

新型高電圧気中電磁接触器

New Type High Voltage Electromagnetic Contactors

泉 千吉郎* 松 村 睦 夫*

内 容 梗 概

高電圧電動機の運転用として、頻繁な起動停止および正転逆転に堪え得る新型高電圧気中接触器が開発された。

この接触器は定格電圧 3,450V、定格電流 200A であつて、つぎのような特徴をもっている。

- (i) 特殊の消弧方式を用いているので、遮断容量がきわめて大きい。すなわち、三相 3,450V において 25 MVA の遮断容量を有する。
- (ii) 衝撃の非常に少ない新型三脚交流電磁石によつて操作されるので、その機械的寿命すなわち可能開閉動作回数は 500 万回以上できわめて永い。
- (iii) 可動接触子の跳りがほとんどないため、接点の電氣的寿命が非常に永い。
- (iv) 小型・軽量である。
- (v) 保守・点検が容易である。

この新しい接触器は高電圧電動機の運転に際して制御装置に対する不安を一掃し、信頼性のある高効率運転を行うことができる。

〔I〕 緒 言

近年、電動力応用の分野とその規模はますます増大の一途をたどりつゝあり、電動機の容量も大きくなり、頻繁な起動停止および正転逆転を行うことを要求されるものも多くなつて来た。したがつて、電動力応用における各種制御装置に要求される性能とその信頼性はますます重大なものとなりつゝある。特に電磁接触器はこれらの制御装置のもつとも重要な要素の一つであつて、その性能の如何は制御装置全体の性能を左右し、電動力応用の成否を決定するものである。

高電圧電動機の運転用として従来用いられて来た高電圧油入または気中電磁接触器は、電動機の頻繁な起動停止および正転逆転の苛酷な用途に対して、上述の要求に応えることができなくなつてきたので、高性能高電圧電磁接触器の出現は各方面から要求されるようになった。日立製作所では、この趨勢を考慮し、永年にわたる基礎的な研究の成果として、最近、以上の要求をみたしうる、すなわち遮断容量が大きく、いかなる頻繁な開閉にも堪えうる新型電磁接触器を完成した。以下、本器の構造の特長および性能試験の結果を述べて、大方の御参考に供したいと考える。

〔II〕 定格および性能

型 WFH (または WFHR) 式 3S

定格電圧 三相 3,450V (50 または 60 $\sim$)

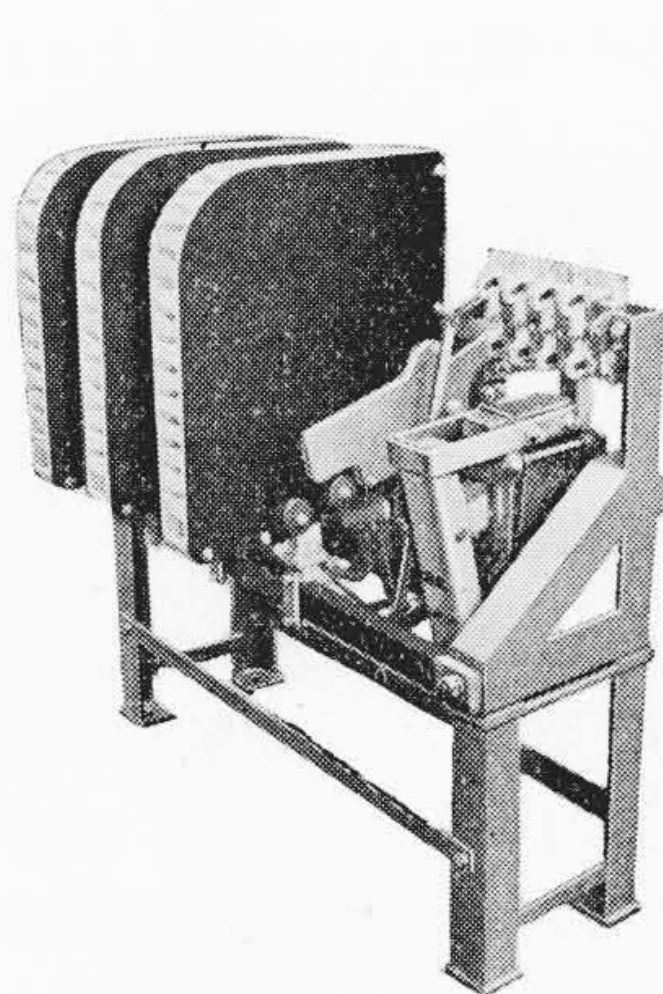
定格電流 三相 200A

遮断容量 三相 3,450V において 25 MVA

投入容量 2,000A (実効値)

