2002년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 2002.7.10-12

배전손실 최소화문제에서 개체수명을 고려한 유전적 알고리즘의 적용

*최대섭 . *이명언 . **조택구 . 김중영 . 송민종 .
*서일대학, (주)두산건설, 광주보건대학

The application of a Genetic Algorithm with a Chromosome Limited Life for the Distribution System Loss Minimization Re-configuration Problem

*Dai-Seub Choi, *Myung-Un Lee, **Taek-koo Cho,Joong-yungKim,Min-jongSong
*Seoil College DEPT. OF ELECTRICAL ENGINEERING, **Seoil College DEPT. OF RECRATION, Doosan Construction & Engineering Co., Ltd, Kwangju Health College.

Distribution system loss minimization re-configuration is 0-1 planning problem, and the number of combinations requiring searches is extremely large when dealing with typical system scales. For this reason, the application of a genetic algorithm (GA) seems attactive to solve this problem. Although Genetic algorithms are a type of random number search method, they incorporate a multi-point search feature and are therefore superior to one-point search techniques. The efficiency of GAs for solving large combinational problem has received wide attention. Further, parallel searching can be performed and the optimal solution is more easily reached. In this paper, for improving GA convergence characteristics in the distribution system loss minimization re-configeration problem, a chromosome "Limited Life" concept is intro duced. Briefly, considering the population homogenization and genetic drift problems, natural selection is achieved by providing this new concept, in addition to natural selection by fitness. This is possible because individuals in a population have an age value.
Simulations were carried out using a model system to check this method's validity.

1. 서 론

방사상 배전 계통에 있어서 전원 용량 및 선로 용량 등의 제어 조건하에서 배전 손실을 최소로 한 것 같은 구간 개폐기의 구간개폐기의 개폐상태를 결정하는 문제는 조합최적화이고 계통규모에 의해서는 탐색을 필요로 하는 조합의 수가 팽태 해진다. 이 문제에 대해서 종래보다 유전적
알고리즘(Genetic Algorthm 이하 GA로 부른다)을 이용한 수법[1]이 제안되고 있다. GA라는 것은 생물의 진화과정을 모의하는 것이기 때문에 그것을 유지하고 있는 것으로 되는 유전적 메카니즘을 응용한 탐색수법[2]이고 평가 관수의 고배를 이용할 필요가 없고 또 복수의 탐색점을 병렬적, 확률적으로 살펴본 것에 의해서 최적해를 구조하는 것이 가능하다는 등의 특징을 갖고 있다.이 때문에 대규모의 조합 최적화문제의 해법으로서 유리한 수법이라고 생각되어지지만 임의파라메타인 교차율이나 돌연변이율을 어떻게 정할까가 문제이고 그 대책으로서 저자들은 교차율과 돌연변이율을 동적으로 변경하는 새로운 수법 (Dynamic Parameter Modification:이하 DPM으로부른다)을 이미 모색하고있다.[3],[4] 그런데 초기세대의 생성에 관해서 개체군내에 균질한 유전적 조성이 많은 경우에는 차세대를 생성하기 위해서 교차를 일으켜도 새로운 개체가 태어나기 어렵고 어떤 국소해에 드랩되고 만다고하는 위험성이 있다. 또 몇 가지의 종류의 개체 안으로부터 차세대에 생존하는 개체의 적응도를 근본으로해서 「선택」하는 경우, 개체간의 적응도의 차가 적은 경우에는 도태되기 어렵고 각 세대에 같은 적응도를 가진 개체군이 발생한다. 이와 같은 변동을 유전적 浮動(Genetic Drift)라고 부르고 그 발생에 의해서 진화속도 즉, 수속속도가 늦어지는 것이 지적되고 있다.[5]

본 논문에서는 우선 배전 손실 최소화 문제에 있어서 GA의 수속특성을 개선하기 위해서는 새로운 수명의 개념[6],[7]을 도입한다. 즉, 개체군의 균질화와 유전적 부동의 문제에 대해서 연령을 가진 집단에 유한의 수명을 부여하여 적응도에 의한 도태외에 어느 수명에 도달한 경우에도 도태시키려는 수법이다.

이 수법으로는 적응도도 가장높은 개체는 개체수의 양, 엘리트 본존전략의 영향에 의해 자손을 남기는 확률이 높은것인데 비해 적응도의 낮은 개체는 수명에 의해 여기까지 보다 빨리 도태되는 것으로 되고 수속성의 향상을 기대할 수 있다. 게다가 수명을 고려한 볼수법과 이미 제안되어 있는 DPM을 조합하여 이하와 같은 特長을 가진 GA의 탐색알고리즘을 개발한다.

