

유전 알고리즘과 Kruskal 알고리즘을 이용한 배전계통 재구성에 관한 연구

論 文
49A - 3 - 4

A Study on Distribution System Reconfiguration using GA and Kruskal Algorithm

安 鎮 梧* · 金 世 鎬**
(Jin-Oh An · Se-Ho Kim)

Abstract - This paper presents an efficient algorithm for loss reduction and load balancing by sectionalizing switch operation in large scale distribution system of radial type. We use Genetic algorithm and Kruskal algorithm to solve distribution system reconfiguration. Genetic algorithm is used to minimize objective function including loss and load balancing items. Kruskal algorithm is used to satisfy the radial condition of distribution system. The experimental results show that the proposed method has the ability to search a good solution regardless of initial configuration and size of system.

Key Words : Network reconfiguration, Genetic algorithm, Kruskal algorithm, Loss reduction, Load balancing

1. 서 론

배전계통은 송전계통과는 달리 방대하고 복잡하며 여러 가지 부하들이 혼재하고 있어서 부하들의 변화 속성 때문에 계통 변경이 자주 일어난다. 그래서 경제적인 운영을 최대화하기 위하여 여러 가지 배전선로 손실감소 기법들을 이용한 배전계통 재구성의 필요성이 증대되고 있다. 그러나 특성상 부하 추종적으로 구성되어 있는 배전계통은 수시로 확대, 축소가 필요하고 연계개폐기로 연결되는 타이, 루프 지점을 이용하여 수행되는 개폐기 조작으로 분기교환이 빈번하게 발생하여 계통상태의 변화가 심하므로 기존의 수치 해석적인 알고리즘으로 다루기에는 비효율적이다.

계통 재구성에 관한 초기 연구는 Merlyn 등이 모든 개폐기를 닫은 상태의 망 배전계통으로 시작해서 연속적으로 개폐기를 열어가며 방사상 구성이 될 때까지 시스템의 손실을 계산하였다[7]. 그리고 1987년 Aoki 등이 각기 다른 변전소를 운용하는 선로의 구분개폐기의 조작을 통해서 배전계통의 전력손실을 최소화하는 기법을 제시하였으며[15], Baran 등은 개폐기 조작을 통한 분기교환 방식에 기초를 둔 손실경감과 부하균형을 위한 재구성기법을 제안하였다[1]. 그 후 Chizang 등이 조합적인 최적화 문제에 좋은 해를 제공해주는 시뮬레이티드 어닐링(Simulated Annealing) 알고리즘을 이용하여 배전계통 재구성 문제에 적용을 하였으며[9], Nara 등은 전역적인 최적화 기법인 유전 알고리즘

을 이용해 배전계통 재구성 문제를 다루었다[3].

그리고 전역적 탐색은 약하지만 지역 탐색(local search)이 좋은 Tabu search를 이용하여 배전계통을 재구성하는 연구도 진행이 되고 있다[10].

본 논문에서는 배전계통의 손실을 감소시키고 제약조건을 만족하는 구성을 찾기 위하여 전역적 최적화 기법인 유전 알고리즘과 방사상 구성을 찾기 위한 Kruskal 알고리즘을 혼합하여 적용하였다. 유전 알고리즘은 개체군의 크기가 적으면 적합도 계산에 필요한 시간을 절약할 수 있으나 개체간의 다양성이 적어 최적 해를 구하기 전에 수렴할 위험성을 갖는다. 반면에 개체군의 크기가 크면 최적해에 도달할 확률은 높으나 많은 기억 용량과 계산 시간을 필요로 한다. 이 둘의 성능 평가 항목을 모두 만족시켜 주는 최적의 개체군 크기를 정하는 방법은 문제의 성격과 다른 제어 파라메타들의 값에 따라 다르기 때문에 본 논문에서는 유전 알고리즘의 성능을 크게 좌우하는 교배율과 돌연변이율에 온-라인(적합도의 평균값) 및 오프-라인(최대 적합도) 성능이 우수한 Dejong의 값[6]을 사용하였다.

