

## 국내외 신뢰도 지수 현황 분석

강문호, 박용업, 박현범  
전력연구원

### The survey of the internal and external reliability indices in distribution system

Moon-Ho Kang, Young-Up Park, Hyun-Bum Park  
KEPRI

**Abstract** - 배전시스템의 전기품질을 평가하기 위한 중요한 요소는 여러 가지가 있으며 그 대표적인 요소로 신뢰도 지수를 들 수 있다. 신뢰도 지수란 정전이 수용가에 미치는 영향을 정전시간과 정전수용가수로 표현한 지표로 공급에 대한 비신뢰도율을 나타낸다.

IEEE 위원회는 다양한 지역을 벤치마킹하여 신뢰도 지수를 정의하였다. SAIFI와 SAIDI 등과 같이 공통적으로 사용 중인 지수가 있으며 지역의 특성에 따라 다양한 지수가 사용되고 있다. 이 논문에서는 IEEE에 정의된 전기품질 신뢰도 지수의 현황을 분석하고 국내에서 사용 중인 신뢰도 지수와 상호 비교하였다.

#### 1. 서 론

IEC(1000-2-2/4)와 CENELEC(EN50160) 표준에서는, 전력품질을 수용가 기기를 손상시키지 않고 정상적인 작동을 할 수 있도록 공급되는 전력의 특성으로 규정하였으며, UNPEDE는 이 정의에 공급의 가용성을 추가하였다. 이러한 전력품질의 문제는 산업용 수용가의 경우, 기기의 재가동이나 생산품의 불량률 증가를 유발하고 상당히 심각한 경제적 피해를 일으킨다. 이 같은 문제를 방지하기 위해서 전기품질을 평가하기 위한 요소가 필요하며 그 대표적인 요소로 신뢰도 지수를 들 수 있다. 전기사용자에게 영향을 주는 전체 전력계통 고장의 80% 정도가 배전계통에서 발생하고 있어 배전계통의 신뢰도 평가 관리는 매우 중요하다. 이 논문에서는 IEEE 위원회에서 정의된 전기품질 신뢰도 지수를 영구정전지수, 부하기반지수, 순간정전지수로 구분하여 각 지수가 나타내고 있는 의미를 알아보았다. 또한 각 지수를 구하기 위한 파라미터들의 정의도 함께 이루어지고 있다.

#### 2. 본 론

##### 2.1 신뢰도 기본개념

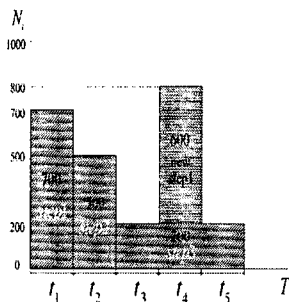
전력계통의 신뢰도란 "모든 가용설비와 지원설비, 운전 및 제어 능력을 고려하여 운전제약조건을 만족하면서 수요자의 부하를 공급할 수 있는 정도"로 정의된다. 다시 말하면 전력계통이 적절한 성능을 발휘할 수 있는 운전상태를 유지하는 정도를 의미한다. 공급 중단이 발생할 경우 전력계통이 기본적인 기능을 발휘하지 못하는 상태가 자주 발생하거나 시간이 길어지면 신뢰도 지수는 낮아진다. 전력계통의 신뢰도에 영향을 미치는 요인으로는 설비공급능력, 기기고장, 부하변동, 자연조건 등이 있다.

소비자에게 전기에너지를 정전없이 공급한다는 것은 전력계통의 설계자나 운용자에게 모두 기본적인 개념이지만 우발적 사고와 경제적 제약으로 인한 불가피한 정전이 발생되므로 적정수준의 공급여유력과 신뢰도의 기준이 필요하다.

신뢰도 해석에는 두 가지 측면이 있으며 그것은 정전의 빈도와 지속시간이다. 얼마나 많은 수용가들이 얼마나 오랫동안 계통내부의 설비나 특정 부분에서의 단전에 의해 정전을 경험하는가 하는 것이 배전계통 신뢰도 평가의 핵심이다.

