

# 最適な送電線過負荷制御に対応する 多端子伝送型 OLR 装置の開発

■ 田沼 秀和  
Hidekazu Tanuma

地球環境に対して負荷の少ない再生可能エネルギーの導入量が増大する一方、太陽光や風力など一部の再生可能エネルギーは電力出力の変動が大きい。このため、従来の送電線過負荷保護リレー装置では、過負荷制御の対応が難しい送電線が出てきている。

本稿では、国際規格に準拠した SEL 社製の汎用 IED を搭載し、最適な送電線過負荷制御に対応する装置を開発したので紹介する。

## 1 はじめに

近年 66 kV 送電線への新規電源系統連系増加に伴い、送電線 1 回線事故時に残回線が過負荷になる場合がある。送電線は区間ごとに送電容量が異なるとともに、接続される発電事業者が太陽光発電の場合、電力出力の変動が大きいことから、従来の送電線過負荷保護リレー装置（以下、OLR<sup>注1)</sup>）では、最適な過負荷制御への対応が難しい送電線が出てきている。各地点の電力潮流値を中央装置へ伝送することにより、送電線区間ごとの潮流値を演算し、過負荷区間に対応した最適な制御を実施する多端子伝送型 OLR 装置を開発し、現地運用を開始したので紹介する。

合は、異常検出端末のみあらかじめ設定した電圧・電流の固定値を使用。

- (3) 端末装置は、メインと FD ユニットおのおので計測およびデータ伝送を行い、片側ユニット故障や伝送路片系異常でも中央装置の負荷演算処理が可能。
- (4) 端末装置のバイパス処理（転送遮断信号 ON）により、伝送片系異常時でも転送遮断が可能。
- (5) 電源・IED ユニットなどの常時監視および制御出力回路の自動点検により、装置故障を早期に発見可能。
- (6) 端末装置は、最大 16 台の接続が可能。
- (7) 初回納入の装置構成から端末増設や区間増設される場合でも、整定変更により対応が可能。

## 2 装置構成

### 2.1 システム構成

多端子伝送型 OLR 装置は、中央装置と端末装置で構成される。システム構成を図 1 に示す。中央装置は、変電所や開閉所など過負荷検出対象の送電線端に設置する。端末装置は、送電線に接続する配電用変電所や特高需要家・発電事業所の構内に設置する。

中央装置と端末装置は、SEL 社<sup>注2)</sup> IED<sup>注3)</sup> を搭載し、ネットワークで接続される。装置間の通信プロトコルは、国際標準規格 IEC 61850<sup>注4)</sup> を採用する。

端末装置の計測データは、MMS<sup>注5)</sup> 伝送により中央装置へ送信される。中央装置で区間ごとに負荷演算処理した結果にもとづき、中央装置は、送電線の過負荷区間の端末装置へ GOOSE<sup>注6)</sup> 伝送により転送遮断信号を送信する。本システムの特長を以下に示す。

- (1) 1 点故障による誤動作防止策としてメイン<sup>注7)</sup> - FD<sup>注8)</sup> 方式を採用、伝送路異常に対する冗長化対策として伝送 2 ルート方式を採用。
- (2) 中央装置は、メインと FD ユニートを連携することで計測データやユニット状態などを共有し、伝送路の片系異常でも負荷演算処理が可能。両系伝送異常に伴い端末からの計測データが途絶えた場