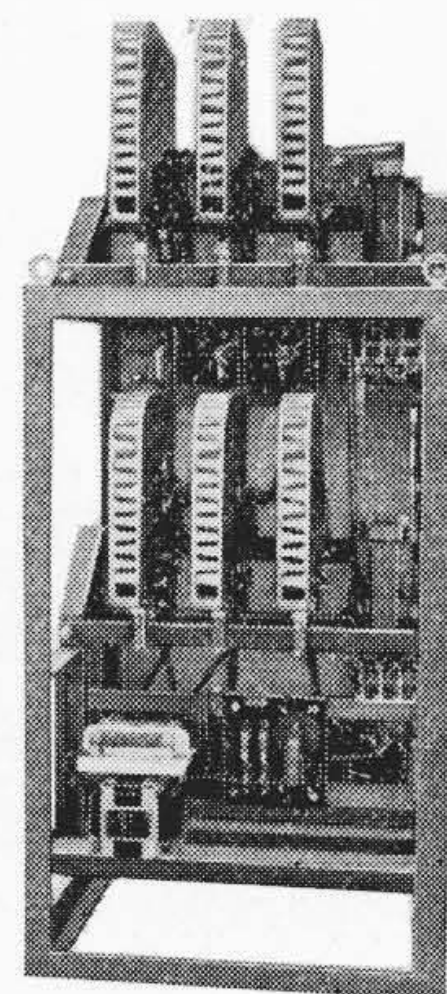
機械的寿命 500 万回以上

* 日立製作所日立工場



第1図
WFH 型 3S 式 高電圧気
中接触器

Fig. 1.
Type WFH Form 3S
High Voltage Electro-
magnetic Contactor



第2図
WFHR 型 3S 式
高電圧可逆接触器

Fig. 2.
Type WFHR Form
3S High Voltage
Reversible Con-
tactor

電氣的寿命 50 万回以上

第1図には WFH 型 3S 式高電圧気中接触器を、第2図にはこれを可逆式とした WFHR 型 3S 式接触器を、また第3図(a) (次頁参照) にはこれを防爆構造とした WFHRXX 型 3S 式高電圧可逆電磁接触器の外観を、第3図(b) (次頁参照) にはその内部を、それぞれ示す。第2図および第3図のものは主として鉱山巻上機用誘導電動機の可逆運転用として用いられる。

〔III〕 全 体 の 構 造

電磁石および接触部の固定部分は、マイカおよびフェノールレジン絶縁を施した1本の固定絶縁フレーム上に、また可動部分は、同じ絶縁を施した1本の絶縁可動軸上に配置される。ほかの1本の固定絶縁フレームはアーク

シュートを支持し、これら 2 本の固定絶縁フレームは左右両端の 2 つの三角状フレームに強固に取付けられ、絶縁可動軸は軸受にはめ込まれて回転できるようになっている。

電磁石は向つて右側に、接触部（3 極）は左側に配置され、補助接触部は配線に都合のよいように電磁石上方（第 1 図）または下方（第 2 図、第 3 図）に置かれ、かくして高圧主回路部分と低圧操作回路部分とは空間的に分離されている。

可動軸の軸受にはオイルレスメタルを使用して注油の不便をなくしてある。機械的寿命試験の結果、軸受にはほとんど磨耗が起らないことが確認された。

いかなる構成部分も、すべて前面から点検可能の構造となつている。特に接触子は、アークシュートを取外さなくても、これを持上げるだけで露出され、点検交換が容易にできる。

