

변전소 주변 자계 실태조사 및 자계 특성의 이해증진 방안

Survey on Magnetic Field around Substations and Proposals to Broaden Understanding of the Magnetic Field Characteristics

이 성 수 · 신 현 식*

Seong-Su Rhee · Heonshik Shin*

요 약

본 논문은 전력공급설비 중 변전설비에서 발생하는 극저주파에 의한 자계의 실태를 조사하고 자계의 특성에 관한 이해증진 방안을 제시하는데 그 목적이 있다. 본고에서는 수도권 25개 변전설비를 중심으로 변전소 주변과 감시실 내부의 자계 수준을 IEC에서 제시하는 CISPR의 측정 방법(IEC/TC106 PT 62110)에 의거하여 변전설비에서 발생하는 자계를 측정하였다. 아울러 전력설비와 관련된 자계의 속성에 대한 정확한 이해를 위해 전자계 인 증표시제와 같은 객관적이고 신뢰성 높은 정책적 접근방안을 제시한다.

Abstract

The magnetic field of the extremely low frequency that occurs in the substation facilities was surveyed to present ways to broaden understanding of the magnetic field characteristics. We have investigated the level of the magnetic fields in the substation areas and control rooms of 25 substations in the metropolitan area in accordance with the measurement method of IEC CISPR(IEC/TC106 PT 62110). We propose objective and reliable policy approaches such as the electromagnetic field certification system to more accurately understand the property of magnetic field.

Key words : Electromagnetic Fields(EMF), Extremely Low Frequency(ELF), Substation, Electric Power Equipment, Control Room

I. 서 론

우리는 지금 산업시대와 정보화시대를 지나 지식 기반시대에서 기술융합시대를 향하여 나아가고 있다. 이러한 과정에는 전기라는 에너지가 함께하였고, 전기는 우리 생활에 있어서 필수적인 요소가 되었다. 하지만 여기에는 전기로 인한 인류 문명의 발전에 미치는 순기능뿐만 아니라 전기의 사용으로 인해 파생되는 역기능도 공존하고 있다.

근래에는 가전제품과 컴퓨터, 휴대용 전화기와 같은 정보통신기기에서 발생하는 전자파가 수질오염,

대기오염, 소음공해에 이어 제4의 공해로 인식되고 있으며^[1], 일부에서는 전자계를 전자파와 같은 개념으로 생각하여 송전선로에서 발생하는 극저주파의 전자계^[2]에 대해서도 불안감을 나타내고 있다. 더욱이 전자파의 유해성 여부에 대한 잦은 매스컴 보도로 송·변전설비 인근 지역주민과 일반인들의 무조건적인 전자계 거부 반응을 유발하고 있어 전력수요 증가에 따른 송·변전설비의 증설 및 적기 건설이 어려워지고 있다.

따라서 본 논문에서는 전자계 중 자계에 대하여 IEC(International Electro-technical Commission)에서 제

한국전력공사 기술본부 녹색성장팀 스마트그리드 TDR(Smart Grid TDR, Green Growth Strategy Team, Power Technology Division, Head Office, Korea Electric Power Corporation)

*서울대학교 공과대학 컴퓨터공학부(School of Computer Science and Engineering, Seoul National University)

· 논문 번호 : 20090323-031

· 수정완료일자 : 2009년 6월 4일

시하는 CISPR(Committee International Specialize Perturbations Radio Electriques)의 측정 방법(IEC/TC106 PT 62110)에 따라 수도권 25개 변전설비에서 발생하는 자계의 실태를 조사·분석하고 전자계 이해증진 방안을 제시한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 측정 원리 및 방법을 약술하고, 3절에서 측정 결과를 제시한다. 4절에서는 변전설비와 관련하여 환경적 문제점을 분석하고 이에 대한 대책을 논의한다.

II. 측정 방법

교류 전력선 주변의 전기장에 대한 일반 대중의 노출과 관련된 구체적 측정 절차는 IEC/TC 106 PT 62110에 따른다. 우리나라의 전자파 강도 측정 기준은 유럽전기기술표준위원회(CENELEC)의 기준에 따라 과거 정보통신부 고시 제2000-92호에 명시하였다. 따라서 자계 측정은 위 기준에 따라 지면으로부터 1 m 높이에서의 점 측정을 하였다.

본 논문을 위해 사용된 계측기는 미국의 EPRI (Electric Power Research Institute)와 Enertech Consultant사에서 공동으로 개발한 EMDEX II를 이용하였으며 spot 측정을 하였다. 외형은 그림 1과 같고 세부 사양은 표 1에 보인다. 전계와 자계는 벡터량이므로 3축으로 측정해야 하는데, 자계는 내장된 3개의 센서를 이용하여 x, y, z축 방향의 자계를 각각 측정하여 합성치로써 액정화면에 표시하도록 되어 있다.

