

161 kV および 287.5 kV 制弧遮断器による無負荷 送電線の開閉試験

森 田 誠 一*

Switching Test for No-Load Transmission Line by Means of 161kV and 287.5kV Contrarc Circuit Breakers

By Seiichi Morita

Hitachi-Kokubu Branch Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Increasingly greater importance has been attached to the switching ability of high voltage circuit breakers used on no-load transmission lines as well as to the shortcircuit rupturing performance. This is a trend largely attributable to the fact that the abnormal voltage caused by restriking at the time of charging current rupturing exerts a sizable effect on the insulations of transmission lines and other apparatus on the line. The charging current rupturing capacity depends much on the line conditions, which are so much complicated that their determination is feasible only by the field test. The writer recently performed elaborate field tests for the circuit breakers at Aizu Substation, Tohoku Power Co., on 154 kV transmission line, and at Shin-Aimoto Substation, Kansai Power Co., on 275 kV transmission line. In the tests, the rupturing and closing of line was tried at various speeds, and the construction of pressure oil piston in "contrarc" chamber was varied in each testing. As a result it has been brought to light that the apparatus with a "contrarc" chamber of such a construction that its pressure oil piston is operated by compressed air can perform rupturing without causing restriking in all cases.

As regards 161 kV Contrarc Circuit Breakers, restriking was successfully withheld under one occurrence, even in case of those equipped with spring type pressure oil piston.

〔I〕 緒 言

近來高電圧遮断器の無負荷送電線（充電々流）開閉性能は短絡遮断の性能とならんで重視されるようになった。高電圧送電線、特に直接接地系統においては、充電々流遮断時の再点弧現象による異常電圧が送電線の絶縁基準に大きい影響をおよぼすからである。送電線の充電々流遮断に際して、再点弧を起し、異常電圧を発生するかどうかは遮断器の条件のみではなく、回路条件によっても左右される所が大きい。たとえば、電源周波数、再起電圧、中性点接地方式、相間誘導、電圧電流波形の歪など工場の実験設備で実現困難な要素が多い。このために遮断器の性能をたしかめるには、どうしても実際の送

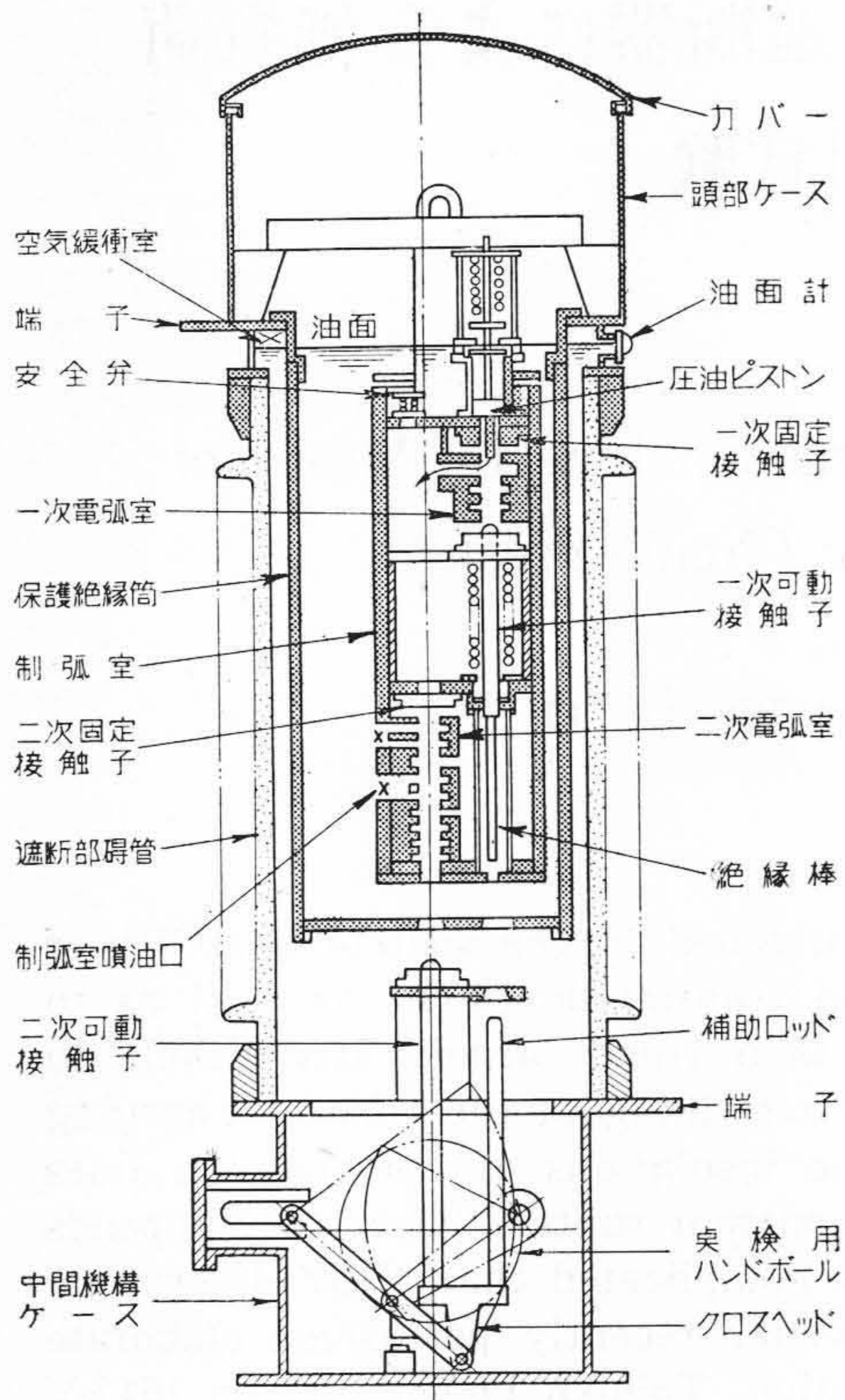
電線を利用して試験をする必要がある。

制弧遮断器においては、関西電力株式会社および東北電力株式会社の御好意により、29年1月には関西電力新愛本変電所において275 kV 系統の試験を、同じく8月には東北電力会津変電所において161 kV 系統の試験を実施することができた。これらの試験は単なる製品試験のみでなく、種々研究的な試験を行っており、再点弧皆無という結果もえられて、今後の制弧遮断器に取って貴重な資料をうることができた。

