

送電線의 環境影響

元 峻 喜 · 李 弘 植
(韓國電氣研究所)

차 례

- 1. 서 언
- 2. 송전선의 코로나 영향
 - 2.1 코로나 소음
 - 2.2 코로나 잡음
- 3. 전자계 영향
 - 3.1 전계영향
 - 3.2 자계영향
- 4. 경관대책 및 선로경과지 선정
- 5. 결 언
 - 참고문헌

1. 서 언

최근 송전전압의 초고압화에 따른 도체의 코로나에 의한 가청소음 및 라디오, TV장해와선로부근의 전자계 영향, 景觀영향등에 대하여 세심한 배려가 요구되고 있다. 여기서는 송전선의 코로나 및 전자계 영향, 경관영향, 경과지선정에 관하여 각국의 연구실태 및 그 대책에 관하여 서술하기로 한다.

2. 송전선의 코로나 영향

고전압 송전선의 도체표면에서는 코로나 방전에 의하여 가청소음과 고조파 잡음 즉 라디오 및 TV수신을 방해하는 잡음이 발생하게된다.

2.1 코로나 소음^{1), 2), 3)}

1965년에 미국의 전력회사 VEPCO의 500KV 송전선(2도체×소도체 직경4.2cm)의 코로나 소음에 대한 불평을 계기로 코로나 소음대책에 관한 연구가 시작되어 그 후 BPA의 500KV, AEP의 765KV 송전선 등 비교적 小型도체 방식을 사용하던 전력회사에서 표1에서 보는 바와 같이 코로나 소음에 대하여 큰 관심을 가지고 연구를 진행하여 수많은 연구 결과가 발표되고 있다. 우리나라는 765KV 2회선 송전선의 채택이 국토의 효율적인 이용과 건설공법, 용지확보 면에서 적합한 것으로 생각되고 있어 현재 해외에서 운전중인 1회선 765KV 선로와는 코로나 및 전계영향이 다를 것이므로 독자적인 연구가 필요하다. 이에 따라 우리나라에서도 차기초고압 건설연구프로젝트의 일환으로 6m×6m×20m의 코로나 케이지를 설치하여 이 연구를 수행하고 있다.

코로나 소음은 불규칙적인 random noise와 변압기 소음처럼 들리는 상용주파수의 2배의 주파수를 갖는corona hum의 두가지로 분류된

다. 코로나 소음의 주파수 스펙트럼은 20Hz 정도부터 초음파 영역까지 광범위하게 분포하고 있다.

교류송전선의 경우 강우시에 도체 아래쪽에 맺히는 물방울에서 코로나 방전이 심하게 생겨 이것에 의한 소음이 일반적으로 문제가 되고 있다. 코로나 소음 레벨은 근사적으로 강우강도의 對數에 비례한다.⁴⁾ 그러나 強雨時의 소음은 크지만 비소리와 상쇄되는 경향이 있어 輕雨時의 코로나 소음이 문제가 되며 보통年間 降雨時의 코로나 소음 통계치의 중간치에 해당하는 값을 L_{50} 으로 표현하고 이것으로 코로나 소음 레벨을 평가하고 있다. 구미 각국의 코로나 소음 설계 목표치는 L_{50} 으로 53±2dB(A), 일본에서는 最外相直下에서 $L_{50}=50$ dB(A)로 하고 있으며 우리나라에서는 최의상으로부터 15m지점에서 53±2dB(A)를 잠정기준으로 정하고 도체선정연구를 하고 있다.³⁾

