

80.5 kV 4,000 MVA 新型制弧遮断器

桑山正俊* 山田勇飛**

New 80.5 kV 4,000 MVA Contrarc Circuit Breakers

By Masatoshi Kuwayama and Yūhi Yamada

Taga Works, Hitachi, Ltd.

Abstract

Recent expansion in electric load has made it advisable to use breakers of larger interrupting capacity and speed. This paper describes the development of the new 80.5 kV 4,000 MVA Contrarc Circuit Breakers which will be in service at Hirakata Switching Station on Shin-Hokuriku Transmission Line now under construction.

Since a porcelain type low oil content breaker has rather less oil and air space for discharge of arc energy compared with a tank type circuit breaker, positive reduction of arc energy and tank pressure should be considered when designing large capacity ones of this type.

In the new Contrarc Circuit Breaker, two kinds of arcs, pressure generating and interrupting, are simultaneously drawn in series, then the interrupting arc is extinguished within minimum length under the effect of pressure oil flow without superfluous turbulence in the arc space. And, further, special considerations to reduce the arc energy are given to meet such requirement.

Laboratory rupturing tests were carried out to check the design capacity, in which the new 80.5kV Contrarc Circuit Breaker proved to have 4 million kVA interrupting capacity with five cycle breaking time.

[I] 緒 言

275 kV 新北陸幹線の受電端である枚方変電所の二次側 70kV 母線の短絡容量は、将来全系統並列の場合短絡発生後 9 〱 目に於て 4,300 MVA であつて、日本に於て最大の故障電流発生の可能性のある箇処となつている。

この母線に使用される遮断容量 4,000 MVA 碍子型遮断器 11 台は全部日立製作所で納入した。従来国内で作られた 70kV 級の最大容量は 2,500MVA であつて、本変電所に於ても二次側を系統分離するか、又はリアクターを挿入すればその程度でも間に合わないことはないが操作が複雑になるため 4,000MVA 遮断器を設置して統一した系統の保護を行うこととしたものである。これは 70kV 級遮断器としては世界にも殆ど例をみない大容量のものであつて、計画の当初に於てこの飛躍的大容量遮断器を採用され、保護系統の簡潔化を計られた当事者の

御英断に敬意を表するものである。

遮断器に於て遮断電流の増加は必然的に電弧勢力の増大を意味し、碍子型遮断器の如き鉄槽型に較べて内部油量及び上部空隙の少いものでは、その処理の如何により成否が決定する。本器には電弧を一次と二次に確然と分離し、一次の発生圧力により二次に消弧作用を行う新型の遮断部が採用され、更に電弧勢力を最少限度に抑え遮断する数種の方策が行われている。尙本遮断器の仕様は大略下記の如くである。

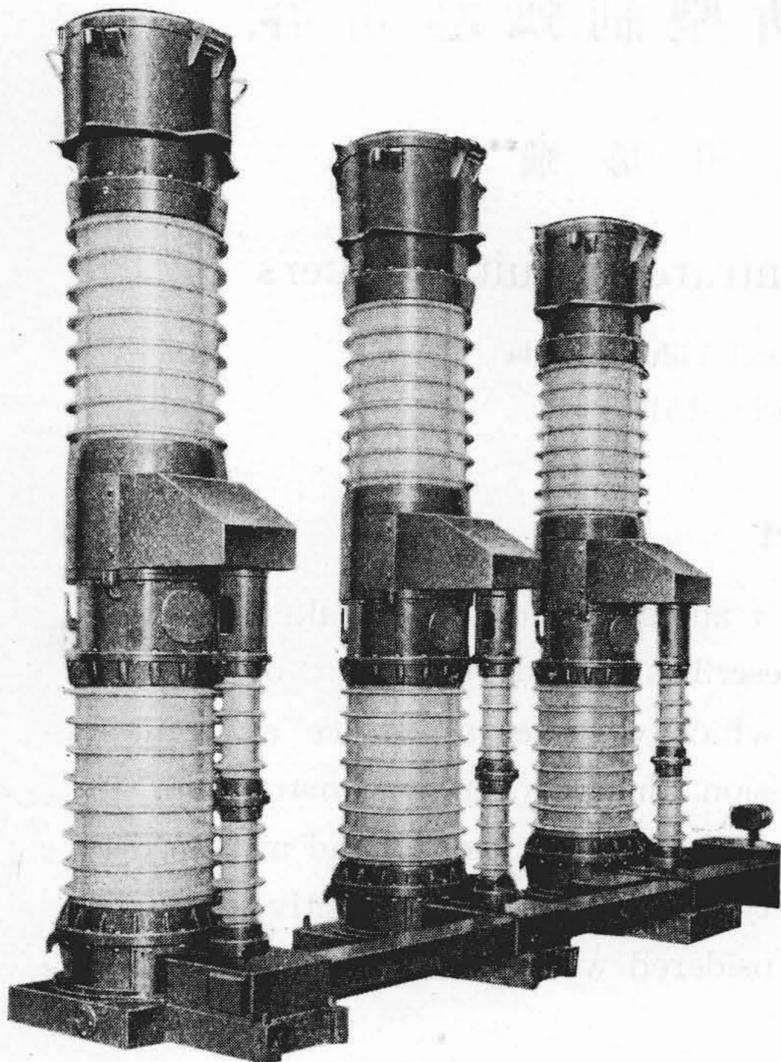
型 BOU 式 400B 定格 80.5kV 800A 定格遮断容量 4,000MVA 遮断時間 0.08 秒 (5 〱) 投入時間 0.4 秒 再点弧 1 回以下

