

特 集 論 文

海外向けガス絶縁開閉装置への取り組み

Wrestling with Gas Insulated Switchgear for Foreign Country

内 田 雄 三*	北 原 広 一*
Y. Uchida	H. Kitahara
盛 永 光*	砂 川 寛*
H. Morinaga	Y. Sunagawa
阿久津 克 則*	
K. Akutsu	

概 要

近年の当社における海外向けガス絶縁開閉装置の概要を紹介する。

Synopsis

The summary introduce of the gas insulated substation for foreign countries in recent our company.

1. まえがき

当社のガス絶縁開閉装置（GIS）は中国市場並びにASEAN、中東地域を中心に海外展開を進めている。近年126/145kV GISを開発し、海外向けとして納入を開始している。

当社の合弁会社である北京宏達日新電機（以下BNS）を拠点とした中国向け製品としては現在、主に126kVと220kV定格のGISを生産している。又、世界最高クラスである1000kV送電系統の三次回路調相設備用開閉器を開発し、納入が進められている。

以下に、当社の126/145kV、220kV GIS及びUHV三次開閉器について紹介する。

2. 126/145kV GISの開発

2. 1 自力消弧形GCBの採用

ガス遮断器は性能の確保は当然のことながら高い信頼性が要求される。その点で、より低い操作エネルギーで性能を確保し、機械的なストレスの低減できる消弧室構造とすることが理想的である。ガス遮断器を低操作エネルギーで駆動する為の消弧方式として、自力消弧形が注目されている。

図1に従来形（単一パuffァ方式）の消弧室構造を示す。従来形の消弧方式では、ガスの吹付けを行うための昇圧は機械的圧縮のみであり、パuffァ室は1室であった。しかしながら、この方式では大電流遮断時にアークエネルギーによる反発力が大きくなるため、操作エネルギーも大きくしなければならないという欠点があった。

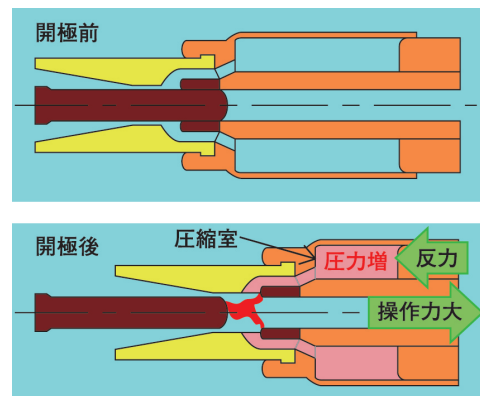


図1 従来形（単一パuffァ方式）

今回採用した自力消弧形の消弧室は、大電流遮断時アークエネルギーを利用して昇圧する熱パuffァ室

*電力機器事業本部

と、中小電流遮断時機械的圧縮作用により昇圧する機械パuffa室の2室構造となっている。図2に自力消弧形（シリーズパuffa方式）の消弧室構造を示す。

大電流遮断時ではアークエネルギーによって熱パuffa室の圧力を必要な値まで昇圧させ、電流ゼロ点にてガスを吹付け消弧する。熱パuffa室の容積は固定であるため、アークエネルギーによる圧力上昇は操作力の反力にはならない。

一方、中小電流域ではアークエネルギーによる昇圧が小さいので、機械パuffa室の圧縮によりガスの吹付けを行い消弧する。機械的圧縮作用による操作力の反力は、発生するアークエネルギーが小さいのでごく弱いものとなる。

上記内容から、従来よりも低操作力が実現でき、小形の操作器で駆動することが可能となる。

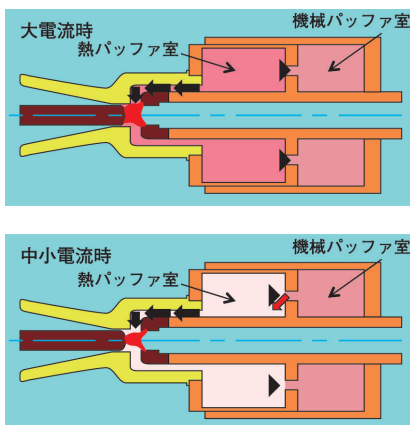


図2 自力消弧形（シリーズパuffa方式）

自力消弧形を採用した145kV 40kA 50Hzガス遮断器はIEC62271-100に基づき検証試験を実施、すべての項目を終了しオランダKEMAでの形式遮断試験に合格している（図3）。



