

架空線／地中線 事故判別システムの本格納入

Full-Scale Delivery of Faults Sector Systems for Overhead/Underground Transmission Lines

古川 修*
Osamu Furukawa

山下 誠一
Seiichi Yamashita

山城 将
Sho Yamashiro

南部 順也
Junya Nambu

酒井 治
Osamu Sakai

現代社会において電力の安定供給の重要性は益々高まっているが、落雷等による送電線事故は皆無という状況に至っておらず、万一、送電線事故が発生した場合、迅速かつ効率的に事故発生箇所を特定して復旧対応を行う必要がある。特に、架空線と地中線が混在する送電線路においては、事故復旧の対応方法がそれぞれ異なることから、事故発生箇所が架空線か地中線かを判定することは、早期復旧する上で重要とされている。架空地線及び地中線に電流センサを設置して、その電流情報から架空線と地中線の事故を判定する「架空線／地中線事故判別システム」を開発し、電力会社に本格的に導入されたことから、その概要について報告する。

Stable electric power supply is vital for today's society. However, line faults still occur because of lightning strikes or other causes. Line faults must be located and repaired as quickly as possible. In particular, in the case of line faults where overhead and underground transmission lines are connected, recovery measures differ by location. Thus, locating the line fault and determining whether the line fault is on the overhead or underground transmission line is critical for early recovery. We have developed the Faults Sector Systems that identify line faults based on the information from current sensors installed on overhead ground wires and underground power cables. These systems have been fully implemented in electric power companies. This paper reports on the outline of the systems.

キーワード：事故区間標定システム、CT、ロゴスキーコイル、架空線／地中線事故判別

1. 緒言

現代社会において、高度情報化社会の進展に伴い、電力の安定供給の重要性は益々高まっているが、落雷等による送電線事故は皆無という状況に至っておらず、万一、送電線事故が発生した場合、迅速かつ効率的に事故発生箇所を特定して復旧対応を行う必要がある。

当社では、架空送電線向けの監視システムとして、事故区間標定システム（FL：Fault Location）^{*1}を電力会社に納入しており、300線路以上で運用されている。落雷等の送電線事故が発生した場合の事故発生箇所の特定など送電線保守業務に有効活用されている。

一方、送電線路においては、架空線のみではなく地中線と混在する線路形態があり、そのような線路で送電線事故が発生した場合、事故復旧の対応方法が異なることから、事故発生箇所が架空線か地中線かを判定することは早期復旧する上で重要とされている。

架空地線^{*2}及び地中線に電流センサを設置して、その電流情報から架空線と地中線の事故を判定する「架空線／地中線事故判別システム」を開発し、電力会社に本格的な納入を行っている。以下に、その概要について報告する。

2. 架空線／地中線 事故判別システムの概要

架空線／地中線事故判別システムは架空センサ方式と地中センサ方式の2つの方式があり、適用する線路や鉄塔の形態に応じて選定する。システムの基本構成を図1に示す。

①架空センサ方式

架空地線の電流を検出する架空センサ（CT^{*3}）を地中線分岐鉄塔と隣接する鉄塔（地中線分岐鉄塔から5～10基先の鉄塔）の2箇所に配置し、送電線事故が発生したときの架空地線に流れる電流を検知する。

架空地線があり、送電線事故時に架空地線に電流が流れる線路に適用する。具体的には、送電線の電圧が66kV以上で中性点接地^{*4}がされている線路が対象となる。

②地中センサ方式

地中線分岐鉄塔において、架空地線に架空センサ及び地中線の3相導体の各相に地中センサ（ロゴスキーコイル^{*5}）を取り付けて、送電線事故が発生したときの架空地線と地中線に流れる電流を検知する。

