

전원계획



우리나라 전력계통의 장기전망 및 대책

김 인 섭 한국전력공사 전원계획처 계통계획부장

1. 서 론

우리나라 최대 전력수요는 '96년 8월말 현재 32,282MW를 기록하였고 2000년도에는 43,559MW, 2010년도에는 현재 수요의 약 2배 수준인 65,642MW가 될 것으로 전망된다.

또 2010년 이후는 전력수요 증가율이 크게 낮아지지만 2030년대에는 현재수요의 약 3배 수준인 90,000MW 규모 까지 늘어날 것으로 전망된다.

이와 같이 우리의 전력수요잠재력은 선진국에 비해 무한한 반면 전기품질 욕구수준과 전력설비에 대한 환경단체 및 지역주민의 부정적 시각 등 전력사업 추진여건은 이미 한계수요에 도달해 있는 선진국 수준에 이르고 있어 향후 설비 확충이 갈수록 어려워질 전망이다.

또한, 수요중심지에 근접할수록 가중되는 전원입지확보난으로 발전단지 는 수요중심지로부터 점점 멀어지고 있으며 발전소입지 규모도 대용량화되는 추세에 있다. 특히, 이러한 추세는 기저성 전원인 원자력발전소와 유연탄발전소가 LNG, 유류발전소에 비해 안전성 및 공해문제 관계로 훨씬 심각한 수준에 도달해 있다.

이와 같이 기저성 대규모 전원이 수요지로부터 멀어짐에 따라 수반되는 송전선로 경과지의 확보난 등을 해소하기 위

해 765kV 격상사업을 추진중에 있는 것이며, 이러한 격상사업과 기타 송변전설비 확충에 대한 이해증진을 위하여 향후 우리나라 전력계통의 나아갈 방향과 문제점에 대해 기술하고자 한다.

2. 전력수급전망

80년대 초중반 비교적 낮은 성장률 유지하던 우리나라 최대전력수요는 '86년 아시안 게임과 '88년 올림픽을 치르면서 다시 매년 10% 이상의 고도성장을 지속하고 있으며 '94년부터는 냉방부하 급증 등으로 성장추세가 더욱 가속되어 '94년 20%, '95년 12%의 경이적인 수요증가율을 기록하였다.

장기적으로 우리나라의 최대전력수요 및 발전시설용량은 표 1의 장기전력수급계획에서 알 수 있듯이 2010년 기준 65,642MW와 78,201MW로 늘어나며 향후 발전설비 예비율은 19~20% 수준을 유지하도록 하고 있다.

지역별 수요전망은 표 2에서 알 수 있듯이 현재 전국수요의 45% 수준인 경인지역은 43% 수준으로 낮아지는 반면 중부 및 호남지역 수요는 크게 늘어날 것으로 전망된다.

전원계획

현재의 전원입지 확보여건을 고려한 지역별, 주요입지별 발전소 건설전망을 살펴보면 표 3과 같으며 이 표에서 알

수 있는 바와 같이 수도권에 위치한 영흥도 및 석모도에 각각 10,000MW 규모의 신규전원 추가가 예상된다.

지역별로 공급력과 수요를 감안한 수급을 살펴보면 표 4와 같으며 여기서 알 수 있듯이 경인지역 부족전력은 영흥도와 석모도에 대단위 신규전원이 추진됨에도 불구하고 1996년 4,100MW에서 2010년에는 11,200MW 정도로 늘어나는 반면 영동 및 호남지역은 공급력이 크게 늘어나 경인지역에 대한 주된 전원공급단지 역할을 할 것으로 전망된다.

〈표 1〉 장기전력 수급계획

| 연도 | 최대수요 (MW) | 시설용량 (MW) | 살비예비율 (%) |
|------|-----------|-----------|-----------|
| 1996 | 32,603 | 35,723 | 9.6 |
| 1997 | 35,482 | 39,945 | 12.6 |
| 1998 | 38,388 | 45,546 | 18.6 |
| 1999 | 41,032 | 49,179 | 19.9 |
| 2000 | 43,559 | 51,955 | 19.3 |
| 2001 | 46,115 | 55,005 | 19.3 |
| 2002 | 48,668 | 57,766 | 18.7 |
| 2003 | 51,099 | 60,916 | 19.2 |
| 2004 | 53,430 | 63,833 | 19.5 |
| 2005 | 55,666 | 66,183 | 18.9 |
| 2006 | 57,717 | 68,963 | 19.5 |
| 2007 | 59,797 | 71,213 | 19.1 |
| 2008 | 61,823 | 73,638 | 19.1 |
| 2009 | 63,776 | 76,301 | 19.6 |
| 2010 | 65,642 | 78,201 | 19.1 |

