

A Customer Interruption Cost Assessment Using Customer Survey

추철민* · 이병성*
(Cheol-Min Chu · Byung-Sung Lee)

Abstract - This paper presents the survey results of the interruption on domestic customer, especially commercial, with primary focus on the cost are presented. General method utilized in quantifying the benefit of reliability on power system is to estimate the Customer Interruption Cost(CIC) associated with the electric service interruption. According to change the circumstance of electricity market by the deregulation and the introduction of new technology, reliable and accurate CIC is required for estimate the applied plan and technology under the circumstance. This paper presents the commercial customer interruption cost is estimated by the survey conducted by KEPCO in 2009. To collect the customer interruption data for calculation of CIC, the survey is conducted. The survey targeting commercial customer around the branch-offices under twelve regional headquarters of KEPCO was carried out.

Key Words : Customer interruption cost assessment, Domestic commercial customer, Customer survey

1. 서론

전력계통의 목적은 전력서비스를 원하는 수용가에 끊임없이 서비스를 공급하는 것이다. 만일 서비스공급의 중단이 발생할 경우 수용가에 미치는 영향은 중단된 지역의 모든 경제활동 및 일반생활에 악영향을 줄 수 있으며 이러한 영향을 줄이기 위해 전력회사는 전력계통의 설비 투자 및 기술개발 등을 통한 계통의 안정화에 많은 관심을 가지고 있다. 따라서 급변하는 산업구조 하에서 전력서비스 공급 신뢰성에 대한 요구 수준이 높아지고 있으며, 안정적이고 양질의 전력서비스를 수용가에 제공하기 위해 서비스 공급자는 전력계통의 경제적인 투자계획을 수립하여야 한다. 또한 새로운 에너지원의 안정적 공급이 화두가 되어 이와 관련된 기술개발이 되고 있는 시점에서 서비스 공급의 신뢰성 및 경제성 평가는 투자 및 개발기술의 경제성 평가를 위한 정량적 평가요소가 요구되고 있는 실정이다.

수용가 종류별 정전비용 조사결과를 바탕으로 배전선로의 합성 정전비용 모델을 계산하는 연구와 분산전원이 신뢰도 향상에 미치는 영향을 정전비용과 함께 고려하고 있다[1]. 새로운 전원공급 기술 개발 및 신뢰도를 고려한 배전계획 수립에 있어서 합리적으로 산정된 불시 정전에 따른 비용이 반영되어야 한다. 즉 수용가에 정전으로 인한 피해비용을 얼마만큼 줄일 수 있는지 평가하여 정량화 하는 것이다. 수용가와 직접적인 영향관계가 있는 배전계통의 정량화된 정

전비용은 계통 신뢰도 평가에 반영이 되는 중요한 인자가 된다.

본 논문에서는 다양한 형태로 경제활동에 따라 정전의 민감도가 상이한 상업용 수용가의 정전비용을 조사하고 분석한 결과를 기술하였다. 상업용 수용가는 설문조사에 대한 관심도가 비교적 낮은 수용가 군으로 다양한 수용가 형태에 따라 분류 및 분석, 조사가 어렵고, 정량적인 평가가 쉽지 않다. 우리나라 상업용 수용가의 대표성을 갖도록 전국적으로 고르게 표본을 분포 시키고 설문조사 결과의 신뢰성을 높이기 위해 전력회사의 배전계통운영원이 직접 방문하여 조사하였으며 수집된 데이터를 기초로 정전비용 분석을 위한 회귀분석 방법은 Tobbit 분석을 이용하였다.

2. 본론

수용가 정전비용 조사방법은 수용가에 발생하는 정전의 근본적인 영향결과를 정량적인 비용으로 평가할 수 있는 기본적인 평가가 가능하게 한다. 이러한 비용은 지속적인 전력서비스의 공급으로 수용가의 경제적 활동에 미치는 영향과도 관계가 있다. 또한 수용가마다의 특성에 따라 영향 정도의 차이를 개별적으로 평가할 수 있으며 이는 수용가 종별 및 정전비용의 특성에 따라 그 관계를 알 수 있다. 이러한 정전비용을 조사하기 위해서 많은 방법이 논문으로 제안되고 있으며 그 중 편지 혹은 전화 등을 이용한 설문조사 방법이 가장 신뢰도가 높으나 조사를 하기 위해 들어가는 비용과 인적 소모에 비해 신뢰성 있는 정전데이터를 수집하기 어려운 단점이 있다.

