

영구정전과 순간전압강하를 고려한 신뢰도 비용 평가

(Evaluation of Reliability Worth Considering Sustained Interruptions and Voltage Sags)

이희태* · 문종필** · 설규환 · 윤상윤 · 김재철

(Hee-Tae Lee · Jong-Fil Moon · Kyu-Hwan Seol · Sang-Yun Yun · Jae-Chul Kim)

요 약

과거에는 순간전압강하(Sag)나 고조파(Harmonics)와 같은 순간전력품질 문제가 부하에 큰 영향을 미치지 않았으나, 최근 컴퓨터와 같은 마이크로 프로세서를 이용하는 민감부하의 사용 증가로 인하여 전력품질에 대한 관심이 고조되고 있다. 이에 따라 현재까지 영구정전(Sustained Interruption)에 초점을 맞추고 일부 순간정전(Momentary Interruption)을 포함하여 진행되어 온 배전계통 신뢰도 연구 분야는 새로운 전환점을 맞이하고 있다. 즉, 전력품질 문제로 인하여 많은 민감기기들이 트립(Trip)되어 신뢰도 비용이 발생하기 때문에, 전력 품질을 고려하지 않은 신뢰도 비용평가는 그 정확도가 떨어질 수밖에 없는 실정에 있다. 본 논문에서는 배전계통 사고 시 이 사고를 제거하기 위해 사용된 리플로저에 의해 발생하는 순간전압강하를 고려하였다. 기존의 영구정전에 의한 신뢰도 비용과 순간전압강하에 의해 트립되는 기기들의 신뢰도 비용을 포함하는 개선된 배전계통 신뢰도 비용 평가 기법을 제안하였다.

Abstract

Power quality problems such as momentary interruptions and voltage sags do not great influence on loads at past. However, the interests in power quality problems increase as the use of sensitive loads with microprocessor like computers increases recently. Accordingly, power system reliability research focusing to sustained interruption and momentary interruption partially needs more accurate evaluation methods including momentary and instantaneous problems. That is, many sensitive loads being tripped by voltage sags result in interruption costs. In this paper, new reliability worth evaluation method is presented considering voltage sags. We calculated the magnitude of voltage sags using fault studies and the duration of voltage sags using the trip time of protective relays for each fault. Moreover, we includes the customer interruption cost resulted from sensitive load trip by voltage sags. Through case studies, we evaluate the effects of voltage sags for permanent faults.

Key Words : Reliability worth, Sustained interruption, Momentary interruption, Voltage sag, Sensitive load,
Power quality

* 주저자 : 숭실대학교 전기공학부 박사과정

** 교신저자 : 숭실대학교 전기공학부 전임강사

Tel : 02-824-2416, Fax : 02-817-0780

E-mail : visir@ssu.ac.kr

접수일자 : 2007년 10월 23일

1차심사 : 2007년 10월 26일

심사완료 : 2007년 11월 27일

1. 서 론

정보화 사회가 도래하고 경제 발전의 고도화에 따

영구정전과 순간전압강하를 고려한 신뢰도 비용 평가

라 공급전력의 품질에 대한 관심이 점차 증가하고 있다. 최근 IT산업 발달로 에너지 공급중단인 영구정전 뿐만 아니라 민감부하에 영향을 주는 순간정전 및 순간전압강하에 대한 관심이 폭발적으로 증가하고 있다.

그러나 현재까지 배전계통 신뢰도 비용 평가는 주로 영구정전에 초점이 맞춰져 있으며, 일부 선진국에서만 순간정전을 고려하여 평가하고 있다[1-2]. 국내에서도 현재 한국전력공사의 신뢰도 평가는 5분 이상의 영구정전에 대해서만 목표를 부여하여 관리하고 있으며 순간정전은 계통에서 발생한 횡수만 관리하고 순간정전호수 등은 관리가 미비한 실정이다. 더군다나 순간전압강하에 의한 신뢰도 평가는 순간전압강하가 미치는 영향의 중요성에 비하여 아직 기초적인 연구에 머물러 있는 것이 현실이다.

