

空 気 遮 断 器

安 藤 卓 郎* 小 林 哲 郎** 額 田 啓 三***

Air Blast Circuit Breakers

By Takurō Andō, Tetsurō Kobayashi and Keizō Nukada
Kokubu Branch Works, Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Oil circuit breakers, although still widely in use for A.C. power system, have several shortcomings such as fire hazards, relatively rapid corrosion of contacts, carbonization of oil, etc.

With a view to eliminating these defects, air blast circuit breakers were developed sometimes ago and they have already been in extensive use in Europe.

Hitachi, Ltd., after over ten years of investigation and backed with accumulated experiences in the manufacture of the similar line of apparatus, has recently developed axial-blast air circuit breakers ranging from 6.9 kV to 34.5 kV, 400 A to 4,000 A and 250 MVA to 1,500 MVA. And one of these products, 6.9 kV air blast breakers have yielded such an excellent result in the interrupting test up to 6.9 kV that the Company could believe in its qualification for the manufacture of outdoor type air blast circuit breakers with the capacity upward of 60 kV.

The outstanding features of the air blast circuit breaker may be summarized as follows:

- (1) No fire hazards, because it uses no oil.
- (2) Very short arcing time, convenient for frequent switching.
- (3) Equipped with damping resistor, there is no danger of overvoltage.
- (4) Smaller floor space, less weight and easier maintenance and inspection as compared with the oil circuit breakers.

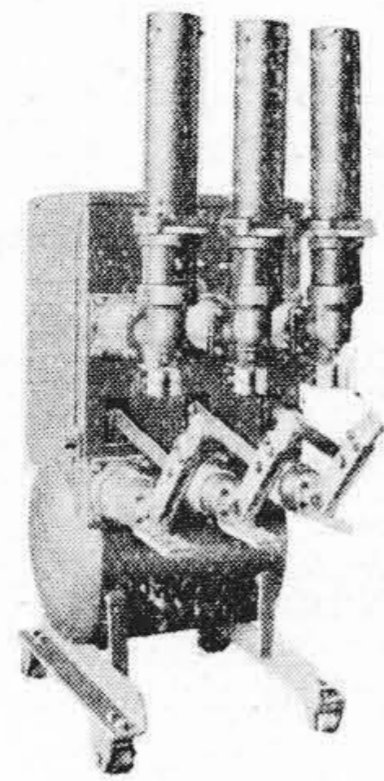
〔I〕 緒 言

交流遮断器として油入遮断器は過去数十年の長期に亘り電力遮断器の王座を占めてきた。この間、初期の油入遮断器は遮断不能による爆発火災事故が多く、油なし遮断器を要望する声はその当時からあつた。その後、油入遮断器は消弧方式がプレーンブレイキ型から制弧室型に移り、形態もタンク型から碍子型に変遷し、遮断容量、油量、重量等の点に於て顕著な進歩を遂げたが、なお油による火災の危険が全く除去されたとは云い得ない。しかも、頻繁な開閉操作の場合には油中接点の消耗が多く、油の炭化が伴うので保守上の面倒が多い。

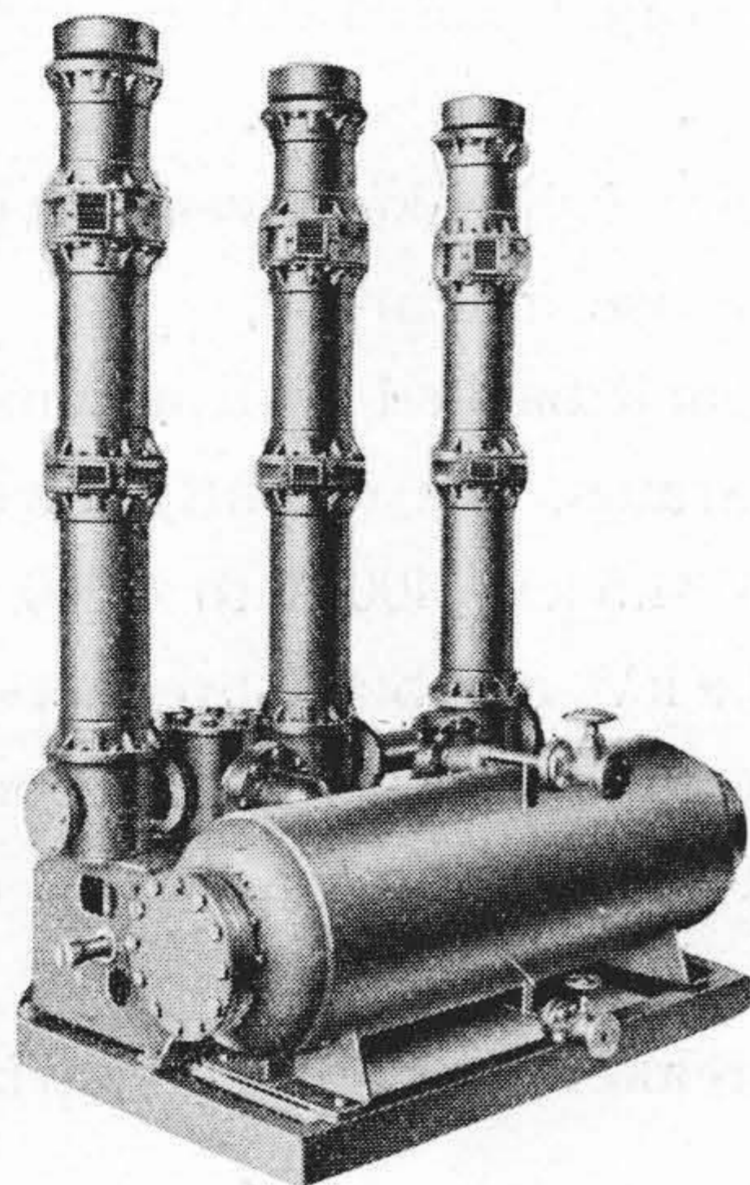
* ** *** 日立製作所日立国分分工場

しかるに近年、空気(吹付)遮断器の研究が長足の進歩を遂げ、特に遮断性能に於ては油入遮断器を凌駕するに到り、長い間の要望が達せられる気運になつてきた。空気遮断器は主として歐洲に於て開発され、既に超高压 380 kV 級まですべての電圧階級に対して実用されている。米国に於ても油なし変圧器と共に屋内用遮断器として広く使用されるようになつてきた。

日立製作所に於ては 10 数年前から空気遮断器の研究に着手し、昭和 14 年より 6.9 kV 負荷遮断器、6.9 kV 空気遮断器、161 kV 空気遮断器等の試作を相次いで行い、略々製品化の域に達したが、戦災により研究を中断するの止むなきに到つた。今回これらの研究結果を基礎として 6.9 kV, 250 MVA 空気遮断器(第 1 図)(次頁参照)及



