

## 지능형 전기품질 평가모델 개발

### Development of Intelligence Electric Power Quality Assessment Model

이 범, 김 경 민\*, 최 남 섭  
(Buhm Lee, Kyung-Min Kim, and Nam-sup Choi)

**Abstract :** This paper presents a power quality assessment model based on the Analytic hierarchy process. This model can assess unified power quality index which provide an overall performance of the distribution system. To obtain the unified power quality index, we propose the use of the AHP model which has three states: [Ideal]-[Actual]-[Worst]. The proposed method is especially useful and effective for planning. We have applied the proposed method to an actual relatively large system, and verified the usefulness.

**Keywords :** power quality assessment model, distribution system, reliability, voltage sags, harmonics, analytic hierarchy process

#### I. 서론

전력을 공급받는 소비자들은 양질의 전기를싼 값에 공급받기를 원한다. 그러나, 전력의 질을 높이는 데에는 비용이 소요되기 때문에, 최소의 비용으로 전력의 품질을 높이는 방법에 대해 많은 연구가 되어 왔다[1-4].

양질의 전력이란, 정전이 없어야 하고, 일정한 전압 및 주파수를 유지해야 하며, 전기의 파형이 정현파 이어야 한다. 하지만, 이와 같은 조건을 만족하는 전력을 생산하는 것은 불가능하기 때문에, 어느 정도의 정전이 발생하는지를 평가하는 신뢰도, 파형이 정현파 인지를 평가하는 고조파, 전압 Sag 등이 연구되어 왔다.

IEEE에서는 배전시스템의 신뢰도 평가를 위하여 SAIFI, SAIDI, ASIFI, ASIDI, MAIFI 등의 지수(IEEE Std. 1366[1])를, 전압 Sag 평가를 위하여 SARFI 등의 지수(IEEE Std. 1159[2], IEEE Std. P1564[3])를, 고조파를 평가하기 위하여 THD 등의 지수(IEEE Std 519[4])를 개발하여 사용하고 있다. 이들 지수는 배전시스템의 전기품질을 신뢰도, 전압Sag, 고조파 등의 관점에서 각각의 요소 별로 표현하고 있기 때문에, 이들 지수만으로 배전시스템의 전기품질을 평가하는 데에는 한계가 있다.

본 연구에서는 배전시스템의 전기품질을 종합적으로 평가할 수 있는 통합전기품질지수를 개발하였다. 첫째로, 평가 구분에 있어 배전시스템과 개개 부하점을 들 수 있는데, 신뢰도지수와 전압 Sag지수는 시스템전체에 대해 적용하는 지수로, 고조파지수는 개개 부하점에 대해 적용하는 지수로 개발되었다. 따라서, 본 연구에서는 시스템단위의 평가를 위하여 개개 부하점에 대해 계산되는 THD로부터 시스템전체를 대표하는 값인  $THD_{sys}$ 를 산정하는 방법을 제시하였다. 둘째로, 시스템단위의 각 항목별 통합전기품질지수를 계산하는 방법을 제시하였다. 신뢰도와 관련하여, 본 연구에서는 새로이 개발한 통합방법을 사용하여 IEEE Std. 1366이 제공하는 지속정전지수인 SAIFI, SAIDI, ASIFI, ASIDI와 순간정전지수인 MAIFI를 통합하여 하나의 신뢰도지수를 산정하였다. 전압

Sag와 고조파지수로는 각각의 대표적인 지수인 SARFI 와 THD 만을 사용하였기 때문에 이들 지수를 바로 통합지수로 사용하였다. 마지막으로, 본 연구에서 개발한 방법을 사용하여 각각의 시스템지수를 통합하여 하나의 통합전기품질지수를 산정하는 방법을 개발하였다.

