

# 287.5 kV 制 弧 遮 断 器

桑 山 正 俊\*

## 287.5 kV Contrarc Circuit Breakers

By Masatoshi Kuwayama

Kokubu Branch Works of Hitachi Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

The 287.5 kV 5,000 MVA Contrarc Circuit Breakers for Narude P.S. and Shin-aimoto S.S. of Kansai Electric Power Supply Co. were completed recently at Hitachi Works and they gave satisfactory results in the commercial test.

These circuit breakers are epoch-making in Japan because of their outstanding specifications including 3 $\sim$  breaking time, and 0.2 sec single-phase reclosing time. In the interrupting part, tulip contacts are employed for a secure contacting with a sufficient length of sliding. But the interrupting time is not delayed thereby by dint of a special roller tripping mechanism. The arc rupturing function depends upon the self-generating oil flow applied on the extinguishing arc, which is compensated by a small piston for small current interruption. The mechanical reliability was approved in the test which included 500 times high speed reclosing operations.

### 〔I〕 緒 言

275 kV 新北陸幹線の受電端枚方 S.S. の二次側 70 kV

母線の 4,000 MVA 大容量遮断器 11 台は悉く日立新型制弧遮断器であつて、目下好成績に運転使用中である<sup>(1)</sup>。今回更に同送電線成出 P.S. 及び新愛本 S.S. の超高压遮断器を受注し、成出分 3 台は 11 月初めに工場立会試験を終り、現地に発送された。試験の内容は高速度再閉路 500 回耐久操作試験、遮断試験等を含み、凡ゆる角度から慎重に検討 20 日間を要したが、総べてに好成績を示した。本器の仕様は下記の通りである。

型 式..... BOU-500 B-PRA

单相再閉路

定 格..... 287.5 kV, 800 A

遮断容量... 5,000 MVA (287.5 kV)

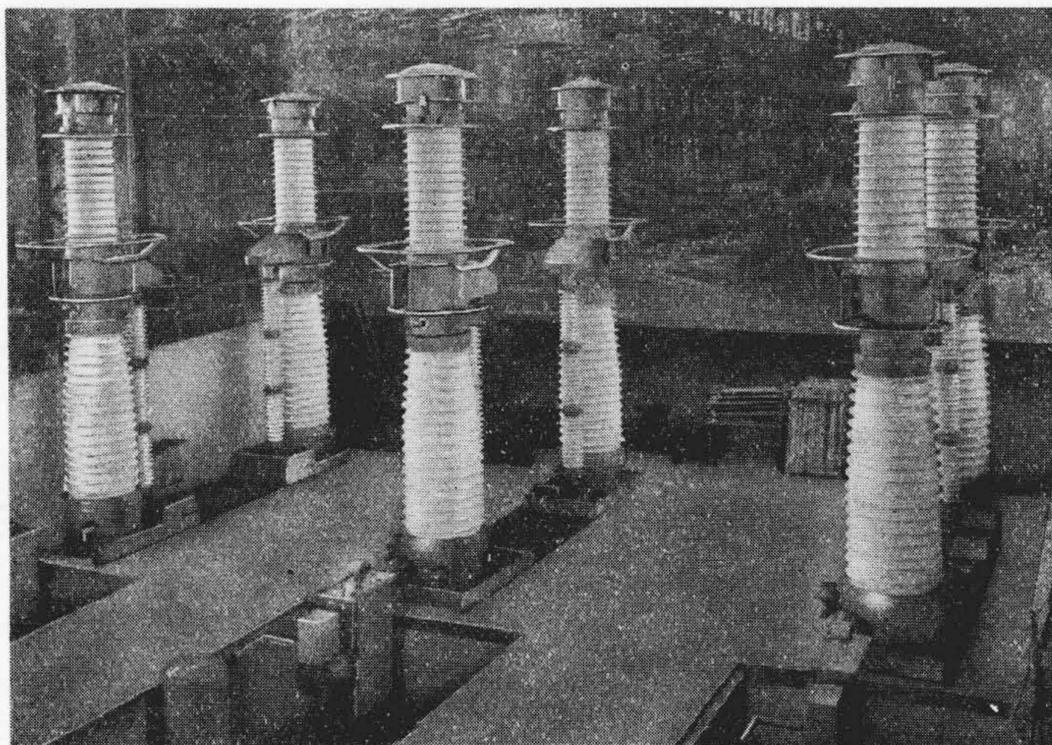
遮断時間..... 0.05 sec

動作責務 O-(0.2sec)-CO-(1min)-CO

\* 日立製作所日立国分分工場

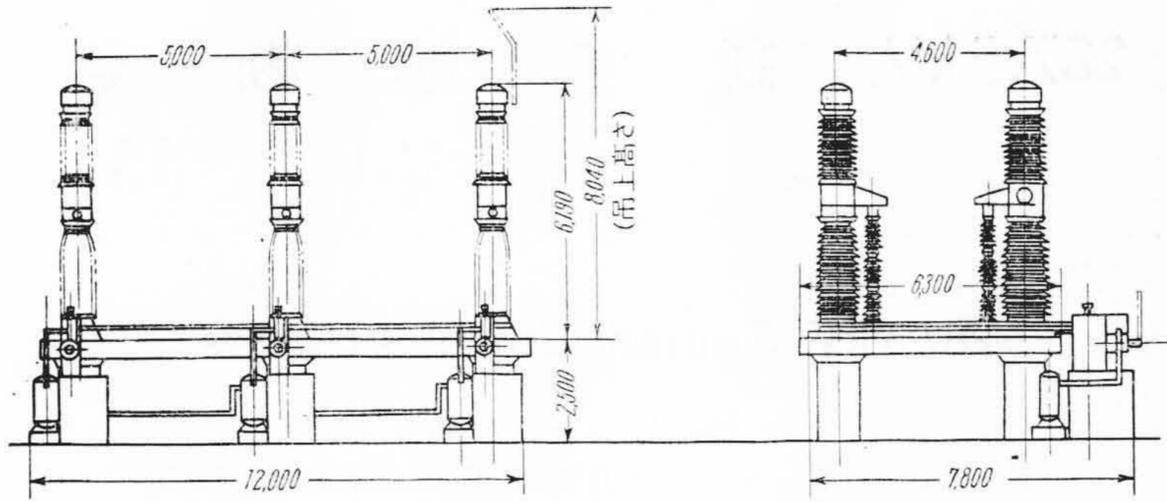
操作気圧..... 7 kg/cm<sup>2</sup>

操作電圧..... D.C. 100V



第1図 287.5 kV, 5,000 MVA 制弧遮断器 (3相分)

Fig. 1. 287.5 kV 5,000 MVA Contrarc Circuit Breaker in the Assembly Shop



第 2 図 287.5 kV 制弧遮断器 (单相再閉路型) 概略寸法図

Fig. 2. Dimensional Drawing of 287.5 kV Contrarc Circuit Breaker (Single-Phase Reclosing Type)