Kruskal 알고리즘은 최소 비용 신장 나무(Minimum Cost Spanning Tree)를 구하는데 우수한 성능을 보여 배전계통 재구성시 우선 순위 큐(Priority Queue)에서도 효율이 좋은 힙(Heap)을 이용함으로써 각 간선들을 모두 방문하는 경로 중에서 가장 비용이 적게 드는 경로를 찾아내어 루프를 이루지 않는 방사상 구조를 형성한다. 본 논문에서는 기존의 연구방법과 비교를 통하여 우수성을 입증하기 위해 참고문헌[1]의 32모선 예제 계통, 참고문헌[2]의 69모선 예제 계통 모델과 Data를 그대로 사용하였으며, 제안한 알고리즘을 예제 모델에 적용하여 좋은 결과를 보임으로써 실제 배전계통에 충분히 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

* 正 會 員 : 濟州大 工大 電氣工學科 碩士

** 正 會 員 : 濟州大 工大 電氣工學科 副教授 · 工博

接受日字 : 1999年 11月 6日

最終完了 : 2000年 2月 1日

2. 목적함수와 제약조건

2.1 목적함수

배전계통 재구성 문제는 방사상 구성, 변압기 용량, 라인 용량, 전압 강하 등의 여러 가지 제약조건들을 만족하면서 손실이 최소가 되고 부하가 균형을 이루도록 개폐기의 On/Off위치를 결정하는 것이다.

이때 목적함수는 다음과 같다.

$$J = \text{Min} [\alpha L_1 + \beta L_2] \quad (1)$$

$$\text{여기서, } L_1 = \sum_{i=1}^n r_i \frac{P_i^2 + Q_i^2}{|V_i|^2} \text{ [p.u.] ,}$$

$$L_2 = \sum_{i=1}^n \left| \frac{S_i}{S_i^{\max}} \right|^2 ,$$

$$S_i = P_i + jQ_i , \quad S_i^{\max} : \text{선로 } i \text{의 용량 [KVA],}$$

$$r_i : \text{선로 } i \text{의 저항, } \alpha \cdot \beta : \text{가중치}$$

목적 함수 식(1)의 첫째 항은 손실(Loss)항, 둘째 항은 부하 균형(Load balancing)을 고려하는 항이다.

2.2 제약조건

- 선로 용량 : $I_{ij} \leq I_{ij}^{\max}$
- 전압 강하 : $V_j^{\min} \leq V_j \leq V_j^{\max}$ (2)
- 방사상 구성

3. 재구성 알고리즘

3.1 유전 알고리즘(GA)

GA는 생물진화(선택도태나 돌연변이)의 원리로부터 착안된 알고리즘으로서, 확률적 탐색이나 학습 및 최적화를 위한 한가지 기법이라고 할 수 있으며, 전역적인 최적의 해를 발견할 높은 가능성을 가진다는 장점과 목적 함수값(objective function value)에 대한 수학적 제약이 거의 없기 때문에 여러 분야에 적용할 수 있다.

GA는 Generate-and-Test형의 알고리즘으로서, 일반적으로 세가지 종류의 유전자 조작(genetic operations)을 사용한다.

- 선택(selection)
- 교차(crossover)
- 돌연변이(mutation)

본 논문에서는 일반적인 GA와는 달리 초기 해 집단을 초기 구성에 대한 조류계산을 수행하여 각 모선마다의 손실과 부하 균형치의 합에 대하여 일정 구간으로 나누어 각

구간에 해당하는 가중치를 부여하여 32모선 예제 모델에서는 50세대(maxpop)로, 69모선 예제 모델에서는 80세대(maxpop)로 구성하였다. 이렇게 구성된 초기 해 집단 가중치들(10진수)에 대한 값을 이진 스트링 값으로 프로그램 상에서 변환하도록 구성하였으며, 모선연결 상태는 아스키 코드로 프로그램상에서 입력받도록 하였다. 그리고 적합도는 최소값을 구하는 문제이므로 역수의 형태를 취하여 낮은 목적함수 값을 갖는 문자열이 높은 적합도를 갖게 한 후, 적합도 평가함수에 적당한 적합도 조절 파라메타와 가중치 조절 파라메타를 적용하여 우수한 다음 세대가 될 수 있으면 많이 생성될 수 있도록 평가하였다.