본 연구에서 개발한 통합방법은 계층화의사결정법(Analytic Hierarchy Process(이하 AHP))[5,6]을 기반으로 하고 있다. AHP는 여러 개의 평가대상을 여러 가지 평가기준으로 평가하고, 이들의 경쟁력을 고유치(eigenvalue)를 사용하여 평가하는 방법을 사용하고 있다. 그러나, AHP는 평가대상간의 상대적인 평가를 위한 방법이기 때문에 대상간의 평가는 가능한 반면, 전기품질지수와 같은 절대적인 성격을 갖는 평가지수를 산정할 수 없는 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 AHP의 기본구조인 평가대상을 3개만으로 한정하여 구성하고, 이들 평가대상을 [최상]-[실제]-[최악]의 상태로 바꾸었으며, 이들 평가대상을 여러 가지 평가기준을 사용하여 고유치를 계산하였다. 이렇게 하면, 평가대상이 [최상]과 [최악] 사이에서 결정되게 되며, 이들 [최상]과 [최악]은 항상 일정하기 때문에 절대적인 평가지수의 계산이 가능해진다. 즉, AHP가의 여러 개의 평가기준에 따라 고유치로써 경쟁력을 평가하는 것을 활용하여, 현재의 상태를 다양한 측면에서 하나의 지수로써 평가할 수 있도록 한 것이다.

제한한 방법으로 배전시스템을 평가하면, 하나의 지수로써 계통전체를 평가할 수 있을 뿐 아니라, 신뢰도 등 각각의 품질항목으로도 평가할 수 있는 장점을 지니고 있다. 제한한 방법은 특히 새로운 시스템의 신증설 계획에 유용한데, 이는 여러 개의 설계된 안을 하나의 지수로 평가해 보면 어떤 설계 안이 우수한지를 쉽게 판단할 수 있기 때문이다. 제한한 방법을 실제 배전시스템에 적용하여 유용성을 검증하였다.

#### II. 전기품질요소 및 평가방법

##### 1. 전기품질의 요소 및 표현

전력의 품질은 전력이 정전없이 공급되는지를 평가하는 신뢰도와, 공급되는 전력의 품질로 나눌 수 있다. 전력의 공급이 제한되거나, 공급이 되어도 전압이 불안정하거나, 주파수가 일정하지 않던가, 전압의 질인 Sag, Swell, Notch, Flicker,

\* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 1. 10., 채택확정 : 2007. 3. 10.

이범, 김경민, 최남섭 : 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부

(buhmlee@chonnam.ac.kr/kkm@chonnam.ac.kr/nschoi@chonnam.ac.kr)

고조파 등이 발생하면 우수한 품질이라고 보기 힘들기 때문이다. 즉, 전력의 품질을 나타내는 데에는 매우 많은 요소가 있겠으나, 이중 주파수와 같은 시스템 전체에 영향을 미치는 요소는 소규모시스템인 배전시스템에서는 통제할 수 없기 때문에, 논외로 한다. 또한, 일정한 전압의 유지는 여러 가지 방법으로 맞추기가 용이하기 때문에, 시스템이 건설된 후 통제하기 어려운 요소로써 고장 등에 영향을 받는 신뢰도와 전압 Sag, 설치된 부하기기에 영향을 받는 고조파 등을 고려하였다.

1.1 신뢰도

신뢰도는 개개 부하점  $i$ 에서 정전횟수와 고장지속시간으로 정의되며[1], 이를 확률론적 방법[7]으로 표현하면 지속정전고장을  $\lambda_i^s$  [fr/yr], 고장지속시간  $r_i$  [h], 순간정전고장을  $\lambda_i^u$  [fr/yr]로 표현된다. 또한, 부하점 별 부하의 갯수  $N_i$  [ea], 부하의 크기  $L_i$  [kW], 시스템전체 부하의 개수  $N_r$  [ea], 부하의 크기  $L_r$  [kW]로 표현된다.

1.2 전압 Sag

전압 Sag는 부하점  $i$ 에서  $x$  [%]의 순간전압강하로 정의되며[2], 신뢰도의 경우와 마찬가지로 확률론적 방법으로 표현하면 전압 Sag발생을  $\lambda_i^{sag}$  [fr/yr] ( $x=50, 70, 90$ )로 표현된다.

1.3 고조파

고조파는 부하점에서 고조파 스펙트럼으로 표현되며, 이들 고조파의 영향을 다양한 지수로 계산할 수 있다[4]. 이중 대표적인 지수로 THD<sub>i</sub>를 들 수 있다.

2. 시스템의 신뢰도와 전압 Sag품질 평가

배전시스템의 전기품질을 표현하기 위하여는 품질요소별로 다양한 지수로 표현된다.

