

배전시스템에서의 재폐로에 의한 수용가측 영향의 정량적 평가

(Quantitative Evaluation of the Customers' Effect
by Automatic Reclosing of Power Distribution Systems)

임성정* · 김재철**

(Seong-Jeong Rim · Jae-Chul Kim)

요 약

본 논문에서는 배전시스템에서의 재폐로에 의한 수용가측 영향을 정량적으로 평가하는 기법을 제시하였다. 제시한 평가기법은 재폐로시 발생하는 순간정전 및 순간전압강하를 예측하고, 전기적 외란에 대해 각 수용가측 민감 장비의 영향을 분석함으로써 수용가측 영향을 평가하였다. 시뮬레이션 결과에서는 재폐로 시도횟수를 늘릴수록 전력공급 신뢰도는 향상되는 반면, 수용가측의 전력품질은 저하됨을 정량적으로 나타내었다. 제시한 평가기법은 재폐로방식의 설정 및 계획수립에 활용할 수 있다.

Abstract

This paper presents an approach to quantitatively evaluate customers' effect due to automatic reclosing of power distribution systems. This proposed approach assess the customers' effect on equipment halt by predicting a momentary interruption and voltage sag and analyzing the impact of customers' equipment sensitive to electric disturbances. Simulation results show that the increment of the number of reclosing improves the service reliability, but deteriorates the power quality for customers. The proposed approach utilizes the determination of automatic reclosing scheme and distribution system planning.

1. 서 론

생산성 향상을 위해 수용가에서 사용하는 컴퓨터와 컴퓨터 제어장치들은 전기적 외란에 민감하기 때

문에 수용가에서는 전력변동에 관심을 가지게 되었다. 특히 전력공급이 아주 짧은 시간이라도 중단되거나 순간적인 전압강하가 발생한다면 그 피해는 아주 사소한 불편에서 큰 경제적 손실을 낼 수 있

*정회원 : 숭실대학교 부설 생산기술연구소 연구원
접수일자 : 1997. 8. 19

**정회원 : 숭실대학교 전기공학과 교수

다[1].

배전시스템에서 발생하는 대부분의 사고는 일시사고이기 때문에 사고구간을 축소하고 신속하게 시스템을 복구하여 수용가측에 연속적인 전력공급을 유지하기 위해 재폐로방식을 채용하고 있다. 재폐로 시도횟수를 늘릴수록 사고가 복구될 확률이 높아지기 때문에 전력공급 신뢰도는 향상된다. 그러나 고장이 제거되지 않은 상태에서 재폐로를 시도하는 경우 인근선로에 순간전압강하가 발생하여 수용가측 민감부하가 정지될 수 있기 때문에 재투입횟수를 증가시킬수록 수용가측에서의 전력품질 문제[2]는 더욱 악화되는 결과를 가져온다. 따라서 배전시스템의 적절한 보호방식의 결정과 계획수립을 위해서는 재폐로에 의한 수용가측의 영향분석이 반드시 수행되어야 한다.

재폐로에 관한 연구로서 Warren[3]은 수용가측의 순간정전을 방지하기 위해 선로 선택형 계전방식을 중지하였을 경우에 있어서 신뢰도지수와 재폐로와의 관계를 다루었다. 이 연구에서는 재폐로시 발생하는 순간정전 및 순간전압강하의 영향은 고려하지 않았기 때문에 민감부하를 사용하는 수용가측의 영향은 평가할 수 없었다. 이러한 순간전압강하에 관한 연구로서 Sekine 등[4]은 순간전압강하시 장비별 영향 및 컴퓨터부하의 대책에 대해 설명하였으며, Conrad 등[5]은 순간전압강하의 크기, 지속시간, 발생횟수를 예측함으로써 수용가측 예방대책 및 장비사양의 변경을 통한 순간전압강하로 인한 피해 최소화에 대해 다루었다. Guther 등[6]은 순간전압강하의 크기, 발생횟수, 지속시간 등의 분포에 대해 분석하였으며, Lamoree 등[7]은 순간전압강하의 특성분석 및 수용가측의 설비민감도를 분석하여 적절한 보호장치의 구성에 대해 설명하였다. 그러나 이들 연구에서는 순간전압강하에 대해 수용가측 대책에 대해 다루었기 때문에 이들 영향을 정량적으로 평가하지는 않았다.

