

新しいK型電磁開閉器の性能

Performance Characteristics of New Type Hitachi Magnetic Switches

千原 錦吾*
Kingo Chihara

内 容 梗 概

従来接点の消耗や溶着などについては、多くの研究結果が報告されているが、これらは接点の材質や、電弧特性に関する研究が主である。

しかるに電磁開閉器においては、投入時における機械的特性も大切な要素であり、その優劣によつて消耗や溶着が大いに影響される。

筆者は電磁開閉器を小型軽量化するにあたり、上述の機械的投入特性、すなわち可動、固定両接点の接触時における衝突によるジャンプ現象を改良するため、従来より使用しているプランジャ型電磁石の構造の再検討と、接点部の複雑なる諸因子を最良にもつてゆくことについて検討を行つた。

1. 緒 言

電磁開閉器は、電動力応用部門における制御装置および自動制御の主力器具であつて、制御装置の信頼度は開閉器の性能に左右されるものである。

またこの性能とともに、特に最近その用途の拡充に伴つて、小型軽量化が要望されてきた。

日立製作所では、永年の経験と試作研究の結果、今回新型交流電磁接触器を開発し、それを応用した交流電磁開閉器 SK₁₀, SK₁₅, SK₃₀, SK₇₅, SK₁₅₀ 型の5機種を完成し、諸種の性能試験も好成績に所期の目的を達することができた。

ここに本器の改良の要点と、試験結果の概要を述べ大方の御批判を仰ぐ次第である。

2. 小型化と定格容量

電磁開閉器の諸特性や、信頼度を高度に保持しながら小型軽量化をするためには、近時進歩発達せる絶縁材料の使用と、開閉器の構造、接点材質および開閉部の機械的投入特性、すなわち可動接点および固定接点の接触時の衝突によるジャンプ現象などの検討が必要である。

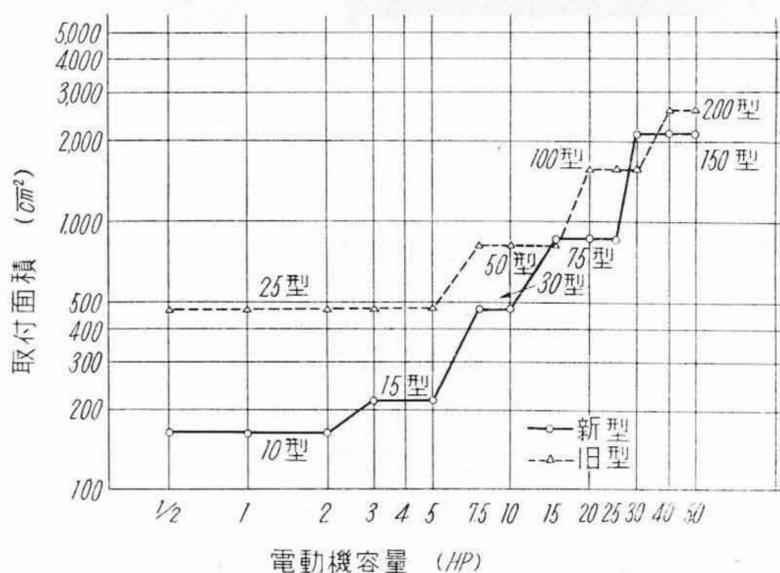
本器は後述するように、これらを種々研究検討した結果生れたもので、次のようにその目的が達せられた。

第1表は本器の電圧に対する定格容量と、追加しうる

第1表 SK型電磁開閉器の種類と定格

型 式	最高許容電圧 (V)	定 格 容 量 (HP)		追加補助接点
		200~220V	400~550V	
SK ₁₀ -P ₂	600	2	2	1 b
SK ₁₅ -P ₂	600	5	5	1 b
SK ₃₀ -P ₂	600	10	10	1 b
SK ₇₅ -P ₂	600	25	50	(1a+2b)
SK ₁₅₀ -P ₂	600	50	75	(1a+2b)

* 日立製作所亀戸工場



第1図 新, 旧型取付面積の比較

補助接点の種類および数 (自己保持用 a 接点 1 個を含まず) を示す。

また第1図は、従来型と新型の定格容量に対する取付面積の比較を示す。

なお小型化による重量も全機種を通じて、従来型の約60%に軽量化された。

3. 構 造

第2図に SK型 (閉鎖型) の外観を、第3図に K型 (埋込型) の外観、すなわち右より 10, 15, 30, 75, 150 型を示す。

本器の構造は、二重遮断の衝合せ接触方式をとつた開閉部と、電磁石は機械的摩耗部分がなく、かつまた最良吸引特性としたプランジャ型である。

以下次にそれぞれの構造の詳細について述べる。

3.1 開 閉 部

電磁開閉器の主要部である主開閉部は、第3図に示すように耐熱耐アーク性の材質で成型加工された半密閉室内に、各相独立して収納されている。

また接触方式は前述のように二重遮断の衝合せ接触であるため、次のような諸種の特性上の特長を有している。



第 2 図 閉鎖型 (SK 型 P₂ 式) 電 磁 開 閉 器

- (1) 各相独立した密閉室内にあるので遮断容量が大きく、かつ高頻度遮断による相间短絡の心配がない。
- (2) 二重遮断であるため、片切遮断方式と比較し遮断速度および遮断距離が大きいので遮断容量が大きい。
- (3) 二重遮断であるため、アークに対する磁気吹消効果があるので、特別な吹消装置を必要とせず、遮断時間が非常に短い。

