

배전계통 운영비용의 최소화에 의한 분산전원의 최적 용량과 위치결정

論 文

53A-9-1

Optimal Capacity and Allocation Distributed Generation by Minimization Operation Cost of Distribution System

裴 引 洙* · 朴 晶 勳** · 金 鎮 吾† · 金 圭 浩***

(In-Su Bae · Jung-Hoon Park · Jin-O Kim · Kyu-Ho Kim)

Abstract - In operation of distribution system, DGs(Distributed Generations) are installed as an alternative of extension and establishment of substations and transmission and distribution lines according to increasing power demand. In operation planning of DGs, determining optimal capacity and allocation gets economical profit and improves power reliability. This paper proposes determining a optimal number, size and allocation of DGs needed to minimize operation cost of distribution system. Capacity of DGs for economical operation of distribution system estimated by the load growth and line capacity during operation planning duration, DG allocations are determined to minimize total cost with power buying cost, operation cost of DG, loss cost and outage cost using GA(Genetic Algorithm).

Key Words : Distributed Generation(DG), Reliability Indices, Distribution System, Operation Cost

1. 서 론

최근 전력산업의 경쟁체제 전환과 환경규제의 강화로 주목 받고 있는 분산전원(Distributed Generation)이란 배전계통에 직접 연결되어진 10[MW]미만의 소형 발전기를 일컫는다. 현재 분산전원은 태양광, 풍력터빈, 연료전지, 소형·극소형 터빈, 내부 연소엔진, 왕복기관 등의 발전기를 이용하여 열병합 발전, 대기용 전원, 피크부하 삭감용, 전력망 지원, 계통 분리형으로 활용되어지고 있다[1].

분산전원의 도입은 배전계통의 계획에서 부하증가에 따른 선로나 변전소의 중·신설과 비교하여 신뢰성이나 경제적인 공급이라는 기준을 통해 최적의 확장전략을 수립한다. 신뢰도, 손실, 전력 품질 등을 비용으로 전환하여 최소비용에 의해 확장 전략의 대안을 결정하게 되는 것이다. 배전계통 계획에서 도입될 분산전원은 설치위치, 계통 접속방법과 배치계획을 고려하여야 한다. 특히, 계획자는 총 비용의 최소화를 중요한 목표로 할 것이다[2]. 비용의 최소화에 의해 배전계통 계획자는 계통의 계획 단계에서 분산전원의 용량과 위치를 결정하며 시간에 따른 부하량과 그에 따른 전력비용을 분석하여 적절하게 전력을 구입하거나 분산전원을 운영하여 운영비용을 줄일 수 있다. 또한 계통에 전력이 공급되지 못할 때도 분산전원의 운영에 의해 정전비용을 최소화함으로써 신뢰도를 향상시킬 수 있다. 이처럼 운영비용과 정전비용의 최소화에 의한 총 비용을 최소화할 수 있는 위치에 분산전원을 설치하여 운영할 때 계통의 운영자는 최대의 이익을 얻을 수 있다.

본 논문에서는 배전계통 운영비용의 최소화에 의한 분산전원의 용량과 최적의 위치를 결정하는 기법을 제안하였다.

분산전원의 용량은 운영계획기간 동안의 부하증가량과 선로 제한 용량을 고려하여 선정하고, 분산전원의 위치는 각 부하점의 고장율과 연간 정전비용에 의해 구해진 신뢰도 비용과 배전계통의 총 운영비용의 합이 최소가 되는 위치로 결정한다. 최적의 위치 선정용 위해 유전알고리즘(Genetic Algorithm)을 이용한다. 또한 분산전원의 설치에 따른 신뢰도와 신뢰도 비용의 적용 여부에 따른 신뢰도를 평가하였다.

2. 분산전원 운영전략

배전계통에 연계되어 있는 분산전원의 운영방법으로 열병합 발전, 대기용 전원, 피크부하용, 전력망 지원, 계통 분리형 등 여러 형태로 운영되고 있다. 본 논문에서는 분산전원 운영 형태를 아래와 같은 원칙하에 설정하여 운영하고자 한다.

