

空 気 遮 断 器

小 林 哲 郎* 額 田 啓 三**

Air Blast Circuit Breakers

By Tetsurō Kobayashi and Keizō Nukada

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Because of their easy maintenance and freedom from fire hazard, air blast circuit breakers have been taken into an extensive use, particularly of late.

Hitachi, Ltd., which successfully marketed a short while ago 34.5 kV, 600 A, 1,500 MVA Indoor Use Air Blast Circuit Breakers as a tangible result of laborious experimental research for over ten years through the pre- and post-war period, has completed this time 4 sets of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA Circuit Breakers of the same type to the order of the Himekawa Power Company. These breakers, provided with the arc extinction chamber of axial flow, are operated by compressed air with pressure of 15 kg/cm².

In the type approval test which was carried out in the strict conformity with JEC-57 regulations, they yielded a satisfactory result. Especially in the rupturing test, the breakers showed such a remarkable performance through several ten times of rupturing operation over the range of 6.9—23 kV, 3,000—20,000 A, that the arcing time was below 0.65~, while the rupturing time below 2.2~.

〔I〕 緒 言

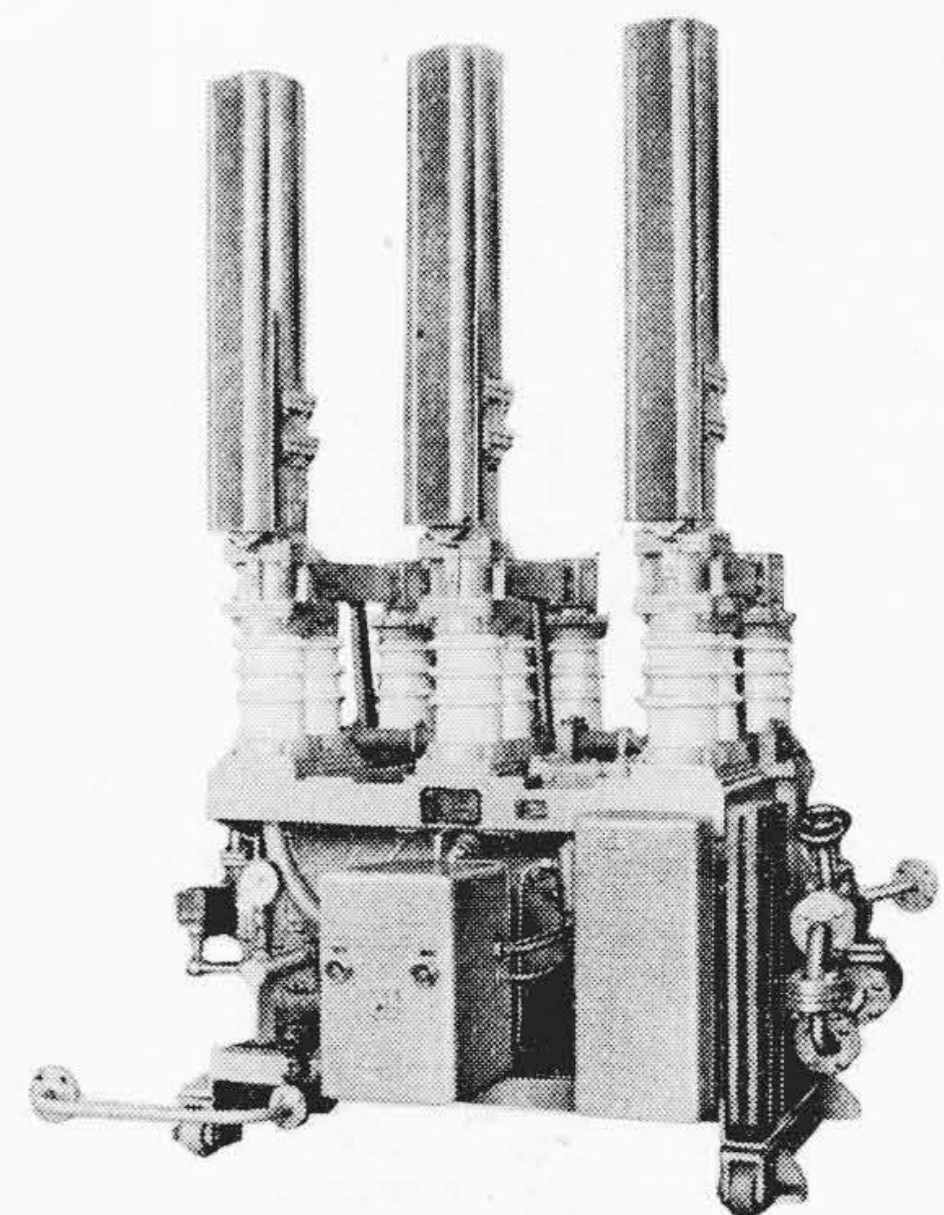
交流遮断器の王座をしめて来た油入遮断器に対し、火災の危険が少く、保守が容易で性能もすぐれていることから近年圧縮空気遮断器が急速に普及する気運にある。

日立製作所はさきに 34.5 kV, 600 A, 1,500 MVA 屋内用空気遮断器を完成したが⁽¹⁾⁽²⁾, このほど 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA (11.5 kV において 750 MVA) 空気遮断器 4 台 (第 1 図) を完成し、姫川電力株式会社姫川第七発電所に納入した。

本遮断器は同軸吹付型消弧室を有する 1 点遮断方式の屋内用空気遮断器であつて、第 2 図(次頁参照)に示すごとくキュービクルに納められている。本器の仕様は下記の通りである。

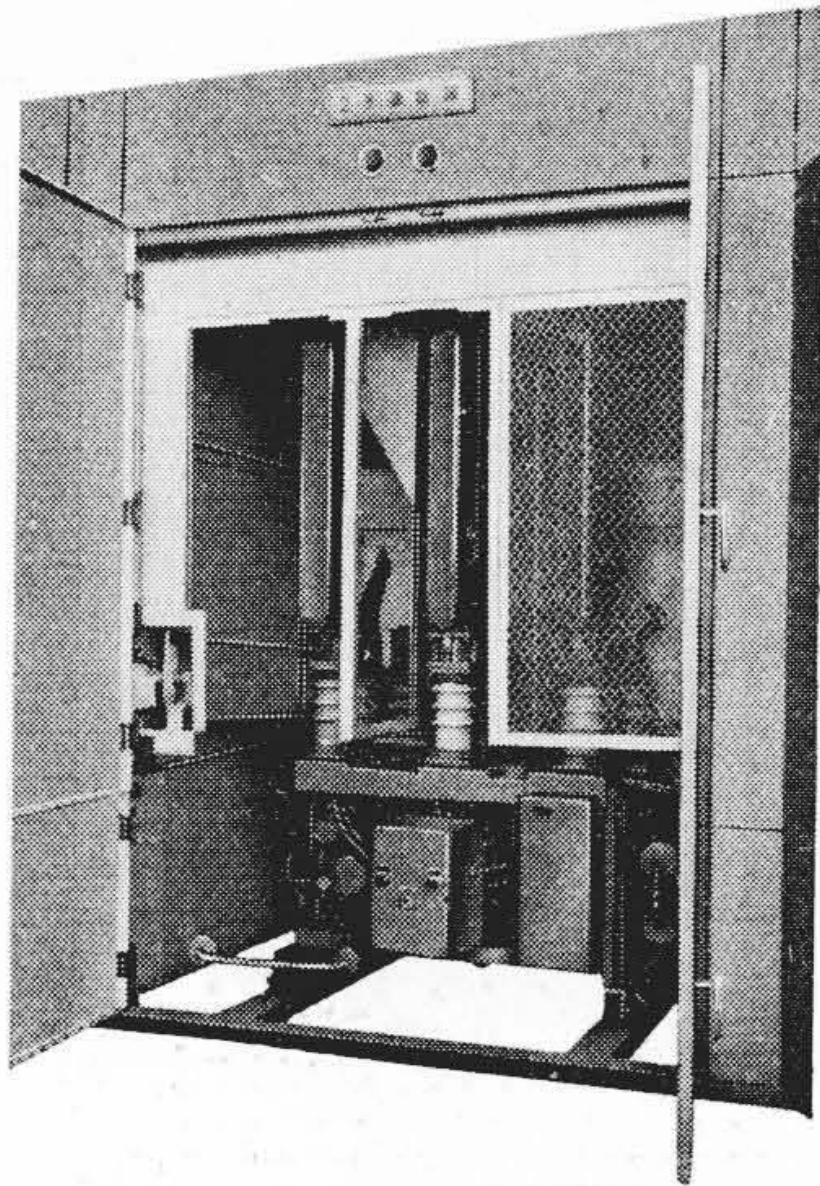
型 式	PB-100-PA
定 格	23 kV, 1,500 A
遮 断 容 量	1,000 MVA
遮 断 時 間	0.08 s

* ** 日立製作所日立国分分工場



第 1 図 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, PB-100-PA 型日立空気遮断器

Fig.1. 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Type PB-100 Form PA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker



第 2 図 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器 (キュービクルにおさめた状態)

Fig. 2. 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker in Switch Cubicle

