

高精度部分放電位置標定装置の開発

電磁パルスの到来方向推定による配電設備の異常箇所探査

Development of a High-Precision Partial Discharge Locator

Investigation of Abnormalities of Distribution Line by Direction-of-arrival Estimation of Electromagnetic Pulse

(エネルギー応用研究所 お客さまネットワークG 配電T)

電線被覆の劣化や耐張碍子連結部の接触不良等によって発生する微小放電は、停電故障やテレビ・ラジオの受信障害の原因になることがある。そのため、放電によって放射された電磁パルスの到来方向を推定する可搬型の部分放電位置標定装置(プロトタイプ)を試作した。さらに、本装置を用いて模擬配電線にて微小放電の標定実験を行った結果、実用的な標定精度が得られた。

(Distribution Engineering Team, Customer Supply Network Group, Energy Applications Research and Development Center)

Micro discharges, generated by factors such as deterioration of wire coating or bad connections in tension insulator assemblies, can cause power failure or poor TV/radio reception. Therefore, we created an experimental transportable partial discharge locator (prototype), to estimate the direction of arrival of electromagnetic pulses radiated from micro discharge source. Furthermore, as a result of the experiment for locating micro discharges in simulated distribution lines using this locator, we were able to attain a useful locating accuracy.

1 開発の背景と目的

過去の雷撃に起因した電線被覆の劣化や碍子・ブッシングの不良等、配電設備の劣化・不良箇所を地上からの目視のみで見つけることは困難な場合も多い。テレビやラジオの受信障害の原因となる耐張碍子連結部の接触不良も同様である。そのため、何らかの方法でこれらを“可視化”できれば、再閉路成功故障の原因究明率の向上や永久故障の回避、あるいは電波障害発生源の効率的な探査や対策後の効果の確認等への貢献が期待される。

このような劣化・不良箇所では微小な放電が断続的に発生することがあるため、近年では、放電によって放射された電磁パルス(電磁波)を受信し、その到来方向を推定する技術が注目されている。当社においても前フェーズの研究にて、電磁パルスの到来方向を高精度で推定する小型で安価な装置の開発を目指し、新しい原理の探求や実験機による原理の検証を進めてきた。

そこで今回は、これまでに得られた豊富な知見や実験データを基に、巡視・点検支援ツールとして期待される可搬型の部分放電位置標定装置を試作した。さらに、本装置を用いて模擬配電線路にて微小放電を標定する実験を行い、標定精度を定量的に評価した。

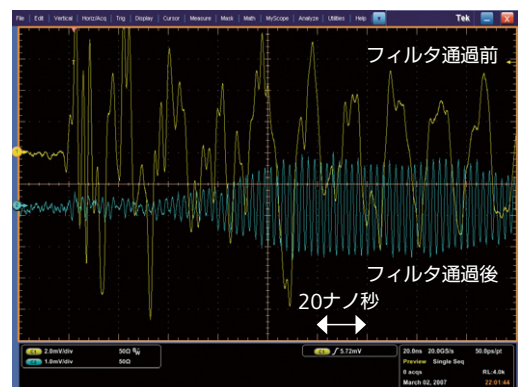
2 標定装置

(1) 動作原理

放電によって放射された電磁パルスを複数のアンテナで受信した時に生じる僅かな時間のずれ(到達時間差)を測定し、その値から到来方向を推定する。電磁パルスは数十～数百ナノ秒(1ナノ秒=10億分の1秒)で減衰してしまうため、従来は、受信した信号の波形データを高速デジタル機器に保存した後、コンピュータで様々な演算処理を実行して到達時間差を求めていた。実用上、アンテナ本体とその間隔を10～20cm程度にできれば

可搬性に優れるが、電磁パルスの到達時間差は数十ピコ秒(1ピコ秒=1兆分の1秒)といった小さな値になってしまう。したがって、この時間差を高分解能で測定するには、より大型で高価な高速デジタル機器が必要になる。

そこで大胆な発想の転換を図り、デジタル方式ではなくアナログ方式により到達時間差を測定する方法(特許取得済み)を考案した。この方法は第1図に示すように、まず、複数のアンテナで受信した電磁パルスの各信号を、特定の周波数の信号のみを通過させる帯域通過フィルタにより正弦波状の信号(電磁パルスの到達時間差に比例した位相差を正確に保持)に変換する。次に、これらの信号を直交検波等のアナログ信号処理を施して位相差(時間差)を求める。この時、電磁パルスを受信した直後のある時刻における1組の信号データのみを使用するため、受信した信号の波形データを高速デジタル機器に保存する必要はない。



第1図 受信信号の波形変換

(2) 装置の概要

第1表に今回試作した部分放電位置標定装置の主な仕様を、第2図に同装置の外観をそれぞれ示す。まず、背面(グリップが付いた側)から到来する不要な電磁波を遮断するようにした3本の400MHz逆L型アンテナ(全長および間隔はいずれも約19cm)で電磁パルスを受信し、各信号を同軸ケーブルによりアナログ信号処理部に送

る。次に、ここで処理されたアナログ信号をデジタル信号に変換した後、USBを介してタッチパネルPCに送り、到来方向(方位角と仰角)を求める。その結果は、受信アンテナ部にセットされたCCDカメラで撮影した映像に円形のシンボル(直径は受信強度に比例)を重ね合わせて、リアルタイムで表示される。本体は、ネックストラップを装着して首にかけられるようになっており、片手でグリップを把持してアンテナを動かしながら、タッチパネルPCのカメラ映像を基に標定することができる。