##### 2.2 기본 파라미터

이 장에서는 신뢰도 지수 계산에 필요한 기본 요소들을 알아본다.



〈그림 1〉 단계회복 타임차트

$N_i$  : 각각의 영구정전발생시 정전 당한 수용가수

$$(N_1=700, N_2=500, N_3=200, N_4=600)$$

$N_T$  : 전체 수용가 호수를 의미한다. 여기서는 평가 대상 시스템내의 전체 수용가 수. 본 논문에서는 1,000으로 가정

$r_i$  : 각각의 정전사고에 대한 복구시간. 단위는 보통 분(Min)으로 표시하며 1분이상시 영구정전으로, 1분미만시 순간정전으로 구분한다.

$$t_1 = 5, t_2 = 10, t_3 = 7, t_4 = 7, t_5 = 7 \text{ Min}$$

CI (Customer Interrupted) : 정전을 당한 수용가수의 합

$$CI = \sum N_i = 700 + 500 + 200 + 600 = 2,000$$

CMI (Customer Minutes Interrupted) : 수용가가 정전을 당한 시간의 합

$$CMI = \sum r_i N_i$$

$$= t_1 \times 700 + t_2 \times 500 + t_3 \times 200 + t_4 \times 800 + t_5 \times 200$$

CN (Total Number of Customers-SI) : 영구정전을 경험한 수용가의 합  
CN=800

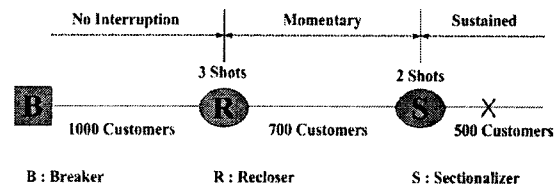
CNT (Total Number of Customers-SI+MI) : 영구정전과 순간정전을 경험한 수용가의 합

※CN과 CNT는 다수의 정전을 경험한 수용가들을 정전횟수와 무관하게 한번만 카운트한다는 점에서 정전횟수를 모두 계산하는  $\sum N_i$ 과 차이를 보인다.

※ CN과 CNT의 차이점

CN : 영구정전만을 경험한 총 수용가

CNT : 영구정전과 순간정전을 경험한 총 수용가



〈그림 2〉 샘플 시스템

$IM_i$  (Number of Momentary Interruption) : 순간정전이 발생한 횟수

$$IM_i = 2$$

$IM_E$  (Number of Momentary Interruption Events) : 순간정전사고가 발생한 횟수

$$IM_E = 1$$

$N_{mi}$  (Number of Interrupted Customers for each Momentary Interruption event) : 각각의 순간정전을 경험한 정전수용가수

$$N_{mi} = 700$$

##### 2.3 신뢰도 지수

IEEE 1366기준에서 정의되어진 신뢰도 지수는 아래와 같다. 또한 그림1을 통하여 지수를 계산하였다.

###### 2.3.1 영구정전지수

IEEE Standard 1159-1995에서는 영구정전을 "1분 이상 정격전압에서 10%이상의 RMS값의 감소"로 정의하고 있지만 실제 유럽은 3분, 국내는 5분을 기준으로 영구정전과 순간정전을 구분하고 있다.

###### 2.3.1.1 SAIFI (System Average Interruption Frequency Index)

계통평균정전빈도로서 수용가당 평균 정전빈도를 나타낸다. 이 지수는 정전을 한번도 경험하지 않은 수용가도 포함되어 있다. 수용가에 대한 직접

적인 영향을 평가할 수 없다는 단점도 있다.

$$SAIFI = \frac{\sum N_i}{N_T} = \frac{CI}{N_T} = \frac{(700 + 500 + 200 + 600)}{1000} = 2 \text{ [정전/호]}$$

### 2.3.1.2 SAIDI (System Average Interruption Duration Index)

계통평균정전시간으로서 수용가당 평균 정전시간을 나타낸다. 국내에서 유일하게 관리되고 있다.

