

電力システム Power Systems

三菱スマート中低圧直流配電ネットワークシステム“D-SMiree”

Mitsubishi Smart Medium/Low-voltage Distribution Network System "D-SMiree"

近年、低炭素社会実現に向けた供給力の1つとして、太陽光発電や風力発電等の再生可能エネルギー(以下“再エネ”という。)が注目されている。例えば太陽光発電(Photo Voltaic: PV)は直流で発電するが、一般的に交流に変換して送配電される。一方、電気機器の多くが機器内部で直流電力で動作するため、受電した交流電力を機器内部で直流に再度変換して使用している。これらの変換の際に生じる電力損失の削減が省エネルギー化を進める上での課題の1つである。今回、開発した三菱スマート中低圧直流配電ネットワークシステム“D-SMiree”は、直流のまま送配電することで電力損失を削減し、さらに蓄電池、エネルギーマネジメントシステム(Energy Management System: EMS)と組み合わせることで省エネルギーを実現する次世代の配電システムである。主要な各構成機器の特長を次に述べる。

(1) 直流給電システム

D-SMireeは直流給電システムの容量に応じ、次の3つのラインアップを行っている。

①“D-SMiree Standard”

“D-SMiree Standard”は、モジュール容量100kWで最大7台の並列運転が可能な100~700kWの大容量システムとモジュール容量10kWで最大10台の並列運転が可能な10~100kWの小・中容量システムがある。両システム共にモジュール構成が“N+1”の冗長構成であり、高信頼性を確保している。採用している交流/直流変換器は、2009年の国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究で製品化開発したものであり、最大効率97%で商用電源AC210Vを変換してDC380Vを出力する中核機器として適用している。主な特長は、消費電力変動に応じて電源ユニットの運転台数を最適制御する“ダイヤモンド・エコ・ドライブ”で、低負荷時から定格負荷時まで全領域で高い運転効率の維持を可能にしている。

②“D-SMiree Mini”

“D-SMiree Mini”は、モジュール容量3.5kWで最大3台の並列運転が可能な3.5~10.5kWの小容量システムである。採用している交流/直流変換器は最大効率約96%の絶縁型である。

③“D-SMiree Light”

“D-SMiree Light”は、システム容量7.5~75kWの小・中容量システムであり、単機運転だけである。双方向インバータ機能に

よって、商用電源側に逆潮流が可能なシステムとなっている。

(2) DC連系変換装置

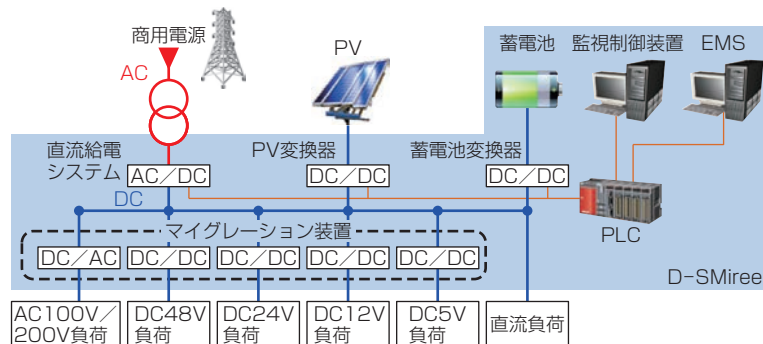
PVと蓄電池を連系させて直流電力を制御する装置で、PV用DC/DC変換器と蓄電池用DC/DC変換器で構成している。PV用DC/DC変換器ではMPPT(Maximum Power Point Tracking)方式によって、天候等で変動する最適動作点に自動追従して最大出力が得られるように制御している。蓄電池用DC/DC変換器はEMSからの指令によって蓄電池の充放電を制御し、先に述べた直流給電システムとの協調運転によって、負荷状況に応じて発電の余剰分は蓄電池へ充電し、発電の不足分は商用電源及び蓄電池から給電するといった再エネ発電量と負荷変動に応じた効率的な運転が可能となる。また、商用停電時には蓄電池から給電する停電補償機能も持つ。

(3) マイグレーション装置

全ての負荷がDC380V給電に対応することは難しいため、負荷の仕様に合わせた電圧に変換するマイグレーション装置が必要となる。D-SMireeではDC 5V/12V/24V/48V、AC100V/200V負荷に対応している。

