

陽 極 遮 断 器

High Speed Anode Air Circuit Breakers

向 山 秀 次*
Hidetsugu Mukôyama

内 容 梗 概

製鉄用あるいは化学工業用直流大容量設備は急激な負荷の変動に耐え、かつ精密な制御を行なうために依然として格子付水銀整流器が広く使用されており、ますます大容量化しつつある。これら整流器の保護用遮断器として従来一般には、交流側には交流遮断器が、直流側には気中遮断器または直流高速度遮断器が用いられていたが、最近逆弧時無停電運転を行なわせるために陽極遮断方式が広く採用され、陽極遮断器の性能向上が要望されるに至っている。

日立製作所では今回 AHD 形高速度陽極遮断器を開発し住友金属工業株式会社に 108 極納入した。

これらの遮断器について開閉試験、引きはずし試験、温度試験、絶縁試験、遮断試験などを行なったがいずれも良好な成績を取めた。さらに他機器との組み合わせ試験も行なったが十分な保護能力があることが確認された。

1. 緒 言

近年、半導体整流器の進出は目ざましいものがあるが、製鉄用あるいは化学工業用の直流大容量設備においては、急激な負荷の変動に耐え、かつ精密な制御を行なうために、依然として格子付水銀整流器が広く使用されている。しかも単器容量、並列台数ともに増大の一途をたどり、その制御もますます高級化しつつある。このため逆弧時においても無停電運転を行なうための陽極遮断方式が広く採用される傾向にある。

従来、水銀整流器の逆弧保護として一般には第 1 図(a)に示すように、整流器用変圧器の一次側に交流遮断器を、整流器直流側に高速度遮断器を設けて、逆弧時には交直両遮断器により保護を行なう方式が多く用いられている。この方式においては、いずれか一つの整流タンクが逆弧すれば必ず交流遮断器および直流高速度遮断器を開放するため、停電しなければならない。

これに対し、陽極遮断器を使用すれば第 1 図(b)に示すように整流器用変圧器二次側と、水銀整流器の陽極との間に各相ごとに単位遮断器が設置され、逆弧時には逆弧極の単位遮断器のみが動作し、交流側および直流側の遮断器の開放を必要としない。このため陽極遮断方式は、無停電運転を可能にするばかりでなく、遮断時間が短く機器に与える熱的、機械的衝撃が少ないなど多くの利点を有しており、大容量直流電源設備の保護に適している。

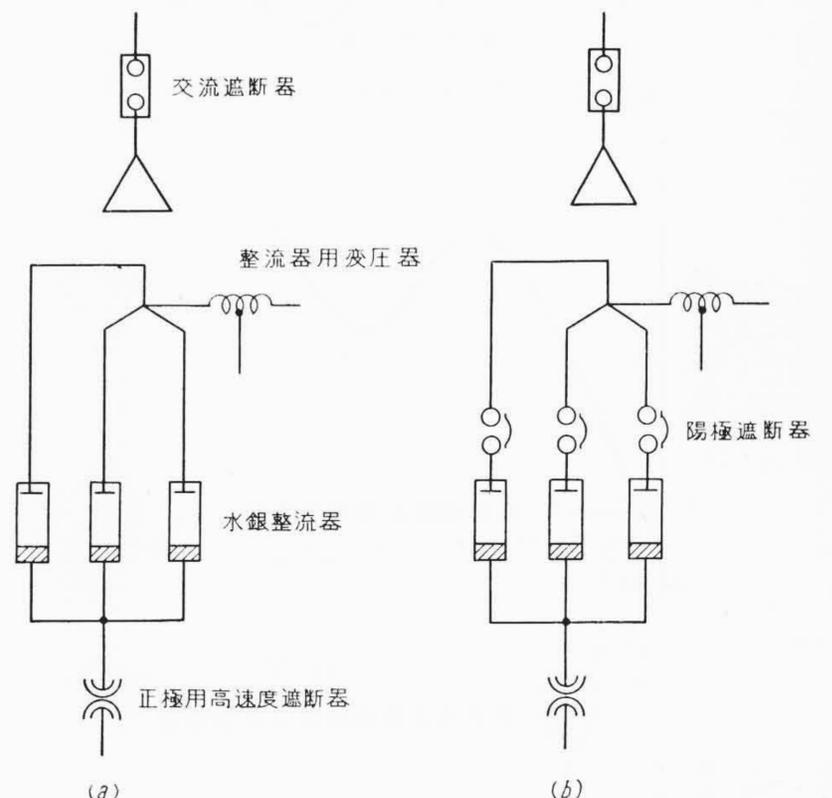
今回 AHD 形高速度陽極遮断器を開発し、開閉試験、自動引きはずし試験、温度試験、短絡試験、機器との組み合わせ試験などの結果、すぐれた性能を有していることが確認された。ここに陽極遮断方式の特長ならびに AHD 形陽極遮断器の構造および試験結果の概要を紹介する。

