전력수용가 정전비용 산출을 위한 설문조사 방법론에 관한 연구

박수만* 김재철* 문종필* 배주천**
*숭실대학교 **한국전력거래소

Research for the survey of method to serviced customer interruption cost evaluation

Park Soo Man* Kim Jae Chul* Moon Jong Fil* Bae Ju Chun**
*SooongSil Univ. **Korea Power Exchange

Abstract - KEPCO(Korea Electric Power Corporation) has been management alone before some time. Howerer through the electrical industry reorganization generation and KPX(Korea Power Exchange) were separated on 2001. A marketing and distribution part will be separated in the future. While many problem for appear in future, how to management for power system network is important. unfortunallity, electrical power industry is starting point right now. Thus, detail data is incomplete for this field and detail research for this field is required with distribution reorganazation.

In this paper suggest for customer interruption cost compute method to establish a standard. The standard is need to security operation of power system network. The customer interruption cost compute method necessity of customer interruption cost compute method is minimizing process for total cost. As final total cost compute through the interruption cost compute, we can recognize investment point exactly. We cited foreign survey questions, because exactly matched survey questions for in the country circumstance is not exist. And process to survey performance suggest after modify for match in the country circumstance. Survey questions that suggested for this paper are classified five categories. This paper suggests to detail survey questions and survey method before survey and suggest to how to customer interruption compute when survey data is ensured. Moreover this paper suggest to average interruption cost compute for residential customer using statistical method.

1. 서 론

최근에 전력계통을 둘러싼 환경은 전기요금, 환경 및 에너지 확보의 중요성 인식에 관한 문제 때문에 저렴한 전기요금의 실현을 목적으로 계통을 보다 효율적이고 탄력적으로 운용함으로써 전기사업에 대한 안전운영 방안에 관한 연구가 상당히 진전되고 있는 상황이다. 효율적인 전력공급을 하기 위해서 과거에는 고 신뢰성에 중점을 두고 계통을 운영하여 왔지만, 최근에는 수용가 측을 고려하여 보다 유연한 계획과 운용의 평가 및 결정을 내리는 것이 중요해지는 추세이다. 따라서 공급 신뢰도의 증감에 따른 정전비용을 정량화함 으로써 수용가 측에서 바라본 설비계획의 경제적 평가가 가능할 것으로 판단된다[1].

캐나다, 미국을 비롯한 서방국가에서는 수용가의 정전비용의 추정을 위해서 설문조사를 이미 다각적으로 행하여 왔으며, 수용가에 대한 정전비용의 추정과 관련된 연구를 시행하여 왔다. 또한 전력계통 운영계획에 있어서 정전에 의한 전력손실과 신뢰도 문제 등에 대한 다각적인 검토도 이미 많은 나라에서 시행되어 왔다.

본 논문에서는 캐나다 Saskatchwan 대학의 The Power Systems Research Group의 설문지를 인용하여 국내 실정에 맞는 설문조사지 유형을 제시하고자 한다[2]. 캐나다에서 인용한 설문지의 내용을 바탕으로 하여 국내실정에 맞게 수용가의 종류와 형태를 수정하였으며, 국내실정과 맞지 않는 부문에 대해서는 설문지 내용에서 제외시켰다. 또한 일정지역 정전비용 조사를 위하여 통계적 방법을 이용할 경우 일정한 샘플 조사만으로 전체적인 평균 정전비용의 산출이 가능한 방법론을 제시하였다.

2. 정전비용

2.1 개념

정전비용(전력공급지장비용)은 전력시스템에서 신뢰도 비용을 의미한다. 전력공급지장비용은 수용가가 전력을 원할 때 어떠한 형태로든지 전력을 공급받지 못해 발생하는 경제 사회활동, 일상생활의 모든 지장과 영향의 정도를 금액으로 환산해서 평가한 비용을 말한다. 여기서 전력공급지장비용이란 수용가가 전력을 전혀 사용할 수 없는 정전(Black-out)과 전압 변동이나 주파수 변동 등과 같은 전기품질 저하로 인하여 전력을 사용할 수 없는 상황을 포함한다.

정전은 사고예고가 가능한 에너지 부족에 의한 정전과 돌발사고에 의한 정전으로 나눌 수 있다[2].

