

미시적 접근법에 의한 평균 공급지장비용단가 산정 방법론 연구-II

오탈곤*, 임진택*, 최재석†, 전동훈**, 이병성**
 경상대학교*, 한전전력연구원**

A Study on Methodology of Average Interrupted Energy Assessment Rate using Micro Approach-II

Tae-Gon Oh*, Jin-Taek Lim* and Jae-Seok Choi†, Dong-Hoon Jeon**, Byung-Sung Lee**
 Gyeongsan National University*, KEPRI**

Abstract - A major element in the evaluation of reliability worth is the customer cost associated with a loss of supply. This paper proposes a new methodology to estimate the IEAR(Interrupted energy assessment rate) based on expectation value of outage time by using micro approach. The case study in this paper was performed on the basis of the survey data which had been conducted in a previous research.

1. 서 론

전력계통의 기능은 가급적 경제적으로 적정수준의 공급의 질과 연속성을 유지하면서 부하의 요구에 부응하는 것으로, 이와 같이 적절한 전기에너지를 안정하게 공급하는 능력을 계통의 신뢰도라 한다. 그러나 전기에너지를 지속적으로 높은 신뢰도 수준으로 유지하는 문제와 상대적으로 낮은 비용으로 공급하는 문제는 상충되는 것이므로, 이 문제를 통합적으로 해결하고자 할 때 고려되는 요소들로는 신뢰도 비용(reliability cost)과 신뢰도 가치(reliability worth)의 산정 및 추정 등이 있다. 이 중 신뢰성 있는 서비스의 공급을 수행하기 위하여 투자되는 공급비용, 즉 신뢰도 비용을 산정하는 방법은 매우 정확하면서도 잘 정립되어 있다. 그러나 신뢰성 있는 서비스의 공급 가치, 즉 신뢰도 가치를 평가하는 방법론은 제대로 정립되어 있지 않으며, 이러한 방법론이 완전하게 공인될 만한 것이 되기 위해서는 계속 상당한 연구가 필요하다[1-4].

본 논문에서는 고객의 공급지장비용을 직접 평가할 수 있는 미시적인 접근 방법을 통해 공급지장비 단가를 산정하는 새로운 추정방안을 제시하고 근래 설문지 조사에서 얻어진 데이터를 이용한 사례연구를 통하여 평균 공급지장비 단가를 추정한다.

2. 본 론

2.1 미시적 접근법에 의한 공급지장비의 추정 절차

2.1.1 Step A. CIC(Customer Interruption Costs)의 추출

먼저, 각 부문별로 다양한 공급지장시간대에 대해 소비자들이 인지하는 공급지장비용 즉, CIC(Customer Interruption Costs)를 설문지조사를 통해 추출한다.

2.1.2 Step B. SCDF(Sector Customer Damage Function)의 산정

가. 부문별 단위전력당 SCDF의 산정

$$C_{L,y}(r_i) = \frac{CIC_y(r_i)}{L_y} \quad [\text{원/kW}] \quad (1)$$

단, L_y : 부문 y의 연간 최대부하[kW]
 $CIC_y(r_i)$: 부문 y의 공급지장시간 r_i 일 때의 CIC[원]
 y : 부문 수
 r_i : i번째 공급지장지속시간[hours]
 i : 공급지장 사건

나. 부문별 단위전력당 SCDF의 산정

$$C_{E,y}(r_i) = \frac{CIC_y(r_i)}{E_y} \quad [\text{원/kWh}] \quad (2)$$

단, E_y : 부문 y의 연간 전력소모량[kWh]
 만일 각 부문별 부하율을 알 수 있으면 단위전력당 SCDF를 이용하여 단위전력당 SCDF값을 다음 식과 같이 계산할 수 있다.

$$C_{E,y}(r_i) = \frac{C_{L,y}(r_i)}{LF_y \times 8760} \quad [\text{원/kWh}] \quad (3)$$

단, $C_{L,y}(r_i)$: 부문 y의 공급지장시간 r_i 일 때의 단위전력당 공급지장비용 [원/kWh]

