

765kV 研究와 機器 國產化 開發

한전기술연구원
전력연구실
수석연구원 김정부
선임연구원 이동일

I. 서론

韓電은 현재의 가장높은 送電電壓인 345kV를 늘어나는 전력수요에 대응키 위하여 수송능력 증강 목적으로 765kV로 昇壓하기로 1991년에 최종 결정하였다. 또한 이를 위하여 1979년부터 준비를 하여왔으며, 본격적으로는 韓電研究院에서 1984년부터 연구를 시작하였다.

세계적으로 최고설계전압 800kV 송전선로의 운전 현황을 보면 1965년 캐나다가 735kV를 1969년 미국의 AEP사가 765kV를 최초로 商業運轉하기 시작하여 소련, 브라질, 베네주엘라, 남아프리카공화국, 폴란드, 헝가리 등에서 운전되고 있다. 이보다 높은 전압계급으로는 소련이 1985년에 1,150kV를 加壓하였고, 일본은 자체적으로 1,000kV를 연구하여 송전선을 건설중에 있으며 일부 구간은 완공하여 2000년초에 1,000kV로 운전할 예정으로 있다.

우리나라에서는 1976년에 여수-옥천간의 345kV 송전선로를 운전 개시하고 점차로 계통을 확장하여 1988년에는 전국의 345kV 송전계통을 환상망으로 구성완료 하였으며 현재 약 5000[C.km]의 345kV 송전계통을 유지하고 있다.

장기전력 최대수요예측에 의하면 2006년에는 최대전력수요가 약 4,800만kW 2021년에는 7,300만kW로 현재의 약 3~4배가 되며 특히 경인지역의 최대수요는 전국의 45%정도를 점유하고 있어 지역간 전력 불균형이 심화될 전망이다. 이의 해결을 위해서는 송전선로의 건설물량을 최소화 하고 선로당 수송능력을 대용량화할 필요가 있다. 이와 관련한 검토결과 우리나라의 기술수준, 기기국산화개발, 계통의 신뢰도등을 고려하여 765kV로의 전압격상이 우리나라 전력계통에 적합한 것으로 판단, 결정 되었다. 따라서 765kV의 연구현황과 기기 국산화 개발현황을 소개하여 전기공업분야의 적극적인 참여를 유도하고자 한다.

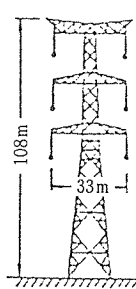
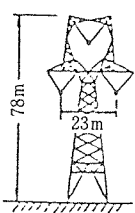
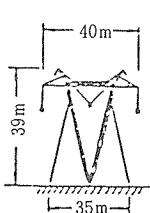
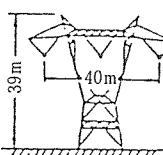
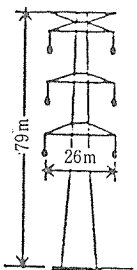
부족으로 여건이 형성되지 않아 基本設計에 대한 용역을 외국에 의존하지 않으면 안되었다. 그러나 765kV로 승압시점에서는 그동안 한전내부의 研究院과 關聯部署의 꾸준한 준비와 연구 그리고 국내기술의 향상으로 우리의 기술로 推進하고 있다.

또한 우리나라는 可用立地의 제약과 地上權 확보가 어려우므로 토지의 이용률을 높이기 위하여 이미 765kV계통을 운전하고 있는 나라에서는 그 유례가 없는 수직배열 2회선 송전선을 독자적으로 개발하지 않으면 안되었다. (그림-1 참조)

따라서 이러한 지형적특성과 환경을 고려하여 완전한 기술의 자립을 위한 다음과 같은 연구항목에 대하여 기술을 보유하여야 하며, 어떤항목은 이미 연구가 완료되었거나 진행중이고, 일부항목은 차후 추진해야 하거나 보완연구를 지속적으로 수행하여 765kV뿐만아니라 전 전력설비를 이용 하여야 할 사항이다.

II. 765kV 電壓格上을 위한 研究

70년대에 345kV로 승압시에는 국내기술과 경험의

국명	일본 1000kV	미국 1100kV	캐나다 735kV	미국 765kV	한국 765kV
철탐 형태	수직배열2회선 	삼각배열1회선 	V型支線付1회선 	수평배열1회선 	수직배열2회선 
적용 선로	동경전력 西群馬幹線 南新潟幹線	BPA의 Lyons시험선	Hydro-Quebec 상용선로 (1964년 운전)	AEP 상용선로 (1969년 운전)	한국전력 고창시험선로 (1993년)
도체 방식	38.4mm × 8도체	42.4mm × 8도체	35.6mm × 4도체	31.5mm × 4도체	29.6mm × 6도체

(그림-1) 각국의 EHV, UHV송전선의 형태와 규모

1. 研究項目

〈基本研究〉

- 전력설비의 낙뢰특성 연구
- " 오손특성연구
- " 풍속연구
- " 착방연구
- " 대지고유저항 연구

〈設計研究〉

- 전기환경장해 대책설계 연구
- 계통절연설계 연구
- 계통안정도 연구
- 계통보호방식 연구

〈施工研究〉

- 전력설비 기초방식연구
- " 접지방식연구
- 송전철탑 조립 및 가선기법 연구
- 변전소내 기기의 최적배치 연구

〈運用 維持 研究〉

- 전력설비 예방진단 및 감시 연구
- 계통안정도 및 최적운용 연구
- 설비 유지, 보수기술 연구

상기 연구항목중 단기간내 건설을 위하여 시급성을 다루고 있는 765kV 선로의 설계자료를 위해 추진되고 있는 연구항목을 소개하면 다음과 같다.

가. 電氣環境 對策 研究

1) 研究概要

一般的으로 送電電壓이 500kV 이상이 되면 導體表面電界強度가 주위의 공기와 절연내력 이상이 되어 도체주변의 공기가 국부적인 절연파괴로 코로나 현상이라는 방전현상이 나타나며, 특히 이러한 현상은 강우시 심하므로 우리나라의 送電電壓을 345kV에서 765kV로 格上時 送電線路 設計에서도 가장 고려해야할 問題中에 하나가 코로나에 의한 電氣環境 障害이다. 따라서 코로나에 의한 可聽騷音(Audible Noise), 라디오장해(Radio Interference), 텔레비전 장해(TV Interference)와 電磁界(Electric and

Magnetic Field) 영향등에 만족하는 最適導體選定, 우리地形에 맞는 大形送電支持物 및 地上高 設計등과 이를 위한 電氣環境 基準值 樹立이다.

따라서 研究院에서는 1984년부터 單相模擬 試驗設備인 코로나케이지(Corona Cage)를 設計, 建設하여 5년간 12가지 導體條件에 대한 模擬試驗을 遂行하여 最適候補 導體配列로 480mm²×6Bundle을 選擇하여 이를 利用 765kV 實證試驗線路를 設計, 建設하여 93年 9월부터 實證試驗을 遂行해 오고 있다.