변전소 울타리 지점 부근에서의 자계 측정은 울타리의 직각 방향으로 0/5/10/15 m의 간격을 유지하면서 측정하였다. 변전소의 감시실 내에서는 IEC/TC 106 PT 62233 기준에 근거하여 30 cm 이상의 이격거리에서 측정하였다.

표 1. 극저주파 자계 계측기의 사양

Table 1. Specifications of the measuring equipment of the extremely low frequency magnetic field.

Model	EMDEX II (EPRI)		
Frequency range	40~800 Hz	Serial No.	3052
Calibration date	2003. 10. 30	Measurable field range	0.1~2,000 mG

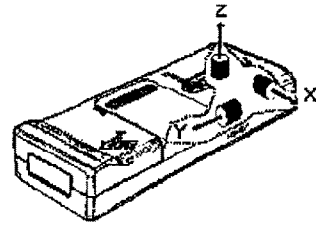


그림 1. EMDEX II(EPRI) 외형

Fig. 1. Outlook appearance of EMDEX II(EPRI).

III. 측정 대상 및 결과

3-1 측정 대상

우리나라 변전소의 송전전압은 765/345/154 kV로 분류되고, 변전소 형태로는 옥내/옥외/지하 GIS(Gas Insulated Switchgears)형과 일부 옥외 철구(鐵構)형이 있다. 따라서 변전소를 선정하는 조건으로는 전압 별, 변전소 형태별로 선정하였으며, 울타리 지점 부근에서 자계 측정에 영향을 줄 수 있는 부분은 제외하였다. 선정된 변전소는 전형적인 변전소로 전국 변전소의 표본으로 간주된다(부록 표 A-1 참조). 따라서 본 연구에서 제시하는 자계 데이터는 통계적으로 유의하다.

위 그림은 765 kV 변전소의 대표적인 모형으로 변전소 내에서의 전력의 흐름은 765 kV 송전선로에서 전력을 수전하여 변압기에서 전압을 변환하고 345 kV 송전선로로 전력을 공급한다. 측정 지점은 위 그림과 같이 네 개의 변을 따라 모두 12개의 지점을 선정하였다(타 변전소도 같은 방법으로 조사함).

3-2 측정 결과

변전설비의 자계 측정 결과, 변전소의 일반적인 형태에 따라서는 옥외철구형에서 가장 높게 발생하였고, 옥외 GIS형, 옥내 GIS형 순으로 발생하였다. 부록 표 A-2에서 옥내 GIS형 변전소 가운데 송탄변전소의 자계가 동일 유형의 다른 변전소보다 상대적으로 높게 나타난 이유는 변전소 내부의 설비 밀집도(5개의 변압기 뱅크가 운전 중임)에 따라 자계 발생량이 타 변전소보다 상대적으로 높게 발생하기 때문이다. 운전전압에 따라서는 154/345/765 kV 변전소 순으로 전압이 높아짐에 따라 변전설비의 전력 공

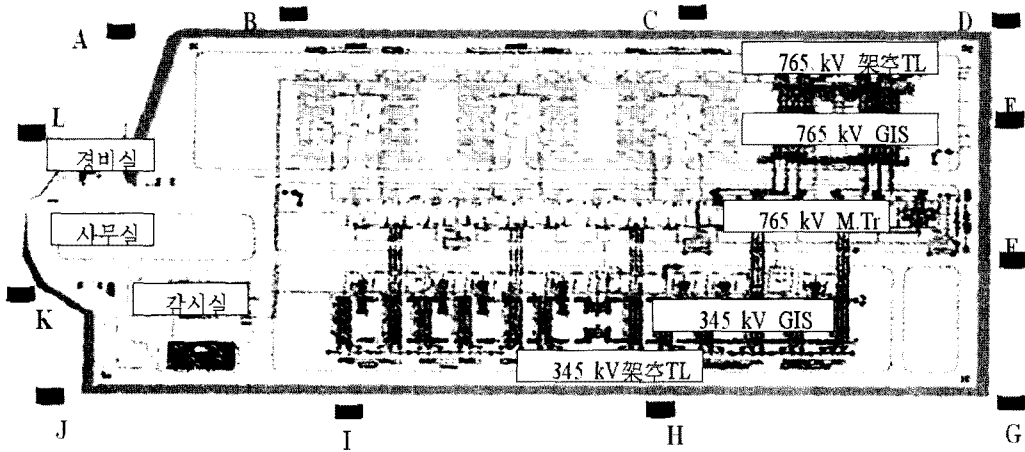


그림 2. 변전소 울타리 지점 측정 위치
Fig. 2. Surveying points of the substation fence.

