

所内電気設備の新技術

New Software and Hardware System for Electric Power Circuits of Large Thermal Power Plants and Combined Cycle Power Plants

最近の火力発電プラントでは、省資源、高効率、立地条件などの観点から、石炭燃焼大容量発電プラント及び複合発電プラントが脚光を浴びている。所内電気設備の計画でも、6.9kV用所内補機回路の許容短絡電流を、従来の40kAから63kAに増加させること、また発電機主回路に開閉器を設置することなどが必要となってきた。

日立製作所では、6.9kV、63kA真空しゃ断器2段積メタルクラッド配電盤や、24kV、250kA発電機主回路用開閉器の開発を完了している。所内電気回路に6.9kV、63kAしゃ断器を採用することによって、所内変圧器台数の低減及びメタルクラッド配電盤群数を少なくしたシンプルな系統構成が可能となる。また、発電機主回路用開閉器装置によって、主変圧器台数の低減、起動変圧器の省略などが実現でき、全体配置上のスペース節減に有利となる。

本論文では、今後の火力発電プラントでの所内電気設備の在り方について述べる。

佐藤 伸* Nobiru Satō

吉川 功** Isao Yoshikawa

1 緒 言

発電プラントの所内負荷率は、ガス燃焼、油燃焼の場合は3～5％で済むが、石炭燃焼になると6～7％に増大する。

一方、立地条件によって、発電プラントのユニット容量も350MW、700MW、1,000MWと増大の傾向にある。このような背景から、所内電気設備の各機器仕様については、システムの観点から慎重に吟味しなければならなくなっている。

すなわち、大形補機電動機の起動電流による電圧降下を抑制するため、所内変圧器のパーセントインピーダンスは小さく選定されなければならない。加えて、6.9kV所内回路用しゃ断器は、従来形の40kAのしゃ断能力では不十分となり、63kAの大容量しゃ断器が要求されるようになってきた。更に据付所要床面積の観点から検討すると、1段積の磁気しゃ断器よりも2段積可能の真空しゃ断器を使用することが望ましい。また、低圧コントロールセンタ盤としては、短絡容量耐量が従来15kAまでであったため、不足分を補う目的で限流リアクトル装置を接続していたが、低圧コントロールセンタ盤自体の短絡容量耐量が30kAとレベルアップすると、主幹回路に限流リアクトル装置を設けなくて済むので、信頼性が高まるとともに据付床面積節減効果が大きくなる。

複合発電プラントでは、発電機主回路に開閉器を設けることによって、主変圧器が集約化され、台数の低減、起動用変圧器の省略などが可能となる。

以下に所内電気設備の系統構成のあるべき姿と、構成機器の新技術、仕様、特徴、実績などについて述べる。

2 石炭燃焼大容量発電プラントの所内電気設備計画

石炭燃焼発電プラントでは、ガス燃焼、油燃焼に比べ、ミル装置、揚運炭装置、灰処理装置、脱硫装置、脱硝装置、集塵装置などによって所内負荷率が増大している。所内電気設備計画の基本思想は、所内補機の全容量を満足し、かつ所内補機が必要とする電源電圧を供給することにある。したがって、所内負荷率が増大することは、所内補機電源用変圧器(所内変圧器)の容量が大きくなることである。このことにより、所内変圧器の負荷側しゃ断器の定格電流が増大するので、

表1 7.2kV交流しゃ断器仕様と所内変圧器制限容量値
所内変圧器の容量は、しゃ断器の定格電流値で制限される。

しゃ断器仕様 しゃ断容量 定格電流(A)	真空しゃ断器		磁気しゃ断器		所内変圧器 最大制限容量 (MVA)
	40kA	63kA	(500MVA)	(750MVA)	
4,000	—	—	○	◎	⇒45.5
3,000	○	◎	○	○	⇒34
2,000	○	○	○	○	⇒22.8
1,200	○	○	○	○	⇒13.7
—	2段積 メタルクラッド配電盤		1段積 メタルクラッド配電盤		—

注：○(現状既製品)、◎(大容量発電プラント向け新規開発品)

所内変圧器を分割する必要がある。しゃ断器仕様と所内変圧器制限容量との関係は、表1に示すとおりである。一方、所内変圧器のパーセントインピーダンスの上限値は、所内大形補機電動機の起動電流による許容電圧降下で決められ、下限値は、表1のしゃ断器のしゃ断容量値で決められる。