図3 145kV GCB短絡試験（オランダ KEMA試験所）

海外向け126/145kV GISにはこれらの消弧技術が適用されている。

2. 2 126/145kV GISの開発

市場のニーズに合わせた低価格化、コンパクト化で当社の豊富な経験と技術を下に、126/145kVのGISを開発した。

すでに、中国向け126kV GISは一昨年に中国の瀋陽試験場にて形式認定を取得し、昨年に1号製品を受注し出荷している。また、ASEAN、中東市場向けとなる145kV GISはオランダのKEMA試験場にて試験を実施し形式認定を取得している（図4）。

126/145kV GISはこれから成長が期待できる市場への販売拡大を行っていく予定である。



図4 145kV GIS絶縁試験（オランダ KEMA試験所）

表1に主要定格を示す。

表1 145kV GISの定格

定格電圧	126/145kV
定格電流	2500A
定格周波数	50Hz
定格短時間耐電流	40kA 3秒
定格遮断電流	40kA
遮断器	ガス遮断器 (電動ばね操作)
断路器 / 接地開閉器	電動ばね又は電動操作

3. 220kV GISの開発

3. 1 開発体制

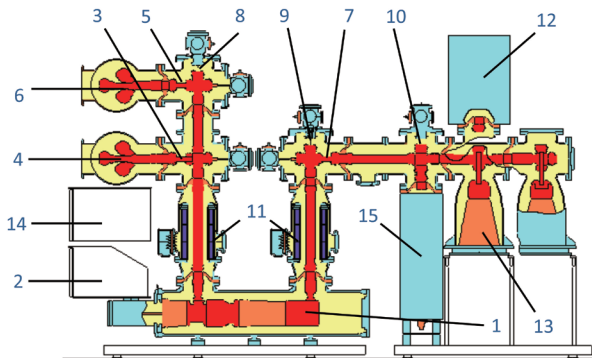
中国ではBNSが110kV GISを早期に市場参入し業績を伸ばしているが、中国の電力市場の伸びと相まって220kV GISを開発し市場投入を開始している。2007年中国国家電網公司殿八里庄変電所に初号品を納入したのを皮切りに現在まで多数の納入実績がある。

本開発は日新電機とBNSで分担し、効率的に進めてきた。設計、開発試験は主に日新電機が担当したが、BNS技術者を招き、開発作業は共同で短期に進めた。

また、部材調達及び試作器製作はBNSが担当し、製品と等価品質となるよう配慮することで初期性能の良否判定、改善点抽出が適切に実施できた。さらに、試作器組立には日新電機より熟練作業者を長期派遣し、部品の取扱いから組立手法に至るまで種々指導し、品質意識や組立技能の向上を積極的に図った。

3. 2 適用技術

220kV GISの構造図を図5、主要定格事項を表2に示す。



- | | |
|------------|-------------|
| 1. GCB | 9. 点検用ES |
| 2. GCB操作器 | 10. LINE-ES |
| 3. 下BUS-DS | 11. CT |
| 4. 下BUS | 12. PT |
| 5. 上BUS-DS | 13. CHD |
| 6. 上BUS | 14. 制御盤 |
| 7. LINE-DS | 15. LA |
| 8. 点検用ES | |

図5 220kV GIS 構造図

表2 220kV GIS の定格

定格電圧	220kV
定格電流	4000A
定格短時間耐電流	50kA
定格周波数	50Hz

GISの適用技術に関して以下に説明する。

(1) 50kA 消弧室

消弧室は小形、軽量化を図ると共に、相分離形構造とし、GIS全体の縮小化を実現した。さらに、小形で高エネルギーを持った油圧操作器を開発し、GCBの消弧性能達成に必要な速度を確保することで50kA遮断性能を達成した。