部品の数はきわめて少く、組立作業は至極簡単に行うことができる。

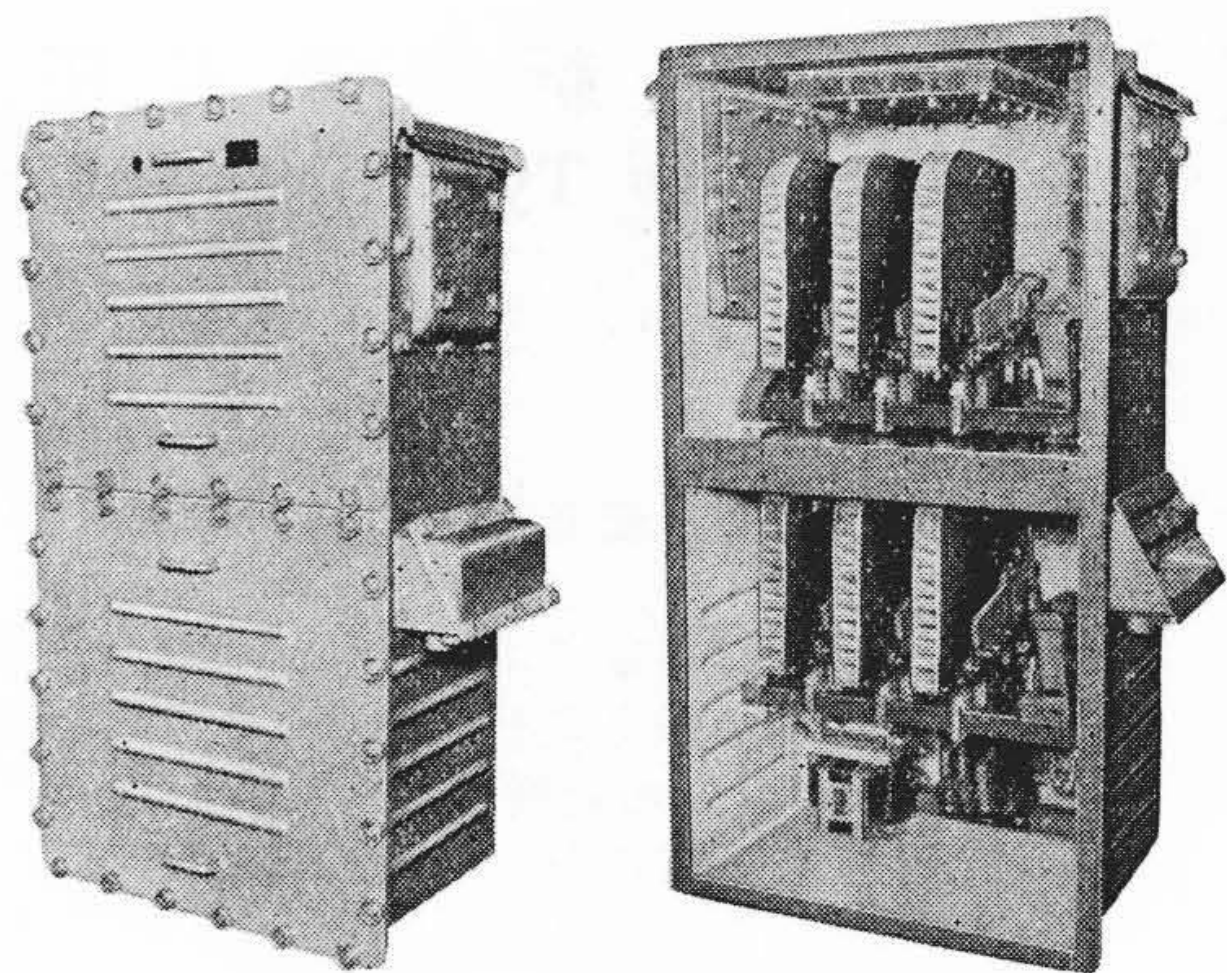
〔IV〕 接 触 子

従来の高電圧接触器の接触部は、通電接触子の上方に弧光接触子を配した、遮断器と類似の二段切構造であるが、この構造では機械的磨耗部分が多くなるため、高頻度、長期間の使用に対して難点があり、また多数回の開閉を行つて弧光接触子が消耗してくると、通電接触子との接触の関係が狂い易くなる欠点があるので、新型では弧光接触子を廃して通電接触子のみとし、これに弧光接触子の役目をも兼ねさせる一段切構造にあらためた。

一般に電磁接触器においては、閉合時に可動接触子が固定接触子に衝突したとき、および電磁石が閉合したときに可動接触子の反撓が起り過渡的に接点の開閉が行われる。この接点の開閉によつて定格電流に数倍する電動機の起動電流を開閉することになり、接点の消耗が増し、あるいは接点の溶着する原因ともなる。そこで閉合時における接触子の跳りは極力防止されなければならぬ。

本器では、そのために、電磁石の余剰吸引力を極力小さくするとともに、可動接触子の形状にも充分の理論的および実験的の検討を加え、さらに接触バネの特性を、接触子の温度上昇および最大保証投入電流における接触子の溶着に対する考慮とともに、接触子の跳りに対する考慮をもつて撰定してある。第 4 図には接触子閉合時の跳りオシログラムを示すが、跳りはほとんど全く起らないことがわかる。

接触子の材質は、その価格および電氣的寿命の点を考慮して冷間型引硬銅を用いている。

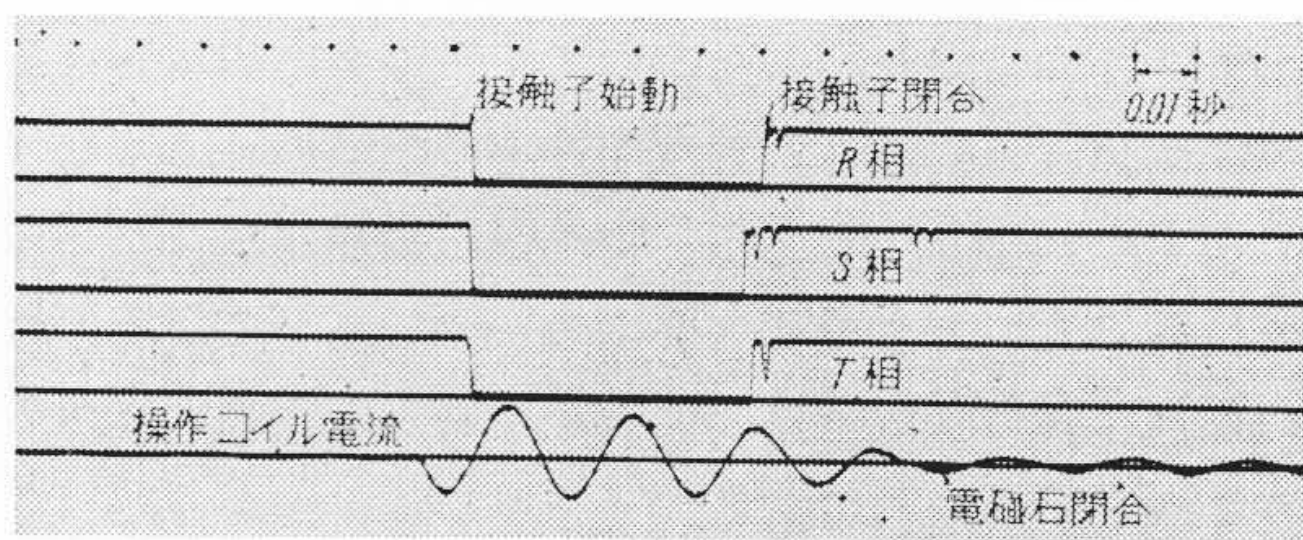


第 3 図 (a)
WFHRXX 型 3S 式
高電圧可逆電磁接触
器

Fig. 3. (a)
Type WFHRXX
Form 3S High
Voltage Reversible
Electromagnetic
Contactor

