

高圧気中絶縁スイッチギヤ“MS”へのスマート保安システム搭載

パク オソン* 佐方直都*
Ohseong Park Naoto Sagata
濱田達哉*
Tatsuya Hamada
陳 能*
No Chin

*受配電システム製作所

Smart Maintenance Functions for High-Voltage Air-Insulated Switchgear “MS”

要 旨

電気設備の保安現場では、従事者の高齢化や少子化に伴う人材不足に加えて、再生可能エネルギー設備の急増による保守点検負荷の増大が課題になっている⁽¹⁾。こうした背景から、IoT(Internet of Things)技術、AI技術、及び各種環境センサーを組み合わせ、電気設備の異常兆候を遠隔監視で検知し、点検・保守時期を予測することで保守点検業務を効率化する“スマート保安サービス”の普及が加速している⁽²⁾。三菱電機は、当社製の高圧気中絶縁スイッチギヤにこれらのスマート保安用機器・センサー類を実装するに当たって、スイッチギヤ本来の性能を維持しつつ、安全かつ容易な機器の脱着を可能にするハードウェア構造を開発した。

1. ま え が き

近年、故障リスクのある電気設備を自動・遠隔監視、異常兆候検出し、事前に保守点検することを目的としたIoT/AI技術を活用したスマート保安サービスが活性化している。日本では、少子化問題や従来電気設備保安従事者の高齢化の問題に加えて、再生可能エネルギー設備の増加による深刻な人員不足が予測されるほか、経済成長期の1980～1990年代に導入された電気設備が更新周期を迎えることから、スマート保安の需要が高まっている。これを受けて、経済産業省ではスマート保安の導入を推進しており、市場競争の激化も予想される。

このような状況下で、当社もスマート保安サービスの提供を開始した。このサービスをスイッチギヤに実装する際、設備の信頼性とメンテナンス性を損なうことなく、センサー類を安全かつ容易に脱着できるハードウェアの設計が極めて重要な要素になる。

本稿では、先行論文⁽³⁾で詳述されたスマート保安システムの概要を前提とし、当社製高圧気中絶縁スイッチギヤ“MS”へのスマート保安機能の搭載手法に関して、次の項目を主題として述べる。

- (1) スイッチギヤへの搭載の基本的な考え方・制約条件及びユニット化による“開発構想”
- (2) 構想を具現化するための“ハードウェアシステム構成及び詳細構造”
- (3) スイッチギヤ本来の性能を阻害しないことを検証した“評価試験結果”

2. 開 発 構 想

この章では、開発構想について述べる。

2.1 基本的な考え方

MSの定格仕様を表1に、標準配列及び標準配列のうちの一つの盤(屋内仕様)の外観を図1に示す。

MSへのスマート保安機能搭載に当たっては、次の3点を基本方針として構造検討を行った。

(1) 基本性能維持

当該システムの主な監視対象は、開閉器室前面と主回路室である。スマート保安システム(通信・演算機器、センサー類)の搭載が、MSの基本性能(絶縁性能、保護等級、電路形成、メンテナンス性等)に悪影響を及ぼさない配置とする。具体的には、スマート保安システムとMS本体(以下、両者を合わせて“ハードウェアシステム”という。)を物理的・機能的に分離することで、MS内の構造や外形への影響を最小限に抑える。

(2) 保守作業安全性確保

スマート保安の主な目的は保守・点検作業の省力化であることから、センサー配置は原則として無停電交換が可能な構造とする。運用中の主回路充電部近傍での作業でも、作業者の接触リスクを排除し、安全な作業環境を確保する。