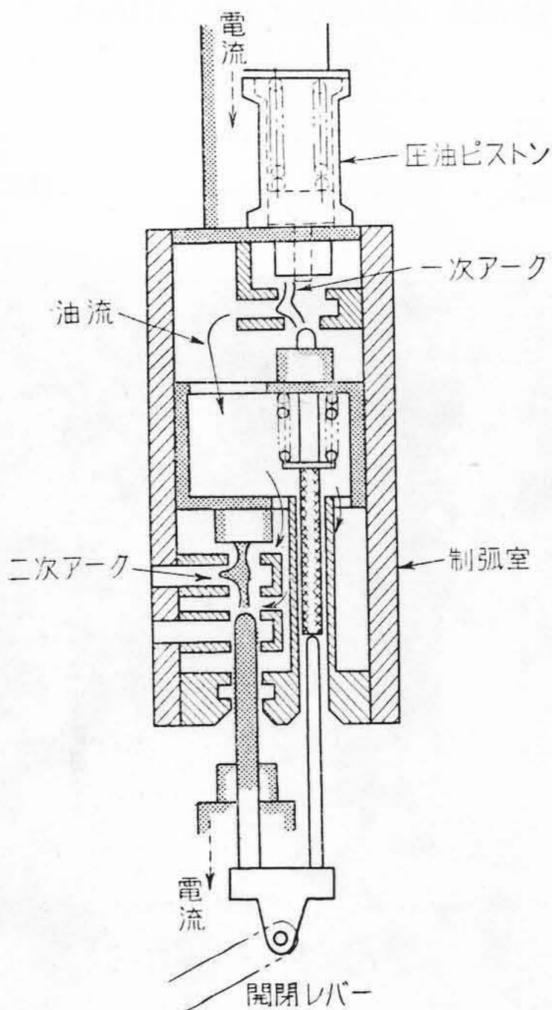
超高压遮断器としては昭和 16 年に満電松花江及び安東 S.S. に 230 kV, 2,500 MVA 制弧遮断器を納入しており<sup>(2)</sup>、当時のものと較べると新型遮断器は、遮断容量が 2 倍、遮断時間が半分以下となり、高速度再閉路その他の機能が附加されている。本器は旧日発の新北幹計画に対応して研究が始められ、その結果として先ず昭和 26 年末に新型の 161 kV 制弧遮断器が東北電力会津開閉所に納入された<sup>(3)</sup>。新型の制弧室は旧型に較べて電弧時間が著しく短く改善され、3φ 遮断用の操作器にはローラーの特殊組合せからなる高速度引外装置が使用されている。

### 〔II〕 構 造

287.5 kV 制弧遮断器の 1 相分は 161 kV 遮断部 2 箇を直列に使用し、各々碍管支持台に載せて、頭部で導体で接続している。超高压では 161 kV 以下と異り、支持台には碍子枠の代わりに碍管を使用し、その一方又は両方に単一鉄心型変流器を収めている。第 2 図は全体の概略寸法図である。本器は单相再閉路のため、各相に独立の圧縮空気操作器が附いており、三相の投入時間が等しくなるように調整してある。

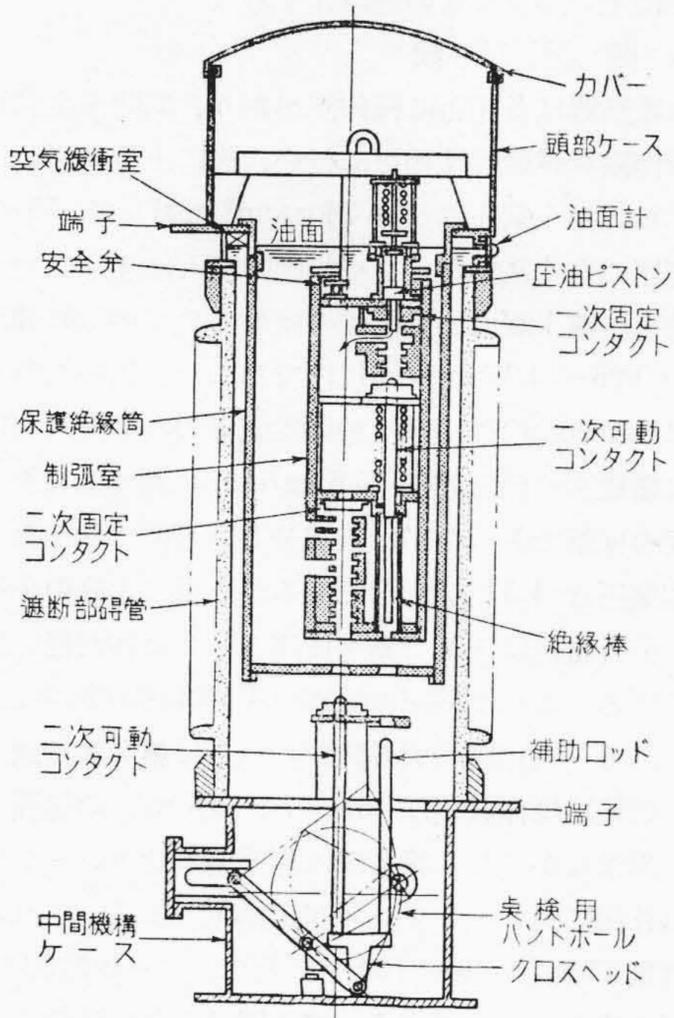
#### i) 遮断部

本器の遮断原理は他力を加味した自力消弧式であつて、第 3 図の如く略同時に開閉する直列 2 箇の遮断点があり、一次アークの分解ガスの圧力によつて、二次アークに吹付けが行われる。一次と二次の間には十分な油中の距離が取つてあるので、どのような遮断条件でも直接一次から二次に高温ガスが連ることがなく、二次には常に純油流が吹付けられる。二次アークは数箇に分割されて軸流吹付けを受けると共に、高熱のイオン化ガスの抽出が行われるため、全体に強く冷却され、急速に消弧される。その際アークは徒らに伸張屈曲されず、最短の長さに保たれたまま吹付けられる構造で、余分なアークエネルギーの放出されることを防いでいる。一次と二次アークが同時に発生することによる利益は、一次の発生ガス圧が必要な高さになつた時に、二次アークが遅滞なく遮断に適当な長さには達するので、全体としてアーク時間が短縮されることである。一次可動コンタクトにはそれ自身に加速ばねがあり、下端は絶縁物となつていて、クロスヘッド補助ロッドによつて押上げられる。一次二次の同時動作のためには普通はレバー等を使用して、消弧室の構造が複雑となる傾向があるが、本器では二次コンタクトと補助ロッドを固着して、その先から来る不平衡負荷を分担させる構成によつて、比較的簡単に纏めている。小電



