

海外市場向け7.2/12kVスイッチギヤ“MS-E”

木村 透*

7.2/12kV Switchgear "MS-E" for Overseas Market

Toru Kimura

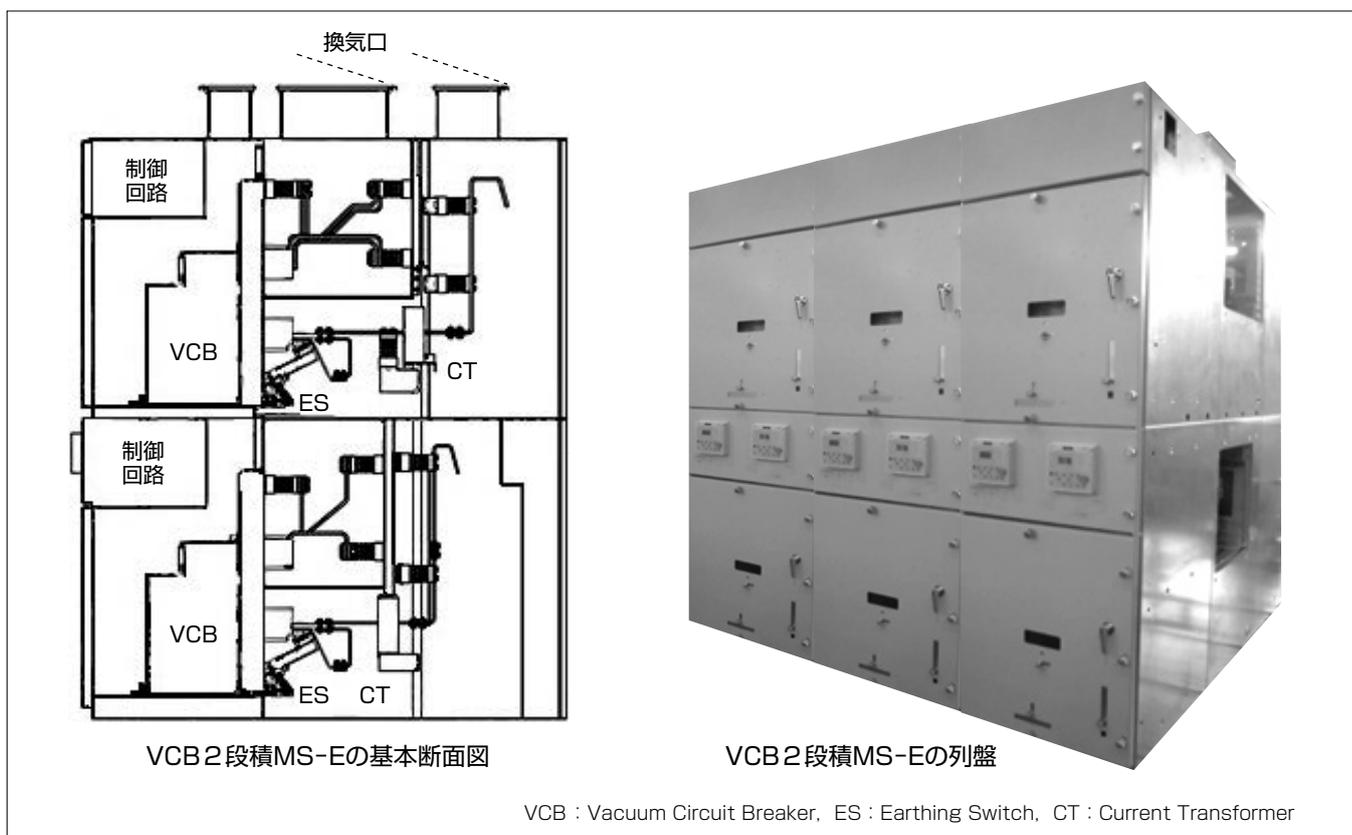
要旨

受配電システムを構成するスイッチギヤは高電圧で受電した電力をモータ等の負荷に供給し、かつ事故からシステムを保護する機能がある。受配電システムを取り巻く市場はグローバル化が進展しており、産業の発展が著しい新興国を中心に電力、社会インフラ需要が増加している。これに対して三菱電機は国際規格(IEC62271)に準拠したスイッチギヤを製品化し、市場投入している。海外市場では大規模な設備投資がある一方で、エンジニアリング会社からは、スイッチギヤを含む電気室設備全体の建設コストを抑制する目的で、配列サイズ縮小化の要求がある。この要求に対して、スイッチギヤ全体の構造を見直し、配列サイズの縮小化を実現した海外市場向け7.2/12kVスイッチギヤ