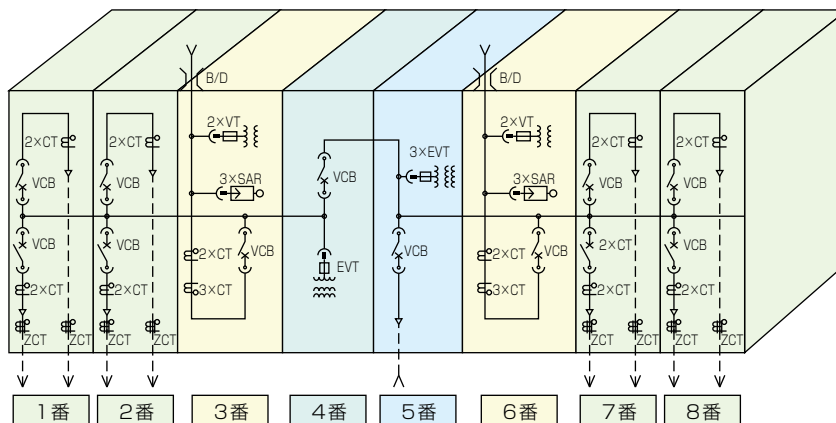
(3) 汎用性・拡張性確保

スマート保安システムの後付けや機能拡張などが簡単に行えるよう、モジュール構造を持ったハードウェアシステムを適用する。

表 1-MSの定格仕様

準拠規格	JIS C 62271-200(2021) LSC1, LSC1-PI	
定格電圧 (kV)	3.6(3.3)	7.2(6.6)
定格母線電流 (A)	400, 600, 1,200, 1,600, 2,000, 2,500, 3,000	
定格周波数 (Hz)	50/60	
主回路商用周波耐電圧・1分間 (kV, rms)	16(10)	22(16)
制御回路商用周波耐電圧・1分間 (kV, rms)	2	
雷インパルス耐電圧 (kV : peak)	45(30)	60(45)
定格短時間耐電流 (kA)	8 / 12.5 / 20 / 25 / 31.5 / 40	
定格短時間耐電流時間 (秒)	1 (0.5)	
定格操作電圧	DC100/110V	
保護等級 (外被)	IP2X ^(注1) (屋内)	

(注1) 防塵等級 2 (指先など直径12.5mmの外來固形物まで保護)、防水等級なし



CT : Current Transformer, VT : Voltage Transformer, VCB : Vacuum Circuit Breaker, SAR : Surge Arrester, EVT : Earthing Voltage Transformer, ZCT : Zero-Phase Current Transformer, B/D : Bus Duct

図 1-MSの標準配列 (左) と標準配列のうちの一つの盤 (屋内仕様) の外観 (右)

2.2 制 約 事 項

次に2.1節の基本方針を実現する上での制約事項を整理する。

(1) 基本性能への制約

図1の標準配列に示すとおり、MSは各部の役割に応じて収納機器や内部配置が異なる。また、案件ごとの個別仕様に基いて設計されるため、内部構造を一義的に決定することが困難である。したがって、内部構成の変化による影響を最小限にとどめるため、スマート保安機能は、機器配置の制約が少ない天井部への取付けを基本とする。

(2) 保守作業安全性の制約

主回路室へのセンサー設置は必要最小限とし、設置が必要な場合は主回路充電部からの絶縁隔離を確実に確保した上で、安全な脱着が可能な構造とする。

(3) 汎用性・拡張性の制約

天井部への搭載が困難な特殊案件については、開閉器室前面への個別設計対応を行う。

2.3 ユニット化構成

2.1節の考え方及び2.2節の制約条件を踏まえて、スマート保安システム搭載のためのハードウェアシステムのモジュール構想を、次のように策定した。

- (1) CM-BOX(Communication Module Box) : スマート保安システムの通信機器やセンサー制御機器をまとめて収納するモジュール
- (2) CAM-BOX(Camera Box) : 主回路室監視用カメラの配置での絶縁保護構造を持ったモジュール
- (3) C-S-BOX(Cable Sensor Box) : 開閉器室前面への配線穴の保護、及びデータケーブルやスイッチギヤ外部設置センサー類を収納するモジュール
- (4) LAN-BOX : 主回路室内のセンサーとCM-BOX間のデータ中継を担うモジュール

これらのモジュールを組み合わせることで、ハードウェアシステムのユニット化を実現する。ハードウェアシステムのユニット化構造の一例を図2に示す。このユニット化構造での特に重要なモジュール(CM-BOX, CAM-BOX)の詳細については、3.2節で述べる。