공용량이 증가하여 자계도 높게 발생하는 것을 알 수 있었다.

변전소의 전력 공급용량은 변압기의 용량에 따라 결정되며, 변압기의 탭 당 용량은 765 kV 변전소는 2,000 MVA, 345 kV 변전소는 500 MVA, 154 kV 변전소는 60 MVA가 일반적으로 사용된다.

변전소의 울타리 지점에서 자계가 최대로 발생하는 지점은 송전선로와 연결되는 선로직하 지점과 전압 보상용 설비(전력용콘덴서, 분로리액터)가 울타리와 근접해 있는 지점에서 자계의 발생량도 높게 나타났다.

변전소 유형별 측정 결과는 다음과 같다(자세한 데이터는 부록 표 A-2 참조).

변전소의 감시실 내부에서의 자계는 직업인을 대상으로 하는 인체 보호기준이 강화되는 추세에 따라 관심이 고조되고 있다. 따라서 감시실의 자계 측정은 근무자의 자계 노출범위 내에 있는 공간에서 측

표 3. 울타리 이격거리에 따른 평균 자기장 값
Table 3. The average magnetic field by the distances of the fence. (단위: μT)

전압	유형	0 m	5 m	10 m	15 m
765 kV	옥외 GIS형	2.24	1.80	1.54	1.29
345 kV	옥외 GIS형	1.81	1.49	1.25	1.08
154 kV	옥외 철구형	1.12	0.84	0.63	0.52
	옥외 GIS형	0.94	0.68	0.32	0.21
	옥내 GIS형	0.37	0.30	0.24	0.21
평균		1.30	1.02	0.80	0.66

정하였다. 측정 거리는 감시실 내에 가전제품이 다소 존재하므로 가정용 기구의 저주파 전자기장 측정기준(IEC/TC106 PT 62233)에 근거하여 30 cm 이상을 이격하였다. 측정 결과(부록 표 A-3 참조)는 감시실 내부의 설비 밀집도와 감시실 주변의 설비 특성에 따라 자계의 세기에 영향을 미치었고, 울타리 주변의

표 2. 변전소 유형별 자기장(울타리 지점 기준)
Table 2. Magnetic field by the substation types(from the fence). (단위: μT)

전압별	유형별	측정개소 수	최대	최소	평균
765 kV	옥외 GIS	1개 변전소, 12개소	16.72	0.01	2.24
345 kV	옥외 GIS	2개 변전소, 24개소	9.00	0.11	1.81
154 kV	옥외 철구	2개 변전소, 24개소	3.90	0.14	1.12
	옥외 GIS	1개 변전소, 12개소	3.26	0.11	0.95
	옥내 GIS	7개 변전소, 84개소	4.24	0.01	0.37

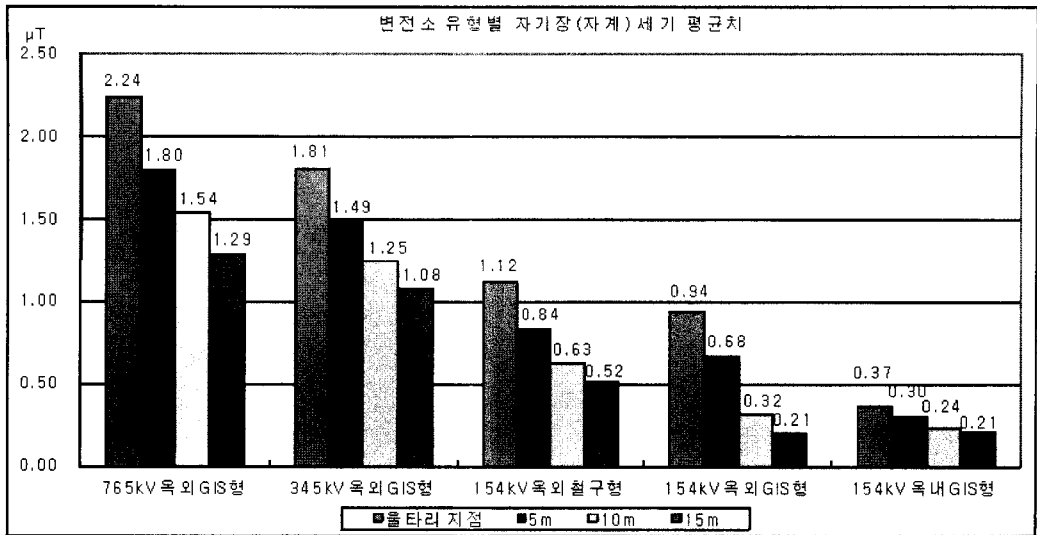


그림 3. 변전소 유형별 자기장(자계) 세기 평균치
Fig. 3. The average magnetic field by the substation types.