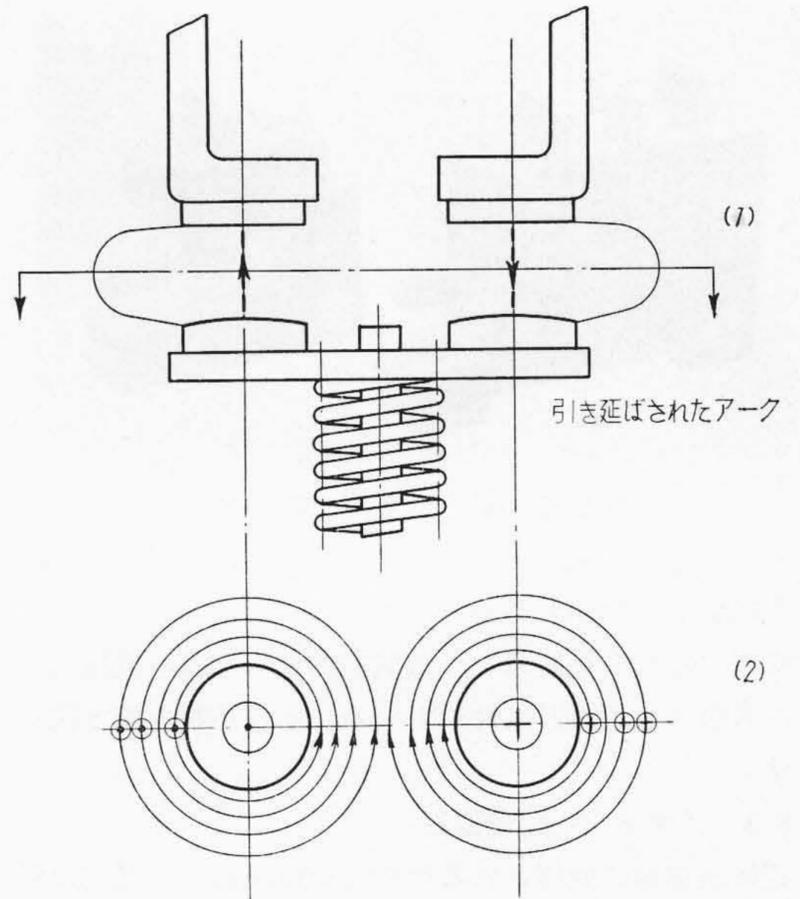
すなわち第 4 図 (1) に示すように、遮断開始の瞬時を考えると、アークは可動および固定両接点間を点線のように流れる。

このアーク電流により発生した磁力線は第 4 図 (2) に示すように矢印の方向に発生する。

そのため点線で示されたアークには、磁氣的な力が作用して左右に引き延ばされすみやかに消滅する。

特に K₇₅ 型以上の電流容量の大きいものには、アークの引き延ばされた左右に、アーク冷却装置が設けられている。

次に保守点検そのほか、取扱上については便利なるよう設計されているが、電動機容量の大きくなる K₇₅ 型以上については、特に次の点が考慮されている。



第 4 図 二重遮断構造のアーク自己吹消作用

(4) 固定接点の取り替えには、端子の主配線ははずさずにできるようにした。

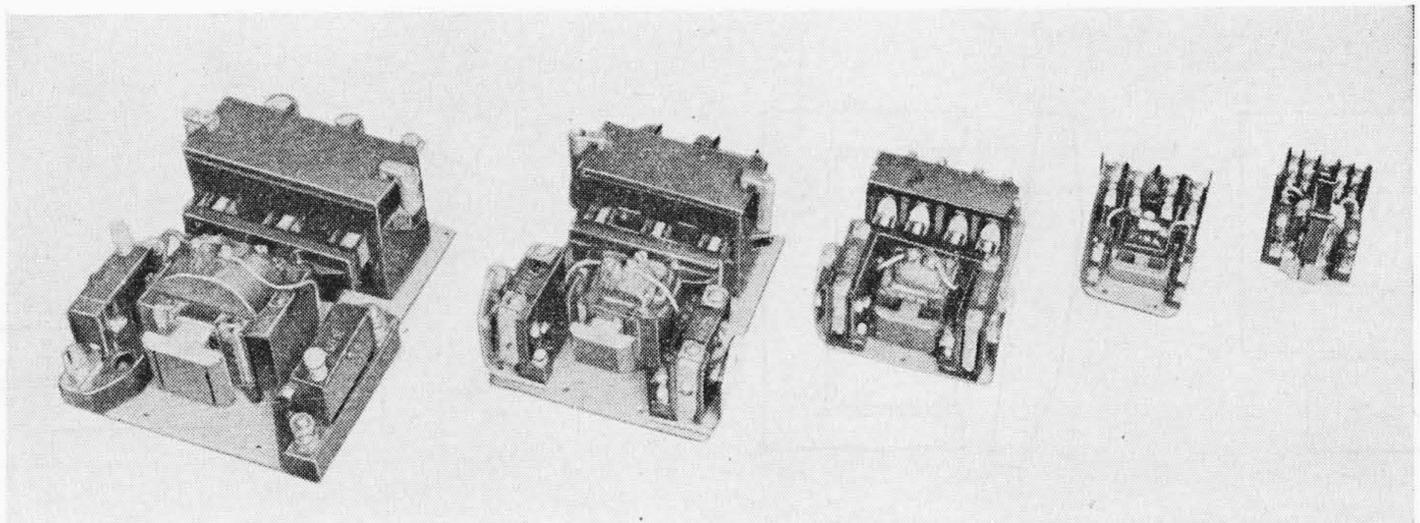
(5) 密閉された各相の主接触部を保守点検するには、絶縁カバーを強力におさえている左右のツマミを、手前方向にひいて回転すれば、簡単にカバーがはずれ、三相同時に点検することができる。一般には絶縁カバーを締め付けているボルトをはずして点検する不便がある。

