

해석적방법론에 의한 산업용 수용가의 공급지장비 산정 및 배전계통에의 적용

(A Study on Distribution System Assessment and Interruption Cost Calculation for the Industrial Load by the Analytic Approach Method)

김용하* · 우성민 · 백범민 · 신형철 · 박창규

(Yong-Ha Kim · Sung-Min Woo · Byum-Min Baek · Hyung-Chul Sin · Chang-Kyu Park)

요 약

본 논문에서는 해석적방법론에 의한 산업용 수용가의 공급지장비를 산정할 수 있는 방법론을 개발하기 위해 산업용 수용가 1,026호를 방문하여 설문조사를 수행하는 미시적 접근법을 사용하여 산업용 수용가의 종별 공급지장비를 표준산업분류에 의한 18개의 업종으로 조사하였다. 얻어진 조사결과를 계층화 의사 결정법(AHP; Analytic Hierarchy Process)으로 최적의 공급지장비용 함수(SCDF; Sector Customer Damage Function)를 선정하였다. 이를 통하여 배전계통에서의 신뢰도 가치평가(VBDRA; Value Based Distribution Reliability Assessment)를 위해서 주어진 배전계통 예상 공급지장에너지(EENS; Expected Energy Not Supply), 정전비용기대치(ECOST; Expected Interruption Cost), 차단에너지비율(IEAR; Interrupted Energy Assessment Rate)을 계산하여 그 가치를 평가하였다. 이를 배전계통에 적용하기 위해서 사례연구로 적용하고 공급지장비용을 도출하여 그 특성을 분석하였다.

Abstract

This paper estimates interruption cost assessment for industrial load. For executing In this way first, we research customer interruption cost(CIC) for industrial load about 1,026 unit. And to assess industrial load in D/L calculate sector customer damage function(SCDF) using CIC. Second, we compute distribution reliability through annual failure rate, repair time and so on. and then, Third, distribution system that calculate VBDRA for industrial load per alternative assesses interruption cost.

Key Words : SCDF, EENS, ECOST, IEAR

1. 서 론

현대사회는 경제생활이 향상되면서 첨단기기의 보급에 따라 보다 안정적이고 고품질의 전력공급을 요구하게 되었다. 특히 배전계통은 수용가에 가장

* 주저자 : 인천대학교 전기공학과 교수
Tel : 032-770-8434, Fax : 032-770-8401
E-mail : yhkim@incheon.ac.kr
접수일자 : 2008년 12월 9일
1차심사 : 2008년 12월 17일
심사완료 : 2009년 1월 8일

해석적방법론에 의한 산업용 수용가의 공급지장비 산정 및 배전계통에의 적용

근접하고 있으며 전력공급의 신뢰도를 높이는 것은 공급자나 사용자 모두에게 가장 중요한 요소로서 작용하고 있다.

산업용 수용가의 경우, 지속정전은 말할 것도 없으며 순간정전에 특히 문제가 발생되는데 향후 순간정전에 민감한 부하가 증가할 것으로 예측되어 전력회사에서는 순간정전을 포함하여 정전이 산업용 수용가에 어떠한 영향을 미치는지 파악할 필요성이 있다. 선진국의 경우 오래전부터 산업용 수용가 종별로 정전비용에 관한 많은 연구를 수행해오고 있으며 높은 신뢰도로 수용가에게 전력을 공급하기 위한 노력을 계속해오고 있다. 앞으로도 산업용 수용가는 공급지장이 생산에 미치는 영향이 일반수용보다 크므로 더욱더 공급신뢰도가 중요한 부분을 차지하게 될 것이다. 하지만, 공급신뢰도를 높이기 위해서는 많은 설비 투자가 필요하며 이 투자비는 전기요금으로 반영되게 된다. 그러므로 높은 수준의 신뢰도를 유지하면서 적은 비용으로 배전계획을 수립하는 것이 매우 중요하다. 즉, 공급지장비용의 추정이 필수적이며 이것이 결국 공급 신뢰도 비용이 된다.

공급 신뢰도 비용을 추정하는 방법은 크게 거시적 방법, 미시적 방법, 해석적 방법으로 구분할 수 있다. 기존의 연구로 거시적 접근방법으로는 GDP를 이용한 공급지장비산정, 미시적 방법으로는 구체적인 방법이 아니라 몇 가지 업종에 대해서만 구분되었다.

이에 본 연구에서는 해석적 접근방법이 미시적 또는 거시적 접근방법을 이용하여 얻어진 결과를 토대로 수학적, 통계학적인 해석법으로 수용가의 실제적인 정전에 의한 객관적이고 타당성이 있는 공급지장비 추정을 할 수 있도록 조사된 산업용 수용가(지경부표준 : 18개 업종) 종별 공급지장비를 바탕으로 AHP에 의한 최적 SCDF산정하고 주어진계통에 TLOC를 대상으로 한 신뢰도 산정하여 해석적방법론에 의한 산업용 수용가의 공급지장비 산정할 수 있도록 하였다.

