公社 기술연구원 주관으로 '95. 3월을 준공 목표로 하여 현재 진행중에 있다.

3.6 설계조건 검토

765KV 송전선로는 전력계통상 차지하는 비중이

커서 선로의 신뢰도가 무엇보다도 중요함은 말할 나위 없다 하겠다. 과거 KEPCO 154KV 및 345KV 송전선로가 바람이나 착빙설에 의해 큰 사고를 당한 경험이 있어, 765KV 송전선로 신뢰도향상을 위한 설계조건 조정방안을 검토중에 있다.

그 첫째는 鐵塔設計裕度の 상향조정 방안이다. 설계유도란 部材의 허용응력과 그 부재에 작용하는 하중(荷重)과의 비(比)인데, 현행 적용치는 1.0이다. 이는 事故 再現期間을 대략 100년 정도로 하는 수준이나, 765KV의 경우는 事故再現期間이 200~300년 정도의 신뢰도를 갖게하기 위해 설계유도를 1.2~1.3정도로 상향조정 하고자 한다.

둘째로는 앞서서도 언급한 바 있는 강원도 일부 高山지역(태백, 사북지역)에서의 冬季 착빙설하중의 재조정 문제이다. 현행 同지구의 착빙설(전선에 부착되는 눈이나 얼음)하중조건은 피빙 두께가 20mm, 비중 0.6인 빙설이 전선에 형성된다는 조건으로 하고 있다. 그러나, 우리의 경험으로는 同지구(해발 800M 이상)의 착빙설은 이 보다 크게 형성되는 것으로 판단되어 설계조건 조정방안을 검토중이다.

3.7 예상공사규모 및 공정

765KV 송전선로 예상 공사규모는 기존의 345KV 송전선로에 비해 크게 증가할 것으로 예상된다. 아직 관련 부문의 검토가 진행중이어서 정확한 수치는 아니지만, 대략적으로 추정해 보면 아래 표 5와 같다.

표 5. 765KV 송전선로 건설 예상규모

항 목	예상방향 및 규모	비 고
<ul style="list-style-type: none"> • 기초형태 • Con'c 양(기당) • 기초 Dimension 	<ul style="list-style-type: none"> • 역T형 및 Pier 기초등 • 200~300 m² • 직경:약 3M, 길이:10~15M 	- Pier 기초 경우임
<ul style="list-style-type: none"> • 지지물 형상 • - 높이(탑정) • - 중량(기당) • - 간 공간 	<ul style="list-style-type: none"> • 주로 원형강관 • 80~100M 정도 • 70~100톤 정도 • 500~600M 	- 적용범위 검토중
<ul style="list-style-type: none"> • 전선 - 전력선 - 가공지선 	<ul style="list-style-type: none"> - ACSR 480mm² × 6B - AW 200mm² × 1조, OPGW 200mm² × 1조 	
• 애사	• 300KN, 400KN, 530KN	

이에 따라 KM당 건설비는 착공예정 96년도 가격으로 약 20억원 정도로 추정된다.

현재 동해안 및 서해안 경과지 총 330KM에 대해 현재 측량, 환경영향평가 및 대관협의중에 있다. 이 결과를 기초로 내년중 전특법 승인을 득하고, 병행하여 공사설계 및 계약을 95년 말까지 완료하여 98년 준공목표로 96년 3월 대망의 765KV 송전선로 건설공사를 착수할 예정이다.

4. 變電分野

4.1 변전소 형식

우리나라에 처음 건설되는 765kV 변전소를 어떤 모습으로 보여지게 할 것인가가 변전 분야의 역할이다. 765kV 변전소는 옥외 철구형으로서 미국 NYP-A의 MARCY 변전소가 있고, 근간에 건설된 남아프리카 공화국의 α, β 변전소는 옥내 GIS형으로 변압기만 옥외에 배치되어 있는 것으로 조사 되었다.

변전소모습 결정의 첫 단계는, 물론 수많은 기술 검토를 거친 결과로서의 개변기자재로부터 출발하지만, 변전소형식의 결정에 있다. 변전소형식은 선택 대상으로서 대략옥외철구형, 옥내GIS형, 옥외GIS형으로 대변되나, 부지면적, 신뢰성 및 안정성, 환경조화, 건설비를 고려하여 옥외GIS형으로 현재 잠정 결정된 상태며 이는 현재 건설되고 있는 변전소가 대부분 옥외GIS인 점을 감안하면 우리 현장 근무자에게도 낯익은 형태라는 利点도 있다.

4.2 주기기 조달방안

다음의 단계는 변전소의 대표적 기기인 M.TR과 GIS 등 주기기 조달방안의 수립으로 이미 국내제작 공급원칙을 확정된 바 있으며, 이를 위하여 효성, 현대등을 비롯한 국내 전력분야의 대표적 기업체와 전기연구소등 産學研을 연계하여 기기개발 제작 및 연구가 진행되고 있다. 또한 주기기들의 기본 사양인 정격용량, BIL등 제반사항은 수년전부터 연구가 지속되어 온 장기계획통계 및 절연협조 연구등을 통하여 현재 그 결과의 집합 및 평가가 진행되고 있다.

