

日本國有鐵道山邊發電所

遮斷器及び斷路器

太田原 康夫* 加藤 清次**

The Circuit Breaker & Disconnecting Switches
for Yamabe Power Station
(Japan National Railway)By Yasuo Otahara, Seiji Kato,
Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

The important items of the switchgears supplied to Japan National Railway for Yamabe Power Plant are as follows :

161 kV “Contrarc” circuit breakers for outdoor use	12 sets
161 kV disconnecting switches	// // // 38 sets
11.5 kV Oil circuit breakers	// // // 4 sets
11.5 kV disconnecting switches	// // // 8 sets

They are not different essentially from the conventional types in design and construction, however, in view of the great importance attached to the duties imposed on them which are to be used for the power plant furnishing power without interruption for electrified railway service, and also of heavy snowfall prevailing in the district of its location, rigid performance tests have been conducted to assure their suitability to meet their duty requirements under all operating conditions with heavy snowfall in winter.

This paper describes briefly the 161 kV “Contrarc” circuit breakers and 161 kV disconnecting switches.

[I] 緒 言

今回の日本國有鐵道山邊發電所工事に關連して製作された主な開閉器具は次の如くである。

161 kV 屋外用制弧遮斷器	12 臺
161 kV 屋外用 斷路器	38 臺

11.5 kV 屋内用油入遮斷器 4 臺

11.5 kV 屋内用 斷路器 8 臺

これらはその構造上從來の製品と特に異なるものではないが、本發電所の負荷が鐵道と云う特に安全確實を重んずるものであることゝ、設置場所が本邦有數の豪雪地帯であること等の見地から特に嚴密な試験が實施された。この内 161kV 制弧遮斷器及び斷路器について述べよう。

* ** 日立製作所多賀工場

[II] 101 kV 制弧遮斷器

制弧遮斷器は日本發送電及び各配電會社に對し、すでに數百臺納入されているが、國鐵山邊發電所用としては特にその負荷の重要性にかんがみ、50,000 kVA 短路試験設備による遮斷試験をふくむ型式試験が實施された。

遮斷器仕様は次の通りである。

型 BO-200 A 式 PA

定格電壓 161 kV 定格電流 800 A

遮斷容量 2,000,000 kVA

投入容量 20,000 A

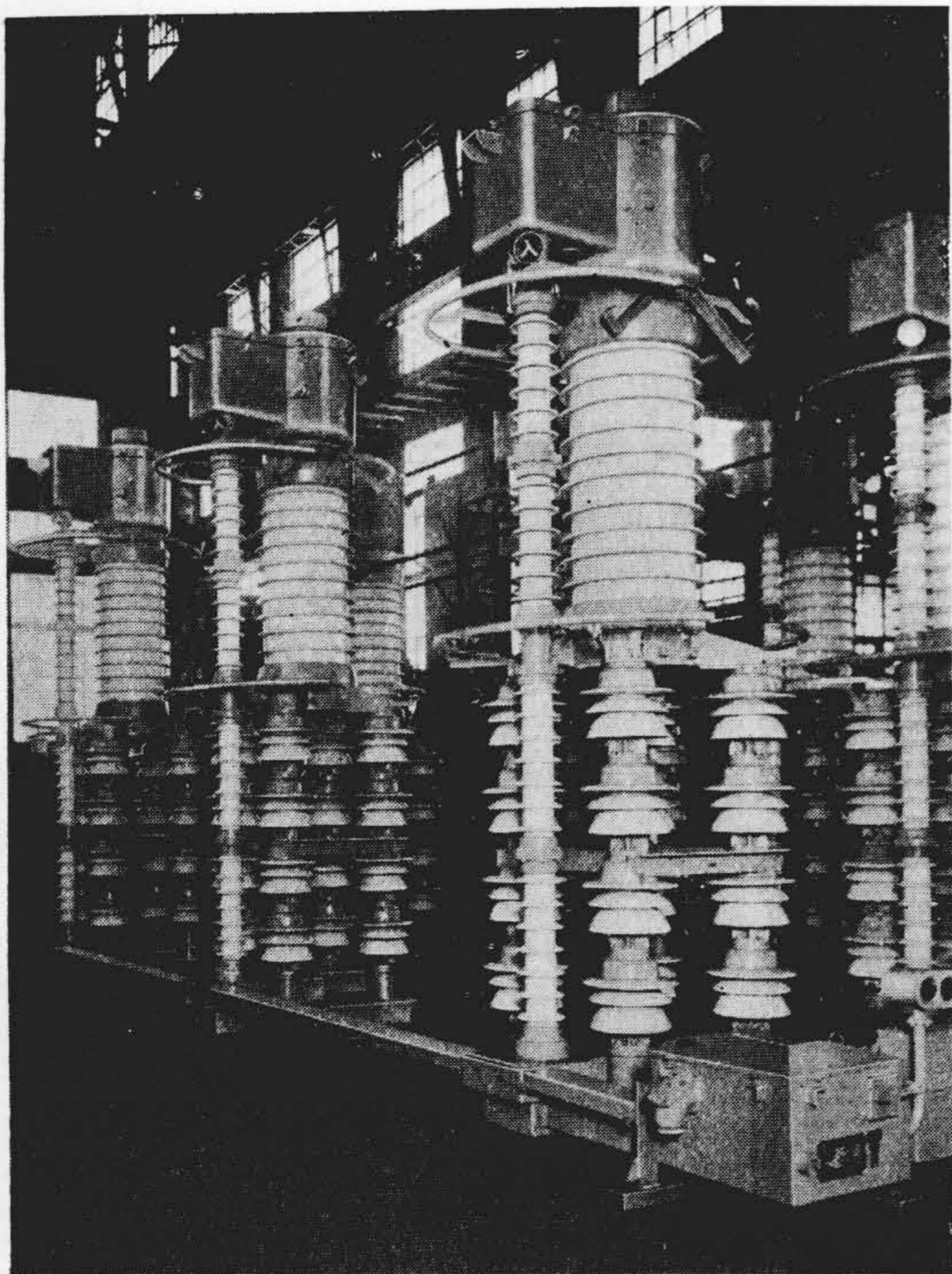
短時間電流 7,200 A

開極時間 0.07 秒以下

全遮斷時間 0.1 秒以下

衝撃波絶縁耐力 825 kV (1×40 μS)

