

A Study on the Reliability Index and Customer Density of Distribution System

배인수* · 김진오†
(In-Su Bae · Jin-O Kim)

Abstract - SAIDI(System Average Interruption Duration Index) is the index that signifies the power quality of customers. SAIDI is also used to know how well utilities operate their systems. The annual interruption time in the areas that consists of widely distributed customers, is generally longer than that in the areas that consists of heavily concentrated customers. The Reliability index of huge system is not necessarily better or worse than that of small system, because SAIDI is irrelevant to the total amount of power sold or the total number of customers. This paper proposes a customer density very relevant to SAIDI. The proposed customer density is used to modify the existing SAIDI to more clearly express the service level of power supply. A modified WSAIDI(weighted SAIDI) can be a useful indicator helping utilities improve the reliability of their systems and customers evaluate the service level of receiving power.

Key Words : SAIDI(System Average Interruption Duration Index), Reliability index, Distribution system, Customer density, RBTS(Roy Billinton Test System)

1. 서 론

전세계적으로 널리 사용되는 배전계통 신뢰도 지수 SAIDI(System Average Interruption Duration Index), SAIFI(System Average Interruption Frequency Index), CAIDI(Customer Average Interruption Duration Index) 등은 수용가가 얼마나 공급시장 없이 지속적으로 전력을 공급 받고 있는지 표현하는 지수이다. 이는 수용가가 사용하는 전력의 품질을 나타내는 지표 중 하나지만, 정전이 발생하지 않도록 각 전력사가 얼마나 계통을 잘 관리하는지 비교하기 위한 지표로서도 널리 사용되고 있다. 특히 배전계통 신뢰도 지수 중 SAIDI 지수는, 국민들에게 국내 전력품질 수준을 알리는 대표 지표로서 '호당 평균 정전시간'이라는 용어를 사용하여 그 값을 공개하고 있으며, 국내 전력품질을 해외 전력품질과 비교하는 대상으로 널리 사용하고 있다.

국내 SAIDI는 2007년 17.2분을 기록한데 이어 2008년 16.1분, 2009년 15.6분, 2010년 14.7분으로 매년 기록을 갱신하고 있다. 국내 정전관리 수준은 전력산업의 선진국이라 할 수 있는 미국 SAIDI 137.7분(2009년 기준), 영국 SAIDI 78.1분(2009년 기준)보다 월등하며, 싱가포르, 일본에 이어 세계 최고수준이라 할 수 있다. 그러나, 정전시간의 단축을 위해서는 많은 투자비용과 운용비용을 소요한다. 더욱이, 국내의 현 정전관리 수준에서 몇 분 단위의 정전시간을 더 단

축하기 위해서는 매년 점점 더 과중한 투자를 필요로 할 것이다. 국내의 현 정전관리 수준이 적당한지, 아니면 정전시간을 단축하기 위해 얼마큼의 비용을 더 투자해야 하는지는 본 논문에서 다루고자 하는 영역이 아니며, 경제성을 고려하여 합리적으로 결정할 문제이다.