操 作 気 圧..... 15 kg/cm²

操 作 電 圧..... D.C. 100 V

以下にその構造および試験結果などの概要を紹介する。

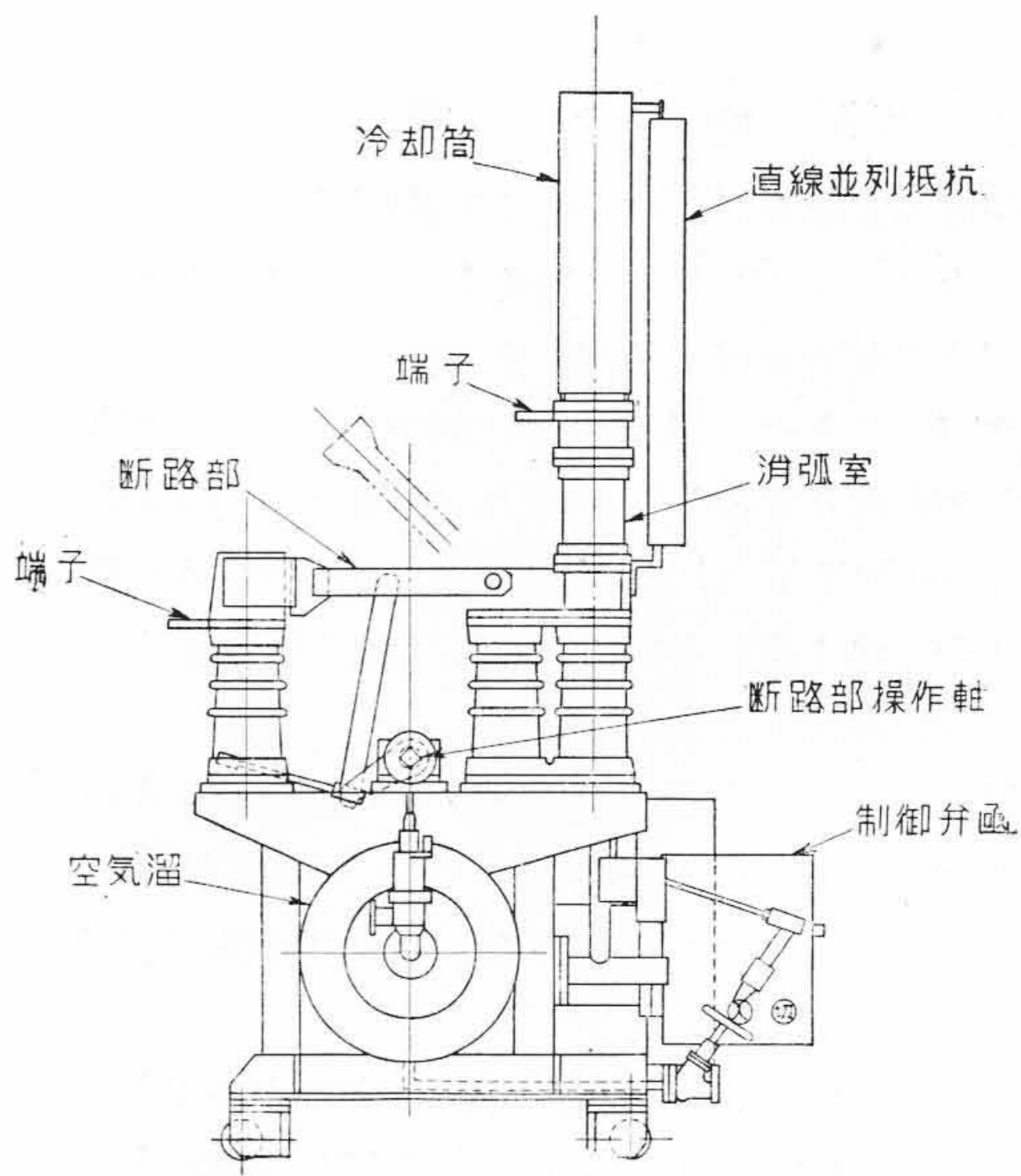
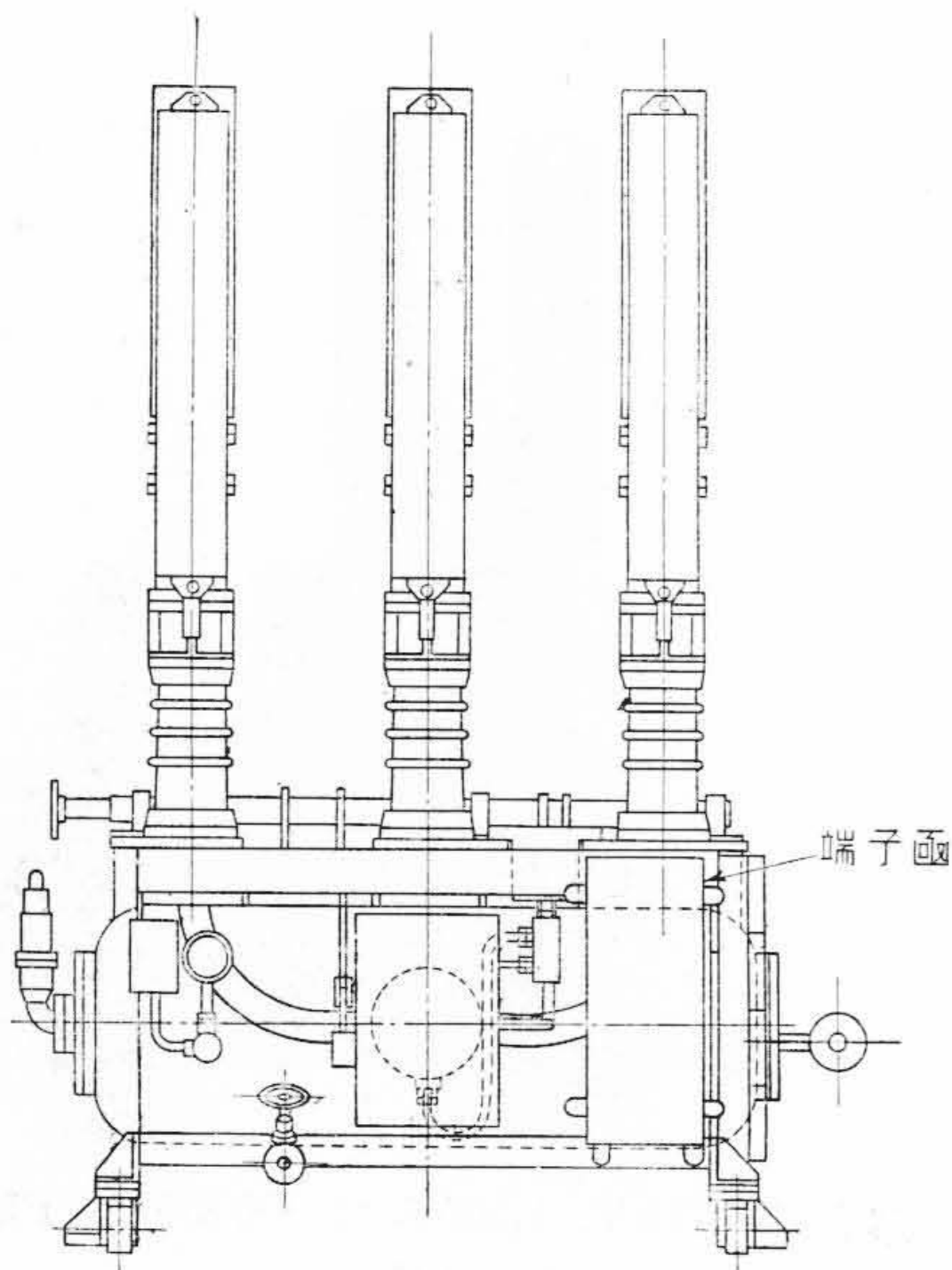
〔II〕 構造 および 消 弧 原 理

第 3 図は外形図、第 4 図は構造説明図である。空気溜は架台と一体をなし、その上部に三相の遮断部が取付け

られている。空気溜の前方には操作器函があり操作に必要ないつさいの器具が収められている。開路用コイルを励磁すると空気溜の空気は主弁シリンダに流入し、主弁を開き各相遮断部に空気が送られる。可動接触子はバネによつて固定接触子に接触しているが、空気圧力によつておし上げられ、空気は可動接触子のノズル内を通り二次電極、冷却板を経て外部へ放出される。一方遮断用の空気の一部は断路部操作シリンダへ流入し、可動接触子の開極後一定の時差をもつて断路部を開路する。断路部の開路動作によつて開路用電磁弁は閉位置に復帰し主弁を元にもどすので空気の噴出は停止し可動接触子はバネの力で閉位置にもどる。

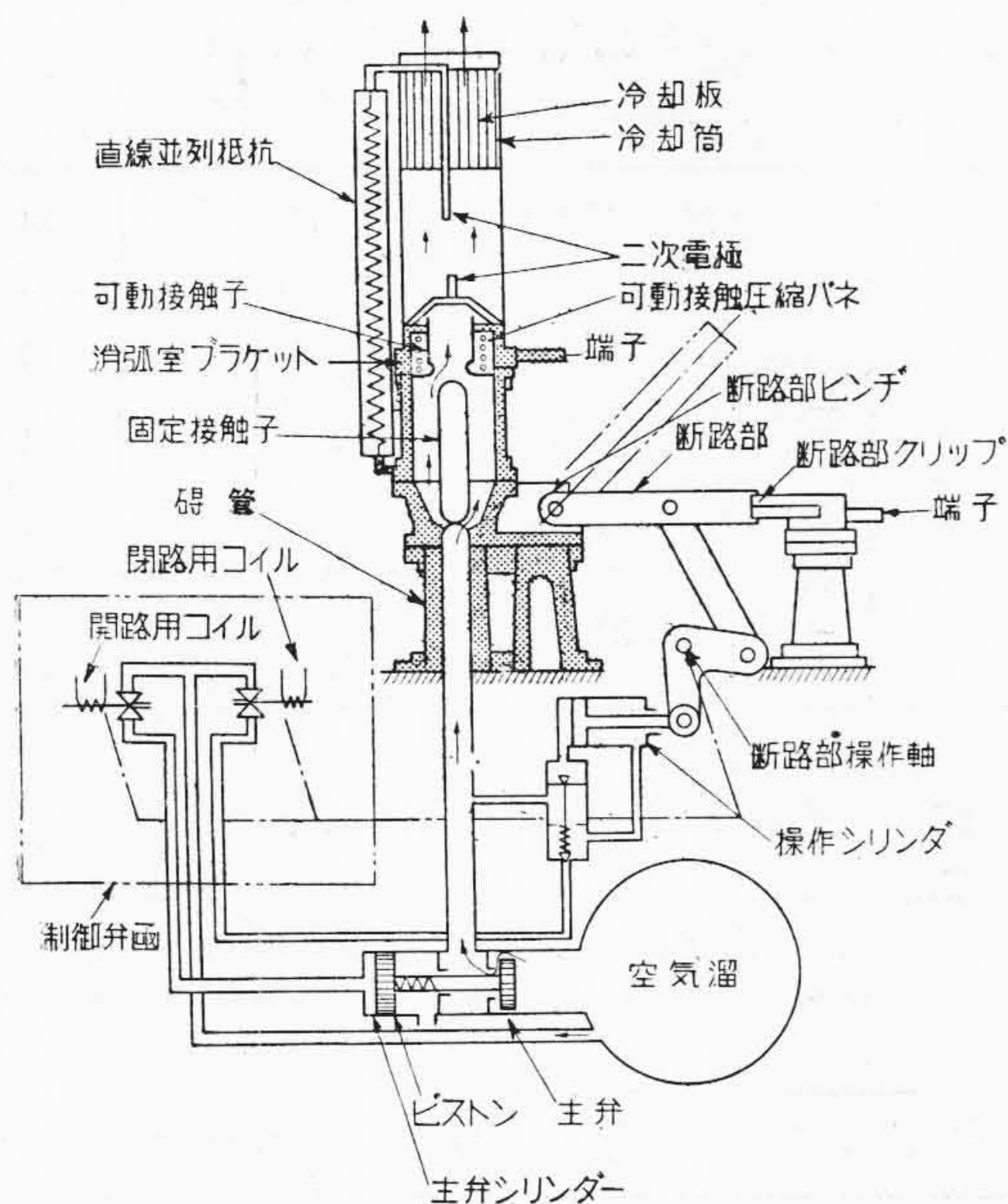
閉路用コイルを励磁すると、遮断の場合と同様に閉路用電磁弁が動作し、圧縮空気は断路部操作シリンダ内に流入して断路部を閉路する。断路部の閉路動作によつて閉路用電磁弁は復帰する。

第 5 図は本遮断器の等価回路を示す。遮断部 S₁ と並列に二次電極 g を介して直線並列抵抗が挿入されている。吹付空気によつて可動接触子が開くと接触子間に主アークが生じ、ノズル内へ流入する強い気流によつて消弧作用をうける。このときイオン化した空気によつて二次電極間の絶縁耐力は低下しているため、主アークが消弧すると再起電圧によつて二次電極が放電し、遮断電流は直線並列抵抗に移行する。この電流は並列抵抗のため回路電圧とほぼ同相となり約 1/4 後二次電極に吹付ける気流によつて遮断される。このように並列抵抗によつて過



