

# 산업수용가의 정전비용 산출을 위한 조사 분석 연구

(Questionnaire Development and Survey & Analysis  
for the Calculation of the Domestic Industrial Customer Interruption Costs)

박충열\* · 남기영 · 허창수

(Choong-Yeul Park · Kee-Young Nam · Chang-Su Huh)

## 요 약

정전에 따른 직접적이고 단기간의 정전비용을 평가하기 위해 산업용 수용가를 대상으로 설문조사 결과를 요약한 것이다. 설문지는 주로 수용가의 전기전문가를 대상으로 예상되는 예비 조치에 바탕을 두고 작성되었다. 정전의 기간과 빈도를 고려한 신뢰성에 대한 경제성 평가는 어떠한 종류의 정전에 의해 유발되는 특히 대규모 산업용 수용가의 손실과 경제적인 충격을 정확히 반영하지 못했다. 수용가집단에 초래되는 비용의 큰 차이를 내포시키기 위해 본 정전비용을 분석함에 있어서 IEC, IEEE와 같은 국제 규격을 활용하였다.

## Abstract

This paper presents summary results of direct interview survey of Korean industrial customers conducted to evaluate the direct and short duration interruption costs resulting from local random electrical supply interruptions. The cost is evaluated using the questionnaires authors designed, which are mainly on the experience or preparatory actions consumers predicted they would take. Economic evaluation of reliability that traditionally takes into account duration and frequency of interruption does not accurately reflect the lost value or economic impacts of industrial customer, especially large size, caused by any kind of interruption. So, to imply the substantial difference in costs incurred by different customer group, the authors apply the international standards, i.e. IEC, IEEE, to the analysis on the interruption costs.

Key Words : Industrial Customer Costs. Customer Cost of Electric Service Interruptions

## 1. 서 론

전력공급체계 및 환경의 변화에 의해 정전은 전력 공급자 및 사용자 모두에게 비용발생의 책임을 요구하는 체제로 바뀌어 가고 있어 정전에 따른 비용을

정량적으로 평가하는 것이 대단히 중요하다.

전력산업의 구조개편은 전력산업이 경쟁체제로 되면 전력회사는 공급하는 전력에 대한 서비스의 시장가치에 관심을 기울일 수밖에 없으며, 공급전력의 품질은 공급자와 사용자 모두에게 비용으로 발생된다.

시장경제에서는 공급신뢰도는 계약요소의 중요한 부분이며 이에 대한 비용 산출은 구조개편 하의 양방향 경쟁 전력시장에서 중요하다.

대부분의 산업수용가, 특히 22.9[kV]로 직접 수전

\* 주저자 : 인하대학교 전기공학과 박사과정  
Tel : 031-420-6110, Fax : 031-420-6029  
E-mail : cypark@keri.re.kr  
접수일자 : 2004년 5월 20일  
1차심사 : 2004년 6월 1일  
심사완료 : 2004년 6월 15일

## 산업수용가의 정전비용 산출을 위한 조사 분석 연구

하는 경우는 전력회사의 규정에 다른 전압변동, 주파수, 순간정전 등 통상의 요건 보다 엄격한 품질을 요구한다. 국가에 따라 지속시간이 1분~5분 이상으로 다르지만 전력회사들이 순간정전기준을 정전이 5분 이상인 경우로서 SAIDI(System Average Interruption Duration Index), CAIDI(Customer Average Interruption Duration Index), CAIFI(Customer Average Interruption Frequency Index) 등의 통계에 적용한다.

그러나 많은 산업용 수용가는 과도고장 조차도 자신들의 생산 공정을 정지시킬 수 있으며 이로 인한 공정의 정지 상태에서 정상적인 생산 상태에 이르기 위해서는 많은 시간이 소요되므로 전력회사와는 다른 양상으로 변화였다. 기존의 5분이상 정전 개념에서 탈피하여 IEC, IEEE 등의 정전 분류에 따라 표준 산업 별 정전비용을 고찰하고 수용가 정전비용 산출을 위해 개발된 설문을 사용하여 산업용 수용가로부터 자료를 수집하고 분석하였다.