측정치와는 달리, 운전전압에 따른 비례관계는 없는 것으로 분석되었다. 부록 표 A-3에서 154 kV 옥내 GIS 변전소는 설비 배치 특성상 감시실내의 자계 발생이 상대적으로 높았다. 특히 154 kV 일동변전소는 25.8 kV의 MCSG(Metal Clad Switch Gear) 설비가 감시실 주변에 배치됨에 따라 가장 높은 자계가 발생되었다. 345 kV 화성변전소의 감시실은 계통감시반과 격리되어 있어서 자계가 가장 적게 발생되었다. 또한, 전력 제어소(급전소와 급전분소)는 배전반을 동반하지 않고 순수한 감시 기능만 하므로 상대적으로 변전소보다 자계가 적게 발생된 것으로 분석되었다.

세계 각국의 전자계 규제 동향은 WHO(World Health Organization)에서 1984년에 전기기준을 제시하였고, 1987년에 자계기준을 제시하였다. 그 후 ICNIRP(International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection)가 1998년에 WHO 권고기준에(부록 표 A-4 참조) 따라 일반인과 직업인을 구분하였다. 우리나라는 ICNIRP보다 더 엄격하게 적용하여 2006년 지식경제부에서(과거 산자부 고시 제2006-65호) 「전기설비기술기준」 제17조에 83.3 μ T(60 Hz 기준)을 고시하였다.

본 논문에서 조사한 전력설비는 모두 국내 및 세계기구에서 제시한 권고기준(부록 표 A-4 참조)에 훨씬 못 미치는 범위 내에 있었으며, 우리나라는 미

국이나 일본보다 엄격하게 관리하고 있는 것으로 조사되었다.

IV. 전자계 이해증진 방안

전자파(전자계)가 사회적 문제로 대두되면서 전자파로 인하여 두통, 수면장애, 신경통, 집중력 저하, 또는 피부질환 등의 증상을 느낀다고 하는 사람들의 수가 증가하는 추세이다. 2004년 Roosli^[3]는 전자파 과민성 환자 394명을 대상으로 설문조사 결과, 전자파 과민성 증상에 관하여 수면장애가 58%, 두통 41%, 신경쇠약 19% 순이었고, 전자파 과민성의 원인으로서는 이동통신 기지국이 60%, 휴대폰 24%, 전력선 20% 순이었다. 하지만 전자파 과민성은 전자기장의 노출과는 상관이 없다는 결론을 내렸다.

변전소 주변 측정 결과, 자계치가 0.37~2.24 μ T 범위에 있다. 이것은 전기설비기술기준에서 제시하는 안전기준(83.3 μ T)의 0.4~2.7%에 불과한 수치이다. 그럼에도 불구하고 현재 우리나라에서는 전력설비의 전자계 관련 사회적 불만이 많아 전력회사는 최근 전력설비의 건설 및 운영 분야에서 많은 어려움을 겪고 있다.

따라서 전력설비에서 발생하는 극저주파 자계 특성에 관한 이해증진이 절실한 형편이다. 이에 우리나라의 초고압 전력설비의 자계에 노출될 수 있는

자체 실태조사 및 분석결과에 근거하여 다음과 같이 전자계 이해증진 방안을 제시한다.

4.1 전자계 인증표시제 도입

일반인들은 객관적이고 신뢰성 높은 정책을 요구하고 있다. 전자계와 관련하여 대중의 신뢰성을 확보하기 위해서는 전자계의 발생과 관련이 없는 공공기관으로부터의 객관적인 검증 방법이 요구된다.

따라서 가전제품에 대하여 공업진흥청에서 EMI 인증표시(전자파장해 시험 필)를 하는 것처럼, 전력설비에 대해서도 지역주민들이 안심할 수 있도록 전자계 인증표시제가 필요하다.

4.2 객관적인 정보제공과 지속적인 정보관리

지금까지 전력설비에서 발생하는 전자계의 실태에 대하여 일반에게 제공되는 정보는 극히 제한적이었다. 그래서 일반인들은 어느 부분에서 전자계에 쉽게 노출된다거나 어떻게 유의하여야 하는지에 대하여 전혀 모르고 있는 형편이다. 따라서 전력회사는 전력설비에 대한 전자계 실태를 주기적(연도별, 계절별, 시간대별)으로 실측하여 일반에게 알릴 필요가 있다. 특히 자계는 전력설비에 흐르는 전류량에 비례하므로 시간대별 부하 형태에 따른 자계 실측 자료관리가 필요하다. 이러한 실측 자료와 국내외 전자계 안전성 평가 관련 자료들을 데이터베이스로 구축하여 지역주민들에게 공개할 때 전력회사는 지역사회와 함께하는 신뢰경영을 추구할 수 있다.

