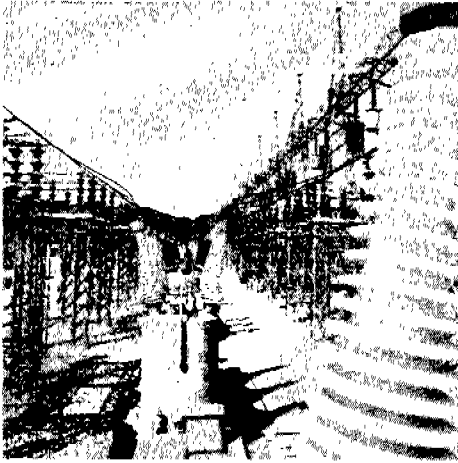


□ 電力系統 信賴度 向上計劃 □



- 送變電分野를 中心으로 -

On Reliability Improvement Plan of Electric Power System

—Focusing on the Transmission

& Substation System—

趙 炳 憲

韓國電力公社 送變電處長

1. 序 論

電力 시스템의 기능은 信賴性和 經濟性을 협조시킨 最適制御로 전력 에너지를 顧客에게 서비스하는 것이다.

人間的 일상생활과 경제활동에 필수적인 電力은 현대 산업사회의 모든 영역에 걸쳐서 이용되고 있으며, 앞으로도 文化水準의 향상, 高度産業社會로의 발전과 더불어 그 효용가치는 더욱 증대되어 갈 전망이다.

그동안 우리나라의 전력사업은 供給力에 대한 過不足 현상의 반복으로 需要充足을 위한 電源開發에 치중함으로써 電力 輸送部門의 現代化를 위한 시설 투자는 상대적으로 미흡했던 것이 사실이다.

최근 첨단기술 및 情報化社會로 進展됨에 따라 高信賴度의 전력공급에 대한 사회적 요청이 더욱 높아지고 있다. 그러나 대규모 발전설비의 遠隔化로 長距離 送電容量의 증가, 用地 確保難으로 전력설비에 대한 適期擴充의 어려움이 가중되고 공급설비의 自然災害에 대한 기술적 대응력의 限界 등으로 供給系統에 대한 불안요인과 Cost-up 요인이 집중되고 있는 실정이다.

이에 공급계통 신뢰도 현상에 대해 살펴 보고

送變電設備의 擴充 및 補強計劃과 送變電施設運營에 대해 소개하고자 한다.

2. 電力供給系統 信賴度の 現狀

電力供給 시스템에서의 信賴度は 충분한 質의 전력 에너지를 사용자에게 계속적으로 제공하는 서비스의 정도를 나타낸다. 電力品質의 구성요소는 電壓, 周波數 및 供給의 계속성으로서, 공급되는 전압과 주파수가 規定值 範圍內로 어느 정도 유지되는가? 일정기간 동안의 停電時間과 停電回數는 어느 정도인가? 를 綜合的으로 나타낸 것이다.

주파수 유지율은(範圍內 유지시간÷總時間)×100%로 나타내고 維持範圍는 60±0.1Hz이며, '88년 주파수 유지율 실적은 97.34%로서 이미 선진국 수준에 도달해 있다고 본다.

規定電壓 유지율은 (24시간 동안 규정전압이 공급된 개소÷총 측정개소)×100(%)로 나타내며 '88년 표본전압 측정실적은 97.7%로서 선진국과 같은 수준에 와 있다.

전기품질은 발전소에서부터 고객의 屋內配線에 이르기까지 全流通過程을 관리해야 되는 과제이며 서비스 수준이라고 할 때 供給側의 입장

에서 보다는 需用家の 입장에서 평가되어야 할 것이다.

停電에 관한 전기의 質은 정전시간과 함께 정전횟수로 표시하는데, '88년 1년간 고객 1戶 총 정전시간은 331分이며, 이중 약 18%인 61分이 電源側 停電이었다.

표1에서 보는 바와 같이 전원측 정전시간중 약 70%를 점유하고 있는 作業停電은 외국에 비교하여 볼 때 상당히 많은 시간으로, 이는 老朽設備의 교체, 설비보강에 따른 作業過多 및 계통구성 여건상 作業정전이 많을 수밖에 없는 실정이다.

표2에서 보는 바와 같이 송전선로 및 변전설비에 대한 고장들은 아직 선진국 수준에 미흡한 실정이나 國產 機資材의 품질개선, 노후설비 代替, 사고예방 활동강화 등으로 감소추세에 있다.

