

SF₆ガスしゃ断器収納メタルクラッド配電盤

Medium Voltage Metal-Clad Switchgear with SF₆ Gas Circuit Breaker

近年、20～30kV級配電用変電所に使用される電気機器に対する小形化、オイルレス化の要求は著しい。

日立製作所ではこの要求に応ずるため、SF₆ガスしゃ断器を収納したコンパクトなメタルクラッド配電盤を開発した。このメタルクラッド配電盤は、構造が簡素であること、保守が簡便で安全性・信頼性の高いことを特長とし、近代的で経済的な変電所設計に適したものである。

SF₆ガスしゃ断器は既に各用途に多数使用され、高い実用価値を認められており、将来その適用範囲は、ますます拡大されるものと確信される。

吉川 功* *Yoshikawa Isao*

岩本清文* *Iwamoto Kiyofumi*

1 緒 言

都市及びその周辺地域での電力需要集中化の傾向は著しく、変電所建設時には用地確保、公害対策及び建設費の高騰が問題となっている。都市部に建設される変電所は、機器の縮小化及びレイアウトの合理化により据付スペースを最小にした設計としなければならない。更に、防災対策、騒音防止、保守の省力化及び環境調和に対しても考慮を払わなければならない。

これらの問題を解決するため、22/33kV SF₆ガスしゃ断器収納メタルクラッド配電盤を開発し、定格電流3,000A、しゃ断電流40kAまでを系列化した。このメタルクラッド配電盤に収納されているガスしゃ断器(以下、GCBと略す)は、66～500kV級で永年の製作経験と納入実績をもつ単一圧力パuffa形GCBの技術を適用して開発されたものである。

GCBは油なし、低サージ及び低騒音の特長に加えて、充電部が完全に接地タンクで覆われているため、操作及び取扱いは安全かつ容易である。

パuffa形しゃ断部は多頻度の動作に耐えるよう簡素な構造となっており、長期間のメンテナンスフリーを可能としている。

日立製作所は1969年、77kVガス絶縁変電所用にパuffa形GCBを製作・納入して以来、定格電圧24～500kV、定格電

流600～8,000A、しゃ断電流20～63kAまでのパuffa形GCBを2,000台以上納入しており、20～30kV GCB収納メタルクラッド配電盤は既に150台以上の納入実績をもっている。図1に33kV屋外形GCB収納メタルクラッドの列盤写真を示す。

本稿では、主として33kV、25kA GCB収納メタルクラッド配電盤の特長、構造及び試験結果について紹介する。

2 特 長

(1) 構造が簡単で小形である。

しゃ断器はしゃ断部を接地タンクに収納したユニット構造となっており、小形軽量である。しゃ断部は原理と構造の簡単な単一圧力パuffa方式を採用している。また、メタルクラッド配電盤筐体はモノコック構造とし、充電部は合理的な複合絶縁を施すことによって寸法を縮小している。

(2) 安全である。

接地タンク形であるため、充電部に触れる危険がなく、安全に操作できる。また接地タンクは密閉されているので、しゃ断部は汚損の影響を受けないので安定した性能を発揮することができる。

母線室は隣接盤との間に壁貫きブッシングを使用し、内部

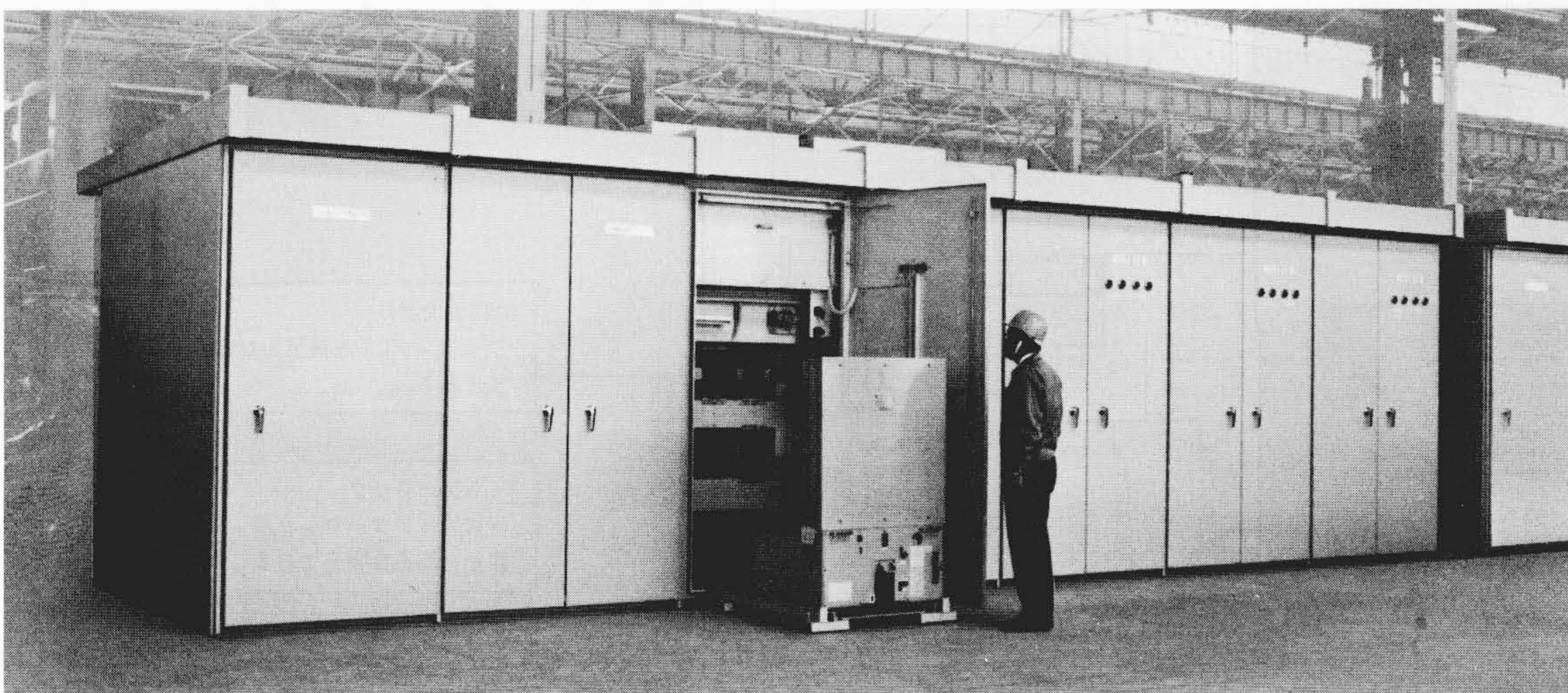


図1 33kV GCB収納屋外形メタルクラッド配電盤 GCBはオイルレス、サージレス及び低騒音の利点に加えて、取扱い及び操作が安全かつ容易なことが特長である。

* 日立製作所国分工場

事故が隣接盤へ波及するのを防止する構造となっている。
しゃ断器の出し入れ機構と操作機構には機械的インターロックが設けられており、誤操作・誤動作を防止して、安全に操作・運転ができる。