2. 陽極遮断方式

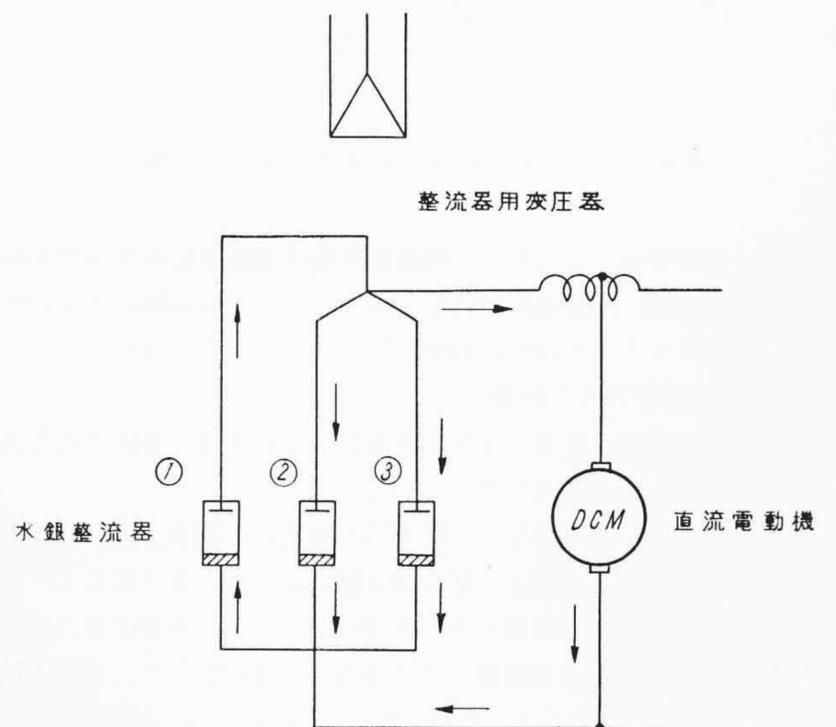
2.1 逆弧電流

第 2 図は一般に用いられている水銀整流器の結線方式である。図に示すように整流タンク①が逆弧すると、整流器用変圧器をアークで短絡することになり、逆弧陽極には非常に大きな交流電流が流れる。また水銀整流器、直流電動機などが並列に設置されている場合は、直流電源をも短絡したと同様の結果となり、直流側からの逆流がこれに重畳し、逆弧陽極電流および回復電圧は第 3 図に示すように、脈動波形となる⁽¹⁾。逆弧電流は逆弧開始後急速に増加し、第 1 波高値に達したのち 1 サイクル付近において第 1 の谷となり、その

