가치산정법에 의한 전력품질비용 산정 및 단일화지수의 개발

논 문

60-7-1

Evaluation of Power Quality Cost Based on Value-Based Methodology and Development of Unified Index

이 범* · 김 경 민*

(Buhm Lee · Kyoung Min Kim)

Abstract - This paper presents an Unified Index which can evaluate a performance of a distribution system based on value-based methodology. Reliability cost and voltage sags cost are calculated for each load point using Reliability Sector Customer Damage Function(SCDF). Aging cost is calculated for each load point using Aging SCDF. Power loss cost and operation cost are calculated for the system. By summation of each cost of load point and system, power quality cost can be obtained. Finally, this paper developed an unified index which can show the performance of a distribution system. Presented method has been applied to a real system, the usefulness of the method has been verified.

Key Words : Value-based methodology, Power quality, Unified index, Reliability, Harmonics, Voltage sags

1. 서 론

최근 여수국가산단이 정전으로 상당한 피해를 입는 등, 전력공급을 포함하는 전력품질의 문제가 대두되고 있다. 현재, 우리나라의 전력수용가 대부분은 독립적인 계통을 운영하는 것이 아닌 전력회사로부터 전력을 공급받아 운전하고 있으며, 이를 보완하기 위해 자가발전설비를 운용하는 등 안정적인 전력공급을 시도하고 있다. 또한, 고조파 등 전력의 파형과 관련한 품질도 문제가 되고 있다.

전력의 신뢰도를 포함하는 전력의 품질을 평가함에 있어, 양질의 전력은 무정전, 정전압, 정주파수, 깨끗한 전기 파형을 들 수 있다. 하지만, 완벽한 전력의 공급은 불가능하기 때문에 전력의 품질의 저하는 불가피하며, 어느 정도의 품질 인지를 판단하기 위해서 IEEE에서 신뢰도 및 지수[1], 전압 및 주파수 허용치[2], 전압 Sag 및 지수[3], 고조파 및 지수[4] 등을 표준으로 제정하고 있다. 다만, 상기의 전력품질 중 주파수의 경우는 전력계통 전체에서 동일하기 때문에, 배전 계통의 평가에 반영하기는 힘든 것으로 판단된다.

상기의 평가방법으로 운용중인 배전계통을 평가하면, 각 평가방법의 관점에서 배전계통의 성능을 평가할 수 있다. 일례로 고장빈도 및 고장지속시간을 실측하고 집계하여 신뢰도지수를 계산하면, 운용중인 배전계통의 연간 고장빈도와 연간 고장지속시간이 얼마나 되는지 등을 판단할 수 있다. 하지만 이들 평가는 운용중인 배전계통이 어떤 부분에서 어느 정도 신뢰할 만한가를 설명할 수 있을 뿐, 배전계통의 신뢰도를 종합하여 설명하기는 힘들다. 전력 품질의 다른 요

소도 특정한 관점에서 평가가 가능하며, 신뢰도와 같은 이유로 종합적인 설명은 힘든 실정이다. 특히, 이들 신뢰도를 포함한 전력 품질을 종합하여 배전계통의 성능을 하나의 평가 기준으로 평가하는 것은 매우 힘든데, 가장 큰 이유로는 각 품질요소별 상이한 단위에 있다고 할 수 있다.

IEEE 표준으로 정한 평가방법 이외에 가치평가에 대한 연구가 진행되고 있는데, 지금까지 주로 정전비용에 대한 연구가 이루어지고 있다. 정전에 대한 가치평가는 어떤 특징을 갖는 부하에 어느 시간의 정전이 발생했을 때 얼마의 손실이 발생한다는 것으로 Billinton 등[5]에 의해 시도된 이래, 현실에 적합하게 표의 형태로 나타낸 SCDF[6]의 형태로 시도되었으며, 우리나라를 대상으로 하는 연구[7]도 이루어지고 있다. 이 이외에도 전압 Sag를 비용으로 평가하는 연구[8], 고조파를 비용으로 평가하는 연구[9]가 이루어지고 있다.