第 3 図 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, PB-100-PA 型日立空気遮断器

Fig. 3. 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA Type PB-100 Form PA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker



第4図 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器構造説明図

Fig. 4. Schematic Diagram of 23 kV, 1,500A, 1,000 MVA Hitachi Air Blast Circuit Breaker

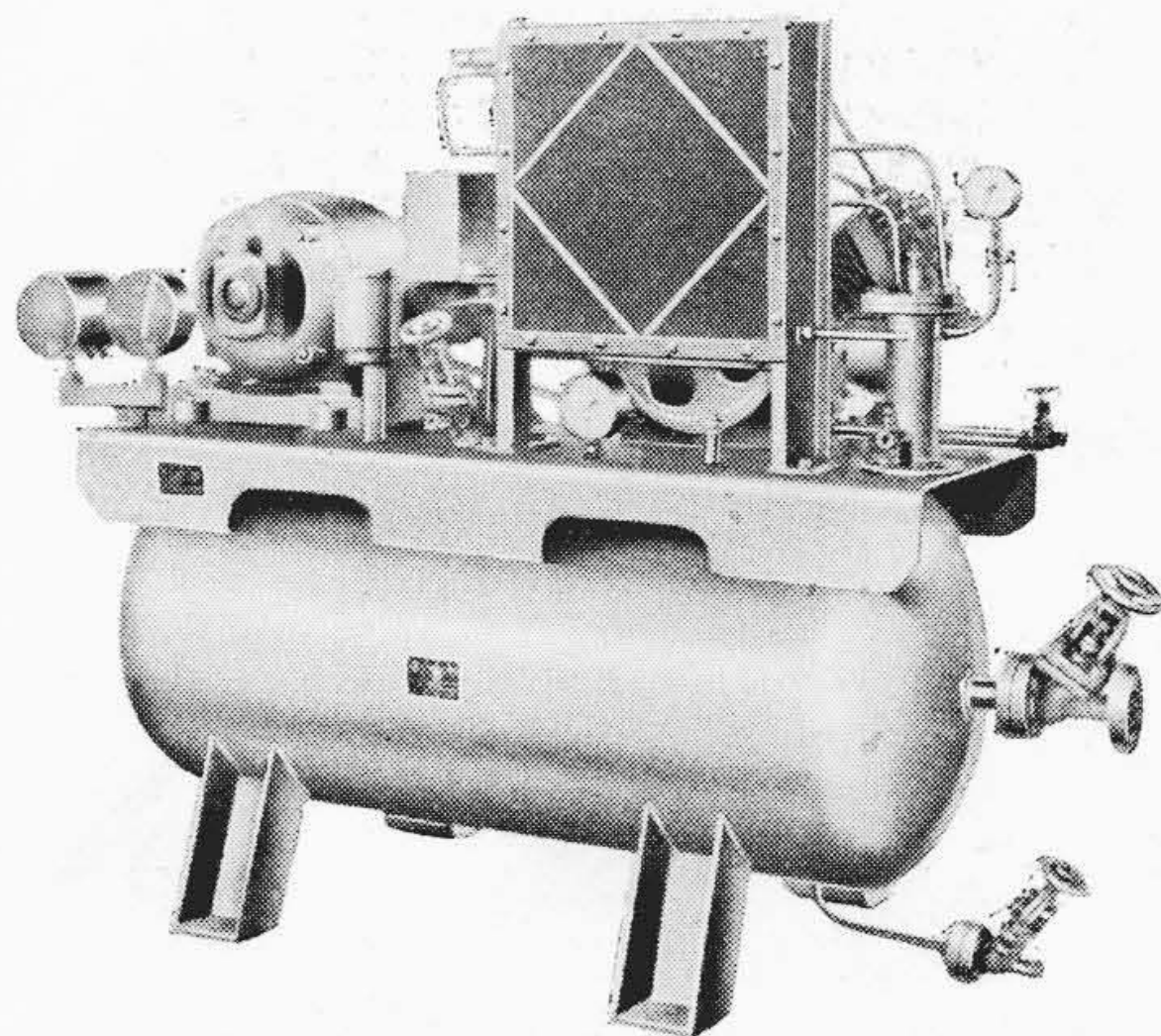
電圧の発生を抑制し、遮断容量の増加を計っている。主アークによりイオン化された空気は冷却板を通る間に十分冷却され、外部に出るときはほぼ大気に等しい絶縁耐力まで回復している。

遮断部の点検手入には、消弧室ブラケットの4本のボルトをゆるめ冷却筒を外せば、直ちに可動接触子を取外すことができ、また固定接触子の先端を点検することができる。固定接触子の先端はボックススパナーによつて簡単に予備品と交換することができる。

本遮断器はその構造が簡単であるのみならず、寸法重

第1表 空気遮断器と油入遮断器の比較
Table 1. Comparison of Air Blast Circuit Breaker and Oil Circuit Breaker

定 格	23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA	
種 類	空 気 遮 断 器	油 入 遮 断 器
重 量 (%)	43	100
床 面 積 (%)	73	100
高 さ (%)	60	100



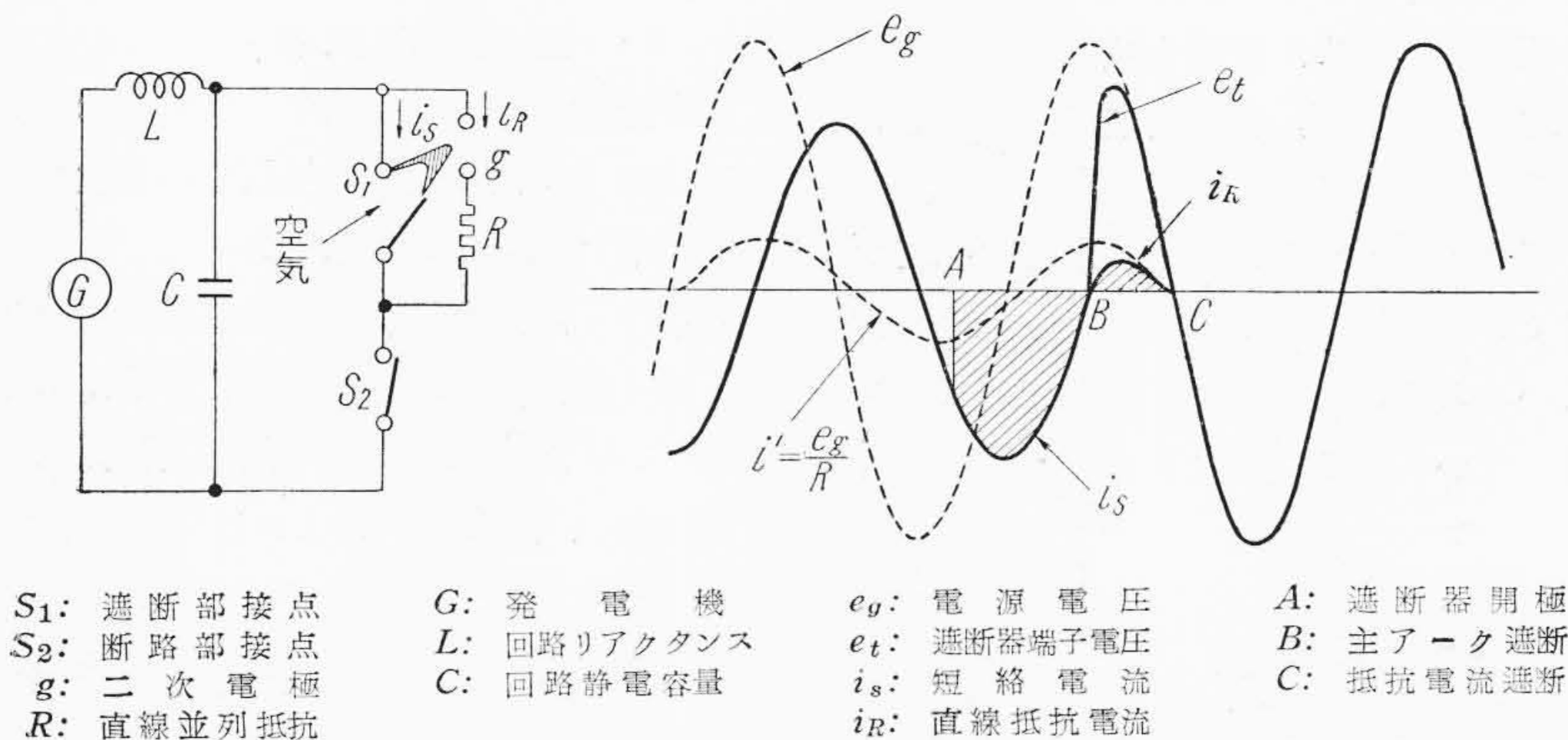
第6図 空気遮断器用 WTS-FRC 型日立 7.5 HP 二段圧縮空冷式空気圧縮機
吐出量 0.563 m³/mn 圧力 25 kg/cm²

Fig. 6. Hitachi Air Compressor for Air Blast Circuit Breaker
Type WTS-FRC, 7.5 HP
Output 0.563 m³/mn, 25 kg/cm²