자료 수집을 위해서 국가산업단지, 지방산업단지를 선정하고 선정된 산업단지를 대상으로 한국전력공사의 전력통계에 사용되고 있는 산업용(제조업)수용가의 분류체계를 적용하여 선정된 해당 업체를 방문하여 상담을 통해 자료를 수집하였다.

본 논문의 최종 목표는 [원/kW]로 표시되는 평균 정전비용을 산출하는 것으로 이를 위해 일차적으로 172개의 산업용 수용가를 조사하였다.

- (1) 2002년의 전력설비 현황 및 전력사용량 현황
- (2) 2002년의 정전빈도
- (3) IEC, IEEE 의 정전지속 시간별 정전비용
- (4) 산업표준분류에 따른 정전비용
- (5) 정전으로 인한 피해가 발생한 시기
- (6) 기타

## 2. 본 문

지금까지 많은 수용가들에게 있어 공급신뢰도는 단순히 전력공급이 가능한지의 여부에 대한 문제로 인식되어 왔다. 그러나 최근, 종래의 신뢰도 지수를 순간정전까지를 포함하여 확장하고자 하는 움직임

이 IEC, IEEE 등의 국제 규격 등에서 나타나고 있다

### 2.1 본 조사에 적용된 정전의 정의

국제규격을 바탕으로 정전의 기준은 표 1과 같이 4가지로 분류되어 대책기기의 개발 및 도입이 이루어지고 있다. 국내 산업수용가에 대한 정전비용 산출을 위해 표 1의 정전분류에 따라 경제적인 피해를 산정할 수 있도록 하였다.

### 2.2 설문 개발을 위한 고려사항

정전비용 평가는 경제적이며 적절한 전력공급을 돕고 전력시장에서의 전력거래의 공정성 구축을 위한 기본자료 확보를 위해 필요한 주요사항 중의 하나이다. 캐나다에서 작성한 자료를 참고로 하였으며 변화되고 있는 정전의 개념 및 피해 기준을 전력산업에 반영하기 위한 내용으로 구성하였다. 본 조사 연구를 위해 개발된 설문에서는 직접 인터뷰 방식을 전제로 다음과 같은 사항을 고려하였다.

표 1. 국제기준에 따른 정전의 분류

Table 1. The classification based on international standards

분류	전형적인 지속시간	전형적인 전압크기
Instantaneous	0.5-30 cycles	< 0.1 p.u.
Momentary	30 cycles - 3 초	< 0.1 p.u.
Temporary	3 초 - 1 분	< 0.1 p.u.
Sustained	> 1 분	0.0 p.u.

#### · 수용가 특성

경제적인 손실의 규모는 생산 활동의 종류에 따라서 설문을 개발할 때 고려되어야 할 사항이 표준산업분류에 따라 업종이 구별되어야 한다는 점이다.

#### · 정전특성

사용기기는 순간정전이라도 장비와 공정 등이 영향을 받게 된다. 정전으로 인한 영향이 국부적인가 전체적인가, 계절에 따른 영향과 주중, 일시에 관련된 것인가가 고려되어야 한다.

표 2에서 “가능영향”이란 정전 지속시간을 의미하며, “복구시간”이란 정전으로부터 정상작업이 가

능 시까지 걸리는 시간을 의미한다. 또 색 표시가 된 3개의 정전지속시간은 정전비용 산출에 있어 수용가별 정전특성을 고려한 것이다.

· 비용요소

모든 비용과 관련 기기의 손상에 관련된 비용들로 구성된다. 여기서도 표 1의 고장 지속시간을 기준으로 비용 산정에 관련된 가능한 피해 대상은 많은 내용을 분류하여 정리하면 표 3과 같다.

- (1) 정전지속 기간 동안의 생산피해 비용
- (2) 원재료 및 제품 손실에 따른 피해 비용
- (3) 정상 재 기동 등에 소요되는 비용
- (4) 정전기간 동안 추가작업에 소요되는 비용
- (5) 생산설비 및 장비의 손실에 따른 비용
- (6) 정전으로 인해 유발된 환경피해 비용
- (7) 기타

예상치를 산출할 수 있도록 설문을 보완하여야 할 필요가 있다.

