

161 kV 抵抗遮断式膨脹遮断器

技術部器具課 西 條 喜 一

161 kV Resistance Switching Type Expansion Circuit Breaker

By Kiichi Saijo

(Apparatus Div., Eng'g Dep't)

Synopsis

161 kV Expansion Circuit Breaker which is developed at the chance of construction of ultra high voltage Shin Hokuriku Main Transmission Line is the first resistance switching type low oil content circuit breaker in Japan, and its scheme exists in that the breaker can switch off the circuit in high speed in range within the rated rupturing capacity.

Advantages of resistance switching type consist of suppressing the abnormal voltage rise at the stand point of system and we are able to do more economical design of the breaker proper compared with that of the conventional breaking method for same performance.

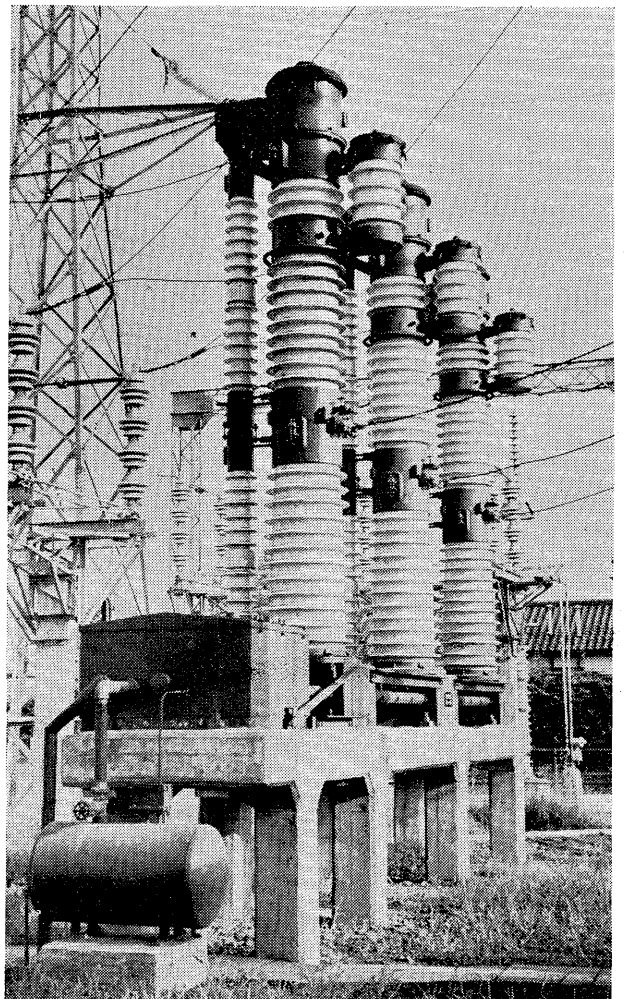
Up to the present we manufactured to deliver 8 sets for 5 cycle-break and 4 sets for 3 cycle-break and we can expect good results in future.

I. 緒 言

161 kV 抵抗遮断式膨脹遮断器は、超高圧新北陸幹線の建設と共に新型遮断器として開発されたものであるが、これが製作開始以来既に1年余を経過し、抵抗遮断方式に対する認識もこの所ようやく深まり、またこれに関する文献も種々発表されているので、こゝで改めて本遮断器に抵抗遮断方式を採用した目的ないし効果について述べてみる。

先ず抵抗遮断方式を採用した主なる目的は、定格遮断容量までの全域にわたる一定値以下の短い電弧時間をもって故障を除去することである。これがためには故障電流をできるだけ早く抵抗に移行させることが必要であるが、これに対しては抵抗値と抵抗部分の消弧力の適当なる組合せが必要である。すなわち並列抵抗値が大に過ぎれば故障電流は移行し難くなり、小に過ぎれば抵抗の熱容量が問題となる。本遮断器ではこの二者の組合せをこれまでの実地試験の結果から決定した。

次に抵抗遮断方式は回路条件を改善して遮断するから発生する異常電圧で小さくなる。特に中性点接地方式が



第1図 161 kV ECB 型式 RF 651/140/800 D
東京電力 KK 殿和田堀変電所納入

Fig. 1. 161 kV ECB Type RF 651/140/800 D
delivered to Wadabori Substation,
Tokyo Electric Power Co.