본 연구에서는 앞서 설명한 전력 품질을 비용으로 평가하는 방법에서 더 나아가, 배전계통의 전력 품질을 각각 비용으로 평가하고, 이를 종합화하여 단일화지수로 나타내는 방법을 제시하였다. 신뢰도와 관련하여, 확률론적 방법[10]으로 부하점의 신뢰도를 예측 계산하고, 신뢰도와 관련한 SCDF를 정의하였으며, 계산된 신뢰도로 부하점별 신뢰도비용을 산정할 수 있도록 하였다. 신뢰도와 마찬가지로 전압 Sag와 관련하여, 확률론적 방법으로 부하점의 전압 Sag를 예측 계산[11]하고, 전압 Sag와 관련한 SCDF를 정의하였으며, 계산된 전압 Sag로 부하점별 전압 Sag비용을 산정할 수 있도록 하였다. 기기노후와 관련하여, 고조파조류계산을 통하여 부하점별 고조파지수를 계산하고, 고조파와 관련한 SCDF를 정의하였으며, 계산된 고조파지수로 부하점별 기기노후비용을 산정할 수 있도록 하였다. 이들 연구를 위하여 저자들은 기초적인 연구[12,13]를 진행한 바 있다.

이들 산정된 전력품질비용과 전력손실, 배전계통의 운전 비용을 종합하여 배전계통을 운전하는데 발생하는 연간비용을 산정하고, 이들 비용으로 배전계통의 성능을 평가하는 단

* 교신저자, 정회원 : 전남대 공학대 전기전자통신컴퓨터공학부 교수

E-mail : buhmlee@chonnam.ac.kr

* 정 회 원 : 전남대 공학대 전기전자통신컴퓨터공학부 교수
접수일자 : 2011년 3월 14일
최종완료 : 2011년 6월 21일

일화지수를 개발하였다. 본 단일화지수는 배전계통을 하나의 지수로 평가하여, 종합적으로 어느 정도의 성능인지를 판단할 수 있고, 가격대 성능비를 판단하는데 크게 도움이 될 것으로 기대된다. 기존의 연구가 종합적인 전력품질비용을 산정한 데 반하여, 본 연구에서는 이를 0-1로 나타낼 수 있는 전력품질지수를 개발하여 기존의 개개 전력품질지수처럼 지수단위로 나타낸 장점이 있다. 특히, 배전계통의 설계, 확충 등에 다양한 설계안을 제시하고, 그중 최적안을 결정할 수 있어, 공사입찰 등에 활용이 가능하다 하겠다. 본 연구에서 개발한 방법을 현재 우리나라에서 운영중인 대형 배전계통에 적용하여 그 유용성을 검증하였다.

2. 전력품질의 산정

배전계통의 전력품질은 신뢰도, 전압 Sag/Swell, 고조파, 전압변동 등을 들 수 있으며, 이들 전력품질은 각 부하점에 서 측정이 가능하다. 이들 전력품질은 수용가에게 기기오동작, 기기노후, 손실 등의 영향을 미치게 된다.

2.1 확률론적 신뢰도 및 전압 Sag의 산정

(1) 측정에 의한 신뢰도 및 전압 Sag의 산정

전력품질 중 신뢰도와 전압 Sag를 산정하기 위해서는 부하점에서 이들을 측정함으로써 얻어진다. IEEE에서는 신뢰도를 계산하기 위해서 IEEE Std 1366[1]를, 전압 Sag를 계산하기 위해서 IEEE Std 1159[2]와 IEEE P1564[3]를 제정하여 운영하고있으며, 이들 신뢰도와 전압 Sag 및 이들 지수는 부하점에서 측정된 값에 의존하여 계산하고 있다. 이들 표준의 가장 큰 어려움은 현존하는 계통을 대상으로 하기 때문에, 계획단계에 있는 계통을 대상으로 신뢰도 및 전압 Sag를 예측하는 것은 매우 어렵다.

(2) 계획중인 계통에 대한 확률론적 신뢰도의 산정

계획단계에 있는 계통에 대한 부하점의 신뢰도를 계산하기 위하여, Roy Billinton[10] 등은 확률론적 방법으로 신뢰도를 계산할 수 있는 방법을 제시하였다. 구체적으로, 연간 부하점 i 에서 발생하는 기기의 지속고장율 λ_i^s [fr/yr], 순간고장율 λ_i^M [fr/yr], 지속시간 r_i^s [h]을 도출한 다음, 이로부터 부하점의 신뢰도를 계산하는 방법이다. 계산방법으로 루프계통에 효과적인 Failure Mode & Effective Analysis (FM&EA)[10]를 사용하였으며, 순간고장율은 차단기의 재폐로를 감안하여 계산하는 연구[11]가 있어 왔다.

