

수 있는 규모로 함에 따라 모선 중간에 Bus Section CB를 배치하여 필요시 분리운전 및 고장발생시 파급범위를 축소하시키도록 하였다.

2.2.3 機器 配置

765kV 변전소의 기기 배치 설계시에는 어떠한 경우에도 변전소 전체가 정전되거나 765kV Route단절이 발생하지 않도록 고려하였으며, 설비의 구성은 단순하고 가능한 한 축소화를 지향하면서 운전보수의 편리성과 안전성을 고려하여 배치하였다.

주변압기는 1,2차간 연결 및 수송, 소화설비 등을 고려하여 동일구획에 일률적으로 배치하였고 각 상별로 방화벽을 설치토록 하였다. GIS의 배치는 가능한 한 평면 배치를 하여 고장시 대처가 용이하도록 배려하였으며 GIB의 상간배치는 기중절연거리와 관계없이 최대한 밀집배치를 하여 각종 배관, 배선의 길이를 줄이고 Bay간 공간을 최대한 확보하여 유지보수가 용이토록 하였다. 또한 765kV CB 1대의 무게가 20여톤에 달함에 따라 유지보수용 중장비의 GIS 설비 내측출입이 가능하도록 배치하였다.

2.3 絶緣設計

절연설계의 기본방향은 外部異狀電壓의 침입에 대하여는 고성능의 피뢰기를 적절히 배치하여 보호하고, 계통에서 발생하는 内部異狀電壓에 대해서는 원칙적으로閃絡이 일어나지 않도록 하였다.

2.3.1 내부과전압 배수

절연설계 목표 내부 이상전압의 과전압 배수는 표 2.와 같다.

표 2. 절연설계 내부과전압 배수

구 분	과전압 배수	P.U 기준
상용주파 과전압	상도체	1.2
	중성점	0.3
개폐 과전압	대지간	1.8
	상간	3.5
		1 P.U = $\frac{800}{\sqrt{3}}$ kV
		1 P.U = $800 \times \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}}$ kV

2.3.2 기기의 정격 절연강도

기기의 정격 절연강도는 내부 이상전압 및 외부 이상전압에 대하여 적절한 여유도를 갖도록 표 3.과 같이 선정하였다.

표 3. 기기의 정격 절연강도(kVpeak)

구 분	뇌입펄스	개폐입펄스	일시과전압	적용규격
변압기	2,050	1,500	800	ANSI
GIS	2,250	1,425	830	IEC

2.3.3 피뢰기 보호특성 및 배치

765kV 변전소에서 피뢰기는 송전선로 인출입단, 분기모선과 T/L인출모선과의 연결점, 주모선 양단 및 변압기 전단에 각각 배치하도록 하였으며 정격전압 580kV급(576kV 또는 588kV), 공칭방전전류 20kA, 연속운전전압은 462kV, 방전등급 4등급으로서 급준파 제한전압은 1600kV 미만, 뇌입펄스 제한전압 1,500kV 미만, 개폐입펄스 제한전압 1,400kV 미만 및 방전에너지는 5MJ 이상으로 선정하였다.

2.3.4 절연간격 표준

Full GIS형으로 함에 따라 765kV 변전소에서는 절연간격 기준이 선로인출철구의 규격에 적용되고 이는 전체 스위치야드의 면적결정에 직접적으로 영향을 미친다.

표 4. 765kV 변전소 절연간격 표준

구 분	표 준	최 소
상간	11m	8.5m
상-대지간	7m	5m

2.4 주요 기기 정격선정

2.4.1 주변압기

765kV 주변압기는 Bank당 2,000MVA의 초대형으로 선정하였고 이에 따라 가장 큰 문제가 되는 수송을 고려하여 1상2분할형으로 하였다. 한편 초기 부하가 적은 경우에는 각 상별로 분할된 1개의 탱크만 운전함으로써 1,000MVA의 용량으로도 운전이 가능토록 하여 설비운영의 융통성을 확보 하였다.

표 5. 765kV 주변압기의 정격

구 분	정 격
종 류	단상 단권변압기(2분할)
정격전압	765/√3 kV / 345/√3 kV / 23 kV
정격용량	2,000/3 MVA
3차용량	60/3 MVA
Tap 범위	± 7 % (23 Tap)
% 임피던스	18 % (1-2차간)
냉각방식	송유풍냉식
소 음	85 dB

2.4.2 가스절연개폐장치

옥의 Full GIS형으로 건설되는 765kV 변전소에서 GIS의 고품질 확보가 무엇보다도 중요하며 차단시간 2Cycle의 2점절 차단기와 저항부 단로기 등의 고성능 개폐장치를 채택하였으며 그 주요정격은 표 6.과 같다.