第 1 図及び第 2 図 (次頁参照) は本器の写真を示す。

[II] 新型遮断部

本遮断部の消弧原理は遮断電弧が一次と二次の直列電弧に分けて形成され、一次電弧の発生ガス圧力によつて

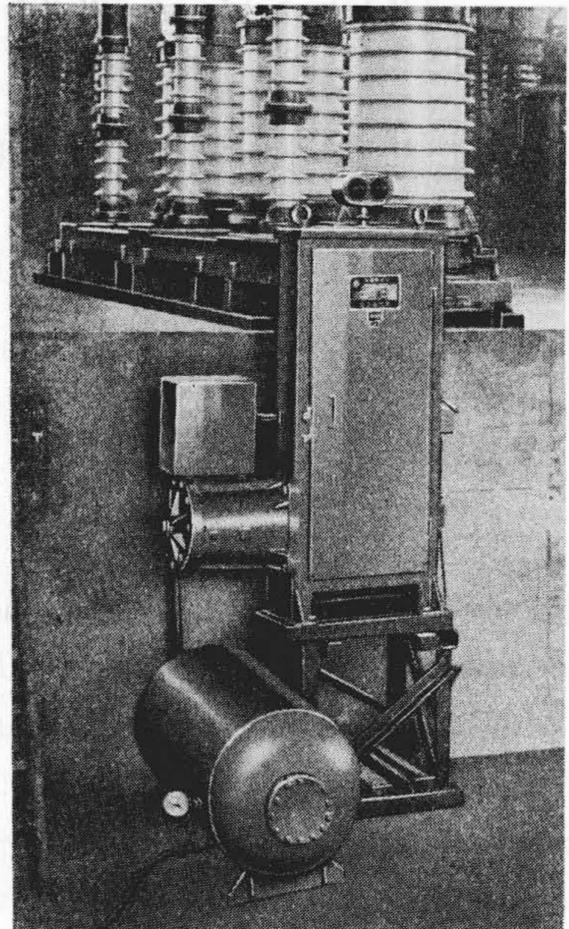
* ** 日立製作所多賀工場



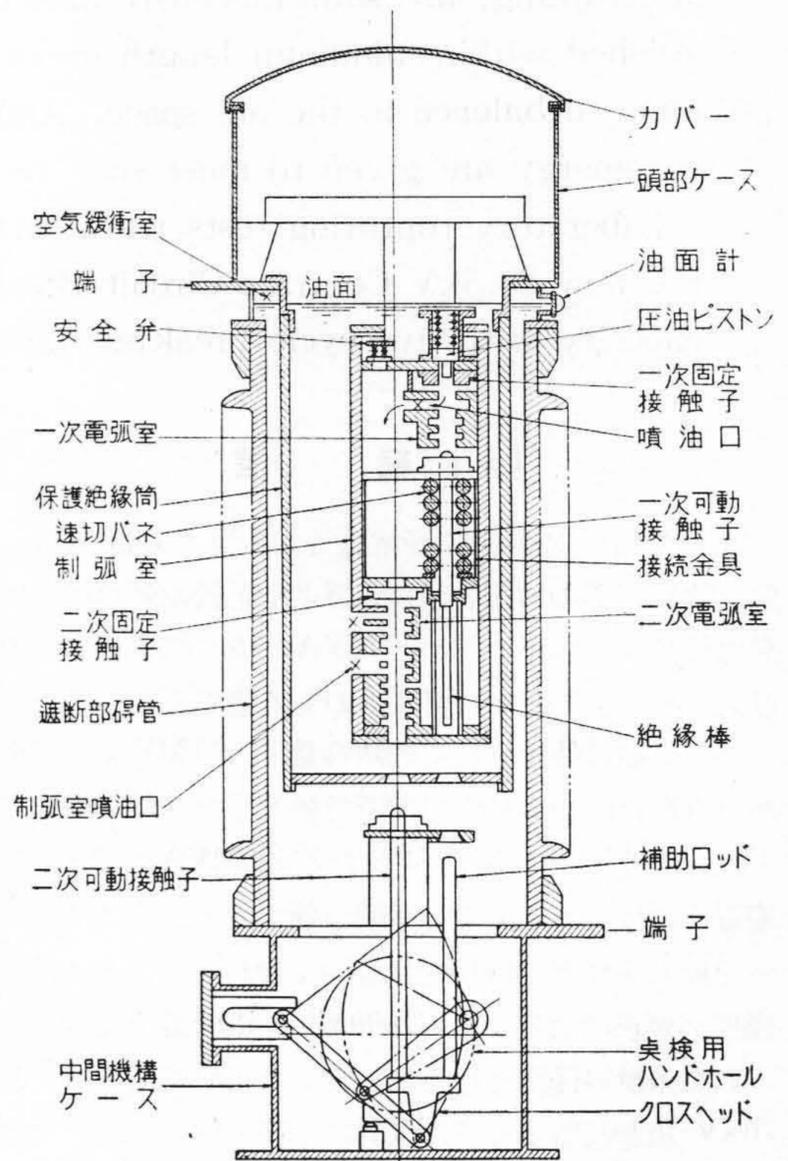
第 1 図 80.5kV 4,000 MVA 新型制弧遮断器
Fig. 1. New 80.5 kV 4,000 MVA Contrarc
Circuit Breaker

二次電弧に純油流を吹付けて短い電弧長で遮断するものである。一次及び二次電弧は略同時に発生し、二次電弧が定格電圧の遮断に適当な長さになった時に一次電弧の発生圧力が最大になるようになっている。第 3 図は新型遮断部の断面図であつて、碍管内部に制弧室を容れる保護絶縁筒があり、可動接触子は保護筒底板を抜けて下方に開き、遮断による分解ガスの浮揚方向とは反対方向に絶縁距離を形成してゆく点が従来と異つた特長である。遮断時の発生内圧は保護絶縁筒と頭部ケースから成る強固な耐圧室内で処理され磁界部分には殆どかからないようになっている。