後さらに第 2 波高値と増加してゆき、第 1 波高値より大となる。また回復電圧も 1 サイクル付近においては低くなり、これを過ぎると

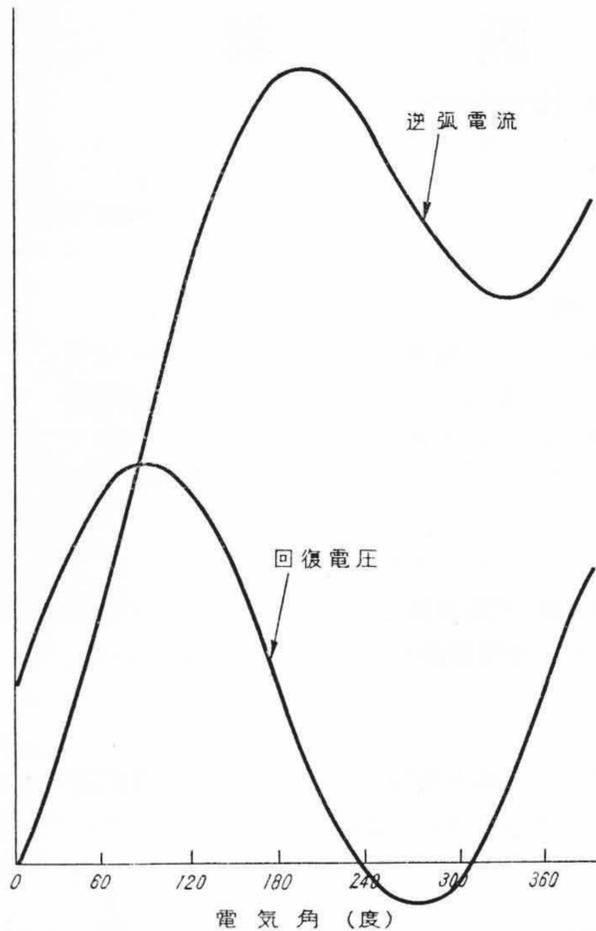


第 1 図 逆 弧 保 護 方 式

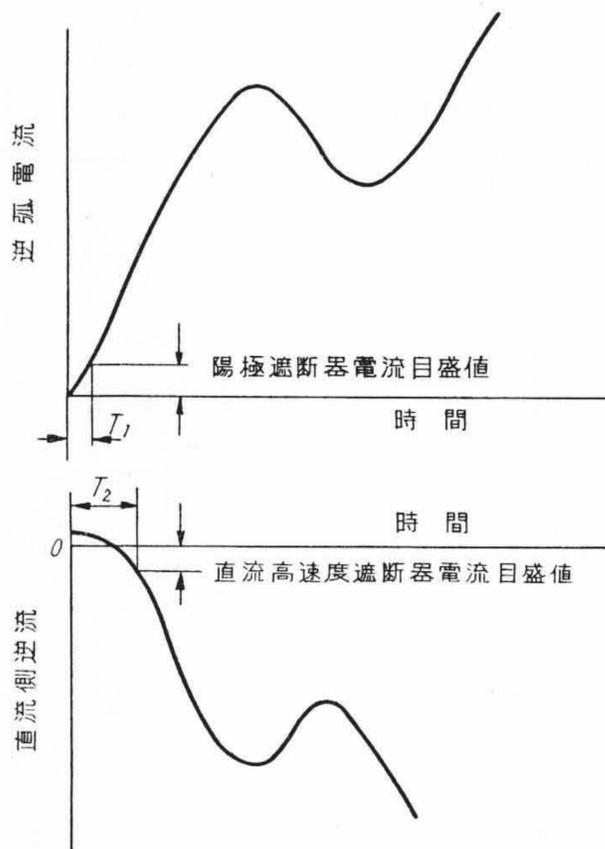


第 2 図 逆 弧 時 の 電 流 の 流 れ

* 日立製作所国分工場



第 3 図 逆弧陽極電流および回復電圧



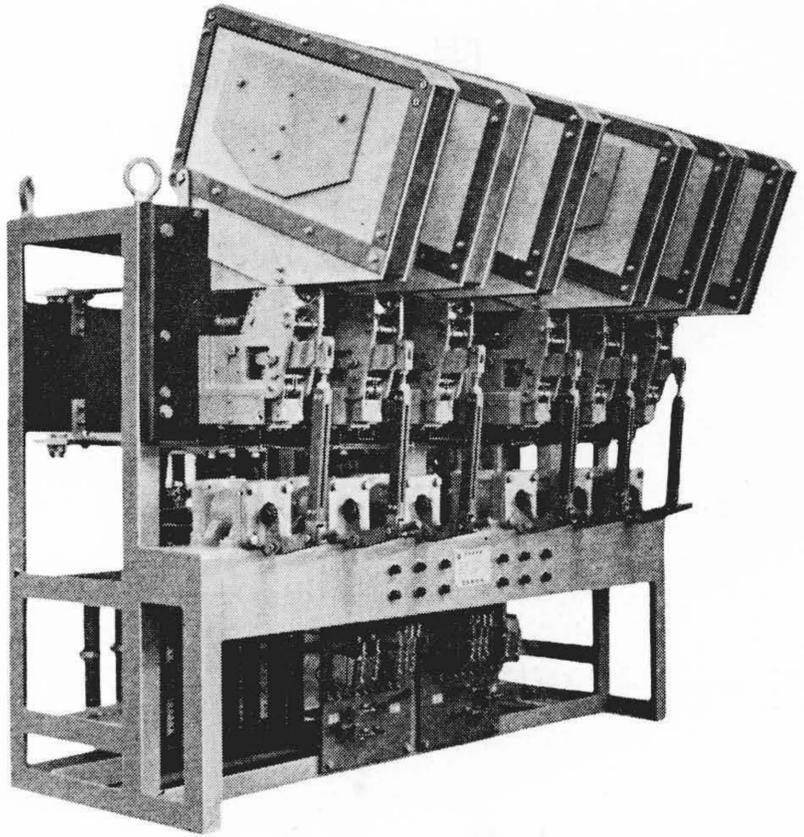
第 4 図 逆弧陽極電流と直流側逆流との比較

ふたたび増加する。したがって陽極遮断器は逆弧開始後すみやかに開離動作を始め、回復電圧が低くふたたび上昇する以前、すなわち逆弧開始後 1 サイクル以内に遮断を完了することが望ましい。

2.2 陽極遮断方式の特長

陽極遮断方式は、従来の交流遮断器および直流遮断器による方式と異なった、種々の特長を有している。

(1) 逆弧時の応動が早い。整流器が逆弧した場合、逆弧陽極電流および直流側逆電流は一般に第 4 図に示されるようになる⁽²⁾。直流側からの電流は常規正方向電流が零となり、逆流が高速度遮断器引きはずし電流目盛値に達するまでの時間 T_2 に、相当の時間を要する。これに反し、陽極回路ではすみやかに逆弧電流が立ち上がり、 T_1 時間後には陽極遮断器の電流目盛値に達する。した



第 5 図 AHD 形 DC 750 V 1,000 A 陽極遮断器

がって陽極遮断器においては電流目盛に達するまでの時間遅れが少なく、すみやかに遮断動作を始めることができる。

(2) 陽極遮断方式は、各極にそれぞれ遮断器が設けられているゆえ、各遮断器に流れる電流値は小さく、遮断器の可動部分を小形軽量にすることができ、動作速度を高めることができる。

(3) 陽極遮断器は高速度に逆弧電流を遮断するので、水銀整流器の過負荷電流による誘発逆弧は少なくなる。

(4) 逆弧極のみを高速度に遮断し、交流側遮断器および直流側遮断器を動作させる必要はなく、健全相で無停電運転を行なうことができる。

(5) 逆弧が生じた場合、逆弧極の遮断器のみが動作するから、どの相に逆弧が発生したか明らかとなり、整流器の保守を容易にすることができる。

3. 構 造

3.1 構造概要

AHD 形陽極遮断器は、一つのわく上に取り付けられた 6 極の単位遮断器から構成されている。各单位遮断器には空気操作器が付属しており、小形に作られた引きはずし機構部の上に、アークシュートが設けられている。制御盤は 3 極ずつの単位遮断器に共通に 2 面設けられており、開路している単位遮断器の空気操作器のみを投入動作させ、他操作器は動作させないような回路構成となっている。

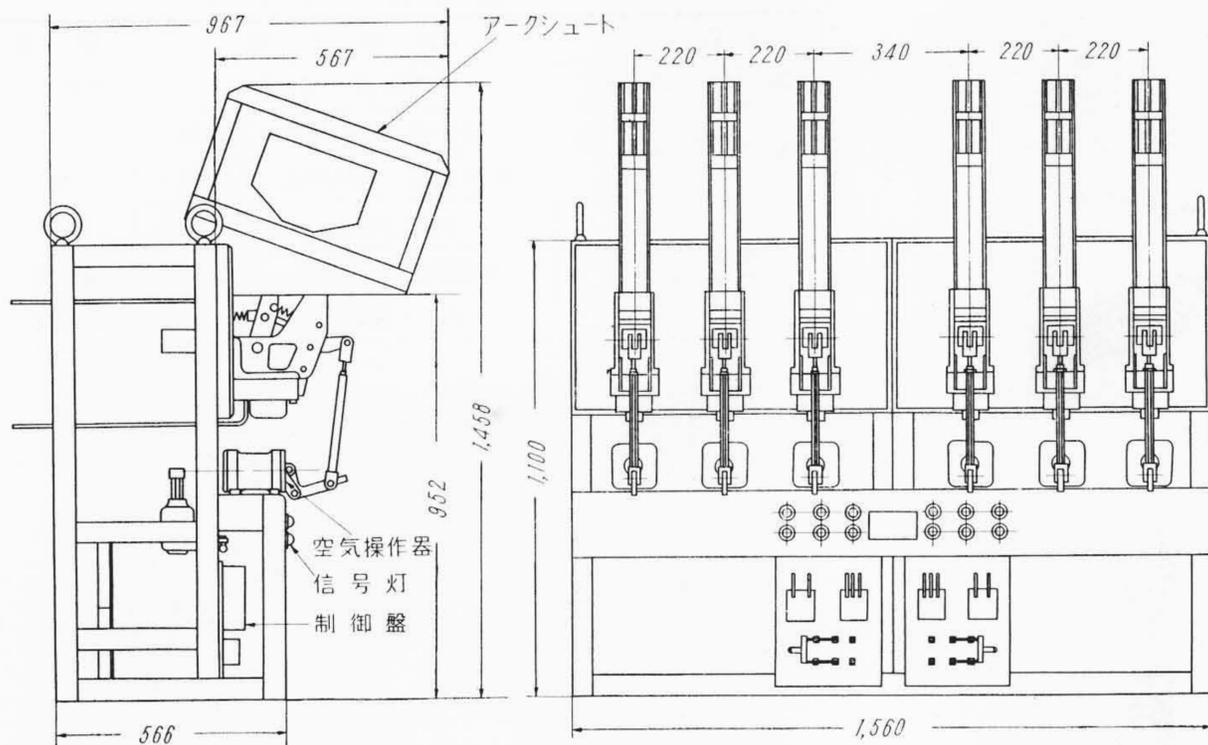
AHD 形陽極遮断器の外観写真を第 5 図に、外形寸法を第 6 図に示す。

AHD 形陽極遮断器のおもな仕様は次のとおりである。

形 式	AHD-GPA
定 格 電 圧	DC 750V
定 格 電 流	1,000A
操 作 電 圧	DC 110V
操 作 圧 力	5 kg/cm ²
遮 断 容 量	40,000A

