

# 海外配変電向け 24/36kV“HS-X形”C-GIS

井上直明\* 河西克紀\*  
松永敏宏\*  
大坪孝年\*\*

24/36kV C-GIS "HS-X" for Overseas Power Distribution and Transmission Market

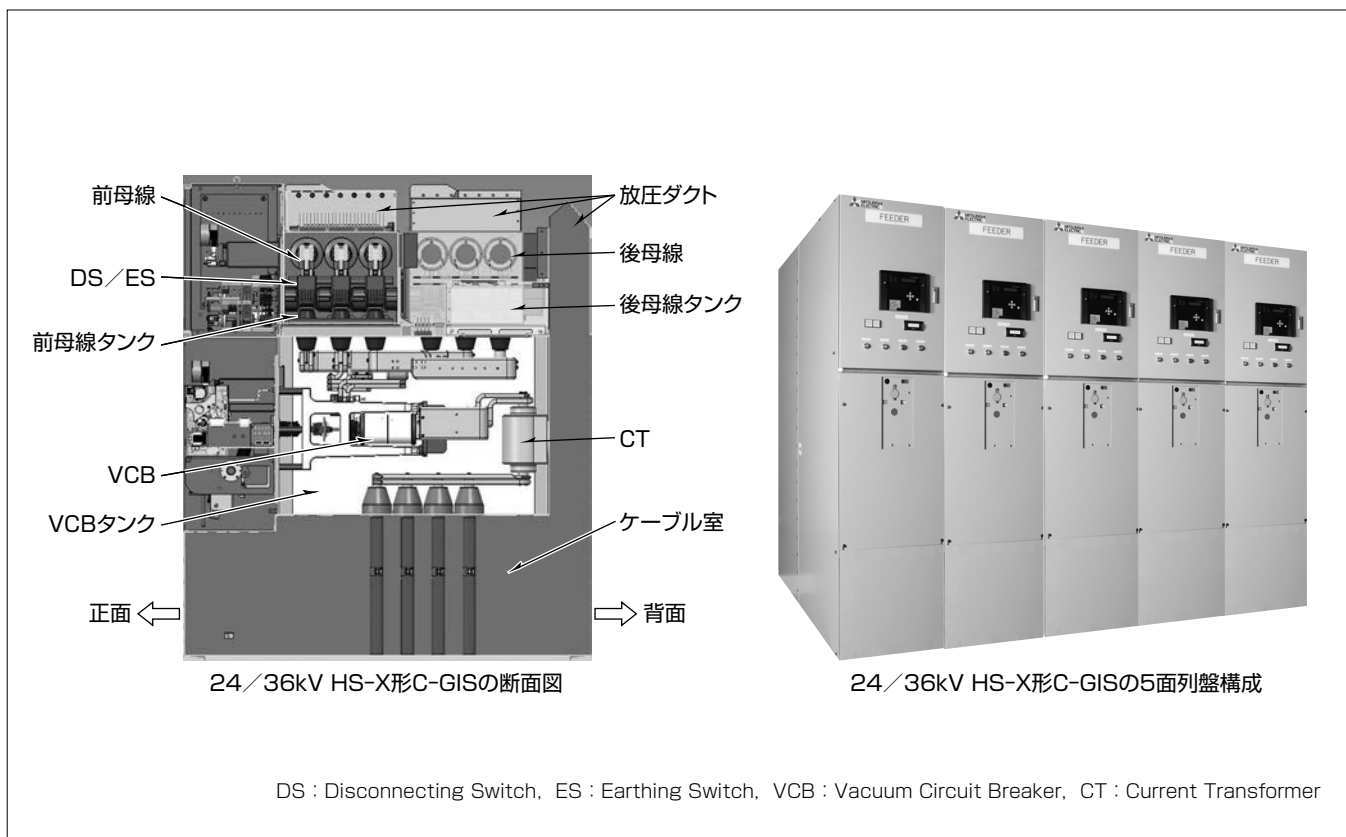
Naoaki Inoue, Toshihiro Matsunaga, Takatoshi Otsubo, Katsunori Kawanishi

