

전력수송의 고속도로 765kV 송전기술

이 동 일

한국전력공사 전력연구원 송변전기술그룹 송전 및 전기환경연구팀장

1897년 3월 6일 영국군 안에 있는 건정궁에 처음으로 전등을 밝힌 지 115년만인 2002년 4월 26일 아시아에서는 가장 높은 전압인 765kV 전압을 남진화력발전소-신안성변전소 구간에 송전을 개시하면서 역사적인 765kV 시대를 열었다.

전력수송의 고속도로로 불리어지는 765kV 초고압 송전시대 개막은 우리 나라 전력기술의 수준을 한 단계 끌어올린 전기 분야의 중요한 의미를 갖는 일이다.

지상교통의 진화함을 위하여 고속도로를 건설하듯이 경제성장 및 생활수준의 향상으로 연 10%대의 전력수요 성장을 지속하고 있는 우리 나라로서는 좁은 국토와 높은 인구밀도를 고려할 때 발전소에서 생산된 전력을 수요지까지 공급하는데 있어 765kV 송전선로의 구축은 더 이상 지체할 수 없는 현안이었다.

여기에서는 국내 기술로 세계에서 처음으로 765kV 수직배열 2회선 기술을 개발한 개요와 기술의 특성을 소개하고자 한다.

1. 송전선로의 정의

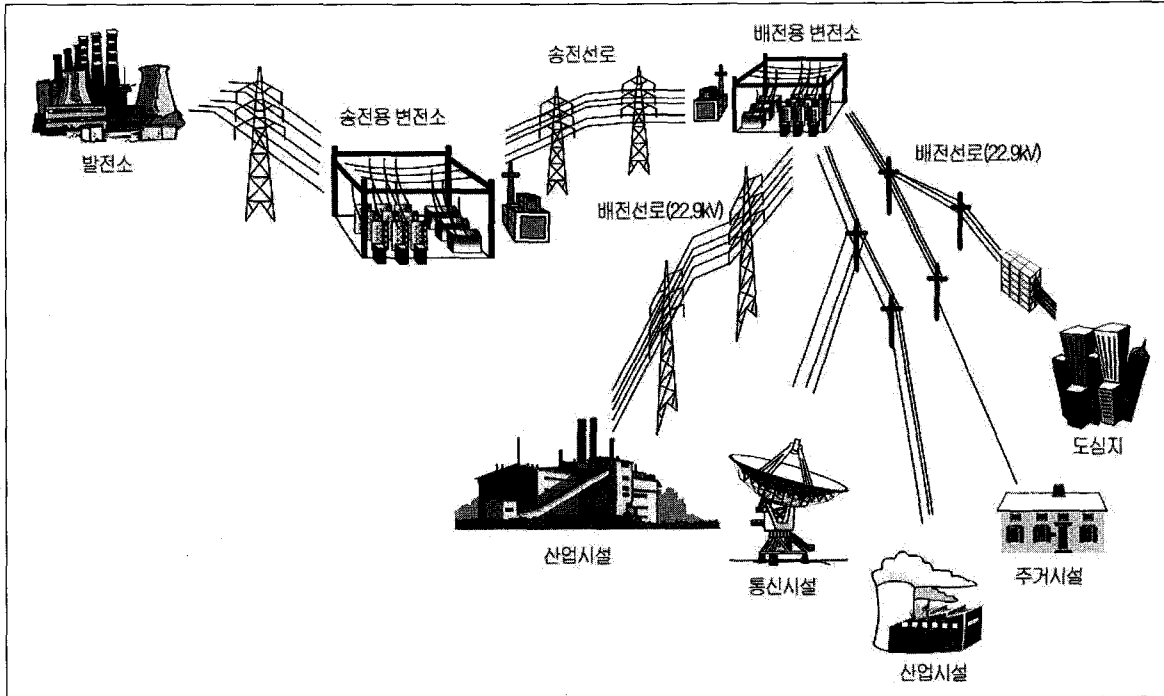
전기의 존재는 이미 기원전 600년경 호박을 마찰시켰을 때 발생하는 마찰전기에서 인류가 최초로 인식하였으며, 이러한 이유로 전기(Electricity)의 어원은 호박(Electron)에서 비롯되었다. 이후 지구상에 존재하는 전기를 인류가 에너지원으로 활용하기 시작한 것은 1880년경 에디슨이 처음으로 전구를 발명하여 실용화한 이후였으며, 이렇게 실용화된 전기의 활용은 초기에 매우 작은 규모의 직류(DC: Direct Current)로 공급과 소비가 이루어졌다. 그 당시는 전력산업의 기술적 기준을 정립했던 시기로 에디슨연구소(제너럴 일렉트릭의 모태)의 직류방식과 조지 웨스팅하우스가 추진한 변압기를 통한 교류송전방식 사이에 기술경쟁이 치열했다.

이후 전기는 모든 국가의 중요한 에너지원으로 큰 규모의 발전과 전력 수송이 요구되었고 이를 위해 발전기의 구조, 신뢰성 및 사용전압과 송전전압의 변환에 유리한

교류(AC: Alternative Current) 기술이 전력산업의 근간이 되었다. 이러한 대규모의 주요 에너지원으로 활용되는 교류전기의 발생에서 수용가에 이르는 구성은 그림 1과 같다.

