

전력공급확률을 이용한 분산형 전원을 고려한 배전계통 신뢰도 평가에 관한 연구

논 문
59-12-1

A Study on the Reliability Evaluation of Power Distribution System with Distributed Generations using Power Supplied Probability

이 회 태* · 문 중 필† · 김 재 철**
(Hee-Tae Lee · Jong-Fil Moon · Jae-Chul Kim)

Abstract - Reliability evaluation of power distribution system is the evaluation for all customers supplied from one power source as main transformer located in substation. However, power sources include not only the main transformer but distributed generations. Typical reliability evaluation has focused on configuration of power system with one source including failure rates of equipment. In this paper, we focus on not only configuration but power sources as distributed generations. New reliability evaluation method using power supplied probability (PSP) is proposed. The proposed evaluation method are proved through case studies.

Key Words : PSP, Power distribution system, Reliability evaluation, Distributed generation,

1. 서 론

전 세계적으로 저탄소 및 신재생에너지에 대한 이슈는 전력계통의 새로운 패러다임을 불러일으키고 있다. 전력산업도 환경변화에 대한 대응 및 에너지 절감을 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히, 신재생에너지원의 배전계통 연계를 통한 탄소 발생 저감을 위한 노력과 분산형 전원의 가용성을 높이기 위해 많은 노력이 집중되고 있다.

분산전원이 계통에 연계되었을 때의 신뢰도를 평가하게 되면 분산전원을 연계하였을 때의 이득을 정량화할 수 있는 장점이 있다. 그러나 현재의 배전계통 신뢰도는 변전소 주변압기를 통하여 모든 수용가가 전력을 공급받는 시스템이고 분산전원이 포함되면 이러한 시스템의 변화를 의미하기 때문에 분산전원이 포함된 배전계통의 새로운 신뢰도 해석 방법이 필요하다.

일반적으로 주변압기를 통해 전력을 공급받던 것에서 타피하여 분산형 전원의 연계를 통해 다수의 전력공급원이 계통에 연계될 경우 수용가에 정전을 야기하는 설비의 집합을 찾기는 어렵다.

일반적인 배전계통의 신뢰도 평가는 주 변압기와 같이 하나의 전력공급원을 통해 모든 수용가에게 전력을 전달하는 직렬계통에 대하여 평가하는 방식이다 [1-3].

그러나 분산형 전원의 단독운전을 가정하면 현재의 신뢰도 해석 방식으로는 상정사고시 분산형 전원에는 의한 전력공급을 고려하지 못하는 단점이 있다.

기존연구를 보면 IEEE GoldBook[4]에서 분산형 전원을 포함한 신뢰도 평가시 주변압기와 분산형 전원의 병렬구조의 해석을 통해 평가하였고, [5]에서는 주변압기와 분산형 전원의 위치에 따른 신뢰도 구조로 해석하여 평가하였고, [6]에서는 분산형 전원의 조건부 확률을 이용하여 해석하는 방식을 제안하고 있다.

본 논문에서는 분산형 전원과 같은 다수의 전력원이 존재하는 배전계통에서 기존의 연구와는 달리 전력원 중심의 해석방법을 제안하였고, 이 방법을 통해서 기존의 평가법과 비교하여 제안한 방법의 타당성을 검토하였다.

2. 계통 연계형 분산전원을 포함한 배전계통 신뢰도 평가

일반적으로 배전계통 신뢰도는 계통구성설비의 고장률 및 복구시간이 동일하다면 설비들이 어떻게 연결되어 있는가에 의해 다르게 평가된다. 다시 말하면, 어떠한 구성을 갖고 있는 계통에 대하여 신뢰도가 평가되었고, 동일한 계통의 구성을 다른 형태로 변경하면 신뢰도가 다르게 나타난다는 것을 의미한다. 따라서 분산전원이 계통에 연계되면 이로 인하여 신뢰도지수가 변화된다는 것을 의미한다.

본 장에서는 배전계통에서 분산전원이 운전될 경우에 대한 신뢰도를 평가를 위한 방안을 제시한다.