## 要 旨

世界的に配変電に採用される電圧は24kV、36kVが一般的で、その需要は非常に多い。三菱電機はこれまでに24/36kVクラスのキュービクル型ガス絶縁開閉装置(C-GIS)として、定格電流1,250A、定格遮断電流25kA仕様の“HS-X形”C-GISを製品化している。一方、海外市場では2,500Aの定格電流、31.5kA及び40kAの定格遮断電流が要求されるとともに、最新の国際規格(IEC62271)に準拠した耐内部アーク性能の要求や、二重母線仕様、据付け時の現地ガス処理レスなどの顧客ごとの要望もある。このような市場要求に対して、今回海外配変電向け24/36kV HS-X形C-GISを開発した。このC-GISは、海外の配変電所及び各種プラントをターゲットとして開発したもので、既に市場への提供を開始している。

特長は次のとおりである。

- (1) 定格電圧24/36kV、定格電流2,500A以下、定格遮断電流31.5kA以下の定格をそろえており、単母線及び二重母線のどちらにも対応可能
- (2) 主母線はガス絶縁母線を用い、主母線間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ているため、据付けの際のガス処理が不要
- (3) 遮断器及び断路器のタンクを貫通する駆動軸には金属製ペローズシール及び回転シールを採用し、粉塵(ふんじん)の多い据付け場所での多数回開閉に対する気密性に配慮
- (4) 全ての遮断器及び断路器の操作装置を正面側に配置し、操作性と視認性に配慮



## 二重母線化及び耐内部アーク性能を実現した24/36kV“HS-X形”C-GIS

従来機種は単母線構成であったが、この機種では前母線、後母線の二重母線構造とした。それぞれの母線タンク内には母線用遮断器/接地開閉器(DS/ES)を配置し、どちらの母線DS/ESも正面から操作可能としている。またケーブル室、真空遮断器(VCB)タンク、前後の母線タンクともに放圧ダクトを持っており、IEC62271規格で要求する耐内部アーク性能を満足している。

1. ま え が き

三菱電機は24/36kVクラスのキュービクル型ガス絶縁開閉装置(C-GIS)としてこれまでに定格電流1,250A、定格遮断電流25kA仕様のHS-X形C-GISを製品化している。一方、海外市場では、定格電流は最大2,500A、定格遮断電流は31.5kA及び40kAが要求されており、このような海外市場の要求に対応するためには、定格電流、定格遮断電流の大幅な格上げが必要となる。また、最新の国際規格(IEC62271)では、C-GIS内部での短絡事故時に対する耐内部アーク性能も要求されている。さらに、二重母線仕様、据付け時の現地ガス処理レスなどの顧客ごとの要望もある。このような市場要求に対して、今回海外配変電向け24/36kV 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の仕様・構造及び採用技術について述べる。

2. HS-X形C-GIS

2.1 HS-X形C-GISの仕様

HS-X形C-GISの受電盤の断面図及び単線図を図1に示す。海外市場では2,500Aまでの定格電流が求められることが多い。2,500Aの大電流を通電するためにはケーブルの通電断面積を拡大させる必要があるため、一相あたりに複数本のケーブルを接続しなければならない。また、海外市場では配変電設備で重要な母線の冗長性を高めるために二重母線構成が要求される。さらに、国際規格IEC(International Electrotechnical Commission)では、C-GIS内部で短絡事故が発生した際の周囲の人への安全性を考慮した耐内部アーク性能が要求される。このC-GISの

製品開発ではこれらの要求への対応を実施した。このC-GISの仕様を表1に示す。

2.2 HS-X形C-GISの構造

HS-X形C-GISでは、図1で示した単線構成及び表1で示した大定格電流を実現するために、一相当たり最大4本のケーブルが接続できる構成とした。変流器(CT)はケーブル部に取り付けることも可能であるが、ケーブル本数が多い場合に複数のCTが必要となってコストアップするため、複数本のケーブル入力に対してはタンク内で1本の導体に通電経路を集約し、タンク内にCTを配置した構成としている。また、真空遮断器(VCB)が搭載されているVCBタンクの上に前母線タンク、後母線タンクを配置し、二重母線構成としている。前母線タンク、後母線タンク内にはそれぞれ前母線用断路器/接地開閉器(DS/ES)、後母線用DS/ESが配置されており、どちらのDS/ESも操作機構を正面に配置することで、盤正面から操作可能としている。さらに、IEC規格で