첫째, 분산전원은 피크부하용으로 운영한다. 배전계통에서 계통의 부하가 피크에 도달하는 시간대에는 전력 구입량으로 부하량을 충당하지 못할 경우가 발생하거나 비싼 전력요금을 지불하고서야 전력을 구입하는 상황이 발생하게 되는데 이때 분산전원을 운영하여 전력 부족분만큼을 충당한다. 또한, 부하량이 선로용량을 초과할 때에도 분산전원을 운영하여 계통에 전력을 공급한다.

둘째, 분산전원은 전력 공급원으로 운영한다. 배전계통에서 부하량은 부하 종류와 부하 특성 및 각 부하들의 소비 형태에 따라 차이가 난다. 각 부하에 전력을 공급하기 위해서 전력을 구입할 때 그 구입비용은 시간에 따른 부하량의 변화에 의해 차이를 보인다. 따라서, 계통에 연계되어 있는 분산전원을 전력 공급원으로 이용할 때는 시간에 따른 전력 구입비용과 분산전원의 운영비용을 비교하여 더 저렴한 전력원을 선택하여 운영함으로써 운용비용을 줄이고자 한다.

셋째, 분산전원은 정전시 전력 공급원(대기용)으로 운영한다. 배전계통에 사고로 인한 정전 발생시 차단기와 리클로저와 같은 차단설비에 의해 각 부하점은 계통에서 분리된다. 이때 분산전원이 설치된 부하점에서는 계통에서 분리되어 단독으로 운전하여 부하점에 전력을 공급한다. 이렇게 정전시 부하점에 설치된 분산전원은 부하점에 전력을 공급함으로써 궁

* 學生會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 博士課程
** 正 會 員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 碩士課程
† 교신저자, 正會員 : 漢陽大 工大 電氣工學科 副教授 · 工博
E-mail : jokim@hanyang.ac.kr
*** 正 會 員 : 安山工科大學 電氣科 副教授
接受日字 : 2003年 11月 21日
最終完了 : 2003年 3月 25日

극적으로 계통의 신뢰도를 향상시키고 그에 따른 정전비용을 감소시킬 수 있다[3].

3. 계통 모델링

3.1 부하모델링

계통에 대한 모델링이 실제 계통과 흡사할수록 정확한 신뢰도 지수와 운영비용을 구할 수 있고, 이를 통해 총 운영비용 최소화에 더욱 접근할 수 있다.

일반적으로, 부하모델은 1년을 8760시간으로 나눠 각 시간에 대한 부하량을 계산하므로, 부하점의 특성을 나타내기 보다는 전체 계통의 부하가 일률적으로 증가하고 감소하는 형태를 나타낸다. 따라서 정확한 모델링을 위해서 각 부하점의 부하 형태(주거형, 상업형, 공공기관 등)에 따른 영향을 고려하여야 한다[4]. 다음에 제시된 그림 1은 여름철 하루 동안의 일일 피크부하에 대한 시간별 부하 백분율로서 가정용, 상업용, 공공기관용으로 각각의 부하 형태별 특성을 나타내고 있다.

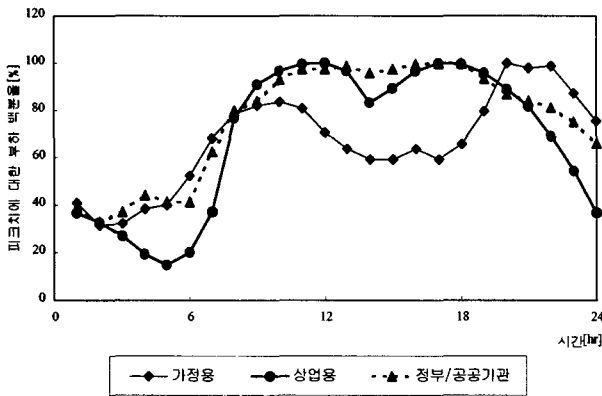


그림 1 일일 피크부하에 대한 시간별 부하 백분율

Fig. 1 Percentages of Hourly Load in Terms of Daily Peak

3.2 분산전원의 모델링

본 논문에서 분산전원 한대의 용량은 주어지며, 계통에 설치될 분산전원의 총 설치대수는 운영계획기간 동안의 부하중가량과 주어진 한대의 용량에 의해 다음에 제시된 식 (1)에 의해 결정된다.