送電線の電圧が66kV未満で中性点が高抵抗で接地されている線路等、送電線事故時に架空地線に電流が流れない線路や架空地線がない鉄塔を対象に架空センサを適用できない場合、地中センサのみを適用することも可能である⁽¹⁾。また、地中線の巨長が2km以上の線路では地中線の両端に地中センサを配置する場合がある。

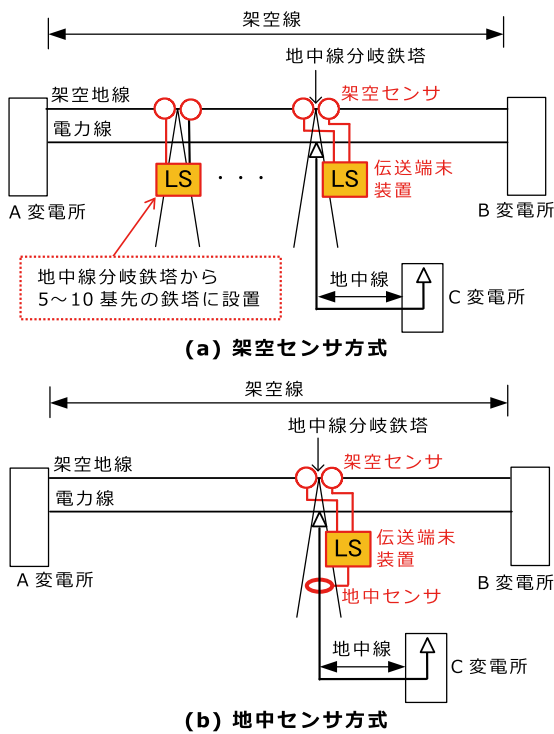


図1 システムの基本構成

3. 架空センサ方式

3-1 構成

機器配置及びシステム構成を図2に示す。使用するセンサと機器は、FLの機器を流用している。

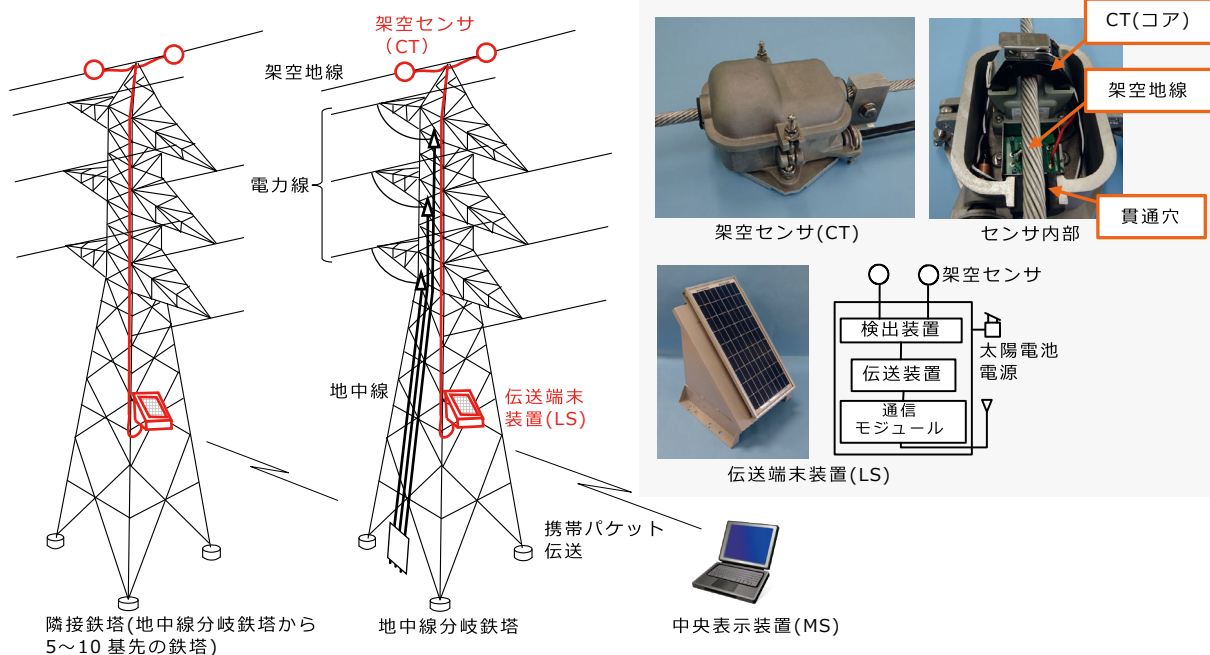


図2 機器配置及びシステム構成 (架空センサ方式)