(1)수명에 따라서 해의 후보의 개선이 효율적으로 이루어진다.

(2)DPM법에 의해 초기상태로의 대역적(大域的)인 탐색으로부터 차제에 탐색범위를 좁혀넣기 때문에 탐색효율이 좋다.

본 제안법을 멧슈구조를 있는 모델계통에 적용해서 그 유효성을 밝힘과 동시에 그 특성에 대해서 검토한다.

2. 본 론

2.. 배전 손실 최소화문제와 유전적 알고리즘의 개요

<2-1> 배전 손실 최소화 문제[1]

배전 손실 최소화문제는 선로전류 및 전압 강하 등을 허용범위 내에 받는 것이라고 하는 제약조건아래서 배전

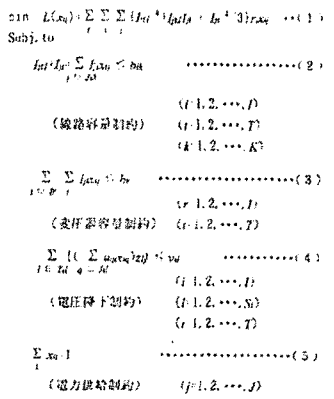
계통에 있어서 배전 손실이 최소로 되는 것과 같은 방사상 계통을 구성하는 구간개폐기의 방사위치를 결정하는 문제이다. 이 문제는

(1)각 구간에 의한 부하는 既知(기지: 이미알다)로서 定전류 및 평등분포이다.

(2)부하의 전류는 동위상이다.

(3)封地 정전용량은 무시 할 수 있다고 하는 가정 아래 다음과 같이 정식화시킨다.

각 변수의 의미는 부록 1 에 나타낸다.



그리고 선로 전류용량에 관해서는 feeder i에 속하는 모든 구간에 흐르는 전류를 차단기로 감시한다. 또 전압강하제약에 대해서는 feeder i에 속하는 開상태의 구분개폐기에 따라서 감시한다. 定式화의 상세에 대해서는 문헌(8),(9)를 참조하고자 한다.

<2-2> GA의 개요와 기본적인 문제점

본 논문에서는 상기의 문제에 대해서 GA를 적용하는 것을 생각할 수 있다. GA는 자연계에 있어서 생물의 진화 (집단유전)모델, 즉 세대를 형성하고 있는 개체의 집합(개체군)중에서 환경의 적응도가 높은 개체가 차세대에 더욱 많이 살아남는다. 또 고차 및 돌연변이를 일으켜 가면서 차세대를 형성하고있는 과정을 모의한 최적화 수법이다.[2),(10),(11)]

구체적으로는 최적화 문제의 목적관수를 적응도에 해의 후보를 단체에 각각 대응시켜 각세대에 있어서 적당한 비율로 고차 돌연변이로 된 유전적 조작을 일으킨다.

이 때, 차세대에 생긴 새로운 개체군에 대해서 적응도를 근본으로 해서 증식 및 도태를 일으키고 살아남은 개체에 대해서 같은 모양(同様)의 조작을 반복한다. GA는 기본적으로 적응도의 가장 높은 개체가 보다 많은 자손을 남기는 기구이기 때문에 수속조건에서는 개체집단 중에서 적응도가 가장 높은 동일 개체가 전체중에서 비율이 가장 높은 것을 선택하는 것이 타당할 것이다. 본 논문에서는 이 입장을 채택해서 수속시에 가장 개체수가 많은 것을 해로한다. 그리고 세대교체의 회수를 예정된 회수에 도달했을 때에 GA를 종료시켜서 그 시점에서 가장 적응도 높은 개체를(예를 들어 그 개체수가 적더라도) 최적해로 해서 선택하는 방법을 채용하는 예도 있다. 그러나 이 방법은 GA의 기본적 기구를 충분히 활용 한 것과는 반드시 라고는 말할
수 없고 또 국소해의 수속을 피하기 위해서는 중단 회수를 항상 큰 값에 설정해 둘 필요가 있다.

그런데 표 1.은 상중에 설명할 모델계통에 대해서 上記의 GA(교차율 0.4, 돌연변이율 0.06)을 적용해서 1000세대를 넘기위한 시점(1008세대)에서의 각 개체의 비율을 나타낸 것이기 때문이다.

이 표로부터 꽤 진화정도를 반복해서도 전과 다름없이 개체수를 어느 비율로 편성해두고 수속성이 그리 좋지 않다는 것을 알 수 있다.

이 예의 경우에는 실제 동일개체가 90%를 넘기 위해서는 2342세대까지 진화를 필요로한다.