적합도 평가함수는 다음과 같이 구성하였다.

$$F(X) = \frac{M}{1 + \delta J} \quad (3)$$

여기서, M : 적합도 조절 파라메타
 δ : 가중치 조절 파라메타

교배율과 돌연변이율은 온-라인(적합도의 평균값) 및 오프-라인(최대 적합도) 성능이 우수하다고 입증된 Dejong의 값[6]을 이용하였고, 지역적 국소해에 빠지는 것을 방지하고자 돌연변이시 변이를 일으키는 자리의 bit를 random하게 선택되게 하였으며, 목적함수 값이 바로 전 단계보다 적다고 해서 알고리즘 수행을 종료하는 것이 아니라, 모든 세대를 수행한 후 전 세대를 비교하여 가장 적은 목적함수 값을 갖는 세대를 모두 보여줄 수 있도록 하였다.

3.2 Kruskal 알고리즘

Kruskal 알고리즘은 최소 비용 신장 나무(Minimum Cost Spanning Tree)를 구하는데 우수한 성능을 보이는 알고리즘이다. 최소 비용 신장 나무란 어떤 그래프의 신장 나무들 중에서 간선들의 비용의 합이 가장 적은 신장 나무를 말한다. 즉 그래프의 모든 정점들을 방문하는 경로 중에서 가장 비용이 적게 드는 경로를 의미한다.

본 논문에서 Kruskal 알고리즘 수행은 루프를 이루지 않는 가장 적은 가중치의 모선들을 하나씩 찾아내는 과정의 연속이다. GA에서 돌연변이 과정까지 마친 후 생성된 다음 세대의 모선들 중에서 우선 가장 적은 가중치를 갖는 모선들을 찾아내어 선택을 하고, 그 다음으로 적은 가중치의 모선을 계속 선택하여 방사상 구성을 이루어 나가는데, 그 과정들 중에서 루프를 이루는 모선들에 대해서는 가중치가 한·두 단계가 높더라도 그 근방의 모선을 선택해 연결을 해 나간다. 이렇게 하여 최소 목적함수 값을 갖는 방사상 배전계통 구성이 이루어지게 된다.

Kruskal 알고리즘을 수행하기 위해 고려해야할 사항은 다음과 같다.

- ◎ 남아있는 모선 중 가장 가중치가 적은 모선을 찾아내는 방법이 있어야 한다.
- 가장 가중치가 적은 모선을 찾아내는 방법은 우선 순

위 큐 중에서도 효율이 좋은 힙을 사용하는 것으로서 모든 모선들의 가중치를 하나의 자료실에 입력을 시켜 두었다가 가중치가 적은 순서대로 하나씩 꺼내어 사용하게 된다.

- ◎ 선택된 모선이 루프를 이루는지 아닌지를 판별하는 방법이 있어야 한다.
 - 검색 함수와 결합 함수를 이용하여 해결한다. 선택된 간선들을 결합함수를 이용하여 연결해 나가면서 검색 함수로 루프를 이루는지 검색하여 루프를 이룰 때에는 가중치가 한·두 단계가 높더라도 그 근방의 간선을 선택해 연결을 해 나가게 된다.
- ◎ 방사상 구성의 만족 여부를 판별하는 방법이 있어야 한다.
 - 모선 정점의 개수가 V개라고 하면 방사상 구성의 모선은 정확히 V-1개가 되어야 하므로 찾은 모선의 수를 계속 유지하고 있다가 V-1개째의 모선을 찾으면 방사상 구성이 완전히 이루어졌음을 알 수가 있다.

3.3 알고리즘의 수행절차

본 논문에서는 각 모선마다의 초기 손실 값과 부하 균형치 값들의 합에 가중치를 부여하고 각 모선 가중치의 합이 최소가 되는 최적 방사상 구성을 GA와 Kruskal 알고리즘을 이용하여 찾았으며, 수행 절차는 그림 1과 같다.