(1) 架空センサ

架空センサは、鉄塔の架空地線に取り付けて、架空地線の電流に対応した出力を鉄塔下部に設置した伝送端末装置まで伝送する。センサの数量は架空地線の条数によって決まる。例えば、架空地線が1条であれば、鉄塔を挟むように前後に1台ずつ合計2台取り付け。センサの取付方法は、専用金具を使って架空地線に直接把持して固定する方法で行う。

(2) 伝送端末装置 (LS^{*6})

伝送端末装置では、常時センサで検出する架空地線の電流をモニタし、電流の大きさや事故の継続サイクル数等により事故発生の有無を判定し検出する。送電線事故時の電流情報を、通信回線を介して中央表示装置に伝送する。通信方式としては、携帯電話の packet 網及びインターネットを介して、電子メールで伝送する方式を採用している。電源は太陽光発電パネルとバッテリーを使用していることから、配電線からの電源供給は不要である。

(3) 中央表示装置 (MS^{*7})

中央表示装置は、汎用的な CPU、OS を搭載したパソコンを使用する。事故判定ソフトウェアが内蔵されており、鉄塔から送られてくる送電線事故時の電流情報を用いて、架空線と地中線の事故判定を行う。

3-2 機能・仕様

架空センサ方式の機能・仕様を表1に示す。架空センサはCTのコアの中心に架空地線を通すため、2分割して半割れしたコアを上下に重ね合わせる構造のCTを使用している。伝送端末装置はセンサ入力4入力あり、架空センサを4台まで接続することが可能である。

表1 機能・仕様 (架空センサ方式)

項目	機能、仕様	
架空センサ	種類	2分割型CT (コア材質：フェライト)
	貫通穴	約35mm以下
	検出可能電流	500A/1000A/15000A以下 (レンジ毎)
伝送端末装置	センサ入力	4ch
	機能	メモリ：事故検出結果16件分を記録
		自己診断：内部回路異常、時刻等
		電源監視：電源電圧を監視
	通信方式	携帯パケット伝送 (LTE) 方式
電源	太陽光発電パネル：12V-14W×1枚 バッテリー：12V-38Ah×1台	
中央表示装置	パソコン	仕様：汎用的なCPU、OSを搭載 機能：架空線/地中線事故判定処理 事故判定結果の画面表示等

3-3 事故判定処理

鉄塔から送られてくる架空センサの事故時の電流情報とEMTP (電力系統の汎用過渡現象解析プログラム) によるシミュレーション結果を照合して、電流分布が合致する区間を事故区間として検出する。その検出結果に基づいて架空線と地中線の事故を判定する。シミュレーション結果との照合にはニューラルネットワークを用いている。事故判定処理フローを図3に示す。

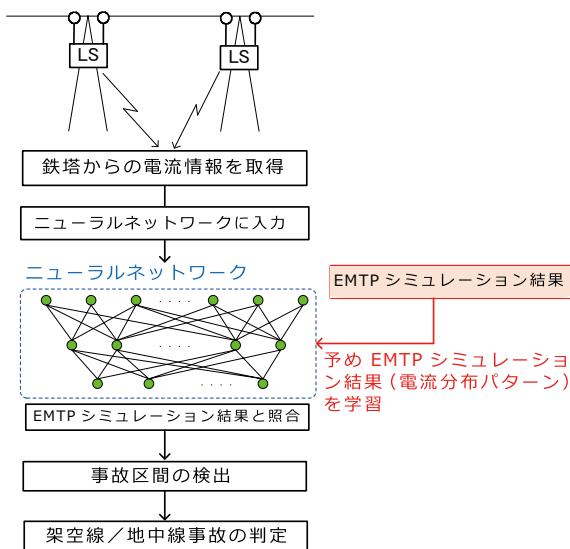


図3 事故判定処理フロー (架空センサ方式)

