

500kVガス絶縁開閉装置

500kV Gas Insulated Switchgear

500kVガス絶縁開閉装置は、機器の大形化に伴う500kV機器固有の諸問題の検討だけでなく高い信頼性が要求されている。これに対処するため10年前から研究開発が進められてきたが、既に1,000台余りのガスしゃ断器及びガス絶縁開閉装置の製作実績をベースに、今回構造が簡単で合理的な平面直線配置構成の500kVガス絶縁機器を系列化した。特に信頼度向上のため、単一圧力式パuffァ形ガスしゃ断器の採用をはじめ絶縁協調、耐震性、保守性についても検討を加え改善を図った。

大石和明* *Kazuaki Ôishi*
 中野清蔵* *Seizo Nakano*
 丸山征一* *Seiichi Maruyama*
 田村昌興* *Masaoki Tamura*
 小沢 淳** *Jun Ozawa*

1 緒 言

ガス絶縁開閉装置が導入されて以来既に数年が経過したが、超小形の開閉装置としての特徴と合わせて高度の信頼性及び良好な稼動実績が確認されてきており、超々高圧系統の領域でも普及しつつある。超々高圧ガス絶縁開閉装置は、従来の77~154kV級の開閉装置と異なり機器の大形化に伴う配置構成をはじめ、絶縁協調、耐震性、保守点検など500kV機器固有の諸問題をもっている。これらの問題を含め、超々高圧ガス絶縁開閉装置の検討結果について要約した。

点数が少ない単一圧力式パuffァ形で系列化された。主な定格は550kV、50kA、4,000~8,000A しゃ断時間2サイクルであり、且つ8,000A定格は自冷式で製作可能である。パuffァ形しゃ断部は300kV、50kA定格のしゃ断部と共用で、超高压クラスのしゃ断器で既に数多くの実績をもっている。なお断路器、母線についても定格電流8,000Aまで自冷式で系列化されている。

2 機器の主要定格

500kVガス絶縁開閉装置を構成する主要機器の定格を表1に示す。しゃ断器は構造及び動作原理が簡単で、且つ構成部品

3 機器の配置構成

500kV機器になると機器が大形化し重量も重くなるため、従来の超高压機器に採用されている機器の積上げ方式による立体配置構成では機器の高さが高くなり、複雑な架台を必要と

表1 ガス絶縁開閉装置の主要定格 ガス絶縁開閉装置を構成する機器の主要定格を示す。しゃ断器、断路器、母線とも8,000Aまで自冷式で系列化されている。

項目	方式	パuffァ形	項目	方式	三極単投	
しゃ断器	定格電圧	550kV	接地開閉器	定格電圧	550kV	
	定格電流	2,000A, 4,000A, 8,000A		定格短時間電流	50kA	
	定格しゃ断電流	50kA		絶縁階級	500H	
	定格投入電流	125kA		定格ガス圧力	3.5kg/cm ² , 5 kg/cm ²	
	定格短時間電流	50kA		操作方式	圧縮空気操作又は手動操作	
	定格しゃ断時間	2サイクル		変流器	方式	貫通形
	絶縁階級	500H	定格一次電流		2,000A, 4,000A, 8,000A	
	定格ガス圧力	5 kg/cm ²	定格二次電流		5 A	
	断路器	操作方式	圧縮空気操作	避雷器	定格負担	40VA, 100VA
方式		直線形三極単投	誤差階級		1.0級	
定格電圧		550kV	計器用変圧器		方式	ガス絶縁形
定格電流		2,000A, 4,000A, 8,000A			定格電圧	420KV
定格短時間電流		50kA			公称放電電流	10KA
絶縁階級		500H			放電開始電圧	1,090kV以下
定格ガス圧力	3.5kg/cm ² , 5 kg/cm ²	制限電圧		1,220kV以下		
母線	操作方式	圧縮空気操作	計器用変圧器	方式	ガス絶縁形	
	方式	相分離		定格一次電圧	550/√3 kV	
	定格電圧	500kV		定格二次電圧	110/3 V	
	定格電流	2,000A, 4,000 A, 8,000A		定格三次電圧	110V	
	定格短時間電流	50kA		定格二次負担	200 VA	
	絶縁階級	500H		誤差階級	1.0/3G級	
	定格ガス圧力	5 kg/cm ²	絶縁階級	500H		