전기를 생산하고 사용자에게까지 공급하는 일련의 설비를 전력계통이라고 한다. 전력계통은 여러 가지 요소로 구성되어 있는데 발전소 및 송전선로, 변전소, 배전선로 등으로 나눌 수 있다. 발전소는 6.6kV ~ 24kV 정도로 낮은 전압으로 전기를 생산한다. 수용가에게서 공급받는 전력은 전압의 제공에 비례해서 결정되므로 이 정도의 낮은 전압으로는 대전력을 먼 지점까지 보내기가 어렵게 된다. 그러므로 발전소에 승압변압기를 설치해서 대전력의 장거리 송전에 적당한 전압으로 승압하여 이를 수용가 부근의 변전소(전압을 변화시키는 곳)까지 보내게 되는데, 이러한 고전압의 전력전송을 담당하는 선로를 송전선로라고 한다.

우리 나라에서는 송전선로의 전압으로 154kV/345kV/



〈그림 1〉 전력 공급 계통 흐름도

765kV가 근간을 이루고 있다.

2. 우리나라의 송전선로 전압 격상

우리나라의 전력사업은 1898년 1월 26일 서울에 한성 전기회사가 설립되면서 시작되어 1920년대까지는 소화력발전설비에 의한 도시배전규모로 영위되어 왔다. 최초의 송전선로는 1923년 경성전기주식회사에서 건설한 중대리에서 한성(서울) 간의 166km 66kV 송전선로이다. 계통계획에 의하여 송전선로가 건설된 것은 조선총독부에서 전기사업조사위원회에 의뢰하여 1930년 8월부터 1932년 12월에 걸쳐 수립한 발전 및 송전망 계획과 전국적인 계통계획에 의하여 시행된 것이 최초이다. 154kV 송전선로가 처음 건설된 것은 장진강 제2발전소에서 평양 간의 200km로서 1935년 10월에 건설되었으며, 1940

년 5월에는 허천강수력발전소에서 청진 및 흥남 간 동양 최초로 초고압인 220kV 송전선로를 건설하였다.

이후 해방과 남북분단에 이은 1948년 5월 14일의 斷電으로 남한의 전력사정이 암울하던 시대를 거쳐 1961년부터 시작된 경제개발계획에 의한 경제성장에 힘입어 전력 수요가 급증하게 되었다. 증대하는 전력수요와 발전기의 대응량화에 따른 대전력을 수송할 수 있는 초고압 송전계통의 필요성이 대두되어 1968년에 미국 CAI(Common Wealth Associates Inc)와의 용역에 의한 검토에 따라 1970년 1월 345kV 송전선로 건설계획을 확정하여 1976년 10월에 여수화력발전소에서 옥천까지 190km의 345kV 송전선로를 본격 운전하였다. 765kV 송전선로는 당진화력-신서산-신안성까지의 178km와 신태백-신가평까지의 162km 등 총 선로길이 340km를 1996년 2월 착공하여 2002년 4월에 상업운전을 실시하고 있다.

3. 765kV 송전방식 도입 현황

가. 세계 각국의 765kV급 송전방식

1965년에 캐나다 Hydro-Quebec 전력회사가 북쪽 Church Fall 수력발전소에서 발전한 약 500만kW의 전력을 700km 떨어진 Montreal까지 수송하기 위하여 공칭전압 735kV, 최고전압 765kV로 송전하기 시작한 것이 700kV급으로는 세계에서 처음이다. 이후 미국 AEP 전력회사가 1969년부터 공칭전압 765kV, 최고전압 800kV로 송전을 개시하였으며, 이후 미국의 NewYork 전력, 남미의 브라질, 베네주엘라, 아프리카의 남아프리카공화국에서도 공칭전압 765kV 송전선로를 도입 운전하고 있으며, 동구권에서는 소련의 연방이었던 폴란드와 헝가리가 공칭전압 750kV의 송전방식을 소련으로부터 전력을 수송받기 위하여 1970년대부터 운영해 왔으나 최근에는 송전이 중지된 상태이다.

나. 우리나라의 765kV 도입 배경

우리나라는 1980년대 이후 급격한 경제성장에 따라 연 10%대의 급격한 전력수요 증가를 보이고 있으며, 1인당 전력소비량 또한 매년 큰 폭의 증가세를 보이고 있다. 우리나라의 경우 주요한 전력수요 증가 지대가 경인지역에 집중되어 있으나, 이 지역은 인구 밀집지역으로 환경과 입지적인 관점에서 새로운 발전원을 개발하기 어려우며, 이에 따라 대용량 발전단이 있는 중부권이나 영동권으로부터 수요지인 경인지역으로의 대규모 전력전송로가 필요하게 되었다. 이에 따라 1979년부터 765kV로의 전압격상을 준비하였으며, 1983년부터 765kV 연구개발을 시작하여 1997년 10월에 1차로 765kV 송전선로에 345kV 가압을 시작하여 2002년 4월 26일에 역사적인 765kV 송전을 개시하였다. 우리나라의 765kV 송전선로는 외국의 수평배열 1회선보다 2배의 전력수송 능력을 가진 수직배열 2회선 방식으로 세계에서 최초로 시도되

었다.