(3) ブッシング形変流器を使用している。
ブッシング形変流器を断路部に取り付けた合理的な構造であるため、メタルクラッド配電盤が小形化された。

(4) 火災・騒音がない。
SF₆ガスは不燃不活性であるため、火災の危険がなく安全である。ガスの汜過や再精製は必要ない。

パuffers形GCBは動作時にガスを排出しないので、動作音は非常に小さい。
(5) しゃ断性能が優れている。
短絡電流、小電流に対して優れたしゃ断性能をもっている。変圧器励磁電流、電動機無負荷開閉などの遅れ電流しゃ断の場合でも有害な異常電圧は発生しない。

(6) 保守・点検が省力化されている。
部品点数が少なく保守・点検が容易であること、点検周期が長いことにより保守・点検費用を節減することができる。

3 定 格

表1にこのGCB収納メタルクラッド配電盤の定格を示す。
同表に示すように、このメタルクラッド配電盤は22kVシリーズと33kVシリーズがあり、主要な部品は共通に使用できるよう標準化されている。
また、特殊仕様や特殊環境条件に対しても要求に応じられるよう種々のオプションが用意されている。

4 構 造

4.1 メタルクラッド配電盤の構造

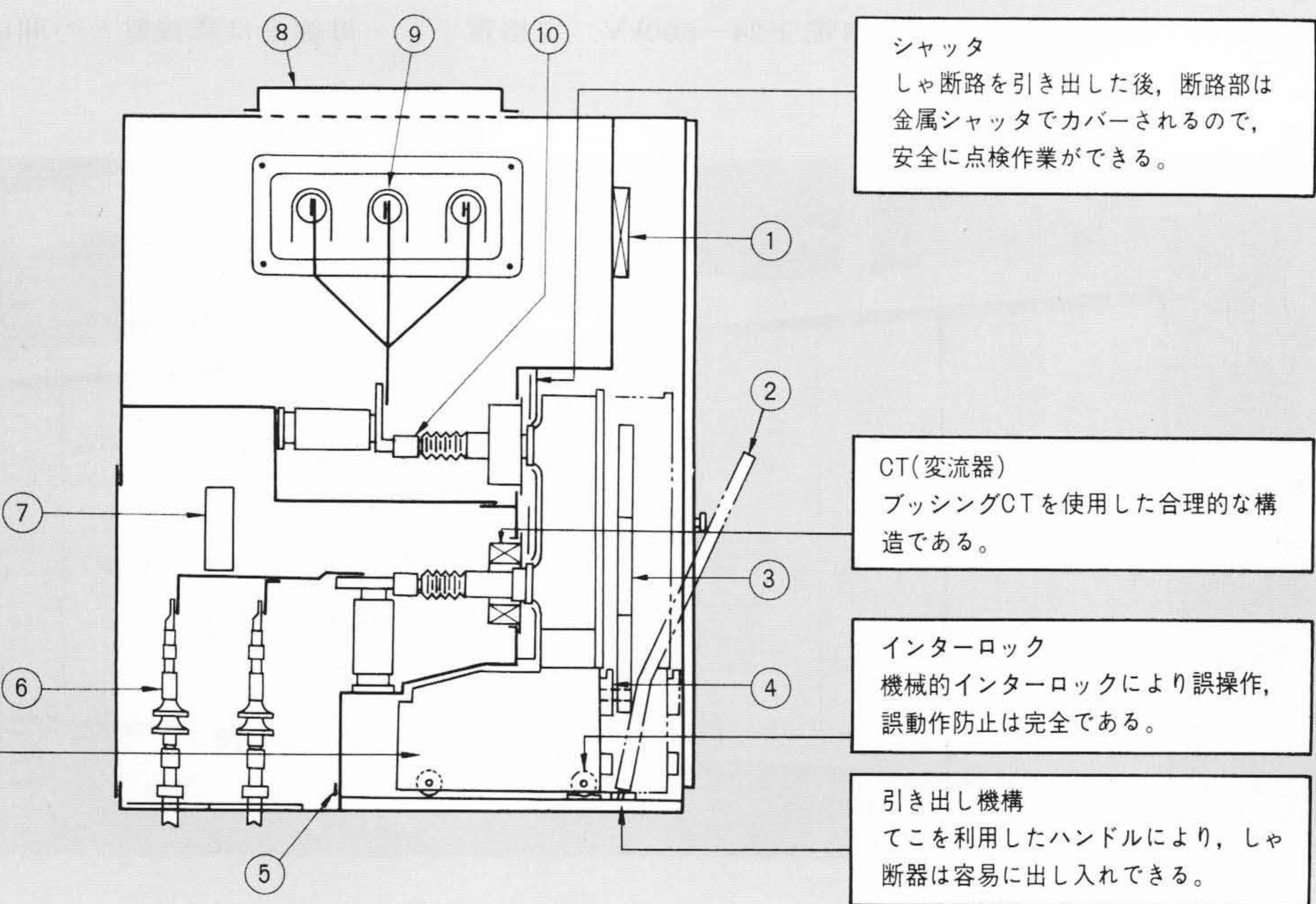
メタルクラッド配電盤は図2に示すように、しゃ断器室、母線室、ケーブル室及び低圧制御室が隔壁によって区分され、隣接盤との間にも隔壁が設けられている。

表1 GCB収納メタルクラッド配電盤の定格 しゃ断電流40kAまで系列化されており、バックパワーの大きいプラントに適用できる。

項 目	仕 様			
定 格 電 圧 (kV)	22		33	
メタルクラッド配電盤形式	HB20FF-25FA	HB20FF-40PA	HB30FF-25FA	HB30FF-40PA
しゃ断器形式	FPTM-20□-25FA*	FPTM-30W-40PA	FPTM-20□-25FA*	FPTM-30W-40PA
定 格 周 波 数 (Hz)	50/60		50/60	
定 格 電 流 (A)	600, 1,200, 2,000, 2,400	3,000	600, 1,200, 2,000, 2,400	3,000
定 格 母 線 電 流 (A)	600, 1,200, 2,000, 2,400	3,000	600, 1,200, 2,000, 2,400	3,000
定 格 しゃ断電流 (kA)	25(at24kV)	40(at24kV)	25(at36kV)	40(at36kV)
定 格 短 時 間 電 流 (kA)	25(2s)	40(2s)	25(2s)	40(2s)
定 格 投 入 電 流 (kA)	63(peak)	100(peak)	63(peak)	100(peak)
定 格 耐 電 圧 (kV)	衝 撃		170	
	商用周波		75	
定 格 開 極 時 間 (ms)	50	40	50	40
定 格 しゃ断時間 (s)	5		5	
定 格 投 入 時 間 (s)	0.15		0.15	
定 格 投 入 制 御 電 圧 (V)	DC100/110/125		DC100/110/125	
定 格 引 外 し 制 御 電 圧 (V)	DC100/110/125		DC100/110/125	
定 格 ガ ス 圧 力 (kg/cm ²)	4		4	
鎖 錠 圧 力 (kg/cm ²)	3		3	
動 作 責 務	CO-15秒-CO O-3分-CO-3分-CO		CO-15秒-CO CO-3分-CO-3分-CO	
適用規格	メタルクラッド配電盤		JEM1153(IEC298)	
	しゃ断器		JEC181(IEC56)	

