

단일루프 배전계통과 방사상 배전계통의 순간정전을 고려한 신뢰도 비교 연구

논 문
58-7-3

A Comparative Study for Reliability of Single and Radial Power Distribution System considering Momentary Interruption

이 희 태* · 김 재 철†
(Hee-Tae Lee · Jae-Chul Kim)

Abstract - The structure of a power distribution system will change in a loop configuration such as in the case of a smart grid. If power distribution system changes radial to loop form, the structure may have to be changed significantly. Therefore, we analyzed the reliability indices and calculated a CIC(Customer Interruption Cost) for the loop power distribution system. The power distribution system reliability depends on the protection scheme. This study is applied to the current protection scheme method and is compared with each model. When the CIC was evaluated, most studies performed calculations only for sustained interruptions. However, in actuality, momentary interruption frequencies occurred more than sustain interruptions. Thus, it is occurred the CIC additively. Therefore, we evaluated a CIC including momentary interruption, for each model, and then compared with MAIFI(Momentary Average Interruption Frequency Index)

Key Words : Radial Power Distribution System, System, Loop Power Distribution System, CIC, MAIFI

1. 서 론

배전계통의 신뢰도 평가는 주로 방사상의 배전계통에서 발생하는 영구고장을 경험하는 수용가와 시스템에 대한 평가가 대부분 연구되어 왔다[1-3].

하지만 순간정전의 빈도는 영구정전에 비해 3배 정도 많은 빈도수를 나타내고 있으며[4], 주로 방사상 배전계통에서 평가가 이루어지고 있다. 하지만 루프계통에서의 순간정전에 의해 발생하는 신뢰도에 대한 평가는 미미한 실정이다.

배전계통에서 발생하는 순간정전은 피할 수 없는 전력품질중에 하나이며, 국내 배전계통은 방사상 구조로 되어 있어서 계통의 고장발생 시 재폐로(Reclosing)로 인해 고장구간이 아닌 지역에서 순간정전과 순간전압강하를 경험하게 되는 단점이 있지만 재폐로로 인한 영구정전의 범위를 줄일 수 있는 장점도 갖고 있다.

상정사고 모의 시 영구정전에 의해 영향을 받는 지역과 순간정전에 의해 영향을 받는 지역은 보호시스템의 방식과 배전계통의 구성에 따라서 정전범위는 다르게 나타난다.

배전계통의 구성형식에 관계없이 순간정전에 대한 평가의 중요성은 계통의 민감부하가 순간정전에 의해 CBEMA(Computer & Business Equipment Manufacturers Association) 곡선이나 ITIC(Information Technology Industry Council)곡

선에 의해 전압강하의 크기와 정전의 지속시간에 의해 부하가 정지되는 영향을 미치기 때문이다[5-7].

그래서 배전계통의 고장을 영구정전과 순간정전으로 분류하고 각각에 대한 신뢰도를 평가하여 종합적인 해석을 해야 한다.

그리고 향후 스마트그리드와 같이 양방향 전력공급 구조를 지닌 배전계통에 대한 신뢰도 평가 시 영구정전 뿐만 아니라 순간정전에 대한 평가 또한 이루어져야 한다.

본 논문에서는 배전계통 구성방식을 일반 방사상의 계통과 단일루프 계통으로 변경된 배전계통에 대해 순간정전을 포함한 신뢰도를 비교하고 이에 따르는 정전시간을 이용하여 순간정전비용을 산출하여 비교 분석 하였다.

2. 정전의 분류기준 및 신뢰도 평가

2.1 정전의 분류기준

전력품질에 관한 국제기준은 크게 IEC와 IEEE에서 있으며, 같은 전력품질현상을 다른 용어로 사용하여 설명하고 있다. 모든 정전에 대한 기준은 전압의 크기로 분류하고 있고, 특히 IEEE Standard 1195[8]에 의하면 정전의 분류는 정전의 지속시간과 전압의 크기로 규정하고 있다. 본 논문에서 관심을 가지고 있는 부분은 순간정전과 영구정전이며, 그 밖에 관련된 규정에 대한 기준은 표 1과 같다.