본 연구에서는 배전시스템에서의 재폐로에 의한 수용가측 영향을 정량적으로 평가하는 기법을 제시하였다. 제시한 평가기법은 재폐로시 발생하는 순간정전 및 순간전압강하를 예측하고, 수용가측 민감장

비의 영향을 분석하여 수용가측 영향을 평가하였다. 이러한 영향을 분석하기 위해 제시한 전력품질지수는 순간정전과 순간전압강하와 같은 전력품질문제의 영향을 정량적으로 평가할 수 있기 때문에 제시한 평가기법은 재폐로방식의 설정 및 계획수립에 활용할 수 있다.

2. 순간전압강하의 발생

배전시스템에서 발생하는 일시사고를 제거하기 위해 수행하는 재폐로에 있어서 순간전압강하 발생메카니즘은 설명하기 위한 배전시스템을 그림 1과 같이 구성하였다. 그림 1에서 보는 바와 같이 45/60[MVA] 변압기 2차측 모선에서는 여러개의 선로가 인출되며 각 선로에서는 배전용 변압기를 통해 수용가측에 전력을 공급한다. 그림에서 선로 1의 CB1은 차단기를 나타낸다. 배전용 변압기 2차측에 연결된 수용가측 부하중에서 전기적 외란에 영향받는 전형적인 민감부하가 연결되어 있다고 볼 수 있다.

그림 1에서 A지점에 사고가 발생하였을 경우 사고발생 5[cycle] 만에 차단기 CB1이 동작하여 사고전류를 차단한 다음 30[cycle]경과후 차단기를 재투입하게 된다. 이때까지 사고가 소멸되었다면 차단기는 재투입한 상태를 그대로 유지하면서 연속적인 전력공급이 가능하게 되지만, 사고가 제거되지 않은 상태에서 재투입하게 되면 다시 5[cycle]경과후 차

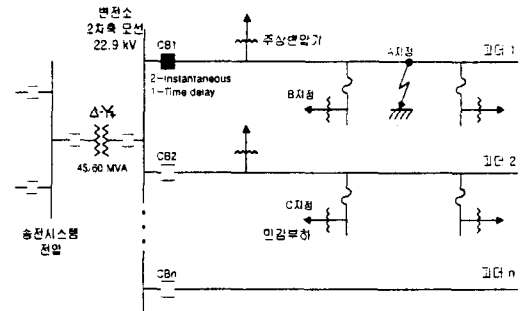


그림 1. 표본 배전시스템
Fig. 1. Sample distribution system.

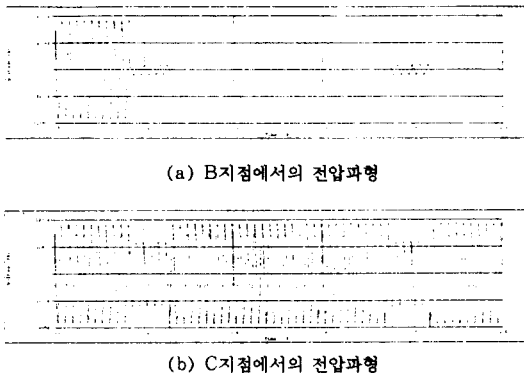


그림 1. 재폐로시 발생하는 전압파형
 Fig. 2. Voltage waveform produced by automatic reclosing.

단기 동작에 의하여 사고선로를 개방하게 된다. 이러한 경우 그림 1의 B지점과 C지점에서의 전압파형은 그림 2에 나타내었다.

그림 2(a)에서 보는 바와 같이 B지점을 포함한 사고선로의 모든 부하는 사고가 제거될때까지 순간 정전의 피해를 입게 되며 영구사고일 경우 장시간의 정전피해를 입게 된다. 한편, 그림 2(b)의 인근선로에 연결된 모든 부하들은 사고발생후 차단기가 개방되기 전 5[cycle]동안과 차단기의 재투입후 개방될 때까지 순간전압강하를 경험하게 된다. 이때 인근선로상의 민감부하는 이러한 순간전압강하에 정지될 수 있으므로 생산공정 등과 같은 경우에는 치명적인 피해를 입게 된다[4, 8, 9].

표 1. 재폐로 시도횟수에 따른 전압변동 발생횟수
 Table 1. The occurrence number of voltage disturbance for the reclosing number.