注：* 定格電流値が下記のアルファベットで示される。
F=600A, L=1,200A, T=2,000A, V=2,400A

項 番	名 称
①	制御母線
②	出し入れハンドル
③	端子台
④	二次プラグ
⑤	接地母線
⑥	ケーブルヘッド
⑦	支持がい子
⑧	ベンチレータ
⑨	母線
⑩	断路部



SF₆ガスしゃ断器
小形・軽量で、充電部は接地金属で覆われているので、操作が安全かつ容易である。

図2 メタルクラッド配電盤の構造 シンプルな構造であるため、取扱い及び操作が安全かつ容易である。

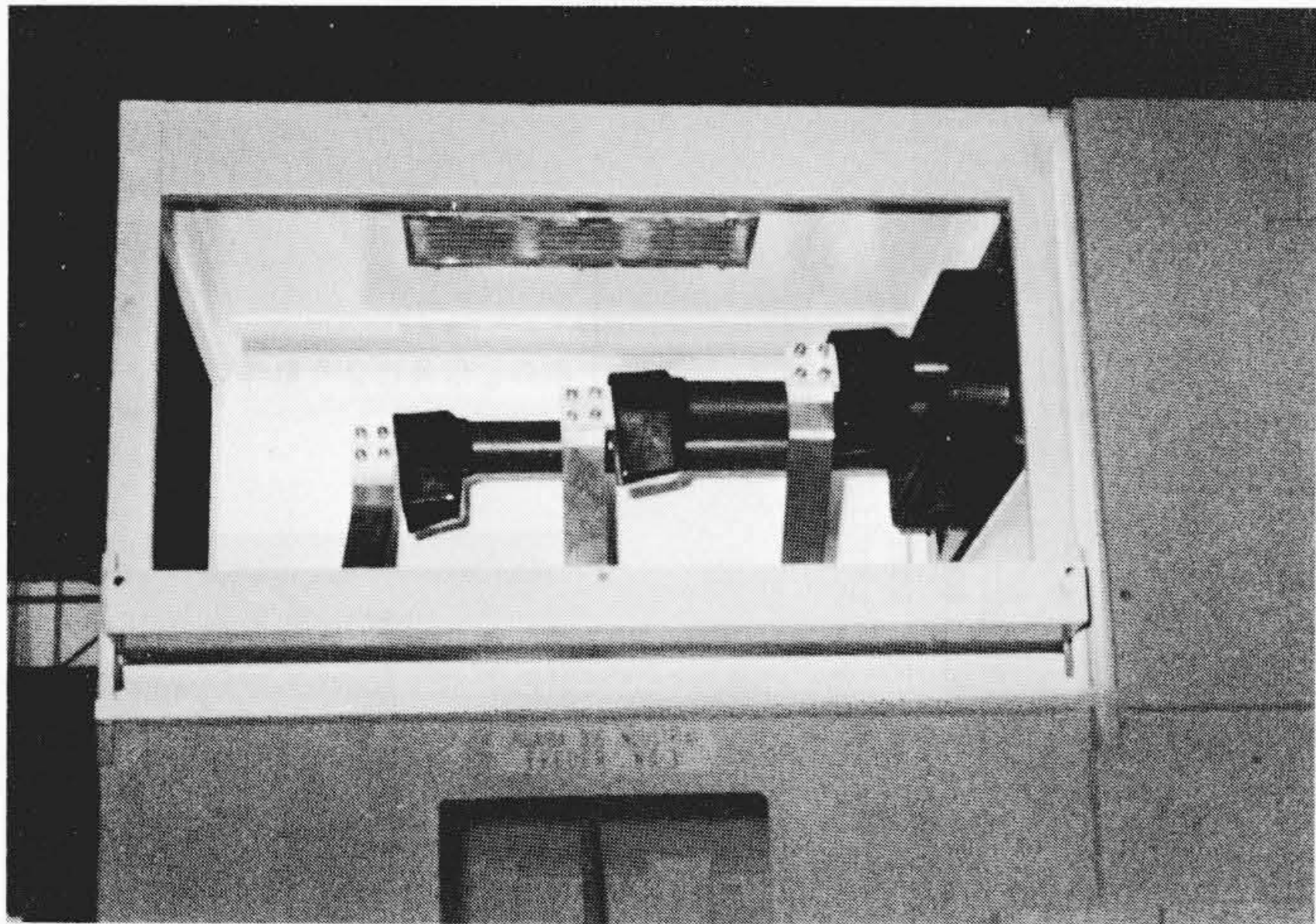
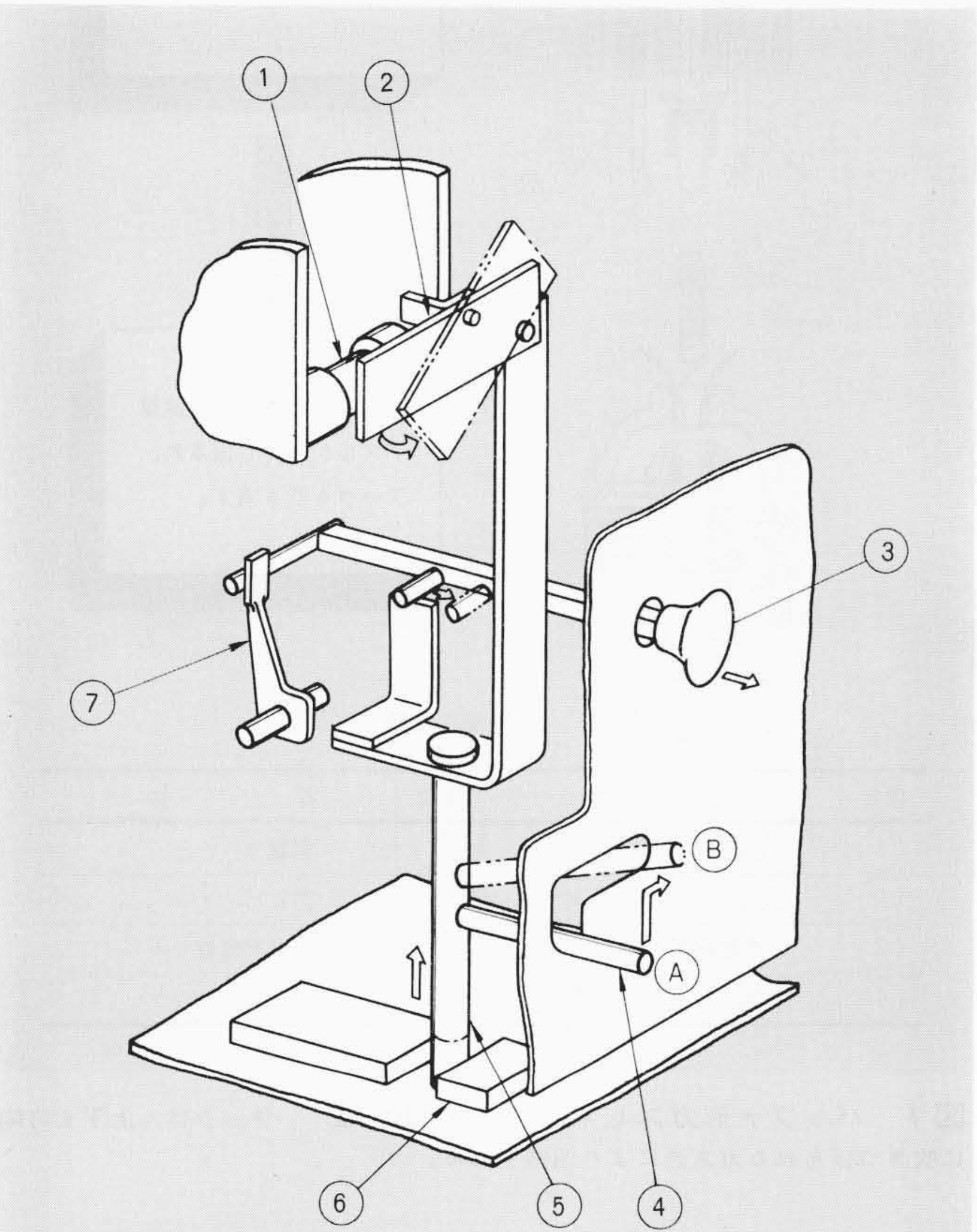


