

순간정전에 민감한 산업수용가의 정전비용에 관한 조사연구

남기영, 최상봉, 류희석, 이재덕, 정성환, 김대경
한국전기연구원

A Survey on the interruption costs for the sensitive industrial customers to the short duration interruption

Nam Kee-young, Choi Sang-bong, Ryoo Hee-suk, Lee Jae-duck, Jeong Seong-hwan, Kim Dae-kyung
K.E.R.I.(Korea Electrotechnology Research Institute)

Abstract - This paper addresses the analysis of interruption costs and the studies made through the direct interview with Korean Industrial customers for the period of two years. It is conducted to evaluate the direct and short duration interruption costs resulting from local random electrical supply interruptions. The cost is evaluated by providing a designed questionnaire focused on the experience or the preparative actions which consumers predicted they would take. In the first phase, authors made a survey on all types of industry with 176 industrial customers and evaluated them as per standard industry classification (SIC). In that case, the evaluation data obtained are not so reasonable, because the number of sampled industries was small and the sampled industries were surveyed by being divided into 18 types. So, in the second phase the authors concentrated on only 4 types of 302 industries who have many and large sensitive loads to the short duration interruption.

1. 서 론

정보화 사회로의 진입과 더불어 두드러지게 나타난 최근의 전력산업 환경은 종래의 전력회사 중심의 정해진 공급체제에서 수용가요구를 중심으로 한 전력품질과 신뢰도 요구를 반영하기 위한 체제로 패러다임 전환을 손꼽을 수 있다. 이러한 정보화 사회로의 진입과 주변정세 변화는 전력계통에 대하여 고품질 및 고신뢰의 전기공급을 요구하고 있어 이를 충족시켜줄 수 있는 고품질 전력 공급 신기술이 개발되고 있다.

국내의 경우 반도체, 정보, 통신 산업의 발전 및 사회의 고도화로 인해, 정전으로 인한 피해비용은 앞으로 더욱 증가할 것으로 예상된다. 이는 종래에는 정전의 지속시간에 따라 피해 양상이 달랐지만 지금은 순간적인 정전을 포함한 어떠한 정전이라도 발생하게 되면 막대한 피해가 발생하기 때문이며, 생산성 향상 및 편의성 등을 개선하기 위해 도입한 이러한 민감한 설비들과 이러한 설비를 사용하는 수용가가 계속 증가하고 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 정전비용 산출에 관련된 연구에서는 고려되지 않았던 순간 정전에 의해 막대한 피해가 발생되고 있는 산업용 수용가를 대상으로 순간정전에 의한 피해의 정도를 파악함으로써 특정 업종의 정전비용 모델을 개발하는데 있어 고려할 점과 이를 토대로 설문을 개발하고, 설문에 따른 산업수용가의 조사를 통해 정전 지속시간에 따른 피해비용 산출의 차별화를 모색해보고자 한다.

본 조사연구는 저자가 개발한 설문을 바탕으로 2년에 걸쳐 직접 인터뷰 방식으로 산업용 수용가의 정전실태를 조사 분석한 결과를 요약하고 원/kW로 표시되는 평균정

전비용을 순간정전에 특히 민감한 특정산업용수용가에 초점을 맞추어 산출하였으며 이를 바탕으로 이들 업종별로 평균정전비용을 산출하였다.

2. 본 론

본 연구는 2 단계로 나뉘어 진행되었는데 1단계에서는 176개의 산업수용가를 한국전력공사를 비롯한 여러 통계에서 사용되고 있는 표준산업분류(SIC: Standard Industry Classification)에 따른 18개 업종으로 분류하여 조사하였으며, 2단계에서는 업종 수를 줄이고 조사 수용가수를 늘림으로써 업종별로 산출될 평균정전비용의 신뢰성을 높이고자 하였으며 특히 순간정전의 영향에 대해 중점을 두었다.

