

海外RMU更新用12kV“HS-X形”C-GIS

松永敏宏*
江波戸輝明*
藤 謙一**

12kV C-GIS "HS-X" for Overseas RMU Renewal Market

Toshihiro Matsunaga, Teruaki Ebato, Kenichi Fuji

要 旨

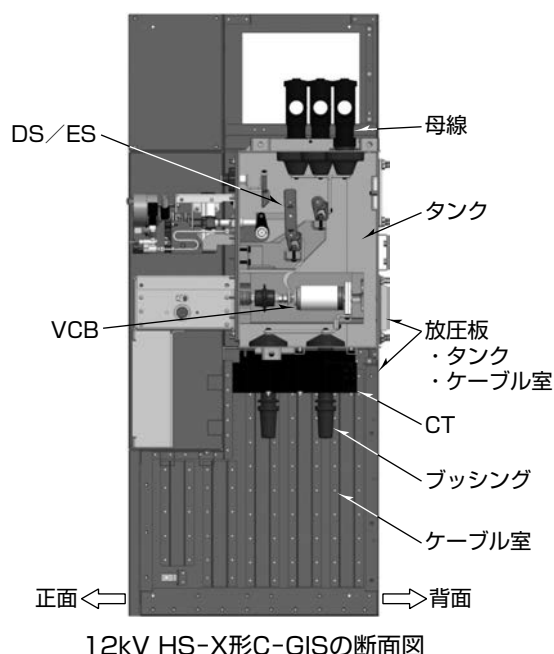
海外市場の12kVループ受電系統では、既設の分配用開閉器(Ring Main Unit : RMU)が更新時期を迎えている。既設RMUは市街地地下などの狭隘(きょうあい)な電気室に据え付けられている場合が多く、設置スペースの制約や既設ケーブルとの取り合いなど顧客ごとに要望が異なる一方で、耐内部アーク性能など最新のIEC(International Electrotechnical Commission)規格に対しても準拠する必要がある。

今回、このような海外RMU更新需要をターゲットとして、12kV“HS-X形”キュービクル型ガス絶縁開閉装置(C-GIS)を新たに開発した。この機種は次のような特長を持つ。

(1) 12kV専用機種として機器設計や配置を最適化することで、従来の24kV HS-X形C-GISと比較して、容積

比40%減の幅450×奥行820×高さ2,000(mm)を達成

- (2) 内部アーク事故時の高温ガス放圧に必要なC-GIS背面から電気室壁面までのスペースは最小100mmであり、狭隘な電気室にも据付け可能
- (3) 電力ケーブル接続部分は、圧縮端子とプラグインコネクタ両方に接続可能なブッシングを開発したことで、既設ケーブルの流用にも対応
- (4) 母線の接続部には固体絶縁アダプタを用いたプラグイン構造を採用し、据付けの際の現地ガス処理作業レスを実現
- (5) 気密タンクにロボット溶接を採用し、さらに欧州F(ふっ素)ガス規制改正に対し、運用中の定期検査が除外される年率0.1質量%以下のガスリークレートを達成



DS : Disconnecting Switch, ES : Earthing Switch, VCB : Vacuum Circuit Breaker, CT : Current Transformer

縮小化と狭隘スペースでの耐内部アーク性能を実現した12kV“HS-X形”C-GIS

従来機種ではタンク上側に設置していた放圧板を、背面側に設置して奥行き寸法を縮小した。放圧板から背面側へ噴出した高温ガスは、電気室壁面との間を伝い天井方向へと排出される。タンク下側に設置したブッシングは既設の圧縮端子と新設のプラグインコネクタ両方の電力ケーブル接続方式に対応している。

1. ま え が き

海外市場の12kVループ受電系統では、従来、真空遮断器(VCB)×1台と負荷開閉器(Load Break Switch : LBS)×2台を集約させた分配用開閉器(RMU)が多用されてきた。

近年、老朽化した既設RMUに対して、停電時間短縮を目的としたVCB×3台構成のキュービクル型ガス絶縁開閉装置(Cubicle-type Gas Insulated Switchgear : C-GIS)への更新需要が高まっており、それを受けて三菱電機では12kV HS-X形C-GIS(以下“HS-X形C-GIS”という。)を開発した。

