放射状配電系統負荷バランス問題の新しい高速近似解法

学生員 南 基榮 (茨城大学) 正員 金 賢哲 (茨城大学)
正員 林 泰弘 (茨城大学) 正員 奈良 宏一 (茨城大学)

New Fast Approximate Solution Algorithm for Radial Load Balanced Distribution System

Keeyoung Nam, Student Member, Hyunchul Kim, Member,
Yasuhiro Hayashi, Member, Koichi Nara, Member(Ibaraki Univ.)

This paper proposes an algorithm to obtain an approximate optimal solution for the load balancing of large scale radial distribution system. Since the problem is formulated as a combinatorial optimization problem, it is difficult to solve a large-scale combinatorial optimization problem accurately within the reasonable computational time. Therefore, in order to find an approximate optimal solution quickly, the authors develop a solution method based on the network flow model. Firstly, the optimal load balance between feeders is found through the incremental algorithm with allowing the loop configuration. Secondly, the loop is eliminated through heuristic way to find the radial load balanced distribution system and finally, the branch exchange algorithm is used for finding the better-balanced radial status (approaching to the optimal solution) because the optimal load balance has been deteriorated when the loops are eliminated. Numerical calculations are carried out, and their results are compared with those calculated through branch and bound method and GA to demonstrate the validity of the proposed algorithm.

キーワード：配電系統，負荷バランス，資源配分問題，逐次増分法，組合せ最適化

1. まえがき

近年，事故時自動復旧操作等を実現するため遠方制御可能な区間開閉器が配電系統に多数導入されてきている。この区間開閉器操作によって，別の目的，たとえば配電系統の損失最小化や，フィード間の負荷バランスを行うことも可能である。配電系統でのフィード間の平常時の負荷バランスは事故時の負荷移行を容易にし，さらに，その負荷移行時にも負荷バランスをとるならば継続事故対策としても有効である。また，平常時の負荷バランスは損失最小化や，設備利用率の向上にも有効であるので放射状配電系統を構成するとき考慮しなければならない重要な問題となっている。

フィード間の負荷バランスや損失最小化を目的とした配電系統の再構成には，従来より，分枝限定法⁽¹⁾，ブランチ交換法^(1~4)，遺伝アルゴリズム⁽⁵⁾，線形計画法⁽⁶⁾など様々な手法が適用されてきている。配電系統再構成問題は全ての区間開閉器の開閉状態を変えることにより系統を再構成する組合せ最適化問題となるため，系統の規模が大きくなると実用的な時間内で解を得ることは容易ではない。

本論文では，フィード間の負荷バランスを求めるための系統再構成問題を高速で解く新しい近似解法を提案する。

提案する手法では，まず，配電系統をネットワークモデルとしてモデル化し，資源の平等配分問題に最適解を与える逐次増分法⁽⁷⁾を適用してフィード負荷の配分を行う。この

手法で得られる解は第 3 章に述べるように負荷バランス問題の最適解となっている。したがってもし，この時点で放射状構成を得られるならば，目的とする解が得られたことになり，最適解が得られる保障がない他の手法よりはこの点で有利である。しかし，逐次増分法による解は必ずしも放射状ネットワーク構成を与えるとは限らないため，ループが残る場合にはループを解消して放射状の配電系統を構成しなければならない。ループの解消にあたっては開放する開閉器の順序を考慮したループ解消基準⁽⁸⁾を設定し，その基準に従ってループを解消する方法をとる。このようにしてループを解消して求めた放射状配電系統では，せっかく逐次増分法で得られた最適解が崩されるため，さらにブランチ交換⁽⁹⁾を適用してフィード間の負荷バランスの微調整を行っている。

以下，第 2 章では負荷バランスを目的とした配電系統構成問題の定式化を行い，第 3 章では，ネットワーク流量のばらつき最小化問題の解法である逐次増分法について述べ，この手法と配電系統のネットワークモデルとの対応について説明する。第 4 章では本問題の全体解法について説明し，第 5 章ではモデル系統を用いて，本稿で提案した手法の妥当性を検証するため数値計算を行っている。