量においても第1表に示すごとく油入遮断器に比して小型軽量である。

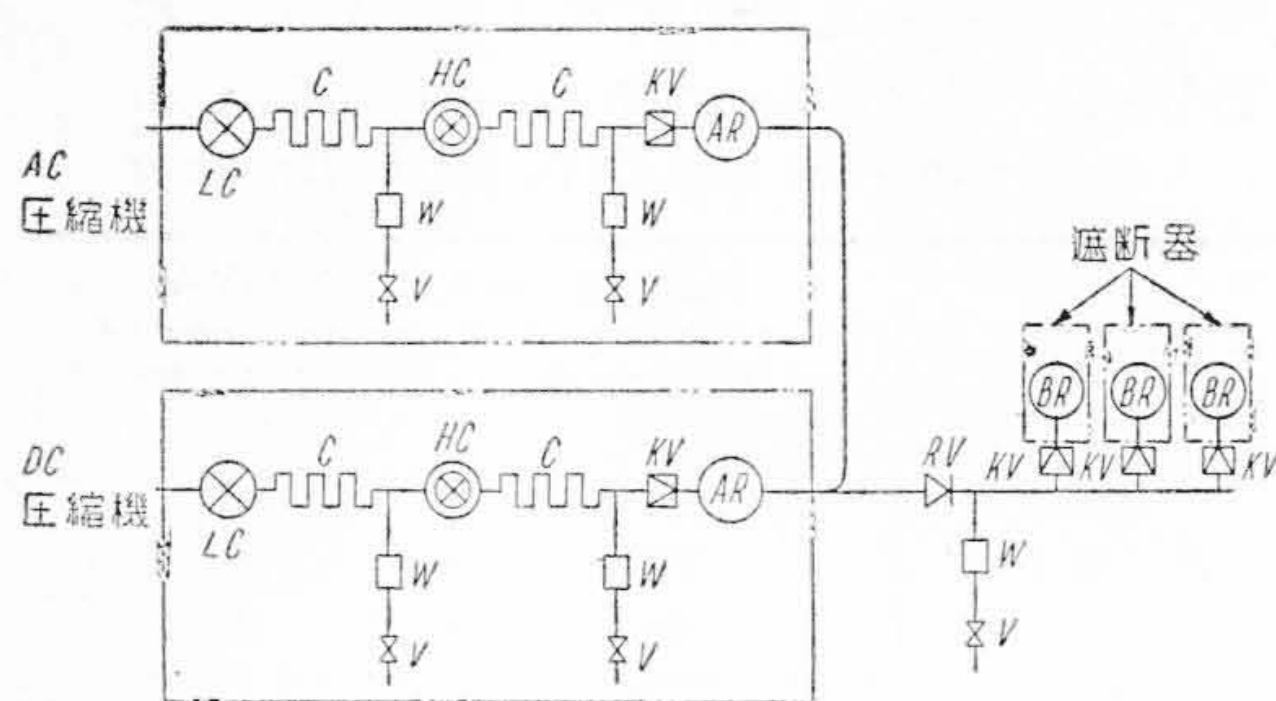
〔III〕 空 気 圧 縮 装 置

本遮断器に供給される圧縮空気は圧縮空気発生装置によつて供給される。第6図は空気圧縮機であつて一般に



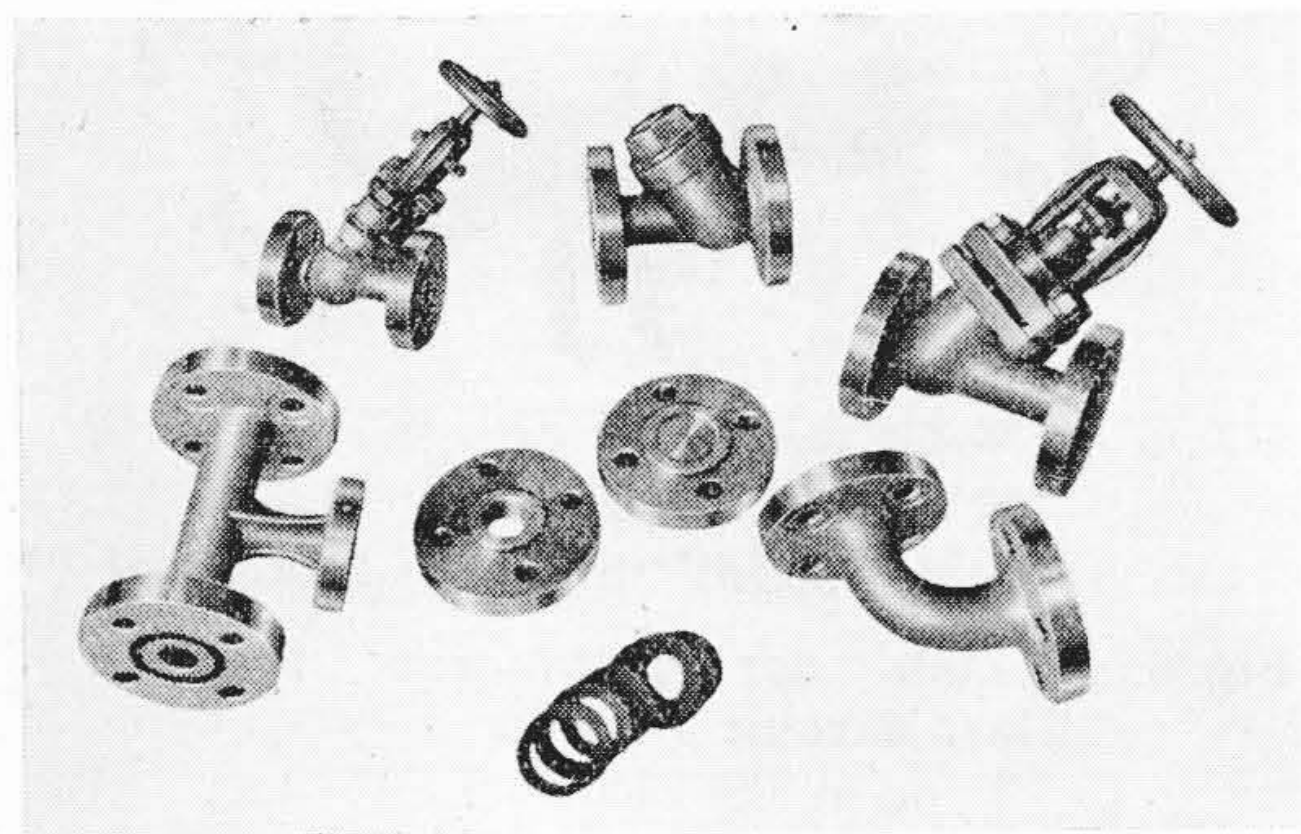
S₁: 遮断部接点 G: 発 電 機 e_g: 電 源 電 圧 A: 遮断器開極
S₂: 断 路 部 接 点 L: 回 路 リ ア ク タ ン ス e_t: 遮断器端子電圧 B: 主アーク遮断
g: 二 次 電 極 C: 回 路 静 電 容 量 i_s: 短 絡 電 流 C: 抵 抗 電 流 遮 断
R: 直 線 並 列 抵 抗 i_r: 直 線 抵 抗 電 流

第5図 抵抗遮断における等価回路と電圧電流波形
Fig. 5. Transient-Recovery Voltage Control with Resister



LC: 低圧シリンダー
 HC: 高圧シリンダー
 C: 中間冷却器
 KV: 逆止弁
 W: 水
 V: 水抜弁
 AR: 圧縮機空気溜
 RV: 減圧弁
 BR: 遮断器空気溜

第 7 図 日立空気遮断器圧縮空気回路
 Fig. 7. Schematic Diagram of Compressed Air System of Hitachi Air Blast Circuit Breaker



第 8 図 日立空気遮断器配管用品
 Fig. 8. Valves and Joints for Hitachi Air Blast Circuit Breaker

交流用一台、直流用一台（同型で電動機のみ異なる）をもつて一組とし、常時は交流運転し停電の際は直流に自動切換えして運転する。本圧縮機は第 7 図に示すように二段圧縮方式で、各段に空気冷却器をそなえ空気を十分冷却して水分を落とし、25 kg/cm² まで圧縮し、圧縮機空気溜に導く。遮断器側配管の途中に減圧弁を設け 15 kg/cm² に減圧して相対湿度を下げ、各遮断器に供給する。遮断器と圧縮機との間の配管は銅管（外径 30φ、内径 24φ）を使用し、閉止弁、T 接手、L 接手などすべてフランジ接続によつて行っている。接続部は合成ゴムパッキングを用いて結合しているため、気密作業が容易であつて配管工事は熟練を要しない。第 8 図はこれらの配管用品を示す。

〔IV〕 試 験 結 果

(1) 開閉操作試験

第 2 表は開閉操作試験結果を示す。本器は従来の日立空気遮断器にさらに改良を加え可動部の高速化を計つた

第 2 表 開閉操作試験結果

Table 2. Results of Operating Test

動作責務	操作気圧 (kg/cm ²)	12	15	18
-O-	開極時間 (ms)	30	27.2	25.5
	開極後断路部開路まで (ms)	52	46	43
	一回の操作による圧力降下 (kg/cm ²)	3.2	2.9	4
-C-	投入時間 (ms)	153	149	133
	投入速度 (m/s)	4.2	4.8	5.2
	一回の操作による圧力降下 (kg/cm ²)	0.05	0.05	0.05

第 3 表 空気洩れ試験結果

Table 3. Results of Air Leakage Test of Air Blast Circuit Breaker

遮断器	試験開始時		15 時間後			平均洩れ (kg/cm ² /h)
	圧力 (kg/cm ²)	温度 (°C)	圧力 (kg/cm ²)	温度 (°C)	開始時の温度に換算した圧力 (kg/cm ²)	
No. 1	15.0	14	15.0	15	15.0	0
No. 2	15.0	16	14.7	15	14.75	0.017
No. 3	15.0	11	14.7	10	14.75	0.017
No. 4	15.0	16	14.5	11	14.75	0.017

ので開極時間は 1.5~ 以下 (50~ において) の好結果が得られた。したがつてアーク時間最大 0.65~ の場合でも全遮断時間は 2.2~ 以下である。断路部は開極後約 2.5~ で開路するが、開極後 0.65~ 以内に主アークは消弧し、その後 0.25~ で二次アークは消弧するから断路部で電流を遮断することはない。第 9 図および第 10 図は開閉操作試験のオシログラムの一例である。定格操作気圧 15 kg/cm² において一回の操作によつて 2.9 kg/cm² 降下する。本遮断器の遮断容量保証最低圧力は 12 kg/cm² であるので空気を補給せずになお 1 回 CO 操作を行うことができる。

(2) 空気洩れ試験

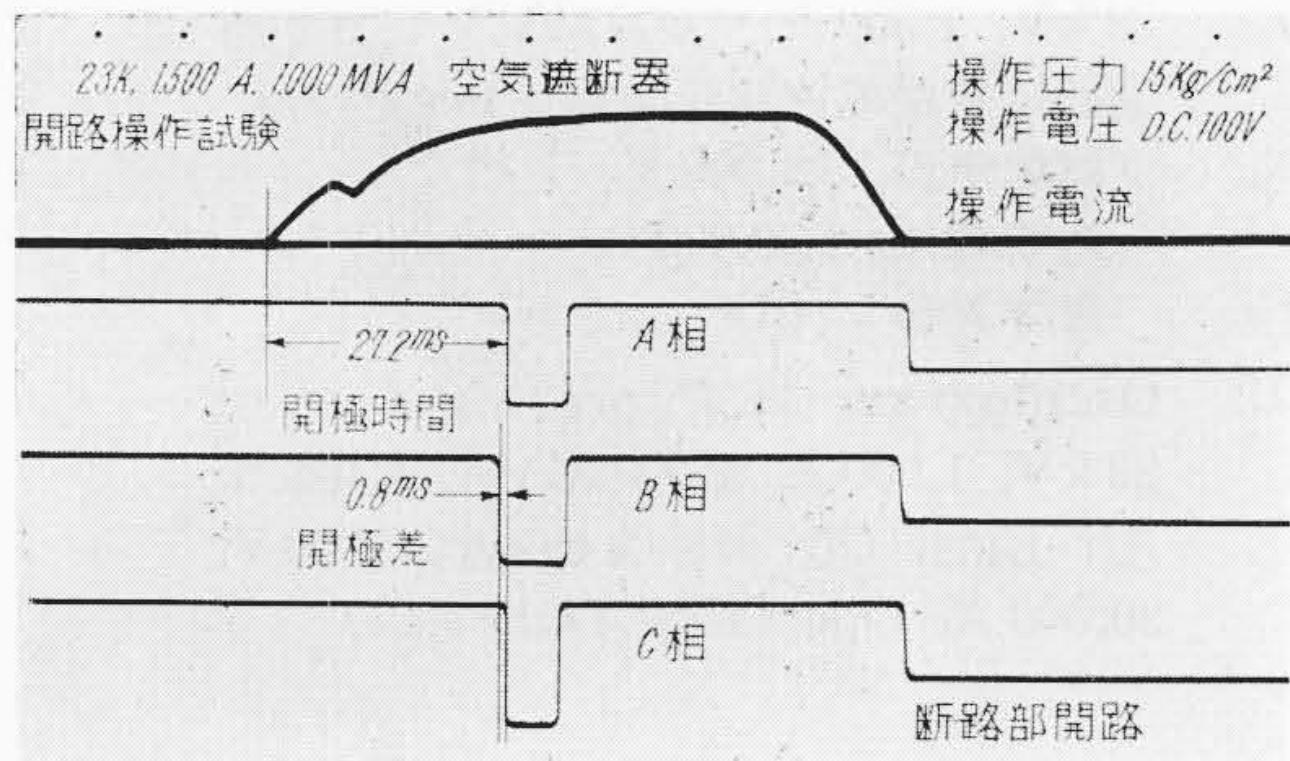
本遮断器の気密部はすべて特殊の合成ゴムを使用しているため気密は良好で使用中の変化も少ない⁽²⁾。第 3 表は空気漏れ試験結果を示す。