2) 送電線路의 環境障害

송전선로에서의 코로나 방전은 공기중에 있는 自由電子가 電界에 의해 가속되면서 생성되는 전자사태라는 물리적인 과정을 거쳐 형성된다. 이러한 도체 주변공간의 공기절연이 국부적으로 파괴되는 코로나 방전의 발생량은 송전전압과 기상조건에 따라 큰 차이를 보인다. 또한 코로나는 인가된 전압극성에 따라 正極性和 負極性 코로나로 분류한다.

구 분	장 해 항 목
전 기 적 장 해	코로나소음(Random Noise)
	코로나 험음(Hum Noise)
	라디오 장해(Radio Interference)
	TV 장해(Television Interference)
	오존(Ozone)
	정전유도(Electric Induction)
기 계 적 장 해	전자유도(Magnetic Induction)
	풍소음(Aeolian Noise)
	TV 허영신호(TV Ghost)
	경관장해(Visual Impact)

이러한 코로나는 선로주변에서 여러가지 환경장해를 유발시키기도 하며, 또한 선로설비도 여러가지 환경장해를 야기시킨다. 한편 765kV 실증시험선로에서는 장해항목들의 중요도를 고려하여 우선 코로나소음, 험음, 라디오 장해, 텔레비전 장해, 풍소음과 정전유도에 관한 측정 및 평가를 수행해 오고 있다.

3) 실증시험선로

가) 송전선로 構成

鐵塔 4基 3經間으로 電氣的, 機械的 中性點이 一致하도록 構成後 線路中央에서 육지쪽으로 垂直하게

센서를 配置토록 設計하였다.

전기적 공기절연거리는 상간 16m, 상대지간 4.33 m 이상 유지토록 설계했으며, 전선 최저 지상고는 지표면 전계강도 6kV/m 이하가 되도록 20m로 하였다.

나) 변전설비 構成

- 수전설비 : 인근 배전선로 3φ 22.9kV D/L로 수전
- 시험용변압기 : 정격은 1φ 23kV/765/√3 kV, 3MVA로써 시험전압 765kV, 800kV에서 연속 사용 가능하며 최대 850V까지 연속사용 가능하며 BIL1, 425kV로 설계하고 소음레벨은 70dB 이하가 되도록 설계하여 시험에 장애가 되지 않도록 설계
- OLTC : 수전설비의 22.9kV의 전압을 수전하여 2차측 시험전압 765kV를 일정하게 유지토록 23kV/0-25kV범위의 탭을 설치

<표-2.1> 시험선로의 기본사양

항 목	사 양
정 격 전 압	AC 765kV
공장/경간수	0.7km/3경간
장 주	3상 2회선 수직 역상 배열
철탑형/기수	내장형/중간 2기 인류형/양단 2기 * 1, 2호기 : 강관철탑 3, 4호기 : 산형강철탑
도 체 방 식	ACSR AW 483mm ² ×6
가 공 지 선	ACSR AW 120mm ² ×1(2조)
애 자 장 치	2련 내장장치(400kN)×29개/련 1련 현수장치(300kN)×33개/련
최대철탑높이	79m

- shunt Reactor : 선로가압시 선로 충전용량(약 980kVA/상)을 보상해 주도록 1차측(22.9kV 측)에 1φ 23kV 2MVA 3대를 설치
- Earthing Switch : 낙뢰로부터 기기 보호를 위하여 낙뢰감시 시스템을 이용 낙뢰근접시 선로를 주접지망에 접지시키도록 구성하였다.

다) 계측시스템 구성

- 코로나 소음(Random Noise) : 측정용 마이크로폰을 시험선로 중앙 최외상 선로직하(12m)와 여기서 부터 15m, 60m, 178m씩 수직방향으로 설치측정
- 코로나 험 : 120Hz filter를 가진 마이크로 폰으로 선로 센터로부터 -20, 20, 30, 40m지점에 설치측정
- 라디오 잡음 : 루프안테나를 선로중앙에 수직방향으로 15m, 30m, 200m 지점에 설치측정
- TV 잡음 : Biconical Antena를 선로중앙으로부터 수직방향으로 52m, 92m, 200m지점에 설치측정
- 풍소음 : 2호 철탑앞과 경간중앙에 마이크로폰 1개씩 설치 측정
- 기상정보 : 온도, 습도, 기압, 풍향, 풍속, 강우, 강도, 일사량, 감우, 운고, 뇌, 전계강도등 11개 항목측정
- DAS : 상기 측정치를 3분마다 동시에 측정 Magnetic Tape에 저장 보관후 통계분석에 활용

4) 실증시험 측정 중간 결과

실증시험장을 건설후 4개월의 시운전을 거친후 약 9개월간('93. 8~'94. 5)의 측정 결과로는 측정기간이 충분치 않았고, 오손 코로나와 방전개소등이 상존하는 조건이지만 주 관심사인 가청소음이 설계 목표치(50dBA)를 만족하는 경향을 나타내었으며 주요결과를 요약하면 다음과 같다.

- a) 최외상 직하에서 15m이격된(R.O.W)지점에서 가청소음 측정치는 48.7[dBA]로 설계목표치 50[dBA]를 만족하였지만 장기측정시 오손코로나와 파도소음 영향 그리고 #4 Tower 방전개소 shield Ring 부착에 따른 Gap Discharge요소의 제거로 더 안정된 수치를 얻을 것으로 예측된다.
- b) 라디오 잡음은 최외상 직하에서 15m 이격된(R.O.W)지점에서 Fair weather시 57.5[dBμV/m], 텔레비전 잡음은 최외상 직하에서 40m이격된 지점(선로환경평가 기준지점)에서 14.5[dBμV/m]로 측정되었지만 코로나 모의 시험치나 BPA 예측 계산치보다 상대적으로 매우 높았다.

이 원인으로는 오손 코로나와 #4 Tower 방전요소에 기인되는 것으로 추정된다. 상기 미비점을 보완 후 1년이상 측정으로 충분한 데이터를 얻은 후 통계 분석으로 정확한 실증 및 예측 계산결과를 추후 다시 제시하고자 한다.

나. 765kV 系統絶縁 設計

송전선의 설계는 절연설계, 하중설계, 전선설계, 지지물설계로 대별될 수 있으며 그 중에서 절연설계에서 고려하여야 할 사항은 단시간 과전압에 대한 설계, 개폐썬지에 대한 설계, 뇌썬지에 대한 설계로 나누어진다.