図1は、最適所内電気計画の在り方を示したものである。

以上のことを考え合わせて、1,000MWクラスの石炭燃焼発電プラントの所内電気設備構成の一例を示すと、図2のとおりとなる。

3 複合発電プラントの所内電気設備

複合発電プラントは、従来火力プラントに比べて、小規模発電設備の集合体となる。今回、日立製作所では、複合発電プラントに適合した24kV、250kA発電機主回路用負荷開閉器を開発した。この発電機主回路用負荷開閉器を採用すると、所内電気設備の集約化を大幅に進めることができ、全体的に縮小化を図った配置計画、ひいては、設備投資資金の低減にも寄与することとなる。

* 日立製作所大みか工場 ** 日立製作所国分工場

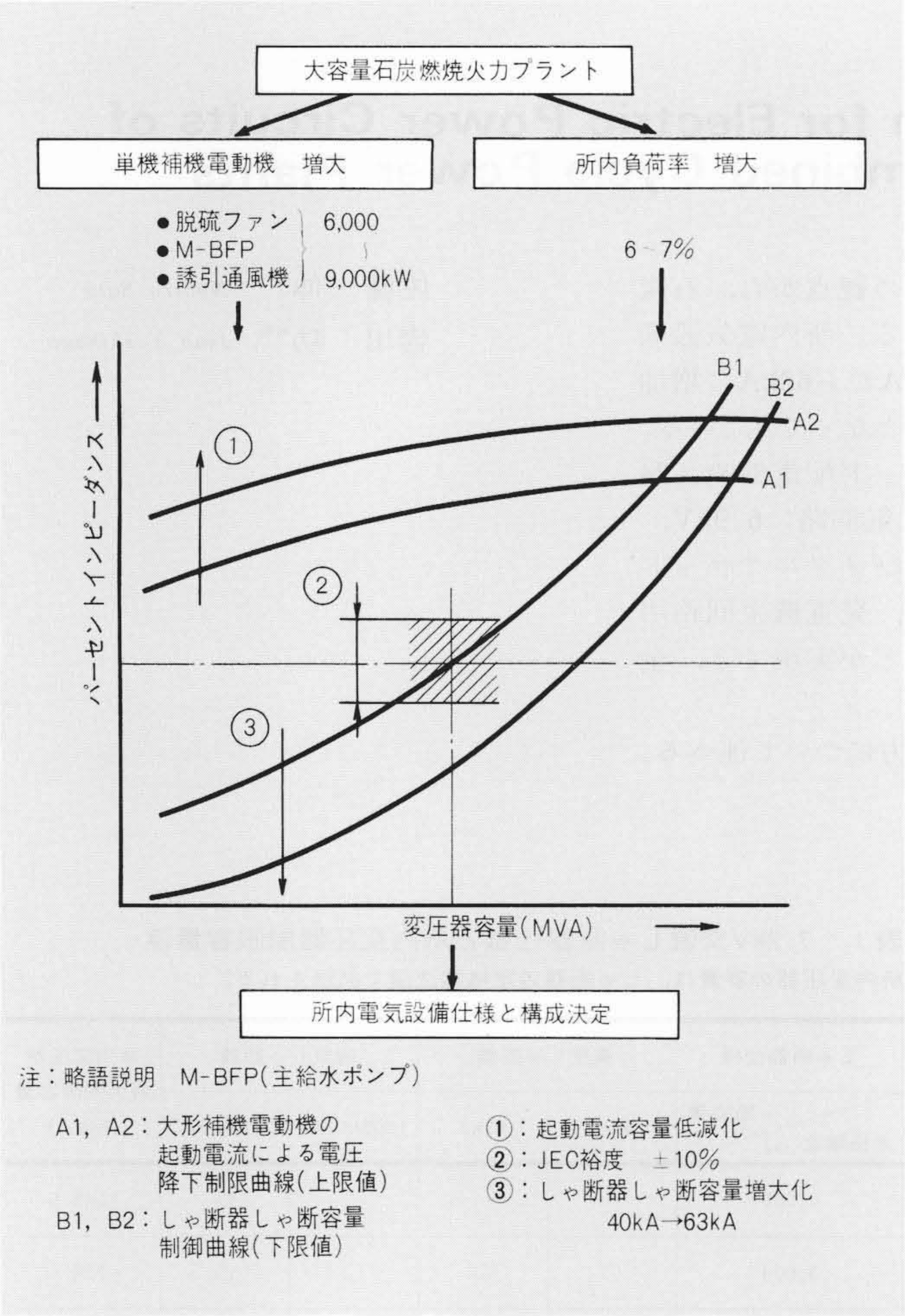


図1 最適所内電気設備計画 所内変圧器のパーセントインピーダンスは、上限値のA曲線と下限値のB曲線の両条件を満足した枠内で選定される。

図3は、複合発電プラントに発電機主回路用負荷開閉器を適用した例で、1台の主変圧器に最大何台の発電機が接続できるかを示したものである。

以上のことを考え、700MWクラスの複合発電プラントの所内電気設備構成の一例を示すと、図4のとおりとなる。

4 所内電気機器の新技术

所内回路に使用される機器について最新の動向を述べる。

表2に各機器の主な定格を示す。

4.1 真空しゃ断器2段積メタルクラッド配電盤

従来、発電プラント向け大容量しゃ断器としては磁気しゃ断器が使用されてきたが、真空しゃ断器の大容量化、大電流化が進み、一方最近の発電所環境条件により適合したものとして真空しゃ断器特性が重要視されて、真空しゃ断器2段積メタルクラッド配電盤が火力・原子力発電プラントに採用されている。