第 3 図 (b)
WFHRXX 型 3S 式
高電圧可逆電磁接触
器の内部

Fig. 3. (b)
Inside View of
Type WFHRXX
Form 3S High
Voltage Reversible
Electromagnetic
Contactor



第 4 図 接触子の跳りオシログラム（操作電磁石側から T, S, R 相とする）

Fig. 4. Bouncing Oscillogram of Contacts

〔V〕 消 弧 装 置

(1) 磁気吹消装置

一般に、高電圧気中電磁接触器においては、遮断器と同様に、通電中は電流が吹消コイルを通らず、電弧が招弧角あるいは弧光接触子に移動して後初めて吹消コイルに電流を通じて吹消磁界を生ずる方法がとられている。

しかしこの方法では、開閉頻度の烈しい近年の用途に対しては、頻繁な回路遮断によつて吹消コイルが過熱しやすく、また電弧が自己反撓力によつて招弧角に移動するまでは吹消磁界が働かないから、電弧が接触子間にとどまる期間、したがって電弧時間が長くなり、接触子そのほかの損傷を増す恐れがある。さらに、電動機の無負荷電流のごとき小誘導性電流を遮断するときには自己反撓力が極めて小さくなるから、電弧は長く接触子上にとどまり、電弧時間が非常に長くなり、電動機運転上の故障を生ずるのみならず、ときには遮断不能の現象が生ず

る可能性もある。

そこで、本器では、特に高頻度かつ長寿命用なることを考慮して、吹消コイルに主回路通電電流を通ぜしめ、開路時には電弧引成と同時に、吹消磁界を電弧に作用せしめて、瞬時に招弧角に移動せしめるようにした。また、吹消磁界を極力強くするため、吹消鉄心磁束密度を大きくし、一方、鉄心および磁鉄板は積層して、鉄損、したがって温度上昇を非常に小さい値に抑えてある。

(2) アークシュート

アークシュートの材質はアスベストセメントであつて、第1図にみるように、多数の内部バリヤが左右両側壁から交互に櫛形に突出して曲細隙を形成している。電弧は強力な吹消磁界の作用を受けてこの曲細隙中に駆動されて急速に引延ばされ、かつ冷却されて消弧する。したがって、主な消弧機構は絶縁壁面における冷却デアイオン消弧および曲細隙による圧力消弧である。

固定側および可動側招弧角については、第5図に示すように、その背面とアークシュート壁との間に細隙 *a* を設け、さらに背面凸出部とアークシュート壁との間にも *a* に連なる細隙 *b* を設けている。これは電弧足が招弧角上を矢印のように移動してその背面に到り、細隙 *a* および *b* 部においてきわめて強力な冷却および圧力を受けるようにしたものであつて(特許出願中)、招弧角上に印せられた電弧足の痕跡から、電弧足が *b* 細隙に達するまでに、消弧が完了する事実を確認することができる。