送變電 設備事故는 횟수는 적지만 일단 발생되면 정전의 파급범위가 광범위하고, 복구에 장시간 소요될 때가 많기 때문에 信賴性을 고려한 설비계획과 운용을 행하고 있다.

그러나 송변전시설의 대부분이 屋外에 노출되어 있어 雷, 풍우, 빙설 등 자연현상에 직접 영향을 받기 때문에 設備事故에 대한 완전방지 대책수립은 경제적인 제약과 기술적인 한계가 있다.

그러므로 여러가지 事故에 의한 공급지장의 발생확률과 그로 인한 손실을 定量的으로 평가하는 것은 어렵기 때문에 어떤 일정한 신뢰도 기준을 정하여 설비의 계획수립과 운용에 활용하고 있다

〈표 1〉 연도별 전원측 정전시간 추이

(單位: 分/戶/年)

구 분	'85	'86	'87	'88	'89(계획)
(電源側)					
고 장	26	33	22	15	10
작 업	81	53	55	46	46
계	107	88	77	61	56
총정전시간	523	454	390	331	320

〈표 2〉 연도별 송변전설비 고장횟수

구 분	'85	'86	'87	'88	'89(계획)
송 전	0.54	0.59	0.55	0.36	0.48
변 전	0.19	0.20	0.18	0.15	0.18

* 송전: 件 / 100 C-km, 변전: 件 / 100 MVA

3. 送變電設施의 計劃樹立

가. 計劃樹立 基本方向

송변전 시설계획은 향후 10년간의 345kV를 중심으로 한 長期 系統計劃과 향후 5~7년간의 154kV급 이하 송변전시설 中期계획으로 구분하여 수행하고 있는데, 合理的 계통구성과 계획업무의 표준화를 추진하여 良質의 전력공급과 국토 및 시설 설비의 효율적 이용을 도모하도록 하고 있다.

송변전시설 중기계획은 발전전력의 安定的 輸送과 공급능력을 확보하고 지역간 環狀網을 구성하여 계통의 안정성과 供給信賴度를 向上시키고 설비운용의 효율성을 제고함을 기본방향으로 하고 있다.

나. 電力需要 展望

계통계획 수립의 가장 중요하고도 기본적인 작업은 정확도 높은 需要豫測이다. 전국규모의 전력수요 예측은 부하특성 및 사용형태가 유사한 부문별로 주택용, 상업용 및 산업용으로 나누어 微視的 방법 및 回歸分析 방법 등을 병용하여 販賣電力量을 예측하고, 이렇게 예측된 판매 전력량에 계절지표, 시간별 상태계수 등을 감안하여 예측된 최대전력이 장기 전원개발 계획수립에 이용되고 있다.

송변전시설 중기계획 수립에 이용되는 地域別 電力需要는 변전소간 부하절체 가능여부에 따라 全國을 약 80개 그룹으로 구분하고 각 그룹별 과거 5년간의 主變壓器 最大負荷 실적을 분석하여 時系列方法으로 基底需要를 상정하고, 정

부의 공단 및 도시개발계획, 산업수요 증가상황 및 大規模 新規需用 등 지역별 특성 데이터를 종합분석하여 예측하고 있는데, 時點이 相異한 지역별 최대전력의 算術的 合計이기 때문에 동일시점의 전국규모 최대전력보다 크게 된다.

이에 따라 추정된 예측결과는 표 3 과 같다.

다. 送電 施設計劃 樹立指針

(1) 設備構成의 基本方向

幹線系統과 대도시 환상망은 345kV 송전계통으로 연계하여 地域間 電力融通能力을 확보하고, 支線계통과 중소도시의 환상망은 154kV 송전계통으로 連繫시켜 지역내 전력용통을 확보한다.

(2) 設備擴張基準

○送電設備

架空 送電線路는 경제적으로 最短距離를 선정, 2 回線計劃을 원칙으로 하며(특수한 경우 제외) 장래 부하수준과 送電損失을 고려하여 線種을 결정하고, 컴퓨터에 의해 潮流 및 故障計算을 하여 선로조류의 Bottle Neck 등을 검토한 후 最適構成이 되도록 한다. 地中 送電線路는 市街地 또는 新市街地 확정지구, 都市計劃地區, 문화재 보호 및 관광지역 기타 가공선로 시설 불가능 지역이나 多數民願 발생이 예상되는 지역 등에서 시설계획을 하고 있다.