2.1 신뢰도지수[1]

신뢰도를 표현하기 위하여 IEEE Std. 1366에서는 다양한 지수를 제공하고 있으나, 이중 지속정전을 표현하는 SAIFI, SAIDI, ASIFI, ASIDI와 순간정전을 표현하는 MAIFI를 대표적으로 들 수 있다. 이를 확률론적 방법으로 표현하면 다음과 같다.

$$SAIFI = \frac{\sum \lambda_i^s N_i}{N_r}, SAIDI = \frac{\sum \lambda_i^s r_i N_i}{N_r},$$

$$ASIFI = \frac{\sum \lambda_i^u L_i}{L_r}, ASIDI = \frac{\sum \lambda_i^u r_i L_i}{L_r},$$

$$MAIFI = \frac{\sum \lambda_i^{sag} N_i}{N_r}$$

2.2 전압 Sag 지수[3]

전압 Sag를 표현하기 위하여 IEEE Std. P1564에서 SARFI를 제공하고 있다. 이를 확률론적 방법으로 표현하면 다음과 같다.

$$SARFI_s = \frac{\sum \lambda_i^{sag} N_i}{N_r}$$

3. 시스템의 고조파품질 평가

IEEE Std. 519에서는 부하점에 대한 고조파지수만 제공하고

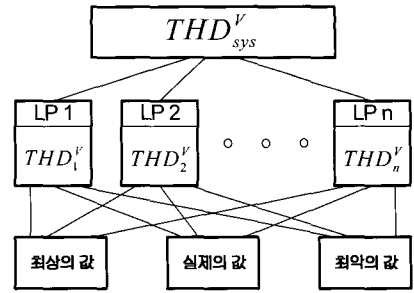


그림 1. 시스템의 THD 평가.  
Fig. 1. Assessment of THD for system.

있으며, 따라서 현재까지 시스템을 대표하는 고조파지수는 구체화 되고 있지 않다. 고조파는 전력의 공급이 꾸준히 이루어지지만, 전력의 품질이 떨어지는 것이기 때문에, 부하점에 연결된 부하의 크기를 기준으로 영향력을 평가하는 것이 타당하다고 보인다. 따라서, 본 연구에서는 배전시스템의 고조파품질의 평가를 부하의 크기에 비례하여 후술하는 AHP를 사용하여 시스템전체의 고조파품질지수를 평가하였으며, 평가구조는 그림 1과 같다. 평가모델의 구조 및 계산방법은 다음 장에서 자세히 다룬다.

III. 평가 모델링 개발

본 연구에서는 AHP를 기반으로한 통합품질평가기법을 개발하였다.

1. AHP[5]

AHP는 여러개의 대체안을 여러개의 평가기준으로 각각 평가한 다음, 이를 통합하여 각 대체안 별로 경쟁력을 평가하는 기법이라 할 수 있다. AHP 기본 모델을 그림 2에 나타내었다.

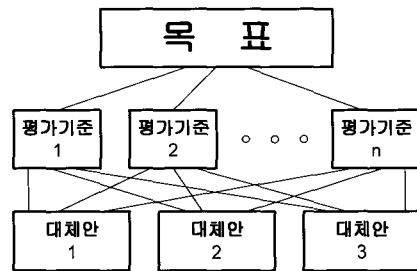


그림 2. 일반적인 AHP 모델.  
Fig. 2. General AHP model.

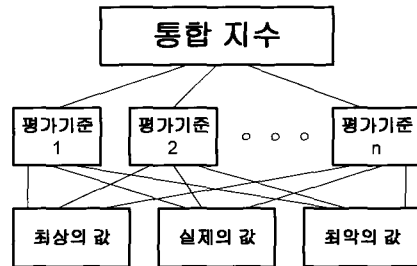


그림 3. 제안한 전기품질 평가 AHP 모델.  
Fig. 3. Proposed electric power quality assessment AHP.

2. 전기품질평가에 적용

본 연구에서는 통합전기품질지수를 산정하기 위하여 AHP 모델을 그림 3과 같이 변형시켜 구성하였다.

그림 3의 제안한 AHP 모델의 특징은 다음과 같다.

(1) 기본 AHP 모델의 대체안을 3가지로 한정하고, 이들 각각에 [최상], [실제], [최악]의 값을 적용하였다.

(2) 평가기준으로는 기존의 전기품질지수를 사용하여, 다양한 측면으로 평가한다.

(3) [최상]으로는 가장 이상적이거나 전력을 사용하는데 불편함이 없는 상황으로 구성하며, [최악]으로는 정상적으로 전력을 사용하는 것이 불가능한 상황으로 구성하며, [실제]로는 현재 계산되는 값을 적용한다.

