

複合形安定度維持システム

Multifunctional Power System Stability Controller

松尾 豊
Y. Matsuo

佐伯 真
M. Saeki

澤井 剛一
K. Sawai

石橋 哲
A. Ishibashi

電力系統では、事故などが引き金となって複数の異常現象（過渡不安定、周波数異常、設備過負荷など）が発生する。電力系統の構成によっては、それらの対策を一つのシステムで実現することが可能である。

ここでは、高速演算可能な RISC (Reduced Instruction Set Computers) 形 32 ビットマイクロプロセッサを適用したデジタルリレー（以下、D III リレーと略記）を用いて最近実用化した中国電力㈱および九州電力㈱の多目的・複合形のシステムについてその特長、機能、構成などを紹介する。

Power system faults can cause several modes of unstable phenomena, involving transient stability, frequency, and overload. In some power systems, multifunctional controllers have been installed so that all of these phenomena can be handled by a single stability controller.

This paper provides an outline of the multifunctional stability controllers installed in the systems of Chugoku Electric Power Co., Inc. and Kyushu Electric Power Co., Inc. Both of these controllers incorporate new type protective relay (D III) employing high-performance microprocessors.

1 まえがき

電力系統では事故などが引き金となって複数の不安定現象（過渡不安定、周波数異常、設備過負荷など）が発生する。電力系統の構成によっては、それらの対策を一つのシステムで実現する複合形安定度維持システムが採用されてきた。この複合形安定度維持システムは、対象とした電力系統を、広域かつ包括的に制御する必要があり、高速・高性能なマイクロプロセッサおよび制御指令・系統状態の伝送機能が不可欠である。東芝では、高速演算が可能なマイクロプロセッサを適用し、かつ各種伝送系と柔軟に接続可能な新しい D III リレーを開発した。

ここでは、D III リレーを用いて最近実用化した中国電力㈱および九州電力㈱の多目的・複合形システムについてその特長、機能、構成などを紹介する。

2 複合形安定度維持システムの特長と D III リレー適用の効果

2.1 複合形安定度維持システム

2.1.1 機能・制御演算方式 このシステムは、対象とする電力系統を広域・包括的に制御し、広範囲に影響のある不安定要因から局所的なものまで対応でき、過渡安定度対策・系統分離後の周波数対策および分離系統の過電源や過負荷解

消などの複数の機能をもっている。これらの制御演算は、一般には事前演算形が適用され、異常現象に波及する事故を想定し、事故前の系統運用状態からあらかじめ対策方法を求めておく。想定する事故が発生した場合、その情報（例えばリレー動作情報）を高速に伝送して制御起動する。最近では、事故中、事故後の情報から対策方法を決定する事後演算形の併用方式も実用化されている。

2.1.2 システム構成 安定化制御演算の判定を行う中央演算装置と制御演算に必要な情報を中央演算装置に伝送し、制御指令を受ける複数の端末装置から構成される。

広域をカバーした低速伝送網により、事前の系統運用状態を把握するため各発変電所に設置された端末装置から多数の情報を収集し、保護リレー動作条件などの事故情報や制御指令など限定された情報を高速伝送網により伝送する。

2.2 D III リレーの安定化システムへの適用の効果

複合形安定度維持システムは、電力系統の広域をカバーし多数の情報が集中するため制御の自由度が高く多くの機能をもつことができるが、伝送系を含めシステム規模が大きくなり、高速演算可能なマイクロプロセッサが必要不可欠である。また保守運用性、将来の拡張性および経済性の配慮も必要である。

この系統安定化システムとしてのニーズに対して、東芝が開発した新しい D III 形デジタルリレーの適用により、十分にその効果を表すことができる。D III リレーは、高速伝送系

から低速伝送系まで豊富な通信インターフェースをもち、かつ一つのシステムでの伝送系チャネル数も80対向まで拡張できるため、端末装置から各種データを容易に収集できる。さらに高速演算可能なRISC形32ビットマイコンにより、この収集された大量の情報から今まで以上に多機能な安定化対策のための制御が実施できる。また、ヒューマンインターフェースとしてフラットディスプレイ タッチパネルが適用され、運用状態、整定値の視覚化など従来より明快な運用保守が実現できる。

