

電力技術의 現在와 未來

電 力 輸 送

尹 滿 澈

韓電 技術研究院 系統研究室長

1. 序 論

電力輸送의 技術은 광의로 보면 電力系統技術, 送電技術, 變電技術, 配電技術을 모두 포함하고 있으나 電力系統 및 送變電技術을 중심으로 생각하고자 한다.

國家經濟 發展과 함께 최대 電力需要는 '87년 부터 平均 15% 증가하여 '90년末에 17,252kW 를 실현하였고, 平均電力 역시 13.6% 증가하여 '87년도의 51.5% 供給豫比率이 '90년末에 8.3%로 급격히 저하하였다. 電力需要의 變化와 함께 電源設備의 構成比 및 發電量에서 原子力이 차지하는 비중이 커져 전체 需要量의 약 50%를 原子力이 담당하고 있다.

1980年代 火主水從의 發電時代에서 原主火從의 시대로 전환되었다. 電源과 負荷의 편재로 인하여 증가하는 지역간 融通電力을 원활히 공급하고 大電力 長距離 輸送時 電壓降下와 系統運轉 불안을 해결하기 위하여 '76년에 送電電壓을 345kV로 格上하였으나 최근 京仁地域의 電力

需給 不均衡의 深化와 送電線路 經過地 確保難 加중으로 送電電壓을 765kV로 格上하는 방안을 구체화하고 있다.

送變電 施設도 '90年末로 345kV 超高压의 送電線路 總회선 公장이 約 5,000km, 變電所가 18 個所, 變電설비 容量 約 21GVA를 보유하고, 最大需要에 의한 過負荷에 대응하는 방안이 검토되고 있다.

電氣故障의 年間 平均 故障건수가 '60年代 8,126건, '70年代 平均 5,463건, '80年代 平均 3,040건으로 減少추세를 보이고 있으며, '80년대 후반부터 年間 故障건수가 2,000건 이하로 급감하는 추세에 맞추어 送變電 設備故障도 送電線路의 길이 및 變壓器 施設容量의 증감에도 불구하고 감소되어 '90年度는 150건 수준에 이르고 있다.

2. 系統의 高信賴, 高品質化 技術

電力供給의 高信賴度를 확보하기 위해서는 電

源이나 送變電設備의 計劃時點과 매일의 運用時點에 있어서 送電系統의 長거리 大容量化, 負荷特性의 變化 등을 근거로 하여 多方位로 검토되어야 한다.

그리고 만일의 系統 事故時에 대응하여

○保護 Relay의 디지털화, 分散化에 의한 高速, 高信賴度化

○정지형 無效電力補償裝置(SVC:Static Var Compensator)에 의한 高速 無效電力 制御

○초속응 여자방식이나 PSS(Power System Stability)裝置 등에 의한 發電機 制御의 高速化

○事故波及의 高速防止 시스템

○UHV 送電, 大容量 케이블 도입에 따른 系統의 保護制御 技術

○需要附近의 燃料전지 設置等 分散電源의 活用技術

○超電導 貯藏設備를 이용한 有效電力, 無效電力의 高速制御 技術

○多變數 制御等 새로운 系統制御技術 등이 개발되어야 한다.

3. 系統電壓의 格上

電力系統의 확대와 함께 發電所의 대규모화와

원거리화로 전력을 수송하는 送電線도 점차 長거리화, 大容量화로 되고 있다.

送電電力量 및 送電距離의 증대에 대응하여 효율이 좋은 電力을 수송하기 위해 세계 각국에서 送電電壓을 昇압하고 있다.

超高压 格上電壓의 특징은 單位線路當 送電能力의 증대(送電電壓의 자승에 比例)로 送電線路數가 절감되나 單位線路當 建設費 증가(대체로 送電電壓에 比例)로 초기 투자부담이 발생되는 점이 있다.

표 1에서와 같이 345kV에서 765kV로 昇압시約 5 倍의 送電能力이 증가함을 볼 수 있다.