2.2 코로나 잡음^{3),4)}

도체의 코로나에 의한 라디오 및 TV수신방해를 각각 RI, TVI로 표현하며 이 값도 보통

L_{50} 을 기준으로 평가한다. 코로나 잡음의 주파수 특성은 라디오 방송 주파수대인 1MHz 이상에서는 거의 주파수에 비례하여 감소하는 경향을 보이므로 TV주파수대에서는 상당히 저하지만 이 경향은 라디오 잡음을 대상으로 한 측정기의 측정결과이고 TV수상기의 경우 주파수 대역이 라디오 보다 광범위할 뿐 아니라 TV방송과의 전계가 약하면 화상에 잡음을 일으키므로 문제가 되고 있다. 라디오 잡음에 관하여는 지금까지 많은 연구를 통하여 잘 해명되어 있으나 TVI의 경우는 아직 많은 과제가 남아 있다.⁵⁾ 코로나 잡음은 방송파 전계와 잡음 전계와의 강도비(SNR)로 평가함이 합리적이며 캐나다에서는 SNR=22dB 이상이 되도록 하기 위하여 600KV 이상에서는 RI를 60[dB ref 1μV/m] 이하로 규정하고 있다.

지금까지의 국내연구결과로는 765KV 2회선 송전선의 경우 6×RAIL(483mm²) 또는 4×C HUKAR(902mm²)의 도체방식을 채용 함으로써 코로나 영향문제를 해결할 수 있을 것으로 전망하고 있다.

표 1. 세계 각국의 코로나 영향 연구설비

사 업 명	소 재 지	기 관 명	시 험 선 로	코로나 케이지
Project UHV	Pittsfield (미국)	EPRI GE	1500KV 3相 525m	7.6×7.6×15.2m
Lyons 1200 KV Test Facility	Lyons (미국 Oregon)	BPA	1200KV 3相 2021m	—
AEP-ASEA UHV Project	미국 Indiana주	AEP ASEA	2250KV 單相 915m	(6.1×6.1)×30.5m (9.1×9.1)
Suverto 1000KV project	Suverto (Italy)	ENEL	1200KV 3相 1000m	7m원형×40m
	Moscow (USSR)		1150KV 3相 1200m	—
Akagi Test Ccenter	일 본	CRIEPI	1200KV 3相 2回線 600m	—
UHV Shiobara Test Facility	"	CRIEPI	—	8m×8m×24m

3. 電磁界 영향

송전선 부근에는 교류 또는 직류 전자계가 존재하는데 10(KV/m) 정도의 전계 중에서 인체에 유기되는 전류는 수십 μA 를 넘지 않기 때문에 위험하지는 않으나 장기간 노출될 경우, 신경이나 기타 조직에 영향이 있을지의 여부가 문제로 대두되어 왔다.⁶⁾

3.1 電界 영향

송전선 하의 전계는 field meter에 의한 직접 측정 또는 또는 도체의 배치와 송전전압으로 부터의 전계계산에 의하여 알 수 있다. 송전선하 전계계산방법으로는 주로 Markt-Menggele法과⁷⁾ 전하중첩법⁸⁾이 사용되는데 전자의 방법이 보다 간편하다.

지금까지의 해외연구결과를 종합하면 20KV/m 이하의 전계에서는 생체에 대한 영향이 나타나지 않고 인체의 전계감지 실험에서는 10KV/m 이하에서 문제가 없는 것으로 보고 되어 있어⁶⁾ 현재 우리나라의 지상전계강도 기준인 3.5(KV/m)는 너무 엄한 값으로 생각되고 있다. 각국의 지표면 전계강도기준을 보면 표 2와 같다.^{1),3)}

전계가 인체에 주는 영향은 고전압 실험실 내에서 실험지원자나 전력 관계 종업원을 전계에 노출시킨 영향의 유무를 검토하는 실내 실험

험과 변전소 작업원이나 송전선 활선작업원을 대상으로 하는 역학적(疫學的) 조사에 의하여 연구가 진행되어 왔다. 또 동물중 쥐(rat, mouse), hamster, 돼지 등을 실험 대상으로 과전 케이지 내에 넣어 폭로군(暴露群)과 對照群을 비교하여 연구함으로써 인체에 대한 영향을 예측하고 가축의 번식 등의 영향을 관찰하고 있다.