第1図 6.9 kV, 250 MVA 空気遮断器
Fig. 1. 6.9 kV, 250 MVA Air Blast Circuit Breaker



第2図 34.5 kV, 1,000 MVA 空気遮断器
Fig. 2. 34.5 kV, 1,000 MVA Air Blast Circuit Breaker

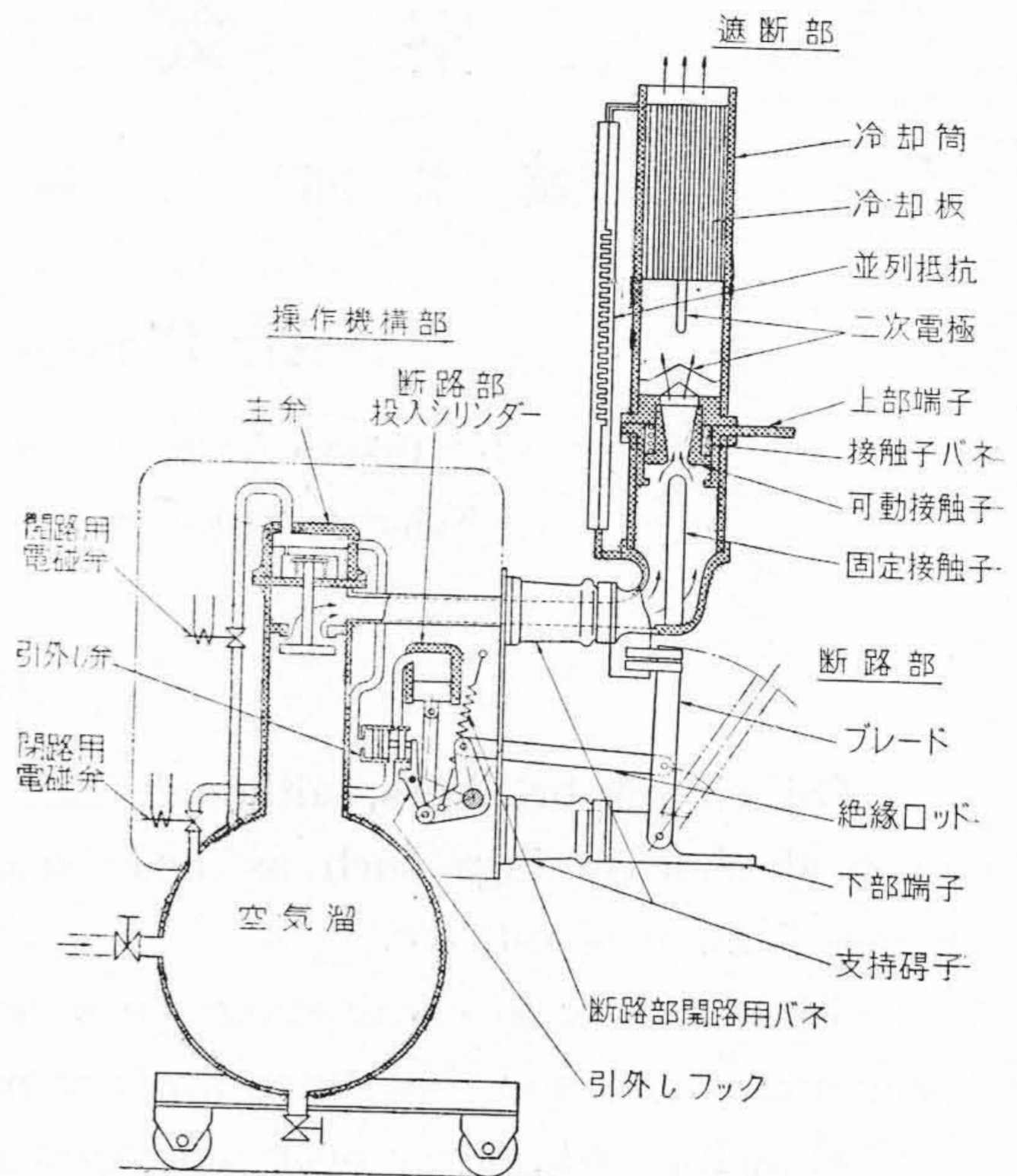
び 34.5 kV, 1,000 MVA 空気遮断器 (第 2 図) を完成したので、その概要を紹介する。新製品の仕様は大要下記の通りである。

(a) 6.9 kV 空気遮断器

型 式	.....	PB 25-PA
定 格	.....	6,900 V, 800 A
遮断容量	.....	250 MVA
遮断時間	.....	0.08 sec
操作気圧	.....	15 kg/cm ²
操作電圧	.....	D.C. 100 V

(b) 34.5 kV 空気遮断器

型 式	.....	PB 100-PA
定 格	.....	34,500 V, 800 A
遮断容量	.....	1,000 MVA
遮断時間	.....	0.08 sec
操作気圧	.....	15 kg/cm ²
操作電圧	.....	D.C. 100 V

