

한전 765 kV 송전선로 전선선정 검토의 기본 방향

구 본목, 오 창효, 박 영신
한국전력공사 송변전처 송전전압 격상추진반

The conception of conductor selection for KEPCO 765 kV T/L.

B.M.Koo, C.H.Oh, Y.S.Park
765 kV Project office, T&S Dept. KEPCO

< Abstract >

Lately in KEPCO, the power plant capacity has increasingly become larger than before and it has become difficult to get R.O.W for T/L. Therefore KEPCO decided to increase its system voltage level from 345KV to 765KV. By doing this, KEPCO would like to expand its transmission capability by less T/L route. In 765KV system, we should consider various kinds of environmental impacts that can be neglected in lower voltage level. These environmental impacts are very important factor in T/L design. That can be changed greatly according to the selected conductor. And also conductor selection has relation with the economy of T/L construction directly. This paper deals with some general factors to be considered and basic principles about the conductor and ground wire selection for 765KV T/L with referring to the experiences of foreign utilities.

송전용량 및 코로나 현상은 소도체수 및 그 배열방식에 따라 변화하고 지상전계강도는 상배열 방식에 크게 영향을 받아 첩탑높이를 결정하는 주요 요인이 된다.

KEPCO 765KV T/L의 경우 예비검토결과 Corona장해와 송전용량 등을 고려하여 6도체 이상이 적합하게 나타났고[12], 소도체 배열방식도 Spacer등 금구류 제작기술을 고려하고 전기적, 기계적으로 유리한 소도체간격 40cm의 대칭배열방식으로 검토한다.[11]

2회선 선로의 정상배열방식은 역상배열방식에 비해 코로나 장해 발생량은 다소 낮으나, 지상전계강도가 훨씬 높아 첩탑이 높아져 경제적으로 불리하므로 역상배열로 검토한다.

KEPCO 765KV T/L의 검토 전선배열은 그림 1과 같고, 이 경우 최저지상고에 대한 지상전계강도는 그림 2와 같다.

1. 서 론

최근 KEPCO는 발전단지가 대규모로 되고 계통간 수송전력력이 크게 증가함에 따라 송변전설비의 대형화는 불가피하고 또한 송전선로 건설에도 입지난이 심각한 장애요소로 대두되어 Route수를 줄이면서 대전력을 수송할 수 있도록 송전전압을 765KV로 격상토록하였다.

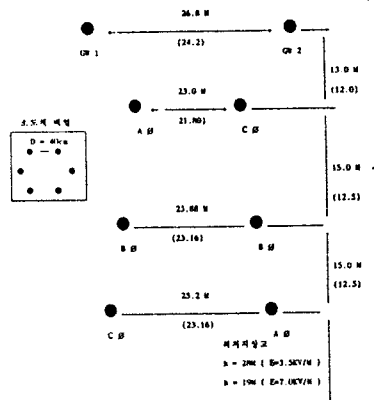
송전전압이 높아지면 주변에 전기적 환경장해를 유발하는데, 이 장해 발생량은 전선종류 및 도체구성방식에 따라 변화하게 된다. 또 전선의 종류는 송전용량과 건설비에 직접적인 영향을 주므로 전선선정은 송전선로 설계에 중요한 고려사항중의 하나가 된다. 따라서 본 논문에서는 전기적 환경장해를 최소화하면서 경제적으로 대전력을 수송할 수 있는 KEPCO 765KV T/L 전선선정 검토의 기본방향을 제시하고 각 항목에 대한 간단한 검토사항을 소개하고자 한다.

2. 전력선 선정

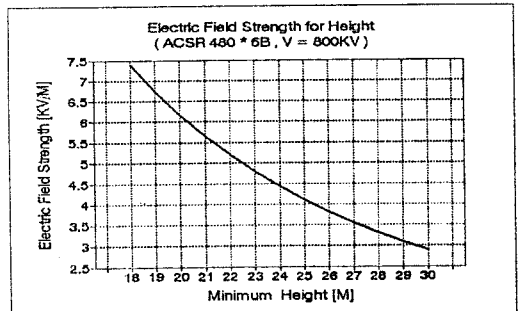
초고압송전선로의 도체방식 선정시 고려해야 할 사항은 선로 주변의 환경장해와 송전용량 및 경제성 등이며, 환경장해중 시 설장해는 건설후 그 정도에 따라 대책하는 것이 일반적이다.