2. 問題の定式化

配電系統の負荷バランス問題は，配電線の電流容量などの制約の下で，開閉器の接続状態を変えて，フィード負荷

がバランスした放射状系統を構成する問題である。

区間負荷の大きさを既知とすると、この問題は以下のよう
に定式化される。ここで、目的関数は各フィーダが持つ
負荷電流の平均値からのばらつきを最小化するものであり、
制約条件は(Ⅰ)フィーダの電流容量制約、(Ⅱ)各負荷への
電力供給制約、(Ⅲ)放射状構成制約である。

[目的関数]

$$\text{最小化 } \sum_{i=1}^p (x_i - a)^2 \quad (\text{但し, } a = \sum_{i=1}^p \sum_{j \in J_i} z_{ij} / p) \quad \dots (1)$$

[制約条件]

・フィーダ電流容量制約

$$x_i \leq FC_i \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad \dots (2)$$

・電力供給制約(供給負荷量制約)

$$x_i = \sum_{j \in J_i} S_{ij} \cdot z_{ij} \quad (i = 1, 2, \dots, p) \quad (\text{但し, } S_{ij} \in \{0, 1\}) \quad \dots (3)$$

$$\sum_{i=1}^p x_i = N \quad \dots (4)$$

・放射状構成制約

$$\sum_{i=1}^p \sum_{j \in J_i} S_{ij} = T_{\text{node}} - 1 \quad (\text{かつ連結であること}) \quad \dots (5)$$

但し、 p : 系統全体のフィーダ数、 i : フィーダ番号、
 a : フィーダ電流の平均値、 x_i : フィーダ i の供給端
の電流、 FC_i : フィーダ i の供給端の電流容量、 $J_i =$
 $\{j \mid \text{フィーダ} i \text{ にONで接続される開閉器の集合}\}$ 、
 S_{ij} : フィーダ i の開閉器 j の接続状態(開: 0, 閉:
1)、 z_{ij} : フィーダ i の開閉器 j を経由して直接供給さ
れる区間負荷の電流、 N : 全負荷区間の負荷量の和、
 T_{node} : 総ノード数

3. ばらつき最小資源配分問題とその解法

<3.1> ばらつき最小資源配分問題 ばらつき最小資
源配分問題⁽⁷⁾とは図1のようなネットワークモデルで供給点
からネットワークに沿って需要点集合にフローを流すとき、
ネットワークの容量制約、需給バランス制約等の、ネット
ワーク制約下で各需要点(図1では t_1, t_2, t_3)に流れ込むフ
ローの量をできるだけバランスさせる(同じ値に近づける)
問題である。

図1 資源配分問題のネットワークモデル

Fig.1. Network model of resource allocation problem

この問題は一般的に下の(6)式～(10)式のように定式化さ
れ、<3.2>節に述べる逐次増分法⁽⁷⁾によって最適解を得る
ことができる。ここで、目的関数は需要点に流れ込むフロ
ーの平均フローからのばらつきを最小化するものである。
制約条件の(7)式はネットワークを構成しているブランチの

フローの容量制約、(8)式は供給点と需要点を除く全てのノ
ードにおいてそのノードに流れ込むフローの量と流れ出す
フローの量が等しいこと、(9)式は供給点から供給するフロ
ーの総量が総需要量に等しくなければならないという需給
バランス制約、(10)式は需要点に流れ込むフローの量が非
負であることを表している。

目的関数:

$$\text{最小化 } \sum_{i=1}^p f(x_i) \quad (\text{但し, } f(x_i) = (x_i(\varphi) - \alpha)^2) \quad \dots (6)$$

制約条件:

$$0 \leq \varphi(u, v) \leq c(u, v), \quad (u, v) \in E \quad \dots (7)$$

$$\sum_{(v, w) \in A^+(v)} \varphi(v, w) - \sum_{(u, v) \in A^-(v)} \varphi(u, v) = 0, \quad v \in V - T - \{s\} \quad \dots (8)$$

$$\sum_{(s, v) \in A^+(s)} \varphi(s, v) - \sum_{(u, s) \in A^-(s)} \varphi(u, s) = N \quad \dots (9)$$

$$x_i(\varphi) = \sum_{(u, t) \in A^-(t)} \varphi(u, t) - \sum_{(t, v) \in A^+(t)} \varphi(t, v) \geq 0, \quad t \in T \quad \dots (10)$$

