

# 系統故障時における BTB 式ループコントローラの特性解析

学生員 市川 雅英\* (農工大) 正員 岡田 有功 (電中研) 正員 黒川 浩助 (農工大)

## Simulation analysis of loop power flow controller in fault condition

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。配電系統では、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系統をループ・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、配電系統のループ・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)を導入した場合の系統故障時におけるLPCの特性解析結果を報告する。

### 2. ループコントローラ(LPC)の構造

図1にBTB式ループコントローラ(LPC)の構造を示す。一方の高圧配電線の三相交流を変圧器とPWM AC/DCコンバータにより一度直流に変換し、再びPWM AC/DCコンバータと変圧器により交流に戻し他方から出力する。この交直・直交変換時の制御により、LPCを通じ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<sup>(1)(2)</sup>。

### 3. シミュレーションモデルの検討

LPCによるループ・メッシュ化に伴い、地絡および短絡故障などの系統故障時の特性がどのように変化するか検討



図1. BTB式ループコントローラの構成

Fig. 1. Schematic of BTB loop power flow controller

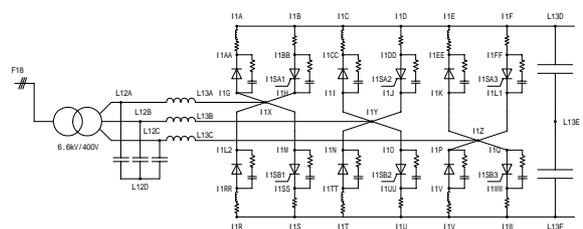


図2. ループコントローラのEMTPモデル(片側)

Fig. 2. EMTP model of LPC (left converter)

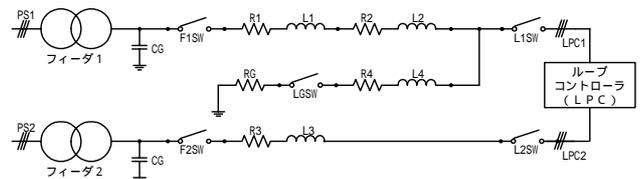


図3. 小規模ループ配電システムモデル

Fig. 3. Scale down model of loop distribution system

表1. 実験回路の条件

Table 1. Condition of test circuit

| 項目 | 値      | 項目 | 値      |
|----|--------|----|--------|
| R1 | 0.200Ω | L3 | 4.23mH |
| L1 | 3.71mH | R4 | 0.284Ω |
| R2 | 0.268Ω | L4 | 4.21mH |
| L2 | 3.82mH | CG | 7.6μF  |
| R3 | 0.311Ω | RG | 10Ω    |

するため、EMTPによるシミュレーションを行った。解析に用いたLPCモデルは三相PWMスイッチ部分をTACS制御スイッチとダイオードにより模擬した。片側の交直変換器のモデルを図2に示す。LPCモデルと配電システムモデルの検証のため小規模実験を行った。小規模実験の回路を図3に示し、実験回路における条件を表1に示す。

小規模実験による結果とシミュレーションの結果を図4に示す。図4はフィーダ2側からフィーダ1側へLPCを通じて5[kW]の潮流を送る条件下の結果で、(a)は、一線地絡故障、(b)は三線短絡地絡故障の結果の一例である。小規模実験とシミュレーションはほぼ一致している。

#### 4. 実規模システムモデルによる解析結果

実規模システムは、配電用変電所から引き出された2つのフィーダの末端をLPCによりループ化するシステムモデルを想定した(図5参照)。フィーダ2側からフィーダ1側へLPCを通じて1[MW]の潮流を送る条件下で、システム故障を図5中のF22点もしくはF26点で発生させた。また同時に、現状の放射状配電システムおよび、ループコントローラを用いずに単純なスイッチを使用してループ化した配電システムについても、シミュレーションを行い、結果を比較する。

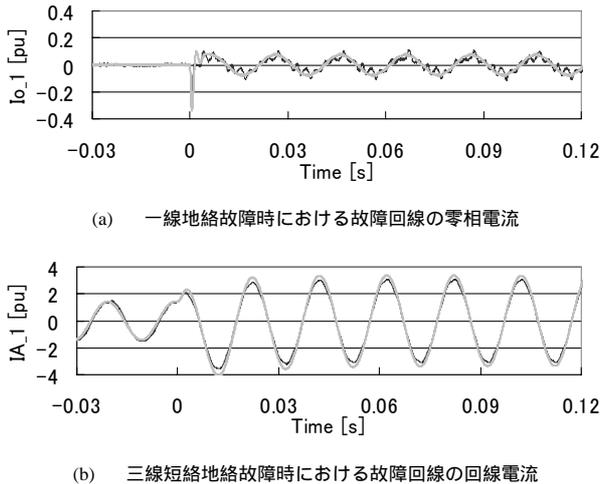


図4. 小規模実験およびシミュレーションの結果

Fig. 4. Result of test and simulation

(黒色細線: 実験 I<sub>base</sub>:14.4A 灰色太線: シミュレーション I<sub>base</sub>:87.5A)