2.2 필요성

정전비용 조사의 필요성에는 충분한 신뢰도를 유지하기 위한 목적과 경제적인 공급을 하기위한 목적이 있다. 이 두 가지 목적을 실현하기 위해서는 신뢰도 및 품질자료를 관리해야하며, 이를 이용하여 수용가의 적정피해보상액을 산출해야 하며, 최적 전력설비의 투자규모를 설정해야 한다. 이 모든 것이 정전비용의 산출이 이루어져야 만이 가능하게 되며, 만약 비용으로 환산이 되지 않을 때에는 정전에 대한 대책이 어렵게 된다. 또한 전력산업 구조개편 이후에는 시장논리에 의하여 설비 투자나 정책수립의 방향이 결정되어야 한다. 하지만, 전력시스템의 특성상, 계통의 안정을 위해서 소비자 측에서 정하는 신뢰도 및 전기품질 기준이라고 할 수 있는 신뢰도 비용 산출 방법이 요구되는 것도 그 필요성이라 할 수 있다.

2.3 구성요소

공급지장비용은 전력공급지장으로 인한 영향을 금액으로 환산해서 평가한 비용으로써 크게 정전충격비용과 대처비용으로 나눌 수 있다. 충격비용은 정전으로 인한 직접손실비용(자본, 노동 등의 자원손실 비용, 재료의 오손비용, 설비 피해 비용, 설비의 재가동 비용, 정전에 의해 손실되는 부가가치 등)과 정전과 직접 관련이 없는 경제

활동에 영향을 미치는 비용(서비스 상실에 의한 수용가가 입는 손실, 기타손실)으로 나누어진다. 대처비용은 정전에 대비하기 위한 사전 조치 비용으로 예상되는 공급지장으로 인하여 수용가에서 그 피해를 최소화하기 위하여 대체에너지 구입을 하거나 기타 정전을 줄이기 위하여 추가되는 비용을 말한다. 공급지장 비용의 구성요소를 정리하면 다음과 표 1과 같이 나타난다[2].

표 1. 공급지장비용의 구성요소

정전비용(공급지장비용)				
대처비용	충격비용			
	손실내용 분류		손실상태 분류	
	직접비용	간접비용	고정비용	변동비용
대체 에너지 구입, 예방조치	정전에 의하여 직접 영향을 받는 피해 비용	정전과 직접 관련이 없는 경제 활동에 영향을 미치는 비용	정전과 동시에 발생하는 비용(정전 시간과는 무관)	정전시간과 정전에너지에 비례

2.4 조사의 목적

신뢰도를 높이기 위한 투자에서 과투자는 저투자는 그 비용은 소비자가 부담하게 된다. 과투자일 경우 높은 신뢰도로 전력을 공급받는 대신 그만큼의 높은 전기요금을 부담하여야 되면, 저투자일 경우는 신뢰도를 높이기 위한 투자가 많이 이루어지지 않았기 때문에 투자에 대한 소비자의 부담은 줄어들지만 정전에 의해서 피해를 입는 비용이 증가하게 된다. 따라서 두 가지다 수용가 경험하게 되는 부담이 되는 것이다. 정전비용 조사의 최종적인 목표는 total cost가 최소가 되는 시점을 찾는 것인데, 여기서 total cost는 다음과 같이 정의된다[4].

Total cost = 정전비용 + 시설투자비용
+ 시설투자 없을 시 발생하는 손실 (1)

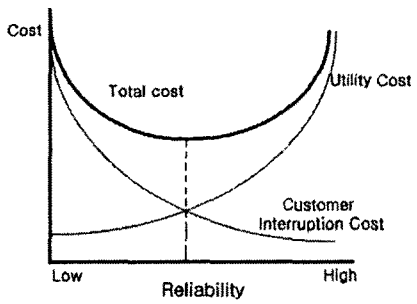

그림 1. Total cost의 최소화

3. 기존 연구사례

3.1 사례1

미국의 EPRI(Electrical Power Research Institute)는 Pacific Northwest 지역에서 1989-1999년까지 정전비용을 조사하였다. 그 결과를 비교해 보면 주거지역 정전비용에 대한 평가에서는 정전 비용이 두 배로 증가하는 특성을 보였으며, 산업과 상업수용가에 대해서는 정전비용이 반으로 감소하는 특성을 보였다. 이 평가에서의 정전비용은 인플레이션을 고려한 1999년도 달러로 환산한 값이다[3].

3.2 사례2

미국의 Duke Power Company에서는 1994년에 조사한 정전비용을 이용해 Total cost가 최소가 되는 시기를 찾는 연구를 하였다. 1994년의 정전비용에서 시설 설비투자 없이 2003년까지의 Total cost의 변화를 봄으로써 최소가 되는 시기를 찾아내는 연구가 진행되었다[4].