* 日立製作所国分工場 ** 日立製作所日立研究所

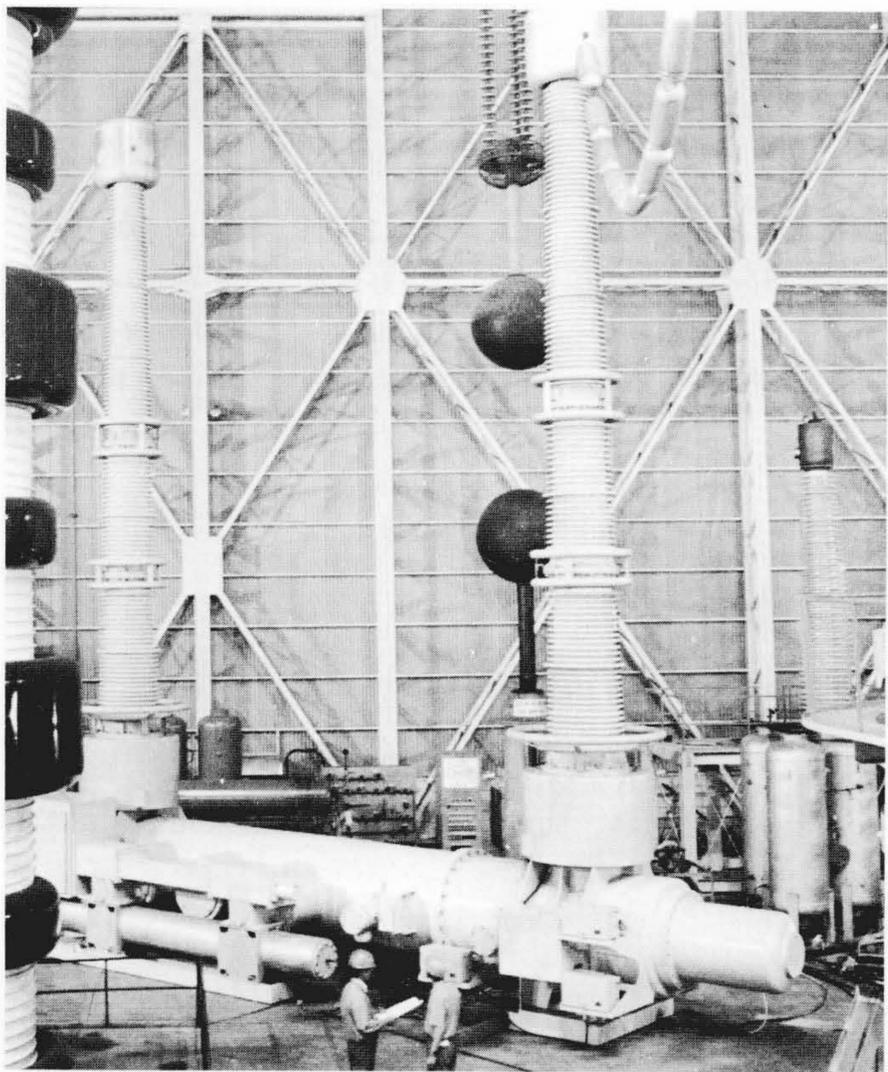


図1 500kV複合開閉器 向かって左は、550kV、50kA 8,000A 2サイクル パツファ形しゃ断器を、右は断路器、接地開閉器を示す。変流器はブッシング下部にそれぞれ収納されている。

し、且つ耐震性、保守点検、あるいは現地の組立作業上好ましくない。このため、できるだけ機器の高さを低くし且つ構造を簡単にする必要がある。これらの点を考慮して機器の構成、配置は平面直線配置となるよう系列化されている点が特徴である。

3.1 複合開閉器

架空線路による引込・引出回線が多い場合、変電所の母線部分をガス絶縁方式にして縮小しても、線路の引込及び引出しの気中絶縁間隔によってガス絶縁開閉装置の配置が左右されるため、ガス絶縁化による縮小効果が半減する場合が多い。このような場合、母線は従来の気中絶縁方式としそれにつながる線路側の断路器、しゃ断器、変流器をガス絶縁化したいわゆる複合開閉器を使用するほうが効果的である。もちろん変電所の据付面積の縮小率は比較的小さいが、母線以外の線路側機器の充電部がガス中に密封されるため、機器の信頼性が高められ保守点検が簡略化される利点をもっている(図1)。

3.1.1 構造

複合開閉器の構成は、従来のガス絶縁開閉装置のしゃ断器、断路器、接地開閉器及び変流器の各モジュールを組み合わせて構成する方法である。これらの機器の構成及び据付工事などを簡略化するため、図2に示すようにしゃ断器のタンクの延長上にスペーサで仕切られたもう一つの容器を直結し、その内部に断路器及び接地開閉器を構成したいわゆる直線配置構成が簡単で且つ経済的である。これらの複合開閉器は、従来のタンク形ガスしゃ断器とほぼ同一寸法で構成できる利点があり、従来のガスしゃ断器と同様の据付工事が可能である。

