

# 통계적 처리방법을 이용한 동해안 염해 오손물의 분포특성

論 文

50C-3-5

## The Distribution Characteristics of Salt Contaminants with Statistical Method in East Coast

崔南鎬\* · 朴康植\*\* · 韓相玉\*\*\*  
(Choi Nam Ho · Park Kang Sik · Han Sang Ok)

**Abstract** - In this paper, the distribution characteristics of salt contaminants with the distance from sea in East coast, from Sokcho to Pusan of Korea peninsula were investigated to evaluate the design standard of KEPCO. To get the equivalent salt deposit density(ESDD), conventional brush wiping method was used. As the measuring period is comparatively short, and the measuring interval is long to check the maximum value, acquired ESDD data is very lower than the recommended value in the standard. The measured data didn't follow normal distribution, so it should take the statistical treatment. Through normalizing method, we could get a reliable probability data. In the past investigation, the accumulation characteristics of Japan is consulted to set the criterion, but the climatic condition of Korea is different to Japan. With the comparison of precipitation data and some measured data for long term accumulation, we could set appropriate accumulation factor.

**Key Words** : Equivalent salt deposit density, Log-normal distribution, Precipitation, Accumulation, Salt contamination

### 1. 서 론

국내의 송전선로에 있어 애자류에 의한 사고율은 1997년의 경우 전체사고 횟수 중 약 19%를 점유한다. 이중 염해에 의한 사고는 전체의 2.1%로 낮은 비율을 점유하지만, 예측이나 대비가 곤란하며, 낙뢰에 비해 넓은 지역에 영향을 미치고, 빙설해에 비하여 비교적 단시간에 사고에 이를 수도 있는 특성을 지니고 있어 초고압화에 따라 무보수 선로를 목표로 하고 있는 국내의 전력계통에 있어서는 결코 간과할 수 없는 사고요인이라 할 수 있다.[1][2]

우리나라는 반도라는 지리조건 및 해안선이 긴 지형적 조건으로 인해 염해에 노출될 확률이 비교적 높은 특성을 갖고 있다. 기후적 측면에 있어서도 뚜렷한 몬순(Monsoon) 및 장기간의 건기(동절기;11월~2월)로 인해 오손물의 누적이용이한 특성을 지니며, 건조기의 종료와 동시에 농무, 안개비 등과 같은 자연적 습윤조건이 형성되는 특성을 지니고 있어 오손에 의한 섬락사고가 봄철에 집중적으로 발생되고 있다. 또한, 하절기에는 수 차례에 걸친 태풍의 내습으로 인해 해안지역 뿐만아니라 해안거리 10km이상의 내륙지역을

포함하는 넓은 영역에 급속오손이 발생되기도 한다.[3][4][5]

최근에는 기존의 기후 및 지리·지형적 오손요인에 더불어 공해오손과 같은 환경적 요인에 의한 오손, 황사 등과 같은 불용성 오손물에 의한 오손 및 이들의 복합적 발생에 의한 상승효과에 대한 관심이 급격히 증대되어가고 있다.

각 지역에 따른 대표 오손도 값은 송배전선로의 설계는 물론 유지, 보수에 있어서도 가장 기본적인 기준자료의 역할을 수행한다. 일본의 경우, 수십년에 걸친 오손도 측정을 통해 오손맵을 작성하여 적용한 바 있으며, 신규 선로에 대해서는 건설전 3년간에 걸친 오손도 측정 및 오손맵의 데이터를 활용하여 기준 오손도를 설정하고 있다.

국내의 경우도, 선행연구를 통해 해안을 중심으로 한 300여 개소에 대한 오손도를 측정하고, 그 결과를 근간으로 오손맵을 작성하여 활용 중에 있다. 그러나, 측정 데이터의 신뢰성 및 통계처리 기법에 있어서는 다소간의 제고가 필요한 것으로 보인다.[6][7]

본 연구에서는 다양한 국내외의 선행연구를 면밀히 분석하여 오손도 측정설비를 설계하고, 측정장소를 선정하여 설치 후 필세법을 통해 주기적인 측정을 수행하였다. 한편, 측정을 통해 얻어진 오손도 데이터의 분포특성에 대한 분석을 수행하여 최적의 통계처리기법을 선정하였다.

통계처리 된 데이터를 이용하여 동해안 지역에 대해 해안도달 거리별 오손도 분포특성을 도출하고 한국전력공사의 설계기준치와의 비교, 검토를 수행하였다.