〈표 4〉 지역별 장기 전력수급전망

(단위 : MW)

| 지역 | 경인 | 영동 | 중부 | 호남 | 영남 | |
|------|-----|---------|-------|--------|-------|--------|
| 1996 | 공급력 | 9,918 | 2,851 | 4,176 | 5,130 | 8,821 |
| | 수요 | 13,978 | 1,536 | 3,456 | 2,039 | 9,887 |
| | 과부족 | -4,060 | 1,315 | 720 | 3,091 | -1,066 |
| 2000 | 공급력 | 9,917 | 4,518 | 7,571 | 7,715 | 12,207 |
| | 수요 | 18,261 | 2,111 | 5,216 | 2,962 | 12,778 |
| | 과부족 | -8,344 | 2,407 | 2,355 | 4,153 | -571 |
| 2005 | 공급력 | 12,965 | 6,990 | 9,203 | 9,935 | 13,661 |
| | 수요 | 22,580 | 2,546 | 7,261 | 3,910 | 16,457 |
| | 과부족 | -9,615 | 4,444 | 1,942 | 6,025 | -2,796 |
| 2010 | 공급력 | 15,612 | 9,139 | 10,158 | 9,742 | 17,578 |
| | 수요 | 26,773 | 2,835 | 8,446 | 4,637 | 19,538 |
| | 과부족 | -11,161 | 6,304 | 1,712 | 5,105 | -1,960 |

〈표 2〉 지역별 전력 수요전망

(단위 : MW)

| 연도 | 전국 최대부하 (MW) | 발전소 손대소비 및 계통손실 (MW) | 공급단 최대부하(MW) | | | | | |
|------|--------------|----------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| | | | 경인 | 영동 | 중부 | 호남 | 영남 | 계 |
| 1996 | 32,603 | 1,707 | 13,978 (45.2) | 1,536 (5.0) | 3,456 (11.2) | 2,039 (6.6) | 9,887 (32.0) | 30,896 (100) |
| 2000 | 43,559 | 2,231 | 18,261 (44.2) | 2,111 (5.1) | 5,216 (12.6) | 2,962 (7.2) | 12,778 (30.9) | 41,328 (100) |
| 2005 | 55,666 | 2,912 | 22,580 (42.8) | 2,546 (4.8) | 7,261 (13.8) | 3,910 (7.4) | 16,457 (31.2) | 52,754 (100) |
| 2010 | 65,642 | 3,413 | 26,773 (43.0) | 2,835 (4.6) | 8,446 (13.6) | 4,637 (7.4) | 19,538 (31.4) | 62,229 (100) |

※ ()는 지역별 % 점유율

〈표 3〉 지역별 입지별 발전소 건설전망

| 지역 | 입지명 | 원별 | 건설규모(MW) | | | | | | | | 최종건설가능규모 |
|----|-------------------|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| | | | 1996 | 1998 | 2000 | 2002 | 2004 | 2006 | 2008 | 2010 | |
| 경인 | 영흥도 서인천 석모도 | 유연탄 | 0 | 0 | 0 | 1,600 | 3,200 | 3,200 | 3,200 | 3,200 | 10,000 |
| | | LNG | 3,080 | 3,680 | 3,680 | 4,130 | 4,130 | 4,130 | 4,130 | 4,130 | 5,000 |
| | | LNG | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,350 | 2,700 | 12,000 |
| 중부 | 보령 군대당 | 유연탄 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 6,000 |
| | | LNG | 0 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 1,800 | 2,000 |
| | | 유연탄 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,600 | 1,600 | 1,600 | 3,000 |
| | | 유연탄 안진 | 1,000 | 2,000 | 2,000 | 2,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 6,000 |
| 영동 | 울진 동해북부 | 유연탄 | 1,900 | 2,900 | 3,900 | 3,900 | 5,900 | 5,900 | 5,900 | 5,900 | 5,900 |
| | | 원자력 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,300 | 2,600 | 5,200 |
| | | 원자력 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 호남 | 하영 | 유연탄 | 0 | 1,500 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 |
| | | 원자력 | 3,900 | 3,900 | 3,900 | 5,900 | 5,900 | 5,900 | 5,900 | 5,900 | 5,900 |
| 영남 | 삼천포 고리 월성 | 유연탄 | 2,240 | 3,240 | 3,240 | 3,240 | 3,240 | 3,240 | 3,240 | 3,240 | 3,240 |
| | | 원자력 | 3,137 | 3,137 | 3,137 | 3,137 | 3,317 | 3,137 | 5,737 | 5,150 | 7,750 |
| | | 원자력 | 679 | 2,079 | 2,779 | 2,779 | 2,779 | 4,779 | 4,779 | 6,799 | 6,779 |

전원계획

3. 향후 전력계통특성 전망 및 대책

가. 계통고장전류 증대

우리나라 전력계통규모는 345kV 계통 운전초기인 1976년에는 발전설비가 4,800MW에 불과했으나 1995년말 현재 31,800MW로 늘어났으며 2010년에는 78,700MW규모로 1976년에 비하여 16배 이상 증가할 전망이다.

이러한 발전설비의 급증과 지중케이블의 확대 및 계통의 다중연계 등에 따라 계통고장전류는 급속히 늘어나고 있다.

향후 고장전류 증가정도를 살펴보면 LOOP운전되고 있는 현 계통을 가급적 분리하여 계통고장전류 증가를 억제한다 하여도 표 5에서 알 수 있듯이 고장전류가 매년 지속적으로 늘어나고 있다.

즉, 2010년에는 전체 변전소 중 345kV 변전소는 44%, 154kV 변전소는 48%가 각각 40kA 및 31.5kV를 초과하고 있으며 2010년 이후에는 345kV 모선의 평균고장전류가 차단기 규격치인 40kA에 육박할 것으로 전망된다.

지역적으로 살펴보면 경인 및 영남지역에 고장전류가 차단기 차단전류를 초과하는 개소가 집중되고 있다.