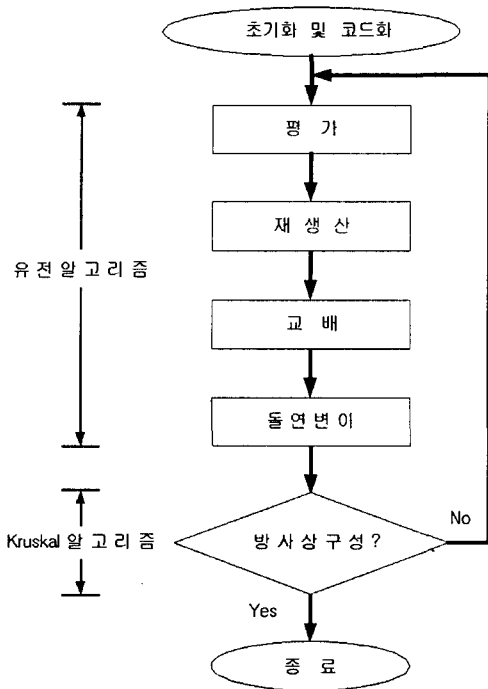


그림 1 알고리즘 수행절차도

Fig. 1 Flow chart of proposed algorithm

단계 1 - 부호화 및 초기화(Coding and initialization)

초기 구성에 대한 조류계산을 수행하여 각 모선마다의 손실에 대하여 가중치를 부여하고 유한길이의 이진 검색체로 부호화 한 후 초기 해 집단을 구성한다.

단계 2 - 평가(Evaluation)

각 문자열을 디코딩하여 목적함수에 대한 적합도를 계산한다. 적합도는 최소값을 구하는 문제이므로 식(3)과 같이 역수의 형태를 취하여 적당한 조절 파라메타 값을 이용해 낮은 가중치를 갖는 문자열이 높은 적합도를 갖게 하여 다음 세대에 되도록 많이 생성될 수 있도록 평가한다.

단계 3 - 재생산(Reproduction)

적자 생존의 원리를 이용하여 높은 적합도를 가진 문자열에 대하여 다음 세대로 복제될 확률을 높게 한다.

단계 4 - 교배(Crossover)

문자열을 쌍으로 구성하여 문자열 안에 있는 유전자 정보를 서로 교환한 후 새로운 정보를 갖는 문자열을 만든다.

단계 5 - 돌연변이(Mutation)

문자열 안에 있는 유전자를 돌연한 형태로 random하게 새로운 유전정보를 갖는 문자열을 만든다.

단계 6 - 방사상 구성(Radial Configuration)

Kruskal 알고리즘을 적용하여 형성된 자식세대에 대한 방사상 구성을 형성한다. 만일 하나의 목적함수 값 근방의 연결 모선들이 모두 가중치가 크면 방사상 구성에 실패하므로 그때는 다시 처음 평가 단계부터 시작하고 그렇지 않으면 단계 7로 간다.

단계 7 - 모든 세대를 수행한 후 가장 적은 가중치의 합을 갖는 세대를 찾는다.(지역 국소해에 빠지는 것을 방지하고자 충분한 세대[100,000세대]를 수행하였다.)

4. 사례 연구

제한한 알고리즘의 효용성을 입증하기 위하여 참고문헌 [1]의 32모선과 [2]의 69모선 예제 계통에 적용하였다. 제한한 알고리즘은 C++로 구현하였으며, 알고리즘 구성은 적용도 비례전략(롤렛 모델)과 one-point crossover방법을 사용하였고, 교배율과 돌연변이율은 각각 0.6, 0.0333을 사용하였다.

그리고 적합도 평가 함수상의 적합도 조절 파라메타와 가중치 조절 파라메타는 파라메타 값을 여러 가지로 다양하게 사용해 본 후 최적 해 세대가 조금 더 단축이 되는 값($M=5, \delta=0.01$)을 사용하였으며, 목적함수 상에서의 선로 손실과 부하 균형의 가중치는 각각 0.5로 주었다. 그리고 부하 균형 항 계산 값이 손실 항에 비하여 상대적으로 너무 적기 때문에 목적함수 값에 영향을 미치지 못하여 부하 균형 항 계산 시 프로그램 상에서는 상수 10을 곱하여 목적함수 값에 영향을 미칠 수 있도록 하였다.