$$\varphi(u, v): \text{非負整数}, \quad (u, v) \in E \quad \dots (11)$$

但し、 $x_i(\varphi)$: 節点 $t(t \in T)$ に流れ込むフローの総量、
 α : 需要点に流れ込むフローの平均値、 (u, v) : 節点 u
から節点 v に向かうブランチ、 $\varphi(u, v)$: 節点 u から節
点 v に向かうフロー、 $c(u, v)$: 各ブランチの容量、
 E : ブランチ集合、 V : 節点集合、 s : 供給点、 T :
需要点集合、 $A^+(v)(A^-(v))$: v を始点(終点)とする
ブランチ集合

<3.2> 逐次増分法 (6)式～(11)式の問題において
目的関数 $f(x_i)$ が凸関数であると仮定しよう。いま、任意の
整数 $0 \leq x_i \leq N$ に対して目的関数の増分を

$$d_i(x_i) = f(x_i) - f(x_i - 1) \quad \dots (12)$$

$$\text{但し, } f(-1) = f(0)$$

と定義すると、 $f(x_i)$ が凸であることから

$$d_i(1) \leq d_i(2) \leq \dots \leq d_i(N) \quad \dots (13)$$

が成り立ち、(12)式は単調性を持つ。逐次増分法はこの性
質を利用して(14)式を満たす x_i^* を単位量(=1)ずつ増加させ
て行き、 x_i の総和が N になるまで繰り返すことにより最適
解を得る方法をとる。

$$d_i^*(x_i^* + 1) = \min\{d_i(x_i + 1) \mid i = 1, 2, \dots, T\} \quad \dots (14)$$

ところで、(14)式によって決まった t^* にフローを増加させ
るためには供給点から t^* に至るフロー増加パス(flow
augmenting path)を探さなければならない。本稿ではラベ
リング法を使ってこのパスを探す。もし、このパスが見つ
からない場合は(14)式で決まった t^* にはこれ以上フローを
増加させることができないので(14)式から t^* の次に小さい
増分値を持つ需要点を探してフロー増加パスを見つけ、そ
のパスに沿ってフローの量を単位量ずつ増やす。この手続
きは最適解を与えることが証明されている⁽⁷⁾。以下に上に述
べた逐次増分法の手続きを示す。

STEP1. $x = (0, 0, \dots, 0)$ とおく。

- STEP2. (14) 式を満たす t^* を見つける。
 STEP3. 供給点から t^* に至るフロー増加パスを探す。
 フロー増加パスがあれば $x_t^* = x_t^* + 1$ とおく。
 そうでなければ t^* を T から除いて STEP2 へ戻る。
 STEP4. STEP3 で見つかったパスに含まれているすべての
 ブランチの流量を単位量ずつ更新する。
 STEP5. $\sum_{t=1}^T x_t = N$ なら終了, そうでなければ STEP2 へ
 戻る。

<3・3> 配電線負荷バランス問題と資源配分問題の対応

配電システムの負荷バランス問題とばらつき最小資源配分問題との対応関係⁽⁸⁾を図2のモデルを用いて説明しよう。

図2で, l_1, l_2, l_3 を配電線の供給端とし, これらのノードと s と s' を除いたノードを負荷区間(集中負荷), ノード u, v 間を接続する線(ブランチ)を区間開閉器を含む電流量 $c(u, v)$ の配電線と考える。図2で, いま, 負荷の大きさに等しい流量が実際の電力の流れとは逆に負荷ノードから供給端に流れ込むものと考えよう。

図2 配電システムのネットワークモデル
 Fig.2. Network model of distribution system

また, いま, すべての開閉器が閉状態であると仮定し, N を整数で表される全ノードの負荷の総和とする。また, 供給端を除く全ての負荷ノードは架空のソースノード s から図2の点線で示すような架空のブランチ $e(s, k)$ で接続されており, $e(s, k)$ は各ノードに負荷電流に等しい流量を供給するための流量制限器(電流リミッタ)として働くものと考えよう。この仮定を加えると, (7)式は(15)式と(16)式のように書き換えられねばならないことになる。ここで, E' は $e(s, k)$ の集合である。

$$c(s, k) \leq \varphi(s, k) \leq c(s, k), \quad (s, k) \in E' \quad \dots\dots\dots (15)$$

$$0 \leq \varphi(u, v) \leq c(u, v), \quad (u, v) \in E - E' \quad \dots\dots\dots (16)$$