制弧室の構造は上部に一次接触子と一次電弧室があり下部に二次接触子と二次電弧室があつて、強力な絶縁筒外殻によつて締め上げられている。一次及び二次可動接触子は下方のクロスヘッドによつて共通に操作されるが、一次可動接触子はその下端が絶縁棒になつていて、クロスヘッドに固着された補助ロッドによつて押上げられ、閉路時には電流が一次と二次に直列に流れる。遮断時にはクロスヘッドが下ると共に一次可動接触子は自身の速切バネによつて下方に加速され、一定距離を開いた後停止して制弧室中に残される。二次可動接触子は直接クロスヘッドについて下り、かくして一次電弧室及び二次固定、可動接触子間にそれぞれ開放絶縁距離が形



第 2 図 前面よりみた 80.5kV 4,000MVA
制弧遮断器 (操作器部分)
Fig. 2. Front View of 80.5kV 4,000 MVA
Contrarc Circuit Breaker



第 3 図 新 型 遮 断 部 説 明 図
Fig. 3. Cross Section of the New Contrarc Circuit
Breaker

成される。一次と二次接触子の開離の時間的關係は二次可動接触子と補助ロッドとの高さの差によつて定まるが、これは工場に於て一定に調整、固定され、以後変動することがない。

一次固定接触子の上部には一次可動接触子によつて蓄勢される油圧ピストンがあり、小電流遮断時の消弧力不足を補う。即ち油圧ピストンから生じた油流は一次電弧室を通り噴油口から二次電弧室の方に下るが、その吹付が一次及び二次電弧に対して直接消弧作用を行ふと共に油流によつて吹付られ伸張された一次電弧からの発生ガスが加つて、二次電弧に対し更に強い吹付作用を行ふ。遮断電弧が稍大きい時には発生ガス圧の反撥によつて油圧ピストンは運動を停止し、自動的に余分な圧力の発生を防止する。それより更に電流が大きい場合には上部の安全弁が開いて過剰圧力を放出し、二次電弧に過度の吹付が行われぬ。

一次電弧からの油圧は二次電弧を数個に区分し、電弧の周りに軸流を与え発生ガスを遅滞なく取去つて強い冷却作用を与えるようになつており、電弧を徒らに伸張することなく極めて短時間に消弧する方式である。一次と二次電弧室の間には十分な量の絶縁油が保有されているので、大容量遮断の場合にも消弧吹付には全く支障がない。遮断後の残存ガスは制弧室上部のガス抜バルブから排出される。

送電線の充電流遮断の場合は油圧ピストンの作用により、一次及び二次両遮断点の絶縁耐力を上げ再点弧を防止する。

以上新型遮断部の構造及び作用を簡単に述べた。本遮断部の構成は定格 161 kV 制弧遮断器のそれと略同様で、又部品の形状も殆ど同じであるから定格電圧に対しては十分の遮断能力を有するものである。さらに本器は定格遮断容量 4,000 MVA (定格遮断電流 30,000 A) という大容量遮断能力を保持し遮断時の電弧勢力を出来るだけ少くするため、次の様な特殊な考慮が払われている。

(1) 遮断時の油槽内発生圧力は遮断現象と密接な關係がある。遮断時に噴油口からのガスの噴出による背圧を少くすることは遡つて、制弧室内圧を減少し、少い電弧勢力で遮断することが出来る。本器は前述の様に下向遮断方式であるから、噴油口の油高が低く、それだけ油の反動による背圧が少くなる利点があるが、更に碍管及びその内側の保護絶縁筒の断面積を遮断容量 1,500 MVA の遮断器のそれの約 2 倍にして安全率を高めている。

(2) 一次電弧による制弧室内圧は、二次電弧が遮断に適当な長さに達した時に必要な値になればよい。本器では実験室に於ける多数の遮断試験の結果、大電流遮断の場合にこの關係が満足するよう、一次電弧の発弧を二次

電弧より約 0.3 秒遅らせて、二次電弧が必要な遮断距離に達する前に徒に電弧を攪乱して過剰電弧勢力を発生させないようにしている。

(3) 一次電弧室の噴油口は普通型に較べて十分広くなり、一次電弧室の圧力が過大に上昇し従つて余分な電弧勢力が発生することを抑えている。

(4) 二次電弧の発生ガスは直接制弧室外に吹き出されるが、その噴出抵抗を下げ大電流遮断時の制弧室内圧を下げるため、これ亦噴油口の幅を普通型に較べて広くしてある。

以上の方法によつて定格遮断容量を完全に保持するようになつてはいるが、その結果小電流遮断時には消弧油圧の不足を来し、電弧時間が若干延びる結果となつた。然しその場合に於ても旧型制弧遮断器に較べて、平均電弧時間が約 30% 短くなつている。

[III] 一 般 構 造

本器全体の構造は第 4 図に示す通りである。上部に前述の遮断部が載り、その下の絶縁台は碍子の枠組であるのが普通であるが、本器は特に大電流遮断時の衝撃に耐えるため一本の太い碍管を用い変流器を内蔵した。遮断器の開閉運動は操作器から水平操作桿を経て操作碍管に伝えられ、油密パッキングを経て中間機構の直線運動に連なる。