2.1 전력공급확률의 정의

기존의 신뢰도 해석의 경우 상정사고모의를 통해 최소컷셋(minimal cut set)의 기준은 계통을 구성하고 있는 설비이다. 그러나 분산형 전원을 고려한 신뢰도 해석을 위해 전력공급원의 전력공급확률(Power supplied probability : PSP) 정의(2.2절)하였고, 정의된 확률을 이용한 신뢰도 해석은 그림 1과 같은 절차를 통해 분석하였다.

* 정 회 원 : 포스코 ict 스마트그리드추진단 대리 · 공박

** 펠로우회원 : 송실대 공대 전기공학부 교수 · 공박

† 교신저자, 정회원 : 충주대 전기공학과 교수 · 공박

E-mail : moon@cjnu.ac.kr

접수일자 : 2010년 8월 18일

최종완료 : 2010년 10월 29일

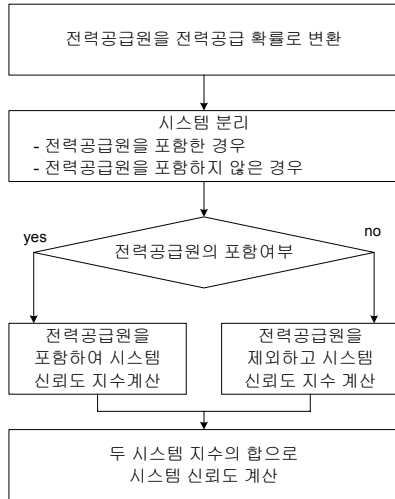


그림 1 전력공급확률을 이용한 신뢰도 분석 절차
Fig. 1 Flowchart for reliability analysis using PSP

2.2 전력공급원의 확률변환

일반적인 배전계통의 경우 주변압기를 통해 전력을 공급한다. 주변압기의 고장률(λ_{Mtr})은 지수분포를 따르는 조건부 확률이기 때문에 지수분포와 관련된 보수인 신뢰도 함수를 이용하여 다음 식 (1)과 같이 전력공급원의 전력공급확률을 정의할 수 있다[1-3].

$$P_{Mtr} = R(t) = e^{-\lambda_{Mtr}t} \quad (1)$$

여기서, $R(t)$ 는 신뢰도 함수 혹은 생존함수를 의미하며, 고장률과 일대일 대응관계가 성립되어 확률로써 추정이 가능하다.

2.3 시스템 분리

부하점(Load point; LP) k 에 대한 고장률(λ_{LP_k}) 평가를 PSP를 이용하여 정의하기 위해 주변압기를 식 (1)에서 분리하면 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\lambda_{LP_k} = \sum_{j \in F} \lambda_j = \left(\lambda_{Mtr} + \sum_{j' \in F} \lambda_{j'} \right) \quad (2)$$

여기서, $j \in F$ 는 k 부하점에 정전을 야기하는 설비의 집합을 의미하며, $j' \in F$ 는 전력공급원인 주변압기를 제외한 설비를 의미한다.

전력공급원인 주변압기의 고장률을 고장을 야기하는 집합을 식 (1)과 같이 공급확률로 적용된다면 식 (2)와 동일한 평가값이 되어야 한다.

즉, 하나의 전력공급원으로 구성된 계통에서 수정된 LP_k 의 고장률(λ'_{LP_k})은 식 (3)과 같이 두 가지로 분리할 수 있다.

$$\lambda'_{LP_k} = P_{Mtr} \times \sum_{j \in F} \lambda_j + (1 - P_{Mtr}) \times \sum_{j' \in F} \lambda_{j'} \quad (3a)$$

$$\lambda''_{LP_k} = P_{Mtr} \times \sum_{j' \in F} \lambda_{j'} + (1 - P_{Mtr}) \times \sum_{j \in F} \lambda_j \quad (3b)$$

위의 두 식은 식(2)와 동일해야 한다. 따라서 식 (2)에서 식 (3)의 차에 의한 오차는 식 (4)와 같고, 모든 오차는 무시할 정도로 작다. 고장률 변화에 따른 각각의 오차율을 그림 2에 나타내었다. 그림에서 알 수 있듯이 상대적으로 식 (3a)의 수정된 고장률이 오차가 적어 더욱 정확하다고 할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 식 (3a)를 수정된 고장률로 정의하고 신뢰도 해석에 이용하였다.

