

特 集 論 文

ガス絶縁開閉装置 (GIS) 事業の中国・台湾展開

The Gas Insulated Switchgear Business in China and Taiwan

池田 守 直原 知宏
 M. Ikeda T. Jikihara
 築島 英夫 清水 俊一
 H. Yanashima S. Shimizu

概要

中国に拠点を置く北京宏達日新電機有限公司 (BNS) と台湾に拠点を置く日亞電機股分有限公司 (NAC) では、それぞれの市場に適したガス絶縁開閉装置 (GIS) を開発、市場投入してきた。これらのGISに関して、開発した背景および市場への展開について紹介する。本論文にて紹介する機種は、次の3機種である。

BNS : 145kV負荷開閉器 (LBS) と小型145kV GIS、NAC : 69kV 40kA GIS

Synopsis

Both BNS and NAC have completed development. We introduce the background to the development of as Gas Insulated Switchgear and its market development. We will inntoriduce the following three models in this paper.

BNS : 145kV Load Break Switch (LBS) and small 145kV GIS, NAC : 69kV 40kA GIS.

1. BNS:145kV LBS

1. 1 開発背景・経緯

2010年2月、中国国家電網が京都本社を来訪し、中国100万V (UHV) 変電所三次 (調相) 回路の現状と背景が伝えられ、その際、正式に国家電網より中国仕様による145kV三次開閉器開発の要請を受けた。

2010年3月国家電網へ報告説明のため技術者が出向、中国国内の著名専門家を交えた技術交流会を行うと共に、開発品の設計・製作並びに消弧方式の選定の為の基礎検証と技術解析による寿命試算を基に、要求仕様に基づく5000回の多頻度開閉試験を計画した。

1. 2 開発日程

- 2010/4:消弧方式決定の為の設計開始
 - 2010/7:耐電圧試験、開閉前検証試験、開閉試験開始
 - 2010/7:開閉試験前の国家電網殿御立会 (前橋)
 - 2010/8~/10:1000回~5000回開閉試験にて、
1000回動作毎に遮断検証試験実施
 - 2010/12:国家電網分解点検御立会 (前橋)
- 開発スケジュールを図1に示す。

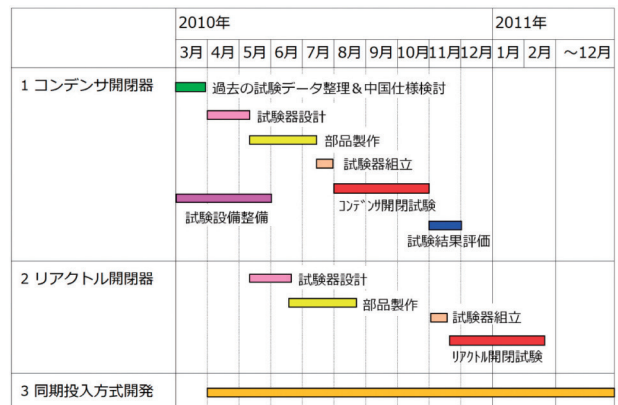


図1 開発スケジュール

1. 3 形式および主要定格

UHV三次開閉器の定格及び仕様を表1に示す。

表1 UHV三次開閉器の定格及び仕様

区分	仕様
定格電圧	145kV
定格電流	1600A
定格周波数	50Hz
定格短時間耐電流	40kA 3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

1. 4 基本構造

外形説明図及び外観を図2、3に示す。

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。操作器は170kVクラスのGCBで採用しているバネ操作器を適用している。

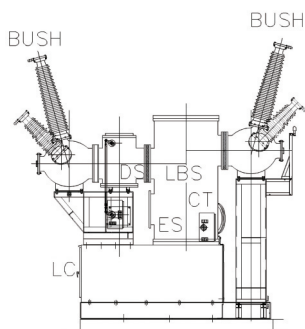


図2 外形説明図



図3 外観

1. 5 検証試験

主な試験項目を表2に示す。

表2 主な試験項目

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

1. 6 開発時の課題

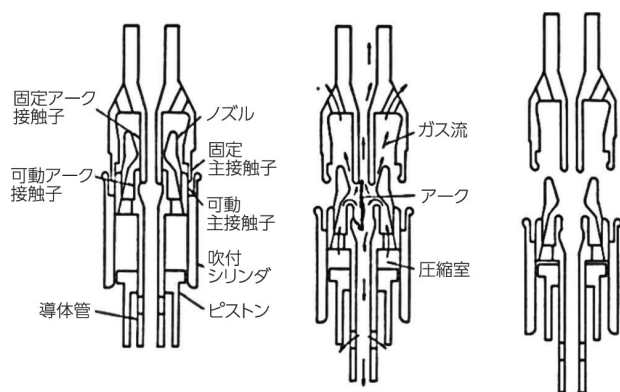
無点検での開閉寿命は通常3000回に対し、今回は5000回の過酷な条件で行った。BNSで試作器製作後、前橋に輸送、約9ヶ月の短期間で試験を完了した。結果、