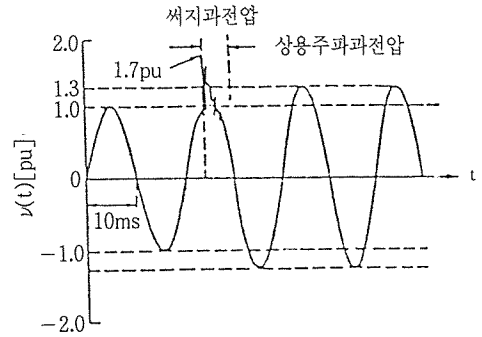
EHV급 이하에서는 뇌썬지가 절연설계를 지배하지만, EHV급 이상 특히 765kV와 같은 UHV계통에서는 개폐썬지가 상대적으로 커져서 지지물의 크기를 정하는데 지배적이므로 저항투입방식의 채용, 산화아연피뢰기의 사용등에 의해 개폐과전압을 가능한 낮게하여 기기간, 뇌과전압등과의 절연협조를 유지할 필요가 있다.

1) 단시간과전압에 대한 설계

단시간과전압에 대한 설계는 오손등급을 고려하여 애자의 연면거리를 정하는 것이며 단시간과전압이란 상용주파영역에서 지속시간이 긴 과전압의 총칭으로 상용주파 일시과전압(Power Frequency Temporary Overvoltage)이라고도 하며 주로 전력계통의 고장에 의해서 발생한다. 전력계통의 과전압은 대부분 일선지락고장(single line-to-ground fault)으로 지락사고 발생순간 전전상에 과도적인 썬지가 발생하나 급속히 감쇠하여 상용주파의 수 사이클 이내에 소멸된다. 그후 정상적인 상용주파수의 과전압이 발생하여 고장이 제거되기까지 지속된다. 이 일시과전압은 그 크기는 작지만 썬지와 과전압에 비해 오랜 시간 지속되어 상용주파에 대한 절연설계의 중요한 요소가 된다.(그림-3.1 참조)

과전압의 크기는 일반적으로 그 절대치[kV]로 표시하지 않고 정격전압에 대한 비(pu : per unit)로 나타내며 1선지락시 일시과전압의 배수는 유효접지계에서 일반적으로 1.4[[pu]이하, 비접지계에서는 2[pu] 이하이다. EMTP해석에 의한 765kV 예상계통의 상용주파 일시과전압배수는 1.2[pu] 이하로 검토 되었으며, 일본의 500kV 계통에서는 1.3[pu]이

하, 1,000kV 설계시에는 1.2[pu]를 적용하였다.



<그림-3.1> 1선지락시의 과전압파형

EMTP의 해석시는 고상상(故障相)의 영향, 선로 충전용량 보상도의 영향, 345kV 등가계통의 영향, 발전기 운전 용량의 영향, 선로 운전 회선수의 영향, 고장 임피던스의 영향, 변압기 중성점 접지저항의 영향등에 대하여 검토하였다.

- 내오손설계(耐汚損設計)

송전선로의 애자갯수는 기계적 설계에 의해 애자의 종류가 정해진 후 상정한 오손조건에서의 소요애자의 내전압특성과 일시과전압(일선지락시 건전상의 전위상승)에 의해 정해진다. 즉, 절연설계내전압을 해당 오손등급에서의 소요애자 1개당의 내압치로 나누면 된다. 765kV 계통에서 상용주파에 대한 절연설계내전압 V는

$$V = 765 * 1.05 / \sqrt{3} * 1.2 = 555 [kV] \dots\dots(1)$$

이 되며 청정지역에서의 애자 1개당 내압치가 19.5 [kV/개]이면 현수애자런당 29개의 애자가 필요하게 된다. 오손구분 0.06mg/cm² 지역에서는 동일한 애자가 44개 필요하게 되나 내부애자를 사용하면 34개 소요되어 애자런길이를 줄일 수 있다.

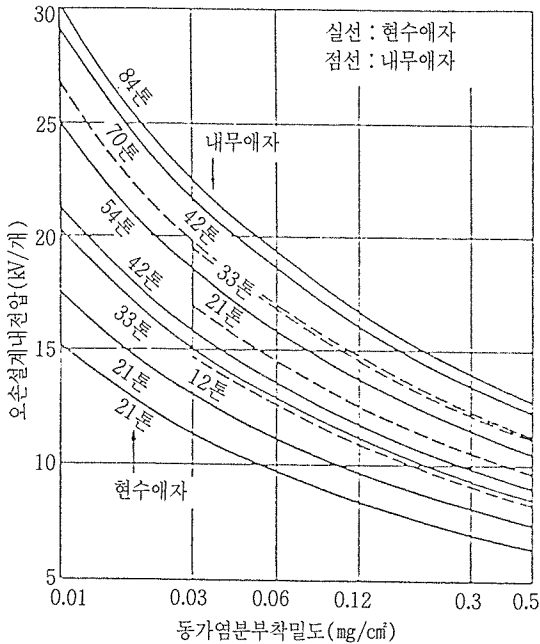
인공오손시험과 자연폭로시험에서 애자 1개당 내전압과 염분부착밀도와의 관계를 나타낸 것을 설계 기준곡선이라 한다.(그림-3.2 참조)

애자의 오손설계를 위하여는 애자가 설치될 지점

의 오손지역구분에 따른 상정염분부착밀도(想定鹽分附着密度)에 대한 내전압특성을 사용하게 되는데 동일지역에 설치되는 애자의 경우에도 애자의 종류에 따라 오손정도(염분부착밀도)가 달라진다. 250mm 표준애자에 대한 부착밀도를 1.0으로 보았을 때 애자가 커질수록 부착율이 0.7~0.8배로 떨어진다.

2) 耐開閉 Surge 設計

송전선의 개폐장치에 대한 설계에서는 먼저 계통에 발생하는 개폐장치의 크기나 파형을 해석, 예측하여 그것에 견딜 수 있도록 기상조건이나 표고를 고려하고 공기절연의 섬락특성에 의거하여 소요공기절연거리(Strike Distance : 전선 또는 요크로부터

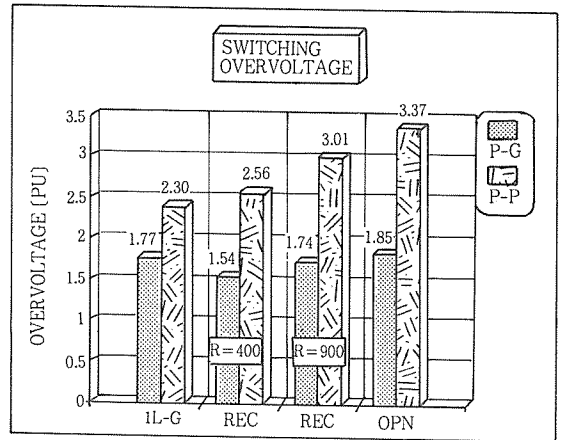


〈그림-3.2〉 각종 현수애자의 설계내전압곡선

철탑주재 또는 crossarm까지의 거리)와 애자길이를 정한다.