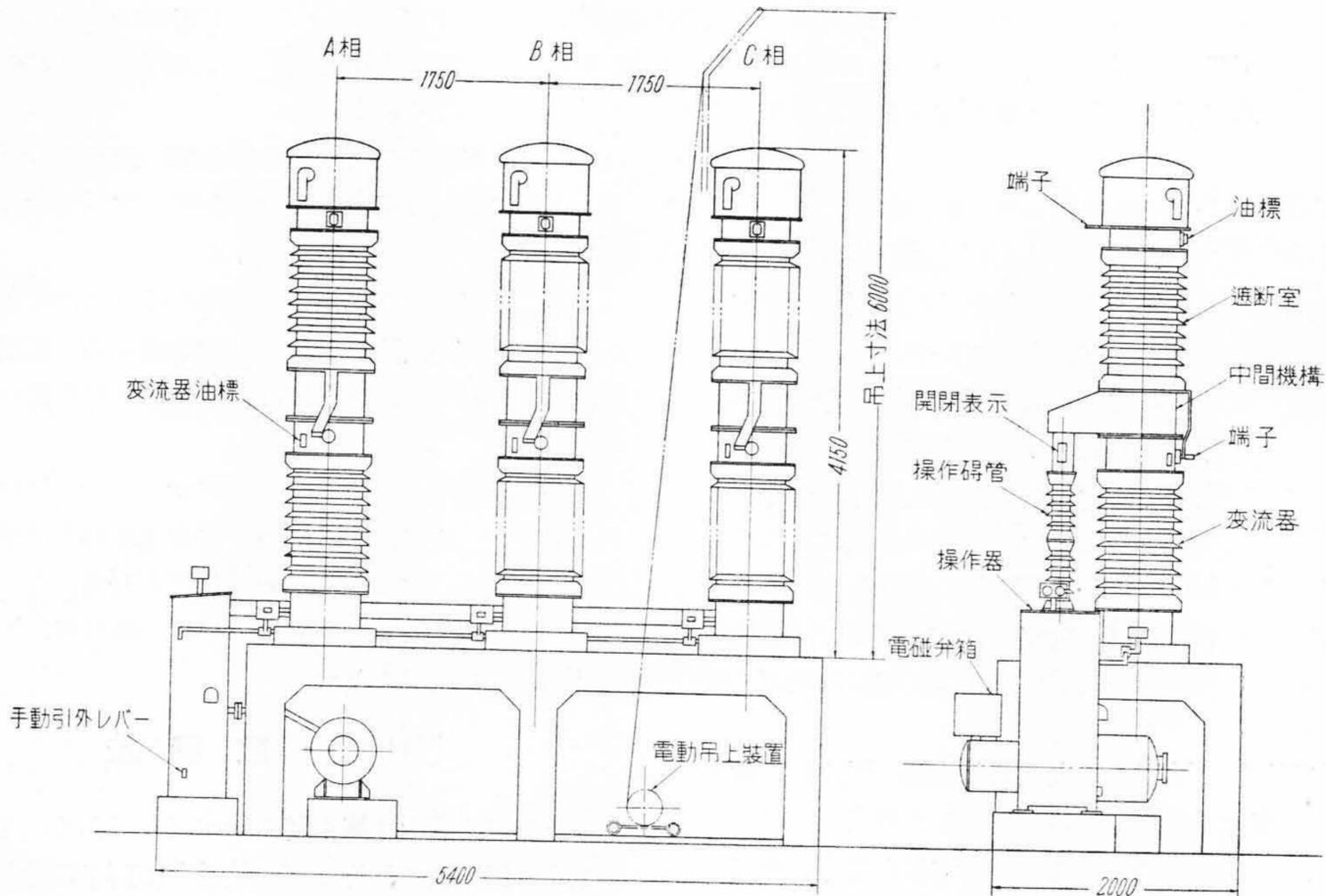
操作碍管は従来の頭部から開閉操作する場合に較べて半減しており、構造及び取扱は極めて簡単になつている。

中間機構ケース中にはメンレバー、クロスヘッド等直線運動に必要な最少限のメンバーがあるのみで、速切バネ、調整ロッド等は油密パッキングの外側についている。従つて操作碍管の回転運動を中間軸の回転に変え、又遮断速度及び投入位置の加減をする場所等は全て油の外部にあつて、カバーを外せば簡単に調整出来るようになつている。油密パッキングは工場に於ける数千回の試験の結果十分満足な結果を示している。

圧縮空気操作器は堅型となり取付面を主体の基礎水平面より低くしたので、通電時にも安心して操作器に近づいて点検することが出来るようになった。その内部機構も更に簡潔に改良された。

遮断器の据付に当つては先ず変流器部分の水平及び心出しをして基礎を固定する。その後遮断部を載せ、操作碍管を取付けて各リンクを接続する。遮断部は工場にて調整後油を充填して送るので普通の場合には開く必要がない。

遮断部の内部点検には頭部カバーを開けて制弧室を取外し地面に下す一回の操作でよい。これを従来の頭部カバー及び頭部機構を取外してから制弧室の点検を行う三



第 4 図 80.5 kV 4,000 MVA 制 弧 遮 断 器 構 造 図

Fig. 4. Construction Diagram of 80.5 kV 4,000 MVA Contrarc Circuit Breaker

重の操作に較べれば著しく簡易化された。又取外し部分は制弧室のみで軽量であるから操作は極めて容易である。吊上げ及び吊下しには電動駆動式吊上装置を使用する。第 5 図は制弧室を吊上げている写真である。制弧室の取外しに油を抜く必要はない。保護絶縁筒を点検する場合には同様に上方から抜き出す。

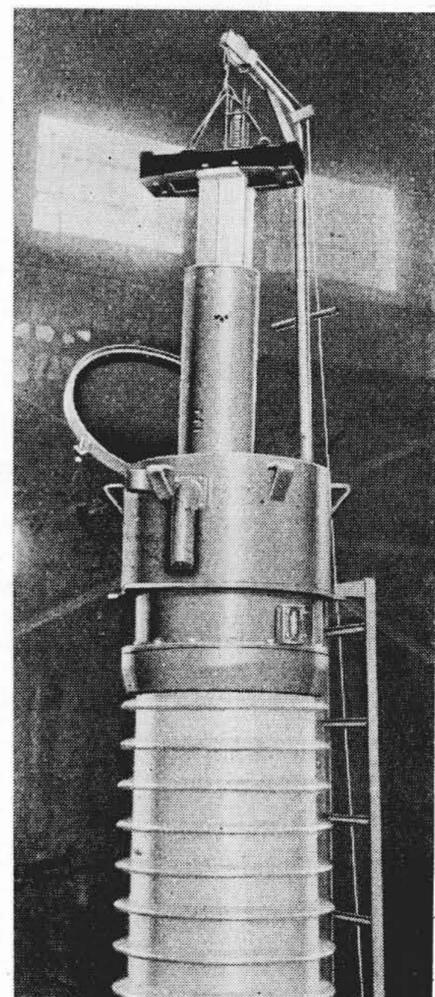
可動接触子は先端が耐弧メタルに包まれているので、固定側に較べて焼損は数十分の一の程度で点検の必要度は遙に少い。二次可動接触子は中間機構ケースのハンドホールから簡単に取外して点検することが出来る。尙制弧室点検の際一次可動接触子を見れば二次可動接触子の状態が容易に類推出来る利点がある。