図3 母線の構造 絶縁物と空間距離による複合絶縁であるため、絶縁物の劣化によるブレイクダウンの心配がない。



説明部及び項番	説明及び名称
(A)	運転位置又は断路位置でしゃ断器を固定
(B)	しゃ断器トリップフリー位置
(1)	出し入れハンドル係合金具
(2)	出し入れハンドル挿入防止シャッタ
(3)	引外しボタン
(4)	インターロックレバー
(5)	インターロックロッド
(6)	インターロックガイド
(7)	トリップ用フックレバー

図4 インターロック機構 しゃ断器が引外し状態でなければ出し入れ操作はできない。

るいは導体相互間の空間絶縁距離は、常規運転電圧に耐えるよう設計されており、万一絶縁被覆に損傷が生じた場合でも安全に運転を継続できるので信頼性が高い。

母線はメタルクラッド配電盤盤幅と同じ長さに分割され、隣接盤間の壁貫きブッシングにより支持されている。各盤の母線は分岐部分で接続され、絶縁カバーにより被覆される。

図3に母線及び分岐導体を示す。

(2) インターロック

G C Bの挿入・引出し操作は、ステッキ形ハンドルにより行なうが、G C Bの挿入・引出し操作と連動して次に述べるようなインターロックが設けられている。図4にG C Bのインターロック機構を示す。

- (a) しゃ断器が「開」の状態であれば、挿入・引出し操作はできない。
- (b) しゃ断器は正規の運転位置又は断路位置にあるときだけ投入・引外し操作が可能である。
- (c) 中間の位置ではしゃ断器を投入することはできない。

(3) 断路部及びシャッタ

断路部端子は母線分岐導体の下端とケーブル接続端に支持がい子により固定されている。

しゃ断器室との間の隔壁にはG C Bのブッシングが貫通する6個の開口部があり、ここに各相のブッシング形変流器(以下、B C Tと略す)が設置される構造となっている。しゃ断器を引き出したあとは、断路部開口部は金属シャッタにより自動的にしゃへいされる。図5は閉鎖状態のシャッタを示す。