内部構造は図3に示すように、しゃ断部室と断路器室はスペーサによって二つの区画に分割され、それぞれの固定子も

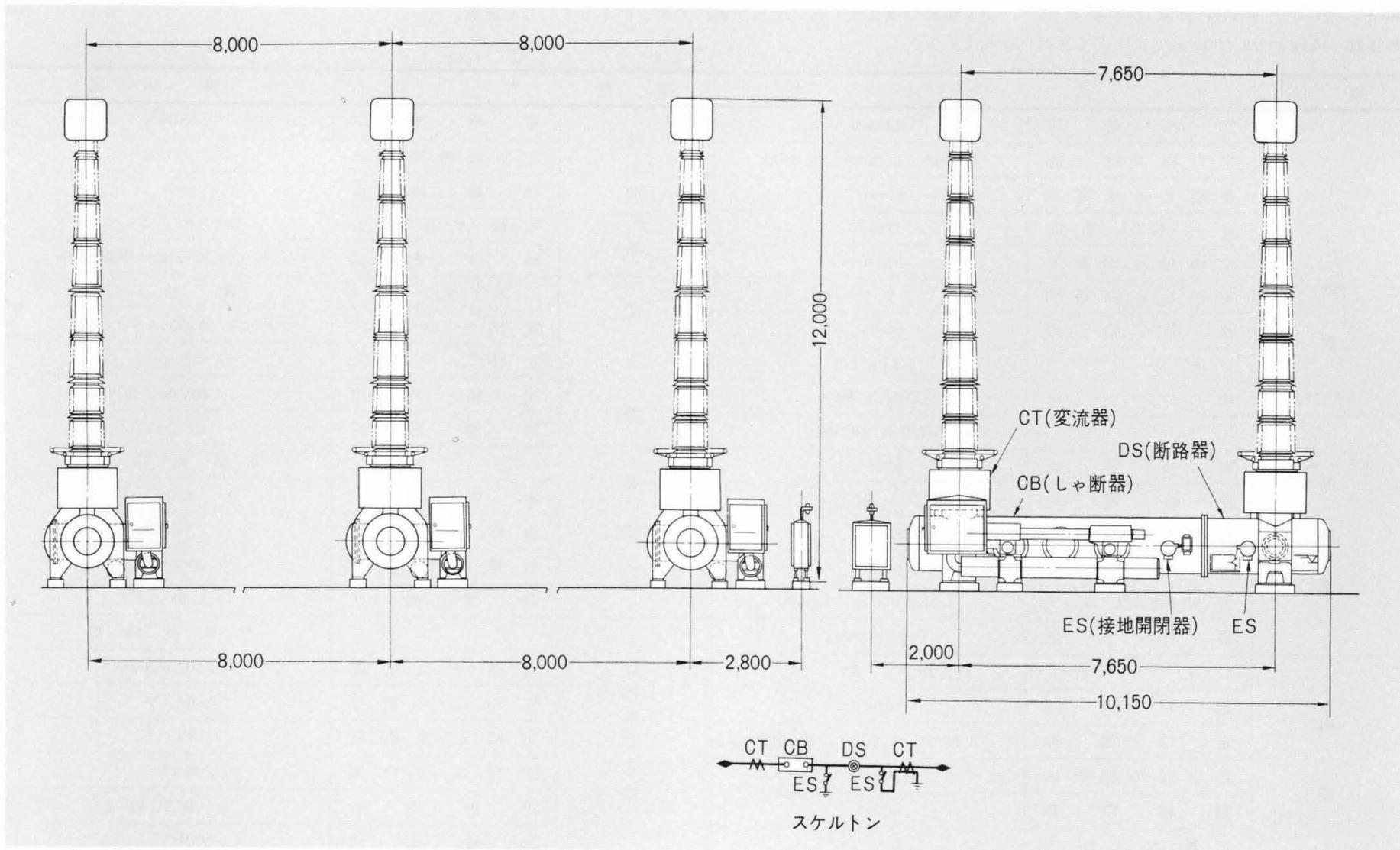


図2 500kV複合開閉器 しゃ断器のタンクの延長上に、スペーサで仕切られたもう一つの容器を直結し、その内部に断路器及び接地開閉器を収納した直線配置構成であり、従来のガスしゃ断器とほぼ同一寸法の構成となっている。