2.1 전선 및 소도체 배열

송전선로의 전기적 특성은 도체배열방식에 따라 변화하는데



<그림1> KEPCO 765KV T/L 전선배열



<그림 2> 최저지상고별 지상전계강도

2.2 송전 용량

2.2.1 송전용량 제한요소

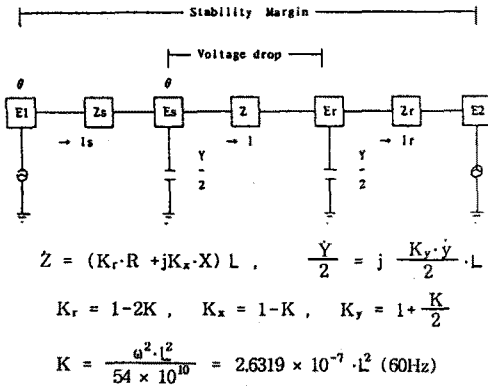
송전용량은 주로 도체 허용온도에 대한 열용량, 선로전압강하 및 계통안정도로 제한되며, 이들 요소중 단거리 송전선에서는 열용량으로, 중장거리 송전선에서는 전압강하 및 안정도 여유로 결정된다. [5]

도체 허용전류는 ANSI/IEEE Standard[4]의 열평형방식 - I²R 손실열과 태양열 입력의 합계가 대류손실과 방사열 손실의 합계와 평형을 유지함 - 으로 계산하며, 송전선로의 최대용량은 이 전류에 의한 열용량을 초과할 수 없다.

송전용량은 이 열용량내에서 선로전압강하와 안정도를 고려하여 계산되며, 선로전압강하는 보통 5~10%, 안정도여유는 20~40% 정도로 제한하는 것이 일반적이다

2.2.2 송전선로 등가회로

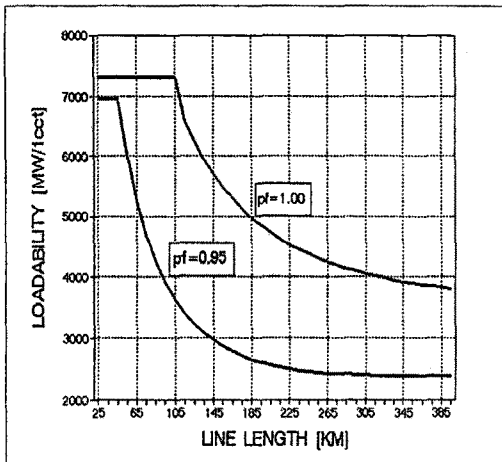
송전선로 특성계산은 분포정수회로로 계산하면 비교적 정확히 계산되나, 중거리 송전선로의 경우 집중정수회로로 취급하여도 큰 오차는 없으므로 계산의 편의를 위해 그림3과 같이 π 등가회로로 계산하되, 문헌[7]에 의거 200km이상에서는 선로정수를 보정하기로 한다.



<그림 3> π 등가회로 및 보정계수

2.2.3 KEPCO 765KV T/L 송전용량

KEPCO 765KV T/L 검토 전선인 Cardinal 480*6B의 송전용량은 연속 도체허용온도 90℃의 허용전류와 전압강하율 5%이하, 안정도여유 30%이상을 유지하도록 하여 그림3의 등가회로로 계산한 경우, 그 결과는 그림4와 같다.



<그림 4> KEPCO 765KV T/L 송전용량

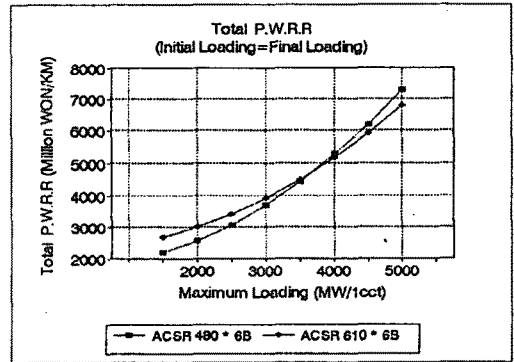
2.3 경제성 평가

경제적 도체Size를 선정하는 경제성평가는 많은 비교요소가 있어 간단하게 평가하는 것이 곤란하므로 총합경비(건설년경비 + 전력손실경비)를 현재비용(PWRR: Present Worth of Revenue Required)으로 환산하여 평가하는 것으로 하고 부하 Pattern별 로 각 도체Size에 대한 현재비용을 계산하도록 한다

