雷撃電流によるOPGW伝搬光の偏波変動を利用した送電線落雷点標定

非会員 伊澤清順 (電力中央研究所)
正員 黒野正裕 (電力中央研究所)
正員 栗原雅幸 (電力中央研究所)

A New Power-line Fault Location System Detecting a Transient Polarization State of the Transmitted Light Through the OPGW

Kiyoyuki Isawa, Non-member, Masahiro Kurono, Member, Masayuki Kuribara, member
(Central Research Institute of Electric Power Industry)

キーワード：光ファイバ複合架空地線，光偏波変動，送電線故障点標定装置

1. まえがき

電力会社では、送電線故障点の標定にパルスレダ方式、サージ受信方式、インピーダンス方式などを採用しているが⁽¹⁾、送電線との結合装置、事故サージ受信情報やインピーダンス情報を転送する通信設備が必要であり、設備規模、設置費用、保守、などの点で改善が望まれる。また、これらの方式は、送電線事故が発生した時点での起動標定のため、送電線事故に至らない架空地線への落雷位置標定などはできない。

本論文では、送電線鉄塔の塔頂に架設された光ファイバ複合架空地線(OPGW)に電流が流れることによりOPGW内部に磁界が発生し、OPGWの光ファイバを伝搬する信号光の偏波面が変動することを利用した、落雷点および送電線故障点の標定方法の提案と落雷模擬実験により検証した結果を報告する。

2. OPGWの電流による光偏波変動

OPGWに落雷などがあった場合、鉄塔を接地経路とした電流が流れるが、筆者らはOPGWの地線部を構成するアルミ覆鋼素線が、より線構造であるため、これに沿った螺旋状の流れとなり、OPGW内部に生じる磁界によるファラデー効果により、光信号の偏波面が変動することを報告している^{(2)・(3)}。また、送電線に落雷や事故があった場合でも送電線からOPGWに誘導電流が流れ、これにより同様な偏波変動を与えることが予想される。

3. 光偏波変動点の標定方法

図1に標定原理を示す。信号光の入射端と対向するOPGW端で光ファイバ心線を折返し、受光端(=入射端)に戻ってくる光信号の偏波変動を検出するものであるが、OPGWの落雷点における光ファイバ2心の互いに逆方向に進行する光信号が、落雷電流により発生する磁界により偏波変動を受け、受光端で観測される2回の偏波変動の検出時間差により落雷点を標定するものである。なお、折返し点近傍に落雷があった場合には、2回の偏波変動の時間的重なりが生じるが、折返し点に遅延時間用光ファイバを挿入し、確実に偏波変動

の立上がり点を捉えることができる。遅延時間用光ファイバを2km挿入すると約10μsの遅延時間を得ることができる。

図1 OPGWの光偏波変動点標定原理

Fig.1 The principle of location for optical polarization fluctuation at the OPGW

ここで、OPGWの全長をL(km)、落雷点の光信号入射端からの距離をS(km)、伝送時間遅延用光ファイバの長さをD(km)、光信号の光ファイバ伝搬速度をV(km/sec)、偏波変動の検出時間差をΔT(sec)とすると、落雷点は(1)式により表される。

$$S = L - \frac{\Delta T \cdot V - D}{2} \quad (1)$$

$$\left\{ \frac{D}{V} < \Delta T < \frac{2L + D}{V} \right\}$$

なお、光ファイバの偏波変動は、温度、振動などによっても変動するため、磁界による偏波変動との区別が必要となるが、前者は、後者に対し十分低速な変動であることから、ハイパスフィルタなどにより判定することができ、偏波変動波形の微分処理などにより自動標定できると考えられる。

また、既設OPGWの光ファイバ心線に余裕のない場合には、偏波変動の測定用光信号に光通信用波長と異なる波長を使用する波長多重方式や、光通信用信号光自体を利用すること、さらに末端で方向性結合器によりループ化し、1心のみで往復伝送させることも可能と考えられる。また、光ファイバ折返し接続により伝搬距離が長くなり信号光の減衰により受信できなく場合には、偏波依存性のない光ファイバ増幅器を用いることで損失補償が可能と考えられる。

4. 落雷模擬実験結果

4.1 実験構成

図2に落雷模擬実験の構成を示す。OPGW200mを架設し、片端からインパルスジェネレータにより16kA、1x40 μ sの落雷模擬電流を印加し、他端を接地とした。測定は図1のとおり光ファイバ2心を使用し、接地点から測定室間に200mの光ケーブルを、また、遅延時間用ファイバとして2km、12km、14kmを使用した。

4.2 偏波変動波形

図3は落雷模擬電流によるOPGW光偏波変動の観測例を示すものである。光偏波面解析装置は、光信号の0度直線偏光成分、45度直線偏光成分、円偏光成分、光強度の各光パワーをリアルタイムに測定し、偏光角および楕円率角から偏波変動量を表す偏波移動角⁽²⁾として表示させるものである。遅延時間用ファイバで折り返され後着する光偏波変動は、先着する光偏波変動に対し、OPGW接地点から測定室までの光ケーブル伝搬長400mとOPGW伝搬長400mが付加され、2.8km、12.8km、14.8km分の時間遅延となる。測定結果から遅延時間用光ファイバ長の変化に伴って偏波変動の時間差も、それぞれ14 μ s、64 μ s、74 μ sと変化しており、落雷位置によるOPGW伝搬時間の変化により落雷点の標定が可能であると考えられる。なお今回の実験では、インパルス電流波形が単純であるため、落雷点が折返し点近傍でも遅延時間用ファイバが2km程度あれば、2回の偏波変動を分離できているが、実用的には雷の時間的様相を考慮して決定する必要がある。

図2 落雷模擬実験の構成図

Fig.2 Experimental setup

5. おわりに

本方式は、送電線との結合装置や通信回線が不要であり、装置も簡単に設置が容易という特長を持つ。また、OPGWの落雷位置標定により、落雷によるOPGWの素線切れなどの保守が可能となうえ、送電線に沿った実害に至らない落雷の

図3 落雷模擬実験による光偏波変動波形

Fig.3 Optical polarization fluctuation by the impulse current

観測が期待できることから、送電線事故予測の可能性があると考えられる。

(平成7年4月20日受付)

文 献

- (1) 電協研報告：「フォルトロケータ標定信頼度向上対策」第34巻、第6号、1979年2月
- (2) 黒野他：「OPGWのインパルス電流による偏波変動とコレット光通信の実験」、電気学会研究会、CMN-94-87、1994-12
- (3) 黒野他：「インパルス電流によるOPGW伝搬光の偏波変動発生過程に関する実験的考察」、平7電気学会全大、No. 548

伊澤 清順 (非会員) 1957年 8月26日生まれ。81年3月千葉工業大学電子工学科卒業。81年 4月東北電力(株)入社。92年 7月(財)電力中央研究所に出向し、現在、情報研究所情報通信部で主に光ファイバ通信の研究に従事。

黒野 正裕 (正 員) 1959年 4月10日生まれ。84年3月名古屋大学大学院修士課程修了。84年4月(財)電力中央研究所に入所。現在、情報研究所情報通信部で主として光ファイバ通信の研究に従事。

栗原 雅幸 (正 員) 1951年 3月18日生まれ。77年3月東北大学大学院修士課程修了。77年 4月(財)電力中央研究所に入所。現在、情報研究所情報通信部で主として光ファイバ計測の研究に従事。