

電力系統における系統分離後の需給アンバランスの最小化手法の開発

日大生産工(院) 坂入 利保 日大生産工 佐藤 正弘

1. まえがき

多数の発電機と負荷が連系している電力系統では、落雷等の事故により発電機が次々と脱調を起こし、広域停電となる可能性がある。例えば2003年には北米で数州にわたる広域停電が発生し、5000万人の被災者、数千億円の損失をもたらした⁽¹⁾。広域停電を防止する方法として、系統を分離することが考えられる。しかし、系統分離後に大きな需給アンバランスがあると、周波数や電圧に異常が生じ、負荷遮断、発電機脱調、広域停電へ悪化すると懸念される。また、東京電力(株)では、発電機の回転数偏差が0.4%(0.2Hz)生じると需要家から苦情があり、また、数%の周波数変動で、発電機を停止せざるを得なくなる⁽²⁾⁽³⁾。この現象を防ぐために本研究は、分離後系統の需給アンバランスを最小化するように線路を選択、解列することが目的である。

2. 最小化手法

需給アンバランスを最小化する方式の概要を図1のフローチャートに示し、図2のモデル系統を用いて説明する。落雷などの事故が発生した場合、線路でリレーが働き、C1が示すように、開放する線路が決定される⁽⁴⁾。リレーの情報を用いて、系統が分離するか否かを判断⁽⁵⁾する。系統が分離するならば、分離する系統内において所属している発電機群を推定する。図2の場合、G1とG2、G3とG4に分かれる。分離系統内の発電機の総量をP、負荷の総量をPLと置くと、需給アンバランス量Uを次式で求める。

$$U = P - PL \quad \dots(1)$$

次に、このUを小さくするため、開放線路両端の母線に繋がっている負荷に注目し、負荷を別の系統に移すように開放線路を変更する。C1で解列した場合、3つの負荷が隣接しているが、右側の負荷を移動させるとUが大きくなるので候補から除外する。移動させる候補の負荷が二つ以上あるときは、Uが

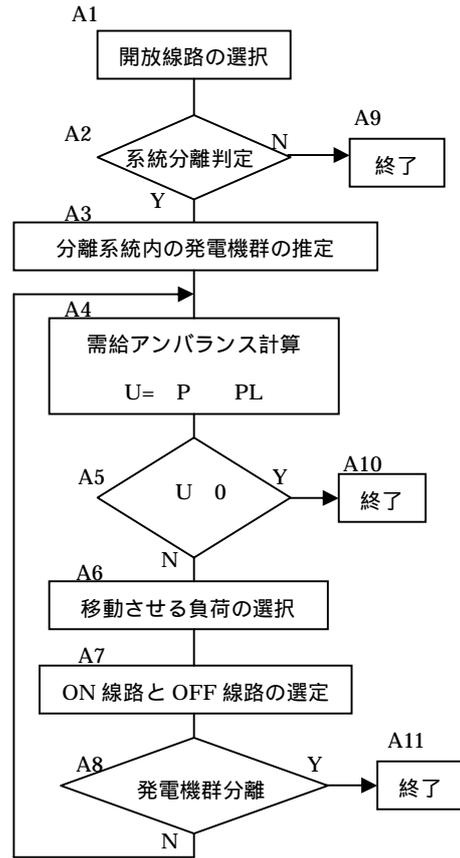


図1 General Flow Chart

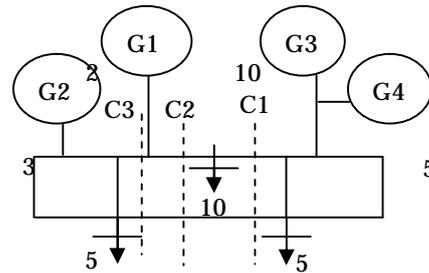


図2 モデル系統

より小さくなる負荷を選択する。その結果、C2が示す位置に開放線路が変更される。以上をUが最小になる開放線路が導出されるまで繰り返す。ただし、C3のように推定した発電機群がさらに分離するような線路が選択された場合、終了となる。

3. シミュレーション

今線路25番で事故が発生し、図3の1上の複数の

Development of the supply and demand unbalanced minimization technique after system separation in power system.

