

日立磁気遮断器

小林哲郎* 細包嘉信**

Hitachi Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker

By Tetsuo Kobayashi and Yoshinobu Hosokane
Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Oil circuit breakers have been doing a commendable role in the protective service of the power line and in their long history of that service have got through remarkable improvement in many phases.

However, depending intrinsically on oil for their function they cannot be entirely immune to the possibility of fire. Also, there subsist such troubles as the carbonization of oil attendant to breaking operation in the oil, too large consumption occurring in the part of contactor, etc., which ask for correspondingly increased maintenance.

The widespread desire of the industry for the circuit breakers using no oil but at no sacrifice of the efficiency is stemming from the above inconveniences. To cope with such situation, Hitachi have developed this time magnetic blow out type circuit breakers for use on 3~6 kV distribution circuits.

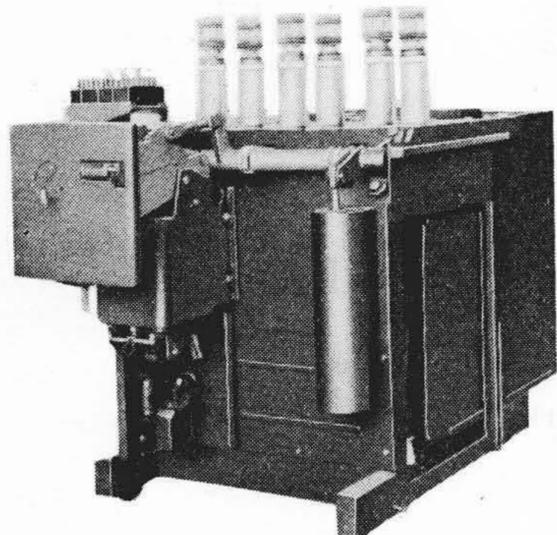
Recently, to the order of Kansai Electric Power Co., Ohtsu Substation, Hitachi designed and built the same circuit breakers, 3 sets specified for 6.9 kV, 1,200 A, 250 MVA and 13 sets for 6.9 kV, 600 A, 100 MVA, and all of which were delivered after the Type Approval Test in accordance with JEC-57 Standard. In the test conducted with attendance of all concerned, these new products were subject to such a rigorous series of testings as breaking test at 6.9 kV, 250 MVA, CO-15 sec-CO, breaking test at 6.9 kV, 250 MVA in the 100% humid atmosphere, continual operation test over 5,000 times, 60 kV impulse voltage test, etc., and despite of the unprecedented severity of testings, they were able to prove their almost impeccable quality.

〔I〕 緒 言

交流遮断器として油入遮断器は数十年に亘る長い歴史を有し、その間消弧方式がプレーンブレー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て性能、油量、重量等に於て顕著な進歩を遂げた。しかし、油を消弧媒質としているために火災の危険が全く除去されたとはいえない。且つ油中に於ける開閉には油の炭化、接点の異常消耗等の現象が伴い保守上の面倒も多い。従つて幾多の特長があるにも拘わらず油なし遮断器を待望する声は相当古くからあつた。この要望に沿つて空気遮断

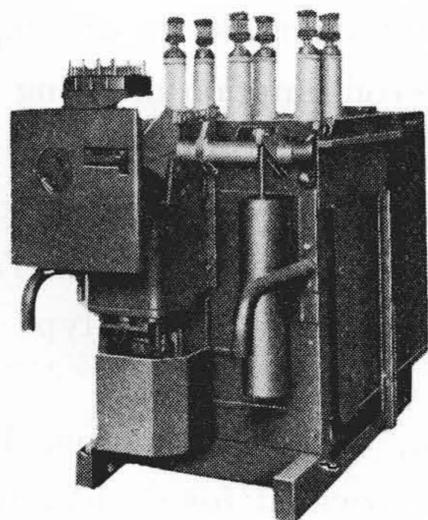
器或は磁気遮断器等の油なし遮断器が開発され、漸く実用期に入ろうとしている。空気遮断器は主として歐洲に於て発達し既に 400 kV, 10,000 MVA 級まで製作されているが、圧縮空気発生装置及び配管等の附属設備を必要とするので、遮断器台数の少い場所、或は配電回路等の比較的小容量の遮断器に対しては必ずしも有利でない。これに対して磁気遮断器は米国に於て発達し既に 15 kV, 500 MVA 級まで製作されているが、特種の附属設備を必要としないため急速に普及し始めた。我国に於ても 3~6 kV 配電回路に使用せんとする気運が高まりつつあるので、日立製作所はこの要求に応じて 6.9 kV, 600~2,000 A, 100~250 MVA 日立磁気遮断器を開発し

* ** 日立製作所日立国分分工場



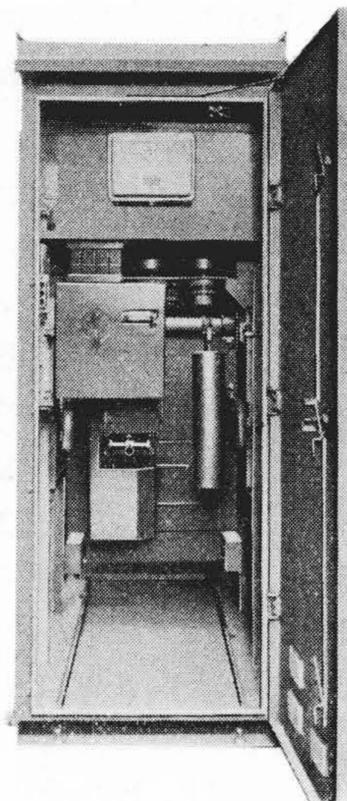
第 1 図 BMM-25 型 MA 式 6.9 kV, 1,200 A, 250 MVA 日立磁気遮断器

Fig. 1. Type BMM-25 Form MA, 6.9 kV, 1,200A, 250MVA Hitachi Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker



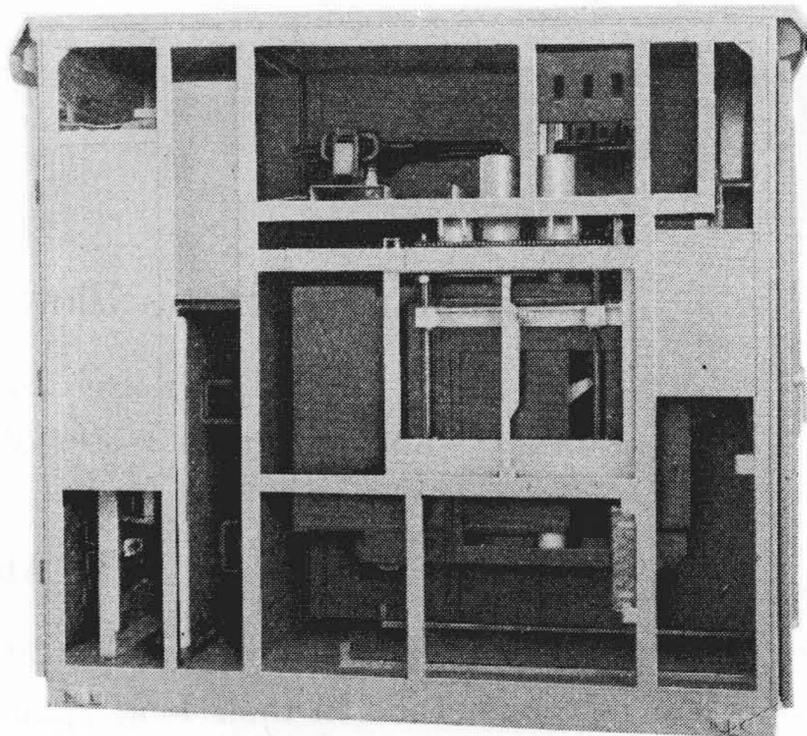
第 2 図 BMM-10 型 MA 式 6.9 kV, 600 A, 100 MVA 日立磁気遮断器

Fig. 2. Type BMM-10 Form MA, 6.9 kV, 600 A, 100 MVA Hitachi Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker



第 3 図
磁気遮断器を取付けたメタルクラッドスイッチギヤ

Fig. 3.
Metal-Clad Switchgear with Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker



第 4 図 磁気遮断器を取付けたメタルクラッドスイッチギヤの側面

Fig. 4. Side View of Metal-Clad Switchgear with Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker

た。本遮断器は磁気吹消作用を利用した高圧気中遮断器である。今回、関西電力大津変電所のユニットサブステーション用として 6.9 kV, 1,200 A, 250 MVA (3 台) 及び 6.9 kV, 600 A, 100 MVA (13 台) を完成したので、ここにその構造、動作原理並びに試験結果を紹介する。本遮断器の概略仕様は下記の通りである。(括弧内は 100 MVA 遮断器の数値を示す。)

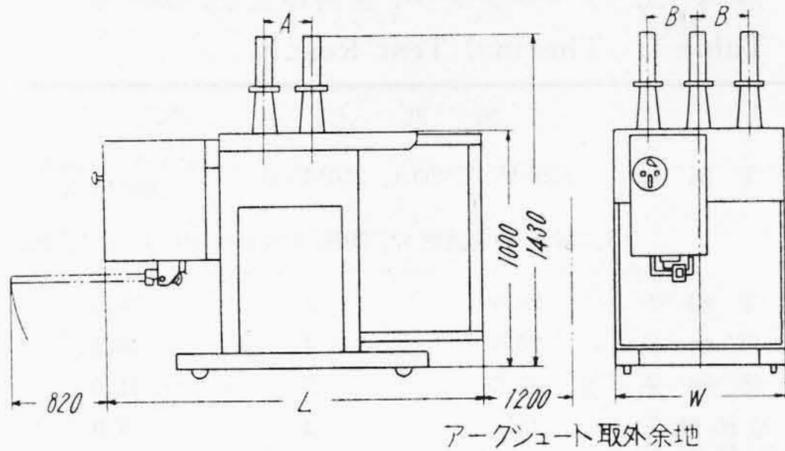
型 BMM-25 (10) 式 MA

定 格6.9 kV, 1,200 A (600 A)
遮 断 容 量	6.9~3.45kV に於て..250MVA (100 MVA)
動 作 責 務 CO-15 sec-CO
全 遮 断 時 間0.1 sec
投 入 時 間0.4 sec
衝 撃 耐 圧 60 kV
規 格 JEC-57

第 1 図及び第 2 図は本遮断器の外観を示す。第 3 図及び第 4 図はメタルクラッドキュービクルに取付けた状態である。

〔II〕 構造並びに動作原理

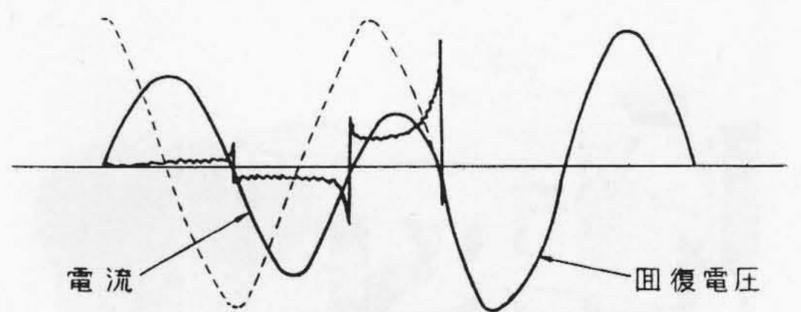
第 5 図は日立磁気遮断器の外形図、第 6 図は内部構造図である。各相の端子はフレーム上部に套管を設けて上方に引出されている。遮断部の前方には操作機構函が取付けてある。この構造は油入遮断器と同じ形態であつて、垂直引出型メタルクラッドに組込み、或は従来の油入遮断器と同様に単独据付型とするのに適している。可動接触子は套管下部にほぼ水平に支持され、絶縁操作口



型式	電圧	電流	A	B	L	W
BM-15	6.9KV	800 1300	200	225	1650	700
BM-25	6.9KV	800 1300	200	225	1650	700
BM-25	6.9KV	2000	200	275	1650	850