가공 및 지중선로에 대한 電壓別 線種, 回線

〈표 3〉 연도별 전력수요 전망('88~'93)

연도	관내전력량		최 대 전 력			
	G WH	증가율 (%)	부하 관리후 (MW)	부하율 (%)	지역별 예측 (MW)	증가율 (%)
1988	72,383	12.8	13,320	69.7	13,658	-
1989	79,083	9.3	14,440	70.2	15,739	15.7
1990	85,415	8.0	15,562	70.4	17,259	11.3
1991	92,071	7.8	16,706	70.7	18,657	10.1
1992	98,490	7.0	17,567	71.9	20,087	8.7
1993	104,490	6.1	18,766	71.4	21,584	7.9

數 및 회선당 용량은 표 4 와 같다.

○變電設備

변압기 Bank 수는 초기부하/변압기 용량의 50% 이상 수준인 경우는 負荷切替 및 사고대비를 위하여 2 Bank로 계획하고, 50% 이하이거나 大都市와 같이 인근 변전소에서 공급이 가능할 경우에는 1 Bank로 계획한다. 1개 변전소의 변압기 최종 Bank 수는 用地確保의 어려움을 고려해서 4 Bank를 원칙으로 하되 실제운용은 지역별 특성을 고려하여 조정한다.

전압 및 지역별 변압기의 단위용량과 Bank수는 다음 표 5 와 같다.

(3) 設備擴充 時期

○送電設備

發電所 및 變電所 시설에 따라 기존 송전계통과 연계할 때 조류계산 검토결과 過負荷 개소의 발생이 예상되는 경우와 송전선로 事故時에 공급능력 부족으로 인한 부하제한 또는 광범위한 停電이 예상되는 시기에 新, 增設로 보강한다.

○變電設備

〈표 4〉 送電線路 電壓別 線種 및 容量

區 分	線種 (mm ²)	回線數	容量 (MW/回線)
345kV	480×4B	2	2,000
154kV 幹線	架空	2	400
	地中	2	265
154kV 支線	架空	2	200
	地中	2	173
		2	220

〈표 5〉 電壓 및 地域別 變壓器 單位容量

區 分	單位器容量 (MVA)	1個S/S最終 Bank 數
345kV	500	2~3
154kV	大都市, 工團地域	45/60
	中, 小都市	30/40
	島嶼 및 特殊地域	15/20

大都市 및 부하절체 가능지역에서 주변압기 綜合使用率이 75~85% 수준이거나 기타지역에서 50~75% 수준으로 電力需要가 增加되었을 때와 기존 66kV 변전소의 부하가 20MW 이상이거나 電壓降下率이 10% 이상인 경우는 154kV 변전소를 신설하며 工團電力의 兩電源 확보 및 대규모 新規需用으로 공급능력 부족시에 擴充하게 된다.

라. 送變電施設 中期計劃 內容

1989~1994까지의 송변전 설비계획은 표 6, 표 7 과 같다.

마. 計劃樹立上의 問題點 및 對策

送變電設備에 대한 用地確保 遲延에 따라 소요 전력설비의 適期竣工이 어렵고, 電源立地 및 規模가 流動적이므로 계획확정이 곤란하며, 신규수용 및 工團開發 등에 관한 정확한 수요예측 자료 수집이 어렵고 輿件變動이 심하여 대도시 지역에서 현재 5개년의 중기계획 수립으로는 用地確保期間이 부족한 실정이므로 7개년 계획을

반영하여 용지확보의 조기추진을 강구하고 있다.

既設 重負荷 변전소의 容變, 증설계획을 가급적 止揚하여 豫備設備로 確保하고 인근지역에 변전소를 新設토록 하며, 345kV 변전소 부지선 정시는 주변여건상 개발이 예상되는 경우에는 配電用 主變壓器를 2대까지 설치할 수 있는 부지를 동시에 확보토록 하고 있다.

京仁地域 需要가 전국수요의 40% 이상 점유하고 있는 반면 발전설비는 주로 남부지역에 위치하고 있어서, 경인지역 수요증가에 따라 北上 潮流 增大로 인한 電壓 不安定 현상이 앞으로 더욱 심화될 전망이다.