2002년 현재 우리나라의 765kV 송전선로는 당진화력-신서산-신안성까지의 178km와 신태백-신가평까지의 162km 등 총 선로길이 340km가 건설되어 운용중에 있으며, 향후 신안성-신가평 구간과 신안성-서경북-북경남-신고리 원전을 있는 송전선로가 건설될 예정이다.

다. 송전전압 격상의 효과

- 경인지역의 전력수급 불균형 해소
- 송변전설비 건설에 필요한 소요 용지 최소화
- 전력손실 감소
- 전력계통의 안정도 향상
- 국내 전력분야 기술 도약으로 국제경쟁력 향상

4. 765kV 송전의 장점

가. 송전용량 증대 및 합리적인 국토 이용

기존 345kV급으로 송전선로를 건설할 경우와 비교해서 765kV로 전압을 격상할 경우, 송전용량을 5배로 증대시킬 수 있을 뿐만 아니라, 첩탑부지 및 선하지 면적을 대폭 줄일 수 있으므로 국토의 효율적인 이용 측면에서 매우 큰 장점을 가지고 있다.

나. 송전 손실 최소화

송전 손실은 전압의 제곱에 반비례하는 특성을 가지고 있어서 전압을 765kV로 격상할 경우 송전 손실이 345kV에 비해 20% 정도로 감소하게 된다.

다. 송전용량 대비 건설원가 절감

765kV 송전선로는 송전용량 대비 송전선로 건설원가가 절감되어서 kW당 건설원가가 345kV에 비해 74% 정도로 감소된다.

라. 환경친화적인 설계

756kV 송전선로는 실규모 시험선로를 통한 장기시험을 통해 코로나로 인한 가청소음, 라디오 잡음 뿐만 아니라 전계, 자계, 풍소음 등에 대한 충분한 검토를 통해 환경친화적인 설계와 건설이 이루어졌다. 표 1은 다른 500kV 급 및 765kV급 선로와의 Gmax 비교 자료로서 Gmax는 환경장해의 주요인자로 작용하며, 이 값이 낮을수록 전기환경에 미치는 영향이 적어짐을 의미한다.

〈표 1〉 500kV급 및 765kV급 선로와의 Gmax 비교

선로명	도체방식		Gmax (kV/cm)
	소도체수	소도체외경(cm)	
VEPCO 500kV	2	4.2	17.8
BPA 500kV(미국)	1	6.4	16.7
AEP 765kV(미국)	4	3.0	21.8
KEPCO 765kV(한국)	6	3.0	13.97

5. 765kV 송전기자재

가. 전력선

전력선은 직접적으로 전력을 수송하는 매체로서 도전율이 높고, 기계적인 강도가 크며, 밀도가 작고, 내구성이 있어야 한다. 765kV 가공선로에 사용되는 전선은 발열을 위해 모두 나전선을 사용하고 있으며, ACSR(Aluminum Cable Steel Reinforced)을 가장 많이 사용하고 있다. ACSR은 비교적 도전율이 높은(약 61%) 경알루미늄선을 인장강도가 높은(125kg/mm²) 아연도금 강선(Galvanized Steel Wire) 주위에 꼬아서 만든 것으로서 강심에는 전류가 흐르지 않는 것으로 보고 연선의 단면적 및 저항은 알루미늄 부분에 대해서만 생각하고 있다. 같은 저항의 경동 연선에 비하면 전선의 바깥지름이 커지기 때문에 코로나 방지측면에서 특히 고전압의 송전선로용 전선으로서 유리하다고 할 수 있다.

765kV 송전선은 전파장애, Corona 소음, 송전용량, 적정 지상고 유지 등을 종합 검토한 결과 345kV 송전선

로에 일반적으로 사용하는 ACSR 480mm² Rail 보다 강도가 큰 ACSR 480mm² Cardinal 6도체 방식을 채택하였으며, 해안에 인접한 당진화력 T/L은 전선 부식방지를 위하여 ACSR/AW 전선을 선정하였다.

나. 애자

애자는 전력선을 철탑에 기계적으로 고정시키고 전기적으로 절연시키기 위해서 사용하는 절연지지물의 역할을 한다. 애자는 옥외에서 사용되므로 바람, 비, 눈 등의 자연적인 악조건 하에서도 전기적, 기계적 특성이 좋아야 하며 비, 눈, 안개 등에 대하여 충분한 전기적 표면 저항을 구비하여 누설전류가 충분히 적어야 한다.

그리고 정격전압에서도 코로나 방전이 일어나지 않고 표면에서 아크 또는 코로나가 일어나더라도 파괴되거나 손상을 입지 않아야 한다.

애자는 재질에 따라 자기애자, 유리애자, 폴리머애자 등이 있으며, 765kV 선로에는 자기재 애자를 사용하고 있다.

다. 스페이서 댐퍼

765kV 선로는 같은 양의 전력을 전송하면서도 코로나 저감 및 선로정수 개선 효과가 있는 상당 다도체 방식을 채택하고 있으며, 우리나라의 경우는 6도체방식을 사용하고 있다. 이러한 경우에 각 소도체 간의 충돌을 방지하고 전선간의 거리를 일정하게 유지해 주며 바람에 의해 발생하는 진동에 의한 전선 손상을 방지하기 위해 스페이서 댐퍼를 사용하고 있다. 765kV 송전선로에 사용되는 스페이서 댐퍼는 국내에서 자체개발하여 건설된 전 구간에 사용되고 있다.

