

最近の開閉制御装置

Recent Aspects of Switchgear and Controlgear

開閉制御装置は、電力供給の開閉をつかさどる電力開閉装置から電動機を開閉制御する電磁接触器・始動器、更には信号授受に用いられる継電器まで非常に多岐にわたるが、ここでは主として一般産業用の代表的製品について述べる。

これらの開閉制御装置に対しても、光応用への対応やエレクトロニクス化のニーズは高く、小形・高信頼で経済性に富む機器・システムが要求されている。

このような要求に呼応して装置の小形化、高信頼化やメンテナンスフリー化などが推進されており、その成果としての縮小形ガス絶縁開閉装置、小形真空遮断器、光信号駆動電磁接触器、電子化監視制御装置などが実現し、好評を得ている。

石田真之助* *Shinnosuke Ishida*
伊東 将* *Susumu Itô*
石上 維宏* *Masahiro Ishigami*
清水 煌 策** *Kôzaku Shimizu*

1 緒 言

近年、制御の領域ではデジタル化や光応用が急速に進展しているが、開閉制御装置(Switchgear and Controlgear)の分野でも、66/77kV以上用遮断器のSF₆ガス絶縁化、22/33kV以下高压遮断器の真空遮断器化、電磁接触器の小形化、リレー類の電子化などが進み、その応用製品としての閉鎖配電盤やコンビネーションスタータなども多彩な展開を見せている。

一方、電動機応用の分野では可変電圧・可変周波数制御などによる速度制御が実用化しつつあるが、誘導電動機の滑りSは、一定トルクに対して二次抵抗 r_2 に比例して変化するという比例推移を最大限に利用した二次抵抗始動や、かご形誘導電動機の減電圧始動による定速運転もそれぞれのハードウェアの改善などにより広く用いられ、電動機応用の基盤を成している。

これからは、単なる高級化でなく、信頼性、保守性、省エネルギー性、経済性などのファクターを、導入目的に応じた優先順位でウェイトづけし、設備にとって最も適する形に組み合わせるべくことになるであろう。

以下、最近開発・改良された主な開閉制御装置とその応用製品の原理・構造及び特徴について紹介し、ユーザーの参考にする。

2 遮断器及び配電盤

一般産業に使用される遮断器には、66/77kV級、22/33kV級、6/3kV級及び低圧遮断器があり、従来、6/3kV以上の用途には油入式、空気(又は磁気)式が用いられてきたが、最近では、

- (1) 66/77kV以上……SF₆ガス遮断器
- (2) 22/33kV級……真空遮断器又はガス遮断器
- (3) 6/3kV級……真空遮断器

が多く採用されている(図1)。

SF₆ガスは優れた遮断性能に加えて、3～4気圧で絶縁油と同程度の絶縁能力をもっているため、ガス遮断器と断路器、接地開閉器、母線、避雷器などを接地された金属容器内のSF₆ガス中にまとめて収納したガス絶縁開閉装置が66/77kV以上で主流となってきている。

2.1 ガス絶縁開閉装置

特別高压以上の開閉装置に改革をもたらしたガス絶縁開閉

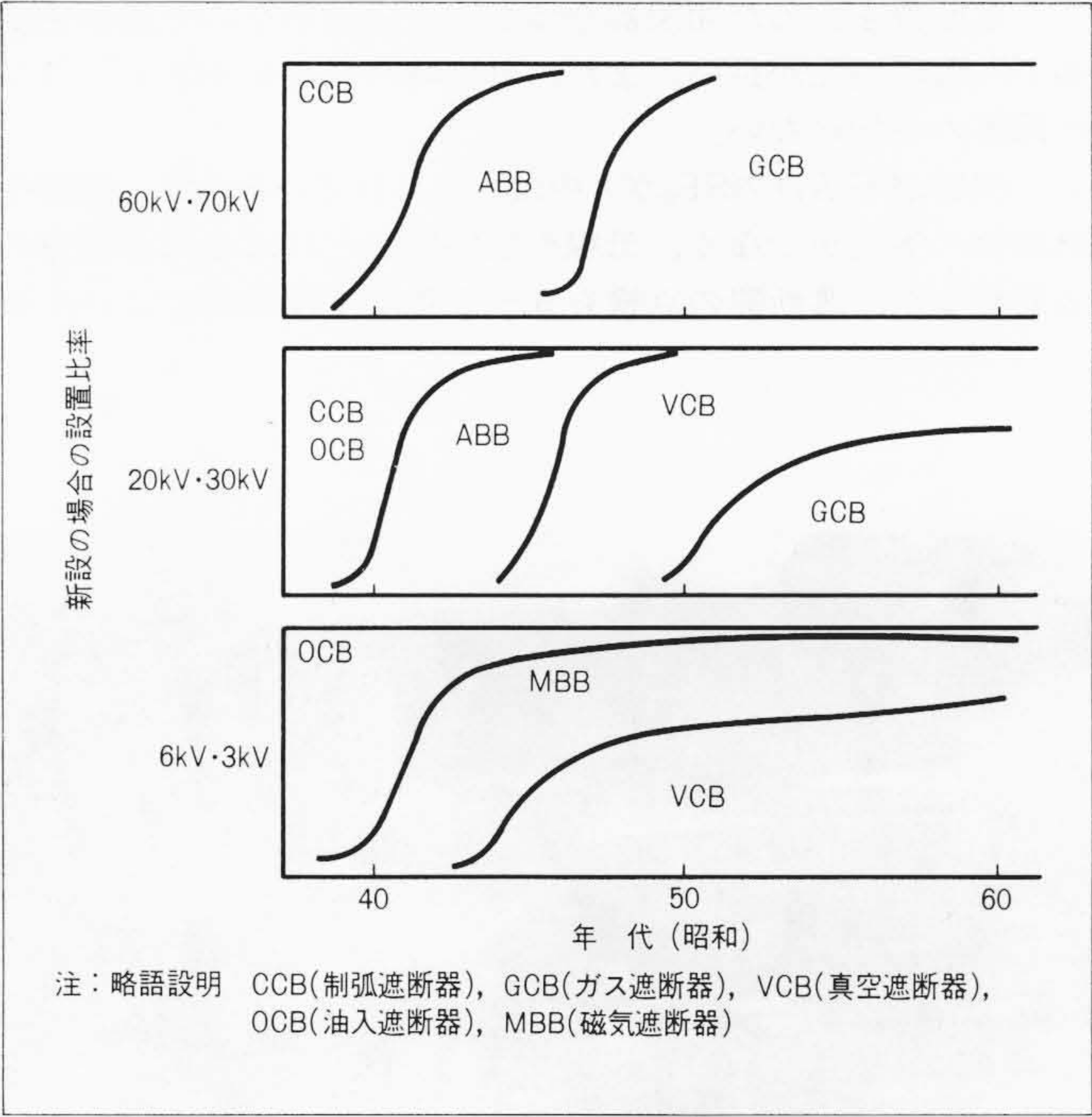


図1 各種遮断器の変遷 本図の縦軸は新設の場合の設置比率を示す。昭和40年代の後半から高压(6/3kV)以上の遮断器は急速にVCB化及びGCB(又はGIS)化が進んでいる。6/3kV級はVCBが、60/70kV級はGCBが過半を占めているが、20/30kVは両者が共存している様子が分かる。

装置は、その後、遮断器を含む機器や母線の三相分を一括して金属容器内に収納した三相一括形の実現により大幅に小形化されたが、このたび計器用変圧変流器用同軸母線の開発、構成機器の小形化により、画期的に小形で高信頼の縮小形ガス絶縁開閉装置が実現した。図2に計器用変圧変流器用同軸母線の開発によるガス絶縁開閉装置の縮小化の概要説明図を、図3に本装置を採用した縮小形ガス絶縁変電所の外観を示す。

この縮小形ガス絶縁開閉装置は、従来に比べてタンク長70%、据付面積83%、重量で90%に低減されているほか、

* 日立製作所国分工場 ** 日立製作所機電事業本部

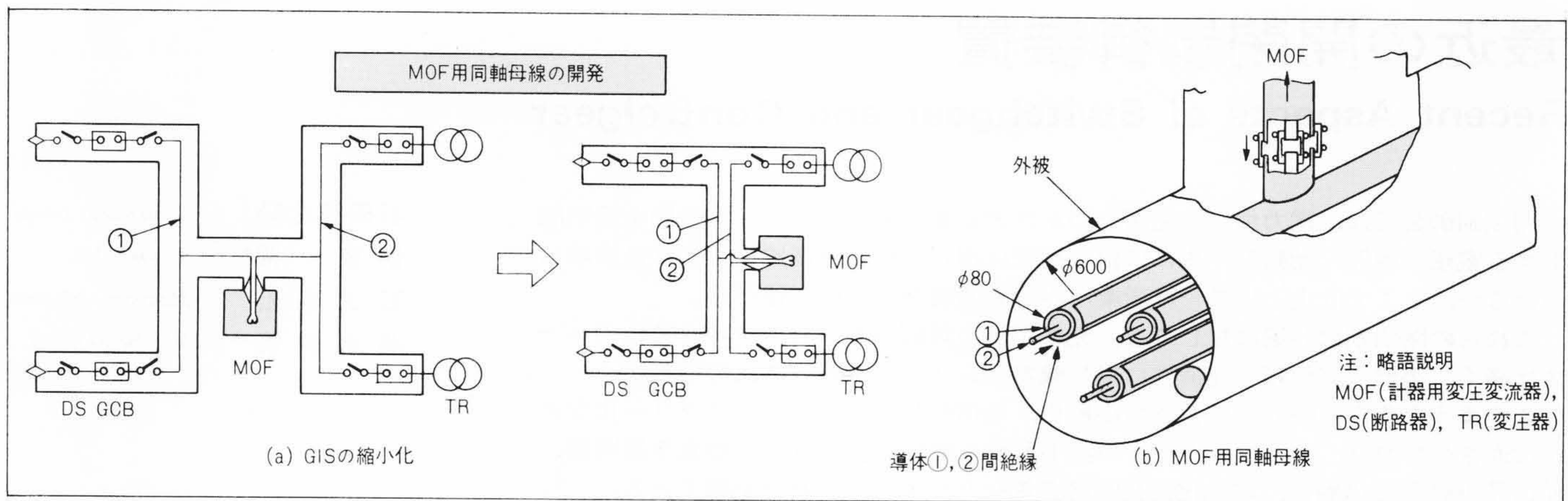


図2 MOF用同軸母線の開発によるGISの縮小化 MOFや受電部、TRバンク部との接続にガス絶縁同軸母線を開発・使用し、据付面積や重量を約80%に縮小している。

- (1) 遮断器を含めた開閉器全体が完全密封形なので信頼性が高く、耐環境性が良い。また、動作時の騒音が小さく、ラジオ障害の心配がない。
- (2) 機器が不活性のSF₆ガス中に封入されているので、機器や絶縁物の劣化が少なく、母線や断路器などはほとんど保守の必要がなく、遮断器の点検も5～6年に1回程度でよい、更