表1. HS-X形C-GISの仕様

	項目	仕様
C-GIS	準拠規格	IEC 62271-200
	定格電圧	24/36kV
	定格電流	1,250A, 2,000A, 2,500A
	定格周波数	50/60Hz
	定格短時間耐電流	31.5kA-3s
	内部アーククラス	AFLR 31.5kA-1s
	封入ガス	SF <sub>6</sub> ガス
	ガス圧力	定格: 0.03MPa 警報: 0.02MPa
遮断器	準拠規格	IEC 62271-100
	種類	真空遮断器
	定格遮断電流	31.5kA
	操作機構	電動ばね操作
断路器/接地開閉器	準拠規格	IEC 62271-102
	操作機構	電動/手動

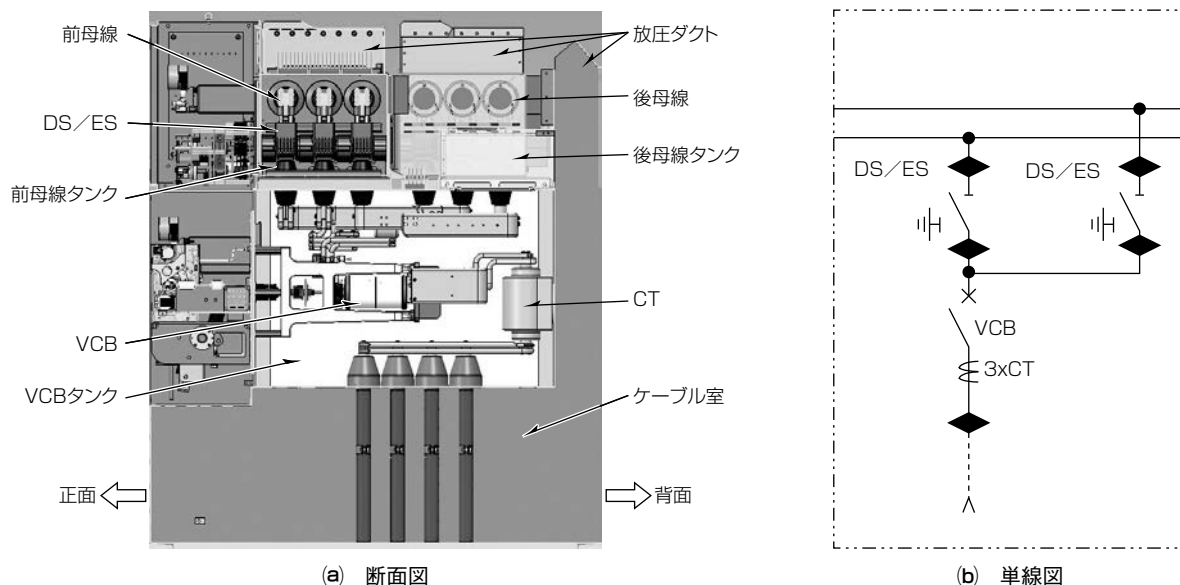


図1. HS-X形C-GISの断面図及び単線図

要求される耐内部アーク性能を達成するためにケーブル室、VCBタンクの背面側及び母線タンクの上部に放圧ダクトを取り付けて内部アーク事故発生時の高温ガスを上部に放出し、C-GISの周囲にいる人の安全性を確保する構造としている。

### 3. HS-X形C-GISの採用技術

今回開発したHS-X形C-GISでは、①二重母線構造でのDS/ESの正面操作化及びDS/ESの低接圧化、②機器操作部のガスシール構造、③内部アーク発生時の高温ガスの流体解析、④母線接続部に固体絶縁母線アダプタを採用したプラグイン構造の大きく4つの技術を採用した。

#### 3.1 二重母線構造でのDS/ESの構造

HS-X形C-GISの二重母線構造の上面図を図2に示す。二重母線構造で前後の母線用DS/ESを正面操作可能とするために、母線タンクの幅を盤幅より小さくし、前母線タンクは盤の右側、後母線タンクは左側に配置した。これによって後母線DS/ESの操作棒は前母線タンクと干渉することなく正面制御箱まで延長し、前母線用及び後母線用DS/ES操作機構を盤正面に配置することで正面操作可能にしている。なお遮断器についても図1の断面図に示すように操作機構は前面に配置しており、全ての操作機構を正面に配置することで、操作性と視認性を確保した。