본 논문에서는 상정사고에 대해 영구정전은 1분 이상의 지속시간으로 정의하였고, 순간정전은 3초 이하의 지속시간을 지닌 상정사고로 정의하였다.

† 교신저자, 펠로우회원 : 송실대 공대 전기공학부 교수 · 공학 E-mail : jckim@ssu.ac.kr

* 정 회 원 : 송실대 공대 전기공학부 박사수료
접수일자 : 2009년 4월 7일
최종완료 : 2009년 6월 3일

표 1 시간과 전압크기에 의한 정전의 분류

Table 1 Classification of interruptions by time and voltage magnitude

분류	지속시간	전압크기
Short duration variations		
Instantaneous		
Sag	0.5~30 cycles	0.1~0.9 pu
Swell	0.5~30 cycles	1.1~1.8 pu
Momentary		
Interruption	0.5 cycles~3 s	< 0.1 pu
Sag	30 cycles~3 s	0.1~0.9 pu
Swell	30 cycles~3 s	1.1~1.4 pu
Temporary		
Interruption	3 s~1 min	< 0.1 pu
Sag	3 s~1 min	0.1~0.9 pu
Swell	3 s~1 min	1.1~1.2 pu
Long duration variations		
Interruption, sustained	> 1 min	0.0 pu
Undervoltages	> 1 min	0.8~0.9 pu
Overvoltages	> 1 min	1.1~1.2 pu

국내 배전계통에서는 순간고장으로부터 전력공급의 효율을 높이고 정전구간을 최소화 하기위해 선로 차단기에 자동 재폐로 기능을 첨가하거나 리클로저를 설치하여 결과적으로 정전지속시간을 줄이는 효과를 얻고 있다.

하지만 수용가의 영구정전과 재폐로에 의한 순간정전의 관점에서 보면, 재폐로로 인한 영구정전을 경험하는 수용가의 수는 감소하지만, 오히려 순간정전을 경험하는 수용가는 증가하는 단점이 있다.

재폐로의 동작을 2-fast 1-delay(2F1D)로 한다면, 2번의 순간정전을 경험하게 되는데 그림 1은 재폐로로 인해 발생 되는 순간정전의 발생원인을 나타낸다.

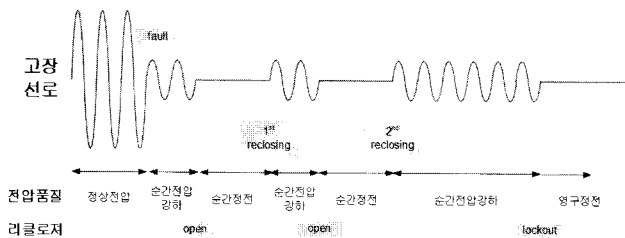


그림 1 재폐로 인한 순간정전의 발생
Fig. 1 A generation of momentary interruption by reclosing

순간고장 발생시 2번의 재폐로로 인해 2번의 순간정전을 경험하게 되며 순간정전의 지속시간은 고장 발생 후 순시동작에서 0.5sec, 두 번째 순시동작 2sec를 기준으로 하였다.

그리고 각각에 순간고장이 제거될 확률은 리클로저의 순시동작에서만 제거되는 것으로 가정하였고, 각각 0.5의 확률을 적용하였다.

2.2 순간고장을 포함한 신뢰도 평가

일반적인 배전계통 신뢰도 평가의 기본은 계통의 상정사고를 통해 부하가 영구정전을 경험하게 될 경우에 대한 횡수와 지속시간을 기본으로 하고 있다[9]. 이와 유사하게 순간고장시 순간정전을 경험하게 되는 각 부하점(Load Point)에 대한 기본 신뢰도 지수의 평가는 식(1)-(3)과 같이 된다.

