

2000年代를 향한 送變電設備 확충 전망

Prospects for the Expansion of Transmission
& Substation Facilities in the 2000s

申 祥 均

韓電 電源計劃處 系統計劃部長

1. 서 언

1960년대초 우리나라의 송전 기간 계통 및 송변전 시설규모는 아주 미약한 실정이었으나 국가의 경제개발계획과 더불어 전력수요의 증대에 따라 우리나라 발전설비의 증대는 물론 송변전 설비규모도 대폭적으로 증대되어 왔다.

우리나라의 기간 송전계통은 70년대 초반까지 154kV 송전계통으로 점차 확장되었으나 1976년 345kV 초고압계통이 운전 개시된 이래 초고압 송변전 설비확장은 154kV 송변전 설비와 함께 계속 확장되어 왔다.

그러나 향후 경인지역의 부하는 전국 수요의 40% 이상을 차지하는 반면, 전원설비는 남부지역에 치중되어 있을 뿐 아니라 발전기 단위용량의 대형화 및 단위발전소 시설용량 규모의 증대에 기인한 지역간 유통전력은 지속적으로 증가될 전망이며 이에 따라 지역간 전력유통 및 지역내 전력공급을 위한 송변전 설비는 끊임없이 확충되어야 할 전망이다.

따라서 이러한 송변전설비 확장에 따른 송전선로 경과지 확보 및 변전소 부지 확보는 물론 송변전 투자비 재원 마련이 우리 공사의 당면과제로 대두되고 있는 이 시점에서 우리나라 송변전 설비의 확장 실적을 살펴보고 2000년대를 향한 송변전설비 확충에 관하여 전망하고자 한다.

2. 우리나라 송변전설비 확충 실적

가. 154kV 이하 송변전설비 확충

1961년 3사 통합당시 우리나라의 송전계통은 경인-충부-영남지역을 연결하는 154kV 송전선이 중요간선이었으며 여기에 주요 발전소 및 변전소들이 연결되고 다시 전력수요의 중심지인 중소도시 변전소와 대구 수용가를 향하여 하위 계통으로 66kV와 22kV 송변전설비 등이 방사상으로 펼쳐나간 아주 단순하고 미약한 실정이었다.

1960년대 초까지 송전계통은 공급력 확보를 위한 66kV 송전계통을 다소 확장하는데 머물렀

으나 국가경제의 지속적인 성장과 산업화의 본격적 태동기에 접어든 1960년대 후반에 들어서 154kV 송전선의 지역적 환상계통 구성과 154/22.9kV 배전용 변전설비의 도입으로 급증하는 대도시 수요 및 신규공업지역 수요에 대처하는 등 송변전 설비의 확충에 진전을 보였으며 또한 지역간 전력 유통 규모의 증대에 대비하여 354kV 초고압 기간 송전계통 구성을 위해 본격적인 검토를 시작하게 되었다.

1970년대에 이르러 154kV 송전계통은 전국에 걸친 강력한 환상계통망으로 확장되었고 154/22.9kV 변전설비의 전국적인 확충과 66kV 계통의 확충 억제에 따라 송배전 전압계층은 획기적 단순화를 이룩하게 되었다.

한편, 대도시 중심부에 있어서는 154kV 지중 송전 계통이 계속 확장되었으며 1980년에는 국내 최초의 GIS 변전소인 부산변전소가 준공됨으로써 도심지의 송변전시설 용지 확보난의 해소 및 신기술도입의 전환기에 접어들게 되었고 1989년까지 154kV 이하 송변전시설 확충 실적을 보면 표 1과 같다.

나. 345kV 초고압 송변전설비 확충

우리나라의 기간 송전계통은 154kV 전압으로 구성되어 있었으나 지속적인 경제발전과 농어촌 전화사업 추진 및 국민생활 수준의 급격한 향상에 기인한 전력수요 증가에 따라 발전소의 단위기 용량 증대, 단위 발전소의 시설용량 증대는 물론 계통규모도 본격적 확장이 불가피하게 됨으로써 1976년 10월에 345kV 초고압 계통이 운전 개시되기에 이르렀다.