(4) EMS

“創エネ”“蓄エネ”の最適制御を実現するため、EMSを導入している。EMSは大きく需要予測機能、再エネ発電予測機能、需給計画・制御機能の3機能で構成しており、再エネを最大限に活用するためには、需要予測、再エネ発電予測からの需給計画に基づいた蓄電池の有効活用が重要になる。また、蓄電池性能オンライン診断技術によって、蓄電システムを使用中のデータ(電流、電圧)から当社独自のアルゴリズムによってリアルタイムに蓄電池の残量、劣化度を高精度に推定することが可能となるほか、診断時にシステムを停止する必要がないため蓄電システムの稼働率向上が可能となる。



PLC: Programmable Logic Controller

D-SMireeのシステム構成

MMC方式無効電力補償装置の初号器完成

First Commercial Operation of MMC-type Static Synchronous Compensator

米国電力会社DE社のコリントン変電所に、当社初号器となるMMC(Modular Multilevel Converter)方式の無効電力補償装置(STATIC synchronous COMPensator: STATCOM)を納入し、2017年6月に運転を開始した。

STATCOMは、進み・遅れ無効電力を連続的かつ高速に供給できる装置である。今回適用のMMC方式は、SM(SubModule)と呼ばれる小型変換器を直列接続する方式で、SM単位で冗長化が可能、故障時のSM交換が容易、装置の据付けが容易で工期の短縮が可能という特長がある。製品化に当たって、スイッチング素子に自社製IGBT(Insulated-Gate Bipolar Transistor)を適用することによって、STATCOMのほぼ全てを当社製品で構成することが可能となった。

このSTATCOMが設置されるノースカロライナ州アウターバンクスは、DE社電力システムのほぼ末端に位置し、雷等の系統事故発生時に需要家への電力供給が不安定となりがちな地域である。このSTATCOMの導入によって、事故除去後の高速な電圧回復が期待できる。

今回のMMC方式の製品化によって、既に実績のある

GCT(Gate Commutated Turn-off)サイリスタによる変圧器多重方式とともにSTATCOMのラインアップを増強した。また、このMMC方式の技術は今後HVDC(High Voltage Direct Current)システムへ適用していく。



米国DE社納めのSTATCOM



STATCOM SMが配置されたバルブ室

関西電力(株)金剛変電所向け500kV変電機器納入

Delivery of Equipment for Kongou Substation in Kansai Electric Power Co., Inc.

関西電力(株)で基幹システムの信頼性向上を目的に系統変更工事が実施されてきており、複数の500kV変電所の新設工事及び増設工事が進められている。その1つである金剛変電所に、2016年3月から500/275kV変圧器×2台と550kV GIS(Gas Insulated Switchgear)×14ユニットの現地据付け工事を行い、2017年6月に運転が開始された。

当社の最新技術を適用することによって、小型軽量化や構造簡素化による機器コスト低減に加え、保守点検の省力化、据付け工期短縮を含めたライフサイクルコスト低減を図ることができた。500kV変圧器では、550kV GISとの接続部への油-ガススペーサや気中母線との接続部へのポリマーガスブッシング適用によってコンパクト化・保守性向上と耐震性向上を図るとともに、2群巻線配置による軽量化、小型クリーンハウス適用による現地据付け工期短縮を実現した。550kV GISではハイブリッド形の新型GISを採用して水平形CB(Circuit Breaker)を始めとする主要構成機器を直線配置にして一体輸送を図り、現地据付け工期を大幅に短縮するとともに、気中引き出し部には全てポリマーガスブッシングを適用して耐震性・経済性向上を図った。

また、故障率の低いばね操作形CBの適用によって定期交換部品やメンテナンス項目削減による保守点検性向上を図った。



500/275kV変圧器



550kV GIS

電力システム Power Systems

トーションバー式ばね操作装置を用いたガス遮断器のシリーズ化

Series of Gas Circuit Breakers Using Torsion Bar Spring Mechanisms

当社では、72kV以上の全電圧クラスをカバーする電力用ばね操作ガス遮断器(GCB)を開発・製造している。

今回、この中で比較的低い電圧クラス向けの中小出力トーションバー式ばね操作装置を開発し、信頼性とメンテナンス性に優れたトーションバー式ばね操作装置を用いたGCBのシリーズ化を達成でき、72kV以上の全電圧クラスへの適用を可能とした。

トーションバー式ばね操作装置(図1)は、中実トーションバー(ねじり棒)ばねを遮断器の開路・閉路の各動作の駆動力として用いた操作装置である。ばね自身の運動に要するエネルギーが不要で、コイルばねに比べて高出力化に適していることから、1998年以降、主に超高压以上のGCBに適用してきた。