(4) B C T

シングルコアB C T又はダブルコアB C Tがシャッタの後

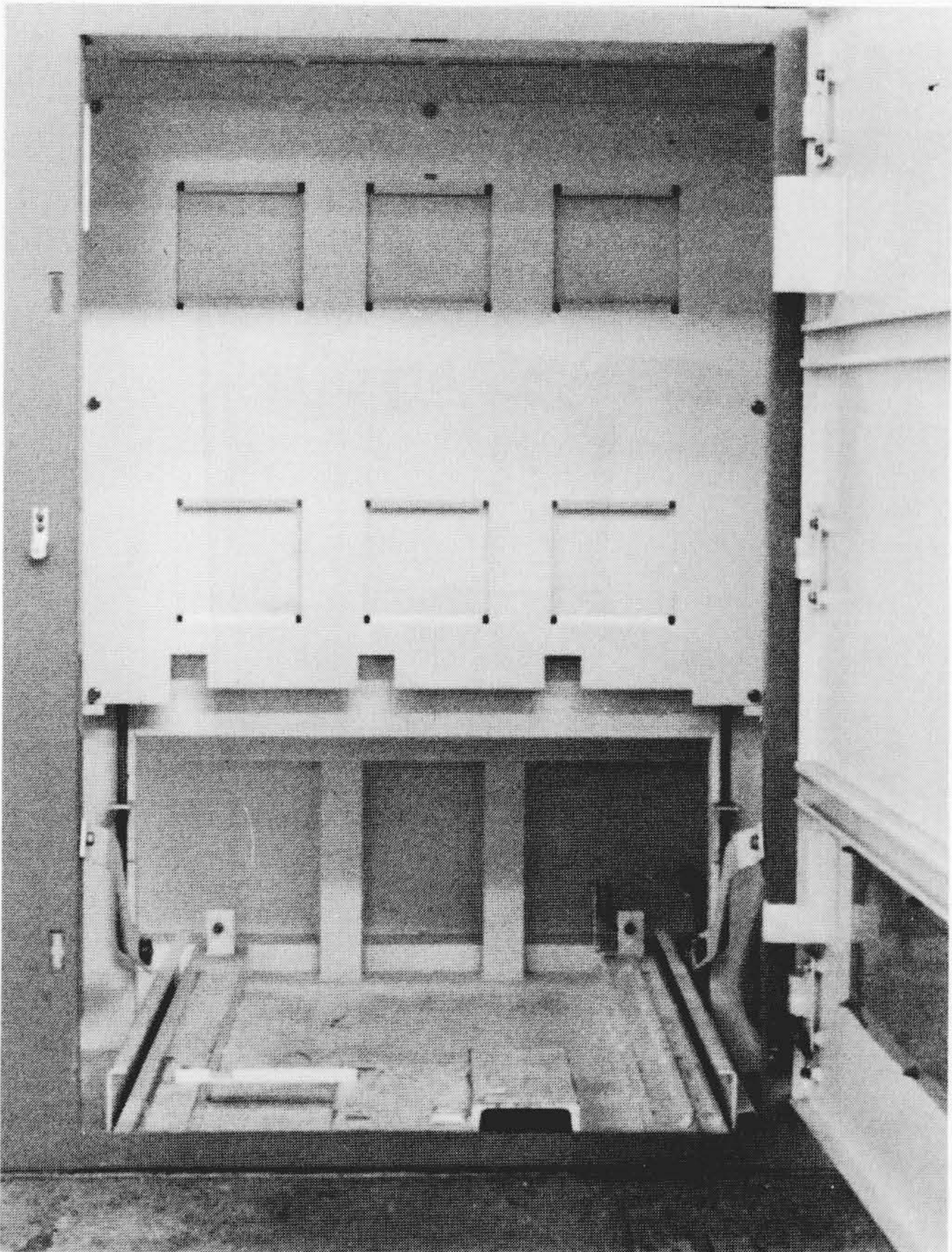


図5 金属性シャッタ シャッタは接地金属であるため、安全に保守点検ができる。

部に取り付けられる。BCTは母線側，ケーブル側いずれにも取付けが可能であり，しゃ断器室から交換が可能である。

このメタルクラッド配電盤に使用されるBCTシリーズは，短時間電流40kAで100/5Aの低レシオまで製作可能であり，小容量負荷にも対処できるのが特長である。

(5) 低圧制御室

制御室はしゃ断器室の前面上部にあり，保護継電器，計器及びその他の制御器具を収納している。

制御回路の外部引出し端子台は，メタルクラッド配電盤の前部右側面に配置されている。

4.2 GCB

(1) しゃ断原理

図6にGCBの外観を，図7に日立製作所が開発した同期軸方向吹付方式による消弧原理を示す。

しゃ断部は圧力4kg/cm²のSF₆ガスを充填したタンク内にあり，パッファシリンダ内のガス圧力も投入状態ではタンク内と同一となっている。

パッファシリンダが下方へ動き始めると，シリンダ内のガスはピストンにより圧縮される。動作の初期では，ガスはノズルから逃げ出せないで，ガス圧は急激に高まる。

接点が開離するとガスはアークに作用しながらまずシャフト内を流れて下方へ流れる。固定接触子がノズルから抜け出ると，ガスはノズルを流れてアークに作用しながら上方へも流れる。この間にもシリンダは下方へ動き続けるのでシリンダ内の圧力は更に高くなり，常規圧力の2～3倍に達する。

このように，SF₆ガスは上下2方向に流れ，固定接触子と可動接触子間に発生したアークを吹き消して消弧する。消弧後もシリンダは全ストロークまで動作を続けるので，残ったガスの流れによってタンク内のガスは正常に戻り，極間耐圧は回復する。