期待どおりの性能が得られ、顧客の信頼を得る事ができた。

1. 7 原理・仕組み

LBSの開閉器に採用した消弧室の原理図を図4に示す。採用にあたり、図4を基本構造として、用途・要求条件に対応するための耐開閉寿命化対策を行うことで、下記の機能・特長を具備した。

- ・調相設備用開閉器は調相設備の入切を行う役割を持つ。
- ・電力需要の増減に対応してほぼ毎日開閉されるため、多数回の開閉寿命に対応。
- ・UHV三次回路：変圧器は一般には一次巻線（高圧側）、二次巻線（低圧側）で構成されるが、三次巻線を有すタイプもあり、UHV用はこのタイプとなっている（今回の三次回路電圧は110kV）。この場合、調相設備は三次回路に設置される。
- ・開閉器定格：145kV/1600A、調相設備容量：110kV240MVAであり、設備容量としては最大級である。



(a) 投入状態 (b) 遮断途中状態 (c) 遮断完了状態

図4 消弧室の原理図

1. 8 製品の特徴

- ・消弧室及び操作器を含め5000回無点検可能である。
- ・国家电网の耐震、耐寒試験を受け、BNSのみ試験合格している（2015年）。



図5 耐震試験状況



図6 耐寒試験状況

1. 9 営業状況・展望

1) 開発後の成果

国家電網のUHV三次側開閉器の2012年10月入札においてBNSが、UHV試験線路内の南陽変電所UHV三次回路用126kV開閉器を落札。

設備構成は、以下の合計18ベイとした。

- ・三次回路受電遮断器ユニット：4ベイ
- ・コンデンサ開閉器ユニット：8ベイ
- ・リアクトル開閉器ユニット：4ベイ
- ・所内変圧器遮断器ユニット：2ベイ

当時、検証試験をクリアしているのは、当社のみで、競合他社（西安高開・ABB）は、入札条件である5000回のコンデンサ開閉試験による実用性能検証を実施できていなかった。

2) 開発後の状況

国家電網の認定を取得した競合はABB 1社のみであるが、BNSのGISタイプに対し、ABBは碍子タイプのLBSとなっている。過去の納入実績でBNSのシェアは50%を超えており、納入台数は2019年度時点で159台に至っている。

3) 今後の展望

UHV変電所の新設計画は残り1ヶ所のみで見通しであるが、各既設変電所は最終形態でトランス3台設置まで考慮されている。今後負荷の増加に応じてトランス増設が実施される事となり、三次回路用LBSの増設案件が期待できる。

1. 10 最後に

UHV三次回路の調相設備用開閉器の実用性能検証としてコンデンサの多頻度開閉5000回およびステージ毎の性能検証を9ヶ月間で完了し、国家電網の試験御立会者から、開発品が良好である旨の評価を頂いた。また、UHV三次用開閉器の開発開始に伴い、中国内の各種高電圧の著名専門家に日新の技術提案を行ったことにより、中国電力科学研究院における初の多頻度コンデンサ開閉試験設備の新設と中国内での三次回路の規格制定に寄与できたと考える。

2. BNS:小型145kV GIS

2. 1 開発背景・経緯

中国市場の発展速度は速く、従来の110kV GIS市場では変電所の敷地面積の縮小、建屋設計時の機器の重量軽量化等、中国内電力会社のニーズが変化してきている。ABB、SIEMENS、ALSTOMなどの欧州メーカ、西高、平高、新東北、泰海などの中国メーカは小型GISを市場投入している。一方、BNSの従来タイプは日本の168kVをベースに設計されている事から、体積・重量、ユニット間寸法が大きく競争力が保てなくなってきた。特に110kV GISの市場においてはユニット間寸法1000mmが入札条件に加わった事から入札参加が困難な事態となった。また国産メーカの性能向上に伴い、国家指導での価格競争になることがほぼ決定となり、受注するためには大幅なCRが必要であった。これらの背景からコンパクトで低コストのGIS開発が急務であった。