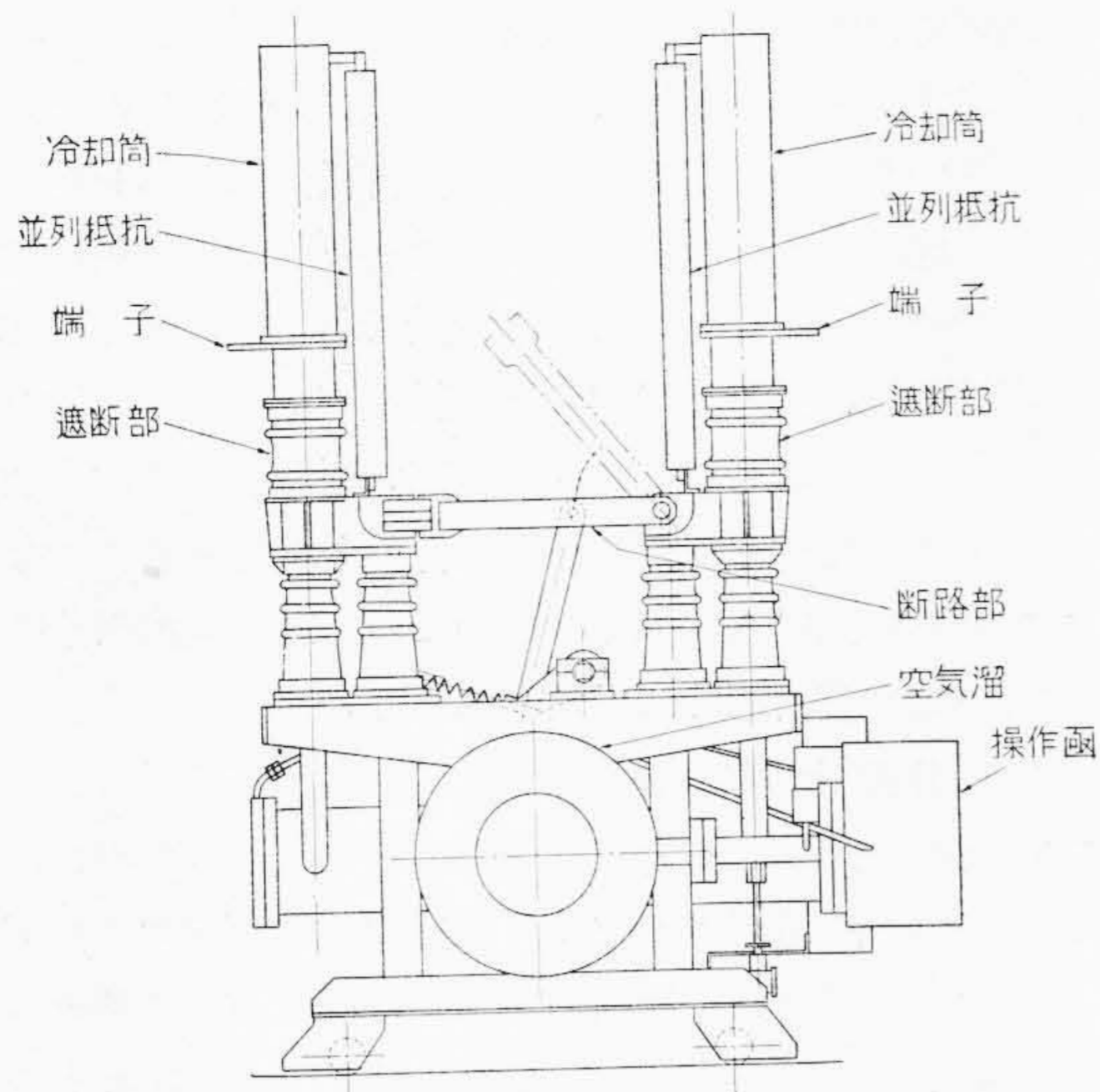


第3図 空気遮断器構造説明図
Fig. 3. Schematic Arrangement of Air Blast Breaker

〔II〕 構造及び消弧方式

(1) 構造

第 3 図は 6.9 kV 空気遮断器の構造説明図である。空気溜の上部に操作機構函を設け、その背面に遮断部と断路器とが取り付けられている。機構函内には操作に必要な一切の器具を備え、遮断部が帯電中でも点検に危険がないようにしてある。遮断部は冷却筒を取外せば簡単に点検が出来る。開路線輪を励磁して開路用電磁弁を操作すると、圧縮空気は主弁の上部に流入して主弁を開き、各相の遮断部に空気を送る。遮断部に流入した空気はその圧力により可動接触子を上方に開いて冷却筒内に噴出し、二次電極、冷却板を経て外部に放出される。主弁が開くと圧縮空気の一部は断路器の引外弁に送られ引外フックを外すので、断路器は開路用バネによつて開路する。断路器で電流を遮断することが無いよう断路器の開極は遮断部の開極に対し適当な時限を与えている。主弁は電磁弁を開きつゞけても遮断に必要な空気を送つた後は自動的に復帰するようになっているので、空気の使用量には無駄がない。遮断部への送気が停止されると可動接触子は接触子バネによつて元に戻り閉路するが、既に断路器が開いているので、遮断器は開路状態に保たれる。冷却筒の外側には並列抵抗を配置し、冷却筒内の二次電極を通して抵抗遮断を行うようにしている。閉路操作は断路器の投入によつて行われる。閉路用電磁弁を操作すると、



第4図 34.5 kV, 800 A, 1,500 MVA 空気遮断器
Fig. 4. 34.5 kV, 800 A, 1,500 MVA Air Blast Breaker

断路器部投入シリンダーに空気が入り、断路器部は投入される。投入後は引外フックによつて閉路位置に保持される。投入シリンダーへの空気は引外弁を経て供給され、CO操作の際にはシリンダー内の空気を引外弁から外部に自動的に放出させ、且つ投入弁励磁中はその位置に保持されるので、ポンピング動作を防止するようにしている。

第2図に示す 34,500 V 空気遮断器の操作機構も略々これと同様であるが、断路器部を遮断部下部の絶縁筒内に収めた点がある。断路器部を内蔵型としたため、床面積を節約出来る利点がある。しかし、一般には前者の場合の方が空気使用量も少く且つ機構部分の点検にも便利なので、今後 30 kV までの屋内用には断路器部外部取付型を標準として製作する。第4図は目下製作中の 34.5 kV,

第1表 空気遮断器と油入遮断器の床面積及び重量比較表

Table 1. Comparison of Floor Space and Weight between Air Blast Breaker and Oil Circuit Breaker

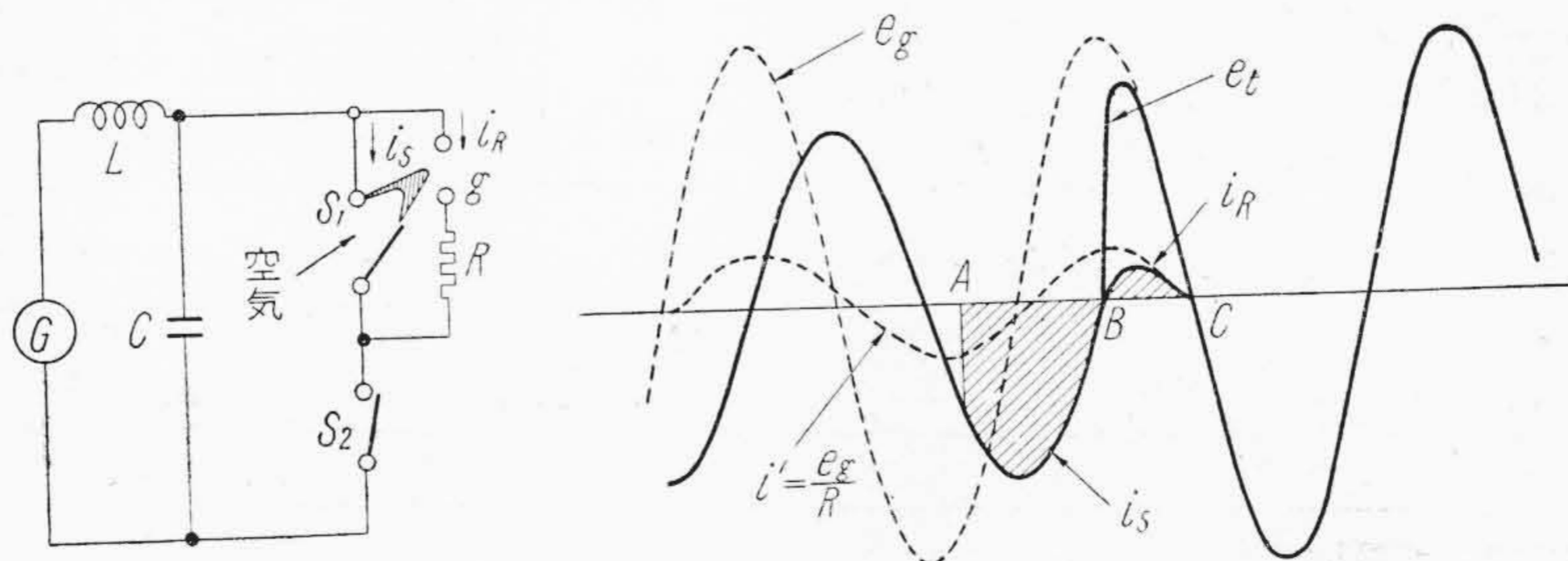
定格電圧 (kV)	定格電流 (A)	遮断容量 (MVA)	遮断器の種類	床面積 (%)	重量 (%)
6.9	800	250	油入遮断器	100	100
			空気遮断器	85	30
34.5	800	1,500	油入遮断器	100	100
			空気遮断器	90	40