싱가포르의 SAIDI(0.69분, 2008년 기준, 작업정전 제외)는 일본 평균(11분, 2007년 기준, 작업정전 제외)보다 짧으며 일본 내에서 가장 정전시간이 짧은 동경전력(2분, 2010년 기준, 작업정전 제외)보다도 짧다. 작업정전에 의한 정전을 제외하고 고장정전에 의한 국내 SAIDI는 6.9분(2008년 기준)이다. 싱가포르는 도시국가이기 때문에 국내 정전관리 수준과 비교하는 것은 무의미하다는 견해가 지배적이므로, 국내 정전관리 수준은 주로 일본을 그 비교대상으로 한다. 그러나, 동경전력이 전력을 공급하는 면적은 일본 전체 면적의 10.6%에 불과하지만 일본 총 인구의 34.7%가 전국 전력판매량의 32.5%를 차지하는 동경전력의 전력을 공급받는다. 즉, 일본 전력사 중에서는 동경전력이 수용가가 가장 밀집되어 있어 도시국가인 싱가포르와 전력계통 구성이 유사하다 할 수 있다. 국내 정전시간이 싱가포르보다 10배 길기 때문에 싱가포르와 동일한 정전시간을 기록하도록 정전관리 수준을 강화해야 한다는 논리에, 어느 누구도 쉽게 동의하지 못한다. 싱가포르는 수용가가 밀집된 도시국가이기 때문에 국내 SAIDI는 싱가포르에 도달할 수 없고, 도달할 수 있다 하더라도 너무 많은 비용이 소요될 것을 짐작할 수 있기 때문이다. 또한, 동경전력의 SAIDI에 근접하는 것도 싱가포르만큼은 아니더라도 쉬운 일은 아니다. 반대로 얘기하자면, 국내보다 약 9배 정전시간이 긴, 방대한 면적의 미국에서 정전시간을 국내 수준으로 단축시키는 것은 거의 불가능하다

* 정 회 원 : 강원대학교 전기공학과 조교수

† 교신저자 : 한양대학교 전기생체공학부 교수

E-mail : jokim@hanyang.ac.kr

접수일자 : 2011년 3월 29일

최종완료 : 2011년 8월 23일

할 수 있다.

넓은 면적에 수용가가 분산된 지역에 비해 좁은 면적에 수용가가 밀집된 지역의 수용가 공급신뢰도가 더 좋다는 것은 많은 연구에서 동의하고 있고, 실제 전력사 운영에도 수용가의 밀도 개념을 일부 차용하고 있다. 신뢰도 목표치에 따른 Risk 모델 연구에서는 면적당 인구수에 따라 SAIFI 지수의 목표치를 3단계로 구분하여 적용하고 있으며[1], 이탈리아에서는 북부지역과 남부지역의 수용가 밀도 차이를 고려하여 SAIDI 목표치를 서로 다르게 적용하고 있다[2]. 그렇지만 정전사고의 원인이 너무 다양하고 정전시간을 줄이기 위한 방안도 방대해서, 수용가 밀도와 신뢰도 사이의 정량적인 상관관계 연구는 거의 전무한 실정이다. 이에 본 논문에서는 배전계통 신뢰도 지수와 가장 연관성이 깊다고 판단되는 수용가 밀도를 새롭게 정의하였으며, 배전계통 신뢰도 연구에서 가장 많이 인용되는 사례연구 모의계통을 활용하여 수용가 밀도를 배전계통 신뢰도 지수에 적용하는 방법에 대해 논하였다.

2. 본 론

2.1 SAIDI 지수

5분 미만 혹은 몇 십초 단위의 짧은 정전사고는 배전계통 신뢰도 지수의 계산에 포함되지 않는다. 어느 정도의 지속 시간이 정전사고의 기준인지 여부는 각 국가나 전력사마다 다른 기준을 적용하고 있다. 계통의 평균 정전횟수를 표현하는 SAIFI 지수는 정전사고 기준시간에 따라 그 값에서 큰 차이를 보이기 때문에, 여러 전력사의 SAIFI 값을 비교하는 것은 자칫 큰 오류를 범할 수 있다. 반면, 계통의 평균 정전시간을 표현하는 SAIDI 지수에서는 짧은 지속시간의 정전사고가 SAIDI 값에 큰 영향을 미치지 않기 때문에, 정전사고 기준시간이 서로 다른 전력사라고 할지라도 SAIDI 값을 비교하는 것은 큰 문제가 발생하지 않는다. 따라서, 각 국가별로 수용가에 대한 전력공급 서비스의 수준을 평가하고 비교하는 지수로 SAIDI를 가장 많이 적용하고 있으며, 국내에서도 언론을 통해 매년 SAIDI 지수를 대외적으로 발표하고 있는 실정이다. SAIDI 지수를 수식으로 표현하면 식 (1)과 같다[3].

$$SAIDI = \frac{\sum_j (N_j \times r_j)}{N_T} = \sum_j \left(\frac{N_j}{N_T} \times r_j \right) = \sum_j (n_j \times r_j) \quad (1)$$

여기서, N_T 는 총 수용가수, N_j 는 j 번째 사고로 인해 정전을 경험한 수용가수, r_j 는 j 번째 사고로 인한 정전의 지속시간을 의미한다.