3.2 補助接点

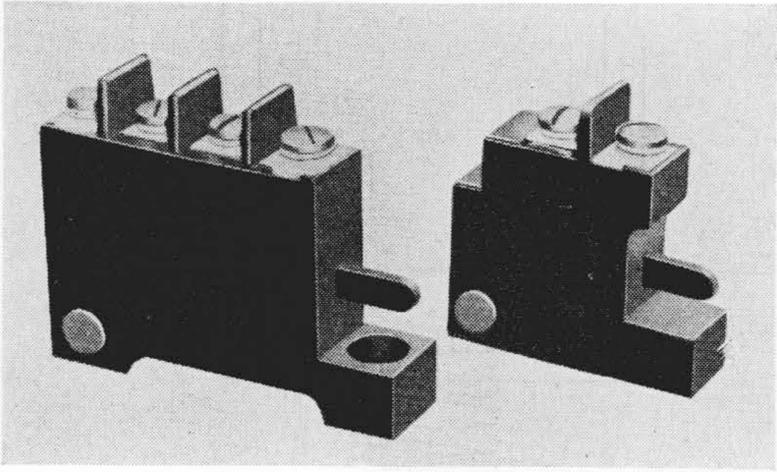
K 型電磁開閉器は、自己保持用の補助 a 接点のほかに必要に応じ第 1 表に示す数と種類の接点を追加取り付けることができる。

特に K₁₀、K₁₅、K₃₀ 型のように小容量のものに対しては、電磁石の吸引力が不平衡にならぬよう、主開閉部の中央に取り付けられる。

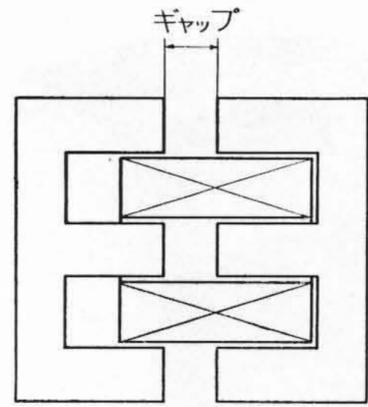
K₃₀ 型以上は、フェノールレジン成型絶縁物で密閉さ



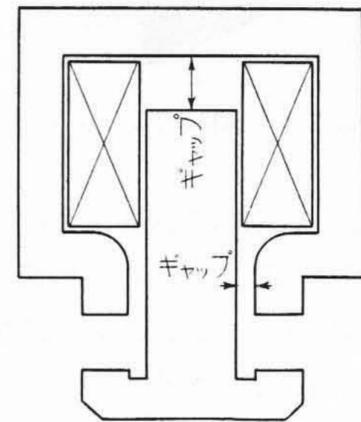
第 3 図 埋込型 (K 型 P₂ 式) 電 磁 開 閉 器



第5図 補助開閉器



第7図 水平型電磁石の構造



第8図 プランジャ型電磁石の構造

れた組立品になつている。

接点は銀合金を使用し、電気的はもちろん、機械的に特に考慮された設計になつている。その外観を第5図に示す。

3.3 プランジャ型電磁石

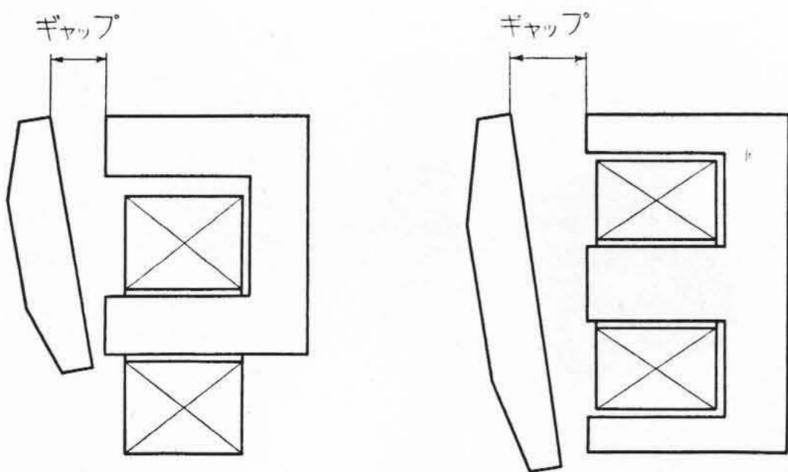
電磁開閉器に使用される単相交流電磁石の一般的な構造は、第6図(1)および(2)などにみられるようにギャッププルを利用したものと、第7, 8図のようにギャッププルと、ソレノイドプルとを加味した構造のものに分けられる。

また第6図は一般に軸を支点として回転するのでクラップ型、第7図は水平方向に動作するので水平型、第8図は垂直方向に動作するので、プランジャ型といわれている。

次に各電磁石の構造による概念的な吸引力特性について述べ、あわせてプランジャ型の長所を述べる。

従来使われていた単純なるクラップ型電磁石は、可動鉄心に作用するソレノイドプルはきわめて少なく、ほとんどがギャッププルと考えられるので、可動鉄心の漏減磁束がギャップに比例すると仮定すれば、吸引力はギャップの自乗に逆比例する⁽¹⁾。