動作責務 0—1 分—C 0—3 分—C 0



第 1 圖 BO-200 A.PA, 161 kV, 800 A 制弧遮斷器

Fig. 1 BO-200 A.PA 161 kV 800 A Contrarc Circuit Breaker.

操作電壓 DC 100 V

一般構造

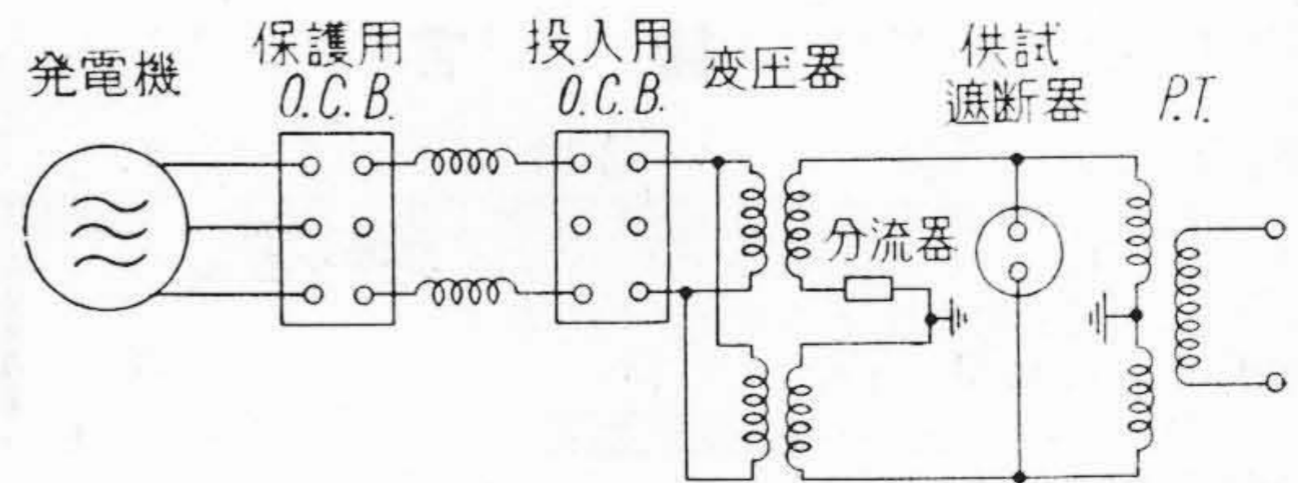
一般的には従來のものと同じであるが特に山邊發電所に於て要求された點は送電線安定度の向上の爲全遮斷時間が 0.1 秒 (5 \sim) 以下なる事と、絶縁耐力が衝撃波で 825 kV 以上と云う事である。絶縁耐力は米國標準規程でも 750 kV であり、825 kV はこれの更に 110% に當り非常に安全性を見込んでいるわけである。

全遮斷時間は開極時間と電弧時間に分けることが出来るが、今回の遮斷器に開極時間を従來の 0.1 秒より 0.06 秒に短縮することにより全遮斷時間を 0.1 秒以下とした。従つて遮斷部分である制弧室は従來と同様である。次に絶縁耐力は第 1 圖の如く遮斷部碍管の上下に遮蔽環を取付けることによつて、825 kV の衝撃波に充分堪えることが出来た。遮蔽環は最近米國其他において盛に論議されているラジオ妨害電壓の低下を計る意味においても有効なものである。又今回は鐵構配置の關係上操作器側から見て左右何れの側にも變流器を設置し得る様遮斷器端子を取付けてある。更に保守上の要求として、斷路器は遮斷器が「開」の状態でなければ操作出来ない様に機械的鎖錠装置が施してある。

型式試験

型式試験は外觀検査、操作試験、絶縁試験、遮斷試験に別けられるが主として遮斷試験について述べる。

遮斷試験は日立大容量短絡試験場に於て 50,000 kVA 發電機、66 kV 17,000 kVA 單相變壓器 2 臺、22 kV、17,000 kVA 單相變壓器 2 臺、100,000 A 大電流變壓器を主體として第 2 圖に示す如き回路で行つた。その試験内容及び試験結果は第 1 表 (次頁参照) に示す如く、單