라. 철탑

765kV 철탑은 높이가 80~150m이고 중량은 200ton이 넘는 대형철탑이 됨에 따라 산형강 적용시에는 복합부

재의 형태가 불가피하여 시공 및 유지보수가 곤란하므로, 주주재와 사재는 단일부재의 적용이 가능한 강관부재를 채택하고 완금재는 산형강을 사용하였으며, 기초는 험준한 산악지형을 통과하는 관계로 신뢰도가 큰 심형기초를 적용하였다.

6. 765kV 관련 송전분야 연구

가. 공기절연 실증시험

공기절연 실증시험은 실규모의 현수형 및 내장형 애자 장치에 대하여 4MV급 옥외충격전압 발생장치를 이용하여 실시되었다. 연구결과는 765kV 철탑 설계시 애자수량, 공기절연거리 설계에 이용되었으며 변전기기의 BIL (Basic Impulse Level), BSL(Basic Switching Level) 및 차단기, 고속도접지스위치(HSGS: High Speed Ground Switch)의 고유과도회복전압(TRV: Transient Recovery Voltage), 파괴기의 정격 등 765kV 각종 기기 정격을 결정하는데 이용되었다.

나. 송전선로 진동시험

실규모 송전선로 진동시험설비를 이용해 가공선로의 각종 진동현상의 실규모 시험뿐만 아니라, 765kV 6도체의 진동 특성 파악 및 가공선로용 스페이서댐퍼 및 댐퍼류의 적용방안을 제시하고 있다.

진동시험설비의 개요는 다음과 같다.

- 문형철탑 3기, 진동관측용 CCTV Set
- 진동측정데이터 기록 및 분석장치
- 장력측정장치 및 Load Cell
- 풍향풍속계, 온도계 등 기상관측 장비
- 각종 진동측정용 센서류

다. 코로나케이지를 이용한 전기환경 모의시험

단상 모의시험선로인 코로나케이지(Corona Cage)를

이용한 765kV 송전선로의 환경영향평가 및 후보도체방식 선정을 위한 모의시험연구를 수행하였다. 단상 전기환경모의시험설비는 사용 도체와 인가전압을 수시로 변경할 수 있고 낮은 전압으로 도체표면 전위경도를 크게 할 수 있으므로 다수 다종의 시험을 효율적이고 경제적으로 수행할 수 있는 이점을 가지고 있다. 단상 모의시험설비는 송전선로 도체설계에 가장 큰 요소가 되는 코로나 소음 및 라디오 장애 등의 현상 연구에 잘 응용되고 있다.

라. 765kV 송전선로 TV 전파장애 평가

765kV 6복도체 선로와 같이 대형 송전선로에 텔레비전 전파가 입사되는 경우에는 주로 전선에 의해 텔레비전 전파가 반사되거나 차폐되어 텔레비전 전파장애를 발생시키게 된다.

TV 전파장애는 송전선로 주변의 주거자들에게 직접적으로 느껴지는 문제로서 선로건설 전·후의 TV 전파 수신 특성을 비교 측정하여 송전선로에 의한 TV 전파장애 발생 여부를 확인하고 지역별 특성에 맞는 대책을 추천하여 송전선로 건설시에 발생될 수 있는 민원을 해소할 수 있도록 기술지원을 하고 있다.

7. 송전선로 전자계 영향연구

최근 송전선로 및 변전소 인근 주민들이 전자계 때문에 각종 질병에 시달리고 있다고 주장하고 있고, 환경단체에서도 전력설비에서 발생하는 전자계가 임신장해나 백혈병, 뇌종양 등 癌 유발에 영향을 미친다는 주장에 따라 사회적으로 이에 대한 염려가 커지고 있는 상황에서 송전·환경팀에서는 전기의 생산, 공급, 사용 때 발생하는 주파수 60Hz에서의 전자계 영향을 객관적으로 파악하기 위하여 한국전기연구원 및 화학연구소와 공동으로 송전선로의 전자계 영향연구를 수행하였다. 국내에서 전자계 생체연구를 수행함으로써 세계 각국에서 다양하게 진행되

고 있는 동 분야의 연구진과 긴밀한 교류를 통하여 자료를 공유하고 국내 전력설비의 전자계 발생 실태 및 적합한 전자계 저감기술 개발을 위하여 전력연구원의 송변전 기술그룹 주관으로 이번 연구가 수행되었다.

이번 연구의 주된 실험분야는 자계에 노출된 쥐의 생체 영향연구로, 임신된 쥐 96마리를 4개 그룹으로 나누어, 한 그룹은 자계가 없는 정상적인 상태로 놓고 나머지 3개 그룹은 50mG(밀리가우스), 833mG, 5000mG의 자계에 각각 10일(임신기간) 및 40일(수유기) 동안 노출시킨 뒤 임신과 분만, 어미의 수유 상태, 2세의 출생 후 성장, 행동 및 생식과정을 종합적으로 관찰하였다.