本稿では、HS-X形C-GISの配列構成、構造・仕様及び採用技術について述べる。

2. HS-X形C-GIS

2.1 ループ受電系統とC-GISの配列構成

既設RMUを用いたOpen-Ring方式のループ受電系統を図1(a)に示す。各二次変電所(Consumer Substation : C/S)のRMUからはVCBが負荷側に接続され、2台のLBSは隣接するC/Sとつながり、一次変電所(Zone Substation : Z/S)のVCBを介してループ状の系統を成している。このような方式をOpen-Ring方式と呼び、系統のLBSのうち、1か所は常時開放されているため、事故発生時は事故点を挟んで常時開放のLBSからZ/SのVCBまでの間が停電する。その後は事故点両側のLBSを開放し、それ以外の系統を復旧させるが、その間数分間にわたり停電が継続する。

それに対し、図1(b)のようにLBSを全て事故電流遮断が可能なVCBに置き換えるとループ系統を常時閉じておくことが可能である。事故発生時は、事故点両側のVCBが即座に開放されるため、停電時間をほぼゼロ(瞬停のみ)にすることができる。これをClosed-Ring方式と呼ぶ。

図2にClosed-Ring方式でのC/SのC-GIS配列構成を示す。ループ系統に接続する受電盤2面と負荷側に接続するフィーダ盤1面が最小構成であり、負荷側の構成によってはフィーダ盤を増設可能である。

2.2 HS-X形C-GISの構造・仕様

HS-X形C-GISの構造を図3に、仕様を表1に示す。絶縁媒体としてSF₆(六フッ化硫黄)ガスを封入したタンク内にはVCBと、その母線側に断路器/接地開閉器(DS/ES)が配置されている。それぞれ機器正面側には操作機構を備え、これらは全て1枚のフランジに取り付けられてユニット化されている。

タンク底面にはケーブル接続部となるブッシングが鉛直下方向に取り付けられており、変流器(CT)はこれらブッシングが貫通するようにタンク底面のケーブル室側(気中)に配置されている。一方、タンク天井には別のブッシング

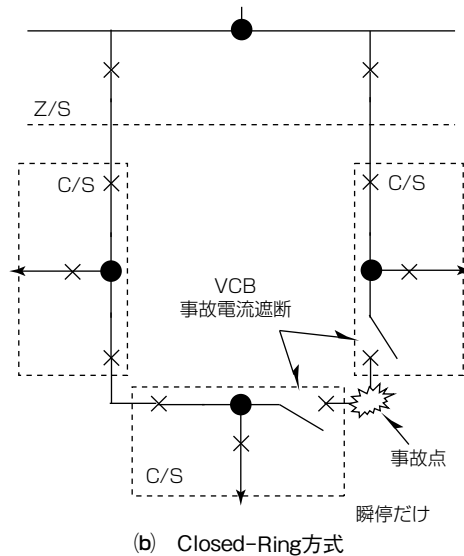
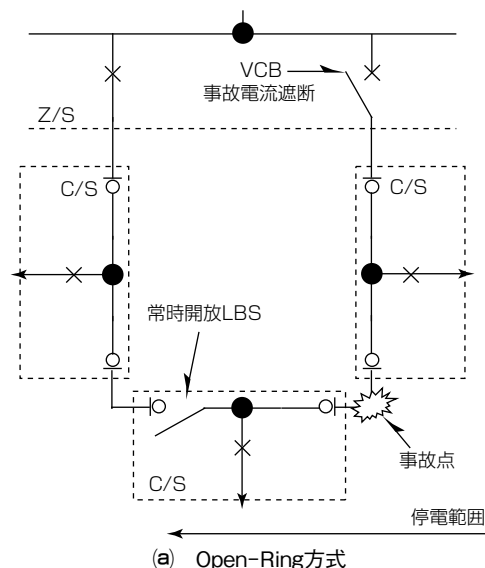