고장전류 억제대책으로는 발전소의 Step-Up Tr 임피던스를 최대 18%까지 올리도록 하며 2001년 이후 신설되는 초고압변전소에 대해서는 15%의 고임피던스 변압기를 설치할 계획이다.

또한 양계통으로 연결되어 있는 대단위 발전단지의 345kV모선을 공급력 확보에 지장이 없는 한 분리운전토록 하며 154kV 계통도 가급적 2개 정도의 345kV변전소 단위로 분리토록 하는 등 계통분리 또는 모선분리를 지속적으로 추진함과 아울러 고장전류가 기기정격을 초과하는 개소에 대해 345kV는 63kA 차단기로, 154kV는 50kA 또는 63kA 차단기로 교체할 계획이다.

초장기적으로는 선로용량은 충분하나 계통조류가 적은 개소에 AC-DC-AC의 Back-to-Back 변환소 설치와 한류리액터 설치 등도 적극 고려하고 있다.

나. 계통전압유지

최근 정밀기기의 보급확대로 규정전압유지 등 고품질 전력공급에 대한 국민욕구가 날이 갈수록 증대하고 있다. 이러한 사회적요구에 부응하기 위하여 여러 가지 전압유지 대책을 추진중에 있으나 중부하시에는 저역률 냉방설비 등 악성 부하 증가에 따라 대도시 계통의 전압강하 현상이 나타나고 있는 반면 경부하시에는 지중케이블 및 초고압 송전선의 지속적 증가에 따른 계통전압의 과도한 상승이 우려되고 있다.

특히, '96년 양주-당인리간 345kV 지중 Cable이 국내 최초로 운전되는데 이어 2010년까지 총 545C-km의 345kV 지중Cable이 운전될 계획이고 765kV 격상송전선도 2001년 신서산-신안성T/L 운전을 시작으로 2010년까지 총 1,894C-km가 운전될 예정이다. 이에 따라 선로충전용량의 급속한 증가로 경부하시 과도한 전압상승이 예상되고 있다.

이러한 설비계층의 다양화 및 악성부하의 증가에 따른 전압의 급강하 또는 급상승은 설비 수명을 단축함은 물론 전압불안정에 의한 계통 붕괴 가능성도 배제할 수 없으며 고객에 대한

〈표 5〉 연도별 지역별 고장전류 전망

| 전압 | 지역 | 1996년 | | 2000년 | | 2005년 | | 2010년 | |
|-------|----|-------------|----------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | | 평균고장전류 (kA) | 초과 모선 | 평균고장전류 (kA) | 초과 모선 | 평균고장전류 (kA) | 초과 모선 | 평균고장전류 (kA) | 초과 모선 |
| 345kV | 경인 | 29.6 | 0 | 36.1 | 5 | 42.2 | 17 | 47.0 | 22 |
| | 영동 | 20.4 | 0 | 28.3 | 0 | 33.8 | 2 | 35.5 | 2 |
| | 중부 | 26.3 | 0 | 33.1 | 2 | 33.8 | 4 | 35.0 | 5 |
| | 호남 | 20.6 | 0 | 25.9 | 0 | 34.0 | 2 | 33.5 | 2 |
| | 영남 | 26.1 | 0 | 35.1 | 3 | 35.8 | 6 | 42.3 | 14 |
| | 전국 | 24.6 | 0 (0) | 31.7 | 8 (13.8) | 35.9 | 31 (43.6) | 38.7 | 45 (43.6) |
| 154kV | 경인 | 23.6 | 14 | 46.9 | 148 | 61.5 | 213 | 64.1 | 234 |
| | 영동 | 13.5 | 0 | 16.1 | 1 | 17.6 | 3 | 19.5 | 6 |
| | 중부 | 13.9 | 1 | 23.6 | 5 | 27.0 | 18 | 29.2 | 21 |
| | 호남 | 13.1 | 0 | 17.2 | 1 | 23.6 | 11 | 24.0 | 13 |
| | 영남 | 20.6 | 10 | 31.1 | 58 | 33.7 | 85 | 36.4 | 107 |
| | 전국 | 16.9 | 24 (6.0) | 27.0 | 213 (34.0) | 32.7 | 330 (45.5) | 34.6 | 387 (47.9) |

양질의 전력공급에 차질에 우려되고 있는 실정이다. 따라서, 전력공급력 확보를 위한 송전선로 및 변전소 건설도 중요하지만 계통전압을 원활히 유지하기 위한 제반대책이 좀더 적극적으로 강구되어야 한다.

저전압대책으로는 지속적인 SC설치와 아울러 신규발전소가 가급적 저전압지역에 건설되도록 유도하며 응동특성이 탁월한 SVC설치를 추진하고 있다. 또한 초고압 지중케이블 및 765kV 격상선로에 의한 경부하시의 계통전압 상승억제를 위하여 345kV 변전소에는 200~600MVA분리리액터를 선로측에 직접 연결함과 아울러 모선에도 100~500MVA 규모를 설치할 계획이며 765kV 변전소에는 표 6에서 알 수 있는 바와 같이 변전소별로 800~1,600MVA 규모의 분리리액터가 소요될 것으로 전망된다.