345kV 초고압 송전선로의 전선규격은 ACSR 480² × 2 Bundle이었고 345/154kV 주변압기는 500MVA (1 ϕ , 100/133/166MVA)용량으로 설치되었다.

이러한 345kV 초고압 송변전사업이 확장됨에 따라 지역간 초고압 연계계통이 구성되어 전력 공급능력 및 계통신뢰도를 획기적으로 향상시키게 되었으며 확장내역을 살펴 보면 다음과 같다.

〈표 1〉 154kV 이하 송변전설비 확충 실적

○송전설비 추이

연도	회 선 공 장 (C-km)			
	154kV	66kV	22kV	계
1961	606	1,778	2,854	5,237
1966	767	2,522	2,788	6,077
1971	1,600	2,947	2,636	7,183
1976	4,211	4,124	686	9,021
1981	6,381	4,483	98	10,962
1986	8,497	4,389	12	12,898
1989	9,831	4,118	12	13,961

○변전설비 추이

연도	변 전 설 비 용 량 (MVA)			
	154kV	66kV	22kV	계
1961	373	519	317	1,209
1966	668	902	367	1,937
1971	2,540	1,266	603	4,409
1976	4,671	2,075	882	7,628
1981	10,997	2,209	755	13,961
1986	18,259	2,207	527	20,993
1989	24,173	2,201	572	27,486

1983년 우리나라 최초로 신옥천-서대구-신울산-북부산-신마산-신남원-신옥천을 연결하는 초고압 환상망 계통이 구성되었으며 이어서 서서울-동서울-신옥천-청양-서서울의 또 다른 환상망선로가 1984년에 구성됨으로써 경인지역과 영남지역이 「8」자형 Loop로 연결되었으며 여기에 고리원자력 #5, 6호기가 준공되어 서대구-신포항-고리원자력(5, 6호)-신양산-북부산-신울산-서대구의 영남지역내 Loop가 구성되었다.

1986년에는 신광주, 동해, 의정부 변전소 및 신계천-동해, 영광-청양 송전선이 건설되었고 그 후 1988년까지 신영주개폐소, 신인천변전소 및 신계천-신포항, 울진-동해, 울진-신영주 송전선이 준공됨으로써 전국적인 345kV 초고압 환상 계통망이 구성되었으며 1989년말까지 초

고압 송변전설비 현황은 표 2와 같다.

한편 송전용량 증대를 위하여 1979년 이후에 준공되는 송전선 규격은 종래 ACSR 480°× 2 Bundle에서 ACSR 480°× 4 Bundle로 대형화 하였으며 동해 T/L은 선로 경과지가 산악 다설 지구로써 종래 사용되던 Rail 전선과 전류용량은 대차 없으나 인장강도가 Rail보다 훨씬 높은 Cardinal 전선을 국내 최초로 사용하였다.

변전설비도 초기에는 육외 철구형으로 건설하였으나 변전소부지 면적의 축소, 오염에 의한 절연내력 열화방지, 주의환경과 조화 등을 고려하여 1984년도에 준공된 의정부 변전소를 시작으로 도시 인근 지역에는 축소형 육외 GIS변전소 건설이 점차 증가되고 있는 실정이다. 또한 345kV 초고압 제동과 도심지 지중케이블의 지속적인 확충에 따라 평상시 심야를 포함한 경부하시에 계통전압이 정격전압을 초과하게 되므로 이를 억제하기 위하여 1980년부터 345kV 변압기 3차 권선에 분로 리액터를 설치하기 시작하였으며 1989년말 현재 분로 리액터 설치량은

2,340 MVAR로 증가되었다.