制弧室の分解には先ず上部ブラケットと制弧室絶縁筒とのフランジ接続部を外せば、一次電弧室、接続金具(一次可動接触子を含む)及び二次電弧室の順序で各々単一のブロックとして取出される。各電弧室は数枚の絶縁板を絶縁ボルトで仮締めしてあり、更に一枚毎に番号が打つてあるので取扱いは極めて簡単で間違いがない。

[IV] 諸 特 性 試 験

(1) 開 閉 試 験

JEC-57 に規定される連続 500 回の寿命試験の結果、何等故障なく長期間の使用に耐え得ることが証明された。又定格投入圧力の 75~110%、及び定格引外電圧の



第 5 図 制 弧 室 を 吊 上 げ た 状 態

Fig. 5. Explosion Chamber Lifted, Showing Ease of Disassembly and Inspection of Contacts

60~125% の範囲で何等支障なく開閉し得た。投入時間

は 0.22 秒、開極時間は 0.046 秒であるから、後述の遮性を参照すれば全遮断時間 5 \sim (60 \sim) に十分余裕がある。

(2) 絶縁試験

商用周波絶縁耐力試験に対しては対地及び同相極間 175kV (50 \sim) 1 分間に対して異常なかつた。衝撃電圧試験は対地及び同相端子間 440kV (1.5/40 μ s) に対し異常なかつた。尙同相端子間の 50% 閃絡電圧は 529 kV であるから絶縁階級 70 号を十分満足する。

(3) 温度試験

定格電流 800A 一定通電の結果最高温度上昇 19 $^{\circ}$ C で第 1 表に示す様に十分規程を満足している。

第 1 表 温度上昇試験結果

Table 1. Temperature Rise of the Various Parts of Circuit Breaker

測定部分	温度上昇 ($^{\circ}$ C)	
	800 A一定通電	34,000A 1.1 秒
上部油面	12.5	—
制弧室吊金具	12	4.5
頭部ケース	6	—
一次固定接触子	12.5	5
一次可動接触子	12.5	9
二次固定接触子	6.5	5
上端子	19	9.5
下端子	17	11

(4) 短時間電流試験

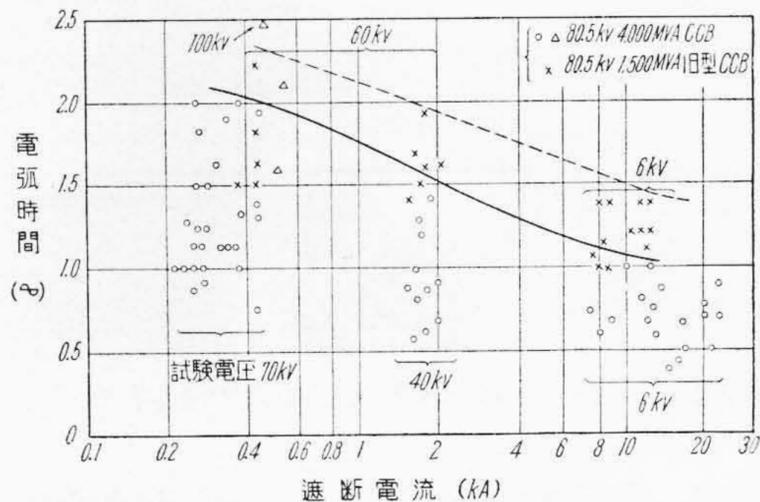
短時間電流試験として 34,000A 1.1 秒 (本器の定格遮断電流 30,000 A) 通電の結果、第 1 表に示すように各部の温度上昇は最高 11 $^{\circ}$ C を超えなかつた。これにより前述の結果を参照すれば 800 A 一定通電中 30,000 A の短絡が発生しても各部の温度上昇は最高 28 $^{\circ}$ C を超えないから遮断器の性能に何等支障をきたさない。

[V] 遮断特性

本器は定格遮断容量 4,000 MVA (定格遮断電流 30,000A) と云う記録的大容量遮断器であるから、短絡遮断試験設備により広範囲に且徹底的に遮断特性の検討を行つた。以下その結果を簡単に述べる。