재폐로 동작상황	영구사고 발생횟수	순간전압변동 발생횟수	
		사고선로	인근선로
0 회	—	—	1 회
1 회	성공	—	1 회
	실패	1 회	2 회
2 회	성공	—	2 회
	실패	1 회	3 회
3 회	성공	—	3 회
	실패	1 회	4 회

재폐로 시도횟수에 따라 사고선로 및 인근선로에서 경험하는 순간정전, 순간전압강하는 표 1에 나타내었다. 표 1에서 보는 바와 같이 재폐로 시도횟수를 늘릴수록 인근선로에서 경험하는 순간전압강하횟수가 증가함을 알 수 있다.

3. 순간전압강하의 영향

재폐로에 의한 순간전압강하의 예측은 수용가측 영향을 분석하는데 있어서 매우 중요하다. 즉 순간전압강하의 크기 및 지속시간이 어느정도인가를 예측하는 것은 수용가측 민감장비의 정지율을 결정하는데 중요한 정보를 제공한다.

3.1 순간전압강하의 분포

순간전압강하 크기의 예측은 무한모선과 수용가측 부하에 이르는 계통에서의 사고위치와 임피던스에 대한 정보가 필요하다. 또한 변압기 결선방식에 대한 정보도 알아야 한다. 그러나 사고위치에 따라 전압강하 크기는 알 수 있지만, 사고위치 또는 사고형태에 따라 크기가 다르기 때문에 정확한 예측이 어

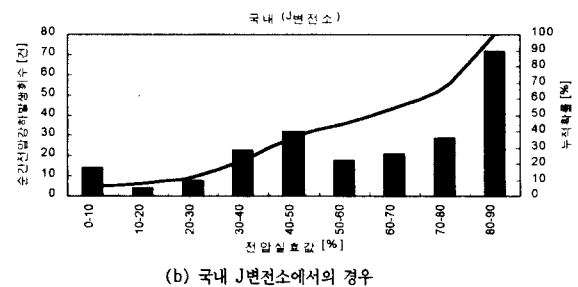
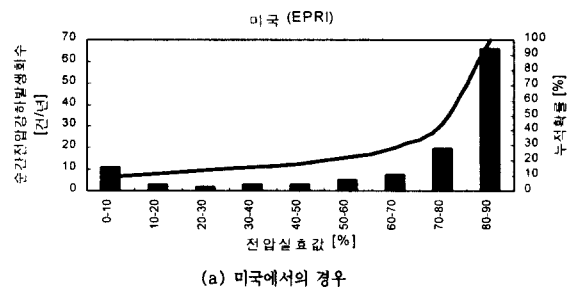


그림 3. 순간전압강하의 분포
 Fig. 3. Distribution of momentary voltage sag.

럽기 때문에 통계적 조사를 통해 예측할 수 있다. 그림 3에서는 수용가측에서 경험하는 순간전압강하의 발생횟수-크기를 나타내었다.

그림 3(a)는 EPRI에서 조사한 미국 전역의 순간전압강하 분포이며[6], (b)는 국내 J변전소의 4년간 사고데이터 분석을 통해 산출한 결과이다[10]. 그림 3에서 보는 바와 같이 전압강하크기가 작은 경우가 전압강하크기가 큰 경우에 비해 자주 발생한다는 사실을 알 수 있으며 미국과 국내의 경우 모두 유사한 특성을 나타냄을 알 수 있다.

순간전압강하의 지속시간은 사고제거를 위해 동작하는 차단기가 동작하는 시간에 의존하기 때문에 차단기의 종류에 따라 조금씩 다르며, 보호장치간의 보호협조에 대해서도 영향을 받는다.

3.2 순간전압강하에 의한 수용가측 장비의 영향

배전시스템 수용가측 부하 중에서 순간전압강하에 의해 정지될 수 있는 전형적인 민감부하는 표 2에 나타낸 바와 같이 5가지 정도로 분류하였으며 나머지 부하는 전기적 외란에 덜 민감하다고 가정하였다[9].

이들 분류된 기기에 대한 전압강하 지속시간과 전압크기에 따른 설비의 허용곡선은 그림 4에 나타내었다. 그림 4에서 알 수 있듯이 전압강하 크기에 따라 다소 차이는 있지만, 대부분 5(cycle)동안의 지속시간에 영향을 받게 됨을 알 수 있다.