(2) 4000A通電

容器はアルミ鋳物を使用し、圧力容器としての関連規格を満足する強度を有しつつ、アルミ導体との組合せで4000A通電を達成した。

(3) 絶縁スペーサ

BUS用三相絶縁スペーサの埋込導体は正三角形配置を採用することで、最小タンク径にて絶縁設計が可能となりコンパクト化に寄与した。また、湾曲形状断面を採用することで耐圧力強度に優れた三相絶縁スペーサとなった。

単相スペーサは電氣的弱点部（三重点）の電界緩和を一層図り電氣的信頼性を向上させた。

(4) DSES

本体操作機構にはスコットラッセル機構を採用した。回転動作を直線動作に直接変換する機構の為、コンパクトかつ少ない部品点数で安定動作を達成した。

(5) 循環電流対策

相分離タンクには三相一括タンクよりも循環電流が外被に多く流れる。循環電流による局部発熱を防止すべく、相間及び同相内で循環電流通電経路が構成されないよう適所を絶縁する構造を採用した。

3. 3 開発品の特徴

(1) 世界最小クラス

CB水平配置、BUS前面配置などを採用し最短で主回路を構成することや、電界解析、構造解析により合理的な構造とすることで、世界最小クラスの機器サイズを達成した。また、主要構成部材にはアルミ鋳物やアルミ合金を多用し、徹底した軽量化を図った。

コンパクトかつ軽量とすることで、据付面積低減や工期短縮に繋がっている。

(2) 省保守性

主回路はガス中に完全密封されており外部からの影響は皆無で日常保守は一切不要であるが、CBやDSを開閉する操作器などは外部の影響を受け易く、一般的に注油を主体とした保守点検が定期的に必要な。しかしながら新開発の油圧操作器は、ばね操作器に比べて非常にシンプルな機構を用いることで保守部位を極少としており、高性能グリースと相まって長期にわたり保守を軽減できる。

(3) 高信頼性

主回路の絶縁物や高機能部品はすべて日本製を適用し、部品レベルでの適用ガイドラインを設けるとともに、アルミ鋳物タンクに代表される中国製気密部品は全数受入検査し、良品のみを次工程へ供給する生産体制としている。

高度な品質管理体制で生産されるGISはユニット毎に全装輸送にて現地搬入されるため、長期にわたり安定した性能を発揮するものとする。

図6は220kV GISの設置例を示す。



図6 220kV GIS 設置例

4. UHV三次開閉器の開発

電力システムの安定的な運用を図る目的で設置される並列コンデンサ等の調相設備を開閉する開閉器は、多数回の負荷開閉に対して十分な信頼性を有することが要求される。

当社は調相設備メーカーとして国内随一の経験と実績を有し、調相設備用開閉器についても技術的ノウハウを蓄積している。その結果、今回の中国国家電網殿の100万V系統(UHV)三次調相設備用開閉器の開発要請に開機事-BNS連携のもと試作器の設計、製作を行い、検証試験を含めて短期間で対応した。

今回開発した新形開閉器の定格・構造・検証試験結果について紹介する。

4. 1 定格及び仕様

UHV三次開閉器の定格及び仕様を表3に示す。

表3 UHV三次開閉器の定格及び仕様

形式	GS12-4B
定格電圧	145kV
商用周波耐電圧	275kV
雷インパルス耐電圧	650kV
定格電流	1600A
定格周波数	50Hz
定格短時間耐電流	40kA3秒
並列コンデンサ開閉寿命	5000回 110kV 200.5MVar L= 5%
分路リアクトル開閉寿命	5000回 105kV 240.0MVar

