

風車用雷撃検出装置の普及と課題

中部大学 工学部 電気システム工学科 准教授 山本 和男

Associate professor Kazuo Yamamoto
Department of Electrical Engineering
Chubu University



1.はじめに

風のエネルギーを利用して発電する風力発電は、発電中のCO₂やNO_x、SO_xなどの大気汚染の原因となるような物質の空気中への放出がなく、クリーンな発電方法として世界中で広く普及している。風力発電は水力発電を除く再生可能エネルギー発電の約50%を占めており、再生可能エネルギーの中でも有力な発電手法として世界的な発展を続けている⁽¹⁾。しかしながら、乱流、台風、雷による被害も少なくなく、他の発電方法に比べ、自然災害の影響を受けやすい発電方法であることも事実である。特に日本では、冬季の日本海沿岸で発生するエネルギーの大きな雷により、これまでも多くの被害が発生してきた⁽²⁾。

平成25年の冬には、立て続けにブレード破損と一部構成部品の飛散被害が発生し⁽³⁾、幸い、怪我人はなかったが、それらの風車周辺は容易に人が出入りできる場所であったため、マスコミに大きく取り上げられ、風車事業に与える影響は小さくなかった。その後、経済産業省の指導の下、平成27年2月に「発電用風力設備の技術基準の解釈」(以後、風技解釈と略す)が改正され⁽⁴⁾、(1) 冬季雷地域に風車を建設する場合は少なくとも600Cの雷に耐えるよう設計すること、(2) 雷保護の効果が高く、かつ容易に脱落しないレセプタを設けること、(3) 風車への雷撃があった場合に直ちに風車を停止することができるよう、非常停止装置等を施設すること、が新たに明確化された。この風技解釈の改正後、風車への雷撃検出装置の設置が普及し、それと共に様々な課題が明らかとなってきた⁽⁵⁾。

本稿では、風車用雷撃検出装置の現状と課題について紹介する。

2.様々な検出方法と課題

雷撃検出装置は雷撃により発生する様々な物理量(電流、磁界、電界、音、光、振動など)を捕らえることができれば検出装置として成立する。ただし、この種の物理量を当該風車への雷撃により発生したものとそうでないものに区別し、当該風車に雷撃があったことを正確に検出する必要がある。

風力発電システムへの雷撃検出装置で最も実績を挙げ

ているシステムは、塔脚部に大口径のロゴスキーコイルを巻きつけ、タワーに流れる雷電流を検出し、風車への雷撃を検知する第1図に示すようなシステムである。このシステムは、ロゴスキーコイルの出力端に現れた電圧波形を広帯域積分器により処理し、雷電流波形を幅広い周波数帯域で正確に再現、風車への雷撃を検知できるシステムとなっている。ただ、このような現状最も実績を挙げているシステムでさえ、タワー搭

脚部に発生する電磁ノイズを雷撃として誤検知してしまうことも少なくなく、販売メーカ各社は今も検出精度の向上に尽力している。



第1図 大口径ロゴスキーコイルを用いた雷撃検出装置

市販されている雷撃検出装置で最も高いシェアを占めているのは第2図に示すような風車雷撃時にタワー周辺に発生する過渡磁界をソレノイド型のコイルで検出し、カウントするタイプである。この種の装置は高いもの



第2図 ソレノイド型の雷撃検出装置

でも50万円程度と比較的安価で、設置も容易なことから広く普及している。しかしながら、周辺のノイズの影響を受けやすく、風車から発せられる電磁のノイズはもちろん、他の風車への雷撃を検知してしまうことがあり、雷撃を正確に検知できているとは言い難い。トリガレベルを上げ、ノイズを検出しないようにするなどの対策が講じられてはいるものの、そもそもトリガレベルを上げるということは、トリガレベル以下の雷撃も見逃してしまうということであり、根本的な対策ができたとは言えない。

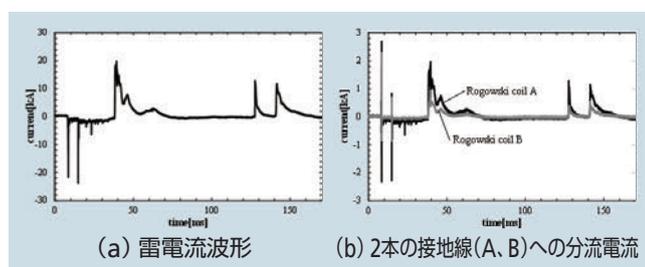
ビデオカメラにより風車への雷撃を検出する装置もある。第3図(a)は風車への雷撃を捕らえた映像である。第3図(b)はこの雷撃と同時に大口径ロゴスキーコイルを用いた雷撃検出装置により観測された雷電流波形である。ビデオカメラを用いた装置においても、画角に入る太陽光やカメラの前を横切る鳥などの影響により誤検知することも少なくなく、検出画像より、それが風車への雷撃なのか、あるいはそれ以