京仁地域의 電壓維持를 위한 대책으로 調相設備 增設방안을 효율적으로 수립, 운용하고 있으며 '89년 경인지구에 770MVAR를 집중 설치하였고, '90년에는 590MVAR를 설치할 계획이나 조상설비 設置場所 確保가 점점 어려워지고 있어서 單位容량이 큰 154kV 급 정전축전기 (Static Condenser)의 개발 및 정지형 무효전력 보상장치(SVC)의 도입 등이 연구, 검토되어야 할 것이다.

〈표 6〉 年度別 送電設備 및 投資費 計劃

() : 지중T/L공장

전압	구분	연도							계
		'89	'90	'91	'92	'93	'94		
345kV	T/L 수	1	-	2	5	6	4	18	
	공 장 (C-km)	6	-	222	198	700 (88)	298	1,424 (88)	
	투 자 비 (백만원)	16,690	64,750	106,403	131,602	112,060	15,600	447,105	
154kV	T/L 수	32	36	43	51	47	37	246	
	공 장 (C-km)	703 (73)	1,089 (39)	823 (88)	1,150 (124)	761 (141)	1,071 (113)	5,597 (578)	
	투 자 비 (백만원)	92,257	127,386	172,393	195,976	170,157	92,670	850,839	
이 하	T/L 수	33	36	45	56	53	41	264	
	공 장 (C-km)	709 (73)	1,089 (39)	1,045 (88)	1,348 (124)	1,461 (229)	1,369 (113)	7,021 (666)	
	투 자 비 (백만원)	108,947	192,136	278,796	327,578	282,217	108,270	1,297,944	

〈표 7〉 年度別 變電設備 및 投資費 및 資投資費 計劃

전압	구분	연도						계	비 고
		'89	'90	'91	'92	'93	'94		
345kV	S/S 수	- 〔2〕	- 〔3〕	2 〔2〕	2 〔2〕	5 〔0〕	2 〔2〕	11 〔11〕	[]: M. TR 증설S/S
	변압기용량 (MVA)	1,000	1,500	2,000	2,000	2,000	2,000	10,500	
	투 자 비 (백만원)	7,348	13,722	45,537	54,031	86,265	35,182	242,085	
154kV 이 하	S/S 수	16	19	27	34	32	23	151	
	변압기용량 (MVA)	1,385	1,620	2,520	2,660	3,160	1,940	13,285	
	투 자 비 (백만원)	58,926	83,422	120,384	130,277	134,493	89,210	616,712	
계	S/S 수	16	19	29	36	37	25	162	
	변압기용량 (MVA)	2,385	3,120	4,520	4,660	5,160	3,940	23,785	
	투 자 비 (백만원)	66,274	97,144	165,921	184,308	220,758	124,392	858,797	

4. 送變電施設の 運營

가. 基本目標

施設水準이나 投資與件, 기자재의 品質 및 사회환경이 선진국 水準을 達成하기에는 부족한 점이 많으나 주어진 조건하에서 規定電壓 및 주파수를 維持하고 停電回數, 時間 등을 단축하여 공급전력의 曄보다는 보다 高級化된 양질의 전력을 공급하는 것이 現在의 기본 목표이다.

나. 施設運轉 体制

送變電施設の 운전·유지·보수는 전국을 專擔部署인 8개 전력관리처와 1개 지사에 시설 담당부서를 두어 운영하고 있고, 전력관리처 산하에 몇 개의 電力所로 하여금 변전소 및 송전선로의 운전, 보수와 선로순시 업무를 담당하게 하고 있다.

變電所 근무형태는 대체적으로 345kV급은 3인 3교대, 154kV급 계통 변전소는 2인 3교대, 기타는 1인 3교대로 근무하고 있다. 사고가 야

간 및 日氣 不順時 많이 발생하며, 송변전 사고시는 정전 구역이 넓고 복구시간과 人力이 많이 소요되기 때문에 기 설치 운영중인 補修센터를 확대하여 전국에 64개소를 운영하고 있으며, 변전소 인근에 사택용 APT를 건설하여 사고시 많은 인원을 즉시 동원, 復舊時間을 단축시키고 있다.

다. 事故豫防對策 및 措置

사고예방은 供給信賴度를 向上시키기 위한 최우선 업무로서 多樣한 사고 요인과 事故防止에 限界가 있으나 우리 實情에 맞는 방법을 適用하여 停電시간 및 回數 減少와 定電壓 유지에 노력하고 있다.