배전계통에서 각종 사고가 발생하게 되면, 사고가 발생한 선로는 영구정전 및 순간정전을 경험하게 되지만 사고가 발생하지 않은 인근선로는 몇 번의 순간전압강하를 경험하게 된다. 비록 순간전압강하에 의한 신뢰도 비용이 적을지라도 인근 모든 선로에 영향을 주기 때문에 영구정전에 의한 비용에 비하여 무시하지 못할 정도로 크다. 따라서 본 논문에서는 순간전압강하에 의하여 발생하는 신뢰도 비용을 고려하여 이러한 현실적인 요구에 적합한 신뢰도 비용 평가방안에 대해서 연구하였다.

2. 배전계통의 순간전압품질

2.1 배전계통의 구성 및 순간전압품질

IEEE에서 언급하고 있는 전력품질은 주파수나 전압에 의한 왜곡현상을 중심으로 정의하고, IEC에서 규정하고 있는 전력품질은 전자기현상에 의한 EMC 문제를 기본으로 전력품질을 정의하고 있다[3-4]. 순간전압품질 문제는 주로 수용가 기기의 문제들, 예를 들면 모터기동이나 커패시터 스위칭 등에 의해서도 발생되지만, 전력계통의 사고에 의해 발생하는 것이 일반적이다[5].

배전계통의 사고는 계통을 구성하고 있는 기기들의 고장에 기인하며 이러한 고장은 1선지락, 2선지

락(단락), 3상단락 고장으로 나눌 수 있다. 본 논문에서는 이러한 배전계통의 사고에 초점을 두었다.

그림 1은 3상 4선식 다중접지방식을 적용하고 있는 전형적인 국내 배전계통으로 변전소 윗단을 무한 모선($V_s = 1[p.u.]$)으로 가정하면, 계통에서 사고 발생시 모선에서의 전압 V_{bus} 는 식 (1)과 같다.

$$V_{bus} = \frac{Z_L}{Z_S + Z_T + Z_L} V_s \quad (1)$$

여기서, Z_S 는 전원 임피던스, Z_T 는 변압기 임피던스, Z_L 은 선로 임피던스를 나타낸다.

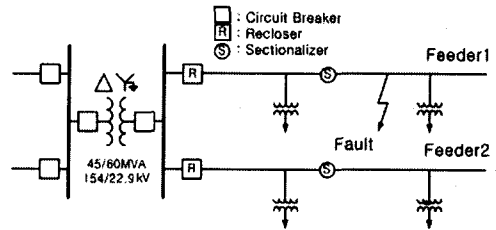


그림 1. 국내 배전계통 모델

Fig. 1. Power distribution system model in Korea

피더 1에 완전지락 사고시($Z_f=0$) 사고점으로 유입되는 고장 전류의 증가로 인하여 모선에서의 전압 V_{bus} 는 작아지게 되고, 이 작아진 전압에서부터 고장점까지의 전압분포는 선로의 임피던스를 분포정수회로라 가정하면 선형으로 작아지게 된다. 따라서 모선부터 고장점까지 분포된 피더 1의 수용가는 $V_{bus}[V]$ 부터 $0[V]$ 까지 다양한 전압품질 문제를 경험하게 된다. 피더 2의 수용가도 V_{bus} 의 값이 작아짐에 따라 수용가 위치에 따라 다양한 전압품질 문제를 경험하게 된다.

2.2 재폐로에 따른 순간전압품질

국내 배전계통에서는 정전의 범위를 축소하고 전력공급의 효율을 높이기 위해 CB(circuit breaker)에 자동재폐로 기능을 첨가하거나 리클로저를 설치하여, 영구사고가 아닌 고장 발생 시 차단기를 열고 고장을 제거한 후 재폐로를 함에 따라 고장을 제거하

여 정전시간을 단축시키고 있다.

그러나 이로 인하여 수용가에서는 영구정전을 경험하는 수는 감소하지만, 순간전압강하를 경험하는 수는 대략 3배 정도 증가하게 된다. 결국 영구사고일 경우에는 사고선로가 아닌 인근선로는 불필요한 순간전압강하를 경험하게 되는 단점이 있다.

리클로저를 2 Fast - 1 Delay(2F1D)로 운전할 경우, 그에 따른 각 피더에서의 전압파형은 그림 2와 같다. 리클로저를 사용하여 고장을 제거할 경우, 영구사고시 피더 1에서는 한 번의 영구정전 대신 세 번의 순간전압강하 추가로 경험하게 되며, 피더 2에서는 한 번의 순간전압강하 외에 두 번의 순간전압강하를 추가로 경험하게 된다.