따라서, 산업수용가에 대한 적절한 정전비용을 산정하는 방법론 및 이를 산정을 위한 기초 자료의 구축은 경제적이며 신뢰성 있는 계통계획의 수립 및 운영뿐만 아니라 향후 배전계통의 투자우선 순위 결정이나 공급지장비용 발생 시 피해보상 문제, 독립

사업부제 시행 등에 매우 근간이 되는 중요한 사항이라 할 수 있다.

2. 해석적방법론에 의한 공급지장비 산정

그림 1과 같은 흐름도에 의해서 해석적방법론에 의한 공급지장비를 계산하였다.

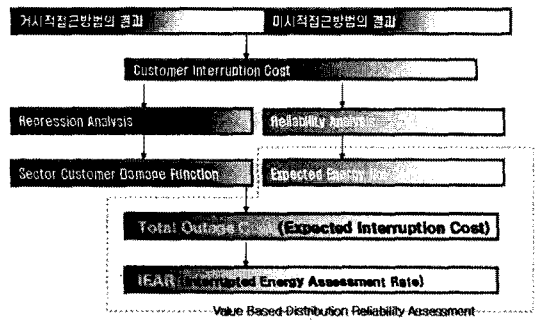


그림 1. 해석적방법론에 의한 공급지장비평가 흐름도
Fig. 1. Procedures of outage cost assessment using analytical approach

그림 1은 거시적 또는 미시적으로 조사된 산업용 수용가의 종별 공급지장비 조사로부터 CIC를 구하고 이를 회귀분석에 의해 SCDF를 도출하였다. 또한 주어진 계통을 완전정전상태로 배전신뢰도를 계산하여 상기의 결과로부터 공급지장비를 산정토록 하였다.

2.1 AHP에 의한 최적 SCDF산정

CIC를 최적의 SCDF로 도출하기 위해서 계층화 의사결정(AHP)을 적용하였다[1]. 즉, 단순 회귀모형, 곡선회귀모형, 다중회귀모형, 비선형회귀모형 등으로 CIC를 추정하여 이 중에서 독립변수가 예측하는 종속변수에 미치는 값이 적절하다고 판단되는 회귀모형을 AHP 적용 대상함수로 선정하였고, 이러한 회귀모형 중에서 구성된 종속변수의 값의 오차를 이용하여 일대일비교행렬을 구성하여 최적의 Eigen-value를 도출함으로써 최적의 SCDF를 결정하였다. 이에 대한 계층구조는 그림 2와 같다.

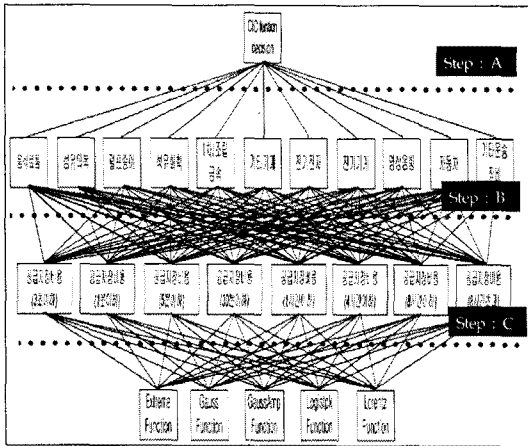


그림 2. AHP에 의한 최적 공급지장비용함수 산정
Fig. 2. Optimal SCDF by AHP

그림 2에서 상기의 회귀모형 중에서 예측하는 종속변수의 값이 수렴되는 회귀모형을 대상으로 하여 일대일 비교행렬 구성을 기준 값과의 회귀모형 값과의 오차범위에 의해 구성하였다. 즉, 오차는 Step: A, Step: B, Step: C 오차로 3가지 타입의 일대일 비교행렬을 구성하기 위해서 식 (1)과 같이 오차범위를 표현하였다.

$$ERROR_{system} = \frac{\sum ERROR_{F,S,I}}{I}$$

$$ERROR_{F,S,I} = \frac{\sum ERROR_{F,S}}{S}$$

$$ERROR_{F,S} = |1 - (\frac{기준값}{기준값 + 회귀모형값} \times 2)| \quad (1)$$

- 단, F : 적용함수의 종류
- S : 적용시간의 종류
- I : 산업체 수용가 종별

식 (1)을 통해서 계산된 3가지의 오차($ERROR_{system}$, $ERROR_{F,S,I}$, $ERROR_{F,S}$)는 각각의 Step: A, Step: B, Step: C의 일대일 비교행렬의 구성에 적용되며 우선 기준값과 비교한 경우에 3가지 오차는 표 1과 같은 결과를 도출할 수 있다.