LF_y : 부문 y의 부하율

2.1.3 Step C. CCDF(Composite Customer Damage Function)의 산정

앞서의 각 부문별 공급지장비용함수 SCDF가 구해지면 이에 적절한 가중치를 줌으로써 종합적인 공급지장비용함수인 CCDF의 값인 $C(r_i)$ 를 아래 식과 같이 구할 수 있다.

$$C(r_i) = \sum_y^{my} C_{E,y}(r_i) \times \left(\frac{E_y}{\sum_y E_y} \right) \quad [\text{원/kWh}] \quad (4)$$

단, my : 총 부문 수

2.1.4 Step D. IEAR(Interrupted Energy Assessment Rate)의 산정

끝으로 대상계통에 대한 신뢰도 평가를 실시하여 공급지장빈도수와 공급지장지속시간 또는 공급지장전력량을 산정한 후에 종합 평균 공급지장비용 단가(IEAR)를 아래와 같이 산정한다.

$$IEAR = \frac{\sum_{i=1}^N m_i \cdot f_i \cdot C(r_i)}{\sum_{i=1}^N m_i \cdot f_i \cdot r_i} \quad [\text{원/kWh}] \quad (5)$$

단, m_i : 공급지장 사건 i의 변제 공급지장전력[kW]
 f_i : 공급지장 사건 i의 빈도수[occ/day]
 N : 공급지장 사건 i의 총 수

2.2 제안하는 방법에 의한 공급지장비의 추정 절차

본 논문에서는 공급지장사건의 빈도수나 총수를 미리 알 수 없다고 하는 경우에도 IEAR를 추정하기 위하여 설문조사시 문의한 각 공급지장시간별 값을 확장하여 단위시간에 대한 공급지장비용으로 환산한다. 제안하는 평균 공급지장비 단가를 산정하기 위한 출발점은 앞서의 공급지장비 단가 추정 절차의 B단계에서 비롯된다.

2.2.1 Step 1. SCOF(Sector Customer Outage Function)의 산정

본 논문에서 제안하는 공급지장함수인 SCOF를 아래와 같이 구한다.

$$SCOF_{E,y}(r_i) = \frac{C_{E,y}(r_i)}{r_i} \times 8760 \quad [\text{원/kWh}] \quad (6)$$

단, $C_{E,y}(r_i)$: 부문 y의 공급지장시간 r_i 일 때의 단위전력당 공급지장비용 [원/kWh]

만일 연간 전력소모량 대신에 각 부문별 부하율을 알 수 있으면 단위 전력당 공급지장비용을 나타내는 SCDF를 이용하여 즉, 식(6)을 식(3)에 대입하면 아래와 같이 동일한 SCOF를 구할 수 있다.

$$SCOF_{E,y}(r_i) = \frac{C_{L,y}(r_i)}{r_i \times LF_y} \quad [\text{원/kWh}] \quad (7)$$

2.2.2 Step 2. AVLL(Average Value of Lost Load)의 산정

앞서 구한 SCOF는 각 종별로 다르다. 따라서 이를 적절한 가중치를 줌으로써 본 논문에서 제안하는 평균 공급지장비용 단가(AVLL)를 아래와 같이 구할 수 있다.

가. 연간 전력소모량(E_y)에 의한 가중치의 적용

$$AVLL^1 = \frac{\sum_{y=1}^{my} SCOF_{E,y}(r_i)}{N} \times \left(\frac{E_y}{\sum_{y=1}^{my} E_y} \right) \quad [\text{원/kWh}] \quad (8)$$

단, N : 공급지장지속시간(r_i)의 총 수

나. 연간 피크전력(L_y)에 의한 가중치의 적용

$$AVLL^2 = \frac{\sum_{y=1}^m SCOF_{E,y}(r_i)}{N} \times \left(\frac{L_y}{\sum_{y=1}^m L_y} \right) \text{ [원/kWh]} \quad (9)$$