- 50mG: 국내 송전선로에서 발생가능한 자기장
- 833mG: 국제비전리방사선보호위원회(ICNIRP)의 권고치
- 5000mG: 실험에 사용된 노출장치가 낼 수 있는 최대의 자기장

실험결과 자계 노출은 실험용 쥐의 임신/출산/생존/발암에 대한 안정성 평가에서 어떠한 독성 영향도 미치지 않는 것으로 나타났다. 즉 자기장 노출이 모체 및 배자발생에 미치는 영향을 조사하기 위한 1차 실험에서 어미쥐의 일반증상, 체중, 생식능력 및 새끼쥐의 체중에 있어서 자기장 노출에 기인한 것으로 여겨지는 어떠한 변화도 관찰되지 않았다. 또 새끼쥐의 외형, 장기 및 골격점사시 조사한 기형 발현율에 있어서도 노출군과 비노출군 간에 차이가 없었다.

또 자기장 노출이 어미쥐의 출산과 새끼쥐의 성장 및 기능발달에 미치는 영향을 알아보는 2차 실험에서도 임신기간 및 출산율, 포육기간 중 생존율, 새끼쥐의 성장, 행동 및 생식기능에 있어서 자기장 노출의 영향으로 인정되는 소견은 관찰되지 않았다.

결론적으로 송전선로에서 발생가능한 자기장뿐만 아니라 그 이상의 전자계라 할지라도 아무런 독성 작용이 없다는 것이 입증되었다.

이번 연구는 세계보건기구(WHO)가 전자계 안전성 평가에 대한 신뢰도를 인정받기 위하여 제시한 우수실험실 운영제도(GLP-Good Laboratory Practice 기준)를 충족하는 실험설비와 전력연구원에서 개발한 오차범위가 매우 낮은 균등자계 발생장치를 국내 최초로 구축, 실험하였다. 따라서 기존의 국내 유사한 실험들보다 높은 신뢰성을 보장함으로써 일반인들은 가정이나 작업장 등에서도 접할 수 있는 전자파가 인체에 유해한 영향을 미친다는 막연한 불안감에서 해방될 수 있을 것이다.

마. 전자계란?

우리는 흔히 전자파라는 용어를 많이 사용하고 있으며, 송전선로나 일반 가전제품에서 발생하는 것도 전자파라고 하는데 이는 잘못된 것이며 전자계라고 하여야 올바른 용어 사용이다. 전자계는 주파수가 0~300Hz까지인 극저주파 영역을 말하며 우리가 사용하는 60Hz 전기도 이 영역에 속한다.

전자파의 에너지는 주파수가 높을수록 커지며 거리에 따른 감쇄율이 작다. 그러나 극저주파 영역의 전자계는 에너지가 극히 미약하고, 또한 거리에 따라 급격히 감소하는 특성이 있다. 이러한 전자계는 전계와 자계 성분으로 나눌 수 있고 최근 인체에 영향을 연구하는 분야는 이중 자계성분에 관한 것으로 전계는 전선의 전압으로부터 발생하는 것이며, 자계는 전선을 흐르는 전류로부터 발생된다. 송전선로에서의 전계와 자계는 선로 직하에서 가장 크게 나타나고 거리가 멀어질수록 급격히 감소한다. 송전·전기환경팀에서 다음의 도표에서와 같이 전국의 송전선로 162개소를 대상으로 광범위하게 전계와 자계를 측정하고 선로 직하의 최대치를 골라서 통계처리한 결과 평균적으로 전계는 0.5kV/m, 자계는 12.6mG로 나타났다. 이는 자계의 경우 현재 세계보건기구에서 권고치로 제시한 833mG에 비하여 매우 낮은 수치이다.

전력연구원의 "765kV 송전 및 전기환경 연구"

1. 연구팀 소개

송전·전기환경팀은 2002년 4월 765kV 송전선로의 상용운전을 개시하기까지 설계 및 관련기기 개발 등 순수한 국내 기술로 성공적으로 수행된 765kV 격상사업을 선도하였으며, 이는 고창 765kV 실증시험장을 설계, 건설하여 국내 환경에 적합한 최적의 설계기술의 도출을 통하여 가능하였다. 또한 실증시험선로를 활용한 송전선로의 활선기술 개발 등 전력수송에 가장 중요한 선로로 활용될 765kV 송전선로의 안정적 운용을 위한 지속적인 기술개발 및 향후 건설 예정인 신설 765kV 1회선 송전선로 건설에 필요한 기술 개발을 수행할 예정이다.

특히 신송전 기술과 변전실증시험설비를 구축하여 신개념의 송변전기자재 설계 및 개발 기술을 유도하기 위한 인프라 구축사업을 2002년 7월 전력산업 연구개발사업의 일환으로 착수하여 향후 지속적인 송변전 신기술 개발에 주력할 계획이다. 또한, 국민의 환경에 대한 관심이 점차 높아지고 765kV 송전선로의 가압에 즈음하여 전력설비에 대한 민원이 급증하여, 전기환경분야는 과거 어느 때 보다 객관적이고 투명한 평가와 대책 기술이 요구되고 있다.