架空センサ方式では、架空センサを地中線分岐鉄塔と隣接鉄塔 (地中線分岐鉄塔から5~10基先の鉄塔) の2箇所に配置して、その電流情報を用いて架空線と地中線の事故判定を行っている。図4のシミュレーション結果を例に、架空センサを地中線分岐鉄塔と隣接鉄塔の2箇所に配置す

る必要性について説明する。シミュレーションの条件を表2に示す。

地中線分岐鉄塔であるNo.15鉄塔では、図4 (b) の①に示すように架空線事故と地中線事故の電流値が近い値となることから、架空線と地中線の事故を区別することができない。地中線分岐鉄塔から5~10基先の隣接鉄塔にあたるNo.5~No.10鉄塔では、図4 (b) の②に示すように架空線事故と地中線事故の電流値に差が生じることから、架空線

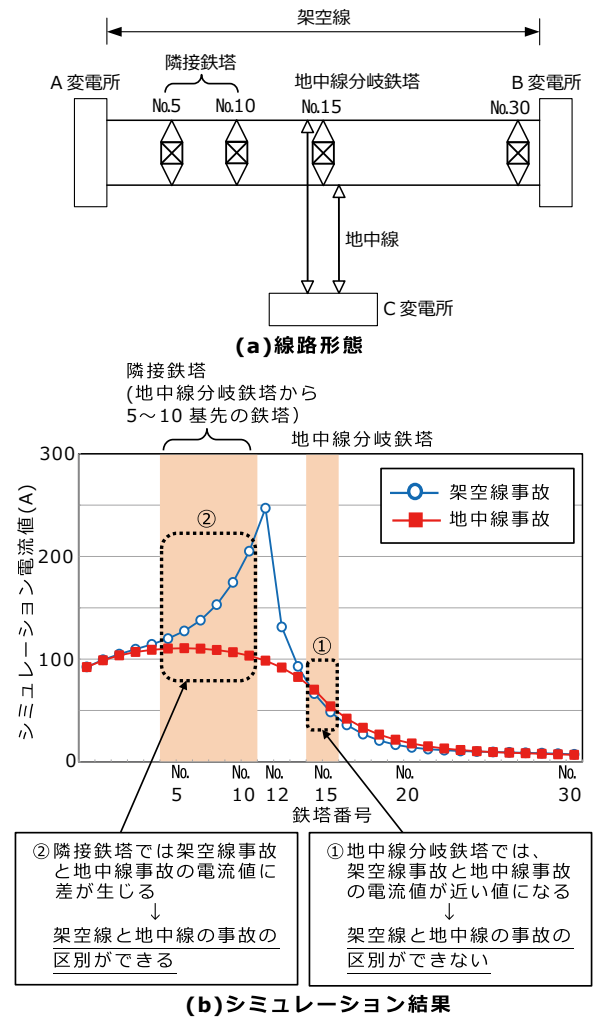


図4 シミュレーション結果例

表2 図4のシミュレーション条件

項目	内容
線路形態	鉄塔30基の架空線、その中間のNo.15鉄塔で地中線が分岐している線路 (図4 (a)) 地中線分岐鉄塔：No.15、隣接鉄塔：No.5~No.10
架空線事故	事故発生箇所：No.12鉄塔 No.12鉄塔での送電線事故時に架空地線に流れる電流値を鉄塔毎に計算する (図4 (b) 〇-)
地中線事故	事故発生箇所：No.15鉄塔から分岐している地中線 地中線事故時に架空地線に流れる電流値を鉄塔毎に計算する (図4 (b) ■-)