정전영향을 감소하기 위해 대책설비를 시설하는 것에 대한 평가가 중요한 요소이지만 본 연구에서는 조사결과 설비의 가격, 설비의 종류 등이 파악되지 않아 이를 제외 하였다.

표 2. 수용가 형태별 정전특성에 관한 설문 내용  
Table 2. Interruption characteristics considered customer type

가능영향	정전지속시간							
	~30 사이클	~3 초	~1 분	~5 분	~30 분	~1 시간	~2 시간	기 타
정전피해유무								
정전빈도								
복구시간								

· 설문응답자에 대한 배려

정전비용에 관련된 가능한 모든 비용이 포함될 수 있도록 하는 것이 좋다. 모든 종류의 정전 경험을 모든 수용가가 할 수 없으므로 정전에 대해서는 고장을 가정하여 정전비용의 예상이 가능하도록 하였다.

· 조사방법

방문하여 응답이 가능한 담당자와 함께 설문의 답을 작성하는 인터뷰 방식이 원하는 정보를 제일 많이 얻을 수 있는 확실한 방법으로 생각된다. 그러나

직접조사의 경우는 많은 시간과 인력이 소요되어 비효율적이다. 따라서 이와 같은 단점을 보완하기 위해서는 우편에 의한 설문조사를 병행할 수밖에 없으며 직접조사의 경우는 고장의 종류별로 가능한 많이 경험할 수 있는 업체를 업종별로 선택하여 그 수를 최소한으로 줄여 빠른 기간 내에 이를 평가할 수 있는 방법이 필요하다.

표 3. 정전지속시간별 정전피해 비용 산출을 위한 설문내용

Table 3. Interruption costs according to interruption duration

1회정전에공정상의 피해	정전 지속시간						
	3초 이하	1분 이하	5분 이하	30분 이하	1시간 이하	4시간 이하	8시간 이하
(1)생산손실							
(2)초과근무 비용							
(3)원자재 및생산품							
(4)플랜설비							
(5)생산재 가동비용							
(6)환경피해 비용							
(7)기타비용							
총비용누계							

2.3 본 연구에서 조사한 대상과 특성 분석  
산업수용가의 개요는 표 4와 같다.

표 4. 조사개요  
Table 4. The overview of survey

모 집 단	수도권, 광역시 및 중소도시의 산업체 수용가
표 본 크 기	172개 사업장(유효 표본)
표본추출방법	업종별 유의할당추출
조 사 방 법	일대일 면접조사
자료수집도구	구조화된 질문지(Structured Questionnaire)
조 사 기 간	2003년 6월 24일 ~ 7월 8일(15일간)

수용가의 월간 전기 요금은 평균 2996만원이며, 월간 전력사용량은 1001~3000[kWh]가 20.9[%]로

산업수용가의 정전비용 산출을 위한 조사 분석 연구

가장 많았으며 수전용량은 '1,001~10,000[kW]'가 16.9%로 많았다 대부분이 중소기업 중심으로 조사 되었으며 방문 시의 제약사항이 많기 때문이다 정전 비용 관련 통계의 종류가 상대적으로 많을 것으로 예상되는 대기업의 데이터가 부족하여 업종별 정전 비용의 대표성을 말하기는 힘들 것으로 생각된다.

· 조사대상 산업수용가의 특성분석

조사된 산업수용가의 업종별 구성비는 그림 2와 같이 나타났다.

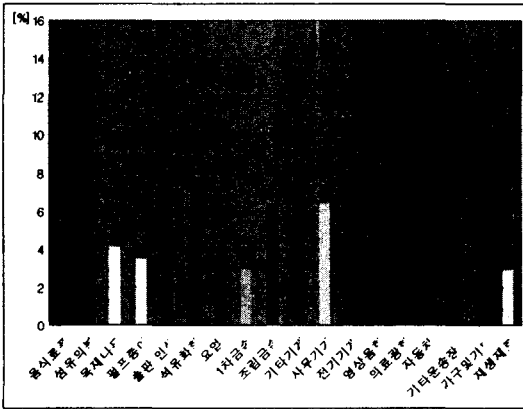


그림 2. 표준산업분류에 따른 업종별 표본구성비  
Fig. 2. Ration of sample by SIC

2.4 설문응답 분석

정전발생 시간 및 시기별로 정전의 빈도와 지속시간에 따른 생산피해 및 생산지장으로 인한 피해, 설비의 피해 등이 주 구성요소로 작용한다. 정전시간대에 따른 가중치의 적용, 대책설비 시설을 위한 투자비용 등 여러 항목이 있으나 2002년 한 해 동안 발생한 정전에 대해 분석하였다.