“MS-E”を開発した。

この製品の主な特長は次のとおりである。

- (1) 真空遮断器(VCB)を2段積構成とすることで、モデル配列(従来製品9面構成)で、保守スペースを含む実効スペースを約30%削減
- (2) 機器や部品の収納効率を改善することで、従来製品のモデル配列で製品質量を約27%削減
- (3) 2段積構成で、従来製品と同一のIEC(International Electrotechnical Commission)規格で要求される通電性能(放熱構造)と内部アーク性能(アークプルーフ構造)を確保



VCB 2段積MS-Eの基本断面図

VCB 2段積MS-Eの列盤

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

通電性能と内部アーク性能を両立させてVCB 2段積化を実現した7.2/12kVスイッチギヤ“MS-E”

VCBを2段積化することで、保守スペース含む実効スペースを従来比で約30%削減できるスイッチギヤMS-Eを開発した。各区画間の放圧を可能にして天井部の換気口には放圧装置を設置し、通気スペースの確保、導体抵抗の低減、輻射(ふくしゃ)率の向上によって通電性能と内部アーク性能を両立させた。また、機器等の収納効率を改善することで2回路を1面に収納した。

*受配電システム製作所

1. ま え が き

受配電システムを取り巻く市場は、グローバル化とともに電力、社会インフラ需要が増加傾向にある。海外市場では大規模な設備投資がある一方で、エンジニアリング会社からは、スイッチギヤを含む電気室設備全体の建設コストを抑制する目的で、配列サイズ縮小化の要求がある。この市場要求への対応として、VCBの2段積化によって配列サイズ縮小を実現した海外市場向け7.2/12kVスイッチギヤMS-Eを開発した。本稿ではMS-E及びその採用技術について述べる。

2. MS-Eの概要

2.1 VCB 2段積MS-Eの配列構成

今回開発したMS-Eは、市場要求である配列サイズ縮小化に対応するため、VCBを2段積化することで電気室占有面積の削減を狙った。電気室占有面積を削減することで、電気室全体の建設コストを削減でき、また、輸送面数の削減、据付け作業時間の削減も期待できる。図1にMS-Eのフィーダ盤の断面図及び単線図、図2に従来製品とMS-Eのモデル配列の比較を示す。

2.2 VCB 2段積MS-Eの構造

MS-Eでは図1に示した断面構成を実現するため、上段と下段にそれぞれ従来製品の1回路分を収納した。主母線は上下分割構造とし、接地開閉器(ES)とVCBの配置関係は、上下段で同じになり、ESの操作位置を低化させている。また、ヒューズ付き真空電磁接触器を搭載した場合に一次側と二次側の極性が上下段で変化しない構造と

した。制御室は操作性を向上させる目的で、下段に保護リレー等の通常時に操作する制御機器を集約し、上段には通常時には操作しない機器を取納した。電力ケーブルを接続する導体位置は、汎用ケーブルを適用する場合に十分な端末処理高さを確保した。下段のケーブル室には金属フレームの仕切り板を配置し、上段側に接続される電力ケーブルとの区画分けを行っている。これによって、上段が運転中の状況でも下段のメンテナンスが可能になり、運転継続性(LSC2B-PM)を満足することができた。

設置場所は屋内であるため、保護等級は工具等の先端からの保護を考慮した。筐体(きょうたい)は7.2/12kV兼用とし、定格電圧や定格電流による製品外形の変化を抑制して標準化している。この製品の仕様を表1に示す。