いま $e(s, k)$ の流量制限器の制限値 $c(s, k)$ はノード k の負荷に等しいので, 全ての $e(s, k)$ に電流が流れたとき, $e(s, k)$ を流れる電流の和は総負荷量に等しくなり, (17)式が成立つ。

$$\sum_{k \in T - s} c(s, k) = N \quad \dots\dots\dots (17)$$

この式は(9)式に相当する。

(8)式~(10)式はキルヒホッフの電流則であり, 配電線の負荷バランス問題では当然成り立たなければならない。さらに, 目的関数の(1)式はフィーダ電流値 x の2次式であり, 明らかに凸関数である。以上から, 配電システムの負荷バランス問題が, 放射状構成制約を除けばそのままネットワーク

制約下でのばらつき最小資源配分問題に対応づけられることがわかる。従って, この対応関係から微小増分による(13)式の単調性と(14)式の逐次増分の考え方が成り立ち, 逐次増分法によって最適解(すなわち, フィーダ間の負荷バランスが最適)を得ることができる。しかし, 逐次増分法では必ずしも放射状の流量ネットワークが求められるわけではない。放射状系統を求めることが我々の最終目的であるので逐次増分法で得られる解にループが構成されるならば, 最適性を犠牲にしてループを解消する必要があることに注意されたい。

4. 問題の解法

<4・1> 解法の概要 解法の概要を図3のフローチャートに示す。図で, まず, 逐次増分法を適用し最適な負荷バランス状態を求める。この結果にループがない場合はこれが最適解になり, 終了する。もし, ループがあるならばループを解消し, 崩れた負荷バランスを改善するためにブランチ交換を行う。以下, 解法の詳細について説明する。

図3 解法の流れ図
 Fig.3. Flowchart of solution algorithm

<4・2> 逐次増分法による最適負荷バランスの決定

いま, グラフの全てのブランチに流量を流し得るものとする。また, 各ノードの負荷は実数で表されるが, これを 10^4 倍し, 許容誤差桁数の整数で表すものとする。すると, (1)式の目的関数は凸関数であるから, 整数で表される各フィーダの負荷電流に対して目的関数の増分を(12)式によって計算できる。(14)式を満たす需要点(フィーダ始点)にフロー増加パスに沿って負荷を一単位ずつ増加させていき, 総負荷量に達するまで(ブランチ $e(s, k)$ が(15)式を満たすまで) <3・2>節のアルゴリズムに従ってこの過程を繰り返すことにより最適な負荷バランスを得ることができる。しかし, このアルゴリズムで求めた解には, ループが存在しない保障がないので, 解系統にループがある可能性がある。もし, 解系統にループがなければ, ここで求めた解は最適解である。しかし, ループがある場合には, それを解消し, 放射状系統としなければならない。

<4・3> ループの解消 <4・2>節で求めた系統にループがある場合, 独立なループをすべて解消すれば放射状

系統が求められる。ところで、ループ解消により前節で求めた最適バランスがどのように変化するかを図 4 の例で考察してみよう。図 4 には 4 つの独立なループ(A, B, C, D)が存在する。いま、ループを構成する各ブランチが需要端(t_i)を 2 つ以上経由しないループ(A, B)と 2 つ以上の需要端を経由するループ(C, D)に分けて考えよう。但し、図 4 で架空ソースノード s と架空ブランチ $e(s, k)$ はすでに考慮する必要がないので省略している。この例で、いま、各ノードはノード番号に等しい負荷を持つものと仮定しよう。図のブランチ上の数字は<4.2>節の手続きで得られた最適解の各ブランチに流れる流量である。

図 4 最適バランスが求まった系統の数値例
Fig.4. An example with optimal balance

(1) 需要端を 2 つ以上経由しないループを解消する場合
まず、ループ A の解消を試みてみよう。ループの解消はループに循環仮想流を流して、ループを構成している一つのブランチの流量を 0 にすることと等価である。

図 5 図 4 で需要端を 2 つ以上経由しないループの解消結果
Fig.5. The resulting configurations after eliminating loop A and B from Fig.4.