日立製作所では大容量シリーズとして、しゃ断電流40kA及び63kA定格電流1,200~3,000Aの真空しゃ断器2段積メタルクラッド配電盤をもっており、あらゆる所内系統に適応が可能である。

真空しゃ断器は多極性平行磁界電極を採用することによって、真空バルブ及び操作機構が小形化され、コンパクトで取扱いの容易な構造となっている¹⁾。

メタルクラッド配電盤は、2段積としたことによって構造上、取扱い上複雑とならぬように留意した構造となっている。

図5に真空しゃ断器2段積メタルクラッド配電盤の外観を示す。

真空しゃ断器2段積メタルクラッド配電盤は、従来の磁気しゃ断器収納メタルクラッド配電盤と同一幅寸法の盤に2段積となっているので、所要床面積は54%に縮小され、電気室での盤配置の自由度が高まるとともにスペースが有効に活用

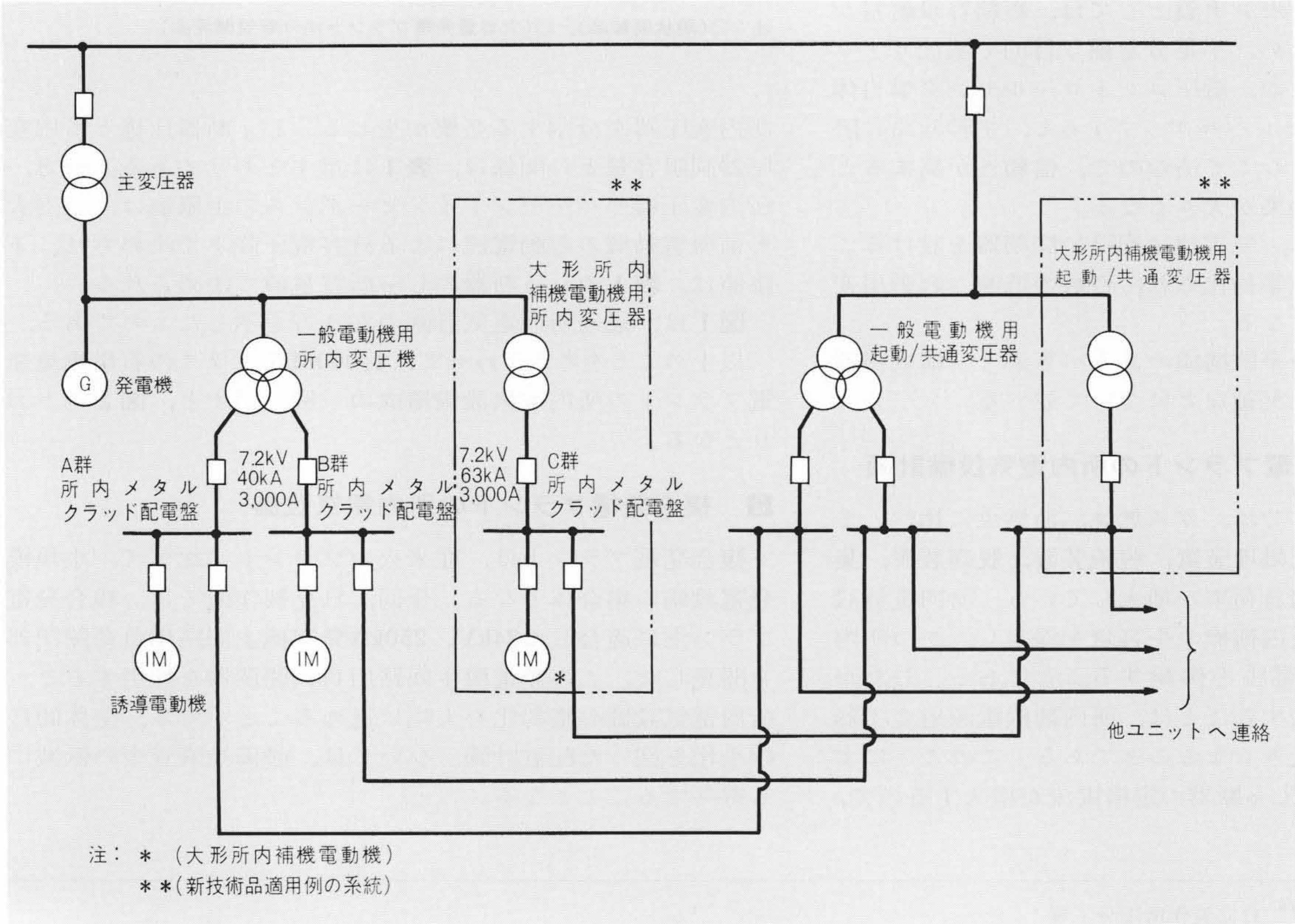


図2 石炭燃焼大容量発電プラント 大形所内補機群専用63kA、真空しゃ断器回路を組み込んだ単線結線図の例を示す。

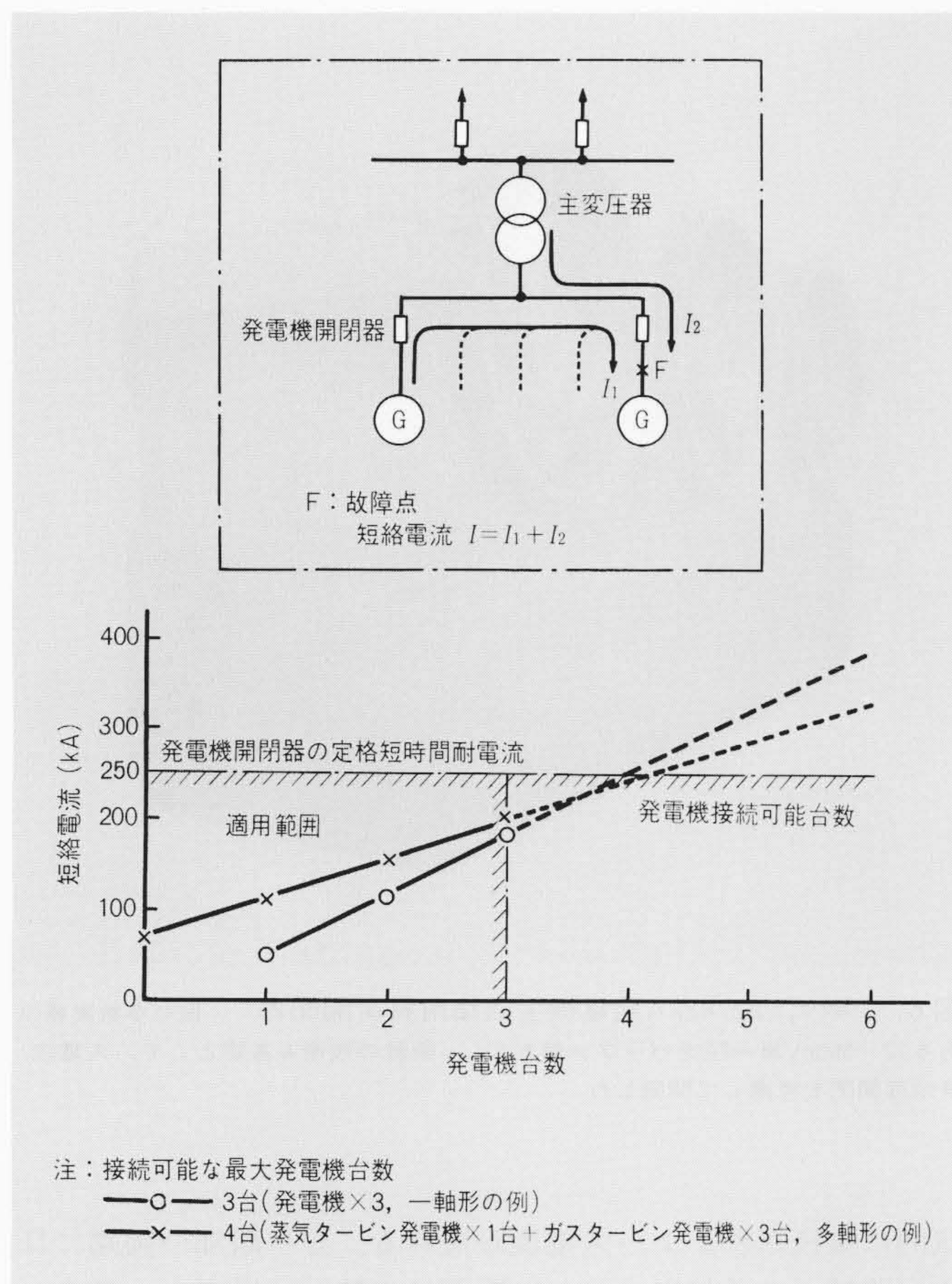


図3 複合発電プラントでの発電機主回路用負荷開閉器適用例
発電機主回路用負荷開閉器の適用に当たっては、回路の短絡電流値を的確につかんだうえ、最適回路構成を作る。

できる利点がある¹⁾。

大容量真空しゃ断器シリーズは、操作器前面配置形(デッドフロント構造)を採用し、操作機構部、引外し機構部、インターロック機構部の共用化により、信頼性、安全性、保守性の

