전력설비의 전기환경장해와 대책기술 개발(하)

이동일, 정길조, 김정부
한국전력공사 전력연구원 전력계통연구실

라. 정전유도(Electric Induction)

靜電誘導는 고전압의 물체가 다른 물체에 발생시키는 전기적 유도를 의미하며, 이것은 피유도물체가 接地되어 유도전류가 흘러 문제되는 경우와 피유도물체가 절연이 되어 유도전압이 문제가 되는 경우로 나눌 수 있는데, 송전선로 지상고 결정의 기준이 되는 지표면전계강도면에서는 후자가 지배적이다.

고압 송전선 하의 지표면근처에서의 전계세기는 송전전압, 송전선로의 기하학적 모양, 송전철탑 접지체의 근접 그리고 지표면으로부터의 측정점 높이이며, 지표면 전계강도는 송전선하의 지표로부터 1m 높이의 측정치를 표준으로 하고 있으며, 표 11과 12의 각국 및 기관의 지표면전계강도 기준을 근거하여 한전 765kV 송전선로 경우도 인가지역에서는 최저지상고 28m 이상으로 3.5kV/m 이하의 지표면 전계강도를, 산악지 등에서는 최저지상고 19m 이상으로 유지하여 7.0kV/m 이하의 지표면전계강도를 유지토록 하였다.

마. 전자유도(Magnetic Induction)

송전선과 같은 직선도체에 전류가 흐르면 도체 주위에 동심원 모양의 圓形磁界가 존재하며 磁力線의 방향은 암페어의 오른나사법칙에 따라 도체 주위에 송전선의 전류흐름 방향의 뒷편에서 볼 때 오른나사의 회전방향으로 발생하며, 교류전력선의 交番磁界에 의하여 전력선부근의 설비에 유도를 일으키는 것을 電磁誘導라 한다.

바. 전자계 생체영향

지금까지 전력설비에서 발생되는 電磁界가 주변의 生體界에 영향을 주는지에 관하여는 수많은 연구가 행하여져 왔다. 그러나 아직까지 정확히 영향이 있다고 입

〈표 11〉 세계보건기구(WHO) 산하의 IRPA/ICNIRP 권고안(1997)

주파수 대역	전계(kV/m)		비 고
	일반인	직업인	
0 ~ 1Hz	-	-	
1 ~ 8Hz	10	20	f in Hz
8 ~ 25Hz	10	20	〃
25 ~ 820Hz	250/f	500/f	〃

*우리 나라 상용주파 60Hz 경우
일반인 : 250/60 = 4.17kV/m, 직업인 : 500/60 = 8.33kV/m

〈표 12〉 각국의 지표면 전계강도 제한기준[4]

국명(기관명)		전계(kV/m)	조 건	비 고
일 본(MITI)		3	보행자, 차량 통행이 빈번한 지역, 선하	전기설비 기술기준
		5	상기 이외 지역	
남아공(ESCOM)		10		765 [kV]
브라질(CEPEL)		10		750 [kV], 1회선 수평배열
폴란드		10	경간 중심	750 [kV], 1회선 수평배열
서 독		20.7		상용주파
한 국		3.5	사람 출입이 빈번한 곳, 선하	설계기준 전기설비기술기준 2회선시 역상 배열
		7	산악지 등 기타지역	
호주	Victoria	10	선하	1976년
		2	ROW 경계	
	New South Wales	10	선하	
		2	ROW 경계	
구소련(USSR)		15~0	일반지역	비인가지역
		10	도로횡단	
		1~5	인가지역	
미국	(BPA)	5	ROW 경계	정책(Policy)
	New York	11.8	ROW 경계내	200mG(max. load)
		11	ROW 경계내	고속도로 횡단 최대치
		1.6	ROW 경계	200mG(max. load)
	Minnesota	8	ROW 경계내	주환경보전위원회 제한치
	Montana	7	ROW 경계내	
		1	ROW 경계 주거지역	제한치(1983년)
	New Jersey	3	ROW 경계	설계지침(1981년)
	Florida	8	ROW 경계내	69~230kV
		2	ROW 경계	500kV
	Oregon	9	ROW 경계내	

