UDC 621.316.53.027.5

新形高圧交流気中電磁接触器

竹　谷　是　幸*
Koreyuki Taketani

New Series High-Voltage AC Air Break Contactors

Synopsis

This new series of 3 kV air break contactors, developed through extensive experience and data accumulation by FUJI ELECTRIC, is receiving favorable customer acceptance. This is due to their excellent characteristics, highly reliable control of high voltage motors, capability of withstanding frequent operation, large breaking capacity and long life. Additonally, the epoxyresin molded parts, employed for high voltage circuit insulation and in the arc extinction chamber, withstand strong mechanical and electrical stress while retaining their high dimensional accuracy and arc proof properties. The extinguishing chamber design is based on the principle of short-gap arc extinction.

These devices feature greatly improved interrupting characteristics and insulating capability and fully satisfy the many severe life, maintenance, firehazard, aod economy requirements of modern industry.

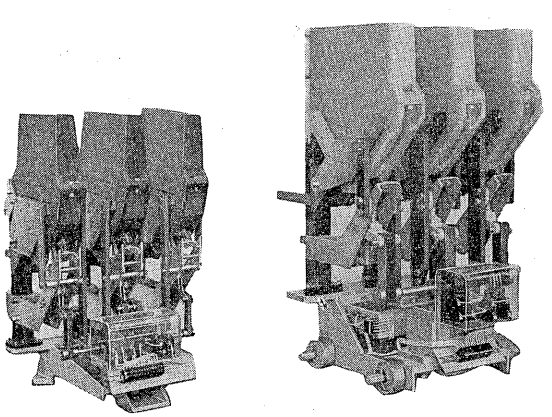
I. まえがき

数年前まで高圧回路の開閉はほとんどが鉄タンク形油しゃ断器で行なわれてきた．その用途は受電用，配電用，高圧電動機運転用の3種に大別できる．しかし最近では高圧電動機運転用の油しゃ断器は，高圧気中電磁接触器または高圧気中電磁接触器と限流ヒューズを組み合わせた高圧コンビネーションスイッチに置き換えられつつある。

これは次のような点で高圧気中電磁接触器が油しゃ断器よりもすぐれているからである．すなわち，高い開閉ひん度に耐え得る（高圧電動機のひんぱんな始動停止とか，正逆転の過酷な使用にも適する）．電気的にも機械的にも長寿命である．保守点検の手間がはぶける（油しゃ断器では油の取換え点検に多くの時間を要するが，高圧気中電磁接触器ではその必要がない）．油を使用しないので火災の危険がないなどである．したがって，高圧気中電磁接触器の需要は増加の一途をたどっており，このようなすう勢に応ずるため当社では次のように信頼度が高く，また構造，しゃ断方式，絶縁などの点で特色のある小形長寿命の高圧気中電磁接触器のシリーズを開発した．その外観を第1図に示す。

1) 主としてエポキシ樹脂絶縁を採用し，またその配置上からも絶縁信頼度の高い構造となっている。
2) 短ギャップアーク直列消弧方式と耐アーク性特殊樹脂製消弧室を採用しているので，しゃ断安定性が高く吸湿の心配もない。
3) 短絡しゃ断時のアークの噴出方向は消弧室上方のみであり，アークスペースも小さいので盤組み込みの際有利であり，計器類がしゃ断アークに触れるおそれも少ない。
4) 充分な接触圧力とワイプを持った接触機構なので過酷な使用に際しても接点溶着の心配がない。
5) 強力な直流電磁石操作でうなりがなく，また接触器本体に整流器を内蔵するので交流電源で操作できる。