$$N_{DG} = \frac{\Delta P_L}{P_{DG}} \quad (1)$$

N_{DG} : 분산전원의 설치대수

ΔP_L : 부하중가량

P_{DG} : 분산전원 한대의 용량

분산전원은 계획 초기년도에 모두 설치되며, 하나의 부하점 당 한 대의 분산전원만 설치된다. 선로나 모선용량의 제한에 의해 분산전원의 용량과 설치될 부하점이 결정된다. 분산전원의 위치는 각 부하점의 고장율과 연간 정전비용에 의해 구해진 신뢰도 비용과 배전계통의 총 운영비용의 합이 최소가 되는 위치로 결정한다. 분산전원의 최적의 위치 선정을 위해 최적화의 기법 중 하나인 유전알고리즘을 이용한다.

3.3 유전알고리즘(Genetic Algorithm : GA)

분산전원이 도입된 복합배전계통의 운영최적화를 위해서 유전알고리즘을 이용하였다. 유전알고리즘은 자연적 선택(Natural Selection)과 유전(Genetics)의 구조로 된 발견적 탐색 알고리즘으로 다음과 같은 특성을 가지고 있다.

- 일련의 해집단으로 불리우는 암호화된 변수들의 집합으로 동작한다.
- 여러 해의 집단으로부터 탐색한다.
- 도함수나 기타 다른 방법이 아닌 결정적인 정보(목적함수)만 이용한다.
- 확률적인 변화 규칙을 이용한다.

유전알고리즘은 암호화된 변수들로 된 해집단(Population)을 다룬다. 탐색체를 암호화하는 코딩과정은 유전알고리즘의 적용에서 가장 중요한 부분이다. 코딩 과정은 그림 2와 같이 표현한다.

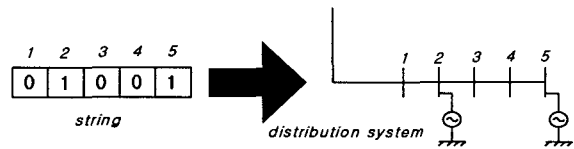


그림 2 코딩 과정

Fig. 2 Coding Process

각 부하점에 분산전원이 설치되는지의 여부에 따라 0과 1로써 집단을 구성한다. 여기서, 부하점의 위치는 염색체의 위치를 나타내고, 염색체의 길이는 총 부하점의 수를 나타낸다. 한 개체의 수행성을 의미하는 척도를 적합도라 한다. 대부분의 유전알고리즘 적용에서 최대의 적합도를 결정하기 위해서는 각각의 개체를 평가하기 위한 어떤 함수가 정의되어져야 한다. 유전알고리즘은 코딩된 집단이 재생산, 교배, 돌연변이를 거치면서 재평가되고 앞서 수행한 일련의 연산과정은 최적의 해가 발견될 때까지 반복된다[5].

4. 배전계통의 신뢰도 지수

① 수용가당 평균 정전빈도

SAIFI(System Average Interruption Frequency Index)는 대상지역의 수용가당 평균 정전횟수를 나타내는 지수이다.

$$SAIFI = \frac{\text{공급중단횟수}}{\text{전체수용가의수}} = \frac{\sum_{i \in R} \lambda_i N_i}{\sum_{i \in R} N_i} \quad [\text{회/수용가} \cdot \text{년}] \quad (2)$$

λ_i, N_i : 부하점 i 에서의 고장률과 수용가의 수
 R : 계통의 부하점 집합

② 수용가당 평균 정전시간

SAIDI(System Average Interruption Duration Index)는 대상지역의 수용가당 연평균 정전시간을 의미한다.

$$SAIDI = \frac{\text{수용가 평균정전시간의 합}}{\text{전체 수용가의 수}} = \frac{\sum_{i \in R} U_i N_i}{\sum_{i \in R} N_i} \quad [\text{분/수용가} \cdot \text{년}] \quad (3)$$

U_i : 부하점 i 에서의 연간 정전시간의 기대치

③ 평균 공급율

ASAI(Average Service Availability Index)는 대상지역 내 수용가 요구시간(Customer Hours Demanded, 수용가의 수 × 공급요구시간)을 기준으로, 어느 정도 공급이 되는지를 나타내는 지수이다. 또한 ASAI와 반대되는 개념으로 ASUI(Average Service Unavailability Index)를 사용하기도 한다.