증하여 규명된 것은 없는 상황이며, 외국의 연구사례에서도 보면 일부 연구에서 영향이 있다고 하였으나, 반복시험에서는 같은 현상이 나타나지 않은 예가 많아 입증되지 않은 상태이므로, 대부분의 생체연구에서 영향이 없는 것으로 보고되고 있다. 국내에서는 일부대학에서 소규모로 쥐에게 전자계를 노출시켜 생체영향이 있는 것으로 보고하였으나, 노출장치가 이 분야에서 인정하는 조건을 갖춘 장치(Clean Room)가 아니어서 연구결과를 국제적으로 인정받지 못하였는데 국내 매스컴에 보도되어 국민들을 오도한 적이 있다. 한전 전력연구원에서는 이러한 신뢰성이 부족한 연구결과가 검증 없이 언론에 보도되어 국민들의 오해를 사고 송전선로 건설에 부정적인 시각을 갖게 하는 부작용을 우려하여 국민들에게 정확한 전자계 생체영향 연구결과를 알리기 위하여 세계적으로 권위 있는 미국전력연구소(EPRI)와 국제공동연구로 미국 BPA 전력회사 500kV 송전선로 하에 우리 나라의 송전선로 평균전자계강도(전계 : 0.75kV/m, 자계 : 19.4mG) 수치보다 높은 평균전계강도 3.85kV/m, 평균자계강도 39.19mG 조건에서 양 45마리를 3개군(전자계노출군, 자계노출군, 비노출군)으로 나누어 매달 피를 뽑아 비교한 결과 항암작용을 하는 것으로 알려진 IL1과 면역작용을 하는 것으로 알려

〈그림 7〉 미국 500kV 송전선로 직하의 사육양의 전자계 시험장면

진 IL2, 그리고 그밖에 면역기능을 가진 혈액 중 세포에서도 변화가 없는 것을 확인하였다(그림 7 참조).

이번 연구가 국내에서 처음으로 신뢰성 있는 전자계 생체연구의 시작이 되었으며, 이러한 연구결과를 국민들에게 제공하여 국민들이 전자계 영향에 대하여 올바른 판단을 할 수 있도록 홍보자료로 제공하고자 하며, 전력연구원에서는 쥐를 이용한 후속연구를 준비중에 있다.

4. 전기환경장해 대책기술

電氣環境對策에 대하여는 앞절에서 간접적으로 많이 언급하였으므로 몇 가지 항목만 추가로 덧붙이고자 한다.

가. 코로나 障害對策

코로나를 원인으로 발생되는 가청소음, 전자파 잡음(라디오 및 텔레비전 장해)에 대한 대책으로는 송전선로의 경우 도체 굵기를 최적화하는 방법이 있다. 즉 코로나 방전 개시전압에 이르지 않을 정도로 도체지름이 큰 것을 선택하거나 상당 소도체수를 여러 가닥으로 하는 多重導體 방식을 채택하는 것이다. 이러한 방법은 도체등가반경의 증가로 도체표면 전계강도의 저하를 가져와 코로나 발생을 낮출 수 있다. 또한 금구류나 기타 전계가 집중되는 국부적인 요소에는 쉴드링을 설치하여 전계의 완화로 코로나나 갭방전을 줄일 수 있다. 그리고 송전선의 경우 새 전선일때는 제작시 전선에 부착되는 신선유나 ACSR전선 내부의 강심에 투여되는 그리스가 표면으로 나와 강우시 도체표면의 물방울을 확산시켜 코로나 발생을 증가시키는 경우도 있으므로 코로나가 우려되는 초고압전선에서는 ACSR-AW 전선을 사용하거나 도체표면의 인공 열화(Aging)을 시켜 코로나를 저감시키기도 한다.

나. 電磁界 低減對策

(1) 차폐선에 의한 저감책

정전유도는 전압에 의한 전계에 기인되므로 전압이 인가된 도체계를 一定電位(일반적으로 영전위)의 도체로 완전 포위하면 내부와 외부의 電界를 완전히 차단할 수 있는데 이를 靜電遮蔽(Electro-Static Shielding)라 한다.

