

순간전압강하를 고려한 분산전원 최적위치 선정

Optimal Placement of Distributed Generation Units Considering Voltage Sags

송 영 원* · 이 계 병** · 박 창 현†
(Young-Won Song · Kyebyung Lee · Chang-Hyun Park)

Abstract - This paper presents a method for determining the optimal placement of distributed generation units considering voltage sags. In general, the existing methods for distributed generation placement do not consider power quality problems such as voltage sags. In this paper, a novel method based on both genetic algorithm and voltage sag assessment is proposed for determining the placement of distributed generation unit. In the proposed method, the optimal placement is determined to minimize voltage sag effects and system losses.

Key Words : Distributed generation, Genetic algorithm, Optimal placement, Power quality, Voltage sag

1. 서 론

순간전압강하는 대표적인 전력품질 문제 중 하나로 계통에서의 사고나 큰 전동기의 기동 등의 원인으로 발생한다. IEEE-1159에 따르면 0.5 cycle ~ 1분 사이의 지속시간을 가지고 실효치 전압의 크기가 0.1 ~ 0.9 [p.u.]로 감소하였다가 회복되는 현상으로 정의된다[1]. 전압변동에 민감한 기기들은 순간전압강하로 인해 오동작을 일으킬 수 있으며, 산업현장에서는 이러한 기기의 오동작으로 전체 자동화 공정이 멈추게 되는 등 막대한 경제적 손실이 발생하게 된다[2]. 앞으로 순간전압강하에 민감한 부하의 사용은 점점 증가할 것으로 예상되며 또한 다양한 신재생 에너지원의 확대와 스마트그리드화 등으로 다수의 분산전원이 계통에 연계될 것으로 전망된다. 민감 수용가 부근에 분산전원을 설치 운용하는 것은 순간전압강하 대책 중 하나로 알려져 있다[3-5]. 따라서 분산전원의 설치 운용에 있어 순간전압강하와 같은 품질요소를 고려하게 되면 계통 전체적인 신뢰도 향상과 함께 전력품질 손실 등을 줄일 수 있을 것으로 기대된다. 분산전원의 최적위치 선정에 관한 문제에서, 여러 제약조건을 고려한 다양한 연구들이 진행되었다. 배전계통 운영비용을 최소화하기 위한 분산전원의 최적위치 선정 방법들을 비롯해 정전 비용의 최소화, 전력손실 최소화를 위한 분산전원 최적설치에 관한 연구가 수행되었다[6-9]. 그리고 최적위치 선정에 순간전압강하의 영향을 고려한 연구도 소개되었다[10]. 그러나 해당 연구에서의 순간전압강하 평가 방법은 전력계통에서 발생 가능한 사고 횟수를 산정하고, 임의의 모선들에

사고를 발생시켜서 순간전압강하에 영향을 받는 총 부하량을 계산하는 방법으로 고장 위치법[11]을 기반으로 한다. 사고를 발생시키는 임의의 모선이 변경되는 경우 그 결과의 신뢰도가 달라질 수 있으며 계통이 커질수록 계산 부담이 매우 커 실계통에 대한 적용에는 상당한 제한이 있는 방법이라 할 수 있다. 본 논문에서는 고장 위치법의 단점을 개선한 취약지역 기반의 순간전압강하 평가 방법과 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)을 활용한 최적 위치 선정 방법을 소개한다. 계통내의 민감부하들에 대한 순간전압강하 발생과 계통 전력손실이 최소가 되는 분산전원의 최적 위치를 선정한다.