外の要因により検出された画像なのかを、判別する技術の向上が必要である。

タワー周辺はノイズ源が多いため、近年はブレード内部のダウンコンダクタに検出装置(小型のロゴスキーコイル)を設置し、どのブレードに雷撃があったかを検知する装置が販売されている。この種の

装置には、機器自身がブレードやハブ部分の稼動部に設置されるため、振動や遠心力に対する十分な耐久性が必要となる。

風車基礎周辺には一般的に接地線が布設されており、それらの接地線はタワーや基礎鉄筋と接続されている。そのような接地線には風車雷撃時に雷電流が分流する。第4図は入善風力発電所で観測された雷撃電流と接地線への分流電流の観測結果である⁶⁾。この分流電流をCTや小型のロゴスキーコイルで検出することで風車への雷撃を検知する装置も比較的広く普及している。ただし、接地線に分流する雷電流は接地線の布設状況により様々で、事前に実験を行うなどし、落雷電流と接地線への分流電流の関係を明らかにしておく必要がある。接地線への分流電流を検知するカウンタの価格は数万円程度のもが多く、かなり安価ではあるが、精度良く風車への雷撃を検出するには、落雷電流とカウンタを設置する接地線への分流電流特性を明らかにするための費用がかかってしまうため、この費用をいかに低減するかが重要となる。



第4図 雷電流波形と接地線への分流電流波形

3.おわりに

本稿では、風技解釈の改正後、普及が進む雷撃検出装置の現状と課題について説明した。雷撃により発生する電流、

磁界、電界、音、光、振動など様々な物理量を正確に捉えることができれば、雷撃検出装置として機能することができる。

検出装置を販売するメーカーは検出性能に係わる装置の性能をきちんと明記する必要がある。雷撃電流やその分流電流を検出するタイプの雷撃検出装置では、近年良く見かける性能の表記の仕方に、「 $8/20\mu\text{s}$ の雷電流に対し、どのような電流値で検出装置が反応するのか」を明記する方法が目立つ。実際の雷電流波頭長や波尾長は様々であり、この種の表記のみでは不十分である。トリガ設定値とシステムが捕捉可能な雷電流の周波数帯域を示す必要がある。

風技解釈の改正にもあるように、雷撃検出装置を用い風車を自動停止している事業者も少なくない。そのような場合、雷撃検出装置の誤検知が増えると、事業性を損なう結果となる。また、いたずらにより容易に誤動作してしまうような検出装置であってはならない。

雷撃検出装置は近くに落雷がある環境で利用されることは言うまでもない。また、風車内やその周辺にもノイズの発生源となる機器が数多く設置されている。そのため、強電磁界ノイズに暴露された環境下でも誤検知しないよう対策することが重要となる。

風車同様、屋外で長期間使用できるよう、丈夫な装置である必要がある。海岸近くの風車に設置するような場合は塩害対策、豪雪地域に設置するような場合は雪害対策も欠くことができない。このような環境下での利用に対し、メーカーは保証期間を設定する必要がある。

最後に、風車は冬季雷地域に限らず、落雷にさらされる可能性の高い設備である。すべての風車において、落雷があった場合にブレード等に破損がないかを確認するために速やかに風車を停止させ、安全確認を行った後に再起動する仕組みを確立しなければならない。今後、雷撃検出装置の精度向上と価格低減が進み、すべての風車に検出装置が設置され、安全・安定運用が実現することを期待する。

参考文献

- (1) <https://www.iea.org/>
- (2) 末永大周・安田陽：「事故レベルおよび停止時間に着目した風車雷事故統計分析」、電気学会研究会資料、HV-15-068, pp. 7-12 (2015-5)
- (3) 経済産業省 産業構造審議会 保安分科会 電力安全小委員会 新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループホームページ、http://www.meti.go.jp/committee/gizi_1/27.html
- (4) 「発電用風力設備の技術基準の解釈について(20140328商局第1号)の一部を改正する規程」、http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/oshirase/2015/01/270206-2.pdf
- (5) 山本和男：「風力発電システムへの雷撃検出の必要性と要求されるスペック」、平成28年電気学会全国大会、6-S7-5, pp.57 (11)-57 (13) (2016-3)
- (6) 中島崇宏・山本和男・角紳一・内藤悠太・大林和輝：「入善風力発電所における雷撃電流と各種の導線への分流電流の観測結果」、電気学会研究会資料、HV-16-055, pp. 21-26 (2016-7)

山本 和男 (やまもと かずお)氏 略歴

2000年4月 奈良工業高等専門学校 電子制御工学科 助手
 2006年4月 神戸市立工業高等専門学校 電気工学科 講師
 2007年3月 同志社大学大学院 工学研究科 電気工学専攻 博士課程後期課程 修了
 2007年3月 博士(工学)
 2007年4月 神戸市立工業高等専門学校 電気工学科 准教授
 2012年4月 中部大学 工学部 電気システム工学科 准教授