3. 향후 계통계획 수립 여건

가. 지역간 유통전력 증대

일반적으로 변전소는 부하 중심지에 건설하는 것이 가장 이상적이지만 현실적으로 부하 중심지에는 발전소 건설입지 확보가 어려울 뿐 아니라 제반 공해대책이 수반되기 때문에 발전소 건설이 어려운 실정이다.

향후 우리나라 발전소 건설 입지후보지를 살펴보면 원자력 발전소 입지는 동해안(덕산, 산포, 직산)과 서남해안(송공, 외립, 신리, 비봉장계, 이목)에 편중되어 있으며 유연탄화력 발전소 입지는 주로 중부지역(태안, 당진, 가곡리, 독곶리, 황금도, 송학도 등)에 집중되어 있는 반면 전력 수요는 경인지역과 영남지역에 집중되어 있다.

또한 부하중심지역(경인, 영남)의 기존 발전설비는 점차 가속적으로 폐지될 계획이고 부하의 지역별 편재 현상은 더욱 심화될 전망이다므로 지역간 유통전력은 급속도로 증대될 전망이며 지역간 전력유통을 위한 송전선로는 계속 확충될 전망이다.

나. 계통 특성의 악화

국민 생활수준의 향상에 따른 부하율 저하가 예상되며 여름철 냉방부하의 지속적인 증가에 의한 계통역률 저하가 예상되기 때문에 최근 몇 년간 경인지역에 나타난 바와 같이 여름철 최대 부하 발생 시기에 저전압 현상이 예상된다.

이에 따른 계통 안정도가 저하될 우려가 많으며 전력계통 규모의 증대에 따른 각 변전소 단락용량 증대가 예상되기 때문에 계통안정도 향상 및 단락용량 감소에 관한 구체적인 대책이 연구접토되어야 할 사항이다.

다. 송변전설비 투자비 급증

그동안 우리나라의 전력사업은 공급력에 대한

〈표 2〉 345kV 초고압 송변전설비 확충, 실적

구분 연도	송 전 설 비		변 전 설 비	
	회선공장 (C - km)	지지물 (기수)	변전소수	설비용량 (MVA)
1976	391	1,002	2	1,167
1977	738	1,432	3	1,667
1978	1,348	1,835	4	2,067
1979	1,636	2,081	7	5,333
1980	2,044	2,633	7	6,333
1981	2,097	2,706	8	7,333
1982	2,437	3,174	10	8,667
1983	2,713	3,588	10	9,667
1984	3,180	4,271	13	11,669
1985	3,669	4,945	14	13,503
1986	4,203	5,722	16	15,336
1987	4,738	6,441	16	16,336
1988	4,924	6,701	18	18,670
1989	4,936	6,717	18	18,670

과부족 현상의 반복으로 수요충족을 위한 전원 개발에 치중함으로써 전력수송 부문의 현대화를 위한 시설 투자는 상대적으로 미흡했던 것이 사실이며, 향후 도심지역 및 공단지역의 송변전시설 확충에 있어서 가공 송전선 건설과 옥외변전소 건설이 불가능함에 따라 지중 케이블 건설과 옥내 GIS변전소 건설은 물론 앞으로는 도심지에 345kV 초고압 변전소 건설이 수반되므로 송변전 투자비가 급속히 증가될 전망이다 또한 송변전 계통운영의 자동화, 수용가의 전기품질 향상 욕구 증대, 송변전 시설을 위한 지가의 지속적인 상승, 그리고 환경대책비의 증가에 따른 송변전 투자비가 급속히 증가될 전망이다.

라. 송전선로 경과지 및 변전소부지 확보난 가중

우리 사회의 민주화와 지가 상승으로 인한 주민들의 의식이 급속히 변화함으로써 송전선로 경과지와 변전소 부지확보에 관련된 많은 민원 사항의 발생은 전국적인 현상이며 송전선로 경과지와 변전소 건설부지의 한정, 즉 국토이용의 한정이 향후 송변전설비 확충을 더욱 어렵게 만들 것이 예상되며 이러한 여건변화에 따라 송변전 사업추진에 장기간이 소요되는 점 등을 감안할 때 제반 문제점들을 해결하기 위한 종합적인 대책수립이 필요하다.