トーションバー適用によって、操作装置の動作にかかわる全ての構造を平歯車による回転運動で構成でき、全箇所回転軸受を採用し、動作時の摩擦の影響を極小化することによって、高い動作信頼性が得られる。また、歯車には乾性被膜潤滑剤の焼付けを行うとともに、小勢力部にはシール付軸受を使用することで、グリースアップを不要とし、操作装置としてメンテナンスフリーにしている。

同操作装置は、168kV以上のGCBに適用してきており、1996年には消弧室の小型・高性能化によって300kVばね操作装置を製品化した。さらに、2011年には消弧室の所要操作力の低減とトーションバー式ばね操作装置の高出力化によって、550kVばね操作GCBを製品化し(図2)、国内最高電圧(*1)までカバーするばね操作GCBシリーズを構築した。

一方、電圧の低い特高クラスのGCBへの同操作装置の適用には、機器の体格に比べてトーションバーが長く、操作装置の配置に制約を与えるという課題があった。この課題を解決するため、中実のトーションバーの外側に中空のチューブトーションバーを多重配置した新しい構造のばね(図3)を適用することによって、小型で中小出力のトーションバー式ばね操作装置を開発した(図4)。これによって、72kV以上の全電圧クラスへのトーションバー式ばね操作装置の適用が可能になった。

今後特高クラスのGCBへの同操作装置の適用を進め、トーションバー式ばね操作GCBのシリーズを構築する予定である。

*1 2010年3月10日現在、当社調べ

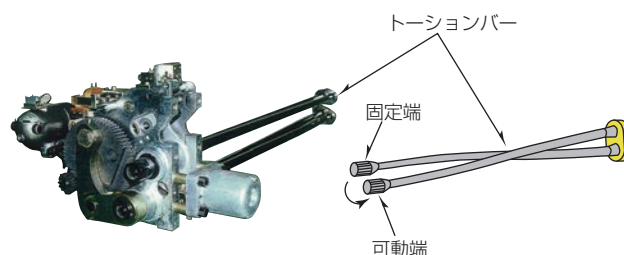


図1. トーションバー式ばね操作装置

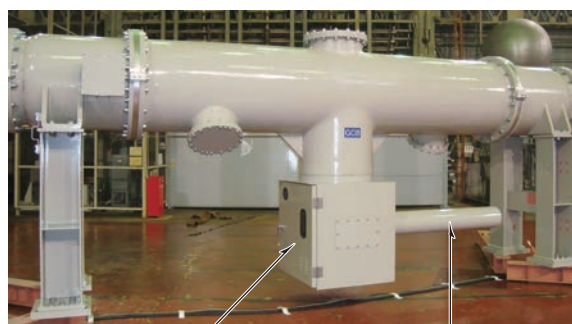


図2. 550kVばね操作GCB

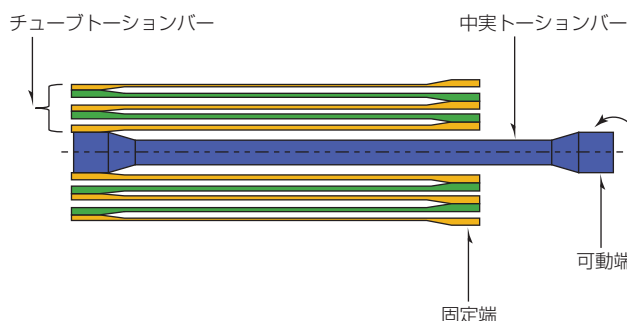


図3. チューブトーションバー構造

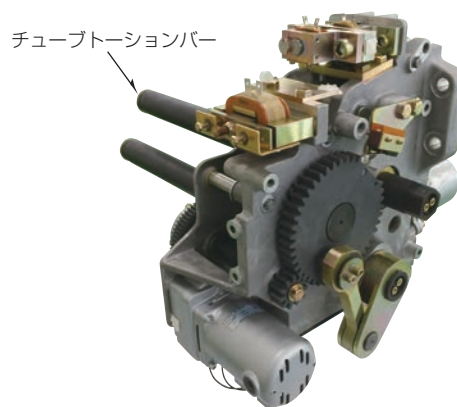


図4. 新型チューブトーションバー式ばね操作装置

エリア電気事業者向け再生可能エネルギー発電出力予測システム

Renewable Energy Forecasting System for Power Grid Company

風力発電所や太陽光発電所といった再生可能エネルギー（以下“再エネ”という。）を利用した発電所の大量導入が進んでいる。再エネ発電は天候によって発電出力が大きく変動するため、電力を安定して供給するためには、事前に再エネの発電出力を把握することが必要となる。当社はエリア電気事業者向け再エネ発電出力予測システムを開発した。このシステムは、気象予報データを取り込み、再エネ発電所、又は、エリアごとに発電出力を予測するものであり、次に示す特長がある。