2. 2 開発日程

2009/1~2011/7:設計、試作器製作、形式試験

2010/11:中国瀋陽試験場にて形式試験実施

2. 3 形式および主要定格

定格及び仕様を表3に示す。

表3 定格及び仕様

区分	仕様
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
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

2. 4 基本構造と開発時の考え方

- ・ユニット間1000mmを実現するため、遮断器容器径を小さくした。その結果、内装CTを別管路に設置し点検用ESを複合することができた。
 - ・LCC内のメンテナンス性向上のため、GCB用操作器とLCCの複合化を廃止し独立構成とした。
 - ・ケーブル工事を考慮し、ケーブルヘッド容器下の作業寸法を確保した。
- 外形説明図及び外観を図7、8に示す。

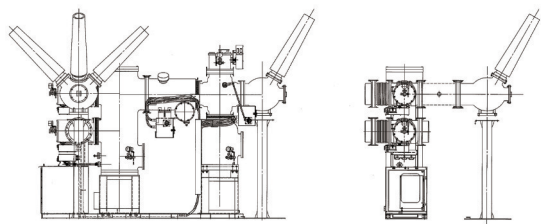


図7 外形説明図



図8 外観

2. 5 従来品との比較

外形寸法の比較は図9、仕様比較は表4に示す。

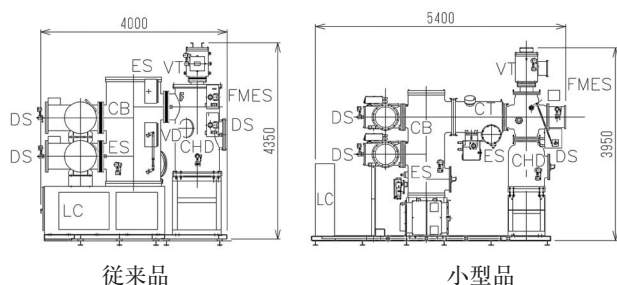


図9 外形寸法比較

表4 仕様比較

区分	従来品 126kV GIS	小型品 126kV GIS
ユニット間寸法	1450mm	1000mm
ユニット重量	11000kg	7000kg
GCB操作器操作エネルギー	5500J	3200J
定格電圧	126kV/145kV	126kV/145kV
定格電流	3150A	3150A
定格耐短時間電流	40kA 3s	40kA 3s

2. 6 開発時の課題

- ・新規消弧室構造のため、遮断後のガス流の方向検討、新規操作器の遮断部との組合せの動作速度決定等、性能確立まで時間がかかった。
- ・GISの容器径を縮小したため、諸寸法の決定には最新の電解解析技術を適用した。
- ・BNSで初めての開発品であるが、開発者3名のうち2名は入社1年目の若手社員を配置した。その結果若

手エンジニアの人材育成、技術力向上に大いに役立った。

2. 7 原理・仕組み

小型GISに適用した自立消弧形GCB室の原理図(図10)を以下に示す。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、機械的なストレスを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ための消弧方式として、自力消弧形を採用した。

図10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、操作エネルギーを大きくしなければならないという欠点があった。

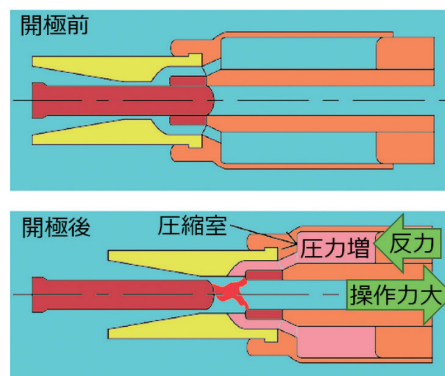


図10 従来形(単一パuffァ方式)

今回採用した自力消弧形の消弧室は、大電流遮断時にアークエネルギーを利用して昇圧する熱パuffァ室と、中小電流遮断時の機械的圧縮作用により昇圧する機械パuffァ室の2室構造となっている。自力消弧形(単一パuffァ方式)の消弧室構造を図11に示す。大電流遮断時ではアークエネルギーによって熱パuffァ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uffァ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ため、機械パuffァ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ため、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、小型の操作器で駆動することが可能となった。