표 2는 外國의 超高压 格上電壓을 나타내며 345kV에서 765kV로, 500kV에서는 1,000kV 水準으로 格上함을 보여준다.

需要增加에 의하여 1990年 最大需要 17,252

〈표 1〉 送電電壓別 送電能力和 送電線 建設費

送電電壓(kV)	345kV	500kV	765kV	1,000kV
送電能力(MW)	900	1,700	4,200	7,400
送電線建設費(억원/km)	5.1	7.0	10.5	13.6

〈표 2〉 外國의 超高压送電電壓 格上現況(500kV 以上)

國 名	格上電壓(kV)	格上年度	格上事由	送電距離(kV)	備 考
美 國 (AEP)	345 → 765	1969	地域別 電力融通	300	현재 1,500kV 送電技術 개발중
소 련	500 → 1,150	1985	시베리아지역의 대규모 石炭 화력 개발	2,000	
캐 나 다	315 → 735	1965	5,000MW 규모의 水力電源 開發	600	
日 本 (동경전력)	500 → 1,000	1992 (준공예정)	경과지 확보난 완화, 10,000 MW 原子力 電源國地 개발	250	현재 건설중(2000年初 이후 1,000kV 運轉)
브 라 질	750	1982	13,000MW 규모의 대규모 水力開發	900	

○格上電壓은 기존 최고 송전전압의 2~2.5倍 수준임.

○최고송전전압이 400kV인 프랑스, 이탈리아는 지역간 전력수급이 균형되어 있고, 전압격상을 추진할 만큼 경과지 확보난이 심각하지 않음.

〈표 3〉 地域別 最大需要 展望

(單位：MW)

區分	京仁	嶺東	中部	湖南	嶺南	計	其他	全國
1990年	7,015 (44.2%)	887 (5.6%)	1,538 (9.7%)	921 (5.8%)	5,511 (34.7%)	15,872 (100%)	1,380 (8%)	17,252 (100%)
2021年	30,880 (45.2%)	3,690 (5.4%)	7,990 (11.7%)	4,920 (7.2%)	20,840 (30.5%)	68,320 (100%)	5,940 (8%)	74,260 (100%)

MW에서 10年後 2001年 最大需要는 2倍가 넘는 38,463MW로 예측하며 지역별 최대수요 전망은 표 3과 같다.

표 3에서 京仁地域 電力需要 전망에 따른 대책으로 현재의 京仁~中部간 345kV 送電線 2루트, 154kV 送電線 1루트와 京仁~嶺東地域 345kV 送電線 1루트, 154kV 1루트밖에 없으며, 수요의 지방분산과 경인지역의 電源確保方案을 들 수 있다.

需要의 地方化는 지역의 均衡開發과 發電所立地 및 送電線 經過地 확보나 完화, 送電設備 투자절감 및 전력손실이 감소를 얻을 수 있으며, 이 중에 京仁地域 電源確保 효과는 國土의 효율적 이용과 送電線 경과지 확보나 해결, 송변전 설비투자 절감 및 전력손실 감소, 需要발생지 發電所 建設이라는 원인 발생자 負擔原則 適用可能 등을 들 수 있으나, 이에 대한 실제적 대책으로는 東海岸 북부에 大單位 原子力 立地開發과 이의 大電力 輸送手段인 초고압 송전전압 格上이 강구되어야 하는 하겠다.

4. 送電技術

가. 架空送電技術

送電線 經過地 確保難으로 送電線 용량을 종래에 비해 대폭 증가할 필요가 있다. 交流送電 容量은 系統安定度에 의해 제한되고 送電距離가 100km 以上이 되면 送電容量은 送電距離에 거의 逆比例하여 감소한다.

系統安定度を 향상하는 방법에는 고속도 再閉

路 직렬 콘덴서, 제동저항기, 超高速應 自動電壓 조정기, 火力 原子力 터빈 중간 밸브의 高速 制御, 중간 閉開所 등의 安定度 向上方策과 送電 電壓의 昇壓에 있다.