현재비용 PWRR은 다음식으로 계산되고 KEPCO 765 KV T/L 검토 전선별, 최대부하별 PWRR 계산결과는 그림5와 같다.

$$PWRR = \sum_{n=1}^N \frac{R_n}{(1+i)^n} \left[\text{또는} \frac{R}{(1+i)^n} \left\{ \frac{(1+i)^n - 1}{i} \right\} \right]$$

- Itn : 년경비 (R: 등가년경비)
- i : 이자율
- n : 계산기간 년수
- 0 건설등가년경비 = 건설비 × 고정경비율
- 0 손실년경비 = 년간손실비 × (1 + 손실 증가율)ⁿ × (1 + 에너지단가 상승율)ⁿ
- 년간 손실비 = 최대부하손실 × 손실계수 × 8760 × 에너지단가
- 손실 증가율 = (1 + 부하 증가율)² - 1



<그림 5> 765KV T/L 현재 비용

2.4 환경 장 해

2.4.1 송전선로 환경장해 종류 및 영향

송전선로에 의한 환경장해로는 전기적장해와 시설장해로 대별 할 수 있고 이중 전기적장해는 코로나방전에 의한 코로나 가청소음(AN: Audible Noise), 라디오장해(RI: Radio Interference), TV 장해(TVI: TV Interference) 및 전자계(EMF: Electric & Magnetic Fields)영향 등이다.

코로나에 의한 영향은 275KV, 345KV 등 EHV 송전선이 실용화되면서 라디오 잡음이 주 장해요인이었으나, 그후 500KV 송전선이 운전되면서 부터 코로나소음이 더 큰 고려요소로 대두되었다. 일반적으로 코로나 소음을 해결할 수 있도록 도체가 선정되면 라디오 잡음에 의한 장해는 거의 없어지는 것으로 보고되고 있다.

전자계영향은 1970년대 부터 사회적 관심사로 부각되면서 많은 국가에서 그 영향에 대한 연구를 진행하고 있으나, 아직까지 확실한 결론은 없으며, 전력회사에서는 주로 송전선하 정전기방전에 의한 불쾌감을 없애기 위하여 지상전계강도를 제한하고 있다.

시설장해는 풍소음, TV Ghost 등의 기계적장해와 경관장해등을 들수 있으며, 풍소음의 경우 동계 계절풍의 정도와 지역여건에 영향을 받고, TV Ghost 등은 방송국 송신소 위치 및 방송전계강도와 밀접한 관계가 있다.

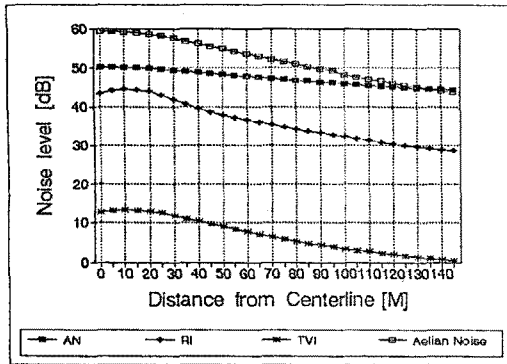
2.4.2 환경장해 예측계산

코로나 장해 발생량을 예측하기 위하여 많은 외국전력회사와 관련 연구기관등에서는 실규모 선로에서 장기간의 측정결과를 참고하여 예측식을 개발하여 전산화하여 사용하고 있으며, 적용 조건이 적합한 경우 실선로 측정치와도 큰 오차는 없는 것으로 보고되고 있다.

400KV이상의 송전선로를 운전하는 대부분의 전력회사들이 상 위 전압으로 격상시 Corona Cage등에 의한 예측식으로 후보도제 선정후 실규모 시험선로를 건설하여 측정치와 비교 검증하는 것이 일반적이므로 KEPCO에서도 765KV 실증선로를 건설하여 장해 발생량을 측정하고 있으며, 지금까지의 측정결과에 의하면 코로나 소음의 경우 BPA(Bonneville Power Administration)의 예측계산치와 잘 일치하고 있어 코로나 장해 발생량에측은 BPA 예측계산식을 적용하기로 한다.