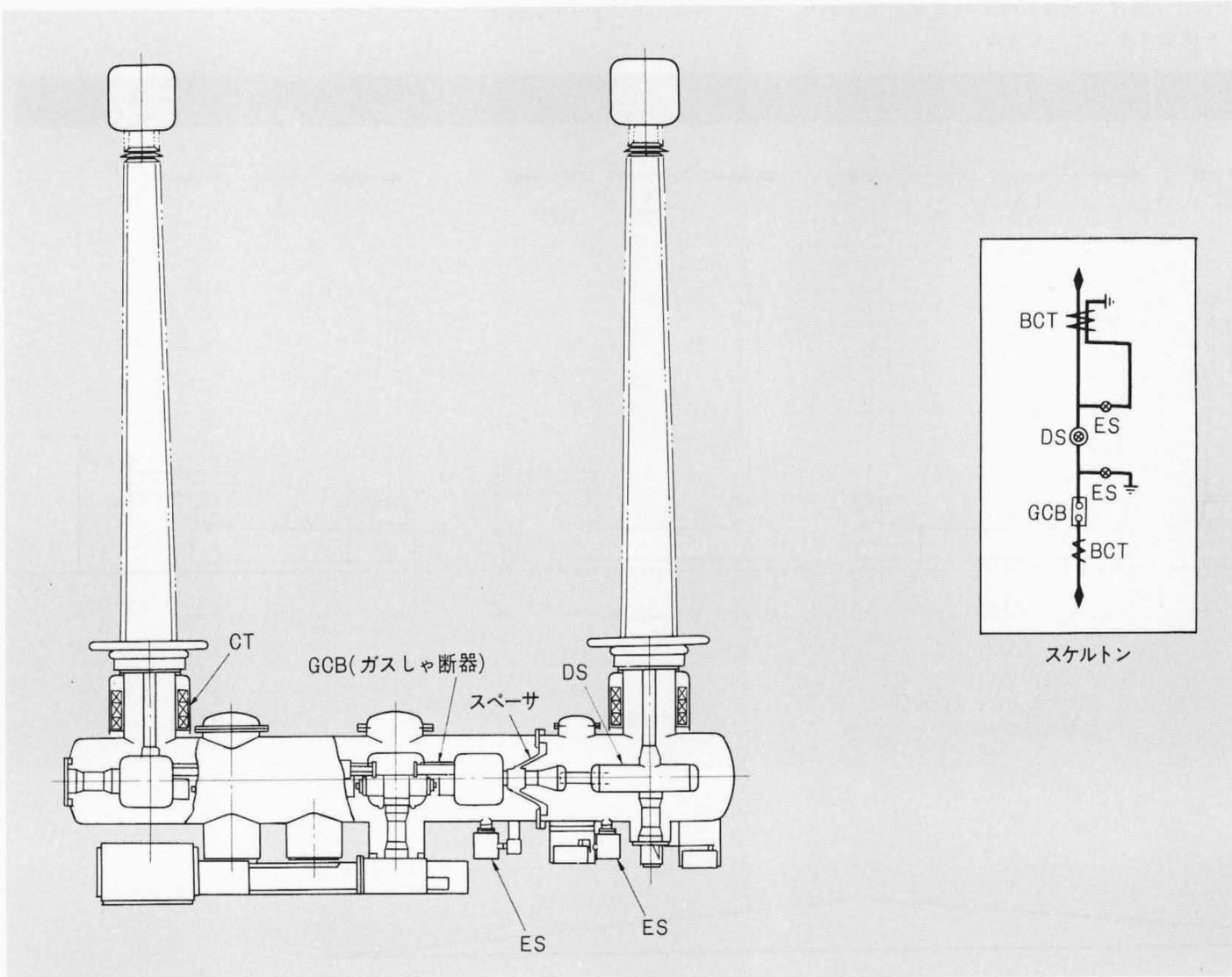


図3 500kV複合開閉器内部構造図
しゃ断部室と断路器室とはスペーサによって二つの区画に分割されており、ガス圧力は両室とも5 kg/cm²で封入されている。

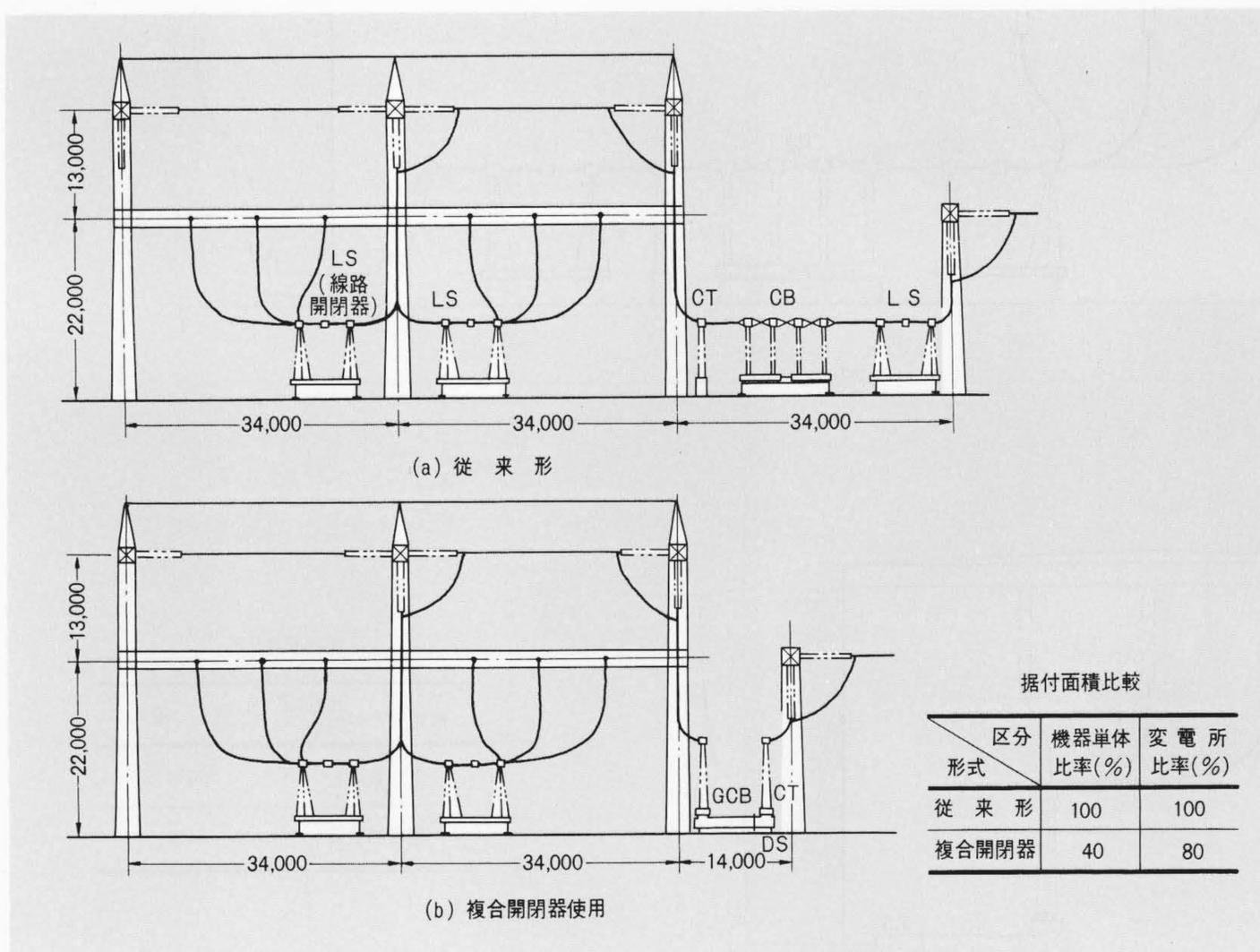


図4 屋外変電所比較図
複合開閉器を使用すれば、機器は40%に縮小されるが、変電所全体では80%となる。

スペーサに固定されている。ガス圧力は両室とも 5 kg/cm²(G)で封入されている。引出用のブッシングには軽量のガスブッシングを使用し、下部に変流器が設けられている。重量の重いしゃ断部タンクの重心が低いため耐震性が良く、また直線