(3) 温度上昇試験および短時間電流試験

第 4 表は温度上昇試験および短時間電流試験結果を示す。いずれも JEC-57 の規程を満足している。短時間電流試験は JEC-57 によれば 25,000 A、1 秒であるが、25,300 A、2.1 秒によつて行つたがなんら異常がなかつた。第 11 図はそのオシログラムである。

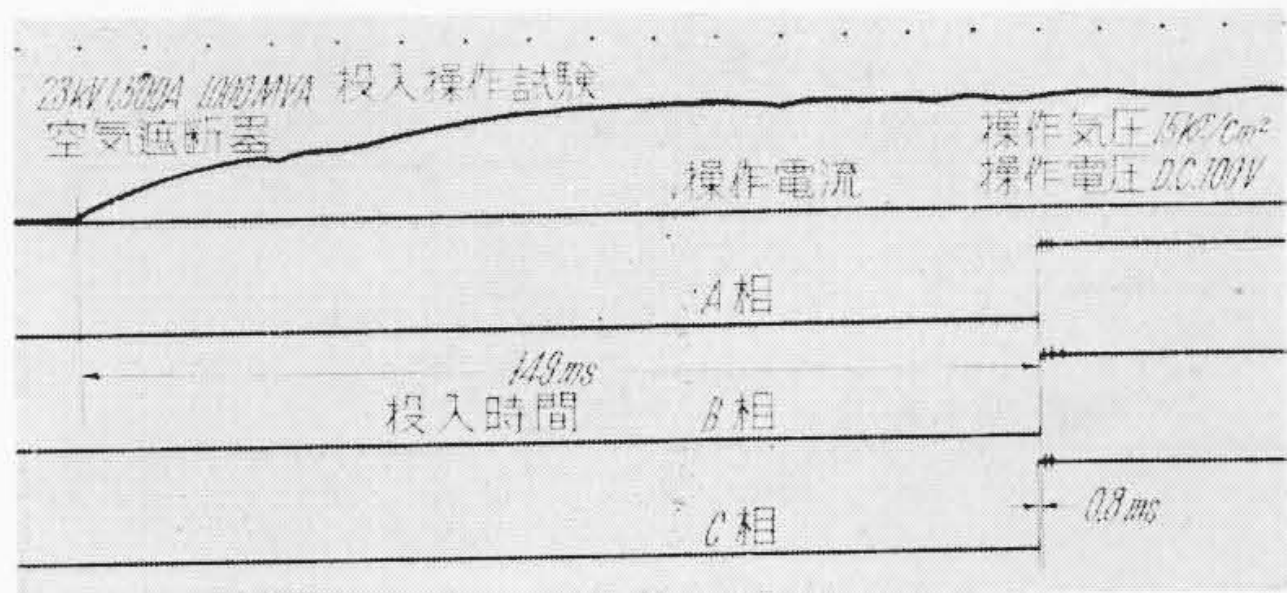
(4) 絶縁耐力試験

衝撃電圧試験 (160 kV, 1.5/40 μs)、商用周波絶縁耐力試験 (80 kV, 1 分間) を対地、相間および同相端子



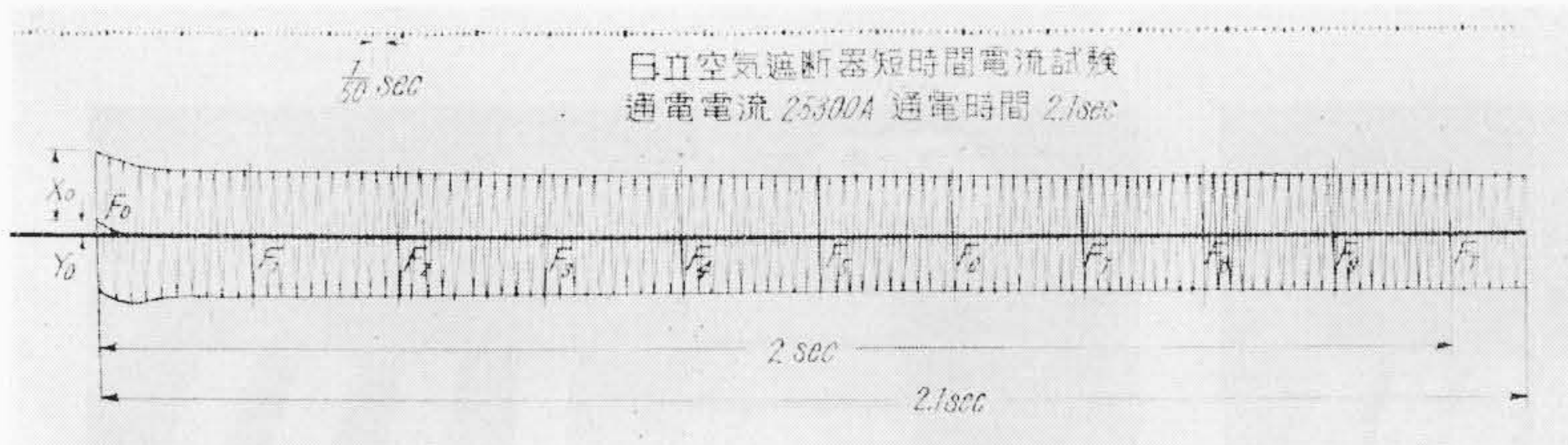
第9図 23kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器操作試験オシログラム
 操作気圧: 15 kg/cm²
 操作電圧: D.C. 100 V
 動作責務: -O-

Fig. 9. Oscillogram of Operating Test of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker
 Operating Air Pressure: 15kg/cm²
 Operating Current: D.C. 100 V
 Operating Duty: O



第10図 23kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器操作試験オシログラム
 操作気圧: 15 kg/cm²
 操作電圧: D.C. 100 V
 動作責務: -C-

Fig. 10. Oscillogram of Operating Test of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker
 Operating Air Pressure: 15kg/cm²
 Operating Voltage: D.C. 100 V
 Operating Duty: C



第11図 23kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器短時間電流試験オシログラム
 試験電流: 25,300 A
 通電時間: 2.1 s

Fig. 11. Oscillogram of Short Time Current Test of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA Hitachi Air Blast Circuit Breaker 25,300 A, 2.1 s

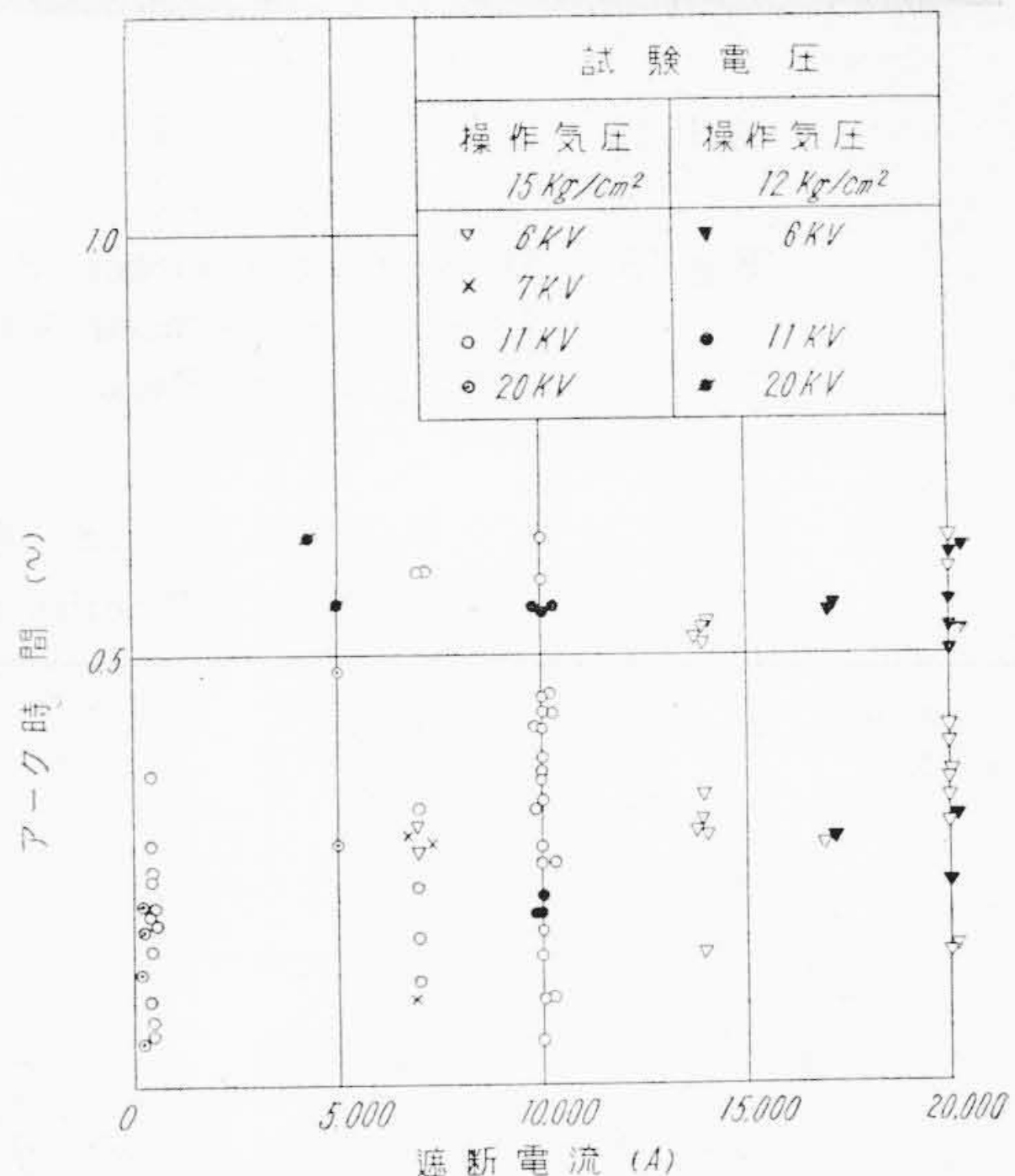
第4表 温度上昇試験および短時間電流試験結果
 Table 4. Results of Heat Run Test and Short Time Current Test