〈표 6〉 765kV 격상에 따른 분리리액터 예상 소요량

| 변전소명 | 연도 | | | | |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2001 | 2002 | 2003 | 2007 | 2010 |
| 신양주 | - | - | - | 1,200 | 1,600 |
| 신가평 | - | 1,000 | 1,000 | 1,400 | 1,400 |
| 신안성 | 1,000 | 800 | 1,200 | 1,400 | 1,400 |
| 신태백 | - | 800 | 800 | 800 | 800 |
| 신서산 | 800 | 1,200 | 1,000 | 1,000 | 1,200 |
| 신남원 | 400 | 600 | 600 | 1,000 | 1,200 |

다. 계통부하율

우리나라는 선진국에 비해 70% 이상의 비교적 높은 부하율 수준을 유지하고 있다. 하물며 매년 크게 늘어나는 냉방부하 및 주택용부하의 구성비 증가 등을 감안하면 우리나라의 부하율은 매년 낮아질 것으로 예상됨에도 불구하고 계속 70% 수준을 유지하고 있는 것은 강력한 심야부하 창출 및 피크부하 억제대책 때문으로 판단된다.

부하율 저하는 결국 설비용량이 낮아짐을 의미하며 계통전압의 적정유지나 일정한 계통조류 유지가 어려워지므로 경제적 측면에서는 물론 계통신뢰도 유지측면에서도 부하율이 낮아지는 것을 최대한 방지하기 위한 심야부하 창출과

양수전원의 지속적 개발 등이 요청된다.

장기전력수급 계획상에는 수요관리 등 부하율 저하억제 정책의 적극적 추진으로 2010년대까지도 연부하율을 70% 정도로 유지하도록 되어 있으나 현재 20% 수준인 냉방부하의 지속적 증가와 국민생활수준 향상에 따른 심야시간대 노동기피 및 전기요금에 상관없이 필요할 때 필요한 만큼 전기를 사용하겠다는 국민의식 변화로 결국은 선진국 부하율 수준인 65% 이하로 떨어진다고 보고 전력계통측면에서의 여러 가지 대책이 강구되어야 할 것이다.

라. 송변전 입지확보

국토이용의 한계성 및 자연훼손 등에 대한 주민반발과 지방자치단체의 부정적 시각 등으로 송전선로 경과지 및 변전소 부지확보는 날이 갈수록 어려워지고 있으며 이에 따라 단위 송변전사업을 추진하는데 소요되는 기간도 점차 길어지고 있다.

또한, 중간부하 및 기저성부하용인 원자력발전소와 유연탄발전소는 여러 가지 제약으로 수요지역과 멀리 떨어진 곳에 건설될 수밖에 없으며 입지규모도 대형화 추세에 있어 다수의 장거리 송전선로 건설을 불가피하게 하고 있다. 이와 같은 송전선로 경과지 확보난에 대한 대책으로 지속적인 지중선로 건설확대와 경과지 소요를 최소화하기 위한 4회선 Tower 건설 및 송전선로의 진선선종을 가급적 복도체함과 아울러 기존선로 선종의 내열전선 교체 등을 추진하고 있다.

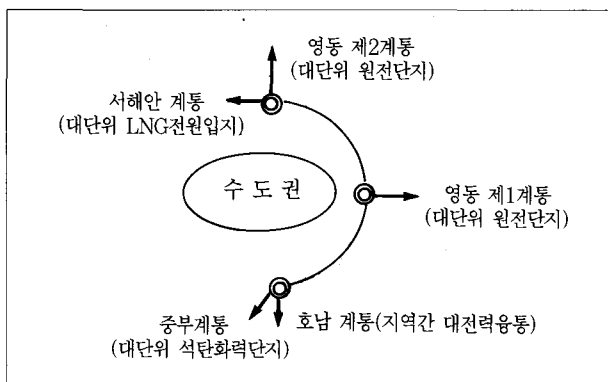
또한, 765kV 격상선로를 건설하여 송전능력을 획기적으로 향상시킴과 아울러 초장기적으로는 FACTS 도입 등에 의한 기존선로의 송전능력의 대폭 향상을 꾀하고 있다.

4. 계통계획 수립방향

가. 송전전압별 역할분담

2001년부터 국내 최초로 운전에 들어갈 765kV 계통은 4,000MW 이상 대단위 신규전원의 발전출력을 부하지역가

전원계획



〈그림 1〉 765kV 계통구성

지 장거리 수송하는 역할과 지역간 대규모 전력유통역할을 담당토록 하며 2010년까지 그림 1과 같은 765kV 계통망이 구성되도록 할 계획이다.

765kV 격상계통의 도입에 따라 지역간 대전력 유통을 담당하였던 345kV 계통은 수도권 등 대도시 환상망 구성과 도심지 345kV 변전소 공급선로 역할 및 LNG 복합화력 등 최종규모가 1,000~3,000MW 정도의 신규전원에 대한 계통연결 역할을 하도록 할 계획이다.

154kV 계통은 345kV 계통의 지속적 확충에 따라 그 역할이 점차 축소되어 345kV 변전소 단위의 자체 Loop구성에 의한 지역내 공급신뢰도 향상 및 154kV 배전용변전소에 대한 공급선로 역할을 담당토록 할 계획이다.

나. 단위 설비당 유통능력 증대

민원을 최소화하기 위한 방안으로는 단위 설비당 유통능력을 증대시켜 설비물량을 최소화할 계획이다.