표 1을 통하여 구성된 오차(Step: A, Step: B, Step: C)로부터 3타입의 일대일 비교행렬을 구성하였다. 즉, 그림 2에서 식 (1)의 $ERROR_{F,S}$ (Step: C)

는 정전시간에 따른 회귀모형의 일대일 비교행렬을 구성하기 위해 사용되며 $ERROR_{F,S,I}$ (Step: B)는 산업체수용가의 정전시간과의 관계를 일대일 비교행렬로 이용된다. 마지막으로 $ERROR_{system}$ (Step: A)는 산업체수용가 종별에 대한 관계를 일대일 비교행렬로 구성하여 주어진 평가기준의 Weight를 통하여 회귀모형별의 종합평가를 Eigen-value 중에서 가장 큰 값을 가지는 회귀모형을 최적 SCDF로 결정한다.

표 1. 회귀모형을 통한 기준 값과의 오차비교
Table 1. Comparison for error in regression model

산업체종별	회귀분석타입 [원/kW]	...	평균 [원/kW]	전체평균 [원/kW]
3초 이하	$ERROR_{F,S}$...	$ERROR_{F,S,I}$	$ERROR_{system}$
1분 이하	$ERROR_{F,S}$	...	$ERROR_{F,S,I}$
5분 이하	$ERROR_{F,S}$	...	$ERROR_{F,S,I}$
30분 이하	$ERROR_{F,S}$	...	$ERROR_{F,S,I}$
1시간 이하	$ERROR_{F,S}$	...	$ERROR_{F,S,I}$
4시간 이하	$ERROR_{F,S}$	...	$ERROR_{F,S,I}$
8시간 이하	$ERROR_{F,S}$	...	$ERROR_{F,S,I}$
8시간 이상	$ERROR_{F,S}$	...	$ERROR_{F,S,I}$
.
.
.

2.2 TLOC를 대상으로 한 신뢰도 산정

배전계통은 다양한 종류의 전기설비가 직렬 및 병렬로 복잡하게 연결되어 있다. 이중 고장 등에 의해 전력을 공급할 수 없는 상태인 완전정전상태(Total Loss of Continuity: 이하 TLOC)를 대상으로 하여 신뢰도 계산을 하였다. 즉, 신뢰도에서는 i 부하점의 정전 시 정전 수용가의 수[개] (N_i)와 차단된 부하크기[kVA] (L_i)와 이에 따른 연간평균고장빈도[회/년] (λ_i) 및 고장지속시간[시간] (r_i) 등으로 계산할 수 있다. 이를 전체 계통에 대하여 구하기 위해 그림 3과 같이 직렬 및 병렬회로의 신뢰도 계산에 근거한 계통축약 방법(Network Reduction Method)과 그림 4와 같이 고장모드-효과분석법(Failure modes and Effects Analysis)등을 적용하여 계산하였다[2].

애석적방법론에 의한 산업용 수용가의 공급지장비 산정 및 배전계통에의 적용

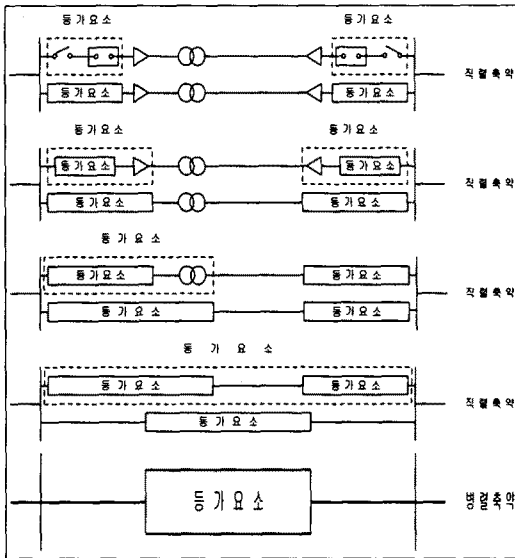


그림 3. 배전계통의 간략화
Fig. 3. Abbreviation of distribution system

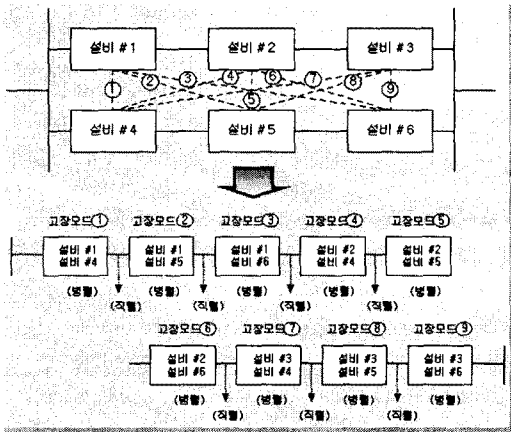


그림 4. 고장모드-효과분석법의 계산방법
Fig. 4. Failure modes and effective analysis diagram

2.3 VBDRA

그림 5와 같이 VBDRA는 고장이 발생하였을 때, SCDF를 사용하여 가치를 기반으로 하는 신뢰도 평가 방법이다[3]. 즉, VBDRA는 부하의 종류 및 상황과 함께 고장발생을 및 지속시간을 SCDF를 통해 예상 공급지장에너지(Expected Energy Not Supply:

EENS), 정전비용기대치(Expected Interruption Cost: ECOST), 차단에너지비율(Interrupted Energy Assessment Rate: IEAR)를 계산하고, 이 값을 가치로서 평가하는 것으로, VBDRA의 개념도는 그림 5와 같다[3-4].