本シリーズは各ユーザに好評をもって迎えられすでに良好な運転実績を上げている。



左側：RHC 13-1 形（10 MVA 100A）
右側：RHC 23-4 形（25 MVA 400A）

第1図　3.3kV 高圧交流気中電磁接触器
Fig. 1. 3.3 kV high-voltage AC air break contactors

II. 定格および標準仕様

3.3kV級高圧交流電磁接触器基本形の定格および標準仕様を第1表に示す．いずれもJEM 1167（高圧交流電磁接触器）に準拠し諸試験を行ない合格している。

基本形は，RHC 13-05（10 MVA，50A），RHC 13-1（10MVA，100A），RHC 23-2（25MVA，200A），RHC 23-4（25MVA，400A）の4機種であり，この他にD級

* 吹上工場

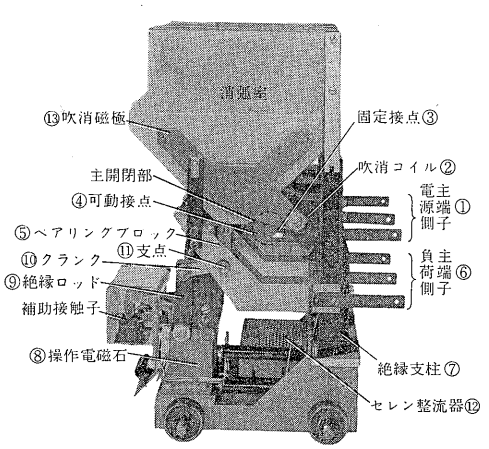
第1表 3.3kV 高圧気中電磁接触器標準表
Table 1. Standards of 3.3 kV high-voltage AC air break contactor

形式		RHC 13-05	RHC 13-1	RHC 23-2	RHC 23-4	RHC 23L-2	RHC 23L-4
定格電圧		3.3kV (50/60~)					
定格電流		50A	100A	200A	400A	200A	400A
定格しゃ断容量 O—2分—CO		10MVA	10MVA	25MVA	25MVA	25MVA	25MVA
寿命	機械的	500 万回	250 万回	500 万回	250 万回	10 万回	10 万回
	電気的	50 万回	25 万回	50 万回	25 万回	25 万回	25 万回
定格短時間電流		1,800A 0.5sec	1,800A 0.5sec	4,400A 0.5sec	4,400A 0.5sec	4,400A 0.5sec	4,400A 0.5sec
開閉容量		500A	1,000A	2,000A	4,000A	2,000A	4,000A
開閉ひん度	連続	600回/時	300回/時	300回/時	120回/時	300回/時	120回/時
	短時間使用	1,200回/時 (5分間)	1,200回/時 (2分間)	1,200回/時 (5分間)	1,200回/時 (2分間)	1,200回/時 (5分間)	1,200回/時 (2分間)
投入時間		3サイクル	3サイクル	4サイクル	4サイクル	4サイクル	4サイクル
開極時間		1.5 サイクル	1.5 サイクル	2サイクル	2サイクル	2サイクル	2サイクル
操作回路電圧		AC 100/110V, AC 200/220V, 50/60~				DC 100/110V DC 200/220V AC 100/110V, 50/60~ AC 200/220V, 50/60~	
引はずし回路電圧						DC 100/110V	DC 100/110V
最大適用電動機		200kW	400kW	750kW	1,500kW	750kW	1,500kW
最大適用変圧器		250kVA	500kVA	1,000kVA	2,000kVA	1,000kVA	2,000kVA

接触器，ラッチ式がある．ラッチ式は主接点投入後，機械的に保持され操作回路の瞬時的電圧降下の場合も主接点は開離しない構造となっている．D級接触器は始動リアクトル短絡用として使用する．しゃ断能力はないが，消弧室のかわりに樹脂製カバが取り付けられて背が特に低くされているので，キュービクルに組み込みの場合，主開閉器と2段積にして使用すると便利である。