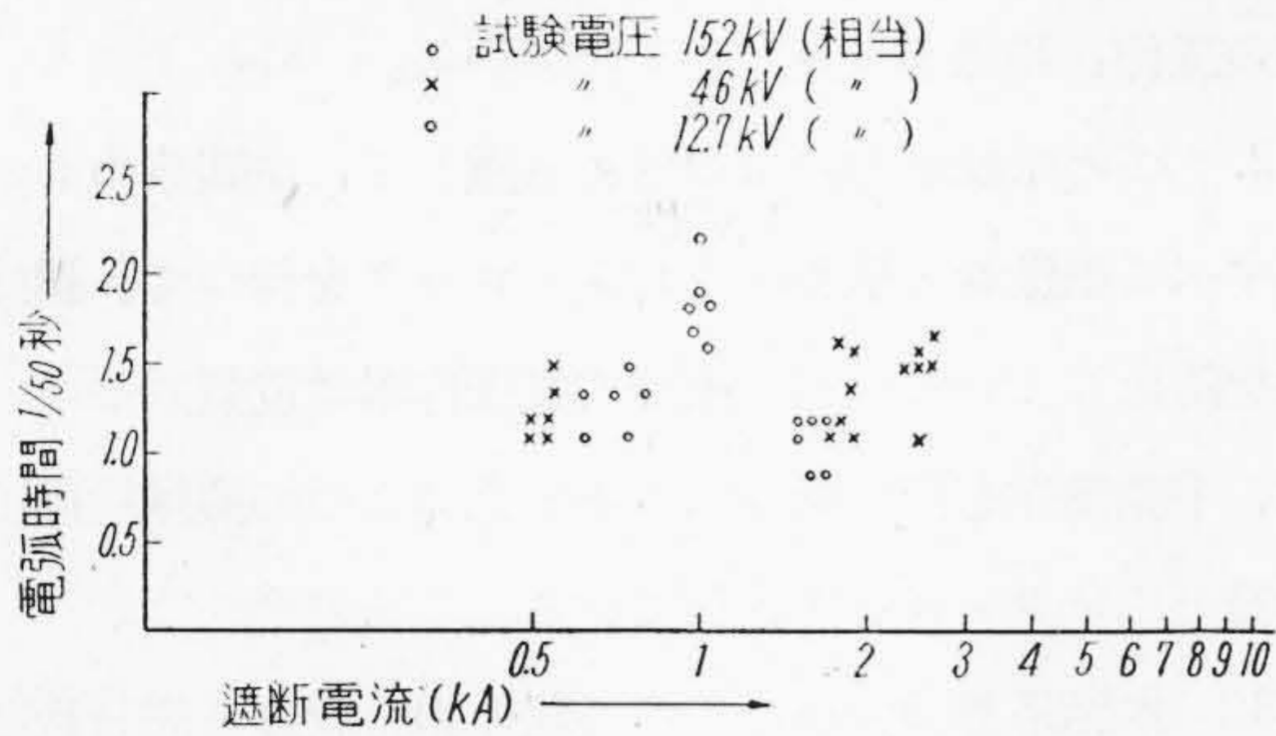
第 2 圖 遮 斷 試 験 回 路 圖

Fig. 2 Schematic Diagram of Interrupting Test

第1表 遮斷試驗成績表

Table 1. Result of the Interrupting Test.

責務番號	試驗電壓	遮斷電流	電弧時間	全遮斷時間	投入電流	試驗動作責務
1	11 kV (12.7 kV 相當)	630~830 A	1.1~1.5	4.2~4.6	13,400~24,300 A	0—1分—0—3分—0
2	//	1600~1710	0.9~1.2	4.0~4.5		//
3	//	7580~9740	0.9~1.3	3.9~4.4		0—1分—C0—3分—C0
4	40 kV (46 kV 相當)	500~560	1.1~1.5	4.1~4.6		0—1分—0—3分—0
5	//	1800~1950	1.1~1.7	4.2~4.9		//
6	//	2500~2530	1.1~1.7	4.3~4.9		//
7	132 kV (152 kV 相當)	1060~1080	1.6~2.2	4.8~5.5		0—1分—0—3分—0



第3圖 電弧時間特性圖

Fig. 3 Arcing Time and Interrupting Current Character.