한편, 일본과 우리나라의 각종 기상특성에 대한 분석을

\* 準 會 員 : 忠南大 電氣工學科 博士課程

\*\* 正 會 員 : 大德大 電氣科 教授 · 工博

\*\*\* 正 會 員 : 忠南大 電氣工學科 教授 · 工博

接受日字 : 2000年 11月 17日

最終完了 : 2001年 3月 5日

수행하였으며, 이를 통해 오손물의 누적특성에 대한 보다 합리적인 접근을 시도하고자 하였다.

이상과 같은 일련의 연구를 통하여 동해안 각 지역(강원도 및 경상도)에 대한 적절한 기준 오손도 선정기법 및 대략적인 기준 오손도를 제시하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 측정설비

본 연구에서는 Fig. 1에서와 같이 254mm 자기애자 3개를 직렬로 연결하고 현수형으로 배치하여 실제 적용 시와 유사한 조건을 설정한 후, 중간애자의 하면에 대한 오손특성을 관찰하였다.

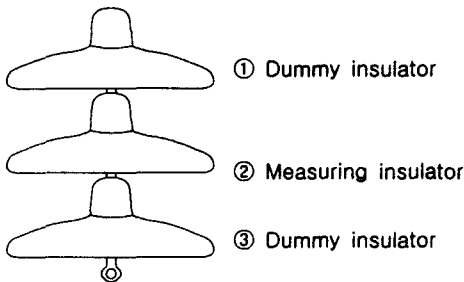


그림 1 등가염분부착 밀도 측정을 위한 시료의 배치  
Fig. 1 Arrangement of insulators to measure the equivalent salt deposit density(ESDD)

현수형으로 배치된 경우, 애자의 상면은 강우에 의해 직접적인 영향(우세효과)을 받게 되므로, 1개월 주기의 측정에 있어서는 애자의 하면만을 세정하였다.

### 2.2 측정방법

오손물의 세정을 위해서는 400 cc의 증류수(2 μS/cm 이하)를 이용한 필세법(Brush wiping method)이 적용되었다. 한편, 온도에 따른 전도도의 편차를 고려하여 모든 시료에 대하여 동일 온도조건(25℃)을 설정 후, 전도도계(HANA HI 8033)를 사용하여 부착 염분량을 정량화 하였다.

다음의 식(1)은 필세법을 통해 얻어진 전도도를 이용한 등가염분부착밀도 환산공식이다.

$$ESDD = \frac{0.09 \times C \times V}{200 \times S} \text{ [mg/cm}^2\text{]} \quad (1)$$

where,

C is the volume conductivity of contaminated solution [μS/cm].

V is the volume of water, 400 [cc].

S is the area of washed surface, 800 [cm<sup>2</sup>].

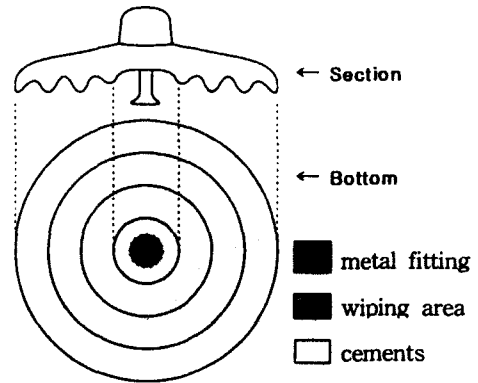


그림 2 오손도 측정을 위한 세정부위  
Fig. 2 Wiping area to measure the degree of contamination

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 데이터 분포

Fig. 3은 동해지역의 측정지점 중 해안도달거리 0.5km인 지점에서 측정된 데이터의 분포를 보이는 histogram이다.

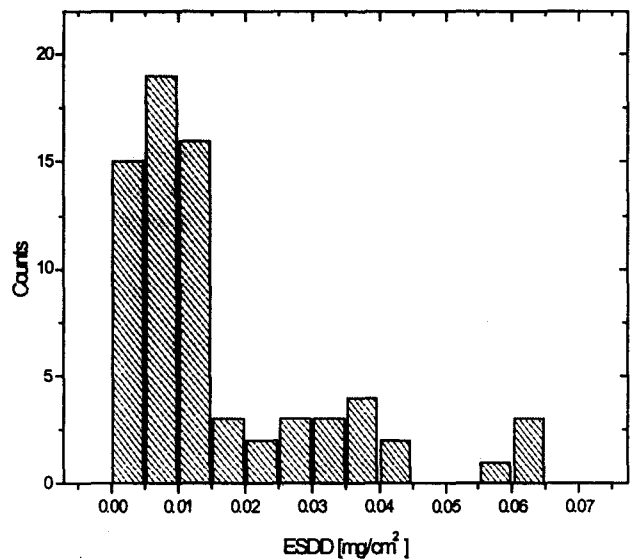


그림 3 등가염분부착밀도 데이터의 분포특성(0.5km)  
Fig. 3 Distribution characteristics of ESDD data (0.5km)