4.3 전자계 체험 및 이해증진 홍보관 활성화

전자계 노출에 대한 일반의 막연한 의구심과 불안감을 해소하고, 전자계에 대한 올바른 이해를 돕기 위하여 전자계 노출과 관련된 정보교환 및 리스크 커뮤니케이션, 리스크 관리 기술개발, 맞춤형 홍보전략 등이 필요하다. 이를 위해서는 지역주민들이 전자계를 직접 체험할 수 있는 기회를 제공하고 홍보관을 통한 전력설비의 교육 및 적극적인 홍보가 활성화되어야 한다. 이러한 취지에서 2009년에 준공 예정인 「전자계 이해 증진관」을 활용하여 환경단체 및 언론 등 여론 주도층에 대한 가시적이고 실질적인 전자계 이해증진이 될 수 있도록 유도하여야 한

다. 「전자계 이해 증진관」 활용 방안으로는 전력설비 신설 예정지 주민 초청 설명회 개최, 지역사회와 연계된 방문 코스 개발, 전국 대학교 교수 및 학생 순환 교육, 눈높이 홍보물 제작, 초고압 분야 국제 행사 유치 등이 있다.

4.4 전자계 이해관계자 자문그룹 결성

영국에서는 2004년 11월에 극저주파(ELF)에 대한 이해관계자 자문그룹(SAGE: Stakeholder Advisory Group on ELF)을 설립하여 많은 관심을 끌고 있다. 우리나라에서도 일반인들이 전자계에 대하여 신뢰할 수 있도록 산·학·연과 시민단체, 환경단체를 포함하는 전자계 이해 관계자 자문그룹을 결성하여 투명하고 객관적인 대화 프로그램을 개발해야 한다. 활동 내용으로는 각국 전자계 정책동향을 모니터링 하며 정보교류의 장을 마련하고, 전자계 국내외 연구동향을 토론하고 정책수립 방안을 도출할 수 있다. 시민과 지방정부, 산업계의 공개적인 대화와 협조는 전자계와 관련된 정책의 투명성 제고 및 전력설비의 신뢰성 회복으로 이어질 수 있다.

4.5 전자계 관련 전문가 육성

현재 우리나라의 전자계 관련 환경적 불만이 증가하고 민원 관련 사회적 비용(경제 활동의 당사자를 포함한 경제 전체의 구성원이 부담하게 되는 비용, 10개 국책사업 중단으로 발생하는 비용은 4조 7천억)^{[4]~[5]}과 경제적 비용(송전선로 표준 모델을 사용하여 예측한 결과 5 μT 기준 시부터 경제적 비용이 발생하며, 1 μT 기준 설정 시 약 47조, 0.4 μT 기준 설정 시 51조의 추가 비용 발생)^{[6],[7]}이 급격히 증가하는 추세에 비하여 전자계 관련 전문가는 매우 부족한 상태이다. 따라서 전자계로 인한 경제적 손실과 사회적 비용을 최소화하고 전자계 저감 소재 및 부품의 핵심 원천기술에 대한 국가 경쟁력을 확보하기 위한 전문가 육성이 시급하다.

전자계 관련 전문가 그룹을 결성하여 국제기구 및 선진국의 전자계 연구에 동참하고 정보 수집 및 전력설비의 환경을 개선하여 민원 발생을 사전에 예방하고 국가의 손실을 줄여 나가야 한다.

V. 결 론

우리나라의 변전소 주변 울타리 지점에서 발생하는 자계의 평균은 765 kV 옥외 GIS형의 변전소에서 가장 높게(2.24 μ T) 나타났고, 154 kV 옥내 GIS형 변전소에서 가장 낮게(0.37 μ T) 나타났으며, 전체 변전소의 평균값은 1.30 μ T가 되었다. 울타리 지점의 거리(0/5/10/15 m)에 따른 측정 결과는 1.30/1.02/0.80/0.66 μ T순으로 크게 감소하였다.

본 연구 조사에 의하면, 우리나라의 전력설비에서 발생하는 전자계는 우리나라 및 세계적인 권고 기준보다 매우 낮았으며^{[2],[8]}, 국제기준에 따라 엄격하게 관리하고 있는 것으로 조사되었다. 이에 따라 전자계 이해증진 방안을 다음과 같이 제시한다.

첫째, 전자계 인증표시제 도입, 둘째, 객관적인 정보 제공과 지속적인 정보관리, 셋째, 전자계 체험 및 이해증진 홍보관의 활성화, 넷째, 전자계 이해관계자 자문그룹 결성, 다섯째, 전자계 관련 전문가 육성 등이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 이기준, 제4의 공해 전자파의 공포, 대학출판사, p. 27, pp. 37-38, p. 322, 1996년.
- [2] 김재준, 전자계 이론과 실제, 한국전력공사, p. 8,

pp. 80-81, 2005년.