계통에서 발생하는 개폐장치의 종류로는 선로지락 고장시 나타나는 지락씨지(fault initiation), 선로의 투입 및 재투입시에 나타나는 재투입씨지(energization & reclosing), 지락고장을 차단시에 나타나는

고장차단씨지(fault clearing)등이 있는데 이중에서 가장 높은 과전압이 개폐장치에 대한 절연설계를 지배하게 된다. 이러한 개폐과전압을 해석하는 수단으로는 아나로그 시뮬레이터인 TNA와 디지털해석 프로그램인 EMTP가 널리 이용되고 있다. 765kV 모델계통에 대한 해석결과는 차단씨지가 가장 높게 나타났는데 이는 선로의 공장이 짧아 재투입과전압이 상대적으로 낮기 때문이며, 그 크기는 1선지락고장을 3상차단시에 병행선로에 1.9[pu]이하의 최대과전압이 나타났다.(그림-3.3 참조)



〈그림-3.3〉 발생원인별 최대 개폐과전압

가) 지락씨지

송전선로에 지락고장이 발생하면, 계전기가 이를 감지하고 차단기에 의해 고장구간이 자동적으로 계통으로부터 분리된다. 이때 고장구간이 분리되기 전에 발생하는 고장초기부분의 과도현상을 지락과전압이라 하며 인위적인 억제가 불가능하다. 765kV 모델 계통에 대하여 EMTP를 이용 지락위치 및 지락상의 영향, 지락시 지락위상의 영향, 지락저항값의 영향등을 검토한 결과 최대 1.77[pu] 이하로 나타났다.

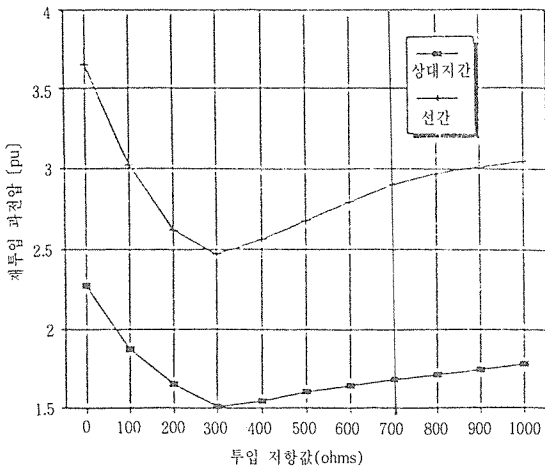
나) 투입 및 재투입씨지

차단기의 투입 또는 재투입시에 발생하는 과전압은 개폐과전압중 가장 높은 값을 가지므로 저항부차단기, 고성능 피뢰기 및 분로리액터등에 의해 발생과전압을 최대한 억제하는 방법이 사용되고 있다.

차단기의 재투입시에는 선로에 갇혀있던 충전전하에 의해 일반적으로 투입시에 비해 더 높은 과전압이 발생하게 된다.

저항투입방식은 가장 효과적으로 과전압을 억제할 수 있는 방법으로서 765kV 모델 계통에 대한 검토에서 저항투입은 1단투입을 대상으로 저항접점과 주접점간의 투입시간차는 6~14mS대해 검토하였으며 주접점의 투입시점분포를 목표시점에서 1mS의 표준편차의 정규분포를 갖도록하였다.

해석결과 투입저항의 최적치는 300[Ω], 투입시간차는 12~14mS에서 최적으로 나타났으며 900[Ω] 이하의 투입저항을 사용하면 상대지간의 과전압을 1.8[pu] 이하로 억제할 수 있음을 확인 하였다.(그림-3.4 참조)



〈그림-3.4〉 투입저항값에 따른 최대 재투입과전압

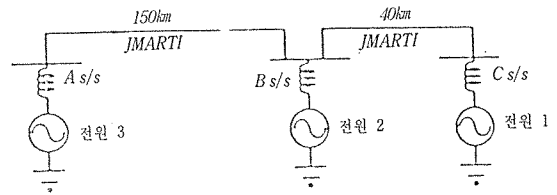
다) 차단써지

송전선로에 지락고장이 발생하여, 계전기가 이를 감지하고 차단기에 의해 고장구간이 자동으로 계통으로부터 분리되는데, 고장전류를 차단할 때 발생하는 과전압은 345kV 이하의 계통에서는 재투입써지에 비해 그 크기가 상대적으로 작기 때문에 고려하지 않아도 되나, 765kV 이상의 계통에서는 투입저항, 차단저항, 피뢰기등 과전압 억제기기의 적극적인 도입으로 재투입써지에 의한 과전압 목표치를 낮게

두기 때문에 차단써지가 개폐써지에 대한 절연을 지배할 수 있다.

차단써지의 해석은 지락상(地絡相), 지락위치, 지락종류, 선로충전용량의 보상도, 발전기의 운전용량의 영향등에 대하여 EMTP의 주파수이론 송전선모델인 SEMLYEN모델과 JMARTI모델을 이용하여 검토 하였다.(그림-3.5 참조)

해석결과는 B변전소 송전선 인출점에서의 1선지락고장을 3상 차단시에 병행선로의 중앙점 부근에 최대 1.9[pu] 이하의 과전압이 발생하였다. 765kV 모델 계통에서는 개폐써지중 차단써지가 가장 높게 나타났으며 차단써지는 차단저항의 사용에 의해 억제될 수는 있으나 지락써지가 1.77[pu]로 차단써지와와의 차이가 적어 그 억제폭이 적으므로 차단저항의 채용은 고려하지 않았다.

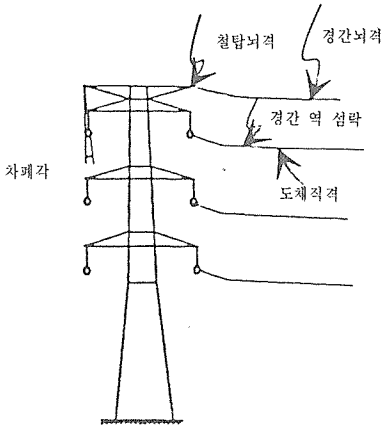


〈그림-3.5〉 차단써지 해석용 모델계통

3) 耐雷 設計

낙뢰에 의한 송전선의 고장을 완전하게 막는 것은 곤란하므로 내뢰설계에서는 송전선이 통과하는 지역의 뇌격빈도와 뇌격전류의 분포를 상정하여 뇌사고율을 계산하고 그 값이 허용수준 이하로 되도록 절연의 크기를 정하는 외에 가공지선의 수, 위치 및 탑 각접지 저항을 정하는 것이다.

통상 송전선은 가공지선에 의해 차폐되어 도체에 의 직격뢰를 방지토록 하고 있으며 뇌차폐에 대해서는 여러가지 이론이 제안되어 왔지만 현재는 뇌격의 리더가 가공지선, 전력선중 어느 것에 방전하는가를 뇌격전류의 크기와 관련시켜서 차폐범위를 구하는 A-W이론(Armstrong과 Whitehead에 의해 제안됨)이 주류가 되어 있다.



(그림-3.6) 가공지선의 차폐효과

가공지선의 차폐효과를 나타내는 지표로서 차폐각 α (그림-3.6 참조)가 쓰이는데 765kV 송전선은 가공지선을 2조로 하고 차폐각을 -5° 로 검토하였다. 일본의 경우는 동계되지역 및 낙뢰가 심한 지역에 가공지선을 3조화 하는 방안이 검토되고 있다.

