

新型パルス式ケーブル故障点標定装置の開発

周波数解析手法を適用した故障点標定精度の向上

Development of the New Fault Locator Using Pulse-radar Method for Underground Cable System

Progress of Accuracy on Cable Fault Location by Application of Frequency Analysis

(工務技術センター 技術G)

電力ケーブルの故障点標定法の1つであるパルスレーダ法は、信号がケーブル内伝播時に減衰し、波形の立ち上がり部が不明瞭になるため、標定精度が低い。そこで、信号処理・周波数解析手法を用いた装置を開発し、フィールド試験およびシミュレーションによる検証を実施した結果、標定誤差が1%以内となり、精度向上の見通しを得た。

1 背景・目的

電力ケーブルに地絡などの故障が発生した場合、故障箇所の早期復旧を図るために、事故点を速やかに精度よく把握することが重要である。

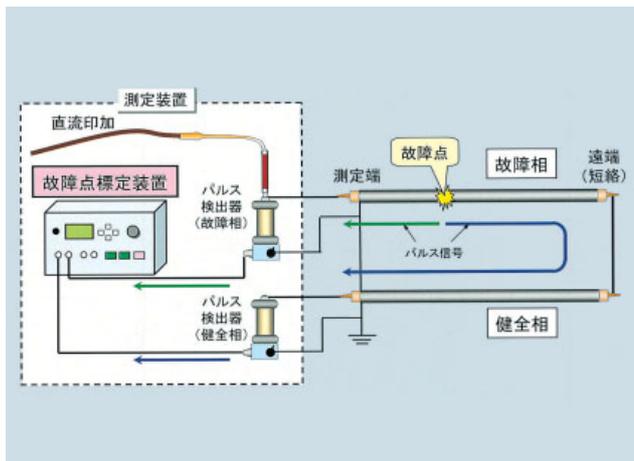
通常、故障点標定は、まずマレーン法で実施するが、故障点の抵抗値が高い(約5M以上)場合には、故障点にて放電させたパルス信号を計測し、故障点の位置を標定するパルスレーダ法が用いられる。しかし、長距離線路での標定精度が低いという問題点があった。

本研究では、精度向上を図るため、検出波形に対し信号処理、周波数解析手法を適用した装置を開発し、性能検証を実施した。

2 研究の概要

(1) 放電検出形パルスレーダ法(ループ式)

パルスレーダ法のうち放電検出形(ループ式)は、第1図に示すとおり、遠端で故障相と健全相とのケーブル導体を短絡、測定端より直流電圧を印加し、故障点にて放電させることで、各相の測定端に到達したパルスを検出し、時間差より故障点を標定する方法である。

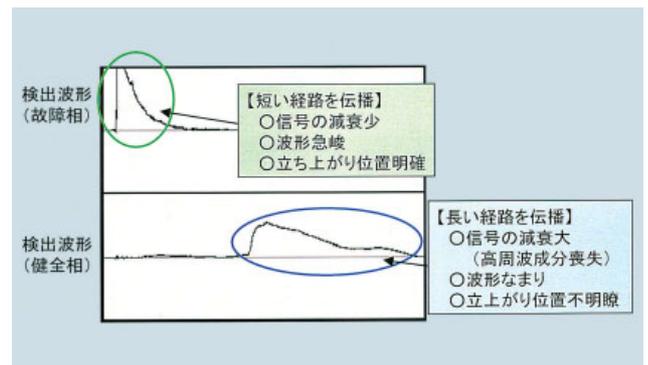


第1図 放電検出形パルスレーダ法(ループ式)

(Technical Group, Electrical Engineering Technology Center)

The pulse-radar method that is one of cable fault locators is not accurate because a start of pulse wave is obscure due to an attenuation of wave with propagating through a cable. We developed the locator by application of the signal processing and the frequency analysis and executed the verification by the on-site test and the wave simulation with it. The result that errors of fault location were within 1% has given us the prospect of high accuracy.

第2図に示すとおり、パルス信号が長い経路のケーブルを伝播する場合、波形が高周波成分の減衰、喪失によりなまり、立ち上がり位置が不明瞭になるため、従来のような原波形を用いた標定では、1~5%程度の誤差が生じる。



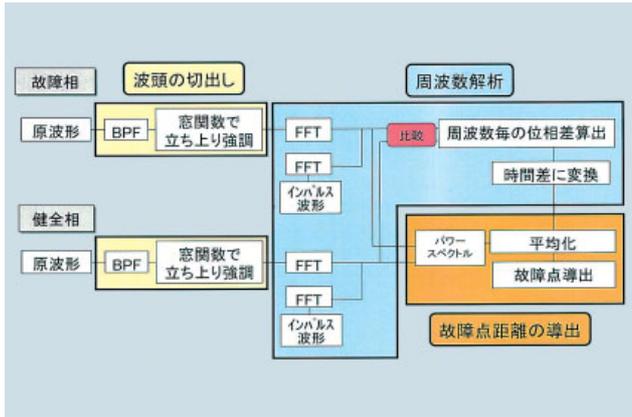
第2図 検出波形(例)