〔II〕 試験した遮断器の構造

制弧遮断器の遮断部の構造は第1図（次頁参照）のごとくである。その主要部分である制弧室は一次電弧室および二次電弧室に分れ、一次電弧は圧力発生用として作用

* 日立製作所日立国分分工場



第1図 制弧遮断器の遮断部説明図

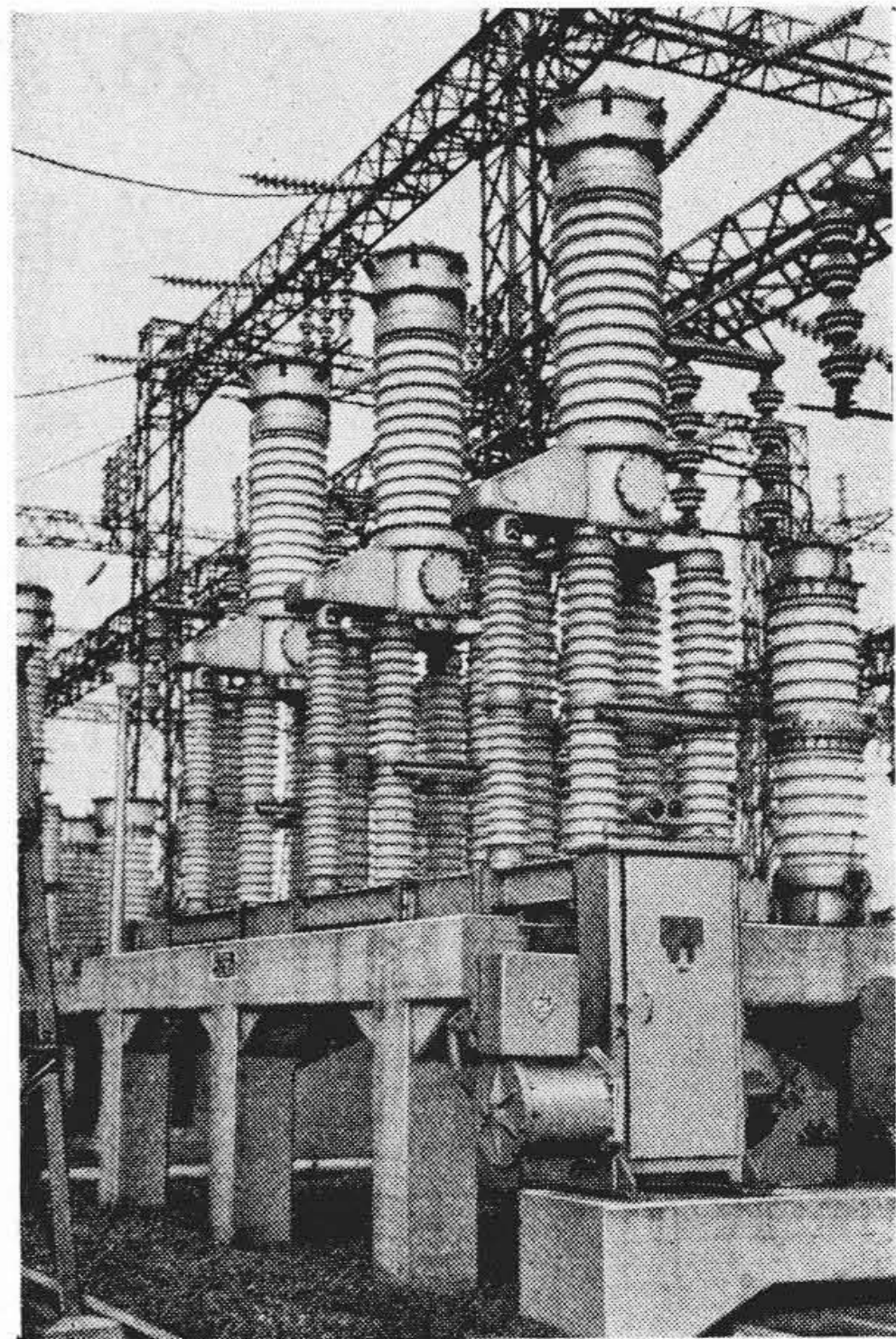
Fig. 1. Rupturing Part of Contrarc Circuit Breakers

し、その油圧をもつて二次電弧に油流を与えて消弧せしめる構造である。

161 kV 制弧遮断器には一相につきこの遮断部1組を使用し(第2図), 287.5 kV 制弧遮断器には一相につき2組を直列にして使用する(第3図)。制弧室は故障電流に対してはいわゆる自力型として強力な消弧能力を発揮することができるが、線路の充電電流のような比較的小さい電流では、十分自力効果を発揮することができないので、一次電弧室の背後に圧油ピストンを具え、この油流によつて強制的に遮断するようにしてある。圧油ピストンはバネあるいは圧縮空気(すなわち他力)によつて遮断電流の大小に関係無く動作し、一次可動接触子によつて遮断と同時に油流を発生するように制御される。油流は一次電弧および二次電弧の両者に作用し、短絡電流の場合と違って二点遮断としての効果がある。