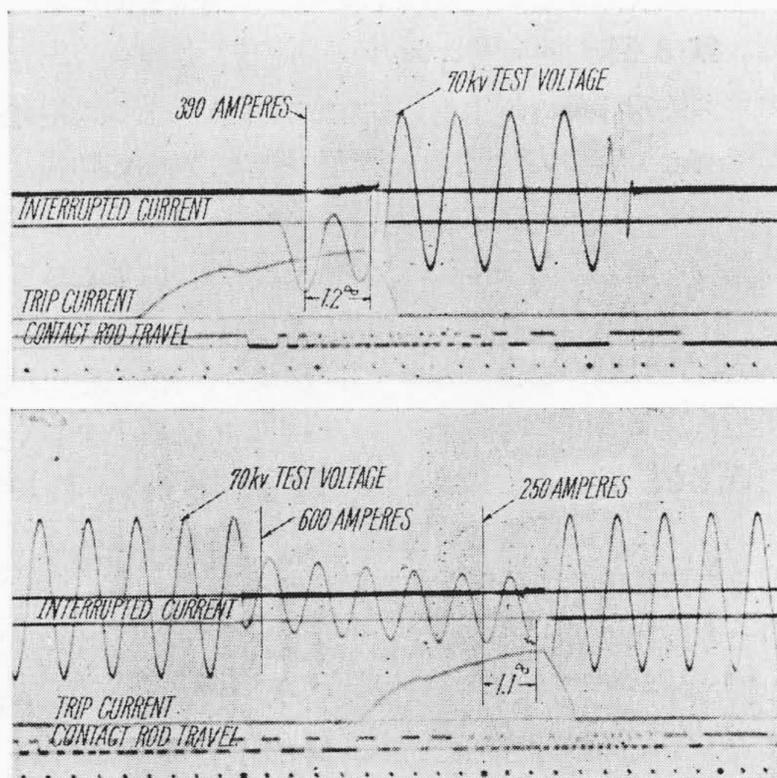
(1) 電弧時間特性

第 6 図は本器の電弧時間特性を示す。第 6 図には参考のために定格 80.5kV 1,500MVA 旧型制弧遮断器の特性も示した。電弧時間は単相試験の場合の定格遮断電圧 70 kV で 0.9 \sim 2.0 \sim の範囲にわたっているが、1 \sim 弧室内圧が多少不足する故と考えられる。第 7 図は 70 kV 約 300 A を遮断した場合のオシログラムを示す。

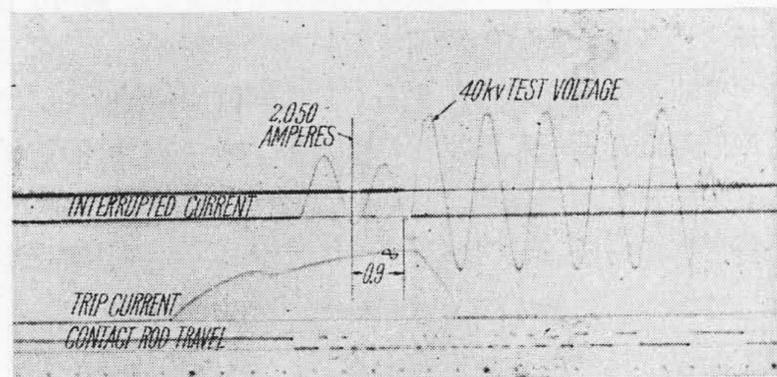


第 6 図 80.5kV 4,000 MVA 制弧遮断器の電弧時間特性

Fig. 6. Arcing Time Characteristics 80.5 kV 4,000 MVA Contrarc Circuit Breaker

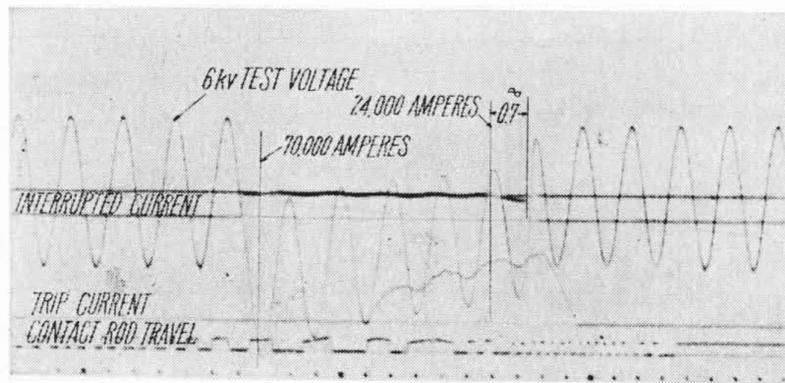


第 7 図 70kV “O” 及び “CO” 試験オシログラム
Fig. 7. Oscillogram of “Open” and “Close-Open” Tests at 70 kV



第 8 図 40 kV に於ける等価試験オシログラム
Fig. 8. Oscillogram of Equivalent Interrupting Test at 40 kV

程度のものが最も多く、長い不整値のものは前述の様に本器が大容量遮断を目的とするため、小電流遮断時に制遮断電圧 40kV の場合は回路の固有周波数が 70 kV の



第 9 図 3 相 3,350 MVA 相当の大電流等価試験オシログラム

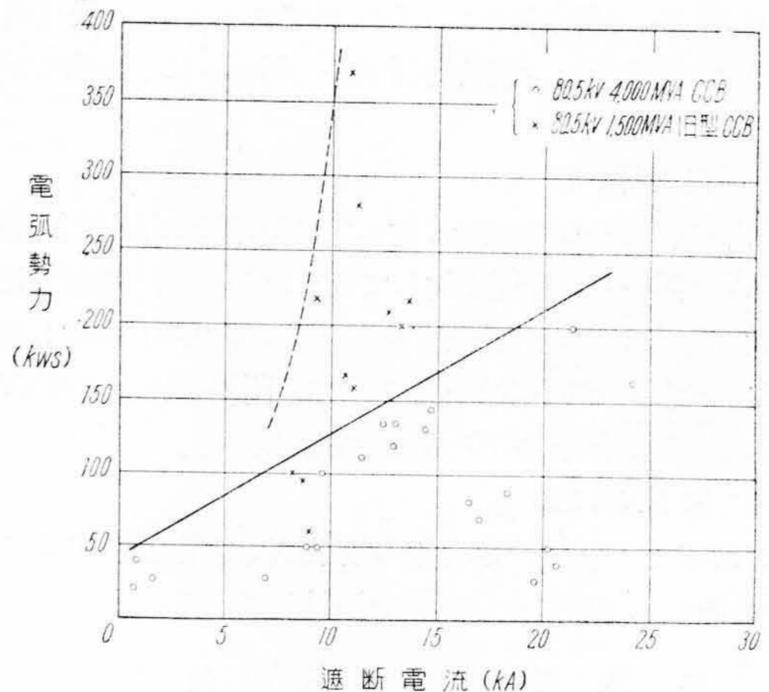
Fig. 9. Oscillogram of Heavy Current Equivalent Interrupting Test Corresponding to 3,350 MVA Three Phase at the Rated Voltage of 80.5 kV