$$ASAI = \frac{\text{수용가요구시간} - \text{수용가공급실패시간}}{\text{수용가요구시간}} = \frac{\sum_{i \in R} 8760N_i - \sum_{i \in R} U_i N_i}{\sum_{i \in R} 8760N_i} \quad (4)$$

$$ASUI = 1 - ASAI$$

8760은 1년을 시간으로 표시한 것임

④ 다중 신뢰도 지수

방사형 배전계통 피더에서 보호 장치의 배치는 네트워크의 신뢰성을 극대화하기 위해 설계되어진다. 그러므로, 에너지원이 변전소에 위치한다고 가정할 때 신뢰도 지수들을 최소화할 수 있다. 본 논문에서는 신뢰도 지수들 중 수용가당 평균 정전시간(SAIDI)과 수용가당 평균 정전빈도(SAIFI)를 조합한 다중신뢰도지수(CFDI : Composite Frequency & Duration Index)를 살펴보고자 한다. 위 두 가지 지수 중 어느 것으로도 보호 장치의 위치를 최적화할 수 있으며 지속적이고 순간적인 정전의 영향을 알아볼 수 있다. 다중 신뢰도지수는 다음과 같이 정의된다.

$$CFDI = W_{SAIFI} \frac{SAIFI - SAIFI_T}{SAIFI_T} + W_{SAIDI} \frac{SAIDI - SAIDI_T}{SAIDI_T} \quad (5)$$

W_x : 적정신뢰도 지수 가중치
 T : 목표 값(Target value)

SAIDI, SAIFI의 각각의 적정 신뢰도지수 가중치와 목표값을 사용하였다. 이 목표 값은 일반적으로 피더에서의 만족할만한 신뢰도 수준을 가리키며 분산형전원이 설치된 피더에서는 합성지수 CFDI의 값이 음수가 되면서 만족하는 신뢰도 수준을 초과할 수도 있다[6].

5. 배전계통 운영비용의 최소화

5.1 배전계통 운영비용

배전계통의 운영비용은 전력구입비용, 분산전원 운영비용 그리고 정전비용으로 구분하며, 각각의 비용은 다음의 목적함수에서 표현된다. 목적함수는 송전계통에서의 전력구입비용, 분산전원의 운영비용, 정전비용, 그리고 손실비용의 합을 최소화하는 것이다[7].

① 목적함수

목적함수는 다음의 식 (6)과 같이 표현할 수 있다.

$$C_{Total} = C_{Buy} + C_{DGop} + C_{Out} + C_{Loss} \quad (6)$$

- C_{Total} : 총 운영비용의 합
- C_{Buy} : 송전계통에서 전력구입비용
- C_{DGop} : 분산전원의 운영비용
- C_{out} : 정전비용
- C_{Loss} : 손실비용

배전계통에서 부하량은 부하 종류와 부하특성 및 각 부하들의 소비 형태에 따라 차이가 난다. 각 부하에 전력을 공급하기 위해서 전력을 공급할 때 전력구입 비용은 시간에 따른 부하량의 변화에 의해 차이를 보인다.

송전계통에서의 전력구입비용 C_{Buy} 는 시간에 따른 단위 전력당 전력구입비용 K_j 와 분산전원의 운영비용 K_{DG} 를 서로 비교하여 더 저렴한 비용을 선택하여 결정한다. 따라서, 계통에 연계되어 있는 분산전원을 전력 공급원으로 이용할 때는 시간에 따른 전력 구입비용과 분산전원의 운영비용을 비교하여 더 저렴한 전력원을 선택하여 운영함으로써 운용비용을 줄일 수 있다. 전력구입비용 C_{Buy} 는 식 (7)에 의해 구할 수 있으며, 지수 a 는 분산전원의 운영여부를 나타낸다. 전력구입비용과 분산전원 운영비용의 비교에 의해 분산전원이 운영될 때는 a 가 1이고 운영되지 않을 때는 0이다.

분산전원의 운영비용 C_{DGop} 는 시간에 따른 분산전원의 운영 대수의 결정에 의해 식(8)에 의해 구할 수 있다.