최근의 국제규격에서 정전은 지속시간이 0.5사이클~ 1분미만의 정전에 대해 Instantaneous, Momentary, Temporary, 지속시간이 1분 이상인 영구정전이라고 부르는 Sustained의 네 가지로 분류하고 있는데 이는 최근의 산업설비를 비롯한 전기사용 기기가 정전 지속시간에 따라 받게 되는 영향이 다르며 이를 위한 대책기기가 위의 정전 분류기준에 맞게 개발되고 있기 때문이다. 따라서 본 연구에서도 이와 같은 정전 분류기준에 따라 국내 산업수용가의 정전에 따른 경제적 피해를 조사하여 정전비용을 평가하였다.

2.1 정전비용 평가를 위한 고려사항

산업용 수용가의 정전비용 평가는 경제적이고 직합한 전력공급과 미래의 경쟁이 도입된 전력시장의 투명한 운영에 대비하기 위해 필요하다. 이는 향후의 경쟁 전력시장에서 전기품질과 신뢰도는 전기에너지의 가격을 결정하는 중요한 요소로 작용할 것으로 예상되기 때문인데 다시 말하면 전기품질 또는 신뢰도 저하에 따른 경제적 피해에 대해 전력회사와 수용가 모두가 수익자 부담 원칙에 입각한 책임이 뒤따른다는 것을 의미한다.

정전비용 평가를 위해 수집되어야 할 데이터를 정리하면 다음과 같다.

2.2.1 정전특성 관련 데이터

- 정전지속시간, 주기, 발생 시각
- 최악의 피해가 난 정전의 발생시각/요일/주/계절
- 정전범위(부분정전, 광역정전, 등)

2.2.2 수용가 특성 관련 데이터

- 표준산업분류에 따른 생산 활동의 특성
- 월간 전력사용량에 따른 수용가 규모
- 정전으로 인해 정지된 작업의 종류 등

2.2.3 비용요소에 관련된 데이터 [5]

- 제조설비 피해

- 원자재 및 완제품 피해
- 작업 재시작을 위해 필요한 경비
- 생산차질로 인한 피해
- 생산차질을 보충하기 위한 연장근무 인건비 등

2.2.4 정전피해 완화 설비 또는 정전 대책설비

정전으로 인해 발생하는 영향과 경제적인 손실을 줄이거나 예방하기 위해 수용가는 DVR (Dynamic Voltage Restorer), UPS (Uninterruptible Power Supply), SSTS (Solid State Transfer Switch), BESS (Battery Energy Storage System), 디젤발전시스템, SMES(Superconductive Magnetic Energy Storage) 장치 등과 같은 설비를 갖추게 되는데 이러한 정전 대책설비에 투자되는 비용도 정전비용의 평가에 포함되어야 한다.

정전비용 평가에 필요한 데이터는 정전발생 시각 및 시기별로 가중치를 고려하지 않는다면 앞에서 서술된 정전의 빈도와 지속시간에 따른 생산피해 및 생산지장으로 인한 피해, 설비의 피해 등이 주 구성요소로 작용하며 이밖에 고려되어야 할 사항으로는 발생시간대에 따른 가중치의 적용, 대책설비 시설을 위한 투자비용 등 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 위에서 언급된 구성요소 중 2.2.4항을 제외한 항목을 대상으로 분석하였다.

2.2.1 단계 조사 분석

1단계 연구에서 조사된 172개 수용가는 표준산업분류 기준에 따라 18개 업종으로 나누어 다음과 같은 내용으로 조사 분석이 이루어 졌다.

- (1) 전기설비 현황 및 1년간의 전력사용량
- (2) 연간 정전빈도
- (3) MEC 및 IEEE 표준의 정전종류에 따른 정전비용
- (4) 표준산업분류에 따른 업종별 평균정전비용
- (5) 피해 발생 시각 등

정전으로 인한 총 피해비용은 지속시간과 빈도에 의해 결정된다고 할 수 있는데 1단계 조사에서는 1년간 정전이 발생하지 않은 표본 사업체는 전체의 55.8%이며, 정전을 경험한 사업체는 전체의 44.2%로 조사되었다. 또, 5분 이상 지속된 정전의 경우는 65.7%가 발생하지 않은 것으로 응답하였다. 지난 1년간 발생한 정전 빈도와 전력회사에서 정전통계에 적용하는 5분 이상의 정전 발생빈도는 각각 비슷한 구성비를 보였다.

