

7.2/3.6 kV 250 MVA 600-2,400 A 小形磁気遮断器

7.2/3.6 kV 250 MVA 600-2,400 A Compact Size
Magnetic Type Circuit Breakers

小林 哲 郎* 中 野 清 蔵* 畠 山 昌 三*
Tetsuo Kobayashi Seizō Nakano Shōzō Hatakeyama
飯 田 繁 樹* 吉 岡 芳 夫**
Shigeki Iida Yoshio Yoshioka

要 旨

さきにエポキシレジンがい子を採用した 7.2/3.6 kV, 150 MVA 定格の超小形磁気遮断器について報告したが、今回この遮断器と同一寸法および重量で 7.2/3.6 kV, 250 MVA 定格の小形・高性能の磁気遮断器の製品化に成功した。
アークシュートには 2 重コイル方式とロ形磁鉄板を採用し、磁気駆動力を強化する一方、アークを制御する特殊消弧板の積み重ねにより遮断性能を向上し、アークシュートの小形化を図った。
遮断性能は回復電圧 100% で検証され、脱調および異相地絡遮断も可能である。

1. 緒 言

近年電力需要の増大とともに受配電設備はますます小形化、高性能化していく傾向にある。これに対処するため、さきに BMH-15A 形 7.2/3.6 kV 600-1,200 A 超小形磁気遮断器 (以下 MBB という) を開発し、すでに数多くの運転実績を有しているが、このたびこれにひきつづき、この MBB と同一寸法・重量で 7.2/3.6 kV, 250 MVA 定格を保証できる超小形・高性能の BMH-25 形 MBB 系列を完成した。
すでに MBB は油なし遮断器としての安全性や、保守の簡便さが

認められ、電力会社や大口需要家において多数使用されているが、本器は容積、重量とも従来の同定格品の 40% 以下に縮小され、かつ取り扱いが容易なため、一般需要家への広範囲の使用が期待される。
以下本器の構造と小形軽量化のために行なった研究、試験の結果について大略を報告する。

2. 定 格 と 仕 様

表 1 に新系列 MBB の定格と仕様の一覧表、図 1 に従来形と本器の外観の比較を、また表 2 に寸法および重量を示す。

表 1 定 格 お よ び 仕 様

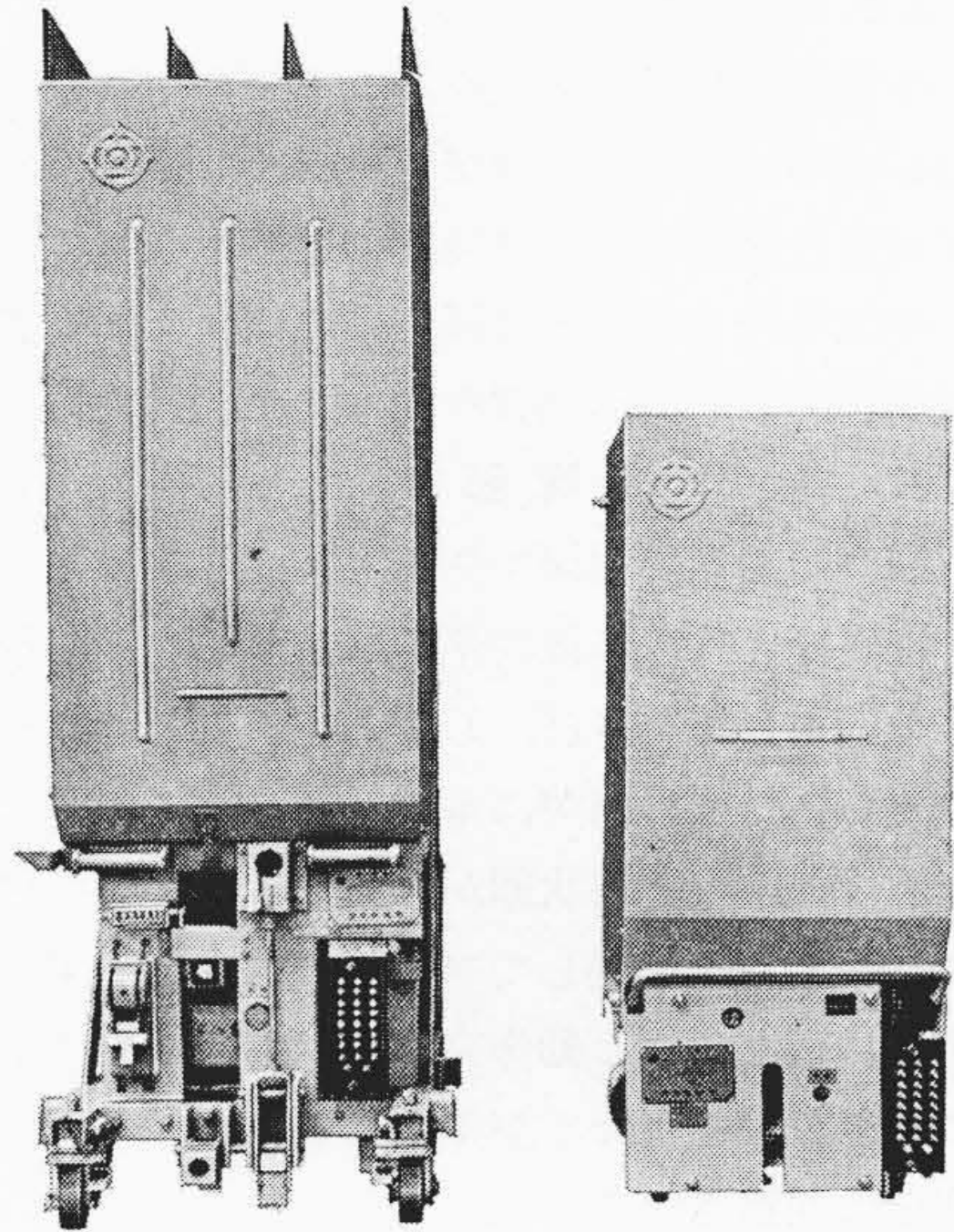
形	式	定格電流 (A)	定格電圧 (kV)	定格遮断 電 流 (kA)	定格投入 電 流 (kA _p)	定格遮断 容 量 (MVA)	商用周波 試験電圧 (kV)	衝 撃 波 試験電圧 (kV)	定格遮断 時 間 (サイクル)	定格投入 時 間 (秒)	適 用 規 格
BMH-25 メ タ ク ラ 内 蔵	MA	600	3.6	24.1	45.0	150	22	60	5	0.4	JEC-145 電力規格 B-112
			4.16	21.0	57.0						
			7.2	20.0	54.7						250
(BH-25) キュービクル内蔵 単 独 据 置		1,200	3.6	40.1	109.3	250					
		2,000	4.16	35.0	95.0						
		2,400	7.2	20.0	54.7						

表 2 磁気遮断器の寸法、重量および従来品との比較

定 格			外 形 寸 法 (mm)			重 量 (kg)	従来品との比較 (従来品を100とした場合の比較)	
電 圧 (kV)	遮断容量 (MVA)	電 流 (A)	幅	奥 行	高 さ		容積比 (%)	重量比 (%)
7.2/3.6	250/150	600	450	685	1,200	230	34	35
7.2/3.6	250/250	1,200	550	685	1,340	350	38	38
		2,000	550	685	1,340	390	38	39
		2,400	550	685	1,340	400	37	40

(左) 従来品 (右) 開発品
1,200A 1,200A

図1 BMH-25 形 MBB
と 従 来 形 MBB の
比 較



* 日立製作所国分工場
** 日立製作所日立研究所

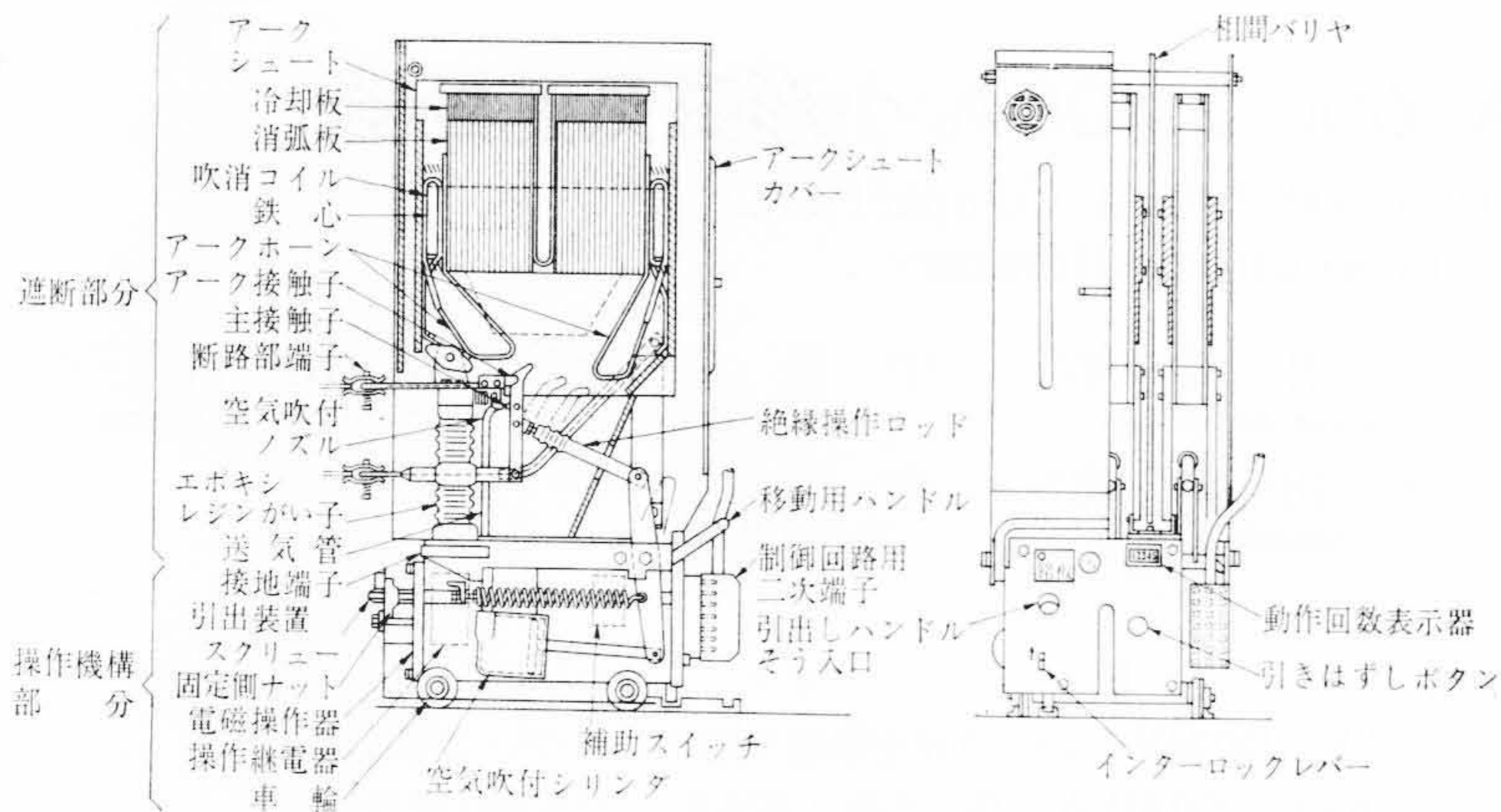


図2 BMH-25形MBBの構造図

3. 構造と動作

図2は本器の構造を示したものである。

本器の基本的な構造は既開発のBMH-15A形と同じで、フレームを兼用した操作機構部のうえに3本の水平導体付エポキシレジンがい子を固定し、そのうえにアークシユートを配置して小形、軽量化を図ったものである。