ループ A に矢印の方向に仮想流を 1 だけ流すと $\varphi(③, ⑤)=0$, $\varphi(③, ④)=4$, $\varphi(④, ⑤)=2$ になって③⑤間のブランチを開放することによってループ A が解消される。同様にループ B にも矢印の方向に 2 の仮想流を流すと $\varphi(⑦, ①_2)=0$ となり、結果として図 5(a) のような結果を得る。なお、解消するループの順序を逆にすると図 5 の(b) のような結果が得られる。図 5(a), (b) ではループを解消した後のグラフの構成こそ異なっているものの、需要端 $t_1 \sim t_3$ の負荷バランスは維持されていることに注意しよう。即ち、需要端を二つ以上経由しないループを解消する場合には、どのブランチを切っても需要端の負荷バランスには影響を与えない。しかし、これらのループ解消の順序が残ったループ C, D の解消に影響を与え、さらに、残ったループ

を切断する順序によって負荷バランスが変わることが次の例から判る。

(2) 需要端を 2 つ以上経由するループを解消する場合

図 6(a), (b) は図 5(a), (b)に残っているループを最も流量が少ないブランチを切断して解消した結果を表している。図から、ループを解消する際、切断するブランチによってグラフの構成も負荷バランスも変わることが分かる。すなわち、需要端を 2 つ以上経由するループを解消すると逐次増分法によって得られた最適負荷バランスが崩れることになる。

図 6 全てのループを解消した結果の放射状系統
Fig.6. Radial systems after eliminating all loops

そのため本稿ではループを解消するとき切断するブランチを次のように選択し、負荷バランスが崩れることを可能な限りおさえる努力をしている。

(A) 需要端を二つ以上経由しないループ解消の基準

ループを構成するブランチの中で流量が最小のブランチを持つループから順に開放する⁽²⁾。これは、ループを解消した後、せっかく負荷がバランスするように分布している他のブランチの流量に与える影響をできる限り小さくしたいからである。

(B) 需要端を二つ以上経由するループ解消の基準 全てのループに対し、

$$\gamma_k = \min_{\Delta_k} \omega_k(\Delta_k) \quad \dots\dots\dots (18)$$

と定義すると γ_k の値が最も小さい ($\gamma_k < 0$ なら $|\gamma_k|$ 最大, $\gamma_k > 0$ なら $|\gamma_k|$ 最小) ループ k を、(19) 式の $\omega_k(\Delta_k)$ を最小とする Δ_k を与えるブランチで切断する手順をループがなくなるまで繰り返す。ただし、

$$\omega_k(\Delta_k) = \bar{\alpha}_k - \alpha_k = 2\Delta_k(f_{k1} - f_{k2} + \Delta_k) \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$\alpha_k = (f_{k1} - a)^2 + (f_{k2} - a)^2 \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$\bar{\alpha}_k = (f_{k1} + \Delta_k - a)^2 + (f_{k2} - \Delta_k - a)^2 \quad \dots\dots\dots (21)$$

但し、 Δ_k : ループ k 解消のための循環流, f_{k1}, f_{k2} : ループ k の構成フィーダの流量, α_k : ループ k の解消前の (1) 式の値, $\bar{\alpha}_k$: ループ k の解消後の (1) 式の値, ω_k : ループ k のばらつきインデクス

上記のようにループを選択して解消していけば、需要端に流れ込む流量(最適解)への影響を、考慮しているグラフのループを解消するという観点からすれば、最も小さくで

きると予想されるからである。もちろん、これによって得られる解が最適放射状構成になるとは限らないし、場合によっては最適解を大きく崩してしまうことさえある。そこで、以下に述べるブランチ交換手法により負荷バランスの微調整を行う必要がある。

<4.4> ブランチ交換法による負荷バランスの微調整

ブランチ交換法はフィード間で区間負荷の交換を行う方法^[1]であり、手法の説明は文献[1][9]にゆずる。ここで(1)式～(5)式の最適化問題を解く問題に戻って、以下の(A)，(B)のようなブランチ交換の評価基準を用いる。すなわち，(A)の(I)，(II)の順番に探索して最初に見つかったブランチでループを構成し，(B)の基準でループを切断してブランチ交換を行う。この手続きをそれ以上解を改善できなくなるまで繰り返すことにより可能な限り解の改善を図る。