표 1. 정전지속시간별 피해유무 조사결과

정전지속시간	정전에 따른 피해가 있었던 수용가 수	정전에 따른 피해가 없었던 수용가 수	무응답
3 초 미만	69	103	
1 분이하	83	87	2
5분이하	118	52	2
30분이하	160	10	2
1 시간 이하	164	6	2
8시간 이하	164	6	2
8시간 초과	165	5	2

표 1에서 정전에 따른 피해가 발생한 시간 또는 피해 발생 예상 시간을 묻은 결과, 피해가 발생한 업체들(N=90)의 46.7%가, 또, 정전경험이 없는 업체의 경우 피해가 발생할 것으로 예상하는 시간도 30분이하라고 예상한 응답이 67.1%로 가장 많게 나타났다. 정전을 경험한 수용가의 피해가 발생하는 정전지속시간과 정전을 경험하지 않은 업체의 경우 피해가 발생 예상 정전지속시간을 분석한 결과에서는 30분을 기점으로 대부분의 업체가 피해가 발생하는 것으로 경험 또는 예상하고 있는 것

로 나타났다.

1단계의 조사는 대부분 인터뷰 방식으로 응답을 조사하여 설문 내용을 설명함으로써 답변의 정도를 높이고자 하였다. 그러나 직접 인터뷰의 경우는 대부분의 대기업이 이를 회피하는 실정이라서 중소기업이 대부분이었으며 전 업종별 표본 수가 적어 업종별 평균비용의 대표성을 나타내기에는 한계성이 있었다. 그러나 정전지속 시간에 따른 업종별 영향은 그림 1에서처럼 뚜렷이 대별되어 2단계의 연구대상 업종을 여기서 도출하였다.

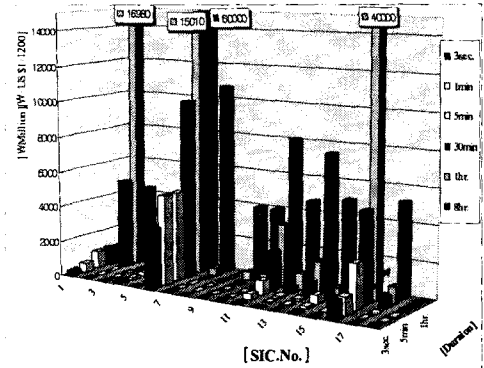


그림 1. 표준 산업분류에 따른 정전시간별 정전비용

2.2.2 단계 조사 분석

그림1에서 특히 순간정전에 의해 민감하게 반응하여 정전비용이 발생하고 있는 업종을 살펴보면 석유화학 업종의 경우가 가장 순간정전에 민감하게 설비가 동작한다는 것을 알 수 있으며, 이밖에 섬유외복, 음식료품, 전기기기 등의 일부업종 등이 특히 순간정전에 민감하게 반응함을 알 수 있으며, 피해금액도 대단히 크게 나타났다. 이는 이들 업종의 경우 정전지속 시간에 대한 영향보다는 정전발생 빈도가 정전비용에 미치는 영향이 더욱 크다는 것을 의미한다.

따라서, 그림1에서 드러난 업종을 대상으로 순간정전의 영향을 분석함과 동시에 이들 업종의 정전비용을 평가하기 위해 2단계의 조사 분석에서는 이들 4개 업종만을 대상으로 302개의 업체를 조사 분석하였다.

2.2.1 2단계 조사대상 수용가의 개요

표 4의 전력사용량에서 알 수 있듯이 순간정전에 민감한 수용가는 대기업이 대부분을 점하고 있다.