本器にはメタルクラッド内蔵用のBMH-25形と、キュービクル内蔵用または単独据置用のBH-25形の2種類あるが、制御回路用二次端子が用途に従って自動連結、手動連結があるほかは同一構造であり、ハンドルをまわして本体を移動させ断路部主回路端子を開閉する水平引出形の遮断器である。

3.1 遮断部

各相の接触子および、断路部端子は操作機構部のうえに立てられた3個の多ひだ形エポキシレジンがい子によってささえられ、可動子は絶縁操作ロッドを介し下部の操作機構によって開閉される。

アークシユートは接触子上部に配置され、両端に磁気吹消コイルを有し、特殊ジルコン磁器の消弧板を2群に分けた構造である。アークシユート上部には冷却板をもうけ、イオン化された高温のガスを冷却して排出するので、外部での閃絡は防止される。

3.2 接触子

主接触子は銀接触のバット形、アーク接触子は耐弧メタル（銀タングステン）を銀ろう付けしたクリップ形である。

MBBは遮断性能がすぐれているため、アーク時間が1サイクル以下と短く、大電流の開閉あるいは多数回の開閉にもほとんど接触子の交換の必要がない。

3.3 空気吹付シリンダ

小電流遮断時は磁気吹消コイルの作る磁界が弱く、アークの駆動力が小さいために、空気吹付シリンダにより接触子間に空気の吹き付けを行なってアーク時間の短縮を図っている。

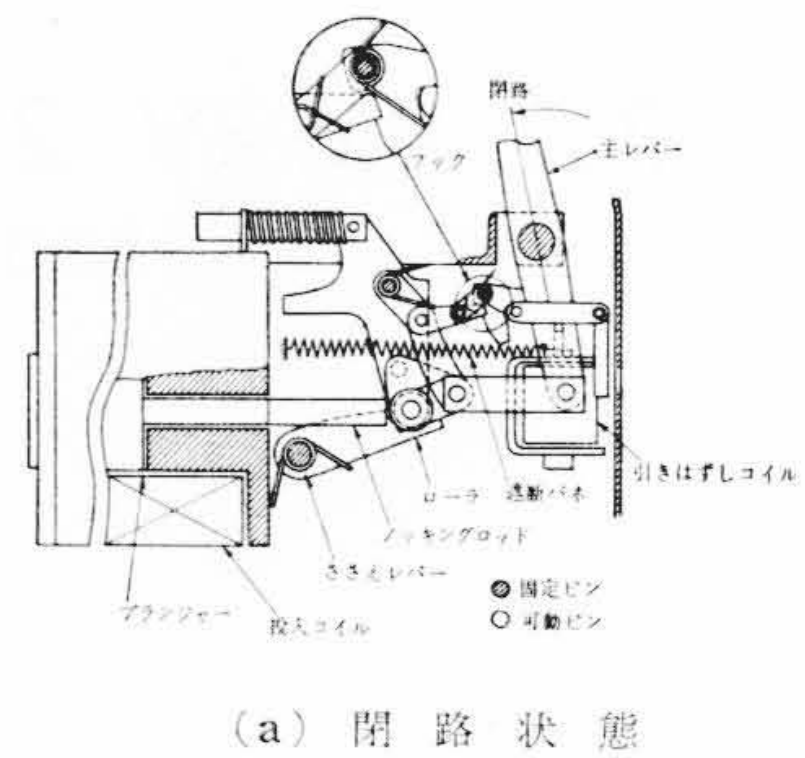
空気吹付シリンダは操作器の側面に配置され、開路時に空気がエポキシレジンの送気管を通して吹き付けられる構造である。

3.4 操作機構部

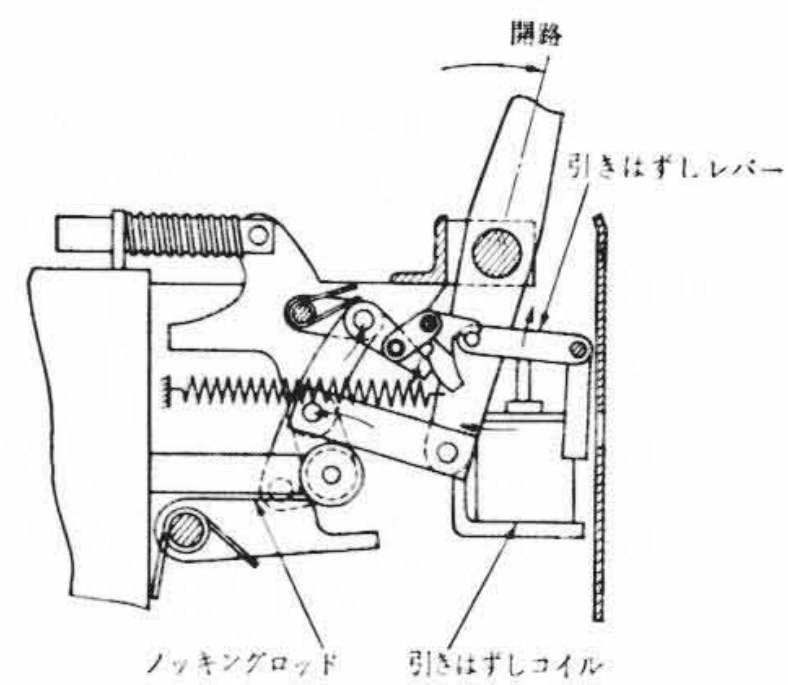
図3は動作説明図である。

電磁操作式操作機構部には数多くの実績を有している従来の操作器を適用した。さび、じんあいに対してはじゅうぶん考慮してあるので高ひん度の開閉にも、低ひん度の開閉にも信頼性が高い。

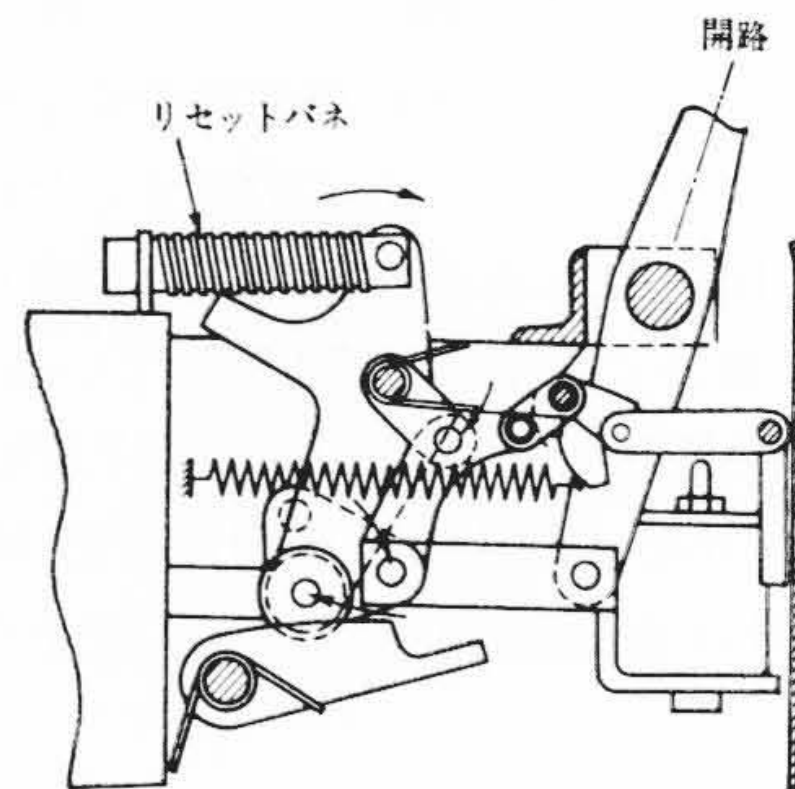
図3(a)の開路状態から、引きはずしをするには直流分路引きはずしコイルを励磁してフックの係合をはずし、遮断バネの力で開路する。引きはずし動作完了後、可動部分は小電流遮断のため、空気の吹き付けを行なう空気吹付シリンダのダッシュポット作用により完全に制動される。



(a) 開路状態



(b) 引きはずし自由状態



(c) 開路状態(リセット状態)