본 논문에서는 신뢰성 있는 정전비용 산정을 위해 기초데이터를 수집하고, 인력과 경비, 시간이 상대적으로 많이 소요되는 설문조사를 조사의 정확성과 신뢰성을 높이기 위해

* 정회원 : 한전 전력연구원 송배전연구소 일반연구원
† 교신저자, 정회원 : 한전 전력연구원 송배전연구소 선임·공박
E-mail : cmchu79@kepri.re.kr
접수일자 : 2010년 8월 19일
최종완료 : 2010년 9월 24일

전력회사의 운영원이 직접 방문 면접하여 조사하는 방식을 이용하였다. 설문조사 샘플은 국내 각 지방자치 단체별로 고르게 하였다.

2.1 설문조사방법

본 연구의 설문조사는 2009년 10월 2일부터 10월23일 까지 전국적으로 상업용 수용가 767업체를 대상으로 조사하였다. 2008년도 국내 산업별 전기판매량 통계에서 상업용 수용가는 20% 정도를 차지하며, 상업용 수용가의 업종별 분류는 표 1과 같다.

표 1 수용가의 업종별 구분

Table 1 Type of Business

대분류	소분류	
도매 및 소매업	1	자동차 및 부품 판매업
	2	도매 및 상품중개업
	3	소매업
운수업	4	육상운송 및 파이프라인 운송업
	5	수상운송업
	6	항공 운송업
	7	창고 및 운송관련 서비스업
숙박 및 음식점	8	숙박업
	9	음식점 및 주점업
정보 서비스업	10	출판업
	11	영상 오디오 기록물 제작 및 배급업
	12	방송업
	13	통신업
	14	컴퓨터 프로그래밍, 시스템 통합 및 관리업
15	정보서비스업	
보건 서비스업	16	보건업
	17	사회복지 서비스업
여가관련 서비스업	18	창작, 예술 및 여가서비스업
	19	스포츠 및 서비스업
기타 서비스	20	수리업
	21	기타 개인 서비스업

조사결과의 신뢰성을 높이기 위해 정전비용 선행조사[3] 결과를 분석하고 비용 산정 목적에 맞게 문항을 선정하고 사전예비조사를 통해 난이도를 조절하였다. 또한 적절한 통계분석 기법 사용할 것과 결과를 예측하여 설문서를 구성하였다.

기본적으로 일반 전력 서비스 이용 수용가의 전기적 지식이 낮은 것을 감안하여 설문조사의 내용을 쉽고 정전비용 조사를 위한 필수요소만으로 구성하였다. 표 2는 상업용 수용가 설문조사지 항목을 요약하여 나타낸 것이다. 수용가의 특성을 반영하기 위해 업체형태에 따라 분류하고, 사용하고 있는 전력서비스를 이용한 시설에 대한 내용을 포함하였으

며 정전의 종류(순간, 일시, 지속), 연간 정전경험횟수 등과 같은 정전특성들을 조사하였다.

표 2 설문조사지 내용 항목별 분류

Table 2 Survey Contents - Category with each factor

대분류	소분류					
지역	-	-	-	-	-	-
계약전력 [kW]	-	-	-	-	-	-
피크전력 [kW]	-	-	-	-	-	-
근무자수 [명]	-	-	-	-	-	-
근무시간 [시간]	-	-	-	-	-	-
월별전기요금 [천원]	-	-	-	-	-	-
연간정전상황[횟수]						
순간전압상승	-	-	-	-	-	-
과전압 상승	-	-	-	-	-	-
순간전압강하	-	-	-	-	-	-
과전압 강하	-	-	-	-	-	-
순간정전	-	-	-	-	-	-
일시정전	-	-	-	-	-	-
지속정전	-	-	-	-	-	-
최악의 정전상태						
계절별	봄	여름	가을	겨울		
평일/주말	평일	주말				
시간대별	오전	오후	저녁	새벽		
정전피해 비용 [천원]						
구분	1분 이하	20분 이하	1시간 이하	2시간 이하	4시간 이하	8시간 이하
계절별	봄	여름	가을	겨울		
평일/주말	평일	주말				
시간대별	오전	오후	저녁	새벽		