정전비용 C_{out} 는 분산전원이 설치되지 않았을 때의 모든 부하점의 정전비용과 운영계획에 따라 분산전원이 설치된 후 분산전원이 설치된 부하점의 정전비용의 차에 의해 식 (9)와 같이 구할 수 있다.

손실비용 C_{Loss} 은 각 부하점당 시간에 따라 계통의 조류계산에 의해 구해진 전력 손실과 연간 단위 전력당 전력생산비용에 의해 식 (10)과 같이 구할 수 있다.

$$C_{Buy} = \sum_{j=1}^m K_j \cdot (P_{Buy} - a \cdot P_{DG} \cdot n_{DGj}) \quad (7)$$

$$C_{DGop} = a \cdot K_{DG} \cdot P_{DG} \cdot \sum_{j=1}^m n_{DGj} \quad (8)$$

$$C_{out} = \sum_{i=1}^n K_{outi} \cdot P_{outi} - \sum_{i=1}^{n_{loc}} K_{outi} \cdot P_{outi} \quad (9)$$

$$C_{Loss} = \sum_{j=1}^m K_{Loss} \cdot P_{Loss} \quad (10)$$

j : time duration($j=1, 2, \dots, m$)

i : load point($i=1, 2, \dots, n$)

i_{DG} : 분산전원이 설치된 부하점

K_j : time j 일 때 단위전력당 구입전력비용

K_{DG} : 단위전력당 분산전원 운영비용

K_{out} : 단위전력당 정전비용

K_{Loss} : 단위전력당 전력생산비용

P_{Buy} : time j 일 때 송전계통에서 구입한 전력

P_{DG} : 분산전원의 용량

P_{out} : 부하점 i 에서 정전 시 공급받지 못한 전력

P_{Loss} : 계통의 전력손실

n_{DGj} : time j 일 때 분산전원의 총 운전대수

$$\alpha = \begin{cases} 0 & : K_i \leq K_{DG} \\ 1 & : K_i > K_{DG} \end{cases} \quad \text{: 분산전원의 운전 여부}$$

② 제약조건

부하증가량에 따른 구입하는 전력과 분산전원에 의해 공급받는 전력의 차이가 선로제한용량을 초과할 수 없고, 전압 강하 제한 조건을 만족해야 한다.

$$0 < P_{Buy} - \alpha \cdot P_{DG} \cdot n_{DG} < P_{LC} \quad (11)$$

$$V_{min} \leq V_i \leq V_{max} \quad (12)$$

P_{LC} : 선로제한용량

V_i : node 의 전압

V_{min} : 최저 전압

V_{max} : 최고 전압

5.2 연간정전용량과 정전비용

연간 정전용량은 각 부하점의 피크 부하량과 신뢰도 지수인 고장율(λ)과 수리시간(r)을 가지고 식 (15)에 의해 구할 수 있다.

$$P_{outi} = P_{peaki} \cdot \lambda_i \cdot r_i \quad (13)$$

P_{peaki} : 부하점 i 에서 피크시 부하량

λ_i : 부하점 i 에서 고장율

r_i : 부하점 i 에서 수리시간

연간 정전비용은 각 수용가 종류에 따른 정전비용을 정전 지속시간에 대한 함수로 표현한 분야별 수용가 피해함수(SCDF : Sector Customer Damage Functions)와 각 부하점의 신뢰도 지수에 의해 구하고자 한다.

표 1에 제시된 분야별 수용가 피해함수는 일곱 가지 종류의 수용가에 대한 정전비용을 평가하여 각 수용가 종류에 따른 정전비용을 정전 지속시간에 대한 함수로 표현한 것이다.