バネ駆動の圧油ピストンは第1図のように、投入時には一次可動接触子によつて押上げられており、可動接触子が遮断動作を起すと同時に下降して油流を発生する。

圧縮空気による圧油ピストン付制弧室の構造は第4図のごとくで、圧油ピストンに直結された空気ピストンに



第2図 161 kV 制弧遮断器——2,500 MVA

Fig. 2. 161 kV Contrarc Circuit Breakers Interrupting Capacity 2,500 MVA

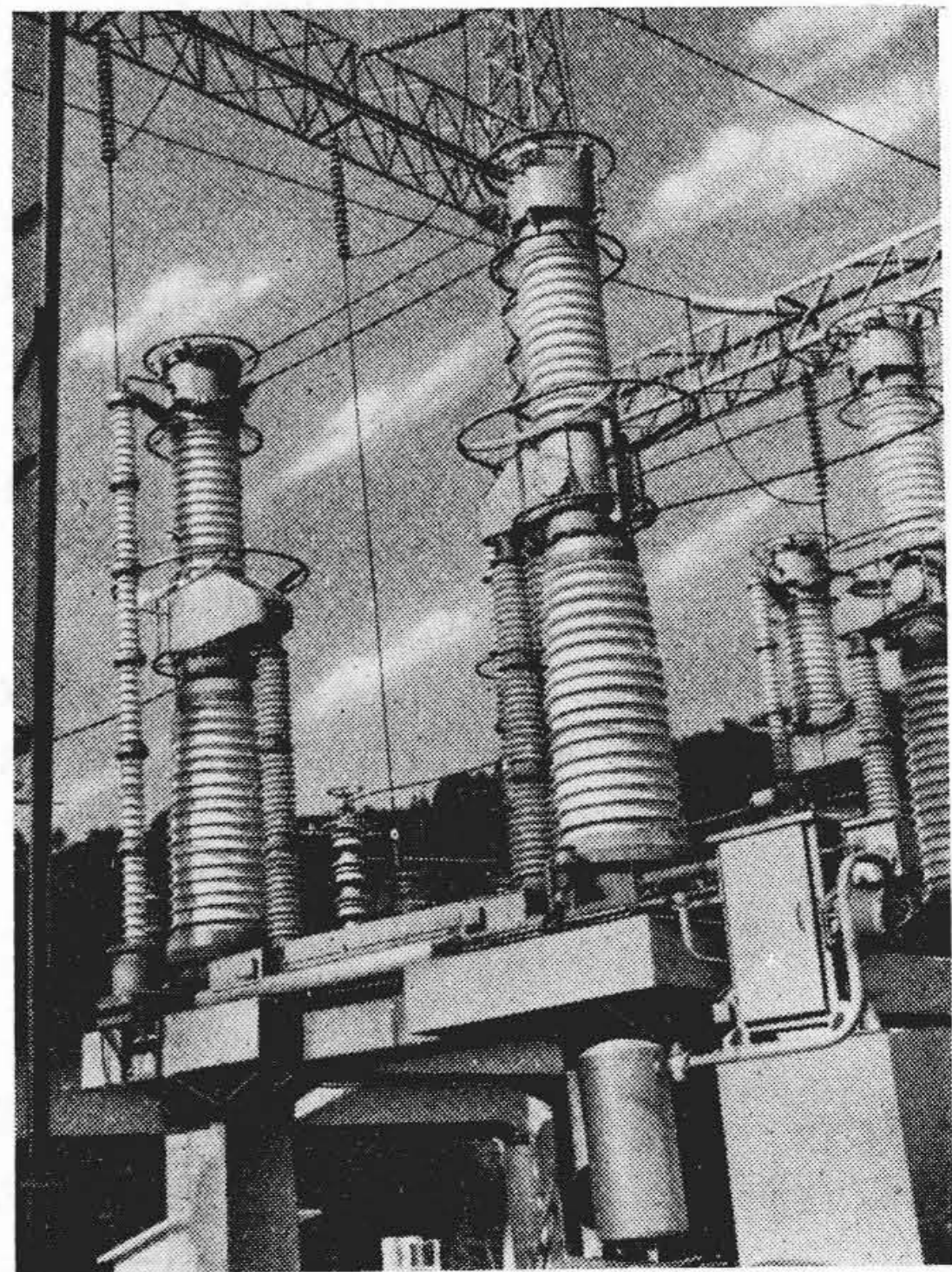
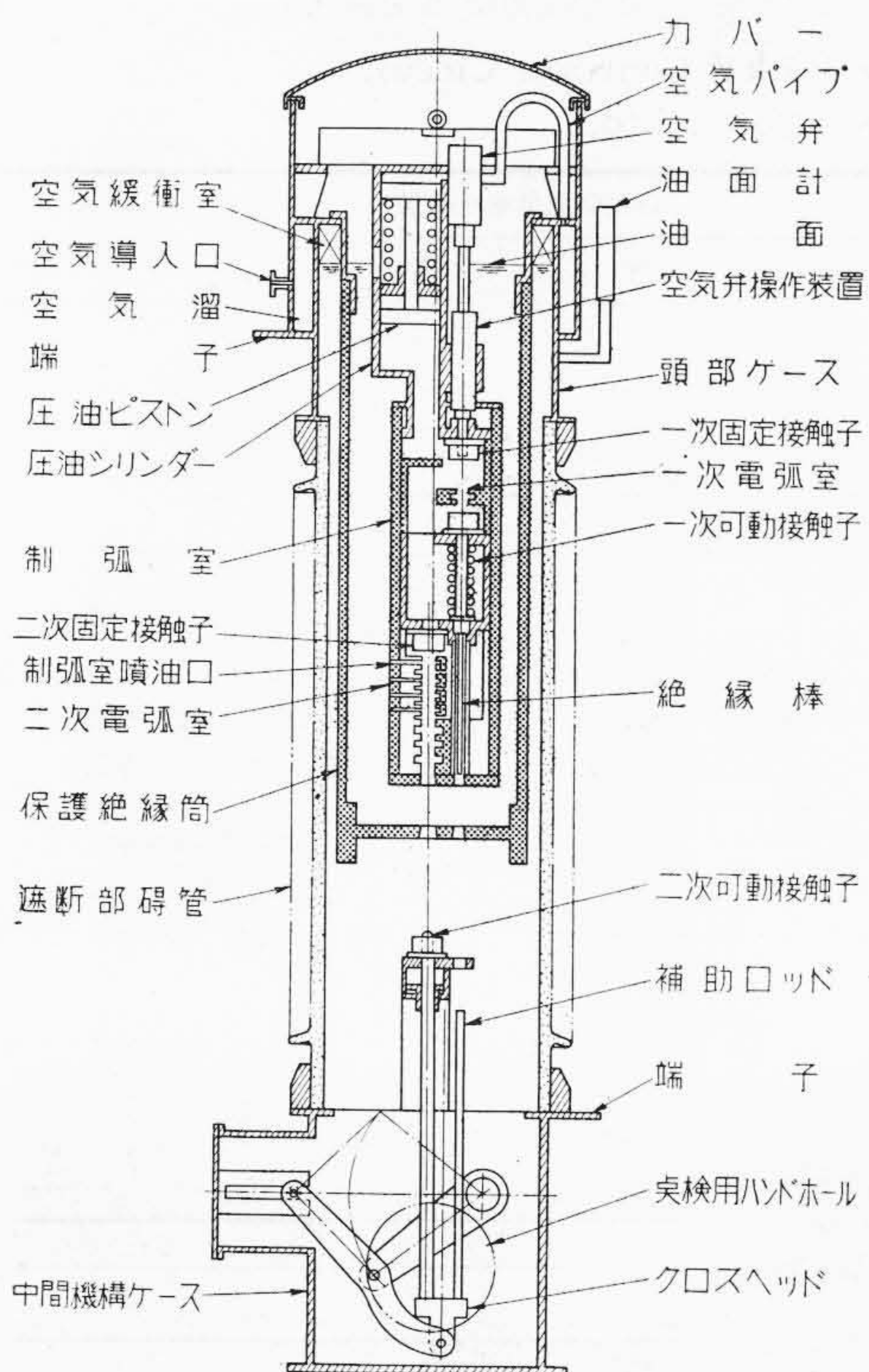
第3図 287.5 kV 制弧遮断器——5,000 MVA
3相遮断, 12相单相再閉路