3.3 사례3

일찍이 1984년 캐나다에서는 상업수용가와 산업수용가에 대해서 정전비용에 대한 설문조사를 한 사례가 있다. 조사 내용을 보면 고정비용과 변동비용 두 가지를 다 고려해서 정전비용을 평가하였다. 정전비용을 평가하기 위한 지표로는 1) 정전의 지속시간에 따른 정전비용의 변화, 2) 정전 시간대별 정전비용의 변화, 3) 정전과 지속시간의 사전예고에 따른 정전비용의 변화, 4) 예비전원 설비의 유무, 5) 수용가의 재가동 시간, 6) 수용가의 에너지 소비량과 최대 요구량 등이 있다. 이에 대한 정전비용의 평가는 다음과 같이 나타난다.

표 2. 월별, 주별, 일별 정전비용의 변화

	상업	산업
Most Costly Time of Year	11월과 12월	12월~2월
Most Costly Time of Week	목요일, 금요일, 일요일	월요일~금요일
Most Costly Time of Day	늦은 오후	오전

표 3. 정전지속시간과 정전 시간의 사전 예고

정전예고의 사전에 알려준 시간			
정전비용을 줄일 수 있다는 응답		60%	75%
사전경고가 필요하다고 생각되는 최소시간에 따른 응답자의 비율	1시간 이하	25%	21%
	1-4시간	42%	36%
	5-16 시간	13%	18%
	17-24 시간	10%	17%
	25-48 시간	7%	5%
	48 시간 이상	3%	3%
3일 이전에 예고되었을 때 평균 감소비용 비율		60%	68%

위의 표1, 2, 3 이외에도 예비전원설비의 유무, 수용가의 재가동시간, 에너지 소비량과 최대수요 등의 지표가 있었다. 예비전원의 유무에서는 87%정도가 예비전원을 갖추고 있지 않았으며, 수용가의 재가동시간은 정전시간에 오래 지속될수록 비례해서 증가하는 특성을 보였으며, 상업수용가의 연간 평균소비량은 102,847[kWh]-228,244[kWh]로 나타났다.

4. 정전비용 조사방법 및 내용

4.1 조사방법

정전비용 조사방법에는 거시적인 방법과 미시적인 방법이 있을 수 있다. 거시적인 접근방법은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{정전비용(거시적방법)} = \frac{\text{총생산금액}}{\text{총소비된전력량}} \quad (2)$$

이러한 거시적인 방법은 수용가의 특성을 고려하지 않았기 때문에 불합리한 점은 많지만, 정전비용을 조사하는데 있어서 guide line이 될 수 있다. 반면에 미시적인 방법은 수용가의 특성을 고려한 접근 방법이기 때문에

훨씬 더 현실성 있는 조사방법이라고 할 수 있다. 미시적 접근법으로는 수용가 각각을 분류 그룹 대상에 대하여 설문조사 등으로 수용가 형태나 규모별로 정전비용을 추정하는 방법으로는 수용가 손실액 조사법과 자의 지불 추정법 등이 있다.

본 논문에서는 미시적 방법을 사용하여 수용가의 종류를 5종류로 분류하여 설문조사할 방법을 제안하였다.

기존의 캐나다의 설문지 내용은 가정용 수용가, 상업용수용가, 산업용 수용가, 농촌 수용가, 공공기관 수용가로 5종류로 분류하였다. 이를 국내 실정에 맞게 수정하였는데 그 내용을 보면, 가정용수용가는 농촌지역에서 대규모전력을 농사일에 적용하는 농가만 농촌지역에 포함을 시키고 나머지는 가정용 수용가로 분류하였으며, 농촌으로 한정되어 있는 수용가 내용을 농림수산업으로 나누었다. 그리고 모든 수용가의 세분화 되는 과정에서의 수용가 종류는 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 것으로 분류하였다. 화폐 단위에서도 달러화로 되어있는 부분은 원화로 변환하였다. 좀더 구체적인 분류내용에 대해서는 표 4에 나타나 있다.

그리고 일부지역에 대한 정전비용 조사, 예를 들면 서울지역 주거수용가에 대해서 일부 샘플만 조사하여 전체 수용가의 평균정전비용을 산출하는데 있어서, 통계적인 방법을 이용하면 좀더 효율적인 정전비용 조사가 될 수 있다는 것을 제안하고자 한다.