第5図 日立磁気遮断器の外形図
Fig.5. Dimension Diagram of Hitachi Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker

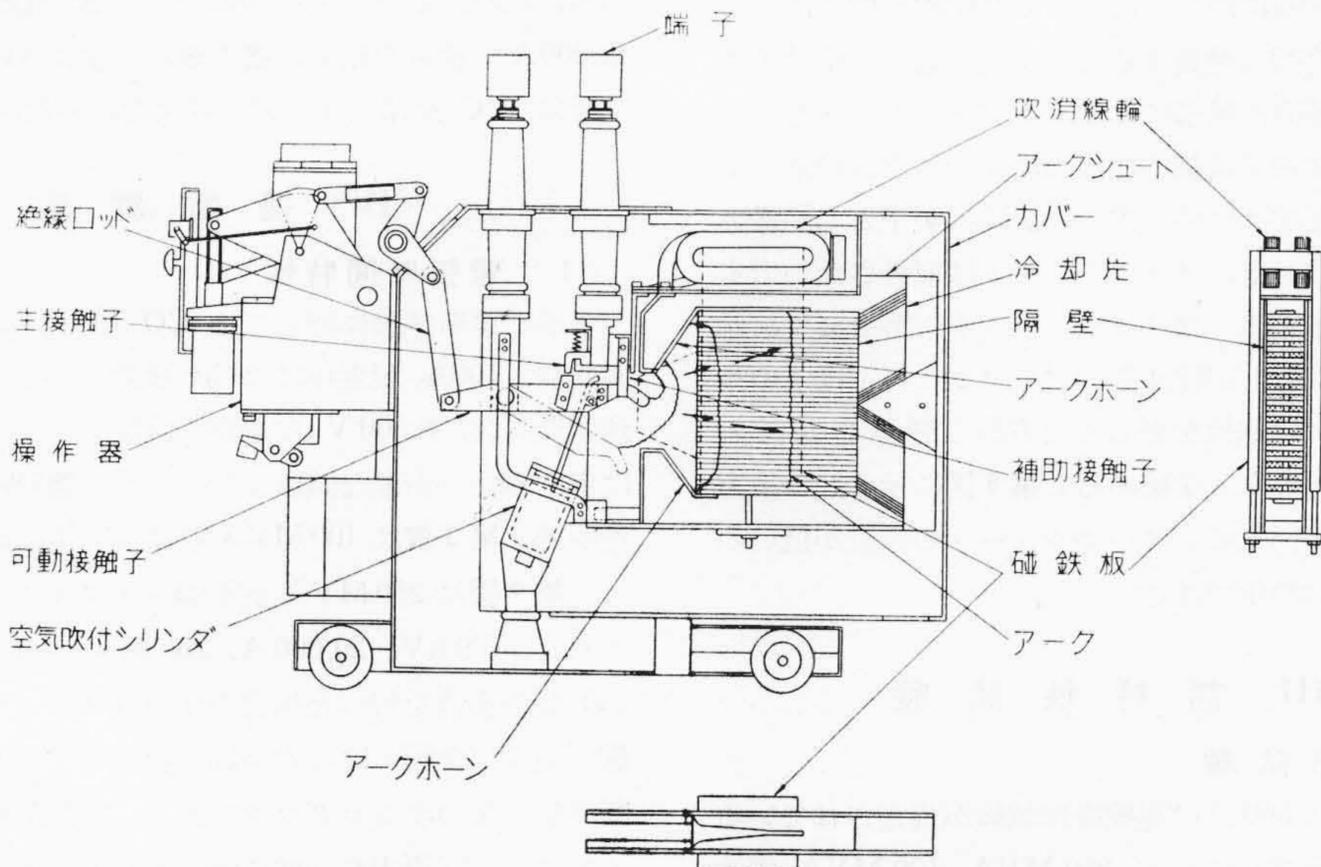
ッドにより開閉動作を行う。可動接触子の開路の際、接触子は主接触子、補助接触子の順で開離する。補助接触子間に発生したアークがアークシュート内のアークホーンに移行すると磁気吹消線輪が励磁され、アークはその磁力によつて急速にアークシュート内部に吹込まれる。アークシュート内には図示の如くV型の溝を持つた隔壁が適当な間隙をもつて積重ねられており、アークはこの溝の中に磁界の作用で強制的に引込まれる。磁界はアークシュートの外側に配置された磁鉄板によつてアークの



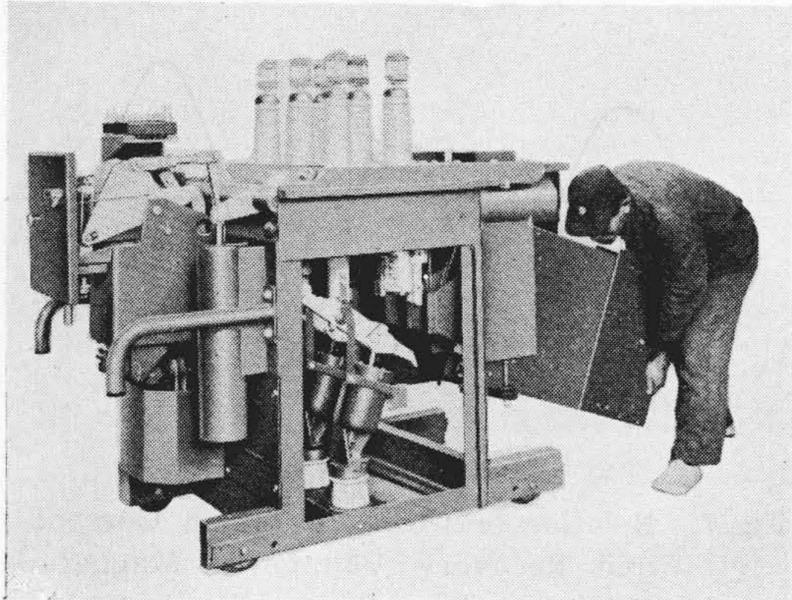
第7図 磁気遮断器に於ける遮断電流と回復電圧との関係

Fig.7. Relation between Rupturing Current and Recovery Voltage at Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker

各部に均一且つ強力に作用するようにしてある。アークが狭い溝内に押込まれると、その径が制限され且つ隔壁によつて強力な冷却作用をうけるのでアーク電圧が高くなり、恰かも回路に抵抗を挿入したかの如く電流をしぼりながら遮断を完了する。即ち第7図曲線に示す如く、電流をしぼることによつて電圧電流位相を改善しながら遮断するので過電圧を発生する危険がない。隔壁その他のアークに触れる部分には耐アーク性の良好なジルコン磁器を使用している。本遮断器の開発に当つては従来の低圧気中遮断器に使用されている各種の耐アーク性絶縁材料に就いて基礎試験を行つたが、いづれも耐圧、耐湿、耐久性等に於て実用に耐えないことが判つた。よつてこれ等の欠点がない耐熱性磁器の研究に主力を注ぎ、遂にジルコン ($ZrSiO_4$) を主成分とする極めて耐アーク性の



第6図 日立磁気遮断器構造図
Fig.6. Construction of Hitachi Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker



第 8 図 アークシュート取外中の状態
Fig. 8. Removing Arcchute from Circuit Breaker

優秀な材質を完成した。この結果、当初 3,450 V を目標に設計した試作遮断器に於て 8,500 V, 10,000 A の遮断に成功し、しかも後述の如く連続遮断試験の結果も殆ど損傷なく、頻繁な開閉場所に使用しても半永久的の使用に耐える自信を深めた。遮断時のアークガスは前述の隔壁により冷却され、更に金属板を組合せた冷却板により十分に冷却されてから絶縁カバーの上下に放出される。各相間は絶縁カバーに取付けられたバリヤーによつて隔離されている。従つてアークガスにより相間或は対地内絡を起す危険はない。可動接触子の背部には空気吹付ピストンが取付けてあり、遮断の際にシリンダ内の空気を中空の操作ロッドの先端からアークシュート内部に吹込むようにしてある。磁気吹消作用を十分に發揮出来ない小電流の遮断に際しては、この空気吹付作用によつてアークを短時間に遮断することが出来る。主接触子には銀接触を、補助接触子には銀タングステン合金を使用しており、主接触子は強力なばねによつて衝合接触しているので通電能力は極めて大きい。両接触子とも絶縁カバーを後方に外せば、アークシュートは取外さなくても側方から点検出来る。アークシュートを取外せば両接触子とも簡単に取外しが出来る。アークシュートはその外側に配置された磁鉄板を介して上方から懸垂されており、下方の取付ナットを緩めると第 8 図に示す如く後方に取外すことが出来る。アークシュートの位置が低いので取外しは至極簡単である。

〔III〕 諸 特 性 試 験

（1） 開 閉 試 験

JEC-57 には 500 回の連続操作試験が規定されているが、今回は立会試験に於て 250 MVA, 100 MVA 両遮断器に対し各々 1,000 回の操作試験を行つた。これに先立ち 100 MVA に対しては 5,000 回の社内試験を行つた

第 1 表 メタルクラッド函内の温度試験結果
Table 1. Thermal Test Result

測 定 部 分	温 度 上 昇 (°C)		
	6.9kV, 1,200A, 250MVA		6.9kV, 600A 100MVA
	1,200A 一定通電	42,700A, 1.25sec	600A 一定通電
前 部 端 子	26.5	8	10.0
後 部 端 子	26.5	4	10.5
主 接 触 子	22.5	8	11.0
補 助 接 触 子	18.5	4	6.0
可 動 接 触 子	19.5	8	5.0
ヒンデ部分 函内温度上昇	5.0		1.5

が、いづれも故障なく長期の使用に耐えることが証明された。又定格投入操作電圧の 75~110%, 及び定格引外電圧の 60~120% の範囲で何等支障なく開閉し得た。投入時間は 0.24~0.36 sec, 開極時間は 0.064~0.08 sec である。

（2） 絶 縁 試 験

商用周波絶縁耐力試験 (17,000 V, 1 min) 及び衝撃電圧試験 (60 kV, 1.5/40 μS) はいづれも対地、相間及び同相端子間に対して実施し異常なかつた。

（3） 温 度 試 験

250 MVA 及び 100 MVA 両遮断器はいづれもメタルクラッド函内に収めた状態で立会試験を行つたが、第 1 表に示すように最高温度上昇がそれぞれ 26.5°C 及び 11°C で規程値 (40°C) よりはるかに低い。

（4） 短 時 間 電 流 試 験

短時間電流試験は 250 MVA 遮断器をメタルクラッド函内に収めた状態で 42,700 A, 1.25 sec (定格短時間電流 42,000 A) 通電の結果、第 1 表に示すように各部の温度上昇は 8°C を超えず、何等異常を認めなかつた。

〔IV〕 遮 断 試 験

（1） 電 弧 時 間 特 性

本器の遮断試験に際しては CO-15 sec-CO の動作責務試験, 100% 湿度中に 24hr 放置した後の定格遮断電流遮断試験, 8,500 V の過電圧試験等, 未だ我国に於ては例をみない苛酷な試験を敢行した。第 2 表は 250 MVA 遮断器, 第 3 表は 100 MVA 遮断器の電弧時間特性を示す。第 9 図は 250 MVA 遮断器をメタルクラッド函内に入れて、6.9 kV, 20,000 A, 250 MVA の CO-15 sec-CO 動作責務を行つた場合のオシログラムである。第 10 図 (第 32 頁参照) はこの試験に引続いて行われた耐湿遮断試験結果のオシログラムである。本試験に当つてはメタルクラッド函内に一面に水を散布し、更に 1.2 kW の電熱器によつてバケツの水を煮沸して湿度を上げた。函外にはシートをすつぽり覆せて湿度の上昇に務めたが、