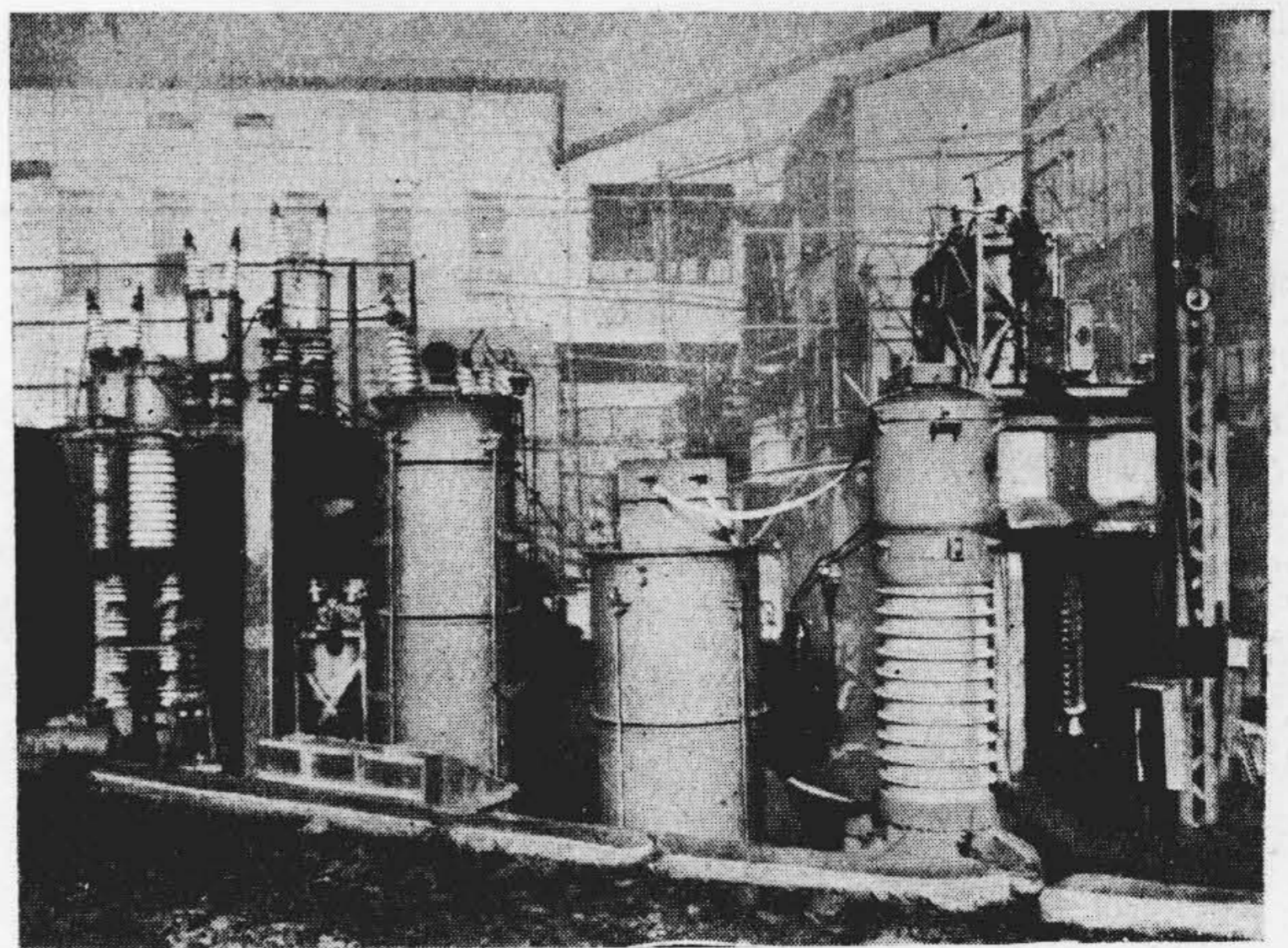
相に於て電流を 500 A 乃至 10,000 A 迄變化して行つた。試験結果を圖示すると第3圖の如くで、定格遮斷電流 (7,200 A) においては電弧時間は 1.5~2 秒と推測される。従つて、開極時間は 3 秒 (0.06 秒) 程度であるから、定格遮斷容量を遮斷した場合に於ける全遮斷時間は充分 5 秒以下と考えられ、又定格遮斷容量の 20% (1,450 A) を遮斷する最も電弧時間の延び易い場合に於ても充分 6 秒以下になつており充分國鐵の仕様書を満足するものである。

投入試験は第1表の試験動作責務番號第3號に於て 13.4 kA~24.3 kA でなしたが何等の異常は見られず、動作責務番號 1~7 の試験終了後、遮斷回数合計 42 回後に於て接觸部及び制弧室隔壁を點檢した結果は、接觸部の損傷は非常に僅かで電弧發生個所の凸凹を少し取る事によつて再び連續使用に支障なきものと認められる程度であつた。この事は消弧方式の巧な事と共にチュリップ型固定接觸子の巧な構

造と可動接觸子に耐弧メタルを使用している爲である。又消弧室絶縁物は損傷なく僅かに黒く汚れているのみで連續使用に何等支障のないものであつた。尙この試験後 10,000 kVA, 100,000 A 重電流變壓器を用いて 10,000 A~11,000 A, 1.1 秒の短時間電流試験を行つたが電氣的にも機械的にも何等の異常も見られなかつた。

空氣系に就いて

かかる壓縮空氣を使用する遮斷器に於ては空氣系の洩れが問題となるが、補助空氣溜と操作器を接續した状態で定格氣壓 4.5 kg/cm² にて放置した場合 22 時間で漏洩壓力は 0.05 kg/cm² 即ち 1 時間當り 0.0023 kg/cm² の低下に過ぎず良好なる成績を示している。それ故假に壓縮空氣裝置の電源が停止した場合に於ても相當時間操作に支障がない。又補助空氣溜のみで遮斷器が何回投入



第4圖 遮斷試驗場で試験中の C.C.B.

Fig. 4 C.C.B. in Test at the Interrupting Test Laboratory.

可能かを試験したが 4.5 kg/cm² から電磁瓣の低壓鎖錠装置が動作する迄 (3.4 kg/cm²) に 3 回投入可能であった。

次にこの空気洩れに関連して氣壓變化による投入動作が問題になるが定格壓力 4.5 kg/cm² に對して最小動作氣壓は 2.6 kg/cm² で、氣壓低下による不完全投入を防ぐ鎖錠装置の動作氣壓 3.4 kg/cm² よりはるかに低く、且つ又 5.5 kg/cm² に於ても何等の異常衝擊は見られず充分信頼して信用出来るものである事が判る。

壓縮空氣裝置

山邊發電所はその重要性と遮斷器及び壓縮空氣操作斷路器を多數有する爲、交直兩用の壓縮空氣裝置 1 臺と更に豫備として交流用壓縮空氣裝置 1 臺を納めたのであるが、これ等は全部壓力開閉器による自動起動式である。常時は交流電源により運轉されているが停電時には電壓繼電器により自動的に蓄電池回路に切換え常に空氣溜を一定氣壓に保持する様になつていたので信頼度は非常に高く蓄電池の信頼度と同様である。

以上要するに國鐵山邊發電所納 161 kV 碍子型制弧遮斷器は遮斷性能のみならず保守に於ても非常に信頼度の高いもので、國鐵主要幹線の保護と安定運轉に充分な重責をはたすものと考えらる。