4. 2000년대 송변전설비 확충 전망

가. 초고압 전압 격상

향후 우리나라의 발전소 건설은 원자력과 유연탄화력이 주종을 이루게 되며 이러한 발전소 건설을 위한 신규 입지는 동해안이나 서남해안에 위치하고 있을 뿐아니라 부하 중심지는 경인지역과 영남지역으로서 전원입지는 원격화 및 대용량화 되고 지역간 응통전력을 위한 장거리 대전력 수송이 불가피함은 물론 송전선로 경과지 확보의 어려움을 감안할 때 국토의 효율적

이용과 장래 계통구성의 합리성 추구면에서 초고압 전압격상의 필요성이 대두되고 있는 실정이다.

한편 격상전압은 외국의 사례를 살펴볼 때 최고운전 전압이 500kV 인 일본의 경우는 500kV → 1,000kV 로, 400kV 인 스웨덴, 프랑스의 경우는 400kV → 800kV 로, 345kV 인 미국의 경우는 345kV → 765kV → 1,500kV 로 격상되는 추세이다.

따라서 초고압 전압 격상은 향후 수십년 이후의 지역수요와 대용량 원자력, 유연탄 발전소 건설 입지전망의 불확실성 때문에 가장 경제적인 격상시기 및 격상전압 결정에 어려움이 있으나 장기적인 측면에서 지역간 전력수급 불균형 해소를 위한 방안으로 초고압 전압격상에 대한 경제성 검토와 설비특성 및 전력계통 특성 등 기술적검토가 현재 진행중에 있으며 조만간 초고압 전압격상 여부 및 적정격상 전압이 결정될 전망이다.

나. 송변전 설비의 대용량화

2000년대의 대전력 수송, 대단위 발전소 인출 및 전력분배 능력향상을 위하여는 기존 송변전설비 규격의 대용량화가 요구되는 바, 345kV 초고압 송전선로 선종은 현재 ACSR 480° × 4 Bundle에서 도체 단면적 증대 (TACSR 810°, TACSR 1520° 등) 및 도체 Bundle수를 증가시킬 필요가 있으며 345kV 초고압 변전소 변압기 1 Bank당 용량도 부하밀집 지역에 있어서는 기존 500MVA에서 대용량화함은 물론 한 변전소에 변압기 설치 대수도 3 Bank에서 4 Bank로 증가시킬 필요가 있다.

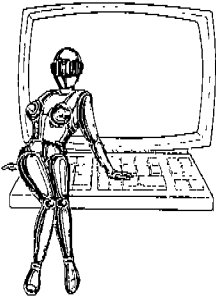
또한 154kV 가공 송전선로는 종래 ACSR240, ACSR 330°, ACSR 410°로 건설하던 것을 ACSR 410° × 2 Bundle로, 지중송전 케이블도 600°, 1,200°에서 2000° × 2 Bundle로 건설될 전망이며 154/22.9kV 배전용 변전소의 변압기 용량도 기존 45/60MVA × 3대 정도에서 100 / 130MVA × 4대 설치로 배전 변전소의 공급능력 및 신뢰도 향상에 크게 기여할 것이다.

다. 도심지 송변전설비의 지중화 및 옥내화

산업의 발전, 생활수준의 향상에 따라 도시 전력수요는 계속 증가할 전망이다. 이러한 도심 전력공급을 위한 지중 송전선로 및 옥내변전소 건설은 막대한 설비 투자비가 수반되나 도심지 전력공급능력 확보 및 전력공급 신뢰도 향상, 인축사고의 위험 및 시설보안, 유지보수 곤란 등의 제반 문제점 해결, 도시환경의 미화 등을 위

해 향후 지속적으로 추진할 계획이다.