뇌사고율을 예측계산하는 대표적인 방법에는 Hileman의 방법과 일본에서 UHV 연구시 개발된 CRIEPI의 방법이 제안되어 있는데, CRIEPI의 방법이 가공지선과 상도체의 상대적 위치를 기본으로 하여 뇌격의 침입각분포와 대지경사도 고려하여 계산할 수 있으므로 이를 자체적으로 프로그램화하여 765kV 송전선의 뇌사고율을 예측 계산 하였다.

- 차폐실패율의 계산

가) 차폐실패사고율의 계산식

Electro Geometric Model(이하 EGM)에 根據를 두면 對象으로 하고있는 相導體의 遮蔽失敗事故件數 n 회/100km年(以下이 單位로 표시한 事故件數를 줄여서 事故率이라고 表記한다)은 다음式으로 計算될 수 있다.

$$n = 4N \int_{I_{amin}}^{I_{amax}} P(I_o) R_{ss} \int_{\theta_2}^{\theta_1} \int_{\alpha_2}^{\alpha_1} \frac{\sin(\theta - \alpha)}{\cos \alpha} \cdot g(\alpha) \cdot d\alpha \cdot d\theta \cdot dI_o \dots\dots\dots(4.1.3)$$

단,

N : 大地雷擊密度(回/km² · 年)

$P(I_o)$: 雷擊電流의 確率密度函數

(%값에 대응하여, $\int_0^\infty P(I_o)dI_o=100\%$)

r^{ss} : 對象으로 하는 相導體의 雷擊距離[m]

α : 雷(Leader)侵入角(鉛直線과 侵入雷 Leader가 이루는 角)

$g(\alpha)$: 雷侵入角確率分布函數

θ : 對象으로하고 있는 相導體의 中心으로부터 露出角(exposure arc)上的 任意의 점에 그은 直線이 水平線과 이루는 角度.

I_o : 雷擊電流(kA)

$I_{o,min}$: 이 電流以下에서는 對象導體에 直擊이 있어도 閃絡을 일으키지 않는 雷擊電流=臨界雷擊電流[kA]

$I_{o,max}$: 完全遮蔽가되는 限界雷擊電流[kA]

나) 遮蔽失敗事故率計算條件

上記(4.1.3)式을 計算하는 경우, 必要한 $N, P(I_o), I_{o,min}, I_{o,max}, g(\alpha)$ 및 r_{ss} 을 다음과 같이 결정한다.

(1) N : 대지낙뢰밀도[건/km]

N 은 IKL의 1/10程度로 考慮하여 $N=2$ 회/km/年으로 했다. 이것은 우리나라의 뇌격뇌우일수(IKL : Isokeraunic Level)20에 相當한다.

(2) $P(I_o)$ [100%]

雷擊電流의 分布로써 다음의 關係式을 使用한다.

$$P(I_o) = 4.75 \cdot e^{-1 \cdot I_o/20} + 0.1 \cdot e^{0 \cdot I_o/50} \dots\dots(4.1.4)$$

(3) r_{ss} : 뇌격흡인거리[m]

$r_{ss}=6.72 \cdot I_o^{0.8}$ 의 식으로 計算하고 있으나 제안자에 따라 여러가지 식으로 표현되나 그 차이는 그리 크지 않다.

(4) $I_{o,min}$

$$I_{o,min} = \frac{2\sqrt{50}}{Z} (kV) \dots\dots\dots(4.1.5)$$

$$\sqrt{50} = 605 \times d$$

여기서 $\sqrt{50}$ 은 負雷임펄스(impulse)에 대한 50% 閃絡(flash over) 電極(kV) d : 아킹온 간격[m]이다. 이 식도 제안자에 따라 여러가지로 표현되고 있다. 우리의 경우 4.4 : 내장형, 4.75 : 현수형

을 제안하고 있다. Z : 對象相導體의 써지 임피던스 (surge impedance) [Ω]

(5) $g(\alpha)$: 낙뢰침입각확율분포함수

침입하는 뇌의 분포를 각도에 따라 어떻게 분포되는가를 나타내고 있으며 m 값이 클수록 수직으로 침입하는 낙뢰가 많음을 표시한다.

$$g(\alpha) = \begin{cases} 0 & (-\pi \leq \alpha \leq -\pi/2) \\ k_m \cdot \cos^m \alpha & (-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2) \\ 0 & (\pi/2 \leq \alpha \leq \pi) \end{cases} \dots (4.1.6)$$

여기서 $k_m = \frac{1}{\int_{-\pi/2}^{\pi/2} \cos^m \alpha \cdot d\alpha}$ $m=3$ 으로 했다.

(6) $I_{0, max}$ 의 계산

완전차폐가 되는 한계전류값으로 EGM법으로 구할 수 있고 여기서는 Program에 의해 철탍좌표를 입력하면 자동으로 구할 수 있다.

4) 예측계산결과

송전선에 역섬락을 발생시키는 뇌격전류의 크기는 EMTTP를 이용하여 현수형 모델철탍을 기준으로 철탍을 4단분할 모의하고, 송전선을 8상으로 모의하였으며, 아킹흔 $V-t$ 특성을 TACS로 모의하여 구하였다. 이 뇌격전류가 발생하는 누적빈도곡선을 뇌사 고율 예측프로그램에 적용하여 대지경사각별, 탐각 접지저항별 뇌사고율을 예측 계산하였으며, 이상의 765kV 송전계통의 절연설계에 대하여 정리하면,

- 애자의 내오손설계는 상용주파 일시과전압배수 1.2[pu]를 적용하여 설계하면 청정지역에서 현수형철탍에는 300kN애자 29개(개폐써지설계에 의해 도체-상단암간은 30개 필요함)가 소요되며 청정지역 이외의 지역에서는 오손설계가 지배적으로 된다.
- 재투입과전압은 900[Ω]이하의 투입저항과 파괴기의 채용에 의해 1.8[pu] 이하로 억제되며
- 개폐써지중 차단과전압이 가장 높아서 1선지락 고장을 3상차단시 1.9[pu]가 되며 도체-탐체간의 최소절연거리는 4810mm가 된다.

분리리액터는 개폐과전압의 억제 목적으로는 중요하지 않은 것으로 검토되었으나 환경장해 대책 설계 측면에서 전압을 공칭전압으로 유지하여야 하므로

계통구성의 초기단계와 경부하시에는 분리리액터가 필요하며 나아가서 765kV 계통의 부하가 증가하게 되면 콘덴서의 투입이 필요하게 되므로 정지형 무효전력보상기(SVC : Static Var Compensator)의 적용 등에 대한 검토도 필요할 것으로 본다.

계통보호방식과 관련하여 검토중인 고속도접지스위치(HSGS : High Speed Ground Switch), 다상재폐로방식 등의 적용여부가 결정되면 개폐써지에 대한 추가 검토가 필요하나 이러한 방식의 채용은 일반적으로 과전압을 저하시킬 것으로 예상된다.