それに較べて 2 倍以上になつているので、再起電圧の上昇率が高く遮断の苛酷度は 70 kV の場合と同程度である。第 8 図は 40kV 2,050 A を遮断した場合のオシログラムである。以上の試験から数千 A 以上の大電流遮断に対しては自力効果が十分効果的になり電弧時間は 1 乃至それ以下に収斂するものと考えられる。但し上述の範囲に於ても旧型に較べて著しく特性が改善されているのは図にみられる通りである。

大電流試験の場合は pre-trip により、発電機の短絡時から遮断までの時間を著しく短くして直流分を多く含む電流を遮断し、それによつて電弧時間を故意に延長する機会を作り、定格電圧遮断の場合の電弧時間に近くしてその遮断現象を検討した。故に電弧時間が 1 程度の場合の試験の遮断状態が定格電圧遮断の場合の参考となる。この低圧大電流遮断試験に於ても旧型に較べて電弧時間が格段に短縮されている。第 9 図は 6kV 24,000 A を遮断した場合のオシログラムを示す。

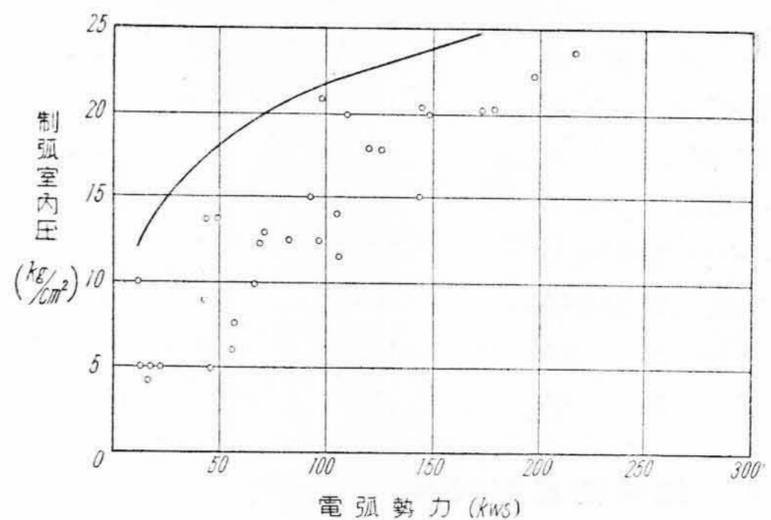
第 10 図は大電流試験によつて得た電弧勢力特性を示す。已に述べたように本器は大容量遮断器として特性の考慮が払われているので電弧勢力は非常に少い。第 10 図に示すように大電流の範囲で電弧時間が同程度なら電弧勢力は略遮断電流に比例する。故に同図の特性からみても定格定量を遮断した場合の電弧勢力も約 350 kW/sec 程度であると考えられ、旧型制弧遮断器に較べて著しく改善されている。又旧型遮断器に較べれば内部容積は倍増しているので短時間の電弧勢力の放出に対してもこの程度ならば異常なく遮断出来る。

制弧室内圧は大電流を遮断した場合余剰圧力が安全弁により適当に排出されるので、電流の大きい範囲では電流に対する内圧増加率は緩かである。第 11 図は制弧室内圧特性を示す。遮断電流 20,000A 電弧時間 1 秒の場合、制弧室の最高圧力は約 25kg/cm² である。制弧筒及び保護筒等は内圧強度約 70kg/cm² に設計されているの



第 10 図 80.5 kV 4,000 MVA 制弧遮断器の電弧勢力特性

Fig. 10. Characteristics of Arc Energy of 80.5kV 4,000 MVA Contrarc Circuit Breaker



第 11 図 80.5 kV 4,000 MVA 制弧遮断器の制弧室内圧特性

Fig. 11. Characteristics of Chamber Pressure of 80.5kV 4,000MVA Contrarc Circuit Breaker

で、定格 30,000 A を遮断した場合も機械的に何等問題ないものと考えられる。

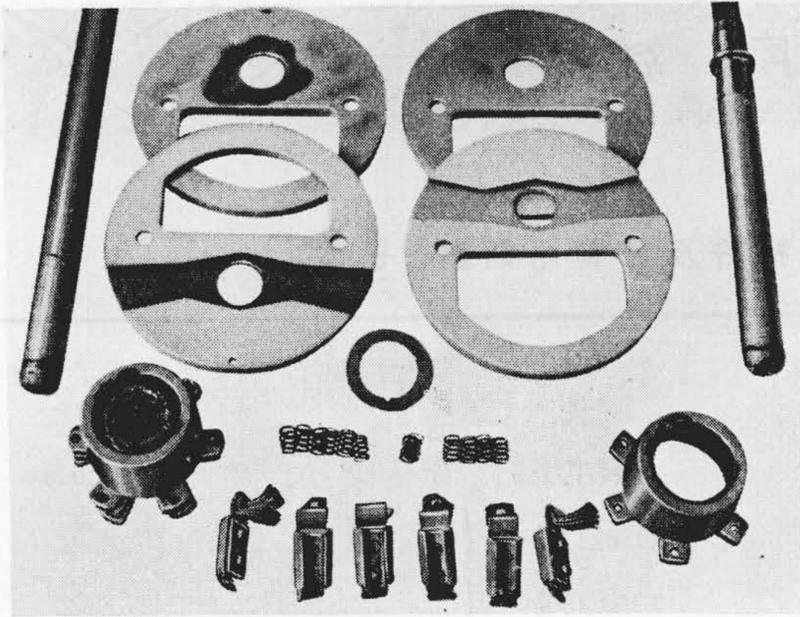
第 12 図は 6kV 5,000 A 及び 20,000 A をそれぞれ 3 回遮断した後の固定、可動接触子及び二次電弧室の隔壁を示す。焼損の程度は更に続けて通電使用に全然支障のない程度であつた。

(2) 過電圧試験

制弧室の遮断能力を更に調査するため、定格電圧より高い遮断電圧に於て試験した。定格 115kV に対する单相試験電圧 100 kV の過電圧試験の結果第 6 図に示すように電弧時間は多少延びる傾向にあるが、定格 115kV に於ても十分の遮断能力を有していることを示している。