송전·전기환경팀에서는 환경친화적 초고압 송전기술 개발과 송전선로의 전자계 영향연구 등 1980년대부터 지속적으로 관련 연구를 수행하여 전력설비의 전자계 및 각종 전기환경에 대한 평가 및 저감 설계기술 분야의 기술을 축적하였다. 이러한 경험을 바탕으로 향후 남북 전력계통연계 및 나아가 동북아 계통연계에 대비한 국내 가공직류송전 기반기술개발을 전력산업연구개발사업의 일환으로 작년 9월에 착수하였다. 송전·전기환경팀은 전력연구원 내에서 송전분야 12개 연구과제와 300여억원 연구비를 확보하여 가장 활발한 연구를 수행하는 팀중의 하

나로 이동일 책임연구원이 팀의 모든 수행과제를 조율하여 리드하고 있으며, 선임연구원 추장희, 최인혁, 강지원, 신구용 그리고 선임보연구원 장태인, 일반연구원 이성두가 각 과제의 실무를 맡고, 위촉연구원 김정호(책임급), 김복규, 임창렬, 홍동석, 송혁진이 연구업무의 일선에서 최선을 다하고 있다.

또한, 1989년 고창실증시험장의 부지 선정부터 765kV 시험선로, 진동시험설비, 전기환경모의시험설비, 충격전압시험장 등 25만평의 시험장을 본팀에서 관리·운영하고 있으며, 고창시험장에서는 김휴연, 문재석이 시험장 관리를 맡고 있다.

2. 연구개발 실적

가. 765kV 실규모 시험선로 실증시험장 운영

765kV 실규모 시험선로는 송전선로 환경설계 및 이의 검증과 환경영향평가를 위해 1992년부터 건설되어 운용되고 있는 설비로서 765kV 송전선로의 환경친화성을 확인하는 것이 가장 중요한 연구내용이다. 시험선로의 기계적, 전기적 중심이 되는 2호와 3호 첩탑 사이에 선로와 직각으로 가청소음 12Set, 라디오장해 4Set, TV장해 4Set 센서를 설치하여 감지되는 데이터를 장기 취득하여, 통계분석을 통해 그 발생특성을 평가하였다.

나. 가공송전선로 환경친화 설계 프로그램 개발

765kV 송전연구 결과물로서 초고압 송전선로 전기환경친화 설계프로그램(TLCALC 2001)을 개발 완료하여 기술이전 및 활용단계에 있다. 지금까지는 사용상 여러 제약조건들을 갖고 있으며 우리 실정에도 맞지 않는 외국의 계산프로그램들을 사용해 왔으나, 이번 국내 자

체 기술로 개발된 프로그램을 통해 적용범위가 넓고 정확한 예측이 가능하게 되었다. 본 프로그램을 이용하여, 송전선로 설계자는 기존 선로의 환경영향평가는 물론 선로설계 단계에서 선로 경과지에 있어서의 전기적인 환경영향의 정도를 예측, 평가하고 그 결과를 설계에 반영할 수 있게 되어 환경친화형 송전선로의 설계와 건설에 유용하게 활용할 수 있으며, 환경민원을 원천적으로 예방할 수 있어 환경비용 절감이라는 부대효과까지도 기대할 수 있다.

다. 풍소음 대책 전선 개발

765kV 송전선로의 경우, 철탑 지상고가 약 100m에 달하고 1상이 6도체로 구성되어서 전선에 의한 풍소음 발생이 커지게 된다. 이러한 풍소음은 전선의 표면에 바람이 스칠 때 공기 흐름의 박리에 의해 유체중의 압력변동에 의한 맥놀이형태의 와류에 의해 발생하게 된다. 이러한 풍소음을 저감시키기 위해서는 도체표면의 형상을 변화시켜 와류를 줄여야 하는데, 풍소음 저감 연구를 통해 Spiral Rod와 LN-Grackle 전선을 개발하였으며, 풍소음 특성 시험 및 풍압특성 시험을 한국과학기술대학교(KAIST) 및 한국항공우주연구소(KARI)의 풍동시험설비를 이용하여 각각 수행하였다. 또한 고창 실규모 시험선로를 이용한 실증시험을 완료하였으며, Spiral Rod의 경우에는 765kV 상용선로 1경간에 대해 시범적으로 설치를 완료하였다.

3. 주요 기술지원 실적

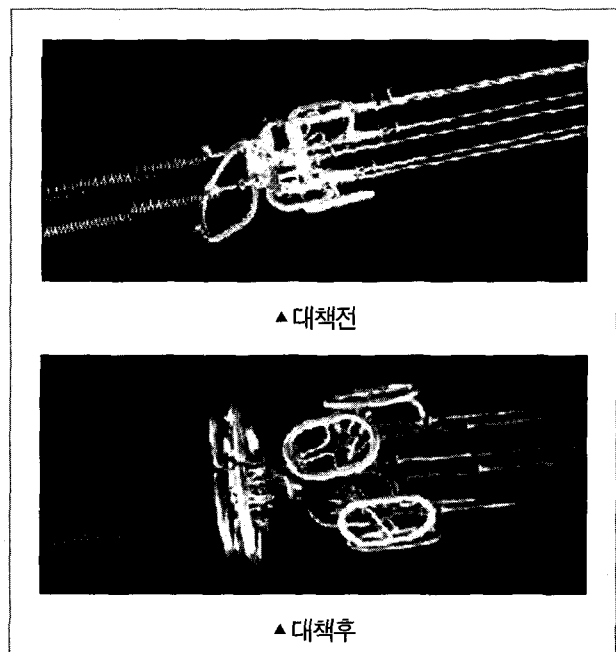
가. 소선 부풀음 전선의 코로나 특성 규명

765kV 송전선로에서 전선 시공 및 금구류 설치 과정에서 발생된 소선 부풀음 현상으로 인해 추가적인 전기환경장해 문제의 발생 가능성에 대한 우려가 있어서, 이에 대한 시험을 실시하였다. 시험은 고창실증시험장에

