

I-504

電力供給システムの機能特性を考慮した被害予測シミュレーション

京都大学工学部 正員 野田茂 山田善一
神戸市 正員 西森正至

1. まえがき

電力系統の特徴としては、(1)大規模なシステムである、(2)需要=供給力のため、貯蔵機能を持たない、(3)長期的・短期的に、需要系統は常に変化している、(4)負荷供給系統は送電網と配電網を含めて、多重ネットワークを構成している、などが挙げられる。本研究では、大都市の電力供給システムを上位系・下位系・配電区に分類し、潮流計算や系統切替の概念を導入した。具体的には、構成要素の被害確率を与えて、各被災要素がシステムの停電量に及ぼす影響を検討するため、変電・配電設備の現実的なモデル化に努めるとともに、被害想定シミュレーションプログラムの開発を行った。

2. シミュレーションの前提条件

数値計算は一都市域を対象を限定し、次のような仮定をした。すなわち、(1)対象区域外の変電所・送電線は無被害である、(2)配電区域における被害は停止回線数で代表させる、(3)発電所の被害は考えない、(4)火災や建物倒壊の2次災害による需要量の減少はない、などである。

設備被害シミュレーションの入力データとしては、(1)変電所(ノード)と送電線(リンク)の番号付け、(2)送電線の常時使用の有無、(3)架空・地中線の設備被害確率、(4)変電設備の被害確率、

(5)配電設備の被害、(6)負荷供給力を考えた。具体的には以下のことに留意した。

- (1) 1変電所1ノードとするが、系統分割して運用している場合にはノードを分割する。T分岐している場合には、仮想ノードを設け、必ずリンク両端にノードが接続されているようにする。Wブスと呼ばれる特殊な装置を有する配電用変電所では、合・分流を認める。同一名称線路でも異なる変電所間を経由している場合は別のリンク番号とする。以上のことに注意し、a)変電所毎にノード番号を与え、変電所を結ぶ線路毎にリンク番号を与える、b)被害区域外の変電所にも適当なノード番号を与え、リンクの両端に必ずノードを設ける、c)リンクには送電容量を与える。
- (2) 2次変電所からトリー状に送電線が延び、配電用変電所とつながっているので、サブネットワークは比較的単純な構成となっている。
- (3) 常時、CB(しゃ断器)を開放していて電気を受けていないか、あるいはCBを閉じて電気を受けているかは、各ノードとリンク毎に1(閉)、0(開)の条件で規定する。
- (4) 架空線は鉄塔1基毎に、地中線は液状化地域内の人孔・S/S 取付部・橋台・橋梁1箇所毎に、実験と数値解析によって求めた被害確率を与えた。
- (5) まず、変電所毎にスケルトンのパターン化を考えた。設備別の被害確率(電気的と機械的な2つの破壊モードの設定)、設備数、被害パターン、機能停止時の影響を調べた。ここで、各変電機器毎に停止範囲を定めるブロックコードを与え、このコードの組合せにより、当刻 S/Sの停止範囲を決定した。なお、上位電圧の停止範囲と下位電圧の停止範囲のダブルカウントを避けるため、上位と下位の通し番号をつけた。同時に、対象設備被害による停止送電線(リンク番号)を与えた。変電機器の場合、系統切替により停電範囲が縮小するので、この範囲もブロックコードで表示した。
- (6) 配電用 S/S供給エリア内の支持物、地中線物量、被害数、停止回線数を与えた。
- (7) 変電所毎に、77kv(需要家分)・22kv・8kv 負荷量と 8kv配電線数、さらに変圧器の容量(供給電圧別)を与えた。

3. 被害想定の基本的な考え方

- (1) 機器・設備別の被害確率を用いて、モンテカルロシミュレーションにより、被害を受ける設備を確定した。被害のある送電線(77kv・154kv)は供給力=0とした。
- (2) 被害を受けた変電所の停止範囲・供給力の算定
 - ・S/SをLS・CBで区分される単位でブロックに分割する。また、停止するブロックの電圧の識別をした。
 - ・各機器の被害確率と各機器の被害により停止するブロックの算出データから、モンテカルロ法により、設備停止ブロックを決定した。

- ・停止ブロックより、変圧器停止量、引出停止数(77kV・22kV・6kV)を算出する。このため、停電する変圧器、22kV・6kV 引出設備数、77kV停止線路を検討する。この場合、上位ブロックの停止で停電する8kV 引出数もすべて計上する。ただし、被害設備が複数個ある場合、同一ブロックが停止となるケースがあるので、ダブルカウントしないようにした。