上述の特殊の消弧方式によつて、非常に小型のアークシュートながら、よく大電力を遮断し得ることは、後述の試験結果が示している。

なお、固定側招弧角は、吹消コイルを電弧より完全に絶縁し保護している(実用新案出願中)。

〔VI〕 補 助 接 触 部

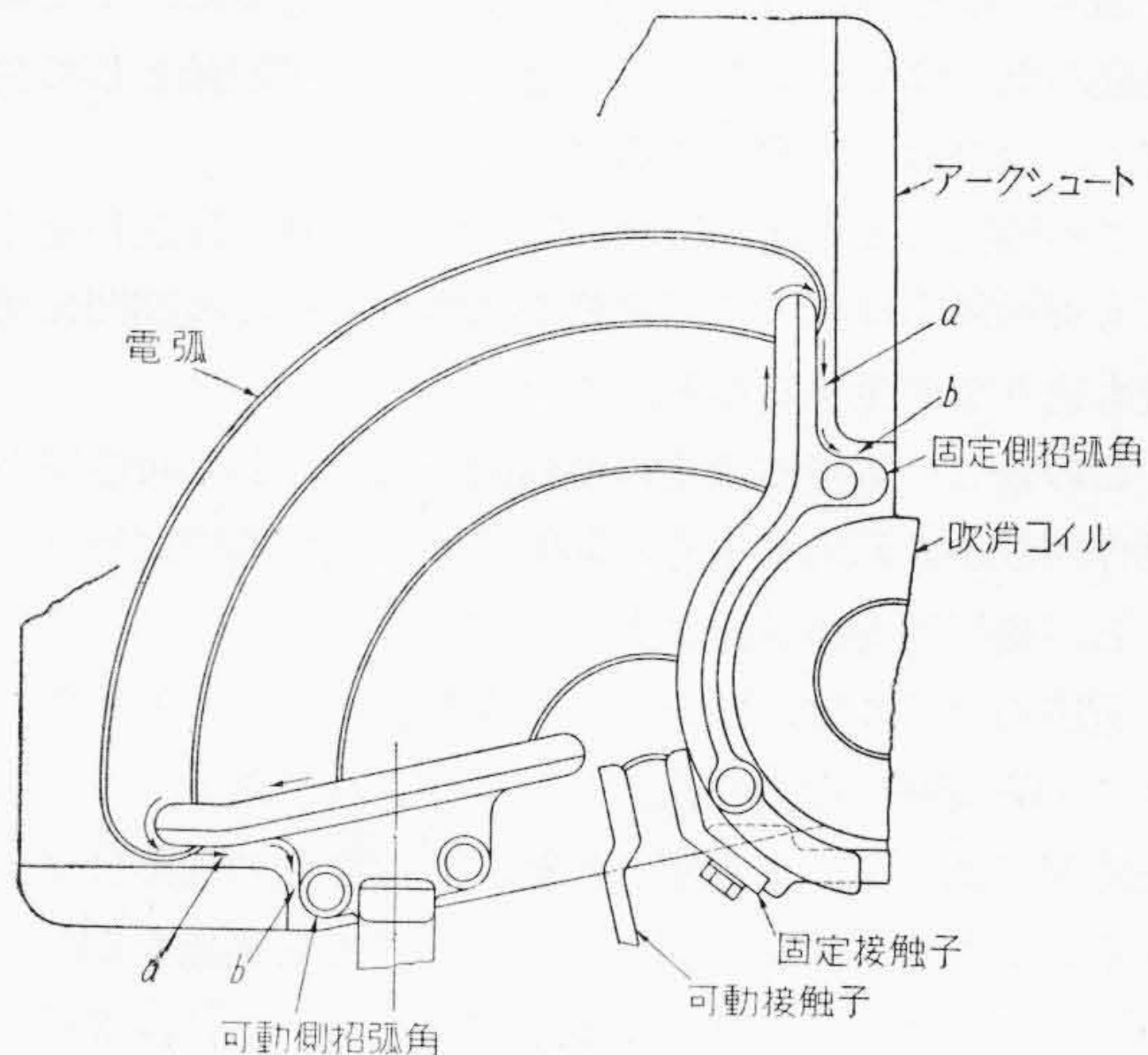
第6図に示すように二重切接点機構で、常時開接点(*a* 接点) 4 個、常時閉接点(*b* 接点) 4 個、計 8 個を備えている。定格は交流 600 V, 10 A であつて、接点には銀を使用しているので、接触不良なく、接点寿命はきわめて永くまた二重切であるため、可撓リード線の切断などの事故がなく信頼性が非常に高い。

絶縁物は、耐弧性および耐熱性に優れているメラミン樹脂を用いている。

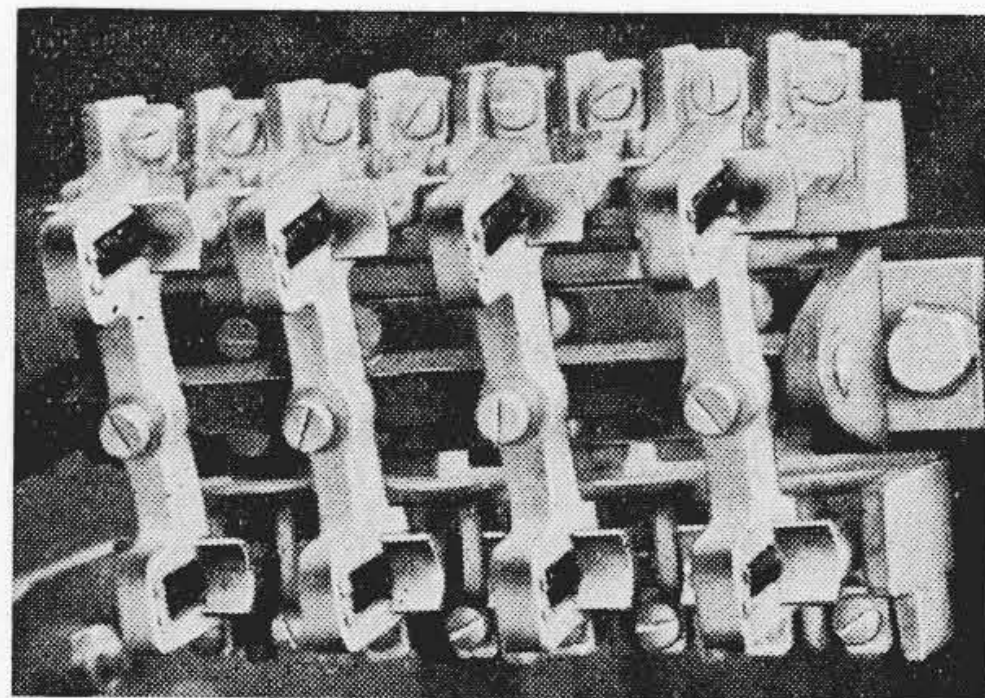
配線作業および接点の交換は、きわめて簡単に行うことができる。

〔VII〕 電 磁 石

接触器用電磁石としては従来二脚型が一般に用いられて来たが、接触器のごとき所要力(第7図、次頁参照)を必



第5図 招弧角の構造
Fig. 5. Structure of Arcing Horns



第6図 新型補助接触(常時開接点 4 個、常時閉接点 4 個付)

Fig. 6. New Type Auxilliary Contact Part with 4 Normally Open Contacts and 4 Normally Closed Contacts

要とするものに対しては、電磁石開離時の吸引力はなるべく大きく、しかも電磁石閉合時の余剰吸引力はなるべく小さいことが望ましい。三脚型電磁石は二脚型よりもこの点において優れているので、本器には三脚型を採用し、きわめて小型にして所要の吸引力を有せしめることに成功した。