第2表 BMM-25型 MA式 6.9kV, 1,200A, 250MVA 日立磁気遮断器試験成績一覧表

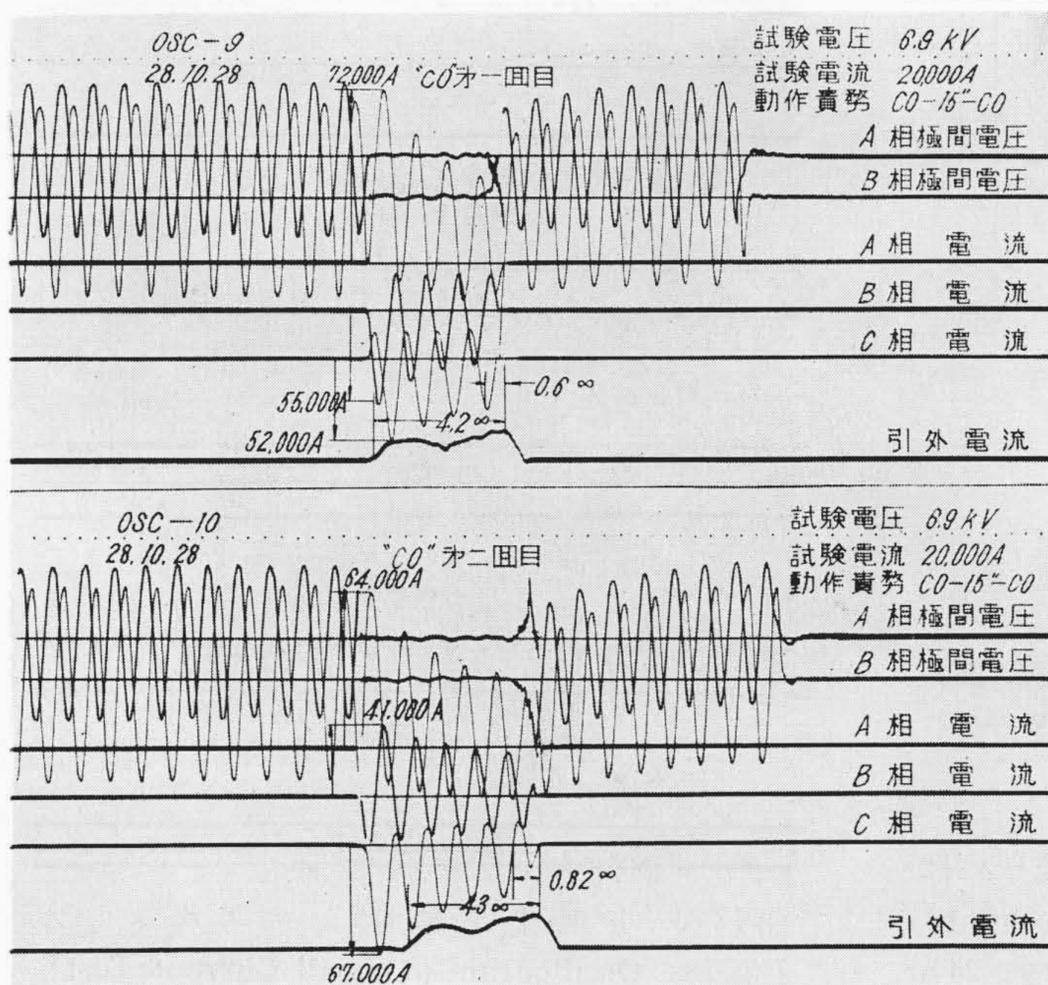
Table 2. Rupturing Test Data of 6.9kV, 1,200A, 250MVA, Hitachi Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker

オシロ番号	動作責務	試験電圧 (V)	投入電流 (A)	遮断電流 (A)	アーク時間 (ms)	相別
OSC-1	O (1-φ)	6,900	—	1,250	2.78	A
				1,350	2.16	A
				170	2.08	A
				155	2.14	A
5	O (3-φ)	3,450	—	8,600	1.10	A
				8,900	1.25	B
				9,500	1.25	C
6	O (3-φ)	3,450	—	8,900	0.88	A
				8,700	1.05	B
				9,000	1.05	C
7	O (3-φ)	6,900	—	9,000	1.20	A
				8,300	1.05	B
				9,500	1.20	C
8	O (3-φ)	6,900	—	10,000	1.15	A
				11,600	1.07	B
				13,300	1.15	C
9	CO (3-φ) -15 sec- CO (3-φ)	6,900	72,000	21,400	0.60	A
			55,000	18,900	0.47	B
			52,000	19,200	0.60	C
10	CO (3-φ) -15 sec- CO (3-φ)	6,900	64,000	18,000	0.70	A
			41,000	17,600	0.82	B
			67,000	18,400	0.82	C
11	O (3-φ) 湿度 100% 24 hr 放置	6,900	—	17,600	1.00	A
				18,700	1.00	B
				19,600	0.80	C

第3表 BMM型 MA式 6.9kV, 600A, 100MAV 日立磁気遮断器試験成績一覧表

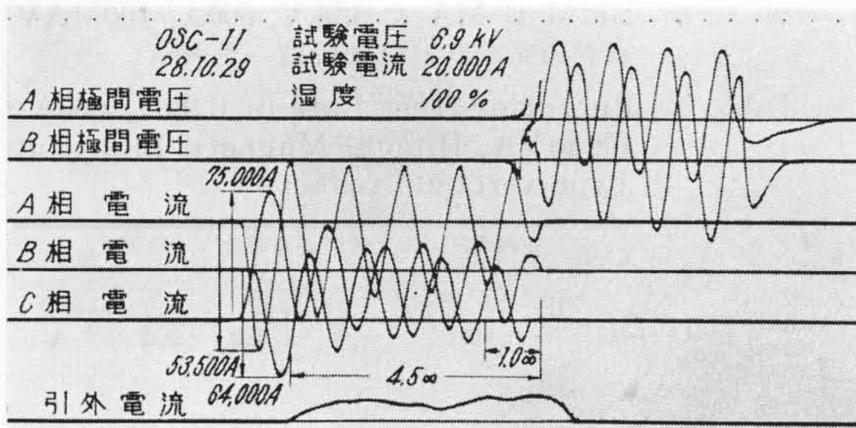
Table 3. Rupturing Test Data of 6.9kV, 600A, 100MVA, Hitachi Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker

オシロ番号	動作責務	試験電圧 (V)	投入電流 (A)	遮断電流 (A)	アーク時間 (ms)	相別	
OSC-12	O (1-φ)	6,900	—	1,380	2.3	A	
13	—	—	—	1,420	1.35	A	
14	CO (3-φ) -15 sec- CO (3-φ)	3,450	19,000	9,100	0.8	A	
				29,000	9,200	0.7	B
				32,300	10,200	0.8	C
15	CO (3-φ) -15 sec- CO (3-φ)	3,450	17,200	9,300	0.8	A	
				32,200	9,800	0.7	B
				32,400	10,800	0.8	C
16	O (3-φ)	6,900	—	11,200	0.8	A	
				10,200	0.7	B	
				10,000	0.8	C	
17	O (3-φ)	6,900	—	11,100	1.15	A	
				9,500	1.15	B	
				10,100	0.95	C	
18	O (3-φ)	8,000	—	6,900	1.0	A	
				—	—	B	
				6,900	0.75	C	
19	O (3-φ)	8,000	—	7,800	0.93	A	
				—	—	B	
				6,700	0.7	C	
20	O (3-φ)	8,000	—	6,500	1.0	A	
				6,300	1.0	B	
				6,700	0.8	C	



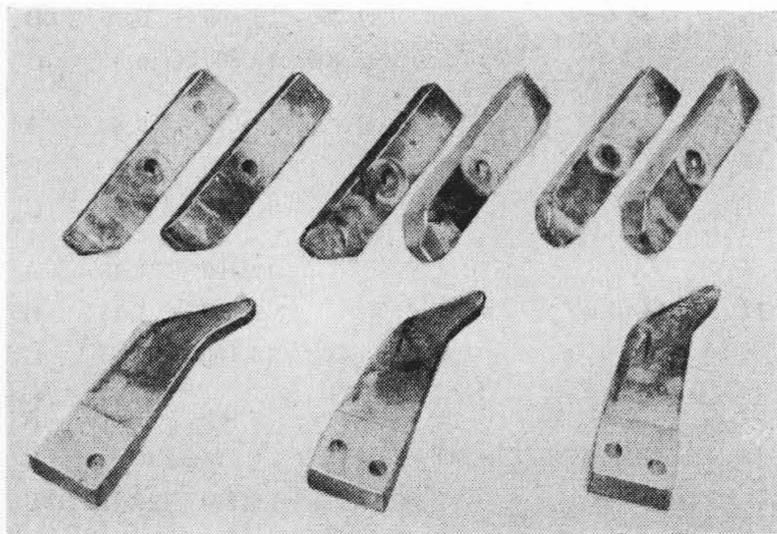
第9図 6.9kV, 20,000A “CO-15 sec-CO” 試験オシログラム

Fig.9. Oscillogram of “Close-Open”-15 sec-“Close-Open” Test, 6.9kV, 20,000A



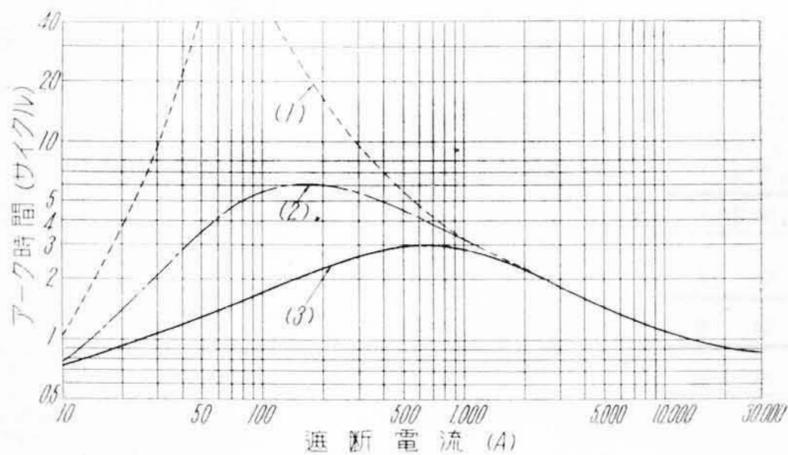
第 10 図 湿度 100% 24 hr 放置後の遮断試験
オシログラム (6.9 kV, 20,000 A)

Fig. 10. Oscillogram of Humidity Proof Test
(6.9 kV, 20,000 A)



第 11 図 試験後の各接触子の状態

Fig. 11. Contacts of Hitachi Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker after Rupturing Test



- (1) 空気吹付を行わぬ場合
- (2) 空気吹付効果の少ない場合 (試作品)
- (3) 空気吹付効果の著しい場合 (製品)

第 12 図 6.9 kV, 250 MVA 日立磁気遮断器の
遮断特性

Fig. 12. Rupturing Character of 6.9 kV, 250 MVA, Hitachi Magnetic Blow Out Type Circuit Breaker