普通の遮断方式では異常電圧の発生に影響する所を、抵抗遮断方式でその影響を抑制する効果をもたせることができる。

以上はシステムの安定度及び絶縁協調に関する抵抗遮断方式の利点であるが、遮断器自体としても要求される同一の性能の遮断器として抵抗遮断方式をとれば、抵抗に電流を移行させるのは遮断するよりもはるかに楽になるので、抵抗に並列なる消弧室の消弧力は小さくて済み、ひいては操作系統の力が少なくて済むので、経済設計が可能になるという利点が生れてくる。

II. 定 格

本遮断器の定格は下記の通りである。

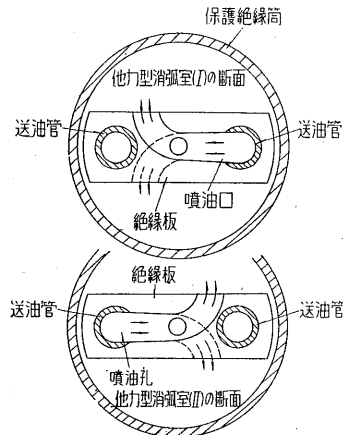
電圧 161 kV, 電流 800 A, 遮断容量 2,500 MVA

全遮断時間; 普通型 5 サイクル, 高速度型 3 サイクル

引外線輪電圧電流 D. C. 100 V, 5.5 A

III. 構 造

本遮断器は当初普通型の 5 サイクル遮断器として開発されたが、最近 3 サイクル遮断器を受注製作した。高速度遮断器では遮断室、操作器及びリンク機構の可動部に使用する材料は軽量かつ強力なることが必要で、また機

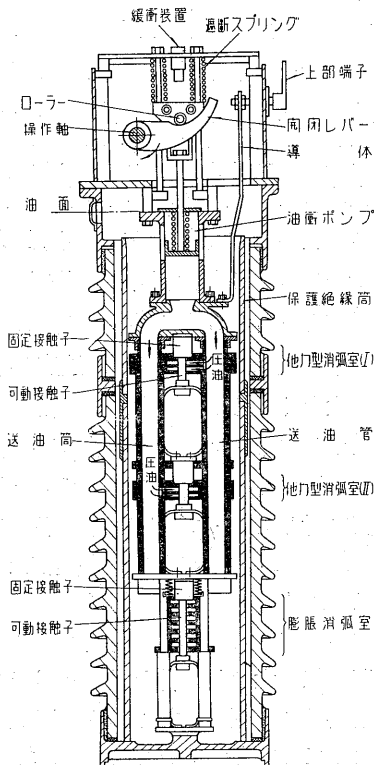


第 2 図 (b) 161 kV ECB 他力型消弧室断面図
Fig. 2. (b) Cross-section of other-powered arc chamber of 161 kV ECB

械工作の精度が普通型に比べて一階級高くなることはいたし方ないが、その構造なり機構なりは簡単で取扱いの便利な、また長期使用に対する確実性を持つようなものでなければならぬ。

a) 遮断室; 遮断室は 2 個の横方向吹付式他力型消弧室と自力型膨脹消弧室から成立っているが、他力型消弧室は第 2 図 (b) に示すように矩形的絶縁板を下方から送油管に順次挿入して形成された簡単なものである。横方向吹付式他力型消弧室の一つには抵抗が並列に取付けられる。横方向吹付式を採用したのは電流を可及的速かに抵抗に移行させるためである。膨脹消弧室については周知のことゝ思うので省略するが、従来の型と違っている所はその長さが短くなっていることである。これは自力型膨脹消弧室だけでは電弧時間の長くなる電流範囲の高速度遮断を他力型消弧室に負担させているためである。

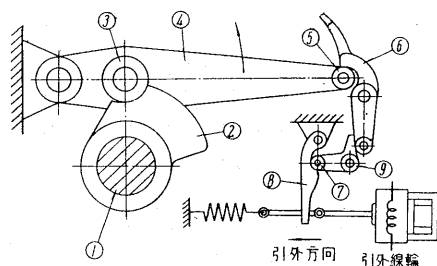
固定、可動両接触子には耐弧メタルを付けてあるが、これは単に接触子の損傷を軽減させるためばかりでなく大電流遮断時に蒸発飛散する銅材の浮遊による遮断性能の低下を防止する目的を兼ねている。膨脹消弧室の固定接触子の上部底には弁を設け、大電流遮断時には室内のガス圧力によって底部孔が閉塞されて室内圧力を上昇せしめ、圧力ガスの断熱膨脹と共に孔が開放して室外の絶縁油の室内への突流を許し、高压ガスの断熱膨脹効果による消弧後の急激なる極間の絶縁回復に対して更にその速度を早くし、かつ確実ならしめる効果を附加する。また常時使用中は孔が開放して接触子附近の油の対流による冷却作用を有効ならしめる効果をも持たせてある。可動接触子は 2 本の絶縁棒の間に渡されたデュラルミン製のブリッジに取付けられ、これが上下運動によって開閉操作が行われる。



