

安定した電力供給を支える 新形故障区間検出装置の開発

■ 早坂 秀一

Shuichi Hayasaka

■ 檜木 陽一

Yoichi Naraki

■ 梶田 聡

Satoshi Kajita

■ 清水 俊博

Toshihiro Shimizu

■ 松本 崇志

Takashi Matsumoto

1 はじめに

東京電力パワーグリッド株式会社（以下、東電 PG）における気中絶縁方式の変電所にて使用されている故障区間検出装置は、1990 年に実運用を開始し、現在 154 kV・66 kV 合わせて約 400 台が稼働中である。配電用変電所においては、母線事故時に遠方監視制御装置（以下、テレコン）が持つ自動切替機能に故障区間検出装置の判定結果を取り込み、健全区間を自動復旧させているため、配電用変電所の構内事故時の早期復旧に必要不可欠な装置である。

今回、光 CT をがい管に取り付けた場合でも超重汚損地区にも対応できるよう、汚損性能が高いポリマーがい管を選定し、光 CT と組み合わせた新形光 CT 付気中断路器（以下、新形断路器）を開発した。本稿では、その断路器と従来型から大幅に小型化した検出盤にて構成される故障区間検出装置について紹介する。

2 故障区間検出装置概要

母線事故時に故障区間を判定する当装置は、光ファイバ内蔵ポリマーがい管および光電流センサを組み合わせた気中断路器・検出盤・信号伝送用光ファイバケーブルから構成される（図 1）。

同装置は母線事故発生時、光電流センサで検出した事故電流は光ファイバケーブルを介して検出盤まで伝送され、検出盤で信号処理およびリレー判定を行い、故障区間が判定される。母線事故の判別区間の一例を図 1 に示す。

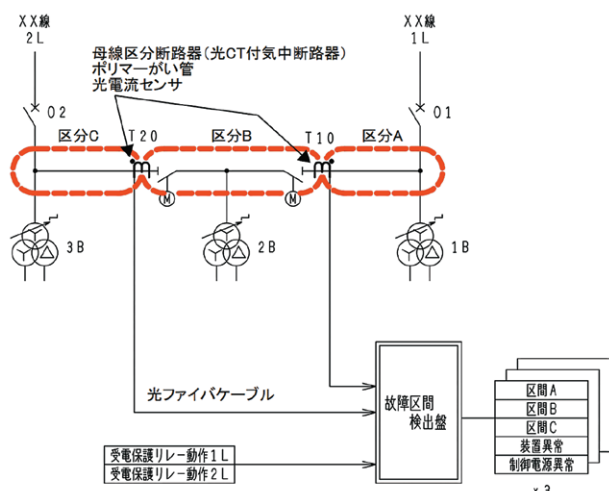


図 1 装置構成および母線事故の判別区間の一例

3 新形光 CT 付気中断路器

3.1 新形断路器の概要

従来形およびポリマーがい管を用いた新形断路器の諸元を表 1 に示す。新形断路器には光 CT とがい管を組み合わせた技術を有する RPC GmbH^{注1)} 製のポリマーがい管を採用した。このポリマーがい管を光 CT ユニットに組み込んだ THR5CT2-LGP を図 2 に示す。

表 1 新形断路器の諸元

	従来形	新形
形式	THR5CT-LGP	THR5CT2-LGP
定格電圧	72 kV	
定格電流	800, 1,200, 2,000 A	
定格短時間耐電流	20, 25, 31.5 kA (2 秒)	
汚損区分	重汚損地区 (0.12 mg/cm ² 以下)	超重汚損地区 (0.35 mg/cm ² 以下)

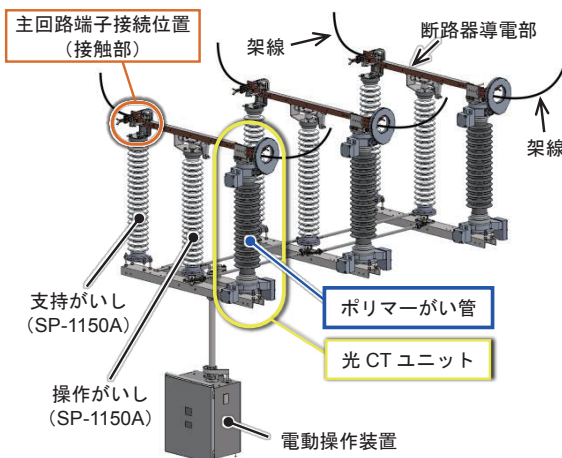


図 2 新形断路器

3.2 新形断路器のコンセプト

(1) 既設機器との互換性

新形光 CT ユニットは既設機器に合わせて、支持がいし・操作がいしが SP-1150 A となる場合の高さにし、主回路端子接続位置が既設機器と同じになるようにした。

