

우리나라 전력계통의 장기전망과 765KV 격상전압 도입

김 인 섭* · 임 성 황**

(*한국전력공사 전원계획처 계통계획실 계통기술부장,

**한국전력공사 전원계획처 계통계획실 계통기술부장대리)

1. 서 론

경제개발 계획이 성공적으로 추진되고 산업발달이 급속히 이루어지면서 우리나라의 전력수요는 꾸준히 성장하여 1960년에 비해 30여년이 지난 1993년말 현재 약 60배 정도로 성장하였다.

그럼에도 불구하고 1인당 사용전력량은 1993년말 현재 2,899KWH/인으로써 캐나다, 미국등에 비해 1/5, 일본, 프랑스등에 비해 절반이하 수준으로서 아직 우리나라가 선진국들에 비해 소비전력량이 적은 상태이다. 따라서 앞으로도 전력소비는 지속적으로 늘어나 2030년대에는 최대수요가 90,000MW 규모까지 늘어날 것으로 전망된다.

특히 인구의 도시집중화에 따라 전체수요의 45% 이상이 경인지역에 편중되어 계통 구성상의 어려움을 더욱 가중시키고 있다.

이와같이 경인지역 부하는 지속적으로 늘어나고 있음에 반하여 투입되는 발전력은 한계가 있을 뿐 아니라 그 종류도 LNG발전소와 같이 첨단성부하 대비비용이 주류이며 기저성부하 대비비용이라 할 수 있는 원자력발전소 및 유연탄화력발전소는 입지 제약 등으로 건설이 여의치 않아 지역간 전력수급 불균형을 심화시키고 있으나, 이를 해결 하기 위한 송전선로 경과지도 부족하여 송전전압 격상에 의한 장거리 대전력 수송이 불가피하게 되었다.

더구나 장기적으로 남북한 전력교류가 이루어져 북한내에 대단위 전원단지가 개발이 되거나, 환태

평양시대를 맞이하여 동아시아 경제공동체 형성에 따른 인접국가간의 전력유통 가능성등을 고려할 때 이러한 대전력수송체계가 국가발전에 많은 기여를 할 것으로 기대된다.

한전에서는 이미 1970년대 후반부터 송전전압격상에 대비한 기술요원의 해외훈련과 각종 관련분야 연구를 추진하여 왔으며 1991년 최적 격상전압을 765KV로 결정, 격상사업을 본격적으로 추진하고 있다.

2. 우리나라 전력계통의 장기전망

2.1 장기 전력수급 전망

우리나라의 최대 전력수요는 2010년에 56,000MW정도, 2030년대에는 현재수요의 4배에 달하는 90,000MW규모로 포화될 것이며, 부하의 지역 편중 현상이 앞으로도 지속될 것으로 예상된다. 즉 표1의 지역별 최대수요 전망에서 알 수 있듯이 경인지역은 주택용 및 업무용수요의 지속적 증가에 의해 전국수요의 48% 정도까지 증가될 것으로 전망된다.

이러한 장기 전력수요 전망 결과로 볼 때 막대한 원원입지 및 투자재원의 적기 확보에 어려움이 가중될 것이며 대도시주변은 기저부하용 발전소인 원자력과 유연탄 화력발전소 건설이 곤란하므로 지역간 전력수급 불균형을 증대시킬 것이다. 현재의 원원입지 확보여건을 고려한 표2의 지역별 장기 전

표 1. 장기 지역별 전력수요 전망

| 년도 | 전국 최대부하 (MW) | 발전소 소내소비 및 계통손실(MW) | 공급단 최대부하 (MW) | | | | | |
|------|--------------|---------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|---------------|--------------|
| | | | 경인 | 영동 | 중부 | 호남 | 영남 | 계 |
| 2001 | 38,409 | 2,689 | 16,253 (45.5) | 1,750 (4.9) | 3,965 (11.1) | 2,322 (6.5) | 11,430 (32.0) | 35,720 (100) |
| 2010 | 55,881 | 3,912 | 24,374 (46.9) | 2,286 (4.4) | 5,976 (11.5) | 3,482 (6.7) | 15,851 (30.5) | 51,969 (100) |
| 2031 | 89,377 | 6,256 | 40,147 (48.3) | 3,325 (4.0) | 9,642 (11.6) | 5,735 (6.9) | 24,272 (29.2) | 83,121 (100) |