표 2 단계 대상 수용가의 전력사용량

	수용가수	구성비(%)
전 체 (302) 100.0		
■ 월간전력사용량		
1MWH 미만	(48)	15.9
1-10MWH 미만	(54)	17.9
10-100MWH 미만	(65)	21.5
100-1000MWH 미만	(49)	16.2
1-10GWH 미만	(36)	11.9
10GWH 이상	(27)	8.9
모름/ 무응답	(23)	7.6
■ 월간전기요금		
199만원 이하	(69)	22.8
200-499만원	(61)	20.2
500-999만원	(41)	13.6
1000-9999만원	(70)	23.2
1억-4억9999만원	(26)	8.6
5억-9억9999만원	(21)	7.0
10억원 이상	(14)	4.6
■ 조사 업종별 구성비		
섬유 외복	(55)	18.2
펄프 종이	(38)	12.6
석유 화학	(127)	42.1
전기 전자	(82)	27.2

2.2.2 2단계 조사분석

표2의 업체를 대상으로 어떠한 정전이든 지속시간에 관

계없이 일단 발생하면 피해가 발생하는 가를 묻은 설문에서는 88.4%에 해당하는 267개 업체가 그렇다고 응답했으며 이는 그림 2의 정전 지속시간별로 피해발생 업체수와 1단계 조사의 결과에서 나타난 전 업종 평균치인 약 46%보다 훨씬 더 비율이 높으며 정전이 발생하여 초래되는 비용이 타 업종 보다 높은 것으로 조사되었으며 특히 정전초기의 비용 대단히 크게 나타났다.

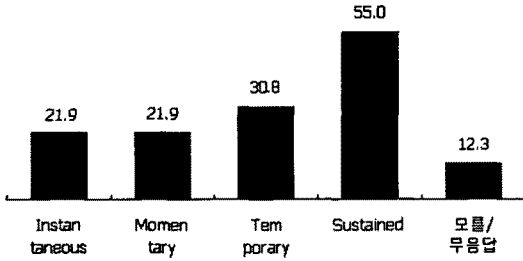


그림 2 정전지속 시간별 피해발생 업체 구성비

그림 2에서 1년간 3초 이하의 정전이 발생한 업체의 정전빈도를 보면 그림 3과 표3과같이 나타나는데 48%가 3초 이하의 정전을 경험하고 4회 이상 발생하는 업체 수도 12.6%에 이르고 있는데 향후 이는 더욱 증가할 것으로 예상되고 있다.

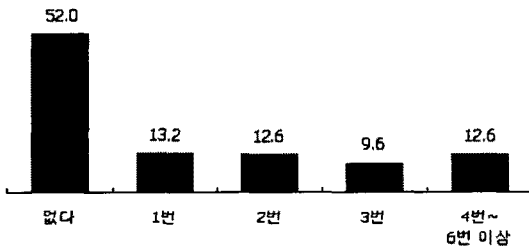


그림 3. 1년간 순간정전 발생횟수 구성비

표 3 업종별 연간 순간정전 발생 빈도

구분	없다	1번	2번	3번	4번	5번	6번 이상
전체	39.1	15.2	12.9	12.6	4.6	5.3	10.3
섬유의복	47.3	12.7	7.3	16.4	5.5	7.3	3.6
펄프종이	39.5	15.8	10.5	10.5	2.6	13.2	7.9
석유화학	31.5	19.7	15.0	10.2	5.5	3.1	15.0
전기전자	45.1	9.8	14.6	14.6	3.7	3.7	8.5

2.2.3 2단계 정전비용 분석

금회의 조사에서 직접인터뷰를 통해 302개 산업용 수용가에 대해 분석된 정전비용을 정리하면 다음의 표4와 같다.

표 4에서 알 수 있듯이 석유화학 업종의 경우가 특히 정전횟수의 다과에 따른 피해가 가장 큰 것을 알 수 있는데 이는 타 업종보다 공정처리, 즉, 짧은 시간의 연속적인 흐름이 전체 작업에서 차지하는 비중이 크기 때문에 복잡한 수많은 공정들 중 어느 한곳에라도 영향을 받으면 전체공정이 영향을 받는다는 것을 의미하고 있다. 이번 조사에서는 수용가의 규모가 클수록 50%이상의 설비들이 지속시간의 장단에 관계없이 일단 발생하면 자동복구가 전혀 되지 않기 때문에 막대한 피해를 발생한다는 사실을 알 수 있었으며 특히 순간정전에 민감한 이

업종들은 정전피해의 대부분이 정전지속시간 5분 미만에서 일어남을 추정할 수 있으며 5분 이후의 상황은 피해비용만 늘어날 뿐 복구정도는 변화가 거의 없음을 알 수 있다.