種 目	温度上昇試験		短時間電流試験	
	電 流(A)	通電時間(s)	電 流(A)	通電時間(s)
固定接触子	1,500	連続	25,800	2.1
可動接触子	1,500	連続	25,300	2.1
消弧室ブラケット	1,500	連続	25,800	1.16
消弧室側端子	1,500	連続	25,300	2.1
断路部ピンチ	1,500	連続	25,800	1.16
断路部クリップ	1,500	連続	25,300	2.1
温度上昇 (°C)				
固定接触子		30.5		9.0
可動接触子		29.0		10.5
消弧室ブラケット		23.0		6.5
消弧室側端子		18.5		14.3
断路部ピンチ		16.5		12.5
断路部クリップ		15.5		7.5

間に実施し、いずれも異常がなかった。

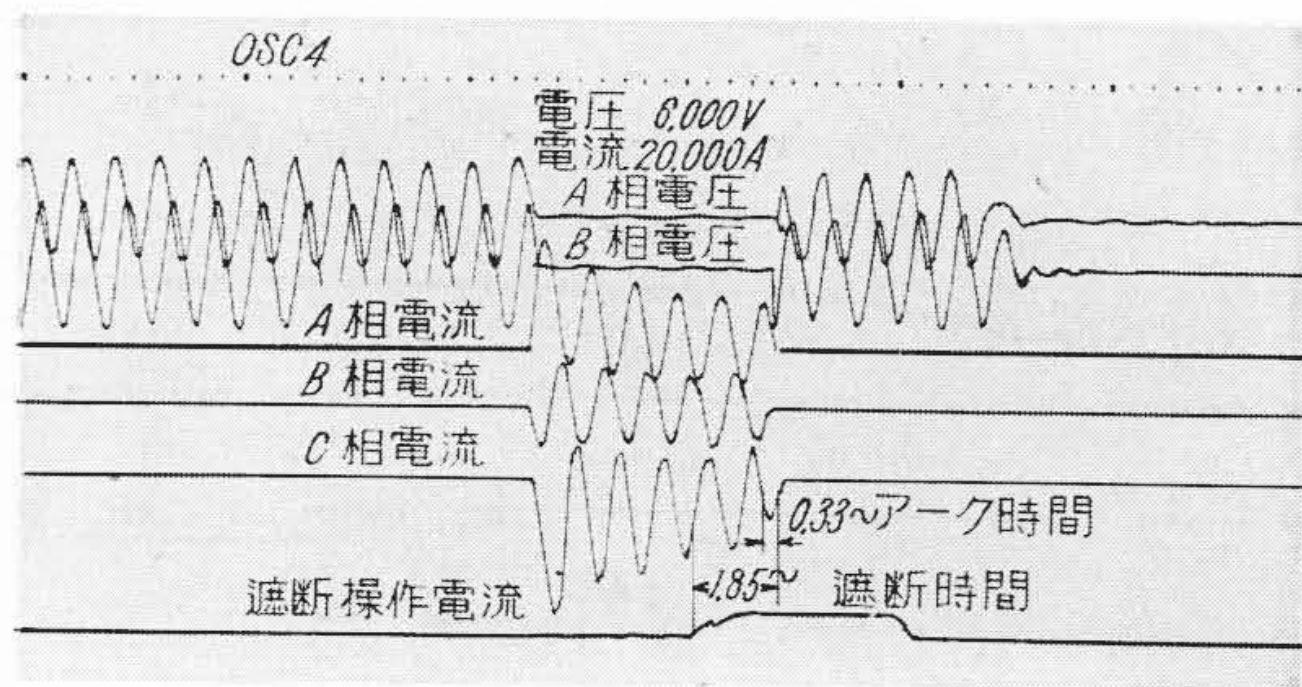
(5) 遮断試験

第5表は短絡電流遮断試験結果、第12図はアーク時間特性を示す。第13図(次頁参照)および第14図(次頁参照)は短絡電流遮断試験のオシログラムの一例である。断路部は短絡電流の投入を行うとき若干の損傷はまぬかれないが、投入速度が大なるため損傷はきわめて軽微であつて、第5表に示す投入電流 6,600~57,600 A の範囲で



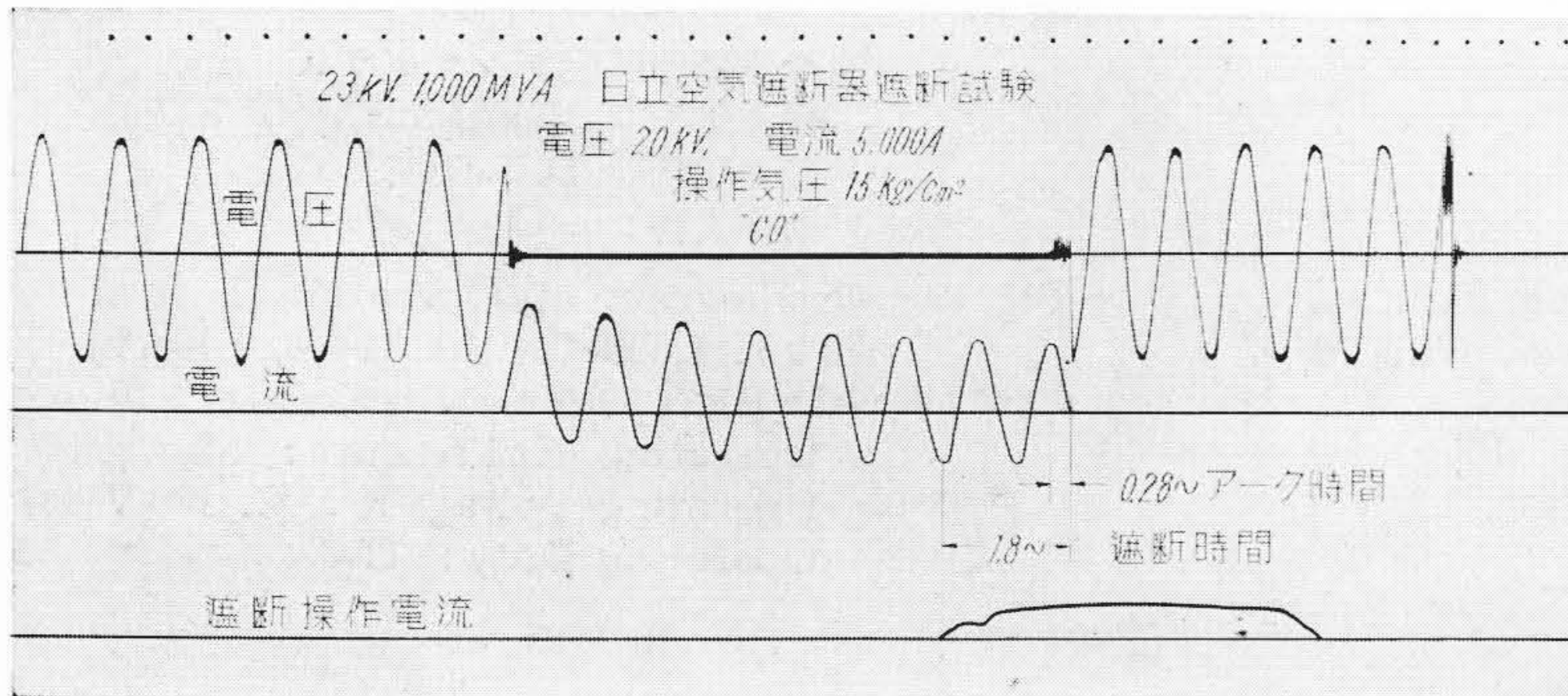
第12図 23kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器アーク時間特性

Fig. 12. Arcing Time Characteristics of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker



第 13 図 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器短絡電流遮断試験オシログラム
試験電圧: 6,000 V
遮断電流: 20,000 A
動作責務: CO

Fig. 13. Oscillogram of Rupturing Test of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker, 6,000 V, 20,000 A, Operating Duty: CO