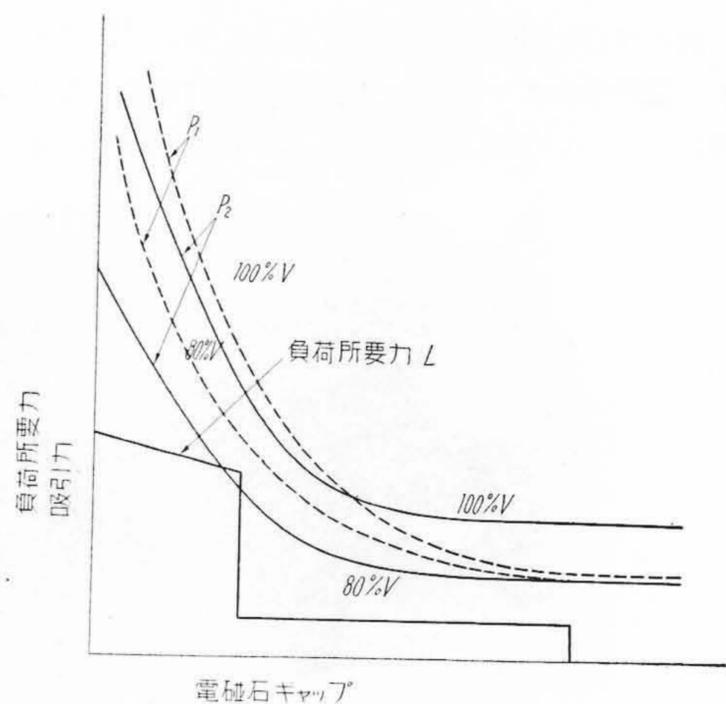
その特性は、第9図の P_1 で表わされ、ギャップの少ない場合の吸引力は非常に大きい、ギャップが増すにしたがつて急激に減少する。



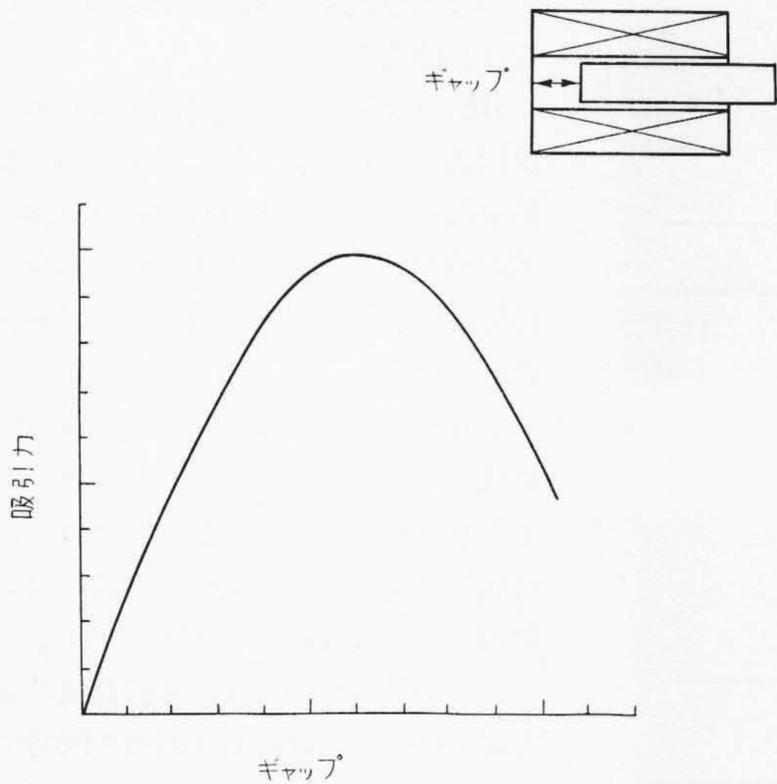
(1) (2)
第6図 クラップ型電磁石の構造

一方開閉器としての負荷所要力は、第9図の L で示される。主接触子が接触をするまでは、可動部分の重量のみであるが、接触を始めた瞬間は、接触圧力の初圧に相当する負荷が加わり、ギャップが少なくなるにしたがつてワイブに相当する接触圧力の増加した負荷所要力となる。

ゆえに負荷所要力の始動点と、主接触子の接触開始点とを満足するように吸引力を選定すれば、接触終点では電磁石の吸引力は、所要力の数倍となり衝撃を大ならしめて開閉器の機械的および電気的諸特性に悪影響があ



第9図 電磁石の負荷所要力と吸引力特性



第 10 図 ソレノイド型電磁石の吸引力特性

る。

第 10 図に示すソレノイド型は、ソレノイドプルが強く、ソレノイドのみのギャップに対する吸引力は、同図のようにギャップが大ききときでも比較的大きく、ギャップが小さくなつても大きな吸引力は生じない。

したがつてクラッパ型と、ソレノイド型とを加味した構造、すなわち第 7, 8 図のような水平型およびプランジャ型とすれば、この電磁石は前述の両者を合成した特性を有することになり、始動時における吸引力を増加し、しかも接触終りのそれは、あまり増加しないようになつて、第 9 図の P_2 のように所要力に近い吸引力を得ることができる。

また電磁石の起動電流は、ギャップにほぼ比例する。したがつて第 8 図のようなプランジャ型は、単純クラッパ形および水平形の約 50% のギャップであるため、その起動電流も小さくすることができる。

これは高頻度の使用に対しても、電磁コイルの温度に対する余裕があり、過熱または焼損の心配がない。

4. 諸 特 性

4.1 接点の機械的投入特性

従来接点の消耗や、溶着については多くの研究結果が報告されているが、それらは主として接点の材質および電弧特性についての研究である。

電磁開閉器の接点の消耗は、投入、遮断いずれの場合にもおきるが、投入の場合の方が一般により大きい。また溶着にも投入時が大きな影響を及ぼすものである。

これに関しては、特に投入の際の接点のジャンプを小さくすることが必要である⁽²⁾。

このジャンプとして考えられることは、投入時に可動、および固定両接点が接触を開始する際におこる反撥に基く第一次的のものと、次に電磁石が接極したときの打撃によつて生ずる接点間のジャンプが、第二次的に起きると考えられる。