第 3 図 新型制弧室原理説明図

Fig. 3. The Principle Illustration of New Type Contrarc Circuit Breaker

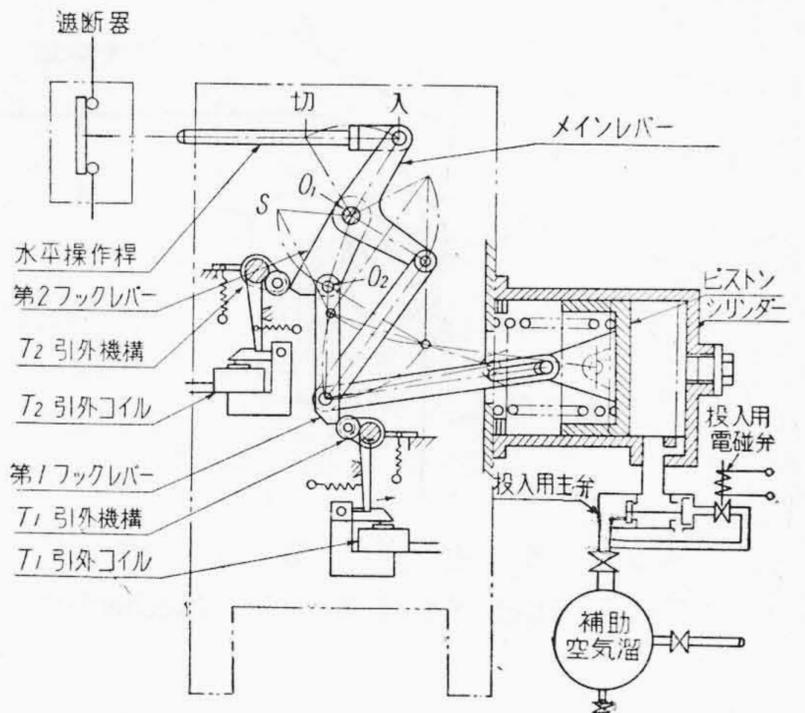


第4図 遮断部説明図  
Fig. 4. Cross Section of Rupturing Part  
Contrarc Circuit Breaker

流時の吹付力の不足は制弧室上部の圧油ピストンによつて補い、それから発する油流は一次、二次アークを直列に吹き、一次アークのガス発生を促進して、併せて二次に対する吹付を強化するようになっている。

遮断部全体の構造は第4図の如くで、制弧室は頭部から吊下げられ、保護絶縁筒中に保持される。保護絶縁筒は頭部ケースと共に耐圧容器を形成し、遮断時の圧力を受け、碍管には直接内圧が及ばぬようになっている。一次可動コンタクトは開離後、制弧室内に止まるが、二次可動コンタクトは更に下方に開いて、油中断路距離を形成する。それ等の接触端面には何れも耐弧メタルが貼つてある。碍管は堅型で、湿気が多い日本の気候に対しても十分内部絶縁が保たれるよう考慮されている。この点は気中断路部を持たぬ超高压遮断器として重要なことである。

操作碍管はベースから中間機構部分に回転を伝え、此処で油密パッキングを通じて、可動コンタクトを上下に開閉する。油密パッキングは耐油性人造ゴムで作られ、20万回の操作漏油試験にも成功している。遮断のための加速ばねはベース部分、中間機構ケース、制弧室内の各所に配置されて、遮断速度と開極時間に対して、最も能率を発揮するようになっている。頭部と中間部にはシ-



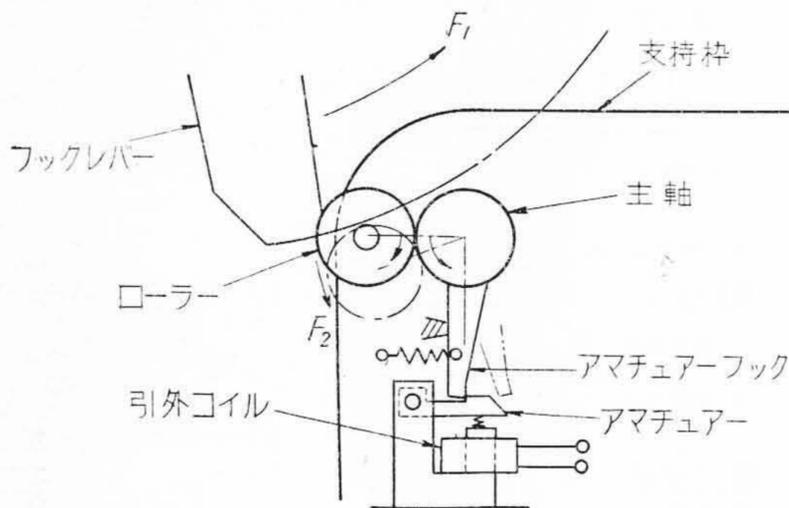
第5図 高速度再閉路用操作機構  
Fig. 5. Construction of High Speed Reclosing  
Mechanism

ルドリングが付き、コロナ発生を防止すると共に、遮断部に対する電圧分布の改善が計られている。

#### ii) 操作部

本操作器は圧縮空気操作式で、気圧は  $7 \text{ kg/cm}^2$  を使用し、高速度遮断用の特殊型である。第5図は機構の概略図で、機械的引外自由式となつており、 $T_2$ の引外装置によりシリンダー内の圧縮空気の有無に関係なく、高速遮断が行われる。 $T_1$ は高速度再閉路用のもので、第1回目の遮断を非引外自由的にこれで行い、ピストンは本体と共に開路位置の方向に押戻され、その終端付近で圧縮空気の導入によつて、再閉路する。再遮断は  $T_2$ で行われる。最初の遮断ではシリンダー内に気圧がないから遮断速度は阻害されない。こゝに  $T_1$ と  $T_2$ を別箇に分けた理由は、 $T_1$ のみであれば高速度再閉路は可能であるが、CO 即ち投入即時遮断動作が残存気圧によつて巧くなく、反対に  $T_2$ のみでは最初の遮断に次いで投入動作に移る前に、 $T_2$ のフック部分がリセットするを要し、そのため  $15 \sim$  以下の再閉路が困難になるためである。 $20 \sim$ の再閉路に対しては、 $T_2$ のみで目的を達することが可能である。 $T_1$ と  $T_2$ には各自にトリップコイルがあり、その目的に応じてリレー盤で切換えられる。コイルを二重に使用する方法は一見して複雑のようであるが、再閉路盤のリレーの使用法から見て何等不都合はなく、却つて单相再閉路の場合には余分な整流器等を入れる必要がなく、結線が簡単となる特長がある。