(2) 頂部変位の抑制

地震により導電部の接触部が離脱しないよう、がいし・がい管の頂部変位の抑制が必要となる。新形光 CT ユニットでは、ポリマーがい管の胴径を大きくするなど、内部 FRP（繊維強化樹脂）部の強度を上げることで、頂部変位を抑制した。

(3) 汚損区分

新形断路器は超重汚損地区でも適用可能にした。適用汚損区分の比較を表2に示す。

表2 適用可能汚損区分比較表

	適用可能範囲				
汚損区分	一般	軽汚損	中汚損	重汚損	超重汚損
塩分付着密度 (mg/cm ²)	0.01	0.03	0.06	0.12	0.35
従来形	←→				
新形	←→				

3.3 ポリマーがい管の評価

ポリマーがい管の仕様比較を表3に示す。当社製の気中断路器にポリマーがい管を採用することは初めてであるため、JEC-5202:2019に規定された試験を実施し、新形光CTユニットおよびポリマーがい管が、いずれも規格を満足していることを確認した。実施した試験項目を表4に示す。その中の一例として人工汚損試験における供試器の状況を表5に示す。

表3 がい管仕様比較一覧表

		従来形	新形
材質	胴体	磁器	樹脂 (FRP)
	笠・表皮		樹脂 (シリコン)
色		白	ライトグレー
胴径		φ105 mm	φ140 mm

表4 新形光CTユニット試験項目一覧

光CTユニット	1	構造検査	
	2	絶縁抵抗測定	
	3	商用周波耐電圧試験 (乾燥, 注水)	
	4	雷インパルス耐電圧試験	
	5	可視コロナ試験	
	6	ポリマーがい管の試験	
ポリマーがい管	1	7	水分拡散試験
	2	8	曲げ試験
	3	9	寸法検査
	4	10	把持金具と外被の界面の検査
	5		
	6	11	外観検査
		12	人工汚損交流耐電圧試験

表5 人工汚損試験における供試器の状況

	試験開始時	汚損耐電圧到達時	フラッシュオーバー時
図			
電圧	0 kV	約 69 kV	約 100 kV
状況	供試器に砥の粉を塗布することで撥水効果を低減させた。	アークは発生しているが、フラッシュオーバーは起こっていない。	フラッシュオーバーは汚損耐電圧目標値より高い電圧で起こった。

3.4 新形断路器の評価

ポリマーがい管単体での評価完了後、新形断路器に組み込み JEC-2310:2014 形式試験・参考試験を実施し、規格を満足していることを確認した。試験項目を表6に示す。

なお、実加振試験では JEAG 5003-2019^{注2)}における設計基準波“2倍レベルの加速度応答スペクトル波形”を用いて試験を実施し、加振時の頂部変位およびその他の部位の耐震性能を評価した。供試器の試験状況および加振テーブル入力波形を図3、図4⁽¹⁾に示す。

表6 新形断路器 試験項目一覧

形式試験	1	構造検査
	2	絶縁抵抗測定
	3	商用周波耐電圧試験
	4	雷インパルス耐電圧試験
	5	主回路抵抗測定
	6	開閉試験
	7	端子荷重試験
	8	温度上昇試験
	9	短時間耐電流試験
参考試験	10	耐用性能検証連続開閉試験
	11	耐震試験 (実加振試験)