表2 各機器の主な定格 各機器とも、最新のシステム要求に対応した仕様である。

機器名	6.9kV真空しゃ断器 2 段積メタルクラッド配電盤	460V パワーセンタ	460V コントロールセンタ	発電機主回路用負荷開閉器
仕 様				
定 格 電 圧 (V)	6,900	460	460	24,000
絶 縁 階 段	6 号 A	—	—	20 号 B
定 格 電 流 (A)	1,200~3,000	600~4,000	400 以下	22,000 (自冷) 42,000 (風冷)
定格しゃ断電流 (kA)	40 63	50	30	63
定格投入電流 (kAp)	100 160	105	—	160
定格短時間電流 (kA)	40 63 1 秒間 1 秒間	50 1 秒間	30 0.5 秒間	25.0 2 秒間
操 作 方 式	直流電磁	直流電磁	—	圧縮空気 (15kg/cm ²)

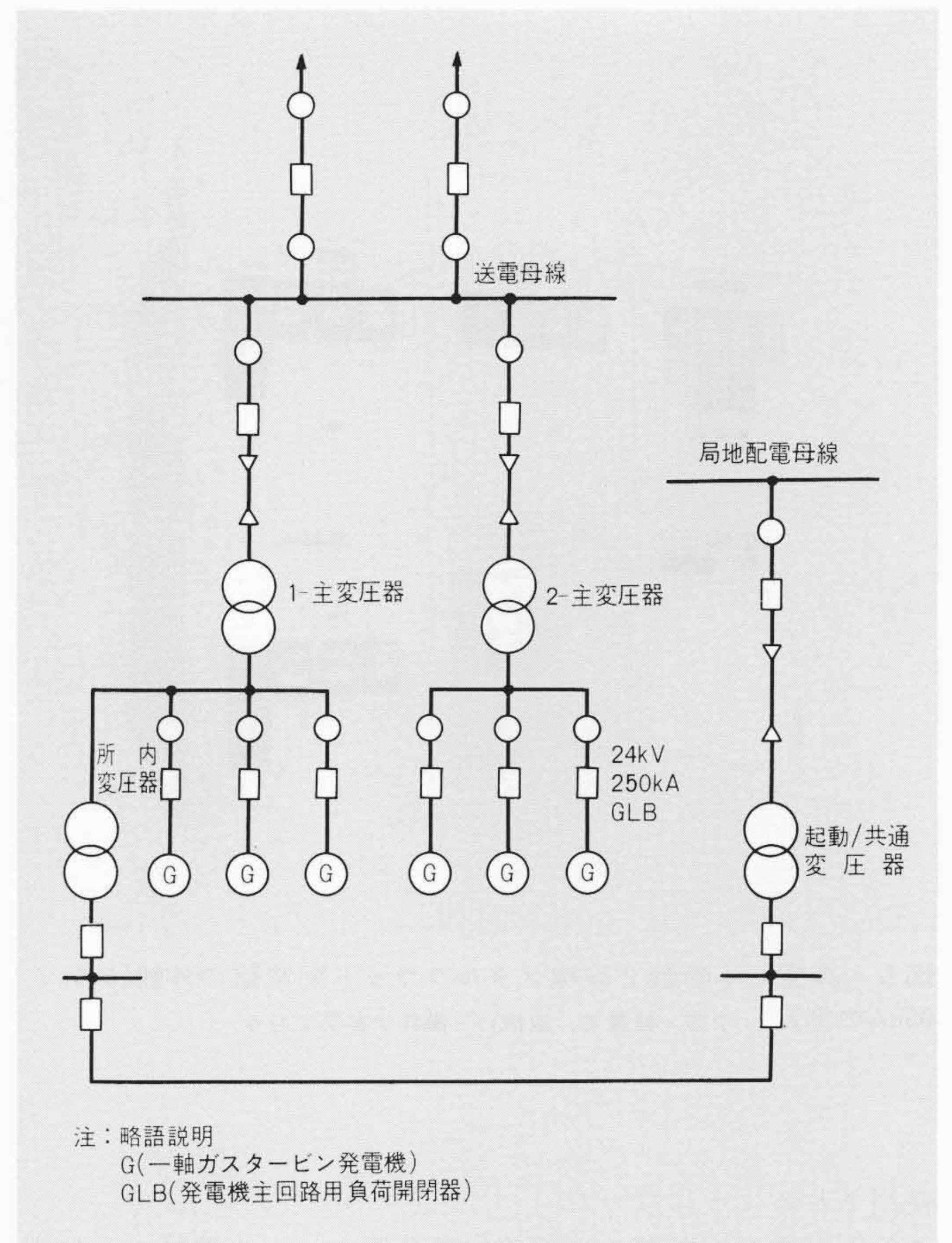


図4 複合発電700MWプラント(一軸ガスタービン)の発電機主回路用負荷開閉器適用例
複合発電700MWプラントは一軸ガスタービン6台で構成されている。250kA発電機主回路用負荷開閉器適用の単線結線図の例を示す。

向上を図っている。

大容量真空しゃ断器には、アークを電極空間に閉じ込めるとともに、電極全面に一様に分散させて金属蒸気の放出を抑制する平行磁界形電極が採用されているが、日立製作所の真空しゃ断器は、電極中心部の磁界を零とし、平行磁界に基づく渦電流を低減した独特な多極性平行磁界形電極を使用しているため、大電流に対しても安定したしゃ断性能が得られる。

発電所での電源回路の同期切替の用途に使用されるしゃ断器は、0.1秒以下の高速度投入が要求される。

日立製作所の大容量真空しゃ断器は、全定格とも部品数が少なく構造の簡単な電磁操作器により、0.1秒以下の投入速度を得ることに成功した。これにより操作器の信頼性を、従来の磁気しゃ断器と同等以上とすることができた。

真空しゃ断器の開閉サージが回路に接続された機器に影響を及ぼさないように、各相主回路負荷側に非直線抵抗体の保護装置を設けてある。本装置は、引出形又は断路形となっており、保守・点検に便利な構造となっている。

4.2 パワーセンタ

所内負荷容量の増大に伴い、460V回路の短絡容量も増大し、低圧気中しゃ断器のしゃ断容量は、対称実効値40kAのものから、最近では50kAへと拡大している。最近の大容量発電プラントでは、変圧器単機容量を大きくして台数を減らし、スペースの有効活用を図るとともに、経済性を向上させる傾向にある。このため、定格電流4,000Aの低圧気中しゃ断器が