표 2. 지역별 장기 전력수급 전망 (단위:MW)

| 년도 | 구분 | 경인 | 영동 | 중부 | 호남 | 영남 |
|------|-----|---------|--------|--------|--------|--------|
| 2001 | 공급력 | 7,696 | 4,039 | 7,275 | 6,540 | 10,170 |
| | 수요 | 16,253 | 1,750 | 3,965 | 2,322 | 11,430 |
| | 과부족 | -8,557 | 2,289 | 3,310 | 4,218 | -1,260 |
| 2031 | 공급력 | 18,750 | 18,382 | 13,876 | 10,851 | 21,262 |
| | 수요 | 40,147 | 3,325 | 9,642 | 5,735 | 24,272 |
| | 과부족 | -21,397 | 15,057 | 4,234 | 5,116 | -3,010 |

력수급 전망결과에서 알 수 있듯이 경인지역 부족 전력은 2001년 8,600MW에서 2030년대 21,000 MW이상으로 늘어나고 영동 지역은 잉여전력이 2001년 2,300MW정도에서 2030년 15,000MW이상으로 늘어나 경인지역에 대한 주된 전원공급단지 역할을 할 것으로 전망된다.

2.2 향후 송전계통 구성여건

첫째, 국민생활수준의 향상과 산업분야의 고정밀 통신, 전산, 산업기기 증가에 따라 전기품질에 대한 국민적 욕구가 지속적으로 높아져 가고 있는 반면 전력계통 특성은 날로 악화되고 있다. 즉, 전력계통 규모 증대에 따른 고장전류의 지속적 증가, 저역용 냉방부하의 증가에 따른 부하율 저하, 고조파를 많이 발생시키는 DC기기등 악성부하의 급증 등과 설비의 지중화, 초고압화에 따른 무효전력 수급불안과 전압변동의 심화 등이 예상되고 있다.

둘째, 송전선로경과지 확보난을 들 수 있다. 기존 송전선 및 시설물의 전국적 산재로 선로경과지가 절대적으로 부족할 뿐아니라 지방자치제에 따른 지

역이기주의 확산과 철탑에 의한 자연경관 훼손 및 전자파에 대한 혐오감으로 주변 주민들의 송전선로 건설반대 민원이 속출 하고 있어 송변전사업 추진에 점점 많은 시간이 소요될 것으로 전망된다.

셋째, 송변전 소요투자재원의 대폭적 증가이다. 도심지 전력수요 증가와 자연경관 보호 및 전기사고 방지를 위하여 선로 지중화가 확대되고, 선로경과지 보상비가 급증하여 소요송변전투자비가 매년 증대되고 있다. 특히 인구의 지속적 증가로 타지역보다 높은 수요증가 추세를 보이고 있는 경인지역의 수급불균형 심화는 송변전설비 투자 부담을 더욱 가중시키고 있다. 그러나 투자재원의 한계과 수요급증에 따른 발전설비 확충이 우선적으로 추진됨에 따라 송전능력 확충은 투자순위에서 밀려나고 있는 것이 현실이다.