한편 지금까지는 154kV 송변전설비의 지중화, 옥내화에 주력하였으나 2000년대에는 도심지에 345kV 변전소 및 지중 케이블 건설이 확장될 전망이다. 서울 도심지역에 345kV 왕십리, 당인리, 영등포 변전소, 인천 도심지역에 345kV 신부평 변전소 그리고 부산 도심지역에는 345kV 남부산 변전소가 건설될 계획이다.



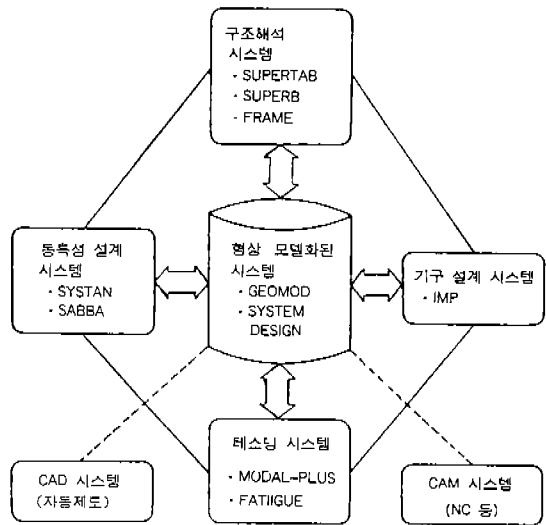
CAE(Computer Aided Engineering)

설계나 생산에서의 공학적인 검토 등에 컴퓨터를 사용하는 것의 총칭. 「시에이이」로 발음한다. 설계 작업의 상류 부분에 중점을 두는 일이 많다.

1977년경부터 미국의 SDRC사 (Structural Dynamics Research Corporation)가 제창한 수법이지만 현재로서는 CAD나 CAM과 동일하게 보통명사로서 사용되고 있다. 기본적인 사고방식은 컴퓨터 위에 구축된 제품 모델에 의해 최대한으로 시뮬레이션을 하고 성능 평가와 설계의 개선을 도모해서 시작(試作) 회수를 가급적 감소시키려는 것이다. SDRC사의 시스템은 기계계의 제품설계용으로 만들어져 있고, 그림에 표시하는 것과 같은 소프트웨어 구성으로 되어 있다. 즉 시스템의 중앙에 설계 대상의 형상 모델을 생성하는 형상 모델링 기능과 데이터 베이스가 있고, 다른 4개의 해석 시스템과 CAD, CAM에 연결되어 있다.

GEOMOD은 3차원 솔리드·모델에 의한 부품의 형상 설계 프로그램으로서 SYSTEM DESIGN은 부품을 전 체계로 조립해가는 프로그램이다. 동작 시퀀스나 애니메이션 표시의 기능도 있다. 구조 해석 시스템에는 프리/포스트·프로세서의 SUPER-TAB, 범용 유한 요소법 해석 프로그램의 SUPER, 범용 골조 구조 해석 프로그램의 FRAME이 있다.

동특성 설계 시스템은 CAE의 세일스 포인트로서 빌딩·블록법에 의한 진동 해석을 하는 것이다. 소프트웨어에는 대화형으로 고유값 해석이나 응답 해석을 하는 SYSTAN, 기존 제품의 트러블을 시뮬레이션으로 해결하는 SABBA가 있다.



용어해설

메카트로닉스 기초 이해를 위한

라. 무효전력 보상설비 확충

전력계통에 있어서 규정전압 유지는 주로 진상 무효전력과 지상 무효 전력 수급상태에 따라 결정되어지는 바, 여름철 최대부하 발생시기에는 냉방 부하의 급증에 따른 역률저하에 의한 저전압 현상 방지를 위하여 전력용 콘덴서(S.C)의 용량 증대가 예상된다.