(3) 停電量の算出

- ・6kV・22kV停止量は停止引出数より計算した。

$$\text{停電量} = (\text{地震前の負荷}) \times p / q$$

ただし、22kVについては $p = 22\text{kV}$ の配電線の引出数

$$6\text{kV} \text{ については } p = m + n - m \cdot n / q$$

ここで、 q = 全引出数、 m = ブロックコードより求めた変電設備被害による6.6kV 停止引出数の和、 n = 配電設備被害による停止引出数

- ・77kVの停止量は S/Sの77kV送電線の停止で判定する。系統全体をネットワークとして構成し、線路停止、6kV・22kV停止量を与えて、潮流計算を行い、算出した。

(4) 系統切替による停電

上記と同じようにして、与えられたブロックコードにより、系統切替後の変電設備の停止範囲を算出した。次に、常時受電していない線路を接続し、供給力を検討した。線路の供給力をオーバーした場合には、接続している線路を切り離した。これを繰り返して、全体のネットワークシステムの系統切替を求めた。

4. 数値計算結果の一例

想定条件（地震像、発生時期、地盤・地形、需要量など）を決め、図1の電力ネットワークの被害の予測をした。シミュレーション回数は100回である。ネットワークは、発電所(◎)、2次変電所(⊙)、配電用変電所(○)、T型ブランチを取り扱うための仮想ノード(●)、対象ネットワーク外の仮想ノード(→で示す送電線と連結)および送電線(太線は常時使用していることを示す)よりなる。

図2は、系統復旧操作後と地震直後の総合供給支障電力の関係を調べたものである。弱い相関が見られる。ネットワークが大きいので、変電所内部の機器構成や潮流の複雑さが明確に出てこないためと考えられる。このシステムに限ると、このような図を作成しておくことにより、ネットワークの機能をもう少し単純にモデル化できる可能性がある。図3を見れば、系統復旧操作の実施により低減した供給力支障電力の頻度分布は、非正規分布を示している。特定の変電所の機能がシステム全体に大きな影響を及ぼしていると考えられるから、被害想定もこの点に注意すればよい。

終りに臨み、本研究は(財)地震予知総合研究振興会に組織された委員会(委員長・久保慶三郎埼玉大学教授)の一環として遂行したものである。ここに、研究に参画された委員各位に深甚なる謝意を表します。

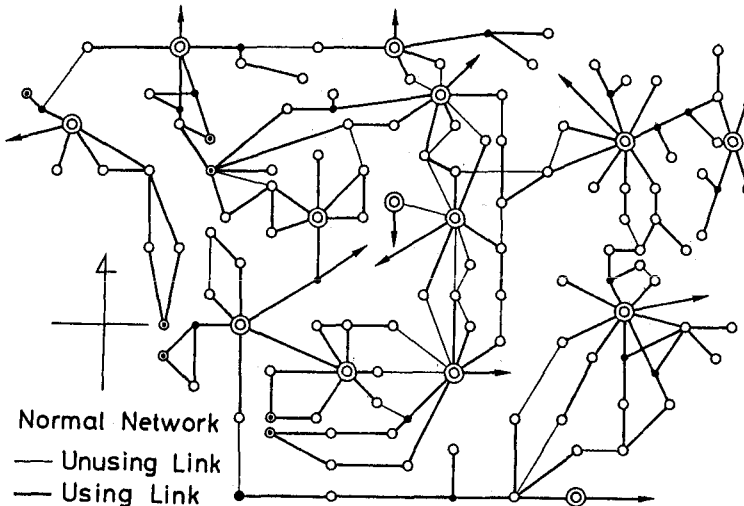


図1 電力供給システム

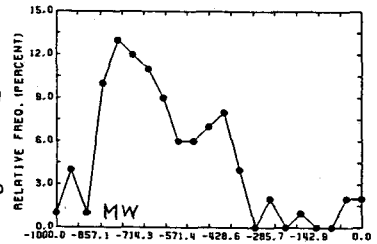


図2 系統復旧操作により低減した供給支障電力

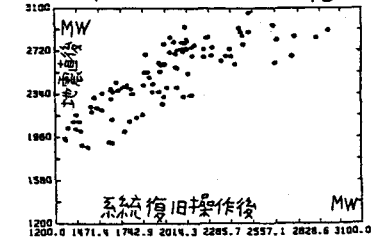


図3 地震直後と系統復旧操作後の供給支障電力の関係