(2) 標定装置の開発

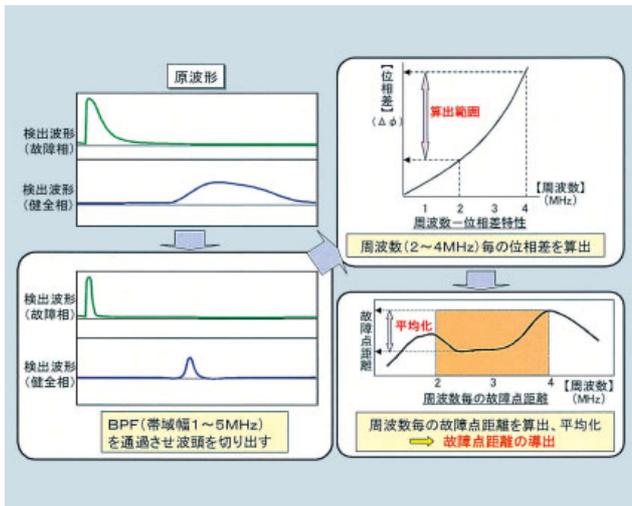
新型装置の開発にあたり、従来の放電検出形パルスレーダ法の原理に基づき、既設のパルス検出器を流用し、標定装置の取替えのみで対応可能とした。そして、減衰しなまった検出波形に対して、ノイズ除去による立ち上がり部の明確化および周波数解析手法の適用により、高精度化を図った。

第3図に故障点標定のフローを示す。

まず、標定に必要な立ち上がり部(波頭)に高周波成分が局在し、誤差の要因となる低周波成分が波尾に存在していることに着目し、故障相および健全相の検出波形について、BPF(帯域幅:1~5MHz)を通過させ波頭を切り出す。次に、取り出された2波形を周波数解析(FFT)後に比較することで、周波数毎の位相差を求め、これを時間差に変換する。そして、時間差を基に算出した周波数毎の距離を平均化し、故障点を導出する(第4図)。ここで解析の周波数帯域幅は、検証実績を踏まえ2~4MHzとした。



第3図 故障点標定のフロー



第4図 故障点標定の解析手法(イメージ図)

これらの機能を備えた標定装置を製作した。第5図に装置の外観を示す。検出波形の信号処理・周波数解析から故障点標定までを自動化にした。計測に要する時間は数秒程度であり、表示部にて標定結果、計測波形等が表示される。コンパクトフラッシュによる波形データの保存も可能とした。また、操作性、簡便性を考慮し、ボタンによる操作、装置の小型軽量化を図った。

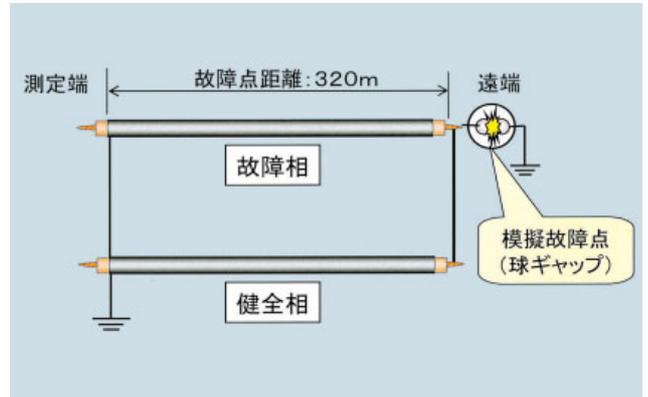


第5図 装置の外観

(3) フィールド試験

人材開発センター工務研修所のケーブル線路を用い、装置の信頼性について検証試験を実施した。第6図に示

すとおり、遠端に球ギャップを取り付け、故障点を模擬した。測定端からの故障点距離320mに対し、標定結果は320.7mとなり、標定誤差0.08%という高い精度が得られた。



第6図 測定概要

(4) 模擬波形を用いたシミュレーション

長距離ケーブル線路での標定誤差を予測するため、ケーブル内での伝播時の減衰を考慮した模擬信号によるシミュレーションの検証を行った。フィールド試験での実測波形を元に単位kmあたりの減衰を想定し、デジタルフィルタを用いて模擬波形を作成した。

ケーブル長5kmまでの検証の結果、ケーブル線路が長くなり信号の減衰率が増えるにつれて標定誤差が大きくなるものの、ケーブル長5kmの標定誤差でも0.7%であった(第1表)。これは距離に換算すると34mであり、従来の標定誤差50~250m程度(1~5%程度)を考えると、非常に良好な結果と言える。

第1表 シミュレーション検証結果

ケーブル長 (km)	標定誤差	
	精度 (%)	距離 (m)
2	0.3	6
3	0.4	13
4	0.6	23
5	0.7	34

3 今後の課題

フィールド試験により、実際の長距離ケーブルにおける信号の減衰率、ノイズの影響および標定精度を検証する必要がある。また、現地測定を考慮した装置の仕様見直しや操作の簡易化等の課題点を精査し、実用化について評価していく。



執筆者 / 宮島和久
Miyajima.Kazuhiisa@chuden.co.jp