第 2 図 (a) 161 kV ECB 消弧室断面図
Fig. 2 (a) Cross-section of arc chamber of 161 kV ECB

b) リンク機構；高速度遮断器のリンク機構としては摩擦の少ない、かつリンクの少ない簡単なものが望ましいので、本遮断器は軸に固定した1本のレバーのみで直接遮断室可動部の直線運動を行わせている。

c) 操作器；操作器の中で構造的に最も重要なことは引外機構の確実なる動作と、調整が簡単にできることである。これがためには構造が簡単で爪の部分の寿命が長くなければならない。本器の高速度引外機構を第3図に示す。



第3図 高速度引外機構（投入状態）
Fig. 3. High speed trip mechanism
(throw-in state)

①は操作器の主軸でこれに②のカムが固定して取付けられ、これを④のレバーに取付けられたローラー③で押えているが、このレバー④は常に矢印の方向に力を受けている。④のレバーに取付けられた⑤のローラーを⑥のレバーで押え、更に⑨を介して⑧のキャッチでこの力を支えている。

引外線輪に電圧が印加されると⑧のキャッチは図の引外方向の力を受け、この引外機構は一挙に引外される。⑦と⑧の掛合の部分すなわち爪の部分は常規投入状態においてローラーと平面の組合せであり、引外される過程においてはローラーと円弧の組合せとなり、常に互に大きな半径をもって接触しているため、耐摩耗性といふ点から見て有利な構造である。すなわちもし平面と平面の組合せであれば常規投入状態では理論的には一つの平面で接触していることになるが、機械加工の精度から正確に面で接触することは困難で、何回かの操作の後互に摩擦して面で接触するようになる以外はない。また引外される過程ではごく小さい半径同志の組合せとなり、その部分の接触圧力は容易に表面の破壊應力に達して摩耗が早くなる。たゞ平面と平面の組合せの利点は引外時間が短くなるということである。すなわちローラーと平面の組合せでは少なくとも⑧のキャッチはローラーの半径以上動かなければ機械的に無負荷にならないのに対し、平面と平面の組合せならば掛合の深さだけ動けば直ちに無負荷になるからである。しかし使用上の安全という見地か

ら安易な方法で性能を追うことをやめ、ローラーと平面の組合せにおける開極時間の不利を次のごとくにして補っている。

すなわち引外電磁石は引外線輪の“極性いかに拘らず”動作する永久磁石を使用し、しかも磁路には特殊合金を使用して引外に要するアンペアターンを極力減らして線輪の時定数を小さくするように考慮してある（時定数は0.1ms以下）。また接極子が離れ始めるまでの時間は、磁路に成層鉄心を使用しているにもかかわらず幾分遅延し、約1msとなる。接極子がごくわずかに離れるとこれを吸引する力は急激に減少し、⑧のキャッチは約3msで⑦のローラーを引外す。

IV. 161kV用、遮断容量 3,500MVA 高速度膨脹遮断器

高圧大容量の高速度遮断を目的とする遮断器では、抵抗遮断方式が系統的にも遮断器自体としても最も有利であると考えられる。系統的には緒言に述べた通りであるが遮断器自体としても例えば3,500MVAの遮断容量を得るには2,500MVAの消弧室に並列に抵抗を取付けばよい。もっともどの型の消弧室に取付けても遮断容量が大きくなるとは言えない。すなわち3,500MVA相当の電流を抵抗に移行させるまでの間に発生するガス量の増加及び過大圧力が消弧作用の上からも、また機械的にも大きな性能の低下を招く型のものでは不可である。

膨脹消弧室は、2,500MVAを遮断した場合と、3,500MVAを遮断した場合とでは、断熱膨脹の際の冷却効果には大きな変化はないが、長い部屋の中に充満した高圧のガスが一つの孔から噴出する時の速度は圧力が高くなるほど大きくなるので（膨脹消弧室の開口調整圧力は一定でも、大電流を遮断する時ほど実際の開口直前の圧力は大になる）、電弧の軸方向のガスの速度が早くなり他力消弧効果が大きくなるので、膨脹時の絶縁耐力の回復は2,500MVA相当のガスを噴出させる場合よりも低下することはない。また膨脹消弧室には弾性をもたせてあるので、内圧に対しては一つの安全弁の形をとっている。機械的に問題になる点はない。問題は2,500MVAと3,500MVA相当の回路の固有振動周波数に差を生じてくることであって、このことは消弧方式によって差異はあるが遮断性能に大きな影響を與える要素である。つまり電流遮断瞬時に極間に印加される電圧の立上りの峻度がこれによって左右されるからである。極間の絶縁回復速度がこの峻度より小さければ3,500MVAは遮断できない。ところでこの膨脹消弧室に適当なる値の抵抗を接続すれば電流の抵抗への移行瞬時に極間に印加される