또 하나의 방법으로 계통안정도 문제가 발생하지 않는 直流送電은 交流·直流 變換기를 필요로 하기 때문에 交流送電에 비해서 경제적으로 불리하지만, 계통안전도의 영향에 의한 交流 送電線의 送電電力이 대폭 저하하는 300~400km 이상의 장거리 송전선의 경우에는 경제적으로 거의 동등 또는 유리하게 된다.

送電線의 環境對策, 絕緣設計, 鐵塔設計 등이 電壓格上和 함께 검토되어야 하며 變壓器, 차단기, 피뢰기, 線路 Reactor 등 機器의 開發에도 주의를 기울여야 할 것이다.

또한 설해대책, 내뢰대책 등에 의해 送電線의 고장을 저감할 수 있으며 送電線 고장의 電力系統波及의 영향을 대폭 경감할 수 있고, 各種 再閉路方式의 적용도 용이하게 되며, 電力系統의 신뢰도 향상과 송전용량 증가를 기할 수 있다.

架空送電線의 用地面積을 축소하고 環境調和를 이루는 새로운 小形送電鐵塔 개발이 필요하다.

絕緣과 環境面에서 새로운 플라스틱 등의 신소재 鐵塔, 암, 礎子, 상간 스페이서 등을 적용하여 送電線을 소형화하는 방안을 검토할 필요가 있다.

나. 地中送電技術

地中送電線은 架空送電線에 비해 건설비가 한

자리수가 높고, 열 방산이 나쁘기 때문에 허용 전류가 제한되어 送電容量이 架空線의 20% 정도인 것, 靜電容量이 커서 送電可能距離가 수 10 km 이내로 짧은 것 등의 결점이 있다. 그러나 대도시권에서 도시환경과 調和面에서 지중화가 요청되어 지중선의 총 길이는 460km에 달하고 있다.

送電容量 및 허용전류 증대의 필요성은 架空送電線의 送電線의 送電容量 增加에 따라 급속히 증가하고 있고, 送電電壓도 345kV가 실용화되고 있다. 허용전류의 增大化도 케이블의 냉각에 의해 研究開發中이고, 물이나 기름에 의한 직접냉각방법도 실험중에 있다.

현재 高電壓用으로 사용되고 있는 케이블은 유침지 絶緣 케이블(OF 케이블)이 주류이지만 最近에는 내전압 특성이 우수하고 送電損失이 적은 플라스틱 필름을 사용한 반합성지(라미네드지)가 실용화되고 있다. 또한 플라스틱을 絶緣物로 하는 가교 폴리에틸렌(CV) 케이블이 실용화되고 있다.

이 플라스틱을 사용한 케이블은 절연성능이 양호하기 때문에 絶緣 두께를 대폭 절감하며, 그 결과 냉각효과도 증가하고, 허용전류가 증가하여 送電容量이 증가하며, 특별한 냉각을 하지 않아도 소요되는 성능을 가질 수 있다.

이 CV 케이블은 구조도 간단하고, 부설도 쉬워서 앞으로의 電力 케이블과 병행하여 SF6 가스 絶緣과 냉각을 겸용하게 하는 판로기중, 送電 케이블이 開發中이지만, 이 技術은 케이블보다도 오히려 變電所에 적용한 가스 絶緣 變電所로서 살리는 것이 좋겠다.

다. 超電導技術

액체질소 溫度領域에서 超電導現象을 나타내는 物質의 발견은 電力輸送分野에도 큰 영향을 주었다. 그러나 그 利用에 대한 대단히 큰 벽을 넘어야 한다. 즉 超電導가 제일 약한 交流 大電流를 고밀도로서 흘릴 필요가 있는 것, 이 때문에 현재의 니오브·티탄으로 극세선화와 導體化·

선재화가 가능한 것(단 이 점에 대하여는 異論이 없는 것은 아님), 강자제하의 큰 임계전류가 얻어지고 또 임계온도도 실용상 액체질소 溫度가 사용가능한 정도의 여유를 가지는 것이 필요하다.

