

BTB 式ループコントローラと 過渡的な需給バランスのシミュレーション

学生員 市川 雅英 (東京農工大学) 正員 岡田 有功 (電力中央研究所)

正員 黒川 浩助 (東京農工大学)

BTB loop power flow controller and simulation of transient supply and demand balance

Masahide Ichikawa, Student Member, (TUAT), Naotaka Okada, Member, (CRIEPI), Kosuke Kurokawa, Member, (TUAT)

1. まえがき

エネルギー・環境問題対策など社会的ニーズから、需要地域における分散型電源の普及が予想される。配電システムでは、変電所から需要家への電力供給に対して最適な設計が行われているため、分散型電源の系統連系により新たに発生する電圧・潮流問題の解決や、配電設備の有効利用技術が求められている。電中研では、現在放射状に形成されている配電システムをループ・メッシュ化し、時間的・面的な設備利用率の向上と潮流の均等化による問題の解決を検討している。しかし、単純なスイッチでループ・メッシュ化する運用では現状の保護方式の適用が困難になることが予想されるため、ループ点に半導体電力変換技術を適用したループ・メッシュ形態を提案している。

本稿では、配電システムのループ・メッシュ化に半導体電力変換技術を用いたループコントローラ (LPC) を導入し系統故障等により配電用変電所の遮断器が開放された場合に、LPC により他の回線と非同期連系している区間の特性をシミュレーション解析により明らかにしたので報告する。

2. ループコントローラを用いた配電システムモデル

図 1 に BTB 式ループコントローラ (LPC) を用いた配電システムモデルを示す。配電用変電所から伸びた 2 本の高圧配電線の末端を LPC により接続している。

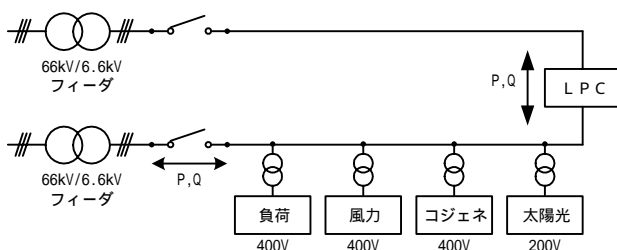


図 1 ループ配電システムモデル

Fig. 1. Loop distribution system with LPC.

LPC は高圧配電線からの入力を AC/DC/AC 変換して他方へ出力する。この交直・直交変換時の制御により、LPC を通して流す潮流や各回線の無効電力を任意にコントロールすることができる。これらの制御により電圧の適正化、潮流の均等化および設備の有効活用をねらう⁽¹⁾。

下側の回線に各種分散型電源と負荷が接続されている。この負荷は RLC 負荷で、トランスを介して接続している。このとき下側の回線の配電用変電所の遮断器が開放された場合、LPC を通して上の回線との非同期連系状態となる。この単独系の電圧・周波数の変化に関して、開放される遮断器における潮流の状態、つまり単独系となる部分の需給バランスに注目してシミュレーション解析を行った。また、需給バランスが大きくずれている場合は、ただちに分散型電源が停止することが予想されるため、バランス状態近傍のみを解析対象とした。

3. LPC と分散型電源のシミュレーションモデル

3.1 BTB 式ループコントローラ (LPC) LPC は dq 座標系での電流制御に基づき PQ 制御を行う AC/DC/AC コンバータと連系変圧器で構成されている。シミュレーションの簡単化のため半導体スイッチ部分は理想電圧源に置き換えた。定格電圧 400[V] 定格出力 1000[kVA] のモデルを使用した⁽²⁾。

3.2 風力発電システム EMTF にデフォルトで存在する UNIVERSAL MACHINE Type-4 の三相誘導機モデルを使用した。入力トルク一定入力、定格電圧 400[V] 定格出力 300[kW] の誘導発電機をトランスを介して系統に連系した。

3.3 コージェネレーションシステム EMTF Type-59 の同期発電機モデルを使用した。トルク一定入力、定格電圧 400[V] 定格出力 300[kW] の同期発電機をトランスを介して系統に連系した。

3・4 太陽光発電システム 主回路とスイッチング制御回路を単純な定電流源に置き換えたモデル⁽³⁾を使用した。インバータ出力部分の電圧を検出し、その波形をベースに周波数・位相同期回路、電力制御回路を加え出力指令とし、制御入力により任意の波形を出力できる定電流源を駆動している。小出力・多数のインバータを代表して 1 つのインバータモデルで表し、定格電圧 200[V] 定格出力 100[kW] のモデルを各相間に 1 台ずつ合計 3 台、トランスを介して系統に連系した。