이것은 각 개체의 적응도의 차가 적기 위해서 각 개체를 증식 및 도태시키기 어렵게 되고 각 세대에 같은 적응도를 있는 개체군을 발생하는 것에 의한 것이다.

일반적으로 이 현상은 유전적 부동이라고 불리워지고 있다. 또 초기세대를 생성하는 경우에 개체군내에 균질한 유전적 組成이 많은 경우에는 차세대를 생성하기위해서 교차를 일으켜도 초기개체와는 다른 새로운 개체가 생기기 어렵게 된다. 이 경우 항상 유사한 개체를 나타내기 위해서 글로벌한 탐색을 일으키지 않고 국소해에 드랩시킬 가능성이 크게 된다. 이러한 문제는 돌연변이율을 적정한 값에 설정한다면 어느정도 해결 되는 것으로 생각할 수 있지만 그 결정방식이 명확한 기준이없다.

일반적으로 시행착오에 의하지 않은 것으로 얻으면 생각할 수 있다.

個體	適應度	個體數의比率(%)
N1	4.6765	56
N2	4.5571	21
N3	4.5738	8
N4	4.5991	2
N5	4.5665	2
.	.	.
.	.	.
.	.	.

표 1.개체수의 분포

Table 1. distribution of population size.

3. 개체의 수명을 고려한 유전적 알고리즘

여기에서는 전장에서 지적한 문제점을 해결하고 수속특성을 향상시키기 위해서 검토한다.

<3.1> 有限수명에 의한 도태

적응도 낮은 국소해에 드랩시키기도 하고 집단내에서 개체간의 적응도 차를 적게한 경우, 고차율이나 돌연변이율을 고정해 놓은 종래법에서는 이들 파라메타를 적절히 설정하지 않으면 수속성이 나쁘고 또 적절한 해에 도달하지 않을 가능성이 있다. 이미 저자들은 파라메타 결정의 경우 번잡한 정도를 피하기 위해서는 진화의 과

정에서 파라메타의 값을 동적(動的)으로 수정해 나가는 수법을 제안하고 있다. 이 수법은 적응도의 평균값이 적은 경우는 파라메타를 크게 하고, 반대로 평균값이 크고 우수한 개체가 많아진 경우에는 파라메타를 적게 하는 것이고, 분명히 上記의 문제점을 해결하는 하나의 유효한 수단이 되어 얻는 것으로 생각할 수 있다.

본 논문에서는 거듭 각 개체에 의한 연령의 개념을 도입해서, 어느 연령에 도달한 시점에서 자연 도태를 일으키는 메카니즘을 도입한다. 즉, 초기상태 및 유전조작(교차, 돌연변이, 번역)의 결과 발생한 개체(子)의 연령을 0세로해서, 그 경우에 부모로 된 개체에 대해서는 연령을 1살 증가해간다.

그리고 그림 1.에 나타내는 것과 같이 개체가 어떤 정해진 연령에 달했을 시점에서 그 개체는 도태시킨 것으로 한다. 그 조작을 반복해 가는것으로서 본래 도태시켜야 하는 개체가 오랫동안 생존할 수 없게 되고, 빠른 시점에서 국소해로부터 빠져 나가는 것으로 되고 진화 속도를 향상시키는 것이라고 생각할 수 있다.

<3.2> 엘리트 보존에 대한 연령을 생각하는 방식

엘리트 보존전략[12]는 개체군 중에서 가장 적응도가 높은 개체를 그대로 차세대에 남기는 방식이다. 이 방법을 채용하면, 그 시점에서 가장 많은 해가 교차 및 돌연변이로 파괴되지 않는 이점(利點)이 있다. 단, 문제에 따라서는 적응도가 최대로 되는 경우를 모두 보존하면 그 개체의 우전자가 개체군중에 급속히 넓혀지고 국소해에 떨어질 위험성이 있다.

이 때문에 저자들은, 엘리트한 개체를 어떤 적당한 배율로 보존하는 것으로 하고 있다.[4] 이러한 생각을 답습하면

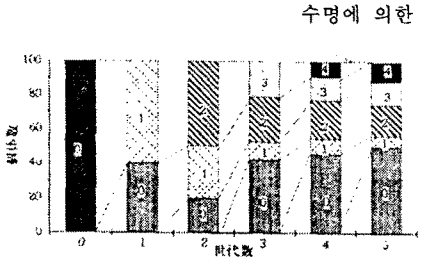


그림 1. 개체군의 연령층별의 변화
(수명이 4세이상)

Fig 1. Variation in aging layer of a population
(case for Limited Life of 4 years).

