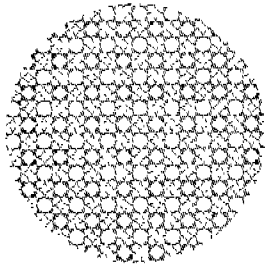


# 電力系統의 超高压化計劃

## The Up-grade Plan of Power System Voltage



金 滌 珍

韓國電力公社 送變電 處長

### 1. 序 言

우리나라에서는 1976년도에 송전계통 최고전압을 154kV급에서 345kV급으로 격상(초고압화)하여 운전하고 있으나 대용량 발전소의 지역적 편재화에 따른 지역간 전력응통 규모가 대형화되고 있으므로 국토의 효율적 이용 및 경제적 측면에서 345kV급에서 다시 한 단계 높은 계통전압으로의 격상을 검토 중에 있다.

현재로서는 격상전압은 800kV급으로, 격상시기는 1990년대 후반으로 보고 있으나 구체적인 사항은 향후의 전력수요 증가추세, 장기 전원개발계획 및 신규 전원의 입지 등에 따라 결정될 것으로 예상된다.

따라서 여기서는 계통전압 격상에 따른 제반여건 및 잠정적인 격상사업 추진계획에 대하여 기술코자 한다.

### 2. 계통전압 격상에 따른 제반 여건

#### 가. 계통전압 격상검토 경위

일본의 후쿠다(福田)씨는 격상전압과 격상시기와의 관계를 거시적으로 예측할 목적으로 각국의 격상실적에서 연간 발전량과 최고 송전전압과의 관계를 검토해서 다음 식을 제안하였다.

$$V = KE^\alpha$$

V: 최고 송전전압 (V)

E: 연간 총발전량 (10<sup>9</sup>kWh)

$\alpha$ : 0.42~0.48

K: 각 계통특성에 따라 결정되는 상수

위의 식에서  $\alpha=0.45$ 로, 가정 우리나라가 154kV에서 345kV로 격상당시에 적용하면  $K=84$ 가 되고 이를 다시 다음 격상전압을 765kV로 가정하여 위의 식에 적용하면 차기 격상시기는 발전량  $135 \times 10^9$  (kWh), 즉, 최대전력 25,000MW 수준에 도달하는 시기이다.

차기 계통전압 격상을 처음 거론하기 시작한 1978년 당시 장기 전력수요예측으로는 1991년도의 최대전력이 25,000MW를 초과하게 되어 이때를 격상시

기로 예상하였다.

따라서 이에 대비하기 위하여 1979년~1980년 사이에 9개분야의 격상검토 기술요원 21명에 대한 미국웨스팅 하우스사 및 스웨덴 SSPB에 해외기술훈을 실시하였다.

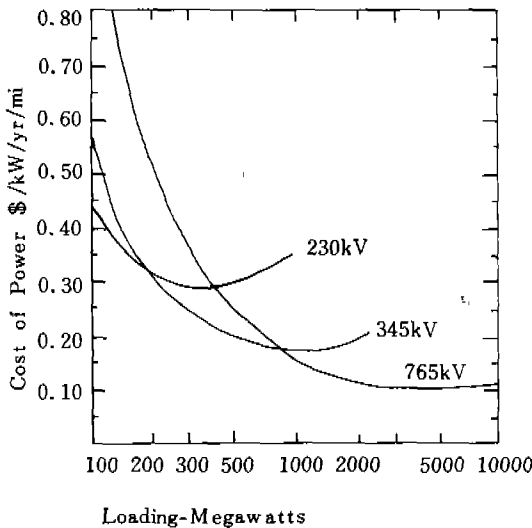
그러나 '70년대 연평균 15% 이상이었던 전력수요의 고성장 추세가 2차에 걸친 석유파동 등으로 격감함에 따라 전력수요예측도 수차례 축소 조정되었고 격상 예상시기도 연기되어 왔다.

1986년 12월에 확정된 장기 전력수요 예측에 의하면 1999년경 25,000MW 수준에 도달하는 것으로 예측되고 있다.

그러나 격상사업추진에는 약 10년 이상의 장기간이 소요되므로 그 동안 본격적인 격상추진보다는 관련 해외자료 수집과 계통검토용 전산 패키지 (Package)를 도입하여 지속적인 검토를 추진중에 있다.