Fig. 3. 287.5 kV Contrarc Circuit Breakers Interrupting Capacity 5,000 MVA

は空気弁を介して頭部ケース内の空気溜より圧縮空気が供給されて油流を発生する。空気弁は一次可動接触子の遮断動作によつて一定時間だけ開いているように、空気弁操作装置によつて制御されており、弁はつぎの投入動作をまたないで自動的に閉じる。弁が閉じるとともに空



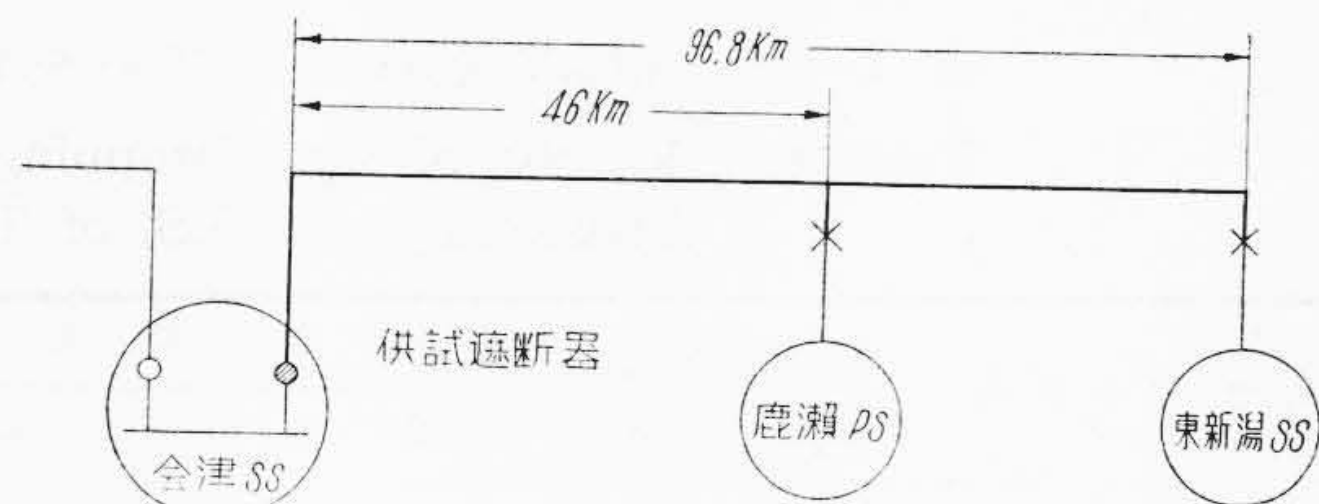
第4図 制弧遮断器の遮断部
(圧縮空気圧油ピストン付)

Fig. 4. Interrupting Part of Contrarc Circuit Breakers with Compressed Air Drive Oil Piston

気ピストンに供給された圧縮空気は放出され、ピストンはバネによつて始動位置に復帰する。したがつて投入時には一次可動接触子によつて空気弁操作装置を押上げるだけでつぎの遮断の準備が完了し、圧縮空気を放出することはない。空気ピストンの始動から復帰までの時間が8〜程度でも電弧に対し十分油流の効果を発揮することができるから、12〜高速度再閉路の場合でも有効に動作しうる。

この圧油ピストン用圧縮空気は遮断部の傍に立てた細い碍管(第3図)によつて頭部に供給されるが、碍管内壁の湿潤、汚損による絶縁劣化を防止するために25 kg/cm²の圧縮機より7 kg/cm²に減圧乾燥した空気を使用している。この方法によれば、工場における長期間連続絶縁試験において少しも絶縁の劣化する模様は無く、また現地で実地に運転しているものを点検しても湿潤の傾向は全然見られない。

圧油ピストンに圧縮空気を利用すると強力な他力効果をえられるばかりでなく、バネ式の圧油ピストンの大きなバネ負荷を極度に軽減することができるわけである。



第5図 会津変電所における154 kV送電線
充電々流試験の試験系統

Fig. 5. Testing Line Constructions of
154 kV Line Switching Test at
Aizu S.S.