2.2 부적절 데이터 배제

수집된 표본에 대한 통계분석 결과의 신뢰성을 높이기 위해 부적절한 표본을 배제하고 남은 표본에 대해 정전비용을 분석하였다. 부적절한 표본을 선정하는 방법은 전력사용량 관련 데이터 항목간 상관성이 부족한 경우, 최악의 정전시간과 정전피해비용이 가장 큰 시간이 일치하지 않는 경우, 각 구간별 정전비용의 평균에서 표준편차의 3배 이상 차이가 나는 경우로 하였다. 그림 1은 본 연구에서 조사한 767개 설문 표본의 지역적 분포 및 업종별 정전비용 분석에 사용된 데이터를 나타낸 것이다.

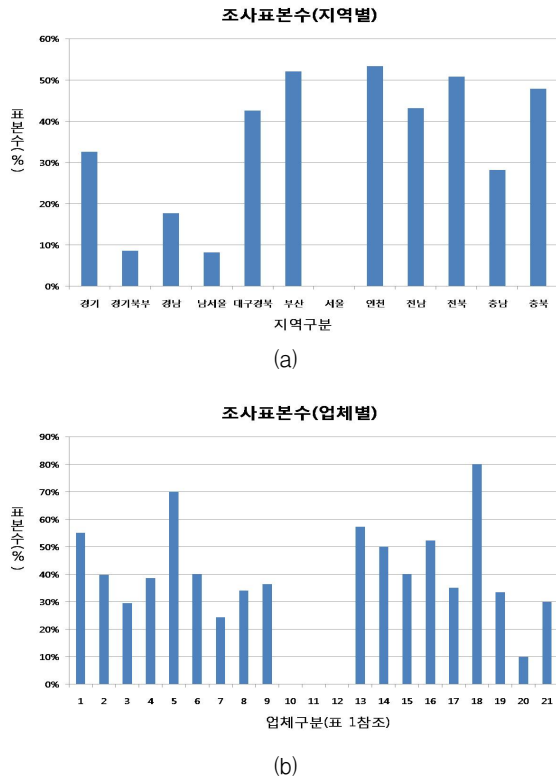


그림 1 상업용 수용가 설문조사 유효 표본
Fig. 1 Available Sample of the Survey on Commercial Customer

2.3 설문조사 결과

전국의 대표성을 띄는 결과를 도출하기 위해 본 연구의 상업용 수용가에 대한 정전비용 조사는 다음과 같이 2가지 전제조건에서 조사한 것이다. 이러한 전제조건과 달리 추가적인 전력서비스 이용 형태가 있을 수 있겠지만 일반적으로 정전이 미치는 가장 큰 요인으로 대표적인 것이라 판단하였다.

a) 우리나라의 모든 상업용 수용가는 하나의 전력회사(KEPCO)에서 공급하는 전기를 사용한다.

b) 동일업종 상업용 수용가는 동일한 냉난방 및 시설부하를 가지며 그 사용 및 편의성은 모든 수용가가 동일하다.

상업용 수용가의 정전비용은 정전이 발생 시 발생하는 경제적 활동의 중단에 의한 피해비용으로 표현한 것이다. 이러한 피해비용은 시설의 사용이 불가능함에 따른 불편함, 상품의 가치 상실, 근무자의 활동불가 등으로 크게 구분할 수 있다. 계절에 따라서 업종에 따라 계절영향을 받는 업종의 영향이 상이함을 고려되어야 하며 각 계절별 업종별 시설사용의 불가능에 따라 발생하는 경제적 손실을 대표적인 요소로 조사되었다.

표 3과 같이 본 연구에서 조사한 표본 수용가의 계약전력은 527.8[kW], 피크전력은 235.9[kW], 근무자수는 30.6명, 한달 평균 206.4시간의 작업시간을 갖으며, 월간 평균 478422.2천원의 전기요금을 내는 것을 확인 할 수 있다.

