

유전알고리즘을 이용한 발전기 예방정비계획 수립에 관한 연구

박 시 우, 송 경 빈, 남 재 현, 전 동 훈
전력연구원

A Study on Generator Maintenance Scheduling using Genetic Algo

Si-Woo Park, Kyung-Bin Song, Jae-Hyun Nam, Dong-Hoon Jeon
Korea Electric Power Research Institute

Abstract - Genetic Algorithm is a kind of an evolution programming based on natural evolution principle. It applied to probabilistic searching, machine learning and optimization, and many good results were reported. Generator maintenance scheduling is an optimization problem with constraints. This paper applied a genetic algorithm to generator maintenance scheduling problem and tested on sample systems. The results are compared with heuristic method and branch-and-bound method.

1. 서 론

전력계통의 공급신뢰도는 전력계통을 구성하고 있는 여러 가지 구성요소들에 의해 결정되는데 특히, 발전기 예방정비계획의 수립 결과는 발전기의 공급신뢰도에 직접적인 영향을 미친다. 만약, 발전기의 예방정비 시기가 적절하게 수립되지 않는다면 충분한 설비용량을 확보하고서도 예비력이 부족하게 되어 전력계통의 신뢰도에 심각한 상황을 초래할 수 있으므로, 발전기 예방정비계획은 최초 전력수급계획 단계부터 신중하게 고려되어야 한다. 발전기 예방정비계획은 공급예비율, LOLP 등의 목적함수를 최소화하는 최적화문제로 동적계획법, 정수계획법, 혼합정수계획법, 분지한정법 등을 적용하고 있으나, 발전기 예방정비계획은 문제의 특성상 가능한 조합의 개수가 무한대(combination explosion)에 가까워지므로 최적해를 구하는 데는 상당한 어려움이 따르게 된다. 본 논문에서는 Holland에 의하여 개발된 확률적 탐색기능을 갖는 유전알고리즘(GA : Genetic Algorithm)[1,2]을 예방정비계획 수립문제에 적용하여 그 가능성을 검토해보고자 한다.

2. 본 론

2.1 발전기 예방정비계획

발전기 예방정비계획이란 주어진 계획 기간 동안 각 발전기의 예방정비시기 및 기간을 결정하는 최적화문제이다. 일반적으로 발전기 예방정비계획문제의 목적함수는 신뢰도 목적함수와 비용 목적함수로 구분되나, 비용 목적함수는 예방정비계획의 변화에 대하여 민감도가 매우 적은 것으로 알려져 있으므로 본 논문에서는 신뢰도 목적함수를 고려하였다. 신뢰도 목적함수는 예비력, 예비율 등의 결정적 지수를 사용하는 것과 LOLP, EENS 등과 같은 확률적 지수를 사용하는 것으로 분류된다. 결정적 지수를 목적함수로 사용하는 경우 확률적 시뮬레이션 과정이 필요치 않으므로 계산시간이 매우 단축되고 이해하기 쉬운 장점이 있으나, 발전기의 FOR과 같은 확률적 상황을 고려하기 힘든 단점이 있다[3]. 본 논문에서는 다음 식과 같이 결정적인 지수인 예비율의 분산값 최소화를 목적함수로 하였다[6].

$$\text{Min} \sum_j \left[\frac{1}{J} \sum_i \left(\frac{C_j - L_j}{L_j} \right) - \left(\frac{C_j - L_j}{L_j} \right)^2 \right]$$

J : 검토기간 수

C_j : j 주의 가용설비용량 (설비용량-예방정비용량)

L_j : j 주의 최대 수요

$(C_j - L_j)/L_j$: j 주의 공급예비율

2.2 예방정비계획에의 적용을 위한 유전연산자

2.2.1 재생산

재생산은 적합도 함수값에 따라 룰렛(roulette)과 엘리트즘을 사용하여 구성하였다.