また、DS/ESには刃形開閉器構造を採用した。従来機

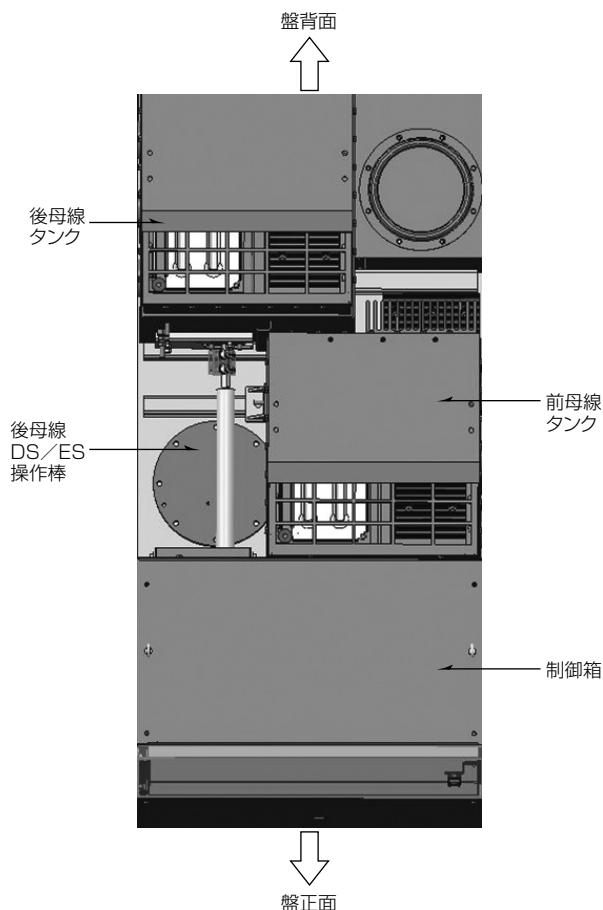


図2. HS-X形C-GISの二重母線構造の上面図

種では断路器端子又は接地端子に2枚1対の可動ブレードを嚙(か)み込ませて端子両面の2点で接触させ、接触部にばねによって接圧荷重を与える構造にしているが、負荷電流の通電性能に影響する接触抵抗の低減及び大電流通電時の接触部の溶着を防止するためには大きな接圧荷重が必要となるため、DS/ES操作機構に要求される操作力も大きくなっていった。これに対してこのC-GISのDS/ESでは、図3に示すようにブレード先端にスリットを設けることで、2枚1対のブレードが4点で断路器端子又は接地端子に接触する多点接触構造にすることで、1点当たりに流れる電流値を低減させている。これによって、低い接圧荷重でも接触抵抗の低減、耐溶着性能の向上が可能になり、従来機種(通電電流1,250A、短時間耐電流25kA)に対してこの機種は通電性能、短時間耐電流性能ともに向上させているが、接圧荷重は12%低減することができた。

#### 3.2 機器操作部のガスシール構造

一般にC-GISでは絶縁性ガスを密封したタンク内にVCBやDS/ESのような主回路機器を収納し、タンク外の操作機構によって操作する必要があるため、気密を維持した状態で操作機構の駆動力をタンク内に伝達する必要がある。このC-GISでは、VCBの駆動部には金属性のペローズシール構造を採用した。ペローズシールは金属を蛇腹状にして伸縮性を持たせた構造で真空バルブの可動部にも用いられており、気密信頼性に対して十分な実績がある。また、DS/ES部の気密駆動部はOリングを用いた回転シール構造としている。Oリングを用いた気密駆動構造には直線スライドシール構造と回転シール構造がある。直線スライドシール構造を粉塵が多い環境で使用するとスライドシール軸にたまった粉塵がOリングシール部に入り込み気密性を低下させる懸念があるが、回転シール構造の場合Oリングシール部と回転シール軸は常に密着しており、外部の粉塵が入り込む懸念がない。このように粉塵の多い場所