표 3 상업용의 조사항목 평균값

Table 3 Average of Survey factor on Commercial Customer

업종	계약전력 [kW]	피크전력 [kW]	근무자 평균수[명]	평균한달 작업시간 [시간]	월간 평균 전기요금 [천원]
전체	527.8	235.9	30.6	206.4	478422.2
1	291.4	143.0	22.7	233.4	184669.3
2	1663.8	804.9	73.1	222.5	52828.5
3	287.2	146.3	24.8	202.7	372774.5
4	458.5	215.6	50.7	181.2	276977.1
5	466.5	176.7	58.5	160.4	552679.4
6	994.0	249.1	6.9	185.3	7897.9
7	342.4	104.1	13.5	165.1	1635.1
8	348.5	161.3	11.3	221.9	353317.9
9	87.4	53.2	7.8	202.5	91673.6
10	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-
13	408.6	130.8	36.5	218.8	13950.2
14	5.0	5.0	10.0	175.0	69.8
15	3612.5	1485.7	165.0	197.3	72156.3
16	542.7	251.9	53.2	171.4	3835880.0
17	525.0	278.7	47.0	236.9	3810.3
18	1325.0	507.0	10.5	207.5	12502.5
19	833.6	234.9	26.0	235.8	195382.1
20	17.3	16.1	2.7	277.4	42190.9
21	339.8	197.1	14.6	215.7	5705.8

표 4 상업용의 업체별 발생 정전종류 및 회수

Table 4 Frequency and Class of Interruption

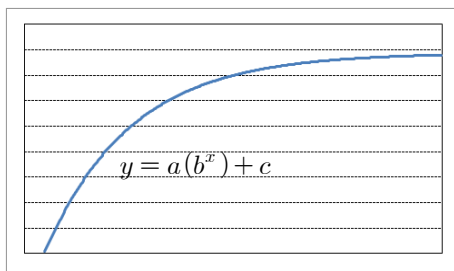
업종	순간전압 상승	과전압 상승	순간전압 강하	과전압 강하	순간 정전	일시 정전	지속 정전
전체	0.1	0.0	0.2	0.1	1.0	0.1	0.1
1	0.4	0.0	0.4	0.0	1.0	0.1	0.0
2	0.0	0.1	0.0	0.0	1.0	0.1	0.3
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2	0.0
4	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	0.0	0.0
5	0.0	0.0	0.3	0.1	1.2	0.0	0.1
6	0.4	0.0	0.4	0.0	1.1	0.0	0.0
7	0.4	0.0	0.4	0.0	1.0	0.3	0.1
8	0.0	0.1	0.2	0.1	2.3	0.4	0.1
9	0.0	0.0	0.1	0.0	1.0	0.0	0.0
10	-	-	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	-	-
13	0.1	0.0	0.0	0.3	1.0	0.1	0.1
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	0.0	0.0	0.5	0.0	0.8	0.0	0.3
16	0.0	0.0	0.1	0.4	1.0	0.1	0.0
17	0.0	0.0	0.4	0.0	1.6	0.3	0.1
18	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.8	0.0
19	0.6	0.3	0.6	0.1	1.1	0.4	0.2
20	0.0	0.0	0.4	0.0	0.6	0.7	0.6
21	0.2	0.1	0.1	0.0	0.9	0.1	0.0

위 조사내용에 의하면 계약전력 및 피크 전력값은 정보서비스업이 가장 높게 조사되었으며 업종 중 근무자수가 가장 많은 업종은 정보 서비스업이며 가장 작은 업종은 수리업임을 확인 할 수 있다. 한 달 평균 작업시간의 경우 대부분 크게 차이를 나타내지 않았으며 월간 평균 전기요금의 경우 보건업의 전기요금이 다른 업종에 비해 가장 큰 것을 확인되었다.

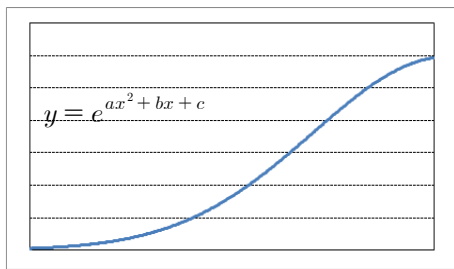
상업용의 정전 종류별 발생 회수를 업종별로 평균값으로 나타내면 표 4와 같다. 조사 시점 기준으로 최근 1년 동안에 정전을 경험하였다고 응답한 경우에 대한 조사 내용이다. 서비스 품질의 측면에서 발생횟수는 작은 경향을 보이며 대부분의 수용가가 정전에 의한 경험이 있는 것으로 조사되었다.