[III] NHL 型斷路器

斷路器は第三期工事の一部として、11.5 kV 發電機回路用、所内用及び 140 kV 側に NHL 型が納入された。

NHL 型は合計 38 臺で中主回路用の 24 臺は壓縮空氣操作式となつている。その内譯は下記の通りである。

第 7 項～第 11 項は山邊連絡用として、既設の千手發電所に設置されるものである。本斷路器の特異なる點は次の如くである。

1. 山邊、千手兩發電所の所在地は本邦有數の豪雪地帯であつて、冬期の積雪量は丈餘に及ぶので、その耐雪構造に留意している。従つて、その操作器も地上約 3m 以上の場所に取付けている。特に千手發電所の主回路用は既設のものと同様に操作器は隧道内に設置されて、冬期の操作、點檢等に便ならしめている。

2. この系統電力の重要性を考慮して、主回路のものはすべて遮斷器と嚴重なインターロックを行つて、誤操作を防止している。即ち壓縮空氣操作器は電氣的には勿論、手動操作を行う場合にもキー式によつて機械的に遮斷器とインターロックされている。

3. 本斷路器 38 臺はすべて現地据付状態と同一状態に組立て、製作監督官立會のもとに手動操作式壓縮空氣操作式共に各 1 臺毎に數百回の操作試験を行い、その萬全を期している。

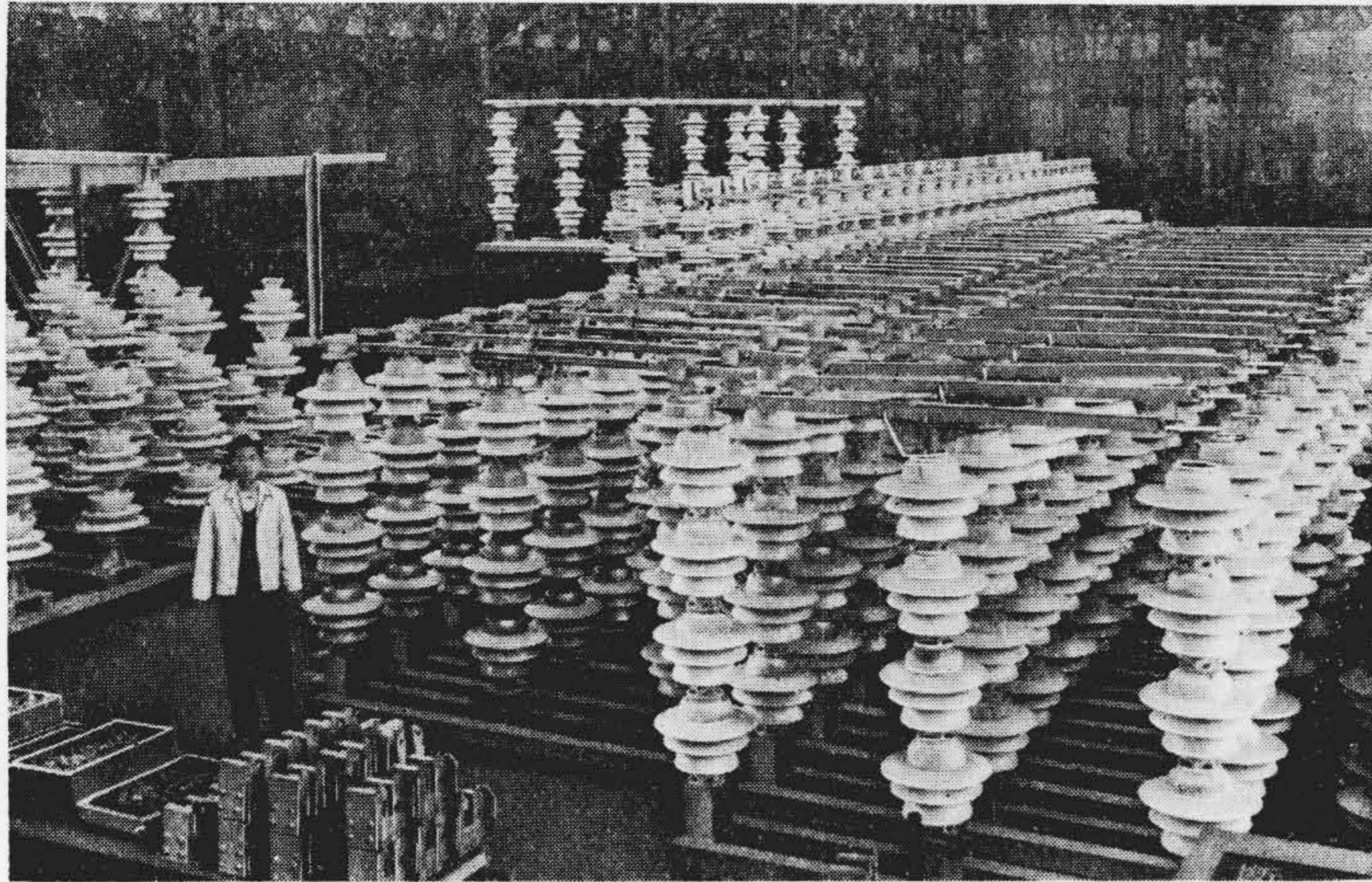
斷路器本體

斷路器の確實な動作と接觸、輕快な操作等はその要求される重要な點であるが、從來の高電壓用遠方操作式斷路器では使用中に年月と共に操作が重くなり、また接觸も不確實となるものが多かつた。