2. 분산전원의 최적위치 선정

2.1 순간전압강하 평가

순간전압강하 평가는 계통 내 특정 지점에서의 연간 순간전압강하 발생 횟수를 추산하는 기술이다. 분산전원의 설치 위치에 따라 순간전압강하에 대한 취약지역이 변하게 되고 민감 부하 모선에서의 순간전압강하 영향도 달라진다[1]. 따라서 분산전원의 설치에 따른 순간전압강하 발생 경향을 추정하기 위해서는 기본적으로 순간전압강하 평가를 수행해야 한다. 순간전압강하 평가 방법에는 모니터링 기반의 평가 방법과 시뮬레이션 기반의 추계적 방법이 존재한다. 시뮬레이션 기반 순간전압강하 평가 방법으로 임계 거리법(Critical Distance Method), 고장 위치법(Fault Positions Method) 및 정확한 취약지역 계산을 이용한 방법 등이 있다[11-14]. 취약지역 계산 기반의 순간전압강하 평가 방법은 임계거리법과 고장 위치법의 단점을 극복한 방법으로 사고 전압식과 2차 보간법 및 할선법을 이용하여 정확한 취약지역을 계산하고 취약지역에 포함된 선로와 모선의 사고율을 이용하여 순간전압강하 평가를 수행하는 방법이다. 민감 부하에 대한 정확한 취약지역을 계산할 수 있고 계산 속도도 빨라 대규모 실계통에 대해서도 적용가능한 방법이다[12].

* Dept. of Electrical Engineering, Pukyong National University, Korea

** School of Electrical Engineering, Korea University, Korea

† Corresponding Author : Dept. of Electrical Engineering, Pukyong National University, Korea

E-mail : spch@pknu.ac.kr

Received : September 4, 2013; Accepted : October 22, 2013

2.2 유전자 알고리즘(Genetic Algorithm)

생물학적 진화 이론에 의해 일정한 환경에 무리지어 살고 있는 개체들은 그 환경에 적합한 유전자를 가진 개체가 높은 생존율을 가지게 되고, 선택(selection), 교배(crossover), 돌연변이(mutation) 등의 과정을 거치면서 보다 나은 방향으로 진화하게 되며 주변 환경에 부적합한 유전자를 가지는 개체들은 점차 도태되어 간다. 이러한 과정을 반복하면 결국 주어진 환경에 가장 적합한 개체들만 남게 된다는 것이 유전자 알고리즘의 핵심 내용이다[15]. 유전자 알고리즘은 병렬적이고 전역적으로 미지의 해를 탐색하기 때문에 반복 횟수가 많다는 단점이 있다. 그러나 기존 최적화 알고리즘이 목적함수 이외의 목적함수의 미분가능 및 연속성과 같은 다른 정보들을 요구 하는 것과 달리 유전자 알고리즘은 목적 함수만을 필요로 하는 장점이 있다[16]. 이런 유전자 알고리즘의 장점은 목적 함수에 대한 수학적 제약이 거의 없다는 것을 의미한다. 따라서 미분 가능성, 연속성 등의 수학적 제약으로부터 자유롭지 못한 알고리즘 형태의 목적함수의 사용이 가능하며 순간전압강하 평가 및 조류계산 알고리즘을 목적함수로 사용할 수 있다.

2.3 최적위치 선정을 위한 목적함수

순간전압강하 및 전력손실을 최소화 하는 분산전원 최적 위치 선정을 위한 유전 알고리즘의 목적 함수는 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$L_{total} = L_{sag} + L_{loss} + L_V + L_P \tag{1}$$

여기서,

- L_{total} : 총 적합도
- L_{sag} : 순간전압강하 적합도
- L_{loss} : 전력 손실 적합도
- L_V : 모선 전압 제약 적합도
- L_P : 선로 제한용량 적합도

분산전원의 최적 위치는 L_{total} 가 최소가 되는 위치로 선정한다. L_{sag} (순간전압강하 적합도)는 식 (2)와 같다.

$$L_{sag} = \sum_{i=1}^{N_{sag}} \alpha_{sag,i} ESF_i \tag{2}$$

여기서,

- ESF : 연평균 순간전압강하 발생 횟수 [sag/year]
- α_{sag} : 순간전압강하 가중치
- N_{SL} : 민감 부하 모선의 수

ESF(Expected Sag Frequency)는 각 민감 부하별 순간전압강하 평가의 결과를 나타낸 것이고, [12]에 해당 평가방법에 관한 알고리즘이 설명되어 있다. L_{sag} 는 계통내 N_{SL} 개의 민감 부하 모선이 존재할 때 각 민감 부하 모선 별로 순간전압강하 평가를 실시하고, 그 결과를 모두 더한 값을 의미

한다. α_{sag} 는 순간전압강하 가중치 값으로 계통내 다수의 민감 부하 모선이 존재할 때, 각 민감 부하 모선에서의 순간전압강하 평가 결과가 최적 위치 선정에 영향을 미치는 정도를 결정한다.