に保守点検も容易な構造となっている。

- (3) 拡張性、すなわち増設やリプレースに適し、スイッチハウス式との連結なども他の方式に比べてとりやすい¹⁾などの特長をもっている。

2.2 遮断器・閉鎖配電盤

遮断器は常時の回路負荷電流や電路に故障が生じたときの短絡電流・過負荷電流だけでなく、架空線や地中線などの充電電流、変圧器の励磁電流なども支障なく開閉、通電できるものでなければならない。

公称電圧3.3～33kV回路用遮断器としては、生産技術及び真空や金技術の目覚ましい進歩によって高信頼化された真空遮断器が、寸法、経済性、保守性などを総合判断して優位性を確立しつつある²⁾。

米国は最初に真空遮断器が普及した国であるが、近年ヨーロッパでも、真空遮断器が主流になるとの見通しから真空遮断器化に踏み切って、この傾向はいつそう世界的な傾向となった³⁾。

特に3.3～6.6kV回路用遮断器としては、オイルレス化、メンテナンスフリー化に加えて経済性と使いやすさの追求により油遮断器や小油量遮断器の代替として、また遮断能力の飛躍的進歩によって磁気遮断器の使用されていた大容量回路への適用が可能になったことなどから、真空遮断器が主流となっている。また、唯一の短所とされていた開閉サージレベルを低く抑えた低サージ真空遮断器⁴⁾、真空度劣化を検出する真空度劣化検出装置なども実用化されつつある。図4に、7.2kV用低サージ真空遮断器の外観を、図5に、その際断電流値レベルを従来形真空遮断器と比較して示す。

公称電圧660V以下の低圧回路用遮断器としては、短時間電流耐量を要求される場合、及び定格電流の大きな場合は気中遮断器が、短時間耐量が不要な場合及び定格電流の比較的小さい場合は配線用遮断器が適当である。図6に静止形過電流引外し装置を採用し、画期的に小形・軽量化されたAB形低圧気中遮断器の外観と引外し特性を、図7にAB形低圧気中遮断器を収納した3段積低圧閉鎖配電盤(パワーセンタ)の外観を示す。

閉鎖配電盤は、最近の真空遮断器の大容量化、低サージ化、保守省力化の技術とモールド変圧器に見られる絶縁技術に支えられ、縮小化、メンテナンスフリー化、難燃化などが図られている⁵⁾。また、ソフトウェア的には電子計算機を駆使したCAE(Computer Aided Engineering)によってシステムの解

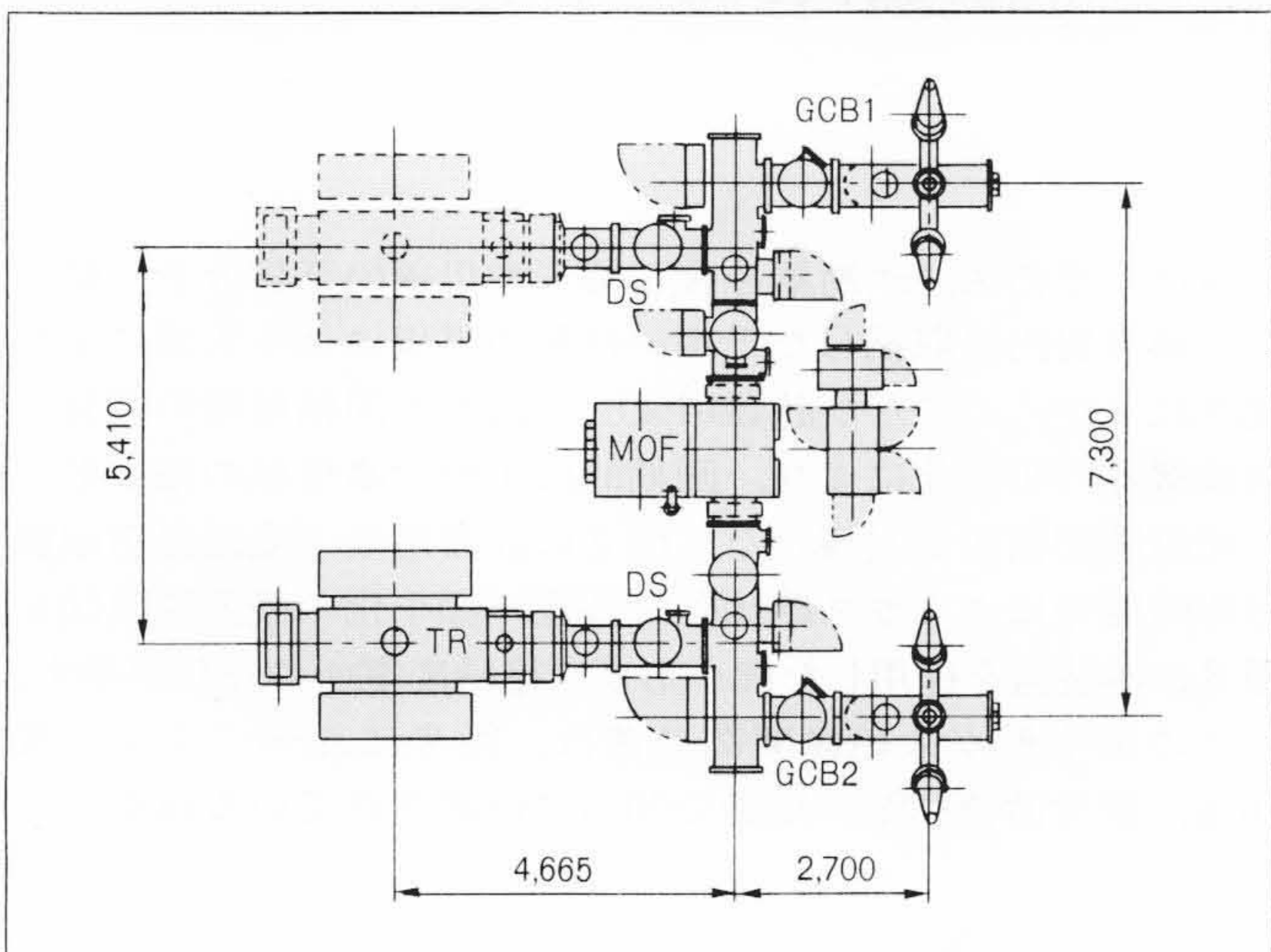
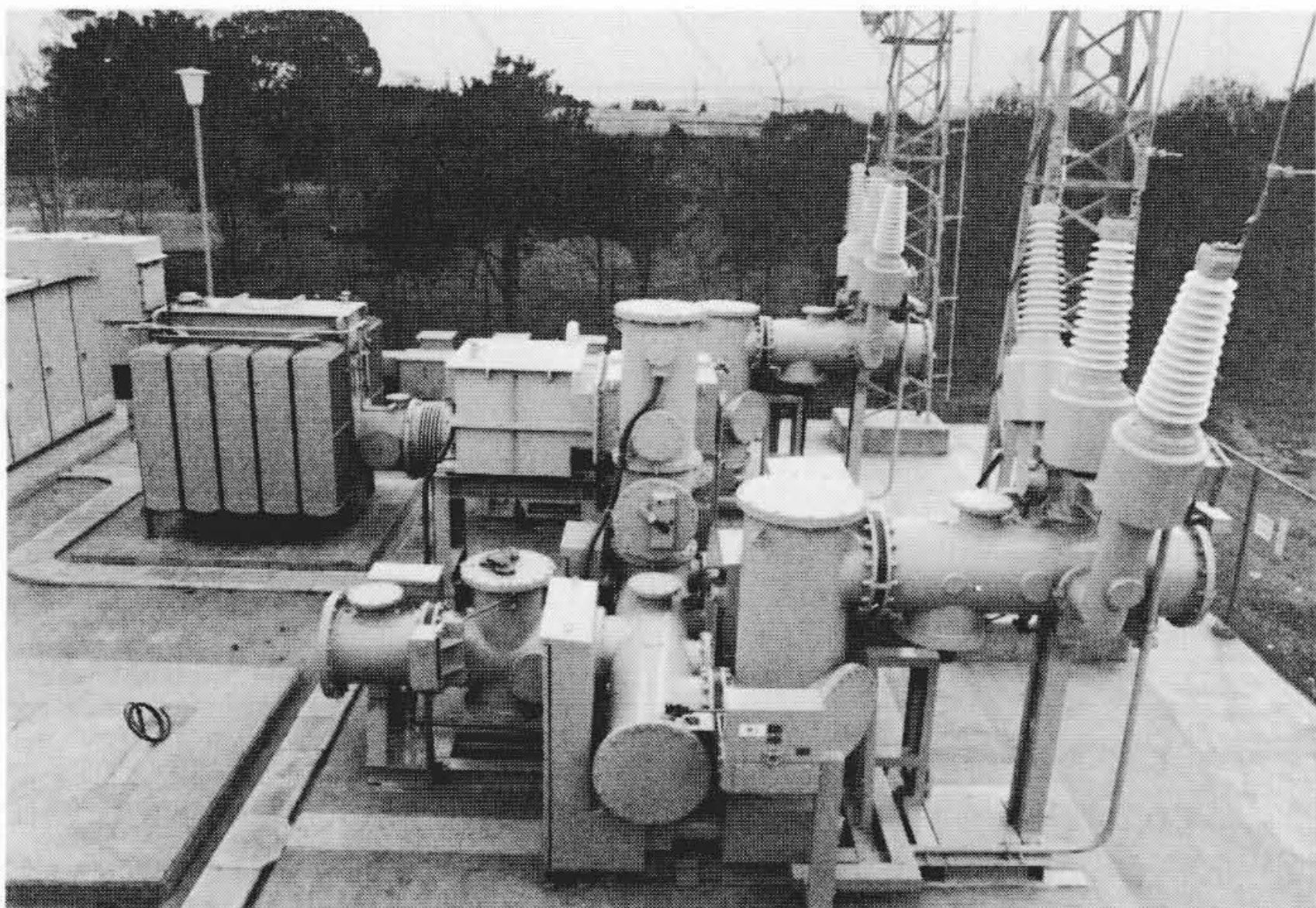


