

4R-4

配電系障害復旧計画システムの基本方式

阪内 秀記

日本電気(株) C & C システム研究所

1. はじめに

配電系は、電力を輸送するシステムの末端に当たり、変電所と、個別需要家をまとめた配電区間からなるネットワークである。配電区間は、遠隔操作可能なスイッチにより他の区間と接続されている。通常、信頼性向上のため、1つの配電区間に対して、2つ以上の経路からの供給が可能な構造をもち、監視所からのスイッチ操作により、配電経路の変更が可能である。

実際の事故が起こって停電した場合、事故原因のある区間を迅速に復旧することは困難である。しかし、スイッチ操作による事故区間切り離しと経路変更によって、事故区間以外を迅速に復旧することが可能な場合がある。この復旧は、一時的なものであるが、二重の事故に備えて、変電所内のフィードの負荷を均一化した解を得ることが重要である。実際の問題におけるスイッチの数は、一ヶ所の監視所で数千のオーダーに上るため、有効な計画支援システムが要求されている。

本文では、配電系における障害時の対応復旧計画システムの基本方式を提案する。

2. 問題の定義

配電系を以下のようにモデル化することにより、配電ネットワークが構成できる[1]。

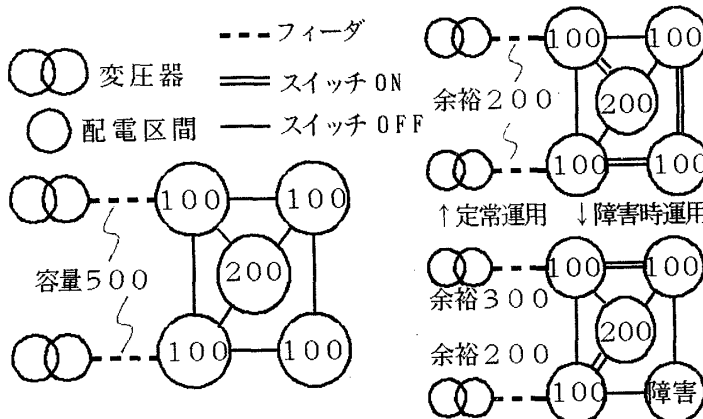


図1. モデル化 (円内は需要量)

図2. 障害時の切り替え

(1) 節点V: 開閉スイッチで囲まれた一帯(配電区間)をまとめて、ネットワークの節点とする。各節点は、需要量をもつ。

(2) 枝E: 変電所からの電力の通り道となるスイッチおよび変電所のフィードをネットワークの枝とする。フィードについては、流し得る電流の上限値としての容量が定義される。

(3) 供給点: 変電所は電流を供給する節点とする。

以上に示したネットワークの例を図1に示す。

ここで、配電復旧計画問題とは、

入力: 配電ネットワーク N

• 需要量(節点) J

• 容量(フィード枝) C

• 障害節点または障害フィードの番号 X

出力: スイッチの開閉パターン S

• スイッチの切り替え順序

目的関数: Sにより供給されない非障害節点

→最小化

• フィード容量余裕の最小値→最大化

である。障害時の切り替え例を図2に示す。

3. 基本アルゴリズム

本システムで用いる基本的なアルゴリズムは、文献[2]で示した手法を用いる。ただし、障害時の運用変更部分を求める場合は、すでに運用されている状態が初期状態と考えられるため、初期解を得る部分を修正してある。以下に、アルゴリズムの概略を示す。

アルゴリズム 配電計画

Step0. 現状の運用状態を表わすスイッチの状態を読み込む。障害のある節点(枝)をネットワークから削除する。削除されたことで、フィードと連結でなくなった節点を見つける。

Step1. 与えられた枝の長さをもとに、供給点からすべての非連結節点に最短経路木を求める。このとき、各フィードの部分木の境界となる節点と枝を記録する。

Step2. 部分木の境界にある節点について、需要量の大きい順に次の処理を行う。

当該節点(部分木の境界にある)がいずれの部分木に属した方が、フィード容量余裕の点で有利かを判定し、良い方に属させる。

Step3. 部分木の境界にある枝について、ある順序にしたがって、次の処理を行う。

A Fault Recovery Plannig System

for Power Distribution

Hideki SAKAUCHI

C&C Systems Res. Labs., NEC Corporation

境界をなす枝（補木）を木枝とするような木の変換を行ったとき、フィード容量余裕が改善されるとき、その変換を行う。 □

このアルゴリズムは、バックトラックを行わない簡易な局所最適化手法であり、ネットワークの規模増大に容易に対処できる特徴をもつ。また、枝の長さを変化させること、および、Step3.の境界枝を選ぶ順序（両者を以後パラメータと呼ぶ）により、異なる局所最適解を得ることができる。また、すでに運用されている状態を初期解として、木の変換を繰り返して解を得るため、変換の履歴に従ってスイッチを切り替えれば良い。