III. 構　　造

本接触器は，高圧回路を開閉する主開閉部，開閉部を操作する操作機構部，消弧装置および補助開閉器より組み立てられている．RHC 23-2 形について第2図により説明する．高圧主回路は，①電源側主端子，②吹消コイル，③固定接点，④可動接点，⑤ベアリングブロック，⑥負荷側端子となっており，高圧充電部は，⑦絶縁支柱により接地される架台と絶縁されている．電源側および負荷側主端子が接触器裏面にまとめてあるので盤収納の際高圧主回路の配線が容易であり，また接触器自体も出入が便利なように車輪付架台を使用し簡易引出形となっている．消弧室，吹消コイル，絶縁支柱はエポキシ樹脂製である。



第2図 構造説明図
Fig. 2. Illustration of the contactor assembly

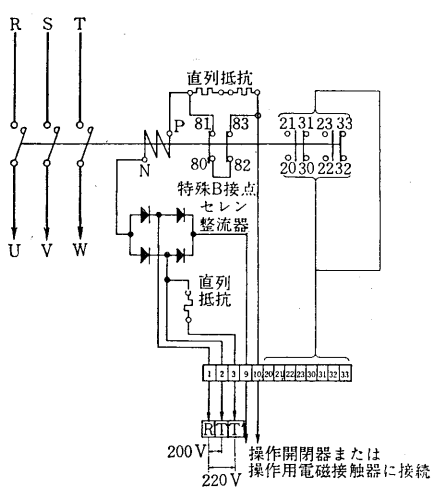
高圧主導電部は，各相が別固に接地部分より絶縁されており異相間を絶縁物により水平に連結している部分は1個所もない．したがって，すべて絶縁物沿面は垂直となっている．高圧異相間を絶縁物で水平に連結していると絶縁物表面にごみが溜りやすく，これが原因となり従来の高圧電磁接触器は，しばしば相間短絡事故をひき起した．この種の事故は可動接点側より固定接点側で誘発しやすい．上記の欠陥を本接触器では完全に除去してある．なお対地絶縁強度は 3kV 器で 6kV 相当の耐圧値を確保しておりエポキシ樹脂絶縁の採用とあいまって絶縁信頼度が高い。

主接点は二重振子式片切機構で，アーキング接点は特に設けず，通電接点とアーキング接点をかねた簡単な構造のもので交換も容易となっている．接点閉成時には酸化被膜除去と衝突振動を除く目的でしゅう動作用を与えている．充分な接触圧力とワイプを持たせてあり接点開離力が大であるので操作回路に大幅な電圧変動や操作接点のおどりがあっても主接点溶着は起こさない。

第2図⑧はソレノイド形直流操作電磁石で，この電磁石を励磁すると，⑨絶縁ロッドが上方へ突き上げられ，⑩クランクを，⑪支点を中心に時計方向に回転し，④可動接点を閉成する．電磁石の励磁を断つと接触スプリングがしゃ断スプリングの役目をして可動接点を開離する。

大きな操作力が必要な場合，交流電磁石では力率が悪く消費ＶＡが大きく，しかも大形となり得策でない。

また大形交流電磁石では磁極面が均一に密着しないことがあると脈動吸引となり，うなりを生じやすい．直流電磁石ではこのような心配はなく塊状鉄心を用いることができるので機械的強度も大きい．このような理由で本器では直流電磁石を採用している．整流器を本体に内蔵しているので交流電源により操作できる．投入初期には操作電圧が全部操作コイルに加えられ投入操作力を増大し投入終了近くで経済抵抗が直列に接続され励磁損失を少なくしている。