$$\lambda_{mi} = \sum_{line \in F(i)} 3 \times \lambda_{line_k} + \lambda_{tr_n} \quad \text{frequency/year} \quad (1)$$

$$U_{mi} = \sum_{line \in F(i)} \lambda_{mj} \times r_i \quad \text{hour/year} \quad (2)$$

$$r_i = \frac{U_{mi}}{\lambda_{mi}} \quad \text{hour/frequency} \quad (3)$$

여기서 λ_{mi} 은 순간고장에 의한 고장률을 의미하고, U_{mi} 은 연평균정전시간을 의미한다. 그리고 $line \in F(i)$ 는 부하점 i 에 정전을 야기시키는 설비의 집합을 나타내는데 여기서 순간고장은 대상설비를 선로와 변압기만 국한시켰다. λ_{line_k} 는 대상이 되는 계통의 k 선로의 영구고장률을 의미하며, λ_{tr_n} 은 n 주상변압기의 영구고장률을 의미한다.

선로 고장률은 영구고장률의 3배가 값으로 하였고, 변압기는 영구고장률과 동일한 고장률을 적용하였다[7].

그리고 신뢰도 계산시 루프 구성된 계통의 경우 고장에 의한 선로의 열적용량의 제약과 구성설비의 중복고장은 없다고 가정하였다.

식(1)-(3)을 이용하여 수용가당 평균 순간정전횟수를 나타내는 MAIFI를 나타낼 수 있고, 식(4)와 같다.

$$MAIFI = \frac{\sum \lambda_{mi} N_i}{\sum N_i} \quad \text{interruptions/customer} \quad (4)$$

여기서 N_i 는 i 부하점을 구성하고 있는 수용가의 수를 나타낸다.

2.3 정전비용

정전비용(CIC)을 평가하기 위해서 가장 간단한 방법인 CDF(Customer Damage Function)따른 정전비용을 사용하였다. 정전비용에 대한 데이터는 캐나다에서 조사한 kWh당 정전비용을 기준으로 평가하였다[3].

표 2는 정전이 발생하는 시간대에 조사된 비용으로 논문에서는 시간대별 비용을 선형으로 가정하였고, 영구정전비용과 순간정전비용의 계산은 식(5)과 같이 하였다.

$$CIC = CDF_s \times U_s + 0.5 \times CDF^{1F_m} \times U^{1F_m} + 0.5 \times CDF^{2F_m} \times U^{2F_m} \quad (5)$$

여기서 CDF_s 는 영구정전발생시 수용가의 정전지속시간에 대한 비용이며, CDF^{1F_m} 은 리클로저의 1F에 의해 순간정전이 제거될 경우의 정전비용이고, CDF^{2F_m} 는 2F에 의해 제거될 경우의 정전비용을 의미한다.

표 2 수용가의 종류에 따른 정전비용

Table 2 CIC for customer groups

수용가군	시간대별 정전비용 [원]				
	0-1분	1-20분	20-60분	1-4시간	4-8시간
주거용 수용가	21	93	482	4914	15,690
산업용 수용가	1,625	3,868	9,085	25,160	55,810
업무용 빌딩 수용가	4,778	9,878	21,060	68,830	119,200
상업용 수용가	381	2,969	8,552	31,320	83,010

3. 방사상 구성과 루프 구성의 비교

3.1 방사상 배전계통

일반적인 방사상의 배전계통의 전력공급은 단방향이며, 고장발생시 상시개방스위치의 조작으로 인근선로에서 전력공급을 받을 수 있게 설계되어 있다.

보호방식은 리클로저와 피더 차단기사이의 고장발생시 피더 차단기는 재폐로 수행하고, 이 기간 동안 수용가는 순간정전을 경험하게 된다.

하지만 영구고장으로 판명되면 피더의 모든 수용가는 영구정전을 경험하게 된다. 그리고 복구절차에 따라 연계 스위치의 조작으로 일부 수용가는 전력공급을 다시 받을 수 있다.

그림 2는 신뢰도 평가시 이용되는 RBTS(Roy Billinton Test System)의 Bus2 부분으로 대표적인 방사상 구조의 배전계통[13]을 나타내고 논문에서 A 모델로 사용하였다.