내뢰설계는 가공지선을 2조로 하고 차폐각을 -5° 로 설계할 경우 대지경사각 30° , 탐각접지저항이 15[Ω]일때 0.35(회/100km. 년/2회선)이 된다. 내뢰설계에 대해서는 많은 가정조건이 들어 있으므로 설계시에 고려되는 제반요소 즉 뇌격전류의 크기, 파형, 극성, 빈도 등 우리나라 고유의 통계조사가 필요하며 철탍설계에 영향을 주는 착빙설에 대한 후속 연구도 추가로 수행 되어야 하겠다.

다. 空氣絶緣距離 研究

上記 765kV 계통절연설계로 정한 송전선로의 철탍에서 相間, 相-大地間의 空氣중에서 전기적인 절연거리를 실제 단시간과전압, 개폐써지, 뇌써지를 인가하여 이론적인 계산치가 맞는지를 시험적으로 확인하여야 한다.

765kV 송전계통은 무보수 개념으로 완벽하게 설계하여야 하기 때문에 설계단계에서 기술적으로 미비점이 없도록 구성하여야 하므로, 한전연구원에서는 상기의 이론적계산에 의한 공기절연거리의 확인을 위해 고창 765kV 시험장내의 시험선로에 공기절연거리 시험장을 건설중에 있다.

95년 5월에 준공될 이설비의 개요와 시험내용을 소개하면 다음과 같다.

1) 연구목적

765kV 수직배열 2회선 송전선로 공기절연 설계용 섬락 자료 취득

2) 시험종류

- 개폐과전압에 관한 섬락전압 자료 취득
 - 과두장 영향
 - 극성영향
 - 갭의 형상계수 체계화
 - 기상조건 영향 등

- 내충격 전압에 대한 섬락전압자료 취득
 - 극성의 영향
 - 갭형상 영향
 - 섬락전압 대 섬락시간 특성곡선 파악

3) 추가 용도

- 특수설계 참고시험
- 애자런 및 금구류 국산화 개발시험
- 변전소 내부 공기절연 설계
- 직류송전선 공기절연 설계

4) 공기절연거리 시험설비

- 가) Impulse Generator : 1ea
- Maximum Charge Voltage : 4MV
- Maximum Energy : 400KJ
- Minimum Interval between pulses : 60 sec
- Waive forms : IEC & ANSI standard
- Maximum output impulse voltage
 - Lighting Impulse(1.2/50us) : 3,700 kV on test object 1.8nF
 - Switching Impulse : 2,500kV on test object 7.0nF
- Power supply
 - Voltage : 1 Phase 220V or 3 Phase 380V
 - Frequency : 60Hz
- 나) Control & Measuring room : 1동
- 다) 피시물 철탑 : 3基

라. 765kV 超高壓 保護繼電方式 研究

1) 연구목적

- 765kV 계통 및 설비특성 분석
- 765kV 계통보호방식 선정
- 보호계전시스템의 신뢰도 향상 대책검토
- 계통보호 관련설비의 검토 및 적용방안 제시

2) 연구개발내용 및 범위

- 계통특성 파악
 - 고장전류 계산(3상단락, 1선지락)
 - 고속차단시 과도안정도 검토
 - 후비보호 차단시 과도안정도 검토
 - 단상재폐로시(결상) 역상전류 검토
- 설비특성 파악
 - 765kV 선로전압 인가시 추진전류 및 High

Frequency Ringing 검토

- 변압기의 Inrush Current 및 Over Excitation Current 검토
- 계통사고시의 CT포화 특성 검토
- 계통사고시 저차고조파 진동전류 검토
- 변압기 보호의 감도문제 검토
- 계통의 비선형 소자와 고조파 검토
- 송수전단의 전류차와 1.5CB모선의 유출전류 검토
- 재폐로 방식에서의 문제 검토

- 보호계전방식의 선정

- 계전기에 요구되는 성능검토(동작감도, 속도, 신뢰도)
- 각 보호방식의 성능비교(동작속도, 검출감도, 다상재폐로 가능성, 전송회선수와 신뢰도, 운전실적, 세계적 발전추이, 경제성 등)
- 보호방식 선정
- 보호장치의 기본사양(안)제시

- 신호전송방식 검토

- 각 신호방식의 성능비교
- 신호전송계에 대한 요구성능제시 및 방식결정(신호형태, 신호단위, 소요대역, 전송시간, 지연, Relay와의 Interface, 전송속도, 동기방식 등)

- 재폐로방식 선정

- 단상, 3상 다상재폐로방식 비교
- 재폐로방식 선정

- 보호계전시스템 신뢰도 향상 대책

- 2계열화 검토
 - 자동점검방식 검토
- 사고파급 보호설비
- 765kV 송전선의 루트단절 사고시의 문제점 검토
 - 사고파급 보호설비 검토
- 보호관련설비의 검토 및 적용방안 제시

- CT, CVT 검토
- CB 검토

3) 연구결과

- 765kV 계통격상안(2,006년)에 대한 계통해석 및 설비특성 해석결과는 아래와 같다.

계통단락전류 : 약 50KA 미만임

안정도상허용되는 고장제거시간: 약 9cycles 이내임.

주보호계전장치 동작시간: 2cycles 이내 이어야함.

선로정수: $Z_1=0.011+0.3136(\Omega/\text{km})$,

$Y_1=5,2496(\mu\text{mhos}/\text{km})$

$Z_{10}=0.1308+0.8468(\Omega/\text{km})$,

$Z_{0m}=0.1192+0.4529(\Omega/\text{km})$

선로충전전류: 2.35(A/km), 선로충전용량: 3.40 (MVA/km) 정도로 매우 큰 편임.

선로 비연가시에 선로임피던스 불평형은 최대 9% 이내이며 부하전류중 역상분, 영상분 전류는 전부하 전류의 4% 이내임. 또 단상재폐로로 1상 결상시의 역상분 전류는 인근 발전기 정격 전류의 약 2% 이내임을 알 수 있었으며 어느 경우이나 보호상 큰 문제가 되지 않음을 알 수 있음.

- 765kV 계통특성에 따른 보호상 문제점은 크게 나누면 아래와 같다.

가) 선로 충전용량 증가에 따라 고장전류중의 고조파분 전류가 저차화하여 거리계전기 동작의 불안정을 가져오므로 새로운 알고리즘(예컨대 수정미분근사법)을 사용하는 거리계전기를 적용 할 것이 필요함. 변압기보호에서는 돌입전류와 고장시의 저차고조파 전류(제2고조파까지 저차화할 경우)를 구분하기가 어려우므로 별도의 대책이 필요할 것으로 보임.

나) 765kV 계통의 고장시 직류분 시정수는 약 1.8~2.0sec 정도로 길어지므로 이에 의한 CT의 포화로 계전장치 오동작 가능성을 배제할 수 없다. 따라서 선로보호, 변압기보호 및 분로리액터 보호용 CT는 과도특성부로 할 필요가 있음.