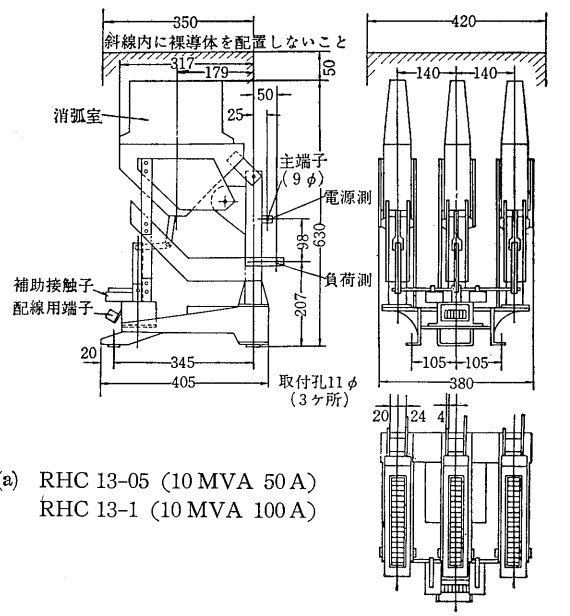
第3図　高圧気中電磁接触器接続図

Fig. 3. Connection of high voltage contactor

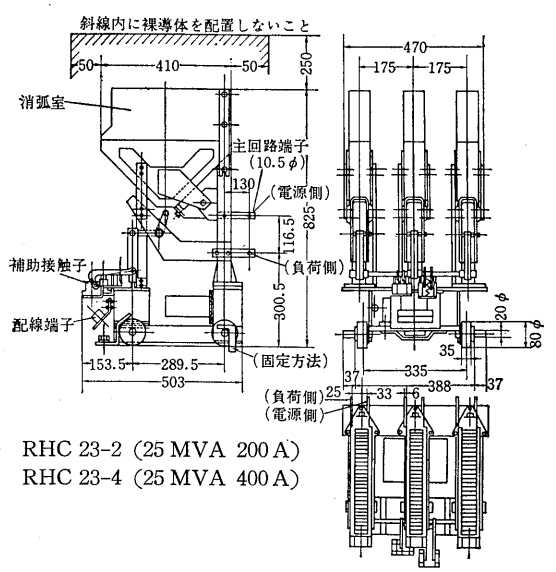
標準接続図を第3図に示す．一般に直流電磁石では塊状鉄心のうず電流作用により接触器の開極時間が長くなったり，操作コイルのインダクタンスのため投入時間も長びく傾向があるが，本器ではこれらの現象を考慮の上で適正な設計を行なっているので動作時間は交流電磁石の場合と変わりない．操作電磁石の位置を接触器の中央にもってきたのは接触器の横幅を縮小して床面積を節約すること，および操作力の伝達が各相に均等になるよう配慮したためである。

IV. 消 弧 方 式

高圧気中電磁接触器の消弧方式は次の3種類に大別できる．その模形図を第5図に示す。



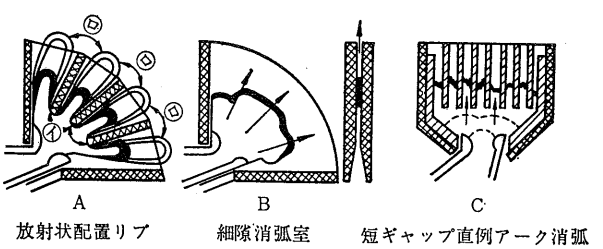
(a) RHC 13-05 (10 MVA 50 A)
RHC 13-1 (10 MVA 100 A)



(b) RHC 23-2 (25 MVA 200 A)
RHC 23-4 (25 MVA 400 A)

第4図　高圧機中電磁接触器外形図

Fig. 4. Outline dmensions of high-voltage AC air break contactor



第5図　気中接触器の消弧方式

Fig. 5. Principle of arc extinction in air break contactor

A．アーク伸張方式

B．細隙消弧方式

C．アークを多くの短ギャップに分割して消弧する。

A方式は絶縁板を第5図Aのような形状に配置し，アークを電磁力によりこの中に吸き込ませてアーク長を伸してしゃ断する方式で，アーク時間中リブの内端④の部分にアークが固着しているためリブが損傷し，さらにこの部分の空間が激しくイオン化されるため再点弧を起しやすい．またリブの長さが充分でないと大電流しゃ断の際，㊁の部分で閃絡を起こしやすい．これを防止するためには消弧室がかなり大形となるので最近ではほとんど使用されていない。