図1にD IIIリレー適用の系統安定化システム例を示す。

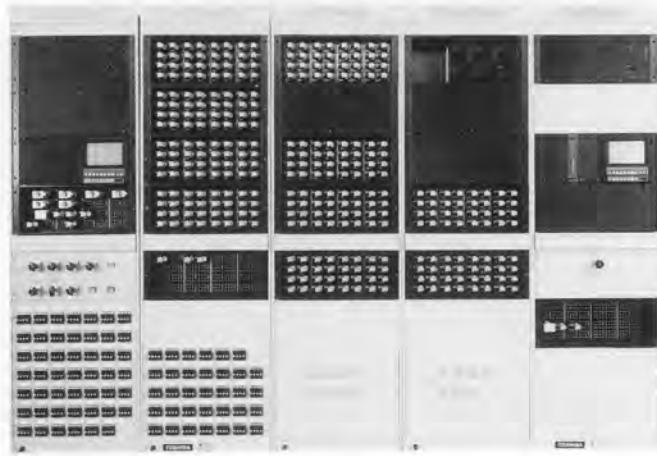


図1. D IIIリレーを適用した系統安定化システム
D III relay for stabilizing system

3 中国電力株系統安定化装置

系統安定化システムは、一つの中央演算装置と複数(5~10)の端末装置で構成される。中央演算装置と端末装置の間は、高速伝送路(HDT)と低速伝送路(CDT)で情報を伝送している。システム構成概要を図2に示す。

3.1 系統構成の特長

対象系統内には複数の発電所・変電所があり、連系変圧器で超高压送電線に連系されている。通常、対象系統内だけでは電力の需要(負荷量)と供給(発電量)のバランスが取れず、超高压送電線を介して他の系統と電力の受渡しを行っている。

3.2 系統現象および安定化対策

このシステムで対象とする現象および対策を次に示す。

- (1) 単独系統対策(周波数異常対策) 超高压送電線と接続されている連系変圧器の事故などにより、超高压送電線と切り離され、対象系統が単独になった場合、発電機の出力抑制などにより受給のバランスを保つ。
- (2) 設備過負荷対策 連系変圧器の一部が事故などにより停止し、残された連系変圧器が過負荷になった場合、

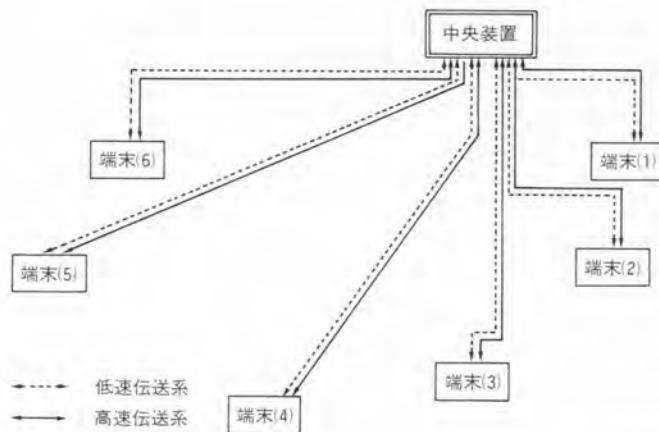


図2. システム構成 中央演算装置と端末装置から構成され、それぞれ高速伝送路・低速伝送路で結ばれている。

Outline of power system

発電機の出力抑制などにより過負荷を解消する。

3.3 制御方式および機能の特長

事故前の系統状態から対策ごとに制御対象を選択しておき、該当する事故が発生した場合、その情報を高速に伝送し対策を実施する。

以下にシステムがもつ特長(記録機能、試験機能、伝送機能)について示す。

- (1) 記録機能 装置動作時、装置内部の詳細データを大量にICカードに記録し、パソコンで解析することにより、迅速かつ高度な動作結果の分析が可能になった。ICカードを使用する利点は次のとおりである。
 - (a) 記録時間が短い 従来、プリンタを記録装置として用いたが、大量のデータを出力するには時間がかかる。ICカードの記録時間はこの装置では1s以内である。
 - (b) 現場の作業が簡単 装置に直接解析ツール(パソコン)を接続し、データを呼び出す記録方式もあるが、現場でのパソコン操作が必要になる。ICカードであれば、現場の作業はICカードの交換だけとなり、特別な機器操作を伴わない。
 - (c) 記録データをデータベースとして保存可能 プリンタで出力された場合、出力結果を任意のフォーマットに変更したり、出力結果を用いて計算を行いたい場合不便である。ICカードに記録されたデータはパソコン内にデータとして保存してあるため、フォーマット変更・計算などを簡単に実行することができる。
- (2) 試験機能 従来装置の機能確認試験、伝送情報確認試験などには特殊な試験装置を必要とした。このシステムでは前述の試験機能を装置に内蔵している。