L_{loss} (전력 손실 적합도)는 식 (3)과 같이 표현된다.

$$L_{loss} = \alpha_{loss} P_{loss} \tag{3}$$

여기서,

- P_{loss} : 전력손실 [MW]
- α_{loss} : 전력손실 가중치

L_{loss} 는 계통에서 발생하는 전력 손실을 의미하며 조류계산을 통해 구할 수 있다. α_{loss} 은 전력손실 가중치 값으로 전력손실이 최적위치 선정에 영향을 미치는 비율을 결정한다.

L_V (모선 전압 제약 적합도)는 식 (4)와 같다.

$$L_V = \beta_V \sum_{j=1}^{N_B} (\gamma_{V1} |V_j - V_{jmax}| + \gamma_{V2} |V_j - V_{jmin}|) \tag{4}$$

여기서,

- V : 모선 전압 [V]
- V_{max} : 최고 모선 전압 [V]
- V_{min} : 최저 모선 전압 [V]
- β_V : 모선 전압 제약조건 페널티
- γ_{V1} : 최대 모선 전압 제약조건 플래그
- γ_{V2} : 최소 모선 전압 제약조건 플래그
- N_B : 계통내 모선의 수

L_V 는 N_B 개의 모선을 가지는 전력계통에서의 모선 전압이 식 (5)와 같은 조건을 만족하는지를 평가하는 부분이다.

$$V_{min} \leq V \leq V_{max} \tag{5}$$

γ_{V1} 와 γ_{V2} 는 모선 전압 제약조건 플래그로 식 (6)과 식 (7)처럼 동작한다. γ_{V1} 는 모선 전압이 최고 모선 전압보다 작으면 0값이 되고, 최고 모선전압 보다 크면 1값을 가진다. γ_{V2} 는 모선 전압이 최저 모선 전압보다 크면 0값이 되고, 최저 모선전압 보다 작으면 1값을 가진다. 따라서 모선 전압이 식 (5)의 조건을 만족하면 γ_{V1} 와 γ_{V2} 는 0값을 가지며, 최고 모선 전압보다 크면 γ_{V1} 는 1, γ_{V2} 는 0값을 가지게 되고, 최적 모선 전압보다 작으면 γ_{V1} 는 0, γ_{V2} 는 1값을 가지게 된다.

$$\begin{aligned} \gamma_{V1} &= 0: V \leq V_{max} \\ &= 1: V > V_{max} \end{aligned} \tag{6}$$

$$\begin{aligned} \gamma_{V2} &= 0: V \geq V_{min} \\ &= 1: V < V_{min} \end{aligned} \tag{7}$$

β_V 는 모선 전압 제약조건 페널티 값으로 매우 큰 값을 가지며 모선 전압이 식(5)의 조건을 만족하지 않는 경우 L_V 를 큰 값으로 만들어 유전자 알고리즘에서 다음 세대에 선택될 확률을 낮게 만든다.

L_P (선로 제한용량 적합도)는 식 (8)과 같이 표현된다.

$$L_P = \beta_P \sum_{k=1}^{N_l} \gamma_P |P_k - P_{k \max}| \quad (8)$$

여기서,

P : 선로 전력 [MW]

P_{\max} : 선로 제한용량 [MW]

β_P : 선로 제한용량 페널티

γ_P : 선로 제한용량 플래그

N_l : 계통내 선로의 수

L_P 는 N_l 개의 선로를 가지는 전력계통에서의 선로 제한용량이 식 (9)와 같은 조건을 만족하는지를 평가하는 부분이다.