그림 2에 보인 초기 32모선 예제 모델은 32개의 구분개폐기와 5개의 연계개폐기를 가지고 있으며, 전체 부하는 3715[kW], 2300[kVar]이고 기준전압은 12.66[kV]이다.

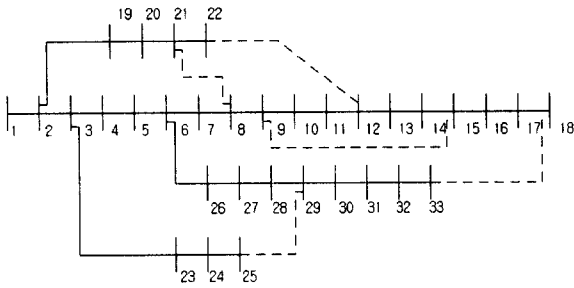


그림 2 32모선의 초기 구성

Fig. 2 Initial configuration of 32 bus

모선에 유입되는 유효 전력을 나타낸다. 초기구성의 손실

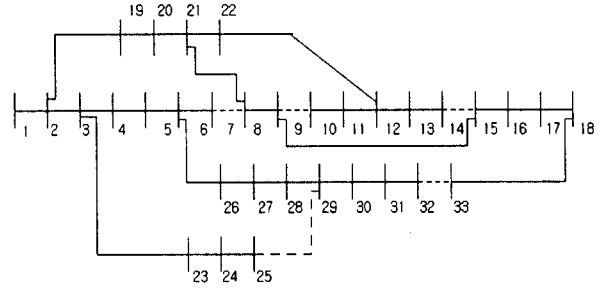


그림 3 32모선의 최적 구성

Fig. 3 Optimal configuration of 32 bus

표 1 초기 32모선의 조류계산 결과

Table 1 Load flow result of initial 32 bus

No	V	PL [p.u]	QL [p.u]	Real Power [p.u]
1	1.0000	0.1000	0.0600	3.5252
2	0.9974	0.0900	0.0400	3.4252
3	0.9861	0.1200	0.0800	3.3352
4	0.9795	0.0600	0.0300	3.2152
5	0.9727	0.0600	0.0200	3.1552
6	0.9560	0.2000	0.1000	3.0952
7	0.9532	0.2000	0.1000	2.8952
8	0.9495	0.0600	0.0200	2.8952
9	0.9438	0.0600	0.0200	2.6352
10	0.9386	0.0450	0.0300	2.5752
11	0.9378	0.0600	0.0350	2.5302
12	0.9365	0.0600	0.0350	2.4702
13	0.9313	0.1200	0.0800	2.4102
14	0.9299	0.0600	0.0100	2.2902
15	0.9288	0.0600	0.0200	2.2302
16	0.9278	0.0600	0.0200	2.1702
17	0.9266	0.0600	0.0000	2.1102
18	0.9260	0.0900	0.0400	2.1102
19	0.9065	0.0900	0.0400	3.3352
20	0.9894	0.0900	0.0400	3.2452
21	0.9877	0.0000	0.0000	3.1552
22	0.9735	0.4200	0.2000	3.1552
23	0.9843	0.4200	0.2000	2.9152
24	0.9838	0.0000	0.0000	2.4952
25	0.9834	0.0600	0.0250	2.4952
26	0.9543	0.0600	0.0200	3.0352
27	0.9520	0.1200	0.0700	2.9752
28	0.9427	0.2000	0.6000	2.8352
29	0.9394	0.1500	0.0700	2.6352
30	0.9383	0.2100	0.1000	2.5052
31	0.9376	0.0600	0.0400	2.2952
32	0.9376	0.0000	0.0000	2.2352
33	0.9376	0.0000	0.0000	2.2352

per unitbase : 10.00[MVA]
base Voltage : 12.66[kV]
Total Real Power Loss : 140.22[kW]