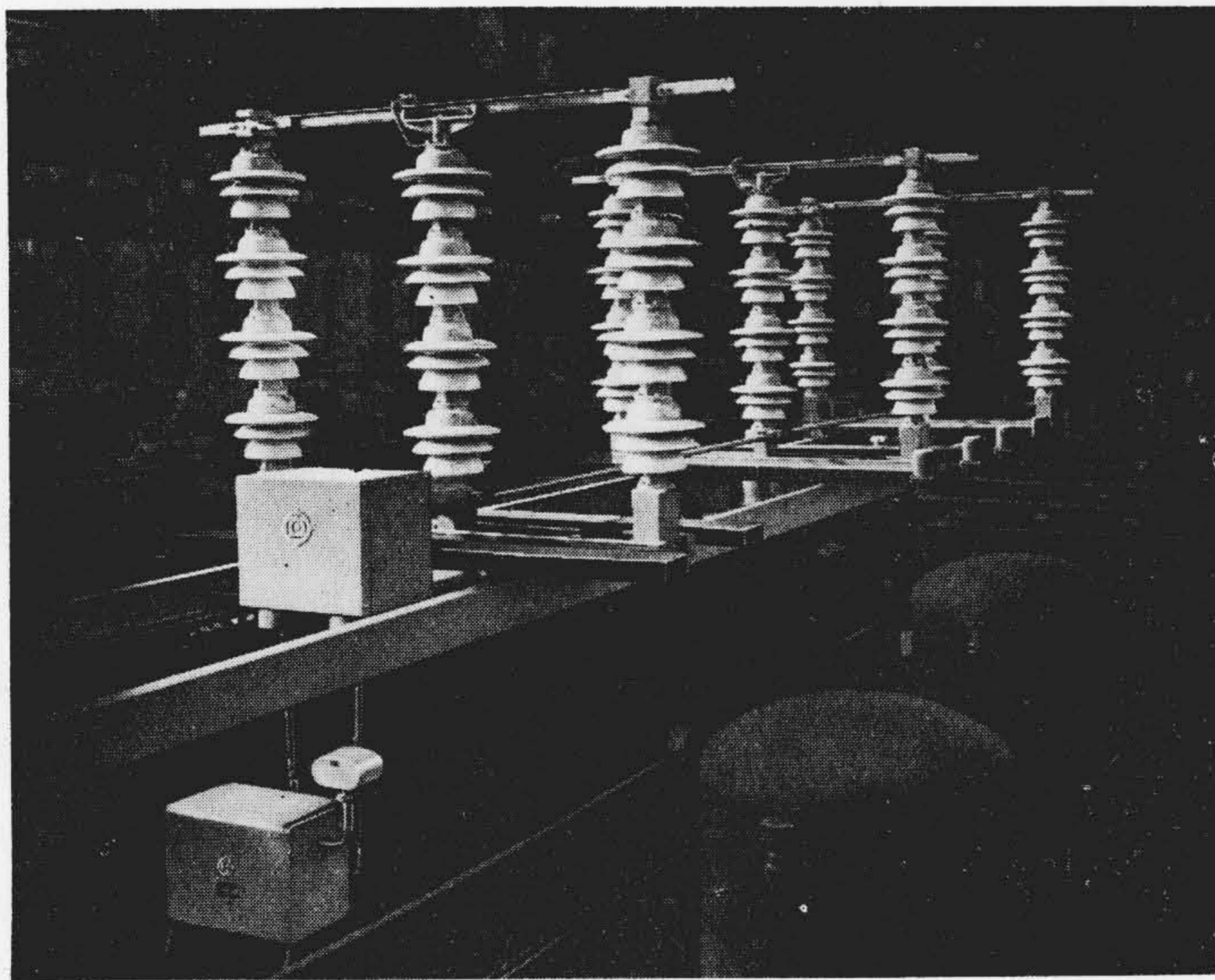
NHL 型斷路器はブレードが固定接觸部内で回轉して

締付接觸を行う構造であるため、ベアリング部の輕快さと相俟つて常に操作が輕く確實な接觸が行われる。ブレードの回轉締付運動は第 7 圖 (第 46 頁参照) の如く 1 本のレバーとリンクからなるデッドセンター (Dead Center) 機構によつており、ブレード開放時には

項番	型 式	電壓 (kV)	電流 (A)	員數	操 作	用 途	摘 要
1	NHVL-PA	161	800	8	壓縮空氣操作	主 回 路	倒立型
2	NHL-PA	〃	〃	8	〃	主 回 路	
3	NHL-RA	〃	〃	2	手 動 操 作	避 雷 器	單 極
4	〃 〃	〃	〃	2	〃	靜電電位變成器	
5	〃 〃	〃	〃	2	〃	搬送用結合蓄電器	單 極
6	〃 〃	〃	〃	2	〃	變 壓 器 中 性 點	
7	NHVL-PA	〃	〃	4	壓縮空氣操作	主 回 路	倒立型
8	NHL-PA	〃	〃	4	〃	主 回 路	
9	NHL-RA	〃	〃	2	手 動 操 作	避 雷 器	單 極
10	〃 〃	〃	〃	2	〃	靜電電位變成器	
11	〃 〃	〃	〃	2	〃	搬送用結合蓄電器	單 極



第5圖 山邊發電所納入 NHL 型斷路器の工場に於ける組立狀況
Fig. 5 Type NHL Disconnecting Switches for Yamabe Power Station.



第6圖 NHL 型 161 kV 800 A 壓縮空氣操作式斷路器
(千手發電所設置)

Fig. 6 Type NHL 161 kV 800 A Pneumatic Operating Disconnecting Switch. (for Senju Power Station).