図3 操作機構動作説明図

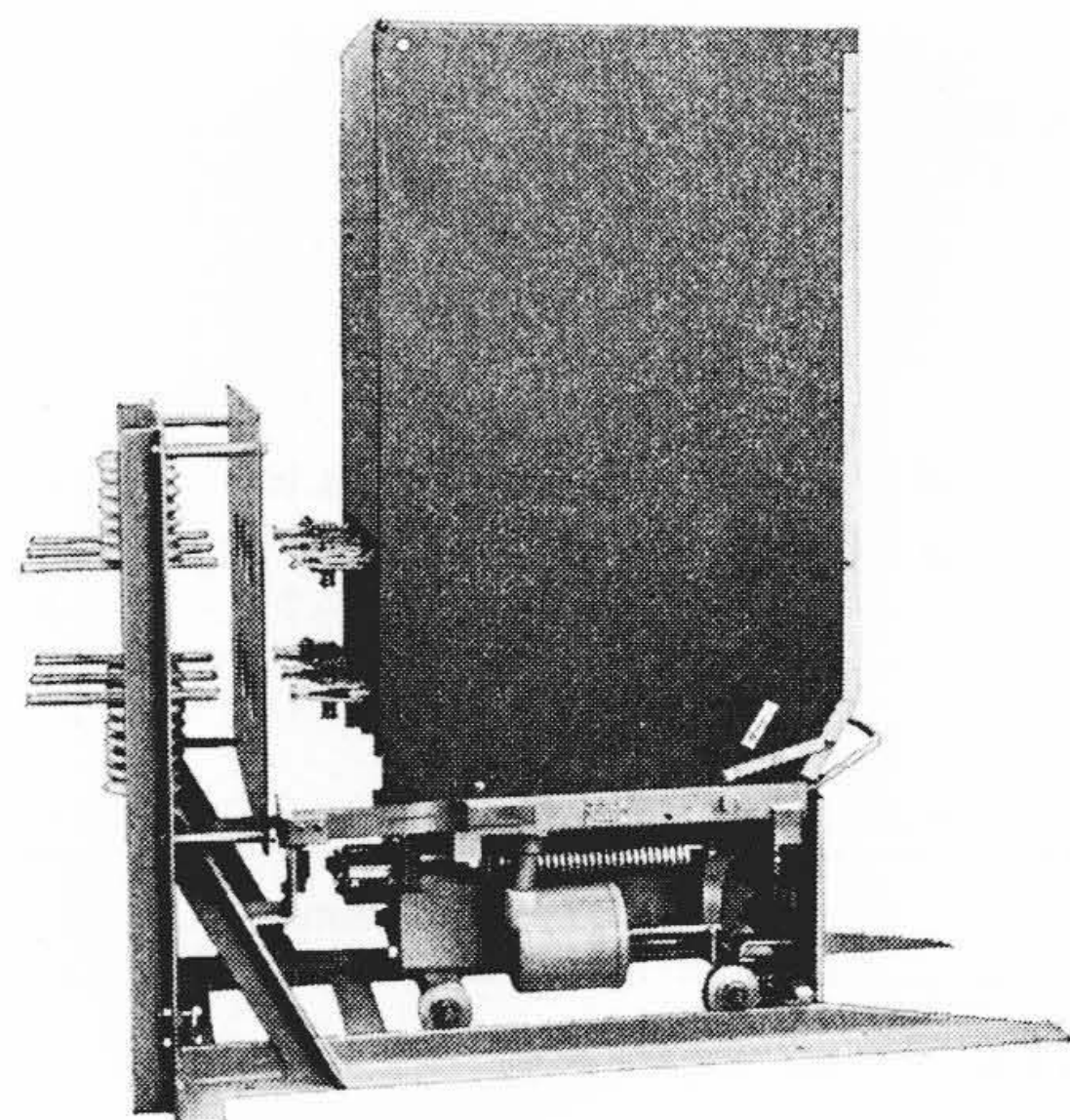


図4 主回路自動連結用固定フレーム

(c)の開路状態から閉路状態に移行するには、投入コイルを励磁する。閉路状態ではリンクはささえレバーでささえられ、投入動作完了後投入操作電流は自動的に遮断される。

この機構は機械的引きはずし自由機構で投入動作中のいかなる状態でも引きはずしができる。

操作用のバッテリーがない場合にはセレン整流器による投入が可能であり、また引きはずしはコンデンサ引きはずしができる。

本器をメタルクラッドに内蔵して使用する場合以外でも、図4に

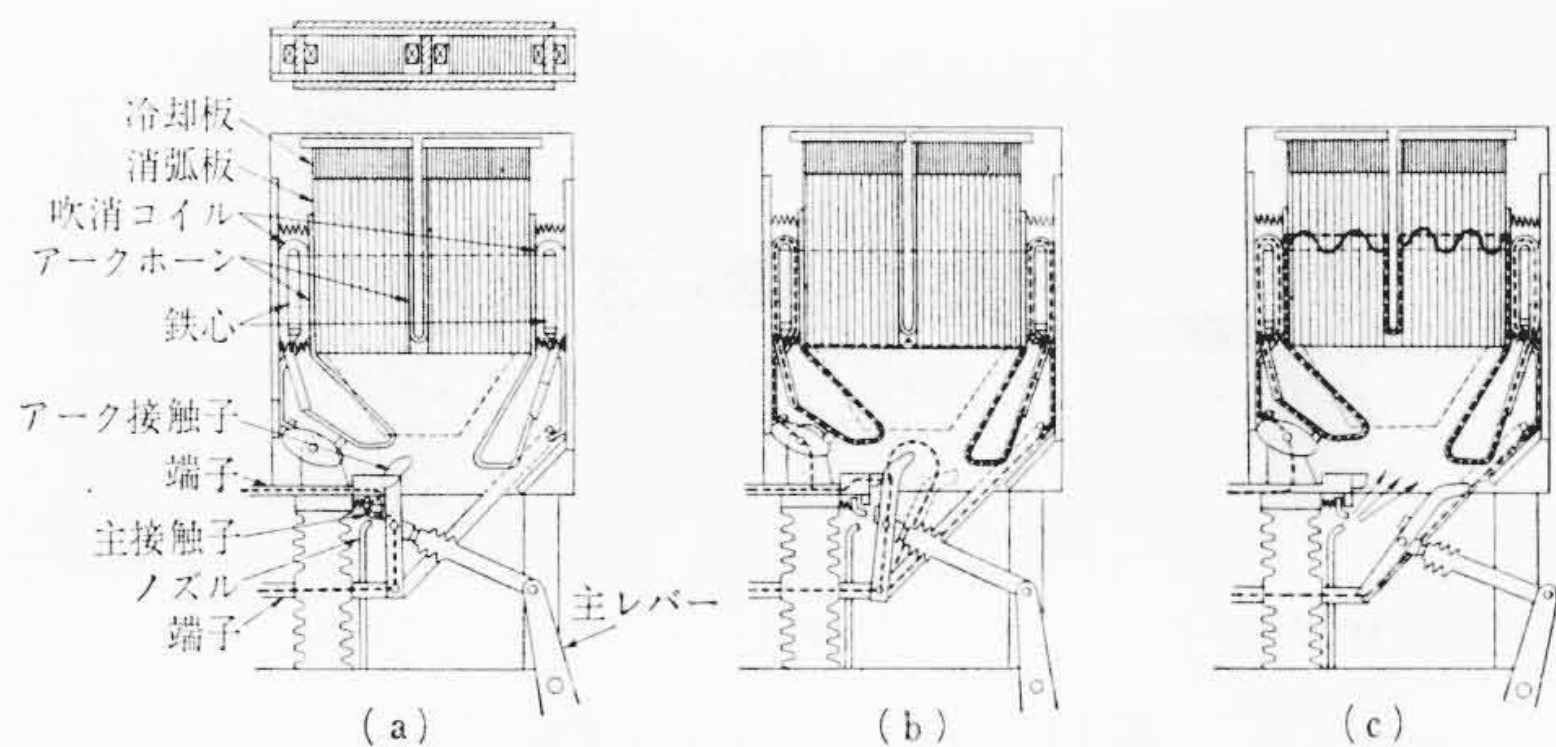


図5 遮断過程

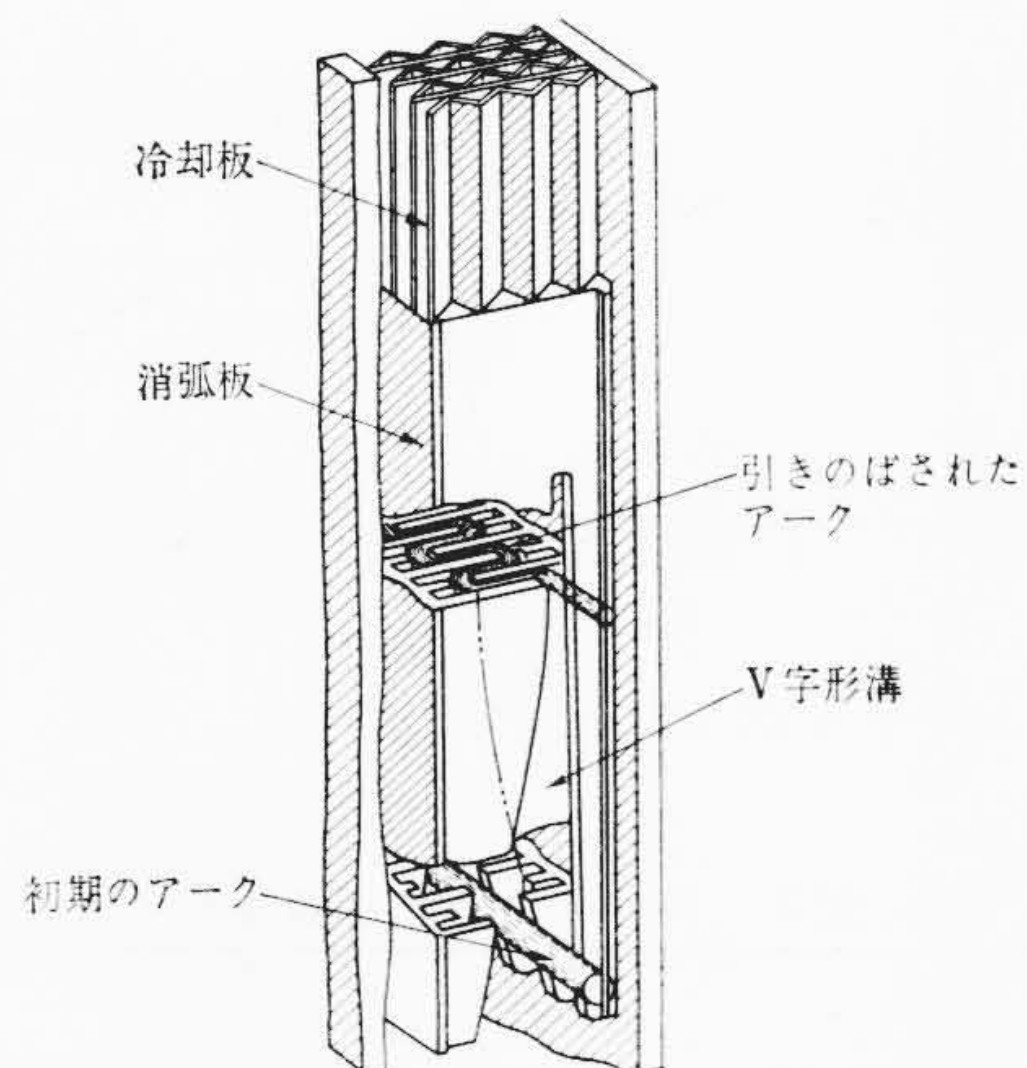


図6 アークシェートの断面

示す引出機構およびインターロックを装備した簡単な固定フレームを使用することにより、主回路断路部を自動連結することができるので、主回路自動連結式キュービクル用に製作することもできる。

4. アークシェートの小形化

MBBの消弧原理は短絡電流で吹消磁界を発生させ、アークを図5および図6に示すように消弧板のジグザグ間げきに強制的に押しこみ、アークを引きのばしながら冷却し、アーク電圧を高めて消弧する方式である。

従来のMBBは電圧敏感形の遮断器として知られており電圧的に過酷な脱調遮断や異相地絡遮断は不可能であった。またMBBの対電圧遮断特性（電圧-電流特性）は

$$V^3 \sim I = \text{一定}$$

ここに、 V ：回復電圧

I ：遮断電流

の関係がある。このため電圧が高くなるにつれて大形の消弧板の積み重ね枚数を増加するため、アークシェートが大形化する結果をまねいていた。これらのアークシェートを大幅に小形化するため、アークの駆動方式について検討した。

4.1 2重コイル方式アークシェート

アークの駆動磁界を強化し、かつ不均一な磁界の分布を改善するため、図7に示すようにアークシェートの両端に磁気吹消コイルを配置した2重コイル方式を適用し、さらに口形磁鉄板構造を採用した。図8は2重コイル方式（口形磁鉄板構造）と単一コイル方式（H形磁鉄板構造）の磁束密度と磁束分布を示したものである。2重コイル方式は単一コイル方式に比較し、磁束密度および分布とも改善されている。

