

高周波面電流検出器の 電力機器部分放電診断への応用

愛知工業大学 工学部 電気学科 教授 村瀬洋

Professor Hiroshi Murase
Department of Electrical and Electronics Engineering
Aichi Institute of Technology



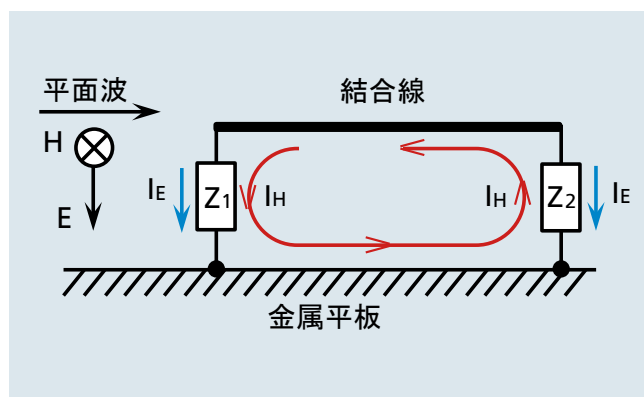
1. はじめに

電力機器の保守点検業務を効率化する目的で、機器（筐体）外部から異常の有無を診断する技術の確立が望まれている。部分放電（PD）を電氣的に観測する方法は、絶縁異常診断の有効な一方法として注目されている。このような機器外部からのPD診断に用いるセンサは、送電線からのコロナ放電パルスや大気中の各種電磁波によるノイズに晒されることになる。従って、このノイズ対策が信頼性確保の決め手となる。著者はこれまで、さまざまなセンサを用いた外部PD診断法を研究してきた。本稿では、電磁環境工学（EMC）の分野で開発された高周波面電流検出器の応用について紹介する。

2. 高周波面電流検出器の基本原則

高周波面電流検出器が金属平板上を流れる高周波電流を“ベクトルの”に検出できることは環境電磁波工学の分野ではよく知られている。この基本原理の定量的な考察は、文献 [1] に詳述されている。ここでは理解を容易にするため定性的な説明を試みる。

基本原理を第1図に示す。結合線の両端を抵抗 Z_1 、 Z_2 を介して金属平板に接続する。本構成は、結合線に平行に進行する平面波に対して、電界（の時間変化）による誘導と磁界（の時間変化）による誘導を受ける。平面波の到来方向である抵抗 Z_1 に現われる誘導電流は両者同方向であるが、反対側の抵抗 Z_2 では逆方向となる。 Z_1 と Z_2



第1図 面電流検出器の基本原則

を結合線の特性インピーダンスと等しくすることで両電流が等しくなり、 Z_2 に現れる電流が零となることが知られている^[1]。すなわち、第1図に示す構成は、高周波面電流を“ベクトルの”に検出できることを意味している。

現実の面電流検出器の結合線は、高出力を得るために肉厚としている。したがって軸方向端面の端部効果が現れるなど、第1図の基本原則のように単純ではない。この面電流検出器が満たすべき条件を、ステップ状の平面波を想定して説明する。第一の条件は、平面波が面電流検出器に到達した瞬間に誘導される電界と磁界のエネルギーが等しいことである。第二の条件は、電界による電流と磁界による電流の減衰定数がそれぞれ等しいことである。この2条件が満たされれば、すべての周波数に対して両電流が等しくなる。この2条件に対処するため、現実の面電流検出器には2種類の調整代が必要となる。ところで、第二の条件は「 Z_1 と Z_2 が結合線の特性インピーダンスに等しい」という条件と同一である。

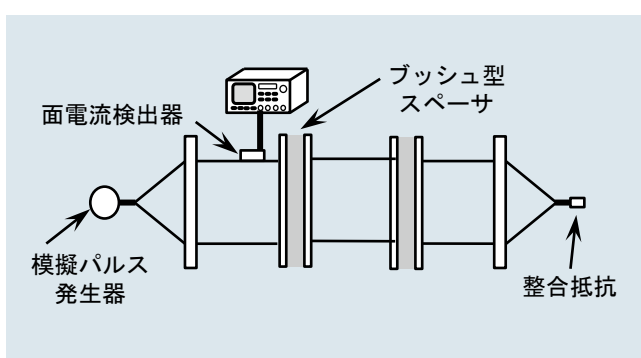
3. ブッシュ型スペーサを有するGISへの適用

GIS内部で発生した部分放電電磁波が外部に漏れだす電磁波開口部としてブッシュ型スペーサに着目する。第2図に試作面電流検出器の外観を示す。また、実験構成を第3図に示す。GIS母線の両端に円錐状の同軸線路を設置し、同軸ケーブルを接続する。一方の線路端部には部分放電模擬パルス信号発生器を接続し、他方の線路端部には整合抵抗 50Ω を接続している。面電流検出器はスペーサフランジから25cm離れた位置に設置し、デジタルオシロスコープ（1GHz、10GS/s）にて測定を行う。