この第一次および第二次ジャンプが接点の電気的特性に及ぼす影響中、第一次ジャンプの間中は電流を閉路する場合の過渡現象によつて電流値が小さいので、大した影響はない。

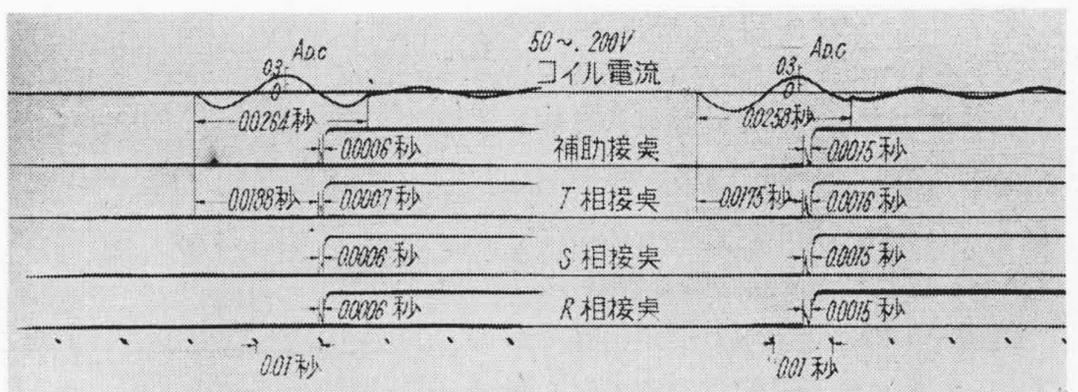
次に第二次ジャンプの間中は、すでに全電流に達しているため、この電流を微少なる空隙で開閉することになり溶着および消耗には、ジャンプが決定的な要素となる。これらジャンプ現象の原因は簡単ではなく、多くの因子が含まれていて複雑である。

一般にジャンプ現象を少なくする要因として考えられる主な点をならべると次のとおりである。

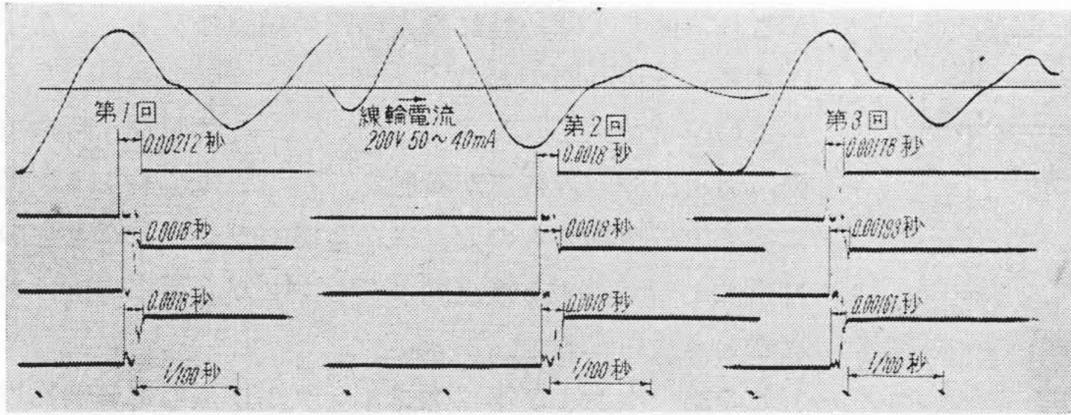
- (1) 電磁石の吸引力を最少限にする。
- (2) 電磁石の衝程を最少限とする。
- (3) 可動鉄心そのほか、可動部分の慣性を小さくする。
- (4) 開閉器の構造および取り付けは、減衰抵抗の大なるものとする。
- (5) 電磁石の衝撃を固定接触片に伝達せぬようにする。
- (6) 投入速度をある程度おそくする。
- (7) 接点材質は反撥係数の小なるもの、すなわち硬度の低いものを選ぶ。
- (8) 接触方式は、摺動接触にしないこと。
- (9) 接点用バネ、すなわち接触圧力用バネの固有振動を防止する。

これらの諸因子が全部有効に解決されれば、理想的な開閉器といえる。

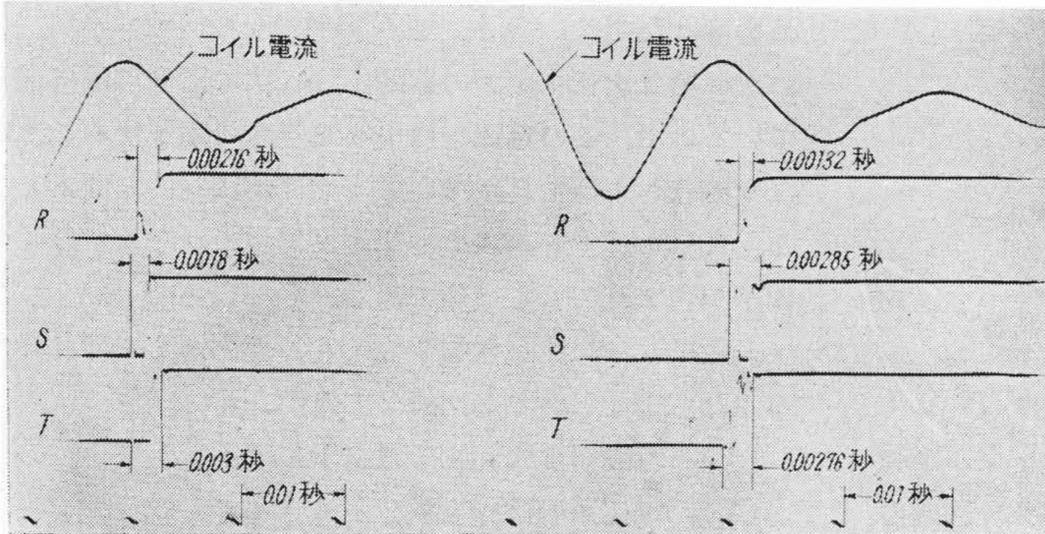
したがつて本器の製作にあつては、これらの諸因子を最良にもつてゆくことについて種々研究検討が加えられ、ほぼその目的を達した。