표 1 분야별 정전비용

Table 1 Sector interruption cost

수용가 타입	정전 지속시간과 비용(\$/kW)				
	1분	20분	1시간	4시간	8시간
대규모 수용가	1.005	1.508	2.225	3.968	8.240
산업	1.625	3.868	9.085	25.16	55.81
상업	0.381	2.969	8.552	31.32	83.01
농업	0.060	0.343	0.649	2.064	4.120
주거	0.001	0.093	0.482	4.914	15.69
공공기관	0.044	0.369	1.492	6.558	26.04
사무	4.778	9.878	21.07	68.83	119.2

5.3 손실비용

배전계통을 운영할 때 송전선로의 저항성분에 의한 전송 손실이 발생하게 된다. 이러한 송전 손실로 인한 비용을 손실 비용(Loss Cost)이라 하며 배전계통의 경제적인 운영을 위하

여 배전계통을 구성할 때 반드시 고려하여야 하는 사항이다. 분산전원의 위치를 결정하기 위해서 배전계통의 조류 계산에 의해 손실이 최소가 되는 위치를 결정하고자 한다.

$$P_{Loss} = \sum_{i=1}^n r_i \cdot \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \quad (14)$$

r_i : 선로 i 의 저항

P_i : 선로 i 에서의 유효전력

Q_i : 선로 i 에서의 무효전력

V_i : 선로 i 에서의 전압

6. 사례연구

6.1 모델계통과 부하특성

사례연구를 위해 RBTS(Roy Billinton Test System)의 2번 모선 배전계통을 사용하였다. RBTS 2번 모선은 총 4개의 피더를 가지는 전형적인 도시형 배전계통으로서 아래 그림 3과 같다[8].

배전계통의 부하특성은 초기년도의 부하량이 20[MW]이고, 부하증가율은 연간 5[%], 설치하고자 하는 분산전원 한대의 용량은 2[MW], 분산전원의 운영계획기간은 12년으로 한다.

기본적인 부하특성과 신뢰도 파라미터는 참고문헌[8]을 참조하였다.

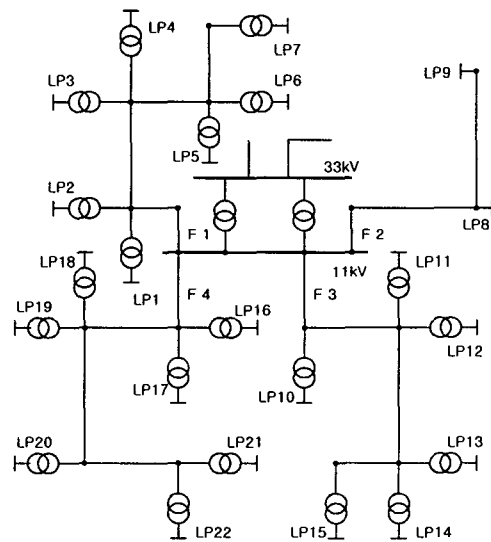


그림 3 RBTS 2번 배전계통

Fig. 3 Distribution System for RBTS Bus 2

6.2 분산전원의 위치결정

배전계통의 계획기간 동안의 부하증가량과 선로제한용량에 의해서 계통에 설치될 분산전원의 설치여부와 설치대수는 다음 표 3과 같다. 표 4는 분산전원을 설치할 부하점을 나타내고 있다.

손실비용만을 고려했을 때는 선로의 말단의 손실비용이 상대적으로 크기 때문에 말단에 분산전원을 설치함으로써 손실비용을 줄일 수 있다. 그러나, 신뢰도 비용을 적용한 전체비용을 고려하였을 때의 총 운영비용이 연간 796,065[\$]의 이익을 얻는다.

표 3 분산전원 설치대수

Table 3 Distributed Generation Installation Quantity

계획기간	부하증가량 [MW]	설치여부 및 대수
1	1.000	-
2	1.050	-
3	1.103	-
4	1.158	2대
5	1.216	-
6	1.276	-
7	1.340	2대
8	1.407	-
9	1.477	-
10	1.551	2대
11	1.629	-
12	1.710	-

표 4 분산전원이 설치될 부하점

Table 4 Installation Load Point of DG

DG 설치	손실비용만 고려	전체비용 고려
부하점	6, 7, 15, 18, 21, 22	2, 7, 14, 15, 16, 22

표 5 신뢰도 비용 적용 여부에 따른 비용의 비교

Table 5 Cost Comparison whether Reliability Cost Application

비용[\$/yr]	손실비용만 고려	전체비용 고려
손실비용	310,615	352,955
신뢰도비용	1,242,460	530,710
총 운영비용	10,526,965	9,730,900

6.3 분산전원의 설치순서

분산전원 설치시 설치 순서는 각 부하점의 부하 특성과 정전비용에 의해서 결정된다. 사용빈도와 중요 부하인 상업부하가 위치한 부하점의 정전비용이 높으므로 분산전원이 설치되는 순서는 상업부하가 설치된 부하점에 먼저 설치된다. 일부 부하점에서는 전로제한에 의해 약간의 차이가 있을 수 있다. 손실비용만을 고려했을 때와 전체비용을 고려했을 때의 설치 순서는 다음과 같다.