4.2.1 주기기(M.TR)

765kV 주변압기의 용량은 단상 500 MVA 이상

이 될 것으로 전망되는데 1차는 물론 765KV, 2차는 345KV, 3차권선은 현재의 추세라면 23KV급 채용이 유력하나 계통분석과 관련, 검토되고 있는 3차측 조상설비의 설치유무, 용량 등에 따라 154KV도 고려되고 있다. 변압기에 있어 운송문제는 최대의 관심사이며 150TON 이상으로 추정되는 변압기 중량관계상 현행 운송방법으로는 여러가지 어려움이 예상되어, 단상 단권 변압기를 채택, 중량 및 치수를 적게함과 아울러 단상을 2분할(Twin Pack) 구조로 하여 현장조립, 설치하는 방향으로 나가고 있으며 이때의 현장조립에 대하여는 적절한 규모의 현장시험을 통해 성능보장을 확보하고자 한다. 운송방법으로는 미국에서 대형 전력용 변압기의 운반에 주로 사용되는 철도수송용 특수차량(Schnabel Car)의 적용을 검토하고 있으며, 현재 계산상 車의 중량과 변압기중량의 합이 국내 철도의 축당 하중제한치 이내로 들어 우리의 현실성에 가장 접근한 것으로 판단, 철도청과 실현성에 관해 협의중이며 가까운 장래에 구체적인 案이 잡히리라 본다.

4.2.2. 주기기(GIS)

M.TR과 더불어 변전소 대표적 주기기인 GIS는 그 모선방식과 더불어 변전소의 시각적인 Profile을 결정한다. 우리의 모선방식으로서 최근 외국 의 초고압 계통변전소에 적용되는 모선방식중 계통의 유연성이 좋고 신뢰성이 높이가 평가되는 2중모선 2CB방식, 2중모선 1.5CB방식, 2중모선 4Bustie방식, 2중모선 By-Pass방식등을 비교평가해 보면 소요면적, 경제성(기기설치비) 측면에서 가장 적합한 타협선으로 생각되는 2중모선 1.5CB방식의 채택이 유력하며, 이는 현재 345KV 변전소 모선방식과 같아 기존 保護繼電시스템의 확장 및 운전원의 적용에도 도움이 되리라 판단된다. 현재 GIS의 국산제작은 초고압 GIS 기본기술에 관한 연구와 GIS 차단부 설계 및 제조기술 개발연구가 전기연구소와 효성, 현대등의 참여하에 진행되고 있어 95년내 설계 제작이 완료될 것으로 기대하고 있다.

종합적으로, 한전연구원과 산학연 각 분야에서 이루어지고 있는 변전기기 제작관련 연구는 96년말 완료를 목표로 진행중에 있으며 결과를 집합, 체계화한 후, 적절한 규모의 내구성 실증시험을 거쳐 97년 상반기까지는 현장기기발주에 대비할 예정으로

있다.

4.3 현장시공

현장 시공분야에서 첫번째로 이루어지는 부지 선정은 그 타당성 검토(운송여건, 송전선 인출입 관계, 토목공사의 규모, 도시계획관계, 군사시설 저촉 여부)를 시행하여 동쪽을 가로지르는 선로를 담당하는 변전소는 태백시 부근과 가평군으로, 서쪽 북상전력을 담당하는 변전소는 서산군과 안성군 일원으로 확정하였고, 그 규모는 外國例와 옥외GIS인 점을 감안 약 7萬坪으로 하였다. 현재 이 부지들에 대한 환경영향평가가 진행중이며 이어 전원개발특례법에 따른 사업승인과 부지매수를 96년까지 完了할 계획으로 있다. 일반적으로 변전소 부지로서의 최적지는 타사업의 최적지 및 소위 명당자리로 부합하는 경우가 많고 NIMBY 현상까지 겹쳐져 부지매수에 많은 노력이 소요될 것으로 예상되며, 부지매수기간을 최대한 단축 시키기 위해 환경영향평가 과정에서도 해당 주민들을 대상으로 한 공청회 및 대관협의를 진행하고 있다.

이후 현장공사의 일정은 97년초 부지정지, 97~98년에 걸쳐 설계, 계약 및 기기발주, 99년 변전기기 현장설치작업을 개시, 2001년내 건설공정을 완료 할 계획이다.

건설공사 완료후 약 6개월간 시운전기간을 두어 현장과전시험 및 각종 제어시스템의 확인과정을 거친뒤 2002년 6월경 동쪽을 연결하는 신태백, 신가평변전소가 우리나라 최초의 765KV변전소로서 계통에 병입될 것이다. 장기계통계획상 서쪽을 잇는 신서산, 신안성변전소는 이보다 약 8개월 늦은 2003년 4월경 계통병입됨으로써 우리나라에서 현재 계획되고 있는 1차적인 765KV시스템 구성의 완료가 이루어질 것이다.

5. 맺음말

우리公社가 추진중인 765KV 전압격상사업은 세계 최초의 765KV 2회선 구성으로 電力事業上 큰 의미가 있는 사업이라 생각된다. 우리보다 앞서 UHV시스템을 성취한 外國에 비해 한정된 인력과 충분치 못한 준비기간등으로 어려움도 있고, 국내 최초로 시도되는 사업이라 여러가지 시행착오가 엄

려되지만 765KV 설비가 지나는 중요도를 고려할 때 이에 대한 만반의 대비가 필요하리라 생각된다. 이에 765KV추진반 및 관련부서 종사자들은 시대적 사명감과 책임감으로 765KV 전압격상사업의 성공적 추진을 위해 최선을 다할 것이다.



김용완(金龍完)

서울대학교 전기공학과 졸업(1981).
한국전력공사 입사(1985). 현재
765KV 추진반 송전부장대리



이석진(李錫珍)

서울대학교 대학원 졸업(전기공학
석사)(1982). 한국전력공사 입사
(1982). 현재 765KV 추진반 변전부
장대리



한 옹(韓 燦)

서울대학교 전기공학과 졸업(1965).
한국전력공사 입사(1965). 현재
765KV 전압격상추진반장



김재영(金在泳)

고려대학교 대학원 졸업(전기공학
석사)(1986). 한국전력공사 입사
(1979). 현재 765KV 추진반 기술부
장대리