정전차폐를 행함에 있어 완전밀폐의 도체 대신 철망을 사용하기도 하고 경우에 따라서는 한 줄이나 몇 줄의 망으로 정전차폐 효과를 증진시키므로 송전철탑상의 가공지선 혹은 건물의 피뢰침 등에 많이 사용된다. 또한 접지를 하지 않고 一定 電位로 유지하여도 외부 전계의 영향을 막을 수 있는데, 진공관의 차폐격자가 그 한 예이다. 그러나 전자유도 즉 전류에 의한 자계의 경우는 아직 일부 복합재료 차폐재에 의한 국부적인 차폐가 가능한 실정이다.

(2) 송전선로 相導體 最適配置에 의한 低減策

새로운 비용의 추가 없이 송전도체의 상도체 최적배열에 의한 전자계 저감을 취할 수 있다. 국토가 넓은 나라에서 송전철탑 높이 저감차원에서 많이 채용하고 있

는 3상 수평배열 1회선 경우에는 전계, 자계 모두 △배열이 최적이고, 우리 나라와 같이 국토가 좁은 나라에서 많이 채용하고 있는 수직배열 2회선 송전선로에서는 逆相配列(Low Reactance Arrangement)이 전계, 자계 모두 최적 검토되어 현재 우리 나라에서 채용하고 있는 역상배열이 최적배열임을 확인하였다. 그러나 4회선 이상이 되면 전자계 저감측면에서 상위치의 이동으로 역상배열보다 더 저감시킬 수는 있으나, 계통보호나 설비운영면에서 역상배열이 최선이라 할 수 있다. 또한 공기절연거리와 Galloping 및 Sleet Jump 문제가 허락하는 범위에서 수직배열 송전선로에서 相間 간격배치는 최대한 상간거리를 가까이할수록 전자계를 줄일 수 있다. 이것은 가까이할수록 3相 간의 전압 또는 전류의 벡터合이 0으로 收斂하기 때문에 電磁界 크기는 감소하나, 반대로 素導體 表面電界强度는 증가되어 코로나 발생은 도리어 상승되므로 500kV 이상 선로에서는 코로나 발생과 전자계 저감 문제를 동시에 검토하여야 한다.

상기 외에 전자계 저감법으로 최근에 검토되고 있는 방법으로는 기존 선로 근처에 별도의 Loop 회로를 설치하여 전계나 자계를 벡터적으로 상쇄시키는 能動 및 受動차폐(Active or Passive Shielding) 방법이 있으며, 기존 3相의 개념에서 탈피하여 相을 분리시키는 Split Phase 방법 등이 제안되고 있으나, 아직 경제성이 없는 것으로 나타나고 있다.

또한 전자유도 현상으로 인하여 전력선 부근의 통신기기나 전자설비에 誘導障害를 일으키거나, 최근 민원사항으로 자주 거론되고 있는 大電流가 흐르는 전력설비 부근에 자계노출에 의한 인접한 사람에 대한 인체유해 영향유무가 관심의 대상이 되고 있으나, 아직까지 담배와 같이 유해하다고 확실히 입증된 것이 없는 실정이다. 따라서 한전에서는 '96년에 설계기준으로 송전선로에서 방출되는 자계세기를 표 13에서와 같이 세계보건기구(WHO) 산하 IRPA 기준인 1000mG 이하를

〈표 13〉 세계보건기구(WHO) 산하의 IRPA/ICNIRP 권고안(1997)

주파수 대역	자계(mG)		비 고
	일반인	직업인	
0 ~ 1Hz	400,000	2,000,000	
1 ~ 8Hz	400,000/f^2	2,000,000/f^2	f in Hz
8 ~ 25Hz	50,000/f	250,000/f	〃
25 ~ 820Hz	50,000/f	250,000/f	〃

• 우리 나라 상용주파 60Hz 경우
일반인 : 50,000/60 = 833mG, 직업인 : 250,000/60 = 4,167mG

〈표 14〉 미국 뉴욕주와 플로리다주의 송전자계 규제치[4] (mG)

주 명	지상권 끝에서 자계 규제치 (mG)	상태	비 고
Florida	250	표준치	500kV 송전선로 특정 ROW의 자계 크기
	200	표준치	500kV 송전선로 중심에서부터 21m 지점의 자계 크기
	150	표준치	230kV 송전선로 중심에서부터 19m 지점의 자계 크기
New York	200	규제치	500kV 송전선로 중심에서부터 21m 지점의 자계 크기

〈표 15〉 각국의 상용주파 전원의 자계 제한기준[4] (mG)