Toshiyasu SAKAIRI and Masahiro SATO

線路でリレーが働き、系統が分離したとする。西側の系統の U の最小化を目的とし、開放する線路は図 3 の番号 1、2、3、4 の順番で選択される。そして、需給アンバランス最小化による周波数変動抑制の有効性を確認するために、過度安定度プログラム NACDC を用いて、各アンバランス量と、発電機の回転数の関係を、西側の発電機 G1~G5 の中で最も回転数の変動が大きかった G4 に注目してシミュレーションを行った。結果を表 1 に示す。アンバランス量が大きい場合、最大振幅は 2.45%(1.25Hz)、事故発生から 10 秒後の回転数偏差は 0.73%(0.36Hz)となるが、アンバランスが小さい場合、どちらも小さくなり、10 秒後は回転数偏差が 0.4%を下回ることがわかる。また、図 4 に図 3 の 1 で解列(アンバランス量 -21(P.U.))したとき図 5 に図 3 の 4 で解列(アンバランス量 0(P.U.))したときの各発電機の回転数偏差と、位相差を示す。図 4 では、回転数の変動が大きく、G6 以降の発電機は 10 秒後 2%以上回転数が上昇しているの、発電機を停止せざるを得ない可能性がある。これに比べ、図 5 では、回転数はどの発電機も 0 を中心に振動しており、西側だけでなく、分離された各系統が安定な状態に戻ろうとしていることがわかる。

4. まとめ

今回提案した最小化の手法を用いて、系統分離後の需給アンバランスを最小にすることにより、周波数変動を抑え、系統全体が安定な状態に戻ることがわかった。

大規模システムにした場合の検証が今後の課題となる。

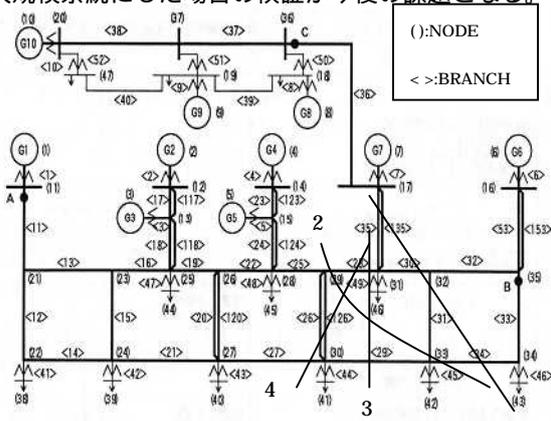


図 3 需給アンバランス最小化の線路開放手順

表 1 アンバランス量と G4 の回転数偏差

Quantity of Load (P.U.)		Unbalance in the WEST side (P.U.)	Frequency deviation (%)	
WEST	EAST		Maximum	at 10 s
P=39	P=41	-21	2.45	0.73
60	20	-16	2.1	0.41
47	33	-8	0.76	0.15
43	37	-4	0.75	0.14
39	41	0	1.47	0.35
35	45	4	1.92	0.24

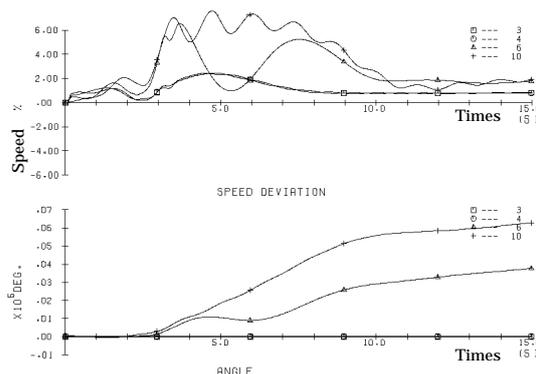


図 4 各発電機の回転数偏差と位相差(-21P.U.)

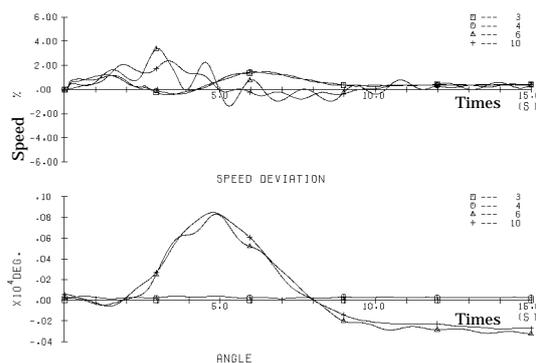


図 5 各発電機の回転数偏差と位相差(0P.U.)

「参考文献」

- 1)電力中央研究所、「大停電、日本は大丈夫か 北米停電の原因分析」<http://www.denken.or.jp/topics/network/doc.html>
- 2)電気共同研究第 55 巻第 3 号、「電力品質に関する動向と将来展望」
- 3)東京電力(株)、「電力会社における周波数調整と会社間連系について」P.4
- 4)電気学会、系統脱調・事故波及防止・リレー技術、「電気学会技術報告」、第 801 号、(2000)
- 5)日本大学生産工学部第 40 回学術講演会、坂入利保、佐藤正弘、「電力システムの安定化 最適分離点の高速決定法」pp17~18