2.3 간선계통 구성전망

간선계통계획은 지역별 수요전망에 따른 전원입지를 안배하고 계통구성 시나리오를 작성하여 시나리오별 조류계산, 안정도 검토, 고장전류 계산등의 계통분석을 통한 공급신뢰도 만족여부를 점검한 후 여러 대안간의 경제성 차이, 장기적 계통전망 및 시공여건 등을 종합 감안하여 확정하고 있다. 계통계획시 설비확장 기준을 나열하면 고장이 없을 때는 연속허용전류 이상의 과부하, 회선사고등 단일사고 시에는 단시간 허용전류 이상의 과부하가 발생하지 않도록 하며, 루트사고등 중복사고 발생시에는 부분적인 공급지장은 발생하더라도 계통안정도상 전국적인 계통붕괴가 발생하지 않도록 하는 것이다.

현재 수립되어 있는 345KV이상 초고압 송변전설비계획을 보면 2001년까지 수도권과 전원이역간

표 3. 345KV이상 초고압 송변전 설비계획 규모
(누계)

| 구 분 | 기설 ('93년말) | 1996 | 2001 | 2006 |
|--------------|---------------|--------|--------|--------|
| 송전선 공장(C-Km) | 5,560 | 6,564 | 8,822 | 9,256 |
| 변전용량(MVA) | 28,339 | 39,339 | 58,339 | 87,339 |

표 4. 154KV이하 송변전 설비계획 규모

| 구 분 | 기설('93년말) | '94~'98중설량 | '98년 누계 |
|------------------|-----------|------------|---------|
| 송전선 공장 (C-Km) | 15,635 | 6,016 | 21,651 |
| 변전용량 (MVA) | 39,331 | 22,080 | 61,411 |

에 총 6개루트의 대전력 유통선로를 확보(기설: 345KV×3루트, 추가: 345KV×1루트, 765KV×2루트)하고 대도시 공급능력 확보를 위해 345KV 지중선로에 의한 도심지 345KV 초고압변전소 건설(서울5개소, 부산1개소)을 추진하는 등 2006년까지 계획된 345KV 이상 송변전 설비계획 규모는 표 3과 같다.

한편 154KV이하 송변전설비 계획은 지역내 연계계통 구성, 도심 지중송전선로의 확충, 변전설비의 옥내화 및 지중화를 통하여 지역내 공급능력 향상을 목표로 하고 있으며 1998년까지의 설비계획 규모는 표4와 같다.

특히, 수도권 송전계통 계획의 기본 방향은 345KV수도권 환상망의 전력유통 능력이 한계에 도달되는 시기에 765KV계통에 의한 배후계통을 구성하며, 계통의 대형화에 의한 345KV모선 고장전류의 대폭 증가에 대비하여 전원을 계통에 분산연결하는 방법을 적극적으로 강구하고 있다.

2.4 인접국가간 전력계통의 연계

남북관계에 따라 그 시기는 유동적이나 남북전력계통 연계는 반드시 실현될 것이므로 전력계통 계획의 측면에서도 이에 대한 대책이 있어야 하겠다. 북한의 경우 현재도 발전력이 부족한 상태로 알려져 있지만 계획경제에서 자유경제로 전환되면 전력수요가 더욱 급상승 할 것으로 예상된다.

남북한 전력계통이 연계된다면 남북한의 최대수

요 발생시점이 다른 점을 이용하여 동계에는 남한에서 북한으로 하계에는 북한에서 남한으로 전력을 공급할 수 있으며 예비전력의 공유등을 통하여 상호 이익을 나눌 수 있을 것이다. 실현가능한 전력유통 방법은 단기적으로는 남한의 154KV 계통에 의해 일부 잉여전력을 북한에 공급하고, 장기적으로는 전원입지난 해소를 위하여 북한 및 휴전선부근에 공동으로 전원을 개발하고 생산된 전력을 345KV 또는 765KV로 수송하는 방법을 모색할 수도 있다. 그리고 환태평양시대를 맞이하여 동아시아 경제공동체형성 가능성에 대비하여 중국과 전원단지를 공동으로 개발하여 765KV 선로 또는 해저케이블로 계통에 연계하는 방법을 고려할 수 있으며, 일본과 부산인근에서 대마도를 경유하는 해저케이블 건설로 전력유통을 가능케 하는 방법에도 대비하여야 할 것이다.

