

風力発電機を含んだ放射状配電系統の最適化

三井 則英†

エルナン・アギレ†

田中 清†

† 信州大学工学部

1 まえがき

近年、再生可能エネルギーの導入が促進されており、電力システムは大規模化・複雑化する傾向にある。

本研究では、電力損失の削減を目的に風力発電を導入した配電系統のスイッチング最適化を遺伝的アルゴリズム (GA)[1]を用いて検討する。

2 GAによる配電系統最適化

ノードとブランチで構成されるツリー構造の配電系統を考える。配電系統上のすべてのスイッチ (開放/短絡) 情報を個体とする。個体の評価方法は、Sweep 法により求めた各ノード電圧、ブランチ電流を使用し、配電線上の総電力損失を算出して評価値とする。ただし、電力供給のないノードが存在する個体やループのある個体は、実行不能 (Unfeasible) な解としてペナルティを与え、評価値を下げる。

3 負荷と分散型電源モデル

配電系統には各需要プロファイル割り当てた 94bus 配電モデル [2] を用いる。各ノードに接続する負荷は時間的に変化するものを想定する。本稿では一般的な電力需要カーブの資料を基に、一時間毎に変化するプロファイルを作成して用いる。

分散型電源には、風力発電を導入する。風速の確率的挙動はワイプ分布に近似できると知られており、風速 v 、形状因子 k 、スケール因子 c とすると次式で表される。

$$f_v = \frac{k}{c^k} v^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{v}{c}\right)^k\right] \quad (1)$$

風力発電出力 P_w は、カットイン風速 v_I 、定格風速 v_R 、カットアウト風速 v_O 、定格出力 P_{wR} とすると、小数の非線形性を無視すれば、次式のように表せる。

$$P_w = \begin{cases} 0 & (v < v_I, v > v_O) \\ P_{wR} \frac{v-v_I}{v_R-v_I} & (v_I \leq v \leq v_R) \\ P_{wR} & (v_R < v < v_O) \end{cases} \quad (2)$$

局所風況マップ [3] から k 、 c の値を読み取り、北海道稚内市の風車のプロファイルを作成する。本研究において、 $P_{wR} = 300$ kW、 $v_I = 4$ m/s、 $v_R = 12$ m/s、 $v_O = 25$ m/s、の中型風車 I に分類される風力発電機を想定する。各風力発電機は、それぞれの負荷と同じノードにマイナスの負荷として接続する。

4 実験方法

風力発電を含む動的に変化する負荷に対して、風車 20 個 (導入率 30%) 導入したときのスイッチ配置と風車の位置を最適化し、損失を求めた。また、風車を一箇所に固定し 1~20 個まで増やしたときの損失の推移を調べた。

GA の実験パラメータは、世代数を 2000、集団サイズは 50 個体、エリート数は 25 個、要素毎の交叉率を 0.5 とした。また突然変異率をスイッチの off 数分の一とした。

5 結果と考察

風車の位置とスイッチ配置を最適化した場合と、風車を一箇所に固定し 1~20 個に増加させたときの損失を図 1 に示した。風車を一箇所に固定した場合、風車の数が増加すると損失の減少は少なくなり 16 個を超えると損失は増加した。風車の最適位置を含めて最適化した場合と一箇所に固定した場合を比べると、前者の方が 360kW 損失が削減できていることが分かった。風車の最適位置を確認すると、系統から離れた場所に分散され設置されていた。この理由は系統から離れた場所では風車から電力を貰った方が効率よく電力を供給できると考えられる。

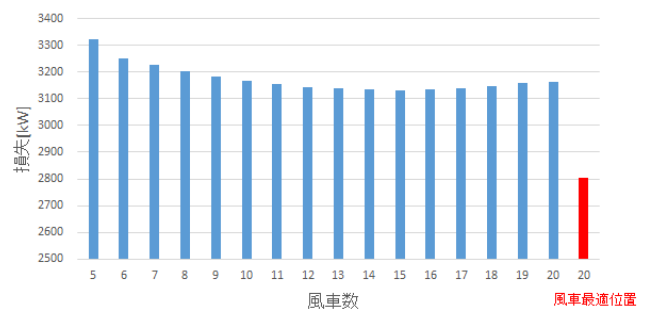


図 1 風力発電機の導入率と配電損失の比較

6 まとめ

本研究では、電力損失の削減を目的に GA を用いた風力発電を含む配電系統のスイッチング最適化を行った。結果として、風車を一箇所に固めるより、ある程度分散させ系統から遠い場所に設置した方が損失が削減できると考えられた。今後の研究では、風力発電のみでなく太陽光発電も含めたネットワークの検討やスマートメーターなどからリアルタイムデータを活用した最適化への展開を行っていく。

参考文献

- [1] 北野宏明, “遺伝的アルゴリズム”, 産業図書株式会社, pp. 3-16, 1993.
- [2] Ching-Tzong Su, Chu-Sheng Lee, “Network Reconfiguration of Distribution Systems Using Improved Mixed-Integer Hybrid Differential Evolution”, IEEE Transactions Power Delivery, Vol. 18, No. 3, pp. 1022-1027, 2003.
- [3] 産業技術総合開発機構 (NEDO) ホームページ, “局所風況マップ”, <http://app8.infoc.nedo.go.jp/nedo/>