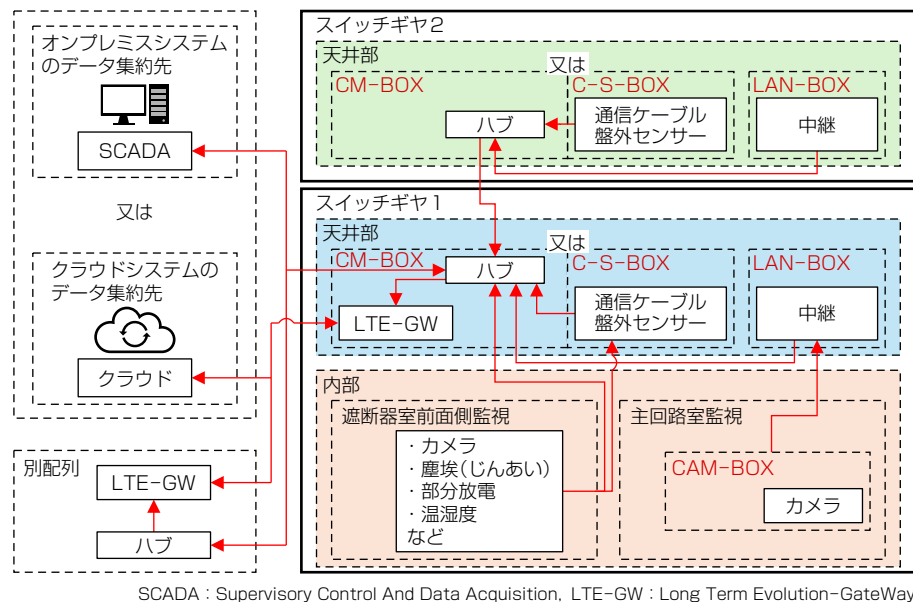


図2-ハードウェアシステムのユニット化構造の一例(太線枠)

3. 開発内容と評価試験結果

この章では、開発内容と評価試験結果について述べる。

3.1 ハードウェアシステム構成

2.3節で述べたユニット化構想を実際のMSに適用したイメージを図3に示す。また、図1のMSの標準配列でのハードウェアシステム構成を図4に示す。各種スマート保安機器類をCM-BOXに集約し、配列の中央(図4の4～6番の盤)に集中配置することで配線効率化を実現した。

3.2 ハードウェアシステムでの重要なモジュール(CM-BOX, CAM-BOX)の詳細構造

MSへ搭載したハードウェアシステムのユニット化を実現するための、重要なモジュール(CM-BOX, CAM-BOX)の詳細構造を述べる。

(1) CM-BOX

データ通信機器の収納を主目的とし、MSの外部センサーや演算機器といったセンサー制御機器も収容する。多様な機器構成・パターンに対応できるように、図5に示す可変式棚構造を採用した。この構造の適用によって、将来的なデバイスのアップデートへの柔軟な対応も可能とした。また、スイッチギヤ外部配線穴の保護構造を適用し、表1の定格仕様にある保護等級(IP2X)を満足した。さらに、2.1節(1)のとおり、ハードウェアシステム(スイッチギヤの物理的・機能的なシステム)を物理的・機能的に分離させることで、スイッチギヤの内部構造や外形への影響を必要最小限に抑えた。

(2) CAM-BOX

主回路室内の限られたスペースに配置するが、配置スペースの制約を受けにくくすることと、センサー故障時の交換の際に電気設備の運用計画に影響しないように、図6のような無停電交換が可能な構造を考案した。具体的には、裏面扉に小扉を設けて、扉が閉まった状態で小扉だけが開閉できる構造とした。また、カメラ周辺を透明な絶縁物で囲って、安全な脱着を可能にした。さらに、カメラ交換時の設置位置のずれによる光軸ずれが生じないように、スライド式のガイド構造を設けた。