순간 사고가 순간전압강하의 원인 중 대부분을 차지하기 때문에 일반적으로 수용가가 느끼는 순간전압강하 문제는 한 번이 아니라 실제로는 1~3번의 순간전압강하를 경험하게 된다. 그래서 재폐로에 따른 순간전압품질에 의한 수용가 영향을 고려하기 위하여 계통의 사고 종류에 따른 다양하게 경험하게 되는 수용가 영향을 고려하였다.

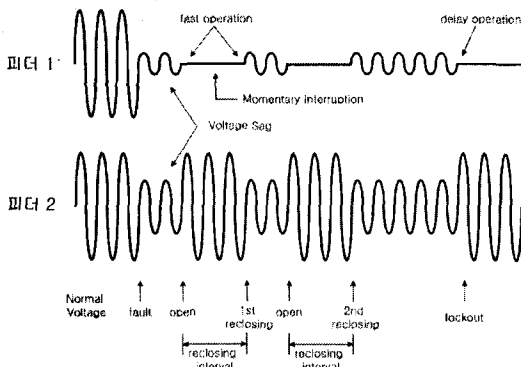


그림 2. 영구사고시 피더 전압파형
Fig. 2. Voltage waveform of feeder during a permanent fault

만약에 선로의 고장으로 인한 해당 피더가 영구사고일 경우 설비가 복구되는 시간만큼 수용가는 영구정전을 경험하게 되며, 인접한 피더는 고장의 종류에 따라 OCR 또는 리클로저의 한시차단시간 만큼의 순간전압강하를 경험하게 된다.

순간전압강하를 경험하게 되는 인접한 피더는 고

장을 야기한 피더의 동일한 상에 영향을 받기 때문에 단상에 대한 영구사고나 순간사고에 의해 인접한 피더에 순간전압강하를 미칠 확률은 1/3이며, 2상일 경우는 2/3, 3상 사고일 경우에는 영향을 받을 확률이 1이 된다. 임의의 피더에 영구고장 및 순간고장 발생 시 고장선로와 인근선로에서 경험하는 전압의 실효치는 그림 3과 같다.

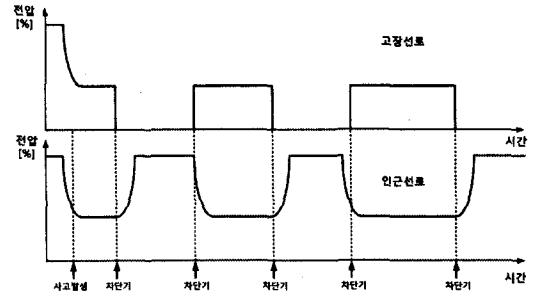


그림 3. 영구고장 발생시 고장선로 및 인근선로의 전압크기

Fig. 3. Voltage magnitude of faulted feeder and neighbor feeder during a permanent fault

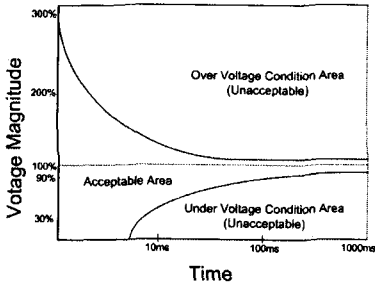
2.3 순간전압품질 및 신뢰도 평가방식

2.3.1 순간전압품질 평가방식

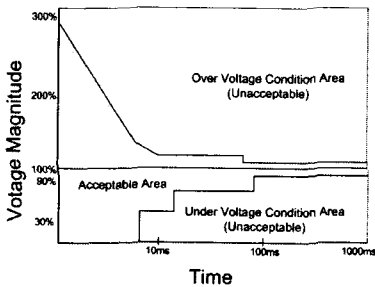
전력품질을 평가하기 위해서 전력민감도곡선 (Power acceptability curve)이 많이 사용되고 있다. 이 곡선은 Computer Business Equipment Manufacturer Association(CBEMA) 곡선과 Information of Technology Industry Council(ITIC) 곡선, 두 가지로 나누어 질 수 있다. 그림 4는 전형적인 CBEMA곡선과 ITIC 곡선을 나타낸다[6].