附 800 A, 1,500 MVA 空気遮断器の外形図で、遮断容量が大きくなるため2点遮断方式を採つている。

本空気遮断器は上述の如く操作機構部及び遮断部の構造が簡単であるため、第1表に示す如く従来の油入遮断器に比較して床面積少く、重量も著しく軽いので据付に便利である。

(2) 消弧方式

本遮断器の遮断部は所謂同軸吹付型を採用しているので、直角吹付型に比較して電弧を直接耐弧絶縁物に触れさせることなく、金属ノズル内に引込んで消弧させるため、遮断部焼損の懸念なく、構造も極めて簡単である。遮断部に空気が送られ可動接触子が開くと、電弧はそのノズル内に引込まれて強力な気流によつて消弧作用を受ける。このとき発生するイオン化した空気によつて二次電極の間隙は絶縁耐力が著しく低下しているため、遮断電流は電流零値に達した直後の再起電圧によつて並列抵抗に移行する。第5図はその等価回路及び電圧電流波形を示している。遮断電流が並列抵抗に移行する際の再起電圧は並列抵抗Rを回路のサージインピーダンス $\sqrt{L/C}$



- S₁: 遮断部接点
- G: 発電機
- e_g: 電源電圧
- A: 遮断器開極
- S₂: 断路器接点
- L: 回路リアクタンス
- e_t: 遮断器端子電圧
- B: 主電弧遮断
- g: 二次電極
- C: 回路静電容量
- i_s: 短絡電流
- C: 抵抗電流遮断
- R: 並列抵抗
- i_R: 抵抗電流

第5図 抵抗遮断に於ける等価回路及び電圧電流波形
Fig. 5. Transient-Recovery-Voltage Control with Resistor

の 1/2 以下にすることによつて、同図に示す如く非振動性にすることが出来る。この際 R の値が低い程再起電圧上昇率の抑制効果が大きく、ノズル部分の遮断容量を増すには有利であるが、抵抗に移行後の電流を二次電極間隙で消弧することが困難になるので、抵抗値には適当な限度がある。通常 R の値は回路リアクタンスに比較して大きいので移行後の電流は回路電圧と略々同相となり、約 1/4 \sim 後に電流零値に達し二次電極に作用する気流によつて消弧する。かように抵抗を挿入することにより再起電圧上昇率を緩和して遮断容量を増加し、且つ過電圧の発生を抑制している。

〔III〕 試 験 結 果

(1) 開 閉 特 性

本遮断器の可動接触子、主弁等の可動部分は軽量でストロークも小さいので、油入遮断器に比較して開路動作は速い。第 6 図は 6.9 kV 空気遮断器の開路特性を示すオシログラムの一例である。開極時間は引外電圧 D. C. 100 V, 引外電流 4 A に於て 2.5 \sim の短時間である。各相の可動接触子は共通の主弁から送られる空気によつて開くが、各相の開極時間の不揃いは殆ど認められない。断路部は遮断部の開極後 1.5 \sim を経て開離している。本遮断器の電弧時間は概ね 0.6 \sim 以下であるから、断路部によつて電流を遮断する危険はない。可動接触子は断路部が開離してから 7.2 \sim 後に復帰しているが、このとき断路部は殆ど全開しているので遮断器の極間絶縁は十分確保される。本遮断器の主弁は数サイクルの短時間で自動的に空気を停止するようにしてあるので、電気操作、手動操作の如何に拘らず一回の遮断に要する空気使用量は略々 270 l (自由空気量) の少量である。従つて遮断器の空気溜は 90 l の小容量にも拘わらず、1回の操作による空気圧力の降下は比較的少い。即ち、コンプレッサーからの補給を受けずに操作した場合、空気圧力は定格圧力 15 kg/cm² から 12 kg/cm² に降下し、更に 1 回の CO 操作を行うことが出来る。

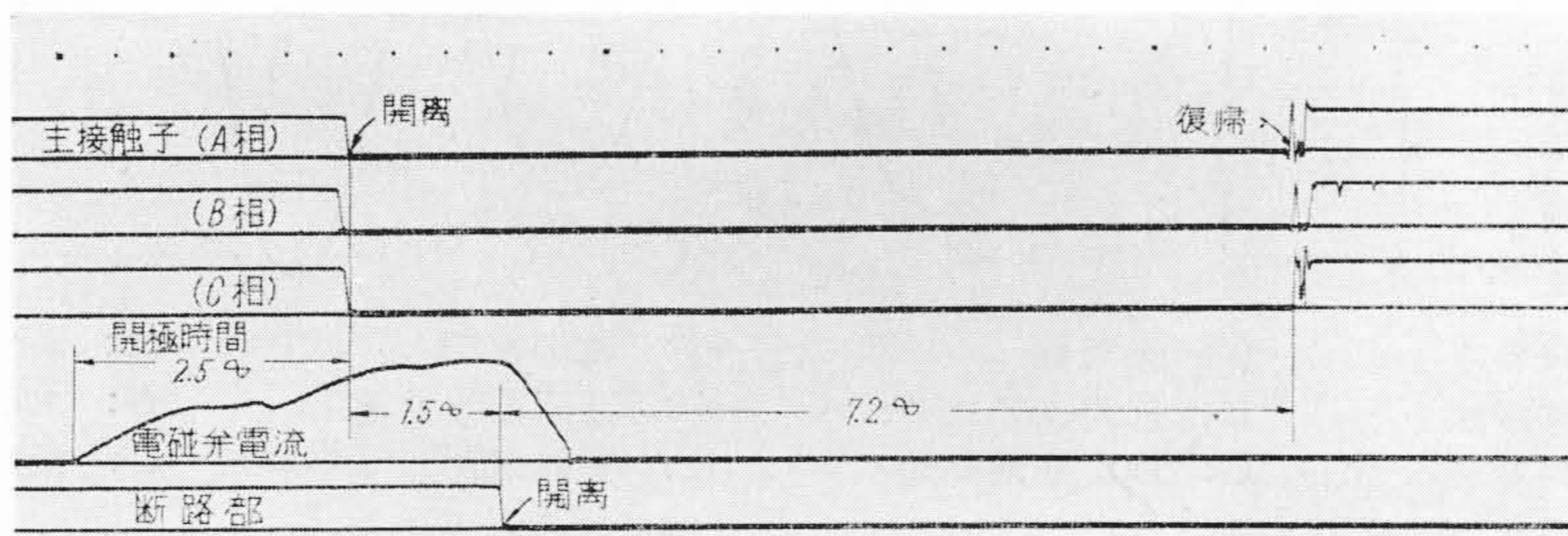
閉路操作は断路部の投入によつて行われるが、強力な空気力によつて高速度投入するため投入時間は 0.2 sec の短時間である。従つて投入時の先行電弧は殆ど発生しない。一回の投入に要する空気量は略々 40 l (自由空気量) で遮断の場合に比べて極く少量である。主弁その他の気密部分の材質及び工作の精度試験方法には特に注意を払い、パッキング類は信頼度の高い耐油、耐寒性人造ゴムを使用している。本遮断器は部品を取替えることなく既に 2,000 回以上の操作を行つているが、気密部分は勿論その他の機構部分にも異常は認められない。