B方式は消弧室壁を第5図Bのような形にして，電磁力によりアークを細隙内に押し込み壁面消弧効果を利用してしゃ断する．一般にはこの壁面消弧効果とアーク長伸張効果を組み合わせて，この細隙を蛇行させた消弧室がさかんに使用されている．この方式では絶縁物の損傷はA方式よりも少ないが，やはりアークの高熱による損傷はまぬがれない．耐アーク性磁器を使用すれば安定しゃ断性能が得られるが，高圧気中接触器にこれを採用するには経済的でないので，アスベスト系絶縁材料が使用されることも多い．この種の消弧室はアスベストセメントで作る限りしゃ断失敗を起こすことは実験で確認されている．また吸湿のため負荷電流しゃ断後，主接点開離状態において表面漏えい電流が流れ消弧室が異常加熱することがある。

表面漏えいを少なくするため，耐アーク性で絶縁のよい合成樹脂の表面塗装および含浸処理した石綿セメントを使用したが，塗装樹脂がガス化して有害な作用を及ぼすためよい結果が得られなかった．また石綿セメントのようにガスを発生しやすい材料では，しゃ断の際に接点側へ噴出するイオン化ガスにより再点弧を生じやすい。

この現象は定格電流の数倍を繰返し数秒間隔で開閉するインチングテストでも確認されている．この消弧方式では絶縁材料の充分な吟味が必要である。

C方式は第5図Cのように消弧室が多数の金属板で仕切られており，この中に電磁力でアークが吹き込まれると金属板のおのおのが電極となり直列短ギャップアークとなる．短ギャップアークでは電流零点通過の直後に各金属板電極の表面で200V程度の絶縁耐力をもち，金属板電極が必要枚数あれば消弧が行なわれる．この方式では細隙消弧方式のごとく絶縁物表面にアークが密着することがないので消弧室内壁の損傷がなく，発生ガスも少ない。

上記のごとき各種現象を実験検討の結果，本高圧電磁接触器シリーズは直列短ギャップアーク消弧方式を採用し，また消弧室絶縁材料としては特殊充てん材料による耐アーク性エポキシ樹脂を使用した．したがって，しゃ断安定性が高く吸熱による事故発生の懸念もない．なお配電盤収納時の本器による占有空間をできるだけ縮少するためアーク噴出方向は上方のみに限定した。