$$SAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{N_T} = \frac{CMI}{N_T}$$

$$SAIDI = \frac{(700 \times 5 + 500 \times 10 + 200 \times 21 + 600 \times 7)}{1000} = 16.9 \text{ [분]}$$

<표 1> 국내 정전시간 현황

단위 : 분/호

구분	'05 목표/실적	'06 목표
정전시간	배전측	17.40/17.16
	전원측	2.00/1.41
		1.95

출처 : 전력월간통계 2006-3월호(전력거래소)

### 2.3.1.3 CAIDI (Customer Average Interruption Duration Index)

정전발생 수용가당 평균 정전시간으로서 공급을 재개하기 위해 요구되는 평균시간을 나타낸다.

$$CAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{\sum N_i} = \frac{SAIDI}{SAIFI} = \frac{16.9}{2} = 8.45 \text{ [분]}$$

### 2.3.1.4 CTAIDI (Customer Total Average Interruption Duration Index)

수용가총평균정전시간으로서 실제 정전을 경험한 수용가의 총평균 시간을 나타낸다.

$$CTAIDI = \frac{\sum r_i N_i}{CN}$$

$$CTAIDI = \frac{(700 \times 5 + 500 \times 10 + 200 \times 21 + 600 \times 7)}{800} = 21.13 \text{ [분]}$$

\*CAIDI와 CTAIDI의 차이

CAIDI : 여러번 정전을 경험한 수용가를 중복 계산한다.

CTAIDI : 여러번 정전을 경험한 수용가는 무조건 1로 계산한다.

### 2.3.1.5 CAIFI (Customer Average Interruption Frequency Index)

실제 영구정전을 경험한 수용가에 대한 평균정전빈도를 나타낸다. 정전을 경험하지 않은 수용가는 포함되지 않는다.

$$CAIFI = \frac{\sum N_i}{CN} = \frac{(700 + 500 + 200 + 600)}{800} = 2.5 \text{ [정전/호]}$$

정전 횟수와 상관없이 정전을 경험한 수용가수가 적으면 CAIFI가 커진다.

\* SAIFI와 CAIFI의 차이가 클수록 총수용가에 대한 정전수용가의 비는 작아진다.

### 2.3.1.6 ASAI (Average Service Availability Index)

평균 공급률로서 수용가공급시간의 비율(%)을 나타낸다.

$$ASAI = \frac{N_T \times (\text{Number of hours/yr}) - \sum r_i N_i}{N_T \times (\text{Number of hours/yr})}$$

$$ASAI = \frac{1000 \times 8760 - (700 \times 5 + 500 \times 10 + 200 \times 21 + 600 \times 7)}{1000 \times 8760}$$

$$= 0.998 \text{ [%]}$$

### 2.3.1.7 CEMI<sub>n</sub> (Customers experiencing multiple interruptions)

다수정전경험수용가로서 영구정전을 n회이상 경험한 특정수용가의 비율을 보여준다. 평균값으로는 알 수 없는 수용가 문제를 확인할 수 있다. 즉, 정전횟수가 상당히 많은 표본을 구할 수 있는 장점이 있다.

$$CEMI_n = \frac{CN_{(k \geq n)}}{N_T}$$

### 2.3.2 부하기반지수

수용가수보다는 부하기반에 중점을 두고 계산한 지수로 볼 수 있다. 적은 용량의 부하의 정전에 비해 대용량 부하의 정전에 비중치를 주기 위한 지수로 상세한 수용가 정보가 없는 설비에서 사용되고 있다. 정전의 용량-시간 관계를 가지고 작성되는 특징이 있다.