엘리트로 보존시킨 개체에 대해서는 수명에 따라서 도태시키지 않는 것으로 할 필요가 있다. 구체적으로는 다음절에서 설명하는 것과 같이 연령을 항상 0세로 하는 것으로 대처하고 있다.

<3.3> 구체적인 계산 알고리즘

전장에서 정식화시킨 배전손실 최소화 문제에 있어서 개상태의 구간 개폐기의 번호를 유전자로 하고, 최적화 문제의 해후보를 유전자의 1차원 배열(스트링)로 구성시킨 염색체에 의해서 나타낸다. 수명을 고려해서 DPM을 베이스로 한 GA에 의한 해법수순을 다음에 설명한다.

Step1. 초기집단의 생성: Warshall그래프법[13]을 이용해서 계통중에 폐회로 및 정전이 생기지 않고랜덤한유전자 정보를 가진 개체를 N개 생성해서 초기 잠정해로 한다. 각 개체의 연령을 0세로하고 세대i=0으로 한다.

Step2. 파스의 탐색: 제약조건의 체크를 효율좋게 일으키기 위해서 파스의 탐색을일으켜필요한 정보를 기억해 놓는다. 폐회로 및 정전회로를 포함한 개체의 적응도는 0으로 한다.

Step3. 적응도의 평가: 폐루프의 없는 개체i의 적응도 F1은 배전손실제약(2)~(4)에 대한 위반량 gIi~$g3i$, 거듭되는 계수 α,β 에 의한 다음식으로 계산한다.

$$fi=1/(\ L_i - L_B + \alpha\ (g1i + g2i\ ) + \beta \cdot g3i\ )\ \cdot\ \cdot \quad (6)$$

L_B : 적응도를 적당한 값으로 하는 손실 베이스 값

Gi_1 : 선로용량제약이탈에대한페널티항

Gi_2 : 변압기용량제약이탈에대한페널티

Gi_3 : 전압강하제약이탈에대한페널티

그리고 각항의 구체적인 정의식은 부록 Z에 나타낸다.

Step4. 수명에 의한 도태: 개체의 연령이 어느 수명에 도달했을 때 도태한다.

Step5. 선택: 각 개체의 적응도 fi에 의존한 규칙(4)에 따라서 개체의 증식과 도태를 일으킨다. (6)식에 의해서 얻어진 적응도 fi을 이용해서 각 세대에 의한 개체 I가 선택된 배율 Ei는 다음식과 같이 나타낸다

$$Ei=N*(fi/\sum_{j=1}^{N} fj)\ ,\quad i=1,2,\ldots,N \quad \cdots\cdots\cdots(7)$$

여기에서 N은 개체수이다.

(7)식에서 얻어진 Ei의 정수부분 bi로부터 각개체의 개수를 우선 결정한다. bi의 합계는 일단 개체수 N보다 적기 때문에 Ei의 소수부분을 글순서로 늘어 놓고, N으로부터 bi의 합계를 뺀 수 c자리 위로부터 순서대로 끊어 올려 1로 한다.

즉, 다음식이 성립하고 개체수는 일정하게 보존된다.

$$N=\sum_{i=1}^{N} bi+c \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(8)$$

Step6. 종료조건이 만족되었다면 종료, 그렇지 않으면 Step.7로 진행한다.

Step7. 엘리트 보존: 집단속에서 적응도가 가장 높은 개체의 경우 일정 배율에 대해서는 유전적 조작을 하지 않는 것으로 다음세대에 남긴다. 이때 연령을 0세로 남긴다.

Step8. DPM법에 의한 교차율, 돌연변이율을 계산한다.

Step9. 교차: 교차율 Pc에 따라서 N개의 개체중의 2개체에 대해서 유전자의 교환을 일으키는 조작이다. 우선 개체군의 안으로부터 랜덤에 2개체씩 뽑아내서 그 두 개체간에서 스트링의 부분열을 교환한다. 생성된 새로운 개체(f)를 그 생성에 관여한 오래 된 개체(親:부모)로 하여 바꾼다. 연령을 0 세로 한다.

Step10. 돌연변이: 어떤 확률 Pm에서 N개의 개체 속에서부터 1개를 선택해내서 2개체의 스트링 속의 임의의 부위를 다른 유전자로 바꾸어 둔다. 개체 및 유전자의 선택 방법, 유전자의 교환위치는 랜덤으로 결정한다. 얻어진 f를 親과 바꾸어 놓는다.
연령을 0으로 한다.