Fig. 3을 통해 알 수 있는 바와 같이 등가염분 부착밀도의 원시 데이터는 정규분포특성을 갖지 않아 별도의 통계적 처리를 필요로 한다.

본 연구에서는 normalizing을 통해 Fig. 4와 같이 정규분포와 유사한 데이터의 분포특성을 얻을 수 있었다.

측정데이터가 정규분포를 따르는 경우, 신뢰도에 따른 최대치의 계산은 매우 용이하다. 그러나, 그 기준이 되는 신뢰도는 설비의 중요도를 고려하여 결정될 수밖에 없다.

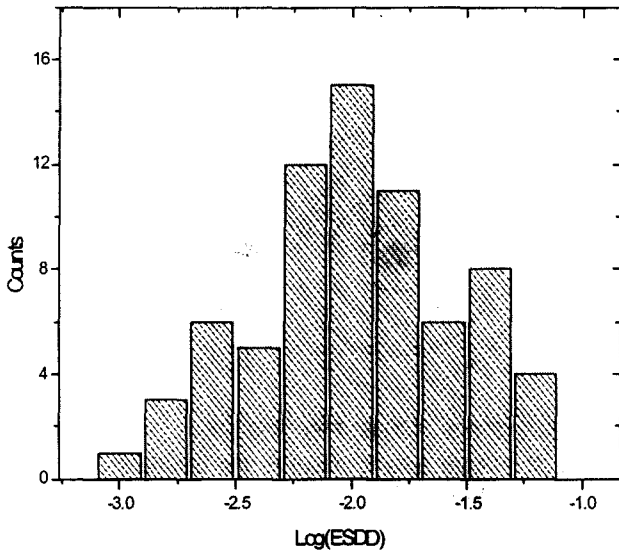


그림 4 등가염분부착밀도 데이터의 분포특성 Log(0.5km)  
Fig. 4 Distribution characteristics of ESDD data Log(0.5km)

과거 국내의 선행연구사례(배전분야)에서는 95%를 그 기준 신뢰도로 설정하였으나, 송전전압의 초고압화에 따라 무보수를 목표로 하고있는 송전분야에서는 99% 이상의 신뢰도를 적용하는 것이 적합한 것으로 보인다.

Fig. 5 및 Fig. 6은 1999년 5월에서 2000년 6월까지 13개월에 걸쳐 측정된 데이터를 이용하여 해안도달거리 0.5 및 5km 지점에서 누적확률에 따른 ESDD 특성을 보이고 있다.

데이터를 측정위치의 해안도달 거리를 기준으로 분류하고 Fig. 5 및 Fig. 6과 같은 통계처리를 통해 Table 1과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

Fig. 7은 Table 1의 데이터를 이용하여 1차 지수함수의 형태로 curve fitting한 결과를 보이고 있다. Fig. 7의 특성은 다음의 식(2)와 같이 1차 지수함수 식으로 표현될 수 있다.

$$ESDD = 0.9575 \exp\left(\frac{-x}{0.93714}\right) [mg/cm^2] \quad (2)$$

where,

$x$  is distance from sea

그러나, 위의 식 (2)은 통상적인 기후변화의 최소 주기가 10년(태양의 흑점주기)을 넘고, 일반적으로는 30년 이상의 데이터를 기준으로 하는 점을 감안할 때 현장에의 직접 적용은 다소 무리가 따르며, 보다 장기적인 오존도의 측정 및 기상데이터에 대한 분석작업이 필요한 것으로 사려된다.

Table 2는 Fig. 7 및 Table 1의 자료를 이용하여 통계처리된 오존도 분포 데이터를 설계기준과 비교하고 있다.

본 연구를 통해 측정 및 통계 처리된 데이터는 해안거리가 작은 해안인근의 경우 기존의 설계기준과 비교적 잘 부합되는 특성을 지니는 것으로 밝혀졌다. 그러나, 해안도달거리의 증가에 따라 설계기준에 제시된 바에 비해 오존도가 급격히 감소되는 현상을 찾아볼 수 있었다.