- [3] M. Roosli, et al., "Symptoms of ill health ascribed to electromagnetic field exposure", *Int. J. Hyg. Environ. Health*, vol. 207, pp. 141-150, 2004.
- [4] 명성호, 조연규, "극저주파 전자계 안전성 평가 및 저감 실증 기술개발", 2006년도 하계학술대회 극저주파 전자계 생체영향 Workshop, 용평리조트(에메랄드 홀), pp. 5-48, 2006년 7월.
- [5] 명성호, 조연규, "극저주파 전자계 안전성 평가 및 저감 실증 기술개발", 2008년도 하계학술대회 극저주파 전자계 생체영향 Workshop, 현대성우리조트(스카이), pp. 1-32, 2008년 7월.
- [6] 한국전력공사 송변전건설처 연구조사보고서, "국내 실정에 적합한 전력설비 전자계 관리 방안 마련을 위한 조사 연구", p. 74, 2006년.
- [7] 한국전력공사 송변전건설처 연구조사보고서, "ELF EMF 장기노출기준 도입 분석 및 대응전략수립", p. 80, 2008년.
- [8] U. S. Government Printing Office, "Question and answers about EMF electric and magnetic fields associated with the use of electric power", *National Institute of Environmental Health Science and U.S. Department of Energy*, 1995.

이 성 수



2005년 8월: 중앙대학교 산업경영대학원 인터넷비즈니스과 (경영학 석사)
 1982년 2월~현재: 한국전력공사 차장
 [주 관심분야] Smart Grid, ELF/EMF, EMC, e-BIZ 등

신 현 식



1973년 2월: 서울대학교 응용물리학과 (공학사)
 1980년 12월: 미국 Univ. of Texas at Austin (MS)
 1985년 5월: 미국 Univ. of Texas at Austin (PhD)
 1986년 3월~현재: 서울대학교 컴퓨터공학부 교수
 [주 관심분야] Real-Time Computing, Mobile Computing 등

<부 록> 표 A-1. 자계 측정 대상 변전소

Table A-1. Object substations to measure magnetic field.

전압	구분	변전소명	소재지	비고
765 kV	옥외 GIS	신안성변전소	경기도 안성시 고삼면 쌍지리 983	
		신서산변전소	충남 서산시 운산면 원평리 산2	
345 kV	옥외 GIS	신용인변전소	경기도 용인시 기흥읍 지곡 산12-7	
		화성변전소	경기도 화성시 팔탄면 지월리 산97	
	옥내 GIS	서서울변전소	경기도 군포시 도마교동 산37	
		신안산변전소	경기도 안산시 상록구 팔곡일동 643	
154 kV	옥외 GIS	안성변전소	경기도 안성시 신모산동 534-12	
		포승변전소	경기도 평택시 포승면 석정리 산180	
	옥외 철구형	용인변전소	경기도 용인시 남동 산48-2	
		동수원변전소	경기도 수원시 권선구 매탄3동 649	
		서수원변전소	경기도 수원시 권선구 입북동 442-1	
	옥내 GIS	송탄변전소	경기도 평택시 칠괴동 150-1	
		남수원변전소	경기도 화성시 태안읍 안녕리 135	
		신갈변전소	경기도 수원시 영통동 1054-1	
		추팔변전소	경기도 평택시 팽성읍 추팔 390-3	
		수지변전소	경기도 용인시 수지읍 풍덕천 1032	
		평촌변전소	경기도 안양시 동안구 관양동 1586	
		우만변전소	경기도 수원시 팔달구 이의동 902-1	
		일동변전소	경기도 안산시 일동 82-9	
		의왕변전소	경기도 의왕시 고천동 375-3	

표 A-2. 변전소 주변의 자계 측정치

Table A-2. Magnetic field measurements around substations.

(단위: μT)