4.2 アーク電圧波形

MBB遮断不能時のアーク電圧波形を分析すると、図9のB、C形で示すように、遮断直前の電流ゼロ点近傍でアーク電圧が急上昇せ

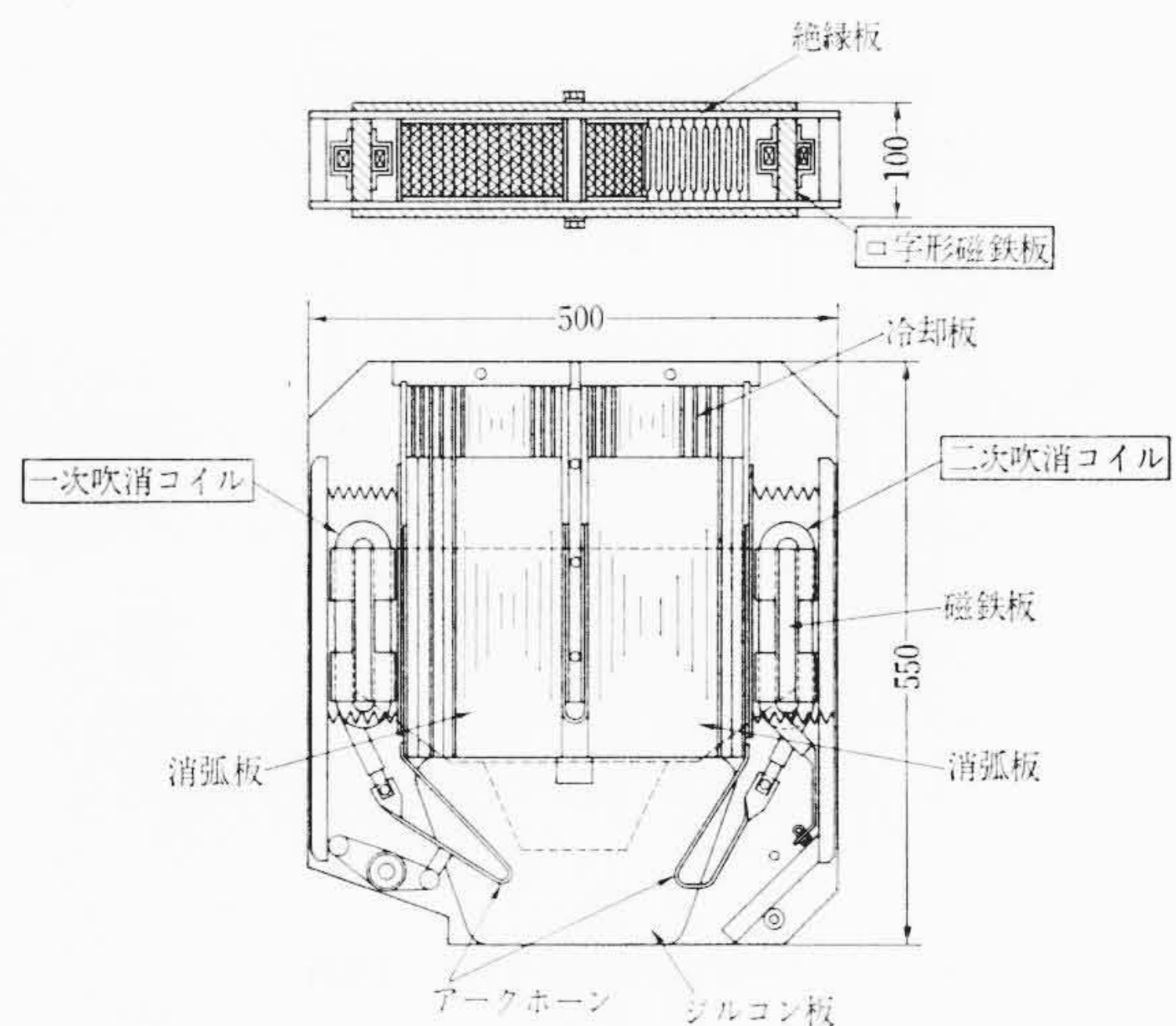


図7 2重コイル方式アークシェート構造

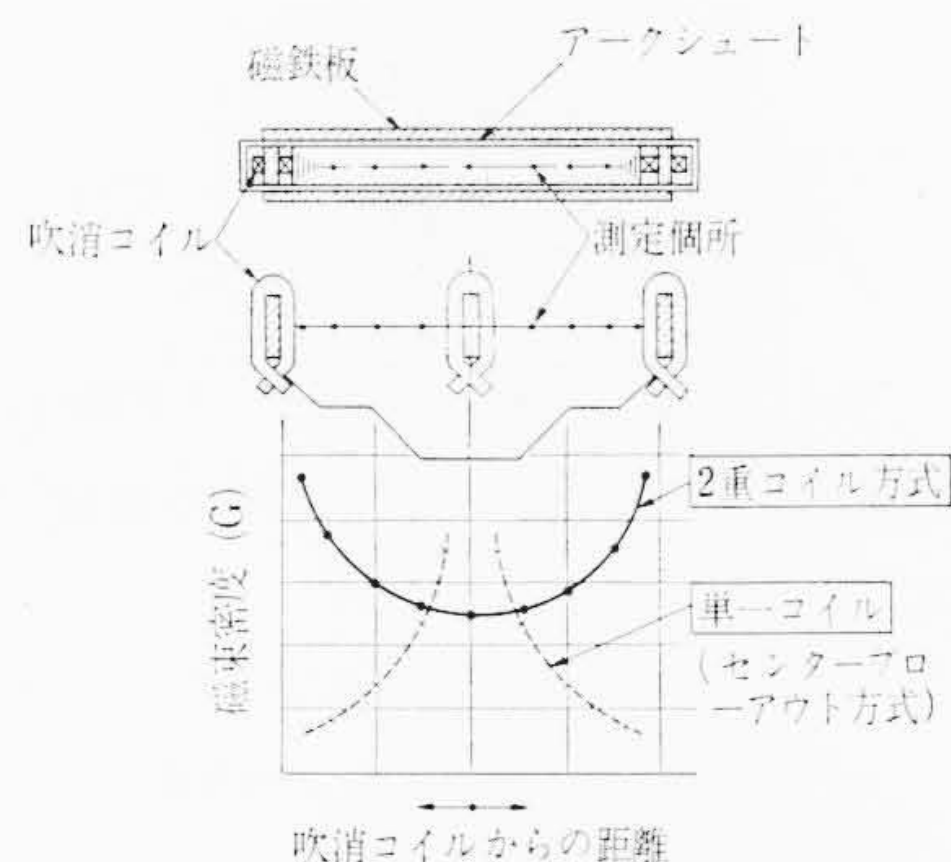


図8 2重コイル方式MBBの磁束密度と分布

アーク電圧波形	アーク電圧波形のオシログラム	アーク電圧波形の特長	備考
A形		アーク電圧の上昇が遮断電流波高値以後で始まり電流ゼロ付近で急速に上昇する。	理想的なアーク電圧波形
B形		アーク電圧の上昇が遮断電流波高値以前に始まり最大値に達したのち、停滞または低下する。	アーク電圧が停滞する例
C形		2半波にわたって明りょうなアーク電圧が現われるがB形のように停滞する。	

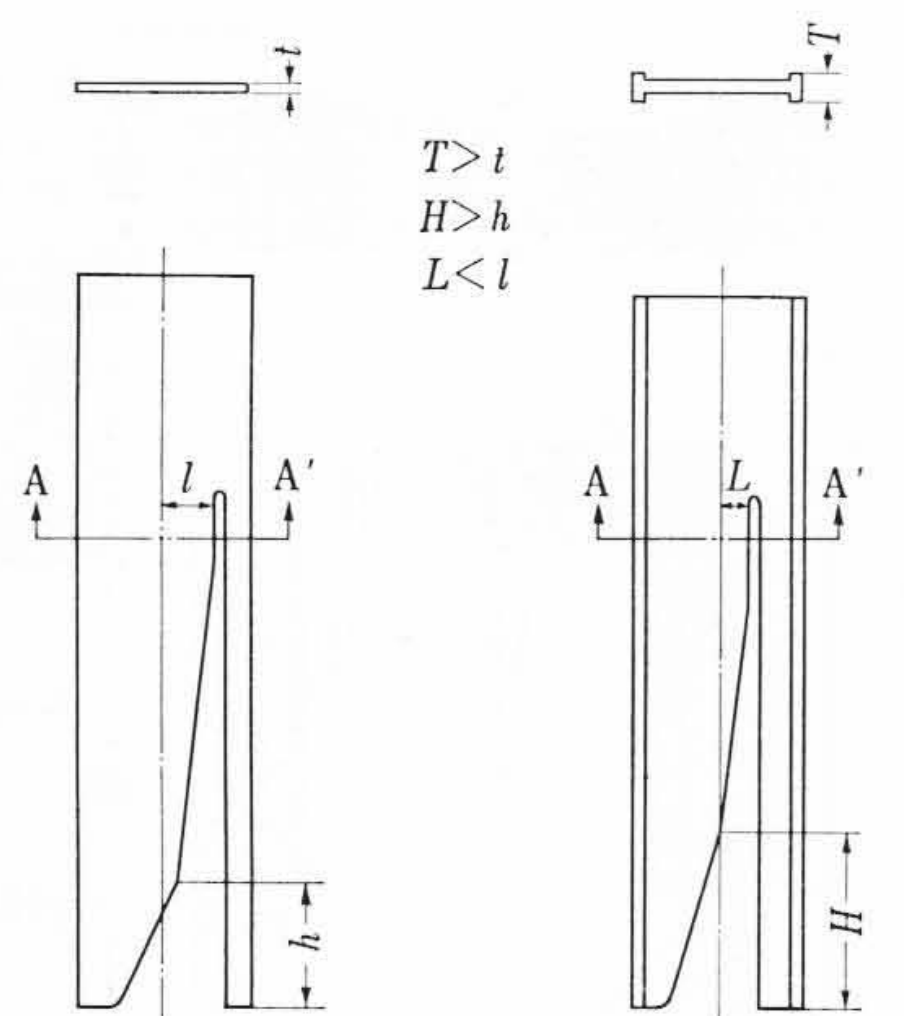
図9 アーク電圧波形

ず、停滞もしくは波高値前にアーク電圧が立ちあがり、電流ゼロを迎えるまでに最大値に達している。

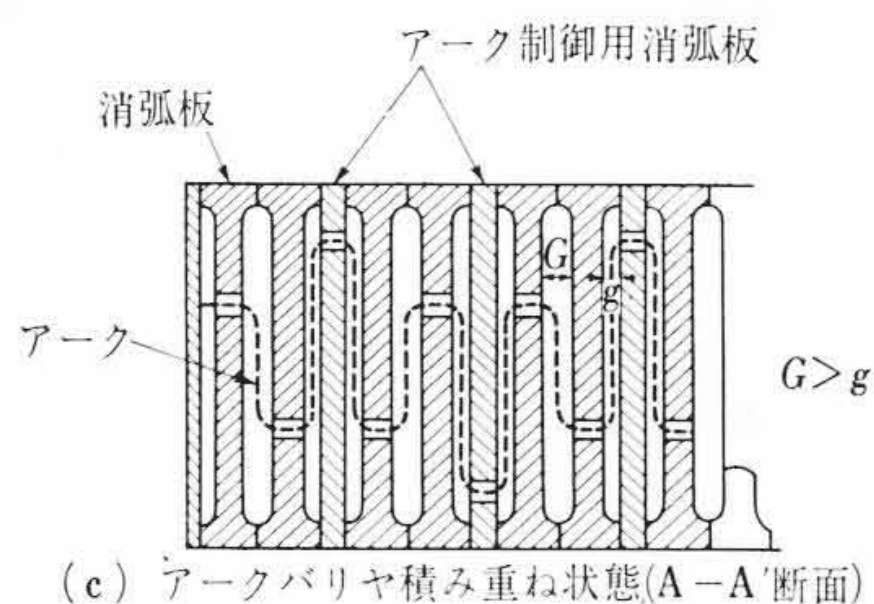
アーク電圧の理想的な波形は図9のA形で示されるが、アーク電圧の立ちあがり電流波高値以降で始まり、遮断直前の電流ゼロにいたるまで上昇をつづける波形である。