단위설비당 유통능력을 증대시키기 위하여 765kV 송전선에는 ACSR 480mm² 6복도체를, 345kV 송전선에는 ACSR 480mm² 4복도체 사용을 원칙으로 하되 대도시 배후계통 연결 등에는 TACSR 810mm² 6복도체도 사용할 계획이다.

154kV 송전선은 ACSR 410mm² 2복도체 사용을 원칙으로 하되 유통전력이 극히 적은 경우에는 ACSR 330mm² 2복도체 또는 410mm² 단도체를 사용토록 하며 지중송전

선인 경우는 초기회선수에 상관없이 관로는 2,000mm² 4회선 이상 규모로 확보토록 하고 있다.

주변압기의 단위기용량은 765kV 2,000MVA, 345kV 500MVA, 154kV 60MVA로 하고 단위 변전소당 변압기 최종 Bank수는 종래의 3Bank에서 4Bank까지 고려하여 변전소 소요숫자를 최소화하도록 할 계획이다.

다. 지중선로 확대

막대한 설비투자비에도 불구하고 도심지 공급능력 확보 및 전력공급의 신뢰도 향상과 도시환경의 미화 등을 위해 설비지중화를 앞으로도 꾸준히 추진할 계획이다.

대상지역은 행정중심 간선도로변, 가공선의 설비 유지보수가 곤란한 대도시 중심부로서 기존설비 철거에 의한 지중화와 공급력 증대를 위한 신설구간 등으로 구별하여 추진토록 할 것이다.

한편, 154kV 지중케이블에만 의존하던 수도권 및 대도시 전력공급용량이 한계에 달하여 앞으로는 수도권 및 대도시의 도심지 전력공급용 345kV 변전소 연결용 송전선로의 지중화가 확대될 전망이며 345kV 양주-당인리변전소 구간 및 345kV 성동-미금 구간은 1996년 12월 국내 최초로 345kV 지중케이블로 준공할 계획이다.

라. 향후 불확실성에 대비

단위 송변전사업을 추진하는데 소요기간이 점차 길어짐에 따라 충분한 공기확보를 위해 154kV 송변전 설비계획의 계획기간을 5년에서 10년으로 연장하였으며, 상대적으로 건설여건이 어려운 서울, 부산, 인천, 수원, 대전, 광주, 대구 등 수도권 및 대도시지역 송변전 건설사업을 원활하게 추진하기 위하여 한계수요시 송변전 설비계획(대도시 Master Plan)을 수립하여 지하철공사, 도로공사 및 토지개발공사 등 유관기관과 협조하여 전력구 및 변전소부지 사전확보의 기반을 마련할 계획이다. 또한, 변전소는 최종 4Bank 규모로 부지를 확보하되 장기계획 측면에서 3Bank까지만 설치를 고려하고 1Bank 부지는 인근사업지연 등에 대비한 긴급사업 추진용으로 활용할

계획이다.

마. 남북한 및 인접국가간 계통연계 추진

향후 남북한간의 전력분야 협력에 대한 관심이 고조되고 있다. 남북한간 전력분야 협력에 대한 사전대비책을 보면 단기적으로는 휴전선 인근의 154kV 송전선로를 연장하여 소규모전력을 북한 일부지역에 지원하고 남한 전원설비의 2~3% 정도를 대북지원용으로 확보하는 방안을 강구중에 있다. 또한, 남북계통 연계 등에 대비하여 휴전선 인근의 154kV 속초-간성T/L, 포천-철원T/L, 양주-문산T/L 등을 건설하고, 장기적으로 765kV 신양주변전소 건설 등 서울 북부계통을 대폭 보강할 계획이다.

또한, 한태평양시대에 따른 동아시아 경제협력의 일환으로 석탄과 Gas가 풍부한 중국이나 러시아 등에 대단위 전원단지를 공동으로 개발하여 765kV 선로 또는 HVDC 케이블로 우리나라에 전력을 공급하는 방안에도 대비하여야 할 것이다.

현재 남북간 전력사업분야에 예상되는 여러 가지 상황 발생시에 대처할 수 있는 남북한 전력계통 구성방안을 한국전 기연구소 및 에너지경제연구원에 위탁하여 연구중에 있다.

바. 설비확충 기준

765kV 송전선은 4000MW 이상의 대단위 발전소의 계

통연결과 지역간 용통전력규모 및 송전선로 경과지 확보난 등을 종합적으로 고려하여 확충하되 765kV 송전선의 Route 고장은 고려하지 않는다.

345kV 송전선 신증설은 Loop계통에서는 1루트, Radial계통에서는 1회선 고장시 선로조류가 허용전류를 초과하는 경우나 과도안정도상에 문제가 있는 경우 및 장기적인 측면에서 154kV보다 345kV 송전선 건설이 유리한 경우 등에 확충토록 한다.

변전소는 변압기 1Bank 고장시 건전 Bank의 용통전력이 변압기 정격용량의 120%를 초과할 때 변전소를 신설하거나 변압기를 증설토록 하고 있으며 변전소 최종규모는 4Bank로 하고 있다.

또한 중량물수송의 어려움 완화와 공급신뢰도 향상을 위하여 신설변전소에 대해서는 초기부터 2Bank 동시 시공토록 하고 있다.

154kV 송전선로도 345kV 송전선 신증설기준을 동일하게 적용하되 변전소 부하절체를 고려한 여유를 갖도록 보강하고 있으며 기설 배전선로 말단의 전압강하율이 10%를 초과하는 경우에도 확충하고 있다.