図3に従来製品とMS-Eの断面比較を示す。従来製品の標準外形は800(W)×1,500(D)×2,600(H)(mm)である。これに対してMS-Eの標準外形は800(W)×2,200(D)×2,600(H)(mm)であり、単体としては大型化している。しかし、フィーダ盤はVCBを2段積化し、受電盤はVCBとVTの2段積構成とすることで配列サイズの縮小化を実現している。これによって、モデル配列で、保守スペースを含む実効スペースを約30%削減した(図2)。標準断面は図3に示すとおりである。避雷器やサージサプレッサの要求がある場合や標準外ケーブルの取付け要求がある場合は、従来製品と同様に奥行きを延長して対応可能である。VCBの2段積化と機器や部品の収納効率の改善によって、モデル配列で、製品質量を約27%削減した。製品高さは2,600mmとすることで従来製品と同様にトラック搬送が可能である。

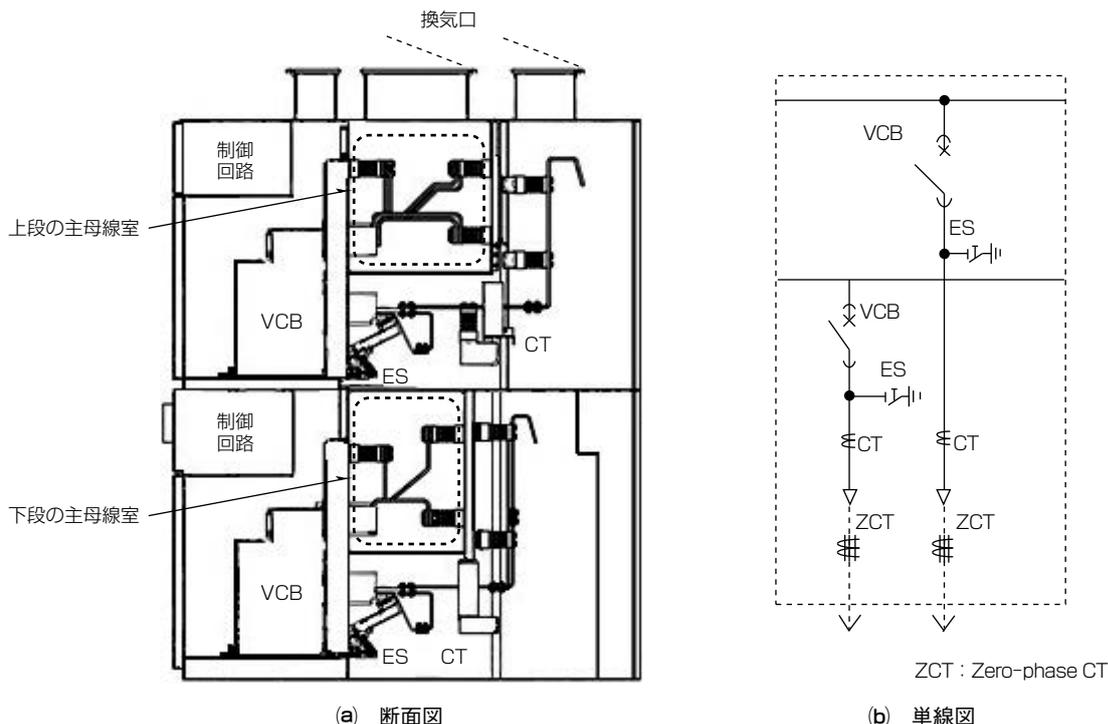
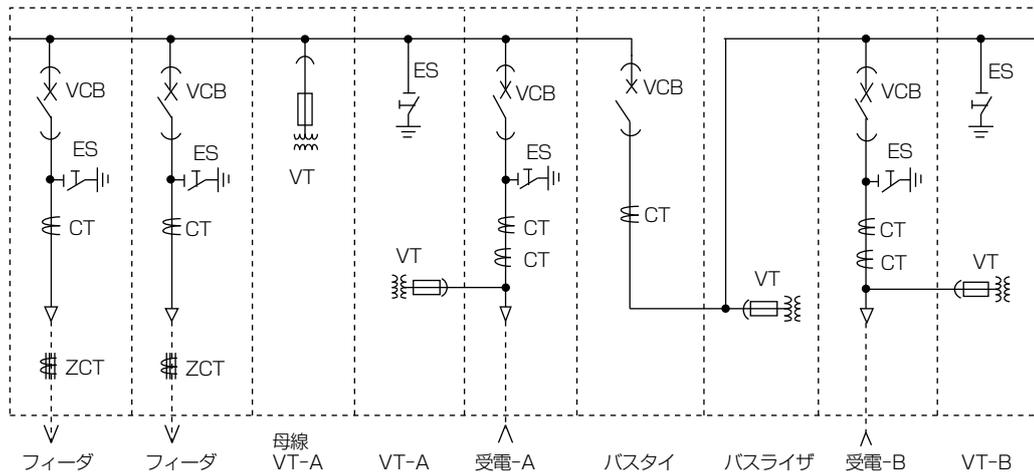
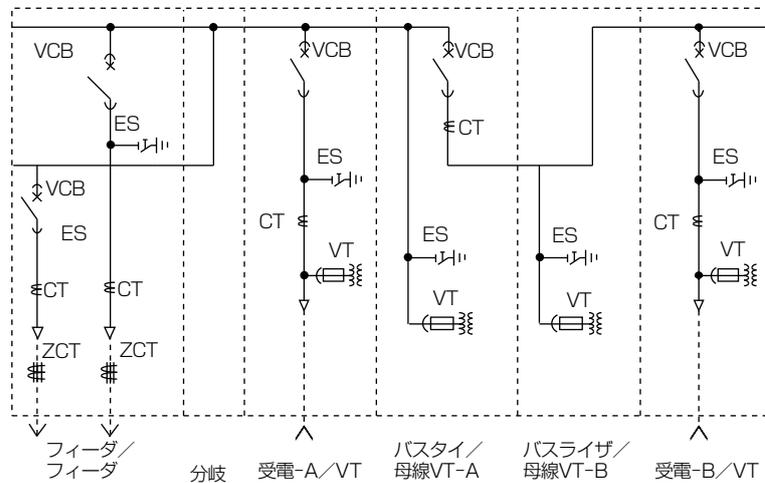