정격전압(100[%])을 기준으로 비안전한 구역 (Unacceptable area)은 두 가지로 나누어진다. 즉, 위쪽은 과전압(Overvoltage)구역으로 Swell과 같은 전력품질 문제를 나타내며, 아래쪽은 저전압(Undervoltage)구역으로 순간전압강하 문제를 나타낸다. 만약 공급전압이 비안전한 구간에 들어올 경우, 그림 4에 해당하는 수용가 기기는 트립(Trip) 되어 전원이 다시 정상으로 돌아온다고 해도 회복되지 않기 때문에 수용가의 신뢰도 비용이 발생하게 된다.

영구정전과 순간전압강하를 고려한 신뢰도 비용 평가



(a) CBEMA curve



(b) ITIC curve

그림 4. 전력민감도 곡선
Fig. 4. Power acceptability curve

2.3.2 배전계통 신뢰도 평가방식

일반적인 방사상의 배전계통을 구성하고 있는 여러 가지 배전 기자재들은 직렬구조로 연결되어 있는 특징이 있기 때문에 임의의 기자재의 고장은 수용가에 영구정전이나 순간전압강하를 경험하게 된다. 이러한 구조에서 신뢰도를 평가를 정량화하기 위해서 구성하고 있는 개별설비들의 연평균 고장률인 λ_{Si} 와 개별 설비의 고장 발생 시 고장복구시간을 나타내는 r_{iS} 연간 불가용시간인 U_i 를 이용한다[7-8]. 따라서 구성 설비의 영구고장에 의한 연간 불가용시간 만큼의 정전이 발생할 수 있다. 식 (2)~(4)는 기본 신뢰도 지수를 평가하는 LPI(Load Point Index)를 나타낸다.

$$\lambda_{Si} = \sum_{j \in F(i)} \lambda_{Sj} \quad [freq./year] \quad (2)$$

$$U_i = \sum_{j \in F(i)} \lambda_{Sj} r_{iS} \quad [hour/year] \quad (3)$$

$$r_{iS} = \frac{U_i}{\lambda_{Si}} \quad [hour/freq.] \quad (4)$$

여기서 λ_{jS} 는 연간 j 구간의 영구고장에 의한 평균 고장률을 의미하고, $j \in F(i)$ 의 의미는 LP(load point) i 에 대해 발생한 모든 j 구간의 고장을 의미한다. 그리고 r_{iS} , U_i 는 j 구간의 고장시간과 연 평균 고장시간을 나타낸다.

3. 순간전압품질비용을 고려한 신뢰도 비용 평가

순간전압품질에 의한 신뢰도 비용을 평가하기 위하여 RBTS-BUS2 모델을 국내 계통에 적합하도록 수정한 모델을 사용하였다[9]. 사례연구는 영구사고에 의한 사고선로의 영구정전에 의해 발생하는 신뢰도 비용과 인근선로의 순간전압강하에 의한 신뢰도 비용을 분류하였다. 각각의 경우에 대하여 신뢰도 비용을 평가한 후 비교하였다.

3.1 배전계통 모델 및 데이터

그림 5는 사례연구를 위한 모델이다. 한 개의 변전소에서 총 4개의 22.9[kV] 피더로 전력을 공급하는 전형적인 국내 배전계통을 나타낸다. 선종은 3상 가공선로(ACSR 160[mm])로 가정하였고, 수용가는 주거용, 상업용, 업무용 빌딩, 산업용으로 4개의 종류로 구분되어 있는 것으로 가정하였다.

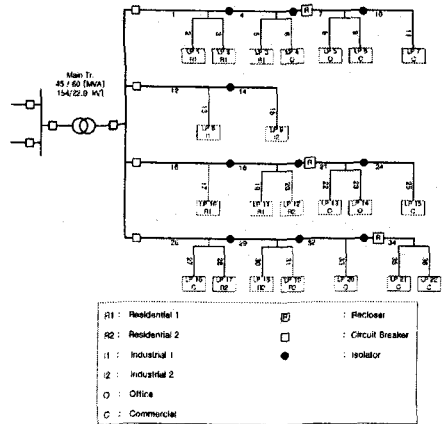


그림 5. 사례연구를 위한 배전계통 모델
Fig. 5. Power distribution system model for case studies

각 피더를 구성하고 있는 구간의 번호 및 선로길
이와 LP별 수용가 종류, 부하량, 수용가 수는 참고문
헌[9]와 동일하게 적용하였다. 그리고 2.3.2절의 신뢰
도 평가시 j인자는 가공선로만 고려하였으며, 저압
LP의 주상변압기의 고장률은 무시하였다. 영구고장
률은 표 1과 같이 국내전력회사의 최근 5년간 누적
하여 추출한 영구고장률을 이용하였다[10].

