

Customer Interruption Cost Assessment of Domestic Residential Customer Using Customer Survey

이 병 성* · 추 철 민†
(Byung-Sung Lee · Cheol-Min Chu)

Abstract - In this paper, the survey results of the interruption on domestic residential customer 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 residential 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 residential customer around the branch-offices under twelve regional headquarters of KEPCO was carried out.

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

1. 서 론

급변하는 산업구조에서 전력공급 신뢰성에 대한 요구 수준이 높아지고 있으며, 안정적이고 양질의 전력서비스를 수용가에 제공하기 위해 서비스 공급자는 전력계통의 경제적인 투자계획을 수립하여야 한다. 전력공급 계통에 분산형 전원이거나 스마트 그리드와 같은 새로운 기술적 요소를 적용함에 있어서 경제적 효과를 합리적으로 평가할 수 있는 기준이 요구된다. 신기술과 안정적 전력 서비스 제공을 위한 다양한 유지보수 방법들을 선택하는데 있어서 경제적 판단 근거가 필요하지만 경제성 평가를 위한 적절한 비교대상이 없다.

수용가 종류별 정전비용 조사결과를 바탕으로 배전선로의 합성 정전비용 모델을 계산하는 연구와 분산전원이 신뢰도 향상에 미치는 영향을 정전비용과 함께 고려하고 있다[1][2]. 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 정전비용은 계통 신뢰도 평가에 반영이 되는 중요한 인자가 된다.

본 논문에서는 정보통신 보급률 증가에 따라 정전에 대한

민감도가 커진 가정용 수용가의 정전비용을 조사하고 분석한 결과를 기술하였다. 가정용 수용가는 설문조사에 대한 관심도가 낮은 수용가 군으로 조사가 어렵고, 정량적인 평가가 쉽지 않다. 우리나라 가정용 수용가의 대표성을 갖도록 전국적으로 고르게 조사하였으며, 설문조사 결과의 신뢰성을 높이기 위해 전력회사 전문가가 직접 방문하여 조사한 데이터를 기초로 하였다. 정전비용 분석은 Tobbit 회귀분석을 이용하였다.

2. 본 론

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 있으며 수용가마다의 특성에 따라 영향정도의 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 소요되지만 설문조사 결과가 전력사업에 미치는 영향도를 고려하여 설문조사의 정확성과 신뢰성을 높이기 위해 대인면접 조사 방식을 이용하였다. 설문조사 샘플은 국내 각 지방자치 단체별로 고르게 하였다.

* 정 회 원 : 한전 전력연구원 송배전연구소 선임 · 공박

† 교신저자, 정회원 : 한전 전력연구원 송배전연구소 일반

E-mail : cmchu79@kepri.re.kr

접수일자 : 2010년 8월 19일

최종완료 : 2010년 9월 24일

2.1 설문조사방법

본 연구의 설문조사는 2009년 10월 2일부터 10월23일 까지 전국적으로 가정용 수용가 300가구를 대상으로 조사하였다. 2008년도 국내 산업별 전기판매량 통계에서 가정용 수용가는 15 % 정도를 차지하며, 연립주택, 단독주택, 아파트로 세분된다. 조사결과의 신뢰성을 높이기 위해 정전비용 선행조사[3] 결과를 분석하고 비용산정 목적에 맞게 문항을 선정하고 사전예비조사를 통해 난이도를 조절하였다. 또한 적절한 통계분석 기법 사용할 것과 결과를 예측하여 설문서를 구성하였다.

표 1 설문조사지 내용 항목별 분류

Table 1 Survey Contents - Category with each factor

대분류	소분류				
지역	-	-	-	-	-
거주형태	아파트	단독	연립	기타	-
주소	-	-	-	-	-
계약전력[kW]	-	-	-	-	-
피크전력[kW]	-	-	-	-	-
가족구성원 수[명]	-	-	-	-	-
사용편의시설	엘리베이터	기타			
월간평균수입[천원]	-	-	-	-	-
월별요금[천원]	-	-	-	-	-
연간 정전 수(정전형태)	순간 정전	일시 정전	지속 정전	-	-
최악의 정전 상태					
계절별	봄	여름	가을	겨울	-
평일/주말	평일	주말	-	-	-
시간대별	오전	오후	저녁	새벽	-
정전피해 비용 [천원]					
구분	20분 이하	1시간 이하	2시간 이하	4시간 이하	8시간 이하
계절별	봄	여름	가을	겨울	-
평일/주말	평일	주말	-	-	-
시간대별	오전	오후	저녁	새벽	-