Step11. 세대 t를 하나 권하고, Step2로 남긴다. 이 알고리즘은 적응도 가장 높은 개체가 다수를 차지하지만 미리 설명한 세대에 도달한 경우에 종료한다. 최종상태에 있어서 집단속에서 가장 많은 개체의 스트링을 해로 한다. 그림 2.에 제안 수법 전체의 프로차트를 나타낸다.

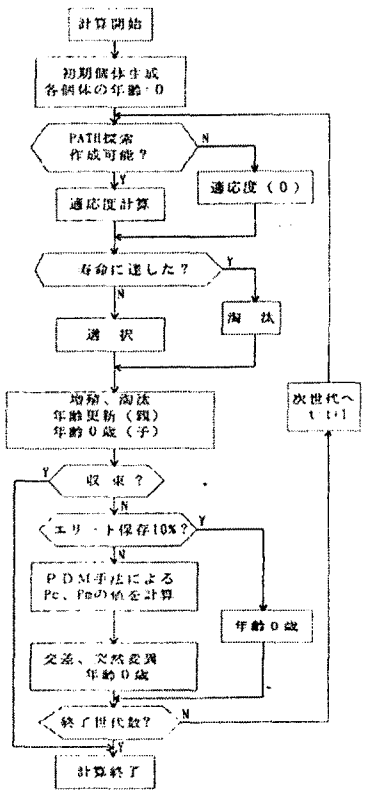


그림 2. 제안수법의 프로차트

Fig 2. Flow chart of the proposed method.

4. 제안수법의 적용 예

<4.1>시뮬레이션 조건

모델 계통으로서 변전소수4, 쁘렌치수 12, 구분개폐기수 37, 구간수 49로 멧슈 계통을 구성하는 그림3의 배전 계통을 상정하고, 제안수법을 적용한다. 모델의 諸元을 표 2.에 나타낸다.

그리고 선로용량제약에 대해서는 각 feeder상의 차단기로 감시한다(k=1). 또는 전압강하 제약에 대해서는 실제로는 적당한 개소에 감시점을 세울 필요가 있지만, 시뮬레이션으로서는 빠스의 말단에 해당하는 개상태의 구분개폐기로 감시한다.

그림 3.의 모델계통에 있어서 어-스도 하나의 분기점으로 간주하면 분기점수 a=7, 프라인치수 b=12로 되기 때문에 방사상계통을 구성하는 것인데, 필요한 개방 구분개폐기수는 6(a=b-a+1)로 되고 이 때, 빠스의 수 2 μ=12이다.

GA에 있어서 스트링의 각 요소(유전자)는 모두 개방상태의 구분 개폐기 번호이고 고-딩은 10진수로 행하기 때문에 스트링장은 6이다. 또 GA에 있어서 파라메타는 다음대로이다.

세대개체수	100
교차율	0.1~0.6
돌연변이율	0.02~0.06
엘리트 보존의배율	10%
수명 연령	5세~9세
La(손실베이스)	0.0

수속조건으로서는 어떤 세대에 있어서는 적응도가 가장 높은 동일 개체가 전체의 90%가 넘는 경우로 했다. 그것은 다음과 같은 이유에 의한다.
즉, 엘리트 보존전략의 채용에 의해서

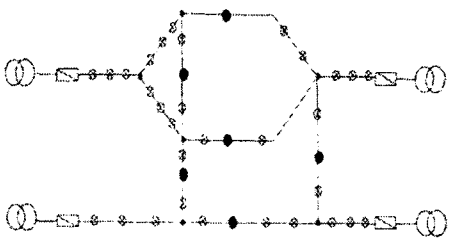


그림3. 모델계통

Fig 3. Model system

표2. 모델계통의 제원

Table 2. Model system specification

제원명	수치(Pa)
변압기의 용량	1.5
구간 부하	0.1
feeder상의 전압강하 제약	0.1
feeder상의 선로 용량	1.5
구간의 저항	0.01

수속속도는 더해지지만, 수속조건에 따라서 국소해에 수속하는 위험성이 있다. 모델 계통에 있어서 수속조건으로서 동일 개체의 배율이 전체의 70%가 되는 것 같이 설정하면 오수속은 볼 수 없게 되지만 70%로 하는 배율과 90%로 하는 경우로서는 수속 세대수의 차이가

10%미만이기 때문에 안전측을 보아서 90%를 채용했다. 수속하지 않는 경우의 잘라 버린 세대수로서는 5000을 채용하고 있다. 시뮬레이션으로서는 1시간대의 값을 계산해 두고 부하는 일정하게 한다. 중복되는 계수는 α =100, β=200으로 한다. 시뮬레이션은 랜덤에 작성한 10정도의 초기상태에 대해서 실행했다.