したがつてこの負荷を加速用バネに転用して、より大きな遮断速度を容易にうることができる利点がある。

〔III〕 161 kV 制弧遮断器の試験 (東北電力会津変電所)

東北電力会津変電所で実施した161 kV制弧遮断器による線路充電々流遮断試験は新しく試験用の遮断器を設置して行つたもので、その試験の大略はつぎの通りである。

(1) 供試遮断器の試験条件

(A) 空気式圧油ピストン

- (a) 遮断速度 大
- (b) 遮断速度 中

(B) バネ式圧油ピストン

- (a) 遮断速度 大
- (b) 遮断速度 中
- (c) 遮断速度 小

供試遮断器は上記の通りで5種類に変更して試験を行つた。

(2) 試験系統

試験系統の大略は第5図のように変電所母線より試験系統を充電し

会津変電所——鹿瀬発電所間 12 A

会津変電所——東新潟変電所間 25 A

の2種類の充電々流に対して試験を行つた。この系統は50〜抵抗接地系である。

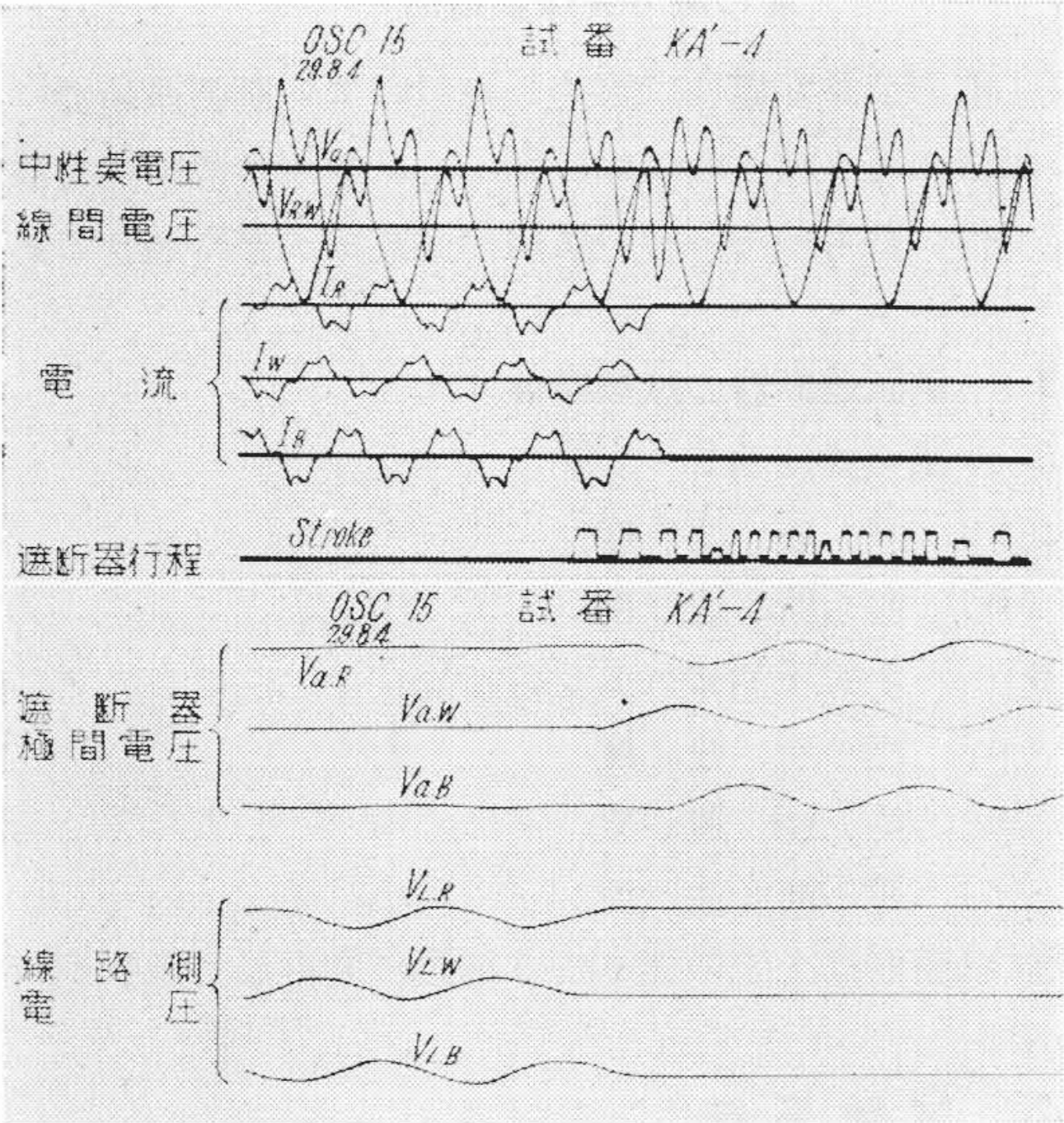
(3) 試験結果

試験結果を要約すると第1表(次頁参照)のごとくである。

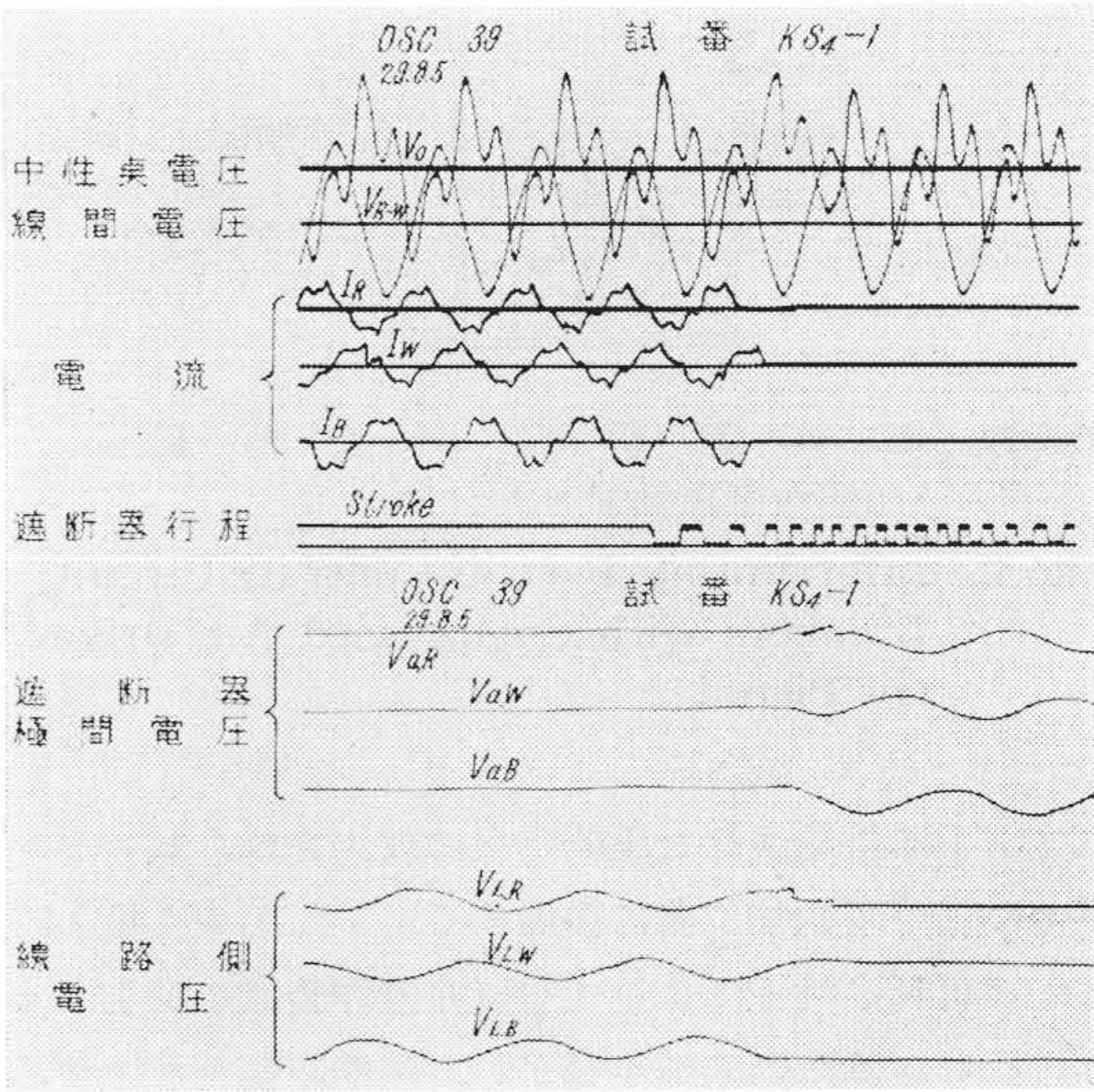
空気式圧油ピストンの場合は遮断速度「大」「中」両者とも再発弧、再点弧を行わない(第6図)(次頁参照)。したがつて異常電圧は全然発生していない。(再発弧とは定常の充電々流遮断後1/4〜以内に再点弧した場合をいふ、異常電圧を発生しないので一般の再点弧と区別する。)

第 1 表 161 kV 制弧遮断器の充電々流試験結果 (東北電力会津変電所)
Table 1. Results of Line Dropping Test by 161 kV Contrarc Circuit Breakers (Aizu S.S. of Tohoku Denryoku, Ltd.)

遮断器の条件	線間電圧 (kV)	電流 (A)	試験回数	再発弧			再点弧回数			線路側異常電圧倍数			備 考
				赤	白	黒	赤	白	黒	赤	白	黒	
空気式圧油ピストン 遮断速度「大」	150	12	5	○	○	○	○	○	○	—	—	—	
	152	25	5	○	○	○	○	○	○	—	—	—	
空気式圧油ピストン 遮断速度「中」	152	12	5	○	○	○	○	○	○	—	—	—	
バネ式圧油ピストン 遮断速度「大」	156	12	5	○	○	○	○	○	○	—	—	—	
	154	25	5	○	○	○	○	○	○	—	—	—	
バネ式圧油ピストン 遮断速度「中」	152	12	5	1	○	○	○	○	○	1.1	—	—	5 回中 1 回再発弧す