図3 MOF用同軸母線採用の具体例 MOF用同軸母線の採用により、GIS部が極めて小形化され、変電所の合理的配置が可能となっている。

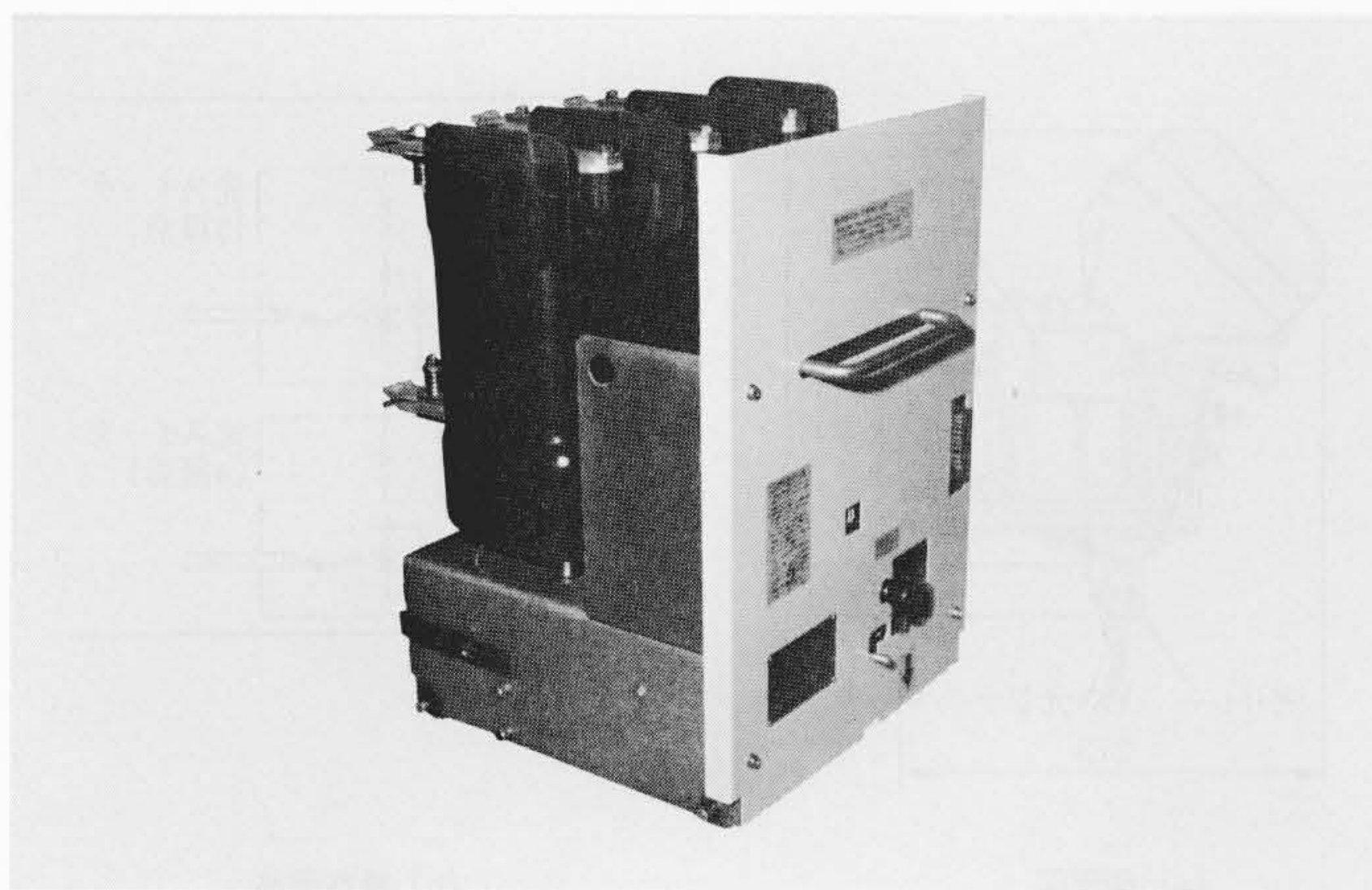


図4 7.2kV, 600A低サージ形VCB VCBは小形・軽量で性能も優れているが、その優れた遮断特性のために開閉サージが発生することがあるのが欠点とされてきた。本器は電極材料や開閉特性の研究により、極めて低い電圧サージに抑えることに成功している(幅394mm)。