と地中線の事故を区別することができる。

このように、架空センサを地中線分岐鉄塔に配置するだけでは架空線と地中線の事故を判定できない場合がある。架空センサを隣接鉄塔に追加して2箇所の電流値を組み合わせることで、少なくとも2箇所のうち1箇所は架空線事故と地中線事故の電流値の差が生じるため、架空線と地中線の事故判定が可能となる。

4. 地中センサ方式

4-1 構成

機器配置及びシステム構成を図5に示す。地中センサを3相導体の各相に取り付けて、中継箱もしくは伝送端末装置内で3相合成及び2回線合成して入力装置に接続する。地中センサはログスキーコイルを使用しているため出力電圧が小さく、入力装置において信号を増幅してから伝送端末

装置に入力する。

地中センサの数量は地中線の形態によって決まる。例えば、単心のCVケーブル^{※8}では回線毎に3台、単心ケーブルを3本より合わせたCVTケーブル^{※9}では回線毎に1台取り付ける。地中センサの取付方法は、地中線を把持している既設のクリートを使って鉄塔部材に固定する方法で行う。地中線に直接取り付けるのではないため、地中線本体に無理な荷重や損傷を与えることなく、固定できる。また、センサの出力電圧が小さく感電の恐れがないため、活線状態での施工が可能である。地中センサの取付方法を図6に示す。

中継箱は地中センサの周辺に設置し、ステンレスバンドを使って鉄塔部材に固定する。伝送端末装置は架空センサ方式と同じものを使用し、地中センサの入力装置を筐体内に収納する。

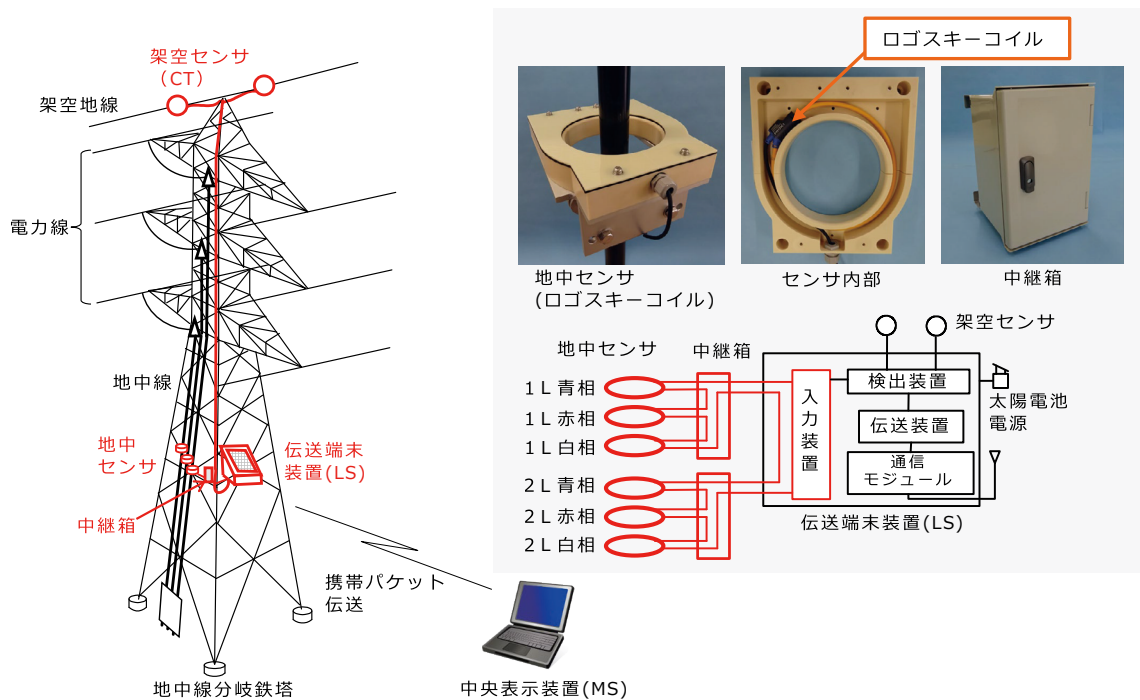


図5 機器配置及びシステム構成 (地中センサ方式)