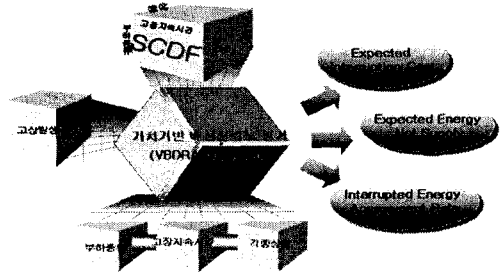


그림 5. 가치평가법의 알고리즘
Fig. 5. VBDRA algorithm

그림 5와 같이 공급지장비용과 관련한 배전계통의 가치평가는 다음의 기본적인 절차를 거쳐 배전계통 신뢰도 가치평가지수인 EENS, ECOST, IEAR를 도출한다.

STEP 1 : 우선 배전계통에 연계된 부하점 i 에 해당하는 고장원인별(j) 배전선로 i 기기의 연간평균 고장빈도(λ_i), 배전선로 i 기기의 고장지속시간(r_i)을 구한다.

STEP 2 : 수용가별(i) 정전시간 r_{ij} 와 SCDF를 사용하여 식 (2)와 같이 kW당 정전비용 c_{ij} 를 결정한다.

$$c_{ij} = f(r_{ij}) \quad (2)$$

단, $f(r_{ij})$: SCDF 함수

STEP 3 : 식 (3) 및 식 (4)와 같이 수용가별(i), 정전원인별(j) 예상 공급지장에너지($EENS_{ij}$)과 정전비용기대치($ECOST_{ij}$)을 계산한다.

$$EENS_{ij} = L_i r_{ij} \lambda_{ij} \quad (3)$$

$$ECOST_{ij} = c_{ij} L_i \lambda_{ij} \quad (4)$$

단, L_i : 수용가 형태(i)의 평균 부하

STEP 4 : STEP 1~3의 과정을 모든 요소에 대해 반복한 후 식 (5)~(7)을 사용하여 모든 수용가에 대한 예상 공급지장에너지($EENS_i$), 정전비용기대치($ECOST_i$) 그리고 차단에너지비율($IEAR_i$)을 계산한다. 모든 수용가별로 $EENS_i$, $ECOST_i$, $IEAR_i$ 가 계산될 때까지 반복 수행한다.

$$EENS_i = \sum_{j=1}^{N_i} L_i r_{ij} \lambda_{ij} = L_i \sum_{j=1}^{N_i} r_{ij} \lambda_{ij} \quad (5)$$

$$ECOST_i = \sum_{j=1}^{N_i} c_{ij} L_i \lambda_{ij} = L_i \sum_{j=1}^{N_i} c_{ij} \lambda_{ij} \quad (6)$$

$$IEAR_i = \frac{ECOST_i}{EENS_i} = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} c_{ij} \lambda_{ij}}{\sum_{j=1}^{N_i} r_{ij} \lambda_{ij}} \quad (7)$$

단, N_e : 배전계통 요소의 총 수

STEP 5 : 식 (8)~(10)로부터 계통 전체의 $EENS$ [kWh/year], $ECOST$ [원/year], $IEAR$ [원/kWh]을 계산한다.

$$EENS = \sum_{i=1}^{N_p} EENS_i = \sum_{i=1}^{N_p} L_i \sum_{j=1}^{N_i} r_{ij} \lambda_{ij} \quad (8)$$

$$ECOST = \sum_{i=1}^{N_p} ECOST_i = \sum_{i=1}^{N_p} L_i \sum_{j=1}^{N_i} c_{ij} \lambda_{ij} \quad (9)$$

$$IEAR = \frac{ECOST}{EENS} \quad (10)$$

단, N_p : 시스템 내 수용가 형태의 총 수

3. 산업용 수용가 종별 공급지장비 조사

산업용 수용가에 대한 공급지장비용 평가는 수용가 자신이 가장 정확한 데이터를 산출할 수 있다. 과거에 시행했던 우편조사의 경험상 우편에 의한 방법으로는 응답률이 낮을 뿐 아니라 답변자체의 정확도가 의심되므로 본 연구에서는 대부분 인터뷰 방식으로 응답을 조사하여 설문 내용을 설명하여 답변의

정도를 높였다. 또한, 산업용 수용가 종별을 국내에서 적용하고 있는 표준산업분류에 따라 대표적인 18개 업종으로 구분하는 한편, 각 업종별로 공급지장비용 평가는 수용가 손실액 산정 방법으로 지역별, 업종별 안배를 고려하여 설문 조사 및 분석을 시행하였다.