(1) 設備의 순시 및 점검

送電線路의 경우 Hel기 및 도보순시, 필요시 하는 특별순시 등으로 설비의 이상 유무를 早期 發見하여 措置하고 있으며, 落雷事故 防止를 위하여 철탑의 과도 접지저항을 측정하고 있다.

變電所의 경우 매일 4회 구내순시 및 기기 제작사의 點檢基準과 당사 보수기준에 의하여 定期點檢을 하고 있다.

(2) 安定度 向上

送配電 線路는 특수한 경우를 제외하고 自動 再閉路 운전하며 전체사고의 약 65~70% 정도는 재폐로에 성공, 계통 안정도를 높이고 있으며, 운전중인 발전계통의 탈락으로 인한 系統脫調를 防止하기 위해 저주파繼電器를 設置하여 주파수 帶域別로 선별 차단하고 있다.

345kV 선로 및 154kV 地中線路의 增加로 진상 무효전력이 증가하여 경부하시는 계통전압 상승 및 발전기를 진상 운전시켜 계통 안정도를 크게 威脅하므로 345kV 주변압기 3차측에 Shunt Reactor (Bank당 30MVA×3 or 2대)를 설치하여 과전압으로 인한 기기의 열화를 방지하며 안정도를 높이고 있다.

154kV 변전소에는 Sta-Con을 무효전력 消費 지점의 근방이나 力率 개선효과가 큰 개소 또는 방사상 계통으로 규정전압 유지가 어려운 個所에 設置하여 계통 저전압 補償과 전력손실 輕減 및 안정도를 향상시키고 있다.

(3) 主變壓器 豫防診斷

電力 안정공급의 주가 되는 변압기의 信賴度를 向上시키기 위하여 주변압기의 OT를 週期的으로 測定하여 可燃性 가스가 현저히 증가할 경우 현장 또는 제작소에서 내부 精密점검을 실시하며 絶緣 불량, 과열권선 층간단락, 권선 용단 등 각종 사고를 미연에 방지하고 있다.

(4) 事故分析

線路의 사고지점 確認用 고장점 표정장치(Line Fault Locator), 사고상태 분석을 위한 고장 기록장치(Fault Recorder 및 Event Recorder)를 설치하여 고장점의 迅速確認 및 고장시 각종 동작자료(Relay, CB, 계통전압 변동, 고장전류의 흐름)를 檢討하여 사고 원인을 철저히 분석,

유사사고 방지에 努力하고 있다.

(5) 사고 복구 장비

사고 발생시 供給再開의 신속을 위하여 154kV 급 이동 변전차 11대를 포함하여 23대의 이동개폐장치 등의 移動用 裝備를 가지고 있으며, 非常資材 備蓄으로 사고 대비용 資材를 確保하고 있다.

(6) 設備의 無停電 補修

송전선로의 無停電 보수 및 공급능력 향상을 위하여 중요 계통의 1회선 선로를 2회선화 또는 계통을 루프화 한다. 변전소 기기의 無停電 供給을 위하여 주변압기를 2Bank화하고 중요 선로용 차단기는 무정전 點檢機能을 具備, 모선의 二重化 및 분할 운전을 한다. 주변압기의 지역별 결선을 一致시켜 배전선로와 변전소간 무정전 부하절체를 가능하게 하였다.

라. 施設運營의 問題點 및 對策

送變電設備가 複雜, 대형화하고 제어 및 보호 시스템이 精密하고 다양화되어 감에 따라 新 機資材의 사용과 高價인 전력설비의 건설 및 운전을 담당해야 할 근무원의 資質向上이 당연한 과제이나 職場教育(OJT, 사원 연수원교육)을 강화하고 정기적인 防災훈련을 실시하여 설비사고 시 위기 대처능력 배양과 海外訓練을 통해 新技術 적응능력을 향상시키고 있다.

送變電系統의 노후 및 취약설비를 과감히 代替하고 국산 기자재 品質改善 유도에 노력하여 공급신뢰도가 점진적으로 향상되고는 있지만 設備投資에 비례한 만큼 事故減少가 이루어지지 않고 있다.

계통구성상 발전소가 수요지와 원거리에 위치하고 변전설비의 대용량화와 송전선로의 동일 Route 多回線化가 불가피하여 단위 변전소당, 선로당 부하부담이 커 事故時 波及이 막대한 실정이므로 設備補強과 事前 豫防補修를 강화하고 있다.