V. 試　　験

日本電機工業会規格 JEM 1167「高圧交流電磁接触器」による試験，およびその他の特殊試験を実施した。

1. 動作試験

第2表に示す値で規格に合格する。

第2表 動作試験
Table 2. Operation test

最低吸引電圧	定格電圧の 85% 以下
釈放電圧	定格電圧の 20～60%

2. 絶縁耐力試験

第3表に示す電圧を1分間印加し，これに耐えることを確認した。

第3表 絶縁耐力試験
Table 3. Dielectric strength test

各主導電部相間 接触子開離状態での極間	10,000V
各主導電部と大地間	17,000V（定格6,600V相当）
操作回路と大地間	1,500V

3. 開閉容量試験

次の条件で試験を行なった。

動作責務：CO-30秒-CO-30秒-CO-30秒-CO-30秒-CO

試験回路：回復電圧　3.3kV
　　電　　流　定格電流の 10 倍
　　力　　率　0.1 以下

操作回路電圧は定格電圧

その結果，各機種ともなんら異常状態を生ずることなく余裕をもって試験に成功した。

4. インチング繰り返し試験

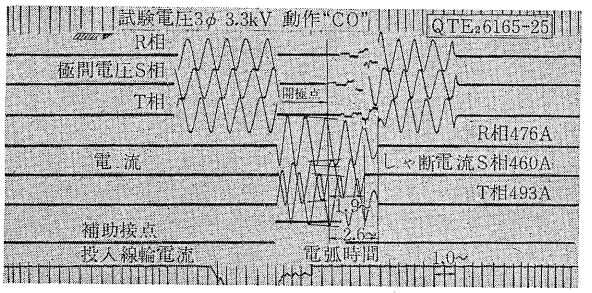
次の条件で試験を行なった。

動作責務：CO-10秒-CO……連続15回

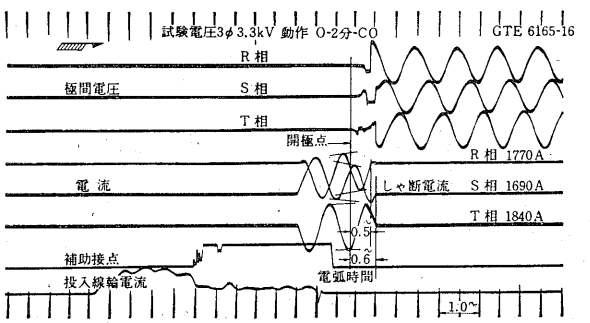
試験回路：回復電圧　3.3kV
　　周波数　50%
　　電　　流　定格電流の2倍
　　力　　率　0.1 以下

操作回路電圧：定格電圧

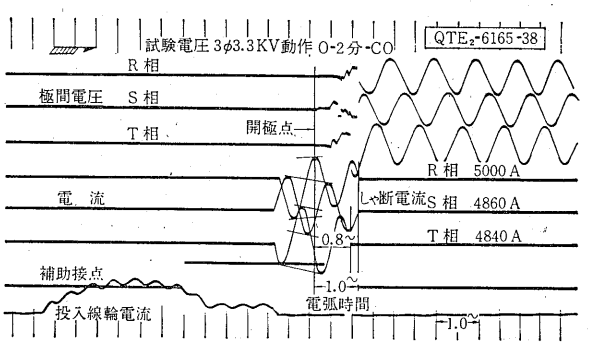
その結果，各機種ともに異常なく試験に成功した．第



第 6 図　RHC 23-2 形インチング使用
Fig. 6.　Oscillogram of inching test (RHC 23-2)



第 7 図　RHC 13-05 形定格しゃ断
Fig. 7.　Oscillogram of interrupting test under CO duty (RHC 13-05)



第 8 図　RHC 23-2 形定格しゃ断
Fig. 8.　Oscillogram of interrupting test under CO duty (RHC 23-2)

6 図にそのオシログラムを示す。

5. しゃ断容量試験

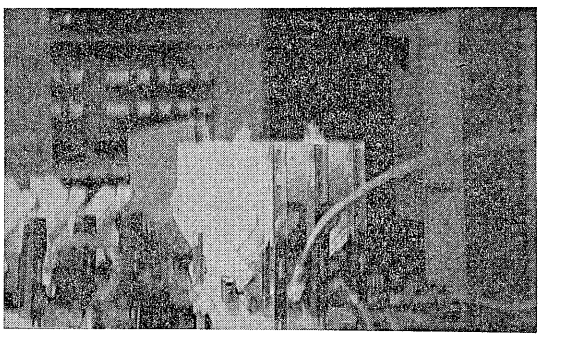
次の条件で試験を行なった。

動作責務：O-2 分-CO

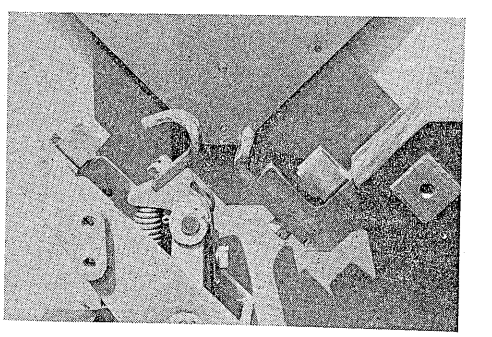
試験回路：回復電圧　3.3kV
　　周 波 数　50~
　　電　　流　定格しゃ断電流
　　力　　率　0.1 以下