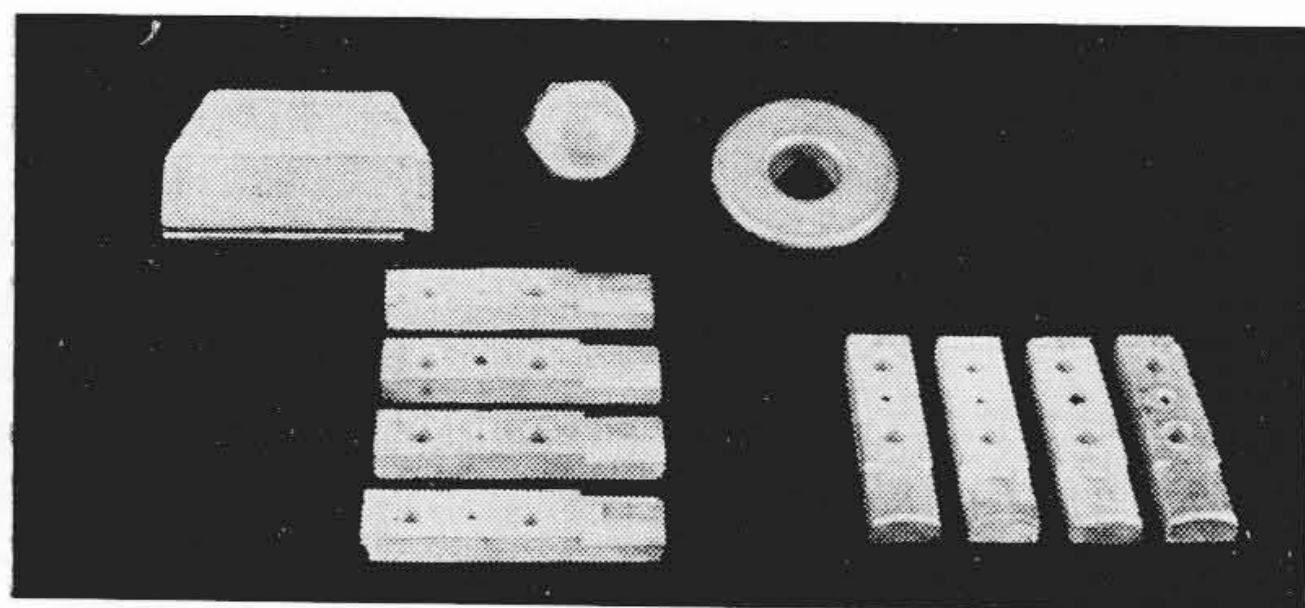


第 14 図

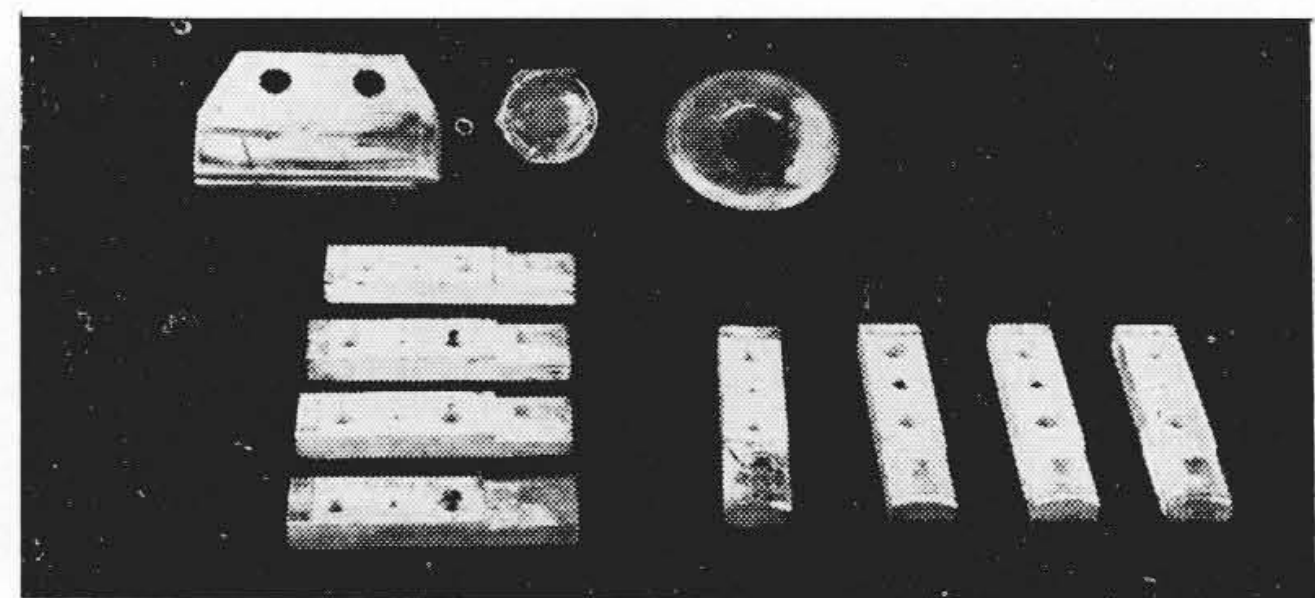
23k V, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器短絡電流遮断試験オシログラム
試験電圧: 20 kV
遮断電流: 5,000 A
動作責務: CO

Fig. 14.

Oscillogram of Rupturing Test of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker, 20,000 V, 5,000 A, Operating Duty: CO



(a)



(b)

第 15 図 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器断路部および主接触部接触子
(a) 遮断試験前 (b) 遮断試験後

Fig. 15. Disconnect Contact Parts and Main Contacts of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker
(a) Before Rupturing Test (b) After CO Tests

第 5 表 短絡電流遮断試験結果
Table 5. Results of Rupturing Tests

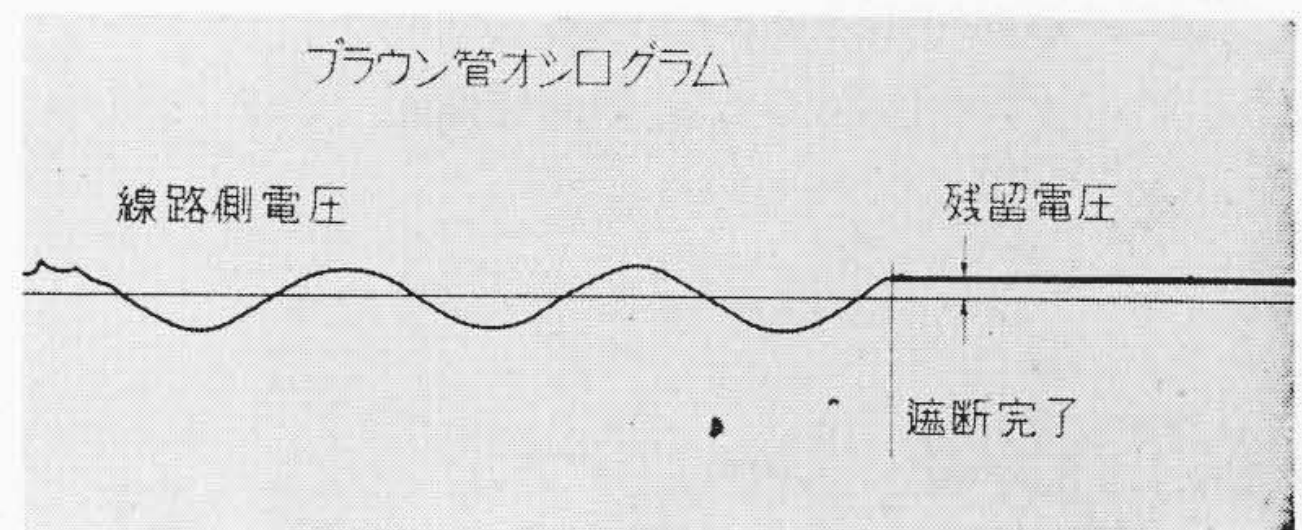
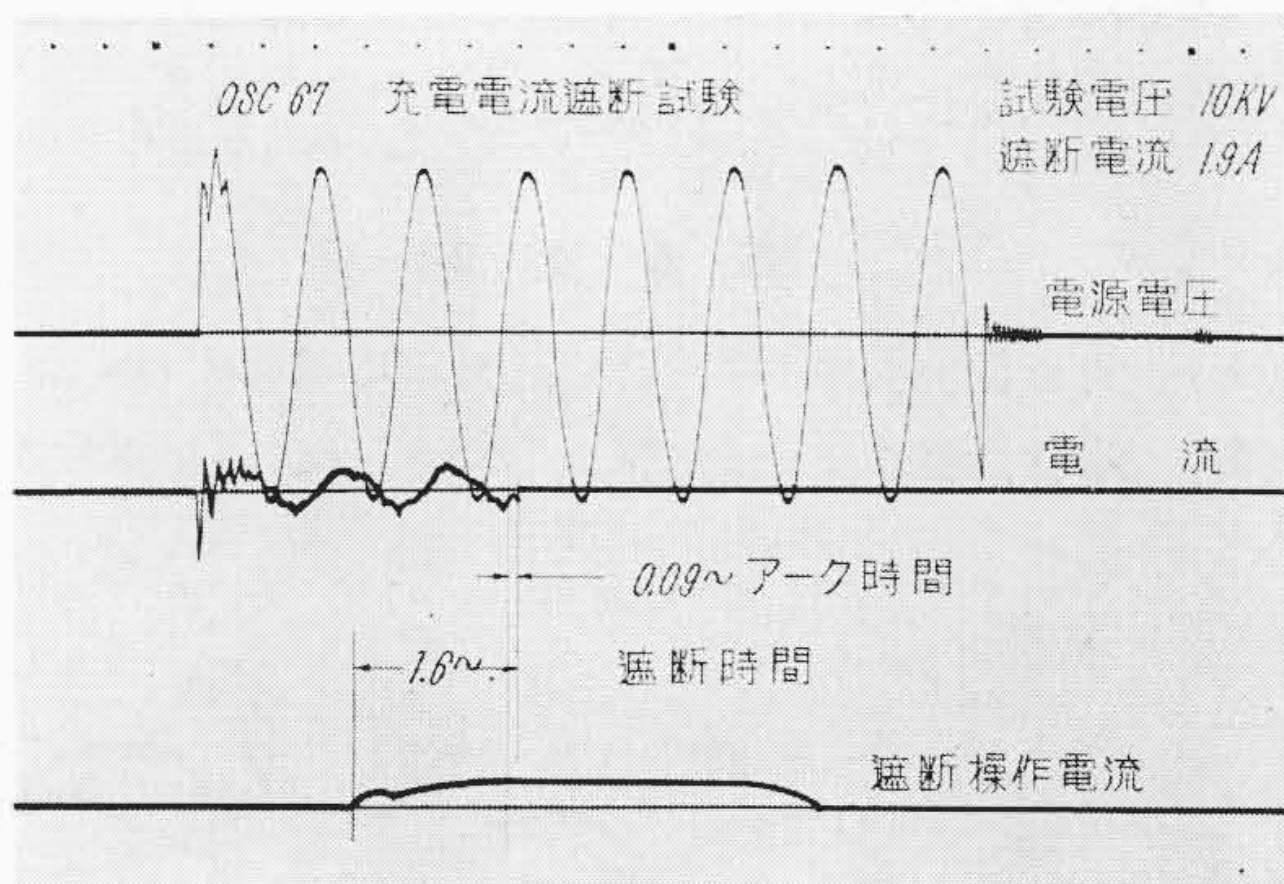
操作気圧 (kg/cm ²)	動作責務	試験電圧 (kV)	投入電流 (A)	遮断電流 (A)	アーク時間 (~)	全遮断時間 (~)	試験回数
15	3-φ -O-	6~7	—	7,000~14,000	0.1~0.53	1.6~2.2	3
		11	—	7,000~10,000	0.1~0.6	1.6~2.2	6
	3-φ -CO-	6~7	18,700~57,600	14,000~20,000	0.15~0.64	1.6~2.2	4
		11	17,100~37,300	9,500~10,000	0.05~0.38	1.5~1.8	3
12	3-φ -O-	20	9,050~11,400	4,500~5,500	0.28~0.48	1.8~2.0	2
		6	—	17,000~20,000	0.23~0.56	1.7~2.0	4
		11	—	9,500~11,000	0.2~0.55	1.7~2.2	3
	3-φ -CO-	20	6,600~8,500	4,500~5,500	0.42~0.52	1.9~2.0	2
20	—	3,400~3,600	0.56~0.64	2.1~2.2	2		

第 6 表 充 電 々 流 遮 断 試 験 結 果
Table 6. Results of Charging Current Interrupting Test

試験電圧 (kV)	遮断電流 (A)	アーク時間 (s)	再点弧回数	試験回数
10	1.9	0.08~0.14	0	5
15	3	0.07~0.19	0	6
20	3.8	0.05~0.21	0	5
25	4.8	0.09~0.17	0	5

第 7 表 励磁電流遮断試験結果
Table 7. Results of Exciting Current Interrupting Test

試験電圧 (kV)	遮断電流 (A)	アーク時間 (s)	異常電圧 倍数	試験回数
11.5	4.8	0.16~0.36	1.05~2.4	11
13	6	0.26~0.29	1.8~1.95	3
15	3.5	0.34~0.46	1.1~1.9	5
20	7.5	0.32~0.43	1.1~1.6	3