第6図は高速度の引外部分である。遮断器の引外力はフックレバーに  $F_1$ としてかかり、主軸とローラーによつて支えられている。ローラーには僅かな引外分力  $F_2$ が働き、それは圧接面の摩擦力によつて、アマチュアフッ



第 6 図 高 速 度 引 外 機 構  
Fig. 6. High Speed Tripping Mechanism

クの所で引止められている。この機構では総ての力と動きが転がり摩擦によつて伝えられるので、損失は極めて小さい。従つて一段で大巾に負荷力を落して、メンバーの数を減じて、動作が不確実とならない。これによつて引外動作時間の短縮が合理的に行われた。この機構ではアマチュアにかゝる力も小さいので小型の引外電磁石が用いられ、電磁的慣性も少ない。引外電流は 8A 以下であつて、余分の補助リレーを入れる必要がなく、高速度リレーの使用上有利である。

遮断器の開極時間は 30 m. sec 以下となつているが、その中、引外機構が外れて、フックレバーが始動する迄の時間は 8 m. sec を要するに過ぎない。この始動によつて主体部分が動き始める理であるが、その後の大部分の時間は遮断部のチューリップコンタクトの摺動開離の時間である。従つてバットコンタクトを用いれば、開極時間は更に大巾に切詰めることが出来るが、接触の安定性の見地からチューリップが採用されている。

〔III〕 試 験

工場試験は関西電力の関係者御立会の下に次の各項について行われた。

1. 構造点検
2. 開閉試験
  - 2.(1) 投入操作試験
  - 2.(2) 引外試験
  - 2.(3) 再閉路操作試験
  - 2.(4) 連続開閉試験
  - 2.(5) 手動開閉試験
3. 温度試験
4. 短時間電流試験
5. 絶縁耐力試験
6. コロナ試験
7. 短絡試験

以下にその中主なものを略述する。

i) 開閉試験

本遮断器は各相毎に操作部があり、開閉速度試験、最低操作限界試験等は相毎に行い、後に三相を纏めた試験をした。投入気圧は定格 7 kg/cm<sup>2</sup> に対して、75~110% の範囲で全く異常なく、三相同時投入はオッシロで測定の結果、第 1 表の如く種々の条件に於て接触時間差は仕様の 0.25~(4.17 m. sec) 以内であつた。尚投入時間の仕様は 0.4 sec 以下である。補助空気溜のみで投入可能な回数は電磁弁の低圧鎖錠 (5.6 kg/cm<sup>2</sup> に規定した) までに 2 回の保証であつたが、大部分 3 回可能であつた。最低操作気圧は 4.5 kg/cm<sup>2</sup> であるから更に十分の余裕がある。引外電流は 8A で高速度用としては甚だ低い値になつている。これは前記の特殊の引外機構の使用によるものである。三相同時引外試験の結果は第 2 表の通りである。再閉路操作試験は 5.5~7.5 kg/cm<sup>2</sup> の範囲で行つて、異常なかつた。第 3 表は再閉路限時リレーがない場合の各相に対するオッシロ測定結果である。これによれば無電圧時間は 10~ (60~ に於て、アーク時間を含む) 以下にすることが出来る。第 7 図は再閉路動作の行程曲線の 1 例で、遮断行程の 70% から引返しているが、消弧位置は 20% 以下であるので、勿論問題とならない。

第 1 表 三 相 同 時 投 入 試 験  
Table 1. Three-Phases Simultaneous Closing Test

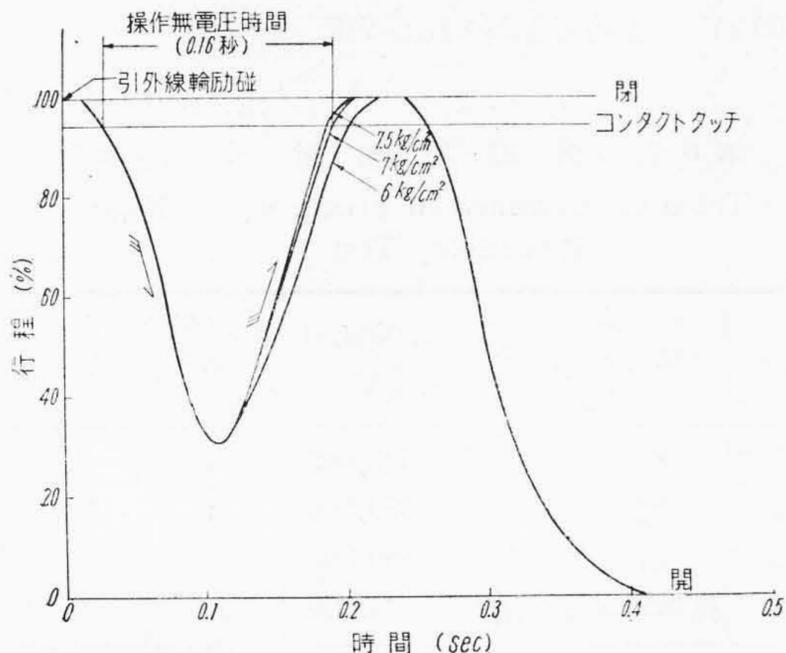
試 番	操作気圧 (kg/cm <sup>2</sup> )	操作電圧 (V)	t <sub>1</sub> (m. sec)	t <sub>2</sub> (m. sec)
10/21-3	6.5	100	260	2.9
4	7	100	250	1.1
5	7.5	100	243	1.7
6	7	80	260	2.15
7	7	110	244	3.9

註: t<sub>1</sub> 三相中最も長い投入時間  
t<sub>2</sub> 三相の最大接触時間差

第 2 表 三 相 同 時 引 外 試 験  
Table 2. Three-Phases Simultaneous Tripping Test

試 番	引外電圧 (V)	t <sub>3</sub> (m. sec)	t <sub>4</sub> (m. sec)
10/21- 8	100	28.5	1.2
9	80	28.6	0.9
10	110	26.7	1.3
11	60	30.4	2.2

註: t<sub>3</sub> 三相中最も短い開極時間  
t<sub>4</sub> 三相の開極時間差



第7図 再閉路動作行程曲線  
Fig. 7. Stroke Curve of High Speed Reclosing

第3表 再閉路試験  
Table 3. Reclosing Test

試番	相	操作気圧 (kg/cm²)	操作電圧 (V)	t <sub>5</sub> (m. sec)	t <sub>6</sub> (m. sec)	t <sub>7</sub> (m. sec)
10/22-12	A	7	100	27.2	159	29.5
15	B	7	100	28.7	140	28.9
16	C	7.5	100	29.0	126	32.7
17	C	7	100	28.5	133	31.5
18	C	6.5	100	30.0	145	32.0