표 1. 누적된 설비 신뢰도 자료

Table 1. The cumulative equipment reliability data

구성요소	영구고장	
	고장률	고장복구시간
가공선로	0.008/[km]	1시간

표 2는 수용가 종류에 따라 전체부하 대비 민감부
하가 차지하고 있는 구성 비율을 나타낸다[11]. 각 수
용가 종류별로 총 5종류의 민감부하로 가정하였다.

그림 6은 본 논문에서 적용한 정전비용 데이터로
캐나다에서 조사한 [kW]당 정전지속시간에 따른 정
전비용을 나타낸다[12]. 그리고 수용가 정전비용을
나타내는 CIC(Customer Interruption Cost)는 전력
품질이나 전력공급의 문제로 인해 수용가가 정전을
경험할 때 발생하는 비용을 평가하는 지수로 식 (5)
를 이용하였다.

$$CIC = CDF \times U_i \quad (5)$$

여기서 CDF는 그림 6의 시간대별 수용가 정전비
용을 의미한다.

표 2. 수용가의 민감부하 형태별 구성비율

Table 2. Composition ratio for sensitive load types of customer

수용가 종류 부하형태	주거용 수용가[%]	상업용 수용가[%]	업무용 빌딩[%]	산업용 수용가[%]
조명	10	23	20.7	14.7
전동기	0	0	11.9	52.6
전동기	0	5	36	0.44
컴퓨터	3	7	8.6	1.7
자동전압조정기	0	0	0.31	0.04

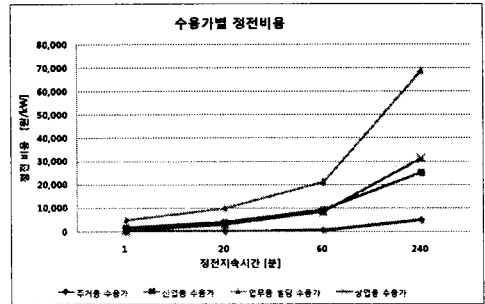


그림 6. 수용가 종류에 따른 정전비용

Fig. 6. Interruption cost for customer types

영구사고시 인근선로의 순간전압강하 크기 및 지
속시간을 추출하기 위하여 모의계통의 OCR 및 리클
로저의 동작시간을 이용하였으며 모선의 전압과 사
고전류는 PSCAD/EMTDC 과도해석 프로그램을 이
용하였다. 표 3은 시뮬레이션에 이용된 계통 데이터
를 나타낸다.

표 3. 시뮬레이션에 이용된 기본 계통 데이터

Table 3. Used basic system data

항 목		내 용
계통 임피 던스 [%]	가공선	$Z_0 : 9.87+j22.68$ $Z_1(=Z_2) : 3.86+j7.42$
	변압기 (45/60[MVA])	$Z_0(=Z_1=Z_2) : j31.9$ (Self base : j15)
	전원	$Z_0 : 0.27+j1.52$ $Z_1(=Z_2) : 0.09+j0.96$

OCR의 순시 사고제거시간은 2 cycles로 하였으며
CB의 차단시간은 4 싸이클로 가정하였다. 또한
OCR의 한시 트립시간은 식 (6)과 같으며, 계통의
사고는 지락사고만을 가정하여 리클로저의 한시 트
립시간은 식 (7)과 같이 계산된 시간을 적용하였다.

$$T_{OCR} = \left(\frac{39.85}{I_{MT}^{1.95} - 1} + 1.084 \right) \times 6 \times M [cycles] \quad (6)$$

$$T_{RF} = 141.53 \times I^{-1.0848} [ms] \quad (7)$$

또한 사고점의 저항은 무시하였으며 사고종류의
비율은 1선지락, 선간단락, 3상사고에 대해 70 : 30 :
10의 비율로 하여 2.2절에서 제시한 고장종류별 확

영구정전과 순간전압강하를 고려한 신뢰도 비용 평가

를 적용하였다.