표 2. 민감부하의 분류 및 용도

Table 2. Classification and use of a sensitive load

부하종류 \ 용도	적 용 예
전동기	생산공정에서 전동기, 엘리베이터, 펌프 등의 동력원
전자개폐기	전동기 부하의 과열보호용
고압방전등	도로, 경기장, 반도체 투사조명
컴퓨터 및 제어공정	컴퓨터, 자동화 생산공정, 통신, 의료장비, 가전제품 등
부족전압 계전기	공장 등의 인입구에 설치되어 사용

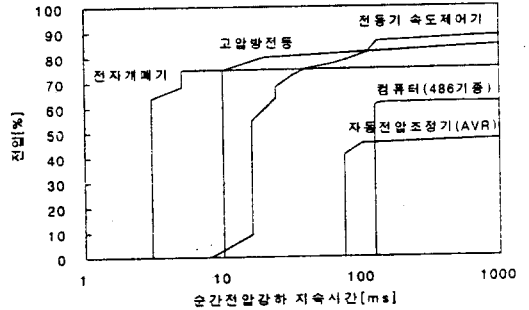


그림 4. 전압강하 지속시간에 따른 장비의 허용곡선
Fig. 4. Tolerance curve of equipment for voltage sag duration.

4. 정량적 평가

재페로에 의한 영향의 정량적 평가를 위해서 신뢰도지수의 평가와 재페로시 발생하는 순간정전과 순간전압강하 등의 전력품질문제에 대해 수용가측에서 느끼는 전력품질지수를 사용하여 고려할 필요가 있다.

4.1 신뢰도 지수

신뢰도란 양질의 전력을 수용가측에 공급하는 능력으로서 주로 정전시간이나 정전횟수에 관련된 항목으로 계산하며, 전력공급자측에서 수용가측의 공급신뢰도를 평가하기 위한 지표로 사용한다. 신뢰도지수는 해석대상범위에 따라 기본 신뢰도지수와 시스템 신뢰도지수로 분류하며, 다시 시스템 신뢰도지수는 수용가 중심지수와 부하 중심지수로 분류한다[9]. 전력회사에서는 주로 수용가 중심지수를 사용하며 대표적인 지수들은 식(1)에서 식(5)에 나타내었다.

• 시스템 평균 정전횟수(System Average Interruption Frequency Index)

$$SAIFI = \frac{\sum \text{수용가 정전횟수}}{\text{총 수용가 호수}} [\text{건/수용가호수} \cdot \text{년}]$$

$$= \frac{(\text{연간정전횟수}) \times (\text{정전되는 수용가 호수})}{\text{총 수용가 호수}} \quad (1)$$

• 시스템 평균 정전시간(System Average Interruption Duration Index)

$$SAIDI = \frac{\sum \text{수용가 정전시간}}{\text{총 수용가 호수}} [\text{시간/수용가호수} \cdot \text{년}]$$

$$= \frac{(\text{연간정전시간}) \times (\text{정전되는 수용가 호수})}{\text{총 수용가 호수}} (2)$$

· 수용가 평균 정전횟수(Customer Average Interruption Frequency Index)

$$CAIFI = \frac{\sum \text{수용가 정전횟수}}{\text{정전 영향받는 수용가호수}} [\text{건/수용가호수} \cdot \text{년}] (3)$$

· 수용가 평균 정전시간(Customer Average Interruption Duration Index)

$$CAIDI = \frac{\sum \text{수용가정전지속시간}}{\text{수용가 정전횟수}} [\text{시간/수용가호수} \cdot \text{년}] (4)$$

· 평균공급가용율(Average Service Availability Index)

$$ASAI = \frac{\text{수용가 공급 유효시간}}{\text{수용가 공급수요시간}}$$

$$= \frac{\sum N_i \times 8760 - \sum U_i N_i}{\sum N_i \times 8760} (5)$$

여기서, N_i : 부하지점 i 에서의 수용가수
 U_i : 연간 사고시간

윗식에서의 정전횟수 또는 정전시간은 영구정전의 경우만을 고려한 것으로서 재폐로시 발생하는 순간 정전이나 순간전압강하에 의한 수용가측의 영향은 고려할 수 없다. 이러한 영향은 다음에 제시한 전력 품질지수를 통해 고려할 수 있다.