<4.2>수속특성에 관한 검토

(1)수명연령에 대해서 수명연령 5세~9세에 대해서 10정도의 초기 상태로부터 교차율, 돌연변이율을 DPM법에 의해 동적으로 변경시킨 경우의 동일개체가 90%을 넘기까지 요구한 세대수의 평균값을 비교하면 그림 4.와 같이 된다. 이 결과에 의해 7세의 경우에 가장 좋은 수속특성을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있기 때문에 이후의 검토는 7세를 이용한다.

(2)파라메타 고정의 경우에 있어서의 비교

표 3.은 수명을 고려하지 않은 경우의 결과이고 Pc와 Pm의 각 조합에 있어서 초기상태가 다른 10케이스에 대해서의 평균수속세대수를 나타낸 것이다. 모든 조합에 있어서 동일해에 수속하는 것을 확인시키고 있다.

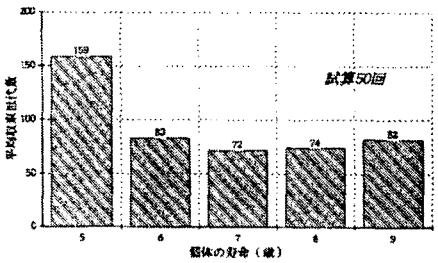


그림4. 개체의 수명에 의한 평균수속 세대 수

Fig 4. Average convergence generation number by chromosome limited life.

표3. 동일 개체가 90%를 넘었을때의 평균 세대수

(수명을 고려하지 않은 경우)

Table 3. Average generation number when identical string 90%(case withoutconsidering Limited Life).

pc \ pm	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
0.1	84	74	90	76	97
0.2	79	85	90	82	90
0.3	76	77	92	96	247
0.4	78	95	110	111	283
0.5	72	74	93	134	446
0.6	68	76	99	101	597

표4. 동일개체가90%를 넘었을 때의 평균세대수

(수명(7세)을 고려한 경우)

Table 4. Average generation number when identical string 90% (case for Limited Life of 7 years).

pc \ pm	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06
0.1	103	98	80	110	107
0.2	52	88	66	73	104
0.3	58	76	59	85	89
0.4	60	62	68	81	90
0.5	69	71	82	83	99
0.6	69	74	88	85	95

전시산수는 300회(Pc(6)× Pm(5)× 초기상태(10))이다.

수속이 가장 빠른 조합(Pc=0.6, Pm=0.02)의 68세대와 가장 느린 조합(Pc=0.6. Pm =0.06)의 597세대로는 8배 이상의 차가 생긴다. 전체의 평균수속 세대수는 129세대로 되어 있다. 한편, 표 4.는 수명(7세)을 고려한 경우의 결과를 표 3.과 같은 형식으로 나타낸 것이고, 이 경우에도 모든 조합으로 동일해를 얻을 수 있다.

제안 수법으로 가장 수속이 빠른 조합은 Pc=0.3, Pm=0.02로 평균 58세대로 수속해 두고 수명을 고려하지 않는 것과 비교해서 약15%정도 빨라지고 있다. 또 가장 느린 조합은 Pc=0.1, Pm=0.05의 110세대로 가장 빠른 조합의 2배 이내에 들어가고 초기상태 및 유전 파라메타의 영향이 경감되고 있는 것을 알 수 있다. 또 평균으로는 81세대로 되어있고, 수명을 고려하지 않는 경우와 비교해서 약 37% 빠르게 수속하는 것이 확인되었다.

(3) 유전적 부동에 대한 수명을 고려한 효과

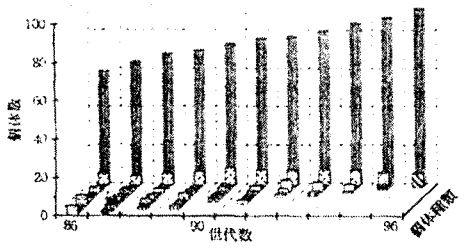
다음에 Pc=0.4, Pm=0.06의 조합으로 같은 초기상태로부터 스타트 시켜서 수명을 고려하지 않는 경우(a)와 고려한 경우(b)에 있어서 개체 종류별의 개체수의 변화양자를 그림 5.에 나타낸다. 이 그림에 있어서 개체수의 가장 많은 개체는 적응도가 가장 높고 최종적으로 최적해로 되는 개체이다.

