

산업수용가의 순간정전에 따른 정전비용 검토

남 기영, 최 상봉, 류 희석, 이재덕, 정성환, 김 대경
한국전기연구원

A Survey on Short Duration Interruption Costs in Industrial Customer

K.Y.Nam, S.B.Choi, H.S.Ryoo, J.D.Lee, S.H.Jeong, D.K.Kim
K.E.R.I.(Korea Electrotechnology Research Institute)

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.

로 평균정전비용 모델을 개발하는 것이다.

2. 본 론

일반적으로 최근의 국제규격을 바탕으로 본 정전의 기준은 다음 표1.과 같이 4가지로 분류되어 이에 따른 대책기기의 개발 및 도입이 이루어지고 있다.

본 논문에서는 국내 산업수용가에 대한 정전비용 산출을 위해 표1의 정전분류에 따라 경제적인 피해를 산정할 수 있도록 하는 설문서를 개발하였다.

표1. 국제기준에 따른 정전의 분류

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.

1. 서 론

최근의 전력산업 환경은 산업용 및 상업용 수용가를 중심으로 전력품질과 신뢰도 요구가 증가하고 있다. 정보화 사회로의 진입과 더불어 두드러지게 나타난 사회현상으로는 규제에서 완화로, 균일화에서 다양화로, 집중에서 분산으로, 무절제와 무관심의 에너지 환경에서 에너지절약 및 환경보전으로, 전력사업의 제한에서 개방으로의 패러다임 전환 등을 손꼽을 수 있다. 이러한 정보화 사회로의 진입과 주변적 변화는 전력계통에 대하여 고품질 및 고신뢰의 전기공급을 요구하고 있어 이를 충족시켜줄 수 있는 고품질 전력공급 신기술이 개발되고 있다. 미국의 1993년 EPRI 보고서에 의하면 순시성향의 전기품질저하에 의해 많은 수용가에서 피해를 입는 것으로 보고 되고 있는데, 그 피해액은 연간 약 260억 불(약 23.4조원)정도로 추정되었으나 최근의 조사연구에서 정전으로 인한 총 피해 규모는 \$1000억/년으로 평가되어 정전비용이 계속 증가함을 보여주고 있다.

국내의 경우도 마찬가지로 정보·통신 산업의 발전 및 사회의 고도화로 인해, 이들 피해비용은 앞으로 더욱 증가할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 지금까지 정전비용 산출에 관련된 연구에서 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 조사연구에서 도출하고자 하는 것은 원/kW로 표시되는 평균정전비용을 순간정전에 특히 민감한 특정산업용수용가에 대해 계산하고 이를 바탕으로 이들 업종별

2.1 정전실태 분석

2.1.1 정전비용 산출을 위한 주요 고려대상

정전비용 산출을 위해 필요한 데이터는 정전발생 시각 및 시기별로 가중치를 고려하지 않는다면 정전의 빈도와 지속시간에 따른 생산피해 및 생산지장으로 인한 피해, 설비의 피해 등이 주 구성요소로 작용한다. 이밖에 고려되어야 할 사항으로는 발생시간대에 따른 가중치의 적용, 대책설비 시설을 위한 투자비용 등 여러 가지가 있으나 본 연구에서는 위에서 언급된 구성요소만을 대상으로 한 해 동안 발생한 정전에 대해 분석하였다.

2.1.2 정전실태 분석

우선 산업수용가에서 발생하는 정전실태를 표1에 따라 파악하기 위해, 저자는 표준산업분류의 18개 전 업종에 대해 172개의 산업수용가의 정전실태를 조사하였는데 그림1과 그림2, 그림3은 각각 조사수용가에 대해 2002년 한 해 동안의 총 정전발생회수, 표1의 분류에 따른 정전종류별 구성비, 순간정전의 발생빈도 등을 나타내고 있다.

