

GA による配電系統構成最適化問題の解法

1 序論

発電所から送られてくる電力は、街中を蜘蛛の巣状に張り巡らされた電力系統を通して我々の元へ届けられる。その経路は各所に設置された膨大な数の開閉器を切り替えることによって決められるのだが、様々な制約を満たさなければならず、非常に複雑で多大な労力を要するものである [1]。

そこで本論文では、この配電系統計画業務を自動化するために配電系統構成最適化問題を定式化し、GA を用いた解法を提案する。

2 配電系統構成最適化問題

配電系統構成最適化問題とは、フィーダ（給電部）から電力を供給している状況で、種々の制約条件のもとで、各開閉器のオン・オフによってどのようなルートで各負荷に電力を供給するかを決定する問題である [2]。本論文では、配電系統を図 1 のようにフィーダと負荷、送電線を、それぞれ供給点、需要点、エッジとするグラフとしてモデル化する。

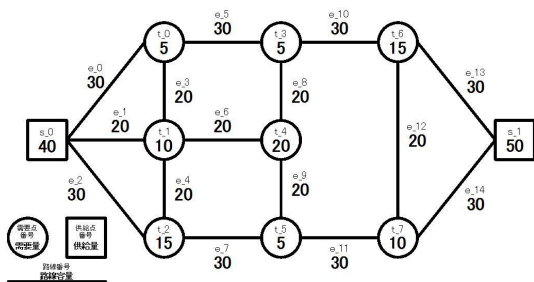


図 1: 配電系統モデル

配電系統構成最適化問題を、次に示す目的関数 f を最小化するような最適化問題として定式化する。

$$f = \sum_{i=0}^{N_s-1} \left| S_i - \sum_{j=0}^{N_t-1} T_{ij} \right| + P \rightarrow \min$$

ここで N_s, N_t をそれぞれ供給点の総数、需要点の総数とし、 s_i, t_j を供給点 ($0 \leq i < N_s$), 需要点 ($0 \leq j < N_t$) とする。さらに供給点 s_i の容量を S_i , (供給点 s_i より供給される) 需要点 t_j の容量を $T_{i,j}$, ペナルティを P と定める。

また、1) 放射状構成制約, 2) 過負荷制約, 3) 送電線容量制約, 4) 全点供給制約という 4 つの制約条件を設ける。

3 提案手法

全域木で与えられた配電系統の解候補を GA を用いて最適化する。

1. 最小全域木を構成するような初期個体を N 個生成する。
2. 以下の処理を指定世代数繰り返す。
 - 2.1 交叉率に従って交叉を行う。
 - 2.2 突然変異率に従って突然変異を行う。

2.3 各々の個体の適応度をそれぞれ求める。

2.4 適応度によって次世代に残す N 個の個体を選択する。

3. 最も適応度の高い個体を解として選択する。

4 検証実験

配電系統構成を最適化する既存の 4 手法と提案手法とを比較するため、これらを数種のモデルに適用した。それぞれの方式で最適解に収束するまでの世代数、および 20 回の検証で最適解を得られた回数を比較することで本提案手法の優位性を確認した。そこで得た結果が表 1, 収束までの過程を表したグラフが図 2 である。提案手法は既存手法よりも速く収束し、最適解導出回数も最多であることがわかる。

表 1: 実験結果

手法	既存 1	既存 2	既存 3	既存 4	提案
探索空間	3.3×10^4	5.2×10^4	1.7×10^8	1.7×10^4	6.4×10^3
収束世代数	680	397	1000	480	112
最適解導出回数	10	19	0	16	20

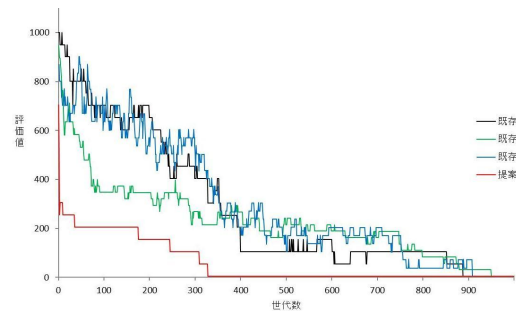


図 2: 収束過程

5 結論

制約条件を満たしていないなど、解としてふさわしくない遺伝子（致死遺伝子）が解候補に含まれていては効率的な探索は行えない。従って GA による最適化問題では、探索空間を小さくすると共にいかにして致死遺伝子を少なくするかということが収束速度の向上の鍵であるといえる。

提案手法では、系統が全域木となるような個体を生成し、交叉や突然変異後にも必ず全域木を構成するような処理を行うようにしているため、解候補は必ず放射状制約を満たしたものとなっている。このことが系統の探索において非常に有効であったことは、実験結果からも明らかである。

参考文献

- [1] 澤敏之, 高橋玲児: “配電系統計画支援システムへの遺伝的アルゴリズムの適用”, 人工知能学会誌 17 巻 4 号, 2002.
- [2] 北山匡史, 松本啓之亮: “遺伝的アルゴリズムによる配電系統構成最適化手法”, 電気学会論文誌 C, Vol.116, No.5, 1996.