표 1 해안도달거리에 따른 오존분포

Table 1 Distribution of contaminant with the distance from sea

해안도달거리 [km]	99%값 [ mg/cm <sup>2</sup> ]	등급	
		해안도달 거리기준	99%값 기준
0.2	0.781	D	E
0.5	0.550	D	E
3.0	0.057	C	A
5.0	0.004	B	청정

※ 한국전력공사 송변전처 가공송전운영업무기준 참조

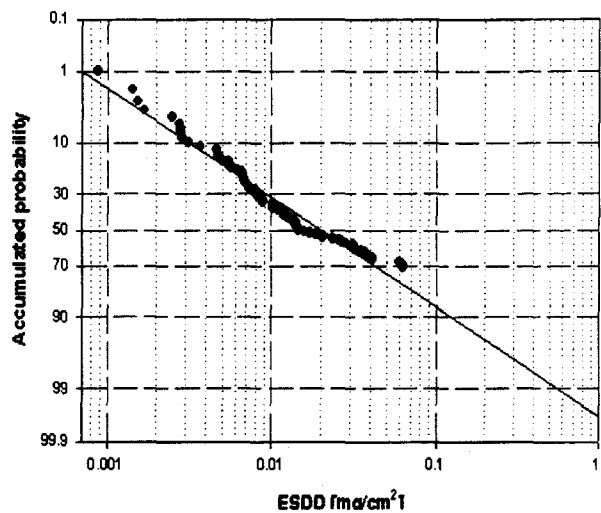


그림 5 누적확률에 따른 등가염분부착밀도 (0.5km)  
Fig. 5 ESDD with accumulated probability (0.5km)

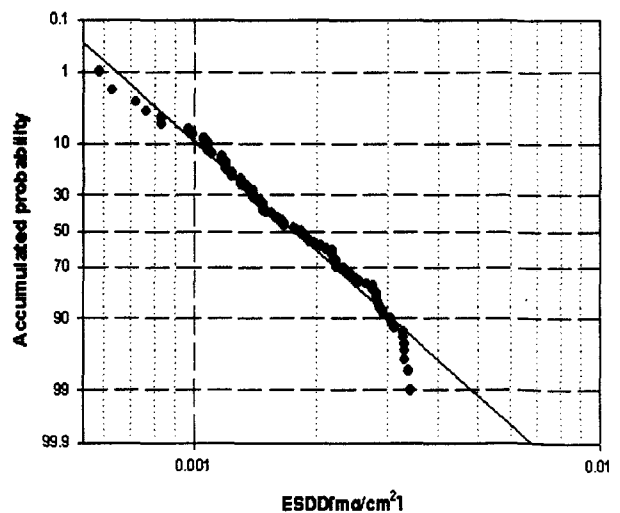


그림 6 누적확률에 따른 등가염분부착밀도 (5km)  
Fig. 6 ESDD with accumulated probability (5km)

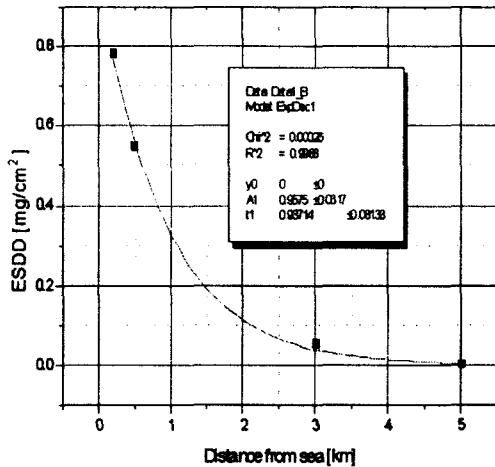


그림 7 해안도달 거리에 따른 오손분포  
Fig. 7 Distribution of contaminant with the distance from sea

표 2 설계기준 및 통계 처리치 비교  
Table 2 Comparison of design standards and the statistical analysis data

오손등급	설계기준		통계처리치 통한 해안도달거리 [km]
	ESDD [mg/cm <sup>2</sup> ]	해안도달거리 [km]	
A-B경계	0.063	9	2.55
B-C경계	0.125	3.5	1.91
C-D경계	0.25	1	1.26
D-E경계	0.5	-	0.6