(2) 温 度 上 昇 試 験

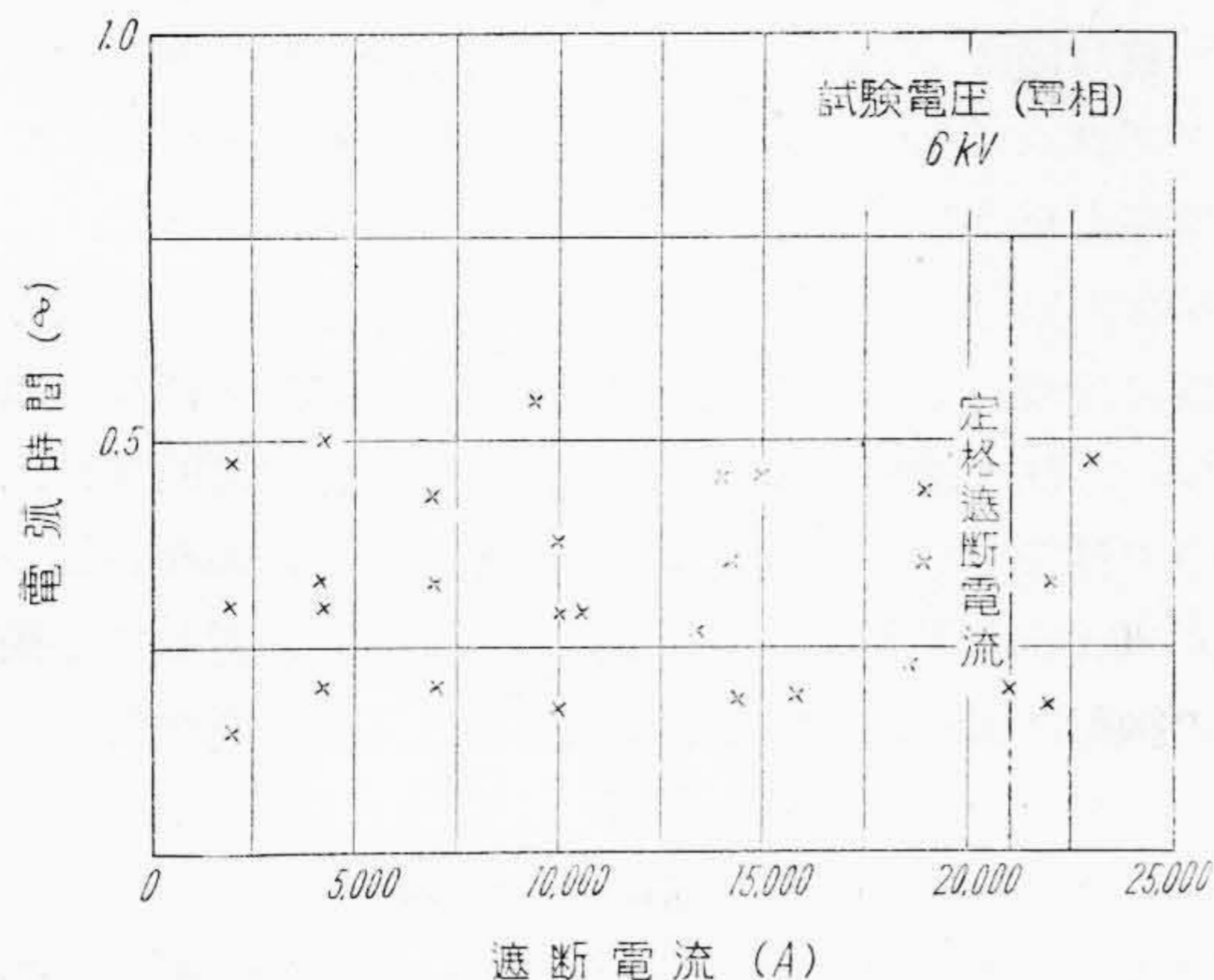
本遮断器の操作は強力な空気力によつて行われるため、遮断部の接点や断路部フィンガーの接触圧力は強大なスプリングを用いて使用中に接触不良を起さぬように考慮してある。遮断部の接点及び断路部のブレード先端とその相手方フィンガー (投入電弧の発生する部分) には銀タングステンの耐弧メタルを用い、その他の導体締付部はすべて銀接触を使用している。各部共、温度上昇は 30 $^{\circ}$ C 以下で銀接触の許容限度 40 $^{\circ}$ C に対して十分余裕がある。

第 2 表 34.5 kV 空気遮断器の遮断試験結果
Table 2. Rupturing Test Data of 34.5 kV Air Blast Breaker

单相試験電圧 (kV)	遮断電流 (A)	電弧時間 (\sim)	電弧勢力 (kWs)	試験回数
6	14,000~24,000	0.3 ~0.7	56~155	11
10	6,500~12,000	0.35~0.5	12~ 87	8
15	3,750~ 4,200	0.25~0.5	6~ 23	6
20	5,000~ 6,500	0.3 ~0.65	11~ 62	10
30	400~ 750	0.4 ~0.8	8~ 41	9
40	820~ 980	0.1 ~0.8	5~ 37	3
50	1,080~ 1,120	0.5 ~0.6	21~ 68	3
60	1,350~ 1,600	0.3 ~0.8	17~ 94	5