3. 사례연구

본 논문의 사례연구는 참고문헌[5]에 소개되어져 있는 연구에서 수행한 설문지를 바탕으로 이루어졌다. 기 연구에 사용된 설문지 중에서 경남지역을 대상으로 조사한 공급지장피해비용에 대한 설문지만을 추출하여 본 연구에서 제안하는 방법에 부합하도록 조절하고 이를 적용하였다. 표 3은 사례연구에 사용된 경남지역의 수용가 별 연간 전력소모량과 피크전력의 총합이 나타나 있으며, 이들을 이용하여 산출한 부하율 또한 제시하고 있다. 더불어 수용가 별 연간 전력소모량과 피크전력의 평균값도 보여준다. 각 수용가의 가중치는 전력소모량에 의해 결정된 값이다.

〈표 3〉 부하지점(경남)의 요약

	전력소모량 합[kWh]	전력소모량 평균[kWh]	피크전력 합[kW]	피크전력 평균[kW]	부하율 [%]	가중치 [pu]
산업용	384,486,375	3,732,877	146,107	1,419	30.04	0.92769
회사용	3,439,478	343,948	1,877	188	20.92	0.00830
상업용	9,819,021	755,309	1,984	153	56.50	0.02369
농업용	4,956,960	619,620	1,533	192	36.91	0.01196
주거용	11,753,498	783,567	2,807	187	47.80	0.02836

전술한 방법과 같이 추출된 CIC데이터를 이용하여 공급지장지속시간(r_i)에 따른 각 수용가의 단위전력당 공급지장합수SCDF[천원/kWh]를 산정한 결과를 표 4에서 보이고 있으며, 또한 단위전력당 공급지장합수 SCDF[천원/kWh]의 결과는 표 5에 나타나 있다.

〈표 4〉공급지장지속시간에 따른 전력당 SCDF[천원/kW]

	산업용	회사용	상업용	농업용	주거용
0.5초	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3초	0.00009	0.00000	0.00007	0.00025	0.00000
1분	0.00009	0.00000	0.00012	0.00025	0.00000
20분	0.00009	0.00016	0.00021	0.00025	0.00003
1시간	0.00011	0.00088	0.00054	0.02577	0.00021
2시간	0.00013	0.00483	0.00199	0.06495	0.00048
4시간	0.00016	0.00781	0.00303	0.06735	0.00125
8시간	0.00020	0.01059	0.00476	0.07014	0.00261
24시간	0.00039	0.01945	0.00834	0.07594	0.00824

〈표 5〉공급지장지속시간에 따른 전력당 SCDF[천원/kWh]

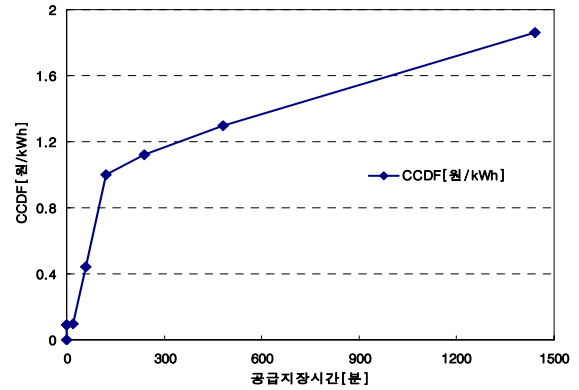
	산업용	회사용	상업용	농업용	주거용
0.5초	0.00334	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
3초	0.23210	0.00000	0.36833	0.81539	0.00000
1분	0.23448	0.00000	0.58158	0.81539	0.00554
20분	0.24494	0.29702	1.05265	0.81539	0.14651
1시간	0.29493	1.61747	2.66633	83.34149	0.89063
2시간	0.33879	8.85722	9.84491	210.0212	2.01876
4시간	0.41117	14.3138	15.00388	217.7675	5.22503
8시간	0.53857	19.3969	23.54218	226.7857	10.92507
24시간	1.01335	35.6439	41.28218	245.5480	34.48522

앞서 산정된 단위전력당 SCDF[천원/kWh]를 이용하여 경남지역에 대한 전반적이고도 종합적인 공급지장시간에 따른 공급지장비용을 나타내는 함수인 CCDF를 산정할 수 있었다. 각 SCDF에 표3에 나타나 있는 수용가 별 가중치를 적용하여 종합한 후 평균치를 나타내는 방법으로 종합적인 공급지장비용함수인 CCDF의 값을 아래 표6에서 보이며 CCDF의 곡선을 그림 1에서 나타내고 있다.