註: t<sub>5</sub> 初遮断の開極時間  
t<sub>6</sub> 開極から再接触までの時間  
t<sub>7</sub> 再遮断時の開極時間

連続開閉試験は2台目のものに対して行い、定格操作電圧及び気圧に於て

$$[C-O-(0.2 \text{ sec})-CO]$$

の動作を2回と数えて、500回の連続操作を行つた。実際の送電線では事故遮断は年数回以下であり、その他の開閉操作を加算しても、この試験回収は数十年分に相当し、この種の遮断器の機械的寿命に対しては十分以上の試験である。この試験の過程に於ては、数回に亘つて動作時間の変動を求めたが、投入時間は約4 m. sec, 開極時間は1 m. sec以下の変化であつて、実用上は全く差支えない範囲であつた。試験後の主体及び操作器運動部分の磨耗は極く微量であり、電磁弁の気密度低下は全くなく、尙十分使用に耐える状態であつた。

ii) 温度試験及び短時間電流試験

800A, 60 $\sim$  で一定通電した結果、各部の温度上昇は第4表の如くで、800A に対しては尙余裕があり、内部

第4表 温度試験 (60 $\sim$ )

Table 4. Thermal Test

測定箇所	温度上昇 (°C)	測定法
頭部ケース内	7	抵抗
一次固定コンタクト	9.5	抵抗
二次固定コンタクト	5	抵抗
油 上 面	12	抵抗
油 中 央	2	抵抗
上部端子	20	水銀
下部端子	19	水銀
極間接続導体	21	水銀

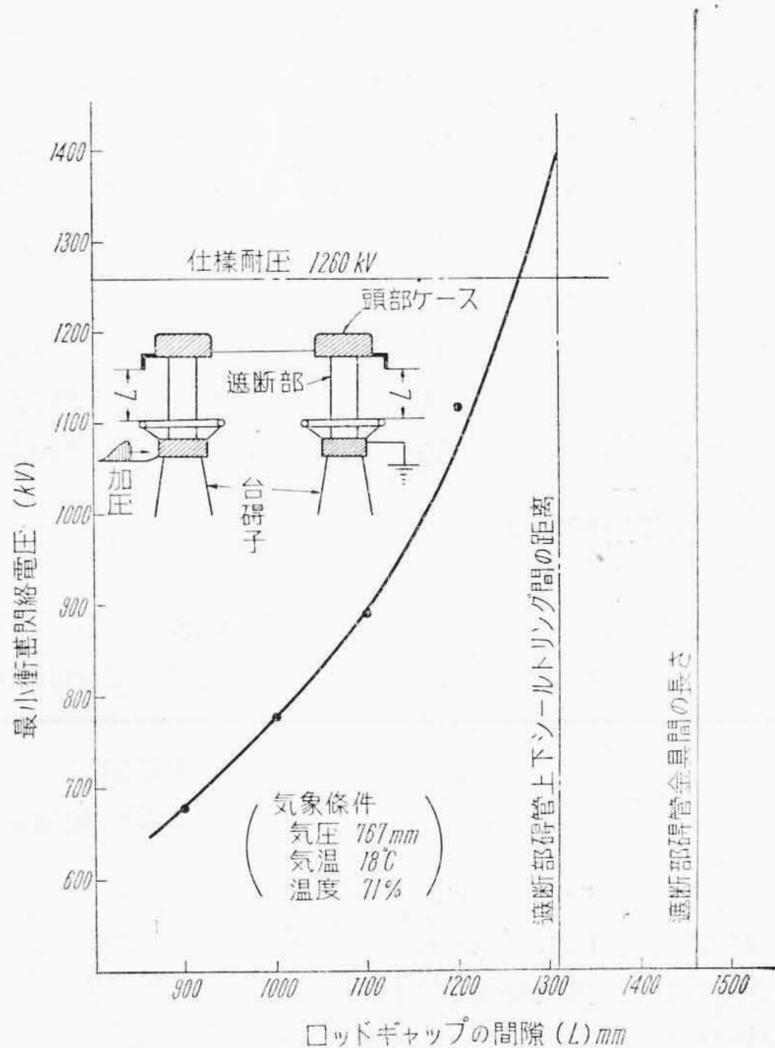
註: 周囲温度 17°C

第5表 衝撃波耐圧試験

Table 5. Impulse Wave Voltage Resistibility Test

番号	加圧部分	試験電圧 (kV)	極性	波形 ( $\mu$ s)	回数	結果
1	対地	1,160	+	1 $\times$ 46	3	良
2	極間	1,210以上	+	1 $\times$ 46	3	良
3	相間	1,210以上	+	1 $\times$ 46	3	良

註: 気象条件、気圧 758 mm 気温 16°C 湿度 71%



第8図 遮断部碍管衝撃波閃絡曲線  
Fig. 8. Impulse Flush Voltage Curve of the Interrupting Part

の接触部は特に温度上昇が低くなっている。短時間電流試験は短絡試験所で行い、21 kA 1 sec 通電後各部に異常なく、温度上昇は各部に就て 10°C 以下であつた。

iii) 絶縁耐力及びコロナ試験

衝撃波耐圧試験は全数に就て第 5 表によつて行い、合格した。2, 3 番の試験に於ては 1,210 kV で台碍管が閉絡し、これ以上電圧をかけることが出来なかつた。そのため第 8 図の如く、遮断部碍管外側に棒間隙を取付け、その長さを変化した時の閉絡電圧を測定した。この閉絡特性曲線から外挿して得られる同相極間の閉絡電圧は約 1,400 kV であつて、仕様の耐電圧 1,260 kV に対しては十分の余裕が認められた。続いて商用周波耐圧試験は第 6 表によつて行い、全数合格した。コロナ試験は完全暗黒状態で行い、対地 250 kV で全くコロナを発生せず、

3,000 kV でも殆ど認められぬ程度であつた。

第 6 表 商用周波耐圧試験  
Table 6. Commercial Frequency Voltage Resistibility Test

番号	加 圧 部 分	試験電圧 (V)	試 験 周波数 (Hz)	結 果
1	対 地	500,000	50	良
2	極 間	550,000	50	良
3	相 間	550,000	50	良
4	操作回路と接地間	1,500	50	良

註： 加圧時間は 1 分、極間 550,000 V は変流器を入れぬ台碍子で行い、1 端子接地した。

第 7 表 試験動作責務  
Table 7. Test Operation Duty

責務番号	電 圧 (kV)	電 流 (A)	動 作 責 務	回 数	相 数
1	167 (287.5 相当)	400	O	3	1
2	167	400	O-(0.2 秒)-CO-(1 分)-CO	3	1
3	60	1,000	O	3	1/2
4	60	1,500	O	3	1/2
5	20	3,000	O	3	1/2
6	20	5,000	O	3	1/2
7	20	3,000	O	3	1
8	20	5,000	O	3	1
9	10	6,000	O	3	1/2
10	10	8,000	O	3	1/2
11	10	*10,000	O	3	1/2
12	10	*10,000	O-(0.2 秒)-CO-(1 分)-CO	3	1/2