$$Error_{\lambda'_{LP_k}} = \lambda_{Mtr}(1 - P_{Mtr}) \approx 0 \quad (4a)$$

$$Error_{\lambda''_{LP_k}} = P_{Mtr}\lambda_{Mtr} \approx 0 \quad (4b)$$

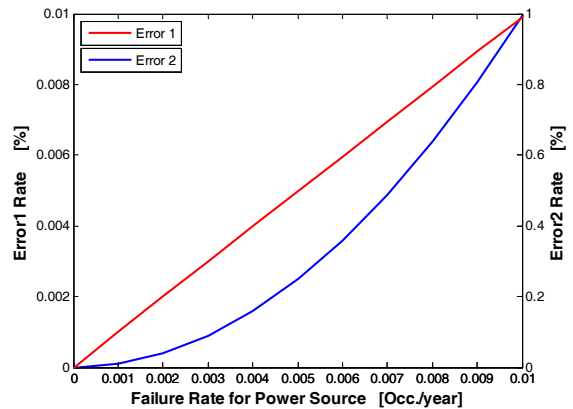


그림 2 다양한 고장률에 대한 발생되는 오차의 비교
Fig. 2 Comparison of errors for various failure rate

전력공급원을 기준으로, k 수용가에 대한 등가 고장률은 2개로 분리할 수 있으며, 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \lambda_{LP_k} &= [\alpha + \beta] = \left[\left(\sum_{j \in F} |PI| \right) \times P_{ps} \right] + \left[\left(\sum_{j' \in F} |PE| \right) \times (1 - P_{ps}) \right] \quad (5) \\ &= \hat{\lambda}_{LP_k} + \tilde{\lambda}_{LP_k} = \sum_{(k,j) \in F} \lambda_j + \sum_{(k,j') \in F} \lambda_{j'} \end{aligned}$$

여기서, α 는 전력공급원을 포함하여 평가되는 k 수용가의 고장률을 의미하며, β 는 전력공급원을 제외하고 평가되는 고장률을 나타낸다. 따라서 두 가지로 분리된 고장률로 k 부하점에 대한 등가 고장률을 나타낼 수 있다.

여기서, $(k,j) \in F$ 는 k 수용가에 j 설비에 의해 정전을 야기하는 설비의 집합을 의미한다.

2.4 부하용량을 적용한 전력공급확률

분산전원을 포함한 배전계통에서 부하에 전력을 공급할 수 있는 경우는 다음 두 가지 조건을 만족해야 한다.

1. 전력공급원은 생존해야 하며, 식 (1)로 설명되어 진다.
2. 전력공급원은 부하의 용량이상 이여야 하고, 1의 조건과 독립적이기 때문에 곱으로 전력공급확률을 나타낼 수 있다.

이 두 가지 조건을 서로 독립적이기 때문에 곱으로 표현할 수 있다. 수용가의 부하용량을 감당할 수 있는 분산형 전원의 전력공급확률은 함수로 표현하면 식 (6)과 같이 표현할 수 있고, 이 식이 부하용량을 고려한 전력공급원의 전력공급확률을 나타낸다.

$$P_{ps,c} = P_{ps} \times P_{ps,c} \quad (6a)$$

$$P_{ps,c} = P\left(\sum_{i=1}^k C_{LP_i,t} \leq C_{ps,t}\right) = \begin{cases} 1, & \text{부하용량보다 클 경우} \\ 0, & \text{부하용량보다 작을 경우} \end{cases} \quad (6b)$$

여기서, $P_{ps,c}$ 는 다음과 같다. 즉, $P_{ps,c}$ 가 0인 경우 부하의 용량을 담당할 수 없는 경우를 의미하며, 1인 경우는 전력공급이 가능한 경우를 나타낸다. 분산형 전원도 전력공급원이므로 식(6)과 같이 표현할 수 있으며, 이 경우 단독운전이 가능하기 때문에 수용가는 주변압기를 통한 전력공급 뿐만 아니라 분산형 전원에 의한 전력공급이 가능하다. 따라서 단독운전은 분산전원의 용량이 부하의 소비전력보다 클 경우는 $P_{ps,c}$ 값은 1이 된다.