그러나 전기전자 업종의 경우는 초기비용도 클 뿐만 아니라 지속시간이 길어질수록 피해비용도 막대하게 증가하는 것으로 나타났다.

표4 업종별 정전비용 조사분석 결과

	업종별 평균정전비용(단위:원)			
	섬유 의복	펄프 종이	석유 화학	전기 전자
월간평균 전력사용량 (kWh)	1,233,800	3,093,200	5,046,600	1,087,600
3초이하	8,421	1,650	39,806	80,335
1분이하	8,724	1,678	50,284	120,717
5분 이하	9,500	1,781	52,042	174,492
30분이하	13,935	2,100	61,505	230,074
1시간이하	16,953	2,619	70,181	229,498
4시간이하	22,882	9,017	84,372	299,386
8시간이하	34,389	15,381	98,950	115,854
8시간이상	39,770	22,055	115,854	430,511

3. 결 론

- 본 연구에서는 산업용 수용가의 정전비용을 정량적으로 평가하기 위한 조사 분석을 470여 개의 산업용 수용가를 대상으로 저자가 개발한 구조화된 설문을 바탕으로 직접 인터뷰 방식으로 조사하여 분석하였다.
- 지금까지 각종 통계와 연구에서 사용되었던 5분 이상의 정전이 최근의 전기사용기기 사용 환경의 변화에 따라 새로운 분류 기준에 따라 평가되어야 할 필요가 있음을 인지하고 이를 바탕으로 정전의 영향을 조사 분석하였다.
- 특히, 1단계 연구에서 밝혀진 순간정전에 민감한 업종을 대상으로 2단계 연구에서 조사 샘플수를 늘려 조사 분석함으로써 업종별 정전비용의 평가에 대한 신뢰성을 높이려고 하였으며 이를 바탕으로 향후 이 분야의 모델화를 위한 기초적인 연구를 수행하였다.

최근, 산업용 수용가는 과도고장 조차도 자신들의 생산 공정을 정지시킬 수 있으며 이로 인한 공정의 정지 상태에서 정상적인 생산 상태에 이르기 위해서는 많은 시간이 소요되므로 공급신뢰도에 관한 관점이 전력회사와는 대단히 다른 양상으로 변화였다. 따라서 전기설비와, 산업체의 특성에 따라 정전비용은 산출되어야 할 필요가 있음이 확인되었다. 추후 이를 바탕으로 한 모델화는 향후의 경쟁전력시장에서 투명한 전력시장 운영 및 수용가 중심의 전력공급을 위해서 반드시 필요할 것으로 사료된다.

[참 고 문 헌]

[1] Nam, Kee-Young et al. "A Study on Considerations for Evaluation of Industrial Customer Cost of Electric Service Interruptions in Korea", ICEE 2003 Hongkong
 [2] 한국전기연구원, "경쟁체제하에서의 배전계통 공급신뢰도 및 경제성 평가기법(중간보고서)", 2003. 8.
 [3] Garry Wacker, Roy Billinton, "Customer Cost of Electric Service Interruptions", IEEE Vol. 77, No.6, pp919-930, June 1989.
 [4] G. Tollefson et al, "A Canadian Customer Survey to Assess Power System Reliability Worth", IEEE PAS Vol.9, No.1, pp443-450, Feb.1994.
 [5] R.K. Subramaniam et. al., "FACTORS AFFECTING THE DEVELOPMENT OF AN INDUSTRIAL CUSTOMER DAMAGE FUNCTION", IEEE PAS Vol. 104, No. 11, Nov. 1985