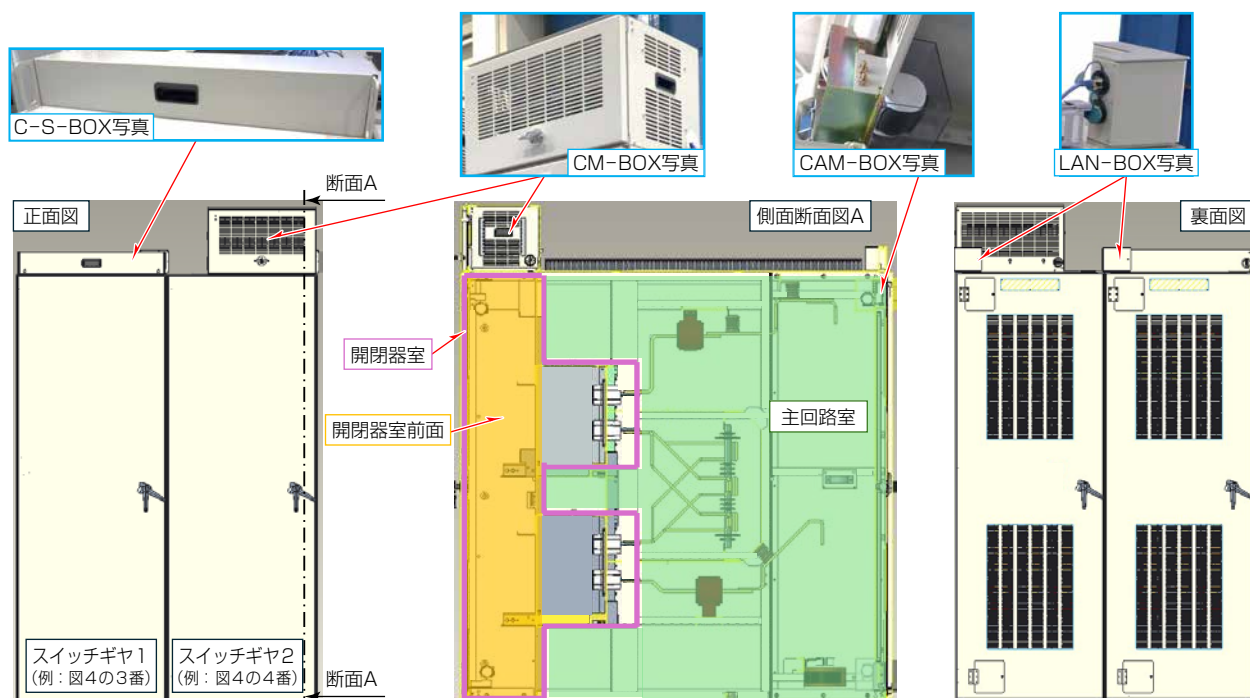
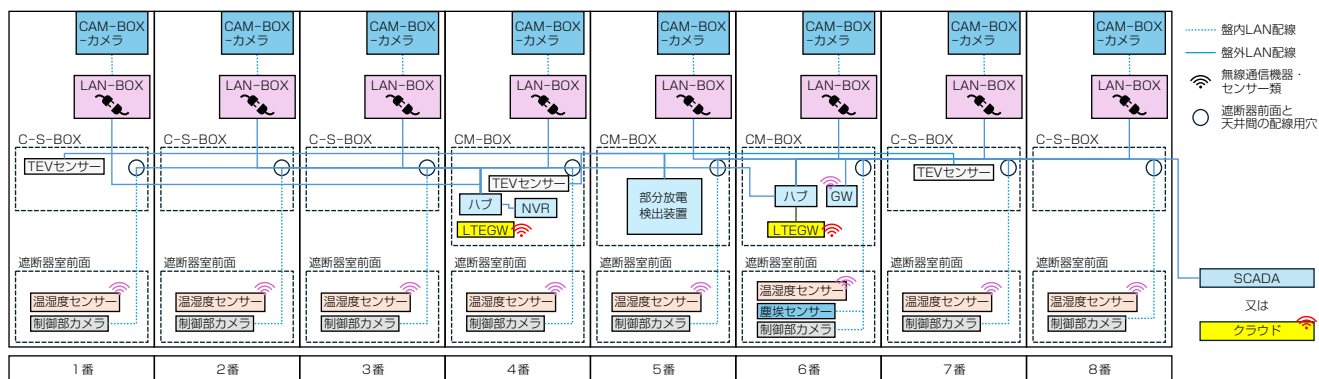


図3-センサー類・各モジュール配置のイメージ(3Dモデルと実写真)