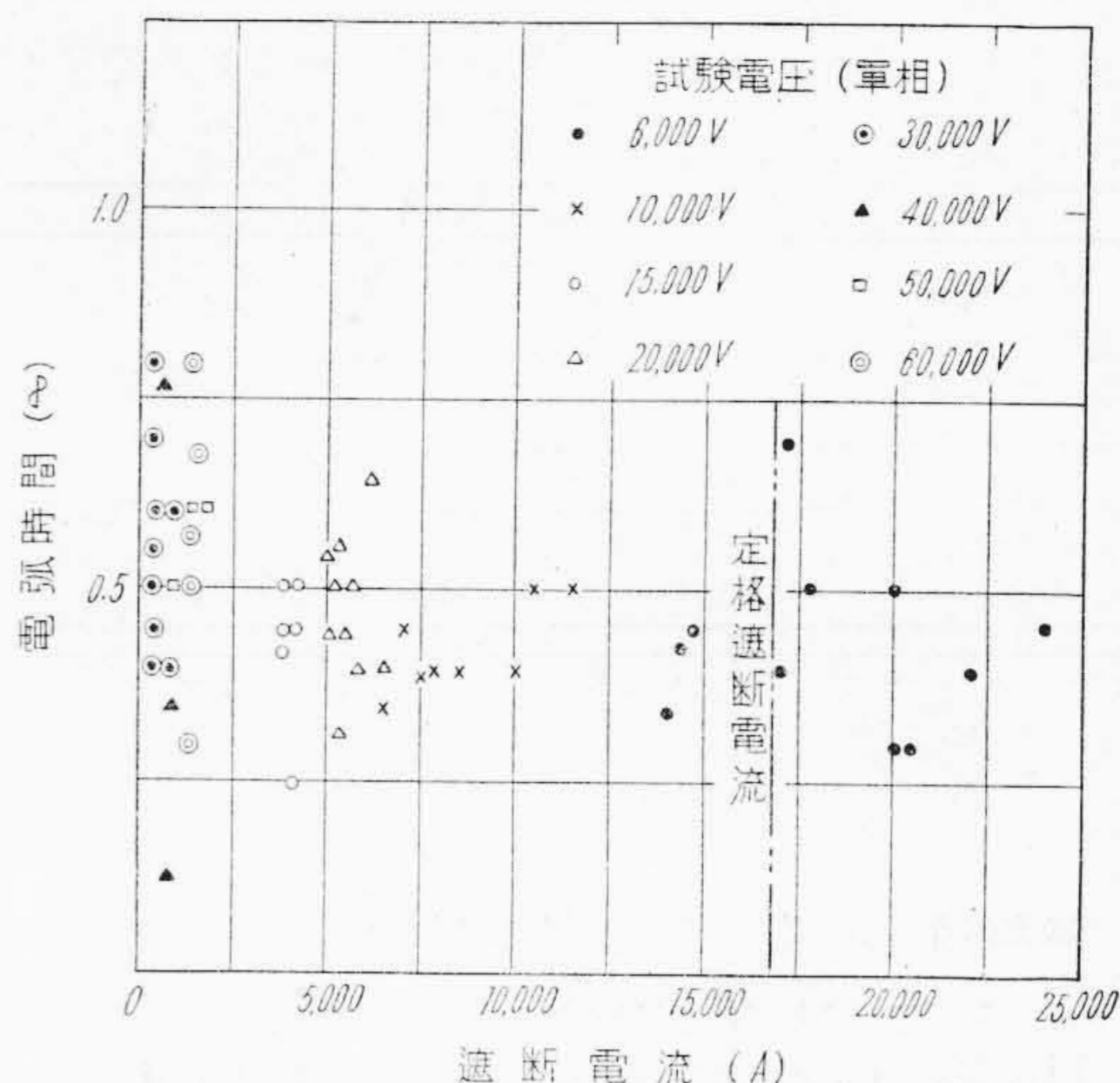


第 6 図 操作試験オシログラムの一例
Fig. 6. Oscillogram of Operating Test



第7図 6.9 kV, 250 MVA 空気遮断器の遮断試験結果

Fig. 7. Arcing Time Characteristics of 6.9 kV, 250 MVA Air Blast Breaker

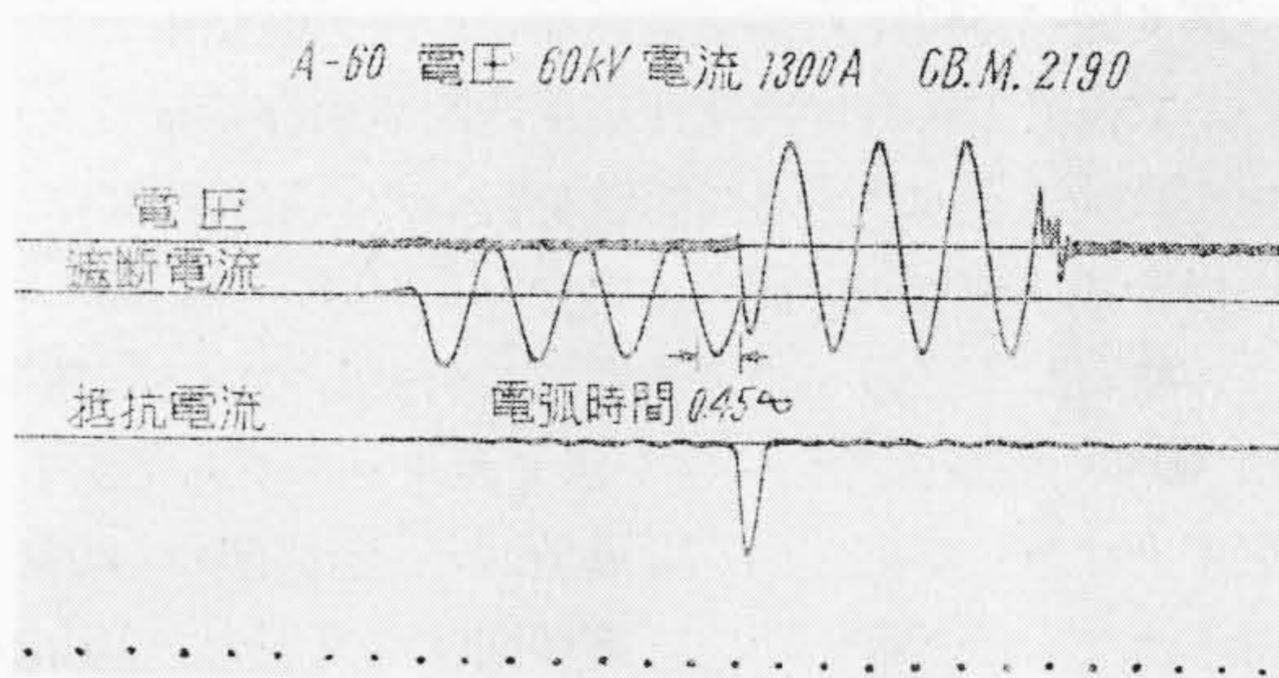


第8図 34.5 kV, 1,000 MVA 空気遮断器の遮断試験結果

Fig. 8. Arcing Time Characteristics of 34.5 kV, 1,000 MVA Air Blast Breaker