정전으로 인한 총 피해비용은 지속시간과 빈도에 의해 결정된다고 할 수 있는데 2002년 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 발생된 정전 빈도와 전력회사에서 정전통계에 적용하는 5분 이상의 정전 발생빈도는 각각 비슷한 구성비를 보인다.

그림 2 중 sustained를 제외한 모든 정전은 지금까지

는 정전비용 산출 시에 반영되지 않았던 요소로 소위 순간정전이라고 하는 짧은 시간동안의 정전에 의해 피해가 발생한 경우를 의미한다. 그림에서 알 수 있듯이 피해가 발생한 것으로 확인된 정전 중 약 40%에 이르는 정전이 순간정전에 의한 것임을 알 수 있다. 따라서 전기사용 환경의 변화와 경쟁전력시장을 대비하기 위해서는 이를 정전비용에 반영해야 할 필요가 있다.

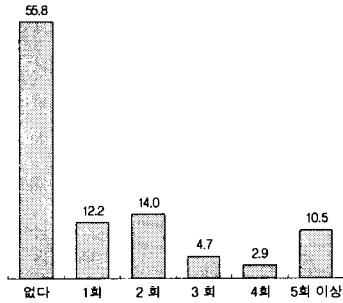


그림1. 1년간 정전발생 빈도

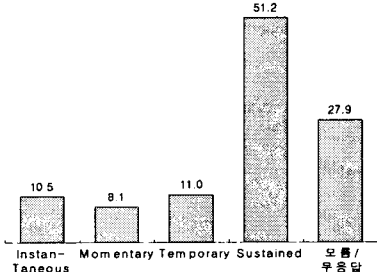


그림2. 표1의 분류에 따른 정전발생 빈도 구성비

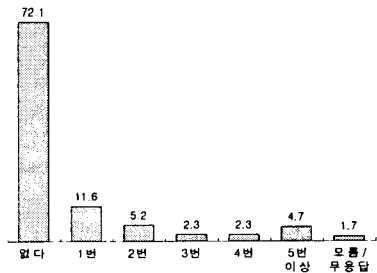


그림3. 1년간 순간정전 발생빈도

위의 그림에서 알 수 있듯이 순간정전 횟수가 총 정전횟수에서 차지하는 비율이 대단히 높게 나타나고 있는데 이는 현재와 향후의 전기설비의 개발 동향 및 기기 특성을 감안하면 앞으로도 계속 늘어날 것으로 보이기 때문에 순간정전은 정전비용 산출에 있어 대단히 중요한 요소를 차지할 것으로 전망된다.

2.1.3 정전지속 시간에 따른 영향 분석

정전지속 시간에 따른 영향을 파악하기 위한 저자는 표 1과 같은 설문을 개발하여 지속시간별로 피해유무를 조사하여 표2[1]와 같은 결과를 얻었다..

표2에 알 수 있듯이 종래에는 계산하지 않았던 정전지속시간 5분 이하에서 피해발생이 크게 증가한 것으로 나타났으며, 3초 이하의 정전에서도 피해가 발생한 업체가 30%를 초과 하고 있음을 알 수 있다.

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 발생 되는 것으로 경험 또는 예상하고 있는 것으로 나타났다.

표 1. 순간정전을 고려한 정전비용 산출 설문내용 예

	정전 지속시간								
	1회 정전으로 인한 공정상 가능한 피해	3초 이하	1분 이하	5분 이하	30분 이하	1시간 이하	4시간 이하	8시간 이하	~ 이상
생산손실									
초과 근무 비용									
원자재 및 생산품									
플랜트설비									
생산 제가동 비용									
환경 피해 비용									
기타 비용									
총 비용 누계									

표 2. 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

2.2 순간정전 실태 조사 분석

저자가 2003년에 설문개발과 동시에 172개의 산업체를 조사한 결과 중 제조업을 한국전력 통계자료에 사용되는 표준 산업분류 체계에 따라 18개 업종으로 분류하여 표 1의 기준을 반영하여 분석하였는데, 이때의 정전 시간에 따른 피해비용의 상관관계를 정리한 것이 그림 4이다.