표 2 최적 32모선의 조류계산 결과

Table 2 Load flow result of optimal 32 bus

No	V	PL [p.u]	QL [p.u]	Real Power [p.u]
1	1.0000	0.1000	0.0600	3.4915
2	0.9974	0.0900	0.0400	3.3915
3	0.9889	0.1200	0.0800	3.3015
4	0.9844	0.0600	0.0300	3.1815
5	0.9799	0.0600	0.0200	3.1215
6	0.9684	0.2000	0.1000	3.0615
7	0.9678	0.2000	0.1000	2.8615
8	0.9682	0.0600	0.0200	2.9215
9	0.9659	0.0600	0.0200	3.0015
10	0.9375	0.0450	0.0300	3.0615
11	0.9376	0.0600	0.0350	3.0765
12	0.9379	0.0600	0.0350	3.0165
13	0.9335	0.1200	0.0800	2.6515
14	0.9332	0.0600	0.0100	2.5315
15	0.9621	0.0600	0.0200	2.4715
16	0.9612	0.0600	0.0200	3.3315
17	0.9600	0.0000	0.0000	3.2715
18	0.9594	0.0900	0.0400	3.2715
19	0.9954	0.0900	0.0400	3.1815
20	0.9786	0.0900	0.0400	2.4015
21	0.9740	0.0000	0.0000	2.3115
22	0.9451	0.4200	0.2000	2.3115
23	0.9871	0.4200	0.2000	2.6415
24	0.9867	0.0000	0.0000	2.2215
25	0.9862	0.0600	0.0250	2.2215
26	0.9667	0.0600	0.0200	2.1615
27	0.9645	0.1200	0.0700	2.1015
28	0.9553	0.2000	0.6000	1.9815
29	0.9521	0.1500	0.0700	1.7815
30	0.9510	0.2100	0.1000	3.1215
31	0.9503	0.0600	0.0400	2.7115
32	0.9503	0.0000	0.0000	3.1215
33	0.9594	0.0000	0.0000	2.4715

per unitbase : 10.00[MVA]
base Voltage : 12.66[kV]
Total Real Power Loss : 106.49[kW]

제안한 알고리즘으로 수행 후 얻은 최적구성을 그림 3에 보였다. 초기구성은 (8·21), (9·15), (12·22), (18·33), (25·29) 사이 개폐기를 열어 구성했는데, 알고리즘 수행 후 최적구성은 (7·8), (9·10), (14·15), (25·29), (32·33)사이 개폐기를 열어 구성했다.

표 1과 표 2는 초기구성과 최적구성의 조류계산 값을 보여주는 Data이다. 여기서, PL은 Test계통의 부하 유효전력을 나타내고, QL은 Test계통의 부하 무효전력을 나타내며, Real Power는 뉴턴 램슨법으로 조류계산을 수행한 후 각

합은 140.22[kW]이고 최적구성의 손실 합은 106.49[kW]로 알고리즘 수행 후 손실은 33.73[kW]가 줄어 약 24.1%의 손실감소 효과가 있었고, 부하균형 함은 초기구성 11.52에서 최적구성 8.55로 25.8%의 감소 효과가 있었으며, 전압측면에서는 초기구성 최저전압이 0.9260[p.u]이고 최적구성에서의 최저전압은 0.9352[p.u]로 알고리즘 수행 후 0.0092[p.u]의 전압상승이 있었다.

목적함수 상에서 손실과 부하균형의 가중치를 각각 다르게(0.7:0.3 또는 0.3:0.7) 주거나 선로 손실 항만을 목적함수

로 취할 때(1.0:0.0) 또는 부하 균형 항만을 목적함수로 취할 때(0.0:1.0)도 그림 3의 최적구성을 얻을 수 있었다. 따라서 선로 손실과 부하 균형은 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었으며, 부하가 균형을 이루면 손실이 적어지게 된다.

알고리즘의 효용성을 확인하기 위하여 참고문헌[1]의 예제모델 초기구성을 임의로 변경하여 제안한 알고리즘을 수행하였다. 하나는 (2·3), (8·9), (9·15), (28·29), (30·31)사이의 개폐기를 열어서 구성하였고, 다른 하나는 (5·6), (10·11), (13·14), (16·17), (26·27)사이의 개폐기를 열어서 구성하여도 알고리즘 수행 후 얻은 최적구성은 그림 3과 같았다.