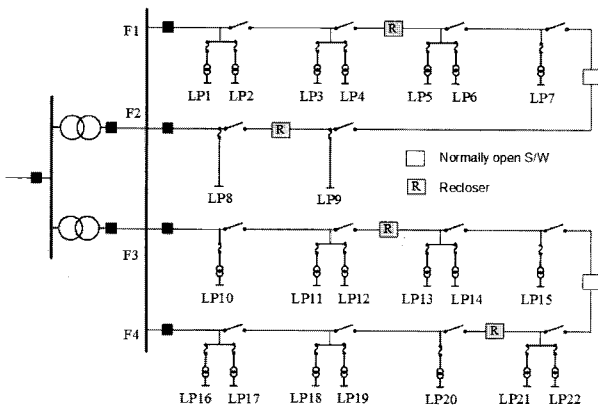


그림 2 일반적인 RBTS Bus2 모델
Fig. 2 A general RBTS Bus2 model

상정사고를 모의할 경우 계통의 정전지역은 고장의 위치와 동작되는 보호기에 따라 틀리다.

예를 들어 리클로저 뒤에서 고장이 발생할 경우 리클로저가 재폐로를 수행하여 전위에 위치한 수용가는 영구정전과 순간정전을 경험하지 않으며, 후비에 위치한 수용가의 경우 순간정전을 경험한 후 영구고장으로 판명되면 영구정전을 경험하게 된다.

그림 3은 고장발생구간에 따라 영향을 받는 지역을 나타낸다.

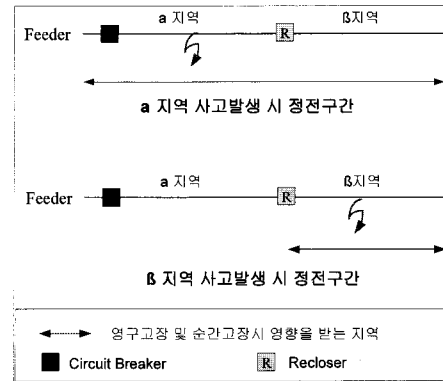


그림 3 방사상 계통에서 고장위치에 따른 정전구간
Fig. 3 Interruption section by fault location in radial system

3.2 루프 배전계통

양방향 전력공급 방식인 루프 배전계통을 운전하고 있는 대표적인 전력회사는 홍콩, 대만, 플로리다 등이 있으며, 마카오 전력회사의 경우 2008년부터 시범사업을 준비하고 있다[10-13].

국내 배전계통의 장점은 구조상 이미 네트워크로 되어 있다는 것이다. 단지 운전만 방사상 운전을 하고 있기 때문에 상시개방스위치와 연계스위치의 조작으로 루프구성을 쉽게 구성할 수 있을 것이다.

배전계통의 루프 구성 시 장점은 양방향 전력공급 방식으로 인한 전압손실과 전압강하가 방사상의 배전방식보다 향상된다.

하지만 양방향 조류로 인해 보호계전방식과 단락용량, 고장전류의 크기와 운영측면에서는 단점을 지니고 있다.

루프구성에 관한 여러 가지 구조는 참고문헌[11]에 정리되어 있으며, 구성방식에 따라 크게 다음과 같이 분리하고 있다.

변전소의 변압기를 기준으로 동일한 변압기를 통한 루프 구성하는 방법과 같은 변전소내의 다른 변압기를 루프 구성하는 방법, 마지막으로 서로 다른 변전소와 변압기의 루프구성이다. 하지만 이 경우 고려해야할 부분이 많기 때문에 본 논문에서는 가장 간단한 루프 구성인 같은 변전소내의 변압기의 환상구조를 기준으로 하였다.

그리고 루프운전으로 구성될 경우 방향성 조류에 의한 보호협조나 선로의 열적용량등의 제약은 논문의 범위에서 제외하고 현재의 보호방식의 기본개념을 그대로 활용하였다.

그림 2에서 방사상의 계통에서 상시개방스위치의 연결시 키면 피더 (F_1-F_2), (F_3-F_4)의 2개의 루프가 구성되게 되는데 본 논문에서는 B 모델로 사용하였다.