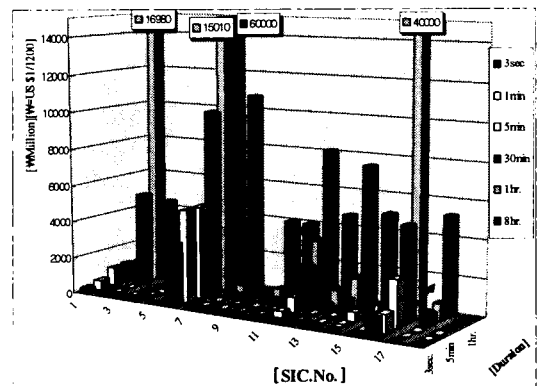


그림 4. 표준 산업분류에 따른 정전시간별 정전비용

그림1에서 특히 순간정전에 의해 민감하게 반응하여 정전비용이 발생하고 있는 업종을 살펴보면 석유화학 업종

의 경우가 가장 순간정전에 민감하게 설비가 동작한다는 것을 알 수 있으며, 이밖에 섬유·의복, 음식·식품, 전기기기 등의 일부업종 등이 특히 순간정전에 민감하게 반응함을 알 수 있으며, 피해금액도 대단히 크게 나타났다. 이는 이들 업종의 경우 정전지속에 대한 영향보다는 정전발생 빈도가 정전비용에 미치는 영향이 크다는 것을 알 수 있다.

따라서, 그림4에서 드러난 업종을 대상으로 순간정전의 영향을 분석함과 동시에 이들 업종의 정전비용을 평가하기 위해 금년 전반기에 이들 업종만을 대상으로 302개의 업체를 대상으로 정전영향을 파악하였다.

표3. 순간정전에 민감한 업체 조사 개요

구분	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 의복	(55)	18.2
펄프 종이	(38)	12.6
석유 화학	(127)	42.1
전기 전자	(82)	27.2

표3과 같은 업체를 대상으로 모든 정전이 일단 발생하면 피해가 발생하는 가를 묻는 설문에서는 88.4%에 해당하는 267개 업체가 그렇다고 응답했으며 이는 전 업종 평균치인 약 46%보다 훨씬 더 비율이 높으며 정전이 발생하여 발생하는 비용이 타 업종 보다 초기의 비용이 높은 것으로 나타났다.

다음의 표4는 위의 4개 업종에 대해 정전지속 시간별로 자동복구 정도를 지속시간별로 조사한 결과를 나타낸다.

표 4. 정전지속시간 3초의 경우 자동복구정도

구분	수용가수	복구 필요 없음	전혀되지 않음	부분적으로	대부분
■ 전 체 ■	302	34.8	25.8	14.9	24.5
▶ 월간전력사용량 ▶					
1MWh 미만	48	29.2	29.2	8.3	33.3
1-10MWh 미만	54	35.2	7.4	18.5	38.9
10-100MWh 미만	65	46.2	23.1	6.2	24.6
100-1000MWh미만	49	44.9	18.4	20.4	16.3
1-10GWh 미만	36	8.3	50.0	25.0	16.7
10GWh 이상	27	3.7	55.6	29.6	11.1
모름/ 무응답	23	69.6	13.0	0.0	17.4
▶ 월간전기요금 ▶					
199만원 이하	69	46.4	15.9	7.2	30.4
200-499만원	61	37.7	18.0	6.6	37.7
500-999만원	41	39.0	19.5	17.1	24.4
1000-9999만원	70	44.3	21.4	18.6	15.7
1억-4억9999만원	26	7.7	53.8	23.1	15.4
5억-9억9999만원	21	4.8	47.6	28.6	19.0
10억원 이상	14	.0	64.3	28.6	7.1

표4에서 알 수 있는 것은 수용가의 규모가 클수록 50% 이상을 초과하는 설비들이 어떠한 정전이 발생하여도 자동복구가 전혀 되지 않기 때문에 막대한 피해를 발생한다는 사실을 알 수 있다. 표4를 각 시간대별로 다시 정리하여 표 5에 나타내었다.