다) 765kV 송전선은 2회철탑이 될 것인데 2회선 사고로 루트 분단이되면, 전계통사고로 확대 될 가능성이 있으므로 고속도 다상재폐로방식의 적용이 불가피하다. 송전선에 불평형고장이 생겨서 고장상을 차단하더라도 인접 건전상으로부터의 정전유도전류, 즉 2차 아크전류가 계속 흘러서 소로가 지연되어 고속도재폐로가 불가능할 경우가 생길 수 있다. 이 경우에 재폐로 시간을 줄이기 위한 방법이 고려되어야 하는데 고속도 접지스위치 등의 적용이 필요할 것으로 보임.

라) 기타 내부사고시의 유출전류에 의한 보호계전

기의 부정동작 가능성, 아크저항에 의한 거리계전기의 측정오차 증가 및 변압기 보호나 증부하선로에서의 계전기의 동작감도 저하 등이 보호상 문제점이 될 수 있음.

- 보호계전장치에 대한 기본 요구성능은 속도, 검출감도, 선택성 및 신뢰도이며 이를 바탕으로 하여 765kV 설비보호방식을 아래와 같이 선정하였고, 또 기본기술사양을 제시하였다.

가) 선로보호방식:

주보호는 PCM 전류차동방식으로 함.

후비보호는 3단시한 거리계전방식으로 함.

고속도 다상재폐로 방식을 적용함.

나) 변압기보호방식:

주보호는 주변압기에 차동보호방식, 조정 변압기에 전류비교방식 적용.

후비보호는 3단시한 거리계전방식(1,2차)과 과전류계전방식(3차)으로 함.

다) 모선보호방식:

주보호는 전압차동방식으로 함.

후비보호는 없음.

라) 리액터보호방식:

주보호는 전류차동방식으로 함.

후비보호는 과전류계전방식으로 함.

위의 모든 보호장치는 디지털형으로서, 2계열화하며 자동감시장치가 있는 것으로 함.

- 송전선 주보호의 Pilot Relaying Scheme에 쓰일 신호전송방식으로는 마이크로파 전송방식과 광화이버 전송방식이 적합한데, 전력회사 전용 마이크로파 전송설비가 없으므로 광화이버 전송설비 특히 송전선 가공지선을 이용한 OP-GW 회선을 적용하는 것이 바람직하다.

- 계통보호 관련설비인 CT, VT 및 CB에 대하여 보호상 요구되는 성능을 제시하였으며 앞으로 이들 설비의 사양 작성시에는 제시된 요구 성능을 반영해야 할 것으로 생각된다.

- 기타사항: 본 연구수행시에 계통설비, 즉 변압기 용량, 모선방식, 리액터 용량이나 설치 위치 등에 대한 기본방식이나 사양이 확정되지 않아서, 여러가지 가정하에 보호방식을 검토하였는데 실제 계통사양이 확정되면 그에 적합하게 보호방식도 수정되어야 할 것으로 생각된다. 그러나 본 연구수행결과는 계통구성이나

설비사양 작성시에 참고가 될 것이며 보호방식 확정

에도 크게 참고가 될 것으로 생각한다.

〈표-1〉 오손설계에 의한 애자갯수예

오 손 구 분		소 요 애 자 갯 수					
		0.01 mg/cm ²	0.03 mg/cm ²	0.0625 mg/cm ²	0.125 mg/cm ²	0.25 mg/cm ²	0.5 mg/cm ²
일반 애자	300kN 195(mm)	29 (19.5)	37 (15.0)	44 (12.9)	51 (11.2)	58 (9.6)	66 (8.5)
	400kN 205(mm)	28 (20.5)	36 (15.8)	41 (13.6)	48 (11.8)	55 (10.1)	63 (9.0)
	530kN 240(mm)	24 (24.0)	30 (18.5)	35 (15.9)	41 (13.8)	48 (11.8)	53 (10.3)
내무 애자	300kN 195(mm)	—	29 (19.5)	34 (16.8)	39 (14.6)	45 (12.5)	50 (11.1)
	400kN 205(mm)	—	29 (19.8)	33 (17.0)	38 (14.7)	45 (12.6)	50 (11.2)
설 계 조 건		계통 최고전압 : 800[kV](선간) 일선지락 일시과전압 배수 : 1.2[p.u] 필요내전압(설계내전압) : 555[kV] = 1.2 × 800 / √3					

주) ()는 애자 1개당 설계내전압임.

마. 송전선 시공설계 연구

가) 연구목표

- 지형, 지질, 시공조건 등을 고려한 최적기초 종류 및 기법 개발
- 대형 강관철탑 시공 및 다도체 가선폰 개발
- 기초설계 및 송전선 시공기준, 품셈자료 도출

나) 연구내용

- 765kV 선로경과지인 영월 과 당진지역의 2곳을 선정하여 모의 기초시공후 하중 현장 시험 실시
 - 당진 : 삼형기초 시험 실시
 - 영월 : Rock Anchor 기초시험 실시

다) 기대효과

- 765kV용 대형강관 철탑과 다도체 가선에 따른 새로운 기초 방법 및 시공기법 그리고 새로운 개발장비 적용으로 무보수의 완벽하고 경제적인 송전선로의 건설기반 마련될것으로 본다.

Ⅲ. 765kV 機器 國產化 開發

765kV 格上事業에 所要되는 器機의 國產化를 위하여 韓電研究院에서는 業體, 學界, 國內外 研究所와 共同으로 765kV 機器 開發을 始作하여 765kV 送變電用 鋼管鐵塔 開發은 완료하여 現在 이를 土臺로 765kV 格上計劃에 活用하고 있으며 생산기술 開發 과제로 765kV 送變電 金具類 開發外 5課題가 修行 中에 있다. 또한 95년도 신규과제로 “특수지역 765kV 금구류개발 연구”외에 3가지 과제가 추진중에 있다. 이외에도 중소기업 협력과제 등으로 추진중이 거나 준비중인 과제를 소개하면 다음과 같다.