(4) 평가기준 간의 중요도는 1:1행렬을 사용하여 중요도를 결정한다.

(5) 평가대상간의 경쟁력을 평가하기 위해 eigenvalue를 계산하고, 이 eigenvalue를 통합지수로 사용한다.

본 모델은 [실제] 값이 [최상]과 [최악] 사이의 어느 정도에 놓여 있는가를 가지고, [실제] 상태가 어느 정도 수용가를 만족시킬 수 있는가를 평가하는 것이다. 여기서, 어떤 평가기준을 중요하게 사용할 것인가는 의사결정자의 판단을 따르게 된다.

3. 종합평가모델

3.1 품질 요소별 통합지수

통합신뢰도지수는 평가기준을 지속정전지수인 SAIFI, SAIDI, ASIFI, ASIDI와 순간정전지수인 MAIFI를 사용하여 [실제]의 경쟁력이 어느 정도인지를 평가하여 통합신뢰도지수로 계산

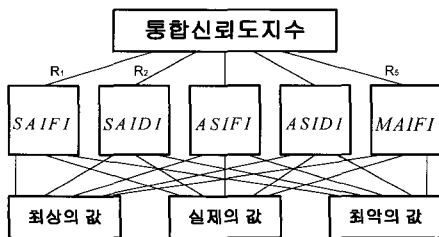


그림 4. 통합 신뢰도지수 평가모델.  
Fig. 4. Unified reliability index assessment model.

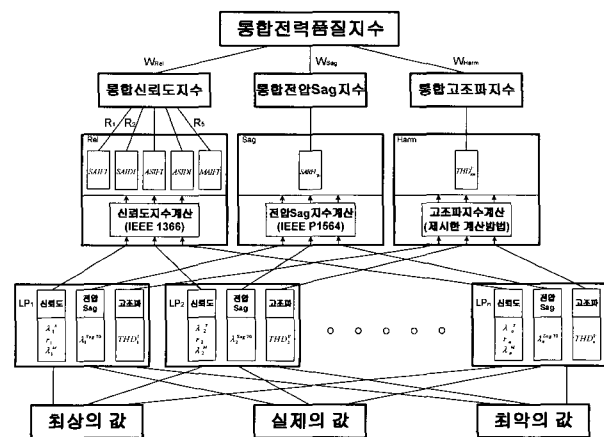


그림 5. 통합전기품질지수 평가모델(전체 구조도).  
Fig. 5. Unified electric power quality index assessment model.

한다. 여기서, 5개의 지수간의 중요도는 전력회사가 사용하는 지수의 중요도를 사용하여 계산한다.

통합 전압 Sag지수와 통합고조파지수는 SARFI와 THD<sub>sys</sub>로 각각 한가지씩 밖에 적용하지 않아 통합신뢰도지수와 같은 평가모델을 사용하지 않는다. 다만, 여러 가지 지수가 필요하면 통합신뢰도지수와 같은 방법으로 계산한다.

3.2 통합전기품질지수

통합전기품질지수는 앞서 계산한 통합신뢰도지수와 전압 Sag 지수, 고조파지수를 그림 5와 같이 통합하여 사용한다. 여기서, 항목별 통합지수 간의 중요성은 시스템 별로 상이하기 때문에, 시스템의 특성에 맞는 1:1 모델을 적용할 필요가 있다.

그림 5의 모델을 사용하여 계산하면, [최상]과 [최악] 사이 [실제]에 대한 eigenvalue를 계산할 수 있는데, 이 eigenvalue가 통합전기품질지수가 된다.

IV. 사례연구

1. 전기품질의 평가

전기 품질을 평가하기 위하여, 확장중에 있는 비교적 규모가 큰 배전시스템을 대상으로 하여 전기 품질을 평가하였다. 그림 6에 시스템의 간략도를 나타내었고, 부하를 표 1에 나타내었다. 여기서, LPI-LP8은 현재 운전중인 부하이며, EXP1-EXP7은 확장중에 있는 부하이다.

대상계통을 사용하여 부하점 별로 전기 품질을 계산한 결과를 표 2에 나타내었다. 지속신뢰도의 계산은 확률론적인 방법[7]과 순간신뢰도 및 전압 Sag의 계산은 리클로저의 동작특성 및 시스템의 동적 특성을 사용하여 계산하는 방법[8]을 사용하였다.