### 3.2 누적오손특성

과거 국내의 선행연구에 있어서 장기간 누적오손특성은 일본의 연구사례를 동일하게 적용한 바 있다. Table 3은 일본의 선행연구를 통해 얻어진 3개월, 6개월 누적오손특성을 보이고 있다. [8]

표 3 노출기간에 따른 염분 부착비율 (1개월 값 기준)  
Table 3 Salt deposit rate with exposure time  
(rate for 1 month value)

측정지점	기간	장기 누적오손량 / 1개월 누적오손량
武山 (交流)	3개월	1.25
武山 (直流)	3개월	1.21
秋田	3개월	1.19
	6개월	1.24
能登	3개월	1.23
	6개월	1.27

Table 3을 통해 알 수 있는 바와 같이 3개월, 6개월 누적오손에 의한 오손량은 1개월 누적 오손값에 비해 약 1.2 ~ 1.3배의 분포를 갖는 것을 알 수 있다.

오손도는 일반적으로 강우와 풍속에 가장 큰 관련성을 지니며, 풍속의 3제곱(V<sup>3</sup>)에 비례하는 것으로 알려져 있다. 한편, 강우는 우세효과를 유발시켜 오손정도는 급격히 감소시키는 것으로 알려져 있다.

이러한 특성을 고려할 때, 우리나라와 일본의 기후특성 중 가장 큰 차이점은 강우특성이라 할 수 있다. Table 4는 일본과 우리나라 동해안지역의 주요도시에 대한 2000년 3월~5월간에 1mm이상 강우현상이 발생한 횟수 중 일부를 보이고 있다.

이러한 특성은 염해 오손사고와도 밀접한 관련성을 지닌다. 1995년 ~ 1998년의 기간 중 국내의 송전선로에서는 1997년 2월 1회의 염해 오손사고가 발생하였으며, 당시의 기후 특성은 다음과 같다. [1]

- 1996년 12월 5일 ~ 1997년 2월 25일(82일간)의 가뭄
- 1997년 1월 ~ 2월에 걸쳐 10회의 폭풍발생
- 1997년 2월 25일 습윤조건(안개 및 안개비) 발생

국내의 일부 설비에 대해 측정된 누적오손량은 1개월 누적오손치를 기준으로 하여 약 3배에서 5배의 누적오손이 발생되고 있음을 제시한 사례도 있으나, 측정지점이 극히 제한된 경우이며 전체적으로 측정지점의 개소수가 비교적 적기 때문에 추가적인 누적오손에 대한 측정이 필요한 것으로 보인다.

Fig. 8은 국내의 선행연구를 통해 측정된 3개월, 6개월 누적오손특성을 보이고 있다.

Table 4 및 Fig. 8를 토대로 우리나라의 누적오손특성은 1개월 누적오손치에 비하여 약 3 ~ 5배 정도의 분포를 가짐을 알 수 있다.

1개월 누적오손치를 기준으로 하여 설정된 각종의 오손기준은 이상에서 밝힌바와 같은 누적오손특성을 고려하여 적절히 수정되어야만 할 것이다. 이를 위해서는 보다 자세한 기상자료에 대한 검토와 장기간에 걸친 누적오손도 측정이 선행되어야 할 것이다.

표 4 한일 강우특성 비교

Table 4 Comparison of precipitation characteristics of Korea and Japan

(a) 韓 國			
지 명	1mm이상 강우횟수	지 명	1mm이상 강우횟수
속 초	17	울릉도	13
철 원	18	영 월	14
대관령	20	안 동	10
춘 천	16	포 향	14
강 룡	16	울 산	17
동 해	13	마 산	18
원 주	17	부 산	18
최대치	20	최소치	10

(b) 日 本

지 명	1mm이상 강우횟수	지 명	1mm이상 강우횟수
稚内	32	白河	31
北見枝幸	37	水戸	32
旭川	39	館野	31
青林	45	日光	39
江差	36	前橋	27
雄武	35	東京	28
深浦	42	父島	30
八戸	32	館山	28
秋田	46	勝浦	32
山形	37	長野	30
酒田	48	松本	29
福島	31	高田	43
최대치	45	최소치	27