4.2 제시한 전력품질지수

전력품질문제란 수용가 장비의 정지 또는 오동작을 일으킬 수 있는 전압, 전류, 주파수변동 등의 전력문제로서 배전시스템에서의 재폐로시에는 순간정전과 순간전압강하의 전력품질문제가 발생한다. 기존의 신뢰도지수에서 고려할 수 없었던 전력품질문제에 의한 수용가측에 미치는 영향을 평가하기 위한 새로운 지수를 도입하였다. 식(6)은 재폐로 시도횟수에 따른 전력품질지수(Power Quality for Interruption and Voltage Dip Frequency Index: PQIDFI)를 제시하였다. 제시한 전력품질지수는 재

폐로시 발생하는 순간정전과 순간전압강하에 대해 수용가측에서 경험하는 시스템 평균 전력품질문제 발생횟수를 나타낸다.

$$PQIDFI = \frac{N_i + N_s}{N_T}$$

$$= \frac{(N_{ff} \cdot N_{fc}) + (N_{fn} N_{nc} \sum_k [\rho_{sd}(k) W(k)])}{N_T} (6)$$

여기서, N_T : 총 수용가 호수

N_i : 순간정전에 영향받는 수용가 호수

N_s : 순간전압강하에 영향받는 수용가 호수

N_{ff} : 사고선로에서 순간정전 발생횟수

N_{fc} : 사고선로의 수용가 호수

N_{fn} : 인근선로에서 순간전압강하 발생횟수

N_{nc} : 인근선로의 수용가 호수

$\rho_{sd}(k)$: k 기기의 순간전압강하에 대한 정지확률

$W(k)$: 전체부하에서 k 기가 차지하는 구성비율

식(6)에서 $\rho_{sd}(k)$ 는 k 기기는 표 2에서 분류한 순간전압강하에 영향받는 전형적인 민감부하로 볼 수 있다. 따라서 순간전압강하의 크기에 대한 영향을 반영할 수 있다. 이때 각 기기의 정지확률은 그림 4에서 보는 바와 같이 전형적인 부하에 대한 허용곡선에 의해 산출할 수 있다. 이때 $W(k)$ 는 각 선로별 민감부하 구성비로서 순간전압강하에 영향받는 수용가호수로 산정할 수 있다.

5. 적용예

배전시스템의 재폐로에 의한 수용가측 영향을 정량화하기 위해 신뢰도지수와 제시한 전력품질지수는 모델 배전시스템에 적용하였다. 전형적인 모델 배전시스템은 주거지역을 대상으로 도심지역과 농어촌지역으로 분류하였으며 이때의 운전데이터는 표 3에 수록하였다[10, 11].

표 3. 지역별 배전 시스템 운전 데이터

Table 3. Operational data of local distribution system.

항목 [단위]	선로종류	주거지역	
		도심지역	농어촌지역
선로길이 [km]		8	20
선로용량 [MVA]		10	10
선로수		7	7
선로별 수용가수		2240	3700
사고율 [int/km-yr]		0.58	0.26
복구시간 [hr/int]		2	4
1회 재폐로 성공률 [%]		65	65
2회 재폐로 성공률 [%]		10	10

표 3에서 보는 바와 같이 일반적으로 도심지역이 농어촌지역에 비해 사고율이 높지만, 농어촌지역의 선로가 길기 때문에 선로당 사고율은 유사하게 설정하였으며, 일시사고에 대한 재폐로 성공률 지역별로 동일하다고 가정하고 수용가측 영향을 평가하였다. 민감부하의 종류에 따른 기기의 정지확률 $\rho^{sd}(k)$ 와 구성비는 표 4에 나타내었다. 표 4에서의 기기의 정지확률은 순간전압강하 지속시간을 차단기 투입후 트립전까지의 시간으로 5(cycle)로 가정하여 그림 4를 참조하여 설정하였다.

표 4. 민감부하의 종류에 대한 기기의 정지확률과 구성비

Table 4. Shutdown probability and composition ratio to sensitive load.

부하종류 (k)	전 자 개폐기	컴퓨터	UVR	전동기 속도제어기	고 압 방전등	
						기기의 정지 확률, $\rho_{sd}(k)$
구성비 W(k)	도시 지역	5 %	12 %	6 %	15 %	6 %
	농어촌 지역	8 %	4 %	5 %	8 %	4 %

재폐로 시도횟수에 따라 도심지역과 변두리지역의 수용가에서 경험하는 시스템 평균정전횟수(SAIFI)와 수용가 평균정전횟수(CAIFI)는 각각 식(1), (2)를 이용하여 그림 5, 그림 6에 나타내었다.