그림 7은 사례연구에 이용된 민감부하의 ITIC 곡선을 나타낸다[9]. 그림에서 괄호안의 변곡점 x값은 순간전압강하 지속시간을 나타내며, y값은 순간전압강하의 전압크기를 나타낸다.

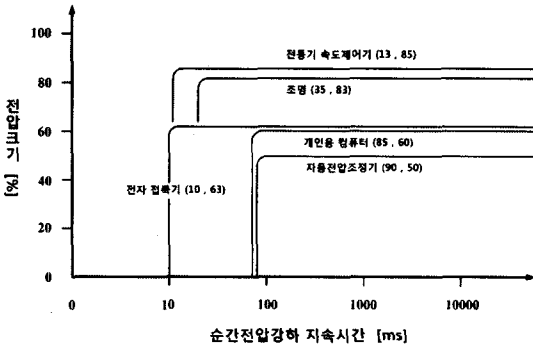


그림 7. 수용가 민감부하에 대한 ITIC
Fig. 7. ITIC curves for customer sensitivity loads

4. 제안 알고리즘

4.1 영구사고에 의한 신뢰도 비용 평가

본 논문에서는 임의의 피더에 영구사고 발생시 계통에서 발생할 수 있는 모든 정전을 영구사고에 의한 사고선로의 영구정전과 영구사고에 의한 인근선로의 순간전압강하로 분류하여 신뢰도 비용을 평가하는 알고리즘을 그림 8에 나타내었다.

Step 1) 사례모델의 식 (2)~(4)를 이용하여 기본 신뢰도 지수를 평가 통해 산출된 연간 불가용시간을 이용하여 각 LP별로 CIC 값을 평가한다. 연간 불가용시간을 LP별로 보면 0.054~0.192[hr]의 시간과 같으며, 그림 6의 영구정전에 의한 수용가 정전비용 데이터는 1분~20분의 구간에 해당되는 정전비용데이터를 선형으로 가정하여 비용을 산출한다.

Step 2) 각각의 설비가 영구고장(1선고장, 2선고장, 3선고장)시 순간전압강하를 야기하는 LP를 탐색하고, 고장계산(Fault Study)을 통하여 OCR의 한시 트립시간, 리클로저의 지연트립시간을 계산하여 LP의 순간전압강하에 대한 전압의 크기와 지속시간을 계산한다. 단 Sag에 의한 트립시 복구시간은 5분으

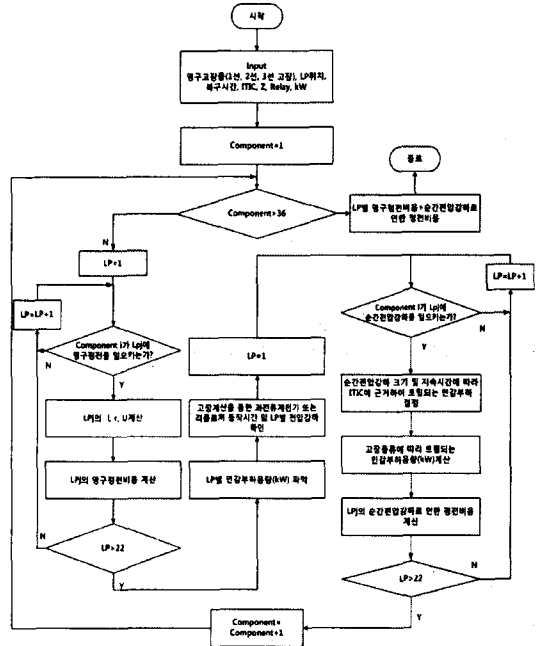


그림 8. 영구고장에 의한 신뢰도비용 평가 알고리즘
Fig. 8. Algorithm for reliability worth evaluation by permanent fault

로 가정하였다.

Step 3) 순간전압강하 크기와 지속시간에 따라 ITIC에 근거하여 트립되는 민감부하 결정하며, step 2에서 계산된 전압의 크기와 지속시간, 그림 7의 민감부하의 ITIC에 근거하여 순간전압강하 발생시 각각의 고장 발생시 실제 트립되는 민감부하를 구간별로 표 4에 나타내었다. 예를 들어 1번 선로의 사고시 LP 8~22의 모든 민감기기가 트립되는 것을 의미한다.