풍소음 및 TV Ghost 예측계산은 일본 CRIEPI에서 1000KV T/L 용으로 개발한 예측계산식으로 예측이 가능하다.

이들 예측식을 이용하여 KEPCO 765KV T/L 검토 전선 480*6B의 환경장해발생량을 계산한 경우는 그림6과 같다.



<그림 6> 환경장해 예측 발생량

3. 가공지선 선정

가공지선은 낙뢰로부터 전력선을 보호하는 외에 최근에는 정보전송선로로서 활용하기 위하여 OPGW(광섬유 복합 가공지선)로 대체되어 가고 있으며, 765KV T/L 가공지선도 2중중 1조는 OPGW 건설에 대비, OPGW와 전기적 특성이 비슷하면서 기계적특성이 우수한 AW(알루미늄 피복 강선)의 적용이 검토 되고 있다.

가공지선은 상시 및 이상시의 유도전류, 고장시전류에 의한 온도상승과 풍력선 유도장해 정도 및 기계적특성 등을 고려하여 선정되어야 한다.

3.1 유도전류

가공지선의 상시 및 이상시(1회선 정지시)유도전류에 대한 온도상승은 도체 연속허용온도 및 단시간허용온도를 초과하지 않도록 하여야 한다. 유도전류는 종래 Carson-Pollaczek식을 약식화하여 계산하였으나, 최근 많이 적용되고 있는 EMT를 이용하여 계산하고 전력선 부하는 765KV T/L 예상최대부하를 고려하여 상시 3000MW/1CCT, 이상시 6000MW/1CCT 경우등의 검토가 요구된다.

3.2 고장전류 및 고장제거시간

변전소 가까운 곳에서 1선지락등의 사고가 발생하면 가공지선에는 고장제거시 까지 과대한 전류가 흐르는데 이 고장전류의 크기와 제거시간은 가공지선 선정의 가장 중요한 사항이 된다.

765KV T/L의 최대차단전류는 장래 계통확장 등을 고려하여 50KA정도로 예상되므로 가공지선의 고장전류는 이 전류를 기준으로 하여 각조에 25KA가 흐르는 경우 등과, 765KV 계통의 후비 보호 안정한게 차단시간을 고려[14], 고장제거 시간 20HZ에 대해 검토한다.

3.3 허용온도

765KV T/L 검토 가공지선인 AW 200 및 OPGW 200의 허용온도는 표 1과 같고 OPGW는 광 Fiber의 열적특성을 고려하여 다소 제한 된다.

표 1 도체별 허용온도

도 체	연 속 (상시)	단 시간 (이상시)	순 시 (고장시)
AW	200 ℃	230 ℃	400 ℃
OPGW	100 ℃	150 ℃	300 ℃

3.4 가공지선 장력

가공지선은 어떤 조건에서도 전력선 이도의 80%이하를 유지해야 하므로 기계적으로 큰 장력을 부담하게 되며, 전선의 수축현상으로 특히 저온계 단경간의 가공지선 장력은 더욱 과대하게 된다.

765KV T/L 가공지선은 최악조건에서도 안전율 2.8 이상을 유지하도록 검토한다.

765KV T/L 가공지선에 대한 계산결과는 표2와 같다

표2 가공지선 검토 계산결과

항 목		AW 200 mm ² (도전율40%)	OPGW 200 mm ² (도전율40%)
상 시 (3000 MW/1cct)	유도 전류	138	136
	연속허용전류	731	427
1회선 정지시 (6000 MW/1cct)	유도 전류	363	364
	단시간허용전류	799	598
고 장 시 (50 KA)	고 장 전류	25000	25000
	순시허용전류	34556	30142
최악조건장력(KG) (1000 M 이내)	III지역최대하중	4245	4366
	II지역최대하중	4237	4364
	다설지역최대하중	4806	4901
최대사용장력(KG) (안전율 2.8)	도전율 40%	4597	4457
	도전율 30%	5910	5730

4. 환경대책

최근 환경보존과 쾌적한 생활환경을 유지하기 위한 환경의식이 고조됨에 따라 이와 관련된 규제가 강화되고 있고 특히 전력 설비가 혐오 시설로 인식되어 송전선로 건설사업은 더욱 어려워지고 있다.