図1. ループ受電系統

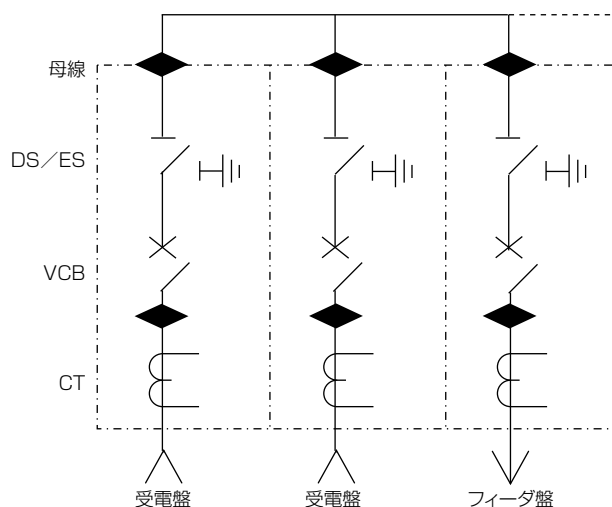


図2. Closed-Ring方式でのC/SのC-GIS配列構成

を介して、固体絶縁アダプタを用いたプラグイン構造の母線を接続する。

タンク、及びケーブル室の背面には、それぞれ放圧板が

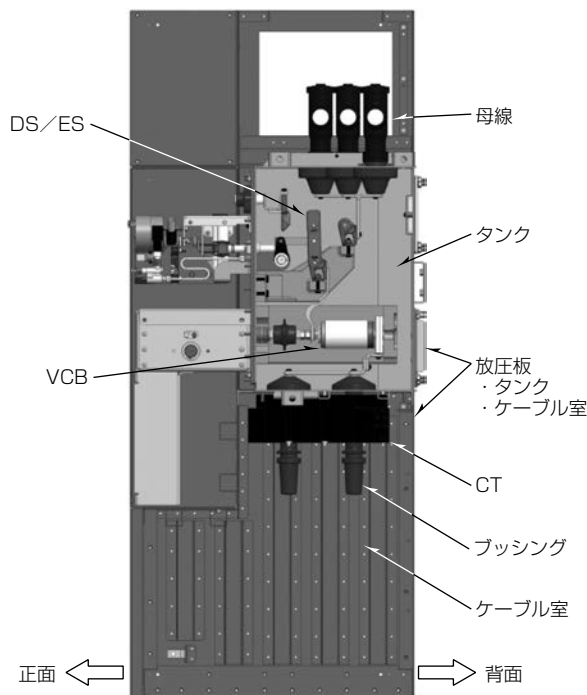


図3. HS-X形C-GISの構造

表1. HS-X形C-GISの仕様

機器	項目	仕様
C-GIS	準拠規格	IEC 62271-200
	定格電圧	12kV
	定格電流	630A
	定格周波数	50Hz
	短時間耐電流	21kA, 3s
	内部アーク	AFL 21kA, 1s
	封入ガス	SF ₆ ガス
	ガス圧力	定格：0.03MPa-G 警報：0.02MPa-G
遮断器(CB)	準拠規格	IEC 62271-100
	種類	真空遮断器(VCB)
	定格遮断電流	21kA
	操作機構	電動ばね操作
	クラス	S1, M2, E2, C2
断路器/接地開閉器(DS/ES)	準拠規格	IEC 62271-102
	操作機構	手動操作
	クラス	M1, E0

取り付けられており、内部アーク事故が発生した場合は内圧の上昇に伴って放圧板が開放される。C-GIS背面側のスペースを通じて上方に高温ガスを排出するため、IEC規格での内部アーククラスはAFL(F：正面，L：側面)としている。

3. HS-X形C-GISの採用技術

今回開発したHS-X形C-GISでは、①機器の小型化・機器配置の最適化、②内部アーク事故時の高温ガス放圧、③圧縮端子(既設)/プラグインコネクタ(新設)両対応ケーブルブッシング、④固体絶縁アダプタを用いたプラグイン母線、⑤気密タンクのロボット溶接等の技術を採用している。