3.2 保持鉄心

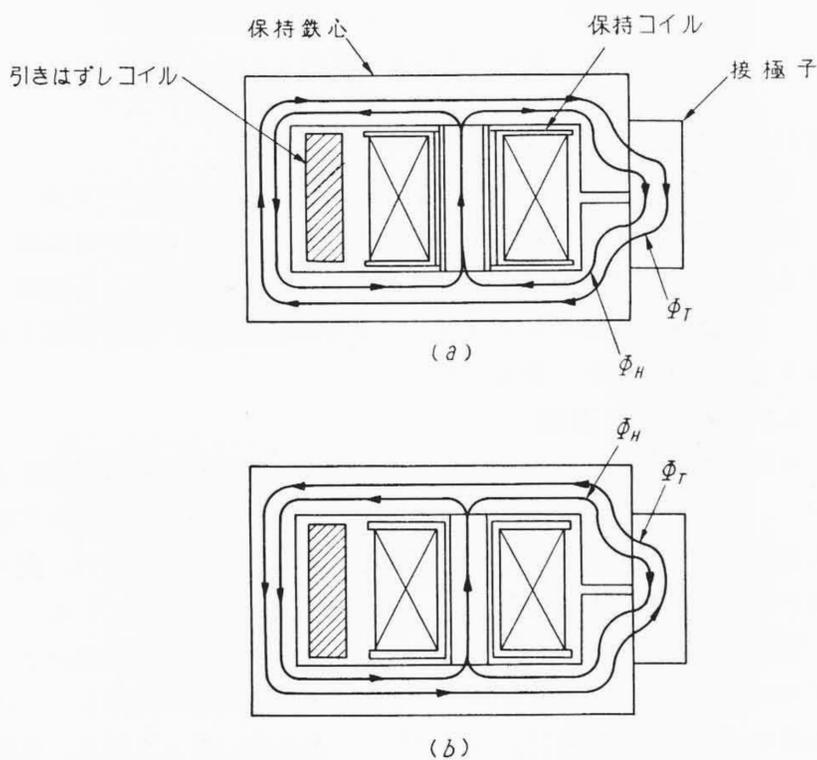
AHD 形陽極遮断器は、保持鉄心にて接極子を吸引し強力な引きはずしバネに抗して可動接触子を閉路状態に保ち、逆流が流れることにより引きはずし構造となっている。第 7 図は保持鉄心の説明図



第6図 AHD形陽極遮断器(DC 750 V 1,000 A)外形寸法図

で図(a)は主回路に常規電流が流れている場合の磁気回路を示し、図(b)は主回路に逆流が流れた場合の磁気回路を示している。

保持コイルは常時励磁されており、これによる保持磁束 Φ_H により、引きはずしバネ力に抗して接極子を保持鉄心面に吸引している。引きはずしコイルは主回路導体の一部分を形成しており、これに常規電流が流れている場合には引きはずし磁束 Φ_T は、保持磁束 Φ_H と加え合わされて接極子をさらに強く保持する力として働くが、整流器が逆弧し、主回路に逆流が流れると、常規電流による磁束方向とちょうど逆となり保持磁束 Φ_H を弱める。このため保持力は引きはずしバネ力より小さくなり急速に運動し、可動接触子が開極して遮断を行なう。



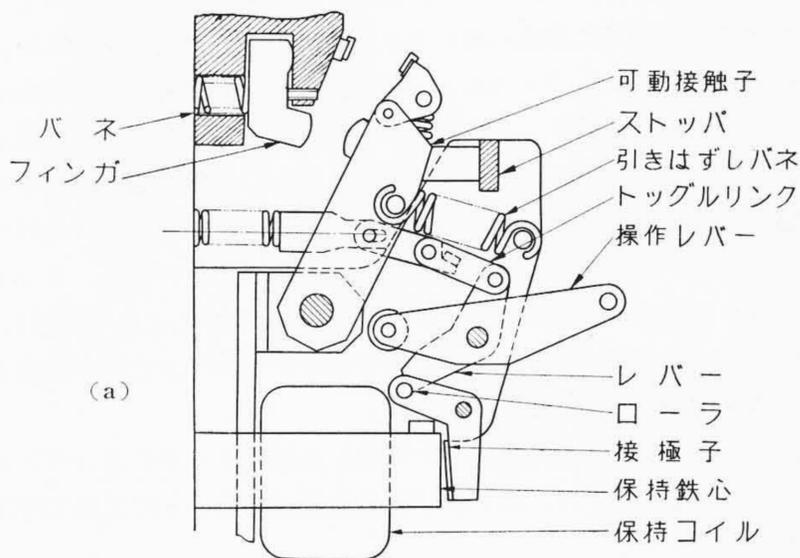
(a) 常規電流が流れている場合の磁気回路
(b) 逆弧電流が流れた場合の磁気回路

第7図 保持鉄心説明図

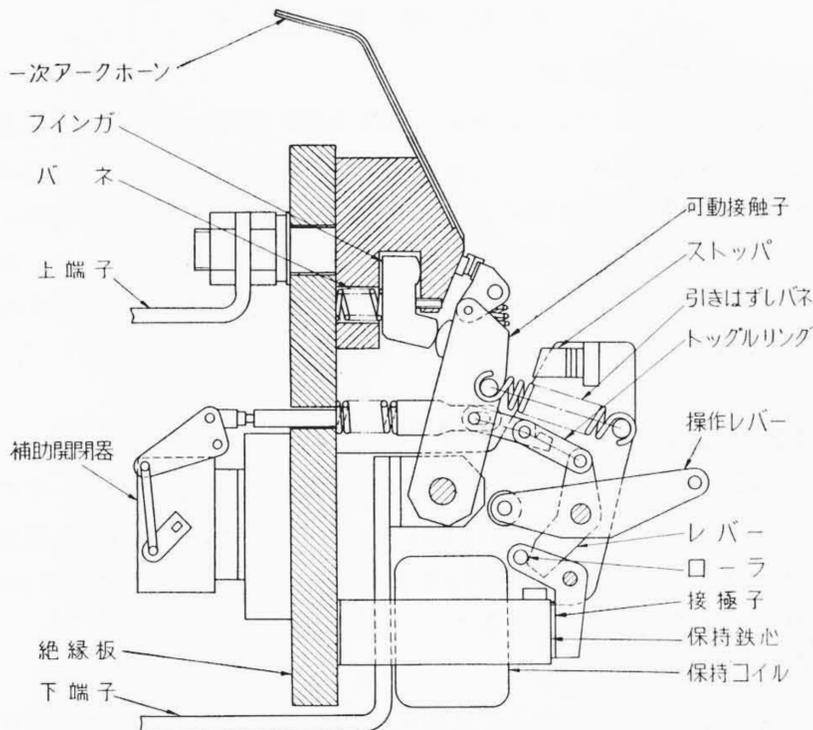
3.3 機 構 部

第8図に示すように、接極子と可動接触子間にフック、レバーおよびトグルリンクなどが設けられている。これら一連の機構は、強力な引きはずしバネ力に抗して可動接触子を閉路状態に保つのに必要とする保持力を縮小し、保持鉄心を小形にすることを可能にするとともにこれによって引きはずし自由機構を形成している。

