

# CTを用いた活線下部分放電検出装置

電力技術開発センタ 室 伏 辰 也<sup>\*1</sup>・浦 辺 裕 二<sup>\*2</sup>  
産業電線事業部 小 川 達 也<sup>\*3</sup>・新 元 孝<sup>\*4</sup>

## Development of the Partial Discharge Detection Equipment in Live-Wire by Using CT

T . Murofushi , Y . Urabe , T . Ogawa & T . Shinmoto

期待寿命を迎えた設備をさらに限界まで使うことが指向されている今日、ケーブルについても同様な要求があり、その支えとなる絶縁診断技術の高度化・普遍化が強く望まれている。そこで、最終的にはあらゆる劣化、欠陥、異常に直結する部分放電を検出する装置の開発に取り組んだ結果、高感度検出、価格、簡便性において当初の目標をほぼ達成する装置を開発することができた。特に5pC以下の高感度を有していることで実線路での使用のみならず、製品の出荷検査、研究開発等の用途にも活用できるものと期待される。

本報では、検出原理を中心に開発装置の概要を紹介する。

One of the current trends in using equipment is to use it for the duration of its critical lifetime, which is longer than its expected lifetime. This trend is also becoming obvious in the cable market. To comply with this requirement, the development of higher and more universal diagnosis technology for insulation is highly anticipated. We have attempted to solve these issues by developing a device which can detect partial discharge directly linking to all kinds of deterioration, defects and abnormality. This device satisfies almost all of the requirements with regard to high-level detection, price and convenience. Due especially to its high-level detecting capability ( 5pC or less ) this device will not only be used for practically live cables but also is expected to be used for product shipping inspection, and research and development. This report will introduce the outline of the developed device, with special focus on the detection theory.

### 1. ま え が き

活線診断は絶縁診断技術の普遍化に対する要望にこたえる最善の手法といえるが、当社においても種々の技術を確立しており、特に工場内配電ケーブルおよび建屋で使われる配電ケーブルを対象とした活線診断装置「LINDA」は、約15年余の実績を積み重ねて多くの場所にて活用されている。反面、その装置には適用にいくつかの制約条件があることと、また、水トリー劣化検出を主ターゲットにしたことで放電発生等の異常検出には不向きといった短所があり、普遍性の点で課題を残していた。そこで、最終的にはあらゆる劣化、欠陥、異常に直結する部分放電を検出する装置の開発に取り組んだ結果、高感度検出、価格、簡便性において当初の目標をほぼ達成する装置を開発することができた。特に5pC以下の高感度

を有していることで実線路での使用のみならず、製品の出荷検査、研究開発等の用途にも活用できるものと期待される。

### 2. 開発のコンセプト

各種用途に幅広く活用できる装置の開発をめざし、下記を開発のコンセプトとした。

- 終端部にて線路全体の部分放電を測定できること
- ケーブル遮へいの接地線に分割型CTを取り付けるのみで測定できること
- 従来法（結合コンデンサ法）と整合のとれたものであること
- ケーブルに限らず他機器にも適用できること
- 工場での出荷検査にも適用できる検出感度であること
- 安価であり汎用性の高い装置であること