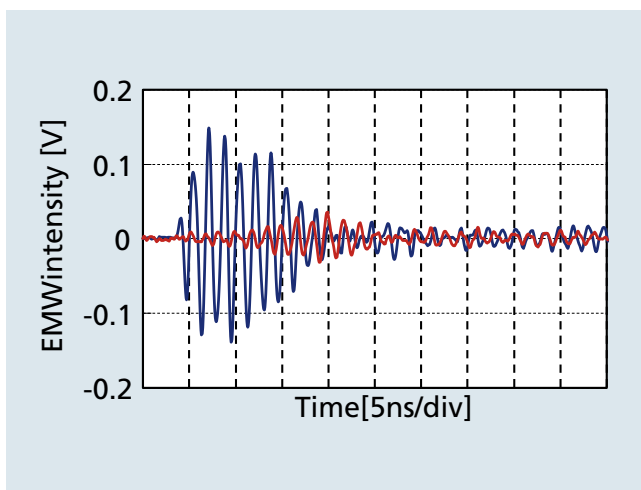
実験結果の一例を第4図に示す。青い波形が順方向出力、赤い波形が逆方向出力である。観測信号の初期の段階では順方向出力に比較して逆方向出力がほぼ零となっており、“ベクトルの”な検出がうかがえる。このことは、検出された電磁波がどの方向から伝搬したかの推定可能性を示している。ただし、時間の経過とともにさまざまな場所で反射した電磁波が面電流検出器に到達し、逆方向出力が大きくなる。このような事情により、観測信号の初期段階がベクトル的な観測にとって最も重要であることがわかる。



第2図 試作面電流検出器の外観



第3図 実験構成



第4図 観測波形の一例

4. 伝搬方向推定の高度化

順方向及び逆方向出力A、Bの大きさを比較することによって、平面波が面電流検出器に対して前方から到来したのか、後方から到来したのか判断できる。しかし、伝搬方向をより詳細に推定したい。そこで、次の3式による演算を行い、3種の出力A'、B'、Cを得る。

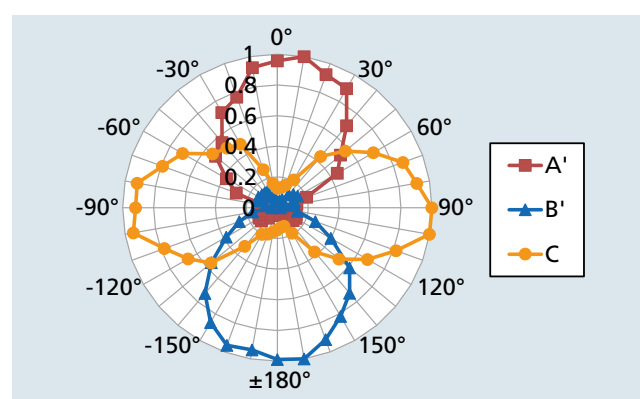
$$A' = A(A-B) \cdots \cdots (1)$$

$$B' = B(B-A) \cdots \cdots (2)$$

$$C = 4AB \cdots \cdots (3)$$

(1)式で $A' = A^2$ の代わりに $A' = A(A-B)$ としたのは、(3)式のカーブとの交点が 45° 近傍に位置するようにするためである。 45° 近傍では両カーブの傾きが最も大きくなり、より高精度な波高値比較が期待できる。(2)式の $B' = B(B-A)$ も同様である。

面電流源モデル^[1]を使用した実験からA'、B'、Cを計算し、それらの指向性を表した結果が第5図である。2種類の出力に演算操作を施すことにより、より詳細な伝搬方向推定の可能性が示された。一般的に、このような演算処理の次数を1増やすごとに検出できる伝搬方向が一つ増える。ただし、次数を増やすごとに不確かさが増大し、信頼性が低下することも予想される。



第5図 A'、B'、Cの指向性

5. 今後の展望

これまでの実験で、高周波面電流検出器の2出力信号に演算処理を施すことでより詳細な伝搬方向推定が可能となることを確かめた。現在、より強い指向性を得るための演算処理法を研究中である。たとえば信号Aを信号Bで除算する方法を検討している。原理的には演算値が 0° で無限大となり、他の角度では有限の小さな値となる。ただし、分母にくる信号Bの零点はいたるところに存在し、この特異点を確実に回避するためには工夫が必要となる。この特異点が再現性良く回避されれば、ある特定の方向から伝搬した電磁波のみに反応し、他の方向から伝搬した電磁波には反応しなくすることが可能となる。すなわち、このような演算処理により、機器内部からのPD信号のみを識別することができるものと期待している。

参考文献

- [1] 長沢庸二、佐藤利三郎：「高周波面電流検出器」、信学論、Vol.J66-B、No.3、pp.360-366 (1983)

村瀬 洋 (むらせ ひろし) 氏 略歴

昭和55年3月 東京工業大学電気工学専攻博士課程修了
55年3月 工学博士
55年4月 東京芝浦電気(株)入社 重電技術研究所 所属
平成14年3月 (株)東芝 退社
14年4月 愛知工業大学工学部電気工学科 教授