있는 전기환경모의시험선로(코로나 케이지)를 이용하여 실시되었으며, 부풀음 전선으로 인한 추가적인 환경장해 발생이 없음을 확인하여 운용사업소에 이를 통보하였다.

나. 당진화력 구내 765kV 코로나 발생 대책 기술지원 외 기술지원 수백 회(1993-2001)

당진화력발전소 내의 발전단으로부터 765kV 변전설비까지의 인입 가공모선의 단말부에 쉴드링(Shield Ring) 설계 미비에 따른 차폐기능 부족으로 애자런 끝단 연결 금구부에 전계가 집중되어 과도한 코로나가 발생되었다. 본 팀에서는 고창시험장을 이용하여 추진하여온 실증시험을 통한 연구결과와 경험을 토대로 코로나 발생을 효율적으로 억제 할 수 있는 차폐환(Shield Ring)을 설계하여 코로나 발생개소에 설치함으로써, 코로나 발생을 억제하여(그림 2 참조) 감사원 민원과 설비사고 방지에 기여



〈그림 2〉 코로나 발생 장면

하였다. 본 건을 계기로 765kV 계통에서 코로나에 대한 검토가 중요함을 인식하는 계기가 되었다.

다. 전력설비 환경영향평가 민원대응 지문 및 법원 감정 지원

(765kV 신서산 T/L 공사금지 가처분 소송 감정, 수원지방법원, 1999년 1월 외 수십 회)

새로운 송전선로를 건설하거나 운용중인 송전선로에 대한 일반수용가 및 단체가 한국전력공사를 상대로 환경 관련 분쟁을 발생시키고, 이런 경우에 법적인 공방으로까지 발전되는 사례가 점차 증가하고 있다. 이러한 면에서 국내의 전기환경분야에 대한 전문적 평가기술을 갖고 있는 전력연구원에서는 한국전력공사에서 요구하는 기술자료들을 충분히 제공하고 기술공청회 등을 통한 대민 이해 증진 업무를 수행함으로써 국가의 기간사업인 전력수송이 원활하게 운용될 수 있도록 최선을 다하여 노력하고 있다. 일례로 1998년 ○○방송대학에서 인근으로 건설되는 765kV 상용선로에 의한 전기환경장해에 대하여 서울대와 공동으로 송전선로로부터의 피해를 제기하여 법정 공방으로 비화되었다. 전력연구원에서는 765kV 송전선로에 의한 영향이 법정기준치 이하임을 이론적인 입증과 더불어 담당 판사의 입회하에 765kV 초고압 인가시의 방송관련 장비에 대한 정밀시험을 고창 실규모시험 선로에서 실시하였다. 이를 통해 최종 승소판결을 이끌어 낼 수 있었으며, 765kV 사업의 원활한 추진은 물론 수습역의 예산 절감에 기여하였다.

4. 향후 연구 방향

가. 765kV 활선공법 연구

765kV 송전선로는 전력 수송에 있어서 중추적인 역할을 하는 선로이므로 이에 대한 무정전 유지보수가 향후 매우 중요한 사항으로 대두될 것으로 예상된다. 이러한

필요성에 따라 전력연구원에서는 사전 조사차원으로 1회선 정전시의 유지보수에 대한 실증시험을 실시하였으며, 향후 765kV 전압이 인가된 활선상태에서의 유지보수 기술을 개발할 예정에 있다.

나. 환경친화형 신개념 TOWER 설계 연구

가공송전선로의 설계와 시공은 주로 운용측면의 안정성과 유지보수 용이성에 맞추어 이루어져 온 것이 대부분이다. 그러나, 최근 들어 환경문제에 대한 관심이 고조되면서 넓은 지역에 걸쳐 외부에 노출되어 있는 가공송전선로의 경우, 환경친화적인 개념을 도입한 설계와 시공이 절실히 요구되는 실정이다. 이를 위해서 선진국에서는 친환경적인 철탑을 설계하여 현장에 적용하고 있으며, 경과지 축소를 위해 암절연 송전선로에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이에 전력연구원에서도 환경친화형의 신개념 철탑 및 송전선로에 대한 연구를 본격적으로 시작할 예정이다.