操作回路電圧：定格電圧

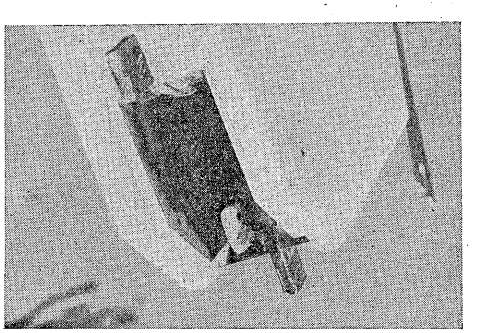
その結果，各機種ともにアークの噴出，接触子の溶着，



第 9 図　3.3 kV 25 MVA しゃ断時の状況
Fig. 9.　Scene in interrupting test, 25 MVA at 3.3 kV



第 10 図　短絡しゃ断試験後の主接点 (RHC 23-2)
Fig. 10.　Contact parts of 3.3 kV 25 MVA contactor, after inturrupting test

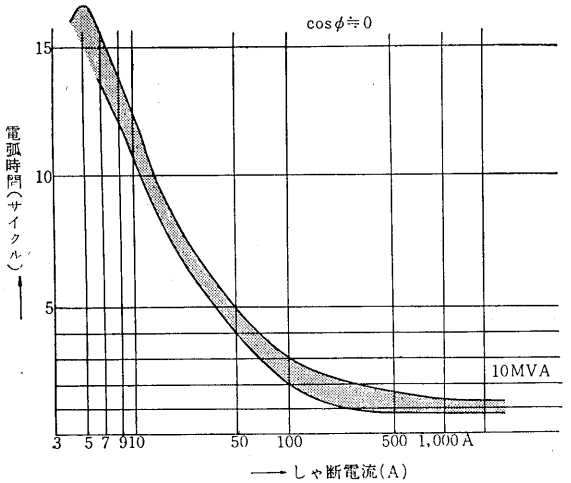


第 11 図　短絡しゃ断試験後の消化室下方部分 (RHC 23-2)
Fig. 11.　Arc extinction chamber of 3.3 kV 25 MVA contactor after inturrupting test

機械的な衝撃などに関して異常状態を生ずることなく，余裕をもって試験に合格した．特に力率に関しては規格値 (JEM 1167) の 0.3~0.4 に対して本試験では 0.1 以下となっており，過酷な条件となっている。

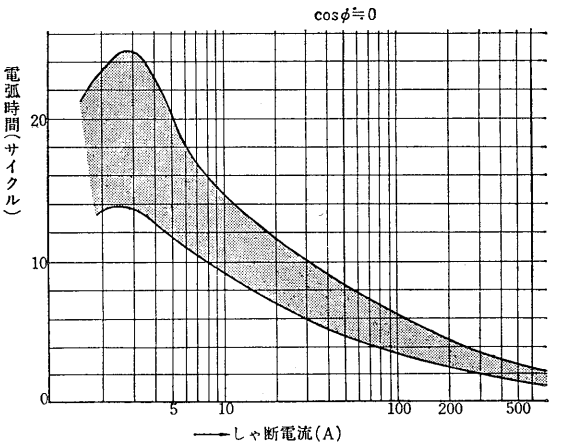
第 7，8 図にそれらのオシログラムを示す。

第 9 図は RHC 23-2 形の 3.3 kV，25 MVA しゃ断試験時のアーク噴出状況を撮影した写真であり，アークの熱ガスが消弧室上部に少し露出している程度である．第 10 図，第 11 図はそれぞれ RHC 23-2 形の上述の一連の試験後に撮影した接点部と，消弧室下部内壁の写真である．その消耗程度は微々たるものであることがわかる．なお第 12，13 図に電弧時間特性曲線を示す。