SAIDI 지수는 정전시간과 수용가수만 사용하여 계산되는 지수이며, 발전량, 수요량, 설비수, 인구수, 면적 등 계통의 다른 요소와는 무관한 지수이다. 또한, 동일한 계통에서 수용가수가 증가하면, N_T 는 증가하지만 정전사고시 N_j 도 같이 증가하므로 정전을 경험한 수용가의 비율 n_j 는 일정하다. 동

일한 설비가 있고 그 설비와 연계된 수용가수만 차이 난다면, 수용가가 분산된 지역에 비해 수용가가 밀집된 지역에서 계통설비가 고장날 때 더 많은 수용가가 정전을 겪지만 총 수용가수로 나누는 SAIDI 지수의 특성으로 인해 SAIDI 값은 수용가가 밀집된 지역이나 분산된 지역이나 동일한 값으로 계산된다. 예를 들면, 변압기 1대가 10가구에 전력을 공급하는 경우보다 변압기 1대가 100가구에 전력을 공급하는 경우 정전을 겪는 수용가수는 10배만큼 커지지만, 그 변압기의 고장으로 인한 SAIDI 값의 변화는 동일하다. 즉, SAIDI 지수는 계통의 규모와도 무관한 지수이므로, 정전사고에 대한 관리수준과 수용가 밀도가 전체적으로 균등한 계통이라면 계통 일부면에 대한 SAIDI 값과 계통 전체의 SAIDI 값은 동일하게 산출된다.

2.2 수용가 밀도

수용가 밀도로 가장 먼저 연상되는 개념은 면적당 인구수이다. 우선 인구수와 수용가수를 비교하자면, 배전계통 신뢰도 지수는 수용가수를 사용하여 계산하고 인구수는 신뢰도 지수와 무관하므로 수용가수가 신뢰도 지수에 적용하기에 더 적합하다.

단위 면적당 수용가수는 수용가 밀도를 표현할 수 있는 직관적인 개념이지만, 국내와 같이 산악지형이 국토의 많은 부분을 차지하는 국가나 사막지역이 존재하는 국가에는 적합하지 않다. 계통설비가 점유한 면적이나 수용가가 점유한 면적 정도 가능한 대안이지만, 본 논문에서는 송배전선로 길이에 주목하였다. 송배전선로는 길이가 길수록 내부적인 원인 뿐만 아니라 외부적인 원인으로 인해 고장이 자주 발생하므로, 수용가의 신뢰도 지수를 계산하기 위해 송배전선로의 고장데이터를 표현하는 단위로 가장 많이 사용되는 것은 [회/yr·km]이다[3]. 따라서, 본 논문에서는 수용가 밀도에 면적 대신 선로길이를 적용하였다. 또한, 다회선 선로로 인해 수용가 밀도가 감소하는 오류를 방지하기 위해 선로길이를 표현하는 방식 중 선로공장(route length)을 적용하였다. 본 논문에서 제안하는 수용가 밀도를 수식으로 표현하면 식 (2)와 같다.

$$\text{수용가 밀도} [\text{회}/\text{km}] = \frac{\text{수용가수} [\text{회}]}{\text{선로공장} [\text{km}]} \quad (2)$$

수용가 밀도는 1[km] 선로공장에 연결된 수용가수를 의미하며, 수용가 밀도가 높을수록 짧은 선로만으로 수용가에게 전력공급이 가능하므로 정전사고의 예방이나 관리가 용이하다.