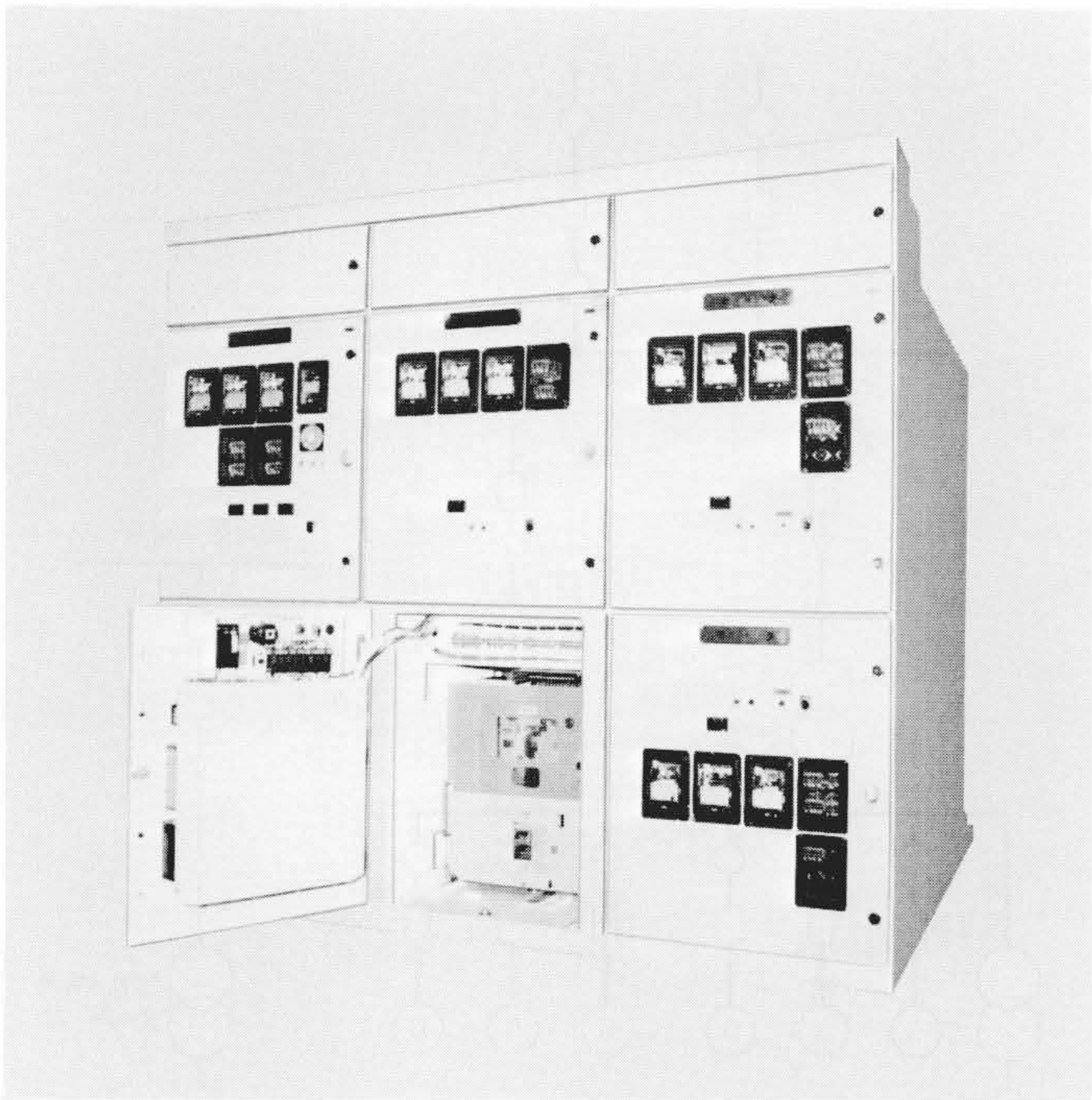


図5 真空しゃ断器2段積メタルクラッド配電盤の外観(6.9kV, 63kAの例) 小形・軽量で、取扱い・操作は容易である。

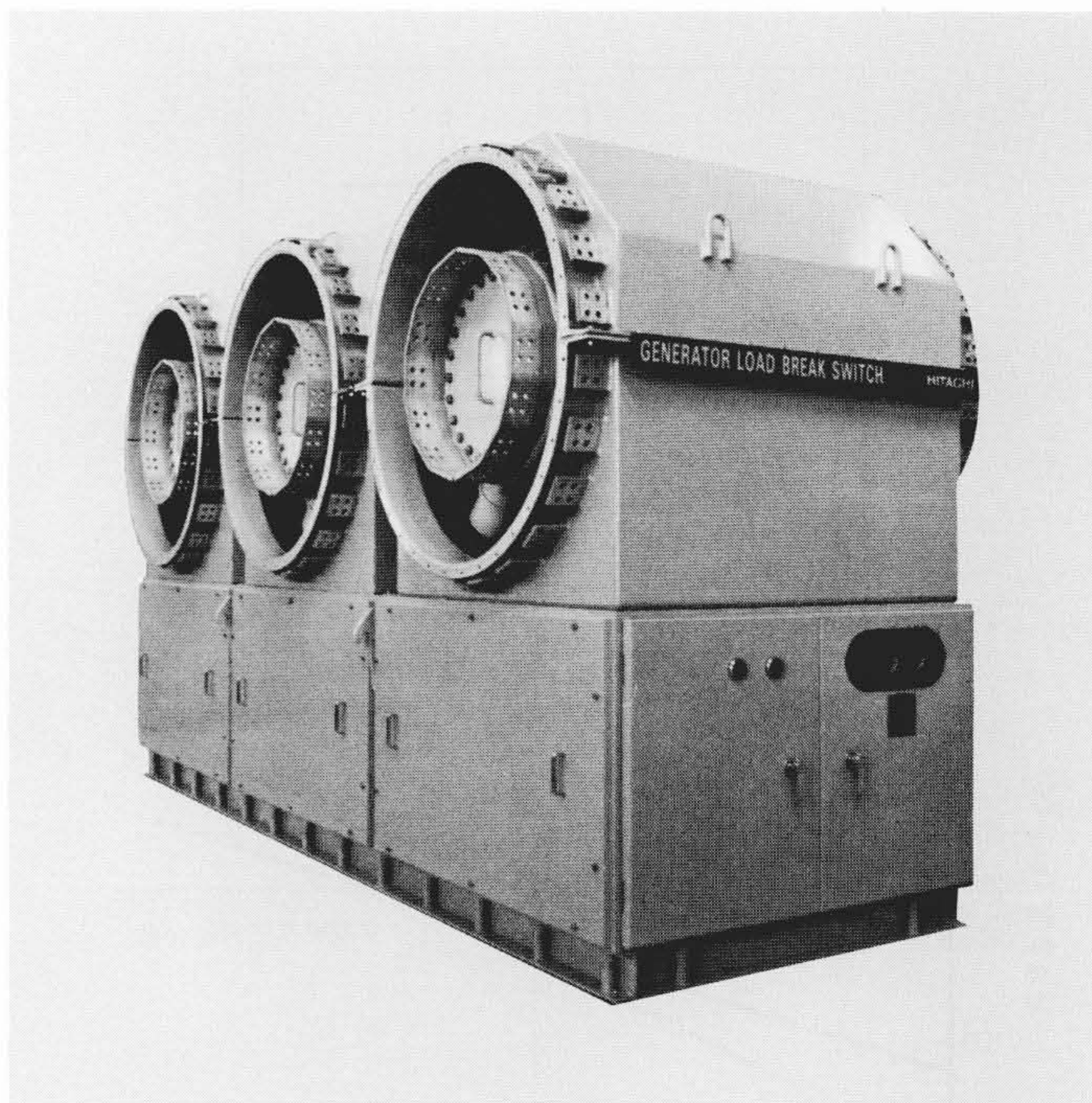


図6 24kV, 22/42kA発電機主回路用負荷開閉器 既に多数実績のある72～550kV単一圧力パuffa形ガスしゃ断器の技術を基礎として、大電流、多頻度開閉を考慮して開発した。

使用されるようになった。

低圧気中しゃ断器の過電流保護装置は、従来機械式が使用されていたが、現在では静止形が使用され、信頼性が向上し、取扱いも容易となっている。

4.3 MCC(モータコントロールセンタ)

従来、日立製作所MCC(モータコントロールセンタ)の短絡容量は15kAであり、回路短絡容量に対する不足分を補うため受電端に限流リアクトルを設けていたが、MCCの短絡容量耐量が30kAに増大したことによって、多くの場合、限流リアクトルが不要となるので、据付面積の節減効果及び経済的效果が大きい。

一方、MCCの構造改良によってユニットは小形化され、段積数が増加したので、列盤面数を節減し、据付面積を縮小することができる。

4.4 発電機主回路用負荷開閉器