모집단의 모든 원소가 표본으로 뽑힐 확률이 같도록 표본을 추출하는 방법 즉, 단순 확률 추출법을 이용하여 모 평균을 추정하는 방법이다. 이것은 표본조사를 실시하면 모집단에서 단지 한 조의 표본만을 추출하여 모평균과 같은 모집단의 평균값을 추정할 수 있다는 것이다. 여기서 모평균을 추정하는 식은 다음과 같다.

$$\mu = P(\overline{X} - 1.96\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \leq \mu \leq \overline{X} + 1.96\frac{\sigma}{\sqrt{n}}) \quad (3)$$

위의 식(2)는 95% 신뢰구간 안에서 표본의 평균은 모평균과 일치함을 의미한다. 따라서 모평균의 값은 다음의 구간 안에 들어오게 된다.

$$\mu = [\overline{X} - 1.96\frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \overline{X} + 1.96\frac{\sigma}{\sqrt{n}}] \quad (4)$$

여기서, σ는 모집단의 표준편차를 의미하고, n은 샘플수, $\overline{X}$는 표본의 평균의 의미한다. 여기서 모 표준편차를 구하기 위해서는 χ분포를 이용하는데, 이 식은 다음과 같이 나타내어진다.

$$\sigma = [\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{n-1,\,0.975}}, \frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{n-1,\,0.025}}] \quad (5)$$

여기서 s^2은 표본분산을 의미한다. 위의 식(4)는 모든 가능한 경우를 다 고려하였으며, 95%의 신뢰도를 가지고 있다. 따라서 서울지역의 가정용 수용가의 정전비용의 평균을 구하기 위해서는 모든 가구에 대해서 설문조사를 할 필요 없이 일정 샘플만을 조사하여 통계적 방법으로 모평균을 추정하면 일정한 오차 범위 내에서 서울지역의 가정용 수용가의 평균 정전비용이 되는 것이다.

4.2 설문조사 내용

설문조사 내용에 있어서는 정전 수용가별로 정전시간대별로 인한 정전비용의 평가가 이루어져야 할 것이다. 따라서 본 논문에서 제안한 설문지 내용에서는 각 수용가별 정전시간대별 정전을 평가할 지표를 우리나라 실정에 맞게 추가하였다.

표 4. 국내실정에 맞는 설문수용가 분류

대분류	중 분류
산업체 수용가	식료품생산업체(3종류)
	공산품생산업체(8종류)
	기타업체
기관·회사 수용가	일반사무실
	컴퓨터 전산관련업체(3종류)
	교육기관단체(3종류)
	의료기관(3종류)
	공공기관단체(5종류)
상업수용가	요식업(4종류)
	대규모 종합상가
	소규모 상점(4종류)
	기타 서비스관련(3종류)
	농·수·축산물 공판장(3종류)
농·축·수 산업 수용가	농업
	수산업
	축산업
가정용 수용가	아파트
	연립주택
	단독주택
	기타 주택지

5. 결 론

정전비용에 관한 조사는 외국의 경우 1970년대부터 이루어져 온 반면, 우리나라의 경우 1990년대부터 많은 관심을 가지게 되었다. 현재 우리나라는 아직 정확히 규정된 설문지를 통해 수용가의 정전비용을 조사한 사례가 적으며, 또한 규격화된 설문조사지도 없는 실정이다. 이에 본 논문에서는 캐나다의 정전비용 조사 설문지를 인용해 우리나라에 맞는 설문조사지와 설문조사 방법을 제시 하고자 하였다. 그리고 일정지역에 관해서 설문조사를 할 경우 일정 샘플만 조사를 하여 전체의 평균을 구하는데 있어서 통계적 방법을 사용하여 구하는 방법을 제시함으로써 설문조사에 드는 많은 비용을 절감할 수 있으리라 기대된다.

본 연구는 한국전력거래소의 지원으로 수행되었음.

[참 고 문 헌]

[1] 최상봉, 김대경, 정성환, "배전기자재별 고장확률을 고려한 배전계통 수용가 정전비용 산출 기법", Trans. KIEE. Vol. 51A, pp 232-237, May. 2002

[2] *한국전력거래소, "대전력 계통망의 안전운영 기준 수립에 관한 연구(중간보고서), pp. 304-334 ,July. 2002*

[3] Micheal Sullivan, Micheal Sheehan, " Observed Changes in Residential and Commercial Customer Interruption Costs in the Pacific Northwest Between 1989 and 1999", Power Engineering Society Summer Meeting. IEEE, Vol. 4, pp. 2290-2293, 2000

[4] J G Dalton, D L Garrison, C M Fallon, "Value-Based Reliability Transmission Planning", IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 11, No 3, pp. 1400-1408 August 1996

[5] E. Wojczynski, R. Billinton, G Wacker, "Interruption Cost Methodology And Results - A Canadian Commercial And Small Industry Survey", IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems, Vol. PAS-103, No. 2, pp. 437-444, 1984