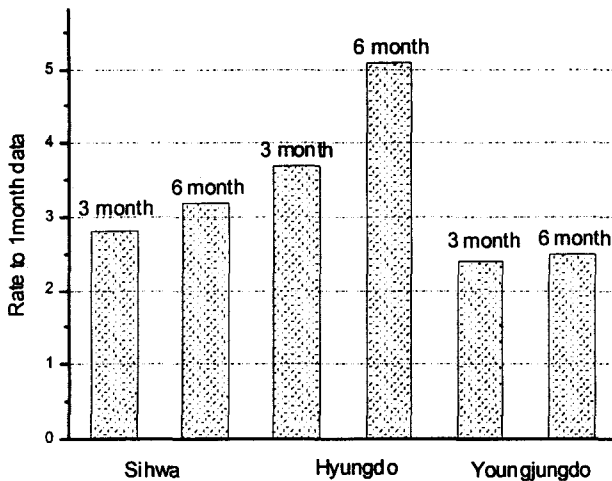


그림 8 국내의 누적오손 특성  
Fig. 8 Accumulation properties of contaminants in Korea

4. 결 론

본 연구에서는 속초에서 부산에 이르는 동해안 지역에 대해 1999년 5월 ~ 2000년 6월의 13개월에 걸쳐 측정된 오손도 데이터를 이용하여 ESDD 데이터의 분포특성을 분석하고 통계처리를 통해 합리적인 기준 오손도 선정법을 제시하였다

1. 장기간 오손도 측정시 측정된 데이터가 많지 않아 비정규 분포를 갖는 경우 Log 처리에 의해 정규분포를 갖는 데이터를 얻을 수 있었으며 누적확률도 양호한 선형성을 보였다.
2. 통계 처리된 데이터는 해안으로부터 가까운 해안인근의 경우 기존의 설계기준과 비교적 잘 부합되는 것으로 나타났으나 해안으로부터 멀어질수록 편차가 증가하였다.
3. 해안으로부터 5 km 지점의 누적 확률은 급격히 감소하며 이것은 1개월 누적오손 데이터를 기준으로 할 경우 현재의 선로설계기준이 필요이상 엄격하게 규정하고 있는 것으로 평가된다.
4. 오손도 평가결과의 신뢰성을 높이기 위해서는 측정주기가 3개월, 6개월 등 보다 장기간의 누적 오손 측정이 필요하며 이외에도 기상조건과의 상관관계에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] “'97송전설비 고장분석 및 대책 - 송전선로 고장 사례 분석”, 한국전력공사 송변전처, pp. 85-97, 1998. 4.
- [2] “배전용 고분자 애자의 경년열화설비 구축 및 진단 시스템 개발연구”, pp. 3-4, 한국전력공사, 1997. 8.
- [3] “전력설비의 염진해대책에 관한 연구 - 인공오손시험 장치설계 및 내염컷아웃트 스위치 설계”, 한국전력공사, pp. 7-58, 1985. 7.
- [4] “송변전설비의 염해대책”, 일본전기협동연구회, 전기협동 연구 제 20권 2호, pp. 6-39, 昭和 39年 4月
- [5] 최남호, 박강식, 한상욱, “불용성 오손물에 의한 절연물 의 전기적 특성에 관한 연구”, 한국전기전자재료학회 하계학술대회 논문집, pp. 691-694, 2000. 7.
- [6] “염진해 오손정도 및 기준정립에 관한 연구 - 2차년도 중간보고서”, pp. 3-4, 한국전력공사, 2000. 10.
- [7] 최남호, 박강식, 한상욱, “지리적 영향에 따른 염해 오손물질의 분포에 관한 연구”, 한국전기전자재료학회 하계학술대회 논문집, pp. 695-698, 2000. 7.
- [8] “전력설비의 염진해대책에 관한 연구(III) - 종합편”, 한국전력공사 기술연구원, pp. 39, 1988. 6.

저 자 소 개



최 남 호 (崔南鎬)

1997년 충남대 전기공학과 졸업. 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정  
E-mail : crow@hanbat.cnu.ac.kr



한 상 옥 (韓相玉)

1974년 충남대 공업교육과(전기)졸업. 1986년 인하대 전기공학과 졸업(공학). 1985년 독일 하노버대 객원교수, 1989년 일본 나고야대 객원교수, 현 충남대학교 전기공학과 교수  
E-mail : sohan@hanbat.cnu.ac.kr



박 강 식 (朴康植)

1986년 대전산업대 전기공학과 졸업. 1988년 인하대 전기공학과 졸업(석사). 1993년 동 대학원 전기공학과 전기공학과 졸업(공학). 현재 대덕대학 전기과 부교수  
E-mail : kspark@mail.ddc.ac.kr