3.1.1 교류전계의 영향

(1) 인체에 대한 영향 연구^{9),10)}

1972년 소련이 500KV 변전소 종업원에 대하여 高電界장해가 있다고 발표하자 미국, 프랑스, 스페인 등의 각국에서 송배전 설비관련 종업원의 건강영향에 대하여 역학적 조사를 실시하였다. 그 결과 스페인을 제외하고는 다른 나라에서는 영향이 있다는 결과를 발견하지 못하였다. 서독의 Hauf氏는 1974년 50Hz의 1, 15, 20KV/m의 전계를 45분간 과전하여 혈압, 맥박, 심전도, 뇌파, 반응시간등에 영향을 미치지 않음을 보고하였고 그 후 1977년 Amon 이 이들 파라미터 외에 혈액의 생화학적 검사항목에 대하여도 상세히 조사하여 20KV/m의 교류전계에는 인체에 대한 건강영향이 있다고 판정되는 변화를 검출하지 못하였다.

(2) 실험동물에 의한 영향연구^{9),11)}

Moos(1964)는 동물의 活動度에 영향을 주는 최저전계는 60Hz 0.8~1.2KV/m 임을 발표하였다. 전계감지한계에 대하여는 Hilmer(1970)가 50KV/m의 전계를 rat가 감지한다고 보고하였다. 성장번식에 대하여는 Marino등이 mouse, rat에 의한 연구에서 60Hz 10~15KV/m의 전계에 대하여 성장의 둔화, 번식에서의 영향 등을 지적하고 있으나 Knickerbocker는 60Hz, 16KV/m에서 mouce를 실험하여 영향을 검출하지 못하였다. Graves는 mouce에 대하여 60Hz, 25, 50KV/m의 과전에서 체중 증가를 보고하였다. 또 생리, 생화학적 파라미터에의 영향에 대하여는 비교적 단기간 과전 실험에 의해 혈압, 맥박, 뇌파, 체온, 호흡, 혈액 성분, 호르몬, 면역, 세포분열 등에 대한 영향

표 2. 세계 각국의 지표면 전계강도 기준

국가	기관	송전전압	최대지상전계강도 (KV/m)
미 국	AEP	765KV	12
	BPA	500KV	9
	New York Power Authority	765KV	12
	Minnesota주		8
	N. Dakota주		8
	Oregon주		9
소 련	동력전화성	750KV	10~15
프랑스	E d F	400KV	10
일 본			3

표 3. 60Hz 수직전계에 노출된 인체와 실험동물의 축방향 전류밀도 및 표면전계강도의 비교(11)

구 분	부 위	비 율	
		인체 : 돼지	인체 : 쥐
전류 밀도	목	14 : 1	20 : 1
	흉부	13 : 1	24 : 1
	발	1.8 : 1	1.4 : 1
표면전계	맨 윗부분	2.6 : 1	4.9 : 1

을 실험하고 있다. 50Hz 5.3KV/m에서 rat의 맥박이 저하한다는 것이 Fisher에 의하여 확인되었고 Marino는 15KV/m에서 혈청단백질 조성변화, 부신피질 호르몬의 감소를 확인하였으나 다른 연구자에 의해 확인된 바는 없다. 그러나 동물실험에서 얻은 자료를 인체영향의 해석에 사용하려면 같은 전계하에서도 인체와 소동물에 대한 부위별 유기전류의 차이(표 3)가 있음을 감안하여야 한다.

3.1.2 直流電界의 영향

±400KV DC Pacific Intertie는 1985년 초부터 ±500KV, 용량을 2000MW로 상승시켰다. 선로는 그대로 두고 전압만 상승시켰기 때문에 전기적 환경영향도 크게 상승할 것으로 보고 부근의 전계, 이온 전류밀도, 이온밀도 및 공간전하밀도를 측정하고 Ohio 주립대에 연구용역을 주어 肉牛, 알팔파 및 小麦을 대상으로 작물의 생산에 대한 직류송전선의 영향과 가축의 수태율, 출산기간, 먹이 섭취량, 재생산에 영향을 주는 요소를 측정하여 정기적으로 데이터를 수집하고 있다.