3.1 機器の小型化・機器配置の最適化

HS-X形C-GISのVCB・DS/ESユニット構造を図4に示

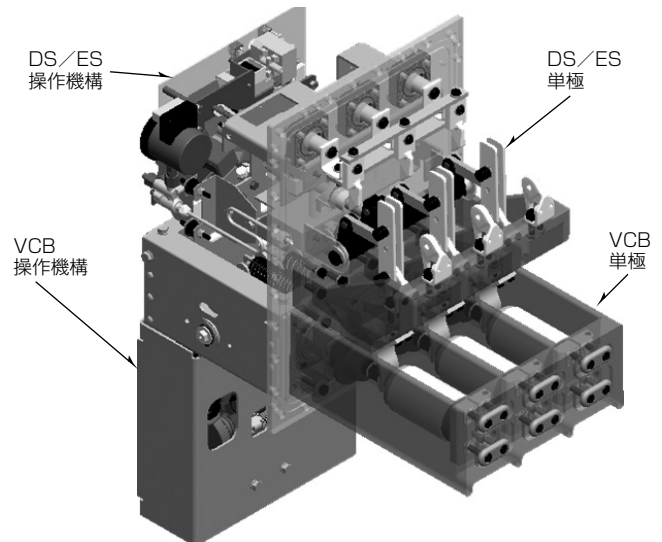


図4. VCB・DS/ESユニット構造

す。既存の24kV HS-X形C-GISのユニット構成をベースに12kV定格とすることで主回路部を刷新した。VCB・DS/ES単極を支持する絶縁物を三相一括化するなどして幅方向の寸法は約25%縮小した。また、デッドスペースとなっていた正面下側にVCB操作機構を配置するなどして、奥行き方向の寸法についても約13%の縮小化を実現した。その他、ブッシングやCTなどの配置についても最適化を行い、盤外形では幅450×奥行き820×高さ2,000(mm)を達成した。

3.2 内部アーク放圧構造

HS-X形C-GISでは既設RMUの更新需要が主たるターゲットであるため、市街地地下などの狭隘な電気室への据付けが要求され、特に奥行き寸法の制約が大きい。ただし、それらは壁を背にした配置であることから、作業者がC-GISの背面“R”に回り込まないことを前提に、内部アーク事故時の高温ガス放出に対する安全性の確保を正面“F”，側面“L”に限定して内部アーククラスを“AFL”とした。なお，“A”は許可を受けた者のみがC-GISに接近できることを示す。

図5にこのC-GISと既存の24kV HS-X形C-GISとの放圧経路及び電気室概形の比較図を示す。24kV HS-Xはタンク天井に放圧板があるため、盤奥行きだけで1,150mm、さらに背面の安全性確保も必要な“AFLR”であることから、背面側スペースを含む奥行きは1,950mmとなる。一方、このHS-X形C-GISでは“AFL”に限定することで放圧板を背面側に設けることができ、前節のユニット小型化も相まって盤奥行きは820mm、背面側に放圧された高温ガスは盤と背面壁との隙間100mmのスペースを伝って上方へと排出されることから、背面側スペースを含めても奥行きは920mmとなる。また、盤天井側正面に高温ガスの排出方向を制限する障壁を設けることで、電気室の高さも3,400mmから2,600mmへと縮小できた。