第 11 図 SK₁₀ 型 機 械 的 投 入 特 性



第12図 SK₁₅型機械的投入特性



第13図 SK₁₅₀型機械的投入特性

第2表 用途に対する試験電流値

級別	定格容量に対する全負荷電流値の倍数		用途
	遮断	閉路	
A	10以上	10以上	直入籠形誘導電動機用起動補償器, 入△起動器付籠形誘導電動機用
B	5以上	5以上	巻線形誘導電動機用, リアクトルまたは一次抵抗起動器付籠形誘導電動機用
C	2以上	2以上	抵抗負荷用

これにより最大投入電流を向上して、開閉器の投入容量を大にし、さらに電氣的寿命を増し小型化することができた。

これら接点の機械的投入特性、すなわちジャンプ特性の一例を K₁₀, K₁₅, K₁₅₀ 型につきそれぞれ、第11, 12, 13図に示す。

オシログラムに示すように、第二次ジャンプはいずれの型にも全然なく第一次ジャンプにおいては電氣的性能に無影響に近い短時間であり、電磁開閉器としてほぼ理想的特性といえよう。

4.2 遮断および閉路電流容量

電磁開閉器は電動機制御用器具であるから、特に籠形誘導電動機の直入起動、逆相制動および慣性大なる負荷な

どの最大電流を安全、確実に開閉し得なければならない。

JIS, C 8325 交流電磁開閉器規格には用途に対して第2表に示すとおり遮断電流容量および閉路電流容量試験の試験値を、最高適用負荷に対する全負荷電流値の倍数値で、級別として規定されている。

これら電流の倍数値は、籠形誘導電動機の場合上記電流が最も大きく、また巻線型誘導電動機の場合は、起動装置を使用するため最大電流値は電動機全負荷電流の約3倍とみてよい。

また抵抗負荷の場合、電灯負荷の突入電流は相当大なるもきわめて瞬時であり、抵抗炉などにおいては突入電流は比較的小である。

これらの値に電源電圧の変動による電流の増加、および多少の余裕を見込んで使用状態において起り得る最大電流が規定されている。

本器は籠形誘導電動機の直入起動A級を対照として製作され、第14図に示す試験回路で遮断および閉路電流容量試験を行った。

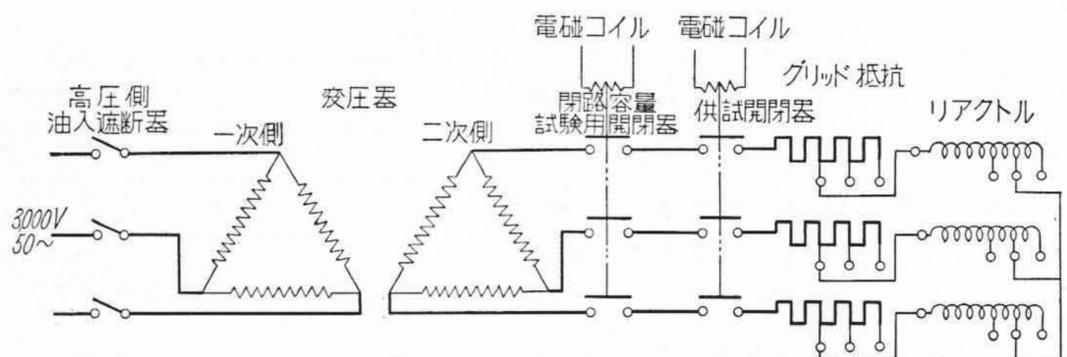
なお試験条件として、JIS規格は、遮断電流容量試験において前記10倍の電流を力率0.4以下にて、CO—15秒—CO—15秒—CO—15秒—COの標準動作責務にて投入遮断し、支障ないことと定めている。

また閉路電流容量試験は、接点の有効消耗量の3/4を削り取った状態で前記10倍の電流を、約2秒間隔で100回閉路動作をくり返し行い、支障ないことと定めている。

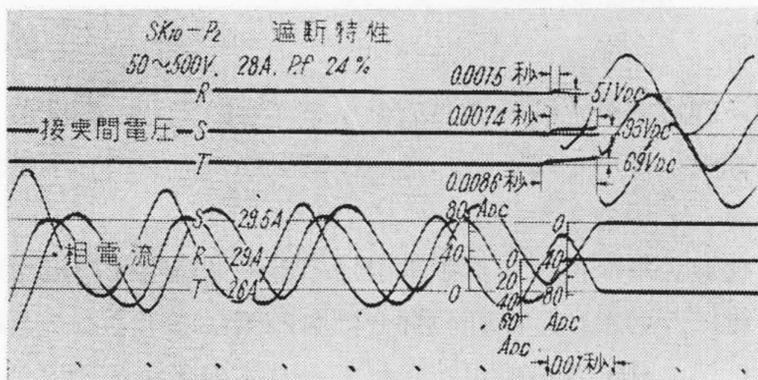
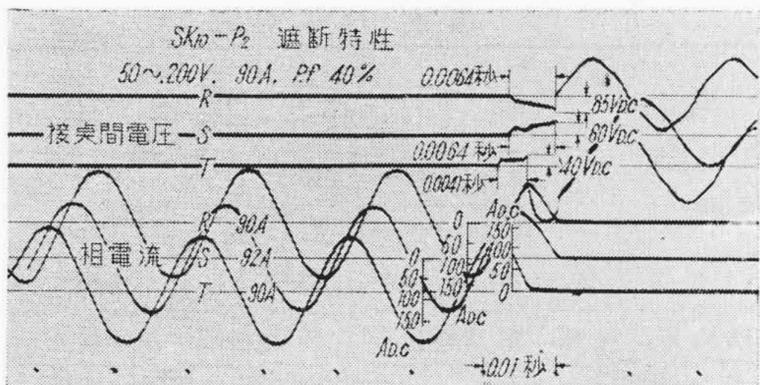
試験の結果第1表に示すように電圧に対する定格容量を有していることが確かめられた。