또한, 신규 송전선로 건설이 불가능한 곳에 대한 계통보강 방안으로 기존전선을 STACIR 또는 TACSR 전선으로 교체할 추진토록 하며 100% 지중구간에 대해서는 1개 Switch에 2회선씩 연결하는 복도체 연결방식에서 탈피하여 1개 Switch에 1회선만을 연결하고 회선수를 늘리는 단도체 방식을 선택적으로 채용하여 경제성 및 송전용량 증대효과

〈표 7〉 초고압 송변전설비 확충규모

| 연도 | 1995(기설) | | 1996~2000 | | 2001~2005 | | 2006~2010 | | | |
|----|--------------|-------------------|------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| | 765kV | 345kV | 765kV | 345kV | 765kV | 345kV | 765kV | 345kV | | |
| 송전 | 공장 (C-km) | 가공선로 (누계) | - | 5,952 (5,952) | 680 (680) | 1,858 (7,810) | 694 (1,374) | 933 (8,743) | 520 (1,894) | 474 (9,217) |
| | | 지중선로 (누계) | - | - | - | 216 (216) | - | 233 (449) | - | 96 (545) |
| | | 계 (누계) | - | 5,952 (5,952) | 680 (680) | 2,074 (8,026) | 694 (1,374) | 1,166 (9,192) | 520 (1,894) | 570 (9,762) |
| 변전 | 변전소수 (누계) | - | 27 (27) | - | 20 (47) | 4 (4) | 13 (60) | 2 (6) | 7 (67) | |
| | | 설비용량(MVA) (누계) | - | 36,507 (36,507) | - | 27,666 (64,173) | 22,000 (22,000) | 19,000 (83,173) | 10,000 (32,000) | 8,500 (91,673) |

전원계획

를 제고하도록 하였다.

한편, 신규전원 연결선로는 1루트(2회선)에 의한 계통연결을 원칙으로 하되 최종규모까지의 발전전력을 융통시키는데 지장이 없도록 송전전압 및 도체규모를 정하고 있지만 동일발전소의 전 발전기가 Trip시에 계통주파수가 발전기 Trip기준치 이하로 떨어져 계통불안정이 발생될 경우에는 2루트 이상으로 연결토록 하고 있다.

사. 계획개요

계통계획 수립여건과 장기 송변전설비 계획수립의 기본방침하에 1995년말에 수립한 1996년부터 2010년까지 향후 15년간의 장기 송변전설비 확충계획 개요를 살펴보면 다음과 같다.

즉, 지역간 융통전력증대, 신규전원의 대단지화 및 송전선로 경과지 확보난의 가중에 원활하게 대처하기 위한 345kV 이상의 초고압설비의 확충개요는 표 7 과 같다. 이 표에서 알 수 있듯이 1998년부터 2010년까지 총 1,894C-km의 765kV 송전선과 32,000MVA의 765kV 변전설비를 건설할 계획이고 345kV 송변전설비도 지속적으로 확충하여 시설 송전선 5,952C-km의 1.5배 이상으로 늘릴 계획이며 345kV 변전설비도 2010년 총 91,673MVA로서 '95년말 가설설비의 3배 정도로 대폭 늘어난다.

또한, 도심지 대전력 공급을 위해 1996년에 345kV 지중

케이블에 의한 당인리, 성동변전소를 준공토록 하는 등 2010년까지 총 9개소의 도심지 345kV 변전소를 건설할 계획이다.

한편, '95년말 현재 13,530C-km 송전선과 47,059MVA의 변전설비가 운전되고 있는 154kV 송변전설비는 향후 전력수요 증가에 맞추어 표 8 과 같이 2005년까지 송전선은 22,519C-km, 변전설비는 601개소 87,039MVA로 확충할 계획이며, 특히 서울 등 대도시지역에 총 1,628C-km의 지중케이블을 추가로 건설하여 현재 5.6%인 지중선 점유율을 10% 수준까지 확대시킬 계획이다.

이와 같이 지속적인 설비확충과 지중송전선 건설 확대로 송변전설비 신규투자비는 대폭 증가하여 2010년까지 약 17조원 규모가 소요될 것으로 전망된다.

아. 주요사업별 추진배경 및 사업내역

(1) 765kV 초고압 격상설비 확충

장기전력수급 전망에서 살펴본 바와 같이 발전설비의 60% 이상이 원자력 내지 유연탄화력 발전소로 건설될 것이고 이러한 기저성 발전소는 대규모 수요단지인 수도권에는 건설하기 어려운 실정으므로 지역별 수급불균형으로 인한 지역간 대전력 융통문제를 필연적으로 발생시키게 된다.

2010년 경인지역의 부족전력은 13,000MW를 초과하게 될 전망이며, 전력수요 포화가 예상되는 2030년대에는 20,000MW 이상 될 것으로 예상되는 바 이러한 대규모 부족전력을 345kV 수송체계로 융통하려면 기존 345kV 3루트에 11루트를 추가한 총 14루트 정도의 송전선로가 필요한데 이와 같이 많은 선로경과지 확보는 현실적으로 불가능하다.

반면 765kV 격상선로를 도입한다면 2030년대 전력수요가 포화된 수준에서도 345kV 송전선 1루트와 765kV송전선 3루트의 추가만으로 전력융통이 가능하여 송전선로 수를 대폭 줄일 수 있다.