### 2.3.2.1 ASIFI (Average System Interruption Frequency Index)

계통평균정전빈도로서 극소수의 수용가가 상대적으로 큰 대형집중 부하를 가진 지역(주로 산업용/상업용 수용가)의 배전성능 측정을 측정하기 위해 사용된다. 단위부하(kVA)당 정전빈도를 나타내며 이론상 SAIFI와 동일하다.

$$ASIFI = \frac{\sum L_i}{L_T} \text{ [정전/kVA]}$$

### 2.3.2.2 ASIDI (Average System Interruption Duration Index)

계통평균정전시간으로서 단위부하(kVA)당 정전시간을 나타내며 이론상 SAIDI와 동일하다.

$$ASIDI = \frac{\sum r_i L_i}{L_T} \text{ [분/kVA]}$$

### 2.3.3 순간정전지수

순간정전을 경험한 수용가의 신뢰도를 평가하기 위한 지수는 다음과 같다. 또한 그림2를 통하여 지수를 계산하였다.

### 2.3.3.1 MAIFI (Momentary Average Interruption Frequency Index)

순간정전평균빈도로서 순간정전을 경험한 수용가의 평균 정전횟수를 보여준다.

$$MAIFI = \frac{\sum IM_i N_{mi}}{N_T} = \frac{2 \times 700}{1000} = 1.4 \text{ [정전/호]}$$

### 2.3.3.2 MAIFI<sub>E</sub> (Momentary Average Interruption event Frequency Index)

순간정전사고 평균빈도를 나타낸다.

$$MAIFI_E = \frac{\sum IM_E N_{mi}}{N_T} = \frac{1 \times 700}{1000} = 0.7 \text{ [정전/호]}$$

### 2.3.3.3 CEMSMIn (Customers Experiencing Multiple Sustained interruption and Momentary Interruption events)

다수 영구정전, 순간정전사고를 경험한 수용가로서 영구정전과 순간정전의 합이 n회 이상인 특정수용가의 비율을 나타낸다.

$$CEMSMI_n = \frac{CNT_{(k \geq n)}}{N_T}$$

## 3. 결 론

지금까지 IEEE기준에 정의된 배전 신뢰도 지수의 현황을 분석하였다. 국내에서 사용 중인 전기품질 신뢰도지수인 SAIDI이외에 많은 신뢰도 지수가 있었으며 각 지수별 의미를 살펴보았다. 이러한 통계들의 중요 포인트는 얼마나 고르게 배전계통 전체에 사고가 분포하는가와 얼마나 집중적으로 몇몇 지역에 그것이 집중되는가하는 것을 구별하는 것이다.

그러나 전력회사위주의 전력품질 평가로는 수용가에 대한 직접적 영향을 평가할 수 없고 정전 지속시간의 정의에 따른 신뢰도 변화는 아무 의미도 없을 수 있다(매우 짧은 정전도 수용가 입장에서는 정전)는 문제점이 있다. 그럼에도 불구하고 수용가의 지속적인 전력품질 및 신뢰도 향상 요구로 인해 배전계통을 평가하기 위한 신뢰도 지수 평가는 불가피하다. 이를 위해 미국 등 선진국의 경우 고객체감정전 측정에 유리한 '고객평균 정전시간(CAIDI)' 및 호당 정전횟수(SAIFI) 지수를 관리 중에 있다. 이처럼 국제기준 및 흐름에 부합한 전기품질 신뢰도 지수 도입방안을 수립함으로써 고품질의 전력공급 체계를 구축할 수 있는 기반이 되어야 한다.

### [참 고 문 헌]

- [1] IEEE guide for electric power distribution reliability indices, IEEE Std, 1366, 2003
- [2] IEEE recommended practice for monitoring electric power quality, IEEE Std, 1159, 1995
- [3] Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 1 : General, Section 1 : Application and interpretation of fundamental definitions and terms, IEC, 61000-1-1, 1992
- [4] W. E. Reid, "Power quality issues - standards and guidelines", IEEE Trans. on Industry Applications, vol. 32, no. 3, pp. 625-632, 1996
- [5] G. T. Heydt, "Electric power quality : A tutorial introduction", IEEE Computer Applications in Power, pp. 15-19, 1998
- [6] R. E. Brown, S. Gupta, R. D. Charisite, S. S. Venkata and R. Fletcher, "distribution system reliability assessment momentary interruption and storms", IEEE Trans. on Power Delivery, vol. 12, no. 4, pp. 1569-1575, 1997