(1) 学習による精度向上

過去の予測値と実績値との関係を学習し、統計的に誤差を補正することで、自動的に精度を改善。

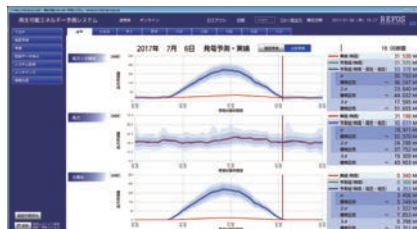
(2) 信頼区間の表示

過去の予測誤差の実績から、統計的に誤差の分布を推定することで、予測の信頼度に応じた信頼区間を表示可能。

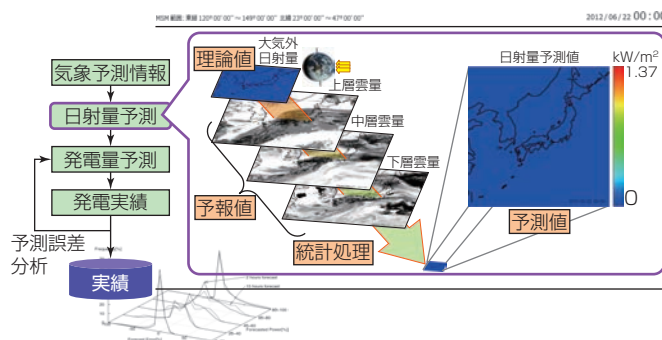
(3) 設備データの更新作業省力化

再エネ発電設備は日々増加するため、設備データの更新の負担が大きい。設備を管理するシステムとデータ連係す

る等、更新作業自動化をカスタマイズすることで、更新作業の省力化が実現可能。



予測画面例



再エネ発電出力予測手法

原子力発電プラント向け小型タービン保安装置

Small Turbine Protection System for Nuclear Power Plant

原子力発電プラントに求められる高信頼性を維持し、最新のデジタル式制御装置の保守性を確保した小型サイズの保安装置を開発した。既存プラントの設備更新では、機能・信頼性に加え、既設スペースに設置可能な小型化が特に重要である。既存タービン保安装置に対しては、同等の信頼性（トリップ機能喪失確率： 10^{-4} 回/年）を維持しながら、最小盤面数1面で置き換え可能とした。

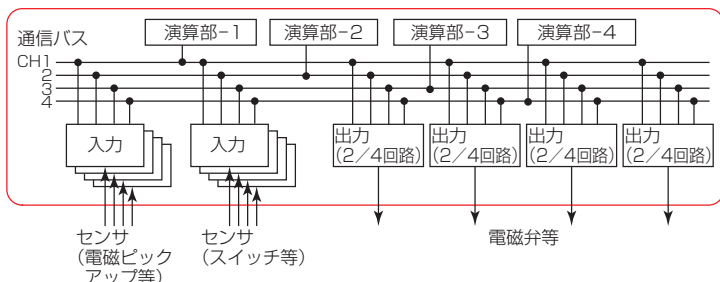
今後の海外プラントへの展開も考慮し、国際標準である機能安全規格への適合に配慮した開発であり、タービン保安装置に加えて、安全機能を必要とする小型保安装置としての活用も期待できる。その特長は、次のとおりである。

(1) 演算部の小型4重化と多数決システム

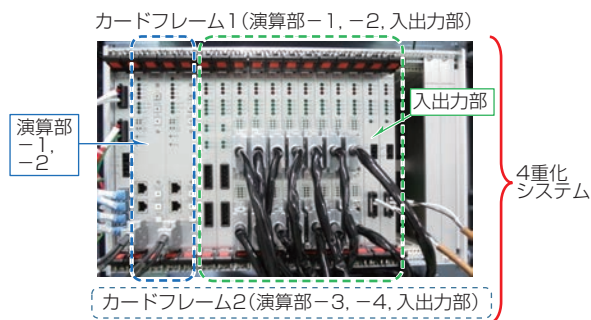
安全機能に着目した再設計・実装によって、演算部の高集約化を達成し、従来構成（モジュール3台）を1台に小型化した。さらに4重化した演算部の演算結果を出力部の2/4回路で多数決処理することによって、演算部故障による安全機能喪失確率を低減できるシステムとした。

(2) 機能安全規格に準拠した故障対策

機能安全規格に準拠し、ハードウェア部品の偶発故障に対して求められる診断機能を搭載した。また、同規格のQMS(品質マネジメントシステム)に準拠することで、ソフトウェア品質を高めた。



4重化多数決システムの構成



小型タービン保安装置