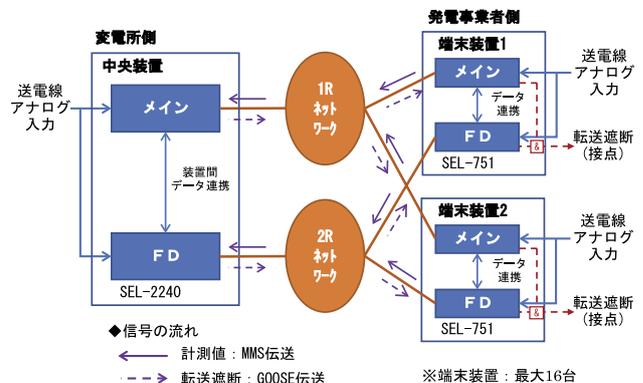


図 1 システム構成図

### 2.2 中央装置の役割と基本仕様

中央装置は、送電線区間ごとの潮流値を演算し、過負荷区間の端末装置へ遮断指令を出力する。基本仕様を以下に示す。また、処理概要を図 2、装置の外観を図 3 に示す。

- (1) 筐体構造は、屋内設置の前後面保守が可能。
- (2) 送電線区間を最大 10 区間まで設定が可能。
- (3) 区間ごとに 3 段階の過負荷動作値 (100-8,000A) と各端末ごとにタイマ値 (0-999.0 秒) を整定可能。
- (4) 夏季/冬季の 2 シーズン設定が可能。
- (5) 過負荷演算を送電回線ごとに実施し、端末装置の 1

回線受電にも対応が可能。

- (6) 中央装置および各端末装置から有効電力、無効電力、電圧値、電流値を MMS 伝送で受け取り負荷演算処理を実行。
- (7) 端末装置ごとに転送遮断/計測値のロックが可能（転送遮断の除外、計測値をゼロと認識する演算処理を実施）。
- (8) 潮流方向対応のため、皮相電流加算方式を採用。なお、皮相電流加算方式は、3.1 項を参照。
- (9) 伝送データおよび伝送路状態の監視が可能。
- (10) 端末装置の異常を中央装置で確認が可能。
- (11) 搭載 IED (SEL-2240) は、国際標準プログラミング言語 IEC 61131 に準拠。
- (12) 保護やタイマ要素の強制制御およびオシロスコープ（以下、オシロ）出力による現地試験の補助機能を搭載。

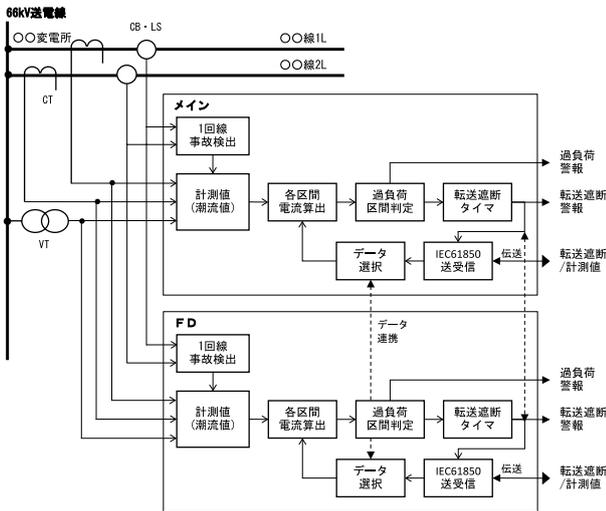


図2 中央装置の処理概要



図3 中央装置の外観

### 2.3 端末装置の役割と基本仕様

端末装置は、送電線の各区分に設置され、計測データを中央装置へ送信する。基本仕様を以下に示す。また、表1の端末タイプ④の処理概要を図4、装置の外観を図5に示す。

- (1) 筐体構造は、2タイプ（屋外または屋内設置の前後面保守が可能）。
- (2) 発電事業所設置の端末は、セキュリティ対策として、屋外扉ハンドルは、特殊な鍵番号を使用。また、屋内盤は正背面カバーの取付けに特殊ネジを使用。
- (3) 設置場所（電源設備）に応じて、電圧値・電流値の読み込み方式を5タイプ（表1参照）用意。
- (4) 既存のGOOSE-OLR処理盤から転送遮断信号を受信して制御が可能。
- (5) 保護やタイマ要素の強制制御およびオシロ出力による現地試験の補助機能を搭載。