Step 4) LP별 부하크기(kW)와 민감부하별 구성 비율에 따라 정전을 경험하는 민감부하량 계산과 함께 모든 선로에 대해 영구고장시 1선고장, 2선고장, 3선고장 각각에 대하여 LP별로 순간전압강하에 의하여 트립되는 부하량(kW)를 계산을 반복 계산을 한다.

Step 5) 수용가별 부하량 및 수용가 종류별 정전 비용 데이터를 이용하여 영구정전에 의한 CIC 및 순간전압강하에 의한 CIC를 평가한다.

표 4. 순간전압강하에 의한 트립되는 민감부하
Table 4. Tripped sensitive load by voltage sag

선로	ASD	조명	M/C	PC	AVR	선로	ASD	조명	M/C	PC	AVR
1	T	T	T	T	T	19	T	T	T	T	-
2	T	T	T	T	T	20	T	T	T	-	-
3	T	T	T	T	T	21	T	T	T	-	-
4	T	T	T	T	-	22	T	T	-	-	-
5	T	T	T	T	-	23	T	T	-	-	-
6	T	T	T	T	-	24	T	T	-	-	-
7	T	T	-	-	-	25	T	T	-	-	-
8	T	T	-	-	-	26	T	T	T	T	T
9	T	T	-	-	-	27	T	T	T	T	T
10	T	T	-	-	-	28	T	T	T	T	T
11	T	T	-	-	-	29	T	T	T	T	-
12	T	T	T	T	T	30	T	T	T	T	-
13	T	T	T	T	T	31	T	T	T	-	-
14	T	T	T	T	-	32	T	T	-	-	-
15	T	T	T	-	-	33	T	T	-	-	-
16	T	T	T	T	T	34	T	T	-	-	-
17	T	T	T	T	T	35	T	T	-	-	-
18	T	T	T	T	-	36	T	T	-	-	-

(T : trip)

4.2 신뢰도 비용 평가결과

표 5는 영구사고시 사고선로의 영구정전과 인근선로의 순간전압강하에 대한 신뢰도 비용을 평가한 결과를 나타낸다. 영구정전대비 순간전압강하에 의한 비용이 적게는 0.2[%]에서 최대 15.9[%]까지 차지하고 있다.

그림 9는 각 피더에 대하여 모든 사고의 경우에 대한 신뢰도 비용을 종합하여 나타내었으며 표 6은 피더별 영구정전대비 순간전압강하에 의한 신뢰도 비용을 퍼센트로 나타내었다. 이는 LP별 평균에 의한 값으로 영구정전대비 약 10.3~15.3[%]까지 차지하는 것을 알 수 있다.

표 5. 순간전압강하를 포함한 신뢰도 비용
Table 5. Reliability worth considering voltage sag

정전비용 Load point	영구고장시 영구정전에 의한 정전비용(천원)	영구고장시 순간전압강하에 의한 정전비용(천원)
1	24	0.5
2	24	0.5
3	27	0.5
4	3,898	544

정전비용 Load point	영구고장시 영구정전에 의한 정전비용(천원)	영구고장시 순간전압강하에 의한 정전비용(천원)
5	4,150	479
6	761	39
7	824	39
Feeder 1	9,708	5,552
8	1,682	268
9	2,086	309
Feeder 2	3,768	2,764
10	22	0.6
11	25	0.6
12	21	0.5
13	3,980	488
14	3,980	488
15	752	40
Feeder 3	8,780	5,498
16	563	1
17	20	0.4
18	23	0.4
19	23	0.4
20	4,133	514
21	4,303	469
22	824	39
Feeder 4	9,889	5,654

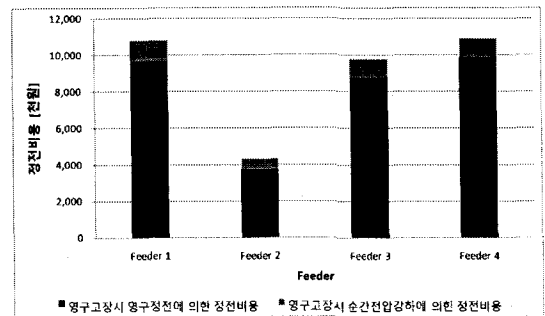


그림 9. 피더별 영구사고시 신뢰도 비용
Fig. 9. Reliability worth during a permanent & momentary fault for each feeder

표 6. 피더별 정전에 의한 신뢰도 비용[%]
Table 6. Reliability worth due to interruption for each feeder

Feeder	영구정전 대비 순간전압강하 신뢰도 비용[%]
1	11.3
2	15.3
3	11.6
4	10.3

5. 결 론

본 논문에서는 영구사고에 의해 발생하는 영구정전 및 순간전압강하에 의한 신뢰도 비용을 평가하였다.

