

論文の内容の要旨

論文題目 「DISTRIBUTION SYSTEM RESTORATION PROBLEM
WITH COMBINATORIAL OPTIMIZATION METHOD」
(組合せ最適化手法を用いた配電系統事故復旧問題に関する研究)

学位申請者 MOHD SHAHRIN BIN ABU HANIFAH

キーワード：配電系統 事故復旧 遺伝的アルゴリズム 多目的最適化手法 区分開閉器

配電系統は、配電用変電所から需要地に至るまでの系統を示し、この領域内にある事故に対する復旧問題とは、系統内においてバンク事故、フィーダ事故さらに工事などにより系統の一部に停電区間を生じたとき、この区間へ再送電を行うための操作を決定する問題である。一般的には、系統内の区分開閉器の開閉状態を切替えることにより、停電区間の負荷に対して他の健全フィーダから電力を融通することで未復旧負荷や配電損失の最小化などを目的とする最適化問題として定義されている。

系統事故復旧問題には、事故の大きさによって停電区間が理論上すべて復旧可能となるケース（健全バンク容量 \geq 負荷容量）と一部の区間が停電区間として残るケース（健全バンク容量 $<$ 負荷容量）に大別することができる。しかし、前者には対象とする事故ケースや接続形態によって停電区間を完全復旧することができない場合も存在することがある。一方、後者における未復旧負荷最小化という問題については、系統内の区分開閉器数を N とすると、組み合わせ解候補数が 2^N となる膨大な最適化問題となる。そのため、最近注目されている組合せ最適化手法となるメタヒューリスティックス手法を適用しても未復旧負荷を多く残す結果となっている。

このような状況下に対して、今後さらに複雑化する配電系統においても停電区間にある未復旧負荷量の軽減を図ることは需要地にとって重要であり必要性があるものとする。

本研究は、この問題に対処するために最近の自然エネルギーの有効活用、電力市場の自由化などを背景とする分散型電源の連系や多目的最適化手法にあるNSGA-II (Non-dominated Sorting Genetic Algorithm-II)の適用を提案したものである。配電系統事故復旧問題に関しては、これまでフィーダ事故についてはいくつかの報告が見られるが、バンク事故に適用し、これによる効果については検討されていない状態となっている。そのため本論文では、提案手法に新たなアルゴリズムを構築し、これらを導入したNSGA-IIによる適用効果とその有効性を明らかにしたものである。この手法による効果を確認するために小規模配電系統や大規模配電系統モデルに適用し、従来手法との比較から検討した。

第1章では、本研究のこれまでの背景、その問題点などについて述べ、本論文の手法の提案に至った経緯などから研究の目的さらにはその意義について説明した。

第2章では、配電系統事故復旧問題を解析するために最適化手法として最も基本となる遺伝的アルゴリズム (GA : Genetic Algorithm) についての説明と配電系統モデルシステムとその解析のために必要な電力の基礎理論について詳細に記述した。さらに、GA によるより効率的な解析を図るために新たに開発した区分開閉器の切替操作の概念をこのアルゴリズム内に導入した手法についても記述した。このときの解析効果を確認するために、これまで報告されている手法や新たに開発して導入した GA による結果を小規模システムや大規模システムモデルに適用し、それらの結果について比較、検討し、新たに開発した区分開閉器の切替操作が事故復旧問題に効果的な手法であることが明らかにした。

第3章では、第2章で報告した新たに開発した切替操作の概念を用いた GA に、より効率的な配電系統事故復旧を図るための技術の一つとしてシステム内に環境問題対策の電源として最近注目されている分散電源 (DG : Distributed Generator) を導入することを提案した。DG は、大量に導入することによって配電系統において電気事業法に違反する不安定現象の要因となることや太陽光発電や風力発電のように自然環境によって影響され、現時点では電力の不安定供給となるため、これを改善するための研究が盛んに行われている。本研究では、将来的にこれらの問題点に効果的な蓄電池が開発され、安定的な供給が可能となることを想定した研究である。このような DG を未復旧停電負荷領域に効率よく利用する復旧効果について論じた。結果として、これらの DG の活用は小規模システム、大規模システムにおいても、これまでよりも復旧改善効果を高めるのに効果的であることを論じた。

第4章では、これまで配電系統事故復旧問題に対して最も効果的と成果を見出している GA に対して、更なる未復旧負荷量の改善を図るために GA によって求められる評価関数に注目した。この場合、関数にある目的項目の評価値が異なるため各項目には重み係数が必要となっていた。この問題点を解決するために各項目を一つの関数として考え、重み係数を設けない多目的最適化手法の一つである NSGA-II の適用を提案した。そのため、NSGA-II の原理に基づいたアルゴリズムを構築しているので、本章ではまず多目的最適化手法の一つである NSGA-II について詳細に記述した。この手法は複雑化する系統問題に対して従来手法のように一つの解により制御量を決定するのではなく、より多くの解となる制御量が算出されることから運用者側がその制御量を判断し、その操作量を決定することができる手法となっている。次に、提案した手法をこれまで報告されている従来手法と比較・検討し、小規模システム、大規模システムにおいて従来より復旧効果が改善できることを証明した。提案手法による成果は、バンク事故に対してこれまでよりも停電区間領域を軽減することができ、運用者側（需要者側）にとって意義のある研究成果であることが確認された。結果として、バンク事故における配電系統事故復旧問題に対して NSGA-II の適用がこれまでよりも効果的であることを立証した。

第5章では、本論文の総括的な結論を記述した。