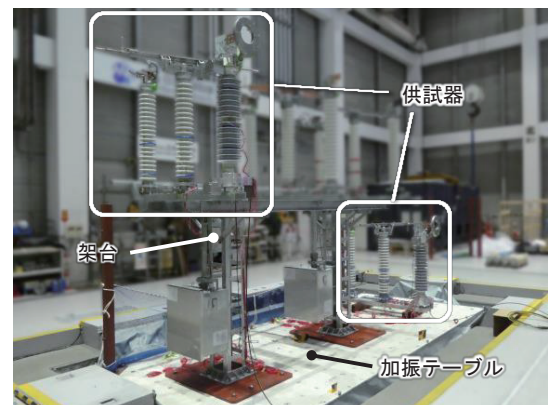
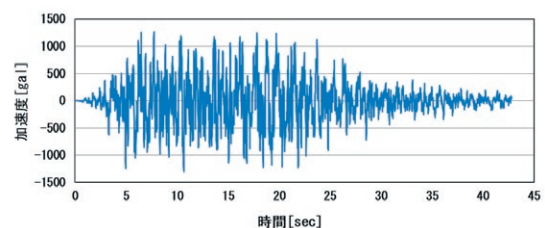
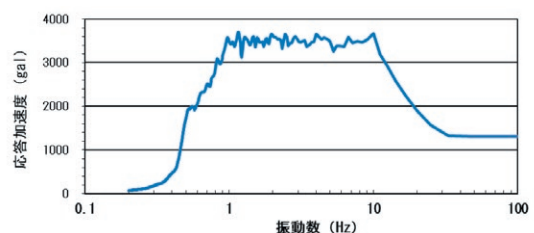


図3 供試器の試験状況 (試験場所: 株式会社日本海洋科学)



(a) 模擬地震動波形



(b) 加速度応答スペクトル波形

図4 加振テーブル入力波形
(参考文献 (1) 80 頁第 3-2-5 図より引用)

4 検出盤

4.1 検出盤概要

(1) 構造

当社で製作しているデジタル処理ユニットを使用した故障区間検出装置（以下、従来型装置）をベースとして、狭い制御室内に設置可能なように東電 PG からの指定寸法以下まで従来型装置（幅 350 × 高さ 2,460 × 奥行 450 mm）を小型化（幅 500 × 高さ 1,150 × 奥行 250 mm）した（図 5）。

今回開発した装置はキャビネット形とし、各ユニットは内部に扉式の固定板を設けて実装する構造を採用した。

検出盤の小型化にあたっては、判定ユニット・光電変換ユニットは従来型装置のものをそのまま流用し、電源ユニットは盤の寸法に合わせて小型にしたものを新規に製作している。

また、部品配置の最適化やユニットの実装方法を水平置きから縦置きにするなどの工夫により、目標の大きさの筐体に各ユニット・部品を内蔵させることができた。

(2) 扉部の LED 表示灯

検出盤は制御電源開閉器と故障表示部を内部に実装している。運用・保守を考慮した際、正面扉を開けずに運転状態を把握できる利点があることから、現地で確認が必要となる装置異常 LED（赤色）と、制御電源の投入状態を示す制御電源 LED（緑色）を正面扉に実装した。

(3) 判定機能

故障区間判定機能の中で、母線故障を検出するリレー方式および故障区間を決定する判定ロジックは既設品と同

様としている。故障区間を検出した際の判定結果はテレコンを経由し上位システムに通知されるようになっている。

図 5 に従来型装置と当装置（今回開発装置）の外形比較、図 6 に検出盤の外観を示す。

4.2 検出盤性能の検証試験

(1) 検証試験

検出盤の性能を確認するための検証試験を実施した。

検出盤における装置性能の準拠規格は、電力用規格 B-402、関連する JEC 規格および東電 PG の保護・制御盤規格を参照している。また、光 CT に関連した規格は公的規格にないため、従来型装置からの踏襲、または性能を考慮して決定した値を基準としている。