3.1 산업용 수용가 설문조사 설계

설문조사 설계는 캐나다 Saskatchewan에서 작성한 설문조사를 인용하여 우리나라 현실에 맞게 재구성하였다. 한편, 산업용 수용가 설문조사에서 사용하는 방법과 질문은 다양한 질문과 요소들의 특성을 반영할 수 있도록 샘플 대상자를 통해 반복적인 테스트가 시행되었으며 질문서 작성에 능숙한 컨설턴트들이 동원되었다. 최종 테스트는 지역별로 안배를 고려하여 약 1,026여개의 산업용 수용가를 대상으로 시행하였다. 그림 6은 산업용 수용가 공급지장비용 조사 및 평가를 위한 설문이다.

조사대상	표본수	조사방법	조사기간
수도권, 도시의 산업체 수용가	1,026사업장 (유효표본)	질문지로 일대일 면접	'05.7-'06.11 (16개월)
EDITING	CODING	CLEANING	PROCESSING
기록상의 오류 및 누락 검증	설문내용의 자료입력	입력자료의 오류검색	SPSS 10.0을 이용 통계처리

그림 6. 표본설계와 분석과정
Fig. 6. Sample design and analyze process

설문된 주요내용으로는 전기사용 실태 및 관련사항, 정전발생시 불만 및 피해관련사항, 정전피해비용 산출, 비상대기전력 공급장치, 정전사전경고 및 기타로 구성되어있다.

3.2 정전지속 시간별 총 피해비용

정전지속 시간에 따른 피해 비용은 표 2 및 그림 7과 같다.

매석적방법론에 의한 산업용 수용가의 공급지장비 선정 및 배전계통에의 적용

표 2. 정전지속 시간별 총 피해비용(조사결과)
Table 2. Damage cost by interruption

구분	음식 료품	섬유 의복	목재 나무	펄프 종이	출판 인쇄	석유 화학	요업	1차/ 조립 금속	기타 기계
응답자수	(50)	(55)	(50)	(50)	(50)	(127)	(50)	(52)	(50)
3초 이하	136	1,443	47	543	142	27,598	36	124	173
1분 이하	267	1,495	90	563	254	34,862	72	180	238
5분 이하	466	1,628	174	610	492	36,081	163	321	397
30분 이하	768	2,388	395	812	1,145	42,642	373	609	887
1시간 이하	1,090	2,905	719	1,097	2,235	49,191	624	1,075	1,593
4시간 이하	2,452	3,921	1,290	3,512	3,736	59,138	1,132	2,027	3,430
8시간 이하	5,358	5,893	1,993	6,119	5,188	69,356	1,674	4,050	5,954
8시간 이상	6,594	6,815	2,560	8,439	6,285	81,204	2,035	5,338	9,239

구분	사무 기기	전기 전자	전기 기계	영상 음향	의료 광학	자동차	기타 운송 장비	가구 및 기타	재생 재료
응답자수	(50)	(82)	(53)	(50)	(50)	(51)	(56)	(50)	(50)
3초 이하	74	11,966	170	124	64	606	134	38	47
1분 이하	1,323	17,982	301	170	104	938	185	120	142
5분 이하	1,482	25,992	474	327	183	1,271	227	281	234
30분 이하	1,903	34,272	1,011	839	478	2,138	567	892	642
1시간 이하	2,386	34,667	1,916	1,413	818	3,070	950	1,505	1,072
4시간 이하	3,164	45,224	4,992	3,083	1,379	5,281	2,055	2,532	1,771
8시간 이하	4,309	61,261	8,576	4,638	2,267	8,991	3,649	3,917	2,696
8시간 이상	4,775	65,031	13,337	6,111	2,702	14,327	4,296	5,350	3,372

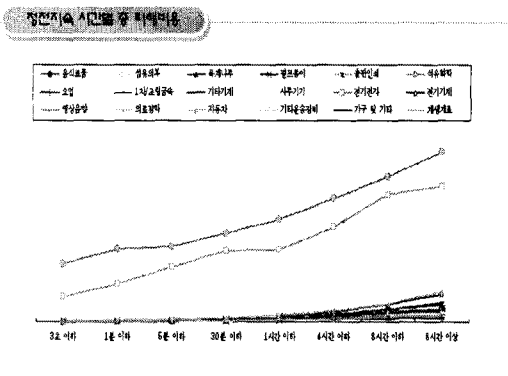


그림 7. 정전지속 시간별 총 피해비용
Fig. 7. Damage cost by interruption

표 2 및 그림 7에서 정전시간이 길어질수록 증가하는 것으로 나타났다. 특히 4시간 이하부터 큰 폭으로 증가하고 있다. 업종별로는 석유화학이 가장 큰

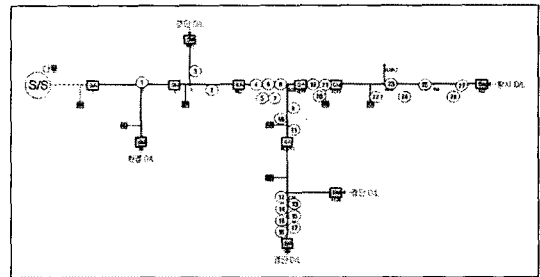
피해비용이 발생하는 것으로 나타났고, 전기전자 업종이 그 다음으로 많은 피해 비용이 발생하는 것으로 나타났다.