그림 4는 B 모델 중 피더 F_1 과 F_2 의 루프구성 시 정전을 경험하는 구간을 나타낸다.

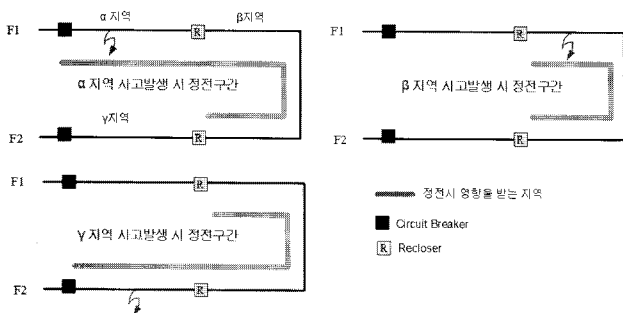


그림 4 루프 계통에서 고장위치에 따른 정전구간
Fig. 4 Interruption section by fault location in loop system

그림 4에서 α 지역에서 고장이 발생할 경우 차단기 CB_{F1} 와 리클로저가 협조가 되어 있기 때문에 CB_{F1} 가 먼저 트립이 되고, F_2 에 위치한 리클로저의 고장전류 방향이 자기방향이므로 제페로를 수행하게 되어 정전구간은 α 지역과 β 지역이 될 것이다.

β 지역에서 고장이 발생할 경우 F_1 과 F_2 의 리클로저 모두 자기방향의 고장전류를 감지함으로 β 지역은 고장발생시 정전에 영향을 받는 지역이 된다.

γ 지역에서 상정사고 시 CB_{F2} 와 F_2 의 리클로저의 협조로 차단기가 먼저 트립이 되고, F_1 의 리클로저의 고장전류 방향이 자기방향이므로 트립이 되어 최종적으로 α 지역에서만 정전을 경험하지 않게 된다.

마지막 사례 모델인 C 모델은 B 모델과 같은 루프 구성에서 송전계통과 같이 모선의 양쪽에 모두 개폐기를 지닌 구성이다.

이러한 경우 그림 5에서 보듯이 고장구간을 자동 절제시킬 수 있다는 가정으로 이 시스템의 경우 구간 안에 부하가 없다면 영구정전 및 순간정전을 경험하는 수용가는 없을 것이고, 간선(lateral)에서의 고장 시 간선에 있는 부하만이 유일하게 정전을 경험하는 수용가가 된다.

그래서 본 논문에서는 방사상의 배전계통(A 모델)과 루프 배전계통(B, C 모델)의 MAIFI를 평가하고 이에 따르는 순간정전비용과 영구정전비용을 평가하였다.

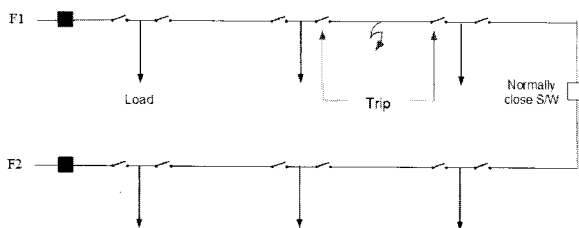


그림 5 C 모델에 대한 루프계통
Fig. 5 Loop system for C model

4. 사례연구

4.1 수정된 RBTS Bus 2의 모의계통 데이터

본 논문에서는 3개의 모델을 사례연구에 사용하였으며 A 모델의 방사상의 배전계통의 모델을 RBTS Bus2모델의 수용가와 수용가의 평균전력이 수정된 모델을 사용하였다.

그림 2는 A모델을 나타내고 표 3은 기존의 데이터[13]에서 수정된 내용을 나타내었다.

나머지 설비의 신뢰도 데이터는 동일하게 적용하였다.

B, C 모델은 A 모델과 같은 데이터를 사용하였고, B 모델의 경우 상시개방스위치를 연결한 루프 모델이다.