(3) 充電々流遮断特性

本器は充電々流遮断の場合再点弧一回以下とゆう仕様



第 12 図 大電流試験後の各接触子と隔壁の状態
Fig. 12. Contacts and Grids of the 80.5kV 4,000 MVA Contrarc Circuit Breaker after Interrupting Heavy Fault Current

である。充電々流を再点弧なしに遮断するためには遮断後の絶縁耐力の回復速度を出来る限り増加させることが必要である。本器の制弧室は充電々流に対しては一次遮断点も二次遮断点と同様に遮断に寄与するから絶縁耐力の回復速度は一点遮断の場合の二倍となる。且小電流遮断用の油圧ピストンによる油流が遮断後一次及び二次遮断点に有効に新鮮な油を補給するので絶縁特性は旧型に較べて著しく改善されている。

本器と全く同型の試作遮断器によつて試験した結果十分仕様を満足することが解つた。参考として試験結果を示すと第2表の如くである。但し同表の試験では遮断速度は本器より約15%速い。第2表をみると試験電圧90kV(三相154kV相当)迄殆ど無再点弧である。故に遮断速度が15%減じた場合絶縁耐力の回復度も同様に15%減ずるものと考えても、約75kV迄は殆ど無再点弧に遮断し得る。然るに本器の充電々流遮断の单相試験電

第 2 表 新型制弧遮断器の充電々流遮断特性
Table 2 Charging Current Interrupting Characteristics of the New Contrarc Circuit Breaker

試験番号	試験電圧 (kV)	試験電流 (A)	電弧時間 (s)	再点弧回数	異常電圧の倍数
1	80 (3 相 138 kV 相 当)	3.4	0.3	0	1.0
2			—	0	1.0
3	90 (3 相 154 kV 相 当)	3.8	—	0	1.0
4			0.2	0	1.0
5			0.2	1	1.3
6			0.2	1	—
7			0.4	0	1.0
8			0.1	1	1.5

圧は47kVであるから十分の余裕を以て仕様を満足するものと考えられる。尚本試験の電流値は試験設備の関係上非常に小さいので、実際の場合には一層有利な条件と考えられる。

[VI] 結 言

以上80.5kV 4,000MVA 新型制弧遮断器の構造と工場試験の概要を報告した。本器は新型遮断部を採用し、80.5kV級の記録的大容量遮断器である点に於て注目すべきものである。

広範囲にわたる工場試験によつて本器が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実証されたが更に現地に於ける短絡遮断試験により工場遮断試験の結果を検証することのみが残された問題である。

終りに旬日に亘つて工場試験に立会われ、終始御熱心に新型遮断器の検討に参加さ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。

蓄 電 池 の 充 電

日立製作所 若林圭次郎 著
多賀工場

A 列 5 判 34 頁 定価 30 円 7 8 円

東京都品川区 日立評論社 発行
大井坂下町 2717

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1)

区 分	登録番号	名 称	工 場 名	発 明 考 案 者	登録年月日
特 許	194844	カーボンパイル抵抗装置	多賀工場	倉 岡 勇	27.6.18
"	194845	珪素銅触媒処理方法	日立工場	{高橋 治 男	"
"	194846	個別呼出電話機方式	戸塚工場	{茂田 喜平 太郎	"
"	194847	交換機に於ける電流供給方式	戸塚工場	{江森 喜平 太郎	"
"	194848	送電線故障点指示に於ける測時装置	日立工場	{江森 喜平 太郎	"
"	194849	自動燃焼制御装置	日立工場	星 武 夫	"
"	194850	碍子型遮断器	日立工場	泉 千吉 郎	"
特 許	194851	異常電圧放電器	日立工場	滑 川 清	"
実用新案	393925	継電器用電流線輪	日立工場	{中野義映、桑山正俊、落清	27.6.18
"	393926	ケーブルクレーン斜行警報装置	日立工場	{白土 忠治	27.6.20
"	393927	ケーブルクレーンの斜行指示装置	日立工場	{藤木 勝美	"
"	393928	ケーブルクレーン斜行指示装置	日立工場	楊 元 之	"
"	393929	円筒型多段タービンポンプにおける内筐 拔出装置	日立工場	{豊田隆太郎、楊元之、鈴木隆一	"
"	393930	円筒型多段タービンポンプにおける内筐 拔出装置	亀有工場	原 田 武 司	"
"	393931	シュリーレン写真装置	多賀工場	石 浜 忠 一	"
"	393932	筒型遠心分離機の駆動装置	多賀工場	河 村 三 郎	"
"	393933	接地保護継電器接続装置	日立工場	宮 崎 徳 太 郎	"
"	393934	深井戸ポンプにおけるポンプ軸用ネジ接 手	亀有工場	木 暮 健 三 郎	"
"	393935	シュリーレン写真装置	多賀工場	黒 羽 逸 平	"
"	393936	深井戸ポンプにおけるポンプ軸保護管の 水密装置	亀有工場	木 暮 健 三 郎	"
"	393937	内燃機関始動用電磁開閉器	多賀工場	{飯島 登武	"
"	393938	巻上機用精密深度計	亀有工場	{大久保 登武	"
"	393939	洗濯兼脱水機の運転切換装置	亀戸工場	藤 田 彦 四	"
"	393940	電気車制御装置	日立工場	{石原 定男	"
"	393941	洗濯機の駆動装置	日立工場	{平田 利英	"
"	393942	洗濯兼脱水機	日立工場	竹 村 伸 一	"
"	393943	製粉機	亀戸工場	石 原 定 男	"
"	393944	遠心分離機	亀戸工場	石 原 定 男	"
"	393945	エレベータドアスイッチ操作装置	多賀工場	和 田 正 脩	"
実用新案	393945	エレベータ扉スイッチ作動装置	多賀工場	川 崎 光 彦	"
			日立工場	滑 川 清	"
			多賀工場	神 峰 次 郎	27.6.20