송전선로로 인한 환경장해는 설계시 이를 충분히 고려하고 각종 장해의 저감대책으로 외국의 대책수준을 참고하여 장해를 최소화 할 것이 요구된다.

4.1 전기적 환경장해 대책

○ 정전유도대책

전기설비 기술기준의 유도장해 방지를 위해 정전유도에 의하여 사람에게 위험을 주지않도록 지상전계강도를 사람의 왕래가 빈번한 지역에서는 3.5KV/M이하, 기타지역에서는 7KV/M 이하로 제한하도록 설계한다.

○ 코로나소음 대책

환경정책 기본법의 소음기준 및 소음진동규계법의 생활소음기준을 고려하고 외국 전력회사의 운전경험등을 참조하여 불평이 발생하지 않는 예상범위인 50dB(A) 정도가 되도록 도체선장을 검토중에 있다.

○ 라디오 및 TV 전파장해 대책

국제기관의 Design Guide 를 참조하여 신호대잡음비 SNR(Signal to Noise Ratio)를 기준으로 라디오의 경우 SNR 26dB이상, TV의 경우 SNR 40dB이상을 확보하면 수신에 지장이 없을 것으로 판단된다.

4.2 기계적 환경장해 대책

○ 풍소음대책

우리나라 풍속통계 조사 결과 송전선의 풍소음이 장해가 될 정도의 빈도수는 그렇게 높지 않으므로 코로나소음과 협조등을 고려하여 별도로 대책하지 않아도 될 것으로 판단된다.

○ TV Ghost 및 차폐장해 대책

TV Ghost 및 차폐장해는 송전선로 경과지, 송신소, 수신위치, 방 송전계강도등에 의해 복합적으로 영향을 받으므로 건설전후의 수신상태를 조사하여 필요한 개소에 대해서는 공청안테나설치 등의 대책이 필요할 것이다.

4.3 전력회사의 환경대책 설계목표

대부분의 외국 전력회사는 건설후의 환경민원을 사전 예방하기 위하여 환경대책 설계목표를 설정하고 초고압 송전선 설계시 전선선정의 기본 자료로 활용하고 있으며, KEPCO에서도 앞에서 언급한 여러가지 환경대책 사항을 참조하여 765KV T/L에 대한 환경장해대책 설계목표를 설정할 예정이다.

표3 은 외국의 대표적인 전력회사의 환경대책 설계목표이다.

표 3 환경대책 설계목표 현황

회 사 명	코로나소음	라디오장해	TV 장해
BPA (미국)	50dB(A) 이하		
NYPA (미국)	52dB(A) 이하		
TEPCO (일본)	50dB(A) 이하	SNR 20dB 이상	SNR 20dB 이상
인 도	55dB(A) 이하	잡음 46dB 이하	잡음 20dB 이하
이 태 리	56dB(A) 이하	잡음 60dB 이하	
ESCOOM(남아공)	53.5dB(A) 이하		

5. 결 론

본 논문에서는 초고압 이상의 송전선로 건설선정에 관한 고려 요소와 검토사항에 대하여 살펴보았다. KEPCO에서는 765KV 송전선로용 전선선정시 이들을 종합적으로 검토하고 사내의 관련 전문가의 의견을 수렴하여 환경장해를 최소화면서 대전력을 수송할수 있는 전력선 및 가공지선의 선종을 선정할 계획이다

[참고문헌].

1. EPRI, "Transmission Line Reference Book, 345KV above" 1982
2. BPA, "Electric and field effects of T/L", 1984
3. BPA, Corona and field effects program 1981.6
4. ANSI/IEEE Standard 738 -1986
5. IEEE "Analytical development of loadability characteristics for EHV and UHV T/L" PAS 98,79,3/4
6. CISPR 16 -1987, 18-1986
7. 전기서원, 전력계통 기술계산의 기초. 소화 55.10
8. 동경전력, 송전선로 환경장해
9. ,1000KV 송전에 관한 기본적 설계조건의 개요. 1988.5
10. 동경전력, OPGW 적용에 대하여. 소화 62.4
11. 전기협동연구 제 32권 1호
12. 한전기술연구원, 초고압송전에 관한 연구 1,2,4,5
13. 한전기술연구원, 초고압송전에 관한 2단계연구Ⅲ 1994.3
14. 한전기술연구원, 765KV 보호계전방식에 관한 연구(중간보고) 1993.9