기본적으로 일반 가정에서는 전기에 대한 지식이 낮은 것을 감안하여 설문조사의 내용을 쉽고 정전비용 조사를 위한 필수요소만으로 구성하였다. 표 1은 가정용 수용가 설문조사지 항목을 요약하여 나타낸 것이다. 수용가의 특성을 반영하기 위해 거주형태(아파트, 연립, 단독, 기타)에 따라 분류하고, 사용하고 있는 전력서비스를 이용한 편의시설에 대한 내용을 포함하였으며 정전의 종류(순간, 일시, 지속), 연간 정전경험횟수 등과 같은 정전특성들을 조사하였다.

2.2 부적절 데이터 배제

수집된 표본에 대한 통계분석 결과의 신뢰성을 높이기 위

해 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 267개 설문 표본의 지역적 분포를 나타낸 것이다.

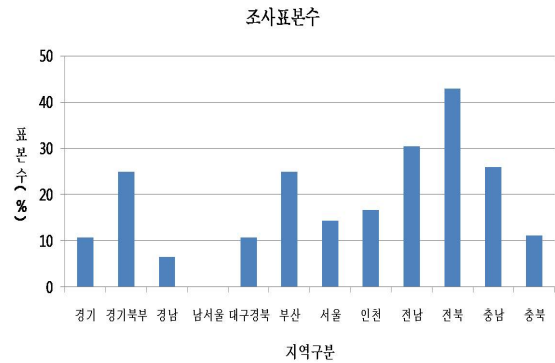


그림 1 가정용 수용가 설문조사 유효 표본
Fig. 1 Available Sample of the Survey on Residential Customer

2.3 설문조사 결과

전국의 대표성을 띄는 결과를 도출하기 위해 본 연구의 가정용 수용가에 대한 정전비용 조사는 다음과 같이 3가지 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 가정용 수용가는 하나의 전력회사(KEPCO)에서 공급하는 전기를 사용한다.
- b) 모든 가정용 수용가는 냉난방 부하를 가지며 그 사용 및 편의성은 모든 가정이 동일하다.
- c) 모든 가정용 수용가는 전등부하를 사용하며 그 사용 및 편의성은 모든 가정이 동일하다.

가정용 수용가의 정전비용은 불시에 정전이 발생하였을 때 느끼는 불편함을 비용으로 표현한 것이다. 이러한 불편은 어둠으로 인한 두려움, 가전제품의 사용불가, 정보통신기기의 사용불가, 아파트의 경우 엘리베이터의 이용불가 등으로 크게 구분하였다. 계절에 따라서 여름 혹은 겨울철에 냉난방의 불편함이 대표적인 가정용 수용가에서 발생하는 정전비용의 대표적인 요소로 조사되었다.

본 연구에서 조사한 표본 수용가의 월 평균 수입은 3백만 원이며, 각 세대 별 평균 구성원은 3.8명이며, 평균계약전력량은 579.1[kW], 피크전력은 259.1[kW]로 조사되었다. 표 2는 주거형태별로 조사항목의 평균값을 나타낸 것이다. 주택구분에 따라 월 평균수입과 세대구성원의 수가 크게 차이나지 않았다.