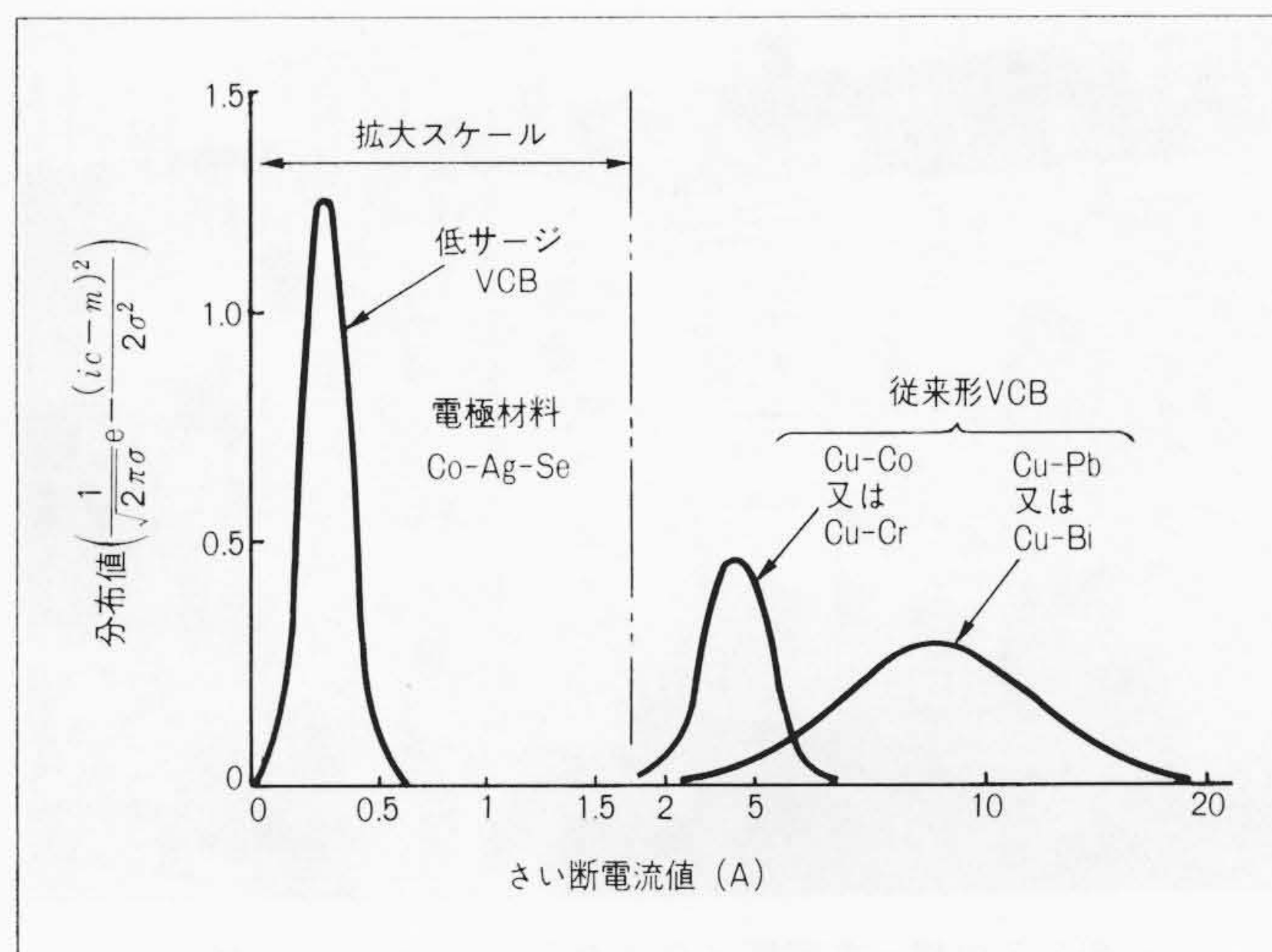
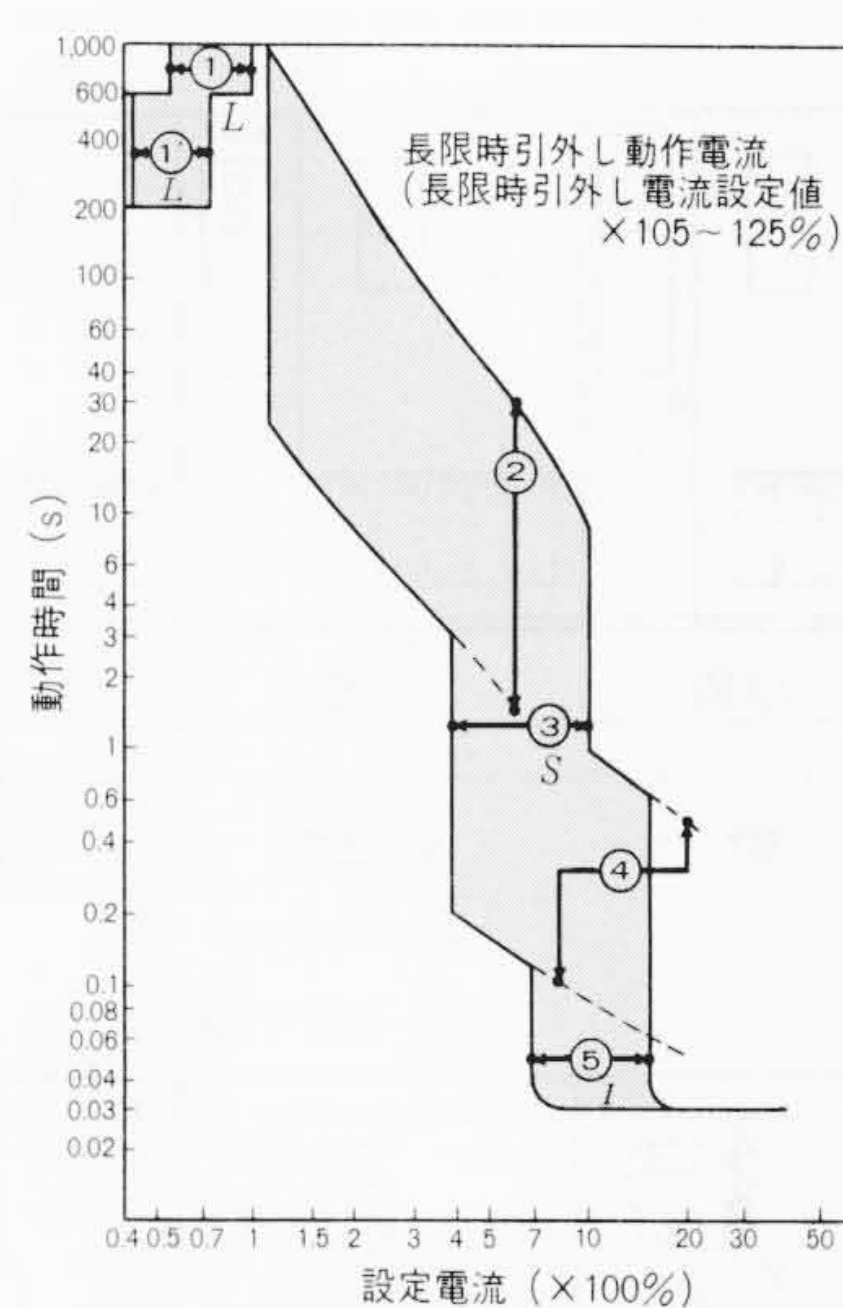
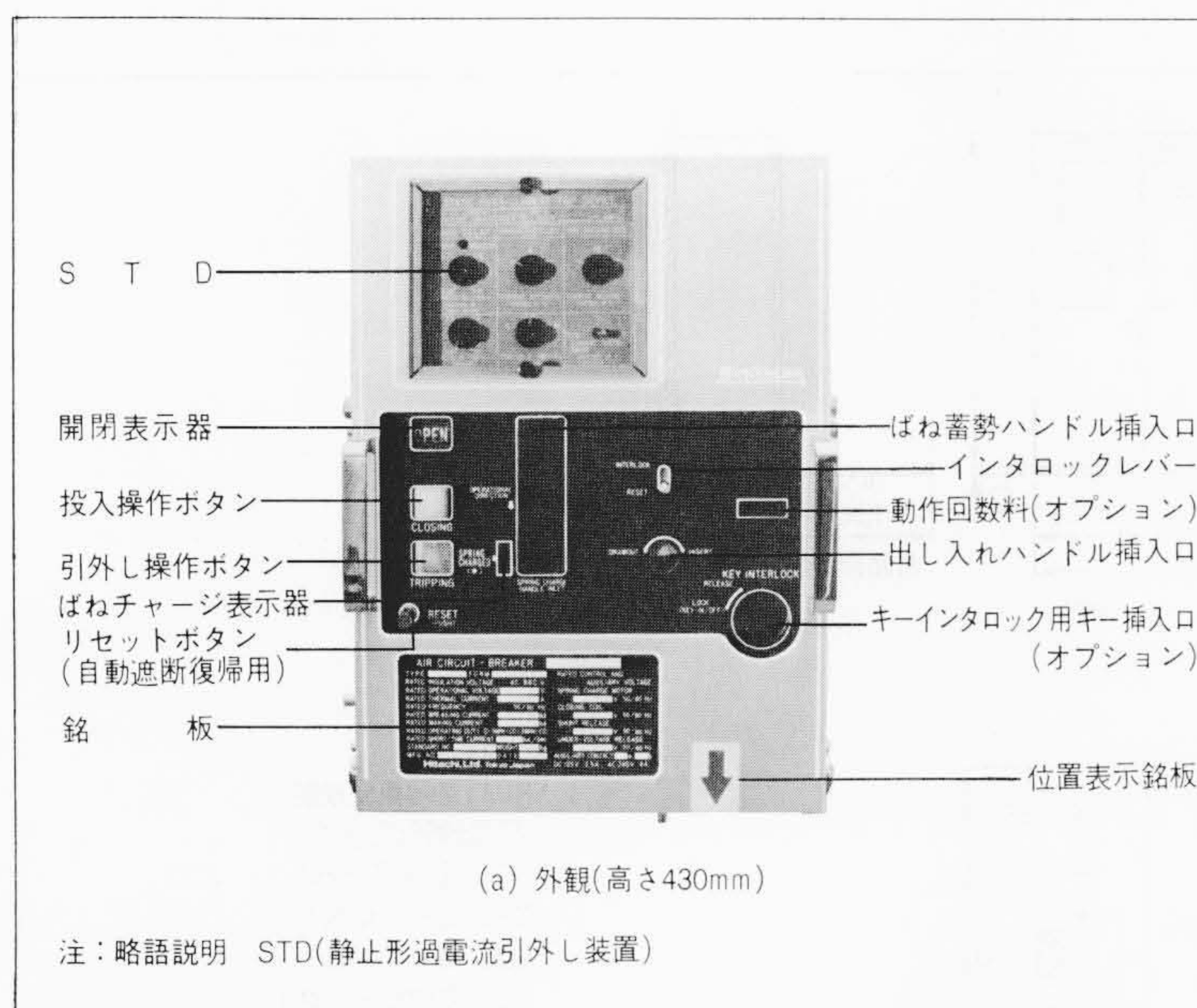


図5 さい断電流値の分布 低サージVCBのさい断電流レベルは最大0.8Aで、Cu-PbやCu-Coを電極材料とする従来形VCBに比べて約1/5になっている。



- 注：設定値
- ① 長限時引外し電流 L
変流器電流 $\times$
0.56, 0.63, 0.71, 0.80,
0.90, 1.00倍 $\pm 10\%$
 - ② 長限時引外し時間
 $L \times 6$ 倍の電流で
1.5, 3, 7.5, 12, 20,
30(s) $\pm 20\%$
 - ③ 短限時引外し電流 S
 $L \times 4, 8, 10$ 倍
 $\pm 10\%$
 - ④ 短限時引外し時間
 $S \times 2$ 倍の電流で
0.1, 0.25, 0.45(s)
 $\pm 20\%$
 - ⑤ 瞬時引外し電流 I
 $L \times 7, 10, 16$ 倍
 $\pm 10\%$

図6 AB形低圧ACB(気中遮断器)と引外し特性 STDと電動ばね操作器により小形・軽量化され、定格電流1,000Aから4,100Aまでシリーズ化されている。引外し特性は正面つまみにより長限時及び短限時のそれぞれを広範囲に調整できる。