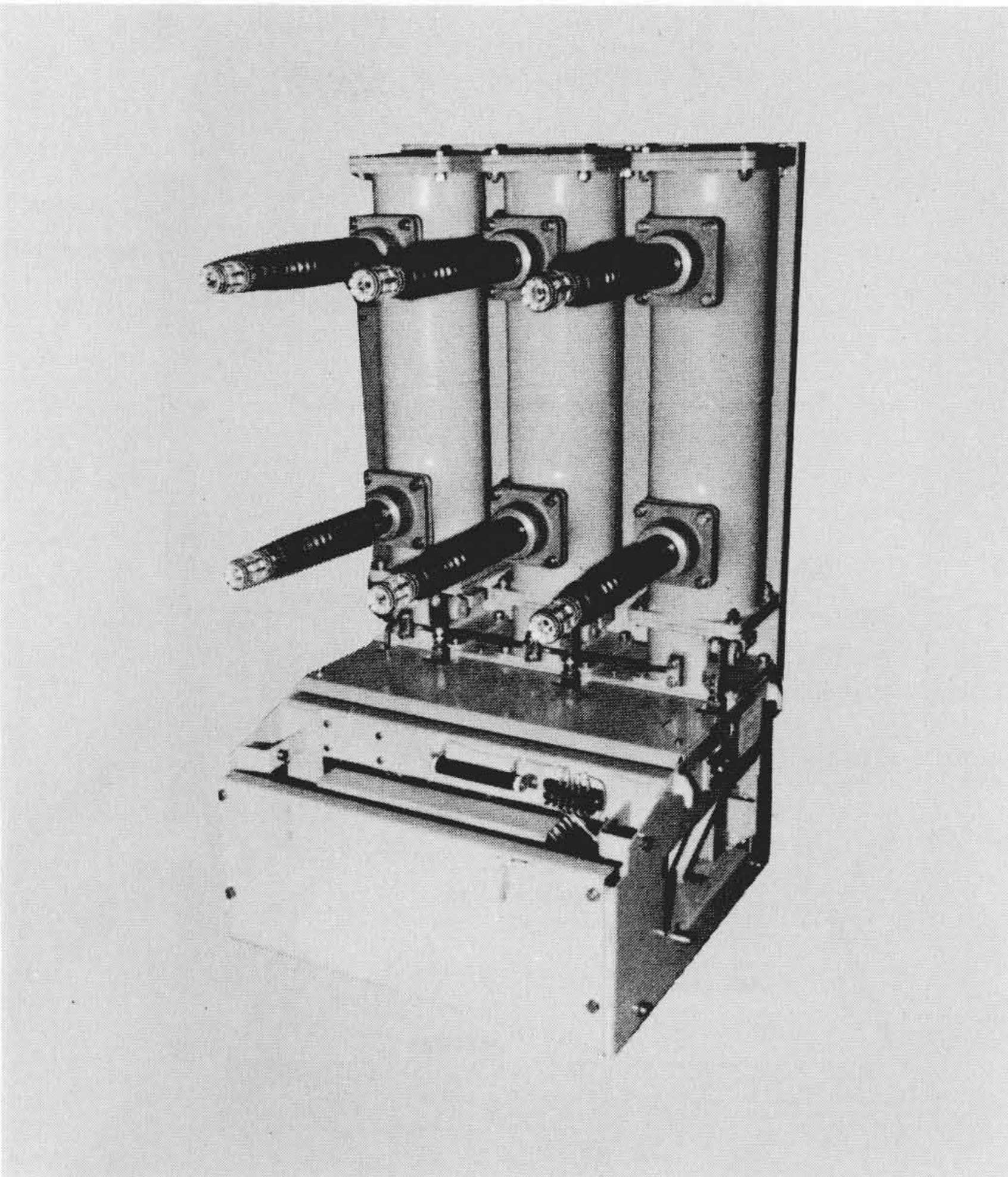


図6 FPTM形ガスしゃ断器の外観 接地金属タンク形なので，取扱い・操作が安全である。

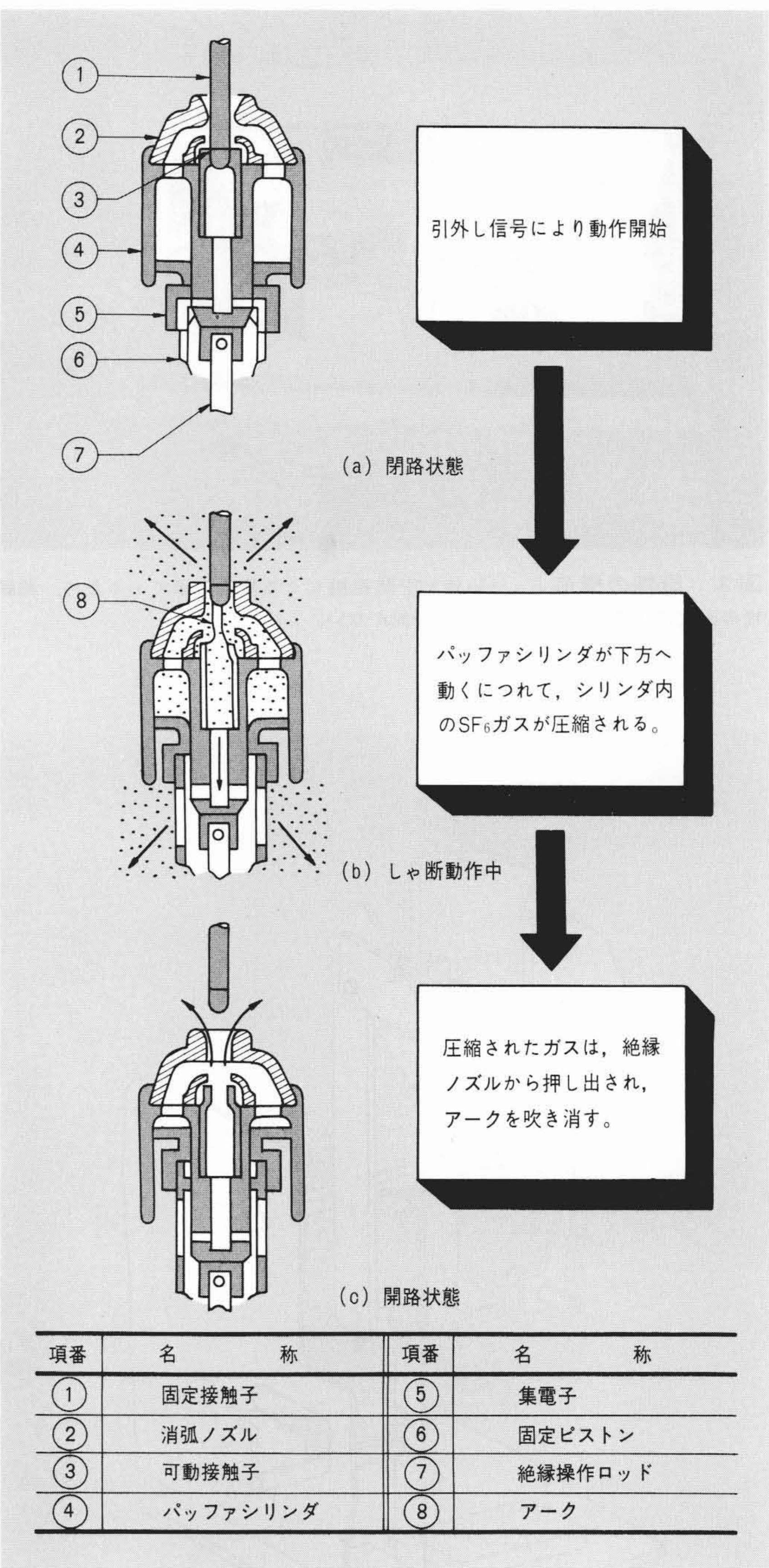


図7 パッファ形ガスしゃ断器の消弧原理 アークは，上下2方向に吹きつけられるガス流により消弧される。

(2) GCBの構造

GCBは，パッファ形しゃ断部を収納した3組みの接地金属タンクと3組みのしゃ断部とを一括操作する操作機構によって構成されている。

図8にGCBの内部構造を示す。

ブッシングはエポキシ注型品であるが，36kV用はコンデンサ形となっている。

しゃ断部は，固定接触子，消弧ノズル，可動接触子，パッファシリンダ，固定ピストン，集電子及び操作ロッドによって構成されている。

固定接触子は，タンクの上蓋に固定された支持がい子に取り付けられており，上部ブッシングとはチューリップ形接触子によって結合されている。固定接触子以外は下部の支持が

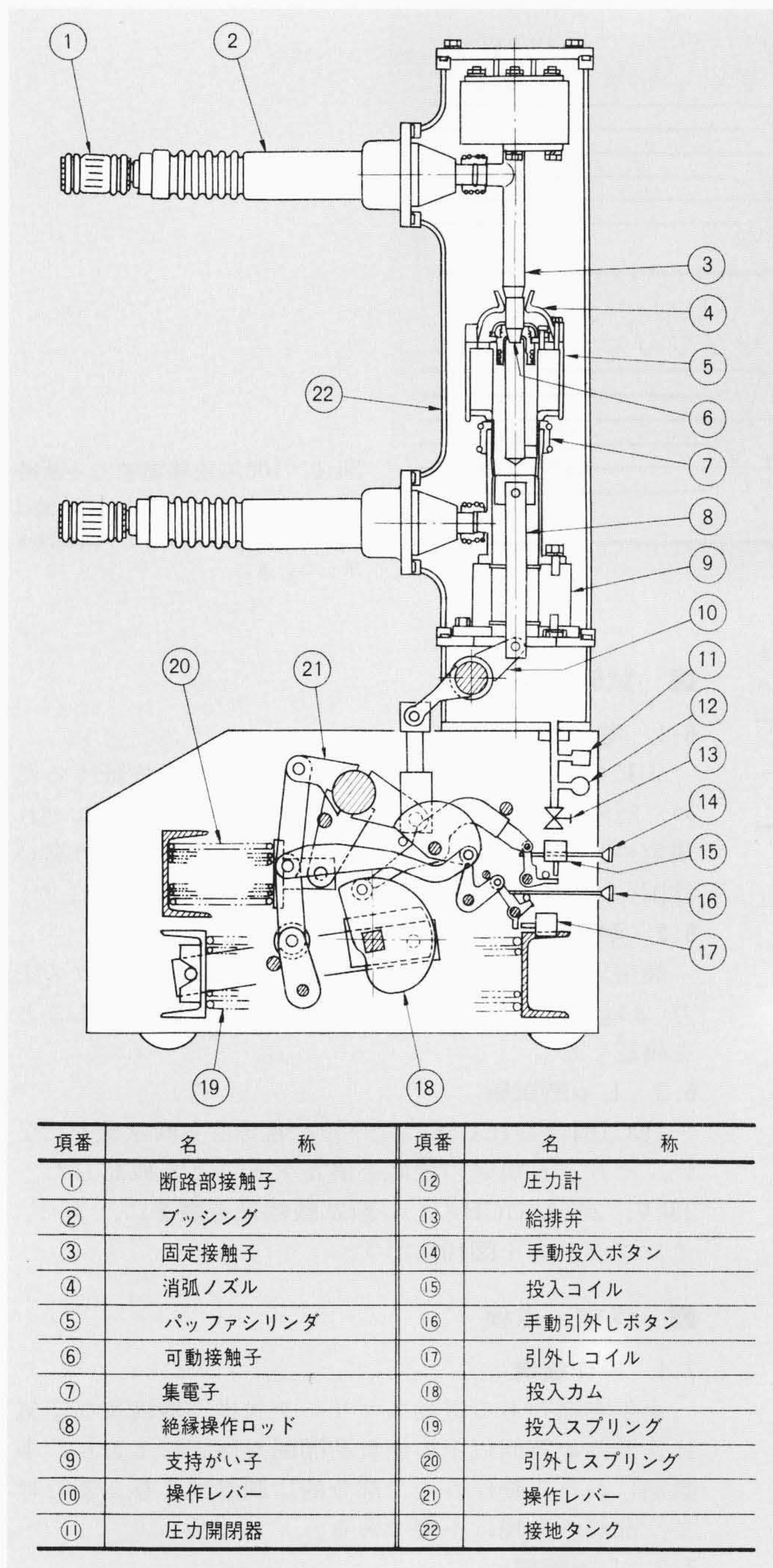


図8 ガスしゃ断器の構造 スプリング投入式操作器をしゃ断部タンクの下に配置して、奥行寸法を縮小した。

い子に取り付けられており、固定ピストンと下部ブッシングとはチューリップ形接触子によって結合されている。

絶縁物の操作ロッドは、リンクを介して操作機構に連結しているが、操作レバー軸がタンクを貫通する部分にはOリングを二重に使用してガス漏れ防止に対する信頼性を高めている。