〈표 6〉공급지장지속시간에 따른 CCDF의 값

공급지장지속시간(r_i)	CCDF [천원/kWh]
0.5초 내	0.00000
3초 이하	0.00009
1분 이하	0.00009

20분이하	0.00010
1시간 이하	0.00044
2시간 이하	0.00100
4시간 이하	0.00112
8시간 이하	0.00130
24시간 이하	0.00186



〈그림 1〉 전력당 SCDF를 이용해 산정한 CCDF 곡선

단위전력당 공급지장비용 함수 SCDF를 이용하여 본 논문에서 제시하는 공급지장함수인 SCDF를 구한 결과 값이 아래의 표7에 나타나 있다.

〈표 7〉공급지장지속시간에 따른 SCDF[천원/kWh]

	산업용	회사용	상업용	농업용	주거용
3초	927.1531	0.0000	782.3434	2650.8182	0.0000
1분	46.8338	0.0000	61.7640	132.5409	0.6956
20분	2.4461	4.2597	5.5896	6.6271	0.9195
1시간	0.9818	7.7324	4.7195	225.7834	1.8633
2시간	0.5639	21.1711	8.7128	284.4880	2.1117
4시간	0.3422	17.1069	6.6393	147.4904	2.7328
8시간	0.2241	11.5909	5.2088	76.7992	2.8570
24시간	0.1406	7.0999	3.0446	27.7176	3.0061

앞서 구한 SCDF에 연간 전력소모량(E_y)에 의한 가중치를 적용하여 구한 평균 공급지장비용 단가($AVLL^1$)와 연간 피크전력(L_y)에 의한 가중치를 적용하여 산정한 단가($AVLL^2$)는 각각 다음과 같다.

$$AVLL^1 = 121.530[\text{천원/kWh}]$$

$$AVLL^2 = 121.798[\text{천원/kWh}]$$

4. 결 론

본 연구에서는 미시적 방법을 이용한 공급지장비 단가를 산정하기 위해 새로운 방법을 제안하였다. 미시적 접근법으로 추정된 공급지장비 단가는 미래의 공급지장비용 추정이 불가능하며 계통의 변화를 고려하지 못하는 단점이 있지만 거시적 접근법으로 고려하지 못하는 고객의 공급지장비용에 대한 직접적인 평가가 가능하다.

제안하는 방법을 이용한 사례연구는 전술했던 바와 같이 선행연구에서 수행한 설문조사를 바탕으로 이루어졌으며, 금번 연구에서는 경남지역에만 국한하였지만 본 방법의 보완과 검토를 통해 향후 전국을 대상으로 각 지역별 공급지장비 단가를 추정해 보고자 한다.

[참 고 문 헌]

- [1] 이봉용(1991), "전기에너지 품질-공급신뢰도", 대한전기학회 전기의 세계 5월호.
- [2] Roy Billinton and Wenyan Li, "Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods", Plenum Press, 1994.
- [3] K.K.Kariuki and R.N.Allan, "Evaluation of reliability worth and value of lost load", IEE proc-Gener. Trans. Distrib., Vol.143 No.2, pp.171-180, 1996.
- [4] 최재석, 강성록, TrunTinh Tran, 김호용, 김승기, "系統計劃 樹立用 供給支障費의 推定方法 및 이의 應用에 관한 研究", 대한전기학회 논문지, Vol.53 No.5, pp.285-295, 2004.
- [5] KEPR리과제 최종보고서, "배전설비고장에 따른 정전비용 산정", 2010년09월.