수명을 고려하지 않는 경우는 유전적 부동에 의한 적응도를 가장 높은 개체의 증식이 억제되고 있다는 것을 알 수 있다. 그러기 위해서는 수속이 느리게 되고 2342세대를 요구했다. 거기에 대해서 각 개체에 있어서 수명 연령에 의한 도태를 고려한 경우에는 균질화 및 유전적 부동이 보이지 않게 되고 96세대로 수속하고 있다. 양자(兩者)의 비교로부터 밝힌것과 같이 대폭적인 개선 효과를 확인할 수 있다.

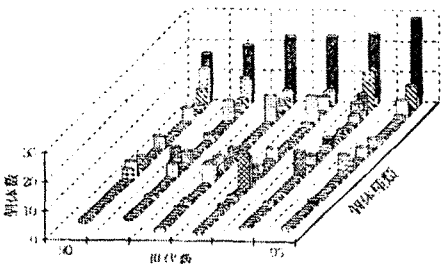
단, 최종해가 최초에 출현하는 세대에 관해서는 수명의 유료에 관계하지 않고 같은 결과로 되어 있다.

(4) 파라메타 가변(DPM)의 경우에 있어서 비교

그림 6.(a)는 DPM에 있어서 수명을 고려하지 않는 경우의 결과로 종축은 수속세대수 횡축은 초기 상태가 다른 10케이스에 대해서 수속 세대수의 작은 케으로로부터 순서대로 늘어놓은 것이다. 그림 6.(b)는 수명을 고려한 경우의 결과로 수명을고려하지 않는 경우와 비교해서 전체 평균으로는 약 24% 빨리 수속하는 것이 확인되었다. 수명을 생각하지 않는 경우에는 초기상태 에 의해서 수속세대수가 59세대~177세대로 되어 있지만, 이것은 파



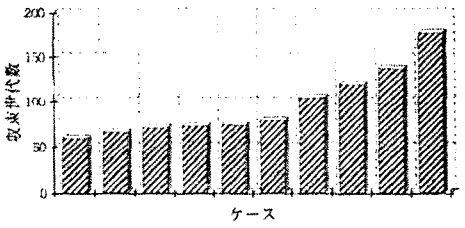
(a)수명을 고려하지 않는 경우



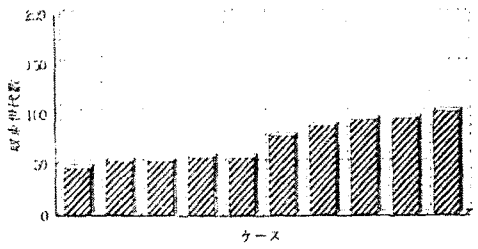
(b) 수명을 고려한 경우

그림 5. 수속(收束)특성

Fig 5. Convergent characteristics.



(a)수명을 고려하지 않는 경우

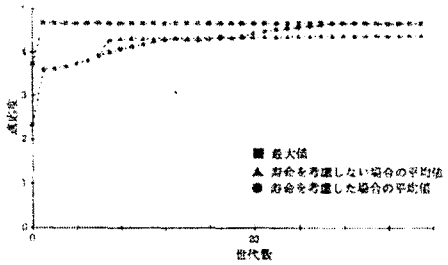


(b)수명을고려한 경우

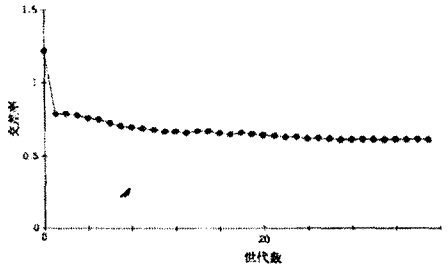
그림 6. DPM에 의한 특성

Fig 6. DPM dependent charateristics.

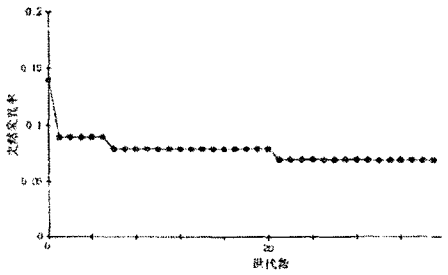
라메타 고정의 경우(표 3.)와 비교하면 대폭적으로 개선된 결과로 되어있다. 수명을 고려한 제안법으로는 46세대~102세대와 더욱 흩어져 억제되지 않는 초기 상태에 그다지 의존하지 않고 안정된 수속 특성을 얻을 수 있다. 그림 7.(a)에 적응도의 변화, (b)에 교차율의 변화, (c)에 돌연변이율의 변화의 모습을 나타내지만 교차율, 돌연변이율과도 세대가 세대가 진행되는것에 따라서 차세는 감소해 있고 수속특성의 개선에 기여하고 있다는 것을 알 수 있다. 즉, 제안수법과 DPM과의 조합에 의해 구하여진 최적해를 그림 8.에 그 때의 계통상태를 표 5.에 나타낸다.