	155	25	5	1	○	○	○	○	○			1.2	5 回中 1 回再発弧す
バネ式圧油ピストン 遮断速度「小」	151	12	5	1	○	○	1	○	○	—	—	1.4	5 回中 1 回再発弧 1 回再点弧



第 6 図 154 kV 送電線充電々流遮断のオシログラム
152 kV 12 A 161 kV 制弧遮断器 (圧縮空気圧油ピストン)
Fig. 6. Oscillograms of 154 kV Line Dropping Test.
161 kV Contrarc Circuit Breakers (Pneumatic Oil Piston)



第 7 図 154 kV 送電線充電々流遮断試験のオシログラム
151 kV 12 A 161 kV 制弧遮断器 (バネ圧油ピストン遮断速度小)
Fig. 7. Oscillograms of 154 kV Line Dropping Test.
161 kV Contrarc Circuit Breakers (Spring-Driven Oil Piston)

バネ式圧油ピストンの場合は、遮断速度「大」では再発弧、再点弧とも発生しないが、遮断速度「中」では試験回数 5 回につき 1 回の割合で再発弧する。さらに遮断速度を「小」にすると、ついに再点弧を起すが、再点弧回数は 1 回以下に抑えられ、最大の異常電圧も 1.4 倍にすぎない(第 7 図)。再点弧 1 回以下におさえるためにはバネ式圧油ピストンの方式ではこの遮断速度が限界であろう。

再発弧または再点弧を行つた相は全試験を通じて赤相のみであるが、試験後に点検した所では遮断器に別段異常は認められなかつた。また電流値の影響も試験した範囲では全然認められない。
線路側異常電圧の最も高いものは再点弧または再発弧した相でなく他の相に起つている。これは第 7 図であきらかなように、再点弧した相の電圧は回路常数の関係から段階的に放電するため異常電圧は低く、かえつてその

誘導電圧の重畳した他相の方が高くなるのである。一般に本試験におけるような系統構成では再点弧を発生しやすいが、再点弧しても異常電圧が低いのが通例である。

〔IV〕 287.5 kV 制弧遮断器の試験

関西電力新愛本変電所で実施した 287.5 kV 制弧遮断器の充電々流は既納の遮断器を種々変更して行つた。その大要はつぎの通りである。

(1) 供試遮断器の試験条件

- (A) 空気式圧油ピストン (遮断速度 大)
 (a) 並列抵抗付 (b) 並列抵抗なし
 (B) バネ式圧油ピストン (遮断速度 小)
 (a) 並列抵抗付
 (b) 並列抵抗なし