\* 定格遮断電流

第 8 表 短絡試験条件  
Table 8. Condition for Shortcircuiting Test

項 目	167 kV (287.5 kV 相当)	60 kV	20 kV	10 kV
回復電圧 (%)	95	95	95	95
再起電圧 固有周波数 (Hz)	1,960	4,100	5,200	5,500
再起電圧 減衰時定数 (sec)	$3.5 \times 10^{-4}$	$(1.4 \sim 1.9) \times 10^{-4}$	$(1.0 \sim 1.2) \times 10^{-4}$	$(2 \sim 2.2) \times 10^{-4}$
給与電圧 波形狂率 (%)	2	2	3	2
短絡力率	0.05	0.04~0.05	0.05	0.03
遮断電流 減衰時定数 (sec)	0.3	0.2 ~0.4	0.5	0.5
遮断電流 波形狂率 (%)	2.8	8 以下	8 以下	8 以下

第 9 表 短 絡 試 験 の 要 約

Table 9. Summary of Shortcircuiting Test Conditions

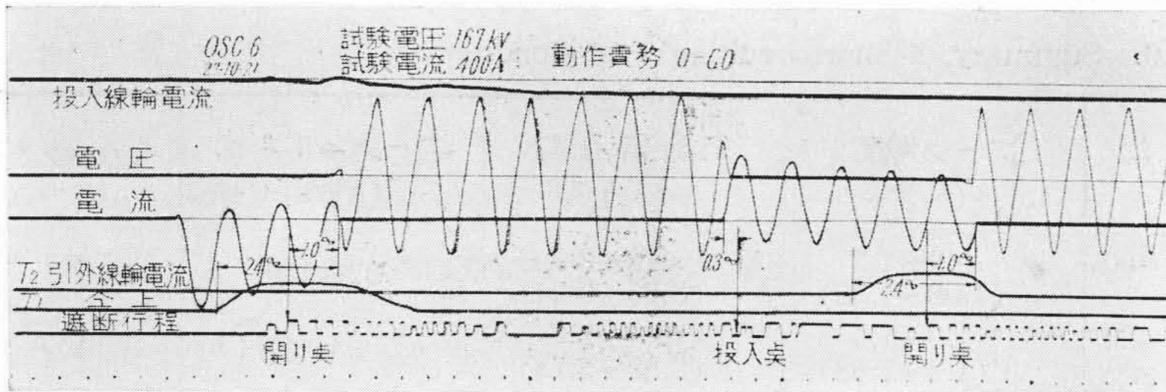
責務番号	電 圧 (kV)	遮 断 電 流 (A)	アーク時間 ( $\infty$ )	全遮断時間 ( $\infty$ )	アークエネルギー (kWs)	相 数
1	167	385~ 490	0.9~1.3 (1.08~1.56)	2.3~2.7 (2.76~3.24)	27~120	1
2	167	350~ 420	1.0~1.4 (1.2~1.68)	2.4~2.7 (2.88~3.24)	5~ 67	1
3	60	960~ 1,090	0.8~1.2 (0.96~1.44)	2.4~2.7 (2.88~3.24)	9~ 45	1/2
4	60	1,310~ 1,560	0.6~1.4 (0.72~1.68)	2.1~2.9 (2.52~3.48)	9~135	1/2
5	20	3,220~ 3,370	0.5~1.0 (0.6~1.2)	2.0~2.5 (2.4~3.0)	10~115	1/2
6	20	4,150~ 4,370	0.5~0.8 (0.6~0.96)	2.0~2.3 (2.4~2.76)	20~ 80	1/2
7	20	2,800~ 3,380	0.4~6.6 (0.48~0.72)	1.9~2.1 (2.28~2.52)	8~ 10	1
8	20	4,150~ 4,500	0.4~0.8 (0.48~0.96)	1.9~2.3 (2.28~2.76)	23~ 63	1
9	10	6,700~ 7,700	0.5~0.6 (0.6~0.72)	2.0~2.2 (2.4~2.64)	37~ 61	1/2
10	10	8,220~ 8,800	0.4~0.7 (0.48~0.84)	1.9~2.1 (2.28~2.52)	37~ 50	1/2
11	10	9,200~11,600	0.4~0.6 (0.48~0.72)	1.9~2.1 (2.28~2.52)	49~ 14	1/2
12	10	9,000~12,900	0.4~1.1 (0.48~1.32)	1.7~2.6 (2.04~3.12)	17~227	1/2

註： ( ) 内は 60 $\infty$  に換算した値。

第 10 表 再 閉 路 遮 断 試 験

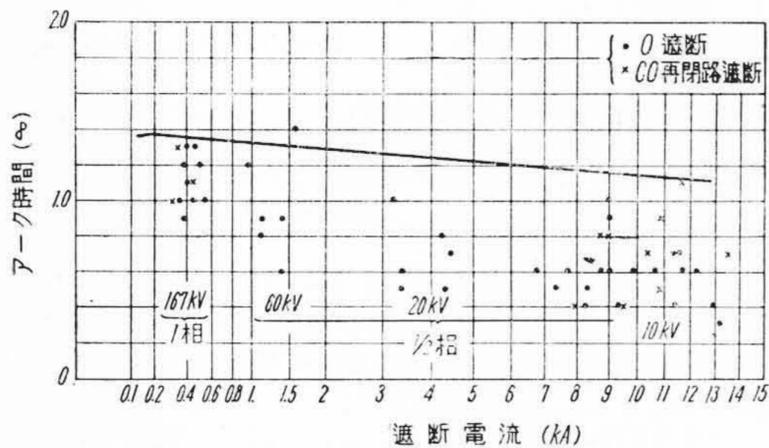
Table 10. Reclosing-Breaking Test

責務番号	オッショ ロ番号	電 圧 (kV)	遮断電流 (A)	同直流分 (%)	動 作 責 務	アーク時 間 ( $\infty$ )	全遮断時 間 ( $\infty$ )	アークエ ネルギー (kWs)	投入アーク 時 間 ( $\infty$ )	相 数
2	4	167	385	28	O-7.3 $\infty$ -CO- 1分-CO	1.2	2.6	22	—	1
	4	167	350	18		1.3	2.7	30	0.6	1
	5	167	355	20		1.0	2.5	27	0.6	1
2	6	167	515	66	O-7.5 $\infty$ -CO- 1分-CO	1.0	2.4	5	—	1
	6	167	350	18		1.0	2.4	16	0.3	1
	7	167	400	37		1.1	2.5	67	0.5	1
2	8	167	400	42	O-7.2 $\infty$ -CO- 1分-CO	1.3	2.7	16	—	1
	8	167	400	42		1.1	2.5	58	0.4	1
	9	167	420	48		1.0	2.5	40	0.4	1
12	37	10	10,600	38	O-8 $\infty$ -CO- 1分-CO	0.6	2.0	25	—	1/2
	37	10	10,600	38		0.5	2.1	82	0	1/2
	38	10	11,400	48		0.7	2.2	152	0	1/2
12	39	10	12,200	57	O-8 $\infty$ -CO- 1分-CO	0.4	1.8	17	—	1/2
	39	10	11,900	54		0.9	2.4	227	0	1/2
	40	10	12,900	60		0.4	1.7	—	0	1/2
12	41	10	9,000	0	O-8 $\infty$ -CO- 1分-CO	0.6	2.0	36	—	1/2
	41	10	11,700	53		1.1	2.6	195	0	1/2
	42	10	9,900	10		0.6	2.1	103	0	1/2