4. 사례연구

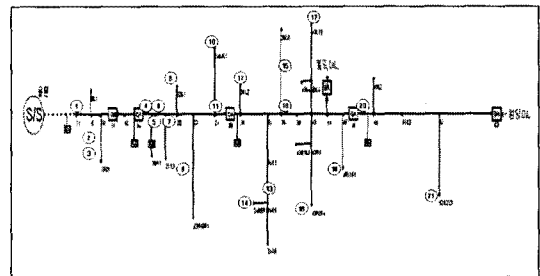
본 논문의 ◇◇사업본부를 대상으로 하여, 그 중에서 5개의 D/L 즉, A D/L, B D/L, C D/L, D D/L, E D/L의 모델계통을 분석하였다.

4.1 모델계통

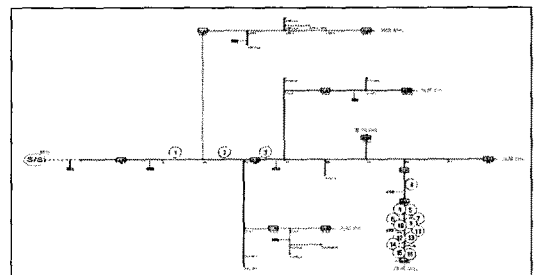
5개 D/L의 모델의 계통도는 그림 8과 같다.



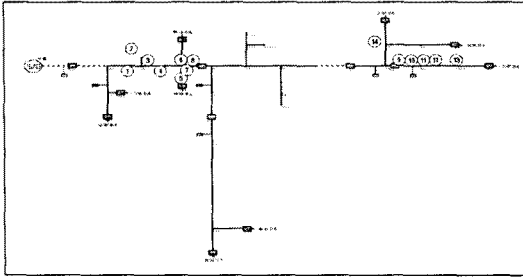
(a) A D/L



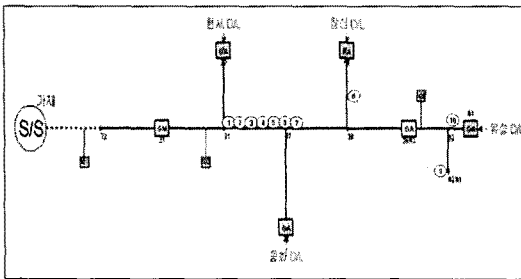
(b) B D/L



(c) C D/L



(d) D D/L



(e) E D/L

그림 8. 배전계통 단선도
Fig. 8. Single line diagram of the system

4.2 산업용수용가의 최적 SCDF산정 결과

3.2절에서 분석된 정전지속 시간별 총 피해비용 (CIC)을 SCDF로 도출하기 위해서 회귀모형은 크게 9가지인 Chromatography, Exponential, Growth/Sigmoidal, Hyperbola, Logarithm, Peak, Polynomia, Power, Rational, Waveform function을 적용하였다. 이중 본 연구에 적합하게 수렴되는 함수는 크게 5가지로 Extreme, Gauss, GaussAmp, Logistpk, Lorentz로 분석되었다. 이중 최적의 SCDF에 AHP를 이용하여 순차상위 level의 priority로 가중합을 얻어가면서 계층에 따라 합성하여 회귀모형의 종합 평가인 Eigen-value 결과는 표 3과 같다.

표 3. 회귀모형에 의한 고유값 결과
Table 3. Eigen-value result by regression model

구분	Extreme	Gauss	GaussAmp	Logistpk	Lorentz
Eigen-value	0.1903027	0.1996083	0.2058532	0.2153583	0.188897

표 3의 결과에 의해서 Logistpk function의

Eigen-value가 가장 큰 것으로 선정되어 Logistpk function의 계산식인 식 11을 이용하여 최적 SCDF를 도출한 결과는 그림 9와 같다. 단, 산업체 수용가 18개업종별 변수는 식 11의 밑에 표기하였다.