따라서, 투자비 절감 및 국토의 효율적 이용을 위해 차기 대전력 송전계통으로 765kV 송전전압의 도입을 추진하게 될 것이다.

〈표 8〉 154kV 송변전설비 확충규모

| 연 | | 도 | 1995(기설) | 1996~2000 | 2001~2005 |
|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------------------|
| 송 전 | 공 장 [C-km] | 가공선로 (누 계) | 12,810 (12,810) | 5,253 (18,063) | 2,108 (20,171) |
| | | 지중선로 (누 계) | 720 (720) | 1,124 (1,844) | 504 (2,348) |
| | | 계 (누 계) | 13,530 (13,530) | 6,377 (19,907) | 2,612 (22,519) |
| 변 전 | 변전소수 (누 계) | 286 (286) | 218 (504) | 97 (601) | |
| | 설비용량(MVA) (누 계) | 47,059 (47,059) | 28,780 (75,839) | 11,200 (87,039) | |

현재 추진중인 765kV 송전선로는 중부지역 유연탄화력단지인 당진화력에서 신서산변전소를 거쳐 신안성변전소간 총공장 180km를 1998년까지 준공하고 동해안의 울진 3,4호기 준공에 따라 울진-의정부간 총 260km 구간 중 신태백-신가평간 160km 765kV 선로로, 나머지 100km 구간을 345kV 선로로 1999년까지 준공할 계획이다.

상기 두 구간은 비록 765kV 선로로 건설하지만 준공초기에는 융통전력이 소규모임을 고려하여 당진-신서산-신안성 T/L은 2001년까지, 신태백-신가평 T/L은 2002년까지 345kV로 운전하여 변전투자비의 투자시기를 늦추도록 하였다. 또, 765kV 2단계 사업으로 1,000MW급 영광 원자력 5,6호기 및 500MW급 여수화력 3,4호기 준공에 따른 계통보강을 위해 신남원-신안성간 200km를 2001년까지 준공할 계획이고 석모도에 대규모 LNG복합화력단지 개발에 대비하여 석모도-신양주간 80km를 2004년까지, 수도권 765kV 변전소간의 계통연결을 위해 신안성-신가평간 75km를 2002년까지, 신가평-신양주간 60km를 2007년까지 준공하여 경인지역에 대한 대전력공급 765kV 배후 환상망을 구성토록 할 계획이다.

(2) 345kV 초고압 설비확충

계획기간중의 주요 345kV 초고압설비 확충계획을 살펴보면 다음과 같다. 먼저 전원연결선로로서는 1,000MW급 영광 3,4호기 계통병입에 따른 영광-신남원간 110km와 500MW급 삼천포 5,6호기 계통병입에 따른 삼천포-신김해간 80km를 1996년까지, 700MW급 월성 2,3,4호기 계통병입에 따른 월성-울주간 40km와 500MW급 하동3~6호기 건설에 대비한 하동-의령간 50km를 1998년까지, 의령-고령간 50km를 2000년까지 준공할 계획이다.

또한, 10,000MW 대규모 석탄화력단지인 영흥도 석탄화력의 계통연결을 위하여 영흥도와 신시흥변전소간 40km를 TACSR 810mm² 6복도체 선로 2Route(4회선)를 1999년에 동시 준공토록 하였다.

한편, 154kV 송전선에 의한 도심지 전력공급 능력의 한계에 달한 서울 등 대도시 지역에 대한 원활한 전력공급을 위해 1996년까지 국내 최초로 345kV 지중케이블에 의한 당인리, 성동변전소를 준공할 계획이며, 1997

년에는 남부산변전소, 1998년에는 신양지변전소, 1999년에는 신부평변전소, 2000년에는 영등포변전소 등 도심지 345kV 변전소를 지속적으로 건설하도록 계획하였다.

또한, 대규모 공단지역 및 전력수요 밀집지역의 원활한 전력공급을 위해 1996년 군산지역에 345kV 군산변전소를 준공하는 등 2010년까지 총 40개소의 345kV 변전소를 신설할 계획이다.

(3) 고리 월성 원자력 추가에 따른 계통 보강

새로운 원자력 입지확보의 어려움으로 기존 고리 및 월성 원자력발전소 인접부지를 매입해 대규모 신규원자력 건설입지로의 활용방안에 강구중인 바, 이 경우 고리 및 월성 원자력은 각각 최종 8기 규모의 대단위 전원단지가 될 전망이다.

따라서, 이러한 영남 동부지역의 지속적인 전원추가 가능성에 대비하고 계통고장용량을 적정수준으로 억제하는 한편 복잡, 비효율적인 인근 345kV 송전계통을 종합정비하기 위해 고리, 월성 인근지역에 대한 종합적인 계통구성 방안을 수립하였다.

상기 계통구성안의 주요내용을 살펴보면 2003년에 신울산 S/S 인근에 345kV 개폐소를 건설하고 345kV 고리-신포항간 T/L과 345kV 울산-북울산간 T/L을 각각 2Π분기하여 신포항측 T/L, 울산 T/P측 T/L이 새로운 개폐소에 연결되도록 하였다. 또한 2B선로인 345kV 신울산-북부산 T/L을 STACIR 전선으로 교체하여 역시 새로운 개폐소에 연결되도록 함과 동시에 고리-신포항간 T/L 중 고리측 T/L은 북부산 S/S에서 직결되도록 하였다.