(A) ループを構成するときの評価基準

(I) $\Delta L_{k1} > 0, \Delta L_{k2} < 0$ 又は $\Delta L_{k1} < 0, \Delta L_{k2} > 0$ の時：

$$\text{Max}(\Delta L_{k1}^2 + \Delta L_{k2}^2)$$

(II) $\Delta L_{k1} > 0, \Delta L_{k2} > 0$ 又は $\Delta L_{k1} < 0, \Delta L_{k2} < 0$ の時：

$$\text{Max}|\Delta L_{k1}^2 - \Delta L_{k2}^2|$$

但し， $\Delta L_{k1} = f_{k1} - a$ ， $\Delta L_{k2} = f_{k2} - a$

(B) ループを解消するときの評価基準

$$\text{Min } \Delta F_{kl}$$

但し， $\Delta F_{kl} = (f_{k1} - a)^2 + (f_{k2} - a)^2$ ，

f_{kl} ：スイッチ l でループを解消したときのフィード i の総負荷電流。

なお、ループを解消するときには制約違反が発生する場合並びに目的関数値がブランチ交換前と比べて増加する場合はブランチ交換を実施しない。

5. 数値例

提案する手法の有効性を検証するため、6.6kV、87ノード、96ブランチの配電システムを用いて数値計算を行った。

例題のモデルを図7に示す。図7の×印は放射状システムを構成するため任意に開放したブランチを表しており、単に、本手法の有効性を比較するために用いた分枝限定法や遺伝アルゴリズム(GA)の初期解として使用されるものである。さて、図7の系統に<4.2>節の逐次増分法を適用して得られた結果を図8に示す。図8に得られた系統(目的関数値0)にループが存在しなければ最適解であるが、しかし、図8では、ブランチ9、24、26、28、49を流れる流量が0であるので、これらのブランチは開放可能であるものの、まだ5個の独立なループが残っている。

そこで、<4.3>節のループ解消基準に基づきループを全て解消する。その結果、ブランチ23、25、40、55、62が開放され、図9のような放射状系統が得られる。つづいて、ブランチ交換を行うと図10のような系統が得られる。

図7 初期系統図
Fig.7. Initial configuration of test model

図8 逐次増分法を適用した結果
Fig.8. Configuration through incremental algorithm

図9 ブランチ交換前の放射状系統
Fig.9. Radial configuration before branch exchange

図10 図9にブランチ交換を行った系統構成
Fig.10. Result by the proposed method

得られた解の分枝限定法並びに遺伝アルゴリズムによる解との比較を表1に示す。表1で、手法1は逐次増分法で得られた解から<4.3>節の方法でループを除去し、ブランチ交換を行う前までの結果(図9に対応)、手法2は手法1で

得られた解にさらにブランチ交換を適用した後の結果(図10に対応)である。また、手法3はGAによる結果、手法4は分枝限定法による結果である。表1から判るように手法1と手法2で求めた結果は手法4で求めた結果に比べて悪いが、演算時間面では他の手法よりはるかに速いことが判る。手法2による結果は演算時間、バランスとも手法3による結果よりはるかに良い結果が得られている。

表1 提案手法と他手法との結果比較
Table1. Comparison of the results between the proposed algorithm and other methods

	目的関数値	演算時間	計算環境
初期解	665856.0	—	*計算機 SUN SPARC- station20 *使用言語 FORTRAN77
手法1	3020.0	1.2sec	
手法2	362.0	1.7sec	
手法3	2416.0	94.2sec	
手法4	14.0	3928.9sec	
	常時開放開閉器番号		
初期解	6, 16, 24, 25, 32, 37, 44, 49, 51, 54		
手法1	9, 23, 24, 25, 26, 28, 40, 49, 55, 62		
手法2	9, 13, 24, 28, 39, 40, 49, 55, 56, 62		
手法3	16, 24, 25, 30, 32, 37, 48, 51, 54, 57		
手法4	6, 20, 26, 33, 34, 40, 47, 49, 57, 59		