$$P \leq P_{\max} \quad (9)$$

γ_P 는 선로 제한용량 플래그로 식 (10)처럼 동작한다. 선로 전력이 식 (9)의 조건을 만족하면 0값이 되고 선로 제한용량 보다 크면 1값을 가진다.

$$\begin{aligned} \gamma_P &= 0: P \leq P_{\max} \\ &= 1: P > P_{\max} \end{aligned} \quad (10)$$

β_P 는 선로 제한용량 페널티 값으로 매우 큰 값을 가지며 선로 제한용량을 만족하지 않는 경우 L_P 를 큰 값으로 만들어 다음 세대에 선택될 확률을 낮게 만든다.

2.4 유전자 알고리즘 적용

순간전압강하와 전력손실을 최소화 하는 분산전원의 최적 위치 선정 절차는 그림 1과 같다. 먼저 교배 확률, 돌연변이 확률, 문자열(string)의 길이, 개체집단의 크기, 최대 세대수 등 유전자 알고리즘 실행에 필요한 값들을 정한다. 다음으로 초기 개체 집단을 결정하고 계통 데이터를 입력한다. 개체 집단은 2진 코드로 구성된 개별 개체들로 구성되며 각 개체들은 분산전원의 설치 위치 정보를 가지고 있다. 개체 집단내의 개별 개체의 2진 코드를 분석하여 분산전원의 설치 위치정보를 토대로 분산전원을 설치한다. 다음으로 조류계산을 실시하여 계통내 모선 전압, 전력 조류, 전력 손실을 계산한다. 조류계산을 통해 계산된 모선 전압은 순간전압강하 적합도 계산을 위한 순간전압강하 평가에서 사고전 전압으로 사용된다.

식 (2) ~ (10)에 의해 순간전압강하 적합도, 전력 손실 적합도, 모선 전압 제약 적합도, 선로제한 용량 적합도 값을 계산한다. 식 (1)에 의해 이 모든 값들을 더하여 개체별 총

적합도 값을 계산한다. 개체 집단내의 모든 개체에 대해 이 과정을 수행되었다면 적합도 평가를 실시한다. 적합도 평가는 각 개체가 얼마나 평가 기준에 적합한지 평가하는 것으로 본 논문에서는 총 적합도 값이 낮을수록 다음 세대에 자손을 분포할 가능성을 높게 한다. 그 다음 수렴 여부를 판단하는데 최소 적합도를 가지는 개체가 일정 세대가 지난 후에도 변화가 없거나, 최대 세대수를 초과하면 수렴으로 판정한다. 수렴하지 않았으면 선택, 교배, 돌연변이 과정을 수행하여 새로운 개체 집단을 생성한다. 새로운 개체 집단을 분석하여 분산전원의 설치 위치 정보를 결정하는 과정부터 다시 실시한다. 알고리즘이 수렴할 때까지 이 과정을 반복함으로써 순간전압강하 및 전력손실을 최소화 하는 분산전원의 최적위치를 결정한다.