신뢰도 비용 평가결과에 따르면 기존의 영구사고에 의한 영구정전비용이외에 인근선로는 순간전압강하 비용이 발생되어 영구정전비용 대비 10.3~15.3[%]의 추가적인 비용이 발생됨을 알 수 있었다. 이는 영구사고시 영구정전은 사고가 발생한 선로에만 국한되지만, 순간전압강하는 인근 모든 선로에서 발생하기 때문에 판단된다. 또한 업무용 및 산업용 수용가의 정전비용이 상대적으로 높은 것을 알 수 있었다.

본 논문의 결과를 통하여 순간전압강하에 대한 기존의 인식 전환이 필요함을 알 수 있고 순간전압강하의 원인이 사고의 재폐로에 의해 발생하는 것이기 때문에, 사회적 정전비용 전체의 최소화 차원 및 선로별 부하특성을 고려하여 재폐로에 대한 재검토가 필요할 것으로 사료된다.

본 논문은 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원 주관으로 수행된 연구임.

References

- [1] C. M. Warren, "The effect of reducing momentary outages on distribution reliability indices," IEEE Trans. on PWRD, Vol. 7, No. 3, pp. 1610-1617, Jul. 1992.
- [2] S. Y. Yun, J. C. Kim, J. H. Oh, and S. J. Rim, "Present state analysis of customers' effect in power distribution system by momentary voltage variation," Journal of the KIEE, Vol. 12, No. 4, pp. 37-46, Nov. 1998.
- [3] IEEE std 1159, "IEEE recommended practice for monitoring electric power quality", Nov. 1995.
- [4] Electromagnetic compatibility(EMC) -Part 4 : Testing and measurement techniques -Section 11 : Voltage dips, short interruptions and voltage variations immunity tests(2004).
- [5] J. Arrillaga, N.R.Watson, S.Chen, "Power system quality assessment", John wiley & sons , April. 2000.
- [6] IEEE std 446, "IEEE Recommended Practice For Emergency And Standby Power Systems For Industrial And Commercial Applications", July. 1996.
- [7] Billinton, R. Ronald N. Allen, "Reliability Evaluation of Power Systems", Plenum Press, 1984.
- [8] R. Billinton and R. N. Allan, "Reliability Evaluation of

Engineering Systems : Concepts and Techniques. New York", Plenum, 1992.

- [9] 윤상윤, 오정환, 김연석, 김낙경, 김재철, "과지모델을 이용한 배전 계통에서의 순간전압강하 평가 방식", KIEE, Vol. 49A, No. 4, 2000년 4월.
- [10] 한국전력공사 배전처, 배전계획부, 배전선로 공급신뢰도 현황, 한국전력공사, 2006.
- [11] 한국전력공사 전력연구원, "송배전 재폐로 방식의 최적화 연구", 한국전력공사, 1997년 12월.
- [12] L. Coel, R. Billinton and R. Gupta, "Basic Data and Evaluation of Distribution System Reliability Worth", WESCANEX '91, pp. 271-277, 1991.

◇ 저자소개 ◇

이희태 (李羲泰)

1976년 4월 2일생. 2002년 숭실대 전기공학과 졸업. 2004년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 박사수료.

문중필 (文鍾必)

1977년 5월 27일생. 2000년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 2007년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 2003~2008년 기초전력연구원 전력시스템연구실 선임연구원. 현재 숭실대학교 전기공학부 전임강사.

설규환 (薛奎煥)

1960년 10월 10일생. 1982년 2월 조선대학교 전기공학과 졸업. 1997년 8월 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업. 2008년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 한국전력공사 전남사업본부 전력공급팀장.

윤상윤 (尹尙潤)

1970년 8월 28일생. 1996년 숭실대 전기공학과 졸업. 2002년 숭실대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 LS산전 전력연구소 선임연구원.

김재철 (金載哲)

1955년 7월 12일생. 1979년 숭실대학교 전기공학과 졸업. 1983년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 숭실대학교 전기공학부 교수.