2.4 정전비용 분석결과

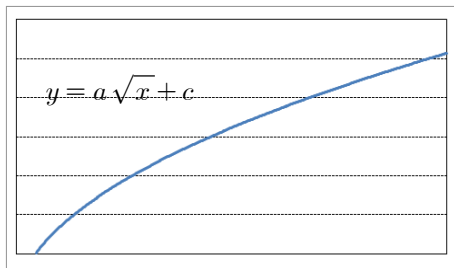
조사된 결과를 통해 정전비용을 산정하기 위해 모집된 총 표본데이터를 신뢰성 있는 데이터로 구별하여 데이터를 구성하고 구성된 데이터들의 임의의 상관함수를 사용하여 SCDF를 산출하였다. 이 후 사용된 함수의 회귀분석방법을 결정하여 최종 SCDF를 산출하였다. 회귀분석에 사용되는 함수 모형은 아주 다양하지만 설문데이터를 대입한 결과 본 연구에서 사용될 수 있는 함수의 형태로 적합한 것이 그림 2와 같이 지수함수와 루트함수로 판단하였다.



(a)



(b)



(c)

그림 2 데이터 구성 형태에 적합한 함수
Fig. 2 Suitable Function for the Collected data

그림 2의 세 개의 함수 중에서 본 연구에서 사용되어질 함수는 선행연구[4]에서 연구 수행된 공급지장 비용산출에 사용된 함수와 유사한 형태를 사용하고자 한다. 위 수식과 같은 지수함수를 비용 산출에 사용한 이유는 정전비용의 형태가 단조 증가나 단조 감소의 형태가 아니기 때문이다. 이러한 지수함수는 각 변수의 계수값에 따라 다양한 형태로 구현할 수 있다. 또한 본 논문에서 사용한 회귀분석방법은 Tobit regression이다. Tobit regression은 음의 값이 아닌 종속변수와 독립변수사이의 관계를 설명하기 위한 모델로서 가상의 종속변수와 독립변수의 관계를 확률적 영향평가 접근으로 나타내며 그 확률적 접근에서 나오는 분포정도를 예러로 나타낼 수 있도록 구성되어있다. 가상의 종속변수는 관측가능한 종속변수와 상관관계를 표현할 수 있다. 본 논문에서는 Tobit regression 방법을 사용하여 다수의 정전에 영향을 주는 변수를 분석하기 위해 다중회귀분석을 수행하였다. 수용가 피해비용 산출은 정전의 특성, 수용가의 특성 등 다양한 영향변수들이 존재하므로 다변수 회귀분석을 수행하여 산정해야 한다. 그러므로 정전비용 산정에 반드시 필수적으로 들어가야 하는 독립변수로는 정전지속시간, 연간 사용전력량, 근무자 수, 월간평균전기요금 등과 같은 정보가 독립변수로 지정된다.

표 5 상업용 수용가의 회귀분석 결과

Table 5 Regression Result of Commercial Customer

	x^2	x	y 절편
전체	-0.000022	0.02190	0.90474
1	-0.000021	0.02079	1.47545
2	-0.000020	0.02105	0.24949
3	-0.000030	0.02894	-0.31038
4	-0.000013	0.01585	2.29864
5	-0.000016	0.01701	1.04189
6	-0.000025	0.02459	0.31180
7	-0.000031	0.03014	0.72946
8	-0.000013	0.01407	1.44549
9	-0.000028	0.02667	0.75011
10	-	-	-
11	-	-	-
12	-	-	-
13	-0.000020	0.02069	0.27440
14	-0.000043	0.04249	-2.43754
15	-0.000011	0.01177	1.12540
16	-0.000019	0.01884	1.79602
17	-0.000014	0.01551	0.54050
18	-0.000019	0.01889	0.13052
19	-0.000018	0.01846	1.23302
20	-0.000028	0.02719	0.83224
21	-	-	-

Tobit Regression을 통한 정전비용 산출 시 결론으로 도출될 수 없는 제한값을 두어 이를 상한(upper limit)과 하한(low limit)을 사용하여 일정값 이상과 이하의 값을 제한하여 분석을 실행하였다. 위에서 언급한 내용을 토대로 상업용 수용가에 대해 조사한 설문에서 불량 데이터를 제외하고 Tobit Regression한 결과는 표 5와 같다.