(3) 계획중인 계통에 대한 확률론적 전압 Sag의 산정

계획단계에 있는 계통에 대한 부하점 i 에서의 전압 Sag $\lambda_i^{sag x}$ [fr/yr] (x [%] Sag($x=50,70,90$))를 계산하는 방법은 현재까지 확립되어 있지 않으며, 재폐로를 감안하여 계산하는 연구[11]가 시도되어 왔다.

2.2 고조파 및 전압변동의 산정

신뢰도와 전압 Sag가 공급의 지장이라면, 고조파 및 전압변동은 전력이 공급은 가능하나 깨끗하지 않은 파형과 전압의 크기로 인해 수전부의 피해가 있는 것이라 할 수 있다.

(1) 고조파 및 전압변동의 산정

고조파와 전압변동 역시 부하점에서 측정이 가능하다. IEEE Std. 519[4]는 2-50조파로 정하고 있으며, 최근의 측정기는 64조파 이상의 고조파까지도 측정이 가능하다. IEEE Std. 519는 이를 지수로 나타내는 방법을 명시하고 있으며, THD 등을 사용하여 고조파를 나타낼 수 있다. 전압변동 역시 측정에 의해 가능하며, IEEE Std. 1159[2]에 의해 정해져 있다.

(2) 계획중인 계통에 대한 고조파 및 전압변동의 산정

계획단계에 있는 계통에 대한 부하점의 고조파 및 전압변동을 계산하기 위해서는 PSS/Sincal 과 같은 배전계통 계산용 소프트웨어로 계산이 가능하다. 신뢰도 및 전압 Sag가 확률론적 방법으로 계산하는 것과 달리 고조파 및 전압변동은 확정론적 방법에 의해 계산이 가능하다.

3. 전력품질비용의 산정 및 단일화 지수

3.1 전력품질저하에 따른 요소별 비용의 산정

전력품질저하에 따른 전력품질비용을 산정하기 위하여 본 연구에서는 기기오동작, 기기노후, 손실, 운전의 특성별로 나누고, 이들의 비용을 산출하였다.

3.1.1 기기오동작 관련

전력품질이 나빠지면 기기오동작이 발생하게 되는데, 직접적으로 정전을 유발하는 신뢰도와 급격한 전압강하로 영향을 미치는 전압 Sag를 들 수 있다. 기기오동작과 관련하여, 본 연구에서는 신뢰도, 전압 Sag, 고조파, 전압변동을 SCDF를 사용하여 비용으로 산출하였다. 단, 여기서 Sag는 일정 크기를 초과하는 것을 기기오동작으로 취급하였다. 이외에도 고조파 및 전압변동이 커지면 정전으로 취급할 수 있는데, IEEE Std. 1159[2]에서 이를 정하고 있다.

(1) 신뢰도

$$MR_s = \sum_{i=1}^N L_i \{SR(r_i^s) \lambda_i^s\} \text{ [천원/yr]} \quad (1)$$

$$MR_M = \sum_{i=1}^N L_i \{SR(r_i^M) \lambda_i^M\} \text{ [천원/yr]} \quad (2)$$

(2) 전압 Sag

$$MS = \sum_{i=1}^N L_i \{SR(r_i^{sag x}) \lambda_i^{sag x}\} \text{ [천원/yr]} \quad (3)$$

(3) 고조파

$$MH = \sum_{i=1}^N L_i \{SR(r_i^H)\} \text{ [천원/yr]} \quad (4)$$

(4) 전압변동

$$MD = \sum_{i=1}^N L_i \{SR(r_i^D)\} \text{ [천원/yr]} \quad (5)$$

여기서,

$SR(r_i^*)$: i 부하점에서의 기기오동작 관련 SCDF

- λ_i^* : i 부하점에서의 고장빈도[fr/yr]
 r_i^* : i 부하점에서의 고장지속시간[hr]
 (단, 고조파와 전압변동은 지속적인 공급중단)
 L_i : i 부하점에서의 부하[MW]
 N : 부하점의 수
 S : 지속고장 확률
 M : 순간고장 확률
 $sag\ x$: x [%]의 Sag가 발생하는 확률
 H : 고조파
 D : 전압변동