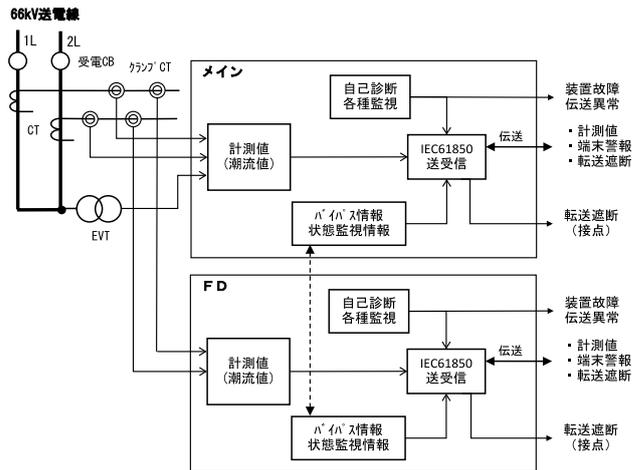


図4 端末装置の処理概要

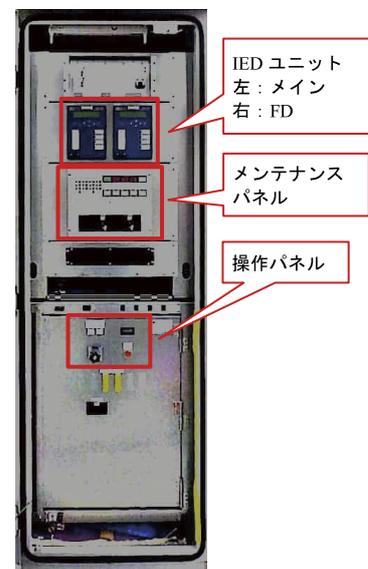


図5 端末装置の外観（扉開放状態）

表 1 端末装置の電流・電圧取り込みタイプ

設置場所	端末タイプ	電 流		電 圧	
		取り込み先	方法	取り込み先	方法
配電用変電所	①	各バンク二次 CT	直接引込	各バンク二次 EVT	直接引込
	②	1L, 2L 受電 CT	同上	受電 EVT	同上
特高需要家発電事業所	③	同上	同上	同上	同上
	④	同上	クランプ CT	同上	同上
	⑤	MOF <sup>注9)</sup>	同上	同上	同上

※電圧・電流の取り込みは、第3 (T または C) 相とする。  
 ※電圧取り込みが困難な場合、定格電圧値、力率 1.0 (固定) とする。  
 ※潮流は、送電線への流入方向を正とする。

2.4 各装置の機能

中央装置の運用・試験に関する設定・制御および表示は、パソコンのウェブブラウザが表示画面および盤面のメンテナンスパネルにより実施するが、遠隔にあるパソコンからのリモート接続にも対応する。

中央装置の機能一覧を表 2 に示す。これらの機能は、ユーザ種別により使用機能の制限が可能である。

表 2 中央装置の機能一覧およびユーザ種別

機 能	内 容	ユーザ種別
整定	整定値の読出し、変更	HMI_Operator
計測表示	中央装置、各端末装置の電流値、電圧値の表示および区間電流算出データの選択状況の表示	HMI_Operator
強制制御	選定した要素に対し、強制出力	HMI_Operator
オシロ出力	オシロ出力端子への動作信号出力	HMI_Operator
伝送遅延時間測定	伝送遅延時間の測定	HMI_Operator
自己診断結果確認	自己診断結果の確認	HMI_Operator
時刻設定	時刻設定 (ログ時刻、点検タイマ)	Administrator
ネットワーク設定	IEC61850-GOOSE HI-PC 用ネットワーク設定	Administrator
ログデータ確認	ログデータの確認	HMI_Operator
I/O 確認	各 I/O 動作状態の確認	HMI_Operator

※ユーザ種別 Administrator はすべての機能が使用できる。  
 ※ HMI\_Operator は使用できる機能が制限される。

端末装置の運用・試験に関する設定・制御および表示は、IED のアプリケーションをインストールしたパソコンおよび盤面のメンテナンスパネルにより実施するが、遠隔にある同様パソコンからのリモート接続にも対応する。