표 5를 이용하여 각 상업용 수용가 전체에 대해 산출한 SCDF 결과를 그림 3에 나타내었다.

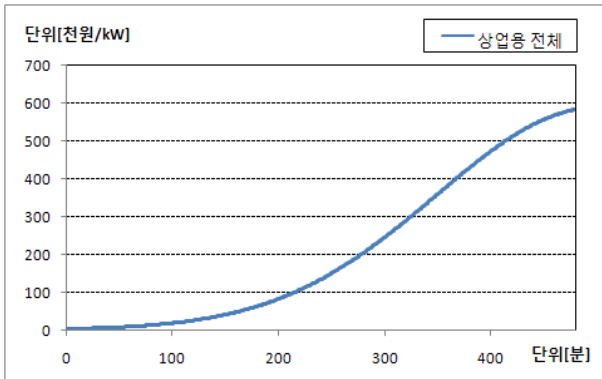


그림 3 상업용 SCDF산출 결과
Fig. 3 Result of SCDF on Commercial Customer

3. 결 론

본 논문에서는 상업용 수용가의 정전발생에 따른 피해비용을 조사하였다. 수용가 정전비용은 전력산업 구조의 변화 및 정보통신 사회로의 급격한 진화에 따른 전기에너지 중요성이 높아지고 있고, 향후 국가 에너지 산업발전에 중요한 자료로 활용이 될 수 있으므로 중요성이 크다. 본 논문에서 정전비용 조사는 대표성을 갖는 결과를 도출하기 위해 지역을 구분하여 설문조사를 수행하였다. 조사결과를 바탕으로 정전비용에 영향을 미치는 다수의 변수를 고려하여 수용가 피해비용함수와 정전시간에 따른 비용을 도출하였으며 조사된 설문조사의 신뢰성을 높이기 위해 설문조사 데이터의 유효성을 검토하여 다중회귀분석을 통해 각 수용가 업체형태별 수용가 피해비용함수 및 비용을 산출하였다. 해외사례와 유사한 산출방법을 사용하여 객관적인 전력계통의 경제성 평가 근거자료를 만들 수 있었으나 기초 표본데이터가 아직은 부족한 것을 감안하여 이를 보완할 수 있는 방안을 모색해야 할 것이다.

본 논문에서 산출된 자료는 향후 전력사업의 운영 및 투자 계획 등 경제성 평가를 위한 근거자료로 사용될 수 있으므로 일시적으로 행하는 것보다는 정기적으로 조사하여 경제발전 현황과 상관관계도 검토하는 등 추가연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] Peter R. Boyce, Human Factors in Lighting, 2nd Edition, Lighting Research Center, 2003.
- [2] J. H. Heerwagen, D. R. Heerwagen, Lighting and psychological comfort, Lighting Design and Application 16 (4) 1986.
- [3] C. Cuttle, People and windows in workplaces, in: Proceedings of the People and Physical Environment Research Conference, Wellington, New Zealand, pp. 203-212, 1983.
- [4] Ali A. Chowdhury, T. C. Mielnik, L. E. Lawton, 'System Reliability Worth Assessment Using the Customer Survey Approach', IEEE Trans., Vol. 45, NO. 1, 2009
- [5] G.Wacker, E.Wojczynski, R.Billinton, 'Interruption cost Methodology and results-A Canadian Residential Surveyt', IEEE Trans. vol. PAS-102, no.10, 1983
- [6] K. Kivikko, A. Ma`kinen, P. Ja`rventausta1, 'Comparison of reliability worth analysis methods: data analysis and elimination methods' IET Generation, Transmission & Distribution, Dec.2007

저 자 소 개



추철민 (秋喆敏)

1979년 8월 30일생. 2005년 숭실대 전기공학과 졸업. 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 한국전력공사 전력연구원 일반연구원.

E-mail : cmchu79@kepri.re.kr



이병성 (洪吉東)

1968년 8월 17일생. 1993년 충남대 공대 전기공학과 졸업. 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2002년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국전력공사 전력연구원 송배전연구소 선임연구원

E-mail : leeb@kepri.re.kr