死點が水平に下つているため操作ハンドルを如何に亂暴に扱つても、ブレードは途中で返ることがない。それが固定接觸部に入るとロックピンがストッパーに當つて、死點を上方に崩すので、操作力は悉くブレード自轉の回轉力に變つて、完全な締付が行われる。開放する時はその逆であつて、ブレード締付を元に戻して死點を形成してから、固定接觸部外に引出すのである。従來の遠方操

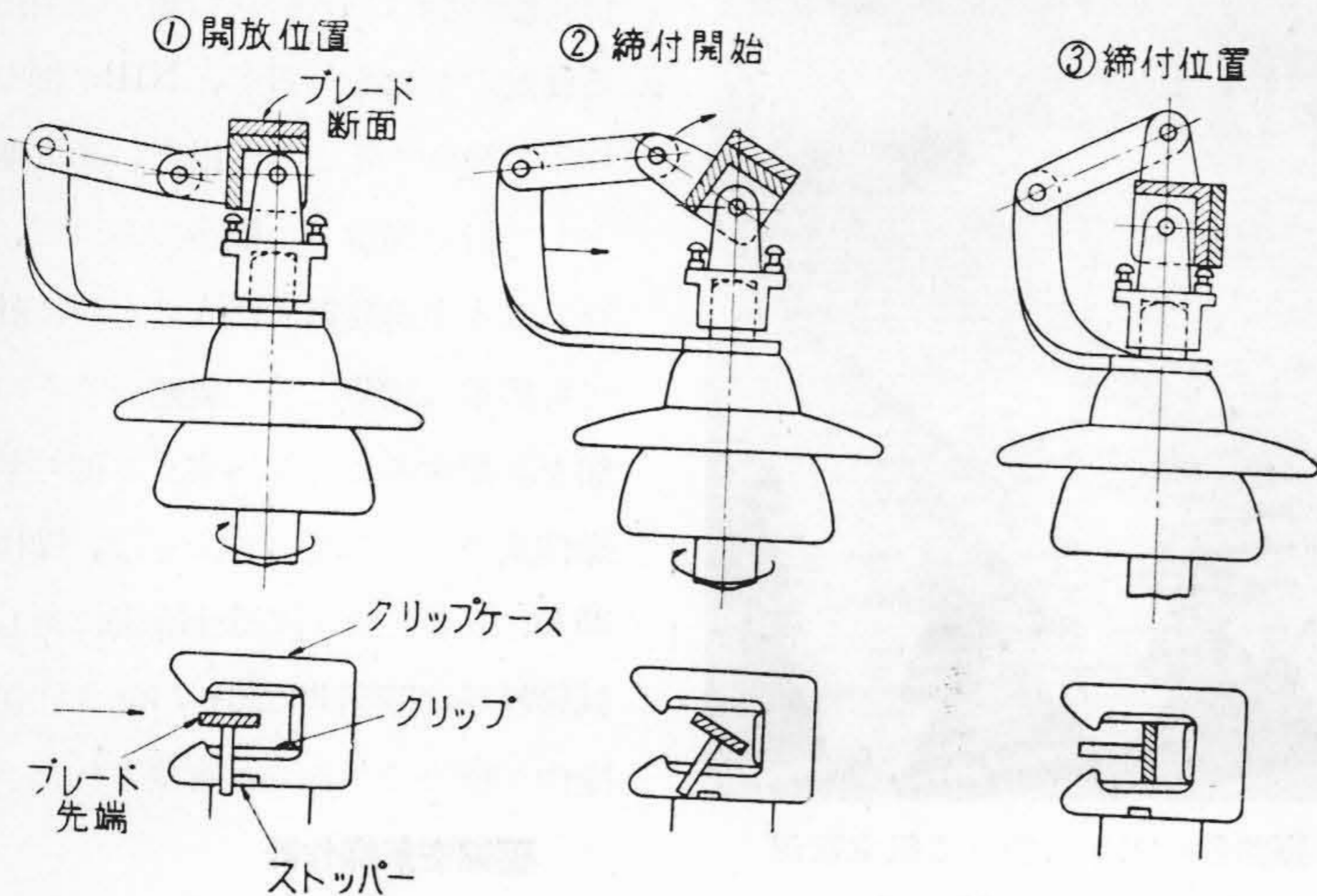
シリンダーに設けられ、ストロークの最初には強力にピストンを押し進めるが、ピストンが運動するに従いバルブからシリンダー内の壓縮空氣を排氣して、ピストンの推進力を調整することにより斷路器に餘分な衝撃を與えないようになつている。

操作氣壓は 4.5 kg/cm^2 の 80~120% たる $3.6 \sim 5.4 \text{ kg/cm}^2$ で異常なく操作出来るものとなつている。これ

作式斷路器は二人掛りで漸く開閉出来る程度のももあるが、NHL 型では片手で操作することが出来、高電壓用として最も適當した構造であつて、これらは本山邊發電所納入のものに就いても嚴重な試験に於て遺憾なくその本領を發揮することが出来た。即ち手動操作式のものに就いて云えば、操作力 25 kg 以下と云う國鐵仕様書に對し、試験結果は開閉共に 6~7 kg で如何に操作が輕快であるかが實證された。