主な試験機能を次に示す。

 - (a) 端末装置で送信データを任意に設定可能 伝送路

を介し、正しくデータを送信可能かの試験が容易にできる。また、電力値を任意に設定できるため、電流・電圧を装置に入力することなく中央装置の演算の確認が可能になった。

(b) 中央装置で受信データを試験モードで任意に設定可能 端末装置からのデータを中央装置で模擬ができるため、中央装置の演算機能確認のために端末装置からデータを入力する必要がない。

これらのため、試験を簡単に行うことができ、納入時や改造時の試験時間が大幅に短縮され、メンテナンスが容易になった。

(3) 伝送機能 CDT, HDT の伝送機能は、従来は安定化装置本体とは別の外部の伝送専用のユニットが必要であったが、今回は装置内蔵の伝送制御用 CPU 基板 1 枚で実現した。これにより伝送処理時間の短縮および装置の縮小化を図ることができた。

4 九州電力株西九州安定化システム

4.1 系統の特長

電源の立地難などにより九州北西部に電源の集中化、遠隔化、遍在化が進み、ループに構成された 500 kV 送電線および 220 kV 送電線によりこれら電源設備(以降西部系電源)が九州本系統と連系されている。

4.2 系統現象とその対策

500 kV 送電線による大電力送電中に送電線ルート事故が発生した場合、事前潮流・事故様相によっては西部系の電源は連鎖的に脱調し系統全体に動搖が波及する可能性がある。また、ループ系統を構成している 220 kV 送電線が過負荷になる恐れもある。

500 kV 送電線のルート事故のほかに Ass の母線事故、変圧器事故時も同様な現象を生ずる。

これらの安定化対策として西九州安定化システムが設備されている。Ass に安定化制御演算のための中央装置が設置され、各発電所、変電所の端末装置から送信されるデータに基づいた制御演算結果から、各端末へ電源制限などの出力を転送し、発電機の脱調による事故の拡大を防止し、また設備の過負荷を防止している。

図 3 に安定化システム構成の概要を示す。

4.3 制御概要と基本制御方式

安定化システムで実施している制御概要を図 4 に示す。過渡安定度対策と設備過負荷対策の基本制御方式を以下に示す。

- (1) 過渡安定度対策 500 kV 送電線ルート事故などの制御対象事故に対して、事故種別に常時 10 s ごとにその時点の潮流を基に事前演算を行い、安定度に対する対策の