第1表 試作した部分放電位置標定装置の主な仕様

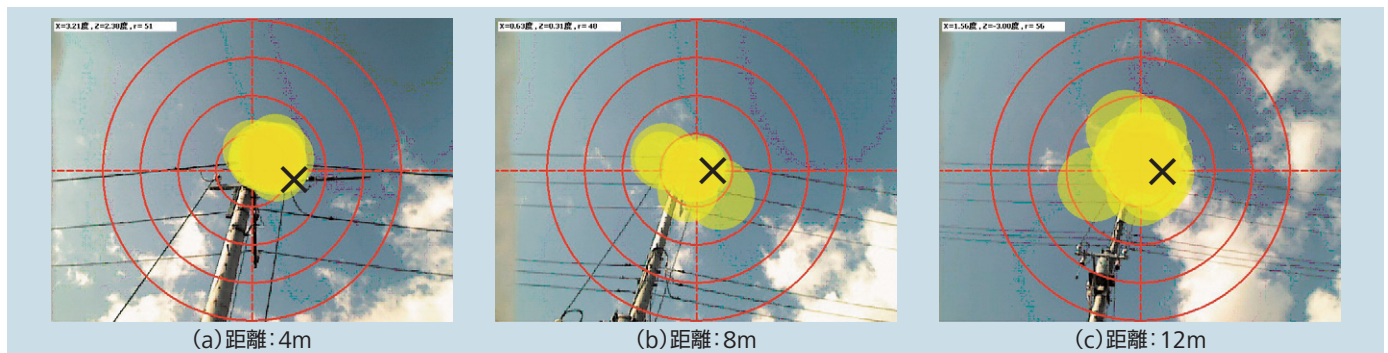
項目	仕様
アンテナ形式	逆L型3素子アンテナ
周波数	400MHz
表示方式	CCDカメラ映像にスーパーインポーズ
測定サイクル	1回/2秒(トリガー動作後リアルタイム計測)
電源	本体:単Ⅲ×4本、PC:付属の充電式バッテリー
寸法・重量	アンテナ:250×100×405mm(1.6kg) 本体+表示装置:335×230×115mm(3.8kg)



第2図 部分放電位置標定装置の外観

3 標定実験

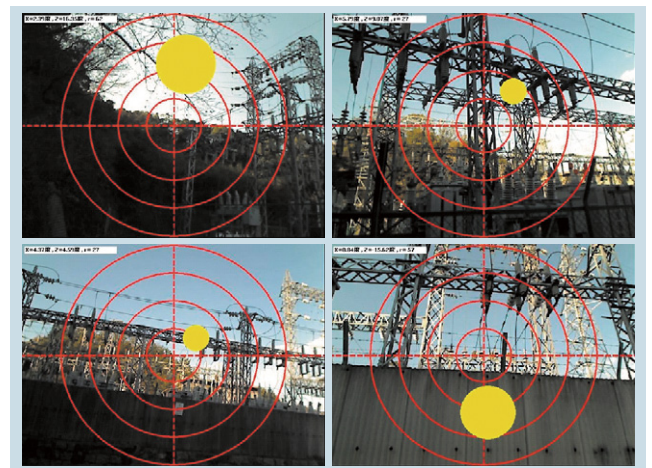
(財)電力中央研究所にて、地上高約12mの模擬配電柱上に設置した接触不良模擬装置(同研究所が開発したもので耐張碍子連結部の接触不良で発生する火花放電を再現できる)で発生させた微小放電を標定した。標定は、部分放電位置標定装置一式を高所作業車のバケットに積載し、所定の空間位置で行った。また、変電所の特別高圧設備で発生する気中コロナ放電を利用して、より複雑な電磁環境下での動作確認も行った。



第3図 耐張碍子連結部の接触不良を模擬した微小放電の標定結果(例)

第3図に、微小放電の標定結果を放電源からの距離別に示す。図中の×は、放電源の位置を分かり易くするために執筆者が加筆したものである。これらの結果は「重ね合わせ表示モード」で表示しており、円形のシンボルが集中している領域から電磁パルスが到来している可能性が高いことを表している。本実験において、標定誤差は放電源までの距離にもよるが概ね1~5°(例えば12m前方の放電源に対して1m以内のずれに相当)であった。なお、実験当日は400MHz付近に強い無線波が常時観測されたが、その影響は見られなかった。

第4図に、変電所での気中コロナ放電の標定結果を示す。放電発生箇所が複数存在しても個別に標定できるほか、構造物等からの反射波の影響も受け難いことがわかった。これは、帯域通過フィルタに使用している表面弾性波フィルタのユニークな特性に起因しているようである。



第4図 変電所での気中コロナ放電の標定結果(例)

4 今後の展開

本装置により、アナログ信号処理方式でも実用的な標定精度が得られることを実証できた。また、カメラ映像を重ねて標定結果を表示することにより、電力設備以外からの不要な電磁パルスを容易に判別できるようになった。

今後は、フィールドデータを蓄積し、さらに小型・軽量・高精度で、かつ車載による高速移動時の標定にも対応可能なプロダクトタイプの開発を目指す予定である。



執筆者/熊澤孝夫