3.1.2 기기노후 관련

고조파는 기기의 수명에 영향을 미치며, 특히 콘덴서와 같은 기기는 고조파에 민감하다. 고조파는 기기노후로 인한 피해를 직접적으로 미치는 품질요인이라 할 수 있다. 이 외에도 기기의 수명에 영향을 미치는 요인들이 있겠으나, 상대적으로 미미하여 본 연구에서는 고려하지 않았다. 기기노후와 관련하여, 본 연구에서는 고조파로 인한 기기노후비용을 SCDF를 사용하여 비용으로 산출하였다.

$$AH = \sum_{i=1}^N \{SH(THD_i)\} \text{ [천원/yr]} \quad (6)$$

여기서, $SH(THD_i)$: i 부하점에서의 고조파 관련 SCDF

3.1.3 손실 관련

계통을 운용하면, 손실이 발생하게 된다. 직접적인 유효전력 손실과 고조파에 의해 유발되는 유효전력 손실을 들 수 있으며, 이들 손실은 조류계산 및 고조파조류계산을 통해 얻어질 수 있다. 손실과 관련하여, 본 연구에서는 유효전력손실, 고조파로 인해 유발되는 유효전력손실을 비용으로 산출하였다.

$$LP = U_{price} \sum_{t=1}^{24 \times 365} \sum_{i=1}^N \{P_{loss\ i,t}\} \text{ [천원/yr]} \quad (7)$$

$$LH = U_{price} \sum_{t=1}^{24 \times 365} \sum_{i=1}^N \{PH_{loss\ i,t}\} \text{ [천원/yr]} \quad (8)$$

여기서,

U_{Price} : 전력단가[천원/kWh]

$P_{loss\ i,t}$: 유효전력 손실[kWh]

$PH_{loss\ i,t}$: 고조파에 의해 유발되는 유효전력 손실[kWh]

3.1.4 운전비용

앞서 설명한 비용 이외에, 본 연구에서는 계통 운전과 관련하여 발생하는 비용을 산출하였다.

$$OP = \sum_{m=1}^M \{Exp_m / Life_m + Oper_m\} \text{ [천원/yr]} \quad (9)$$

여기서,

Exp_m : m 설비를 확충하는데 필요한 비용

$Life_m$: m 설비의 수명

$Oper_m$: m 설비의 운전비용

M : 설비의 수

3.2 전력품질의 단일화 지수

본 연구에서는 각각의 운전비용을 종합하여 전력품질비용을 산정하고, 전력품질비용으로부터 전력품질 단일화 지수를 도출하였다.

3.2.1 전력품질비용의 산정

전력품질의 저하에 따라 발생하는 비용을 집계하여 전력품질비용을 산정하였다.

$$COST = MR_s + MR_M + MS + MH + MD + AH + LP + LH + OP \text{ [천원/yr]} \quad (10)$$

3.2.2 전력품질 단일화지수

본 연구에서는 전력품질비용으로부터 단일화지수를 산정하기 위해서 이상적인 전력품질비용과 최악의 전력품질비용을 정하고, 이를 기준으로 하여 전력품질 단일화지수를 산정하였다.

(1) 발생 가능한 전력품질최대비용의 결정

배전계통의 특성을 분석하여 전력품질최대비용을 계산하거나, 배전계통 운영자가 감내할 수 있는 최대의 비용을 전력품질최대비용으로 정한다. 대부분의 경우, 전력품질최대비용은 임의로 정하게 되며, 다만 다수의 안을 계산하고 비교하는 경우에는 동일한 전력품질최대비용을 사용해야 한다.

(2) 단일화지수

전력품질 단일화지수는 다음과 같이 계산할 수 있으며, 계산결과는 0~1 사이로 표시된다.

$$\text{전력품질단일화지수} = \frac{\text{전력품질최대비용} - \text{계산된 전력품질비용}}{\text{전력품질최대비용}} \quad (11)$$

(3) 배전계통 확충계획에 적용

본 단일화 지수는 배전계통 확충계획에 적용할 수 있으며, 각 설계안별로 전력품질비용을 산정한 다음, 동일한 전력품질최대비용을 사용하여 전력품질단일화지수를 산정하면, 지수의 크기로 설계안의 성능을 판단할 수 있다. 특히, 각 대체안별로 동일한 전력품질최대비용을 사용함으로써, 동일한 잣대로 대체안별 성능을 평가할 수 있다. 또한, 이 지수를 사용하여 입찰 등에서 성능평가를 하게 되면, 보다 공정한 평가가 가능하다.