변전소	거리	올타리 측정 지점											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
신안성 변전소	0	0.13	0.26	16.7	1.46	0.78	0.78	1.26	6.60	0.68	0.12	0.01	0.19
	5	0.17	0.19	13.9	1.30	0.74	0.69	0.84	4.64	0.53	0.09	0.01	0.16
	10	0.11	0.15	13.6	1.22	1.02	0.66	0.48	1.98	0.52	0.05	0.01	0.14
	15	0.16	0.25	11.3	1.08	0.33	0.83	0.26	2.04	0.30	0.01	0.01	0.11
신용인 변전소	0	1.72	2.22	5.04	0.21	0.22	0.35	0.35	3.50	9.00	0.80	0.27	0.51
	5	1.10	2.02	3.40	0.14	0.15	0.47	0.47	3.20	6.74	0.64	0.15	0.42
	10	1.14	2.52	2.20	0.08	0.20	0.34	0.34	3.00	5.22	0.33	0.08	0.39
	15	1.54	2.84	2.54	0.08	0.17	0.26	0.26	2.50	3.86	0.28	0.12	0.34
화성 변전소	0	1.12	8.70	5.98	0.21	0.11	0.13	0.42	0.47	2.50	0.35	0.29	0.38
	5	0.95	7.30	5.20	0.18	0.10	0.11	0.45	0.36	2.21	0.28	0.26	0.32
	10	0.80	5.80	4.60	0.12	0.10	0.10	0.48	0.21	1.80	0.16	0.18	0.25
	15	0.65	4.50	3.50	0.10	0.10	0.10	0.51	0.11	1.32	0.12	0.13	0.18

표 A-2. 계속
Table A-2. Continued.

변전소	거리	올타리 측정 지점											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
안성 변전소	0	0.98	0.79	0.88	0.39	0.73	3.26	0.51	3.26	0.11	0.16	0.34	0.44
	5	0.43	0.42	0.71	0.22	0.61	2.22	0.40	2.27	0.12	0.13	0.29	0.50
	10	0.22	0.21	0.37	0.24	0.19	0.84	0.14	0.81	0.12	0.12	0.30	0.35
	15	0.14	0.20	0.20	0.16	0.17	0.76	0.12	0.12	0.09	0.10	0.21	0.28
용인 변전소	0	0.77	0.78	2.20	0.14	0.32	0.37	0.39	2.08	0.88	1.54	1.44	3.90
	5	0.39	0.52	1.54	0.11	0.14	0.32	0.40	1.28	0.69	0.93	0.98	1.87
	10	0.31	0.31	1.21	0.06	0.12	0.43	0.37	0.45	0.42	0.41	1.24	0.61
	15	0.25	0.41	1.64	0.07	0.13	0.33	0.14	0.32	0.40	0.55	0.32	0.80
동수원 변전소	0	0.22	0.70	1.74	0.35	0.61	1.34	2.06	1.96	2.84	0.14	1.24	0.70
	5	0.21	0.65	1.68	0.28	0.56	1.12	1.65	1.85	2.52	0.13	0.98	0.52
	10	0.20	0.55	1.46	0.19	0.48	0.98	1.32	1.80	2.00	0.10	0.62	0.39
	15	0.18	0.50	1.22	0.18	0.36	0.65	1.18	1.52	1.30	0.10	0.33	0.34
평촌 변전소	0	0.08	0.04	0.02	0.03	0.05	0.04	0.12	0.18	0.16	0.09	0.25	0.53
	5	0.16	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.09	0.13	0.15	0.12	0.26	0.34
	10	0.18	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.10	0.11	0.13	0.07	0.15	0.31
	15	0.16	0.04	0.04	0.05	0.03	0.01	0.08	0.12	0.08	0.05	0.32	0.15
의왕 변전소	0	0.16	0.03	0.10	0.26	1.34	0.37	1.23	0.53	1.90	0.16	0.13	0.16
	5	0.12	0.03	0.05	0.20	1.14	0.21	1.04	0.75	1.32	0.13	0.13	0.21
	10	0.10	0.04	0.04	0.11	0.82	0.20	0.98	1.24	1.26	0.12	0.14	0.19
	15	0.07	0.05	0.05	0.04	0.73	0.18	0.52	1.34	1.22	0.08	0.16	0.10
신갈 변전소	0	0.21	0.41	0.17	0.07	0.10	0.12	0.22	1.12	1.78	0.46	0.20	0.14
	5	0.17	0.35	0.11	0.05	0.07	0.10	0.20	1.88	0.71	0.47	0.08	0.04
	10	0.15	0.27	0.10	0.04	0.06	0.09	0.15	1.58	0.93	0.39	0.06	0.05
	15	0.08	0.27	0.09	0.03	0.05	0.09	0.18	1.12	0.57	0.83	0.05	0.04
수지 변전소	0	0.35	1.08	1.44	0.71	0.08	0.08	0.09	0.15	0.12	0.34	0.19	0.22
	5	0.20	0.62	1.06	0.90	0.07	0.06	0.05	0.05	0.08	0.30	0.23	0.24
	10	0.14	0.75	0.69	0.72	0.05	0.04	0.05	0.03	0.05	0.39	0.31	0.17
	15	0.33	0.78	0.48	0.57	0.04	0.04	0.05	0.04	0.06	0.49	0.35	0.10
송탄 변전소	0	0.12	0.11	0.15	0.27	0.67	0.35	0.24	4.24	3.42	0.35	0.30	0.28
	5	0.08	0.10	0.14	0.42	0.48	0.25	0.19	3.82	2.18	0.31	0.38	0.22
	10	0.09	0.12	0.14	0.32	0.37	0.22	0.17	1.42	1.59	0.28	0.14	0.19
	15	0.10	0.11	0.16	0.18	0.31	0.19	0.16	1.44	1.24	0.22	0.15	0.15
남수원 변전소	0	0.10	0.10	0.09	0.25	0.12	0.16	0.07	0.09	2.14	0.12	0.10	0.09
	5	0.10	0.10	0.09	0.13	0.07	0.05	0.03	0.20	1.52	0.10	0.10	0.09
	10	0.11	0.11	0.10	0.09	0.05	0.03	0.02	0.22	1.06	0.10	0.11	0.10
	15	0.12	0.12	0.10	0.07	0.04	0.03	0.02	0.17	0.73	0.08	0.12	0.11
추팔 변전소	0	0.10	0.07	0.04	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.02	0.04	0.03	0.70
	5	0.40	0.05	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.40
	10	0.20	0.04	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.02	0.01	0.20
	15	0.10	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.10