### 3. 開発装置の概要

開発装置の外観を図1に、基本構成を図2に、装置の構

\*1 配電技術開発グループ  
\*2 配電技術開発グループ長  
\*3 技術部  
\*4 技術部長

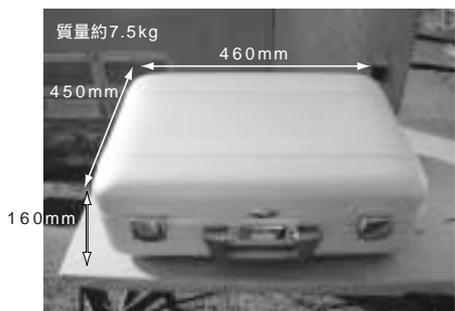


図1 装置の外観  
Appearance of equipment

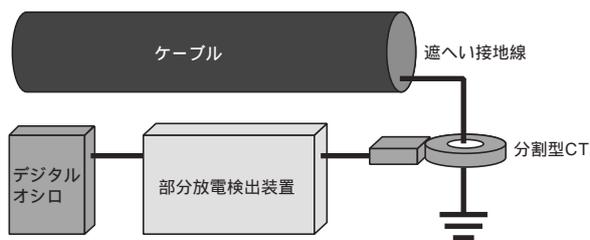


図2 装置基本構成  
Basic composition

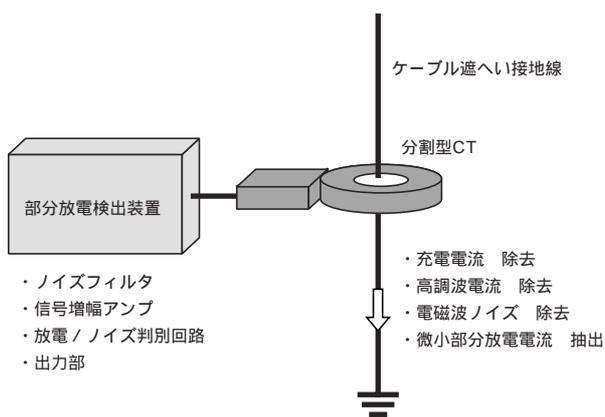


図3 装置の構成・機能  
Composition and function of equipment

成・機能を図3に示す。図1に示すように、寸法的かつ重量的にも一人で十分に持ち運びできる装置であることが明らかである。また、デジタルオシロと併用すると出力波形の記録・FFT解析等が可能となつて、機能をより高度化できる。

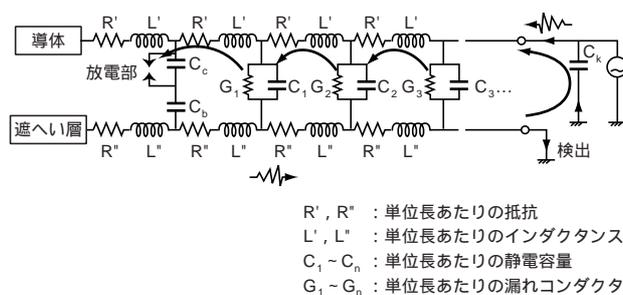


図4 ケーブル中の放電パルスの伝播  
Propagation of the electric discharge pulse in cable

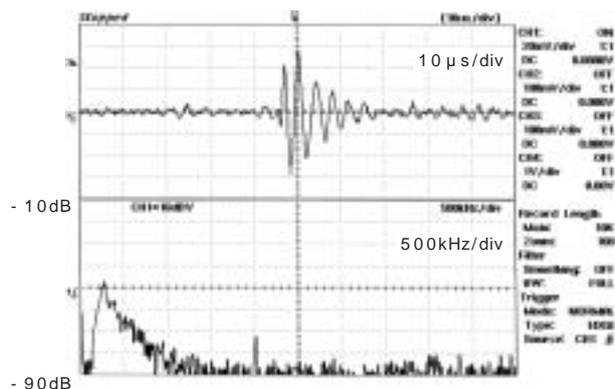


図5 部分放電電流パルスおよびFFT解析  
Partial discharge current pulse and FFT analysis

#### 4. 開発装置の検出原理

##### 4.1 検出位置

図4に示すように、部分放電が長尺ケーブルの絶縁体中の空隙で発生すると、それによって発生した電流パルスは高速度の進行波としてケーブルを減衰しながら伝播してゆく。すなわち、放電点に急激な電圧低下が生じると最近傍の $C_1$ から $R'$ ,  $R''$ ,  $L'$ ,  $L''$ を通して放電点の $C_0$ に電荷が注入される。その結果、電荷を放出した $C_1$ の両端電圧が低下するために、今度はその隣りの $C_2$ から $C_1$ に電荷が注入され $C_2$ の両端電圧が低下する。この現象がケーブル外部の $C_k$  (系統の対地静電容量) にまで連続し、その結果として部分放電パルス電流を接地線から検出できる。