287.5 kV 制弧遮断器は一相に対し 2 組の遮断部を有しているもので、両者の電圧分担を均等にする目的で約 $2\text{M}\Omega$ の抵抗体を制弧室と並列に入れた試験を行つた。遮断速度は構造上それぞれ一種類のみ試験したが、「大」「小」はそれぞれ前項の 161 kV 制弧遮断器の場合の大小に相当している。

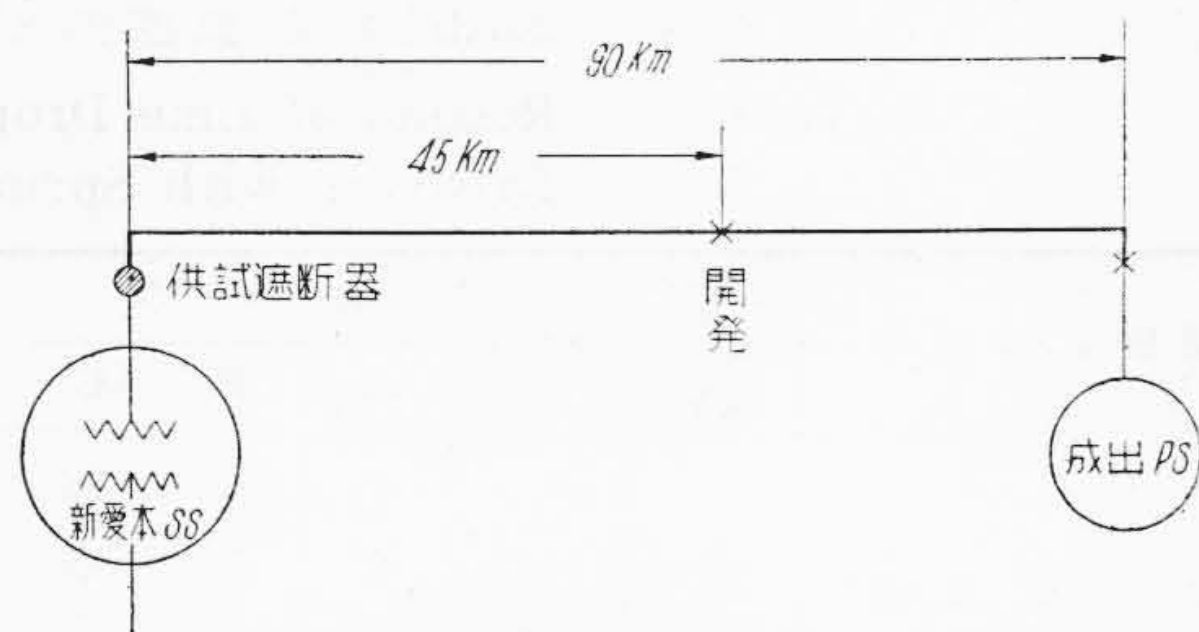
(2) 試験系統

試験系統の大略は第 8 図のように新愛本変電所の 275 kV 変圧器により充電し、成出発電所までおよびその中間の開発 (ジャンパー切離し) までの二区間につき試験を行つた。電圧も変圧器のタップを変更することにより 250 kV タップおよび 275 kV タップの両者に対して実施した。充電々流値は大約つぎのごとくである。

