

■ウィンドウズ オブ Wind (風の窓) 風力発電に於けるセンサーと計測技術 —風力発電施設のトレンドと新たな計測技術の挑戦—

Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (HBM), Darmstadt, Germany A. Schäfer

スペクトリス株式会社 HBM事業部 中村 哲

Tel: 03 3255 8156 Email: satoshi_nakamura@spectris.co.jp

1. はじめに

ドイツに於いて風力発電は将来の電力を担う再生可能エネルギーのひとつの重要な手段として早くから研究開発が進められており、今後も風力発電産業はドイツの将来と近隣諸国の変わりつつあるエネルギー事情のために更に重要な役割を担っていく事は間違いありません。

近年、施設や設備を含む風力発電関連技術は急速に発展しており、大型で新しいタイプの風力発電設備が開発される中、過酷な条件の下で安全かつ効率的な運用を長期に渡り保証しなくてはなりません。そのため、開発、試験、運用のそれぞれの段階において優れた革新的な計測技術の提供が求められています。

HBMは計量・計測分野の老舗サプライヤーであり、風力発電分野ではドイツをはじめとした世界中の風力発電業界に関連する主要な企業に卓越したセンサーエレクトロニクスと計測技術を提供いたしております。

本稿では近年の風力発電施設のトレンドによって高まる要求に応じて提供している計測技術について幾つか紹介いたします。

2. ドイツの風力エネルギー

2011年5月、バルト海1のウインドファームにおいてドイツのメルケル首相の手により最初の商業的オフショア型風力発電装置の始動ボタンが押され、正式に商業運転を開始しました。これはドイツ政府が風力エネルギーを経済的にも重要となるエネルギー源と考える証であると言えます。また、風力発電は大気を汚染しないクリーンなエネルギー源として、注目されており、さらに将来この業界で期待される雇用の創出は経済発展に重要な役割を同時に担っていくものとなります。

このウインドファームのプロジェクトには3億ユーロの投資が行われ、21基の風車によって5MWの電力を創出し約50,000世帯の電力に



風力発電エネルギー施設のトレンドはセンサーと計測技術にとって新しい挑戦となります
写真: Matthias Ibeler / alpha Ventus

相当する発電を計画しています。尚、次なるウインドファームの計画は既に開始しており、更に10億ユーロ規模の投資によって340,000世帯の電力を供給する予定です。(2011年7月時点)

3. 風力発電施設のトレンド

近年の風力発電施設のトレンドとしては装置の大型化があります。バルト海1のプロジェクトに於ける風力発電施設はタワー高が70mで、ローターブレードの直径が93mでありましたが、近い将来、ローターブレードの直径が150mや250mの大径となることが予想されています。



風力による大小の負荷、打ち寄せる波、天候変化など過酷な条件の下で工事、運用される海上設置の風力発電設備は陸上のものと比較して多くの要求や困難が生じます
写真: Alpha Ventus

また、大型化と同時に風力発電施設は均一な風が得られ、環境的にも比較的問題の少ない洋上に施設が移行する傾向が多くみられます。しかしながら、洋上発電施設の不利な点としては陸地からのアクセスが不便であり、建設だけでなく修理や保守の為のコストが高くなるのは周知の通りです。また、洋上は海水や荒天にさらされる過酷な環境であるため風力発電に使用される構成機器は耐環境性能で高い要求を受けることとなります。さらに洋上は保守が容易でない条件の下であるため、各装置が確実かつ効率的に長期安定稼働することが求められています。

近年、風力発電施設は機械的な機構を削減する傾向にあります。20年以上も運転する必要のある風力発電施設にとって、機械的な機構に発生する摩耗や故障は修理、保守費用の観点から大きなリスクと負担となります。そこで、発電機のギヤレス化に見られるように機械的な機構を減らした風力発電設備の建設が増えています。同期型にもみられるようにギヤレス発電機はギヤ付き発電機と比較してゆっくりとした速度で回転し、同じ効率を出すために明らかに大きなトルク負荷がかかるようになっていきます。

4. 計画、建設と運用

風力エネルギーは建設の段階から運用に至るまで、ライフサイクルのすべての領域で、高い技術的要求を満たさなくてはなりません。すなわち、計画と開発そして運用までの各工程とメンテナンスに至るまで風力発電施設が機械的、電氣的に確実に設計、計画通りになっているかどうか、耐久性を含めて把握する事が重要

となっています。



ローターブレードは実証試験の前段階で疲労耐久試験が実施され、運用においても光ファイバーの歪み計測システムを内部に設置して監視を行っています / 試験、監視計測システムはHBM提供
写真: フラウンホーファー、風力エネルギー&エネルギー・システム技術研究所

風力発電設備にとって新しい挑戦となる課題は厳しい環境下に於いて 20 億回以上にも及ぶ風や波による負荷変動に耐えることです。したがって、タワーやローターブレードは運用中に状況を常時監視することが必要とされ、既に一部の風力発電施設では歪み計測装置によるライフタイムモニタリングを実施しております。また、ローターブレードは開発段階で疲労耐久試験が実施されるケースが多く、耐久性を実証試験とシミュレーションにて検証しています。

次にこのような状況は計測と試験装置に対してさまざまな要求を生み、革新的なセンサーエレクトロニクスと高い計測技術が求められてきました。例えば、自動車業界ではエンジンや駆動系で必要とされる計測レンジの最大値は、力で 500kN、トルクで 10kN・m ですが、風力発電の場合では、最大の計測レンジは力が 5MN、トルクは 30MN・m にも及びます。