그러나 케이블에 대해서만 생각하면 磁界의 강도가 0.1 테스라 정도이고 선재화 하지 않아도 박막 리본으로서도 실용가능이 기대되고, 高溫 超電導가 전력분야에 사용된다고 하면 케이블이 제일 빠를 것이라고 예측할 수 있다.

만일 高溫 超電導 케이블이 실현되면 그 효과는 극히 현저하여 現用 케이블이 가진 제약은 모두 해제되고, 60kV로 충분한 케이블 계통이 구성되게 된다. 또한 이것은 계통을 구성하는 變壓器, 차단기, 계측기기 등을 모두 60kV 機器로 하는 것이 可能하게 되고, 이 경제적인 이익은 가히 계산할 수 없을 정도이다.

5. 變電技術

34kV, 장래는 765kV를 생각하는 기간 變電所에서 配電變電所까지를 대상으로 한 變電分野에 있어서도 풍요로운 社會, 高度情報化 社會로 진전하는 다양한 변화에 대응하여 변전소의 機能은 질적으로 변화한다고 본다.

電力變換의 高效率化, 電力의 고품질화를 목표한 고신뢰도 시스템화, 게다가 운용, 보수 비용도 가한 綜合費用 최소를 목표로 한 綜合 經濟性의 추구라고 한 종래 機能面에서의 과제에 추가하여, 排熱 유효이용 分散型電源, 電力貯藏設備, 電力系統을 活用한 정보통신 시스템 등 지역사회 시스템, 환경에 조화하는 새로운 기능이 부가되게 하고 있다.

지능변전소라 불리는 未來型變電所는 그 실현이 電磁工學, 재료, 에너지 분야의 첨단 技術開發에 달려 있다고 본다.

가. 變電設備, 機器

최대의 과제인 고신뢰도 시스템화를 設備, 機器에서 보면 機器의 大容量化, 標準化에 의한 신

되성 향상과 예측 保全技術 등에 의한 사고의豫知, 미연방지와 壽命診斷技術이 과제로 된다.

環境 調和面에서는 방재성(특히 지하철 변전소에서는 불연화)과 저소음화의 향상이 과제이다. GIS를 주체로 한 SF6 가스 絶緣 變電所는 대항하는 과제에 대하여 絶緣耐力이 크고 본질적으로 소형으로 될 수 있는 것, 불연성인 것 등 우수한 장점을 갖고 표준화 등에도 대응하기 쉬운 품질을 갖고 있다.

變壓器를 보면 가스 絶緣變壓器는 絶緣材料와 더불어 고전계 絶緣技術의 향상에 의해 300kV 급까지 진전되고 있다. GIS에서는 事故가 발생하는 경우의 위치, 표정이나 복구에 시간이 걸린다. 사고가 일어나기 전에 고장을 예측하여 조치를 하는 것, 즉 豫測保全이 중요하다.

각종 센서를 가진 점검 로봇을 구내에 설치하여 외부상태를 감시하고 각종 高精度 檢出 센서를 GIS 内部에 설치하여 内部狀態를 감시하는 일이 필요하다.

다음으로 광 변성기는 故障電流 파형을 충실히 고속도로 검출하기 때문에 變電所 총합 디지

털화에 있어서 센서로서 결합이 없는 것이 되어야 하겠다.

電力變換의 高效率化 과제는 GIS 小形化와 變壓器 및 直流變換所에서는 변환기의 손실저감이다. 변압기에는 신치리 전자장관이나 냉각기의 가변속 제어가 주로 사용되고 있다. 아몰퍼스 전자장관은 주로 配電分野에 사용되고 있다. 超電導技術은 GIS, 變壓器보다는 電力貯藏裝置 또는 새로운 세라믹 材料를 사용한 한류장치의 실용화검토가 진전되고 있다.