新愛本変電所——成出発電所間 50 A

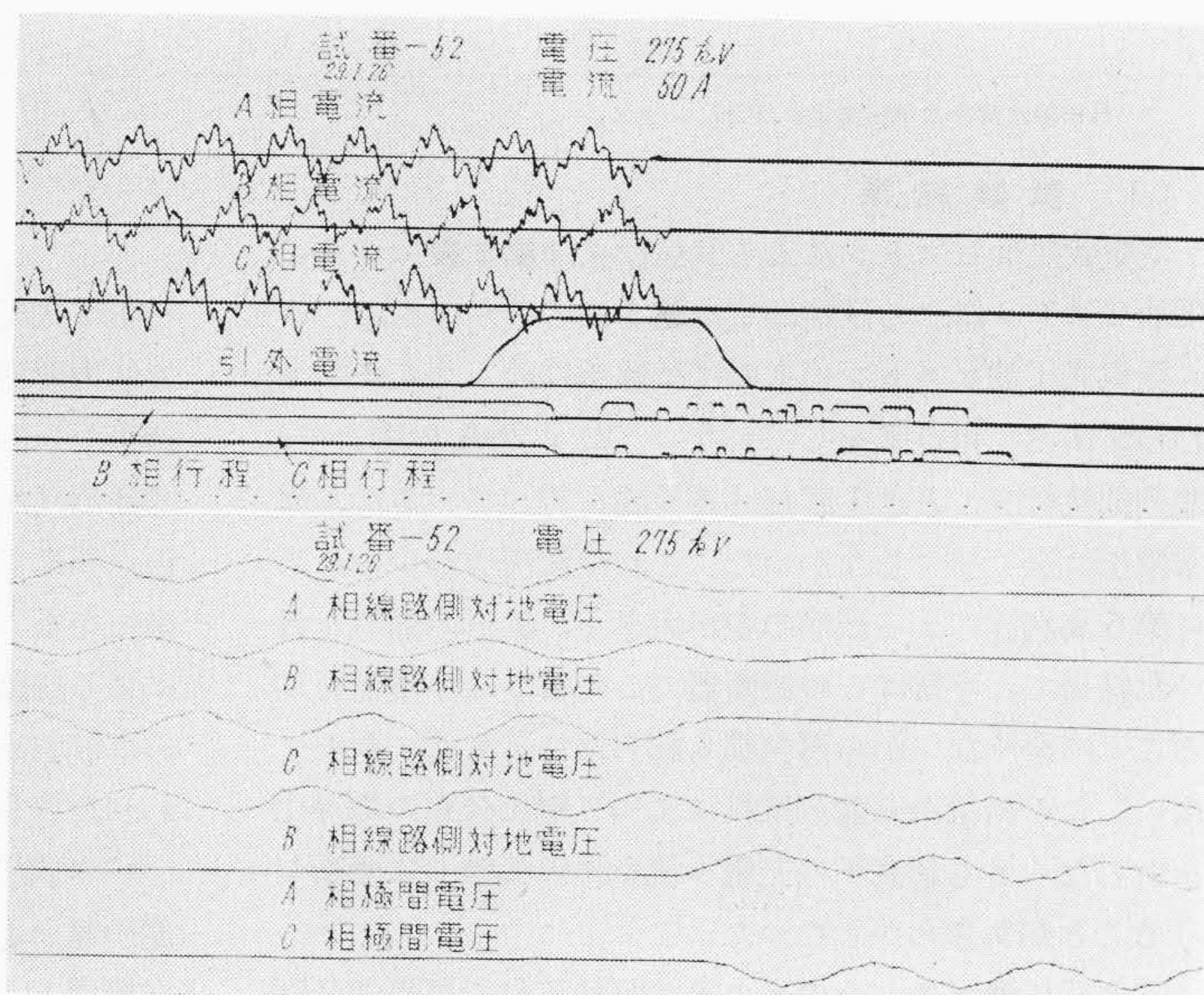
新愛本変電所——開発間 25 A

本系統は 60 $\sim$ 直接接地系統である。



第 8 図 新愛本変電所における 275 kV 送電線の充電々流試験の試験系統

Fig. 8. Testing Line Constructions of 275 kV Line Switching Test at Shin'aimoto S.S. Kansai Denryoku, Ltd.



第 9 図 275 kV 送電線充電々流遮断のオシログラム
287.5 kV 制弧遮断器 (圧縮空気圧油ピストン付、並列抵抗なし)

Fig. 9. Oscillogram of 275 kV Line Dropping Test
287.5 kV Contrarc Circuit Breakers (with Compressed Air Drive Oil Piston, without Parallel Resistance)

第 2 表 287.5 kV 制弧遮断器充電々流試験結果 (空気式圧油ピストン)

Table 2. Results of Line Dropping Test by 287.5 kV Contrarc Circuit Breakers with Air Drive Oil Piston

遮断器の条件	変圧器* タップ 電圧 (kV)	電流 (A)	試験 回数	再 発 弧			再 点 弧 回 数			線路側異常電圧倍数			備 考
				A	B	C	A	B	C	A	B	C	
並 列 抵 抗 付	250	48	5	○	○	○	○	○	○	—	—	—	5 回中 1 回再発弧
	275	53	5	○	○	○	○	○	○	—	—	—	
	275	26	5	1	○	○	○	○	○	—	—	—	
並 列 抵 抗 な し	250	48	5	○	○	○	○	○	○	—	—	—	
	275	53	5	○	○	○	○	○	○	—	—	—	

* 線路電圧は 250 kV タップのとき 225 kV, 275 kV タップのとき 280 kV 程度である。

第 3 表 287.5 kV 制弧遮断器充電々流試験結果 (バネ式圧油ピストン)

Table 3. Results of Line Dropping Test by 287.5 kV Contrarc Circuit Breakers with Spring Oil Piston

遮断器の条件	変圧器 タップ 電 圧 (kV)	電 流	再 発 弧			再 点 弧 回 数			線路側異常電圧倍数			電源側異常 電 圧 倍 数	備 考
			A	B	C	A	B	C	A	B*	C	B	
並列抵抗付 (バネ式圧油ピストン)	250	48	○	1	○	1	○	2	2.1	—	1.4	1.3	
			○	○	○	1	2	○	2.0	1.3	—	1.6	
			○	○	○	1	○	○	1.3	—	—	—	
			○	○	○	○	1	○	—	—	—	1.3	
			1	○	○	○	1	1	1.3	1.9	1.7	2.2	
並列抵抗なし (バネ式圧油ピストン)	275	53	1	○	○	2	2	1	2.1	1.9	1.8	1.8	
			○	○	1	○	○	○	—	—	—	1.3	
			○	1	○	○	2	3	—	1.9	1.8	1.6	
			○	1	○	○	3	3	—	1.9	2.3	2.0	
			○	○	○	1	○	2	2.2	—	1.5	—	

* B相線路側異常電圧測定は P.D. による。

(3) 試験結果

空気式圧油ピストンによる試験結果は第2表、バネ式圧油ピストンによる試験結果は第3表の通りである。

空気式圧油ピストンのものは試験条件のいかんにかかわらずすべて再点弧をしていない。たゞ26Aの場合で、並列抵抗付のごとき1回だけ再発弧を行つているが、異常電圧は全く発生しなかつた。これは電流値が少いために第5高調波による波形の歪が大きく、異形の消弧を行つた結果で、平常はこの遮断器でこのような小電流を切ることは全くないから再発弧も起らないと考えて差支えない。この結果から並列抵抗によつて電圧分布の均等化を計らなくとも超高圧の充電々流を再点弧無しに遮断しうることがあきらかとなつた。

バネ式圧油ピストンのものは並列抵抗付で再点弧2回の異常電圧は2.1倍以下、並列抵抗なきものは再点弧3回、異常電圧2.3倍以下で、並列抵抗の効果は多少認められるが、再点弧1回以下には納らない。しかし異常電圧の点からいえば最大で2.3倍であるから特に送電線または機器に障害をおよぼすおそれはない。

以上の試験結果から新愛本変電所および成出発電所の287.5kV制弧遮断器は空気式圧油ピストン付の制弧室で運転している。

〔V〕 結 言

空気式圧油ピストン付の制弧遮断器はバネ式に比較して他力要素を強力にすることができるため、以上の試験結果からみてあきらかにすぐれた性能で、161kV制弧遮断器ばかりでなく287.5kV制弧遮断器においても無再点弧にて遮断しうることを示している。しかもかなり余裕をもっているものと考えられるから負荷遮断その他による線路電圧の異常上昇に対して十分安全である。さらに制弧室は本質的に自力型であるから、圧縮空気が失われた場合でも短絡遮断、負荷遮断には全然支障がない。

バネ式圧油ピストンのものは161kVの場合最も遮断度の遅いものでも再点弧1回以下である。この速度は現在標準として製作している制弧遮断器と同じであるから、161kV制弧遮断器の場合は装置の多少複雑な空気式圧油ピストンにせずとも簡単なバネ式で再点弧1回以下にしうることがあきらかとなつた。

これらの試験は関西電力株式会社および東北電力株式会社の各位の熱心な御援助によつてはじめて実施できたものであつて、こゝに厚く感謝の意を表する次第である。