위에서 보인 사례연구의 예제 모델에 대해 이미 발표된 연구 결과를 비교하여 표 3에 수록하였다.

표 3 이전 연구 결과와의 비교표

Table 3 Comparison table with previous study

수행 방법	최적 구성시 개방된 개폐기	손실[kW]
분기교환법[1]	(8·21)(9·14)(11·12) (27·28)(30·31)	146.82
Tabu 탐색법[10]	(8·9)(8·21)(13·14) (16·17)(23·24)	116.47
제안한 방법	(7·8)(9·10)(14·15) (25·29)(32·33)	106.49

다른 사례연구로서 그림 4의 69모선 예제 모델은 69개의 구분개폐기와 5개의 연계개폐기를 가지고 있으며, 전체 부하는 3802.19[kw], 2694.6[kvar]이고 기준전압은 12.66[kV]이다[2].

그림 4의 (12·44), (14·22), (16·47), (28·66), (51·60) 사이 개폐기를 열어서 구성한 초기구성에 대해 제안한 알고리즘 수행 후 최적구성은 (12·44), (14·22), (15·16), (59·60), (62·63) 사이 개폐기가 연계점이 된다.

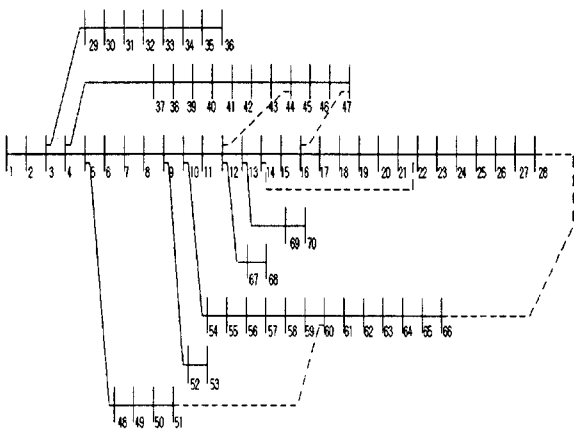


그림 4 69모선의 초기구성

Fig. 4 Initial configuration of 69 bus

초기 구성의 조류계산과 최적 구성의 조류 계산을 수행한 결과 초기구성의 손실 합은 203.68[kW]이고 최적구성의 손실 합은 71.76[kW]로 알고리즘 수행 후 손실은 131.98[kW]가 줄어 약 64.8%의 손실감소 효과가 있었고, 부하균형 함은 초기구성 82.562에서 최적구성 55.17로 33.2%의 감소 효과가 있었으며, 전압측면에서는 초기구성 최저전압이 0.9140[p.u]이고 최적구성에서의 최저전압은 0.9482[p.u]로 알고리즘 수행 후 0.0342[p.u]의 전압상승이 있었다.

초기구성을 변화하여 수행하여도 역시 같은 최적구성을 얻을 수 있었다.

참고문헌[1], [2]의 32, 69모선 예제 계통을 통한 사례 연구에서 배전계통의 손실을 감소시키고 제약조건을 만족하는 구성을 찾기 위하여 전역적 최적화 기법인 유전 알고리즘(Genetic Algorithm)과 방사상 구성을 찾기 위한 Kruskal 알고리즘을 혼합하여 적용함으로써 우수한 수렴성을 보였다.

5. 결 론

본 논문에서는 배전계통에서 여러 가지 제약조건을 만족하면서 손실이 최소가 되는 최적 재구성을 찾는 데 전역 최적해 탐색 및 여러 해의 동시 탐색이 가능하고 다중 해를 갖는 비선형성이 강한 시스템에도 적용이 가능하다는 이점을 가지고 있는 유전 알고리즘과 방사상 계통구성에 우수한 성능을 보이는 Kruskal 알고리즘을 이용함으로써 손실이나 부하균형 측면과 전압 측면에서 좋은 결과를 보였다.