나. 保護·制御 시스템

電力系統이 대규모화하고 사고시나 健全時의 電力統系の 움직임이 복잡화함에 따라 保護·制御 시스템의 역할이 중요하게 되고 있다.

최근에는 계산기 技術의 향상에 따라 廣域 디지털 技術이 적용되게 되었다 그림 1은 變電所 綜合 디지털化 구상의 一例이다.

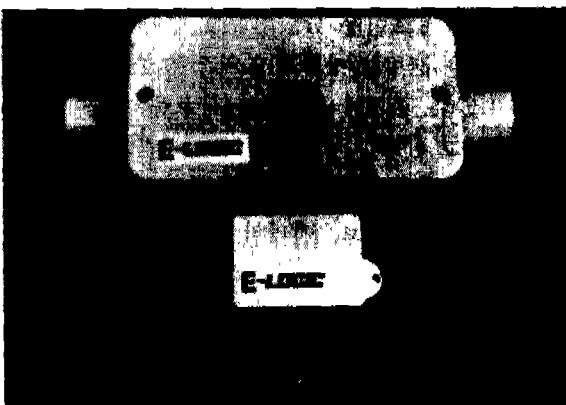
電力系統의 保護·制御·監視·計劃에 필요한 정보가 변전소 구내의 각종 센서에서 디지털化되어 광전송 LAN에 연결된 디지털 保護·制御시

새 技術 새 製品

저렴한 에너지 節約型 모터조절장비

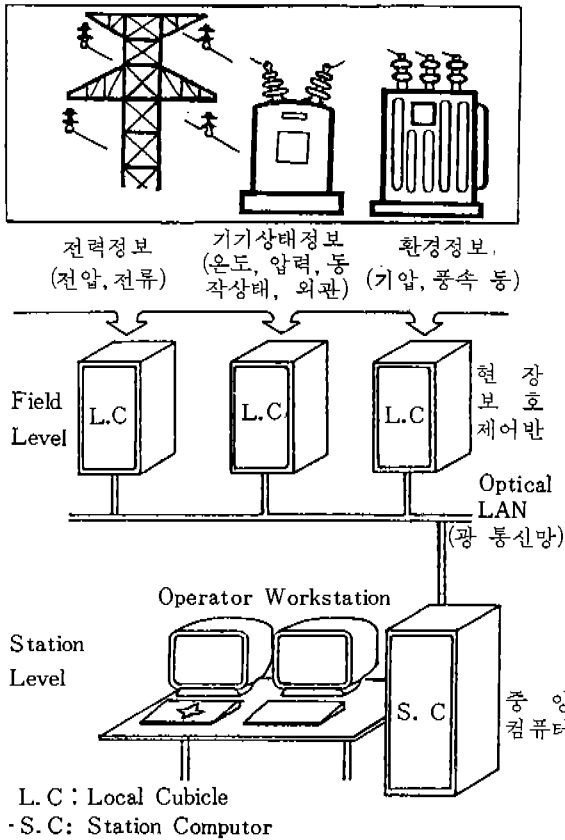
□ 英國産業뉴스 제공

값이 싸고 고성능의 전기 모터 조절장비가 발명되어 전기소비를 상당히 절감하게 되었으며, 모터 수명을 연장시켜 주고 유지보수비도



절감할 수 있게 되었다. E-Logic 모터 조절장비는 교류유도모터로, 전력 공급되는 어떤 장비에도 적합하며, 흔히 산업기계, 펌프, 방직기, 냉동장비, 에어컨장비 등 각종 장비에 적합하다. 이 조절장비는 모터가 회전할 때 전력소모를 감지하여 작동된다. 모터가 약회전할 때 각종 장비에서 흔히 그렇듯이 E-Logic은 자동으로 전력 볼트를 적절히 조절해 주어 적정량의 전력을 공급해 준다. 이 장비로 자기화(磁氣化)로 인한 전력소모를 절감하고 모터의 가열현상을 예방할 수 있다.