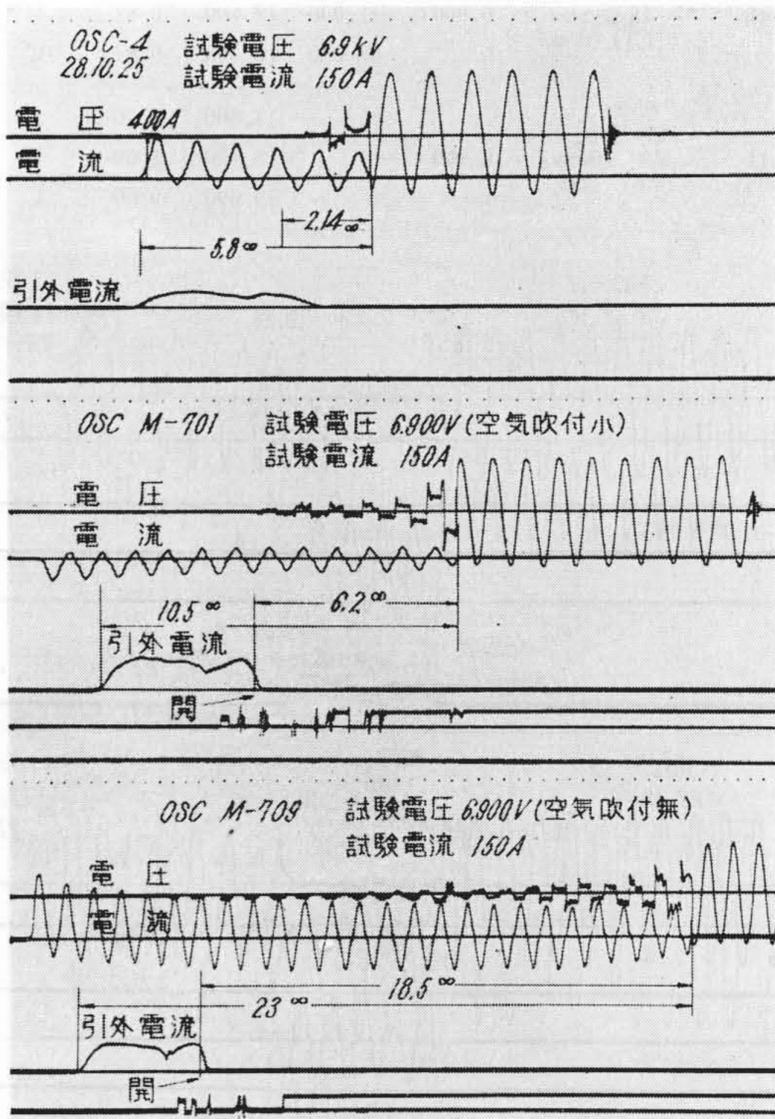
丁度雨天であつたため、函内湿度は 100% に達し天井から水滴が盛んに滴下し、遮断器は恰かも水中から引上げたかの如き観を呈した。このように苛酷な状態に 24 hr

第 4 表 6.9 kV, 250 MVA 試作磁気遮断器
遮断試験の要約

Table 4. Summary of Rupturing Test Data

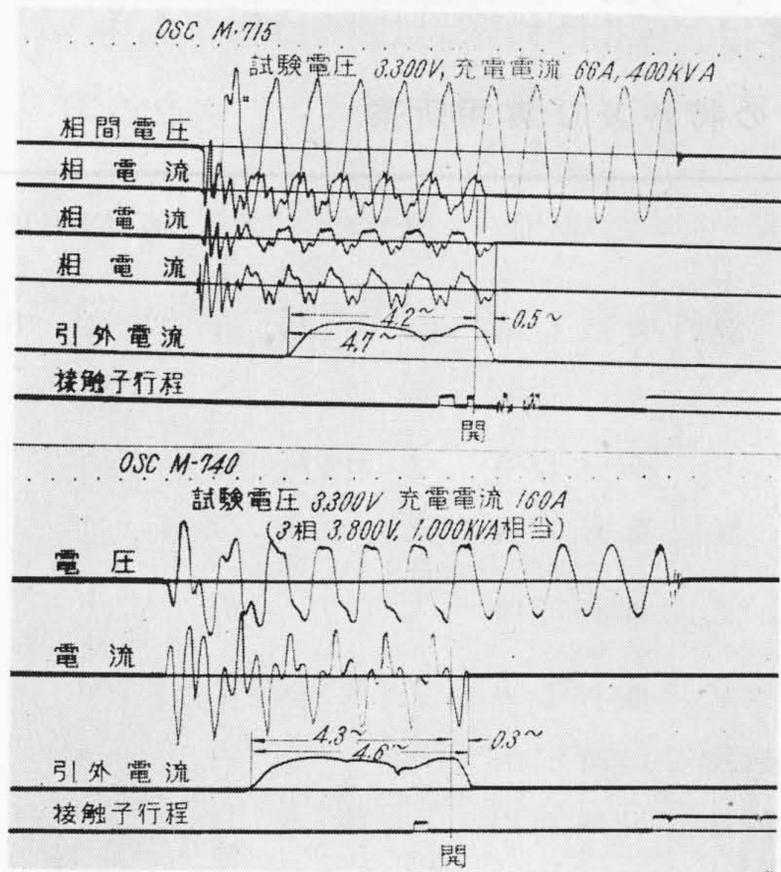
動作責務	試験電圧 (V)	投入電流 (A)	遮断電流 (A)	電弧時間 (ms)
O (1φ)	3,000	—	1,000~5,000	1.0~2.3
	3,000	—	5,000~13,000	0.6~1.3
	6,000	—	5,000~25,000	0.7~1.6
	7,000	—	5,000~7,500	1.0~1.5
O (3φ)	3,300	—	5,000~10,000	0.8~1.2
	6,600	—	5,000~25,000	0.8~1.6
	8,500	—	5,000~8,200	0.9~1.5
CO (3φ)	3,300	10,000~28,000	5,000~10,000	0.8~1.2
	6,600	25,000~65,000	15,000~20,000	0.9~1.2
O (3φ)	6,600	—	15,000~21,000	0.6~0.7 (1)
O (1φ)	6,600	—	10~24	0.3~0.7 (2)
	6,600	—	80~800	2.5~6.0 (3)
	6,600	—	150	12.0~18.5 (4)
	3,300	—	2~5	0.3~0.5 (5)
	O (3φ)	3,300	—	12~66
O (1φ)	3,300	—	15~160	0.08~2.03(7)

- (備考) (1) 湿度 97% 中に 72 hr 放置後
- (2) P.F.=0.7 空気吹付有
- (3) P.F.=0 空気吹付有
- (4) P.F.=0 空気吹付無
- (5) 変圧器励磁電流, 空気吹付有
- (6,7) 充電々流遮断無再点弧