配置構成のため従来の据付スペースを縮小することができる。

3.1.2 適用と選定

図4は複合開閉器を従来形の機器の据付面積と比較して示したものである。機器単体では従来形の約40%に低減できる

表2 複合開閉器の代表的タイプ Aタイプが最も標準的なタイプであり、これに各種のモジュールを追加することにより、B、C、D各タイプを構成することができる。

タイプ	A	B	C	D
スケルトン				
構成				
主な用途	一般変電所用	ブスタイ、セクション及び発電所用フィーダ	一般発電所用	一般発電所用

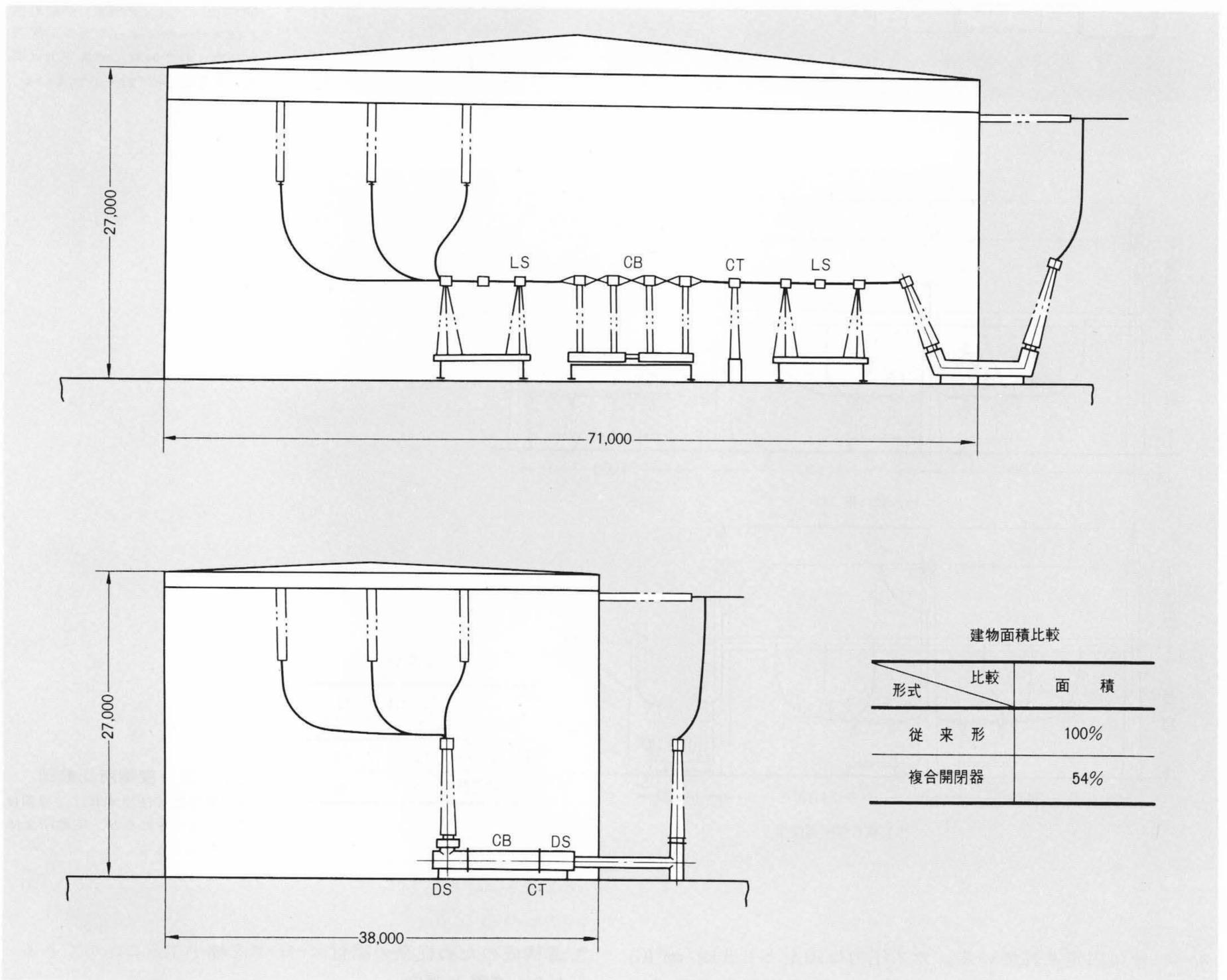


図5 屋内変電所比較図 複合開閉器を使用すれば、壁貫きブッシングを省略できるほか、屋内開閉所を小形化することができる。

が、開閉装置全体で比較すると約80%に縮小される。

複合開閉器の構成としては各種タイプのものが考えられるが、表2にその代表的タイプについて系列化したものを示す。Aタイプが最も標準的なタイプであり、これを基に各種のモジュールを追加することにより、B、C、D各タイプを構成することができる。更に、火力・原子力発電所では塩害を避けるため、屋内形変電所で複合開閉器の採用が計画されているが、従来形機器で構成した場合と異なり、複合開閉器を使用すると図5に示すように複合開閉器に母線モジュールを追加し、ブッシングを設けることにより壁貫きブッシングを省略できるほか、屋内開閉所を小形化できる利点をもっている。

3.2 ガス絶縁開閉装置

架空線路による引込・引出回線が少ない場合、あるいはケーブル接続の場合、母線までガス絶縁方式としたいいわゆるガス絶縁開閉装置を適用すれば、据付面積が縮小されガス絶縁による密閉化の効果が得られる。

図6は一般火力・原子力発電所で計画されているスケルトンの構成例であるが、母線、しゃ断器、及び断路器の構成が平面直線配置構成のため、機器の高さが低くなり、母線用架台あるいは点検用架台を省略できるほか、現地の据付作業及び保守点検を容易にすることが可能である。機器の高さを低くする方法として、しゃ断器の断路器への口出部をしゃ断器と直角方向に引き出す方法が考えられるが、この方法ではしゃ断器相間のスペースが広がるだけでなく、電流通路が長くなり容器の数が多くなるため、不経済である。

一般に変電所を構成するスケルトンは、主母線とそれにつ

ながるフィーダにより構成されることから、平面直線配置を適用すればいずれの場合でも二平面で構成が可能であり、母線しゃ断器、断路器などの標準化を推進できる利点がある。なお直線配置で問題となるのは、母線が長い場合の熱膨張による母線外被の伸縮対策であるが、これに対処するために圧力均衡形ペローズを開発し採用している。

3.3 特長

(1) 構造が簡単(複合開閉器)

断路器を収納しても従来のガスしゃ断器とほぼ同一寸法で構成できるので、据付スペースが小さく構造が簡単である。

(2) 耐震性が優れている。

架台がなく機器の高さが低いため、耐震性が優れている。

(3) 保守点検が容易

しゃ断部が地上近くにあるため、コンタクトの点検、交換作業が容易である。また母線の相間スペースが十分とれるため保守作業が容易である。

(4) 輸送及び現地工事が簡単(複合開閉器)

複合開閉器では、ブッシングのみを取り外して一体輸送できるため、現地の据付工事が簡単である。また基礎工事もタンク形ガスしゃ断器とほぼ同一のため簡素化される。

4 500kV機器として配慮すべき項目

(1) 絶縁協調

ガス絶縁開閉装置は従来の開閉装置と異なり、内部フラッシュオーバー時の事故の波及効果が大きく機器の停止時間が長くなる欠点がある。一般に線路側の開閉装置は多重雷に対する