3. 765KV 송전전압 격상

3.1 격상 필요성

원자력:석탄:석유:수력전원의 원별구성비를 4:3:2:1로 하는 것이 장기전원개발의 기본방향이다. 이렇게 볼 때 발전설비의 70%가 원자력내지 유연탄화력발전소가 될 것이고 이러한 발전소는 대규모수요단인 대도시, 특히 경인지역에 건설하기 어려운 실정이므로 지역별 수급불균형으로 대전력유통 문제를 필연적으로 발생시킬 것이다.

2030년대 경인지역의 부족전력은 21,000MW 이상이 될 것으로 예상되는데 이러한 대규모 부족전력을 345KV 수송체계로 전력유통을 하려면 기존 345KV 3루트에 11루트를 추가한 총 14루트 정도의 송전선로가 필요한데 현실적으로 이와같이 많은 선로경과지 확보는 불가능하다고 볼 수 있다. 기존의 체계보다 단위선로당 더 많은 전력을 수송하는 방법으로 도체의 면적을 크게하는 방법과 송전 전압을 격상하는 방법이 있는데 도체면적을 크게 하는 데에는 기술적 한계가 있어 한전은 765KV로 송전 전압을 격상하기로 한 것이다. 765KV 격상선로를 도입하면 2030년대 전력수요가 포화된 수준에서도 345KV 1루트와 765KV 3루트의 추가선로만으로 전력유통이 가능하여 송전선로수를 대폭 줄일 수 있으며 765KV 격상시의 단계별 지역간 계통구성

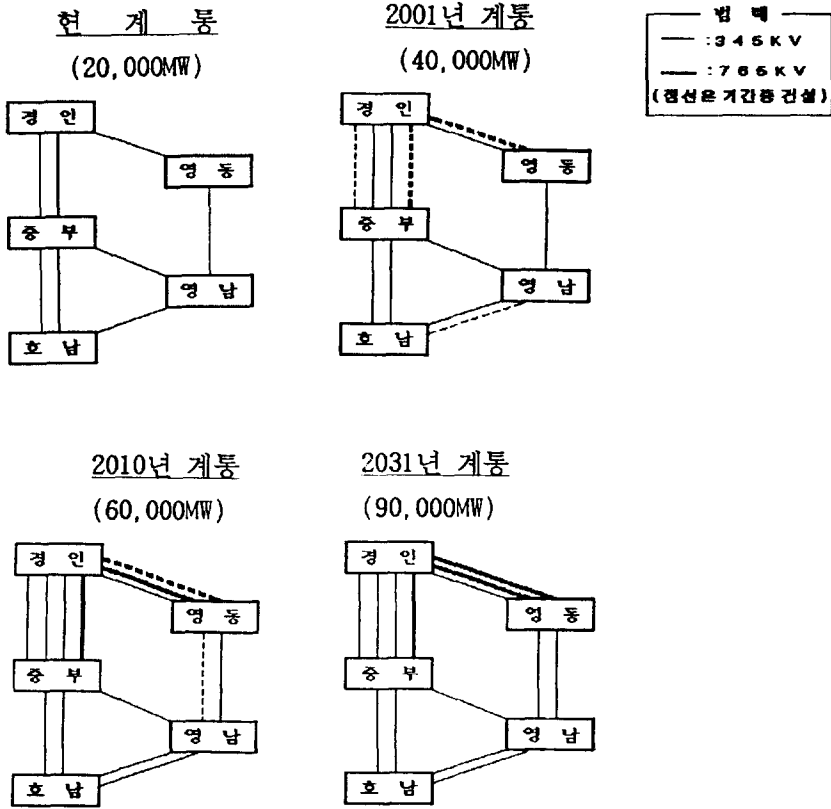


그림 1. 단계별 지역간 계통구성 전망

전망은 그림1과 같다.

