

センサ付開閉器データを用いた 高圧配電線の相判別アルゴリズム

Phase Identification Algorithm Using Measured Data by Sensor-Equipped Switchgear connected to Middle-Voltage Distribution Lines.

ビッグデータの活用による現場調査人工の削減

柱上変圧器の接続相替えにより電圧不平衡の改善を実施する場合、事前に高圧配電線の相を現場調査する必要があるが苦慮しているため、センサ付開閉器から得られる三相線間電圧データを用いて相判別するアルゴリズムを考案し検証した。



執筆者
電力技術研究所
電力品質グループ
岩月 秀樹

1 高圧配電線における相判別の必要性

太陽光発電（以下、PV）の普及以降、高・低圧配電線においてPVによる電圧上昇が発生するようになり、電圧上限値にも配慮した厳しい電圧管理が求められるようになっている。

三相電圧不平衡率が高い高圧配電線（以下、「配電線」という。）では、相毎の電圧差が大きく、適正な電圧管理幅に調整することが難しいため、電圧逸脱の恐れのある高圧配電線では、柱上変圧器（以下、「変圧器」という。）の接続相替えなどにより、電圧不平衡の改善を行っている。

しかし、中部電力パワーグリッドなどの一般送配電事業者は、その設備数の膨大さから全電柱の配電線に相（B相、W相、R相）の表示札などを付けておらず、変圧器が接続される相を現場ですぐに確認することが難しい。そのため、変圧器の接続相替えを実施する場合は、変電所から目視により当該変圧器までの間の配電線の相を確認していくか、GPS（全地球測位システム）を用いた相判別装置を使って現場調査を行い相判定を行うこととなり、多大な人工を費やす事になる。

一方近年、配電線路の主要箇所に、時限順送機能や遠隔入切制御に加えて電圧や電流などの計測が可能なセンサ付開閉器が普及してきており、これらの計測データが遠隔で容易に入手できるようになった。

そこで、本研究では配電線に分散配置されているセンサ付開閉器の三相電圧計測データを用いて、配電線の相判別が可能なアルゴリズムを開発した。

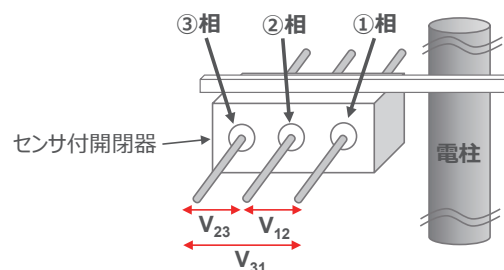
2 センサ付開閉器の相番号と配電線への施設状況について

センサ付開閉器は第1図のように、電柱に近い側から順に①相、②相、③相として相番号が統一されている。また、①相と②相の線間電圧を V_{12} と出力するように、開閉器の相番号を基準とした三相線間電圧（ V_{12} 、 V_{23} 、 V_{31} ）が出力され、データが蓄積される。

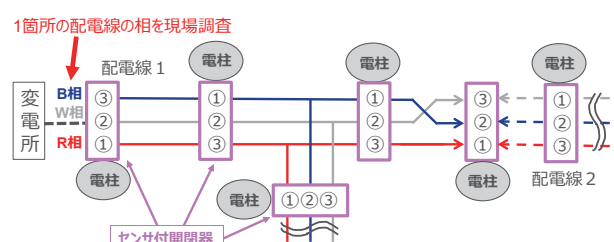
実際の配電線では第2図のように、配電線の分岐や捻架などの影響を受けて配電線の相が入れ替わるため、センサ

付開閉器毎に、各相番号（①相、②相、③相）に接続される配電線の相（B相、W相、R相）の組合せが異なるが、各電柱には配電線の相表示がないため、現場では開閉器のどの相番号に配電線のどの相が接続されているのか分からない。

そこで、変電所直近の1箇所のみを現場調査し、基準となるセンサ付開閉器の相を確定すれば、蓄積された三相線間電圧データを用いて、隣接する配電線も含めた各センサ付開閉器部で相が判別できるアルゴリズムを考案した。



第1図 センサ付開閉器の相番号



第2図 センサ付開閉器の施設状況イメージ

3 相判別アルゴリズム

まず、本手法の原理について説明する。電圧不平衡の様相は、第3図に示すように三相線間電圧を正相成分（相が順回転）と逆相成分（相が逆回転）に変換したうえで、正相成分と逆相成分の位相差（以下、「位相差」という。）を求めることで数値化できる。

この位相差が、隣接したセンサ付開閉器間では概ね等しく、その時間変化に高い正の相関があると想定して相判別を行う。

次に、判別アルゴリズムについて概要を説明する。

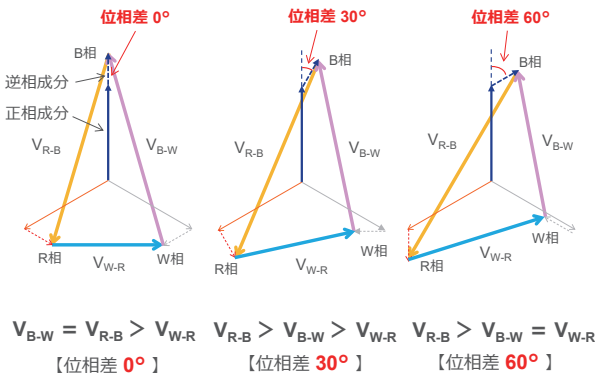
手順1 現場調査などで相が判明しているセンサ付開閉器（以下、「基準側開閉器」という。）と、隣接する判別対象のセンサ付開閉器（以下、「判定側開閉器」という。）の各々の三相線間電圧データ（30分毎1ヶ月分、4,320データ）から、30分毎の位相差を計算で求める。