제주도를 제외한 국내의 수용가 밀도는 45[회/km]고, 수용가 밀도가 가장 높은 경기도(서울, 인천 포함)는 83[회/km]다. 전라남도와 전라북도를 합한 전라도(광주 포함)는 가장 수용가 밀도가 낮아서 26[회/km]다. 또한, 싱가포르의 수용가 밀도는 국내의 약 189%, 일본 전체 수용가 밀도는 국내의 약 136%, 동경전력의 수용가 밀도는 국내의 약 175%로서, 전세계적으로 정전시간이 짧은 국가나 전력사는 국내에 비해 수용가 밀도가 높은 편에 속한다.

2.3 Weighted SAIDI

동일한 설비를 사용하고 동일한 수준의 정전관리를 유지 하더라도 수용가 밀도가 낮은 지역일수록 SAIDI 값은 더 크게, 즉 정전시간은 더 길게 산출된다. 국내의 경우도 경기도에 비해 전라도의 정전시간이 더 길 것으로 예상된다. 그러나, 전라도의 수용가 밀도가 경기도의 1/3 수준이므로 그에 반비례하여 전라도의 정전시간이 3배만큼 길어진다는 의미는 아니다. 계통의 구성형태, 전압레벨, 접지방식, 보호계전방식, 복구절차 등 다양한 변수가 영향을 미치고 선로길이와 무관한 정전의 원인도 존재하기 때문에, 수용가 밀도와 SAIDI의 관계가 정확히 반비례하지는 않는다.

수용가 밀도가 서로 다른 두 지역의 SAIDI가 모두 10분이라고 가정할 경우, 수용가 관점에서는 두 지역의 수용가 모두 1년 동안 평균적으로 10분의 정전을 경험하는 것은 동일하다. 그러나 정전을 최소화하기 위한 전력사의 노력을 평가하기 위해서는 다른 잣대를 들이댈 필요가 있다. 수용가 밀도가 낮은 지역의 전력사 A는 사고가 발생하지 않도록 유지보수를 더 자주 시행해야 하고 정전사고시 더 많은 설비와 인원을 동원해야 정전시간 10분에 도달할 수 있다. 따라서, 두 전력사의 SAIDI는 10분이라고 동일할지라도 수용가 밀도가 낮은 전력사 A는 수용가 밀도가 높은 전력사 B에 비해 정전을 관리하는 수준이 더 높다고 평가할 수 있다. 또한 다음 년도의 신뢰도 목표치를 설정하고자 하는 경우에도, 전력사 A는 전력사 B에 비해 조금 더 긴 정전시간을 목표값으로 설정하는 것이 타당하다. 이에 본 논문에서는, 전력사의 현재 정전관리 수준을 표현하거나 미래의 신뢰도 목표치에 활용할 수 있는 지수로 Weighted SAIDI (WSAIDI)를 식 (3)과 같이 제안한다.

$$WSAIDI = SAIDI \times \text{수용가 밀도}^k \quad (3)$$

모두 동일한 성능의 설비로 구성되어 있어 설비의 고장률이 동일하고 고장복구 방식이 동일하여 고장시간이 동일하다면, 수용가 밀도가 다를지라도 WSAIDI 값은 수용가 밀도와 무관하게 동일한 값으로 산출되어야 한다. 현 단계에서 승수 k 의 수학적 유도는 불가능한 것으로 판단되므로, 신뢰도를 평가하고자 하는 계통을 확장 또는 축소하거나 일부 계통을 분리하여 동일한 성능의 모의계통을 설정한 후 SAIDI 지수의 값을 비교하여 실험적으로 k 값을 유도해야 한다. i 번째 모의계통에 대해 WSAIDI _{i} 를 계산한 후, 여러 WSAIDI _{i} 값 사이의 오차는 최소자승법을 적용하여 식 (4)와 같이 산출할 수 있다. 단, $i = 0$ 는 해당 계통의 원래 형태 그대로를 의미한다.

$$\delta = \frac{\sum \sqrt{(WSAIDI_i - WSAIDI_0)^2}}{\sum WSAIDI_0} \quad (4)$$

따라서, 신뢰도를 평가하고자 하는 계통에 적합한 승수 k 는 식 (4)의 오차가 최소가 되는 값을 선정해야 하며, 승수 k 가 결정되면 식 (3)을 통해 WSAIDI를 계산할 수 있다.