4. 사례연구

4.1 모델 계통

본 연구에서는 그림 1과 같은 모델계통을 사용하였으며, 각 부하점에는 표 1과 같은 부하를 갖는다. 또한 이와 관련한 기기의 각종 데이터는 IEEE에서 제시하는 값[14]을 참조하여 계산하였으며, 본 모델의 세부적인 자료는 전력품질비용과 관련된 사전연구[11]에서 제시된 내용과 같다.

그림 1 모델 배전계통
Fig. 1 Model distribution system

표 1 부하점의 부하
Table 1 Loads at each load point

부하점	부하(유도성) [kW]	부하(기타) [kW]	고조파입력 [A]	부하형태
LPs of A	14,190	54,808	920	사무실
LPs of B	35,370	67,774	1200	산업용
LP 1	20,000	19,000	450	사무실
LP 2	37,000	16,000	750	산업용
LP 3	23,000	29,000	600	상업용
LP 4	0	12,000	150	사무실

4.2 SCDF

SCDF는 실제의 조사를 통해 가능하나, 전기사업자와 수전계통의 입장이 다르고, 수전계통 마다의 입장 역시 차이가 있어, 향후 우리나라의 실정에 맞는 많은 연구를 필요로 한다. 우리나라와 관련된 정전비용 연구[7]이 있으나 시험단계인 점을 감안하여, 본 연구에서는 기존에 연구되어 있는 신뢰도 및 전압 Sag와 관련된 기기 오동작 관련 SCDF[6,8]와 고조파와 관련된 기기 노후 관련 SCDF[9]를 도입하여 사용하였다. 향후, 우리나라와 관련된 정전비용 연구가 지속적으로 이루어지고, 검증되면 우리나라 여건에 보다 적합한 정전비용을 사용할 예정이다. 기기 오동작 관련 SCDF는 표 2에, 기기 노후 관련 SCDF는 표 3에 나타내었다.

표 2 SCDF(기기 오동작 관련)
Table 2 SCDF(Related to Mis-Operation)

부하 종류	Sag	[천원]				
		0-1[hr]	20[hr]	60[hr]	240[hr]	480[hr]
1 대규모	0.039	0.854	1.282	1.891	3.373	7.004
2 산업용	0.064	1.381	3.288	7.722	21.39	47.44
3 상업용	0.013	0.324	2.524	7.269	26.62	70.56
4 농사용	0.003	0.051	0.292	0.552	1.754	3.502
5 주거용	0.001	0.001	0.079	0.410	4.177	13.34
6 행정용	0.002	0.037	0.314	1.268	5.574	22.13
7 사무실	0.170	4.061	8.396	17.90	58.51	101.3

표 3 SCDF(기기 노후 관련)
Table 3 SCDF(Related to Aging)

THD	직렬연결				병렬연결				
	배전선로	케이블	모터부하	용량부하	THD	배전선로	케이블	모터부하	용량부하
1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	3.0	3.0	3.0	7.0
1.5	0.5	0.5	0.5	1.0	4.5	3.5	4.0	4.0	9.0
2.0	1.0	1.0	1.0	2.0	5.0	4.0	5.0	5.0	11.0
2.5	1.5	1.5	1.5	3.0	5.5	5.0	6.0	6.5	14.5
3.0	2.0	2.0	2.0	4.0	6.0	6.0	7.0	8.0	18.0
3.5	2.5	2.5	2.5	5.5	6.5	8.0	9.0	10.0	24.0

4.3 전력품질비용의 산정 및 단일화 지수

4.3.1 전력품질비용의 산정

우선, 기기오동작관련 비용을 식(1-5)로 계산하여 표 4에 나타내었으며, 기준을 초과하는 전압 및 고조파는 발생하지 않았기 때문에, 이와 관련한 비용은 '0'으로 처리하였다.