2.2.2 교배

본 논문에서는 단순교배시에 가장 나은 해를 구할 수 있었으며, 단순교배는 다음과 같이 정의할 수 있다. t번째 세대에서의 부모세대를 각각 다음과 같이 표현하여,

$$s_w^t = \langle w_1, \dots, w_m \rangle$$

$$s_v^t = \langle v_1, \dots, v_m \rangle$$

k번째 유전인자 다음 위치에서 교차되면, 다음과 같은 자손세대가 생성된다.

$$s_v^{t+1} = \langle v_1, \dots, v_k, w_{k+1}, \dots, w_m \rangle$$

$$s_w^{t+1} = \langle w_1, \dots, w_k, v_{k+1}, \dots, v_m \rangle$$

2.2.3 돌연변이

본 논문에서의 돌연변이연산자는 제약조건으로 주어지는 예방정비가능기간내에서 균등하게 후보해가 선택될 수 있도록 균등 돌연변이를 수행하였으며, 이때 가장 나은 해를 얻을 수 있었다. 균등 돌연변이는 다음과 같이 정의할 수 있다. t세대에 돌연변이가 일어날 염색체를 다음과 같이 표현하여,

$$s_v^t = \langle v_1, \dots, v_m \rangle$$

k번째 유전인자가 선택된다면, 해당 변수는 경계 $l_k \leq v_k \leq u_k$ 내에서 균등 확률분포에 따라 얻어진 랜덤 수 v_k' 로 교체되어 다음과 같이 돌연변이를 발생시킨다.

$$s_v^t = \langle v_1, \dots, v_k', \dots, v_m \rangle$$

2.3 정식화

본 논문에서의 적합도함수는 목적함수를 최소화 하는 최대화문제로 정의되며 전체적인 순서도는 그림 1. 과 같다.

$$\text{Max } \frac{M}{(1+O)}$$

$$O = \sum_{j=1}^J \left[\frac{1}{j} \sum_{i=1}^j \left(\frac{C_j - L_j}{L_j} \right) - \left(\frac{C_j - L_j}{L_j} \right) \right]^2$$

여기서, M은 적합도를 조절하기 위한 파라미터이다.

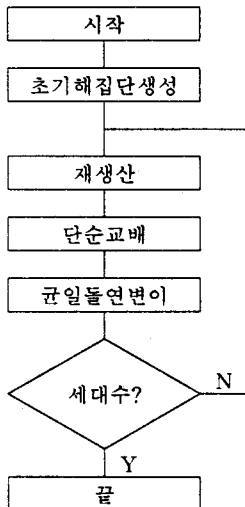


그림 1. 유전알고리즘을 이용한 예방정비계획의 순서도
Fig 1. Flowchart of generator maintenance scheduling using genetic algorithm

2.4 사례연구

GA의 예방정비계획수립에의 적용가능성을 검토하기 위하여 간단한 샘플계통에 대하여 사례연구를 수행하였다. 도출된 해의 비교를 위하여 일반적으로 사용되는 경험적 기법(Trial and error method) 및 분지한정법(Branch-and-bound method)과 비교하였다. 적용된 GA는 룰렛, 단순교배, 균등 돌연변이로 개체수는 100개, 교차확률은 0.9, 돌연변이 확률은 0.1, 세대수는 500, 상수 M은 1로 하였다.

Method I : Trial and error method

Method II : Branch-and-bound method

Method III : Genetic algorithm

2.4.1 발전기 5기의 8주 예방정비계획 (3)

발전기별 예방정비기간 및 가능기간은 다음과 같다.

No	용량 (MW)	예방정비기간(주)	예방정비가능기간(주)
1	400	4	1 to 8
2	300	1	1 to 8
3	200	4	1 to 8
4	100	2	1 to 8
5	100	1	1 to 8

표 1. 발전기 예방정비 입력데이터

Table 1. Input data for generator maintenance scheduling

No	Method I	Method II	Method III
1	5 to 8	4 to 7	4 to 7
2	4	8	8
3	5 to 8	5 to 8	5 to 8
4	2 to 3	2 to 3	2 to 3
5	3	3	3