これらの特性中一例である遮断特性のオシログラムを第15~17図に示す。

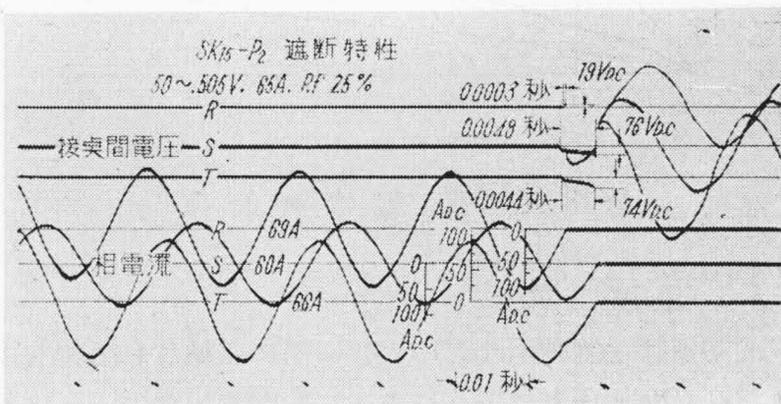
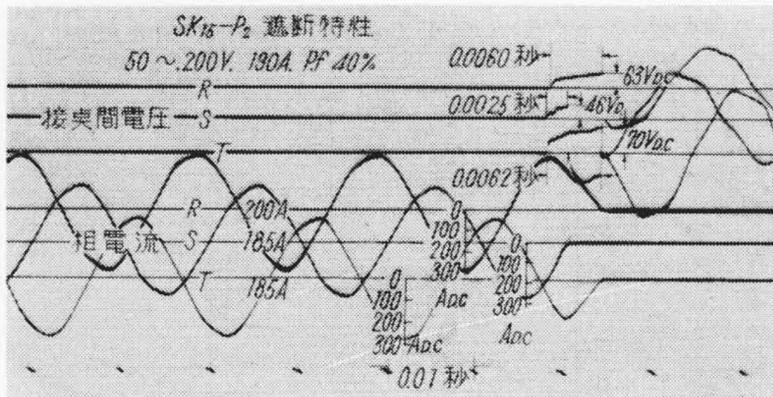
これよりわかるように、遮断および閉路電流容量は、定格容量に対して十分に余裕があり、かつ短時間で遮断が完成されている。



第14図 遮断および閉路電流容量試験装置接続図



第 15 図 SK₁₀ 型 遮断特性



第 16 図 SK₁₅ 型 遮断特性

なお本器は A 級以外の B, C 級に適用できることはいうまでもない。

4.3 電気的寿命

接点の電気的寿命は、さきに述べた接点の機械的閉路特性から、各形とも長寿命とすることができた。

その一例として、SK₁₀ 型について述べる。

なお寿命試験については、JIS 規格で次のように定められている。

部品を取り替えず、手入れも行わず操作電磁コイルには、定格周波数の定格電圧を加え、第 3 表の所定の頻度で行い、電気的寿命の種別を確認することになっている。

したがって負荷には、2 HP 200 V 50~ 籠形誘導電動機を使用し、JIS 規格の最高頻度である 1 号、すなわち 1,200 回/h で行った。

その結果を第 18 図に示す。第 18 図における消耗率は、有効消耗量 (ワイプに相当する接点重量) の 75% を消耗率の 100% とした割合を示す。

また最大, 最小, 平均は、各相それぞれの接点の測定ごとにおける消耗率である。

この結果、JIS 規格の最高保証値である 1 種、すなわち 50 万回における消耗率は、最大 14%, 最小 4%, 平均 6.5% である。

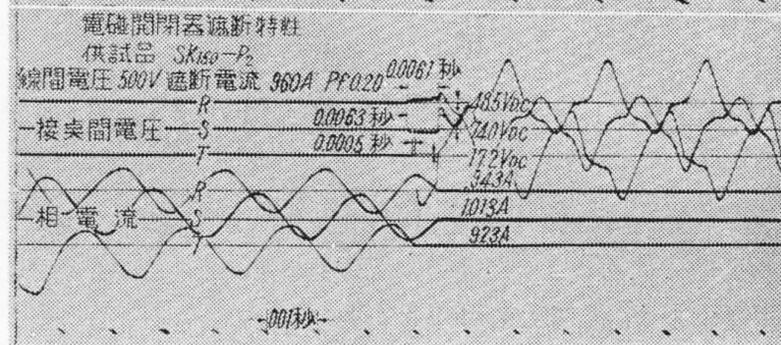
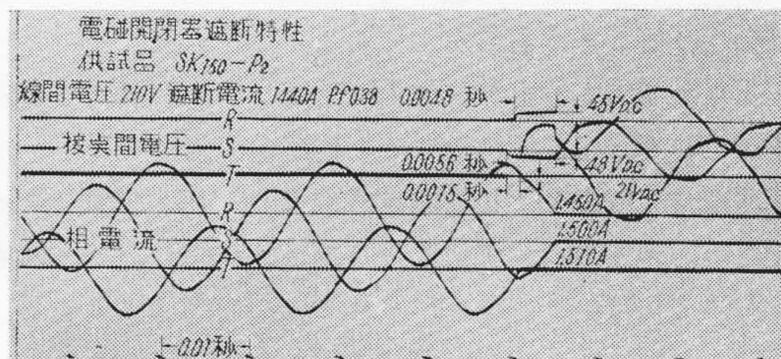
したがって比例的に消耗すると仮定して 50 万回における最大消耗率から最終寿命を推定すると