一般に交流電磁石の唸り防止のために、その接極面に適當の抵抗値をもつシェーディングコイルが装着されるが、なおそのほかに、固定および可動鉄心を完全に密着させることが必要である。従来はこれを、電磁石組立時にやすりによるすり合せ作業によつて行つていたが、この作業は相當の熟練と時間とを要するにも拘らず、接触器使用中に、接極面の磨耗度の不均等や回動軸のねじれその他の原因で再び唸りを生ずる場合が少くなかつた。この唸りの問題を解決するために、本器の電磁石には、可動鉄心を前後左右に回動しうる、いわゆるフル・フローティング機構を採用している。すなわち第8図で、

可動鉄心はその支持ピンを回転軸として前後に、また可動鉄心支えはヒンジを介して連結ピンを回転軸として左右に、おのおの回動できる。

この機構によれば、組立の際、すり合せを行なわなくても可動鉄心は確実に固定鉄心に密着され、長期間使用後も唸りを発生することがない。

この新しい電磁石はその機械的寿命すなわち可能開閉動作回数がきわめて永く、500 万回以上の開閉に堪えることが機械的寿命試験において確認された。

電磁石コイルは、精撰された VF 線にサーモセットワニス (W-2800) を真空注入して製作されてあるので、完全防湿であつて、また層間短絡、断線などの故障は考えうるいかなる高頻度の開閉用途においても絶無を期している。工場における機械的寿命試験においては、2 秒に 1 回の頻度で開閉を行つている。

〔VIII〕 試 験 結 果

我国における高電圧電磁接触器規格が未制定であるため、日本電機工業会低電圧電磁接触器規格 JEM-1038 を参考として試験した。なお JEC-57「交流遮断器」、米国 NEMA 'Standards for Industrial Control' および独逸 VDE 0660/12.52 をも参考とした。

(1) 動作試験

第 1 表に動作試験結果を示す。

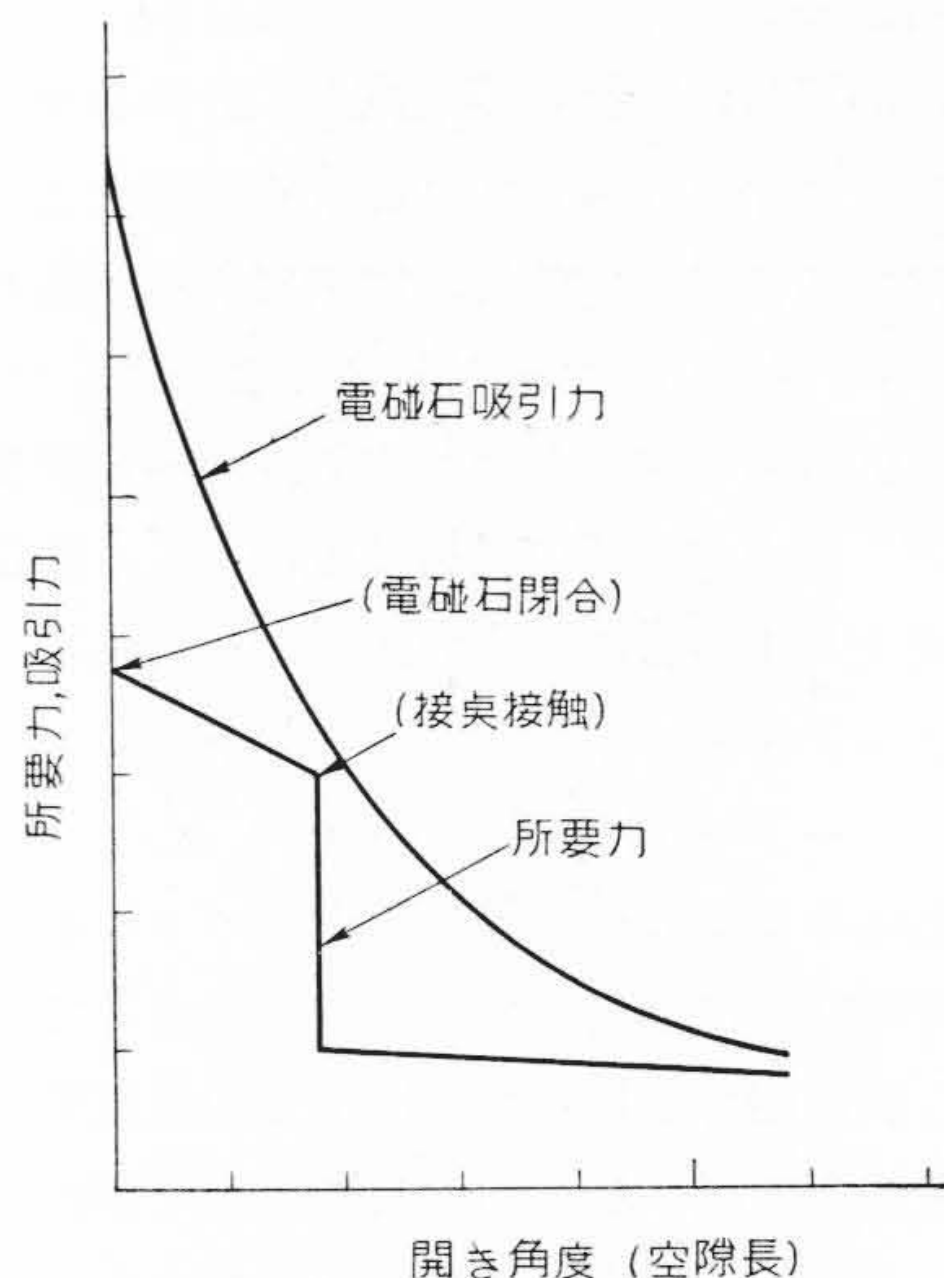
最低動作電圧は、操作回路電圧が低下しても、接触器が支障なく動作する保証最低電圧であつて、JEM-1038 ではこの値を定格電圧の 85% と規定している。この電圧をあまり低くすると、定格電圧における電磁石の機械的衝撃が大きくなつて接触器の電気的および機械的寿命が短縮されるので好ましくない。本器では 79~84% の間におさまっている。