操作機構は、しゃ断電流25kA GCBが電動スプリング式操作器を採用し、40kA GCBは投入力を向上させるため空気操作器を採用している。いずれも操作器はタンクの下に配置されている。

操作機構には、前述したように機械的インターロックが施されている。

また、GCBにはジャッキトラバーサが付属しているので、GCBを盤外で移動するときや、狭い場所でしゃ断器を方向

転換させるのに便利である。

(3) ガス圧力の監視

SF₆ガスは、しゃ断器操作器前面の圧力計により3組みを共通して監視されており、ガスゲージ圧力が3 kg/cm²以下に低下すると、圧力開閉器が動作して投入回路、引外し回路を電氣的に鎖錠すると同時に警報回路を励磁するので、ガス圧力が低下した状態でしゃ断器が動作する危険はない。

製作中のガス漏れの管理については、高感度のSF₆ガス漏れ検出器を使用して、組立前には部品単体の気密試験を行ない、組立後には蓄積法などにより十分な気密性を確認している。

これらの方法は、長期間の課電暴露試験の結果により効果が実証されているもので、これらの試験を経て出荷されたものは、6年間メンテナンスフリーである。

5 適用

図9は、33kV、25kA GCB収納メタルクラッド配電盤を使用した変電設備の例で、単母線式と二重母線式の両者について、各々従来のメタルクラッド配電盤と寸法を比較して示したものである。

据付床面積は、二重母線式の場合82%に低減され、単母線式では77%に低減されている。

メタルクラッド配電盤の寸法を縮小化し、コンパクトに設計することは、変電所建屋の建築費を節減するだけでなく、輸送費、据付費、更には軽快かつ容易な操作性と相まって、保守・点検の費用をも節減し、結果として変電所全体の建設費を最小に抑えることができる。