· 정전발생 실태 분석

정전으로 인한 총 피해비용은 지속시간과 빈도에 의해 결정된다 지난 1년(2002년)간 정전이 발생하지 않은 표본 사업체는 전체의 55.8%이며, 정전 경험체는 전체의 44.2%로 조사되었다. 또, 5분 이상 지속된 정전의 경우는 65.7%가 발생하지 않은 것으로 응답하였다. 지난 1년간 발생된 정전 빈도와 전력회사에서 정전통계에 적용하는 5분 이상의 정전 발

생빈도는 그림 3과 그림 4에 나타낸 것이다.

이상의 지난 1년간 표본 수용가에서 발생한 정전 중 피해를 발생시킨 정전을 표 1의 정전분류에 따라 조사한 결과, 그림 5와 같이 나타났다.

그림 5 중 sustained를 제외한 모든 정전은 반영되지 않았던 요소로 소위 순간정전이라고 하는 짧은 시간 동안의 정전에 의해 피해가 발생한 경우를 의미한다. 피해가 발생한 것으로 확인된 정전 중 약 40%가 순간정전이고 전기사용 환경의 변화와 전력시장을 대비하기 위해서는 이를 반영하여 분석하였다.

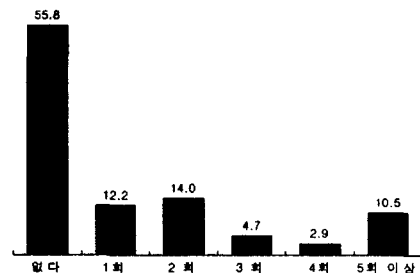


그림 3. 2002년도의 정전 발생빈도 구성비  
Fig. 3. Ratio of interruption frequency in year

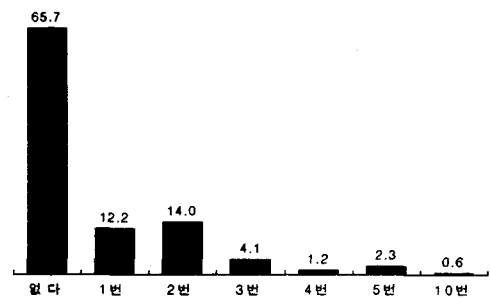


그림 4. 2002년 5분 이상 정전발생 빈도의 구성비  
Fig. 4. Frequency ratio of the interruption above 5 minutes in year 2002

그림 6은 2002년 1년간 이들 순간정전이 발생한 빈도별 구성비를 나타낸 것이다. 표 5에는 순간 정전을 포함한 전체 정전회수를 업종별로 정리하였다.

그림 4와 그림 5, 표 6은 순간정전 횟수가 총 정전 횟수에서 차지하는 비율이 대단히 높는데 이는 현재와 향후의 전기설비의 개발 동향 및 기기 특성을 감안하면 앞으로도 계속 증가할 것이며 순간정전은 정

전비용 산출에 있어 중요한 요소로 전망된다.

· 지속시간별 정전비용 분석

업체들(N=90)의 46.7[%]가 정전경험이 없었으며 67.1[%] 정전이 30분 지속되면 피해가 속출한다는 답이다 정전지속시간을 분석한 결과에서는 30분을 기점으로 대부분의 업체가 피해가 발생하는 것으로 경험 또는 예상하고 있다.

표 6은 정전지속시간별로 피해발생 유무를 분석한 것인데 정전지속시간 5분 이하에서 피해발생이 크게 증가한 것으로 나타났으며, 30[%]의 업체가 3초 이하의 정전에서도 피해가 발생한다고 응답 했다.