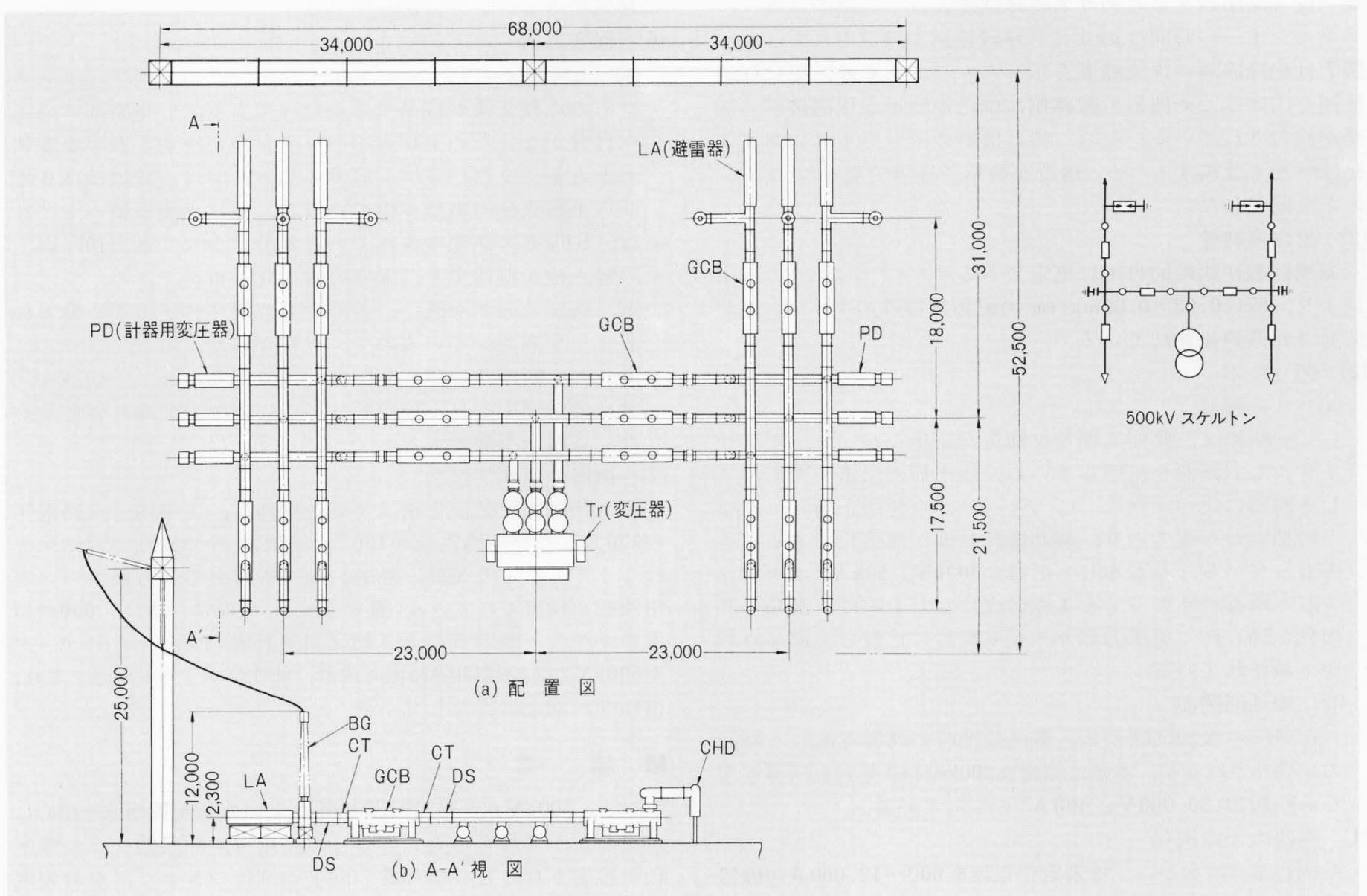


図6 500kVガス絶縁開閉装置配置図 平面直線配置のため機器の高さが低くなり、母線用架台、あるいは点検用架台を省略できるほか、現地の据付作業及び保守点検を容易にすることができる。

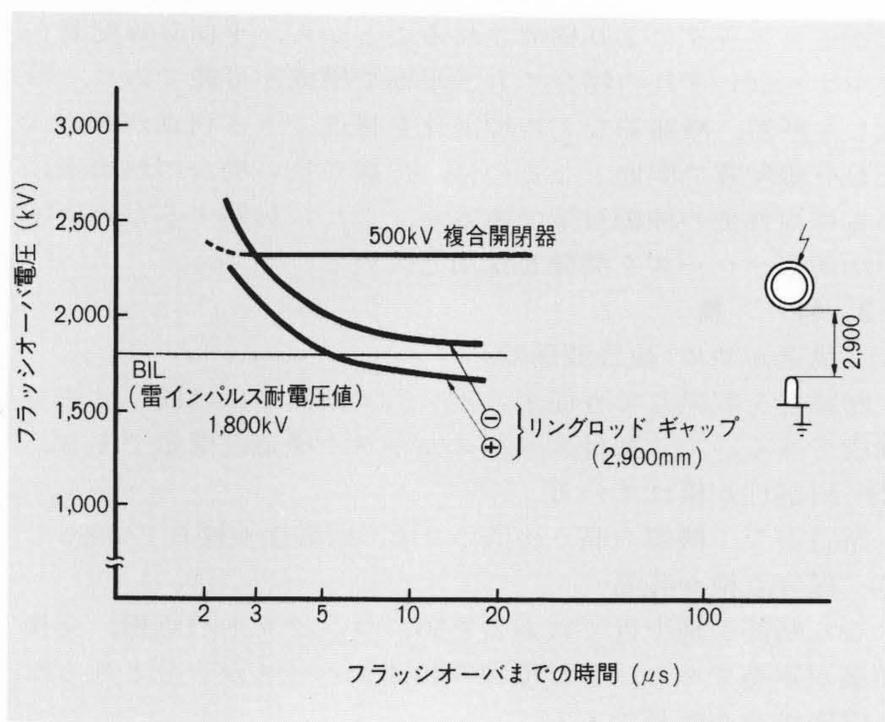


図7 500kV複合開閉器絶縁協調 500kV複合開閉器は、リングロッドギャップと3μsまで協調をとれることが確認されている。

対策として避雷器を設けることが望ましいが、半面避雷器自体が高価であり、且つそれらの故障率を考慮しなければならない。一方、従来のように棒状の気中保護ギャップとの絶縁協調が考えられるが、棒ギャップはフラッシュオーバー電圧の時間の立上りが大きいいため保護範囲が狭い欠点がある。これを改善するため、新しくリングロッドギャップが開発されている。既に複合開閉器をはじめガス絶縁開閉装置との協調試験で、フラッシュオーバー時間3μsまでの絶縁協調が確認されている。

図7は絶縁協調の保護範囲を示したものであるが、更に保護範囲を広げるため機器の線路側に構造が簡単な保護装置の開発が検討されている。なお、特に機器のインパルスに対する絶縁特性を改善するため、構造が簡単で経済的なガスブッシングを開発した。

