

風力発電設備用雷電流計測装置の 電流計測性能

■ 藤岡 博文
Hirofumi Fujioka

1 はじめに

東光高岳では、落雷の検知と外部への通知（風力発電設備と連携して運転を停止）、電荷量（エネルギー）の計測（耐雷設計の妥当性を把握）といった、風力発電設備の雷被害再発防止対策に必要な機能を有する雷電流計測装置を開発・改良し、これまでに日本海沿岸の冬季雷地域を中心として全国に納入している^{(1), (2), (3)}。

最近、風車の大型化等に伴い、100 kA を超過する大きな雷電流の頻度が増加傾向にある。このため、ログウスキーコイルを用いた雷電流計測装置のセンサ I/F（インターフェース）部において、200 kA までの計測への対応を行った。本稿では、その電流計測性能測定結果について紹介する。

2 電流計測構成

雷電流計測装置は、風車のタワー脚部を周回する大口径のログウスキーコイルにより風車直撃雷の落雷電流を検出し、タワー内部に設置した計測装置本体において、正負の電流波高値および電荷量を算出して記録する（**図 1**、**表 1**）。

ログウスキーコイルで誘起される電圧は、落雷電流の微分波形となり、センサ I/F 部において、この誘起電圧を積分することで落雷電流に比例した電圧信号を出力する。また、低域補償回路と組み合わせることで、低い周波数の電流も計測可能になる⁽²⁾。

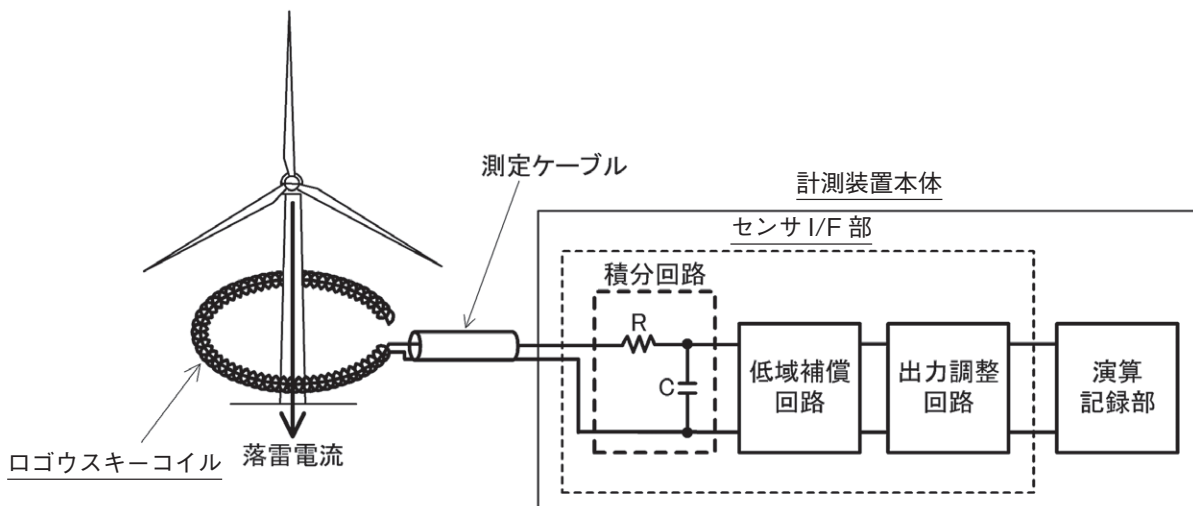


図 1 計測構成

演算記録部では、センサ I/F 部の出力に対して、計測時間 1 s における、正極性電流および負極性電流の波高値を算出し、電流の絶対値を積算することにより電荷量を算出する。

表 1 計測仕様

項目	仕様
計測データ	波高値（正負）、電荷量
最大計測電流	100 kA, 200 kA
トリガレベル	最大計測電流 × 1%
低域カットオフ周波数	0.1 Hz (−3 dB)
立ち上がり応答時間	1.5 μs (約 167 kHz 相当)
波高値計測精度	± 10% (フルスケール)
波高値分解能	0.1 kA
電荷量演算範囲	0 C ~ 9,999 C (分解能 : 1 C)
計測時間	1 s

3 電流計測性能試験方法

図 2、**図 3** に電流計測性能試験の回路を示す。

信号源から印加線をログウスキーコイルに周回することにより、等価的に大きな電流を印加しており、印加線の電流波形から読取って換算した波高値と雷電流計測装置の記録値を比較した。

低周波側（～100 Hz，**図 2**）では，信号源として交流電源（信号発生器+バイポーラ電源）を使用し，ロゴウスキーコイルも印加線に周回することにより，波高値 10 kA 相当の正弦波（連続波）を印加している。

高周波側（100 Hz～，**図 3**）では，信号源としてインパルス発生器を使用し，波高値 200 kA までのインパルス波または減衰振動波を印加している。周波数は，印加電流波形の波頭長を 1/4 周期として換算している（例：波頭長 $2 \mu\text{s}$ → 周波数 125 kHz）。