다방면의 효과가 전력소모를 상당히 줄여주는데, 보통 15~35% 정도 절감이 가능하다. 한 연구결과에 의하면, 특히 방직기 등에서 전력소모가 54% 정도 절감됨이 증명되었다. 또다른 장점으로는, 이 장비 이용으로 모터가 저온에서 회전하기 때문에 수명이 연장되고 유지보수비가 절감된다. E-Logic 조절기는 각종 용도 및 다양한 모터 크기에 맞게 제품이 생산되며, 모터에 손쉽게 부착 가능하여 이 제품 구입 후 몇개월 후면 전력절감 비용으로 인해 이 장비값을 보상받는다.



(그림 1) 종합 보호제어 시스템 (IDPACS) 구성도

스텝에 傳送된다.

保護制御裝置를 變電所 구내의 옥외에 分散配置하는 것에 의해 제어실의 공간이 적어지고, 보다 세밀한 제어가 가능하다. 각 요소의 기능을 최적으로 배분하여 상호 협조하여 高信賴度인 시스템을 실현할 수 있는 것으로 期待되고 있다.

保護·制御 시스템의 또 하나의 과제는 지능화이다. 電力設備의 기능을 유지하고 보다 안정한 조건에서 運用하는 것은 양질인 전기를 供給하는 것 이상으로 중요하다. 그러나 근년에는 설비의 신형화나 효과적인 안정대책의 실시에 의해 매년 사고건수가 저하하고 있다. 이 때문에 빈도가 적은 사고에 대응이 문제로 되고 있다.

變電所에 있어서 事故對應으로 人工知能 應用 變電所運轉 支援 시스템을 예를 들면, 사고나 장

해가 발생할 때의 繼電器나 차단기의 동작정보 등을 사고상황 전체를 알기 쉽게 집약 정리하여 표시하고, 이들 入力情報에 적합한 사고 케이스를 검색하여 사고발생 장소, 상황, 그리고 운전원이 확인해야 할 사항의 가이드라인을 제공하는 구조를 갖고 있다. 또 사고시의 상황을 모의 입력하여 平常시에 훈련할 수 있는 것 외에 학습기능에 따라 機能이나 擴張性도 있다. 이러한 시스템은 앞으로 사고나 障害時에 상황이 복잡화함에 따라 적절히 판단, 확인하고 냉정한 사고 처리를 행하기 위해 필요한 기능이다.

6. 結 論

電力輸送技術은 21세기를 향하여 현저하게 변혁은 없고, 電力系統의 요청에 대한 新技術 開發을 꾸준히 추진함으로써 충분히 대응하여 나갈 수 있다고 본다. 또한 사회의 요청이 架空送電에서 地中送電線으로 변화하는 것이 시대의 흐름이고, 이것을 系統構成上, 用地 確保上의 제약에서 어떻게 극복하여 실현하는가가 큰 과제이다.

超電導 케이블의 실용화는 이 문제해결에 큰 기대를 모으고 있다. 變電所의 역할은 당초의 電壓變換만에 있지 않고, 電力系統運用 제어의 Key-Station으로서의 위치를 가지고 더욱이 지역의 에너지와 정보를 지배하는 공동 센터로서 앞으로 큰 변모를 해 나가며 발전하는 것이 예상된다.

超高压 電壓格에 따른 大電力 輸送은 지역간 電力需給 不均衡을 해소할 것이며 器機의 絶緣設計, 鐵塔의 풍압, 氷설해 設計技術의 발전을 기대하며 중전기기 國產化에도 기여할 것이다.

그동안 電源設備 確保에만 치중한 결과로 포화상태가 된 送變電 設備의 확장에 신경을 써야 할때다. 이렇게 함으로써 보다 안정되고 신뢰성 있는 高品質의 電力 輸送이 可能하다고 생각된다.