표 2 가정용의 조사항목 평균값

Table 2 Average of Survey factor on Residential Customer

수용가 구분	피크전력 [kW]	월간평균 수입[원]	세대 구성[명]	건축면적 [m ²]
전체	259	2,977,778	3.8	98.8
1 아파트 (편의시설有)	464	3,369,565	3.9	115.7
2 아파트 (편의시설無)	2.6	3,400,000	3.6	91.2
3 연립주택	2.8	2,500,000	3.2	63.8
4 단독주택	2.2	2,736,842	4.1	111.1
5 기타주택	2,322	2,933,333	3.1	161.7

표 3 주택종류별 발생하는 정전종류 및 발생회수

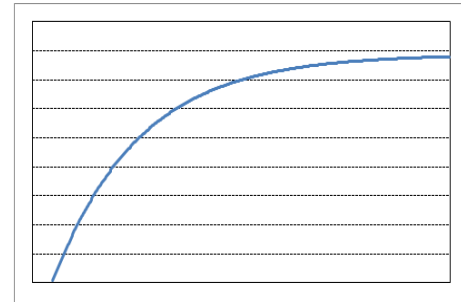
Table 3 Frequency and Class of Interruption

가정용 전체	순간정전 (0.5초~3초 이하)	일시정전 (3초~1분 이하)	지속정전 (1분 이상)
	1.9	0.3	0.2
아파트 (편의시설有)	0.7	0.1	0.2
아파트 (편의시설無)	0.6	0.0	0.0
연립주택	1.8	0.3	0.0
단독주택	3.1	0.5	0.4
기타주택	1.5	0.0	0.0

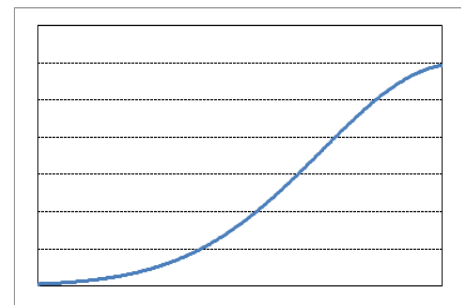
조사 수용가가 경험한 정전 횟수를 정전 종류별로 구분하여 나타낸 것이 표 3이다. 조사 시점 기준으로 최근 1년 동안에 정전을 경험하였다고 응답한 경우의 대부분은 아주 짧은 시간(3초 이하)의 정전이었으며, 그다지 큰 불편함이 없었던 것으로 조사되었다. 따라서 본 연구에서 조사한 결과는 수용가이 정전 경험에 의한 피해비용이라기 보다는 정전이 지속되었을 때를 가정한 불편 상황을 비용으로 표시한 것이라 할 수 있으며, 사회 문화적인 변화에 따라 다르게 나타날 수 있을 것이다.

2.4 정전비용 분석결과

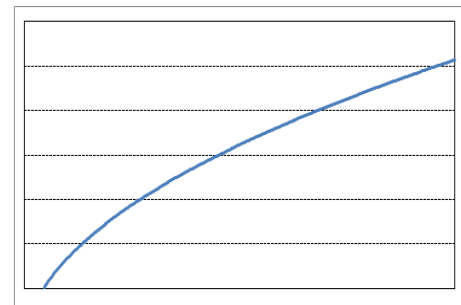
조사된 결과를 통해 정전비용을 산정하기 위해 모집된 총 표본데이터를 신뢰성 있는 데이터로 구별하여 데이터를 구성하고 구성된 데이터들의 임의의 상관함수를 사용하여 Sector Customer Damage Function (SCDF)을 산출하였다. 이 후 사용된 함수의 회귀분석방법을 결정하여 최종 SCDF를 산출하였다.



(a) 지수함수 $I(y = a(b^x) + c)$



(b) 지수함수 $II(y = e^{ax^2 + bx + c})$



(c) 루트함수 $(y = a\sqrt{x} + c)$

그림 2 데이터 구성 형태에 적합한 함수

Fig. 2 Suitable Function for the Collected data

회귀분석에 사용되는 함수 모형은 아주 다양하지만 설문 데이터를 대입한 결과 본 연구에서 사용될 수 있는 함수의 형태로 적합한 것이 그림 2와 같이 지수함수와 루트함수로 판단하였다. 그림 2의 함수를 이용하며 분석한 결과 가장 현실적이고 기존 연구사례[2]에서 사용된 지수함수를 본 논문에서 선택하였다.