따라서 전력용 콘덴서는 지금까지 66kV용과 22kV용이 주종을 이루어 왔으나 도심 변전소의 조상설비 설치공간 확보에 문제점이 대두되므로 2000년대에는 154kV급 대용량 전력용 콘덴서가 설치될 전망이다.

또한 초고압 계통과 도심지 154kV 지중 케이블 계통뿐 아니라 345kV 지중 케이블의 확충에 따라 심야 경부하시 전압 상승을 억제하기 위하여 분로 리액터(Sh. R) 설치량은 급속히 증가되어야 하며 기존 분로 리액터 규격은 22kV 급이었으나 2000년대에는 154kV 급 또는 345kV 급 대용량 분로 리액터가 설치될 전망이다.

한편 전력계통 규모가 크면 클수록 동경이나 뉴욕 대정전 사고 같은 위험성이 상존하므로 이를 억제하기 위하여는 송변전 설비사고나 하계 냉방부하 급증시 무효전력 제어의 속응성이 요구되는 바 전력계통 안정도 향상을 위한 SVC(Static Var Compensator)가 도입될 전망이다.

마. 직류송전(HVDC) 기술 도입

직류송전은 장거리 대전력 수송, 대전력의 부하밀집지역 공급, 전력계통의 안정도 향상, 비동기 계통연계 등에 유리한 방식이므로 원거리 도서지역 전력공급 및 국가간 전력계통 연계에 직류송전방식이 주로 채택되고 있으며 선진 외국 특히 북미지역 및 유럽지역에서는 도서-육지간 및 국가간의 전력유통에 오래전부터 실용화되고 있는 바, 그 설비는 점차 증가되고 있는 추세이다.

따라서 우리나라에서도 제주도의 급증하는 전

력수요에 대한 안정적 전력공급과 저렴한 육지 전력을 공급함으로써 고발전원가로 인한 전력사업의 수지적자를 개선함은 물론 제주도의 공해방지 및 환경개선을 위해 제주-육지간 고압 직류 해저 케이블의 설치에 대하여 적극적으로 검토중에 있다.

이러한 직류송전에 관한 신기술을 도입함으로써 향후 한-일간 및 한-중공간 등의 계통연계에 의한 전력유통의 국제화와 전기 에너지 수출입에 대비해야 할 필요성이 있으며 이를 위하여는 적절한 수준의 직류송전 기술축적이 조속히 확립되어야 할 것이다.

5. 결 론

이상에서 언급한 바와 같이 2000년대 우리나라의 송변전설비는 지금보다 훨씬 복잡하고 그 규모가 엄청나게 확장될 전망이며 향후 원자력 및 유연탄발전소 입지 제약 등으로 지역간 유통 전력 증대에 의한 송전선로 경과지 확보난, 고장전류 증대 억제 등을 위하여 초고압 전압격상은 불가피한 실정이다.

한편 생활수준 향상으로 인한 여름철 냉방부하 증가에 따른 저전압 현상을 방지하고 심야부하시 전압상승 억제를 위한 무효전력 제어설비의 확충과 장거리 전력수송을 위한 직류송전(HVDC)과 같은 신기술이 도입될 전망이며, 다상송전방식도 연구 검토 대상이 된다.

그러나 송전선로 경과지 및 변전소 부지의 확보, 송변전 설비 확충에 소요되는 막대한 투자재원의 확보, 수용가의 전기품질향상 욕구증대 그리고 전력생산 및 유통, 공급에 따르는 모든 설비가 국민의 생활공간에 불가피하게 설치되어야 함에 따른 많은 민원사항의 발생 등 향후 전력사업에 대한 제반 여건이 더욱 어려워 것으로 예상되는 바, 국민의 이해와 합의를 얻기 위한 홍보활동을 강화함은 물론 2000년대 송변전설비 확충을 위한 기술적, 경제적 타당성 및 다각적인 장기대책을 세워 추진해 나아가야 할 것이다.