다. 가공송전선 허용용량 산정 시스템 개발 연구

국내 전력산업의 구조개편이 진행됨에 따라 한전은 주로 전력의 수송만을 담당하게 될 것이며, 이에 따라 한전에서는 송전선로의 설계 및 운용 측면에서 경제성과 신뢰성을 증진시키기 위해 전력선의 정확한 허용 송전용량의 산정이 필요하게 되었다. 송전선로의 송전용량은 주로 도체의 열용량으로 결정되며, 도체의 열용량은 주위온도, 풍속 및 일사량 등 기후에 관련된 요소뿐만 아니라 선로 가설 후 주위환경과 경년에 따라 열화되는 정도에 의해서도 영향을 받는다. 현재 한전에서 적용하고 있는 송전용량에 대한 규격은 외국의 규격을 참조하여 만든 것으로, 정적인 부하용량을 산정하기 위한 것이다. 전력연구원에서는 이 규격을 토대로 선로주변의 동적인 기상조건, 노후선로의 경년열화 등을 조사 및 분석하여 선종별, 규격별, 계절별, 시간대별로 다르게 나타나는 현장 조건을 반

영하는 가공송전선 허용용량 산정 시스템을 개발할 예정이다.

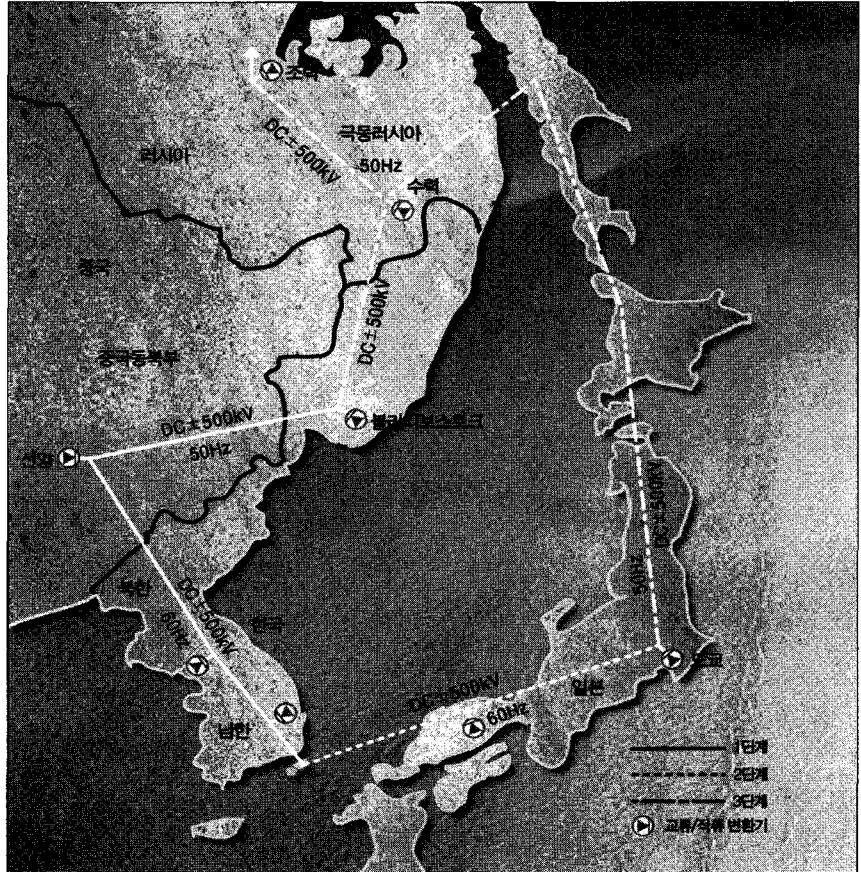
라. 가공 HVDC 송전연구

가공 HVDC 송전연구는 국가간 계통연계에 대비한 직류 송전 계통의 실용화와 종합화 방안을 제시하기 위하여 계획되었다. 가공 직류송전에 관한 실증적 실험 연구를 수행하여 초고압 가공직류 송전(HVDC Transmission) 핵심기반기술과 전기환경대책기술, 선로 절연설계기술, 송전선로 설계, 건설, 보수 등에 관한 시공기술 및 송전기자재 개발 등을 통하여 동북아 국가간 전력계통 연계 사업에 대비한 대전력 수송기술의 국가 Infra기술 자립을 도모하고 국제경쟁력을 확보하여 국가간 연계사업(Global Interconnection Project)이 실현되는 시점의 국가간 협상테이블에서 국익을 도모

하고자 함에 그 목적이 있다. 이 연구는 직류 송전선로 개발 및 환경설계기술 개발뿐만 아니라 육지 교류계통에서의 직류송전기술 도입방안 검토를 포함하여 장기적으로는 동북아시아 전력계통 연계사업 추진에 필요한 선로환경기술, 송전기자재 및 일부 계통분야의 대전력 수송기술을 개발한다는 점에서 기술적, 경제적 및 정책적 의미를 갖는다.

■ PEACE NETWORK?

동북아시아 지역의 전력경제와 청정환경을 위한 전력 계통연계 연구에서 제안된 국가간 계통연계 방안으로



〈그림 3〉 동북아시아 계통 연계도(안) (PEACE NETWORK)

Power Economy and Clean Environment-Network Project라는 함축적 의미를 담고 있다. 이 연구에서 제안된 계통연계의 단계적 구현 방안은 크게 다음과 같이 나눌 수 있다(그림 3 참조).

- I : 한국과 북한을 연계
- II 단계 : 극동아시아, 중국 북동부, 한국을 HVDC로 연계
- III 단계 : 극동러시아, 중국 북동부, 한국, 일본, 극동러시아를 HVDC 루프 네트워크(Loop Network)로 완성