第 9 図 定格遮断試験に於ける試験オシログラム  
167 kV 400 A

Fig. 9. Oscillogram of Rated Breaking Voltage Test  
287.5 kV/ $\sqrt{3}$  400A

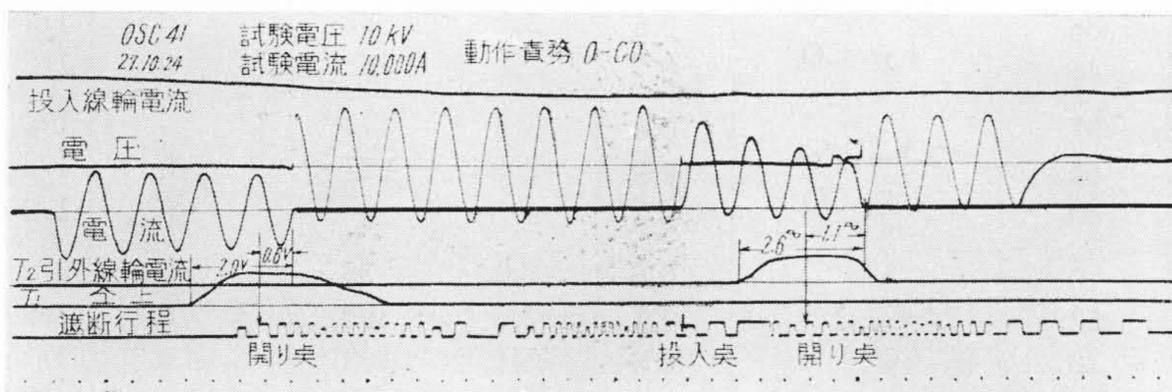


第 10 図 287.5 kV 制弧遮断器アーク時間特性  
Fig. 10. Arcing Time Characteristics of 287.5 kV C.C.B.

iv) 短絡試験

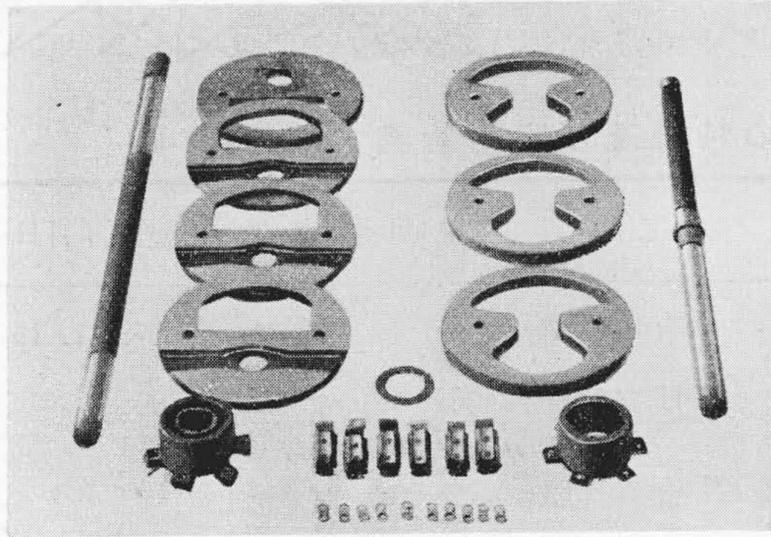
短絡遮断試験は日立工場大容量短絡試験所に 1 相分を組立て行つた。短絡試験の内容は第 7 表の如くで、1 相分に対する定格電圧遮断試験 ( $287.5 \text{ kV} / \sqrt{3} = 167 \text{ kV}$ )、1/2 相分に対する電圧を下げて、電流を大きくした試験が含まれている。第 8 表は試験回路の条件で、再起電圧の固有周波数は特に制限せず、例えば定格遮断電圧の場合の 1,900 $\sim$  は実際の送電線に遭遇する 500 $\sim$  程度に較べて著しく苛酷となつている。立会試験 48 回の結果は第 9 表に要約されている。全遮断時間は悉く 3 $\sim$  以内で、60 $\sim$  換算値は 3 $\sim$  を僅かに超えるものもあるが、実用的には十分高速度遮断の目的に合している。第 9 図は定格電圧に於ける再閉路試験のオシロで無電圧時間は 0.15 sec となつている。第 10 図は各種の電圧電流に対するアーク時間特性で、立会試験及び予備試験の分を含んでいる、アーク時間は 0.3 $\sim$ 1.4 $\sim$  の範囲に分布している

が、定格遮断電圧のものは 1 $\sim$  強の附近、低電圧大電流のものは 0.5 $\sim$  附近に集中している。1/2 相分 60 kV の場合は遮断瞬時の電圧分布を考慮すれば (静電的には電源側の遮断部に 80% かゝるが、遮断時にはアーク痕跡の導電性のため 60% 程度となる)、1 相分に対して 100 kV 程度に相当するが、回路固有周波数 4,000 $\sim$  は送電線の数倍であるから、苛酷度からすれば更に高い試験電圧に相当する。本遮断器は自力消弧式で、遮断電流の増加と共に消弧吹付力も増加するから上記の事項も総合して、定格電圧の大電流に於てもアーク時間は大約 1.3 $\sim$  以下で遮断されるものと考えられる。10 kV, 10 kA の試験でアーク時間が 1 $\sim$  以上のものが捉えられている。これは短絡試験設備のように損失の少ない回路で、短時間トリップによる短絡電流の直流分偏位の大きい場合に出る現象である。本遮断器で 10 kV 程度の低電圧を切る時の最短アーク時間は 0.4 $\sim$  以下であつて、それから後の交流波が零を通過する時に消弧する理であるが若しこの附近で直流偏位による小電流半波を吹付圧力の不足から、消弧せずに通過すると、次には 0.6 $\sim$  以上の大半波が続き、強制的にアークが延びて、全アーク時間が 1 $\sim$  以上になる機会が出て来る。第 11 図(後半)はその一例である。大半波では電流波高値が高く、時間も長いので、吹付圧力は上り、アークエネルギーが多く発生する。即ちアークエネルギーから来る機械的ショックは定格遮断に近づけて観察することが出来るので、これは自力消弧式の特長である。他力消弧式では小半波の終り目には却つて消弧し易いので、電圧の低い等価試験では特にアーク時間の長い苛酷状態を出現することが困難である。このアーク時間の延長現象は本試験中の他の電圧電流の場合に