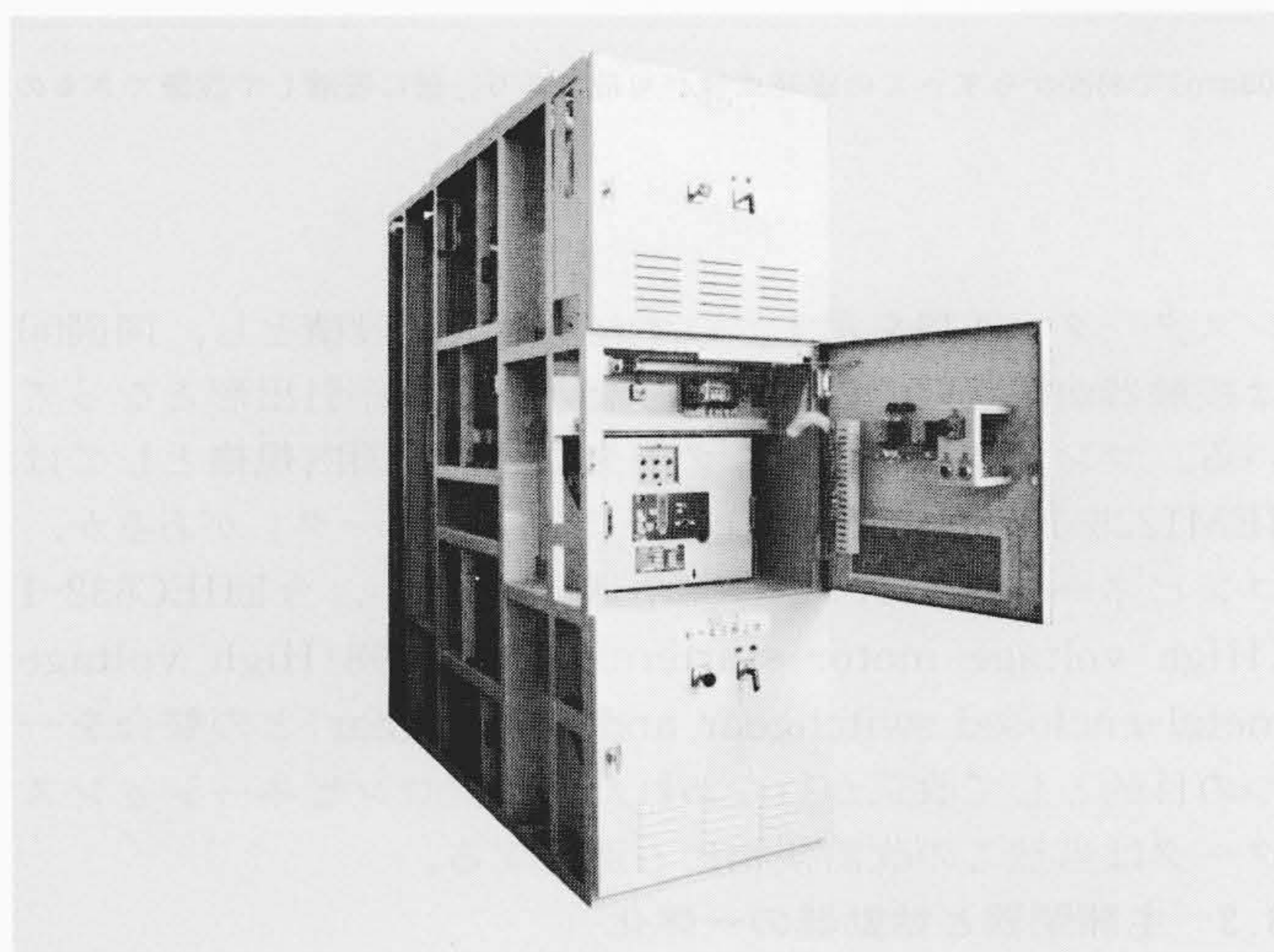


図7 AB形低圧気中遮断器を収納した低圧メタクラ STDを内蔵した小形のAB形低圧気中遮断器の採用により、低圧メタクラも小形化されて段積が可能となり、きょう体の構造も簡素化された(高さ2,300mm)。

析が行なわれ、より合理的なものとなっている。図8に7.2kV, 3,000A真空遮断器を収納した2段積大容量メタルクラッド配電盤の外観を、図9に6.9kV薄形壁密着式キュービクルの列盤寸法図とそのブロックスケルトンを示す。

なお、低圧補機の集中開閉制御に多く使用されるモータコントロールセンタも、制御部の電子化や使いやすさへの改良が図られ、壁密着形のコントロールセンタも実現している。

3 電磁接触器及びコンビネーションスタータ

電磁接触器には低圧制御盤の構成要素となる低圧電磁接触器とコンビネーションスタータを構成する高圧接触器があり、いずれも小形・軽量化、高信頼化などが図られている。

3.1 低圧電磁接触器

小形のものは過負荷継電器と組み合わせて電磁開閉器として使用される。ヘビーデューティ用にはクラッパ形(低圧電磁接触器(交流、直流)が多く用いられるが、近年の光ファイバケーブルの普及に伴って光信号で開閉を行ない、その開閉状態を光信号で制御装置に送信する光リンク電磁接触器も



図8 6.9kV 2段積・大容量メタルクラッド配電盤 真空遮断器は低サージ化などとともに大容量化が進んでおり、本図は7.2kV、3,000A遮断容量40kAのVCBを収納した2段積の大容量メタクラの外観である(高さ2,300mm)。

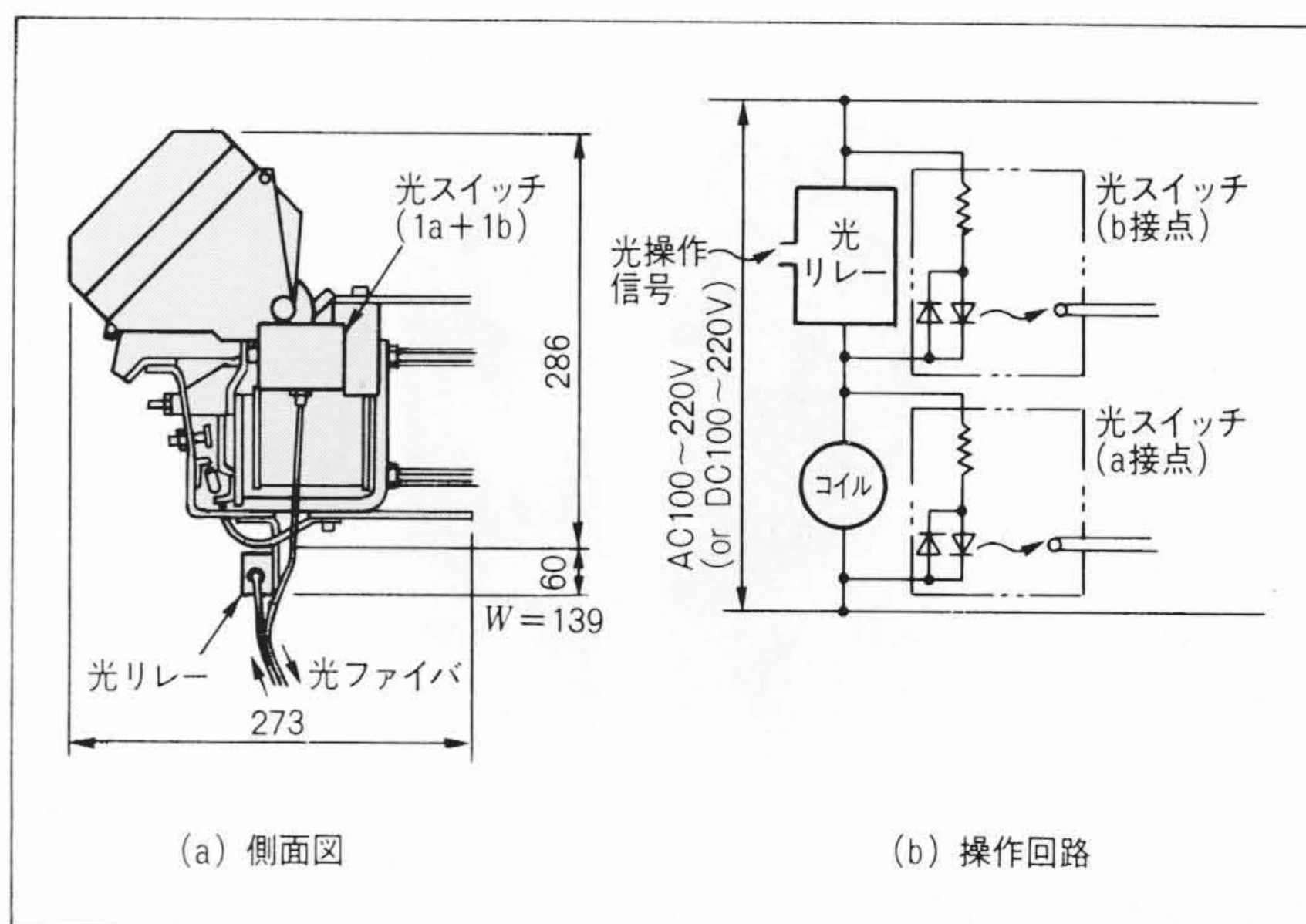


図10 光リンク電磁接触器 光ファイバで光操作信号を受けて開閉し、光ファイバで開閉状態を制御装置にアンサーバックする低圧直流電磁接触器である。耐環境性に強く、ノイズによる誤操作がない。