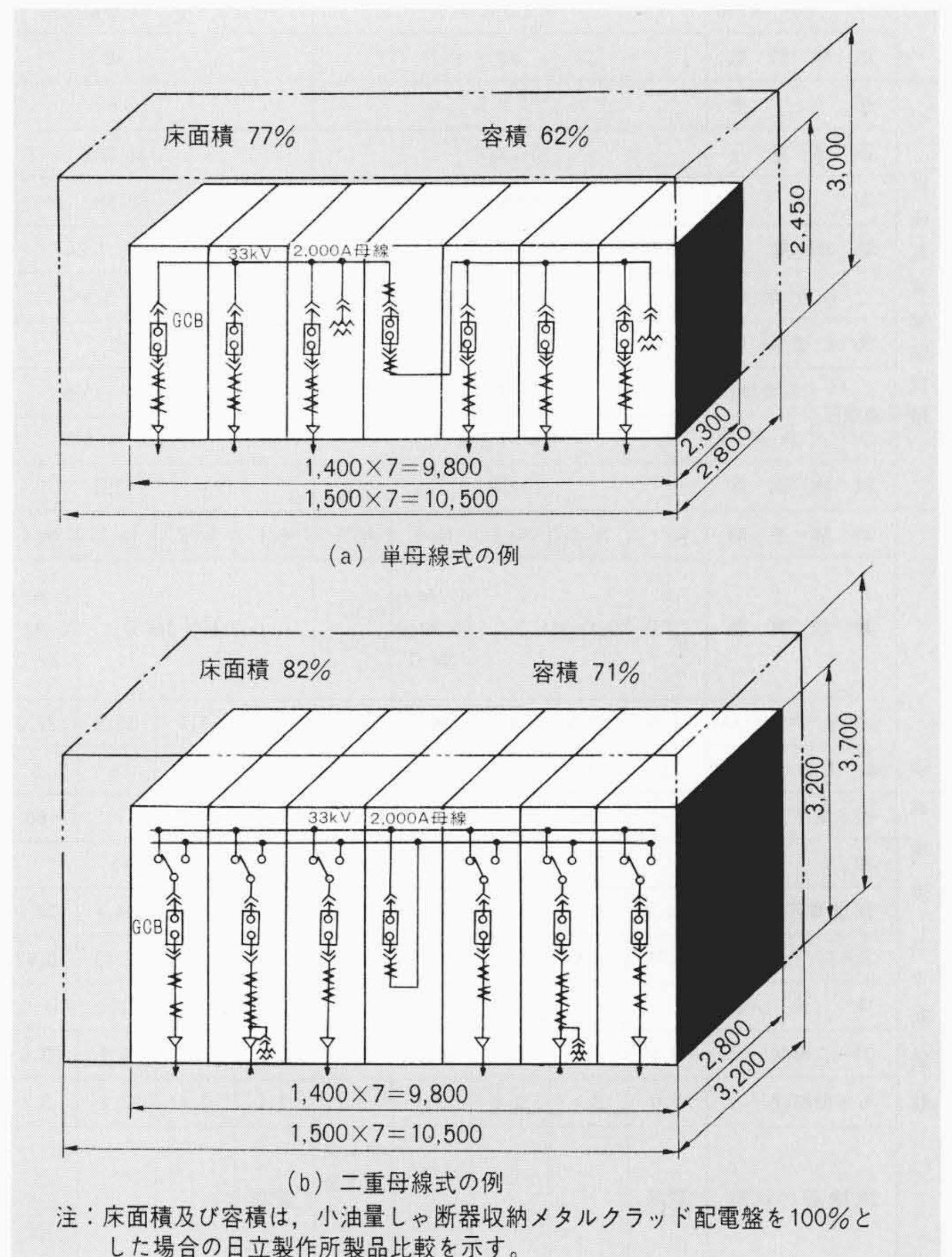


図9 適用例[(a)単母線式の例、(b)二重母線式の例] 盤を小形化することは、変電所用地、建屋の経費節減に効果大きい。

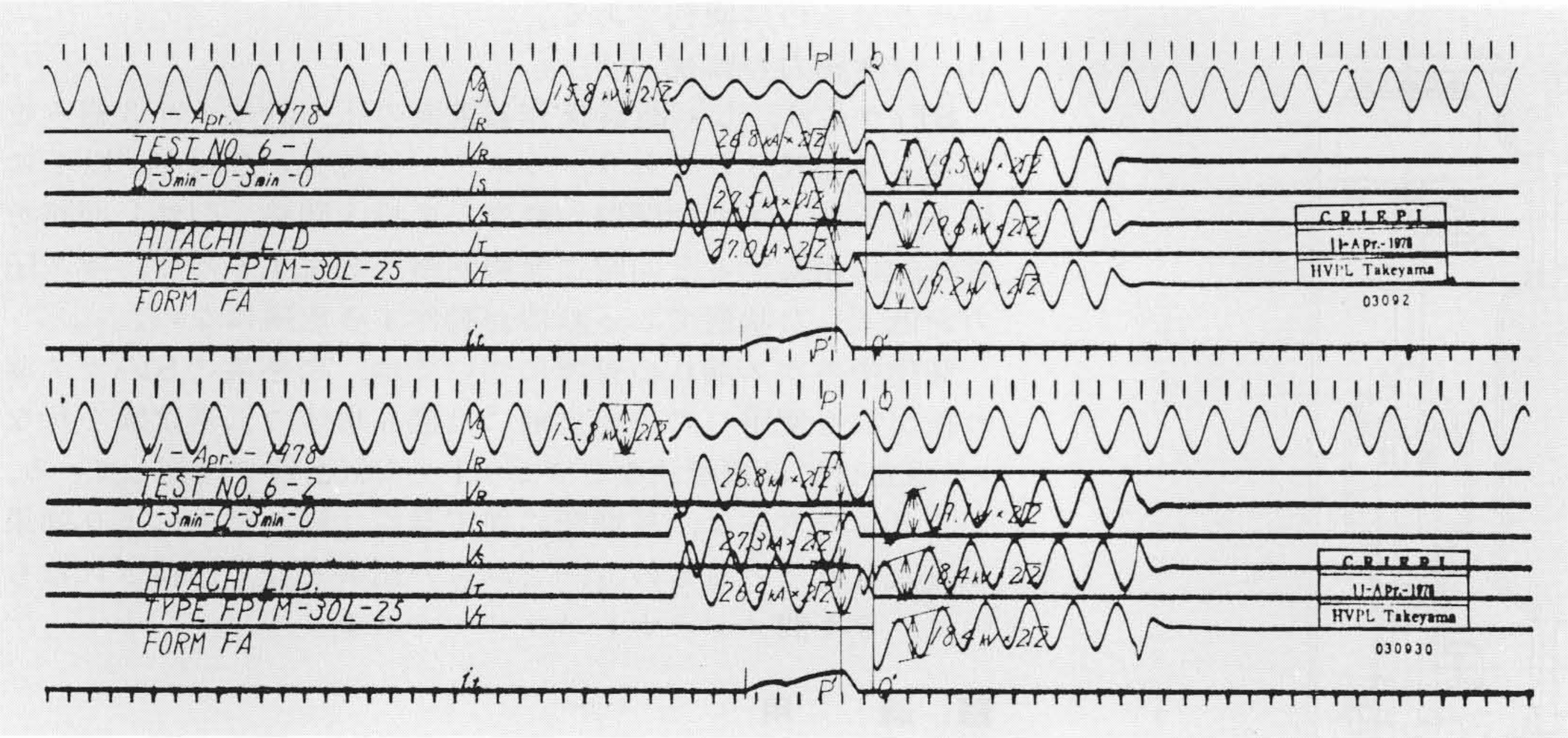


図10 100%短絡電流しゃ断時のオシログラム しゃ断時間は3サイクルで安定したしゃ断特性を示している。

表2 36kV, 25kA FPTM形ガスしゃ断器の試験結果 小電流から大電流まで、全領域で安定したしゃ断性能を示している。36kV 1,200A 25kA, 36kV 2,000A 25kA

試験項目		試験結果										
		36kV 1,200A GCB					36kV 2,000A GCB					
充電電流開閉試験	相数		1					1				
	回復電圧		27kV					27kV				
	周波数		62.5Hz					62.5Hz				
	充電電流		50A, 15A					50A, 15A				
	しゃ断時間		3.2～3.6 $\sim$					3.2～3.7 $\sim$				
	再点弧回数		0					0				
	過電圧	発電機側	1.0～1.3倍					1.0～1.35倍				
		負荷側	1.0倍					1.0倍				
試験回数		12					12					
励磁電流開閉試験	相数		1					1				
	回復電圧		31.5kV					31.5kV				
	周波数		62.5Hz					62.5Hz				
	励磁電流		12A, 3.6A					24A, 7.2A				
	しゃ断時間		3.3～3.8 $\sim$					3.3～3.9 $\sim$				
	再点弧回数		0					0				
	過電圧	発電機側	1.0～1.2倍					1.0～1.3倍				
		負荷側	1.0～1.5倍					1.0～1.6倍				
試験回数		12回					12回					
短絡電流しゃ断試験	試験手順		No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5
	動作責務		O-3M-O-3M-O			C-3M-C O-3M-O -3M-O	O-3M-O-3M-O	O-3M-O-3M-O			C-3M-C O-3M-O -3M-O	O-3M-O-3M-O
	しゃ断電流	対移値(kA)	2.5	7.3	14.5	26.9	26.5	2.5	7.5	15.5	27.2	26.5
		DC分(%)	3	4	5	5	32	4	4	5	5	30
	投入電流(kAp)		—	—	—	72	—	—	—	—	68	—
	相数		3					3				
	回復電圧(kV)		34.2	33.5	34.3	34.2	33.0	34.3	33.8	34.1	34.2	33.0
	R.R.R.V.(kV/ μ s)		0.74	1.30	1.43	0.67	0.67	0.74	1.30	1.43	0.67	0.67
	周波数		50Hz					50Hz				
	アーク時間($\sim$)		0.5	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6
	しゃ断時間($\sim$)		3.0	3.1	3.2	3.1	3.1	3.1	3.1	3.2	3.1	3.1
	試験前の状態		新品	—	—	—	コンタクト及びガス交換	新品	—	—	—	コンタクト及びガス交換
試験後の状態		点検せず			コンタクト溶損僅少		点検せず			コンタクト溶損僅少		

6 試験結果

6.1 電流通電試験

JEC, JEM及びIECの要求性能を検証するため、短時間電流試験、温度上昇試験を行ないそれぞれ規定の性能を満足することはもちろん、周囲温度の高い外国への輸出を考慮した温度上昇値の余裕も確認した。

6.2 耐電圧試験

商用周波耐電圧試験、衝撃耐電圧試験は最小ガス圧力(3 kg/cm²)で行ない規定の耐電圧値を満足することを確認した。

6.3 しゃ断試験

JEC181及びIEC56に従い短絡電流しゃ断試験を行ない、それぞれ規定の性能を満足することを確認した。33kV, 25kA GCBのしゃ断試験結果を表2に、また、オシログラムを図10に示す。

7 保守・点検

7.1 操作機構

永年実績のある電動スプリング式操作機構及び空気操作器は4万回以上の無負荷開閉を保証しており、多数回にわたる動作の後で部分的に潤滑油を与えるだけで、部品の交換は不要である。

7.2 しゃ断部

しゃ断部の分解点検は、定格電流開閉2,000回ごと又は定格しゃ断電流開閉10回ごとに行なうが、部品の交換は絶縁ノズル、可動接触子及び固定接触子だけであり、短時間かつ容易に行なうことができる。

通常の使用状態では、6年ごとに分解点検を行なえばよく、この間はメンテナンスフリーである。

SF₆ガスのガス漏れは年間1%以下であるが、ガスの量は定期的に点検することが望ましい。

8 結 言

GCBは小形で操作が安全かつ容易であること、保守・点検が省力化されることなどの利点に加えて、環境条件による影響を受けないため信頼性の高い運転が可能である。

既に国内外各地で信頼性の高い運転実績が認められているが、今後ますます10~30kV級の受変電設備へのGCBの適用が拡大されるものと期待されている。