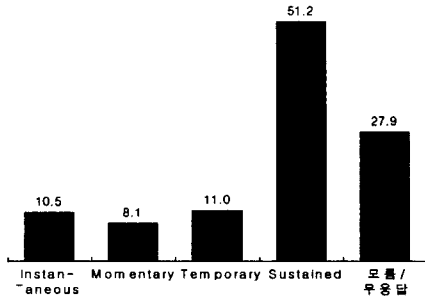


그림 5. 국제 규격에 따른 정전종류별  
Fig. 5. Ratio of interruption type by international standard

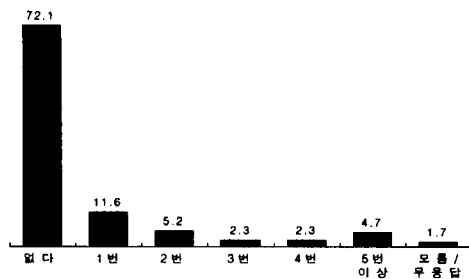


그림 6. 2002년에 발생한 순간정전발생 구성비  
Fig. 6. Frequency ratio of the shot duration interruption in year 2002

정전 지속시간별 정전비용을 조사한 결과를 표6.에 정리하였으며 석유화학 업체의 순간정전에 대단히 민감하며 섬유 의복, 음식료품, 전기기기 등의 일부업종 등이 특히 순간정전에 민감하게 반응함을 알 수 있으며, 피해금액도 대단히 크게 나타났다.

· 업종별 정전비용 계산

수집된 자료를 기준으로 지속시간을 1시간 기준으로 환산하여 산출한 것으로 정전비용 산출 식은 다음과 같으며 이 식으로 계산된 정전비용은 표7과 같다.

$$\text{정전비용(원/kWh)} = \frac{\text{시간당정전비용(원/kWh)}}{\text{월간평균전력사용량(kWh/월)}}$$

표 6. 업종별 지속시간에 따른 정전비용(단위:만원)  
Table 6. Interruption costs by interruption duration in each industry type

업종	표본 수	3초 이하	1분 이하	5분 이하	30분 이하	1시간 이하	4시간 이하	8시간 이하
음식료품	5	300	500	1000	1030	1000	-	-
섬유의복	24	5	9	24	5096	16980	8082	13831
목재나무	7	-	-	-	-	-	-	-
펄프종이	6	168	150	200	308	597	1550	1550
출판인쇄	14	9	9	16	54	69	160	-
석유화학	9	3377	5005	5010	10020	15010	50000	60000
요업	5	-	-	-	-	422	2430	10720
1차금속	6	20	-	-	20	-	-	-
조립금속	11	3	3	5	88	500	1333	4000
기타기계	13	4	14	8	18	500	1000	4333
사무기기	11	100	342	820	2180	3417	5467	8083
전기기계	14	-	17	100	320	866	1771	4700
영상음향	12	-	63	125	702	1656	3167	7444
의료공학	5	50	150	500	889	373	780	5000
자동차	10	-	2	4	215	850	1425	3375
기타운송장비	5	1000	1000	2510	5018	40000	1600000	-
가구및기타	11	-	-	-	613	920	2000	5250
재생재료	5	20	20	20	53	15	45	-

**표 7. 업종별 정전지속시간의 정전비용 조사 결과**  
**Table 7. Interruption costs by interruption duration in each industry type**

업종	월간 평균 전력량	정전 지속시간별 정전비용 (단위 : 천원)					
		3초 이하	1분 이하	5분 이하	30분 이하	1시간 이하	4시간 이하
1	-	-	-	-	-	-	-
2	8,229	4,	8	21	4,459	14,857	707
3	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-
5	1,885	34,	34	61	206	264	61
6	-	-	-	-	-	-	-
7	-	-	-	-	-	-	-
8	-	-	-	-	-	-	-
9	1,989	11	11	18	318	1,810	483
10	1,241	23,	81	46	104	2,901	580
11	3,476	207	708	1,698	4,515	7,078	1,132
12	82,272	-	1	9	28	76	15
13	92,241	-	5	10	55	129	25
14	1,240	290	871	2,903	5,162	2,166	453
15	1,091	-	13	26	1,419	5,610	940
16	-	-	-	-	-	-	-
17	-	-	-	-	-	-	-
18	1,870	77	77	77	204	58	17