##### 4.2 各部の機能

###### (1) 分割型CT

ケーブル遮へい接地線には、充電電流、高調波電流、電磁波ノイズ等の広い周波数帯域のノイズ電流が流れており、部分放電パルス電流を抽出するためには必要なレベルまでそれらを低減する必要がある。そのため、CT出力の周波数特性を信号電流周波数帯域では0dB保持、商用周波数帯域に対しては少なくとも-60dB減衰とした。

###### (2) 検出装置本体

###### フィルタ部

終端部片端で測定するために、例えば遠端の終端部で発生した部分放電パルス電流がほとんど減衰することな

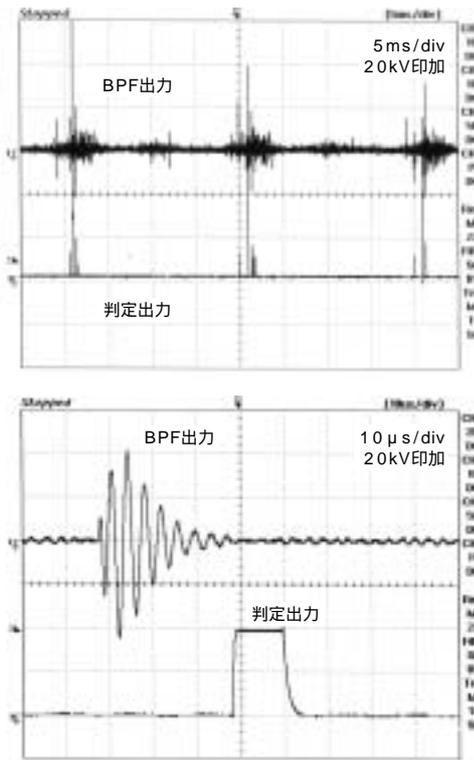


図6 22kV欠陥端末での部分放電パルス電流  
Partial discharge pulse at 22kV cable end with defect

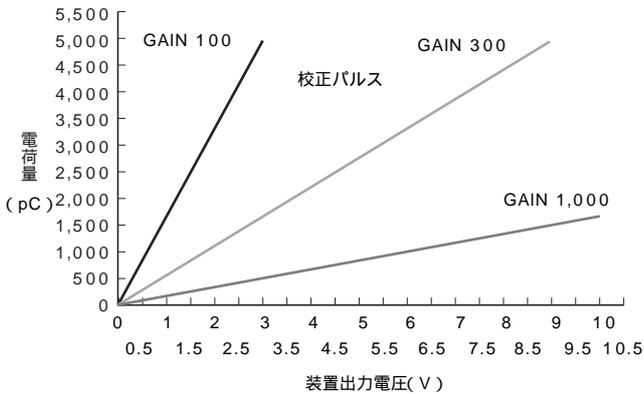


図7 校正パルス出力電圧  
Output voltage vs. proof pulse

く伝播してくる周波数帯域を選択する必要がある、加えて出力エネルギーの高い周波数帯域の選択が望ましい。また、高調波等の高周波電流ノイズを最大限に低減させる必要がある。従って、各種実験を重ねた結果、カットオフ周波数200kHz / 500kHzのバンドパスフィルタ(BPF)を選定した。図5では、ピークが約300kHzにあることを示す。

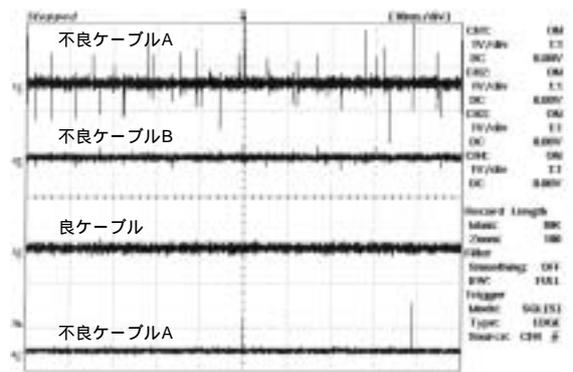
信号増幅アンプ

最大1,000倍まで増幅可能なアンプを適用した。

ノイズ弁別 / 放電判定回路

1µS以下の高速演算を必要とするためすべてアナログ回路で構成した。

出力部



不良ケーブルA : 3.3kV CV 3 × 38mm<sup>2</sup> 250m  
不良ケーブルB : 3.3kV CV 3 × 22mm<sup>2</sup> 104m  
良ケーブル : 3.3kV CV 3 × 50mm<sup>2</sup> 550m