Battelle Pacific Northwest Lab.에서는 직류송전선하의 전기환경의 실험동물에 대한 영향을 조사하기 위하여 rat를 35KV/m의 직류전계에서 이온밀도 2×10^5 개/cm³의 양이온밀도에 30일 폭로시킨 후 호흡기관의 형태 변화를 조사하고 있다. 대규모 폭로설비에서 행할 차기연구단계는 뇌의 신경전달물질 레벨의 변화를 조사할 예정으로 있다. 이와 같이 직류 송전선하의 전계 및 이온류에 대한 생체 영향은

아직까지 연구단계이다.

3.2 磁界영향¹²⁾

송배전선하의 자계(여기서는 자속밀도의 개념)는 다음과 같은 간단한 식으로 계산할 수 있다. 전류In이 흐르는 n번째 도체에 의한 자계는

$$B_{xn} = -2 \times 10^{-3} I_n \left[\frac{y - y_n}{r_{cn}} - \frac{y + y_n + \alpha}{r_{in}} \right] \text{ (Gauss)}$$

$$B_{yn} = 2 \times 10^{-3} I_n \left[\frac{x - x_n}{r_{cn}} - \frac{x + x_n}{r_{in}} \right] \text{ (Gauss)}$$

$$B_{zn} = 0$$

$$B_x = \sum B_{xn}$$

$$B_y = \sum B_{yn}$$

여기서 $r_{cn} = ((x - x_n)^2 + (y - y_n)^2)^{1/2}$

$$r_{in} = ((x - x_n)^2 + (y + y_n + \alpha)^2)^{1/2}$$

$$\alpha = \sqrt{2} \delta e^{-\pi/4}$$

$$\delta = (2 / (\omega \mu_0 \sigma_g))^{1/2} : \text{大地的 Skin depth}$$

$$e_g : \text{大地導電率}$$

단, 위 식은 계산점이 지표면 또는 그 부근에서만 유효하다. 송배전선에 흐르는 고조파 전류성분에 의한 자계도 상당한 크기로 존재하며 기본과 자계성분이 송전선에서 멀어짐에 따라 급격히 감쇠하는데 비해 고조파 성분은 본래 비대칭인 경우가 많으므로 감쇠가 작다. 자계의 생물영향 중 일부는 조직내의 power 흡수와 관련되어 있고 power absorption은 생체조직 내의 유기전류와 관련된다.

인체내의 뇌와 심장의 전기적 행동과 관련된 최저전류치는 각각 1 및 10mA/m²로 추정되고 있으며 이 값 이상의 전류를 유지시키는 자계는 正常生體機能에 영향을 준다고 생각되고 있다.

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \text{에서}$$

$$\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{l} = -\frac{d}{dt} \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S} \text{ 이고}$$

평균전계치를 E_{av} , $\oint d\mathbf{l} = L$, $\iint d\mathbf{S} = S$ 라하고 \mathbf{B} 가 균일하다고 가정하면