C 모델은 그림 5와 같은 보호기기의 형식을 지닌 모델이며, 동일한 데이터를 사용하였다.

선로는 가공선으로 가정하였으며, 선로와 변압기를 제외한 나머지 기기들의 신뢰도는 100%로 가정하였다.

표 3 수정된 RBTS Bus2 신뢰도 데이터

Table 3 Reliability data of modified RBTS Bus2

Load Point	기존 데이터		수정된 데이터	
	평균전력 [MW]	수용가 수	평균전력 [MW]	수용가 수
1	0.535	210	1.263	498
2	0.535	210	1.263	498
3	0.535	210	1.263	498
4	0.566	1	1.336	3
5	0.566	1	1.336	3
6	0.454	10	1.071	12
7	0.454	10	1.071	12
8	1	1	4.000	1
9	1.15	1	4.600	1
10	0.535	210	1.484	585
11	0.535	210	1.484	585
12	0.45	200	1.248	555
13	0.566	1	1.570	3
14	0.566	1	1.570	3
15	0.454	10	1.260	12
16	0.454	10	1.151	12
17	0.45	200	1.141	513
18	0.45	200	1.141	513
19	0.45	200	1.141	513
20	0.566	1	1.435	3
21	0.566	1	1.435	3
22	0.454	10	1.151	12
변전소 용량	12.29	1,908	34.42	4,838

4.2 모델별 MAIFI 지수

배전계통에게 순간정전을 경험하는 수용가는 리클로저의 위치와 고장위치에 따라 지역이 다르게 나타나게 된다.

표 4는 각 모델별 순간고장 발생 선로에 따라 순간정전을 경험하는 부하들의 예로 피더 $F1$, $F2$ 에 대해서 나타낸다.

A, B, C는 각 모델명을 의미하고 부하점에 표기된 모델은 해당선로에 대해 순간정전을 경험하게 된다.

표 4 부하점에 순간정전을 야기하는 선로

Table 4 A momentary interruption caused lines by load points

선로명 \ LP	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB		B
2	ABC	ABC	AB	AB	AB	AB	AB		B
3	ABC	ABC	AB	AB	AB	AB	AB		B
4	AB	AB	AB	AB	AB	AB	AB		B
5	AB	AB	ABC	ABC	AB	AB	AB		B
6	AB	AB	ABC	ABC	AB	AB	AB		B
7					AB	AB	AB		B
8					ABC	ABC	AB		B
9					ABC	ABC	AB		B
10					AB	AB	AB		B
11					AB	AB	ABC		B
12					B	B	B	AB	AB
13					B	B	B	ABC	AB
14					B	B	B	B	AB
15					B	B	B	B	ABC

표 5는 식(1)-(4)을 이용하여 계산된 각 모델별 순간정전횟수(MAIFI)이다.

표 5 각 모델별 MAIFI

Table 5 MAIFI of each model

모델명	MAIFI
A 모델	0.96
B 모델	1.02
C 모델	0.29

표 5에서 보듯이 B 모델과 같이 루프포 구성된 모델의 경우 한 번의 고장은 정전을 경험하는 수용가가 수가 일반 방사상 계통보다 동일한 조건이라면 그 횟수는 증가하게 되어 방사상의 계통보다 약 6%정도 순간정전이 증가했다. 하지만 C 모델과 같이 자체적으로 절체가 가능한 시스템은 양방향 전력공급으로 인해 일부지역을 제외한 나머지는 순간정전을 경험하지 못하기 때문에 A 모델 보다는 약 70%, B 모델 보다는 약 72% 순간정전을 경험하는 횟수는 감소하였다.

4.3 모델별 정전비용

식(5)를 이용하여 평가된 각 모델에 대한 정전비용은 영구고장에 의한 영구정전비용과 순간고장시 발생하는 순간정전비용을 나누었으며, 전체 발생된 비용이 각 모델에 대한 정전비용이 된다.

그림 6은 각 모델의 피더에서 발생하는 영구정전비용과 순간정전비용에 대한 결과이다. 그리고 표 6은 각 모델에서 발생된 모든 고장에 대한 피더별 정전비용이다.