표 6 분산전원의 설치 순서

Table 6 Installation Procedure of DG

	설치 순서	1	2	3
손실비용만 고려	계획년도	4년	7년	10년
	부하점	6, 22	7, 15	6, 18
전체비용 고려	계획년도	4년	7년	10년
	부하점	16, 22	7, 15	2, 14

6.4 신뢰도의 평가

분산전원의 도입에 따른 신뢰도의 변화를 살펴보고자 한다. 먼저, 분산전원을 설치 여부에 따른 신뢰도 지수를 산정하고, 다음으로 배전계통의 운영비용에서 신뢰도 비용의 적용 여부

에 따른 신뢰도 지수를 산정한다. 다중 신뢰도 지수를 구하기 위한 SAIFI의 목표값을 0.15, SAIDI의 목표값을 2.85, 적정 신뢰도 가중치는 1로 한다.

표 7은 볼 수 있듯이 분산전원을 설치함에 따라 신뢰도 지수가 더 좋아짐을 알 수 있다. 이는 정전시 각 부하점에 설치된 분산전원에 의해 전력을 공급함으로써 정전빈도와 정전시간을 줄여서 전력 공급률이 향상되기 때문이다.

표 8은 전체비용을 고려했을 경우가 상대적으로 손실비용만을 고려하였을 때보다 신뢰도지수의 값이 좋음을 보여준다. 이는 신뢰도 비용을 고려하였을 때는 다른 부하에 비해 신뢰도 비용이 높은 상업부하의 영향에 의해 손실만을 고려했기 때문이다.

표 7 분산전원 설치에 따른 신뢰도 지수의 비교

Table 7 Reliability Indices Comparison whether DG Installation

신뢰도 지수	DG 미설치	DG 설치
SAIFI	0.248827	0.216905
SAIDI	3.614251	3.155236
ASAI	0.999587	0.999640
CFDI	0.927002	0.553135

표 8 신뢰도 비용 적용 여부에 따른 신뢰도 비교

Table 8 Reliability Comparison whether Reliability Cost Application

신뢰도 지수	손실비용만 고려	전체비용 고려
SAIFI	0.217971	0.216905
SAIDI	3.161583	3.155236
ASAI	0.999639	0.999640
CFDI	0.562465	0.553135

6.5 유전알고리즘에 의한 수렴곡선

아래의 그림 4는 유전 알고리즘에 의한 수렴곡선이다.

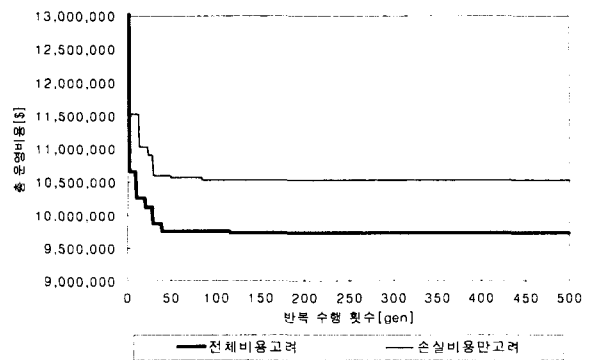


그림 4 총 운영비용의 수렴곡선

Fig. 4 Convergence Characteristic Curve of Total

Operation Cost

손실비용만을 고려할 때와 전체비용을 고려하였을 때의 각각의 경우에 대한 손실비용만을 고려할 때는 반복회수가 85회 이상에서 총 운영비용 10,526,965[\$/yr]에서 수렴하고, 전체비용을 고려하였을 때는 반복회수가 116회 이상에서 총 운영비용 9,730,900 [\$/yr]에서 수렴한다. 손실비용만을 고려했을 때가 전체비용을 고려했을 때보다 빨리 수렴함을 보이고 있

다. 이것은 손실비용만을 고려할 때의 제약조건이 전체비용을 고려했을 때보다 적기 때문이다.