나. 계통전압 격상시의 이점

- (1) 대전력 수송시 단위 송전전력당 송전단가가 저렴하다



〈그림 1〉 Cost of Power Versus Loading

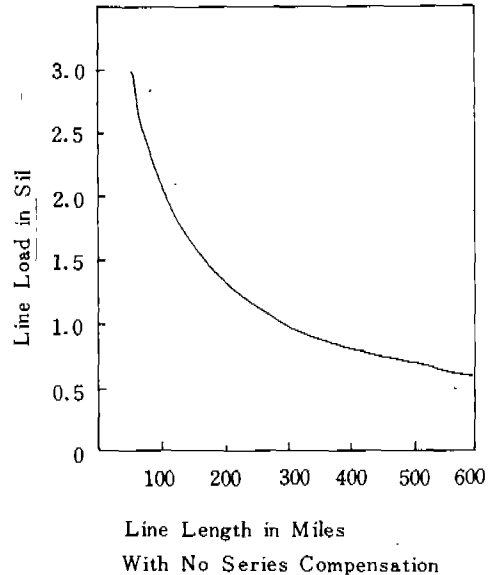
송전전압, 송전전력과 수송비용과의 관계를 미국 EPRI에서 컴퓨터 프로그램을 이용하여 계산 비교하였는데 그 결과는 그림 1과 같다.

그림에서 보는 바와 같이 345kV 선로에서는 500~1,000MW, 765kV 선로에서는 3,000~5,000 MW 정도가 가장 경제적이다, 송전전력이 800MW를 초과하는 경우 지속적인 전력수요증가를 고려하여 345kV 보다 800kV 급에 의해 송전하는 것이 경제적이다.

- (2) 장거리 송전선로에 있어서의 송전용량 증가에 유리하다

이에 대해서는 AEP에서 선로전압 강하율을 5%, 정상상태에 있어서 안정도상의 여유를 35%로 보는 경우의 송전거리에 따른 송전용량 계산결과는 그림 2와 같으며, 대략 200마일 이내에서는 전압강하, 그이상에서는 안정도상의 영향을 받는다.

또한 송전선로 공장이 300마일 정도인 경우의 송전용량은 SIL (Surge Impedance Loading)과 같아지며 송전공장이 짧아질수록 SIL보다 커짐을 알 수 있다.



〈그림 2〉 Line Loadability Curve (Heavy Loading)

SIL은  $\frac{V^2}{SI}$ 에 의해 구해지는데 서지임피던스 (Surge Impedance)는 선종에 따라서는 별 차이가 없는 반면 SIL은 송전전압의 제곱에 비례하므로 결국 장공장 송전선로에서의 송전용량 증대를 위해서는 전압격상이 효과적임을 알 수 있다.

(3) 송전선로 경과지를 절약한다

765kV 2회선용 송전선로의 주저제한 배제폭은 345kV 2회선용 송전선로의 약 1.5배이나 회선당 송전용량이 3배 이상이므로 전반적인 주저제한 배제폭은 감소된다.

다. 계통전압 격상에 따른 제반 기술 검토사항

(1) 계통안정도 검토

본 안정도 검토는 장기적 간선계통구성에 참고하기 위하여 행하는 것으로서 주로 과도안정도에 대해서 최대부하시와 경부하시의 계통을 대상으로 계산한다.

고장종류로는 주로 3상 단락사고에 대하여 계산하며, 고장개소는 대단위 신규 발전소의 계통 연결선로, 장거리 간선선로 또는 중부하선로 등의 모선 인출 부근을 선정한다.

고장계산결과 최대 내부위상각차를 봄으로써 계통의 안정여부를 판정할 수 있다.

그러나 비록 첫 전력동요(Power Swing)에서는 탈조되는 발전기가 없어도 두번째 이후 전력동요에서 최대 내부위상각차가 첫 전력동요시 보다 더 크게 되어 결국 불안정하게 되는 경우도 있으나 이러한 경우에는 투자비가 많이 소요되는 송전선로의 건설보다는 안정도 향상대책의 채용에 의해 해결될 수 있다고 본다.

안정도가 문제로 되는 경우에는 직렬 캐퍼시터(Capacitor)의 설치, 하이어리스폰스 래티오엑시터(High Response Ratio Exciter)의 채용, PSS(Power System Stabilizer)의 취부, SVC(Static Var Compensator)등이 설치된 것으로 가정하여 계산하는 경우에는 대체적으로 안정도가 향상되며 특히 직렬 캐퍼시터의 설치가 가장 효과적이다.

그러나 이 경우에는 차동기 공진(次同期共振) (Sub Synchronous Resonance) 현상 등에 대한 세부 검토 및 대책이 필요하며 기타방식에 대하여도 좀 더 구체적인 효과비교와 경제성 비교가 필요하다.

(2) 고장용량 계산

송변전설비 설계시 참고가 되는 계통 고장 용량(고장전류)의 크기는 계통규모의 증대에 따라 어떻게 증가하는가에 대하여 계산한다.

고장종류중 1선지락 고장전류는 계통의 접지상태에 따라 좌우되기 때문에 제외하고, 각 모선별 최대 3상 단락용량에 대해서만 계산한다.