4.3 アーク制御用消弧板

理想的なアーク電圧波形をうるためには、じゅうぶんなアークの



(a) アーク制御用消弧板 (b) 消弧板



(c) アークバリヤ積み重ね状態(A-A'断面)

図10 アークシュートの消弧板の形状

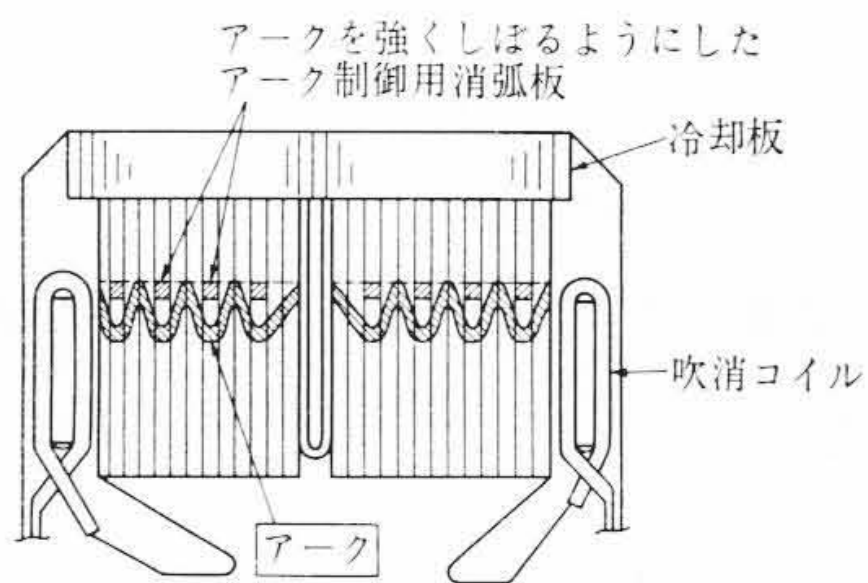


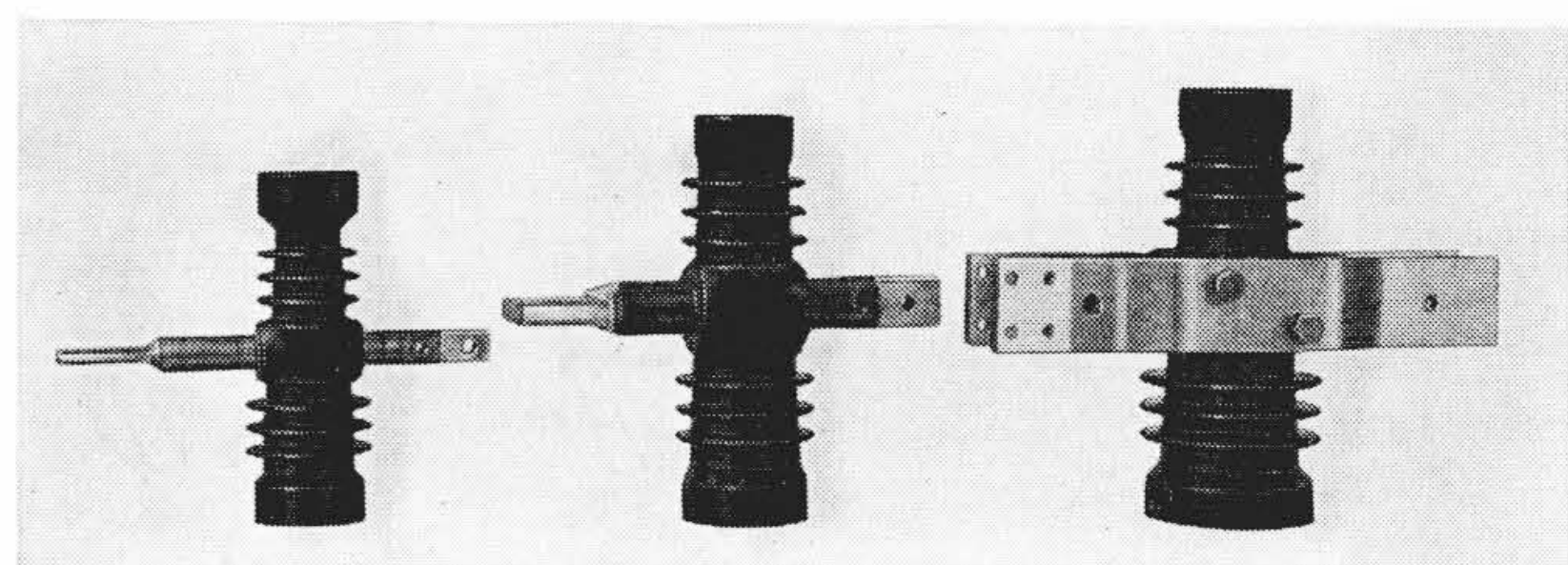
図11 アーク制御用消弧板によるアークの三次元的なひきのばし方

磁気駆動力と消弧板の冷却性能が要求されるが、アークシュートを小形化すると、どうしても消弧板のアーク長および冷却面積の減少はまぬがれない。

最も効果的にアークを冷却する方法として、2重コイル方式によりアークの磁気駆動力を強化する一方、図10に示すように従来の消弧板のみぞ形状と異なり、アークの絞り効果の大きいアーク制御用消弧板を従来の消弧板の間に適宜にそう入し、アークを制御する方法を適用した。すなわちアーク制御用消弧板によりアークエネルギーが大きくかつ弧心の太さが大きい電流波高値付近では、むしろ消弧板の奥にはいるアークを一時的に抑制し、アークエネルギーが小さく弧心の太さが小さい電流ゼロ付近で、始めてアークを消弧板の奥まで強制的にひきのばし、冷却する方式である。またこのアーク制御用消弧板により、図11に示すようにアークシュートの奥の方向にもジグザグ形状にのびる、三次元的なひきかたをするためアーク長はさらに長くなり、冷却効果が增加する。このため7.2/3.6 kV 150 MVA, BMH-15A形とほぼ同一消弧板枚数でアークシュートを設計することができ、大幅なる小形軽量化が可能になった。

5. エポキシレジンがい子と導体

図12は600-2,400Aの水平導体付エポキシレジンがい子の外観である。エポキシレジンがい子については従来のBMH-15A形ですでに2,000本に達する使用実績を有している。



600A 1,200A 2,400A

図12 エポキシレジンがい子

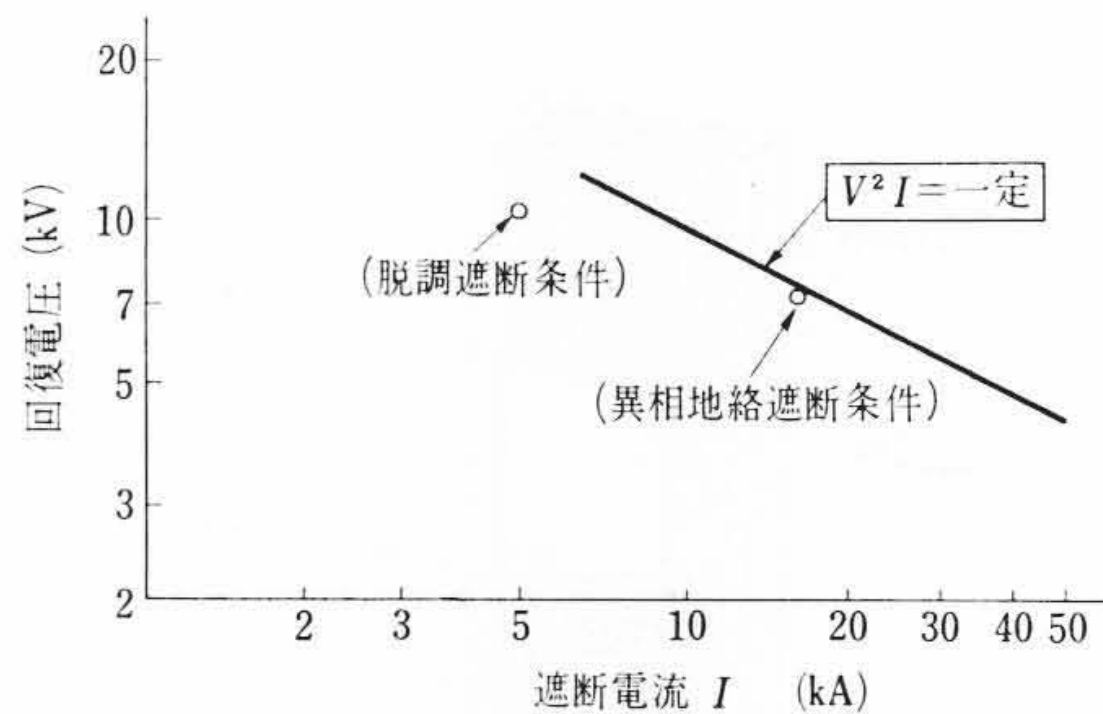


図13 電圧-電流特性

表3 特殊条件下の遮断条件

条 件	条 件 (单相)		備 考
	回復電圧 (kV)	遮断電流 (A)	
特殊遮断			
異相地絡	$\sqrt{3}E$ (7.2)	$0.87I$ (17,000)	電力用規格 B-112
脱調遮断	$2.5E$ (10.4)	$0.25I$ (5,000)	IEC規格—非有効接地系

(E: 相電圧 I: 定格遮断電流)

2,000A以上は導体のサイズが大きくなるので2枚の導体でレジンがい子をはさむ構造にした。

エポキシレジンはずでに電力機器に多数使用されているが、本器のレジン高温多湿のわが国の風土にも耐えるよう耐トラッキング性がすぐれ、かつ機械的強度の大きい材料である。

6. 諸特性試験

本器はずでに、昭和43年4月超高压電力研究所武山研究所において、規格BS-3659を適用し、6.6/3.3 kV 250 MVA 定格の遮断性能が検証されている。同時に形式試験はJEC-145, B-112 (電力規格), IEC-56 および BS-3659 に合致して実施された。このほかUSAS-C.37の4.16 kV 250 MVA 定格をも満足することが確認されている。

6.1 開閉試験

定格操作電圧のもとで3万回(規格の寿命1万回)の連続開閉試験を行なったが、フックの先端にわずかの摩耗がみとめられたほか、開閉時間の変化も1 ms以下で、遮断器として長寿命であることが確認された。

6.2 短絡試験

(a) 遮断試験

図13は本器の対電圧遮断特性を示したものである。

遮断特性は $V^3 \sim 4I = \text{一定}$ の関係から $V^2 I = \text{一定}$ の関係に改善されており、表3に示す異相地絡および脱調遮断などの電圧的に過酷な特殊条件下の遮断も可能になった。

図14および図15は代表的な遮断試験時のオシログラムを示したものである。本器の遮断試験時の回復電圧は100%以上であり、また4.0 kVで50 kAの遮断に成功している。これらの試験結果