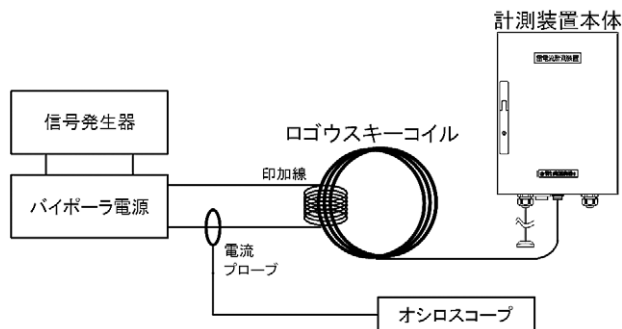


図 2 試験回路：交流電源（～100 Hz）

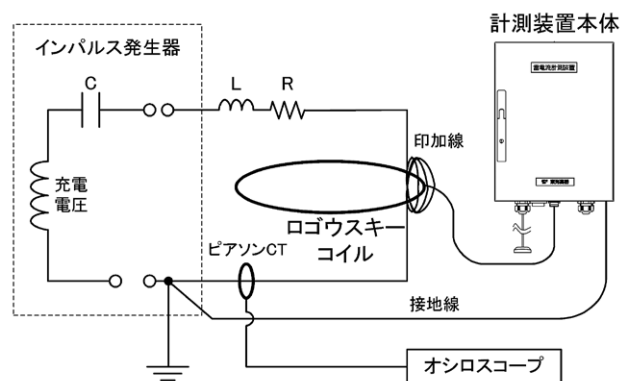


図 3 試験回路：インパルス発生器（100 Hz～）

4 電流計測性能測定結果

電流計測性能の測定結果は，印加電流の波高値に対する雷電流計測装置の記録値の比誤差で評価した。

なお，試験対象のロゴウスキーコイルは，コイル長 16 m（風車タワー外径：約 5 m 相当），測定ケーブル長 15 m である。

図 4 に，入出力特性の測定結果を示す。電流値に対して分解能（0.1 kA）が粗くなる小電流では比誤差が大きくなっているが，200 kA まで $\pm 10\%$ 以内であることが確認できる。

図 5 に，周波数特性の測定結果を示す。0.5 Hz から立ち上がり応答時間 $1.5 \mu\text{s}$ に相当する約 167 kHz まで，比誤差は $\pm 10\%$ （約 $\pm 0.9 \text{ dB}$ ）以内であることが確認できる。また，シミュレーション結果とも一致しており，設計どおりの動作となっていることも確認できる。

なお，低域カットオフ周波数 0.1 Hz に対応する高域の -3 dB （約 -30% ）点は約 300 kHz となっている。

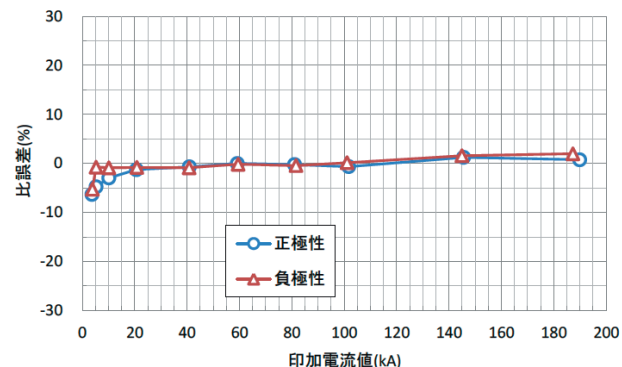


図 4 入出力特性測定結果

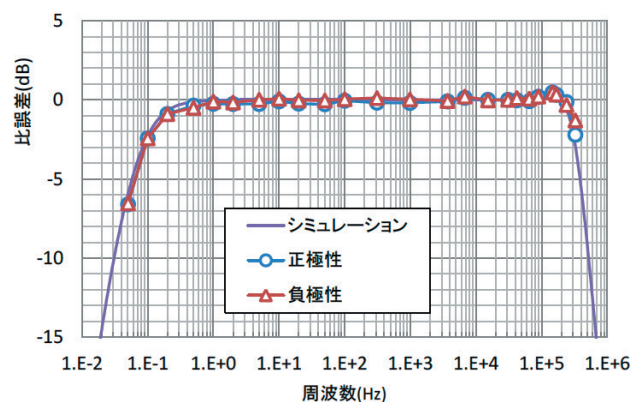


図 5 周波数特性測定結果

5 おわりに

本稿では，最大計測電流 200 kA への対応を行った雷電流計測装置の電流計測性能測定結果について報告した。

なお，今後は，今冬から日本海沿岸冬季雷地域の風車において，実フィールド観測を実施した後，順次，新設のサイトに導入していく。

■参考文献

- (1) 酒井，細谷，藤岡：「風力発電設備用雷電流計測装置」，東光高岳技報，No.2，p.38（2015）
- (2) 藤岡，大塚：「風力発電設備用雷電流計測装置の低周波数域特性」，電気学会研究会資料，HV-16-053（2016）
- (3) 酒井，藤岡，大塚：「風力発電設備用雷電流計測装置」，電気評論，第 102 巻第 3 号，p.58（2017）

藤岡 博文

技術開発本部
技術研究所 ICT 技術グループ 所属
雷観測，雷予測に関する研究に従事