이 경우 최대 단락용량이라는 것은 모든 발전기가 계통에 병입되어 운전되고 있는 상태에서의 고장용량이며, 계산에 적용한 발전기의 임피던스는  $X/R$ 로 하고, 부하는 유효분, 무효분 모두 콘스탄트 어드미턴스(Constant Admittance)로 한다.

그러나 345kV 모선의 고장용량이 25,000MVA를 초과하여 모선분리 필요성 여부를 검토할 경우에는 안정도 검토시와 마찬가지로 모선부하를 유효분은 콘스탄트 커렌트(Constant Current), 무효분은 콘스탄스 어드미턴스(Constant Admittance)로 계산한다.

(3) 전원탈락시 계통주파수 저하 검토

운전중의 발전기가 계통에서 탈락시 계통주파수가 어느 정도까지 저하하는가를 검토하기 위하여 900MW급 대용량 신규화력발전력(2000년대 초반제 동병입)이 최대부하시와 경부하시로 구분하여 발전력 탈락규모에 따른 주파수 변동을 계산하며, 이러한 전원탈락에 의한 계통주파수 저하는 계통전압이 높을수록 영향이 적으므로 345kV 계통에 대해서만 검토한다.

계산시 적용한 부하차단량(Load Shedding)은 계통의 모든 일반 모선부하에 대하여는 표 1과 같은 비율에 따라 차단되도록 하며, 경부하시 양수부하에 대해서는 59Hz에서 50%, 58Hz에서 50% 차단되도록 한다.

이 경우 부하 차단에 소요되는 시간은 일반 모선 부하에 대하여는 12Hz, 양수 부하에 대하여는 6Hz

〈표 1〉 저주파시 부하탈락비율

계통주파수(Hz)	탈락비율(%)
58.8	6
58.6	7
58.4	7
58.2	5
58.0	4
57.8	3
57.4	6
57.2	6

를 적용하였으며 부하의 주파수 특성은 무시한다.

(4) 과전압 검토

과전압에는 비교적 긴 지속시간을 갖는 단시간 교류과전압과 순간적으로 발생하여 급격하게 감소하는 뇌 과전압 및 개폐 과전압이 있는데, 이러한 과전압은 계통전압이 높을 수록 효과적인 억제대책이 필요하므로 800kV급 계통에 대해서만 검토한다.

(가) 단시간 교류과전압

단시간 교류과전압은 1선 지락사고, 부하의 급변 또는 장거리 송전선로의 개방등 여러 발생요인이 있다.

이중 1선 지락사고에 따른 과전압은 계통의 접지상태에 따라 좌우되기 때문에 제외하며, 장거리 송전선로의 개방시 과전압을 억제할 목적으로 분포 리액터(Sh. Ri: Shunt Reactor)를 취부하는 것으로 한다.

(나) 뇌 과전압

뇌 과전압의 크기를 개략적으로 검토하기 위하여 전력계통에 있어서의 과도현상 해석에 세계적으로 널리 사용되고 있는 EMTP(Electro-Magnetic Transient Program)를 이용하여 아래 항목에 대하여 0.1μsec 단위로, 100μsec 동안 계산하며 이때 모선과 선로는 3상이 평형된 분포정수 회로로 모의한다.

- 선로와 변압기에 피뢰기 미설치시
- 변압기에만 피뢰기 설치시
- 선로 인출구에만 피뢰기 설치시

-선로 인출구 및 변압기에 피뢰기 설치시

(5) 환경장해 검토

송전전압 격상에 따른 송전선로 주변환경에 미치는 영향, 즉 코로나 발생에 따른 각종 환경장해(가청소음, 라디오 및 TV소음, 지표면 전계강도)를 검토하기 위하여 단상 모의시험선로를 건설하여 시험할 계획이다.

코로나 발생에 따른 각종 환경장해에 관한 세부 사항에 대해서는 본협회지 '87. 4월호에 이미 게재된 바 있으므로 여기서는 설명을 생략기로 한다.

3. 향후 격상사업 추진계획(잠정안)

가. 제 1단계('86~'87)

- 공칭전압 및 최고전압검토
- 선로 및 변전소의 예비설계
- 코로나 케이지(Corona Cage)건설 및 환경장해 시험

나. 제 2단계('88~'90)

- 계통특성 연구
- 선로의 절연설계
- 시험선로 건설 및 실증시험
- 변전소 절연설계
- 국산화 검토

다. 제 3단계('91~목표 연도)

- 송변전 설비 세부설계
- 사양결정 및 발주
- 건설 및 운전

3. 結 言

계통격상사업은 전력계통 특성 및 국내 전기산업계에 미치는 영향이 클 것으로 예상되므로 각종 기술특성, 환경장해 문제와 경제성 검토 등에 대하여 관련 연구기관, 학계 및 중전기 생산업체간의 유기적인 협조체제하에 검토가 이루어져 할 것으로 생각된다. \*