$$E_{av} \cdot L = S \cdot \frac{d\mathbf{B}}{dt}$$

$$E_{av} \cdot L = S \cdot \frac{d\mathbf{B}}{dt}$$

만일 loop l이 반지름 R인 원이고 \mathbf{B} 가 이

loop에 수직이라면 $E_{av} = \frac{R}{2} \frac{dB}{dt}$ 이고 정현파 교류자장의 경우

$$E_{av} = \pi f R B \text{가 된다.}$$

또 $J_{av} = \sigma_{av} E_{av}$ 이므로 전류밀도 J_{av} 를 유기하는 자속밀도 B는

$$B = \frac{J_{av}}{\pi f R \sigma_{av}} \text{이다.}$$

따라서 심장의 경우 $R=0.06[m]$, $\sigma_{av}=0.2 [S/m]$, $J_{av}=10[mA/m^2]$ 로 부터 안전한 자계는 60Hz에서 4.4[mT]이다. 뇌에 대해서는 $B=0.53[mT]$ 이다. 위에서 보는 바와 같이 조직의 power absorption은 주파수의 자승에 비례하므로 고조파 성분의 생체영향도 무시할 수 없다. 자연적으로 존재하는 자계는 60Hz에서 $2 \times 10^{-7} [G]$ 정도이고 송전선 코로나에 의한 고주파 자계는 $10^{-8} \sim 10^{-7} [G]$ 범위에 든다. 60Hz 송배전선 하의 자계는 실측에 의하면 $10^{-4} \sim 1 [G]$ 의 범위이므로 조직의 power absorption에 의한 영향은 무시할 수 있을 것으로 생각된다.

그러나 1979년에 미국의 Wertheimer는 배전선과 소아 암과의 관련에 대하여 논문을 발표하였고 Western Ontario대학의 Ossenkopp는 저주파 자계와 간질이 관련이 있음을 발표

하였다. 1982년 Milham도 전자계가 백혈병을 유발할 가능성을 시사하였다. 이와 같은 전자계의 생체영향에 관한 연구는 아직까지 명확한 결론은 없으나 세계 각국에서 행하여지고 있으며 문헌[8]에는 전자계의 생체영향 메커니즘에 대한 가설이 상세히 발표되어 있다. 그래서 전자계에 대한 규제안이 세계 각국에서 제시되고 있는데 표4와 같다.

4. 景觀對策 및 선로경과지 선정

세계각국에서 자연경관과 생활환경의 경관에 대한 관심이 높아지면서 송전선의 경관대책기술의 개발과 적용이 요구되고 있고 송전선 경과지 선정도 사회환경, 자연환경, 기술적 제약을 만족하면서 경제적이어야 하므로 각국에서 연구되고 있다. 세계각국의 경관대책과 경과지 선정실태를 표5에 요약하였다.

5. 결 언

송전선의 코로나 및 전자계 영향, 그리고 경관대책 및 경과지 선정에 관하여 간단히 서술

표 4. 송전선의 전자계에 관한 규제·권고 실시상황

1985년 10월 현재

유 형 별	국 명	규제·권고	근 거
線下의 최대 전계강도	21 개국	10KV/m 이하에서는 영향이 없다	CIGRE SC36 각국 전계 기준에 관한 질문 회신(1985)
ROW끝에서의 전계	미 국	ROW끝에서 1KV/m	Montana주 천연자원 보존국, 교류송전선의 생물영향(1983)
		ROW끝에서 1.6KV/m	New York주 공익위원회 TDHS report
	소 련	위생지역 끝에서 1KV/m, 주거내에서는 0.5KV/m로 규제	「교류 송전선의 전계영향에 대한 공중의 의 방호」(1984)
	160개국	10KV/m 이내	WHO 환경건강기준35(1984)
자 계	서 독	4.4mT를 전기설비설계 기준으로 채용	CIGRE, SC36
	호 주	변전소 작업원을 기준으로 0.3 mT를 설계기준으로 채용	WHO, 1980년 50/60Hz에 관한 전자계 기준
	미 국	일일 8시간 작업 기준으로 전신 노출 10mT, 1시간 이하 작업시 0.1T	직업적 자계노출에 대한 DOE잠정안(1976 (1979))

하였다.

송전선의 코로나 영향과 전자계 영향은 각각 도체방식 선정과 송전선로의 지상고 결정에 주된 요인으로 작용하므로 경제적이고 전기적으로

환경을 보전할 수 있는 설계를 위하여는 환경영향예측기법의 독자적인 개발과 아울러 우리나라에서도 이들에 대한 환경기준안이 조속히 마련되어야 할 것이다.