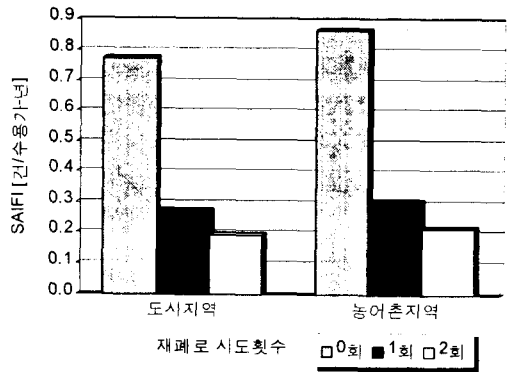


그림 5. 재폐로시도횟수에 따른 시스템 평균정전횟수
Fig. 5. SAIFI for the number of reclosing.

그림 5에서 보는 바와 같이 도심지역의 경우, 재폐로 시도횟수에 따라 시스템 평균 정전횟수(SAIFI)는 각각 0.77, 0.22, 0.19이다. 즉 재폐로를 하지 않은 경우 시스템에서 경험하는 연간 정전발생 횟수는 0.77(건/년)이며, 1회 재폐로를 실시하는 경우에는 0.22(건/년)으로 0.55(건/년)만큼 감소하며 2회 재폐로를 실시하면 0.19(건/년)으로 1회에 비해 0.03(건/년)만큼 감소함으로써 신뢰도를 향상시킬수 있음을 나타내었다. 농어촌지역의 경우, 재폐로 시도횟수에 따른 SAIFI는 각각 0.87, 0.30, 0.22로서 도심지역과 마찬가지로 SAIFI값이 감소하며, 도심지역에 비해 정전발생횟수가 많음을 나타내었다. 이는 도심지역에 비해 농어촌지역의 선로가 길기 때문에 사고에 더 많이 노출되어 있음을 의미한

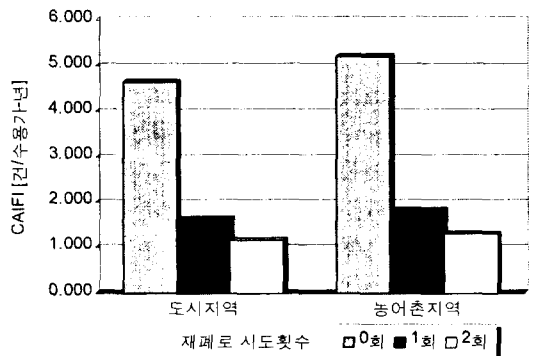


그림 6. 재폐로시도횟수에 따른 수용가 평균정전횟수
Fig. 6. CAIFI for the number of reclosing.

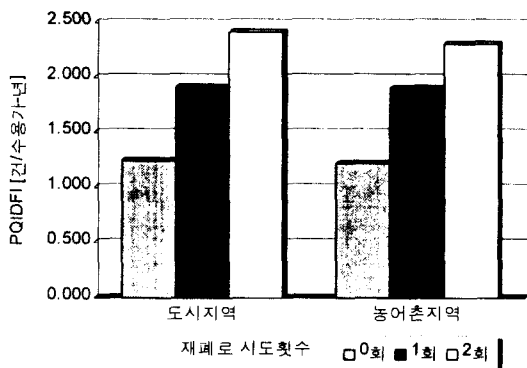


그림 7. 재폐로 시도횟수에 따른 전력품질지수
Fig. 7. PQIDFI for the number of redosing.

다. 그림 6에 나타난 바와 같이 수용가 평균 정전횟수(CAIFI)도 재폐로 시도횟수의 변화에 따라 시스템 평균 정전횟수(SAIFI)와 유사한 결과를 가진다.

그림 7은 재폐로 시도횟수에 따른 전력품질지수값을 나타내었다. 그림 7에서 보는 바와 같이 재폐로 시도횟수가 증가에 따른 도심지역의 전력품질발생횟수(PQIDFI)는 각각 1.2, 1.9, 2.4의 값을 가진다.