$$50 \text{ 万回} \times \frac{100}{14} = 357 \text{ 万回}$$

となる。

4.4 動作電圧

これは操作回路電圧が低下した場合、開閉器の電磁石が確実に動作しうる電圧の許容範囲の最低値で、JIS 規



第 17 図 SK₁₅₀ 型 遮断特性

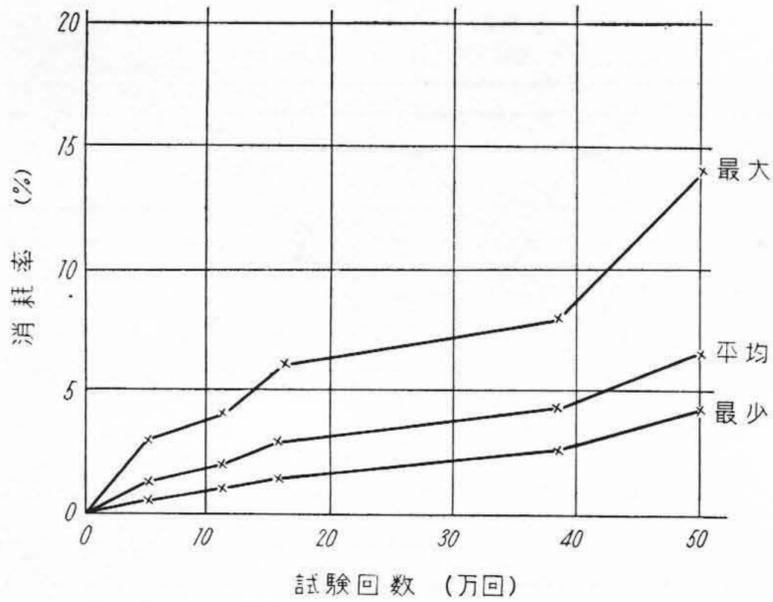
第 3 表 寿命試験開閉頻度

号 別	開閉頻度 (回/h)	号 別	開閉頻度 (回/h)
1 号	1,200	4 号	120
2 号	600	5 号	30
3 号	300	6 号	規定せず

格では定格電圧の 85% と規定してある。

この電圧をあまり低くすることは、定格電圧または電圧の許容範囲の最大値 110% における電磁石の機械的衝撃が大となり、したがって寿命が短縮されるため、好ましくない。

したがって新型では、製作の多少のばらつきを考慮して、いくぶん余裕ある動作電圧としてある。



第18図 SK₁₀ 型電氣的寿命

4.5 温度上昇

開閉器は、制御函などの大きい函に収納される場合、すなわち開放状態に近い場合と、開閉器単独の函に密閉収納されて使用する場合とがある。

後者、すなわち SK 型の場合は温度上昇にかなりの制限をうけることはもちろんである。

したがって本器もケース内に密閉し、JIS 規格で規定されている定格容量に対する全負荷電流値の 110% を連続通電し、電磁コイルには定格電圧の 110% を加え試験を行い、第 4 表に示す温度上昇規格値に対し、十分余裕ある値とした。

5. 結 言

上述のように、新型電磁開閉器は投入時における可

第4表 温度上昇規格値

種 別	温度上昇限度 (°C)	
	温度計法	抵抗法
接 触 子	銅	65
	銀	75
コ イ ル	A 種 絶 縁	65
接 続 線, 母 線, 端 子		50

注：周囲温度が 40°C をこえる場所に使用される場合は、その超過値だけ表の値から減ずるものとする。

動、固定両接点間の過渡的ジャンプを阻止し、開閉器の最大投入電流を向上し、さらに電氣的寿命を増し小型化することができた。

なおこれに使用する手動復帰の熱動型過電流継電器の詳細については、紙面の都合で次の機会にゆずることにしたが、JIS 規格で規定されている電動機の起動時の保護、単相運転の保護、および運転中の過負荷に対して、有効適切に動作し、また傍熱形であるため誘導電動機の熱特性に近似した特性を有している。

最後に本器の開発にあたって終始御指導をいただいた、日立製作所亀戸工場森泉工場長、鈴木課長、開発ならびに、試験、研究に御協力をいただいた、大井田氏、山崎氏、野崎氏の各位に対し、厚くお礼申しあげる次第である。

参 考 文 献

- (1) 桧垣, 白土: 日立評論 34, 947 (昭 27-8)
- (2) 森泉: 日立評論 27, 79 (昭 19-2)



新 案 の 紹 介



実用新案第 459952 号

池 田 吉 郎

蛍 光 灯 ソ ケ ッ ト

この考案は接触ピン差込孔をそなえたランプ受板の背後に接触片と押出用バネを設け、ランプを軸方向に差込んで取り付ける型の蛍光灯ソケットにおいて、ランプ受板の表面に接触ピン差込孔に向つて傾斜した一対の半円

形凹部をほぼ全面にわたつて設けたものである。

ランプを取り付ける際接触ピンを受板の表面に当てがつて少し回してやると、傾斜に沿つて自然に孔に入るから、ランプの取り付けを楽に行うことができる。(坂本)