日立製作所では、これまで24kV, しゃ断電流63kA, 短時間電流125kA, 定格電流10～16kAの発電機主回路用負荷開閉器を製作し、既に水力発電所などに実績をもっている²⁾。今回、定格電流22kA(自冷)・42kA(風冷), 短時間電流250kAのSF₆ガス負荷開閉器を開発したので、大容量発電プラントの設備合理化をいっそう推進することができる。

発電機主回路用負荷開閉器は、しゃ断部を各相分離した接地タンクに収納し、これらを操作器を内蔵した架台上に固定したもので、相分離母線と直結可能な構造として小形・軽量化を実現している。

しゃ断動作は圧縮空気により、また投入動作はしゃ断中に蓄勢された投入ばねのエネルギーにより行なわれ、三相一括で操作される。

しゃ断部には5atgのSF₆ガスが封入され、しゃ断時にピストンで圧縮したSF₆ガスを接触子間に吹き付ける単一圧力パuffa形しゃ断部を採用している。

各相タンクはアルミニウム製で、相分離母線のシースと電

氣的に接続され、シース電流が流れる。しゃ断部の両端には主回路端子が設けられ、しゃ断部は支持がい子によってタンクから絶縁されている。

発電機主回路用負荷開閉器には直列に断路器が設けられ、しゃ断後の極間絶縁を保持する構成となっている。断路器は負荷開閉器と同一の外形寸法をもっており、同一条件で相分離母線と接続される。