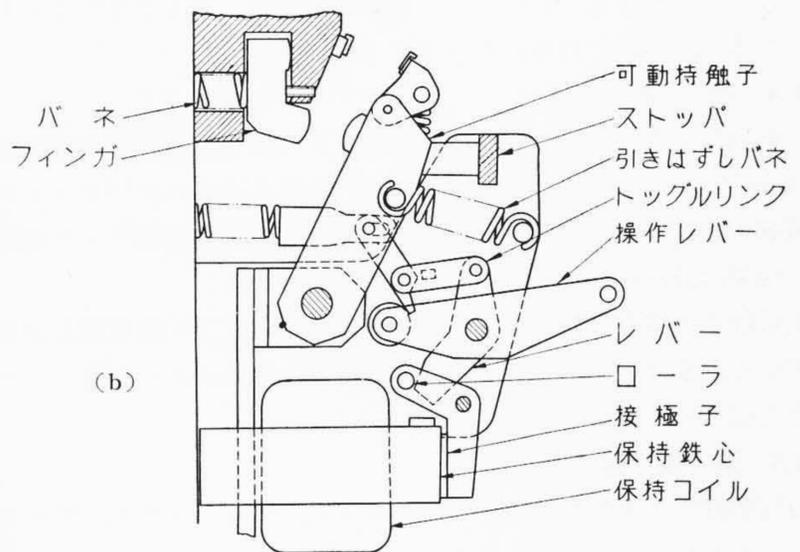
第8図は遮断器の閉路状態で、接極子は保持鉄心面に吸引されて



(a)



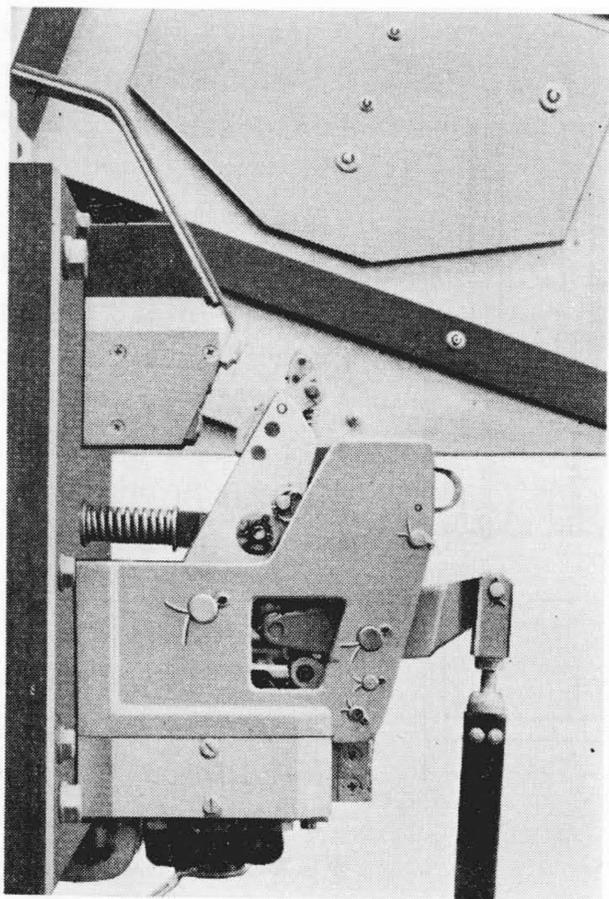
第8図 単位遮断器機構部説明図(閉路状態)



(b)

(a) 接極子引きはずし状態
(b) 接極子復帰状態

第9図 機構部動作説明図



第10図 接触子部分（アークシュートを取はずした状態）

おり、接極子アームの先端に設けられたローラにレバー下端に係合している。レバーの上端と可動接触子はトグルリンクにて結合されており、死点を形成している。

したがって引きはずしバネ力はトグルリンク、レバー、接極子アーム先端のローラと伝えられ、接極子を常に引きはずす力として作用する。主回路に逆流が流れると保持鉄心の保持力は弱められ、接極子は引きはずしバネ力によって急速にピンを中心として回転する。このため接極子アーム先端のローラとレバー下端の係合はずれ、レバーおよび可動接触子がそれぞれ回転して第9図(a)に示す開路状態となる。可動接触子が運動してストッパに当れば、もはや引きはずしバネ力はトグルリンクには伝達されないため、トグルリンクの死点は自重にて解け、レバーはピンを中心として回転し、接極子アーム先端のローラとレバー下端との係合はふたたび形成され、第9図(b)のようになる。

投入は操作レバーを時計方向に回転し先端のローラによってトグルリンクを押し上げ、ふたたび死点を形成することによって行なわれる。

この機構においては、投入操作と無関係に、接極子が引きはずされるとただちにアーム先端のローラとレバーとの係合が解かれ、可動接触子は運動する。したがって故障回路を投入するようなことがあっても遮断器はただちに引きはずされる。

3.4 接触部

接触部は可動接触子および固定接触子から成る。接触子の接触圧力は主接触子においては、固定接触子内に組み込まれているフィンガ後部のバネにより、アーク接触子においては、可動側アーク接触子の後部に設けられたバネにより与えられている。