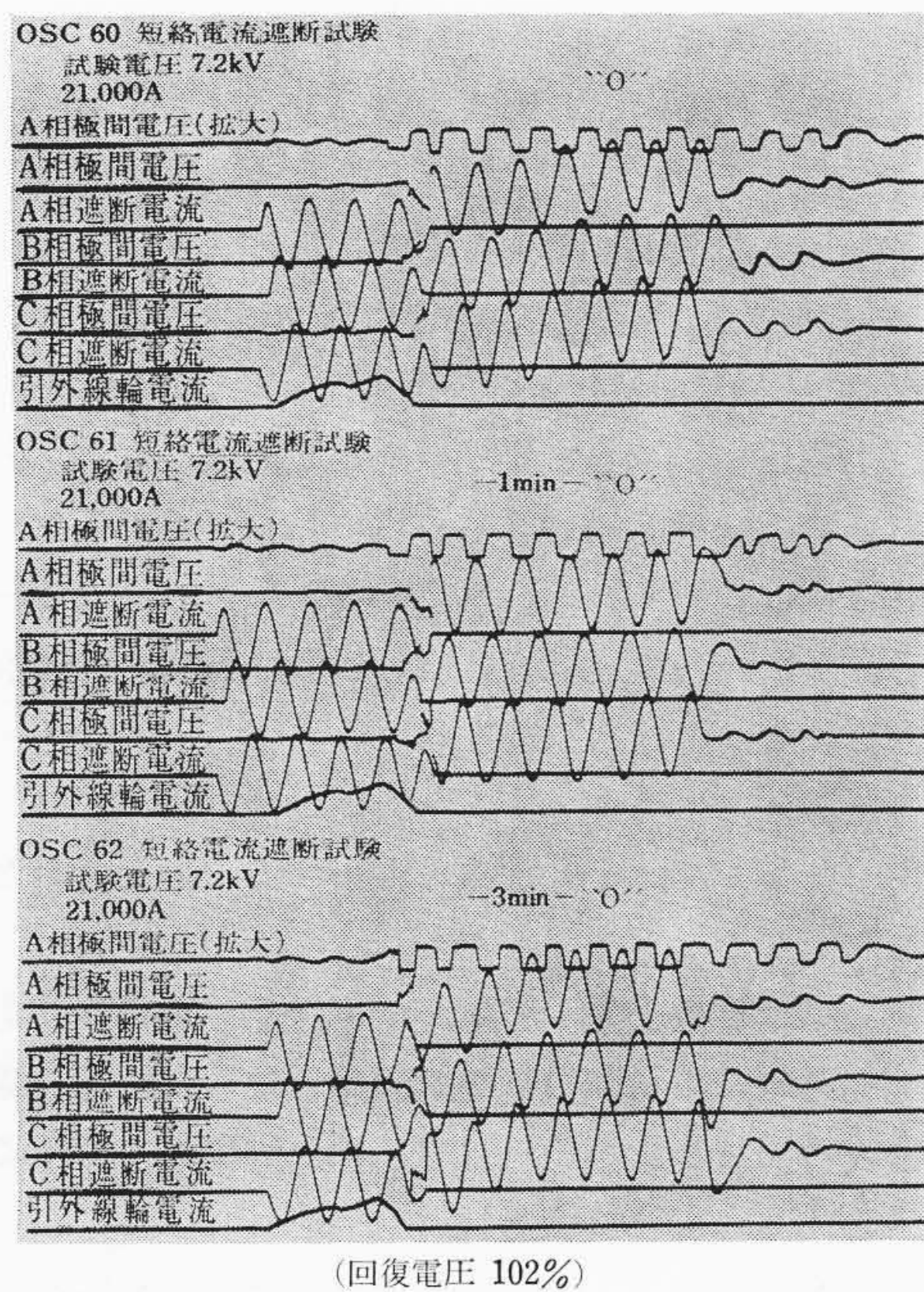


図 14 7.2 kV 250 MVA, 0-1 分-0-3 分-0
遮断試験オシログラム

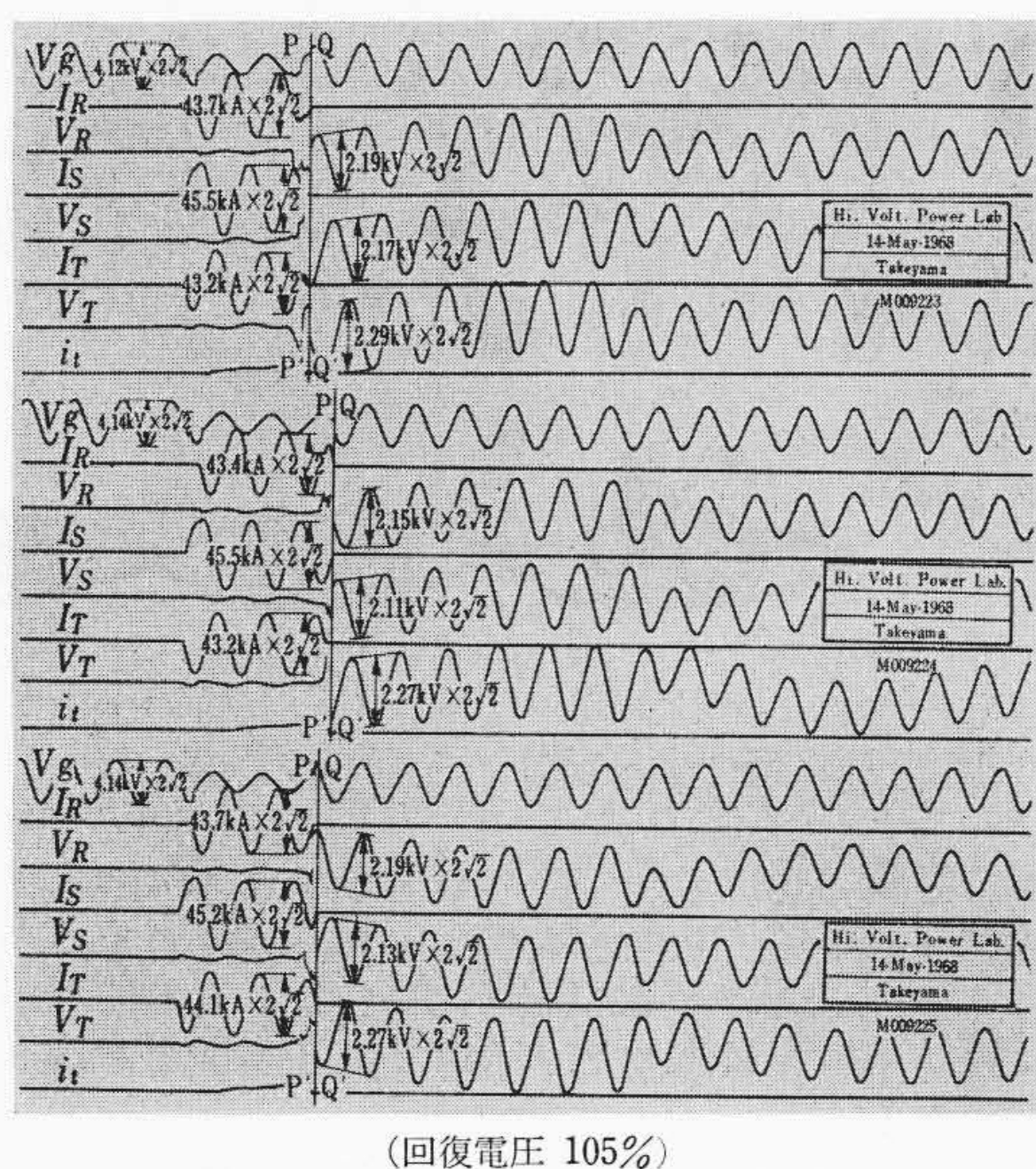


図 15 3.6 kV 250 MVA, 0-1 分-0-3 分-0
遮断試験オシログラム

からアークシュートを小形化したにもかかわらず遮断性能にじゅうぶんな余裕を有していることが確認された。

(b) 投入試験

図 16 は投入操作電圧 80% で投入電流 127 kAp の投入試験に成功したオシログラムである。

本器は操作機の小形化により投入操作力を半減したにもかかわらず水平導体付エポキシレジンがい子を採用したこと、投入時の電磁反発力が小さいことのためすぐれた投入性能をもっている。

(c) 小電流遮断試験

図 17 は小電流遮断特性を示したものであるが、アーク時間の最大は 3.5 サイクル以下であり、空気吹付が有効に作用していることを示している。

なお、図 18 は計約 300 kA 遮断後のアーキング接触子の損傷状況であるが、アーク時間がいずれも 1 サイクル以下で短いため接触子の損傷が少なく、かつアークシュートの特殊ジルコン製消弧板の損傷程度もわずかであった。