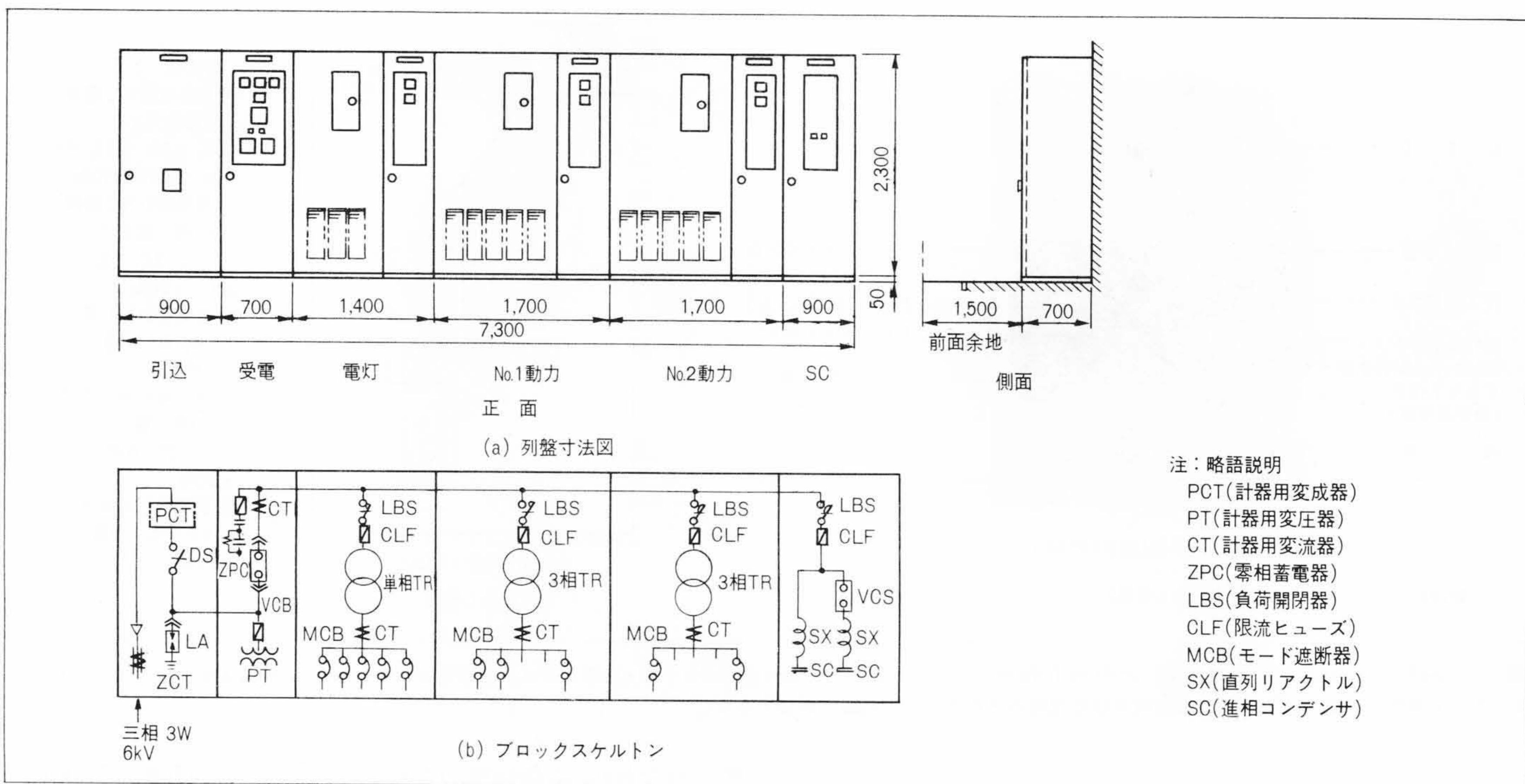


図9 6.9kV壁密着式キュービクル 壁密着式キュービクルは、薄形(奥行700mm)で前面からすべての保守点検が可能であり、壁に密着して設置できるので、スペースファクタが大幅に向上できる。

実用化されている(図10)。本器は制御配線を光ファイバで行なうプラントの開閉制御に使用され、耐環境性が改善され、ノイズによる誤動作がないなどのメリットをもっている。

3.2 高圧接触器、コンビネーションスタータ

高圧接触器(3.3kV、6.6kV)には気中式と真空式があり、気中式は電流を遮断したときだけ吹消コイルに電流が流れる瞬時通電方式が主となっている。更に、操作方式としてラッチ式を採用すると、常時はワットロスほとんど皆無の省エネルギー形接触器となる。

真空接触器は真空遮断器と同様に遮断部に真空バルブを使用したもので、低サージ化、大容量化、国際規格適格化などが図られている。図11に3.3kV気中式及び6.6kV真空式の高圧接触器に限流ヒューズを組み合わせ内蔵したコンビネーショ

ンスタータの外観を示す。いずれも最大3段積とし、同図(a)は接触器が閉状態では扉が開しない外部操作引出形となっている。コンビネーションスタータに関する国内規格としてはJEM1225-1975「高圧コンビネーションスタータ」があるが、コンビネーションスタータの国際化に伴い、今回IEC632-1(High voltage motor starters)及びIEC298(High voltage metal-enclosed switchgear and controlgear)との整合を一つの目的として改正が行なわれた。日立コンビネーションスタータは当然この改訂規格にも適合する。