1. 各 課題別 研究 內容

가. 765kV급 송변전용 철탑설계 및 제조기술 개발

- 최종목표 : 경제적이고 안전한 765kV용 송변전 철탑설계 및 제조기술 국산화 개발
- 연구기간 : 1991.12.13~1993.12.12(24개월)

- 총연구비 : 1,188,643천원 (한전출연 : 661,030천원, 기업부담 : 527,613천원)
- 연구참여기관 : 현대중공업, 효성중공업, 현대엔지니어링
- 현재까지의 추진현황
 - 765kV용 강관철탐 개발완료
 - 설계, 제조, 시험에 대한 국산화 기술확립 및 수출기반 확보
- 주요 연구개발 항목
 - 765kV 송전용 철탐의 기본 및 생산설계의 기술개발
 - 765kV 송전용 철탐의 제조기술인 용접시공 강관구조물의 용융아연도금 방법 개발
 - 용접용 JIG 개발
 - 765kV 송전용 철탐의 하중시험 및 파괴시험 실시로 신뢰성 검증

나. 765kV급 전력용변압기 설계제조기술개발

- 최종목표 : 1상, 765/3kV, 500MVA 변압기 개발
- 연구기간 : 1991.12.18~1994.12.17(36개월)
- 총연구비 : 19억4천만원 (한전출연 : 1,040,760천원, 기업부담 : 894,983천원)
- 연구참여기관 : 효성중공업(주), 현대중전기(주)
- 현재까지의 추진현황
 - 절연 및 권선 기본설계
 - 설계검증, 제작도면 작성
 - 소요자재구매 및 제작공정 수립
- 주요 연구개발 항목
 - 내절연 기술개발
 - 고전압 전위분포에 따른 권선구조개발
 - 대용량 변압기 냉각구조 개발

다. 765kV 송변전용 금구류 설계 및 제조기술 개발

- 최종목표
 - 765kV 애자장치 금구류 및 철탐금구 개발
 - 765kV 가공지선 지지장치금구의 개발
 - 765kV 변전용 금구의 일부 개발
- 연구기간 : 1991.12.18~1994.12.17(36개월)
- 총연구비 : 655,000천원 (한전출연 : 446,000천원, 기업부담 : 209,000천원)

- 연구참여기관 : 한국전기연구소, 건화상사, 세명전기, 일진전기
- 현재까지의 추진현황
 - 시제품 개발 완료
 - 개발시제품 특성시험 및 제품사양 작성예정
- 주요 연구개발 항목
 - 내장애자장치용 15종, 1련 및 2련 현수애자장치용 18종의 금구류 설계 및 시제품 제작
 - 가공지선 지지장치용 금구류 설계 및 시제품 제작
 - 변전금구의 일부에 대한 특성 검토 및 설계 제작
 - 각 시제품의 기계적, 전기적 특성시험
 - 765kV 애자장치 금구의 제작사양 및 시험사양(안) 작성

라. 765kV급 GIS용 차단부 설계 및 제조기술개발

- 최종목표 : 800kV, 40kA, 4,000A 2점절 GIS용 차단부의 개발
- 연구기간 : 1991.12.12~1995.12.11(48개월)
- 총연구비 : 30억7천만원 (한전출연 : 18억4천, 기업부담 : 12억3천만원)
- 연구참여기관 : 한국전기연구소, 효성중공업(주), 현대중공업(주)
- 현재까지의 추진현황
 - 400kV 축소모델 차단기 설계 및 점점 특성 시험완료
 - 800kV, 40kA GIS용 실규모(2점절)모델 차단부의 설계 제작 및 시험예정
- 주요연구개발 항목
 - 열적 및 절연회복 특성시험 및 분석
 - 해석프로그램의 개발 및 적용
 - 모델 조작기, 차단부의 설계 및 제작
 - 종합특성 연구시험 및 분석 (일반, 고전압, 단락특성)

마. 765kV 송전용 전선 Spacer 설계 및 제조 기술개발

- 최종목표 : 765kV 가공선로 6도체 Spacer Dam-per의 개발
- 연구기간 : 1994.2.24~1996.8.23(30개월)
- 총연구비 : 9억1천만원 (한전출연 : 6억, 기업부담 : 3억천)

- 연구참여기관 : 한국전기연구소, 건화상사, 세명전기, 일진전기
- 현재까지의 추진현황 : 가시제품 설계
- 주요 연구개발 항목
 - 가공선의 진동시험장 설계 및 구축
 - 가공선의 진동해석기법 및 시험방법 정립
 - 765kV용 Spacer 설계 및 시제품 제작
 - 765kV 전선용 Spacer의 각종 특성시험 분석 및 실선로 적용 방안 제시

바. 765kV 송전용 Prefab-Jumper 장치 및 제조기술개발

- 최종목표 : 765kV 가공선로용 Prefab-Jumper장치 개발
- 연구기간 : 1994.2.24~1996.8.23(30개월)
- 총연구비 : 765,600천원 (한전출연 : 508,000천원, 기업부담 : 257,600천원)
- 연구참여기관 : 한국전기연구소, 건화상사, 세명전기, 일진전기
- 주요 연구개발 항목
 - Jumper 장치 진동시험장 설계 및 구축
 - Prefab-Jumper장치의 설계 program 개발
 - Jumper장치(조가식)설계 및 시제품 제작

사. 765kV Shunt Reactor 설계 및 제조기술개발

- 최종목표 : 765kV용 단상 50MVAR Shunt Reactor 개발
- 연구기간 : 1994.3.10~1997.3.9(36개월)
- 총연구비 : 1,592,087천원 (한전출연 : 750, 834천원, 기업부담 : 841,253천원)
- 연구수행기관 : 현대중공업(주), 정원산업전자, 동미기업(주), 효성중공업(주)
- 현재까지의 추진현황
 - 기본설계
 - 전자계 분포해석
 - 전기 및 기계구조 연구
- 주요 연구개발 항목
 - 전자계 해석을 통한 손실저감 설계

- 소음 저감제작 기술개발
- 차기차폐 기술개발로 국부과열 방지

本 765kV 生産技術開發課題는 765kV 器機 國產化를 위해 7개 課題에 11개 기업체와 연구소가 참여하여

- 765kV 器機의 設計技術
- 765kV 器機의 製造技術

研究를 重點으로 研究開發하고 있다.

상기외에도 765kV 건설용 중장비의 개발현황을 보면,

- 심형기초용 굴삭기
 - 백호우 부착용 Telescopic
 - 대형 오실레터
- Rocker Anchor 천공기
 - 크로울러 드릴
- 철탑조립용 크레인 및 JIB 크레인
- 철탑승주용 승강기 및 안전레일
- 철탑 승주 추락방지 안전장치
- 산악지 가설작업대
- 산악지 소운반 차량 등도 있다.

IV. 結 論

우리나라의 송전전압 격상사업은 우리나라 重電氣分野의 일대 跳躍의 機會이다. 비근한 예로 日本의 1000kV 격상사업은 일본의 중전기업체와 전력회사 그리고 연구기관간의 효율적인 역할분담과 협력으로 1000kV 사업의 全機器의 일본내의 國產化는 물론 輸出로 世界 중전기분야의 席卷을 企圖하고 있다. 따라서 우리나라도 전력회사는 물론 業體, 研究所, 學界 등의 긴밀한 相互協調로 技術開發 및 機器의 國產化를 추진하여야겠다. 중전기분야는 전자산업같이 첨단이 아니라고 소홀히 하면 현재의 우리의 기술로 가장 경제적인 투자분야를 후발 개발도상국들에게 그대로 넘겨주는 결과가 되고, 첨단기술의 개발도 기반의 약화로 효과가 반감되므로 관련분야의 협력으로 호기를 최대한 活用하여야 하겠다.