표 5. 각국의 송전선 경관대책 및 경과지 선정실태

구 분		SSPB(Sweden)	N. Y Power Authority (미국)	BPA (미국)
경 관 대 책	기본 방침	<ul style="list-style-type: none"> ● 경관공학consultant로 sketch검토 	<ul style="list-style-type: none"> ● 경관영향이 큰 지역을 통과할 때에는 수목에 의한 차폐방법을 채용 ● route선정시 나무가 많은 지역 높은 지역, 산능선, 급경사면은 피함 ● 건설시 환경관리계획을 작성하여 환경손상을 막는다. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 공원 통과시는 공원관리국과 협동작업으로 자연가치 및 recreation 가치에 미치는 영향을 최소화한다.
	형상 색깔	없 음	<ul style="list-style-type: none"> ● 내후성강에 의한 자연풍화재를 써서 경관상의 영향을 줄인다. ● 도시 또는 교외, 교통이 많은 도로에서 잘 보이는 장소에는 강관주체 철타설치 	<ul style="list-style-type: none"> ● 경관영향이 큰 곳에는 번쩍이지 않는 도체를 이용, 특별한 지역에는 철탑에 비닐도색으로 번쩍임 방지.
경 과 지 선 정	route 선 정	<ul style="list-style-type: none"> ● 기본route는 조사선이 지나는 지역 자치단체와 협의 ● 기본route 결정 후의 지점선정 및 설계는 전산처리 	<ul style="list-style-type: none"> ● 대체 route를 여러가지 준비하여 이들의 특성을 비교하여 결정 	<ul style="list-style-type: none"> ● 지도중첩법을 이용 computer 지도는 일반 공중에게 용이하게 이해시킬 수 없어 신뢰받지 못함.
	설비 설계	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 회선 설계 	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 회선 채택, 2 회선 방식으로 향하고 있음. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 부하공급면에서 2회선이 필요한 경우 2회선방식을 우선으로 하고 있다. 실적으로는 1회선방식이 많으나 계획중인 것은 2회선 방식이 대부분. ● 일반인이 2회선을 요구하는 경우는 극히 적으나 일부에서는 역으로 1회선 2route쪽이 좋다는 견해도 있다.
	R·O·W R·O·W	<ul style="list-style-type: none"> ● 강풍시의 수목에 대한 섬락방지에 필요한 용지폭을 결정(400 KV/370 m경간에서 43m) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 표준으로 수목에의 섬락방지에 필요한 이격거리로 부터 용지폭 결정 ● UHV 송전선은 용지 가쪽에서 최대전계가 1.6KV/m를 넘지 않게함. ● 용지내 건물설치는 불허. 	<ul style="list-style-type: none"> ● 전선횡진시 개폐써지지 섬락 이격거리로 용지폭 결정(500 KV 2회선 38m, 1100KV 1회선 56m) ● 건물불허