釈放電圧は、閉路状態の接触器を、操作電圧をじよじよに下げて開離せしめるときの電圧であつて、電磁石が残留磁気のため開離不能とならないことを確認するために測定する必要がある。本器では 57~63% の間にある。なお、接触子が消耗して接触圧力が減少してくると、多少低い値となるが、もし接触圧力が零となつても電磁石は釈放可能であることが確認されている。

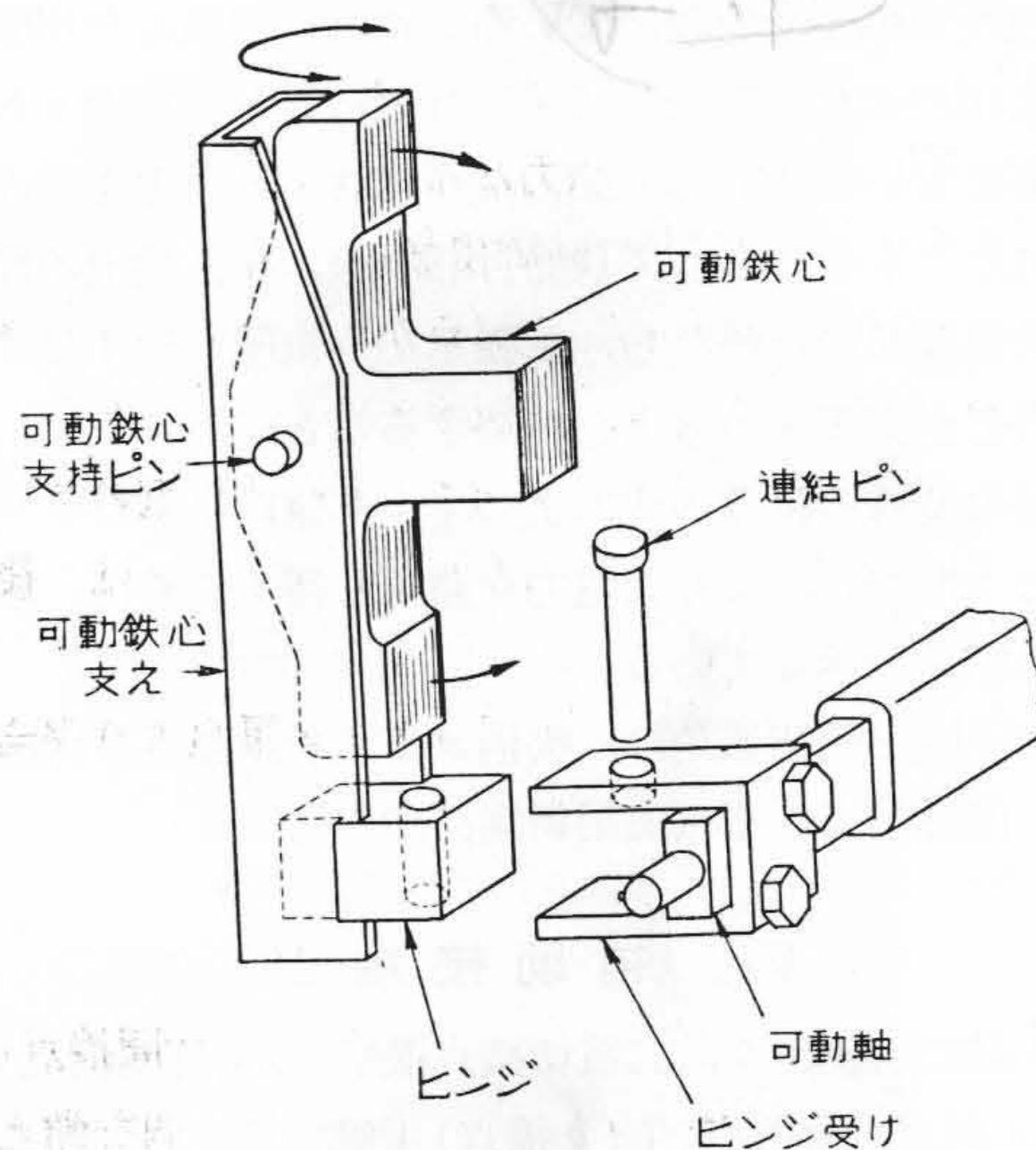
起動時は電磁石可動鉄心が開いているのでコイルのリアクタンスが非常に小さいため、起動電流は閉合時の常用電流の 10 倍以上にもなる。頻繁な開閉を繰返す用途に対しても、この起動電流によりコイルが過熱しないよう充分の考慮を払つている。