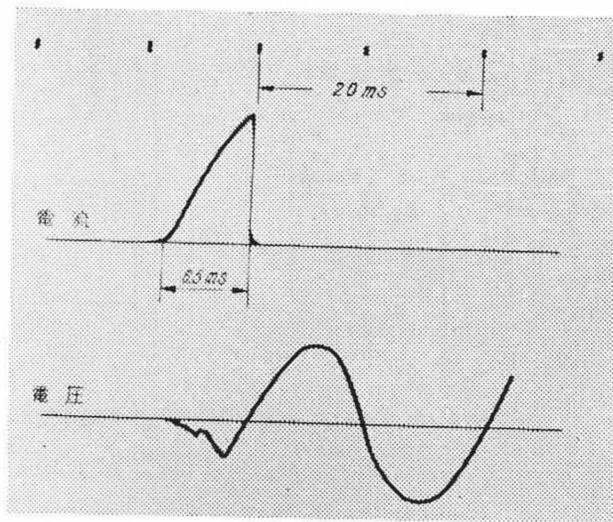
主接触子の接点材料としては銀板が用いられ大きな通電能力を有している。またアーク接触子の接点材料には耐弧メタルを用い、十分なる耐アーク性をもたせている。

3.5 消弧装置

消弧装置は一次および二次アークホーン、吹消しコイル、アークシュートから成る。アークシュートの側板およびアークスプリッタはともに耐アーク性絶縁板からなり、特にアーク接触子付近には特殊な耐アーク性絶縁板が用いられているので、アークによる損耗は

第1表 諸特性試験結果

試験項目	試験仕様	結果
開閉試験	連続開閉 5,000回	異常なし
耐電圧試験	主回路 商用周波 5,400V	良
	操作回路 商用周波 1,500V	良
温度上昇試験 (主接触子)	DC 1,000A 一定通電	23.5℃
	陽極電流 1,000A 一定通電	38℃
	AC 1,000A 一定通電	46.5℃



第11図 交流引きはずし試験オシログラム

きわめて少ない。

アーク接触子から発生したアークは、ただちに一次アークホーンに移り、急速に上方に駆動される。アークがアークシュートに組み込まれている二次アークホーンに達すると、吹消しコイルが励磁され、この磁束によりアークはさらに上方に駆動され、引き伸ばされるとともに冷却されて消弧する。

3.6 投入操作機構

各单位遮断器にはそれぞれ空気操作器および電磁弁が設けられており、おのおの単独に操作しうるようになっている。したがって投入極数により負荷が著しく異なる6極に共通な操作器に比べ、投入時の衝撃が軽減されるとともに、投入速度が一定となっている。

電磁弁を励磁することにより、空気だめの圧縮空気は操作シリンダ内に流入し、ピストンを押す。これにより遮断部の操作レバーは絶縁ロッドを介して時計方向に回転し、遮断器は投入される。遮断器が投入されると電磁弁の励磁はやみ、ピストンはシリンダ内に組み込まれている圧縮バネにより、元の位置にもどる。

4. 試験結果

4.1 諸特性試験

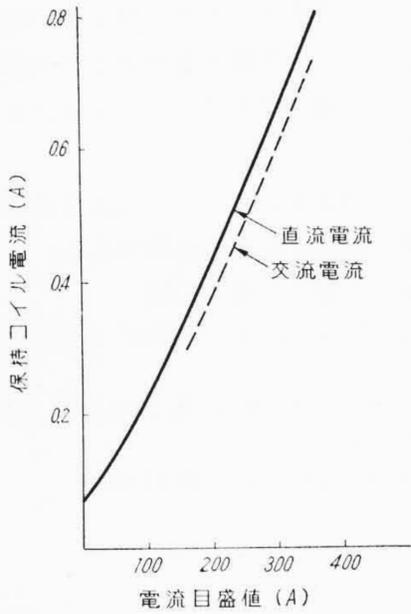
第1表に示すように連続開閉試験は5,000回行なわれたが、各部になんら異常は認められなかった。絶縁試験は主回路に対しては商用周波5,400V、操作回路に対しては1,500V加圧され試験が行なわれたがいずれも十分な絶縁耐力を有していることが確認された。温度上昇試験は直流、交流および陽極電流それぞれについて試験がなされたが、いずれも規格値75℃以下で十分な通電能力を有している。

4.2 引きはずし試験

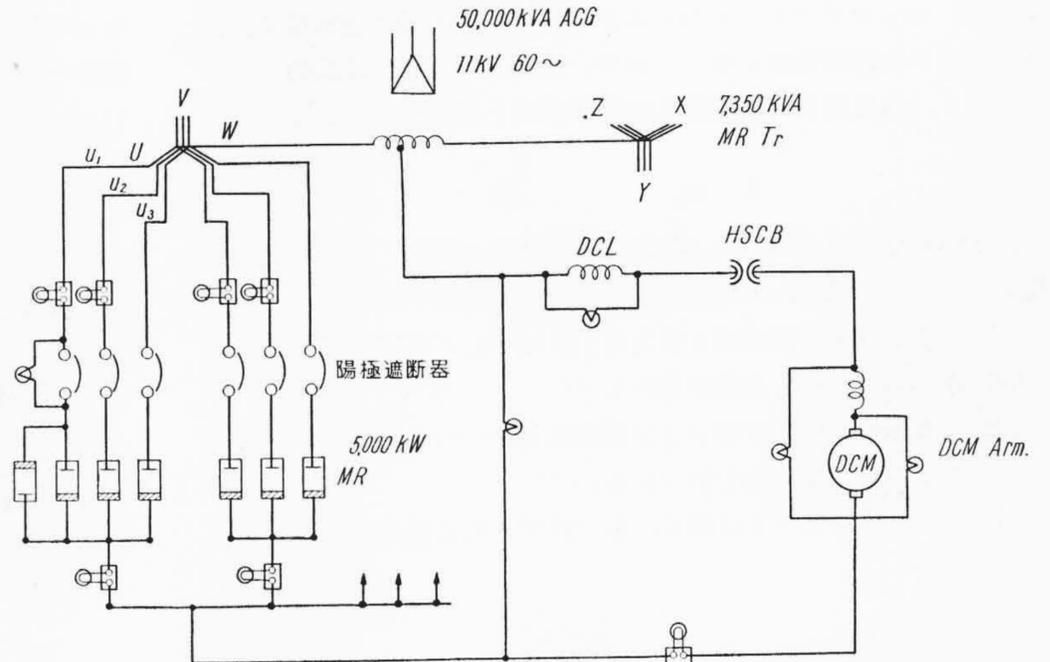
引きはずし試験は、AC 50 c/s、電流値6 kAにて行なった。その代表的なオシログラムを第11図に示す。これにより正方向に電流が流れた場合には遮断器は動作せず、逆方向に流れた場合には7 ms以内に完全に引きはずされることが検証された。