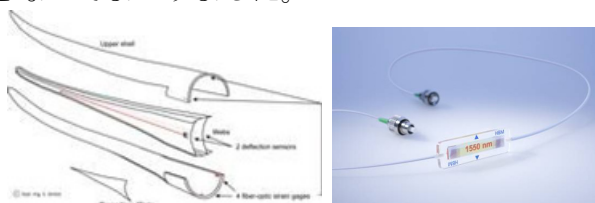
この非常に大きな力やトルクは発電機の効率の指標であり、評価パラメータのひとつとして計測され、同時に長期に渡る信頼性の持続が要求されます。すなわち、発電効率を運用期間中、保証しなくてはなりません。

また、大型化する風力発電施設は構造から発生する問題点のひとつとして各構成部位の接合部の接続時の組み付け精度や運用中に取り付け部位の力の分散度合いが、事故の発生率や

強度信頼性を大きく左右すると報告されています。(例えばリングフランジの接合部、タワー上部と風車本体、ブレードとハブの接合部等)

5. 計測技術の新しい局面 (光ファイバー歪みゲージ)

センサーと計測技術を最適に利用する事により風力発電設備の効率向上、信頼性を保障し運用ライフを伸ばすことが可能となります。また、風力発電施設の各部位の研究と開発段階においては広範囲かつ多岐にわたる計測が必要となっておりまいました。



FBG方式による光ファイバーひずみ計測システムとブレードへのインストレーション

運用中のローターブレード状態監視はその典型的な例です。ローターブレードの内部に光ファイバーを設置し、FBG方式にて歪みの状態を常時監視して異常を検知するセンサーと計測技術をHBMは提供しています。この技術は従来の電気的な歪みゲージを使用した場合に発生するリスク、すなわちEMCノイズの干渉や落雷による故障や事故等を排除する理想的な技術であると評価されています。

6. 風力発電施設の新しい計測

更なる計測アプリケーション例としては発電機の効率の評価規定によるものです。時に発電機のトルクは駆動ロープを用いて計測しますが、前述したように同期型などのギヤレスの発電機の場合は非常に高いトルクが発生します。HBMは高いトルクを高精度で計測可能なフランジ型トルクセンサーを提供して最大5MN・mまでのトルクの計測を可能にしました。

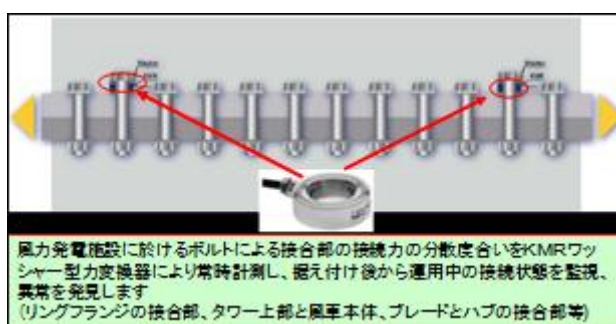
精度はPTB(ドイツ物理工学研究所)により検証された高精度に準じますが、これはIEC 60034に準拠した発電機の効率を検証するために必要なトルクを高精度で計測します。

さらに従来の風力発電設備と最近のものとを比較し、よりニッチな技術が必要とされたものの一例としてワッシャー型の力変換器があります。大型化する風力発電設備を構成するコ

ンポーネントの接合部は従来のものと比べて組み立てや運用時に注意を払う必要があります。



風力発電設備に於いて発電機の効率を高精度で計測するためにHBMのフランジ型トルクセンサーが利用されています
写真:フランジ型高精度トルクセンサー/The Switch 社同期型発電機



風力発電施設に於けるボルトによる接合部の接続力の分散度合いをKMRワッシャー型力変換器により常時計測し、締め付け後から運用中の接続状態を監視、異常を発見します
(リングフランジの接合部、タワー上部と風車本体、ブレードとハブの接合部等)

例えば、タワーと風車本体やタワーと基礎、またブレードとハブ等のリングフランジ形状のものに構造体を接合する場合、全ての取り付けボルトに均一に力を加えながら締め上げて行く必要がありますが、ボルトに一定間隔でワッシャー型力変換器を取り付けることにより、締め付けの状態を常時監視することができます。すなわち各所の接合状態を工事開始から運用中に至るまで常時監視することで危険な状況を把握することが可能となります。

7. おわりに

日本も例外ではなくエネルギー情勢に変化があったように風力は次期エネルギー政策の一躍を担う重要な発電手段となることは間違いありません。

HBMは計量・計測技術サプライヤーの老舗として早くからドイツをはじめとして欧州、北米、中国の風力発電装置メーカーに開発や運用に必要な計測技術の提供をおこなって参りました。

しかし、ここ数年急速に大型化して洋上に移る風力発電設備に対しHBMは新たなる要求に応えるために更なる挑戦をおこなっております。

HBMは本稿でご紹介いたしましたタワーやローターブレードの歪み、発電機のトルク、接合部位のボルト締め付け力の計測や状態監視などの技術に加え、ピッチ制御用計測、変電

設備試験・検査ツール、疲労耐久シミュレーションなど風力発電設備の研究と開発、運用時のモニタリングに求められる計測のソリューションを提供しております。



QuantumXデータ収集システムは広範囲に渡る種類の入力信号に対応できるユニバーサルデータ収集機器です。精度、安定性、柔軟性は風力エネルギー施設の開発で高い成果をあげます
写真: QuantumX

次の機会にそれぞれの技術の詳細につきましてご紹介をして参りたいと思います。

参考資料：

- 1) "Windenergieanlagen – eine neue Herausforderung für die Sensorik und die Messtechnik" / mpa messen prüfen automatisieren journal", July 2011
- 2) Focused wind energy days "Sensorik und Messtechnik für die Windenergie", December 2011, Mainz, Germany.



The Author: Dr.-Ing. André Schäfer is Product & Application Manager Wind Energy at HBM Test and Measurement, Darmstadt, German