第 11 図  
10 kV, 10 kA 大電流遮断試験  
オシログラム

Fig. 11.  
Oscillogram of Large Current Rupturing Test 10 kV, 10 kA



第12図 遮断観験後の遮断部々品の状態  
Fig. 12. Elements of Interrupting Part after the Rupturing Tests

第11表 油の絶縁耐力  
Table 11. Dielectric Strength of Oil

油の状態	絶縁破壊値 (kV)
試験前	39.2
動作責務 1, 2 後	39.0
動作責務 3, 4, 5, 6, 7, 8 後	29.2
動作責務 9, 10, 11 後	28.6
動作責務 12 後	15.3

註：各種遮断試験合計 48 回

も出ているが、実際の送電線では線路の損失に加えて、リレー時間があるので、直流分の減衰が多く、消弧時には殆ど交流分だけになるのが普通である。10 kV でアーク時間が 0.9~1.1 秒の場合にアークエネルギーは最大約 230 kWs となり、その際の最後の半波の電流実効値は 13 kA となつている。この場合の遮断器の外的ショック、噴煙（前回迄の残存ガスが吹出す）は僅かであつた。想定を苛酷の側にとつて、定格遮断電圧 ( $287.5/\sqrt{3}$ ) kV に於て 10 kA 即ち 5,000 MVA を遮断し、アーク時間

が 1.5 秒になつた場合を予想すると、アークエネルギーは 1 遮断部当り 450 kWs となる。本遮断器の碍管と保護絶縁筒の寸法強度は 800 kWs の放出勢力に対してかなりの振動と噴油を伴つたが、機械的損傷はなかつた実績があるので、450 kWs に対しては十分安全圏内にあるものと考えられる。遮断試験による油の劣化状況は第11表の如くで、合計 48 回遮断後に於てもこの程度では、定格の遮断に対しては、アーク時間その他には殆ど影響が出て来ない。但し長期の使用に対しては油の耐圧を 25 kV 以上に浄化することが望ましい。コンタクトの損傷は第12図に見る如くで、比較的軽く、尙当分の間定格電流の流通、開閉に差支えない程度であつた。

#### 〔IV〕 結 言

以上により関西電力成出 P.S. 及び新愛本 S.S. 納 287.5 kV, 5,000 MVA 制弧遮断器の構造と試験の概要を述べた。本器は定格容量及び性能に於て記録的なものであるが、型式立会試験によつて十分その信頼性を立証することが出来た。遮断時間は全部 3 秒に収まり、60 系に換算すれば僅かに 3 秒を超すこともあつたが、これはチューリップコンタクトの摺動長さを十分に取り、接触の确实性に重点を置いているためである。再閉路の場合は無電圧時間 7 秒の高速の時も異常なく遮断している。遮断容量に関しては自力消弧式の特質を利用し、等価試験法により、定格に対して十分の安全率があることが推定された。機械的の耐久試験としては、高速度再閉路操作を含め、この種の遮断器の使用目的に対しては数十年分を動かして、その信頼度を確めた。今後の課題としては現地の使用者の方々の御理解と御援助によつて、この高性能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。本器の工場試験に際しては、2 旬の長時日に亘つて、御熱心に立会われた関西電力の当事者の方々に深く感謝する次第である。

#### 参 考 文 献

- (1) 桑山、山田：日立評論 34 927 (昭 27. 8)
- (2) 桑山：日立評論 25 81 (昭 17. 2)
- (3) 森田、山田：日立評論 34 1051 (昭 27. 9)

# 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 (其の1)

区 別	登録番号	名 称	工場名	発 明 考 案 者	登録年月日
特 許	196840	分光器波長表示装置	中央研究所	角 野 正 夫	27. 11. 15
"	196841	自動同期継電装置	日立工場	小 林 栄 二 升 村 克 己	"
"	196842	圧 力 調 整 弁	亀有工場	渡 部 富 治 浅 見 田 益 三	"
"	196843	冷凍装置に於ける冷媒回収装置	本 社	水 谷 和 夫	"
"	196844	アンチモン・セシウム光電子放射陰極の製作法	中央研究所	武 井 幸 夫	"
"	196845	蒸 気 タ ー ビ ン 車 室	日立工場	佐 藤 博 司 伊 藤 文 夫	"
"	196846	扉 開 閉 装 置	亀有工場	氏 原 良 男	"
"	196847	コールカッタの移動速度自動調節装置	亀有工場	渡 部 富 治 細 田 益 三	"
"	196848	点 火 栓	多賀工場	千 田 実	"
"	196849	点 火 栓	多賀工場	千 田 実	"
"	196850	電 動 機 速 度 制 御 装 置	日立工場 亀有工場	泉 千 吉 波 谷 英 寅	"
"	196851	直流電動機の並行運転方式	日立工場	御法川 潔	"
"	196852	超同期電動機の起動方式	日立工場	山 本 正 雄	"
特 許	196853	誘導電動機の速度制御方式	日立工場	山 本 正 雄	27. 11. 15
実用新案	397812	蒸気過熱温度調整装置	日立工場	三 代 勘 三 郎	27. 11. 19
"	397813	機関起動用ピニオン駐止装置	多賀工場	飯 島 登	"
"	397814	熔接速度指示装置	日立工場	田 中 貞 之 助	"
"	397815	直流電磁開閉器用電磁石	日立工場	白 土 忠 治 浅 野 定 雄	"
"	397816	機 関 起 動 装 置	多賀工場	飯 島 登	"
"	397817	機関着火継続器自動進角装置	多賀工場	小 室 甲 二 郎 沢 田 孝	"
"	397818	三相誘導電動機の緩速起動装置	亀戸工場	大 和 利 丸	"
"	397819	タワーエキスカベータ又はケーブルクレーンに於ける鋼索案内装置	亀有工場	大 西 昇	"
"	397820	力 率 調 整 装 置	日立工場	平 川 克 己	"
"	397821	巻上機に於ける力率調整装置	日立工場	後 藤 恒 夫 平 川 克 己	"
"	397822	同期進相機制動装置	日立工場	高 木 正	"
"	397823	制 御 器	日立工場	本 間 千 代 一 鈴 木 隆 一	"
実用新案	397824	自 動 滑 り 調 整 装 置	日立工場	泉 千 吉 郎	27. 11. 19