(2) 耐塩害特性

漏洩距離が比較的自由に選定できるガスブッシングの採用により、既に0.03~0.06mg/cm²の耐汚損特性のブッシングが開発され系列化されている。

(3) 開閉器

(a) シャ断器

シャ断器は、動作原理及び構造が簡単なパuffa形2サイクルシャ断器を採用している。従来形の二重圧力形ガスシャ断器に比べ、ガスコンプレッサ、液化防止用ヒータなどの補機が不要であり、補助電源設備が簡略化できる利点をもっている。なお本シャ断器は300kV、50kA、2サイクルシャ断器のユニットを4点構成にしたもので、部品の共用化が図られ二重圧力形ガスシャ断器に比較して部品点数が半減されている。

(b) 接地開閉器

線路用の接地開閉器は、線路接地時の誘導電流シャ断能力が要求されるが、本器は線路長200kmに相当する誘導電流シャ断能力(50,000V、400A)をもっている。

(4) 機器の大電流化

系統容量の増大から、将来定格電流8,000~12,000Aの機器が要求されるが、これに対処するため、シャ断器、断路器、母線ブッシングなどの機器の8,000Aシリーズをいずれも自冷式により開発、系列化している。

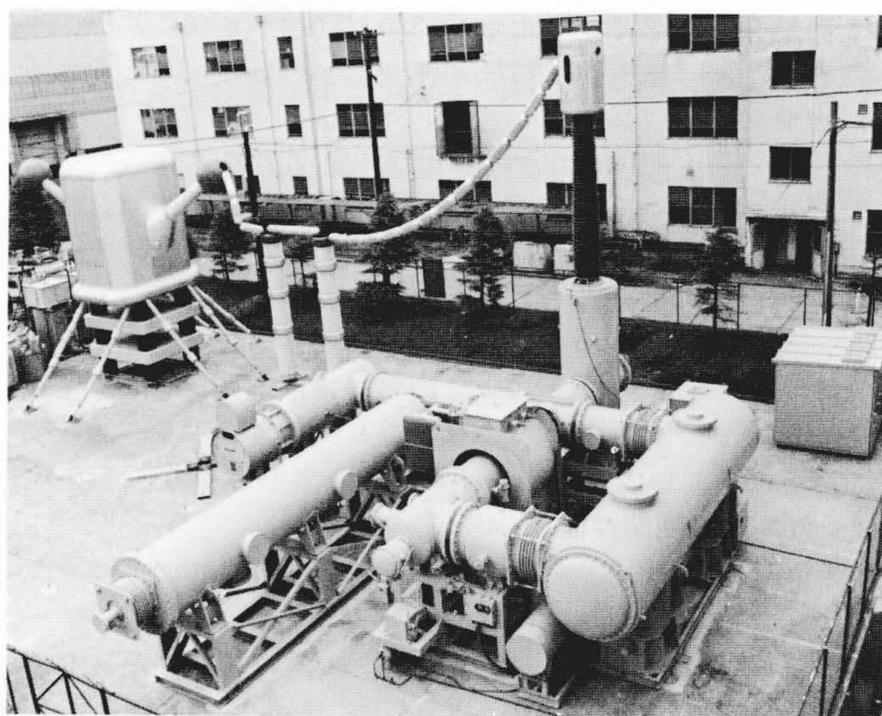


図8 長期課電通電試験中の500kVガス絶縁開閉装置 課電電圧413kV($\frac{550}{\sqrt{3}} \times 1.3$)、通電電流4,800A(4,000×1.2)で、昭和48年5月より約2年間各種の実用性能検証試験を実施した。

(5) 耐震性能

500kV機器になると大形化するだけでなく、従来の積上げ方式による立体配置では母線の高さが7m以上にもなり、これらを支持する架台も大形化し、耐震設計上好ましくない。このため、機器の高さを低くし母線を支える架台を省略した平面直線配置構成を採用しているため、0.3G3波共振には容易に対処できることを確認している。

(6) 保守点検

(a) シャ断器にはパuffa形を採用しているので、コンタクトの点検交換が容易であるだけでなく、シャ断部に高圧吹付弁がないためそれらのパッキンの交換が不要になる利点がある。またパuffa形ガスシャ断器は、既にはほぼ6年間以上無点検の実績が出ているが、更に実績を積み上げれば、SF₆ガスが充填されている部分は少なくとも10年以上の無点検が期待でき、保守の省力化が推進できる。

(b) 機器の高さが低く、各部とも点検スペースが十分とれるよう配慮されているので、点検が容易である。

(c) シャ断器及び複合開閉器の内蔵部品には、一切油入、又は油含浸の部品を使用していないので、油漏れの危険がなく点検が不要である。

(7) 機器の信頼性試験

ガス絶縁開閉装置を構成する各機器は、工場内で定格電圧の130%、及び定格電流の120%の過酷条件で長期課電試験を行なうことにより絶縁、熱的、機械的などの各方面からの実用性能が検証されている(図8参照)。同時に、既に1,000台以上のガスシャ断器及びガス絶縁開閉装置のフィールドデータが500kVガス絶縁開閉装置の設計、製作にフィードバックされ、信頼性の向上に寄与している。

5 結 言

以上、500kVガス絶縁開閉装置の平面直線配置構成を中心に述べたが、これらの方式によって、母線、断路器などの標準化が推進され、且つ信頼性の向上が期待できよう。なお変電所の建設に当たっては、その規模が大きいため機器の輸送及び現地据付期間の短縮が重要な課題となる。