또한, 월성 5,6호기 건설에 대비하여 345kV 고리-신포항 T/L을 2Π분기하여 월성에서 인출되는 345kV T/L이 4개 루트가 되도록 하였다.

한편 2006년에는 고리 5,6호기 건설에 따라 기설 345kV 고리-신울산간 T/L을 철거하고 TACSR 4B선로로 교체토록 하고 고리에서 김해지역까지 345kV 1루트를 신설하여 고리에서 인출되는 345kV T/L도 월성과 같이 4개 루트가 되도록 하였다.

전원계획

(4) 인천지역의 지속적 신규전원 추가에 따른 계통 보강

인천지역 수요는 최대수요 기준으로 '97년 2,800MW, 2001년 3,600MW 수준에 불과하나 인천지역 발전설비 용량은 한화복합 및 서인천 복합화력의 지속적인 증설로 '96년 현재 5,900MW에서 2001년 7,500MW 이상으로 대폭 늘어날 뿐 아니라 2001년 이후에도 지속적으로 신규전원이 추가될 것으로 예상되어 인천지역 345kV 송전계통에 대한 장단기 보강 대책을 마련하였다.

단기대책으로는 과부하가 예상되는 345kV 신인천-영서 분기점 구간을 STACIR 전선으로 '97년 4월까지 교체함과 아울러 1π분기되어 운전함으로써 회선간 조류불균형이 심한 영서분기 T/L과 신시흥분기 T/L을 정비하여 신인천 S/S와 영서 S/S간과 신시흥-신성남간을 2회선화하도록 하였으며 장기적으로는 서인천복합에서 345kV 양주변전소까지 345kV 1개루트를 2002년까지 건설토록 하여 고장전류 때문에 계통분리 운전이 불가피한 345kV 서인천-양주-의정부간 T/L을 보강함과 아울러 인천지역의 지속적인 발전설비 추가에 대비토록 하였다.

(5) 제주-육지간 계통 연계

제주-육지간의 전력계통 연계는 제주도의 전력수요를 발전원가가 싼 육지에서 공급하고 제주계통의 공급신뢰도를 향상시키기 위해 추진되는 사업이다.

이 사업은 당초 1990년대초 준공을 목표로 1987년부터 사업추진을 검토하였으나 경제성에 대한 불확실성과 해저케이블에 관련된 국외기술 도입상의 문제점 등의 이유로 사업추진을 보류하여 오다, 1990년부터 제주 전력수요 급증 등 검토여건 변화에 따라 재추진중에 있으며 1997년 6월경 준공될 전망이다.

상기 연계사업은 장거리 해저Cable 사용에 따른 HVDC 연계가 불가피하여 해남 및 북제주에 직·교류변환소(AC 154kV↔DC 180kV)를 2개소 설치하고 변환소간 101km를 180kV HVDC 해저케이블 2회선으로 연계토록 구성하였으며 총 송전전력은 300MW(150MWX2) 규모로써 필요에 따라 양방향으로 상호간 전력유통이 가능하도록 되어 있다.

(6) 정지형 무효전력 보상장치 설치

우리나라의 전력수요는 대도시 위주로 급증하고 있으나 신규전원은 해안지역에 집중적으로 건설됨에 따라 전원으로부터 원거리에 위치한 내륙지역에서의 중부하시 저전압 현상이 발생되고 있다.

특히, 계통적으로는 말단임에 반하여 전원설비는 전무하고 전국 평균치를 상회하여 전력수요가 증가되고 있는 대구지역의 하계저전압 현상은 날이 갈수록 심각해지고 있다.

현재까지는 계통의 저전압 대책으로서 가격이 저렴하고 설치가 간편한 전력용콘덴서를 집중적으로 투입하여 대처해 왔으나 S.C 특성상 정상상태에서의 전압보상효과는 있으나 급속한 부하증가나 345kV 송전선고장 등에 의한 과도한 전압변동에는 응답특성이 취약하여 최악의 경우 전압붕괴위험 가능성까지 우려되고 있다.

이에 대한 대책으로 전압급변에 응답특성이 탁월하고 연속제어가 가능한 정지형 무효전력보상장치(SVC)를 국내 최초로 대구지역인 345kV 서대구S/S 345kV측 계통에 1998년까지 설치할 계획이다.

5. 맺음말

지금까지 살펴본 바와 같이 우리나라 전력계통은 급격한 성장에 따른 고장전류의 급증 및 설비구조의 취약 등, 많은 문제점을 내포하고 있다. 더구나 전력설비에 대한 지역주민의 부정적 시각과 정전사고 피해보상 요구 등 전기품질에 대한 국민욕구 증대 및 막대한 투자비 부담은 향후 전력사업의 원활한 발전을 어렵게 하고 있다.

이와 같이 어려운 여건에 효율적으로 대처하기 위해서는 향후 20~30년 이후까지를 충분히 감안한 송변전설비 계획이 수립되어야 하겠으며, 계획대로의 적기에 사업이 추진될 수 있도록 소요투자비 확보 및 공기준수가 되어야 하겠다.

또한, 계통운용기술의 획기적 향상과 민원을 최소화하기 위한 환경친화설비 및 공법개발 등에 대해서도 끊임없는 기술개발노력이 이루어져야 하겠다.