표 A-3. 변전소별 감시실의 자기장(자계) 측정치

Table A-3. Magnetic field measurements of the control rooms by the substation types.

(단위: μT)

구분	변전소명	근무자 A석	근무자 B석	소파, C석	최소	최대	평균
765 kV 옥외 GIS	신안성 S/S	0.33	0.23	0.25	0.09	0.55	0.29
	신서산 S/S	0.28	0.29	0.39	0.15	1.33	0.49
345 kV 옥외 GIS	신용인 S/S	1.21	1.22	1.17	1.10	1.98	1.34
	화성 S/S	0.06	0.08	0.09	0.05	0.12	0.08
	서서울 S/S	0.88	0.93	1.79	0.54	2.99	1.43
345 kV 옥내 GIS	신안산 S/S	0.08	0.08	0.21	0.04	0.31	0.14
	영등포 S/S	0.20	0.24	0.12	0.05	0.78	0.28
154 kV 옥외 GIS	안성 S/S	0.55	0.48	0.41	0.35	0.76	0.51
	포승 S/S	0.25	0.24	0.18	0.18	0.26	0.22
154 kV 옥내 GIS	우만 S/S	2.06	1.71	2.88	1.64	5.79	2.82
	송탄 S/S	2.08	2.25	2.74	1.23	3.65	2.39
	일동 S/S	2.75	3.71	4.82	1.22	9.10	4.32
154 kV 옥외 철구	동수원 S/S	0.51	0.58	0.50	0.39	0.58	0.51
	서수원 S/S	0.30	0.33	0.29	0.28	0.36	0.31
급전소	수원	0.08	0.05	0.06	0.04	0.14	0.07
	남서울	0.11	0.09	0.11	0.07	0.29	0.13
급전분소	서서울	2.08	1.94	2.09	0.54	2.28	1.79
	영서	0.07	0.11	0.10	0.04	0.13	0.09

표 A-4. 전자계에 대한 세계 규제 현황^[2]

Table A-4. World regulatory status for electromagnetic field^[2].

구분	전 계 (KV/m)		자 계 (μT)		비고
	일반인	직업인	일반인	직업인	
WHO	10		500		환경보건기준
ICNIRP	5	10	100 / 83.3 (50 Hz/60 Hz)	500 / 416.7 (50 Hz/60 Hz)	국제 기준(WHO 권고)
IEEE	5	20	904(60 Hz)	2,710(60 Hz)	
IRPA	5~10	10~30	100~1,000	500~5,000	
CENELEC	25	10	160	640	
EU	5		100	500	유럽연합
NRPB	10		100	500	영국 방사선방호청
스위스			100: 일반지역 <제한치> 1: 거주지 또는 민감 지역(평균)		기술적, 경제적 어려움(예외)
이탈리아	5~10		100: 일반인 <제한치> 10: 4 H/1일(24 H 평균) <주의> 3: 신규 선로, 신설 가옥 <목표>		※ 기존 법령 100~1,000 μT
스웨덴			Precautionary Principle 0.2~0.3		국가직업안전위생국
미국(연방)	25		자계 기준 없음		
일본	3		자계 기준 없음		
독일	5,10(단시간)		100, 200(단시간)		연방정부
프랑스	5, 10		100		ICNIRP 준용
체코	5, 10		100		ICNIRP 준용
남아공	5, 10		100		ICNIRP 준용
슬로바키아	5, 10		100		
슬로베니아	5, 10		100		IRPA 준용
한국	3.5(7.0: 산악지)		83.3 (60Hz)		전기설비기술기준