4.3 電流目盛試験

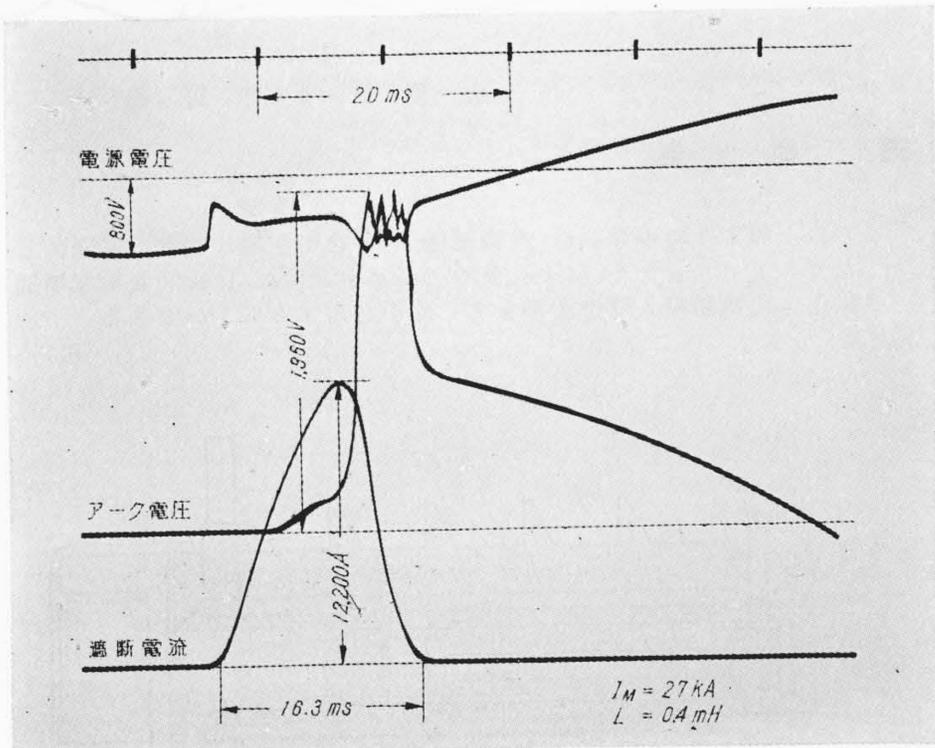
電流目盛試験は直流および交流にて、逆流動作電流目盛値の測定を行なった。第12図に電流目盛特性曲線の一例を示す。横軸に電



第12図 電流目盛特性曲線



第14図 人工逆弧遮断試験回路



第13図 交流等価遮断試験オシログラム

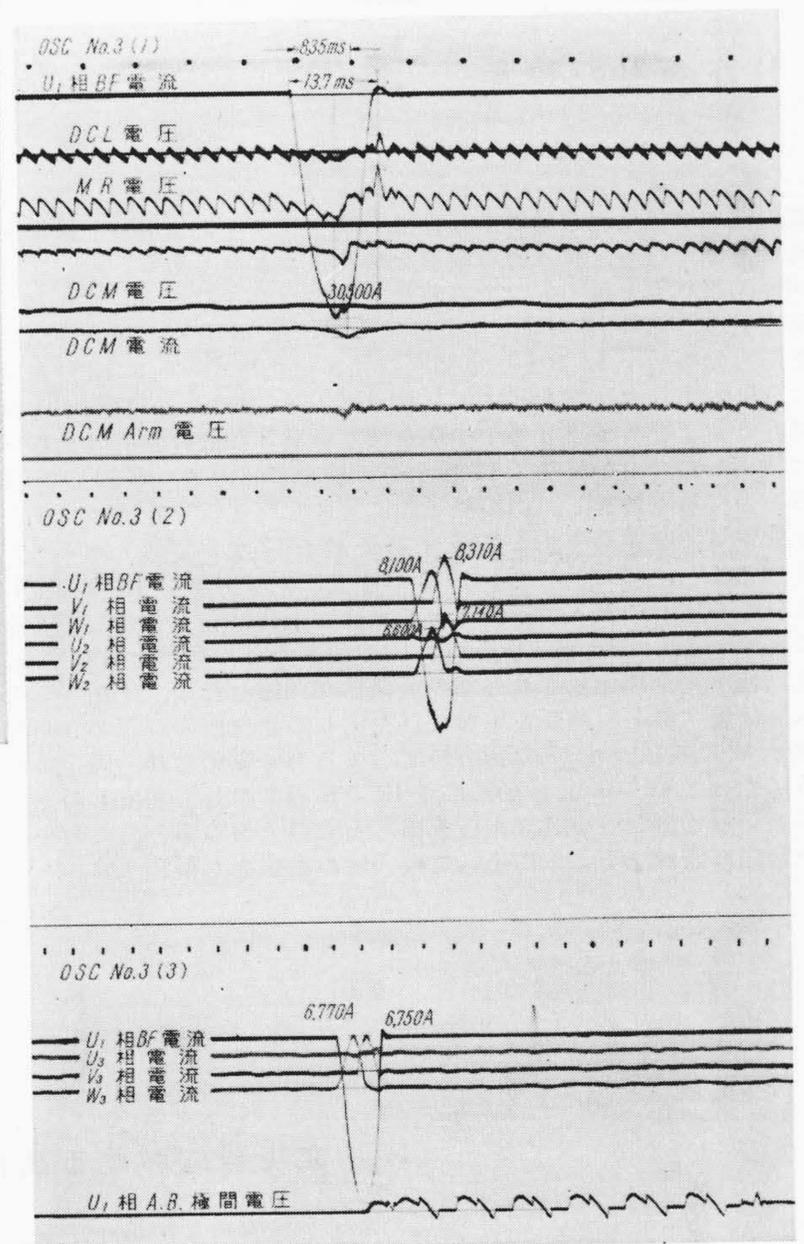
第2表 陽極遮断器遮断試験結果

試験番号	水銀整流器出力電圧 (V)	遮断電流 (A)	遮断時間 (ms)	アーク電圧 (V)	直流側逆流波高値 (A)
1	610	25,900	13.1	1,650	305
2	725	29,500	14.2	1,710	585
3	760	30,500	13.7	1,650	540
4	755	30,300	13.9	1,840	515
5	755	31,100	12.1	1,890	1,710
6	750	30,600	12.7	1,870	1,680
7	750	30,900	12.1	1,825	1,825
8	755	29,600	13.5	1,700	468
9	755	30,600	12.6	1,460	610
10	755	30,500	12.7	1,570	843
11	760	29,800	12.6	1,590	513
12	765	31,200	14.5	2,060	655
13	760	31,400	14.2	2,030	700
14	760	30,500	12.5	2,100	1,520
15	765	30,300	11.7	1,910	1,875