표 4 전력품질관련 비용(기기 오동작)
Table 4 Costs related to Power Quality(Mis-Operation)

	신뢰도		전압Sag	고조파	전압변동
	MR _S	MR _M	MS	MH	MD
LPs(A)	83888	60516	110,581	0	0
LPs(B)	51214	30856	62,232	0	0
LP 1	199599	34268	62,504	0	0
LP 2	101440	15836	31,978	0	0
LP 3	119428	3645	6,372	0	0
LP 4	61415	10544	19,232	0	0
총비용	616984	155665	292,899	0	0

기기노후관련 비용은 식(6)에 의해 계산하였으며, 케이블류는 30년의 수명을, 주변압기는 20년의 수명을, 부하관련기기는 10년의 수명을 적용하여 연간비용을 계산하였다. 손실은 조류계산 및 고조파조류계산을 사용하여 계산하였고, 계산된 손실을 식(7) 및 식(8)로 계산하여 연간비용을 계산하였다. 계통확충과 관련하여, 스위치류는 30년의 수명을, 기타관련기기는 50년의 수명을, 보수는 매년 발생하는 비용을 사용하여 식(9)로 연간비용을 계산하였다. 이들 각 요소별 전력품질비용을 식(10)에 의해 총괄한 연간 총 전력품질비용을 표 5에 기기오동작관련 비용과 함께 나타내었다.

표 5 총 전력품질비용

Table 5 Total Power Quality cost

[단위: 천원]

		전력품질비용	비 고
기기오동작	신뢰도(연속)	616,984	
	신뢰도(순간)	155,665	
	전압 Sag	292,899	
	전압	0.	
	고조파	0.	
노 후	고조파	59,045	년간 비용
손 실	유효전력	3,186,800	5,197kWh, 년간
	고조파영향	87,074	142kWh, 년간
운 전	운전비용	1,052,000	년간 비용
총 비용		5,450,467	

4.3.2 단일화 전력품질지수의 산정

단일화 된 전력품질지수를 산정하기 위해서는 전력품질최대비용을 필요로 한다. 본 연구에서는 전력품질비용을 다음과 같이 정하였다.

전력품질최대비용: 10,000,000[천원]

전력품질단일화지수 = 0.455

본 전력품질비용단일화지수 0.455가 놓여진 비용측면에서의 계통성능을 의미한다.

4.4 대체안을 사용한 경쟁력 평가

본 연구에서는 앞서 사용한 모델을 [시행안]으로 정하고, 그림 2와 같이 [대체 1안]과 [대체 2안]을 추가하여, 서로 간의 경쟁력을 평가하였다.

그림 2 대체 배전계통

Fig. 2 Alternative distribution system

3가지 대체안을 사용한 총 전력품질비용을 표 6에 나타내었으며, 각 대체안별 전력품질지수를 표 7에 나타내었다.

표 6 총 전력품질비용

Table 6 Total Power Quality cost

[단위: 천원]

		전력품질비용 (시행안)	전력품질비용 (대체 1안)	전력품질비용 (대체 2안)
기기 오동작	신뢰도(연속)	616,984	651,295	718,848
	신뢰도(순간)	155,665	208,835	284,053
	전압 Sag	292,899	292,734	281,427
	전압	0.	0.	0.
	고조파	0.	0.	0.
노 후	고조파	59,045	137,975	54,725
손 실	유효전력	3,186,800	6,447,798	3,258,544
	고조파영향	87,074	122,026	79,102
운 전	운전비용	1,052,000	734,000	1,021,000
총 비용		5,450,467	8,594,663	5,697,699

표 7 단일화 전력품질지수

Table 7 Unified Power Quality Index

	시행안	대체 1안	대체 2안	비 고
단일화 전력품질지수	0.455	0.141	0.430	

상기와 같이 3개의 안에 대한 단일화 전력품질지수를 통해 3개안에 대한 비교 평가가 용이하게 되었으며, 현재 시행하는 안이 전력품질지수가 0.455로 높아 가장 우수한 안임을 알 수 있다. 대체 1안의 경우 초기비용은 작게 드나, 운전비용의 파다로 0.141의 지수를 나타내는데 그치고 있다. 대체 2안은 0.430로 시행안에 가장 유사하나, 시행안보다 성능이 떨어짐을 나타내고 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 배전계통의 전력품질을 단일화지수로 표시하는 방법을 제시하였다. 이를 위하여,

(1) 전력품질을 기기오동작, 기기노후, 손실의 요소로 분리하였으며, 확률론적 방법을 도입하여 설계중인 계통에 대한 전력품질을 예측할 수 있도록 하였다. 구체적으로, 기기오동작과 관련하여 확률론적으로 각 부하점에 대한 신뢰도 및 전압 Sag를 예측 계산하였으며, 조류계산 및 고조파조류계산을 사용하여 부하점별 전압강하 및 고조파지수를 예측 계산하였다.