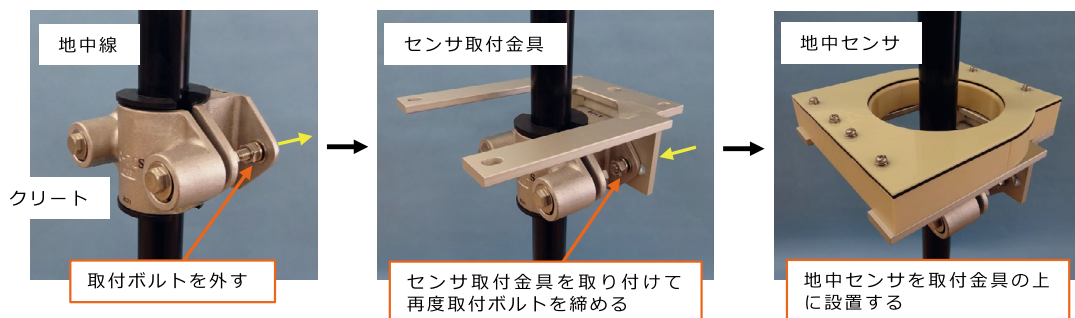


図6 地中センサの取付方法

4-2 機能・仕様

地中センサ、中継箱、入力装置の機能・仕様を表3に示す。

表3 機能・仕様 (地中センサ、中継箱、入力装置)

項目		機能、仕様	
地中センサ	種類	ロゴスキーコイル	
	適用ケーブル径	約140mm以下	
	検出可能電流	40A/500A以下 (レンジ毎)	
中継箱	材質	ポリカーボネイト	
	防水性能	IP65	
入力装置	センサ入力	1ch	
	測定レンジ	40Aレンジ	500Aレンジ
	入力レベル	0~5mV	0~60mV
	出力レベル	0~5V	0~5V
	出力レベル	0~5V	0~5V

4-3 事故判定処理

各相に取り付けられている地中センサは常時数十~数百A相当の電流を検出するが、各相のバランスがとれているため、3相合成及び2回線合成の電流値は0A程度になる。地中線事故時は各相のバランスがくずれるため、3相合成及び2回線合成の電流値が大きく変化する。

この原理を用いて、地中センサの検出電流値をしきい値処理して、地中線事故の有無を判定する。しきい値は適用する線路毎にシミュレーションを行い、予め設定しておく。更に、架空センサの事故区間検出結果を加えて、架空線と地中線の事故を判定する。事故判定処理フローを図7に示す。