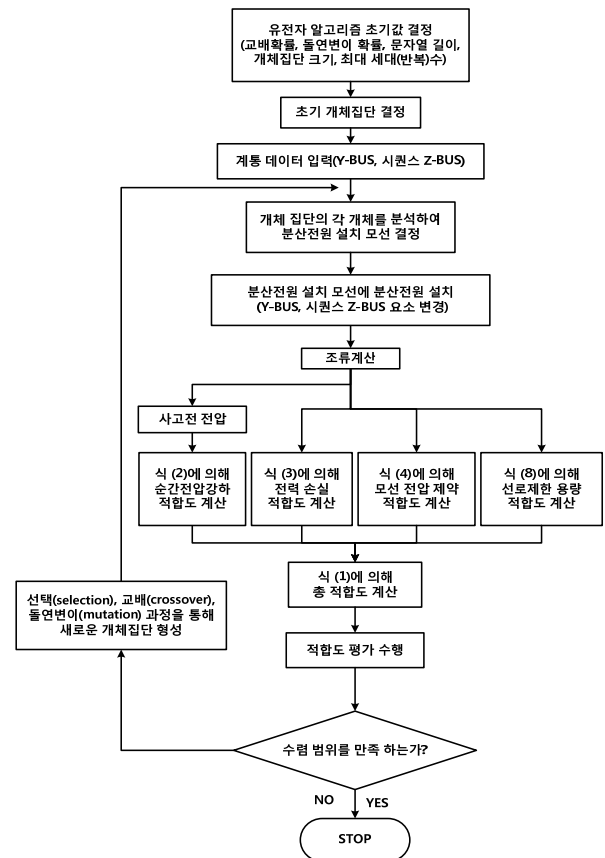


그림 1 분산전원 최적 위치 선정 절차
Fig. 1 Flow chart of optimal DG placement

3. 사례연구

그림 2와 같은 IEEE-57 모선 계통에서 사례연구를 수행하였다[17]. 해당 계통은 57개의 모선과 62개의 선로, 7기의 발전기, 16기의 변압기로 구성되어 있다. 본 사례 연구에서는 10[MW]의 분산전원 3기가 설치되고 민감 부하가 44, 50, 52, 56번 모선에 연결되어 있다고 가정하였다. 민감 부하 모선들에서의 순간전압강하 발생과 계통 손실이 최소가 되는 분산전원의 최적 위치 선정을 수행하였다. 민감 부하의 한계전압은 0.7[p.u.]으로 모두 동일하다고 결정하였다. 순간전

압강하 평가에 필요한 1선 지락사고 (SLGF), 선간 단락사고 (LLF), 2선 지락사고(DLGF), 3상사고(3PF)의 모선과 선로의 사고율은 표 1과 같다.

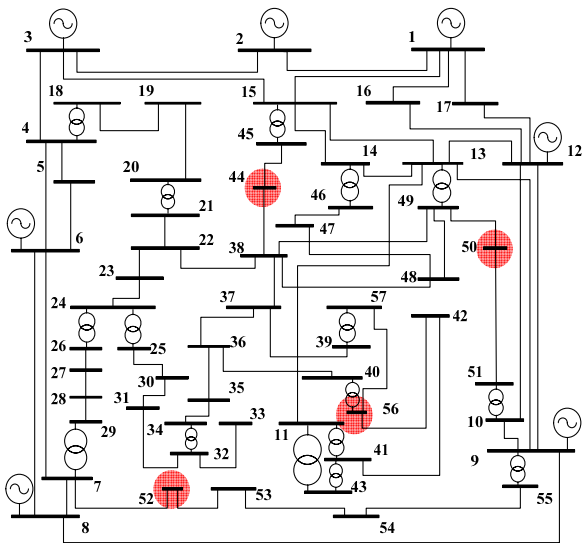


그림 2 IEEE-57 테스트 모선 계통
Fig. 2 IEEE-57 test bus system

표 1 사고율 데이터
Table 1 Fault rate

사고형태	모선 사고율 [event/year]	선로사고율 [event/year-km]
SLGF	0.0202	0.0244
LLF	0.0053	0.0034
DLGF	0.0017	0.0059
3PF	0.0075	0.0016

제안하는 최적위치 선정 절차에 따라 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 3은 순간전압강하와 전력 손실을 최소화 하는 분산전원의 총 적합도 수렴 곡선을 보여준다. 순간전압강하가중치와 전력손실 가중치는 모두 1로 설정했으며 모선전압 제약 값은 0.9 ~ 1.1[p.u.]의 사이 값을 가져야 하며 선로 제한 용량은 모두 만족한다고 가정하였다. 이때 95회 이상에서 총 적합도 46.354의 값에서 수렴하였으며 분산전원의 설치 위치는 25, 49, 57번 모선으로 결정되었다.