(2) 기기오동작 및 기기노후와 관련한 SCDF를 도입하고, 이를 사용하여 가치산정법으로 전력품질비용을 계산하는 방법을 제시하였다. 또한, 손실비용 및 운전비용을 계산하였으며, 이들 비용을 종합화하여 전력품질비용을 산출하였다.

(3) 전력품질비용을 0~1의 값으로 나타낼 수 있는 전력품질지수를 개발하였으며, 개발된 전력품질지수로 배전계통의 성능을 평가할 수 있도록 하였다.

(4) 우리나라에서 운전중인 실제계통에 적용하여 유용성을 검증하였으며, 추가적인 2개의 대안과 비교하여 어떤 것

이 가장 경제적인 방법인지지를 보였다.

(5) 본 연구에서는 전력품질지수를 산정함에 있어 비율에 의한 방법을 사용하였으나, 추후 사람이 체감하는 상황과 가장 유사한 비율 및 커브와 관련한 연구를 할 예정이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부지원에 의한 전력산업원천기술개발사업(2009T100100495)과제로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] IEEE, "IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices, IEEE Std 1366", 2001
- [2] IEEE, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Std 1159", 1995
- [3] Math H. J. Bollen, D. Daniel Sabin, Rao S. Thallam, "Voltage-Sag Indices - Recent Developments in IEEE P1564 Task Force", pp.34-41, 2003
- [4] IEEE, "IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems, IEEE Std 519", 1992
- [5] Roy Billinton, Peng Wang, "Distribution System Cost/Worth Analysis Using Analytical and Sequential Simulation Techniques", IEEE Trans. Power Systems, Vol.13, No.4, pp.1245-1250, November, 1998
- [6] YE Bin, Wang Xiu-Li, BIE Zhao-Hong, Wang Xi-fan, "Distribution Network Reconfiguration for Reliability Worth Enhancement", IEEE, pp. 2547-2550, 2002
- [7] 최상봉 등, "주택용 수용가의 정전비용 평가 연구", 조명전기설비학회논문지, 제16권 4호, 2004
- [8] Pirjo Heine, Pasi Pohjanheimo, Matti Lehtonen, Erkki Lakervi, "A Method for Estimating the Frequency and Cost of Voltage Sags", IEEE Trans. Power Systems, Vol.17, No.2, pp.290-296, May, 2002
- [9] P. Caramia, P. Verde, "Cost-Related Harmonic Limits", IEEE, pp.2846-2851, 2000
- [10] Roy Billinton, Ronald N. Allen, "Reliability Evaluation of Power Systems", Plenum Press, 1984

- [11] Buhm Lee, Kyoung Min Kim, "Unified Power Quality Index Based on Value-Based Methodology", IEEE Power & Energy Society General Meeting 2009, Calgary, Canada, July, 2009
- [12] Buhm Lee, George K. Stefopoulos, A. P. Sakis Meliopoulos, "Unified Reliability and Power Quality Index", 12th International Conference on Harmonics and Quality of Power, Cascais, Portugal, October, 2006
- [13] 이범, 김정민, 김용현, "SCDF를 사용한 전력품질비용에 관한 연구", 전력계통연구회 춘계학술대회, 대한전기학회, 2010. 5., pp.192-194
- [14] IEEE, "IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems", IEEE ANSI, 1991

저 자 소 개

이 범 (李 範)

1959년생. 1981년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1989년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1995년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 전남대 공학대 전기전자통신컴퓨터공학부 교수

Tel : (061) 659-7313

E-mail : buhmlee@chonnam.ac.kr

김 경 민 (金 景 珉)

1966년생. 1988년 고려대 공대 전기공학과 졸업. 1991년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 전남대 공학대 전기전자통신컴퓨터공학부 교수

Tel : (061) 659-7316

E-mail : kkm@chonnam.ac.kr