流目盛値を、縦軸に保持コイル電流を目盛ってある。実線は直流電流目盛値、点線は交流電流目盛値を示すが、全体に交流電流目盛値のほうがやや大きくなる。

4.4 交流等価遮断試験

150 MVA 交流短絡発電機を約 10 サイクル程度の低速運転を行ない、多数回の交流等価遮断試験を行なった⁽³⁾。第13図は電源電圧



第15図 人工逆弧遮断試験オシログラム

800 V、推定最大短絡電流 27 kA、回路インダクタンス 0.4 mH の場合の代表的オシログラムを示す。全遮断時間は約 16 ms 程度できわめて高速な遮断動作を行なうことが確認された。

4.5 人工逆弧遮断試験

陽極遮断器の実使用回路における遮断特性を検証するため、人工逆弧遮断試験を行なった。試験には整流器用変圧器 7,350 kVA、水銀整流器 DC 750 V、5,000 kW、直流側負荷としては圧延用電動機を用いた。等価逆弧回路は水銀整流器と逆に整流タンクを並列に接続し構成した。第14図に試験回路を示す。

遮断試験のオンシログラムの一例を第15図に、試験結果を第2表に示す。オンシログラムからわかるようにAHD形陽極遮断器はきわめてすぐれた遮断性能を有しており、健全極の遮断器は誤動作することなく、直流側負荷電動機は無停電運転を行なうことができる。

5. 結 言

以上陽極遮断方式およびAHD形陽極遮断器の構造、試験結果の概要を記したが、AHD形陽極遮断器の特長を要約すれば

- (1) 小形軽量の機構部と強力な引きはずしバネにより、遮断時間はきわめて短く、遮断容量が大きい。
- (2) 6極の単位遮断器および制御器具を一つのフレーム上にまとめているので全体が小形である。
- (3) アークシュートは簡単に取りはずされる構造となっている

ため、保守、点検が容易である。などである。陽極遮断器はきわめて迅速に逆弧電流を遮断し、回路機器への障害を最小限になしうるとともに、健全極で無停電運転を行なわせることができるので、大容量水銀整流器の逆弧保護方式としては最善の方式であり、今後ますます広く適用されるものであると信ずる。

終わりにあたり、種々ご助言をいただいた住友金属工業株式会社和歌山製造所の方々に深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) E. W. Boehne, W. A. Atwood: AIEE Transactions, 64, 337 (1954)
- (2) C. C. Herskind, A. Schmidt Ji, C. E. Rettig: AIEE Transactions, 68, 243 (1949)
- (3) 早瀬, 埴: 日立評論, 39, 651 (昭32-6)



特許第268732号

特許の紹介



小林哲郎・仲野善一

空 気 遮 断 器

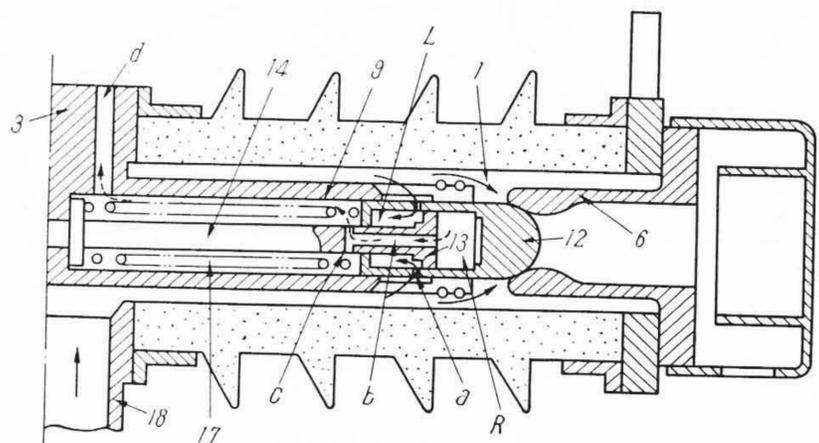
この発明は空気遮断器の可動接触子にエアダッシュポット機構を備えたもので遮断、投入時の衝撃を緩和するものである。

図は閉路状態を示すもので遮断動作は次の通りである。すなわち圧縮空気を送気管18を通して遮断室1内に充気すると送入空気の一部が可動接触子12の中空室側面の孔aを通りピストン13の左室Lに入り右室Rの空気をピストン14に設けた通気縦孔b、通気横孔cおよび集電子9の中空部を通し金具3に設けた孔dから外部に放出しつつ可動接触子12を左方に移動させノズル形固定接触子6との接触を解放し、両接触子間に引成したアークを遮断室1内の圧縮空気でも吹き消す。この際可動接触子12が一定ストロークだけ移動すると、ピストン14の横孔cがピストン13の左室Lに入り、左室Lに流入する空気を横孔cおよび縦孔bを通して右室Rに導きピストン14と可動接触子12の衝突による衝撃を緩和する。

遮断部が完全に開放され外部の断路器が開路した後、圧縮空気の送入を停止すると、遮断室1および左室Lの空気圧力が下がり可動接触子12は抗圧バネ17の弾力によって右方に駆動され、固定接触子6に衝合接触するが、可動接触子12の移動に際して左室Lの空気が可動接触子側面の小孔aから流出するものであるから、この小孔aを適当に設計することによって投入時の衝撃をも緩和する。

以上のように本発明は、可動接触子12を中空にしてそこに嵌装したピストン14に小孔bおよびcを設けた、比較的簡単な構造によって遮断投入時の衝撃を著しく小さくすることができる。

(岩 田)



特許第278794号

変 圧 器 に お け る 高 低 両 巻 線 間 の 絶 縁 装 置

栗田健太郎

変圧器巻線の上下端部においては、端部効果のために端部へ電界が集中して絶縁破壊を起こし易いものであるが、特に高低圧巻線間の主絶縁を固体絶縁で充てんして絶縁距離を縮小した構造においては、巻線の上下端部へ電界集中が大となる傾向が強くなる。

この発明は、これを防止する目的で、固体絶縁物4,5中に金属箔または導電塗層よりなる導体6,7を巻線2,3の対向面に沿って等位面を形成するように埋め込んだもので、これにより巻線の上下端部における端部効果を制御して端部に電界が集中することによる固体絶縁物の絶縁破壊を防止することができる。(須 田)