2.4 사례연구

수용가 밀도와 승수 k 를 결정하고 최종적으로 WSAIDI를 계산하는 하나의 예로서, 그림 1과 같은 RBTS(Roy Billinton Test System) 2번 모선의 배전계통을 대상으로 하였다[4,5].

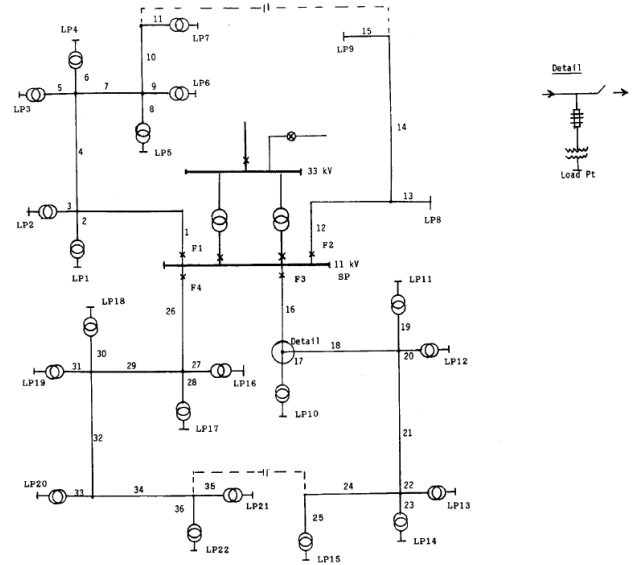


그림 1 RBTS 2번 모선 배전계통
Fig. 1 Distribution system of bus 2 in RBTS

사례연구 배전계통은 그림 1의 계통도에서 점선으로 표현된 N/O switch가 설치되어 있고, 그림 1의 우측 Detail 부분에 표시된 바와 같이 각 부하점마다 변압기와 함께 disconnect와 fuse가 모두 설치되어 있다. 단, 고압 대규모 수용가인 부하점 8과 부하점 9는 변압기 없이 전력을 수전한다. N/O switch, disconnect, fuse 총 3종류의 계통보호설비가 설치되어 있고 변압기 고장시에는 수리를 하는 대신 예비변압기로 교체를 한다고 가정하였으므로, 이와 같은 계통구성은 참고문헌 [6]에서는 ‘case E’에 해당한다. 또한, 자세한 배전계통 모델링을 위해 참고문헌 [6]의 ‘case E’에 추가하여, main breaker의 active, passive 고장과 11kV 전원측 등가 신뢰도 지수(참고문헌 [6]의 Table 10)도 같이 고려하였다. 모선, 변압기, 배전선로, main breaker의 고장률, 고장시간과 부하점 별 수요량, 수용가수, 그리고 배전선로 길이 등 기본 데이터는 참고문헌 [6]에 자세히 언급되어 있으므로, 본 논문에서는 이에 대한 언급은 생략하도록 한다.

본 사례연구에서 WSAIDI를 구하고자 하는 계통은 참고문헌 [6]의 기본 데이터를 그대로 적용한 계통이다. 이를 ‘기본 계통’이라고 표현하였으며 $i = 0$ 에 해당한다. WSAIDI를 계산하기 전에 승수 k 를 먼저 선정하기 위해, 기본 계통을 축소한 ‘집중 계통’($i = 1$)과 기본 계통을 확장한 ‘분산 계통’($i = 2$)을 가정하였다. 수용가가 집중되어 수용가 밀도가 높은 집중 계통은 배전선로 중 lateral을 제외한 feeder의 길이를 절반으로 축소하였으며, 수용가가 분산되어 수용가 밀도가 낮은 분산 계통 feeder의 길이를 2배로 확장하였다. 기

본 계통, 집중 계통, 분산 계통에 대해 SAIFI와 SAIDI, 수용가 밀도를 계산하면 표 1과 같다.