전력공급확률을 이용하여 평가되는 k 수용가의 고장률을 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다. 또한, 연평균정전시간(Uavailability :U)도 고장률의 평가와 마찬가지로 각각의 고장률에 의해 발생하는 시간을 확률로 표현하면 식 (8)과 같이 평가할 수 있고, 고장복구시간은 λ_{LP_k} 와 U_{LP_k} 의 비로 계산할 수 있다.

$$\lambda_{LP_k} = P_{ps,c} \times \hat{\lambda}_{LP_k} + (1 - P_{ps,c}) \times \check{\lambda}_{LP_k} \quad (7)$$

$$U_{LP_k} = \sum_{(k,j) \in F} \hat{\lambda}_{LP_k} r_{LP_k} + \sum_{(k,j') \in F} \check{\lambda}_{LP_k} r_{LP_k} \quad (8)$$

2.3 전력공급확률을 이용한 신뢰도 평가 비교

그림 3은 예제 배전계통 모델을 나타내고, 표 1은 계통 신뢰도 데이터를 나타낸다.

기존의 신뢰도 평가기법을 이용하여 평가한 기본신뢰도지수와 본 논문에서 제안한 방법을 이용하여 평가한 기본신뢰도지수 결과를 표 2에 나타내었다.

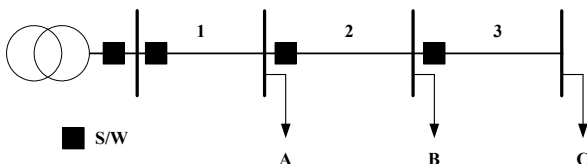


그림 3 배전계통 단선도
Fig. 3 One-line diagram of a power distribution system

제안된 PSP를 이용한 신뢰도 평가와의 비교를 위해 주변압기의 고장률을 0.001 occ./yr과 고장복구시간 10 hours로 가정하고, 주변압기는 상시 부하 용량을 감당할 수 있는 전력원으로 가정하면 표 2와 같이 평가되고, 거의 오차가 발생되지 않는다고 할 수 있다.

표 1 구성설비 신뢰도 데이터

Table 1 Reliability data for components

설비	λ [occ./year]	r [hours]
1	0.20	6
2	0.10	5
3	0.15	8

표 2 PSP를 이용한 기본 신뢰도 지수의 비교

Table 2 Comparison of basic reliability indices using PSP

LP	기존기법을 이용한 평가			PSP를 이용한 평가		
	λ_{LP_A}	r_{LP_A}	U_{LP_A}	λ_{LP_A}	r_{LP_A}	U_{LP_A}
A	0.201	6.02	1.21	0.20009	6.0198	1.2099
B	0.301	5.68	1.71	0.30009	5.6811	1.7099
C	0.451	6.45	2.91	0.45099	6.4523	2.9099
Sys.	0.953	6.12	5.83	0.95117	6.1280	5.8297

배전계통의 신뢰도는 지수로써 평가되어 지는데 대표적인 지수는 [2,7]에 정의되어 있으며, PSP를 이용한 추가적인 신뢰도 지수에 대한 결과는 표 3과 같다.

PSP의 결과값은 근사값을 의미하고, 결과를 보듯이 PSP를 이용한 신뢰도 평가시 발생한 오차는 무시할 정도로 작음을 알 수 있다.

표 3 PSP를 이용한 추가 신뢰도 지수와 오차 비교

Table 3 Comparison of error and additional indices using PSP

평가법	SAIFI	SAIDI	CAIDI	ENS
MCS	0.289	1.754	6.052	3.571
PSP	0.289	1.754	6.052	3.571
오차	3×10^{-6}	6×10^{-6}	2×10^{-6}	6×10^{-6}

3. 계통 연계형 분산형 전원이 연계된 배전계통 신뢰도 평가 제안

여기서는 배전계통의 분산형 전원 연계시 신뢰도 평가를 위해 정의된 PSP를 토대로 기본 신뢰도 지수에 대한 평가 방법을 제안한다.

3.1 분산형 전원이 연계된 배전계통

그림 4는 방사상 배전계통에 계통 연계형 분산전원이 있는 경우를 나타낸다.

부하에 전력을 공급하기 위해서는 전력원의 용량은 부하의 용량보다 충분해야 한다.