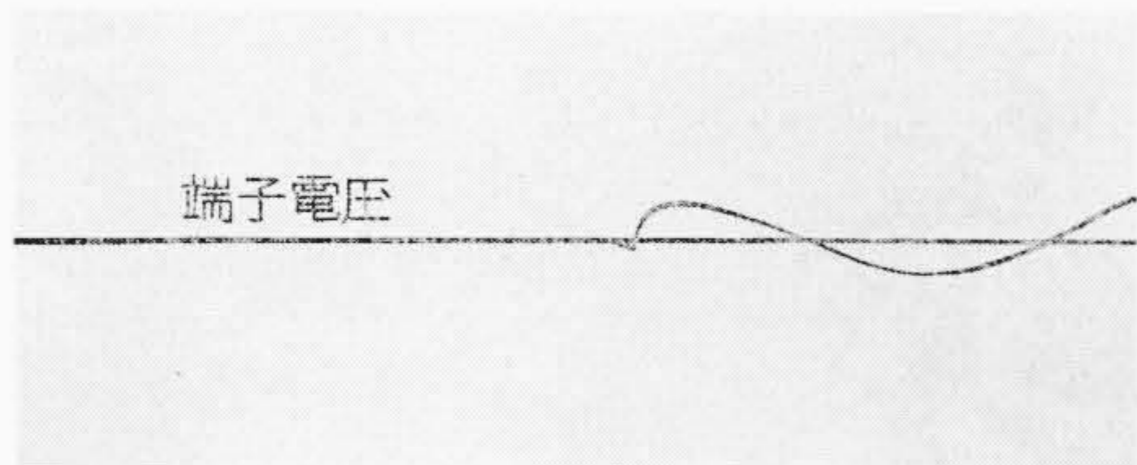
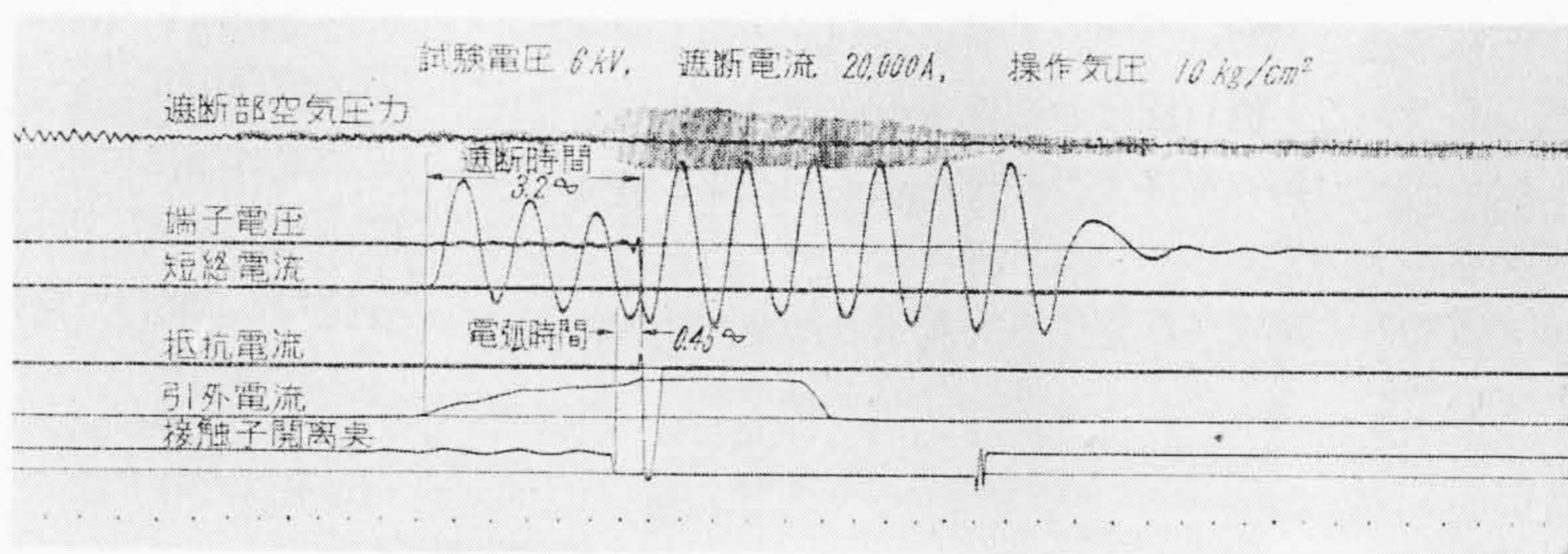
第9図 過電圧遮断試験オシログラム
60 kV, 1,300 A

Fig. 9. Oscillogram of Over Voltage Breaking Test
60 kV 1,300 A

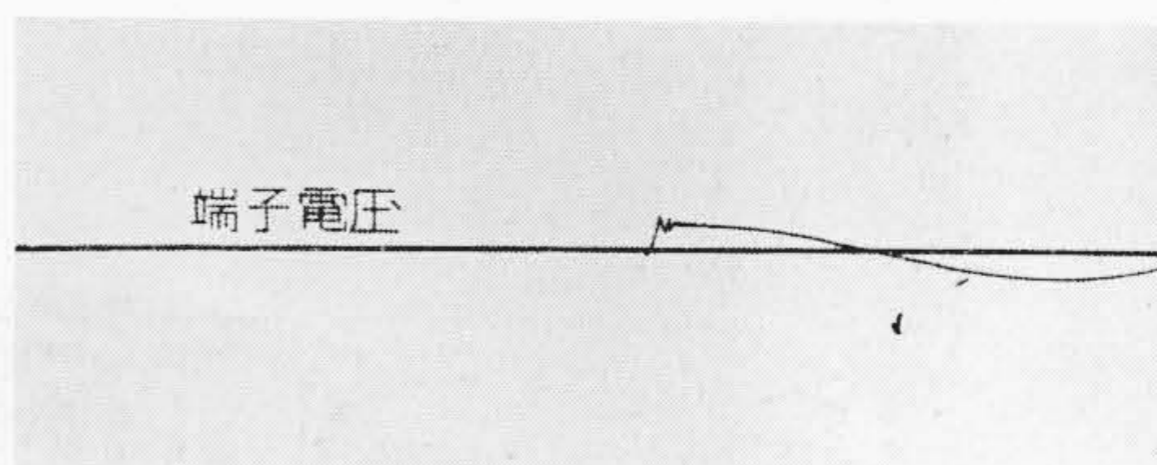


第10図
操作気圧を下げた場合の遮断試験オシログラム
6 kV, 20,000A 操作気圧 10 kg/cm²

Fig. 10. Oscillogram of Interrupting Test at Reduced Air Pressure
6 kV, 20,000A, 10kg/cm²