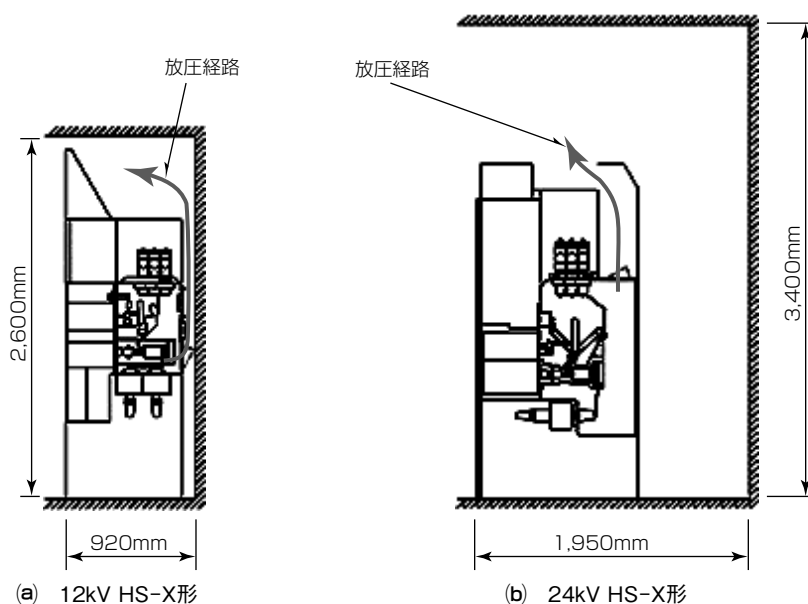


図5. 内部アーク放圧経路及び電気室概形

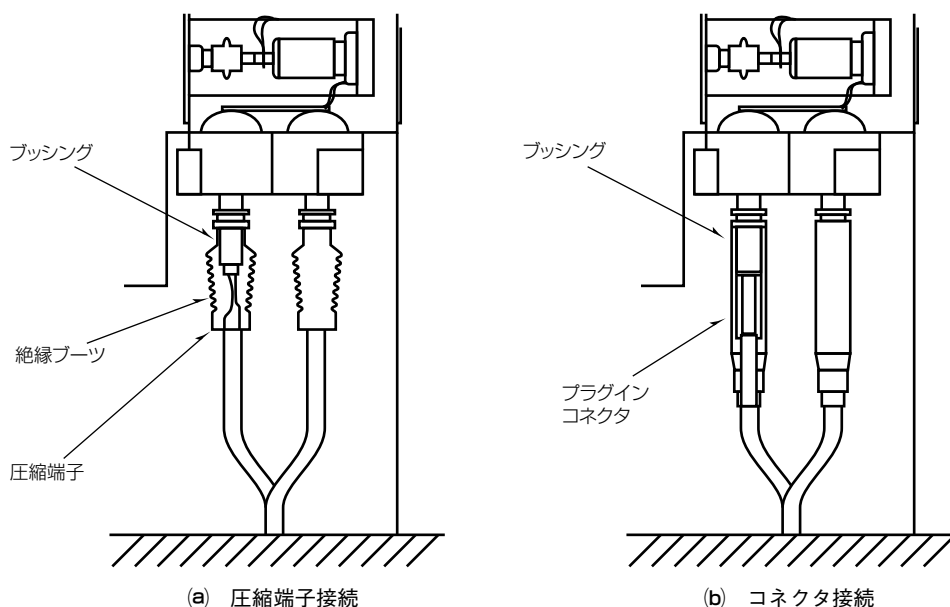


図6. ケーブル接続構造

3.3 ケーブルブッシング

HS-X形C-GISでは、一般的なDIN(Deutsche Industrie Normen)規格のコネクタを備えたケーブルを新規敷設することなく、既設ケーブルを圧縮端子で気中接続できるように、鉛直下方向に向けた特殊なケーブルブッシングを開発した(図6(a))。これによって既設RMUを更新する際の停電時間短縮が期待できる。

また、このブッシングは先端の樹脂形状がDIN規格(タイプC)になっていることから、端子を外せば新設ケーブルに対しても図6(b)のようにストレートタイプのプラグインコネクタを用いて接続できる。

3.4 固体絶縁プラグイン母線

HS-X形のC-GISでは、既存の24kV HS-X形C-GIS

でも使用実績を持つ固体絶縁アダプタを用いたプラグイン母線を採用することで、据付け・列盤の際の現地ガス処理作業レスを実現した。これによって、現地据付け時間の短縮やSF₆ガス使用量の削減が期待できる。

3.5 ロボット溶接

今回、タンクの気密溶接にロボット溶接機(図7)を新たに導入した。タンク内側の溶接での動作制約や、新規設計、設計変更のたびにティーチングの実施が必要など、設計や試作の段階で配慮すべき点はあるが、量産時の溶接時間(段取り除く)は手作業の1/2~1/3程度に短縮可能で、溶接状態も良好である。

またこのC-GISでは、金属ベローズなどを使用した機構部ガスシール構造の信頼性向上や、前節の固体絶縁プラ



図7. ロボット溶接機

グイン母線を採用することによる現地ガス処理作業レスを実現できたことで、年率0.1質量%以下のガスリークレートを達成した。これによって、欧州(EU)でのFガス規制改正(No.517/2014)に対し、機器運用中の定期的なガスリーク検査が除外される条件を満足することができた。

4. む す び

今回開発した12kV HS-X形C-GISの仕様・構造及び技術を述べた。今回は既設RMUの更新需要に焦点を当て、



図8. HS-X形C-GISの3面列盤構成

狭隘な据付けスペースに対応した内部アーククラスAFLでの開発を完了した。2017年度下期から客先への提供を開始する予定である。図8にこのC-GISの3面列盤構成を示す。

今後は、新設需要も視野に入れ、内部アーククラスAFLRへの対応や、定格電流等の格上げを検討し、更なる市場獲得を目指すとともに、海外調達の拡大や海外生産化についても尽力していく。