6.3 温度上昇試験

表 4 は一例として 1,200 A の温度上昇値を示したものである。各

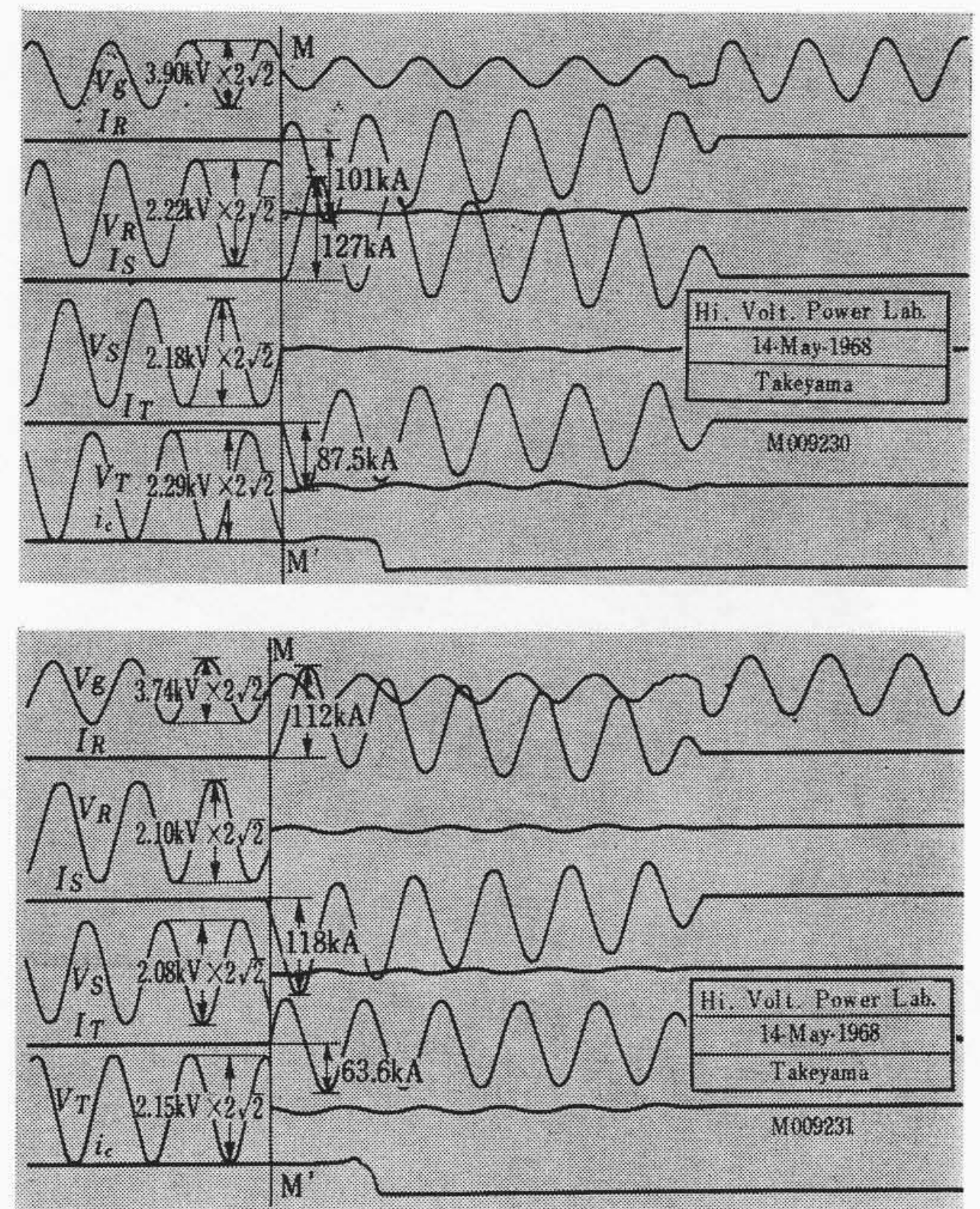


図 16 3.6 kV 112 kAp, C-3 分-C
投入試験オシログラム

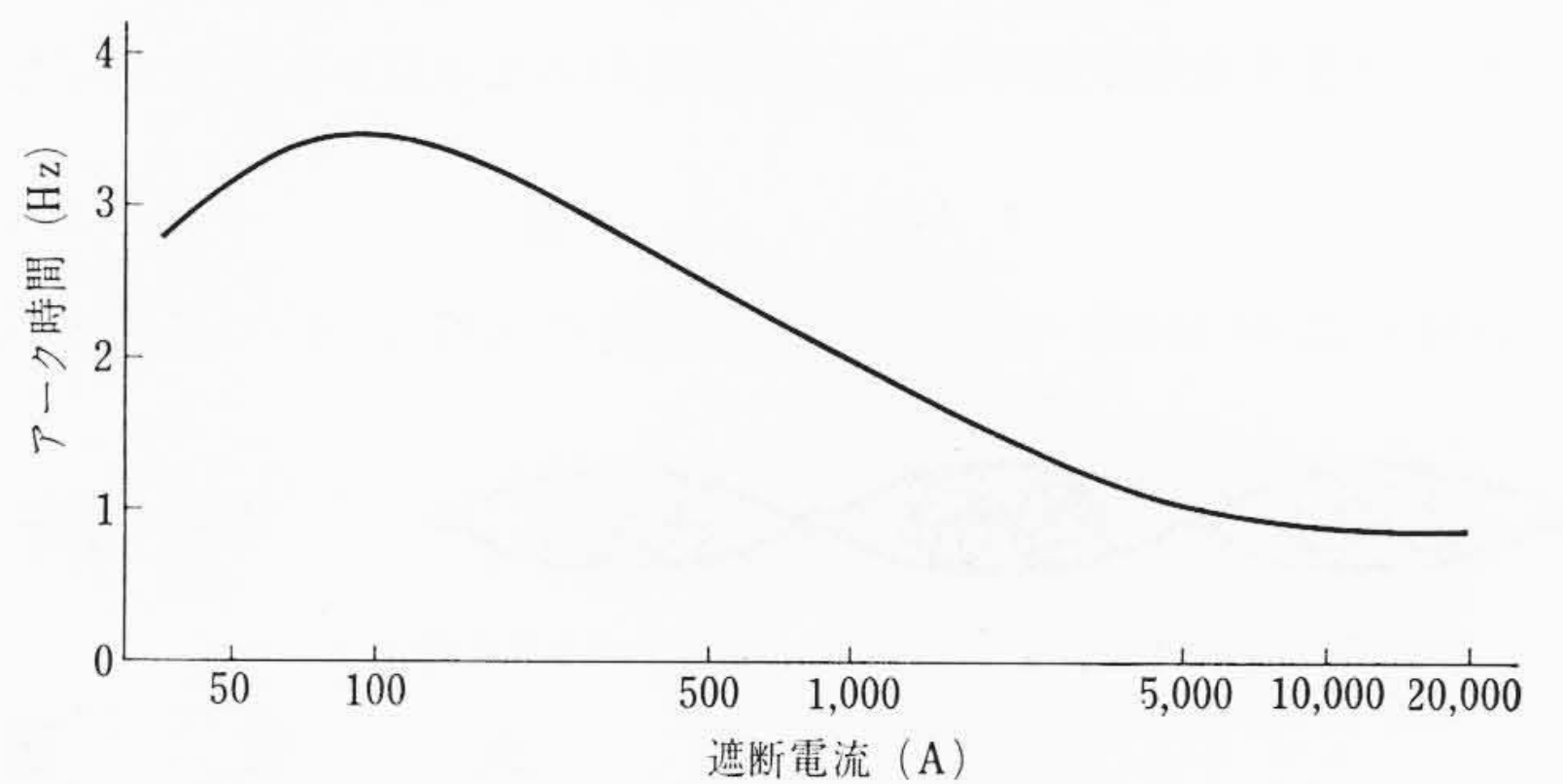


図 17 遮断特性

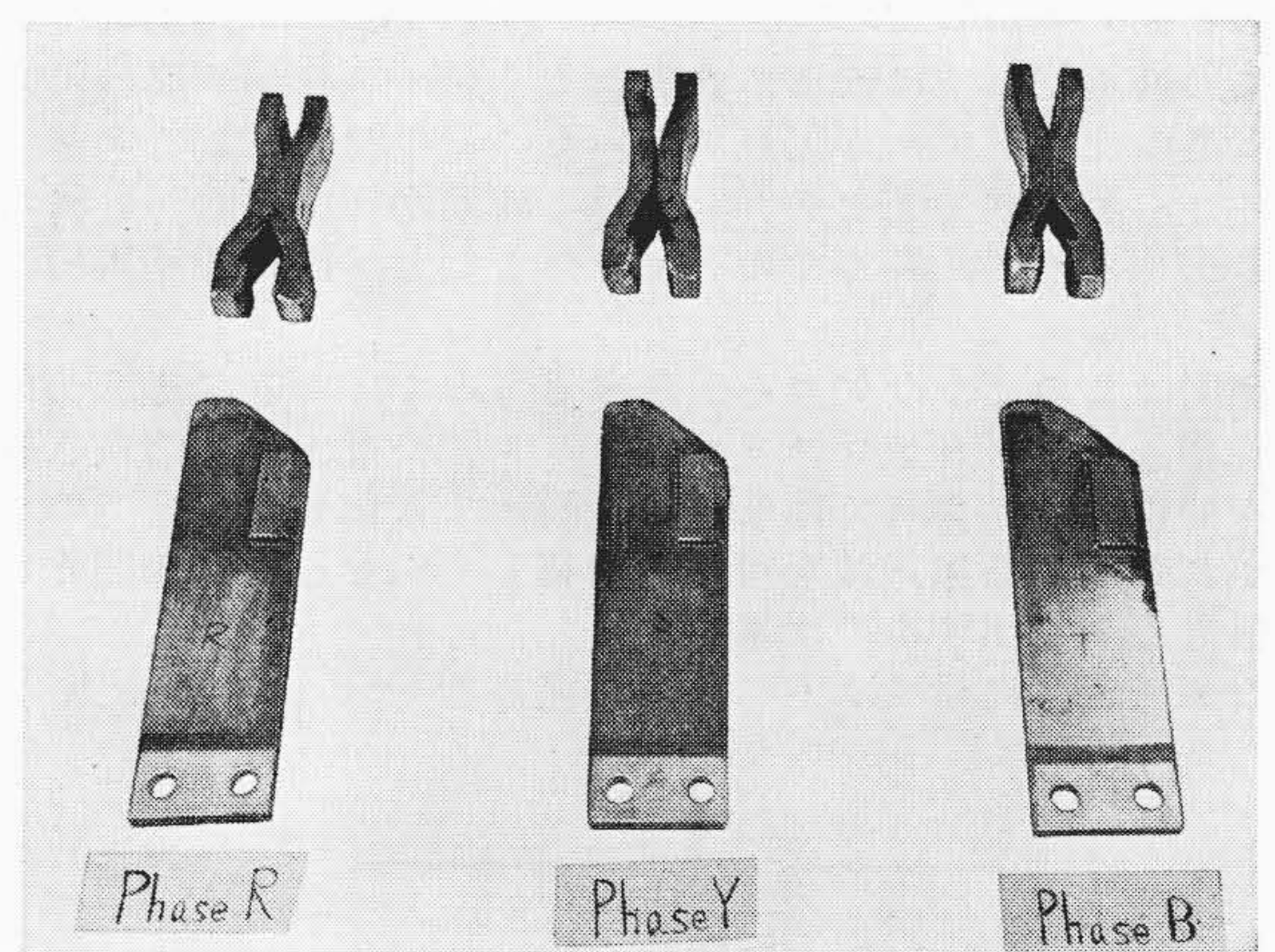


図 18 遮断試験後のアーキング接触子

表 4 1,200 A MBB の温度試験結果

測定箇所	温度上昇値 (°C)		
	A 相	B 相	C 相
主接触子	28.0	28.5	28.0
可動子ヒンジ部	27.5	28.0	28.0
断路部端子	上	27.0	27.5
	下	27.5	27.5
支持がい子		15.0	