표 2로부터 항목별 전기 품질 지수를 산정하여 표 3에 나타내었다. 여기서, 신뢰도 및 전압 Sag지수는 IEEE에서 제공하는 방법[1,3]을 사용하였고, 시스템고조파지수는 앞장에서 제

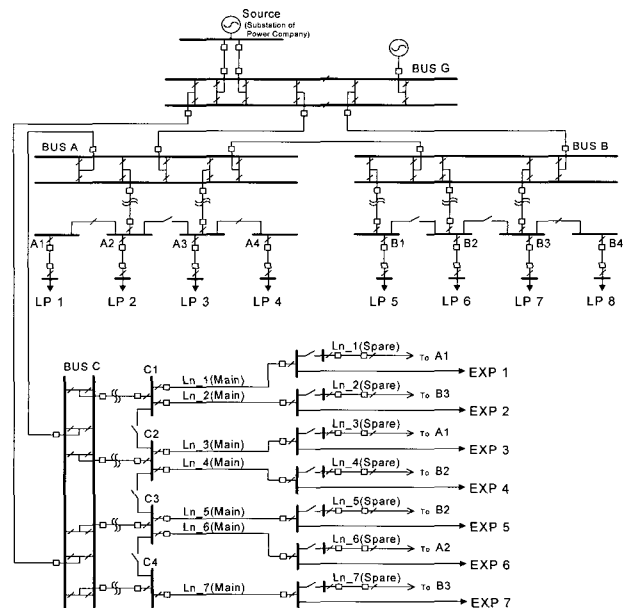


그림 6. 평가대상 시스템.  
Fig. 6. Sample system for assessment.

안한 방법을 사용하였으며, 1:1 행렬은 부하의 크기에 비례하여 계산하였다.

표 3에서 [최선]은 이상적인 전력의 상태로 하였으며, [최

표 1. 부하점별 부하특성.

Table 1. Load characteristics for each load point.

Load Point	Size [kVA]	Num [ea]	Harm [A]	Load Point	Size [kVA]	Num [ea]	Harm [A]
LP 1	15,346	2	102	EXP 1	29,000	4	121
LP 2	5,042	4	33	EXP 2	10,000	10	66
LP3	28,032	4	188	EXP 3	29,000	4	121
LP4	20,578	3	137	EXP 4	24,000	3	101
LP 5	45,248	6	273	EXP 5	19,000	2	128
LP 6	25,824	4	150	EXP 6	33,000	5	138
LP 7	11,214	8	74	EXP 7	12,000	10	80
LP 8	20,858	3	104				

표 2. 부하점별 전기품질의 산정결과.

Table 2. Results of power quality assessment for each load point.

Load Point	$\lambda_i^s$	$r_i$	$\lambda_i^m$	$\lambda_i^{Sag 70}$	$THD_i^V$
LP1	.1200973	175.69	.2265927	5.37094	0.04
LP2	.1128683	184.25	.2159767	5.37094	0.04
LP3	.1128683	184.25	.2159767	5.37094	0.06
LP4	.1200973	175.69	.2265927	5.37094	0.05
LP5	.1129303	184.15	.2166960	5.17778	0.05
LP6	.1129303	184.15	.2166960	5.17778	0.04
LP7	.1129303	184.15	.2166960	5.37094	0.04
LP8	.1201593	175.61	.2273120	5.37094	0.04
EXP1	.1129103	184.19	.2164298	5.29769	0.04
EXP2	.1129103	184.19	.2164298	5.29769	0.04
EXP3	.1129103	184.19	.2164298	5.29769	0.04
EXP4	.1129103	184.19	.2164298	5.29769	0.04
EXP5	.1129103	184.19	.2164298	5.29769	0.04
EXP6	.1129103	184.19	.2164298	5.29769	0.04
EXP7	.1129103	184.19	.2164298	5.17778	0.04

표 3. 시스템의 전기품질지수.

Table 3. Electric power quality indices for system.

		최상의 값	실제의 값	최악의 값
신뢰도	SAIFI	0	0.113711772	1
	SAIDI	0	20.83034676	200
	ASIFI	0	0.114158668	1
	ASIDI	0	20.84914552	200
	MAIFI	0	0.217605188	2
SARFI70		0	5.288798333	20
THDsys		0	0.04371455	0.4

악]은 운전 불가능한 상태로, 개개 지수의 특성을 사용하여 적용하였다.