표 2는 분산전원의 최적 위치 선정에서 전력 손실만 고려했을 경우와 순간전압강하와 전력 손실을 모두 고려한 경우를 비교한 결과이고, 그림 4는 각 경우에 대한 손실 곡선을 나타낸다. 민감 부하 모선에 순간전압강하가 발생할 때마다 기기의 오동작이 발생 하여 손실이 발생한다고 가정하면, 전력 손실만 고려한 경우는 계통내 모든 민감 부하 모선에서 총 30.194 회의 기기 오동작을 경험할 것으로 추산되었다. 반면에 순간전압강하까지 고려한 경우는 계통내 모든 민감 부하에서 총 22.860 회의 기기 오동작을 경험할 것으로 추산되었다.

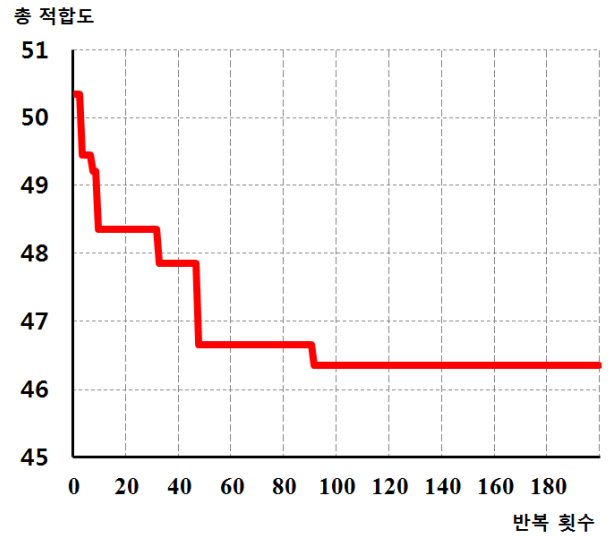


그림 3 총 적합도 수렴곡선
Fig. 3 Total fitness value curve

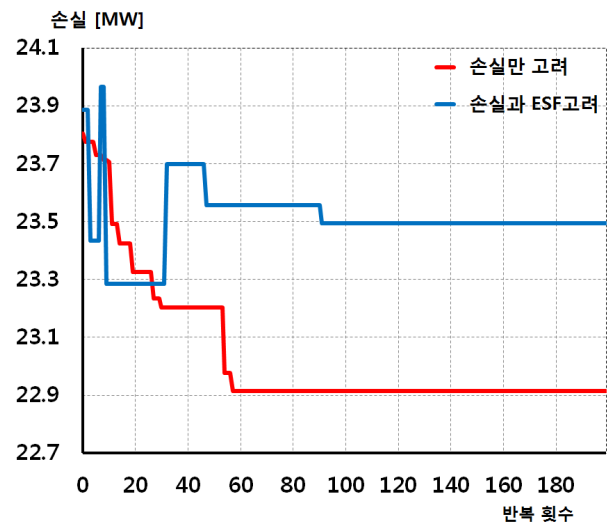


그림 4 손실곡선, (a) 전력 손실만 고려, (b) 전력손실과 ESF를 함께 고려
Fig. 4 Loss Curve, (a) considering only loss, (b) considering loss with ESF

그림 5와 그림 6은 전력손실만 고려한 분산전원의 최적위치와 전력손실과 순간전압강하를 모두 고려한 분산전원의 최적위치에서 3상 사고에 대한 56번 모선의 취약지역을 보여준다. 그림 5의 전력 손실만 고려한 경우의 취약지역이 그림 6의 전력 손실과 순간전압강하를 모두 고려한 경우보다 취약지역이 넓은 것을 확인할 수 있다. 취약지역이 넓다는 것은 순간전압강하를 경험할 확률이 크다는 것을 나타낸다.

표 3은 가중치 값의 변화에 따른 분산전원 최적위치의 변화를 보여준다. 만약 민감 부하 모선 중에서 44번 모선이 순간전압강하로 인한 피해 규모가 다른 민감 부하 모선보다 크다면, 44번 모선의 순간전압강하 가중치 값을 크게 설정하여 최적위치를 선정할 수 있다.