구 분		ENEL(Italy)	EDF(France)	CEGB(영국)
경 관	기본 방침	<ul style="list-style-type: none"> ●경관에 대한 지침은 없음 ●토지이용형태에 따라 경관의 영향에 기여하는가에 착안 	<ul style="list-style-type: none"> ●여행자가 많은 곳, 고적지 등을 특히 배려 ●1/1000풍경모형을 이용하여 경관대택을 수립 	<ul style="list-style-type: none"> ●여러형태의 경관중에 송전선을 건설한 경험을 통하여 영향을 최소로 함 ●route선정 7원칙을 참고함
	형상 색깔	<ul style="list-style-type: none"> ●UHV에서 특수 형태의 신형철탑을 채용하여 종래보다 시계점유도가 낮고 경관면에서도 효과적임 	<ul style="list-style-type: none"> ●1956년부터 鉄管柱体鉄塔이 일부 채용되어 미적으로 좋게 평가 받고 있음. 	없 음
경 과	route 선 정	<ul style="list-style-type: none"> ●UHV를 주대상으로 환경cost분석에 의한 새로운 route선정법을 개발 자원최적이용을 고려한 송전선설계와 토지이용형태를 고려한 route선정 	<ul style="list-style-type: none"> ●computer化에 대하여는 入力 data의 평가자에 따른 가치차이로 공통의 척도를 만들기가 곤란. 	<ul style="list-style-type: none"> ●route 선정을 위한 수치계산법이나 그림에 의한 방법은 경험이 많은 전문가의 판단의 일부를 검토하는데 지나지 않고 대체route의 상대적 이점을 명시하기 위하여 이용된다.
	설비 설계	<ul style="list-style-type: none"> ●1回線 설계채용 	<ul style="list-style-type: none"> ●대부분 1회선이나 2회선 방식이 증가하고 있다. 	<ul style="list-style-type: none"> ●원칙으로 2회선 수직배열을 채용 ●공항부근등 특히 높이를 제한하여야하는 경우 2단arm type을 채택
	R·O·W	<ul style="list-style-type: none"> ●강풍시의 전선횡진에대한 개폐써어지 내전압이격 및 예상최대 강풍시의 상용주파 내전압이격을 고려하여 용지폭을 결정 ●UHV에 관하여는 전계와 가청소음등에 대한 최적설계에서서 ROW를 설정하는 것을 검토 	<ul style="list-style-type: none"> ●상공통과 및 수목벌채에 관한 지역권을 취득 ●선하에 건물설립은 허가하나 보안이격을 위해 선도를 높이거나 보상을 해준다. 	<ul style="list-style-type: none"> ●ROW를 설정하지 않으나 필요한 수목벌채 및 건조물과의 이격 확보는 보상 ●지지물 용지는 매수함.

참 고 문 헌

- 1) Sakuro Tsurumi, 外, "Special Issue on UHV AC Transmission", JIEE of Japan, Vol.102, No. 11, pp.1035-1046, Nov., 1982
- 2) 김정부, 민석원, "환경장해 측면에서 본 765 KV(2 회선) 차기초고압 도체 선정에 관한 연구", 전기학회지, Vol.35, No. 8, pp.502-511, 1986
- 3) 김정부, 外, "차기 초고압 송전 연구를 위한 Corona Cage설계", 한국전력공사 기술연구원 보고서, pp.27-95, 1985년 4월
- 4) UHV송전특별위원회, "UHV교류 송전선의 장해대책에 관한 기초연구", CRIEPI총합보고, pp. 18-27, 1982
- 5) 조연옥, "송전선로의 코로나에 의한 전파잡음 통계적 예측모델", 전기학회지 Vol.35, No. 5, pp.290-294, 1986
- 6) UHV송전특별위원회, "전계의 생물영향", 환경부회 보고서, Dec., 1982
- 7) 오창석, 外, "800 KV급 초고압 전력계통연구", 과학기술처, pp.320-326, 1983년 1월
- 8) 박종근, "최근의 수치전계계산법(3)", 전기학회지, Vol.34, No.12, pp.746-753, 1985
- 9) UHV송전특별위원회, "UHV송전의 환경 대책에 관한 해외조사보고", pp.1-23, Oct. 1981
- 10) UHV송전특별위원회, "전계의 생물학적 영향에 관한 해외연구의 조사-인체 및 동물에 대한 영향-", 환경부회 1차중간보고(4), 1979년 12월
- 11) W.T.Kaune, "Comparison of the coupling of Grounded Humans, Swine Rats to Vertical, 60 Hz Electric fields", Bioelectromagnetics 1, pp.117-129, 1980
- 12) IEEE PES, "Panel Session on Biological Effects", T&D Committee report, 86TH0139-6-PWR, 1986
- 13) M.Nakagawa, "An appraisal of the limit of safe exposure to magnetism", J.of Transportation Med. 36(6), pp.444-450, 1982
- 14) W.H.O, "Environmental Health Criteria35-extremely low frequency fields", pp.85-97, 1984