手順2 基準側開閉器の位相差を縦軸、判定側開閉器の位相差を横軸に取り、散布図（第4図）を作成する。

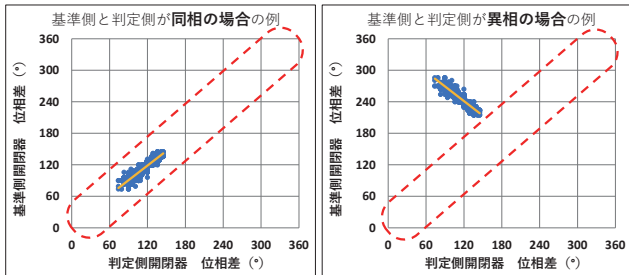
手順3 第4図左側のように、黄色で示すデータの近似直線の傾きが正で、図内の赤枠（ $Y = X \pm 60^\circ$ ）範囲内にデータが入る場合に基準側開閉器と判定側開閉器の相（B相、W相、R相）が同相であると判別し、一方、同図右側のように、近似直線の傾きが負である場合や赤枠範囲内にデータが入らない場合を異相と判別する。

なお、手順3で異相となる場合は、基準側開閉器の相を入れ替え再度手順2、3を行い基準側と同相となる相を求める。

手順4 手順3で判別された判定側開閉器を基準側として、更に末端側に位置するセンサ付開閉器の相判別を同様に実施する。この作業を、判別が必要となるセンサ付開閉器全ての相判別が完了するまで繰り返す。



第3図 電圧不平衡の様相と正相成分と逆相成分の位相差



第4図 相判別に用いる散布図例

4

相判別アルゴリズムの精度検証

本アルゴリズムの精度検証を以下の方法で実施した。

まず、GPSを使った同期計測による相判別装置を用いて、中部電力パワーグリッドの約180の配電線に設置され

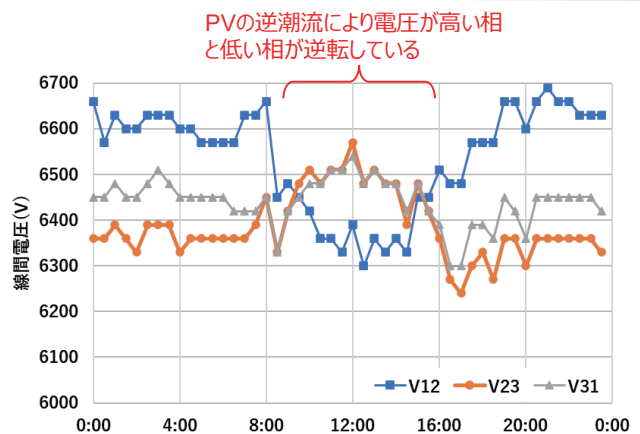
たセンサ付開閉器（約1,400台）の正解の相を、多大な人工をかけて現場で計測し確認した。次に、隣接する基準側開閉器と判定側開閉器 800組に対し、センサ付開閉器から得られた線間電圧データを用いて正しく相判別されるかを検証した。

検証結果を第1表に示す。同表から、判別精度は99%以上と非常に高く、相判別アルゴリズムの有効性を確認することができた。また、第5図に示すような、PVからの逆潮流によって夜間と日中の各相線間電圧の高低が逆転するような配電系統においても、正しく相判別できることを確認した。

なお、同表で近似直線の傾きが負となり誤判別するケースが2組あった。これらは基準側開閉器と判定側開閉器間の距離が非常に長く位相差の関係が明確とならない場合や、位相差の時間変化が極端に小さく相判別が難しい場合であった。

第1表 相判別アルゴリズムの精度検証結果

判定結果	データ数	比率
正しく相を判別	798	99.75%
近似直線の傾きが負となり誤判別	2	0.25%
計	800	100%



第5図 PVの逆潮流で電圧が高い相と低い相が逆転する例

5

まとめと今後の展開

電圧不平衡改善など現場の接続相調査に関わる人工を削減する目的で、センサ付開閉器から得られる三相線間電圧データを用いて電圧の正相成分と逆相成分の位相差を求め、隣接する2台のセンサ付開閉器の位相差の相関関係から配電線の相を判別するアルゴリズムを考案した。

また、考案したアルゴリズムの有効性を800組のサンプルデータで検証し、高精度で相判別可能であることを確認した。

今後は、誤判別を防止する対策を検討するとともに、事業所で容易に活用できるツールを作成するなど実用化に向けた検討を実施する予定である。