3.3 主開閉器と始動器の一体化

かご形電動機は構造が比較的簡単で信頼性も高く、かつ経済的といえるが、全電圧で始動すると定格電流の5～7倍の始動電流が流れ、電源が小さいと大容量のかご形電動機は使

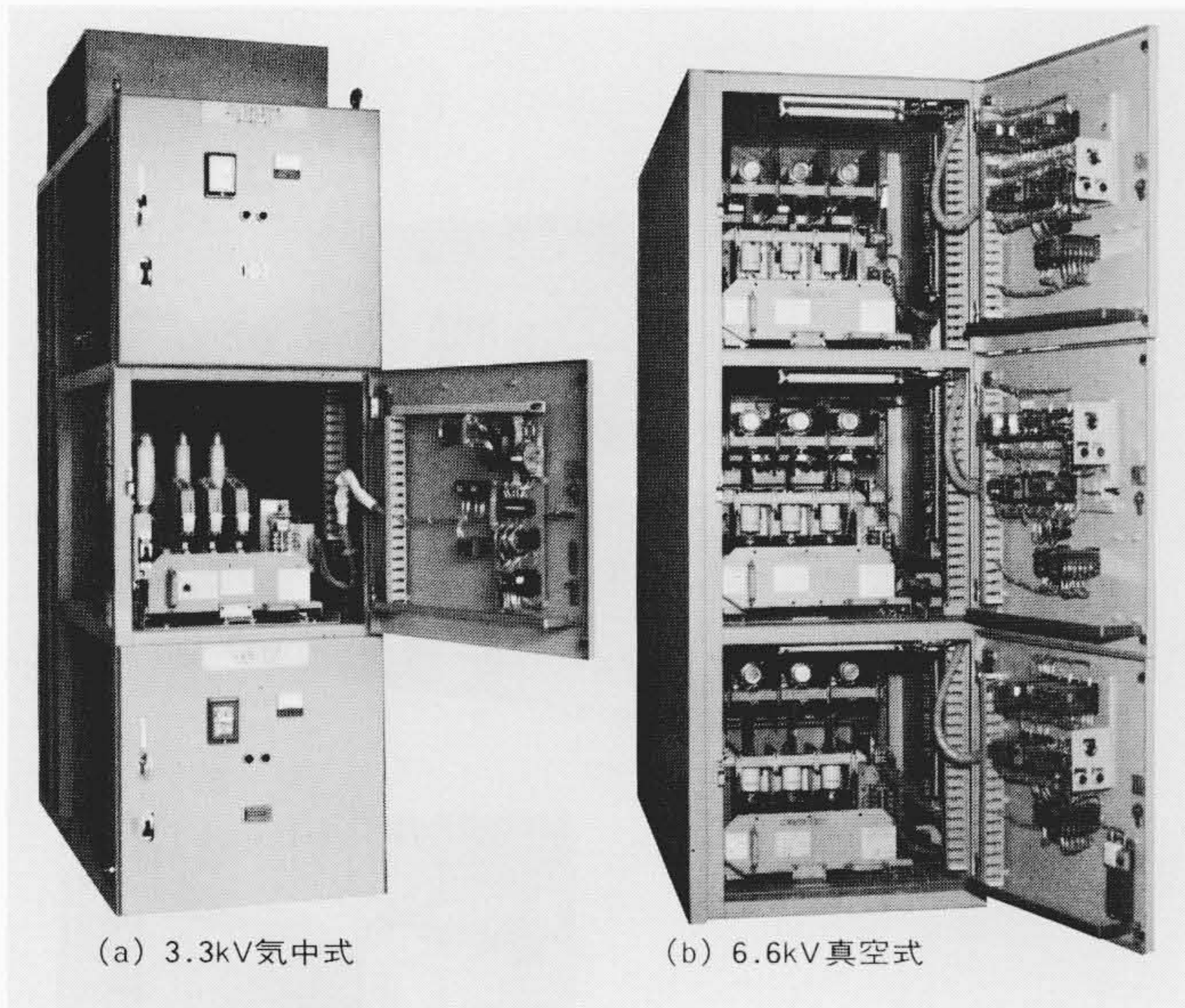


図11 3段階コンビネーションスタータ 3.3kV気中式及び6.6kV真空式とも引出形で3段階が可能であり、コンパクト化が図られている(高さ2,300mm)。

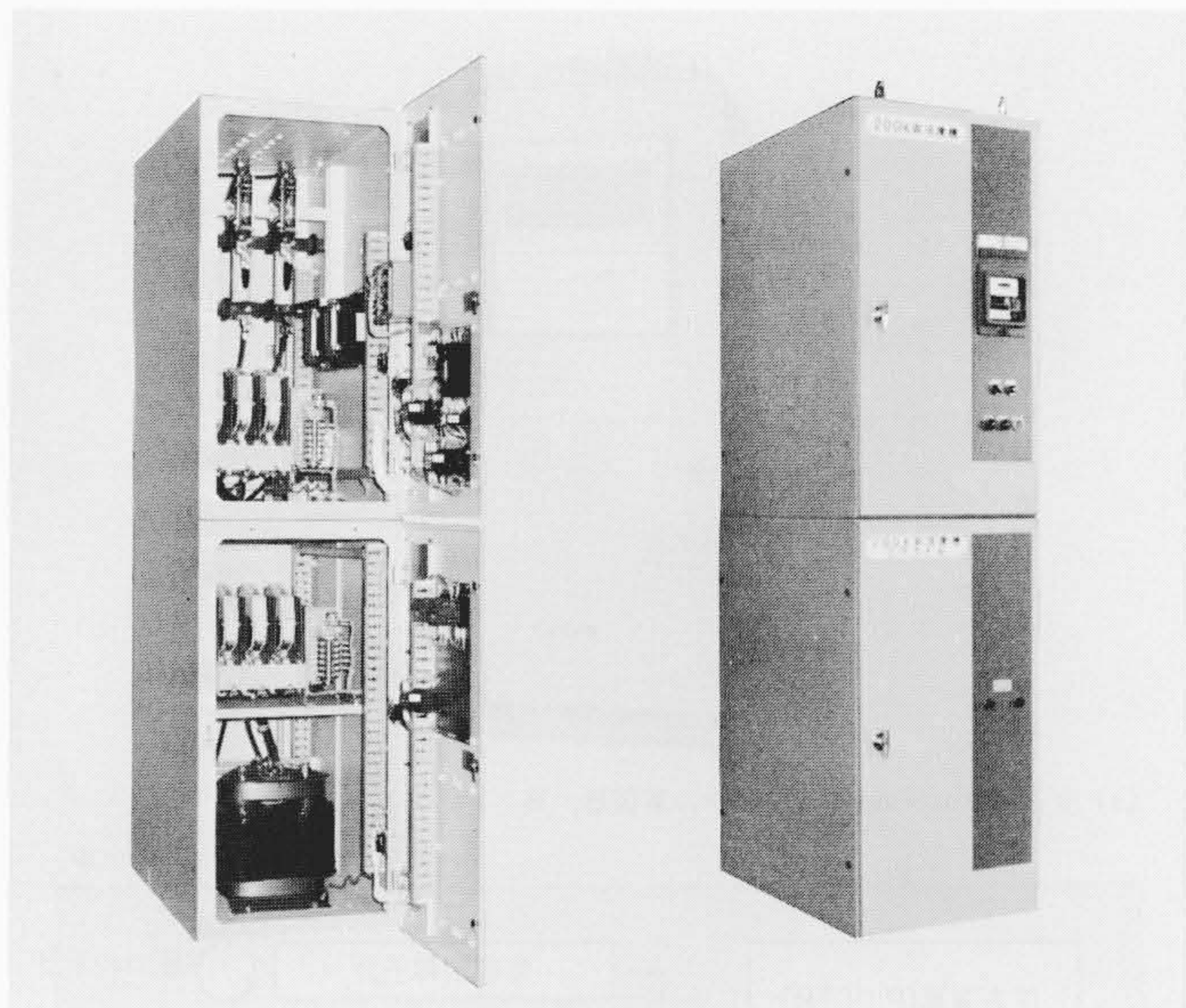


図12 3.3kVリアクトルコンビネーションスタータ リアクトル始動器とコンビネーションスタータを一体化し、コンパクトで使いやすい構造としている(高さ2,300mm)。

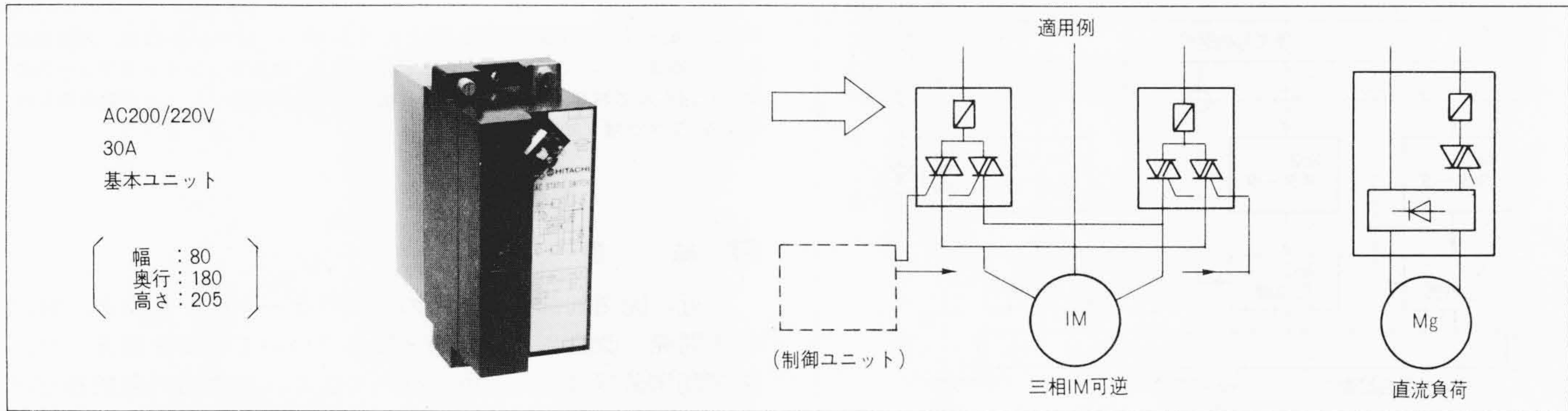


図13 サイリスタスイッチ 日立サイリスタスイッチは、バルブやヒータの頻繁なオン・オフや三相電動機の開閉、可逆運転などに適し、単体又はコントロールセンタユニットとして使用される。

用できない。このような場合、始動トルクを若干抑えて減電圧始動を行なう。

減電圧始動には、負荷があまり大きくなく、始動電流を $\frac{1}{3}$ 程度に抑えたい場合はスターデルタ始動器、比較的大きな始動トルクを要する負荷で、始動電流を抑えたい場合は始動補償器、ポンプ・ファンなどのように始動時の負荷は小さいが、加速とともに負荷が大きくなってゆく場合はリアクトル始動器の3種が標準としてある。従来、これらの始動器と主開閉器は別々に構成されていたが、このたび構成機器の小形・高信頼化とともに、主開閉器と減電圧始動器の一体化を行ない、スペースファクタの向上と使いやすさの向上を図った。図12に主接触器とリアクトル始動器を一体化し、短絡保護として限流ヒューズも組み込んだリアクトルコンビネーションスタータの外観を示す。

4 開閉制御のエレクトロニクス化

開閉制御のエレクトロニクス化には大別して2種類あり、一つは主回路そのものの電子化であり、他の一つは制御・保護の電子化である。

4.1 ソリッドステートリレー、サイリスタスイッチ

トランジスタやサイリスタはそれ自体がスイッチング素子であるから、これらを主素子としてリレーや低圧スイッチは

比較的容易に構成できる。単機能で比較すると有接点のリレーやスイッチはほぼ完成した製品で非常に経済的になっているので、電子化する場合は小形・高信頼で目的に合致し、かつ経済性を備えたものでなくてはならない。

汎用性をもっているものとして光リンクのソリッドステートリレー、オン・オフ頻度の高いバルブを開閉するソリッドステートリレー、無接点式コントロールセンタのユニットを構成するサイリスタスイッチなどがあるが、図13にサイリスタスイッチの外観と適用例を示す。

4.2 圧縮機自動制御装置(グループロール)

空気圧縮機は工場の重要な動力源として広く利用されているが、圧縮機の運転台数と吐出し圧力を精密制御して、運転の自動化、省エネルギー化を行なうものである。

圧縮機群を高効率運転する方法として、余剰運転機の排除、余剰圧力の低減、高効率機の優先運転が挙げられるが、これらをスタータの開閉、容量調整装置(アンローダ)の制御などにより実現するものがグループロール(日立製作所商品名)で、IC回路とデジタル設定部より成っている。図14にその外観とシステム構成図を示す。同図中のスタータにはコンビネーションスタータが好適である。