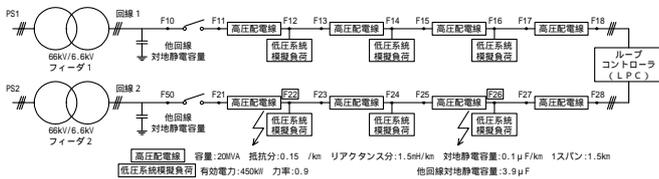


図5. 実規模ループ配電システムモデル

Fig. 5. Actual scale loop distribution network model

実規模システムのシミュレーションを行った結果の一例として、一線地絡故障時のシミュレーション結果を表2に示す。表2から、単純なスイッチを用いてループ化したモデルでは、健全な回線にも零相電圧および零相電流が出ていることなどから、現状の放射状配電システムと比較した場合システム故障の範囲が拡大していることがわかる。一方、LPCを用いてループ化した配電システムは、零相電圧(回線1:0V,回線2:3800V)、零相電流(回線1:0A,回線2:15A)と、故障点を流れる地絡電流(17A)が、現状の放射状配電システムの故障時の特性とほぼ同じであることがわかった。

三線短絡地絡故障時におけるシミュレーション結果を表3に示す。故障回線を流れる故障電流は、LPCループ、放射状および単純ループで、それぞれ、4240A、4180A、3910Aでほぼ同一である。一方、健全回線の電流は、73A、130A、740Aで、単純ループでは故障電流が健全回線からも供給されるのに対しLPCループでは放射状システムと同じになる。

これらから、LPCによって接続された2つのシステムの一方で発生したシステム故障の影響が、他方のシステムに拡大することはないと考える。また、LPCが一線地絡故障により停止することなく、故障発生前と同様な運転を継続できることがわかった。

#### 5. まとめ

システム故障時におけるBTB式ループコントローラの特性解析を行った。その結果、ループコントローラを用いたループ配電システムの特性は、現状の放射状配電システムの特性に近く、現状のシステム故障保護方式が適用できる可能性が高いと考えられる。

#### 文 献

- (1) 岡田, 「需要地システムにおけるループコントローラの開発 制御方式の提案と実験装置の試作」, 電力中央研究所報告, T99075 (2000)
- (2) 岡田, 「需要地システムにおけるループコントローラの開発 移行過程における自律制御方式」, 電力中央研究所報告, T00045 (2001)

表2. 一線地絡故障時におけるシミュレーション結果(故障点:F22)

Table 2. Simulation result under single-line-to-ground fault.

|           | 健全な回線(回線1)  |          | システム故障が起きた回線(回線2) |          | 故障点に流れる地絡電流[A] |
|-----------|-------------|----------|-------------------|----------|----------------|
|           | 零相電圧[V]     | 零相電流[A]  | 零相電圧[V]           | 零相電流[A]  |                |
| ループコントローラ | 0           | 0        | 3800 (5070)       | 15 (244) | 17 (236)       |
| 放射状配電システム | 0           | 0        | 3800 (5200)       | 14 (183) | 15 (258)       |
| 単純なループ    | 3730 (5700) | 13 (159) | 3800 (4930)       | 12 (151) | 31 (264)       |

表中の値は、故障後に定常的に続く値の実効値。括弧中の値は、故障直後の過渡的な変化のピーク値。

表3. 三線短絡地絡故障時におけるシミュレーション結果(故障点:F22)

Table 3. Simulation result under three-phase-short circuit.

|           | 故障点における故障電流[A] | 故障点における線間電圧[V] | 健全な回線の回線電流[A] | 故障回線の回線電流[A] |
|-----------|----------------|----------------|---------------|--------------|
| ループコントローラ | 4000           | 3460           | 73            | 4240         |
| 放射状配電システム | 4120           | 3560           | 130           | 4180         |
| 単純なループ    | 4460           | 3860           | 740           | 3910         |