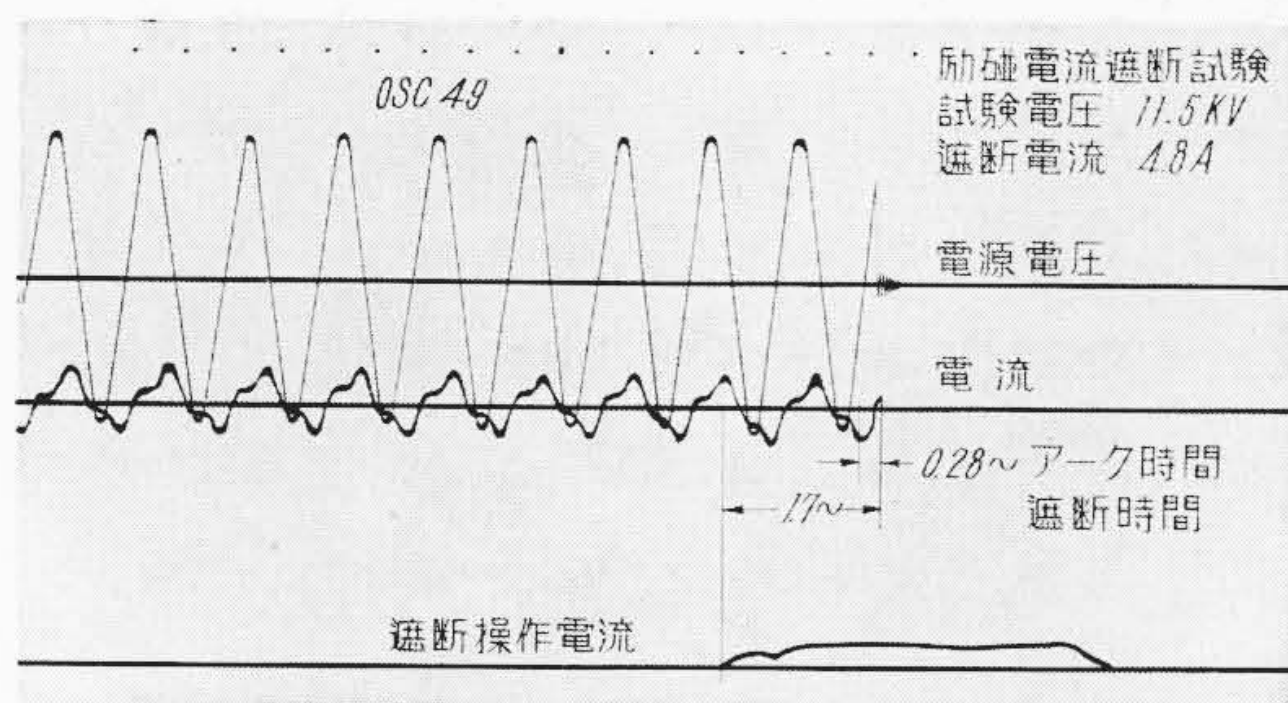


(a)

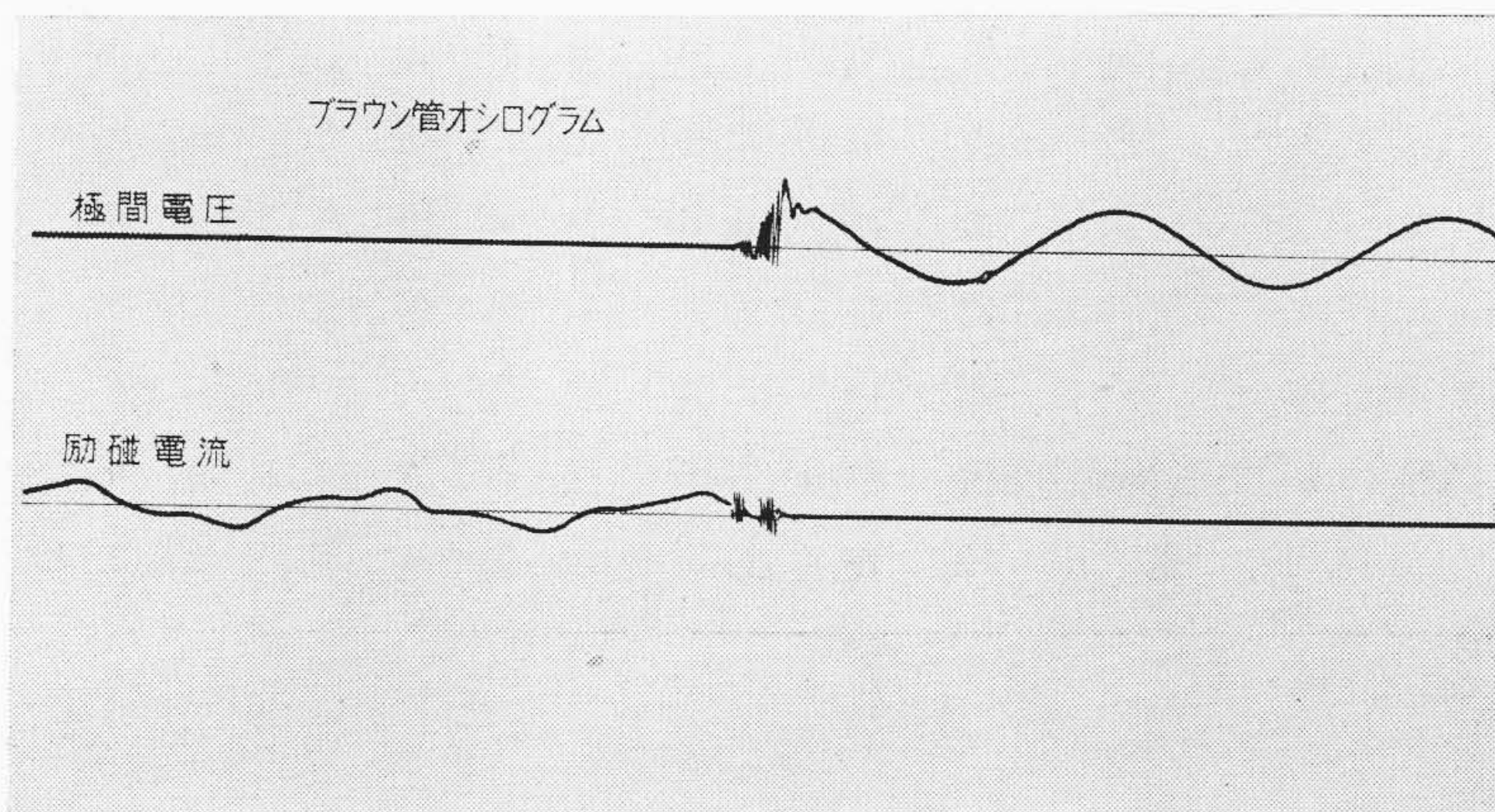
(b)

第 16 図 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立 空 気 遮 断 器
充 電 々 流 遮 断 試 験 オ シ ロ グ ラ ム
試験電圧: 10 kV 遮断電流: 1.9 A

Fig. 16. Oscillogram of Charging Current Interrupting Test of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker



(a)



第 17 図
23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA
日立 空 気 遮 断 器 励 磁 電 流 遮 断
試 験 オ シ ロ グ ラ ム
試験電圧: 11.5 kV
遮断電流: 4.8 A

Fig. 17. Oscillogram of Exciting Current Interrupting Test of 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA, Hitachi Air Blast Circuit Breaker, 11.5 kV, 4.8 A

(b)

11 回におよぶ CO 試験においても接触部の修理を行う必要がなかつた。第15図はこの状態における断路部接触子および遮断部可動接触子、固定接触子である。

第6表は充電々流遮断試験結果を示す。第16図はそのオシログラムの一例である。25kV まで各電圧において再点弧は皆無である。

第7表は励磁電流遮断試験結果を示す。第17図はそのオシログラムの一例を示す。

〔V〕 結 言

以上 23 kV, 1,500 A, 1,000 MVA 日立空気遮断器の概要を紹介したがその特長を要約すると

- (1) 油を使用しないので火災の危険がなく、油の劣化による保守の手数が省ける。
- (2) アーク時間が 0.5 前後の短時間で、かつ気中

で開閉するため接点の損傷が少く頻繁な開閉に耐える。

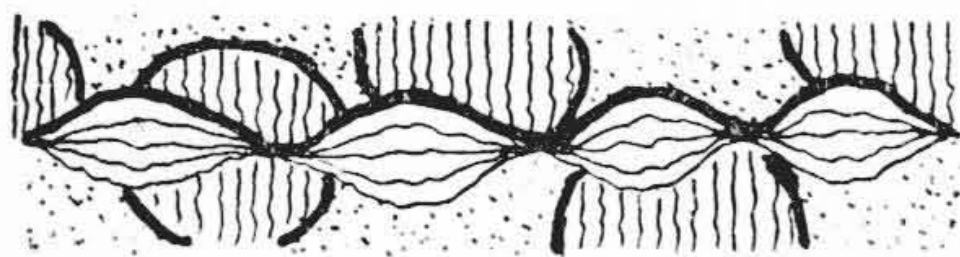
- (3) 同軸吹付方式を採っているので絶縁物の電弧による損傷劣化がない。
- (4) 抵抗遮断を行うので過電圧発生の危険がない。
- (5) 軽量で床面積も少く、遮断容量が大きい。

など、多くの特長を有している。したがって開閉頻度の高い場所、大なる遮断容量を必要とする場合などには特に好適である。

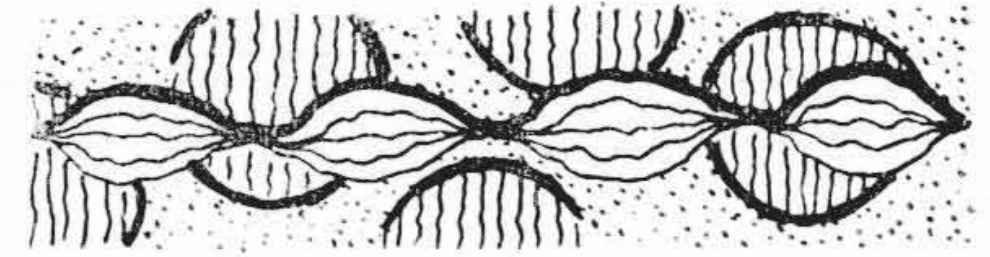
擱筆に当り終始御熱心に本器の開発を御指導された姫川電力株式会社各位に深く感謝する次第である。

参 考 文 献

- (1) 安藤, 小林, 額田: 日立評論 35 1059 (昭 28. 7)
- (2) 小林, 額田: 日立評論 36 1205 (昭 29. 8)



特 許 と 新 案



最近登録された日立製作所の特許および実用新案 (その 2)

(第 34 頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	416613	函入電磁開閉器操作把手鎖錠装置	日立工場	鈴木正明	29. 8. 19
"	416603	ポット紡機用導糸管	川崎工場	薄正四	"
"	416594	ケーブル取付装置	多賀工場	加茂谷春一	"
"	416608	カーボンパイル電圧調整器	多賀工場	小室甲二郎	"
"	416599	螢光灯スタンド	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	416604	螢光放電灯直流点灯装置	亀戸工場	中村純之助 嶋原文七博 岡垣博	"
"	416605	灯 具 吊 り 装 置	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	416606	灯 具 吊 り 装 置	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	416607	時 限 ス イ ッ チ	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	416614	電 圧 継 電 器	亀戸工場	鬼頭国忠	"
"	416539	周波数特性補償分圧器	戸塚工場	内藤大三	"
"	416595	多数共同加入電話における電流制御装置	戸塚工場	江森五郎	"
実用新案	416593	直 流 用 電 球	茂原工場	内海金吾	29. 8. 19