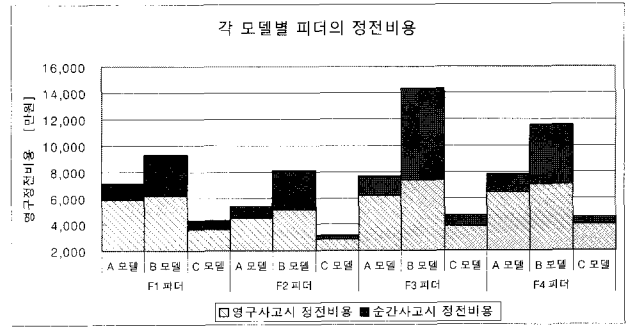


그림 6 각 모델별 피더의 정전비용
Fig. 6 CIC of feeders for each model

표 6 각 모델별 전체 정전비용[만원]

Table 6 Total CIC for each model[ten thousand won]

Feeder	A모델 CIC		B모델 CIC		C모델 CIC	
	영구	순간	영구	순간	영구	순간
1	5,863	1,254	6,217	3,118	3,643	643
2	4,473	922	5,140	2,955	2,880	327
3	6,195	1,499	7,387	6,897	3,901	761
4	6,425	1,403	7,061	4,505	4,020	562
총	28,034		43,280		16,737	

영구정전만을 평가할 경우와 순간정전을 포함할 경우의 정전비용을 A모델을 기준으로 비교하면 다음과 같다.

영구정전만을 고려할 경우 B 모델은 -12%, C 모델은 37% 향상되게 되지만 순간정전을 포함한 정전비용으로 비교하면 B 모델은 -54%, C 모델은 40%가 향상됨을 알 수 있다.

그리고 A 모델의 경우 총 정전비용중 순간정전비용이 차지하는 비용은 18%이며, B모델은 40%, C모델은 14%로 분석되었다.

즉 B 모델과 같은 루프의 구성은 계통의 고장 발생 시 리클로저의 동작에 의해 영향을 받는 수용가의 수가 많다는 것을 의미하고, 현재의 배전계통의 보호협조를 그대로 적용했기 때문에 나타나는 결과이다. 즉 양방향 전력공급의 루프 배전계통의 구성 변경시 보호협조의 방법을 그대로 적용할 경우 방사상 계통에 비해 좋지 않다는 것을 의미한다.

그러므로 정전구간을 줄이기 위한 양방향 리클로저와 같은 새로운 기법이 도입되어야 할 것이다.

C 모델은 순간정전을 포함한 정전비용을 볼 때 영구정전에 대한 영향뿐만 아니라 순간정전을 포함한 수용가의 영향이 다른 모델에 비해 신뢰도가 좋은 모델이라 할 수 있다.

송전계통과 같은 보호방법을 적용한 C 모델과 같이 각 모선에 차단기를 설치하면 위의 모델 중 가장 좋은 신뢰도와 정전비용의 결과를 얻을 수 있을 것이다.

5. 결 론

현재 전력산업의 패러다임은 스마트 그리드 또는 마이크로 그리드 인텔리전트 그리드등 배전계통의 구성이 결국 양방향의 개념 공급시스템의 개념으로 변화하고 있다.

본 논문에서는 배전계통의 그리드를 위해서 가장 간단한 루프인 동일 변전소의 변압기를 연결한 단일루프 시스템을 이용하여 방사상의 현재의 배전계통과 순간고장을 포함한 순간정전횟수와 순간정전비용을 포함한 정전비용을 비교 분석 하였다.

여기에 이용한 보호협조는 현재 사용하고 있는 단방향 리클로저를 기준으로 고장전류의 방향만을 고려하여 해석하였다. 그 결과 현재의 계통의 구성보다 단일루프로 변경하였을 경우 순간정전횟수와 정전비용이 오히려 좋지 않게 평가 되었다.

하지만 송전계통과 유사한 보호시스템인 C 모델의 경우 가장 좋은 결과를 얻을 수 있었다.