7. 결 론

배전계통 운영자는 비용의 최소화에 의해 계통의 계획 단계에서 분산전원의 용량과 위치를 결정하여 시간에 따른 부하량과 전력비용에 적절할 때 전력을 구입하거나 분산전원을 운영하여 운영비용의 줄일 수 있다. 또한 계통에 전력이 공급되지 못할 때도 분산전원의 운영에 의해 정전비용을 최소화함으로써 신뢰도를 향상시킬 수 있다. 그리고 분산전원의 설치여부와 신뢰도 비용의 적용여부에 따른 각각 신뢰도 지수의 비교하였으며, 배전계통의 총 운영비용을 계산하였다. 이 계산 결과를 가지고 총 운영비용의 최소화에 의한 분산전원의 최적의 위치와 설치순서를 결정하였다. 계산된 신뢰도 지수에서 알 수 있듯이 분산 전원의 도입과 신뢰도 비용을 고려하였을 때에 계통의 신뢰도가 향상됨을 알 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 기초과학공동연구소 (과제번호: 01-jung-04)지원으로 수행된 결과의 일부임.

참 고 문 헌

[1] P. A. Daly and J. Morrison, "Understanding the Potential Benefits of Distributed Generation on Power Delivery Systems", *Rural Electric Power Conference*, pp. A2/1-A2/13, 2001.

[2] G. Cell, F. Pilo, "Optimal distributed generation allocation in MV distribution networks", *Power Industry Computer Applications, PICA, Innovative Computing for Power-Electric Energy Meets the Market. 22nd IEEE Power Engineering Society International Conference*, p. 81-86, 2001.

[3] Gas Research Institute, "The Role of Distributed Generation in Competitive Energy Markets", *Distributed Generation Forum*, 1999.

[4] P. Wang and R. Billinton, "Time Sequential Distribution System Reliability Worth Analysis Considering Time Varying Load and Cost Models", *IEEE Trans. on Power Delivery*, Vol. 14, No. 3, pp. 1046-1051, 1999.

[5] Y. Zoka, H. Sasaki, J. Kubokawa, R. Yokoyama, H. Tanaka, "An optimal deployment of fuel cells in distribution systems by using genetic algorithms", *Evolutionary Computation*, 1995, IEEE International Conference on, vol.1, p.479, 1996.

[6] A. Pregelj, M. Begovic, A. Rohatgi, D. Novosel, "On Optimization of Reliability of Distributed Generation Enhanced Feeders", *System Sciences. 2003. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on*, pp. 63-68, 2003.

[7] Zoka, Y., Kashiwai, S., Sasaki, H., Kubokawa, J. Kawahara, K., "A study of allocation planning of

dispersed electrical and thermal energy systems into distribution networks-optimal operation planning", *Power System Technology, 2000. Proceedings. Power Con 2000. International Conference on*, Vol. 1, pp. 43-47

[8] R. N. Allan, R. Billinton, I. Sjarief, L. Goel and K. S. So, "A Reliability Test System for Educational Purpose - Basic Distribution System Data and Results", *IEEE Trans. on Power systems*, Vol. 6, No. 2, pp. 813-320, 1991.

저 자 소 개

배 인 수(裴 引 洙)



1975년 2월 14일생. 1998년 2월 한양대학교 전기공학과 졸업(학사). 2003년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정.

E-mail : bis@ihanyang.ac.kr

박 정 훈(朴 鼎 勳)



1975년 3월 25일생. 2001년 2월 세명대학교 전기공학과 졸업(학사). 2004년 2월 한양대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사).

E-mail : p7981@ihanyang.ac.kr

김 진 오(金 鎭 喆)



1956년 1월 17일생. 1980년 2월 서울대학교 전기공학과 졸업(학사). 1983년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1991년 12월 Texas A&M 대학교 전기공학과 졸업(공학). 현재 한양대학교 전자전기공학부 부교수.

E-mail : jokim@hanyang.ac.kr

김 규 호(金 圭 浩)



1966년 3월 8일생. 1988년 2월 한양대 전기공학과 졸업(학사). 1990년 2월 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학). 현재 안산공과대학 전기과 부교수.

E-mail : kyuh@act.ac.kr