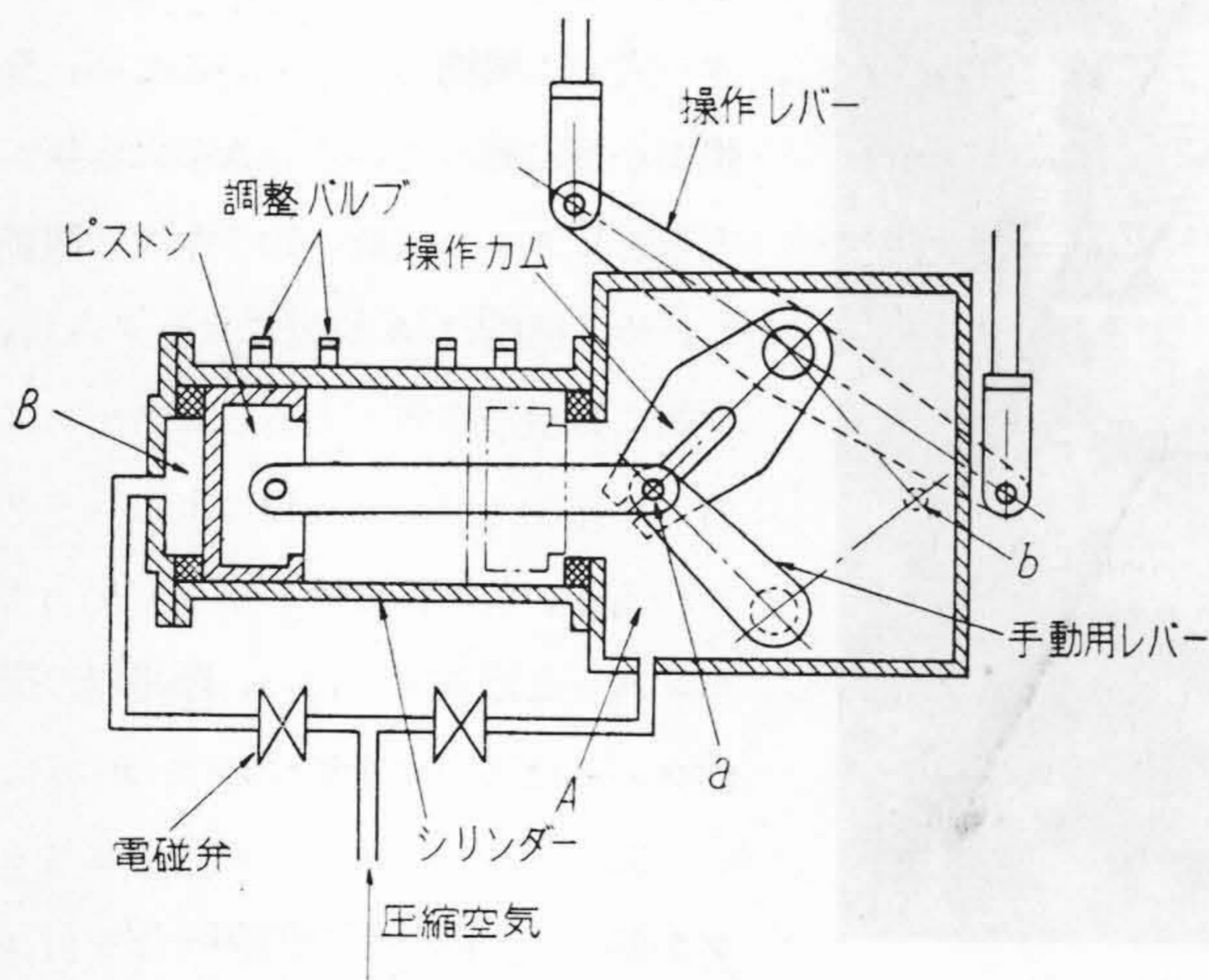
壓縮空氣操作器

壓縮空氣操作器は標準操作氣壓 4.5 kg/cm^2 で制弧遮斷器と配管が共通となつている。構造は第8圖(次頁参照)の如く單一のシリンダーにデッドセンター式カム機構となつているため、全體が小型に纏つている。A室に空氣が入るとピストンは圖の如く左方に運動し、カム機構は a 位置にロックされ、反對にB室に空氣が入るとピストンは右方に運動してカム機構は b にロックされるが、a, b 位置はいずれもデッドセンターを形成するため、斷路器の操作レバーは外力で動揺することがない。即ち單一のシリンダー内をピストンが運動して斷路器の開閉操作を行うが、その動作の終端は確實にロックされるのである。またピストンストローク (Stroke) に對應する調整バルブが



第7圖 NHL 型 斷路器 締付 操作 説明 圖

Fig. 7 Illustration of Contact Tightening Process of NHL Type Disconnecting Switch.



第8圖 壓縮空氣操作器動作説明圖

Fig. 8 Illustration of Pneumatic Operating Mechanism.

以下に氣壓が低下した場合には操作出来ぬよう閉路用、開路用の2個の電磁瓣 (Magnet Valve) はインターロ

ックが設けられているが、このインターロックなしに操作した場合の最低操作氣壓は實際試験の結果 2.2~2.8 kg/cm² で 3.6kg/cm² に對してまだ充分餘裕あることがわかる NHL 型の操作が極めて輕快であり、且本操作器の所要空氣量が僅少であるため、配管内の空氣のみによつて操作が可能で特別にレザーバー (Reservoir) は附屬していない。上記の試験結果もレザーバーなしのものである。日本發送電仙臺變電所に納入した例では配管が 1"×20.5 m

+ $\frac{3}{4}$ " × 44 m + $\frac{1}{2}$ " × 22.5 m 合計

87 m もコンプレッサー室より距つた場所に 161 kV, 800 A 斷路器が設置されたがレザーバーなしで何等支障なく操作されている。

遮斷器と電氣的にインターロックされ、また手動操作を行う場合にも遮斷器と機械的にインターロックされていることは前述の通りであるが、更に手動操作中は配電盤室よりは操作出来ぬようインターロックされている。また冬期 Magnet Valve 等が動作不圓滑にならぬよう操作器箱内の溫度を 20°C 上昇せしめる容量の電熱器、及びその開閉器等が箱内に取付けられている。

山邊發電所の如く積雪の多い地方では従來型の斷路器をもつてしては冬期接觸部氷結等の問題が起り勝ちであるが、NHL 型ではこのようなことなく、國鐵の大動脈とも云うべきこの系統の電力輸送にその眞價を發揮するものと期待される。