지수함수를 비용산출에 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 토빗 회귀분석(Tobit regression)이다. Tobit regression은 음의 값이 아닌 종속변수와 독립변수사이의 관계를 설명하기 위한 모델로서 가상의 종속변수와 독립변수의 관계를 확률적 영향평가가 접근으로 나타내며 그 확률적 접근에서 나오는 분포 정도를 에러로 나타낼 수 있도록 구성되어있다. 가상의 종

속변수는 관측가능한 종속변수와외 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, 가족구성원 수, 월간평균전기요금 등 아래의 표와 같은 정보가 독립변수로 지정된다.

표 4 다변수 회귀분석에 사용된 독립변수

Table 4 Independable Variable for Multi -Variable Regression Analysis

변수	내용	
1	정전지속 시간	
2	정전지속 시간 x 사용전력량	
3	연간 사용전력량	
4	가족 구성원 수	
5	월간평균전기요금	
6	월간 수입	
7	가변수	구분
		계절별
		평일/주말
		시간대별

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 가정용 수용가에 대해 조사한 설문에서 불량 데이터를 제외하고 Tobit Regression한 결과는 다음 표 5와 같다.

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

표 5 가정용 수용가의 회귀분석 결과

Table 5 Regression Result of Residential Customer

구분	x^2	x	y 절편
0 가정용 전체	-0.0000422	0.04220	1.11799
1 아파트 (편의시설有)	-0.000038	0.03944	-2.07592
2 아파트 (편의시설無)	-0.000037	0.03671	3.48845
3 연립주택	-0.000029	0.03109	4.33008
4 단독주택	-0.000047	0.04608	2.48388
5 기타주택	-0.000055	0.05391	-3.84042

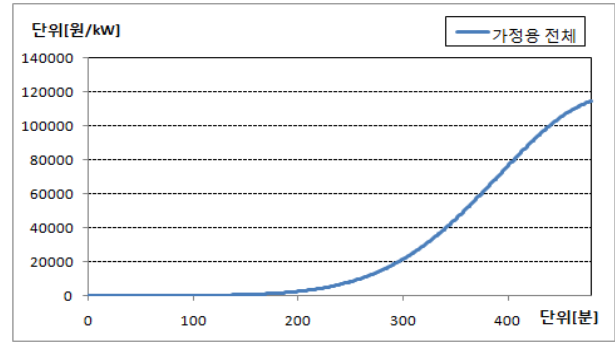


그림 3 가정용 SCDF산출 결과

Fig. 3 Result of SCDF on Residential Customer

3. 결 론

본 논문에서는 가정용 수용가의 정전발생에 따른 비용을 조사하였다. 가정용 수용가의 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. 대표성을 갖는 결과를 도출하기 위해 지역을 구분하여 설문조사를 수행하였다. 조사결과를 바탕으로 정전비용에 영향을 미치는 다수의 변수를 고려하여 수용가 피해비용함수와 정전시간에 따른 비용을 도출하였다. 조사된 설문조사의 신뢰성을 높이기 위해 설문조사 데이터의 유효성을 검토하여 다중회귀분석을 통해 각 수용가 주거형태별 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 투자계획 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] 황원일, 송경빈, 김규호, '지역 특성을 고려한 피더의 정전비용 모델', 조명·전기설비학회논문지 제21권 제10호 (2007년 12월) pp.22-28, 2007
- [2] Kristina Hamachi LaCommare and Joseph H. Eto, Understanding the Cost of Power Interruptions to U.S. Electricity Consumers, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2004
- [3] 김규호, 송경빈, '분산전원의 영향과 정전비용을 고려한 신뢰도 향상', 조명·전기설비학회논문지 제20권 제10호 (2006년 12월) pp.172-177, 2006
- [4] 박충렬, 최상봉, 허장수, '주택용 수용가의 정전비용 평가 연구' 조명·전기설비학회논문지 제18권 제4호 (2004. 7) pp.131-137, 2004
- [5] 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

[6] G.Wacker, E.Wojczynski, R.Billinton, 'Interruption cost Methodology and results-A Canadian Residential Surveyt', IEEE Trans. vol. PAS-102, no.10, 1983

[7] 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



이 병 성 (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 : leebs@kepri.re.kr



추 철 민 (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