(a)적응도



(b)교차율



(c)돌연변이율

그림 7. 적응도, 교차율 및 돌연변이율의 추이

Fig 7. Changes of fitness, crossover rate and mutation rate.

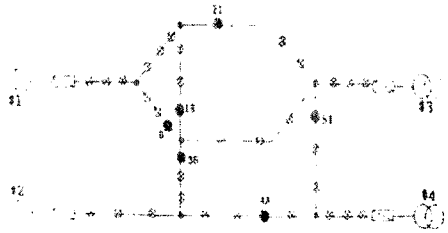


그림 8. 최적해

Fig 8. Optimal solution.

표 5. 최적해에 있어서 계통상태

Table 5. System state for optimal solution

제원명	계산치	제약이탈수
변압기용량#1	1.4	0
#2	0.9	0
#3	1.4	0
#4	0.8	0
선로용량#1	1.4	0
#2	0.9	0
#3	1.4	0
#4	0.8	0
전압강하#1-21	0.0765	0
#1-8	0.0565	0
#1-18	0.0805	0
#2-36	0.0365	0
#2-48	0.0365	0
#3-21	0.0565	0
#3-18	0.0725	0
#3-51	0.0525	0
#3-36	0.0725	0
#3-8	0.0725	0
#4-51	0.0325	0
#4-48	0.03	0
총선로손실(구간1~49)		0.2138
적응도		4.677

3. 결 론

본 논문에서는 배전손실을 최소화로 하는 것과 같은 구분개폐기의 개방위치결정문제에 대해서 GA를 적용하는 것에 대해서 개체의 수명을 도입하는 새로운 수법을 모색하는것과 함께 시뮬레이션에 의해 그 유효성에 대 해서 검토한 결과를 설명하였다. 밝힌 바와 같은 점은 다음과 같다.

(1)제안 수법은 초기상태에 의한 개체군의 균질화 및 유전적 부동의 문제점을 해결하기 위해 유효한 수단으로 생각할 수 있다. 종래의 파라메타 고정으로 수명을 고려하지 않은 수법으로서는 초기상태에 의해서는 계산 시간이 길어져서 최후까지 수속조건이 만족되지 않는 경우도 있지만, 제안 수법으로는 해의 탐색을 효율적으로 일으키는 것이 가능하고 그 결과, 수속성이 향상하였다.

(2)수명을 고려한 DPM에 근거를 둔 GA로는 DPA의 값에 의한 GA와 비교해서 초기상태로의 의존성이 더욱 감소하고 보다 안정된 수속성을 얻을 수 있다.

[참 고 문 헌]

(1) K. Nara, et al.: "Implementation of Genetic Algorithm for Distribution Systems Loss Minimum Reconfiguration", *IEEE Trans. Power Systems*, PWRD-7, 3, 1044~1051(1992)

(2) J. H. Holland: Adaptation in Natural and Artificial Systems, The Univ. Michigan Press (1975)

(3) 崔、長谷川：「配電損失最小化問題への遺伝アルゴリズムの適用（その2）交差率・突然変異率の変更方法」平成6年電気学会全国大会, No.1397

(4) 崔、長谷川：「配電損失最小化問題における遺伝的アルゴリズムの収束特性の改善」平成6年電気学会電力・エネルギー部門大会（論文Ⅰ－J）, No.4

(5) 星野：「遺伝的アルゴリズムによる生物進化のシミュレーション」bit, 23, 8, p.1121 (1991)

(6) J.F.Crow（安田徳一訳）：基礎集団遺伝学、培風館 (1989)

(7) 久保田、伊藤：「年齢構造を持つ遺伝的アルゴリズム」平成5年電気関係学会北海道支部連合大会講演論文集、No.4

(8) 電気学会編：電気工学ハンドブック, p.1229 電気学会（昭63）

(9) 小池 東一郎：送配電工学, 477~483, 養賢堂（昭49）

(10) D. E. Goldberg: Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison Wesley (1989)

(11) L. Davis : Handbook of Genetic Algorithms, Van Nostrand Reinhold (1991)

(12) K. DeJong : "An analysis of the Behavior of a Class of Genetic Adaptive Systems", Ph.D. Thesis, University of Michigan (1975)

(13) M.N.S.Swamy & K.Thulasirmaman: Graphs, Networks, and Algorithms, John Wiley & Sons (1981)

(14) 崔、長谷川：「配電損失最小化問題における遺伝的アルゴリズムの収束特性の改善」電学論 B（平成7年3月号掲載予定）