第 13 図 小電流試験オシログラム

Fig. 13. Oscillogram of Small Current Test



第14図 充電々流遮断試オシログラム
Fig.14. Oscillogram of Charging Current Rupturing Test

放置し、6.9 kV, 20,000 A, 250 MVA の遮断試験を行つたが、第2表に示すように乾燥状態と少しも変らぬ好結果が得られた。第11図は第2表の一連の試験後に於ける接触部の状態であるが、損傷はそのまゝ継続使用に耐える程度に微量である。第4表は本器の完成に先立ち250 MVA 試作遮断器によつて行われた遮断試験結果である。第12図は第2表乃至第4表を图示したアーク時間特性である。試作品は空気吹付管の径が細く吹付方向も悪く吹付効果が少なかつたので、製品はこの点を改良し、小電流から大電流まで比較的均一なアーク時間特性が得られた。第13図は空気吹付効果を示すオシログラムの一例である。このように空気吹付作用が強力に発揮されるので、第4表及び第14図に示すように充電々流に対しても無再点弧で遮断することが出来る。従つて本器は進相用キャパシタの開閉用としても好適である。前記、試作遮断器は試験開始以来、第4表の試験結果を含めて試験電圧3~8.5 kV, 遮断電流2A乃至20,000Aを遮断すること400回に及んでいる。この間のアークエネルギーの

総計は1相当り30,000 kWを超えている。1回の定格遮断電流の遮断に要するアークエネルギーは100~150 kWであるから、この値は定格遮断電流を200回以上も遮断したことになる。この間、アークシュートは最初のみ使用しており、隔壁その他の耐アーク性磁器も依然継続して使用し得る状態にある。従つて開閉頻繁な場所にも使用してもこれらの材質は半永久的の使用に耐えることが判る。

〔V〕 結 言

以上、日立磁気遮断器の構造と試験結果の概要を報告した。CO-15 sec-COの動作責務(従来の例はO-1min-CO-3 min-CO)、100%湿度中の遮断試験、8.5 kVの過電圧試験、5,000回の連続操作試験等、未だ例をみない苛酷な試験をはじめ、広範な諸試験を行い電氣的にも機械的にも十分信頼し得るものであることが立証された。本器の特長を要約すると次の通りである。

- (1) 油を使用しないため、火災の危険がない。油入遮断器に比較して接触部の損傷も少く、且つ油の瀝過等の手数も省ける。
- (2) 小電流に対しては空気吹付けを加味しているので、小電流から大電流まで短いアーク時間で遮断が行われる。進相用キャパシタの開閉にも再点弧現象を伴わない。
- (3) アークシュートにはジルコン磁器を使用しているので半永久的の使用に耐える。
- (4) 端子は従来の油入遮断器のようにフレーム上方に設けられているので、据付に便利である。且つアークシュートの取付け位置が低いので保守点検が容易である。

従つてメタルクラッドに組込んで、都心の変電所、無人の屋外ユニットサブステーション或は開閉頻度の高い工場動力等に利用するにも、在来の油入遮断器と同様単独設置にも好適である。

終りに旬日に亘つて工場試験に立会われ、終始御熱心に本器の開発を御指導下された関西電力の当事者に深く感謝する次第である。

特許月報

最近登録された日立製作所の特許及び実用新案

(その3)

(第26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	407798	広 幅 板 返 裏 し 装 置	笠戸工場	佐々木 精 治	28. 11. 16
"	407799	巻 取 ド ラ ム	笠戸工場	浜 原 一	"
"	407804	タ ー ク ヘ ッ ド	笠戸工場	村 田 師 男	"
"	407808	グ リ ー ス 給 送 装 置	亀有工場	滝 本 秀 彦 五十嵐 健	"
"	407851	圧力空気を導く回転軸と静止して いる管との接続装置	亀有工場	久 保 沢 稔	"
"	407858	ケーブル起重機のボタンロープ用ボタン	亀有工場	平 栗 保 平	"
"	407800	精紡機に於ける補助カム装置	川崎工場	薄 正 四	"
"	407844	印刷機のインキ壺ローラー駆動装置	川崎工場	佐 藤 有 司 岡 田 惇	"
"	407845	ガス焰による印刷インキ中間乾燥装置	中央研究所 川崎工場	井 上 野 実 京 野 五 一	"
"	407857	フライヤ式排紙機構を有する印刷機用イン キ裏移り防止剤噴射装置	川崎工場	鎌 田 裕 之	"
"	407792	遠心分離機の軸受給油装置	多賀工場	河 村 三 郎	"
"	407793	遠 心 分 離 筒	多賀工場	川 崎 光 彦	"
"	407797	紡糸電動機支持装置	多賀工場	大 岡 宏 吉 田 金太郎	"
"	407805	ベ ル ト 緊 張 装 置	多賀工場	門 馬 光 雄	"
"	407864	磁力選鉄機用電磁石	日立工場	滑 川 清	"
"	407806	ベ ル ト 緊 張 装 置	日立工場 多賀工場	田 中 貞之助 門 馬 光 雄	"
"	407816	遠 心 分 離 機	多賀工場	川 崎 光 彦	"
"	407817	遠 心 分 離 機	多賀工場	川 崎 光 彦	"
"	407818	軽金属製紡糸用ポット	多賀工場	大 岡 宏	"
"	407841	ウエスコポンプ呼水注水口	多賀工場	益 子 三 郎	"
"	407842	熔接電流指示装置	多賀工場	田 沢 阜	"
"	407843	カーボンパイル電圧調整器のパイ ル加圧装置	多賀工場	大 高 昇	"
"	407846	電子顕微鏡用カメラボックス	多賀工場	大 沼 嘉 郎	"
"	407853	カーボンパイル抵抗器	多賀工場 日立工場	大 高 昇 田 中 貞之助	"
"	407855	ホイストの油止め装置	多賀工場	横 内 直 中	"
"	407814	運搬、吊上及び台脚兼用のハンドル を具えた可搬容器	笠戸工場	和 田 正 脩	"
"	407850	グロースイッチによる螢光放電灯 直流点灯装置	中央研究所 茂原工場	中 村 純之助 江 川 隣之介	"
"	407795	異色連鎖状絶縁電線	日立電線工場	長 山 春 一	"
"	407796	連鎖状色別け絶縁線	日立電線工場	高 橋 長一郎	"
"	407810	X 線 計 数 管	中央研究所	今 井 宗 丸	"
"	407838	温度補償を施した空洞共振器	中央研究所	高 田 昇 平 宇 佐 美 襄	"
実用新案	407839	耐久磁石を用いた電子レンズ系	中央研究所	木 村 博 一	28. 11. 16