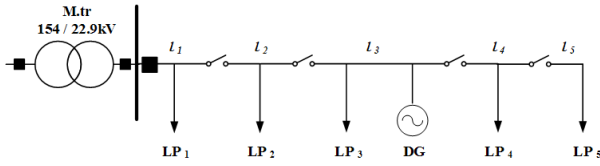


그림 4 분산전원을 갖는 배전계통
Fig. 4 Power distribution system with DG

분산형 전원이 연계된 계통의 경우 주변압기 또는 분산형 전원에 의해 각각의 LP들은 전력을 공급받을 수 있으며, 계통의 위치에 따라 분산형 전원에 의해 정전을 경험하지 않고 전력을 공급받을 수 있다.

다음 표 5는 임의의 LP에서 전력공급원에 따라 수전할 수 있는 경우를 나타낸다.

표 5 배전계통에서 임의의 LP에 따른 전력공급원
Table 5 Power sources for any load point in a power distribution system

경우	확률	전력 공급원
{1}	P_1	Mtr에 의해서만 부하에 전력공급
{2}	P_2	DG에 의해서만 부하에 전력공급
{3}	P_3	Mtr, DG에 의해서 부하에 전력공급
{4}	P_4	Mtr, DG에 의해서 부하에 전력 불공급

분산형 전원이 연계된 배전계통에서 수용가 관점에서 위와 같은 4가지에 해당하는 PSP가 존재하게 되고, 이를 이용하여 각 LP들에 대한 신뢰도를 평가하게 된다.

{1}~{3}의 경우는 전력공급원이 존재하는 경우로 식 (5)의 α 부분에 해당하게 되며, {4}의 경우는 전력공급원이 없는 경우로 β 부분에 해당된다.

{1} 경우는 분산전원이 없는 일반적인 배전계통의 구성이다. 부하가 주변압기만을 통해서 전력을 공급받을 경우(P_1)에 대한 확률은 식 (9)와 같다. 주변압기의 공급용량은 상시 부하용량 이상 충분하다면 식 (9)의 값은 항상 1이 된다. 이 경우에 만족되는 계통의 구성 시 각 LP i 의 고장률($\lambda_{1,i}$)은 식 (10)과 같다.

$$P_1 = P_{Mtr} \times (1 - P_{DG}) \quad (9)$$

$$\lambda_{1,i} = \sum_{j \in F^1} \lambda_j \quad (10)$$

여기서, $j \in F^1$ 는 LP i 에 정전을 야기하는 설비를 나타낸다.

{2}의 경우는 부하가 분산전원만을 통해서 전력을 공급받을 경우(P_2)에 대한 확률은 식 (11)과 같다. 이 경우 식 (9)의 관계를 만족해야 되며, LP의 고장률($\lambda_{2,i}$)은 식(12)와 같다.

$$P_2 = (1 - P_{Mtr}) \times P_{DG} \quad (11)$$

$$\lambda_{2,i} = \sum_{j \in F^2} \lambda_j \quad (12)$$

{3} 경우는 부하가 주변압기와 분산전원을 통해서 전력을 공급받을 경우 대한 확률(P_3)은 식 (13)과 같다.

주변압기와 분산형 전원 사이에 존재하는 LP의 경우 주변압기의 고장시 분산형 전원의 공급용량과 부하의 수전용량과의 확률을 통해 등가 고장률을 표현할 수 있고, 식 (14)과 같이 나타낼 수 있다. .

$$P_3 = P_{Mtr} \times P_{DG} \quad (13)$$

$$\lambda_{3,i} = \sum_{j \in F^3} \lambda_j \quad (14)$$

{4} 경우와 같은 확률은 식 (15)와 같고, 식(16)과 같은 고장률을 지니게 된다.

$$P_4 = (1 - P_{Mtr}) \times (1 - P_{DG}) \quad (15)$$

$$\lambda_{4,i} = \sum_{j \in F^4} \lambda_j \quad (16)$$

각각의 경우에 대한 전력원의 PSP를 적용한 제안하는 LP i 에 기본 신뢰도 지수는 식 (17)~(19)과 같다.

$$\lambda_{LP_k} = \sum_{k=1}^4 P_{ps}^k \hat{\lambda}_{LP_k}^k \quad (17)$$

$$U_{LP_k} = \sum_{k=1}^4 \hat{\lambda}_{LP_k}^k r_{LP_k} \quad (18)$$

$$r_{LP_k} = \frac{U_{LP_k}}{\lambda_{LP_k}} \quad (19)$$

4. 사례연구

사례연구를 위한 모델은 그림 4와 같으며, 해당되는 설비 신뢰도 데이터는 표 4에 나타내었다. 신뢰도 해석은 피터선로, 주변압기, 분산형 전원만 고려하였다.