4. 2 基本構造

信頼性が要求されるUHV三次開閉器の開発に当り、以下のコンセプトを適用した。構造を図7に示す。

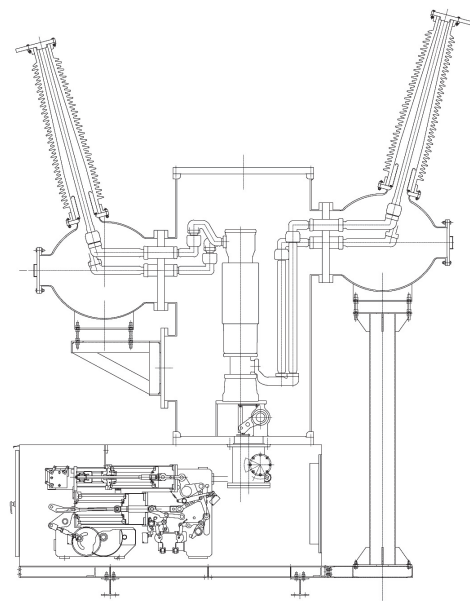


図7 開閉器構造図

UHV三次開閉器の定格仕様に適合させるため、170kVクラスのGCB容器を適用すると共に、消弧室は日本国内で多数納入実績のある84kV用開閉器の構造をベースに開発し採用した。

また、コンデンサバンク投入時の接触子損耗の抑制、遮断時の無再点弧を目的に、170kVクラスのGCBで採用しているばね操作器を適用し、投入、引き外し速度を高めている。

4. 3 検証試験

新形開閉器で実施した主な試験項目を表4に示す。

表4 検証試験項目

検証内容形式	検証項目
開閉寿命確認	並列コンデンサ連続開閉試験
電流開閉性能	並列コンデンサ開閉試験
	分路リアクトル遮断試験
定格周波数	商用周波耐電圧試験
	雷インパルス耐電圧試験

4. 3. 1 連続開閉試験

開閉器の寿命は、実際の系統では分路リアクトル回路よりも並列コンデンサ回路に使用されるほうが短くなる。このため、試験は並列コンデンサ回路の条件とし、LC共振回路により5000回の投入・遮断試験を交互に行い、開閉器の寿命検証を行った。連続開閉試験状況を図8に示す。



図8 連続開閉試験状況

4. 3. 2 開閉性能検証試験

連続開閉試験前後に並列コンデンサ回路及び分路リアクトル回路の遮断試験を行い、性能が確保されていることを確認した。

4. 3. 3 耐電圧試験

試験電圧は相間、大地間は145 kV 定格に対応した値を基準とし、同相主回路端子間は国家電網殿ご要求の値とした。また、連続開閉試験後の値は規格に従って試験前の60%とした。耐電圧試験も連続開閉試験前後で実施し、性能が確保されていることを確認した。耐電圧試験状況を図9に示す。



図9 耐電圧試験状況

4. 4 製品納入状況

国家電網殿の立会いの下で連続開閉試験を開始し、また試験後の点検を行った。どちらも非常に満足いただき十分な性能を確保した開閉器が開発できた。

中国国家電網殿南陽変電所向け100万V三次回路調相設備用開閉器として、開閉器ユニット12Bayを納入した。設置状況を図10に示す。



図10 南陽変電所

5. あとがき

以上述べてきたように、海外市場、特に中国を中心に新製品の開発を積極的に進めてきた。国内での受注は、電力会社の設備投資抑制、民間需要での価格競争など安定した収益を確保することは厳しい状況である。一方、海外においては今後も中国、東南アジアなど経済発展が著しく設備需要に相当な期待がもてる状況である。これからも製品のコスト低減、信頼性の向上を目指しつつ、海外市場への更なる展開を行っていきたいと考える。

✎ 執筆者紹介



内田 雄三 Yuzo Uchida

電力機器事業本部
開閉機器事業部
開発部 開発研究G 主任



北原 広一 Hirokazu Kitahara

電力機器事業本部
開閉機器事業部
開発部 開発設計G 主任



盛永 光 Hikaru Morinaga

電力機器事業本部
開閉機器事業部
開発部 開発研究G



砂川 寛 Yutaka Sunagawa

電力機器事業本部
開閉機器事業部
開発部 開発設計G



阿久津 克則 Katsunori Akutsu

電力機器事業本部
開閉機器事業部
品質保証部 主査