$$\text{Logistpk} : y = y_0 + \frac{4Ae^{-\frac{x-x_c}{w}}}{(1+e^{-\frac{x-x_c}{w}})^2} \quad (11)$$

$$\text{단, } z = \frac{x-x_c}{w}$$

	y0	xc	w	A
음식료품	-394,679	47,222	18,993	1,613,946
섬유 의복	-98,228,743	51,821	1,478,742	98,268,857
목재나무	-13,399,584,799	53,376	6,541,779	13,399,824,223
펄프종이	-32,111	54,525	34,591	59,408
출판인쇄	-49,637,098,594	47,914	6,552,447	49,637,825,015
석유화학	-4,290,799,381	51,296	6,605,404	4,290,915,250
요업	-15,595,478,074	49,347	6,429,814	15,595,726,902
1차/조립금속	-592,310	52,454	31,632	1,157,400
기타기계	-11,183,293,026	81,356	5,329,972	11,183,969,188
사무기기	-40,440,637,203	45,813	5,451,429	40,441,581,739
전기전자	-9,335,844,416	45,035	3,940,246	9,336,296,272
전기기계	-12,657,960,788	79,908	5,636,530	12,658,613,390
영상음향	-23,275,108,029	54,875	6,846,099	23,275,503,252
의료광학	-8,909,069,220	50,213	4,247,902	8,909,404,713
자동차	-4,253,841,650	99,973	4,123,718	4,254,513,460
기타운송장비	-1,658,404	49,781	61,429	1,964,053
가구 및 기타	-23,477,898,544	57,646	6,683,782	23,478,365,906
재생재료	-29,350,659,352	51,337	6,360,324	29,351,179,452

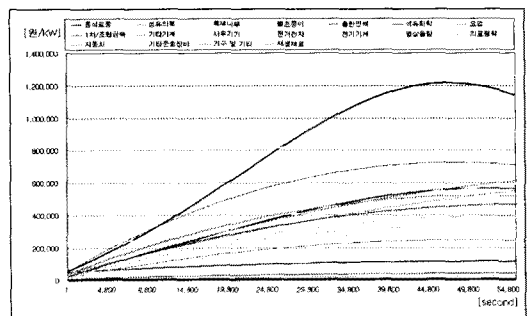


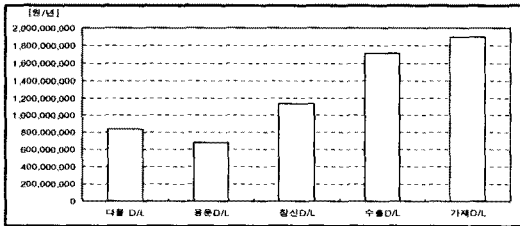
그림 9. 최적 SCDF 결과
Fig. 9. Optimal SCDF result

4.3 배전계통에의 적용결과

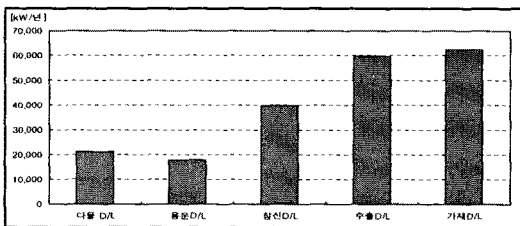
4.2절에서 도출된 최적 SCDF(식 2)를 이용하여 완전정상상태(TLOC)의 관점에서 VBDRA를 식 (3)~(10)으로 산정한 결과인 EENS, ECOST, IEAR 는 표 4 및 그림 10과 같다.

표 4. 배전계통의 VBDRA 결과
Table 4. VBDRA result for D/L

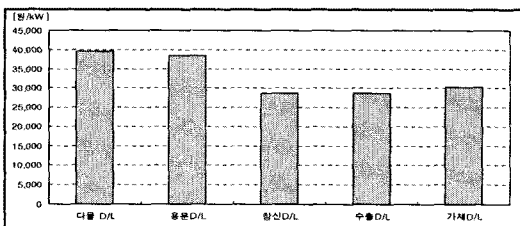
부하종류	부하크기 [kW]	ECOST [원/년]	EENS [kW/년]	IEAR [원/kW]
A D/L	10,520	836,225,650	21,176	39,490
B D/L	10,520	681,785,763	17,788	38,328
C D/L	15,645	1,134,751,554	39,552	28,690
D D/L	30,630	1,714,889,878	59,645	28,752
E D/L	18,345	1,896,659,402	62,512	30,341



(a) D/L의 ECOST 산정결과



(b) D/L의 EENS 산정결과



(c) D/L의 IEAR 산정결과

그림 10. 배전계통의 VBDRA 결과
Fig. 10. VBDRA result for D/L

표 4의 5개의 모델계통 중에서 비용측면인 예상 공급지장에너지(EENS)와 kW 측면인 정전비용기대치(ECOST)으로는 B D/L > A D/L > C D/L > D D/L > E D/L 순으로 비용이나 에너지 측면에서 계통에 영향을 적게 미치나 실제 공급지장비인 원/kW 측면인 차단에너지비용(IEAR)로는 D D/L > C D/L > E D/L > B D/L > A D/L 순으로 계통에 영향을 적게 미치는 것으로 분석되었다. 즉, A D/L에 투자하는 것이 신뢰도를 향상시키는 것이 가장 효과적이라 하겠다.