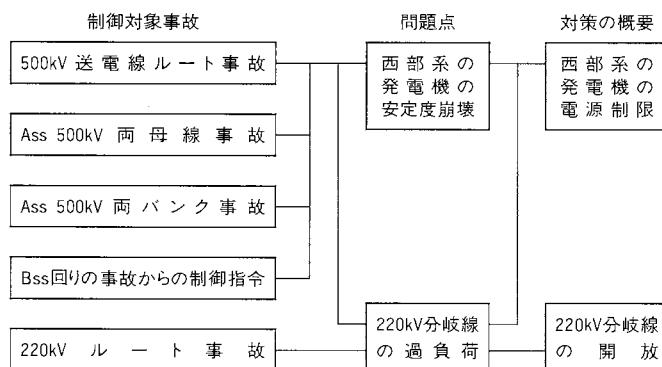


図 4. 制御概要 制御対象事故に応じて西部系発電機の電源制限と 220 kV 送電線の過負荷を制御する。

Outline of functions

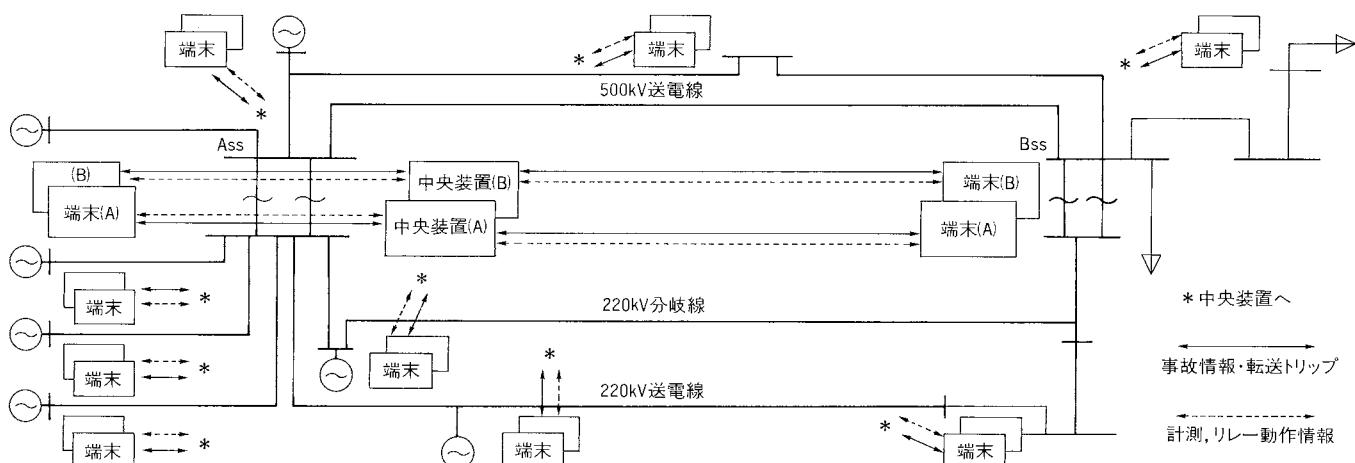


図 3. 西九州安定化システム構成の概要 西部系電源は 500 kV, 220 kV 送電線で九州本系統に接続される。安定化システムは信号入力装置、安定化装置本体、および通信回線を含めて 2 系列、多重化構成である。

Configuration of stabilizing control system

要否の判定および制御発電機の選択を行う。事故が発生すると、その事故種別に応じて選択された発電機を遮断する。

安定度判定は、無対策での限界潮流とその時点での安定度指標潮流を比較して対策の要否を判定する。無対策での限界潮流は、事前のシミュレーション結果により各種事故種別に設定する。

なお、電制発電機は、必要電制量以上になるまで、優先順位によって電制対象発電機を加えていき、選択対象とする。

- (2) 過負荷対策 ループ系統のルート事故により過負荷設備が生ずる場合には、事故発生 30 s 後に過負荷制御が起動され、10 s 周期で 3 回連続過負荷検出すると、当該線路の開放あるいは発電機遮断を実施する。

必要電制量は、過負荷当該線路のその時点の潮流と定格容量、分流係数、過負荷許容係数、運用回線数から算出する⁽¹⁾。

4.4 システム構成

安定化システムの構成は、事故情報送信盤などの信号入力装置から安定化システム本体および転送遮断装置まで、通信回線を含め信頼性の面から 2 系列化、多重化を図っている。常用／待機の運転モードを設け、當時 2 系列運用としているが、常用系動作の確認ができなければ待機系が制御出力することにより常用系不動作時でも確実に制御指令を出せる。

5 あとがき

電力系統の構成によっては複数の安定度対策をもち、かつ制御の自由度も高い複合形安定度維持システムは今後とも重要な役割を占めていく。また、高速演算機能や伝送系との柔

軟なインターフェース機能をもつ D III リレーは、この複合形安定度維持システムをはじめ多くの系統安定化システムにも適用されつつある。

今後は、高速伝送系の適用をさらに拡大し、事前演算機能と事後演算機能の併用や新しい制御理論の採用により、系統安定化システムとしての機能向上を図る。

文 献

- (1) 松尾 豊：大型電源の遍在化に伴う安定化対策について、平成 5 年電気学会全国大会シンポジウム [S.17]
- (2) 山浦 充、他：最近の系統安定化システム、第 32 回電源開発機器研究会 (1985)



松尾 豊 Yutaka Matsuo

1971 年九州電力㈱入社。系統保護制御給電システムの計画管理、技術開発に従事。現在、系統運用部制御技術課長。
Kyushu Electric Power Co., Inc.



佐伯 真 Masashi Saeki

1973 年中国電力㈱入社。系統運用、受給運用の計画、運用に従事。現在、系統運用部施設担当課長。
Chugoku Electric Power Co., Inc.



澤井 剛一 Koichi Sawai

1975 年入社。系統保護制御の技術開発に従事。現在、電力事業部電力系統技術部主査。
Power Systems Div.



石橋 哲 Akira Ishibashi

1984 年入社。保護継電装置の開発・設計に従事。現在、府中工場電力システム制御部主務。
Fuchu Works