NVR : Network Video Recorder

図4-MSの標準配列でのハードウェアシステム構成

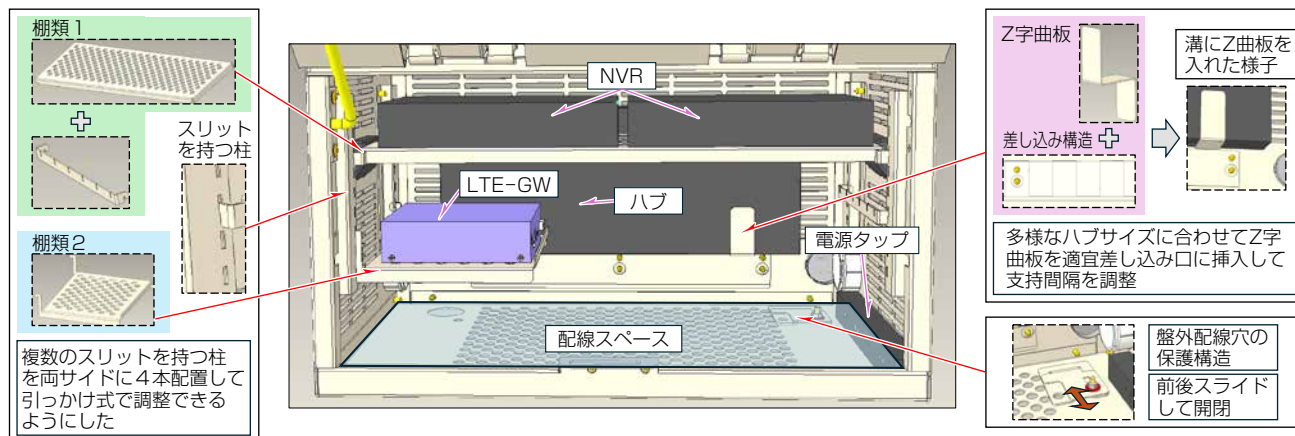


図5 - CM-BOX内にスマート保安用機器を収納した様子と詳細構造(3Dモデル)

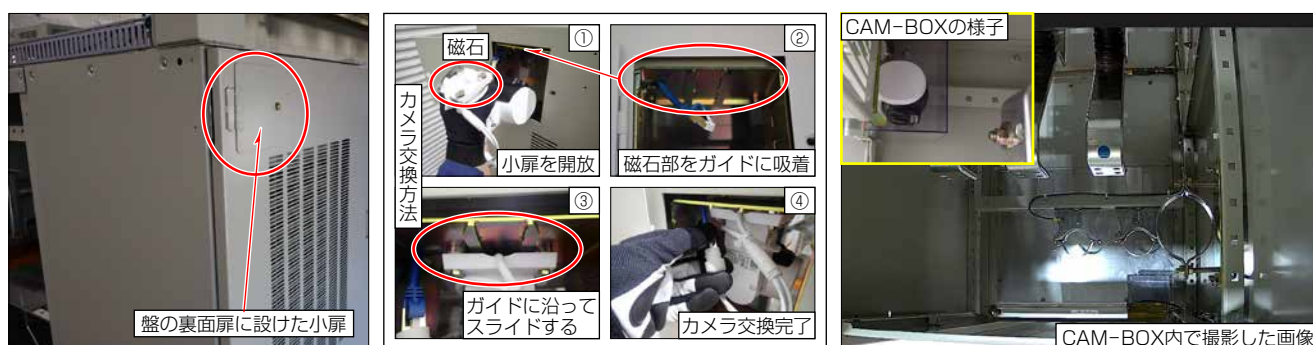


図6 - CAM-BOXの詳細構造

3.3 重要なモジュール(CM-BOX, CAM-BOX)の評価試験結果

このハードウェアシステム構成で、唯一主回路室に配置するCAM-BOXは、カメラ交換作業の際、人が触ることが想定されるため、その状況を模擬した上で、CM-BOXとCAM-BOXに対して、次の2項目に関する評価試験を行った。

試験の様子を図7に、試験結果を次に示す。

(1) 保護等級確認試験(IP2X)

テストフィンガー(試験用指)及び銅球を用いた試験によって、MSの外部・内部の双方でIP2X相当の保護性能を持つことを確認した。特にスイッチギヤ内部構造については、運用(通電)中のカメラ交換作業を想定し、作業者が誤って主回路充電部に接触しない防護構造であることを検証した。

(2) 絶縁性能確認試験

主回路充電部に対する十分な絶縁距離を確保し、閃(せん)絡しないことを確認した。



図7 - 評価試験の様子

4. む す び

この開発によって、本来の性能を損なうことなくMSにスマート保安機能を搭載する手法を確立した。ユニット化による柔軟な配置設計と、IP2X及び絶縁性能の確保によって、MSをはじめ既設のスイッチギヤを含む幅広い運用環境への適用の可能性に目途を得た。今後は、この構造をベースとして適用機種の種類を拡大していく。

参 考 文 献

- (1) 経済産業省：電気主任技術者制度について（2023）
https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/hoan_seido/pdf/014_01_00.pdf
- (2) 一般社団法人 日本電機工業会：高低圧電気機器保守点検のすすめ（2024）
https://www.jema-net.or.jp/randb-archives/DS5223_202411.pdf
- (3) 小鶴 進：受配電設備向けスマート保安実現への取り組み，三菱電機技報，**98**，No.6，4-01～4-04（2024）

~~~~~