표 6. 765kV 가스절연개폐장치의 정격

구 분	주요 정격사항	
정격 전압	800(kV)	
정격 전류	8,000(A)	
정격 차단전류	50(kA)	
정격 단시간전류	50 / 2(kA/sec)	
GIS 내장 주요 기기	CB	2점절, 2Cycle차단, 투입저항부
	DS	저항부
	HSGS	차단전류 8kA, TRV 700kV
	CT	2차전류 1A, 과도특성부
	PT	철공진방지장치부
	LA	580kV, 20kA
Bushing	Porcelain or Composite	

2.4.3 상시 예방진단시스템의 적용

765kV 변전 기기는 高價이며 초대형 규모로서 고장 발생시 공급지장 및 복구에 따른 경제적 손실, 사회적 파급이 크므로 기기 신뢰성을 최대한 확보하여야 한다. 따라서 최근 선진국에서 개발 및 검증된 기술을 중심으로 예방진단항목을 선정하여 운전상태(on-line)에서 상시 감시하여 기기의 상태를 정량적으로 파악하고, 기기의 이상징후와 장애에 일어날 사태를 미리 예측하여 이에 대응한 예방보수를 시행할 수 있는 상시 예방진단시스템을 적용토록 하였다.

변압기의 예방진단 항목으로는 절연유의 유증가스, 온도, 유면, 부분방전 전류 및 초음파, 부하시 탭절환기

동작시간 및 모터전류, 활선정유장치 압력, Fan 및 Pump 모터전류, 부하전압, 전류 및 외기 온도 등이며, GIS의 예방진단 항목은 UHF Coupler에 의한 부분방전검출, CB 및 HSGS 동작특성, 가스압력과 피뢰기의 누설전류 감시에 의한 열화판정을 선정하였다.

2.5 保護繼電 및 監視制御方式

2.5.1 보호계전방식

765kV 대전력수송체계를 안정적으로 운영하기 위해서는 루트단절사고의 최소화, 고장의 고속도 제거 및 보호계전기의 고신뢰도 확보가 무엇보다도 중요하다. 특히 765kV 계통에서는 선로의 정전용량 증가에 따른 고장전류의 저차고조파분 증가, 직류분 시정수 증대 및 2차 아크전류 문제 등으로 인하여 여러 가지 예상되는 문제점들을 극복하기 위한 검토가 현재 진행 중에 있다.

기본적으로는 디지털계전기 시스템을 적용하며 기존의 345kV보호방식에서 적용하는 2계열화 원칙을 강화하여 신호전송로를 2루트로 구성하는 등 신뢰성을 한층 높였고 신속한 동작을 위하여 주보호장치의 동작시간이 1~2cycle이내인 보호시스템으로 선정하였다.

송전선 루트단절사고를 최소화하기 위하여 다상개폐로 방식을 적용하였는데 이때의 개폐로시간은 계통안정도 및 후비보호장치와의 시간협조를 위해 1초 이내로 제한하도록 하였다. 그런데 500kV 이상계통에서는 아크지락고장이 발생하여 차단기에 의해 고장상(相)이 분리되어도 타상 및 타회선(2회선 선로이므로)으로 부터의 정전 및 전자유도에 의한 아크(이를 2차아크라 부른다)가 단시간 내에 소멸되지 않으므로 고속도 재폐로(1초이내)를 할 수 없는 경우가 발생한다. 이러한 경우 안정도 전하로 계통분리사고의 우려가 있으므로 적절한 2차아크소호장치를 설치하여 짧은 시간 내에 2차아크를 소멸시켜 재폐로를 가능케 하여야 한다. 2차아크를 소호하기 위한 방법으로는 4각분리액터를 설치하여 고속도 스위칭 하거나 또는 고속도 접지개폐기를 설치하는 것 등이 있는데 특히 2회선 송전선로에서는 건전상, 건전회선의 각 상간 정전용량 등의 조건이 매우 복잡해져서 4각분리액터는 적용이 어려운 뿐 아니라 비경제적이므로 고속도 접지개폐기(High Speed Grounding Switches)를 설치토록 하였다.

2.5.2 감시제어시스템

765kV 변전 기기를 효율적으로 감시 및 제어하기 위하여 변전소 구내의 현장제어동(Local house)마다 현장제어장치(Local Control Unit)를 분산 설치하고 중앙제어동의 중앙처리장치와 근거리통신망(LAN)으로 연결하는 부분분산형 감시제어시스템을 도입하였다.