표 4 신뢰도 평가를 위한 설비 데이터
Table 4 Component data for reliability evaluation

설비	고장률 [occ./year]	복구시간 [hours]	LP	부하용량[kW]/수용가수
Mtr	0.001	10	1	1500/50
DG	0.005	5	2	400/12
l_1	0.065	1	3	500/4
l_2	0.130	1	4	1000/50
l_3	0.065	1	5	1000/10
l_4	0.098	1	X	
l_5	0.033	1		
분산형 전원용량 : 2.5MW				

주변압기와 분산형 전원의 고장률을 이용한 전력공급확률은 각각 99.9[%]와 99.5[%]가 된다.

그리고 {1}~{4}에 해당되는 전력공급확률은 표 5와 같다.

표 5 4가지 경우에 대한 전력공급확률

Table 5 PSPs for 4 cases

경우	확률
{1}	$P_1 = P_{Mtr} \times P_{DG} = 0.994$
{2}	$P_2 = (1 - P_{Mtr}) \times P_{DG} = 0.995 \times 10^{-3}$
{3}	$P_3 = P_{Mtr} \times (1 - P_{DG}) = 5 \times 10^{-3}$
{4}	$P_4 = (1 - P_{Mtr}) \times (1 - P_{DG}) = 5 \times 10^{-6}$

표 6은 계산의 한 예로 LP₂에 정전을 야기하는 집합을 나타낸다.

표 6 LP₂에 대한 최소컷셋

Table 6 Minimal cut set for LP₂

경우	최소컷셋
{1}	Mtr, l_1, l_2
{2}	DG, l_1^c, l_2^c
{3}	Mtr^c, l_1^c, l_2
{4}	l_1, l_2

표 6에서 위첨자의 의미는 해당설비의 고장시 부하용량을 감당할 수 있는지를 나타내는 것으로 표 7은 분산형 전원 용량에 대해 각 상정사고시 단독운전에 대한 확률을 나타낸다.

표 7 상정사고 위치별 $P_{ps,c}$ 값

Table 7 $P_{ps,c}$ values for location of contingency

상정사고 위치	$P_{ps,c}$	상정사고 위치	$P_{ps,c}$
l_1	1	l_4	0
l_2	0	l_5	1
l_3	1		

위와 같은 결과를 이용하여 계산된 각각의 LP와 각각의 경우에 대한 결과는 표 8과 같다.

다음은 표 4의 신뢰도 데이터를 이용하여 계산한 추가 신뢰도 지수이다. 각각의 수용가 수를 고려한 결과는 분산형 전원이 없는 경우와 분산형 전원이 포함된 신뢰도 지수를 비교하였다. 평가 결과는 그림 5와 같다.

분산형 전원이 연계된 배전계통의 신뢰도 지수의 비교 결과 기존의 배전계통의 경우 SAIFI는 분산형 전원에 의해 약 31%, SAIDI의 경우 약 67%의 향상되는 것으로 분석되었다.

표 8 계산된 각 경우의 고장률 평가결과

Table 8 Results of failure rate evaluation for each case

Case LP	{1}	{2}	{3}	{4}
λ_{LP1}	3.3×10^{-4}	7×10^{-5}	0.07	3.2×10^{-7}
λ_{LP2}	1×10^{-4}	7×10^{-5}	0.13	1.3×10^{-6}
λ_{LP3}	1.3×10^{-4}	1.3×10^{-4}	0.13	1.3×10^{-6}
λ_{LP4}	1.7×10^{-4}	1.3×10^{-4}	0.23	1.8×10^{-6}
λ_{LP5}	2×10^{-4}	2×10^{-4}	0.19	2.1×10^{-6}
U_{LP1}	3.7×10^{-4}	0.9×10^{-4}	0.07	0.3×10^{-6}
U_{LP2}	8.6×10^{-4}	1.5×10^{-4}	0.14	0.8×10^{-6}
U_{LP3}	8.6×10^{-4}	2.2×10^{-4}	0.14	0.8×10^{-6}
U_{LP4}	1.2×10^{-3}	2.7×10^{-4}	0.24	1.1×10^{-6}
U_{LP5}	1.6×10^{-3}	3.3×10^{-4}	0.20	1.5×10^{-6}