図1. MS-Eのフィーダ盤の断面図及び単線図



(a) 従来製品

実効スペース
約30%削減



(b) MS-E

VT : Voltage Transformer

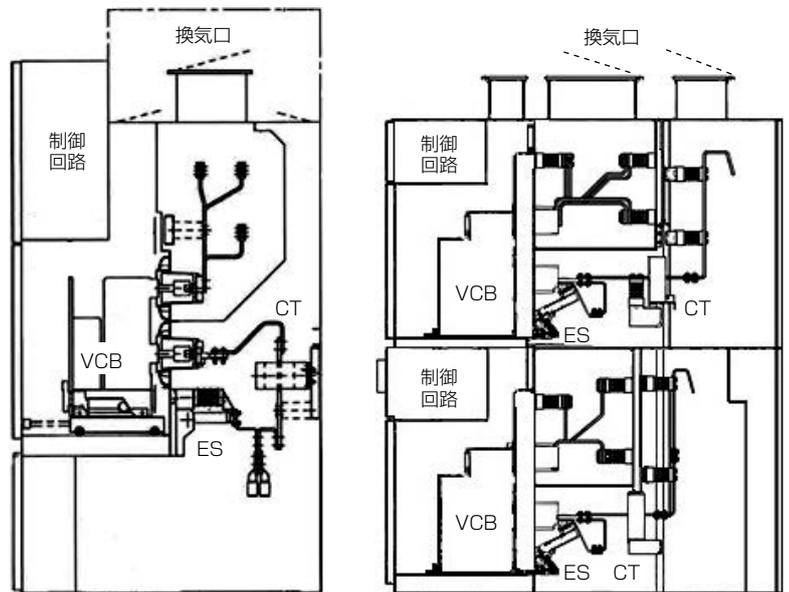
図2. モデル配列の比較

表1. MS-Eの仕様

準拠規格	IEC62271-200	
定格電圧	7.2/12kV	
定格遮断電流	25, 31.5, 40kA	
定格短時間耐電流	25, 31.5, 40kA-3s	
定格電流	母線	3,150A
	分岐	1,250A
定格耐電圧	商用周波	20/28kV (1 min)
	雷インパルス	60/75kV
制御電圧	DC : 100V/110V	
定格周波数	50/60Hz	
IAC級(内部アーク)	AFLR 40kA-1s	
据付け方式	LSC2B-PM	
保護等級	外被 : IP3X, 内部 : IP2X	
設置場所	屋内外	屋内
	標高	1,000m以下
	相対湿度	5~95% (結露なし)
	周囲温度	-5~40℃ (平均温度35℃)
天井高さ	4.4m以上	
アクセス方式	FR	

IAC : Internal Arc Classified

FR : フロントオペレーション/リアメンテナンス



(a) 従来製品

(b) MS-E

図3. 断面の比較

3. MS-Eの採用技術

MS-Eは通電によって発生した熱を盤外に放出する通電性能(放熱構造)と、盤内の短絡事故等によって発生する高温高圧ガス(以下“ホットガス”という。)に耐える内部アーク性能(アークプルーフ構造)の両立が必要である。

3.1 通電性能(放熱構造)

MS-Eは主母線を上下分割構造としている。そのため、定格電流3,150Aを通電する場合、フィーダ盤の上下主母線にはそれぞれ1,575A、主母線以降の導体からVCBを通過してケーブルまでは最大1,250Aを通電し、IEC規格で定められた温度上昇値を満足する必要がある。

VCB 2段積の構造で、上段は下段からの発熱の影響を受けるため、上段の母線導体の断面積を増加して主回路の発熱量を低減している。各区分間の仕切り板にはスリットを設けており、上段のVCB室、母線室、ケーブル室には防塵(ぼうじん)フィルタとスリットを備えた換気口を配置している。これによって、自然対流による換気を促進している。主回路導体には樹脂コーティングを施しており、放射率を向上させた。設計時に通電性能の目処(めど)をつけるため、熱流体解析によって温度上昇値を算出した。解析結果の例を図4に示す。

3.2 内部アーク性能(アークプルーフ構造)

IEC(62271-200)では、盤内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内部アーク性能が要求される。MS-Eは、7.2/12kV定格の屋内スイッチギヤで最高クラスのAFRLR 40kA-1sに対応している。頭文字はスイッチギヤへの接近性を制限するタイプを示しており、タ