**3. 결 론**

본 연구에서는 국제기준의 정전분류에 따른 정전 비용 산출을 위한 설문을 개발하고 이를 바탕으로 산업수용가를 표준산업분류에 따라 조사 분석하여 종래의 정전비용 산출 기준이 새로운 정전분류 체계에 따라 산업체별로 구분되어 산출되어야 함을 확인하였다. 대부분 인터뷰 방식으로 응답을 조사하여 답변의 정도를 높이고자 하였다. 그러나 이를 회피하는 실정이어서 중소기업이 주종을 이루고 있다. 향후 대기업을 집중적으로 조사할 수 있는 방안을 강구할 필요가 있다. 특히 전기사용 환경변화와 전력시장에서의 순간정전과 관련된 업종 중심으로 순간정전에 민감한 일부 업종만을 대상으로 정전비용 모델 개발을 할 필요가 있다.

**References**

- (1) Roger C. Dugan, Mark F. McGranaghan, H. Wayne Beaty, "Electrical Power Systems Quality", McGraw Hill 1996.
- (2) E.Wojczynski, R.Billinton, G. Wacker, "Interruption Cost Methodology and Result-A Canadian Commercial and Small Industry Survey "IEEE, Vol PAS-103, No.2, Feb. 1984, pp437-444.
- (3) Garry Wacker, Roy Billinton, "Customer Cost of Electric Service Interruptions", IEEE Vol 77, No.6, June 1989, pp919-930.
- (4) Arun P. Sanghvi, "Measurement and Application of Customer Interruption C/Value of Service for Cost-Benefit Reliability Evaluation: Some Commonly Raised Issues", IEEE PAS Vol.5, No.4, Nov. 1990, pp 1333-1344.
- (5) Sandra Burns and George Gross, "Value of Service Reliability", IEEE PAS Vol.5, No.3, AUG. 1990, pp825-834.
- (6) G.Tollefson et al, "A Canadian Customer Survey to Assess Power System Reliability Worth", IEEE PAS Vol.9, No.1, Feb.1994, pp443-450.
- (7) KERI-KEPCO, "Minimum Criteria for Supply Voltage and Average Interruption Duration in Distribution System", Research Report, Dec, 1999.
- (8) Nam, Kee-Young et.al "A Study on Considerations for Evaluation of Industrial Customer Cost of Electric Service Interruptions in Korea", ICEE 2003 Hongkong.
- (9) R.K. Subramaniam et.al, "Factors Affecting the Development of An Industrial Customer Damage Function", IEEE PAS Vol. 104, No. 11, Nov. 1985.
- (10) EPRI, "Power Quality(PQ)Value based Transmission Line Reliability Model", EPRI project opportunity material, Feb. 2003.

◇ 저자소개 ◇

**박충열 (朴忠烈)**

1944년 11월 17일생. 1975년 9월 연세대 대학원 전기과 졸업(석사). 2002년 2월 인하대 대학원수료(박사과정).

**남기영 (南其瑩)**

1958년 5월 18일. 부산 출생. 1982년 성균관대학교 전기공학과, 공학사. 1984년 동대학교 대학원 공학석사(제어공학). 1998년 이바라키 대학 공학박사(생산과학). 1984년~현재 한국전기연구원 근무. 주 연구 분야는 배전자동화, 배전계통 계획 및 운영 등 배전계통의 최적화와 전기품질 감시 시스템 개발 및 전기품질의 분석/진단, 분산전원을 활용한 신 배전계통 구축 등 다수.

**허창수 (許昌洙)**

1955년 1월 27일생. 1981년 인하대 전기과 졸업. 1983년 동 대학원 전기과 졸업(석사). 1987년 동대학 대학원 졸업(박사). 1983~93년 한국전기연구소 기능재료연구실장. 1997~98년 미국켄터키대학교 교환교수. 현재 인하대 전기공학과 교수.