図 7 に振動試験風景、図 8 にイミュニティ試験風景を示す。

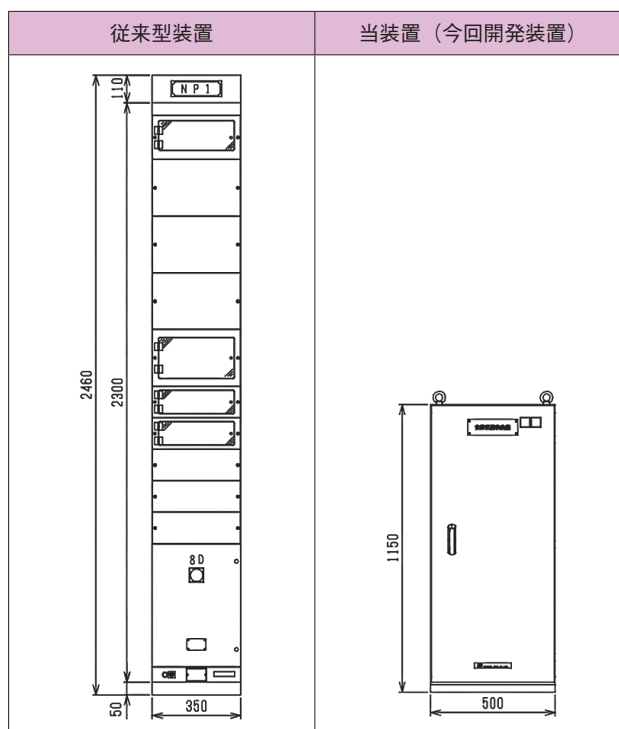


図 5 従来型装置と当装置の外観比較



(a) 正面扉を閉めた状態



(b) 正面扉を開けた状態

図 6 検出盤の外観



図 7 振動試験風景

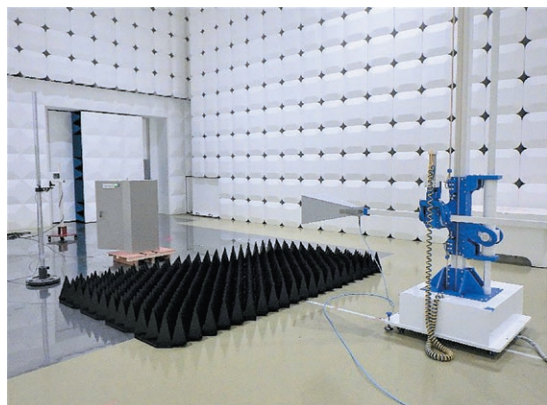


図 8 イミュニティ試験風景

(2) 試験結果

一連の試験の結果は良好であり、すべての項目で判定基準を満たすことを確認した。

表 7 に検出盤試験項目一覧を示す。

表 7 検出盤試験項目一覧

形式試験	1	構造点検	12	制御電源入力異常試験
	2	絶縁抵抗測定	13	負担測定
	3	商用周波耐電圧試験	14	故障検出特性試験
	4	雷インパルス耐電圧試験	15	A/D 変換部試験
	5	温度上昇試験	16	機能試験
	6	温度性能試験	17	総合動作試験
	7	過負荷耐量試験	18	極性試験
	8	耐久性試験	19	誤差試験
	9	イミュニティ試験	20	温度試験
	10	接点容量試験	21	耐電流試験
	11	振動衝撃試験		

※項目 18～21 は光 CT に対する試験

5 おわりに

本製品の初号機は東電 PG の木有戸変電所（茨城県筑西市）にて運用を開始されており、今後電力の安定供給に寄与できることを期待している。

今回の開発により、光 CT がついたポリマーがい管を用いた断路器でも従来形と遜色なく使用できる技術確立した。その過程において、断路器をはじめ、他のがいしを使った電力機器へポリマーがい管を適用するための知見を高めることができた。この知見を活かした他製品への展開も検討していきたい。

■語句説明

注 1) RPC GmbH : Reinhausen Power Composites GmbH の略。ドイツのレーゲンスブルクにある、高電圧用複合絶縁体のメーカー。Reinhausen グループ^(※)に属しており、FRP 巻線技術を用いた電力工学、医療工学向けの製品を得意としている。

※ Reinhausen グループ : Maschinenfabrik Reinhausen GmbH を中心としたグループ。ドイツのレーゲンスブルクを拠点に、37 支社および関連会社 6 社を持つ機器メーカーで構成される。高電圧設備を中心に、センサや通信技術など、幅広い分野の製品・技術を扱っている。

注 2) JEAG : 電気技術指針 (Japan Electric Association Guide) の略。JEAG 5003-2019 は「変電所等における電気設備の耐震設計指針」であり、変電所等において地震被害により電力の供給に重大な支障をきたさないようにまとめられた設計指針である。

■参考文献

(1) JEAG 5003-2019 「変電所等における電気設備の耐震設計指針」一般社団法人日本電気協会発変電専門部会 (令和 2 年 1 月 20 日第 4 版発行)

早坂 秀一

電力プラント事業本部
第二設計部 保護制御装置設計グループ 所属

檜木 陽一

電力プラント事業本部
第二設計部 保護制御装置設計グループ 所属

梶田 聡

電力プラント事業本部
第二製造部 断路器製造グループ 所属

清水 俊博

電力プラント事業本部
第一設計部 断路器設計グループ 所属

松本 崇志

電力プラント事業本部
第一設計部 断路器設計グループ 所属