端末装置の機能一覧を表 3 に示す。これらの機能は、アクセス権限により、使用機能の制限が可能である。

表 3 端末装置の機能一覧およびアクセス権限

機 能	内 容	アクセス権限
整定	整定値の読出し、変更	アクセスレベル 2
強制制御	選定した要素に対し、強制出力	アクセスレベル 1
オシロ出力	オシロ出力端子への動作信号出力	アクセスレベル 1
自己診断結果確認	自己診断結果の確認	アクセスレベル 1
時刻設定	時刻設定 (ログ時刻、点検タイマ)	アクセスレベル 2
ネットワーク設定	IEC61850-GOOSE HI-PC 用ネットワーク設定	アクセスレベル 2
ログデータ確認	ログデータの確認	アクセスレベル 1

※アクセスレベル 2 は、すべての機能が使用できる。  
 ※アクセスレベル 1 は、使用できる機能が制限される。

3 過負荷区間トリップ設定

3.1 区間電流の算出方法

中央装置は、端末装置からの電流データを用いて区間電流を算出する。区間電流の算出は、区間電流設定によって選択された各端末装置からの有効電流 (IP)、無効電流 (IQ)、それぞれの総和を求め、皮相電流 (IS) を算出する。図 6 に示す送電線の装置設置例 (端末装置 4 台、5 区間) において、表 4 の区間電流設定を行った場合、各区間の皮相電流の算出方法を (3) 式に示す。また、皮相電流加算方式のイメージを図 7、区間電流の計算結果を表 5 に示す。

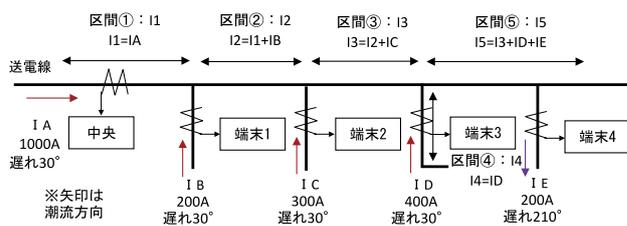


図 6 各装置の設置例

表 4 区間電流設定例

装置名称	装置記号	設置場所	区 間				
			①	②	③	④	⑤
中央	M	A 変電所	○	○	○		○
端末 1	R1	B 発電所		○	○		○
端末 2	R2	C 発電所			○		○
端末 3	R3	D 発電所				○	○
端末 4	R4	E 変電所					○

※○印は、区間ごとの装置電流値の使用 (加算) 選択を示す。

【有効電流算出】

$$\left. \begin{aligned} \text{区間①} IP &= M_{IP} \\ \text{区間②} IP &= M_{IP} + R1_{IP} \\ \text{区間③} IP &= M_{IP} + R1_{IP} + R2_{IP} \\ \text{区間④} IP &= R3_{IP} \\ \text{区間⑤} IP &= M_{IP} + R1_{IP} + R2_{IP} + R3_{IP} + R4_{IP} \end{aligned} \right\} (1)式$$

【無効電流算出】

$$\left. \begin{aligned} \text{区間①} IQ &= M_{IQ} \\ \text{区間②} IQ &= M_{IQ} + R1_{IQ} \\ \text{区間③} IQ &= M_{IQ} + R1_{IQ} + R2_{IQ} \\ \text{区間④} IQ &= R3_{IQ} \\ \text{区間⑤} IQ &= M_{IQ} + R1_{IQ} + R2_{IQ} + R3_{IQ} + R4_{IQ} \end{aligned} \right\} (2)式$$

【皮相電流算出】

$$\left. \begin{aligned} \text{区間①} IS &= \sqrt{((\text{区間①} IP)^2 + (\text{区間①} IQ)^2)} \\ \text{区間②} IS &= \sqrt{((\text{区間②} IP)^2 + (\text{区間②} IQ)^2)} \\ \text{区間③} IS &= \sqrt{((\text{区間③} IP)^2 + (\text{区間③} IQ)^2)} \\ \text{区間④} IS &= \sqrt{((\text{区間④} IP)^2 + (\text{区間④} IQ)^2)} \\ \text{区間⑤} IS &= \sqrt{((\text{区間⑤} IP)^2 + (\text{区間⑤} IQ)^2)} \end{aligned} \right\} (3)式$$