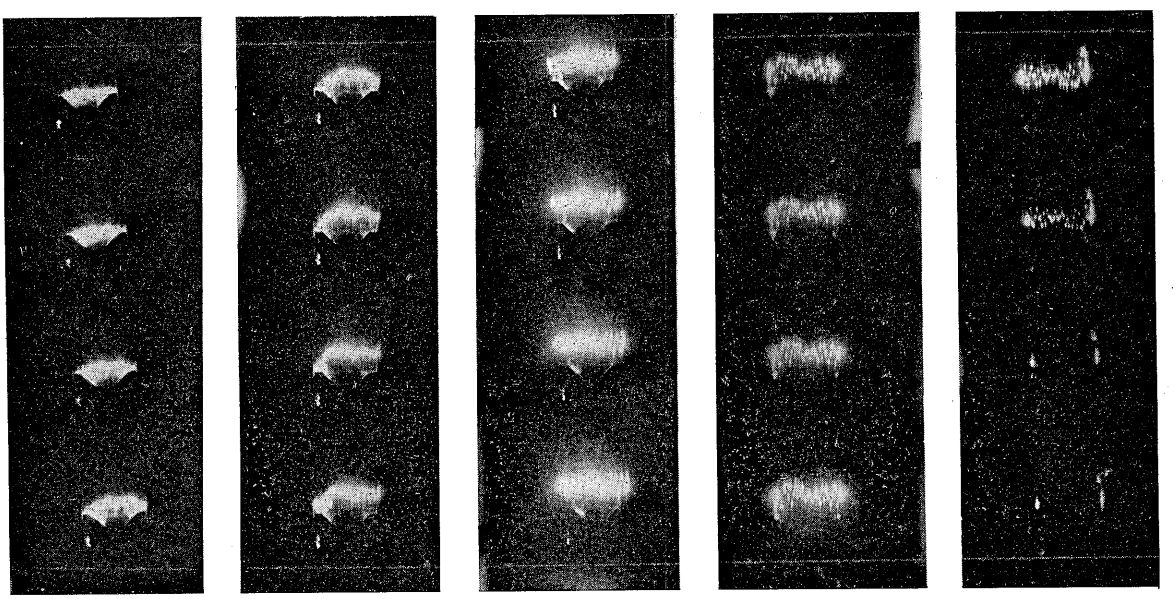
第12図　RHC 13-05 形電弧時間特性曲線

Fig. 12. Interruption characteristic curves of RHC 13-0.5, contactor



第13図　RHC 23-2, RHC 23 L-2 形電弧時間特性曲線

Fig. 13. Interruption characteristic curves of RHC 23-2, contactor



第14図　しゃ断時の高速度写真

Fig. 14. Arc extinction process of 3.3 kV 25 MVA contactor by high speed camera

6. 高速度カメラによる消弧室の撮影

Ⅳ. で説明したように接点間に生じた電弧は，吹消コイルの磁気駆動力により可動，固定接点からアークホーンへ導かれ，次に消弧室上部へ急速に移動し，消弧室上部に配置された金属消弧板により直列短ギャップアークに分割され消弧にいたる．第 14 図はこれらの過程の解析のために RHC 23-2 形高圧接触器と同一形状のモデル消弧室で電弧の動きを撮影したのである．(1)では接点間のアークがアークホーンに導かれ消弧室上部に移動する過程，(2)ではアークが金属消弧板内で短ギャップアークに分割された状態，(4)(5)ではその後電流零値通過とともにアークが消滅し消弧に至る過程を示している。

7. 寿　命　試　験

電気的寿命試験および機械的寿命試験を JEM 1167 により実施し，長寿命，高信頼性の過酷な要求を充分に満足することを確認した。

Ⅵ. む　す　び

高圧気中電磁接触器は長寿命，高開閉ひん度に耐え，保守取り扱いが容易なため高圧電動機制御用としてさかんに使用され始めたが，さらに限流ヒューズとの組み合わせにより磁気しゃ断器の適用分野まで進出しつつある．保守の容易，経済性，高性能など需要家のご要望に応えるべく，われわれは高圧気中電磁接触器とそれを応用した新製品の開発，整備に今後も努力を傾注するつもりである。

＊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。