4. システムの基本方式

4. 1 復旧計画の機能

復旧計画システムにおける基本的な機能は、オフライン的とオンライン的な機能に分けて考えることができる。

1) オフライン機能

計算した結果を直接運用に利用しない形態である。あらかじめ障害を想定して行う障害シミュレーション機能と、種々の障害に対応するパラメータを事前に決定しておく機能と考えられる。

① 障害対応復旧計画

障害を想定して、その際の運用の計画を立てる機能である。実際の障害とは関係ないため、計算に時間をかけることができる。

② 計画データの登録

ある障害に対する運用をデータとして登録して、データベース化する機能である。予想される重要な障害に対しては、あらかじめ運用を決定しておけば、障害時にデータを検索するだけで、そのまま利用でき、短時間で変更を行うことができる。

③ パラメータの作成

ここで用いるアルゴリズムは、パラメータにより異なる解を得ることができる。障害の種類（例えば地域により分類するなど）により、あらかじめパラメータを準備しておくこと、計算を有効に実行することができる。

II) オンライン機能

計算した結果を直接運用に利用する形態である。基本的には、アルゴリズムにより障害対応の運用を決めるが、障害シミュレーションにより作成された計画データを引用する機能も含まれる。

① 障害対応復旧計画

障害時の対応を計画する機能である。この機能では、計算時間をかけることはできない。現状の運用データを入力することで、現状から切り替

え可能な運用計画を作成する。また、復旧を迅速に行うため、計算の途中でその時点の解を出力することが必要である。

② 計画データの引用

オフライン機能でシミュレーションした場合と同じ障害のとき、あらかじめ登録しておいた計画を引用することで、復旧計画とする機能である。

③ パラメータの引用

オフライン機能で作成したパラメータを検索し、アルゴリズムに利用する機能である。

④ 復旧切り替え管理

障害時の一時的復旧状態から定常運用状態へ復旧するときの、スイッチの切り替え順序を管理する機能である。

4. 2 システム構成

4. 1 で述べた機能をもつ配電系の障害対応復旧計画システムの基本的な構成を図3に示す。

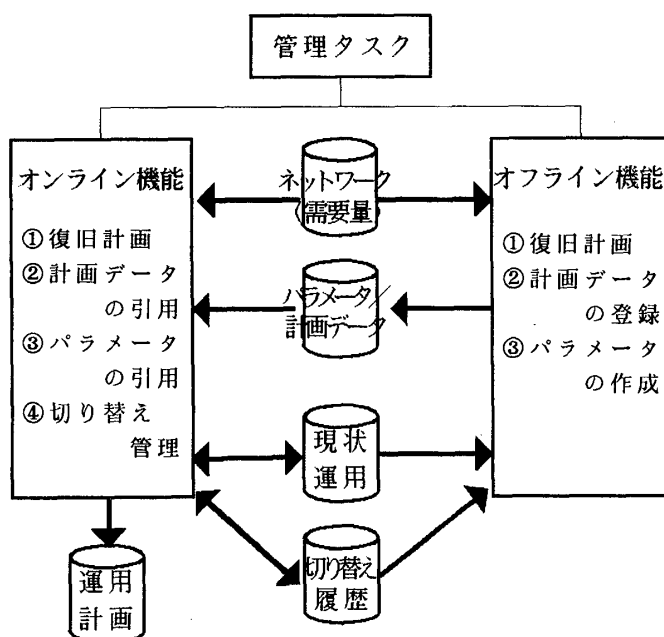


図3. システムの基本構成

5. おわりに

配電系の復旧計画問題に対して、システムの基本的な構成について提案した。実際のネットワークにおける障害時の計画にどの程度の時間がかかるかを今後実験する予定である。

また、ここで用いたモデル化で表現できない実運用上の特殊な制約については、ルール処理による方式を導入することを検討している。

【参考文献】

- 【1】 野田“電力系統の制御”電気書院（1986年）
- 【2】 阪内“配電系計画問題の一解法”電子情報通信部門別大会1-41（1987年）