이는 수용가에서 연간 순간정전과 순간전압강하에 영향받는 횟수를 뜻하는 것으로 재폐로를 실시하지 않은 경우 1.2[건/년]에서 1회 재폐로를 실시하는 경우 1.9[건/년]으로 0.7[건/년]만큼의 신뢰도를 저하시키는 결과를 가져온다. 또한, 2회 재폐로를 실시하는 경우에는 2.4[건/년]으로 1회에 비해 0.5[건/년], 0회에 비해 1.2[건/년]만큼의 공급 신뢰도를 저하를 결과를 가진다. 농어촌지역의 경우에도 재폐로 시도횟수를 증가할수록 전력품질지수값이 증가함으로써 신뢰도가 감소함을 알 수 있다.

재폐로 시도횟수에 따라 기존 신뢰도지수와 제시한 전력품질지수는 상반되는 특성을 나타내는 이유는 기존 신뢰도지수에서는 영구정전만을 고려하였기 때문에 재폐로시 실제 수용가측에서 느끼는 신뢰도 개념과는 차이를 가진다. 따라서 재폐로 시도횟수를 증가시키는 것이 반드시 신뢰도를 향상시키는 것이 아니라는 사실을 알 수 있으므로 배전시스템에서의 적정 재폐로방식을 선정하기 위해서는 전력품질에 대한 영향도 고려해야 한다.

6. 결 론

사고가 제거되지 않은 상태에서 재폐로를 수행시 인근선로상에 발생하는 순간전압강하는 수용가측 민감장비를 정지시킬 수 있기 때문에 이러한 순간전압강하의 영향은 정전과 동일한 효과를 가진다. 본 논문에서 제시한 전력품질지수는 순간정전과 순간전압강하에 대해 수용가측에서 경험하는 영향을 정량화함으로써 재폐로에 의한 전력품질에 의한 영향을 평가하였다.

재폐로 시도횟수의 증가시 기존 신뢰도지수에서는 신뢰도가 개선되는 반면, 전력품질지수에서는 악화되는 결과를 나타내었다. 이는 기존 신뢰도지수에서는 순간정전 및 순간전압강하에 의한 영향을 고려할 수 없기 때문이다. 따라서 본 연구에서 제시한 전력품질지수는 기존 신뢰도지수에서 고려할 수 없었던 순간정전과 순간전압강하 측면의 전력품질문제를 고려하였으므로 실제 수용가측에서 느끼는 신뢰도를 정량적으로 반영한다고 볼 수 있다. 본 논문에서는 전력공급자측에서의 공급신뢰도 지표에 이러한 전력품질에 대한 영향도 고려하여 최적재폐로 방식 설정 및 계획수립에 고려할 수 있으며, 정전비용평가를 위한 기준자료로도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

- [1] D.D.Sabin et al., "Quality enhances reliability", IEEE Spectrum, Vol.33, No.2, pp.34-41, 1996.
- [2] R.C.Dugan et al., Electrical Power Systems Quality, McGraw-Hill, 1996.
- [3] C.M.Warren, "The effect of reducing momentary outages on distribution reliability indices", IEEE Trans. on PWRD, Vol.7, No.3, pp.1610-1617, 1992.
- [4] Y.Sekine et al., "Present state of momentary voltage dip inferences and the countermeasures in Japan", CIGRE 36-206, 1992.
- [5] L.Conrad et al., "Predicting and preventing problems associated with remote fault-clearing voltage dips", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol.27, No.1, pp.167-172, 1991.
- [6] E.W.Gunther et al., "A survey of distribution system power quality - preliminary result", IEEE Trans. on

PWRD, Vol.10, No.1, pp.322-329, 1995.

- [7] J.Lamoree et al., "Voltage sag analysis case studies", IEEE Trans. on Industry Applications, Vol.30, No.4, 1994.
- [8] 김재철 외, 송배전선로 재폐로방식의 최적화 연구(중간 보고서), 한국전력공사 전력연구원, 1996.
- [9] 김재철 외, "순간전압변동에 의한 수용가측 영향분석", 대한 전기학회 추계 학술대회 논문집, pp.164-166, 1997년 11월.
- [10] 보호계전기 동작월보(1991-1994), 한국전력공사 주안변전소.
- [11] 1995년도 보호계전기 동작상태 분석보고서, 한국전력공사 계통운영처.

◇ 著 者 紹 介 ◇



임 성 정(林成正)

1967년 6월 4일생. 1991년 서울산업대학교 전기공학과 졸업. 1993년 송실대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 송실대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 송실대학교 부설 생산기술연구소 연구원.



김 재 철(金載哲)

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