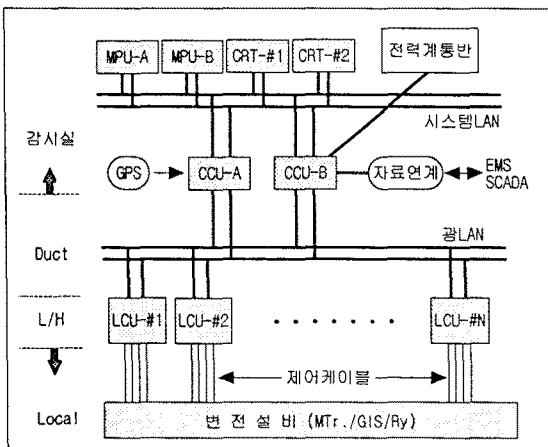


그림 2. 765kV 변전소 감시제어 구성도

2.6 접지 및 기타설비

2.6.1 接地設計

765kV 변전소의 최대 지락고장전류는 63kA이며 지형적으로 산악지의 高大地固有抵抗 지역에 위치하고 있으며 게다가 각종 침단의 디지털시스템들의 신뢰성을 확보해야 하는 등 접지설계가 최대의 난제로 대두되었다. 따라서 최근의 ANSI/IEEE Std.80을 참조하고 상용화된 컴퓨터프로그램을 이용하여 변전소별로 독립된 프로젝트로서 설계를 시행하였다.

그중 주요 파라메타의 적용내용은 다음과 같다. 즉, 대지고유저항 산정을 위한 등가대지심도는 50~70m 범위로 하였으며 접지도체 굵기 선정을 위한 최대 1선지락전류는 345kV모선의 최대 3상단락고장용량 40GVA에서 63kA를 적용하였고 이때 도체전류 분류율을 50% 적용하였다. 접지저항은 가능한 한 낮추되 제한치를 설정하지 않고 대지전위상승(GPR)을 10,000V 이내로(단, 부득이한 경우 별도의 대책수립시 15,000V 이내로) 제한하였다. 대지전류 유입율(또는 분류율)은 지금까지 일반적으로 40~60%를 적용해 왔으나 주변계통을 컴퓨터 프로그램으로 해석하여 산정하였고 위험전압 계산시 새로이 신발저항을 4,000Ω으로 적용하였다. 또한 과도 임피던스 저감대책으로는 과도접지 설계의 두 가지 요소인 침상봉과 보조접지망에 대하여는 각 변전소마다 대지고유저항, 설계조건 등에 따라 그 효과가 다를 수 있으므로 각 변전소 여건에 맞게 적용을 검토하되 구체적으로 설계에 적용된 보조접지망 및 침상전극봉의 효과를 비교검토 하여 적용하고 이를 다시 위험전압 계산 등 상용주파 설계시에도 Feedback시켜 종합적으로 접지망 설계를 시행토록 하였다.

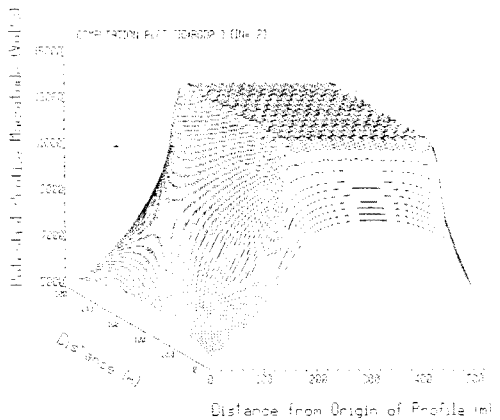


그림 3. 접지설계후 변전소주변지표면전위상승

2.6.2 강관형 인출철구

지금까지의 변전소 인출철구부재로는 주로 山形鋼을 사용하여 왔으나, 765kV T/L용 철탑과 같이 單一部材 적용이 가능하고 신뢰성이 높은 圓形鋼管部材(腕金材는 山形鋼)를 적용하여 환경친화성과 안전성을 높였다. 당초에는 좀더 미려한 Tubular형 등을 검토하였으나 국내에 제작경험이 없고 Beam(Post와 Post간) 거리가 40m에 달하며, 상당 10톤에 달하는 장력을 견디어야 하는 조건에서 안전성을 확신할 수 있는 강관형을 채택하게 되었다.

2.6.3 현장제어동

765kV변전소는 정지면적이 3만여평으로 중앙제어동과 현장의 기기간 거리가 수백m에 이른다. 따라서 현장의 기기인근에 현장제어동을 설치하여 보호배전반 및 각종 현장제어장치를 설치하여 제어케이블의 포설길이를

최소화함으로써 써지유입 등에 의한 장애발생을 최대한 방지하고 케이블 및 닥트 소요량을 줄여 신뢰성과 경제성을 함께 확보토록 하였다. 현장제어등의 설치기준으로는 765kV측은 2Bay당 1동, 345kV측은 4Bay당 1동을 설치하는 것으로 하였다.