국가별	작업자	일반대중	상 태	비 고
IRPA	250,000		권고안	손과 발부분 노출시
	50,000		권고안	작업일당 2시간 노출
	5,000		권고안	전 작업일 동안 노출
		10,000	권고안	하루에 2~3시간 노출
		1,000	권고안	하루 24시간 노출
호주	as IRPA	as IRPA	권고안	
독일	50,000	50,000	표준치	
영국 (NRPB)	20,000	20,000	권고안	
미국 (ACGIH)	10,000		권고안	
구소련	75,000 ~18,000			
일본		50,000	권고안	WHO 환경보건기준 (1969)
한국		1,000	설계기준	IRPA(1996)치 준용 (한전 기준)

주) NRPB : National Radiological Protection Board
IRPA : International Radiation Protection Association
ACGIH : American Conference of Governmental Industrial Hygienists

〈표 16〉 電力設備의 電氣環境 設計基準[5]

평가 분야	적용지역구분	설계허용목표	적 용 조 건
코로나 소음	주거 지역	50dBA 이하	-강우시 L50%치 -선하용지 보상경계 및 지상 1.5m
	준 주거지역	55dBA 이하	
	기타지역	60dBA 이하	
라디오장해	전지역	SNR 24dB 이상 (F.I./Q.P.)	-청명시 L50%치 -선하용지 보상경계 및 지상 2m -측정주파수 : 0.5 ± 0.1MHz -신호강도: 저잡음지역 방송 전계강도, 71dBμV/m
텔레비전 장해	전지역	SNR 40dB 이상 (F.I./Q.P.)	-강우시 L50%치 -선하용지 보상경계 및 지상 3m -측정주파수: 73.5 ± 1.5MHz -신호강도 : 저잡음지역 방송 전계강도, 54dBμV/m
자계 강도	전지역	1000mG	-송전선하, 지상 1m -전력설비 부근, 〃
전계 강도	사람의 출입이 빈번한 지역	3.5kV/m 이하	-최대치 -송전선하, 지상 1m -전력설비 부근, 〃
	기타 지역	7.0kV/m 이하	

설계기준으로 정하여 전력설비를 설계시 지상고를 높이거나, 역상배열 등의 방법으로 설계기준을 만족하는 환경친화적 전력설비를 건설하고 있다.

상기 외에 공통적으로 단순하게 송전철탑 지상고를 높여서 지상의 인가로부터 이격시키거나, 풍소음 경우 저풍소음 특수전선을 사용하는 등의 방법이 있다.

5. 결 론

생활수준의 향상과 더불어 電氣環境에 대한 관심이 증가되고 있지만, 국내에는 이에 기본이 될만한 종합적인 전력설비에 대한 전기환경 기준이 미흡한 실정이다. 따라서 本稿에서는 지금까지의 국내외 기준 및 법규 그리고 전력설비의 운전경험은 물론 송전전압의 격상을 위해 연구시험중인 초고압 시험선로의 실증시험 결과를 이용하여 도출된 전기환경 자료를 토대로 우리나라 電力設備 電氣環境 設計基準을 提案하였다(표 16 참조).

이 기준안은 특히 우리 나라와 같이 좁은 국토를 갖고 있는 현실에서 필요조건의 성격을 갖고 있으면서 점점 반대 민원이 증가되고 있는 전기환경에 대하여 송전설비를 중심으로 변전소 및 생활주변 가까이의 배전설비를 포함한 전력설비에 공통적으로 적용할 수 있는 기준으로 제안하였다. 그러나 전력설비의 종류와 상황에 따른 세부적인 검토와 연구는 설비의 특성에 맞게 앞에서 언급한 각종 요소를 종합 검토하여 적용하여야 할 것이다.■

〈참 고 문 헌〉

(1) V.L.Chartier : Formulas for Predicting Audible Noise from Overhead High Voltage AC and DC Lines : IEEE/PES Jan. 1980.
(2) Transmission Line Reference Book, EPRI, P. 274~301, 1982.
(3) 초고압 송전에 관한 연구V, 한전전력연구원 보고서, 1989.
(4) 송전선로 전자계영향연구(1), 한전전력연구원 보고서, 1997.
(5) 초고압 송전에 관한 II단계연구III, 한전전력연구원 보고서, 1994.
(6) Electric Power Lines, BPA, June, 1995.