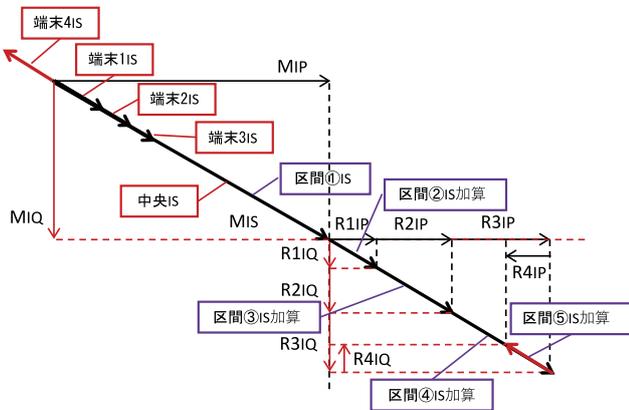


図7 皮相電流加算方式のイメージ

表5 区間電流の計算結果

【演算式による区間電流値】

装置	電流名	電流		各装置		区間電流設定				
		電流値(A)	遅れ角(度)	IP(A)	IQ(A)	①	②	③	④	⑤
中央	IA	1000	30	866	500	1	1	1	0	1
端末1	IB	200	30	173	100	0	1	1	0	1
端末2	IC	300	30	260	150	0	0	1	0	1
端末3	ID	400	30	346	200	0	0	0	1	1
端末4	IE	200	210	-173	-100	0	0	0	0	1
区間Σ IP(A)						866	1039	1299	346	1472
区間Σ IQ(A)						500	600	750	200	850
区間電流(A)						1000	1200	1500	400	1700

3.2 区間トリップの設定

3.1 項で算出した区間ごとの電流値がリレー整定値を

超過した場合に出力する転送遮断信号送信先の端末装置を、区間リレーごとに設定できる。区間トリップの設定例（端末装置4台、5区間）を表6に示す。

表6 区間トリップ設定例

トリップ出力対象	装置記号	処理タイム	処理タイム起動条件				
			①	②	③	④	⑤
送電線	-	T 自端	○	○	○		○
端末1	R1	T1		○	○		○
端末2	R2	T2			○		○
端末3	R3	T3				○	○
端末4	R4	T4					

※○印は、処理タイム起動条件を示す。

4 おわりに

多端子伝送型 OLR 装置や従来の OLR 装置は、送電線の電源連系増加に伴う 1 回線事故時の過負荷保護を IEC 61850 に準拠した汎用 IED を搭載した装置で構築し、運用中である。今後本システムへの他社製装置の接続評価を検討し、さらなる利便性向上を進めていきたい。

■ 語句説明

注1) OLR : Over Load Relay (過負荷リレー) の略称、従来型 OLR は、送電端の過負荷検出で発電設備を契約順に遮断するが、多端子伝送型は、送電線を区間分割して過負荷区間の発電設備を優先して遮断する。

注2) SEL 社 : Schweitzer Engineering Laboratories, Inc. の略称、米国ワシントン州プルマンに本社工場。

注3) IED : Intelligent Electronic Device (高性能電子装置) の略称、システムの合理化、標準化を図ることができる。内蔵機能を組み合わせて幅広くユーザカスタマイズができ、汎用性が高い。IEC 61850-2 に定義。

注4) IEC 61850 : 変電所の統合 / オートメーションに使用される通信ネットワークとシステムの規格。

注5) MMS : Manufacturing Message Specification の略称、リアルタイムデータと監視制御情報を転送するための国際的に標準化されたメッセージングシステム。

注6) GOOSE : Generic Object Oriented Substation Event の略称、IED が有するデータをイーサネットのマルチキャストで高速通信する方式。

注7) メイン : Main Detecting Relay (主検出リレー) の略称。

注8) FD : Fault Detecting Relay (事故検出リレー) の略称。

注9) MOF : 計器用変圧器と変流器を 1 つの箱に組み込んだ機器、現在は VCT (Voltage and Current Transformer) と呼ぶ。

田沼 秀和

電力プラント事業本部 電力システム製造部  
保護制御装置設計グループ 所属