3.2 격상사업 추진경위

한전은 이미 1970년대 후반에 1990년대초에는 송전전압 격상이 필요할 것으로 예상하고 1979년 21명의 격상기술 검토요원에 대한 해외훈련을 필두로 관련연구를 지속하여 왔으며, 특히 1989년부터 1990년까지 약2년 동안 한전, 기초전력공학공동연구소, 한국전기연구소 3개기관의 공동연구로 전력수요 급성장 및 송전선로경과지 확보난에 따른 장기 계통구성 대책을 연구하였다. 이와같은 연구 결과에 대해 관련 전문가의 자문을 받아 765KV로 송전전압을 격상하여야 한다는 결론을 '91년 하반기에 내리고 격상추진반을 발족하는 한편 격상시기 및 구간을 확정하였다. 표5는 우리나라의 765KV 격상사업 추진경위를 요약한 것이며 표6은 500KV 이상 해외 송전전압 격상 사례이다.

표 5. 765KV 격상사업 추진경위

| 시 기 | 내 용 |
|-----------|--|
| 1979~1980 | 격상검토요원 해외훈련 실시 (훈련기관: W.H.사 및 SSPB) |
| 1980~1985 | 전력수요 하향조정에 따른 격상추진 보류 |
| 1984~1989 | 격상송전선의 코로나장애 연구 (연구기관: 한전, KERI, 효성중공업) |
| 1989~1990 | 전력수요 급성장에 따른 장기 계통구성 대책 검토용역 시행 - 연구기관: 한전, 기초전력공학공동연구소, 한국전기연구소 - 연구결과: 2000년대초 765KV로 송전전압 격상 필요 |
| 1991. 4 | 관계기관 여론수렴 |
| 1991. 7 | 격상 송전전압 결정 |
| 1992. 6 | 한전내 격상추진반 기구 발족 |
| 1992.12 | 765KV실규모 시험선로 건설 완료(전북 고창) |
| 1993. 1 | 765KV격상구간 및 시기 확정 |

표 6. 500KV 이상 외국의 송전전압 격상현황

| 국 명 | 격상전압(KV) | 격상년도 | 격 상 사 유 | 송전거리(Km) | 비 고 |
|---------------|-----------|------|----------------------------------|----------|-----------------------------------|
| 미 국 (AEP) | 345→ 765 | 1969 | 지역간 전력유통 | 300 | 현재 1,500KV 송전기술 개발중 |
| 소 련 | 500→ 1150 | 1985 | 시베리아 지역의 대규모 석탄 화력 개발 | 2,000 | |
| 카나다 | 315→ 735 | 1965 | 5,000MW 규모의 수력 전원 개발 | 600 | |
| 일 본 (동경전력) | 500→ 1000 | 1992 | 경과지 확보난 완화, 10,000 MW원자력 전원단지 개발 | 250 | 현재 1차구간 운전중(2000년 대초 이후 1000KV운전) |

3.3 격상사업 개요

현재 추진중인 765KV 격상선로는 서해안 대단위 유연탄화력 전원단지 및 동해안 대단위 원자력단지로부터 수도권까지의 2개 구간이다. 우선 서해안 유연탄화력 전원 단지로부터 수도권까지의 격상구간은 당진화력-신서산변전소-신안성변전소의 총 구간 170Km로서 1999년까지 준공할 계획이다. 또한 동해안 원자력단지에서 수도권까지의 격상구간은 울진원자력-의정부변전소간 총 260Km 구간중 태백-신양평간 160Km이며 나머지 100Km 구간은 345KV 송전선으로 하여 1998년까지 준공할 계획이다. 상기 두 구간은 비록 765KV 격상선로이지만 준공초기의 유통전력이 소규모임을 고려하여 765KV 태백-신양평 T/L은 2001년까지, 765KV 당진-신서산-신안성 T/L은 2002년까지 345KV로 운전하여 변전투자비의 투자시기를 늦추도록 하였다.