표 2 최적 위치 선정 결과 비교

Table 2 Comparison of optimal placement results

	손실만 고려	손실과 ESF를 고려
최적위치 (모선번호)	25, 32, 53	25, 49, 57
ESF at 44bus [sag/year]	8.326	6.505
ESF at 50bus [sag/year]	8.310	4.667
ESF at 52bus [sag/year]	3.127	6.274
ESF at 56bus [sag/year]	10.431	5.414
Loss [MW]	22.914	23.495

표 3 가중치 값에 따른 분산전원 최적위치

Table 3 Optimal placement of distributed generation by weighted value

가중치					최적위치 (모선번호)
α_{loss}	$\alpha_{sag,44}$	$\alpha_{sag,50}$	$\alpha_{sag,52}$	$\alpha_{sag,56}$	
1	1	1	1	1	25, 49, 57
2	1	1	1	1	30, 49, 57
1	2	1	1	1	30, 38, 57
1	1	2	1	1	25, 49, 57
1	1	1	2	1	30, 53, 57
1	1	1	1	2	25, 49, 57

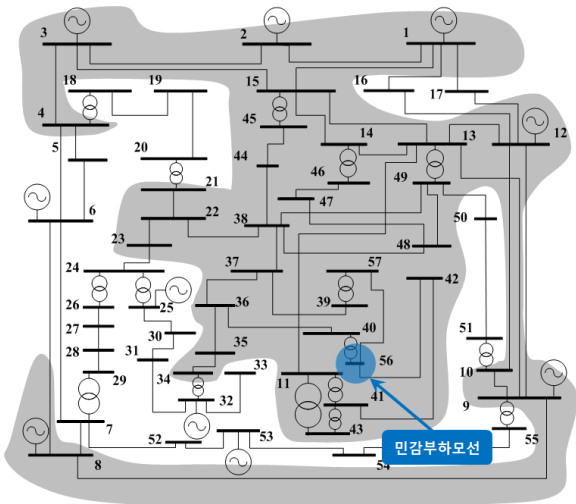


그림 5 전력 손실만 고려한 경우의 취약지역
Fig. 5 Areas of vulnerability considering only loss

4. 결 론

본 논문에서는 취약지역 계산기반의 순간전압강하 평가 방법과 유전자 알고리즘을 이용한 분산전원 최적 위치 선정 방법을 소개하였다. 계통의 전력손실과 순간전압강하 평가 결과를 이용하여 총 적합도를 계산하고 분산전원의 최적 위치를 결정한다. 제안하는 방법을 통해 중요한 전력품질 요소인 순간전압강하를 고려한 분산전원의 최적 위치 선정이 가능하며 계통 계획이나 운영에 있어 효과적으로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임. (No. 2011-0014423)

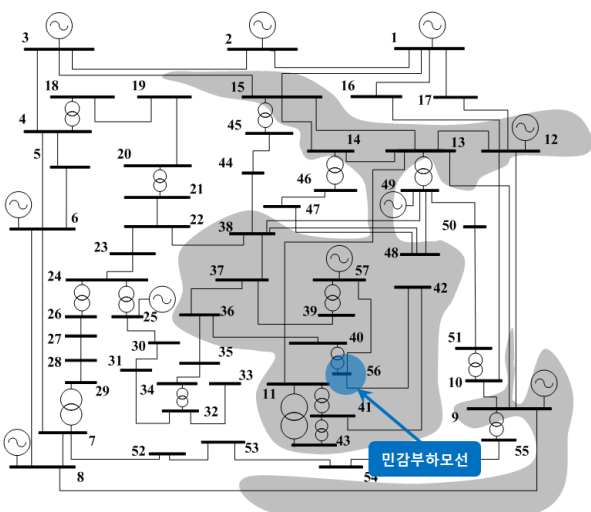


그림 6 손실과 순간전압강하를 고려한 경우의 취약지역
Fig. 6 Areas of vulnerability considering loss and voltage sag

References

- [1] IEEE Std 1159-1995, IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality(ANSI).
- [2] M. H. J. Bollen, Understanding Power Quality Problems: Voltage Sags and Interruptions, Piscataway, NJ, 2000 IEEE Power Engineering Series.
- [3] K. J. P. Macken, M. H. J. Bollen, R. J. M. Belmans, "Mitigation of voltage dips through distributed generation systems," IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 40, No. 6, NOV./DEC. 2004.
- [4] M. Pipattanasomporn, M. Willingham, S. Rahman, "Implications of on-site distributed generation for commercial/industrial facilities," IEEE Trans. Power Systems, Vol. 20, No. 1, Feb. 2005.
- [5] R. K. Sinha, R. Kumar, M. Venmathi, L. Ramesh, "Analysis of Voltage Sag with Different DG for Various Faulty Conditions," IJCCIS Vol. 2, No. 1,

July-Dec. 2010.