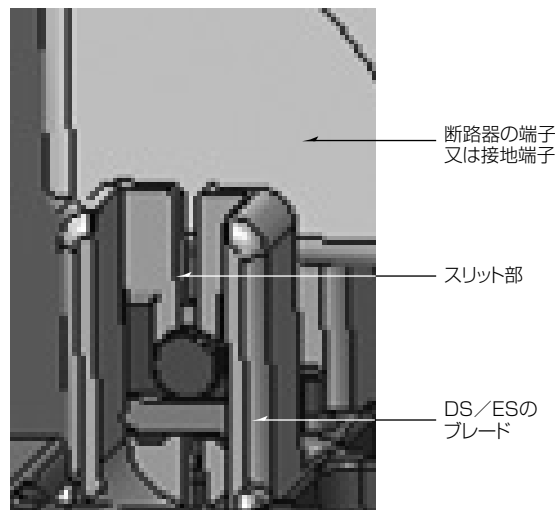


図3. DS/ESの接触部構造

での多数回開閉も考慮した構造にすることで、多数回開閉後の気密性能も確保できた。

### 3.3 高温ガスの流体解析

IEC規格では耐内部アーク性能のクラス分けが規定されており、表1に示すようにこのC-GISの仕様はクラスAFLR 31.5kA-1sである。このクラスAについてはC-GISを使用する許可を受けた人がC-GISに接近した場合の安全性が要求されており、FLRについては、C-GISの正面、側面、背面の全ての方向に対して、2mの高さまでの

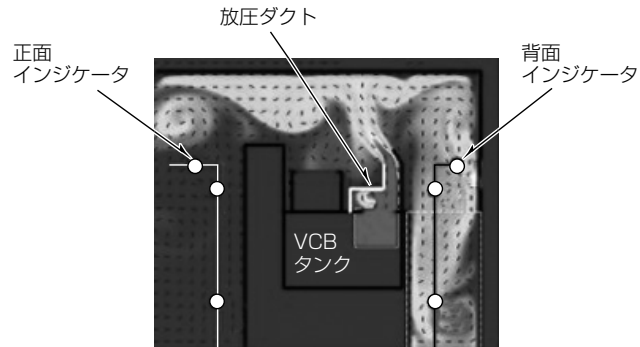


図4. VCBタンク内部アーク事故発生時の熱流体解析結果

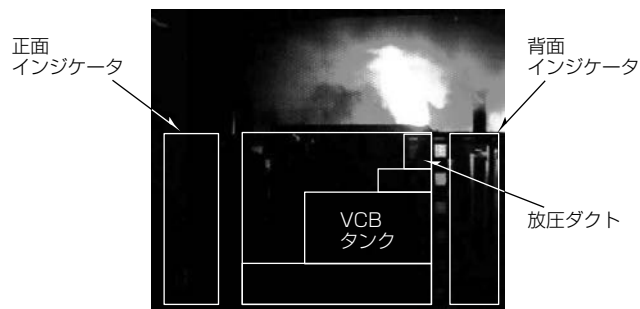


図5. VCBタンク内部アーク時の形成試験風景

安全性が要求されている。形式試験ではC-GISの周囲に高温で着火するインジケータを配置した状態でC-GIS内部で内部アーク事故を発生させて周囲のインジケータが着火せず、またアークによってバーンスルーが生じないことなどが要求される。このような規格要求を満足させるために、まず、タンク内で内部アーク事故発生時の圧力上昇、内部アークの熱による筐体(きょうたい)板のバーンスルー及び筐体の強度の検討が必要となる。このC-GISでは解析による検討を行い、タンクの必要強度を確保した。さらに、放圧ダクトから排出された高温ガスでインジケータが焼損しない構造とするために高温ガスの流体解析を行った。図4はVCBタンク内で内部アーク事故が発生した場合の流体解析結果を示しており、放圧ダクトの放出部を前方斜め上方向に角度をつけることで、インジケータが焼損しないことを確認した。

また、形式試験時の試験風景を図5に示す。試験でも高温ガスは図4の解析結果と同様の傾向を示していた。このような内部アーク試験でケーブル室、VCBタンク、母線タンクの3つの部位に対して解析及び試験を行い、IEC規格に準拠した形式試験に合格した。

### 3.4 母線のプラグイン構造

従来のガス絶縁母線式のC-GISの場合、C-GIS据付け時に母線を接続し、ガス処理を行う必要があるため、据付け時間が長時間必要となる。現地据付け時間の削減のため、このC-GISでは固体絶縁母線アダプタを用いたプラグイン構造を採用した。まず図1に示した前後母線タンク内には母線用DS/ESに加えて母線導体が配置されているが、この母線タンクの両端に図6のステップ1の図に示すような接続用ブッシングが配置されており、接続用ブッシングの先端には接触子が配置されている。据付け時はステップ2