電圧の峻度はいかようにも制御できる。例えば抵抗値を波動インピーダンスの $1/2$ 以下に選べば、いかなる回路条件に対しても極間電圧を非振動的にすることができるので、その峻度はきわめて小さいものになる。また普通の遮断方式の場合のように極間電圧の行過ぎ振動がないのでその波動値も低くなる。このような条件下では 3,500 MVA 相当の電流を 2,500 MVA の膨脹消弧室をもって抵抗に移行させることは容易である。

残留電流（抵抗に移行した電流）遮断は、電流値も小さいし、力率もよくなっているので小さい消弧力があ

れば遮断できる。

また膨脹消弧室のもう一つの特長として、断熱膨脹を行うまでの電弧時間が 5,000A 以上では抵抗遮断方式を探ると探らないにかかわらず、ほぼ一定であるということである。何となれば、これによって残留電流遮断時の current chopping を起さないような他力消弧室の油圧を、消弧室内のスプリングの力で加減できるからである。5,000A 以下では電流が抵抗に移行する前に、2 箇の横方向吹付式他力型消弧室によって短時間に遮断される。遮断室及び操作器の構造は 2,500 MVA とほぼ同じである。

(終)

スウェーデンの避雷器について

[CIGRE, 1952 No. 330. P. 14]

この論文はスウェーデンにおける変電所の変電容量及び各電圧に対する避雷器の設置状況、避雷器の事故について述べ、変圧器中性点の避雷器が屢々放電することを指摘している。但し中性点用避雷器の公称電圧は架空線の場合の 65 % となっている。

次に架空地線や鉄塔に於て測定されるような衝撃大電流は根本的に避雷器には印加出来ないことを述べ、磁鋼片及び自動除極線オシログラフによる測定の結果、避雷器は衝撃電流 1kA を 5 年に一度、2.5kA を 20 年に一度、5kA を 50 年に一度、10kA を 900 年に一度の頻度を以て放電しなければならないとしている。又 1kA × 500 μs の長時間継続サージは 1,000 避雷器 × 年に対して一度、之より短い継続時間の衝撃電流 10kA は 900 避雷器 × 年に対して一度だけ期待されるが、前者は後者の電流 10kA より遙かに大きい電流値に相当する。また長時間継続衝撃電流は開閉現象の場合に生ずると述べている。(技術部器具課 西條)

大型水車発電機の構造の進歩

[M.R. David: Bull. Soc. Franc. Electer. Bd. 7 (1951) S. 133; 13 S., 20 B.]

フランスに於て戦後建設された水力発電所は其の数、大きさばかりでなく建造様式の進歩に関しても注目すべきものがある。筆者の M.R. David は特に発電機の設計に際して直面する問題に就き述べている。

即ち、利用度（電気装荷と磁気装荷との積）、容量・寸法・周速間の関係、回転子構造の種類・GD²・時定数間の関係に就いて説き、之に関し実用価値のある数式と曲線を示している。この際に、筆者は理論的に得た電氣的構造的寸法を持ち、固有の GD² を有する磁極対当りの容量を基礎としている。この場合、遠心力を考慮せず、回転子の最高周速として次の如く採っている。

一体の鋼板回転子（高速度回転子）…………… 150 米/秒
成層回転子（打抜き鋼板セグメントを一体にしたもの。主に水車カプランの場合）…………… 130 米/秒

固定子に対しては、今日では 1.3 乃至 1.7 W/kg 以上の損失を有する電気鋼板は最早使用されていないと述べているが、熱膨脹に依る固定子鉄心の破損の対策には触れていない。然し巻線の蔦絶縁に関する各種絶縁材料の得失、及び種々の電圧、温度の下に測定せる材料（シュラック接着のマイカシエル、アスファルト接着のマイカシエル及びコンパウンド含浸のマイカテープ）の損失角 ($\tan \delta$) に就ては詳述している。此の場合、シュラック接着のマイカシエルが最も劣るのである。コンパウンド含浸のマイカテープの脆く硬いという欠点、アメリカに於ける様にフランスでも人造樹脂接着の雲母—ガラステープの使用に向はせたのである。此れは 110°C 以上の温度にあつても、銅導体の熱膨脹に弾性的に追隨し得るものである。

積重ね式の回転子、成層磁極、ダンパー巻線は当然使用されているが、高さの低い傘型構造の経済的利点を示されている。11,000 kVA, 5,700 V, 100 R.P.M. の発電機について言えば、主及び副励磁機はテレスコピック方式が採用されている。この場合に水車の構造は高さを低くすることに充分協力していないと思われる。それは励磁機の上に更に 2.5 米高く速度調整用の給油頭がつくからである。この発電機ではこの部分の省略を試み、給排油部を案内軸受の中間に下げた。また、案内、推力両軸受を一体にし、回転子を非常に短い軸とねじ結合せる巧みな構成方法は注目に値する。(技術部交流機課 吉田)



*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。