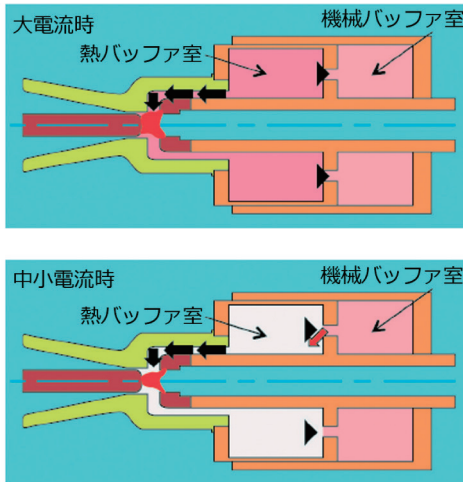


図11 従来形（単一バッファ方式）

2. 8 製品の特徴

- ・小勢力タイプの消弧室の採用により遮断器用操作器の小型化及びGISのCRが図れた。
- ・容器径縮小及びアルミ化により軽量化が図れた。
- ・ユニット間の寸法縮小により、GIS用の建屋面積縮小に寄与できた。

2. 9 営業状況・展望

1) 開発後の成果：

開発完了後の製品1号機として2012年に南網海南供電局に8ベイを納入した。

2) 開発後の状況：

中国国内では南網向けや鉄鋼向けに2019年度時点で、264ベイを納入した。

3) 今後の展望：

本器をベースに、海外向け145kV GISとして、韓国のKERI試験場、オランダのKEMA試験場で形式試験を実施し、アジアを中心に納入を開始した。海外向けには2019年度時点で17ベイを納入した。

今後も、本器の需要増大が期待できる。

3. NAC: 69kV40kA GIS

3. 1 開発背景・経緯

臺灣電力股份有限公司（以下、台湾電力公司）の69kV系統は古い系統であると同時に、今後再生可能エネルギー連系の増大から更新需要に加えて新規需要が見込まれる。また、現在69kV系統には遮断容量25kAと40kAの2定格が混在しているが、将来40kAに統一されることが予定されている。

一方、NACの従来品GISは25kA仕様であり40kA仕様に対応できていなかった。更に、官民需向市場では31.5kAが標準仕様であるため参入できなかった。また設置スペース縮小化のニーズが高まり、ユニット間寸

法の最小化を要求するケースが増加してきた。これらの背景からコンパクト、かつ低コストな40kA定格GISの開発が急務であった。

3. 2 開発日程

2016/11～2017/7：台湾電力公司形式申請資料・設計着手～供試器製作

2017/7～2018/4：KERI試験場^(※1)にて形式試験実施

2018/5：KERI試験場より形式試験報告取得

2018/10：台湾電力公司と能源局^(※2)から形式認証取得

※1：国際認定を受けた韓国にある第三者試験機関

※2：日本の経済産業省に相当

3. 3 形式および主要定格

定格及び仕様を表5に示す。

表5 定格及び仕様

区分	仕様
定格電圧	69kV
定格電流	Bus：3150A CB：2000A
定格周波数	60Hz
定格短時間耐電流	40kA 3秒
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. 4 基本構造と開発時の考え方

- ・2章で紹介したBNSで開発した145kV GISの設計をベースにアレンジする事で、25kA・31.5kA・40kAを兼用し、小型化とユニット寸法1000mmを実現した。
- ・台湾国内競合他社とのベンチマークを行った結果、各社とも145kV級GISを基本に遮断容量25kAと40kAを兼用した設計であり、NACの開発方針で市場投入が可能なことを確認した。