4.3 電子化監視制御装置

開閉制御装置や受変電設備の制御のエレクトロニクス化は、

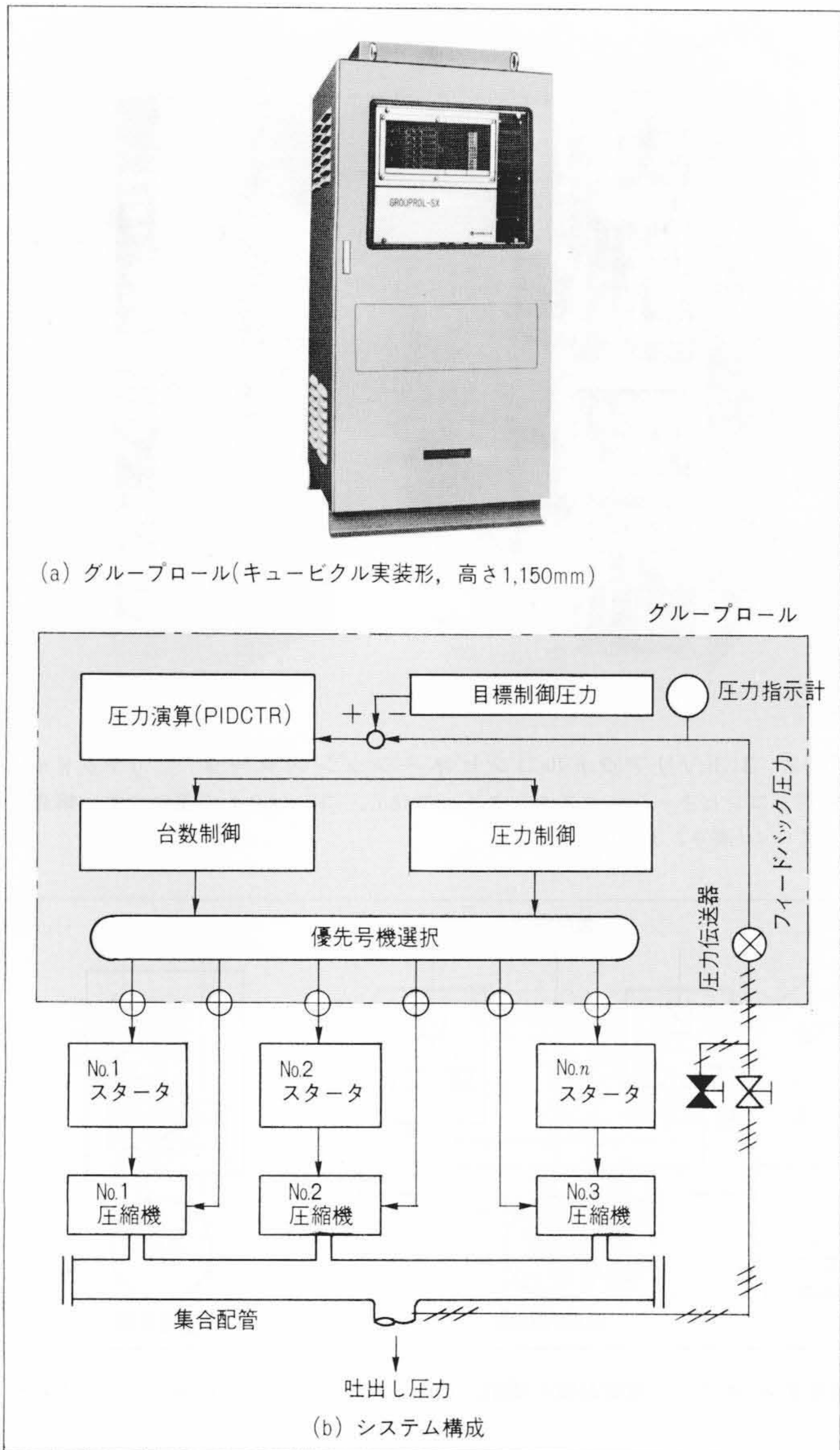


図14 圧縮機自動制御装置(グループロール) ユニットの全無接点で小形・軽量であり、壁掛けも可能で、圧縮機の台数制御、圧力制御、高効率機の優先運転を行なう。

二つの面で近年急速に進んでいる。一つは監視制御のデジタル化であり、他は保護継電の電子化である。

HISMACは受変電設備用の電子化監視制御装置で、電力管理特有のニーズと高信頼化のため、日立製作所が初めて開発して以来、日報・月報の自動作成や力率・デマンドの監視制御から開閉装置のスケジュール制御、機器の損失ミニマム制御などに多く使用されてきたが、このたび時代の要求により、CRT(Cathode Ray Tube)の高精細グラフィック化、漢字サポートなどのマンマシン性向上、入出力点数の倍増を図り、HISMAC-IIを製品化した〔図15(a)〕。

このHISMAC-IIは4,000点の入出力点までの大規模システムに適用でき、インタフェースの充実が図られており、図15(b)の静止形保護継電器と組み合わせてリレーの自動点検を行なうことも可能である。

リレー類のほか、各種の開閉装置や受変電設備も、予防保全技術が進んでおり⁶⁾、これらの予防保全装置とHISMACを組み合わせ、各設備の劣化状態を見たり、診断したりすること(オンライン劣化診断)も実現しつつある。

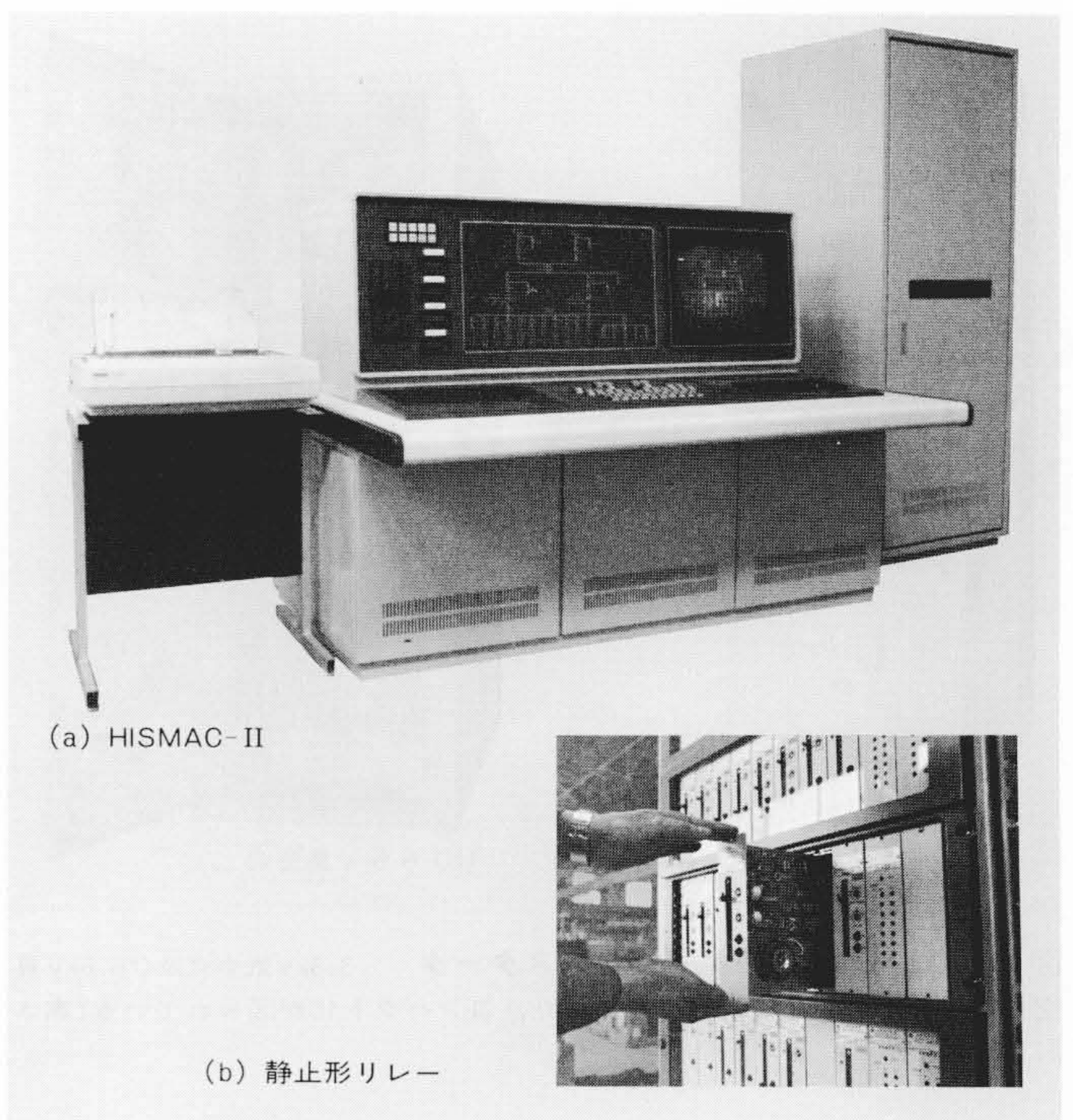


図15 電子化監視制御盤と静止形リレー HISMAC-IIは、入出力点数4,000点までの大規模システムにも適用可能で、マンマシンインタフェースの向上が図られており、静止形リレーと組み合わせて保護リレーの自動点検も行なえる(デスク幅1,800mm)。

5 結 言

最近の開閉制御装置とそのアプリケーションにつき、特に最近開発・改良された技術・製品について概要を紹介した。開閉制御装置はその範囲が極めて広く、産業用の開閉器だけをとっても66/77kV又は154kVガス開閉遮断装置のような超高圧から低電圧・小形のスイッチまで各種のものがあ、一概に論ずることは困難で、要点だけを述べるにとどまったが、関係者の参考になれば幸いである。

これらの開閉制御装置は各種の産業や社会の主要エネルギー源である電力の安定供給を担うものであり、保護継電技術及び監視制御技術の進歩とあいまって、更に高信頼で使いやすいものになってゆくものと信ずる。

最後に、有益なアドバイス、御助言をいただいたユーザー各位に対し厚く御礼申し上げますとともに、今後いっそうの御指導をお願いしたい。

参考文献

- 1) 石田, 外: 最近の産業用受変電システム, 日立評論, 67, 2, 159~164(昭60-2)
- 2) 石上, 外: 3.6~36kV用遮断器及び閉鎖配電盤の最近の動向, 日立評論, 65, 7, 503~508(昭58-7)
- 3) H. Bettge, et al.: Will Vacuum Breakers Dominate the Distribution Market, Electrical Review International, March 1983, 30~33(昭59-3)
- 4) 黒沢, 外: 低サージ真空遮断器の開発, 電気学会研究会研究会資料 SPD-84-5, 37~44(昭59-3)
- 5) 石田, 外: 受変電設備の防災化, 日立評論, 68, 3, 249~254(昭61-3)
- 6) 石田, 外: 受変電設備のモダニゼーション, 日立評論, 68, 3, 243~248(昭61-3)