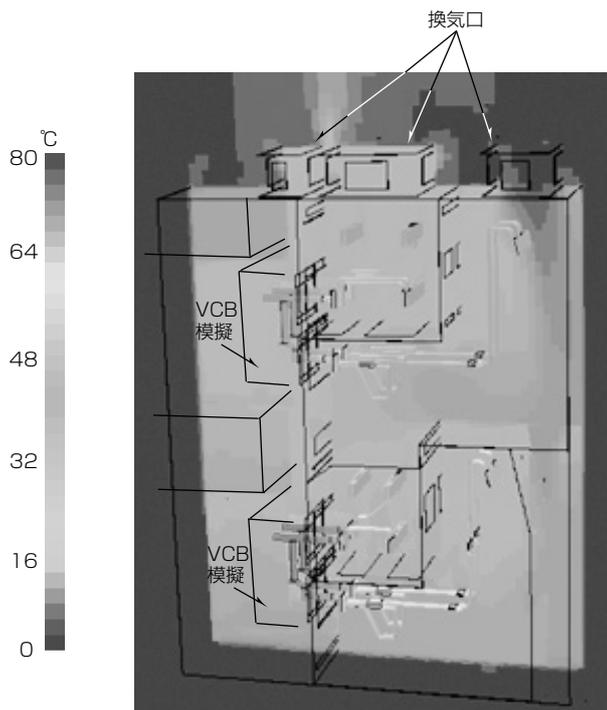


図4. 熱流体解析結果例

イプAは許可された人員だけに制限する。FLRはそれぞれ正面(F)、側面(L)、背面(R)に対して高さ2mまでの安全性が要求される。

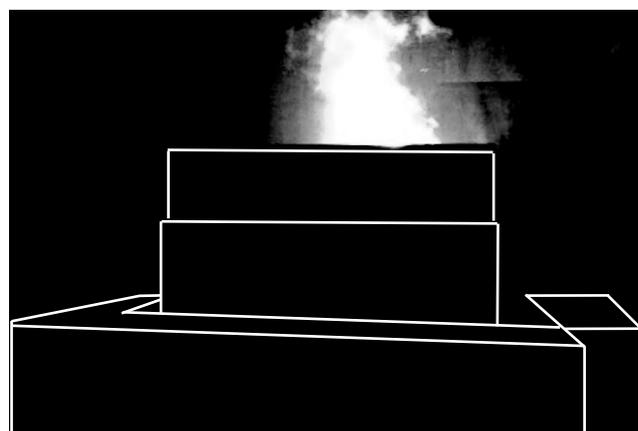
内部アーク性能を確認するための形式試験は、スイッチギヤが設置される電気室を模擬した壁や天井を設け、また、



(a) 試験形態



(b) 試験前



(c) 試験中

図5. 内部アーク試験風景

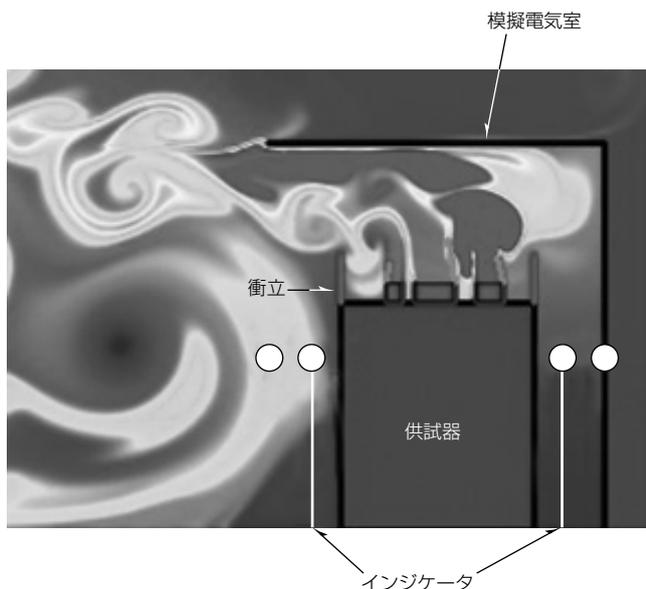


図6. 熱風流体解析の結果例

ホットガスの熱的影響を確認するためのインジケータ(黒い綿布)をスイッチギヤ周囲に配置した状態で行う。試験合格の条件は、規定条件で内部短絡を発生させて扉等の開放がないこと、60gを超える飛散物がスイッチギヤから出ないこと、2m以下の接近可能な範囲にパンスルーによる穴がスイッチギヤに開かないこと、インジケータがホッ

トガスによって焼損しないこと、筐体の接地が維持されることである。設計時に合格の目処をつけるため、解析によって内部短絡発生時の圧力を算出し、筐体の強度検討を実施した。強度検討には品質工学のパラメータ設計を導入し、あらかじめ製造条件・使用条件・使用環境のばらつき要素を解析に取り入れて効率的に評価した。

さらに、スイッチギヤ天井部から放出されたホットガスによってインジケータ部が焼損しないことを確認するため、熱風流体解析を行い、インジケータ部周辺の温度を確認した。図5に試験風景、図6に熱風流体解析の結果例をそれぞれ示す。

品質工学のパラメータ設計を導入した圧力設計、及び熱風流体解析を反映した供試器を製作し、第三者認証機関で形式試験を実施した。試験は上段/下段のVCB室、母線室、ケーブル室の計6区画に対して実施し、全てに合格した。

4. む す び

海外市場向け7.2/12kVスイッチギヤMS-Eの仕様・構造及び採用技術について述べた。今回は市場要求の大部分を占める定格電流3,150Aまでを開発完了しており、2018年に市場投入予定である。また、MS-Eは海外市場をターゲットとしており、将来の海外生産化を視野に入れた構造としている。