표 2. 방법별 예방정비 계획 결과

Table 2. Generators maintenance schedule by methods

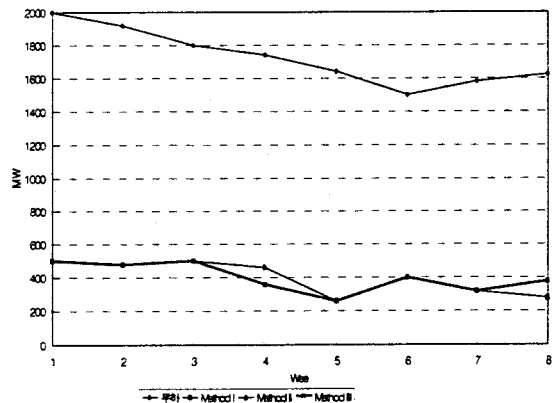


그림 2. 방법별 대안에 대한 예비력
Fig 2. Reserve capacity by methods

	Method I	Method II	Method III
예비율 분산값	0.0147	0.0108	0.0108

표 3. 방법별 대안에 대한 예비율 분산값
Table 3. Variances of reserve rate by methods

2.4.2 발전기 10기의 36주 예방정비계획

발전기별 예방정비기간 및 가능기간은 다음과 같다.

No	용량 (MW)	예방정비기간(주)	예방정비가능기간(주)
1	155	4	1 to 9
2	197	4	2 to 10
3	400	6	3 to 13
4	155	4	5 to 13
5	197	4	12 to 20
6	155	4	15 to 23
7	100	3	19 to 26
8	350	5	21 to 30
9	400	6	24 to 34
10	197	4	28 to 36

표 4. 발전기 예방정비 입력데이터
Table 4. Input data for generators maintenance scheduling

No	Method I	Method II	Method III
1	1 to 4	1 to 4	1 to 4
2	2 to 5	2 to 5	2 to 5
3	3 to 8	4 to 7	4 to 7
4	8 to 11	5 to 8	10 to 13
5	17 to 20	17 to 20	17 to 20
6	20 to 23	20 to 23	19 to 22
7	21 to 23	21 to 23	21 to 23
8	21 to 25	21 to 25	21 to 25
9	24 to 29	24 to 29	24 to 29
10	33 to 36	33 to 36	33 to 36

표 5. 방법별 예방정비계획 결과
Table 5. Generators maintenance schedule by methods

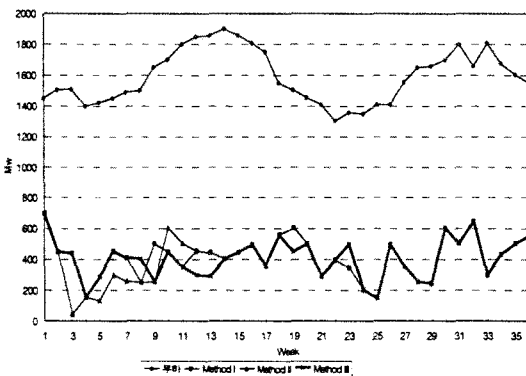


그림 3. 방법별 대안에 대한 예비력
Fig 3. Reserve capacity by methods

	Method I	Method II	Method III
예비율 분산값	0.3144	0.3074	0.2757

표 6. 방법별 대안에 대한 예비율 분산값
Table 6. Variances of reserve rate by methods

3. 결 론

확률적 탐색기법인 유전알고리즘을 간단한 발전기 예방정비계획 수립문제에 적용하여, 일반적으로 사용되는 경험적인 방법(Trial and error method) 및 분지한정기법(Branch-and-bound method)과 비교해 보았다. 발전기 예방정비계획은 문제의 특성상 이상적인 최적안을 구하기 위해서는 상태의 개수가 무한대에 근접해지므로 상당한 시간이 소요되므로, 준최적해를 구하여 예방정비계획에 사용하고 있으나, 전역적 탐색기법인 GA를 사용하여 더욱더 최적해에 근접한 준최적해를 탐색할 수 있으리라 생각된다.

[참 고 문 헌]

- [1] David E. Goldberg, *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*, Addison-Wesley Publishing Company, 1989, pp 1-57
- [2] Zbigniew Michalewicz, *Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs*, Springer-Verlag, 1992, pp 310-319
- [3] X. Wang and J.R.McDonald, *Modern Power System Planning*, McGraw-Hill Book Company, 1994, pp 247-307
- [4] Egan.G.T, T.S.Dillon and K.Morsztyn, "An Experimental Method of Determination of Optimal Maintenance Schedules in Power Systems Using the Branch-and-bound Technique", *IEEE Trans. on Systems, Man and Cybernetics*, Vol.6, 1976, pp.538-547
- [5] 전력연구원, "전력수급계획 및 운용해석 종합시스템개발에 관한 연구(1차년도 중간보고서)", pp 77-103