표5에서 알 수 있듯이 순간정전에 민감한 이 업종들은 정전피해의 대부분이 정전지속시간 5분 미만에서 일어남을 추정할 수 있으며 5분 이후의 상황은 피해비용만 늘어난 뿐 복구정도는 변화가 거의 없음을 알 수 있다.

표 5 정전지속시간별 각 업종의 복구정도

정전지속 시간	조사업종	복구 필요 없음	자동 복구 전혀 없음	부분적으로 복구	대부분 복구됨
3초 미만	a	47.3	20.0	18.2	14.5
	b	55.3	23.7	7.9	13.2
	c	37.0	30.7	15.0	17.3
	d	13.4	23.2	15.9	47.6
1분 미만	a	38.2	25.5	16.4	20.0
	b	47.4	28.9	5.3	18.4
	c	33.1	39.4	10.2	16.5
	d	11.0	30.5	28.0	29.3
5분 미만	a	23.6	29.1	18.2	29.1
	b	42.1	31.6	5.3	18.4
	c	32.3	40.2	11.8	15.0
	d	6.1	53.7	17.1	20.7
1시간 미만	a	7.3	47.3	10.9	34.5
	b	18.4	52.6	7.9	18.4
	c	25.2	49.6	8.7	15.7
	d	3.7	65.9	6.1	22.0
4시간 미만	a	5.5	47.3	10.9	36.4
	b	18.4	53.3	5.3	18.4
	c	25.2	48.8	11.0	14.2
	d	3.7	65.9	7.3	20.7
8시간 이상	a	1.8	47.3	12.7	38.2
	b	18.4	55.3	5.3	18.4
	c	26.0	48.8	10.2	14.2
	d	3.7	65.9	7.3	20.7

a: 섬유 의복, b: 펄프 종이, c: 석유 화학, d: 전기 전자

2.2 정전비용 조사결과

금회의 조사에서 직접인터뷰를 통해 302개 산업용 수용가에 대해 분석된 정전비용을 정리하면 다음의 표6과 같다.

표6 업종별 정전비용 조사분석 결과

정전지속시간	전체평균 정전비용 (단위:만원)	업종별 평균정전비용(단위:만원)			
		섬유 의복	펄프 종이	석유 화학	전기 전자
3초이하	14,058	1,443	709	27,901	12,135
1분이하	18,494	1,495	721	35,245	18,235
5분 이하	21,294	1,628	765	36,477	26,358
30분이하	26,290	2,388	902	43,110	34,754
1시간이하	28,733	2,905	1,125	49,191	34,667
4시간이하	36,001	3,921	3,874	59,138	45,224
8시간이하	45,136	5,893	6,608	69,356	61,261
8시간이상	51,151	6,815	9,475	81,204	65,031

표 6에서 나타났듯이 석유화학 업종의 경우가 특히 정전횟수의 다과에 따른 피해가 가장 큰 것을 알 수 있는데 이는 타 업종보다 공정처리, 즉, 짧은 시간의 연속적인 흐름이 작업에서 차지하는 비중이 크기 때문에 복잡한 수많은 공정들 중 어느 한곳이라도 영향을 받으면 전체공정이 영향을 받는다는 것을 의미하고 있다.

3. 결론

전기사용 환경의 변화에 따른 정전의 영향은 지금까지 정전관련 각종 통계에서 적용되어온 기준 정전시간인 5분은 산업체의 특성을 고려하지 않은 방법이었다. 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 공급신뢰도에 관한 관점이 전력회사와는 대단히 다른 양상으로 변화하였다. 따라서 전기설비와, 산업체의 특성에 따라 국제기준에서 분류하는 4가지의 정전기준을 토대로 정전비용은 산출되어야 할 필요가 있음이 확인되었다. 추후 이의 모델화를 계속할 예정이다.

[참고 문헌]

- [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.