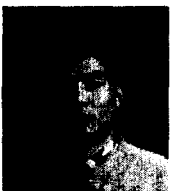
그리고 초기구성을 다른 형태들로 변경한 후 제안한 알고리즘으로 수행하여 손실·부하균형의 목적함수 값을 최소로 하는 최적구성이 동일함을 보였고, 기존 연구 결과와의 비교를 통하여 제안한 알고리즘의 우수성을 입증함으로써, 실제 배전계통에 충분히 적용할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] Mesut E. Baran, Felix F. Wu, " Network reconfiguration in distribution systems for loss reduction and load balancing," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 4, No. 2, pp. 1401 - 1407, April 1989.
- [2] M. E. Baran and F. F. Wu, " Optimal capacitor placement on radial distribution system," IEEE Trans. Power Delivery, Vol. 4, No. 1, January 1989.
- [3] K. Nara, et. al, "Implementation of Genetic Algorithm for Distribution System Loss Minimum Reconfiguration," IEEE Trans. Power System, Vol. 7, No. 3, August 1992.
- [4] M. Stanic & D. Avakumovic, "Genetic Algorithms in Optimization of Real Sized Distribution Networks," Proceedings of the Hydroinformatics, Vol. 2, 1996.
- [5] Ruey-Shun Chen, Chin Ching Chiu, Y. S. Yeh, "A Genetic Algorithm for the Reliability Optimization of a

- Distributed System," IEEE Computer Society, pp. 484-489, 1998.
- [6] 임영도, 이상부, "Fuzzy · Neural network · Genetic evolution," January 1998.
- [7] S. J. Lee, S. I. Lim, B. S. Ahn, "Service Restoration of Primary Distribution Systems Based on Fuzzy Evaluation of Multi-Criteria," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 13, No. 3, pp. 1156-1163, August 1988.
- [8] D. Shirmohammadi, H. Wayne Hong, "Reconfiguration of electric distribution networks for resistive losses reduction," IEEE Transactions on Power Delivery, pp. 1402-1498, April 1989.
- [9] H. D. Chiang and R. M. Jean-Jumeau, "Optimal Network Reconfigurations in Distribution System: Part 2: A Solution Algorithm and Numerical Results," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol 5. No. 3, July 1990.
- [10] 장경일, 최상열, 신명철, 남기영, 박남옥, "손실 최소화를 위한 배전계통 재구성의 Tabu Search 기법 적용," 대한전기학회 하계학술대회, pp. 1459-1461, July 1999.
- [11] Kwang. Y. Lee, Frank F. Yang, "Optimal Reactive Power Planning Using Evolutionary Algorithms: A Comparative Study for Evolutionary Programming, Evolutionary Strategy, Genetic Algorithm, and Linear Programming," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 13, No. 1, February 1998.
- [12] S. K. Goswami, S. K. Basu, "A New Algorithm for Reconfiguration of Distribution Feeders for Loss Minimization," IEEE Transaction on Power Delivery, Vol. 7, No. 3, pp. 1484-1490, July 1992.
- [13] Vladimiro Miranda, J. V. Ranito, L. M. Proença, "Genetic Algorithms in Optimal Multistage Distribution Network Planning," IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 9, No. 4, November 1994.
- [14] Debora A. Ajenblit, Roger L. Wainwright. "Applying Genetic Algorithms to the U-Shaped Assembly Line Balancing Problem," IEEE International Conference on Evolutionary Computation, pp. 96-101, 1998.
- [15] K. Aoki, H. Kuwabara, T. Satoh, M. Kanezashi, "Outage state optimal load allocation by automatic sectionalizing switches operation in distribution systems," IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. PWRD-2, No. 4, pp. 1177-1185, October 1987.
- [16] 이재규, "C로 배우는 알고리즘 1, 2," February 1996.

저 자 소 개



안진오 (安鎮梧)

1973년 2월 5일 생. 1998년 제주대 전기공학과 졸업. 2000년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 현재 (주)신홍 근무.

Tel : 016-692-7325

E-mail : jo_an@shinbiro.com



김세호 (金世鎬)

1961년 2월 18일 생. 1983년 연세대 전기공학과 졸업. 1985년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 현재 제주대 전기공학과 부교수.

Tel : 064-754-3670, Fax : 064-756-5281