위의 결과로 볼 때 배전계통 루프 구성시 양방향 전력공급에 대한 보호협조의 재구성이 필요할 것으로 사료된다.

본 연구를 통해 순간고장과 영구고장에 의한 신뢰도 결과는 다음과 같이 정리할 수 있다.

현재의 배전보호시스템으로는 루프배전방식에서는 정전구간의 증가로 인한 손실을 줄일 수 없기 때문에 정전지역을 줄일 수 있는 양방향 보호협조와 보호방식이 필요하다.

또한 현재의 단방향 보호협조가 방향성을 지니게 된다면 계통의 고장발생 시 고장구간의 신속한 절체를 통해 고장나지 않은 피더를 통한 전력공급으로 신뢰도와 정전비용에서 방사상의 현재 계통보다 높은 신뢰도를 얻을 수 있을 것이다.

향후 C 모델과 같은 배전계통의 구성이 실현된다면 전력공급 신뢰도 뿐만 아니라 지능형 배전망을 위한 최상의 시스템이 될 수 있을 것이다.

루프 배전계통 구성을 통한 고장구간의 자동절체는 분산전원의 단독운전도 가능하게 되는 장점도 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부의 지원에 의하여 기초전력연구원(R-2007-2-055) 주관으로 수행된 과제임.

참 고 문 헌

- [1] R. N. Allan and M. G. Da Silva, "Evaluation of reliability indices and outage costs in distribution systems," IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 10, No. 1, pp. 413-419, Feb. 1995.
- [2] R. Billinton and P. Wang, "Distribution system reliability cost/worth analysis using analytical and sequential simulation techniques," IEEE Transaction on Power Systems, Vol. 13, No. 4, pp. 1245-1250, Nov. 1998.
- [3] G. Toefson, R. Billinton, G. Wacker, E. Chan, and J. Aweya, "A Canadian Customer survey to Assess Power system Reliability Worth", IEEE Trans. on Power systems, Vol. 9, No. 1, pp. 443-450, 1991.
- [4] 한국전력공사 배전처, "배전선로 공급신뢰도의 현황", 한국전력공사, 2006
- [5] IEEE Std. 493, "IEEE recommended practice for the design of reliable industrial and commercial power systems", 1997
- [6] 윤상윤, 오정환, 김언석, 김낙경, 김재철, "퍼지모델을 이용한 배전계통에서의 순간전압강하 평가 방식", KIEE, Vol. 49A, No. 4, 2000
- [7] 이희태, 문종필, 설규환, 김재철, "영구정전과 순간전압강하를 고려한 신뢰도 비용 평가", KIIEE, Vol. 22, No. 5, 2008
- [8] IEEE Std. 1159, "IEEE recommended practice for monitoring electric power quality", 1995
- [9] R.Billinton, R.N.Allan, "Reliability Evaluation of Power Systems, Plenum Press, NewYork, 1984
- [10] B. Pagel, "Energizing international drive," T&D World, 2000.
- [11] Tsai-Hsiang Chen, Wei-Tzer Huang, Jyh-Cherng Gu, Guan-Chih Pu, Yen-Feng Hsu, Tzong-Yih Guo, "Feasibility study of upgrading primary feeders from radial and open-loop to normally closed-loop arrangement", IEEE Trans. Power systems, Vol. 19, No.3, 2004
- [12] Robert Fanna, "Closed loop system pilot project", CEPSI, 2008
- [13] R.N.Allan, R.Billinton, L.Goel, "A reliability test system for educational purpose-basic distribution system data and results, IEEE Trans. Power Systems Vol. 6, No.2 1991

저 자 소 개



이 희 태 (李 義 泰)

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

Tel : 02-824-2416

Fax : 02-817-0780

E-mail : visir@ssu.ac.kr



김 재 철 (金 載 哲)

1955년 7월 12일 생. 1979년 숭실대 전기공학과 졸업. 1987년 서울대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 숭실대 전기공학부 교수.

Tel : 02-820-0647

Fax : 02-817-0780

E-mail : jckim@ssu.ac.kr