4. シミュレーション解析結果

分散型電源 1 種類と LPC および負荷から成る配電系統モデルでシミュレーション解析を行った。風力発電システムの場合の結果を図 2, 図 3 に示す。シミュレーションは誘導発電機が 300[kW] 出力し、LPC が上側の回線から下側の回線に 300[kW] 出力している状態で行った。そして、系統連系時の変電所遮断器における潮流（有効電力と無効電力）の状態と遮断器開放後（単独運転状態時）の単独系の電圧・周波数の関係をシミュレーション実験で求めた。バランス状態における負荷は 600[kW] の抵抗に対し、力率が 0.9 となるリアクトルを並列接続し、遮断点での無効電力が 0[kvar] となるキャパシタを並列接続した。そして有効電力については抵抗の値を、無効電力についてはキャパシタの値を変化させて需給バランス条件を変えた。また図 2 には比較として、LPC のみで 600[kW] 供給したときの結果も示す。（ Δ が誘導発電機ありの場合、 \diamond が LPC のみの場合で、白抜きが電圧で左軸、塗りつぶしが周波数で右軸。）

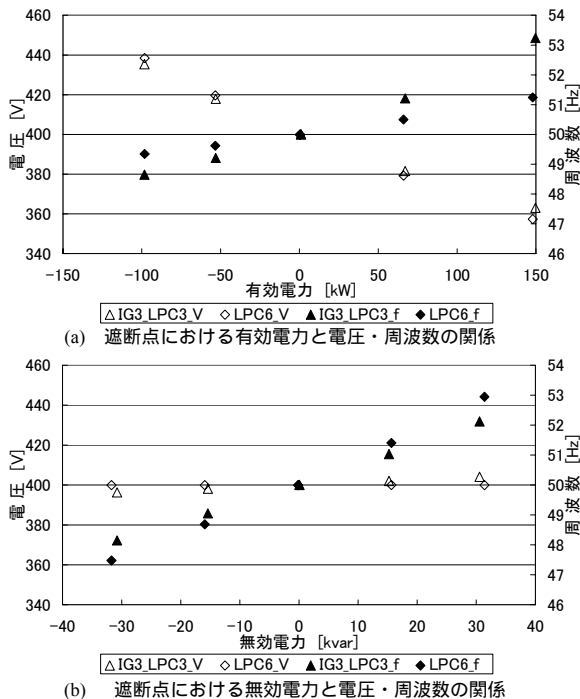


図 2 需給バランスと電圧・周波数の関係
Fig. 2. Relation of supply and demand balance and voltage, frequency.

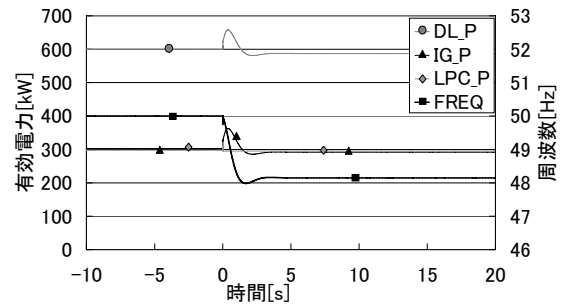


図 3 有効電力と周波数の時間的応答

Fig. 3. Response of power flow and frequency.

図 2 (a) において有効電力と電圧の関係をみると、分散型電源（誘導発電機）がある場合もない場合もおおむね同様の変化であることがわかる。また、遮断点における潮流が独立区間の負荷容量の $\pm 20\%$ 程度であれば、電圧の変化はおよそ 10% 以内に収まることがわかり、この程度であれば分散型電源の停止要因にはならないと考えられる。一方で周波数の変化については分散型電源が連系している場合の方が変化量が大きく、例えば潮流が 150[kW] の場合は 53[Hz] 以上となり、系統連系ガイドラインで定められている範囲を超える場合があることがわかった。図 2 (b) における無効電力と電圧の関係では、分散型電源がある場合もない場合も電圧の変化が非常に小さい。一方、無効電力の不平衡は有効電力の不平衡よりも周波数に与える影響が大きいことが見て取れ、負荷容量の 2.5% 程度の無効電力でも周波数変化により分散型電源が停止してしまう可能性があることがわかる。また、分散型電源が連系している場合の方が単独系の周波数の変化が小さいことがわかる。これは逆に、単独運転検出機能が働きにくい方向への変化であるため、分散型電源を速やかに停止させたい場合には注意が必要である。図 3 には図 2 (b) の無効電力が -30[kvar] のときの有効電力と周波数の時間的変化を示している。ゆるやかに変化しているのは誘導発電機の出力(IG_P)で、LPC の出力(LPC_P)は数サイクルで定常状態に移る。同様に、周波数(FREQ)も誘導発電機の挙動から、約 4 秒間過渡的に変化している。

5. まとめ

遮断器の開放により他の回線と非同期連系している区間の特性をシミュレーション解析により明らかにした。この結果を基に、健全区間の無停電化や故障区間の分散型電源の速やかな停止など、LPC の導入により付加価値を得られるよう LPC と分散型電源の協調動作について検討していく予定である。

文 献

- (1) 岡田：「ループ配電システムの制御と効果」, 電気学会, 電力系統技術研究会, PSE-00-2, pp.7-12 (2000)
- (2) 市川, 岡田, 黒川：「系統故障時における BTB 式ループコントローラの特長解析」, 平成 15 年電気学会 B 部門大会, (2003)
- (3) 平成 11 年度 新エネルギー・産業技術総合開発機構 委託業務成果報告書 太陽光発電システム実用化技術開発：「太陽光発電システムの実証研究」(高密度連系技術の研究), (2000)