통합신뢰도지수를 계산하기 위하여 신뢰도지수들의 중요도는 전력회사에서 중요하게 사용하는 비율에 따라 적용하였으며, 1:1 행렬은 표 4에 나타내었다.

표 4로부터 eigenvalue 및 통합신뢰도지수를 계산한 결과를 표 5에 나타내었다.

표 5의 결과를 사용하여 통합신뢰도지수를 산정하고, 표 6의 1:1 행렬을 사용하여 eigenvalue 및 통합전기품질지수를 계산한 결과를 표 7에 나타내었다.

표 7로부터 eigenvalue를 계산한 결과, 0.119799 라는 결과를

표 4. 통합신뢰도지수를 위한 1:1 행렬.

Table 4. One-to-one matrix for unified reliability index.

Reliability	SAIFI	SAIDI	ASIFI	ASIDI	MAIFI
SAIFI	1.0	0.95	2.5	1.25	2.0
SAIDI	1.05	1.0	3.33	2.0	1.67
ASIFI	0.4	0.3	1.0	0.67	0.83
ASIDI	0.8	0.5	1.5	1.0	1.33
MAIFI	0.5	0.6	1.2	0.75	1.0

표 5. 통합신뢰도지수 산정 결과.

Table 5. Results of unified reliability index.

신뢰도지수	Eigenvalue
SAIFI	.26759
SAIDI	.32351
ASIFI	.10222
ASIDI	.16837
MAIFI	.13831
통합지수 항목	Eigenvalue
통합신뢰도지수	0.108392
통합전압 Sag지수	0.26444
통합고조파지수	0.109286

표 6. 통합전기품질지수를 위한 1:1 행렬.

Table 6. One-to-one matrix for unified power quality index.

통합전기품질지수	Reliability	Volt. Sag	Harmonics
통합신뢰도지수	1.0	5.0	1.33
통합전압 Sag 지수	0.2	1.0	0.2
통합고조파지수	0.75	5.0	1.0

표 7. 통합전기품질지수 계산 결과.

Table 7. Results of unified electric power quality index.

통합지수 항목	Eigenvalue
통합신뢰도지수	0.71895
통합전압 Sag지수	0.0719
통합고조파지수	0.20915
통합전기품질지수	0.119799

얻었으며, 이 값이 통합전기품질지수가 된다.

2. 시스템확장에 활용

본 연구에서 제안한 방법을 시스템확장에 활용하기 위하여, 그림 7과 같은 3가지 대체안을 구성하고, 이의 전원연결을 표 8에 나타내었다.

그림 7 및 표 8의 대체안 각각에 대하여 전기품질지수를 계산한 결과를 표 9에 나타내었으며, 통합전기품질지수를 계

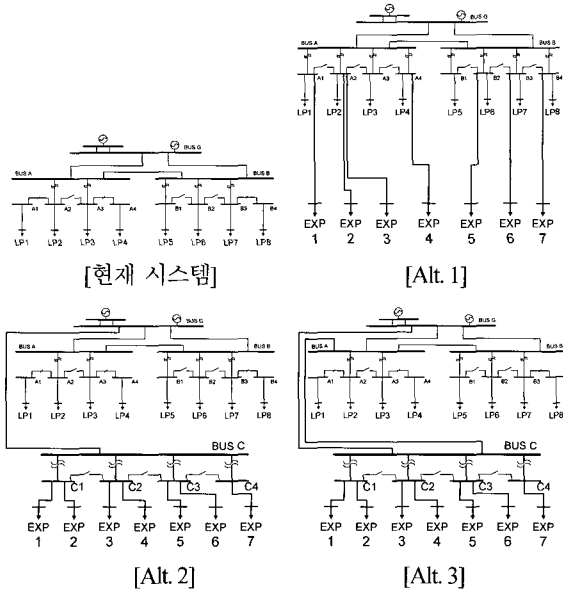


그림 7. 확장을 위한 대체안.  
Fig. 7. Alternatives for expansion plan.

표 8. 확장을 위한 대체안.  
Table 8. Alternatives for expansion plan.

	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
EXP 1	A1	C1	C1
EXP 2	A2	C1	C1
EXP 3	A2	C2	C2
EXP 4	A4	C2	C2
EXP 5	B2	C3	C3
EXP 6	B3	C3	C3
EXP 7	B4	C4	C4
비 고	MTr. A-A1, A-A4, B-B4 증설	S/S C 건설 G-C 연결	S/S C 건설 G-C 연결 A-C 연결

표 9. 대체안별 전기품질지수.  
Table 9. Electric power quality indices for each alternative.

		Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
신뢰도	SAIFI	0.136358058	0.173495825	0.113711772
	SAIDI	21.17172813	22.14865139	20.83034676
	ASIFI	0.134035758	0.168016269	0.114158668
	ASIDI	21.13456004	22.03676453	20.84914552
	MAIFI	0.310487881	0.445376243	0.217605188
SARFI <sub>70</sub>		4.654746389	4.902518333	5.288798333
THD <sub>sys</sub>		0.033750571	0.042494591	0.04371455

표 10. 대체안별 통합전기품질지수.

Table 10. Unified electric power quality indices for each alternative.

	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3
통합신뢰도지수	0.123699	0.148779	0.108392
통합전압 Sag지수	0.232737	0.245126	0.26444
통합고조파지수	0.084376	0.106236	0.109286
통합전기품질지수	0.123315	0.146808	0.119799

산한 결과를 표 10에 나타내었다.

위에서 계산된 대체안별 통합전기품질지수를 살펴보면 Alt. 3이 가장 우수하다고 할 수 있으며, 다음 Alt. 1, 마지막으로 Alt. 2가 가장 나쁜 결과를 나타내고 있음을 알 수 있다. 즉, 제안한 방법을 사용하면, 배전시스템전체의 전기품질을 통합하여 평가가 가능함을 알 수 있다.

V. 결론

본 연구에서는 시스템의 전기품질을 종합적으로 평가하기 위한 통합전기품질지수를 개발하였다.

(1) 하나의 지수로 평가하기 위하여 [최선], [실제], [최악]을 갖는 AHP모델을 개발하였다. 개발된 AHP모델은 여러 가지 전력평가기준을 사용하여 [실제]가 [최선]과 [최악] 사이에 어떤 위치에 존재하는지를 eigenvalue를 사용하여 계산하고, 이 위치를 사용하여 품질을 평가할 수 있도록 하였다.

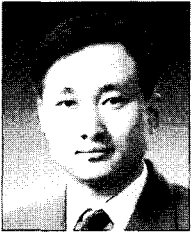
(2) 개발된 모델로 THD<sub>sys</sub>를 계산하였으며, 여러개의 시스템지수를 갖는 신뢰도지수를 통합하여 통합신뢰도지수를 개발하였고, 이들 통합지수를 통합하여 통합전기품질지수를 개발하였다.

(3) 개발된 모델을 비교적 규모가 큰 시스템에 적용하여 통합전기품질지수를 산정하였으며, 3가지 대체안을 제시하여 이 중 Alt. 3가 가장 우수함을 보였다.

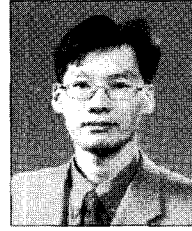
(4) 향후, 계통의 손실, 비용 등의 문제와 통합하여 이러한 특성을 감안한 새로운 지수를 개발할 계획이다.

참고문헌

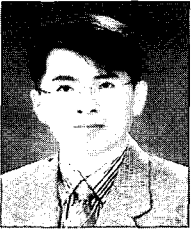
- [1] IEEE, "IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices," IEEE Std 1366, 2001.
- [2] IEEE, "IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality, IEEE Std 1159," 1995.
- [3] Math H. J. Bollen, D. Daniel Sabin, Rao S. Thallam, "Voltage-Sag Indices-Recent Developments in 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] T. L. Satty, The Analytic Network Process, RWS Publications, 1996.
- [6] M. D. Ilic, S. Liu, Hierarchical Power Systems Control-Its Value in a Changing Industry, Springer, 1996.
- [7] R. Billinton et al., "Reliability evaluation of power systems," Plenum Press, 1984.
- [8] Buhm Lee et al., "Unified reliability and power quality index," Proc. of 12th International Conference on Harmonics and Quality of Power, 2006.

**이 범**

1995년 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1995년~현재 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부 부교수. 관심분야는 전력시스템, 전기품질.

**김 경 민**

1996년 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 1997년~현재 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부 부교수. 관심분야는 신호처리, 컴퓨터 비전.

**최 남 섭**

1994년 한국과학기술원 전기및전자공학과 졸업(공학박사). 1995년~현재 전남대학교 전기전자통신컴퓨터공학부 교수. 관심분야는 전력전자.