2.6.4 소내전원 및 조명

직류전원은 765kV 및 345kV 측 공히 2계열로 구성하여 현장제어동마다 축전지를 설치하고 상호 연계해서 어떠한 경우에도 직류전원이 상실되지 않도록 하였다.

또한 765kV 주변압기는 자냉용량이 없는 3단계 송유 풍냉식으로서 Fan 및 Pump 구동전원이 매우 중요하므로 교류전원은 2,000kVA용량의 소내변압기를 3Bank 설치하여 2Bank는 주변압기 3차측에서 2중으로 인출하고 나머지 1Bank는 주변압기가 모두 정전되었을 경우의 예비전원으로서 인근 배전선로에서 연결되도록 구성하였다. 감시제어시스템의 경우는 Dual System 각 각 별개의 UPS를 설치하여 어떠한 경우에도 시스템 전체가 Down되지 않도록 배려했다.

조명설비는 환경조화형 기구 및 자동점멸방식을 적용하여 운전 및 유지보수를 최적화 할 수 있도록 하였다.

2.7 환경대책

2.7.1 환경조화 설계

기본적으로 765kV 변전소는 Full GIS형을 채택함으로써 환경친화성을 대폭 향상시켰으며 구내 스위치야드를 칼라투수콘크리트로 포장하며 외곽에는 폭 6m의 수림대를 조성하여 변전소 건설전의 우량수목을 이식토록 함으로써 획기적인 환경친화형으로 설계하였고, 특히 구내의 설비 및 구조물 전반에 대하여 가상현실개념 (Virtual Reality)을 적용한 3차원그래픽 Simulation을 도입하여 효과적인 기기 배치 및 색상조화 등 시각디자인을 시행하였다.

2.7.2 방재 및 기타

765kV 주변압기의 소음기준은 1m 전방에서 85dB 이하가 되도록 하였고 부지 경계선상에서는 50dB 이하가 되도록 차음대책을 반영하였으며 옥외붓싱과 현수애자에는 내오손성능을 구비토록 하였다. 변압기, 분리기, 액터 등 가연성 기기의 소방대책으로는 화학식 포 소화전설비를 시설토록 하였고 변전 기기의 내진 설계로는 최대 수평가속도 0.3g를 적용하였으며 종합적인 보안, 방재, 설비감시시스템을 적용토록 하였다.

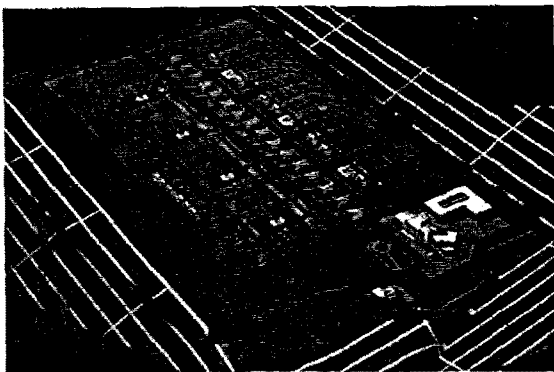


그림 4. 765kV 변전소 조감도

3. 결 론

765kV 변전소가 운전을 개시하게 되면 수도권지역의 만성적인 電力需給 不均衡이 解消되고 전력계통 安定度

가 크게 향상되며 송변전손실 감소에도 기여하게 될 것이다. 그러나 이런 직접적인 효과 외에도 관련분야의 설계, 감리 등 엔지니어링 기술, 각종 기자재 및 장비 제조기술 등 국내의 전력분야 기술이 일대 跳躍을 이루므로써 국제경쟁력을 확보하게 되고 이는 선진국과 어깨를 나란히 하여 세계 전력시장 진출을 할 수 있는 原動力이 될 것이다.

(참 고 문 헌)

- [1] 한전 송전전압격상추진팀, "765kV 변전소 설계기준(안)", 1997
- [2] 한전 송전전압격상추진팀, "765kV 변전소 절연설계 지침", 1995
- [3] 한전 송전전압격상추진팀, "765kV 변전기술 세미나 발표 자료집", 1997.
- [4] 한전 송전전압격상추진팀, "제2회 765kV 변전기술 세미나 발표 자료집", 1998
- [5] 한전 중앙교육원, "765kV 변전기술 I, II", 1999
- [6] 한전 전력연구원, "765kV 신서산변전소 접지설계서", 1998