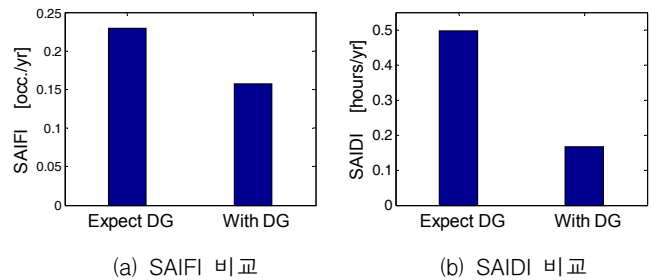


그림 5 분산형 전원을 포함한 신뢰도 지수 비교

Fig. 5 Comparison of reliability indices including a DG

5. 결 론

분산형 전원의 배전계통 도입과 변화되는 전력산업의 시점에서 본 논문에서는 분산형 전원과 같은 전력원 중심의 신뢰도 해석을 통해 기존의 설비중심의 신뢰도 해석보다 본질의 가치를 변화시킨 다른 관점의 해석방법을 이용하여 평가하였다.

분산형 전원의 배전계통 도입에 따른 신뢰도의 가치를 평가하기 위해 기존의 설비중심에 해석적인 방법을 통한 방법을 수정하여 전력을 공급하는 설비를 기준으로 평가하는 것을 제안하였다.

제안된 평가방법을 위해 전력공급확률을 정의하였고, 각각의 전력원에 따라 전력공급될 수 있는 경우의 수를 조합하였고, 조합된 확률을 이용하였다.

각각의 조합을 통해 구성되어지는 계통의 구성에 따라 각각의 LP의 등가 고장률을 평가하였고, 전력원의 전력공급확률은 부하의 평균용량을 고려하여 평가하였다.

이와 같은 평가법을 이용한 해석의 결과는 기존의 방법과의 오차는 무시할 정도로 작았으며, 사례연구를 통해 분산형 전원을 포함한 배전계통의 신뢰도를 해석하고 분석하였다.

향후 시변부하를 고려하고 PV와 같은 전력공급원을 이용한 신뢰도 해석이 수행되어야 할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2009년도 지식경제부 전력산업원천기술 개발사업 전력선행기술에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- [1] R. Billinton, R. N. Allan, "Reliability Evaluation of Engineering Systems-concepts and techniques", 2nd Edition, Plenum Press, New York, 1992
- [2] R. Billinton, R. N. Allan, "Reliability Evaluation of Power Systems", Plenum Press, New York, 1984
- [3] 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
- [4] IEEE Recommended Practice for the Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems, The Gold Book, IEEE Standard 493, 1990.
- [5] Mahmud fotuhi-Firuzabad, Abbas Rajabi-Ghahnavie," An Analytical Method to Consider DG Impacts on Distribution System Reliability", IEEE T&D 2005.
- [6] Falaghi, H.,Mahmood-Reza Haghifam, "Distributed Generation Impacts on Electric Distribution Systems Reliability: Sensitivity Analysis", EUROCON 2005.
- [7] IEEE Std. 493, "IEEE recommended practice for the design of reliable industrial and commercial power systems", 1997

저 자 소 개



이 희 태 (李 羲 泰)

1976년 4월 2일생. 2002년 숭실대 전기공학과 졸업. 2010년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 Poscoict 미래성장본부 스마트그리드추진단 대리
Tel : 031-779-1715
Fax : 031-779-2709
E-mail : htleee@poscoict.com



문 중 필 (文 鍾 必)

1977년 5월 27일생. 2000년 숭실대 전기공학과 졸업. 2007년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 충주대학교 첨단과학기술대학 전기공학과 교수
Tel : 043-841-5146
Fax : 043-841-5140
E-mail : moon@cjnu.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