断路部接触子は、電動操作によって動作する構造である。

図6に発電機主回路用負荷開閉器の外観を示す。

5 結 言

以上、新しいシステムの大容量石炭燃焼発電プラントや複合発電プラントについてのソフトウェア面(所内電気設備としての計画理念)と、ハードウェア面(6.9kV, 63kAメタルクラッド配電盤, 24kV, 250kA発電機主回路用負荷開閉器など)について述べた。本電気設備構成は、発電所の設置スペースの縮小化や設備投資資金の軽減化のニーズに即応できるようなシステム計画と、ハードウェア仕様の実現を可能とした。

火力発電システムの大容量化、石炭燃焼プラントの採用、複合発電プラントによる高効率運用などの傾向は、今後も続くものと考えられ、所内電気設備に対する最適なシステム計画の要求は、ますます増大してゆくものと思われる。

日立製作所は、ソフトウェア仕様に適合したハードウェア開発を積極的に推進し、ソフトウェア・ハードウェアの総合力を発揮して、最適な所内電気設備機器構成を提供するように今後ともよりいっそうの努力を重ねてゆく考えである。

参考文献

- 1) 吉川, 外: 原子力発電所用大容量真空しゃ断器2段積メタルクラッド配電盤, 日立評論, 64, 8, 579～584(昭57-8)
- 2) 白水, 外: 発電機主回路用ガスしゃ断器, 日立評論, 62, 3, 175～180(昭55-3)