표 1 3종류 계통의 신뢰도 지수와 수용가 밀도

Table 1 Reliability indices and customer density of three systems

	집중 계통 $i = 1$	기본 계통 $i = 0$	분산 계통 $i = 2$
SAIFI[회/호·yr]	0.206	0.323	0.556
SAIDI[시간/호·yr]	0.539	0.846	1.462
수용가밀도[호/km]	145.9	73.0	36.5

완전히 동일한 성능의 설비로 구성되어 있고 고장시 복구 시간도 완전히 동일하지만, 수용가가 분산된 계통일수록 수용가의 공급신뢰도가 나쁘게 (신뢰도 지수의 크기가 크게) 산출된다. 집중 계통과 분산 계통의 수용가 밀도는 기본 계통에 비해 각각 200%, 50% 수준이지만, SAIDI 값은 각각 64%, 173%에 불과하다. 즉, 수용가 밀도와 SAIDI는 정확히 반비례하지는 않는다.

본 사례연구 배전계통에 적합한 승수 k 를 결정하기 위해, k 값에 따른 식 (4)의 오차와 그 때의 WSAIDI를 계산하면 표 2와 같다.

표 2 승수 k 에 따른 오차와 WSAIDI

Table 2 Error and WSAIDI by multiplier k

k	오차 δ	WSAIDI		
		집중 계통	기본 계통	분산 계통
0.7	7.170	17.63	17.05	18.13
0.71	6.932	18.53	17.80	18.79
0.72	6.848	19.47	18.58	19.48
0.73	6.925	20.47	19.39	20.19
0.8	10.833	29.01	26.18	25.98

본 사례연구 배전계통에서는 0.72가 가장 적합한 승수 k 의 값이다.

표 2에서 구한 k 값과 함께 WSAIDI의 활용방법을 구체적으로 언급하기 위해, 표 1과 표 2의 기본 계통을 '전력사 I이 운영하는 계통 I'이라고 부르고, 계통 I에 비해 수용가 밀도가 1.5배인 계통을 '전력사 II가 운영하는 계통 II'라고 부르기로 하자. 임의의 년도에서 계통 I과 계통 II의 SAIDI 지수가 우연히 0.5[시간/호·yr]로 동일하게 산출되었다면, 그 결과는 표 3과 같다.

표 3 두 전력사의 비교 예제

Table 3 Example to compare between two utilities

	계통 I	계통 II	계통 II'
SAIDI[시간/호·yr]	0.500	0.500	0.373
수용가 밀도[호/km]	73.0	109.5	109.5
WSAIDI	10.98	14.70	10.97

전력사 I을 통해 수전하는 수용가와 전력사 II를 통해 수전하는 수용가의 SAIDI 값은 모두 0.5시간으로 동일하며, 실제로 두 지역의 수용가가 겪는 정전시간은 동일하므로

SAIDI 지수는 수용가 입장에서는 탁월한 지수라 할 수 있다. 그러나 전력을 공급하는 전력사 입장에서는, 예상보다 많은 사고가 발생하였거나 복구시간이 길어지는 등의 이유로 인해 전력사 II의 정전관리 수준이 전력사 I보다 낮다. 전력사 II는 표 3의 계통 II'과 같이 SAIDI 0.373 시간을 기록해야 전력사 I과 동일한 수준으로 정전을 관리한다고 할 수 있다. 즉, 전력사 II가 전력사 I과 동일한 수준의 정전관리를 하고자 한다면, 차년도 SAIDI 지수는 0.373 시간을 목표로 해야 한다.