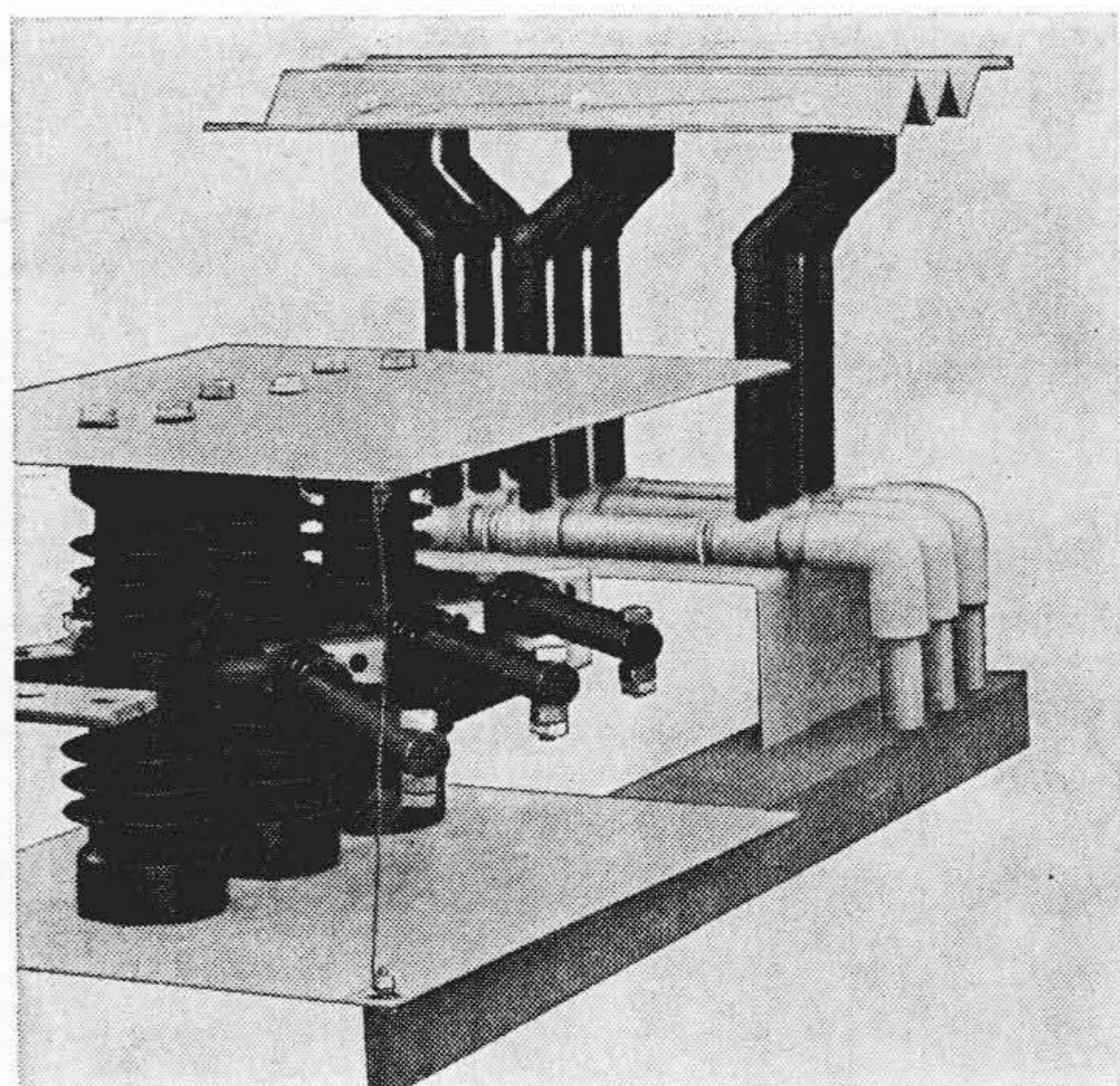


図19 エポキシレジン部品の屋外暴露試験

部の温度上昇値は 30°C 以下であり、エポキシレジン熱変形温度に対し相当の余裕がある。

6.4 エポキシレジンの試験

機械強度試験、耐汚損特性試験、冷熱試験、塩水噴霧試験などを行った。図19に示すように昭和39年3月から 6.9 kV を印加した屋外暴露試験を実施しているが、本器のエポキシレジンには、トラッキングマークを発生していない。また $-30^{\circ}\text{C}\sim+90^{\circ}\text{C}$ のサイクルをくり返す冷熱試験でも、機械的強度の劣化は認められなかった。

7. 結 言

BMH-25形 MBB の構造および、試験の大略について述べたが、

要約すると下記のとおりである。

- (1) 既開発の超小形 MBB ($7.2/3.6\text{ kV } 150\text{ MVA}$) と同一容積、重量で、従来の同定格の40%以下で $7.2/3.6\text{ kV } 250\text{ MVA}$ 定格を保證できる超小形 MBB 系列を完成した。
- (2) アークの磁気駆動力を強化するため2重コイル方式と口形磁鉄板構造を採用し、特殊消弧板のそう入によりアークを制御した結果、対電圧遮断特性を $V^2I=\text{一定}$ の関係に改善することができた。
- (3) 消弧板枚数が $7.2/3.6\text{ kV } 150\text{ MVA}$ アークシュートと同一であるにもかかわらず、脱調および異相地絡遮断も可能になった。同時に大電流遮断特性も改善された。
- (4) 水平導体付エポキシレジンがい子の採用により、磁器がい子を使用したものに比べ、寸法を縮小することができたほか、投入性能を向上することができた。

以上のように本器は小形、軽量かつ高性能の遮断器であり、最悪の使用条件を考慮して各種の特殊試験を行ない、性能を確認しているので、今後の油なし遮断器として広範な需要家の要望に応じ得るものと信ずる。

終わりに本器を開発するに当たり、絶大な尽力を賜った関係各位に対し、深く御礼を申し上げます。

参 考 文 献

- (1) 斎藤，土器屋：電気四学会連大 494 (昭41)
- (2) 斎藤：日立評論 48, 1400 (昭41-12)
- (3) 中野，今村，吉岡，佐藤：電気四学連大 600 (昭43)
- (4) 山崎，吉岡，中野，畠山：電気東京支部大会 168 (昭42)



特許第506424号 (特公昭41-9604号)

点 火 位 置

自動車の内燃機関点火装置において、同期発電機を用いてクランク軸の回転位置を検出する手段は一般的であるが、発電機に発生する電圧 e は $e=-d\phi/dt$ であるために低速回転では発生電圧が小さく、反面高速回転では内部に含まれるインダクタンス成分の影響により出力の位相がずれる欠点があった。この対策としてフォトトランジスタに照射する光をクランク軸と同期回転する遮へい板でさえぎる方法もあるが、長寿命の光源を得ることが困難で実用的でなかった。

本発明はこのような欠点を改良するもので、対応する二つのコイル間の相互インダクタンスまたはコイル間の電磁波の結合状態を該コイル間にそう入されて回転する金属板で変化させ、一方のコイルに導かれた高周波搬送波を復調・増幅して回転速度に無関係な大きさの信号を取り出すものである。

すなわち図1に示すように高周波発振器 OSC に接続されるコイ

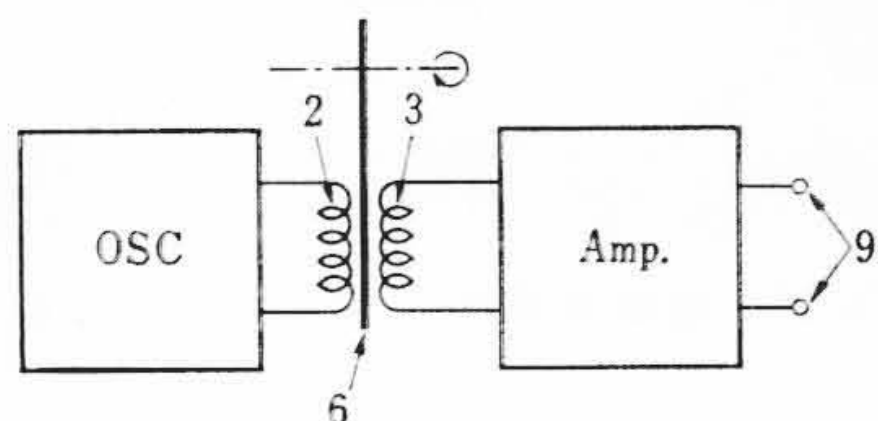


図1

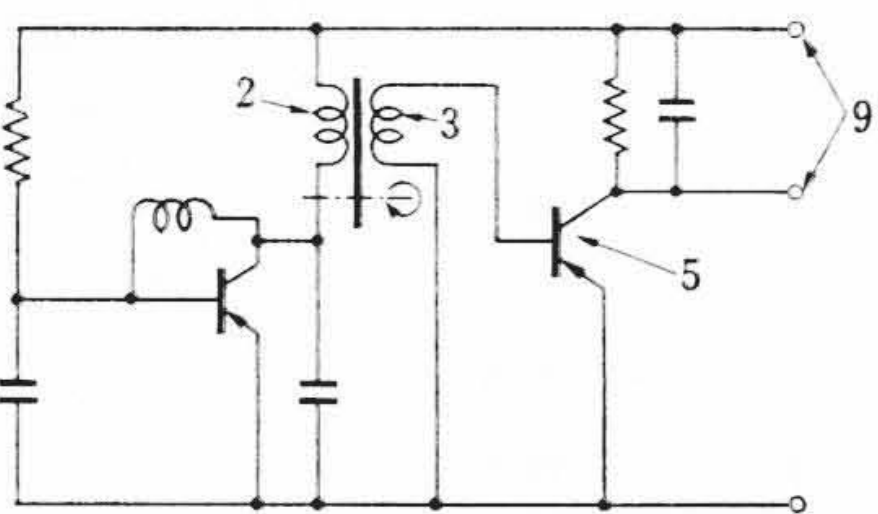


図2

特 許 の 紹 介



笠間良治・須田正爾

検 出 装 置

ル2と復調増幅器 Amp に接続されるコイル3を対向させておき、これらの間の間げきにクランク軸と同期してまわる遮へい用金属板6を配置する。実際には図2に示すような電気的回路が用いられ、さらに遮へい用金属板6とコイル2, 3の関係は図3, 図4に示すとおりである。

このようにすると、金属板6がコイル2, 3間に在るときには磁束または電磁波は金属板6によって遮へいされて両コイル2, 3間の結合が疎になり、コイル3に誘起される電圧はきわめて小さく出力端子9から出力は得られない。そして金属板6が両コイル2, 3間になくるときはコイル2によって生じた磁束または電磁波はコイル3と鎖交してコイル3に電圧を誘起し、この電圧がトランジスタ5によって復調増幅されて出力端子9に出力電圧として現われる。したがって出力端子9の電圧によってクランク軸の回転位置は検知されるが、この電圧の大きさは、回転速度に無関係であるので点火位置検出信号としてはきわめて有効である。(仙波)

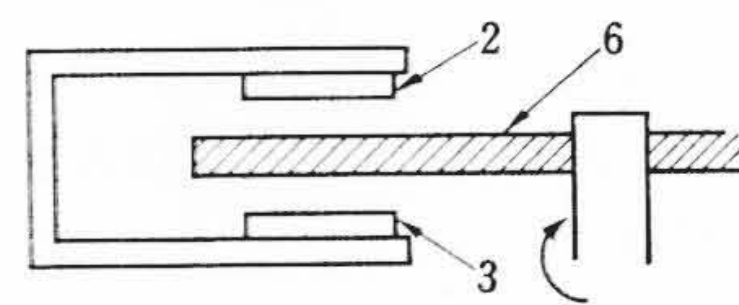


図3

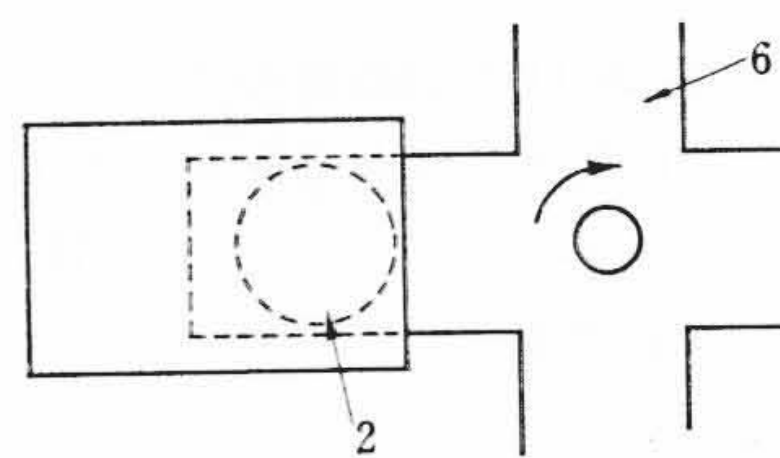


図4