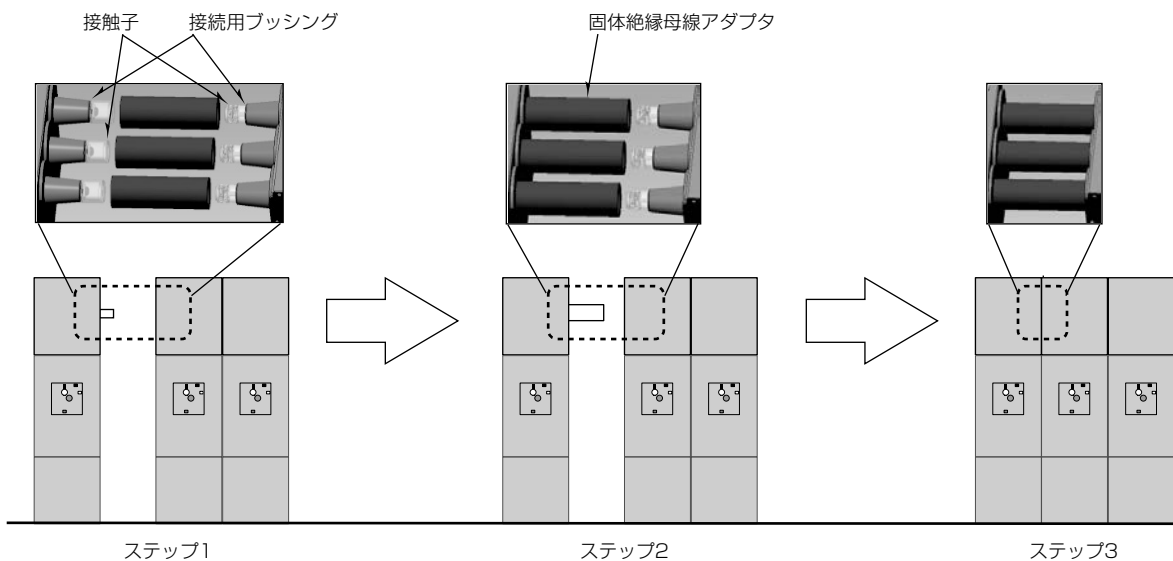


図6. 固体絶縁母線の列盤作業

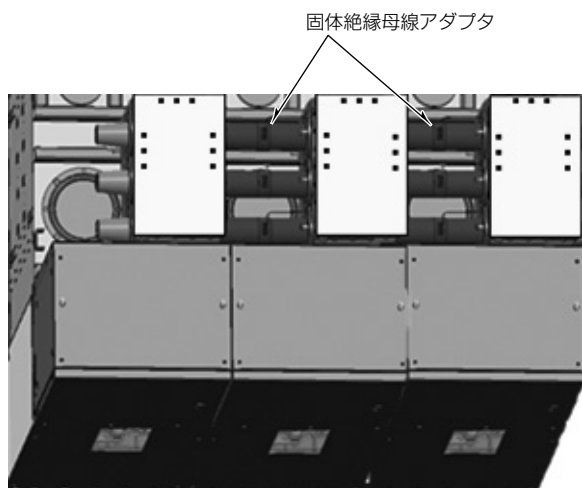


図7. 列盤時の上面図



図8. HS-X形C-GISの5面列盤構成

に示すように接続用ブッシングに固体絶縁母線アダプタを接続し、ステップ3に示すようにC-GISを列盤すると、隣接盤の接続用ブッシングは固体絶縁母線アダプタに挿入される。このようにC-GIS本体を列盤することで母線も同時に接続される構造としたことで、現地据付け時のガス処理レスの構造を実現することができた。図7に列盤時の上面図も併せて示す。

なお接続部で、電流通電は接触子を通じて行い、絶縁は固体絶縁で行う構造となっている。この母線部についても短時間耐電流試験、負荷電流通電試験、耐電圧試験、長期課電試験等の一連の形式試験に合格し、目標とする性能を確保することができた。

#### 4. む す び

今回開発した24/36kV HS-X形C-GISの仕様・構造及び採用技術を述べた。図8にこの製品の5面列盤構成を示す。今回は市場要求の大部分を占める遮断電流31.5kAクラスまでを開発完了し、2016年度から客先への提供を開始している。またこの製品は海外市場をターゲットとしており、開発初期から海外生産を視野に入れ、海外調達先からの部材調達・評価や、タンクのロボット溶接による品質安定化、溶接箇所をミニマム化したパネル構造を採用した。今後、海外市場の幅広い要求に対応するため、顧客ごとの特殊仕様についても順次メニュー拡大を進めていく。