図8 部分放電パルス電流 (3本同時測定)  
Output judged to be partial discharge

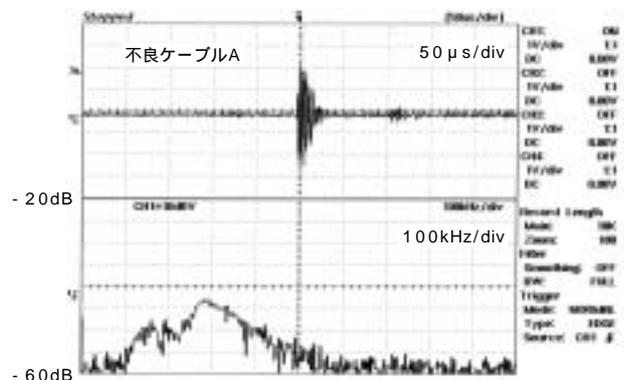


図9 部分放電パルス電流のFFT解析  
FFT analysis of a partial discharge current pulse

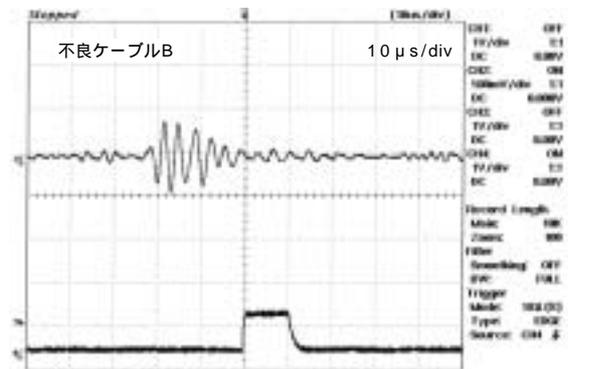


図10 不良ケーブルBでの部分放電パルス電流  
Partial discharge pulse current in cable B

BPF後の出力電圧、波形判定後の出力電圧および放電判定回線表示を出力する。装置のLED表示部には放電判定の出力電圧をpC (もしくはmV) で表示する。

5. 欠陥サンプルを使った測定

ストレスコーン部に欠陥を有する22kVテープ式端末をサンプルとして用い、高電圧印加時の部分放電を測定した。そのデータを図6に示す。また、図7には、従来方式の同調式部分放電測定器の校正パルス発生器を用いて測

定した放電電荷量と出力電圧の関係を示す。図7より，開発装置の出力電圧に直線性があることから，従来装置と非常に良い相関関係にあることがわかる。

### 6. 実フィールドでの測定

直流高圧漏れ電流試験で「不良」と判定されたケーブルと「良」判定ケーブルについて測定した結果を図8～10に示す。劣化度合と部分放電の発生には相関関係が認められ，「良」判定ケーブルでは全く放電が認められないが，不良ケーブルAでは最大約4V，不良ケーブルBでは最大約1.5V出力の部分放電が検出された。

### 7. む す び

活線状態のケーブル線路の部分放電をケーブル終端部の遮へい接地線から高感度で測定できる装置を開発した。本装置は，ケーブル遮へい接地線に分割型CTを単に取り付けるのみで測定することができ，設備の改造も必要としない。また，遮へい接地線に大きな電流が流れても装置には全く問題を生じないので，破壊試験での活用など，研究開発の分野でも大きく役立つものと期待される。

今後の課題として，フィールドでの検出電圧の放電電荷量換算，判定の完全自動化などもあり，それらを確立してより実用性の高い装置への進化を図る。