현재까지 진행중인 공정을 살펴보면 송전의 경우 설계측량과 선로경과지 환경영향평가 및 철탑발주를 95년 초까지 완료하고 가급적 두개 격상구간 모두 1998년까지는 준공될 수 있도록 계약과 시공을 서두를 계획이다. 변전의 경우 4개 765KV 변전소 부지중 신태백변전소 부지는 아직 협의중에 있으나 신서산, 신안성, 신가평변전소 부지는 이미 확정단계에 있으며 1995년까지 환경영향평가를, 1998년까지는 전특법, 용지매수, 설계, 계약을 완료하고 2002년까지 신태백, 신가평변전소를, 2003년까지 신서산, 신안성변전소를 준공할 예정이다.

765KV 계통은 수송전력량이 많기 때문에 설비 신뢰도가 특별히 높도록 설계, 시공 하여야 한다. 따라서 기존 154KV 및 345KV 철탑에 사용하는 산

강형철탑 대신 765KV 철탑에는 강도가 높고 미관이 우수한 강관철탑을 사용하기로 하였으며, 전체에 의한 전기환경장에 대책으로 지상에서 탐정까지를 80~100M 정도로 높일 계획이다. 그리고 전력수송능력을 더욱 늘리고 코로나소음 방지를 위해 도체 규격은 480mm 6Bundle을 채택하였다. 한 변전소의 최종 규모는 주변압기 4BANK, 단위BANK 당 용량은 1,500MVA~2,000MVA 정도에서 최적 규모를 검토중에 있다. 변압기의 용량이 증대됨에 따라 변압기 중량이 커져 운반상 문제가 있으므로 1상 변압기를 2분할하여 단위 운반중량을 150 Ton 이하가 되도록 할 계획이며 특별 제작한 Schnabel Car를 이용하여 운반코자 한다.

4. 결 론

지금까지 우리나라의 장기전력계통 전망과 이에 따른 765KV 격상전압 도입에 대하여 언급을 하였다. 우리나라 전력계통의 전망과 특징을 다시 한번 요약하면 전력수요는 지속적으로 증가하여 90,000MW 정도에서 포화될 것이며 특히 경인지역과 영남지역에 절대적으로 많은 부하가 편중될 것이다. 그리고 전원개발 측면에서 보면 경제성 제고와 연료다변화등을 위해 원자력발전소와 유연탄발전소가 중간부하 내지 기저성부하를 차지할 것이나 이러한 설비는 여러계약으로 수요지역과 떨어진 곳에 건설될 수 밖에 없어 전원의 지역적 편중현상을 심화시킬 것이다.

송전전압을 765KV로 격상하게 된 주요 이유는 우리나라 국토의 효율적 이용 및 전력계통규모 성

장에 따른 지역간 전력수급 불균형 심화와 송전선로 경과지 확보난에 효율적으로 대처하기 위한 것이라 볼 수 있다.

765KV 송전은 미국 AEP를 비롯한 여러나라에서 사용되고 있는 검증된 송전방식이므로 앞으로 기술적인 측면에서 큰 문제는 없을 것이나, 선로경과지의 원활한 확보가 사업 추진상 가장 큰 애로사항이라 볼 수 있다. 이와같은 765KV 송전전압 격상사업은 전력계통의 수송능력을 대폭 증대시킬 뿐 아니라 국내 중전기 제작업체로 하여금 고전압 분야의 기술수준을 한단계 높이고 개발도상국과 같이 전력수요가 급증하고 있는 국가에 축적된 기술과 설비수출의 계기가 되어 국가경쟁력을 향상시키는 역할을 할 것으로 기대된다.



김인섭(金仁燮)

1950년 7월 4일생. 1974년 2월 홍익대 전기공학과 졸업. 현재 한국전력공사 전원계획처 계통계획실 계통기술부장



임성황(林聖晞)

1959년 6월 2일생. 1987년 2월 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1994년 2월 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국전력공사 전원계획처 계통계획실 계통기술부장대리.