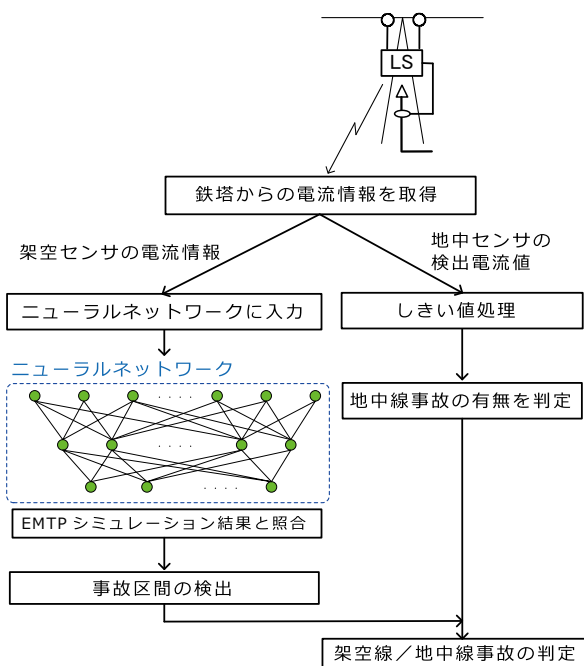
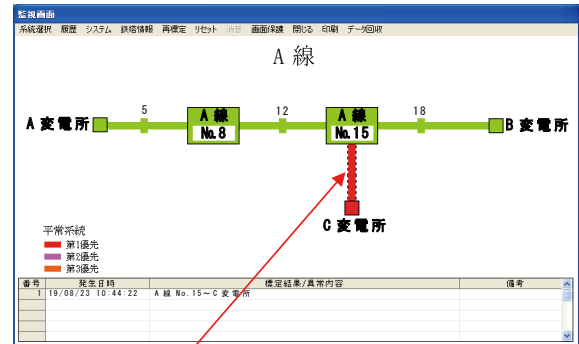


図7 事故判定処理フロー (地中センサ方式)

5. システムの効果

架空線/地中線事故判別システムは、現在、架空センサ方式が100箇所以上、地中センサ方式が数箇所の地中線分岐鉄塔を対象に運用されている。

これまでに架空線事故と地中線事故を検出して正しく標定してきた実績がある。地中線事故を検出した場合の中央表示装置の画面表示例を図8に示す。



No.15 鉄塔から分岐している地中線を第1優先区間として事故検出

図8 中央表示装置の画面表示例

6. 結 言

架空線/地中線事故判別システムとして、FLの技術をベースに、架空センサを適用する方式と地中センサを適用する方式の2つの方式のシステムを開発し、電力会社に本格的な納入を行っている。実線路で運用しているシステムでは、架空線と地中線の事故を正しく判定した動作実績があり、送電線保守業務に有効活用されている。

用語集

※1 事故区間標定システム (FL: Fault Location)

架空送電線での落雷等による事故発生箇所を特定するシステムで、当社では事故時に架空地線を流れる電流をCTで検出する方式を採用している。

※2 架空地線

避雷及び遮へいのために鉄塔上部に張られた接地線。送電線の最上部に敷設することで、送電線（電力線）への直撃雷を保護する避雷設備の役割を持つ。

※3 CT

Current Transformer：電流による磁界の変化を磁気コアにより検出して交流電流を測定する電流センサ。

※4 中性点接地

三相交流で送電されている線路において、発電機や変圧器の電気的中性点（星形（Y）結線の各相の共通接続点）を接地すること。主に、中性点を直接導体に接地する方式と抵抗で接地する方式がある。

※5 ログスキーコイル

交流電流による磁界の検出に磁気コアを用いず、空芯コイルに誘起される電圧を変換して測定する電流センサ。

※6 LS

Local Station：伝送端末装置の略称。

※7 MS

Master Station：中央表示装置の略称。

※8 CVケーブル

架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル。電力用ケーブルの一種で、導体を架橋ポリエチレンで被覆し、その外周をビニルシースで被覆した構造のケーブル。

※9 CVTケーブル

多心のCVケーブルの一種で、CVケーブルを3本より合わせたもの。

参考文献

- (1) 桜井敬志、今川武彦、松下友久、酒井治、[架空線/地中線 送電線路故障区間判別装置の開発と適用]、2012年電気学会 電力・エネルギー部門 (B部門) 大会、pp. 50-9~50-10 (September 2012)

執筆者

古川 修*：架空線事業部 主席



山下 誠一：架空線事業部 主査



山城 将：架空線事業部 主査



南部 順也：架空線事業部



酒井 治：架空線事業部 グループ長



*主執筆者