6. むすび

本論文では、配電システムの負荷バランス問題をネットワーク制約下での資源配分問題としてモデル化し、これを解くために逐次増分法を適用した解法を提案した。ネットワーク制約下での資源配分問題の解は、放射状構成を与えとは限らないため、ループが残る場合には、放射状システムを得るためのループ解消基準や崩れたバランスの改善方法についても提案した。例題を通して分枝限定法とGAによる結果との比較を行い提案する手法の高速性と有効性を確認した。

今後の課題として、高速性と解の精度を同時に達成するため、逐次増分法によって流量を配分するときのルート(flow augmenting path)探索に工夫を加え、可能な限りループを構成しないような解を得て、ループ解消による最適解の悪化を極力さけるようにアルゴリズムを改良したい。

(平成9年2月3日受付, 同9年5月30日再受付)

文 献

(1) D.W. Ross et.al.: "Development of Advanced Methods for Planning Electric Energy Distribution Systems", U.S.DOE Report, ET-78-C-03-1845, Feb, 1980
(2) S.Civanlar, J.J. Grainger, H. Yin, S.S.H. Lee, : "Distribution Feeder Reconfiguration for Loss Reduction", Paper 87-WM-140-7, IEEE PES Winter Meeting New Orleans, 1987
(3) Mesut E. Baran, et.al.: "Network Reconfiguration Distribution Systems for Loss Reduction and Load Balancing", IEEE Trans. PWRD Vol.4, No.2, April, 1989
(4) Dariush Shirmohammad, et.al.: "Reconfiguration of Electric Distribution Networks for Resistive Line Losses Reduction", 1988 IEEE/PES, Summer Meeting 88SM598-5
(5) K.Nara et.al.: "Implementation of Genetic Algorithm for Distribution Systems Loss Minimum Re-configuration", IEEE Trans. PWRD, Vol.7, No.3(1992)

(6) T.P. Wagner, A.Y. Chikhani, R. Hackam : "Feeder Reconfiguration for Loss Reduction: An Application of Distribution Automation", IEEE Trans. PWRD Vol.6, No.4, Oct. 1991
(7) 加藤直木: 「離散構造とアルゴリズム I-ばらつき最小化組合せ問題」, 1993, 近代科学社
(8) 南, 奈良, 他: 「負荷バランスを考慮した放射状配電システムの構成手法」, 電力技術研究会 PE-96-5, 平成8年
(9) K.Aoki, K.Nara, et.al.: "New Approximate Optimization Method for Distribution System Planning", IEEE Trans PWRD, Vol.5, No.1, Feb.1990
(10) 奈良宏一, 佐藤泰司: 「システム工学の数理手法」, 1996, コロナ社

南 基榮 (学生員) 1958年5月18日生。1982年成均館大学電気工学科卒業, 1984年同大学大学院修士課程修了。1984年3月韓国電気研究所入所。1994年茨城大学理工学研究科博士課程入学。配電システムの運用最適化に関する研究に従事。

金 賢哲 (正員) 1959年1月1日生。1984年崇実大学電子計算学科卒業, 1992年同大学大学院修士課程修了。1996年茨城大学大学院理工学研究科博士課程修了。工学博士。同年4月より同大学工学部助手を経て, 1997年3月より安東工業専門大学電算事務自動化学科助教授, 現在に至る。

主として、モダンヒューリスティクス手法の電力システムへの応用に関する研究に従事。

林 泰弘 (正員) 1967年1月5日生。1989年早稲田大学理工学部電気工学科卒業。1991年同大学大学院修士課程修了。1993年3月より1年間同大学助手。1994年同大学院博士課程修了。同年4月より茨城大学工学部システム工学科助手, 1997年4月より同学科講師, 現在に至る。工学博士。主として、電力システムの計画・運用における最適化に関する研究に従事。1995年電気学会論文発表賞受賞。日本OR学会, IEEE会員

奈良 宏一 (正員) 1945年8月20日生。1970年3月北海道大学大学院工学研究科修士課程電気工学専攻修了。同年4月三菱電機(株)入社。1977年4月北見工業大学講師, 助教授, 1987年4月広島大学工学部助教授を経て, 1992年4月より茨城大学工学部システム工学科教授, 現在に至る。工学博士。主として、電力システム並びに配電システムの計画・運用最適化に関する研究に従事。IEEE, 日本OR学会, 情報処理学会会員。