(a) 抵抗挿入した場合

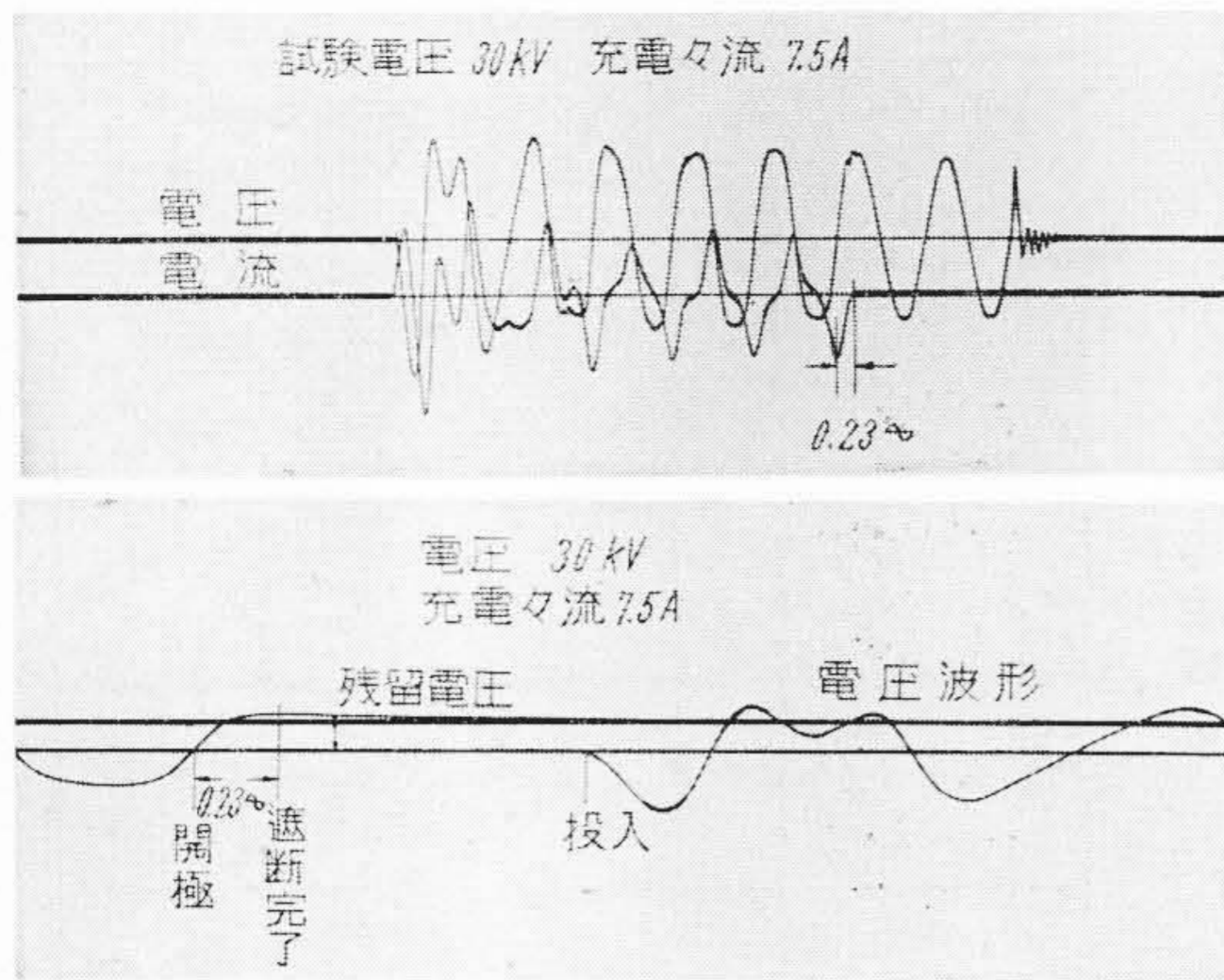


(b) 抵抗なしの場合

第11図 抵抗遮断に於ける再起電圧波形

Fig. 11. Cathode Ray Oscillogram of Restriking Voltage

(a) with Resistor (b) without Resistor



第 12 図 充電々流遮断試験オシログラム
30 kV, 7.5 A

Fig. 12. Oscillogram of Charging Current
Interrupting Test
30 kV, 7.5 A

(3) 遮断試験

第 7 図は 6.9 kV 空気遮断器の遮断試験結果を、第 2 表及び第 8 図は 34.5 kV 空気遮断器の遮断試験結果を示している。後者の場合は高電圧空気遮断器製作の資料として単相試験電圧 60 kV まで試験を行つた。電弧時間は前者の場合 0.1~0.6 μs、後者の場合 0.1~0.8 μs の範囲に収まり、概ね開極後最初の電流零値で消弧している。第 9 図は 60 kV 遮断試験の一例を示すオシログラムである。空気圧力は最低保証圧力 12 kg/cm² (定格値の 80%) まで下げても殆ど変わらない。第 10 図は空気圧力を 10 kg/cm² に下げた場合の遮断試験オシログラムの一例である。遮断電流はいずれの場合も並列抵抗に移行して遮断を完了している。第 11 図は並列抵抗を使用した場合と使用しない場合の再起電圧上昇波形を示すブラウン管オシログラムの一例であるが、抵抗挿入によつて再起電圧上昇率を緩和し、過電圧の発生を抑制する効果が明瞭に現われている。

空気遮断器は可動触接子が全開するまでの時間が 1/4~1/2 μs の短時間であり、且つ空気吹付によつて強力な他力消弧を行うので、充電々流の遮断には特に有利である。第 12 図は 30 kV, 7.5 A の充電々流遮断試験のオシログラムであつて、無再点弧で遮断を完了し、従つて過電圧も発生していない。

接点の損傷は電弧時間が短く、且つ油中に於ける如く異常消耗現象もないので、油入遮断器とは比較にならぬ程少い。油入遮断器の場合は数回短絡電流を遮断すれば接点の補修を必要とするに対し、本遮断器は短絡容量の総和 20,000 MVA に及ぶ数十回の遮断試験に対しても接点の損傷は極く軽微でなお使用に耐える程であつた。

[IV] 結 言

以上、空気遮断器の新製品に就き大要を述べたが、その特長を要約すると

- (1) 油を使用しないため、火災の危険がなく、油の劣化による保守の手数が省ける。
- (2) 電弧時間は 0.5 μs 程度の短時間で、且つ気中で開閉するため接点の損耗が極めて微量である。従つて頻繁な開閉に耐える。
- (3) 同軸吹付方式を採つているので、絶縁物の電弧による劣化がない。冷却筒を取外して簡単に遮断部の点検が出来る。
- (4) 抵抗遮断を行うので過電圧発生の危険がない。
- (5) 遮断容量が大きく、しかも軽量で床面積も少くてすむ。

等、多くの特長を有している。本遮断器の完成によつて 6.9~34.5 kV, 400~4,000 A, 遮断容量 250~1,500 MVA の各種屋内用空気遮断器を標準化し、更に 60 kV 級以上の屋外用高圧空気遮断器に対しても製作し得る自信を深めた。今後、使用側の御援助によつて、その真価を十分発揮し、電力の運営に貢献することを願うものである。