- [6] In-Su Bae, Jung-Hoon Park, Jin-O Kim, Kyu-Ho Kim, "Optimal Capacity and Allocation Distributed Generation by Minimization Operation Cost of Distribution System", Transactions of KIEE, Vol. 53A, No. 9, pp.481-486, 2004.
- [7] Sung-Yul Kim, Sung-Hun Lee, Jin-O Kim, "Determining Optimal Installed Capacity and the Interconnected Bus of Renewable Energy Sources Considering the Cost of Energy Not Supplied", Transactions of KIEE, Vol. 61, No. 10, pp. 1393-1398, 2012.
- [8] Sang-Bong Rhee, Kyu-Ho Kim, "Harmony Search Algorithm for Optimal Placement Problem of Distributed Generations", Transactions of KIEE, Vol. 59, No. 5, pp 866~870, 2010.
- [9] Soo-Hyoung Lee, Jung-Wook Park, "Selection of Optimal Location and Size of Distributed Generation Considering Power Loss", Transactions of KIEE, Vol. 57, No. 4, pp.551-559, 2008.
- [10] S. Biswas, S.K. Goswami, A. Chatterjee, "Optimum distributed generation placement with voltage sag effect minimization", Energy Convers Manage, Vol. 53, no. 1, pp. 163-174, 2012
- [11] M. R. Qader, M. H. J. Bollen, R. N. Allan, "Stochastic Prediction of Voltage sags in a Large Transmission System," IEEE Trans. Ind. Appl., Vol. 35, No. 1, pp. 152-162, 1999.
- [12] C. H. Park, G. Jang, "Stochastic Estimation of Voltage Sags in a Large Meshed Network," IEEE Trans. Power Del., vol. 22, no. 3, pp. 1655-1664, 2007.
- [13] M. H. J. Bollen, "Fast Assessment Methods for Voltage Sags in Distribution Systems," IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 32, no. 6, pp. 1414 - 1423, 1996.
- [14] L. Conrad, K. Little, C. Grigg, "Predicting and Preventing Problems Associated with Remote Fault-clearing Voltage Dips". IEEE Trans. Ind. Appl., vol. 27 no.1, pp.167 - 172, 1991.
- [15] S. G. Song, I. T. Kim, et al., Genetic Algorithm, Green Press, 1996
- [16] Hyeng-Hwan Chung, Yong-Peel Wang, Hee-Chul Park, Byung-Chul An, "Optimal Placement of Measurement Using GAs in Harmonic State Estimation of Power System", Transactions of KIEE, Vol. 52A, No. 8, pp. 471-480, 2003.
- [17] IEEE 57-Bus Test Case, [Online]. Available: http://www.ee.washington.edu/research/pstca/pf57/pg_tca57bus.htm.

저 자 소 개



송 영 원 (宋 榮 圓)

1984년 12월 1일생. 2011년 부경대학교 전기공학과 졸업. 2013년 부경대학교 대학원 전기 공학과 석사 졸업
E-mail : sai100@pknu.ac.kr



이 계 병 (李 桂 秉)

1979년 12월 8일생. 2006년 동의대 전기공학과 졸업. 2008년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 2008년~현재 고려대 대학원 전자전기공학과 박사과정.

E-mail : kyebyung@korea.ac.kr



박 창 현 (朴 昶 炫)

1974년 12월 25일생. 2007년 고려대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학). 2008년~현재 부경대학교 전기공학과 부교수

E-mail : spch@pknu.ac.kr