수용가 입장에서는 WSAIDI를 활용하는 방법은 다음과 같다. 전력사 II의 수용가가 전력사 I의 수용가와 정전시간이 동일하다면 이는 오히려 전력품질이 더 낮다고 평가해야 한다. 전력사 II의 수용가는 계통구조상 서로 밀집해 있기 때문에 정전시간이 더 짧아야 하는 것이 당연하지만, 전력사 II의 낮은 정전관리 수준으로 인해 더 낮은 서비스를 받고 있는 셈이다. 또한 반대로 얘기하자면, 전력사 I의 수용가는 서로 분산되어 있는 계통구조상 특성으로 인해 정전시간이 다소 길수 있음을 염두에 두어야 한다. 전력사 I의 수용가 정전시간이 0.5 시간이고 전력사 II의 수용가 정전시간이 0.373 시간이라면, 전력사 I의 수용가는 자신의 전력품질이 더 낮다고 평가하지 말고 전력품질이 동일한 수준이라고 평가해야 한다.

3. 결 론

본 논문에서는 전력 품질을 대표하는 지수로서 일반 대중에게 가장 널리 알려진 SAIDI 지수의 단점을 지적하였다. SAIDI 지수는 수용가가 실제로 겪는 정전을 평균값으로 표현한 지수로서는 부족함이 없다. 그러나, 전력계통에서 고장으로 인한 정전사고는 수용가가 얼마나 밀집되어 있는지에 영향을 받는다. 수용가 밀도가 서로 다른 지역끼리 단순히 SAIDI 지수의 값으로 서로의 전력 품질을 비교하는 것은, 높은 수준의 전력 품질을 폄하하거나 낮은 수준의 전력 품질을 과대 평가하는 오류를 범할 수 있다. 이에 본 논문에서는 수용가수를 선로공장으로 나눈 수용가 밀도를 새롭게 정의하였으며, 수용가 밀도로 기존 SAIDI 지수를 수정한 WSAIDI 지수를 새롭게 제안하였다.

전력사는 WSAIDI 지수를 통해 다른 전력사와 비교하여 현재 정전관리 수준을 평가할 수 있으며, 차년도 신뢰도 계획에 있어서 WSAIDI 지수를 활용하여 더욱 합리적인 목표치 설정을 기대할 수 있다. 또한 WSAIDI 지수는, 수용가가 자신이 수전하는 전력의 품질을 좀 더 객관적으로 비교, 평가할 수 있는 기반이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

[1] D. J. Pearson, etc, "Risk Assessment Model for Distribution System Reliability", CIRED 97, no. 438, pp. 6.38.1-6.38.4, 1997.
 [2] V. Ajodhia, etc, "Experience with Regulation of Network Quality in Italy, the UK and the Netherlands", Electrical Power Quality and Utilisation, vol. 2, no. 1, pp. 3-9, 2006.

- [3] R. Billinton, etc, Reliability Evaluation of Power Systems, Plenum Press, 1996.
- [4] I. S. Bae and J. O Kim, "Reliability Evaluation of Distributed Generation Based on Operation Mode", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 22, pp. 785-790, 2007.
- [5] I. S. Bae and J. O Kim, "Reliability Evaluation of Custsomers in a Microgrid", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 23, no. 3, pp. 1416-1422, 2008.
- [6] R. N. Allan, etc, "A Reliability Test System for Educational Purposes - Basic Distribution system Data and Results", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 6, no. 2, pp. 813-820, 1991.

저 자 소 개



배 인 수 (裴 引 洙)

1975년 2월 14일생. 1998년 한양대 전기공학과 졸업(학사). 2003년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업(공박). 현재 강원대 공학대학 전기공학과 조교수

Tel : 033-570-6347

E-mail : isbae@kangwon.ac.kr



김 진 오 (金 鎭 喆)

1956년 1월 17일생. 1980년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1983년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 12월 Texas A&M 대학교 전기공학과 졸업(공박). 현재 한양대전기생체공학부 교수.

Tel : 02-2290-0347

E-mail : jokim@hanyang.ac.kr