内部構造及び外観を図12、13に示す。

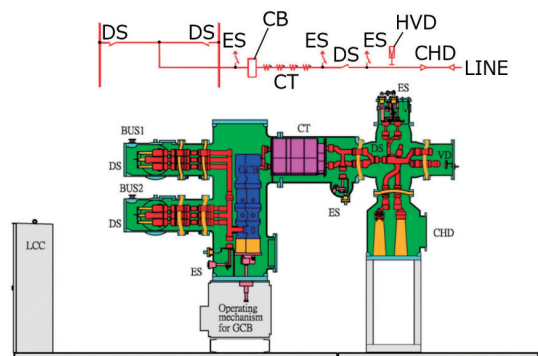


図12 内部構造図

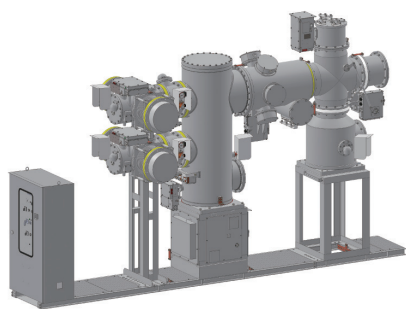


図13 外観

3. 5 従来品との比較

外形寸法の比較は図14、仕様比較は表6による。

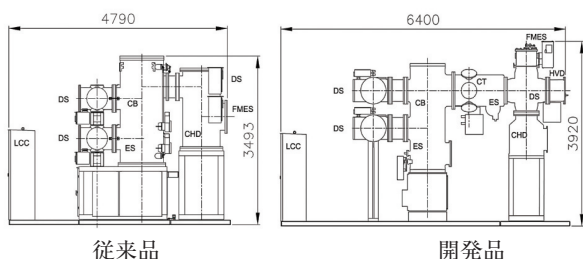


図14 外形寸法比較

表6 仕様比較

区分	従来品 69kV GIS	開発品 69kV GIS
母線定格電流	2000A	3150A
遮断器定格電流	2000A	2000A
定格耐短時間電流	25kA 3秒	40kA 3秒

3. 6 開発時の課題

- 台湾電力会社の形式認証を受けるためには、国際試験機関であるKERI試験場でのIEC規格適合認証を取得する必要があるが、KERI試験場の設備改修で3ヶ月の試験順延が発生するなどし、日程調整に苦慮した(図15)。
- 60Hz仕様への設計にあたり、遮断時の再起電圧の急激な立ち上がりに対する安定した遮断性能確認等に、予想以上に時間を費やした。
- 上記のような想定外の事象を乗り越え、無事台湾電力会社と能源局の形式認証を取得できた他、官民需の顧客に対しても台湾メーカーとしての技術力アピールが図れた。

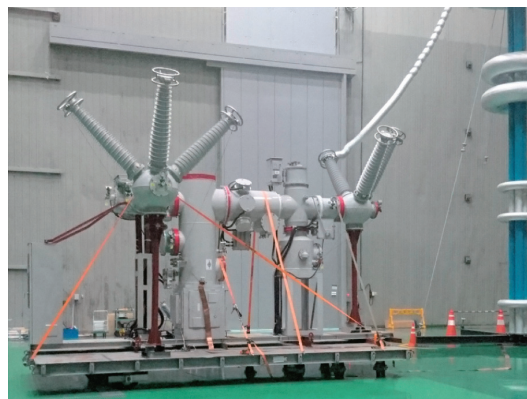


図15 2017年12月 KERI試験場にて

3. 7 製品の特徴

- 容器径の縮小及びアルミ化により大幅な軽量化を実現した。
- 軽量化と合わせユニット間寸法縮小によりGIS用建屋面積の縮小化等、顧客の総コスト低減に寄与した。

3. 8 営業状況・展望

NACは2010年に台湾電力会社向け69kV25kA市場への参入を果たした。台湾のGIS製造メーカー3社中最後発であったが、現在の納入実績は先行する首位メーカーに次ぐ2位のシェアを確保している。

台湾の電力市場は2016年の原子力発電を廃止する政府方針のもと、再生可能エネルギー発電割合を20%へ引上げ、中でも太陽光発電の導入量を、2025年迄に20GWとする計画である。こういった環境下で、今回開発した40kAの市場展望は、以下の2点から需要増大が期待できる。

- 台湾電力会社の大容量送電対応のため69kV系統は40kAが増加する方向で、NACは40kA定格において参入が後発となる中、既に2020年度に台湾電力会社から初号機及び2号機を続けて受注した。
- 新設される太陽光発電所の69kV大容量送電化に40kA定格需要増大が期待される事から今後も一層のシェア拡大を図る。

4. あとがき

今回紹介した3機種は、いずれも今後のお客様の要望に十分対応可能な製品であると確信している。

また、BNS、NAC共に、今後の市場動向(経済性の追求、近年の系統変化への対応、既設品との互換性)に合わせて、開発を継続する所存である。

執筆者紹介



池田 守 Mamoru Ikeda
北京宏達日新電機有限公司
総経理



直原 知宏 Tomohiro Jikihara
日亞電機股分有限公司
総経理



築島 英夫 Hideo Yanashima
北京宏達日新電機有限公司
総工程師



清水 俊一 Syunichi Shimizu
日亞電機股分有限公司
副総経理