5. 결론

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 본 연구에서 산업용 수용가 중별 공급지장 비용 평가를 시행하고 분석하기 위해 개발하는 설문은 전기사용 실태, 정전발생 불편 및 피해 사항, 정전지속시간별 공급지장비용, 비상대기 공급 장치 유무, 비상대기 공급 장치 유무에 따른 공급지장비용 평가, 정전 사전 경고 유무에 따른 공급지장비용 평가 그리고 월별, 요일별, 시간별 공급지장비용 평가와 관련된 내용으로 구성하여 우리나라 현실에 맞는 설문으로 조사하였다.

(2) 조사된 산업용 수용가의 정전지속 시간별 kW 당 정전비용은 3초 이하의 순간정전에서 전기전자업종이 가장 높지만, 1분 이하부터는 사무기기의 정전비용이 더 높은 것으로 나타나며, 음료식품의 경우 1시간 이하부터 큰 폭으로 증가하여 8시간 이상의 장시간 정전이 지속될 그 피해 비용이 가장 높은 것으로 나타났다.

(3) 정전지속 시간별 총 피해비용(CIC)를 SCDF로 구성한 결과 Peak function의 Extreme, Gauss, GaussAmp, Giddings, Logistpk, Lorentz가 적용 가능한 함수로 결정하였다. 이를 이산 값인 CIC를 기준으로 회귀모형을 분석된 종속변수의 값을 계층화 의사결정(Analytic Hierarchy Process: AHP)를 적용하여 오차에 따라서 3가지 타입의 일대일비교행렬하고 Eigen-value를 도출한 결과 Logistpk function의 Eigen-value가 최적의 SCDF인 것으로 산정되었다.

(4) 이를 통하여 5개의 모델계통 중에서 ECOST와 EENS는 E D/L이 가장 크므로 우선순위 투자 대상으로 판단되지만, 차단에너지비율(Interrupted Energy Assessment Rate: IEAR)은 A D/L이 가장 크므로 공급지장비 측면에서는 A D/L에 신뢰도를 향상시키는 것이 가장 효과적이라 하겠다.

따라서, 산업수용가의 적절한 공급지장비용을 추정하여 계통계획 시 신뢰도측면에서 좀 더 효과적인 방법론을 제시할 수 있도록 하였다.

차후, CIC의 대상을 산업용수용가 뿐만 아니라 가정용, 교육용 등도 조사를 하여 배전시스템 전반에 대해서 공급지장비를 평가해야 될 것으로 판단된다. 또한, 기존의 배전선로 평가 시 계통운영여건, 선로 관리 현황평가항목, 사업특성평가로만 평가하였으나, 이에 추가로 공급지장비를 고려하여 실제적으로 더 효과적인 배전시스템을 평가해야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 한전전력연구원의 지원에 의하여 기초전력연구원(관리번호 : 08125) 주관으로 수행된 과제임.

References

- [1] Thomas L. Satty: The Analytic Network Process. RWS Publications, 1996.
- [2] Roy Billinton, Ronald N. Allen: Reliability Evaluation of Power Systems, Plenum Press, 1984.
- [3] Rong-Liang Chen; Allen, K.; Billinton, R: Value-based distribution reliability assessment and planning, IEEE, 1995.
- [4] Arun P. Sanghvi: Measurement and Application of Customer Interruption Cost/Value of Service for Cost-Benefit Reliability Evaluation: Some Commonly Raised Issues", IEEE, 1990.

◆ 저자소개 ◆

김용하 (金龍河)

1959년 5월 16일생, 1982년 고려대학교 전기공학과 졸업. 1987년 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 동대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~현재 인천대학교 전기공학과 교수.
Tel : (032)770-8434
E-mail : yhkim@incheon.ac.kr

우성민 (禹成敏)

1980년 11월 1일생. 2006년 인천대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2006년~동대학원 전기공학과 재학(박사과정).
Tel : (032)770-4323
E-mail : yhkim@incheon.ac.kr

백범민 (白凡旻)

1982년 5월 7일생. 2008년 인천대학교 전기공학과 졸업. 2008년 인천대학교 대학원 전기공학과 입학. 현재 인천대학교 대학원 전기공학과 재학중.
Tel : (032)770-4323
E-mail : chbbm@nate.com

신형철 (申馨澈)

1961년 11월 9일생. 1999년 한국방송대학교 행정학과 졸업. 2002년 인천대학교산업대학원 전기공학과 졸업(석사). 2009년 인천대학교 대학원 전기공학과 재학(박사과정). 1980~1999년 한국공항공사 부장. 1999년~현재 인천국제공항공사 에너지환경처장.
Tel : (032)741-5443
E-mail : shc@airport.kr

박창규 (朴昌奎)

1964년 2월 19일생. 1990년 울산대학교 전기공학과 졸업. 2007년~인천대학교 산업대학원 전기공학과 석사과정. 1991년~금호건설 기전팀 제직.
Tel : (02)6303-0630
E-mail : ckpark1@kumhoenc.com