励磁電力は大部分鉄損であるが、数十ワットで極めて僅少である。

(2) 温度上昇試験



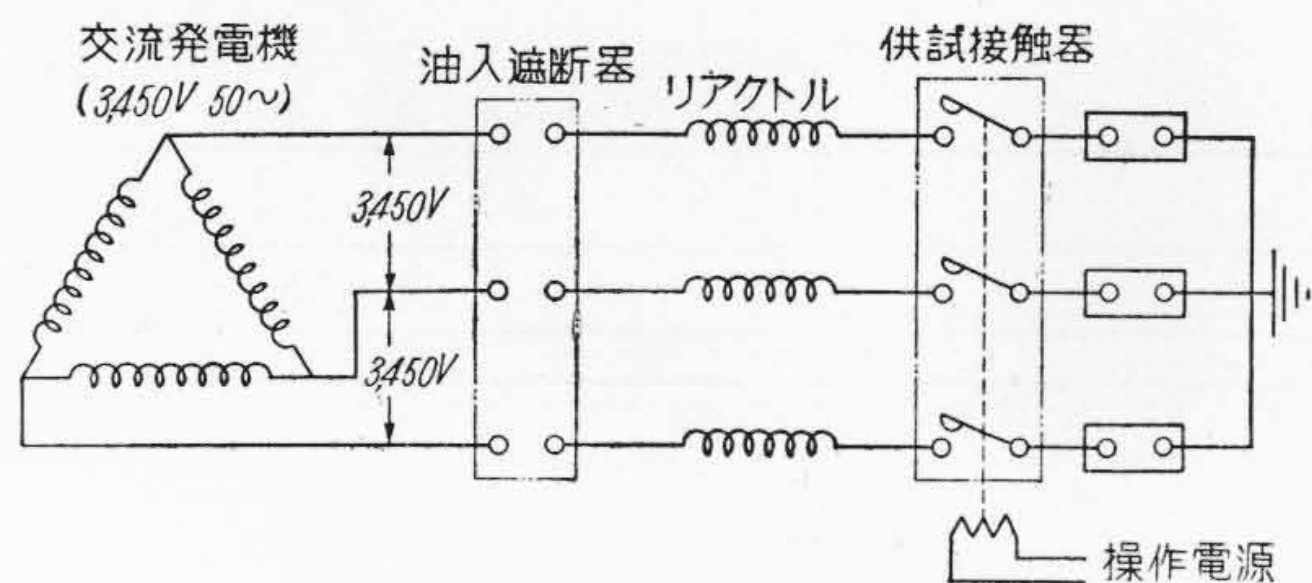
第 7 図 所要力および電磁石の吸引力
Fig. 7. Needed Force and Attractive Force of Electromagnet of Contactor



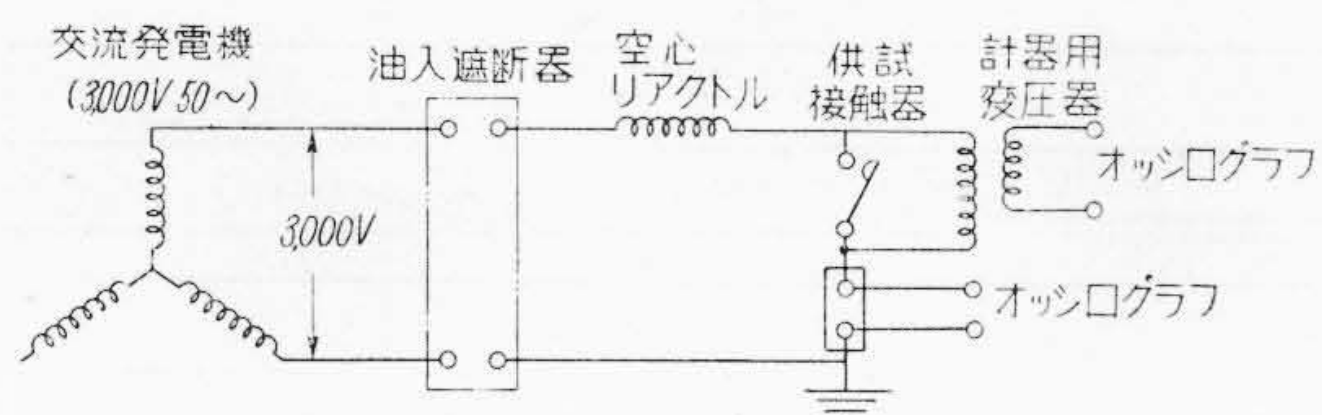
第 8 図 電磁石のフルフローティング機構
Fig. 8. Full-Floating Mechanism of Electromagnet

第 1 表 動作試験結果
Table 1. Results of Operation Tests

	220V 60 $\sim$	200V 50 $\sim$
最低動作電圧 (V)	180~185 (82~84%)	158~165 (79~82.5%)
釈放電圧 (V)	125~135 (57~61.5%)	120~126 (60~63%)
起動電流 (A)	12.6~13.8	13.5~14.0
常用電流 (A)	1.23~1.35	1.0~1.08
励磁電力 (W)	63.5	55.0



第 9 図 三相遮断試験回路 (短絡力率 0.037)
Fig. 9. Circuit of 3-φ Interrupting Test
(Short-Circuit Power Factor 0.037)

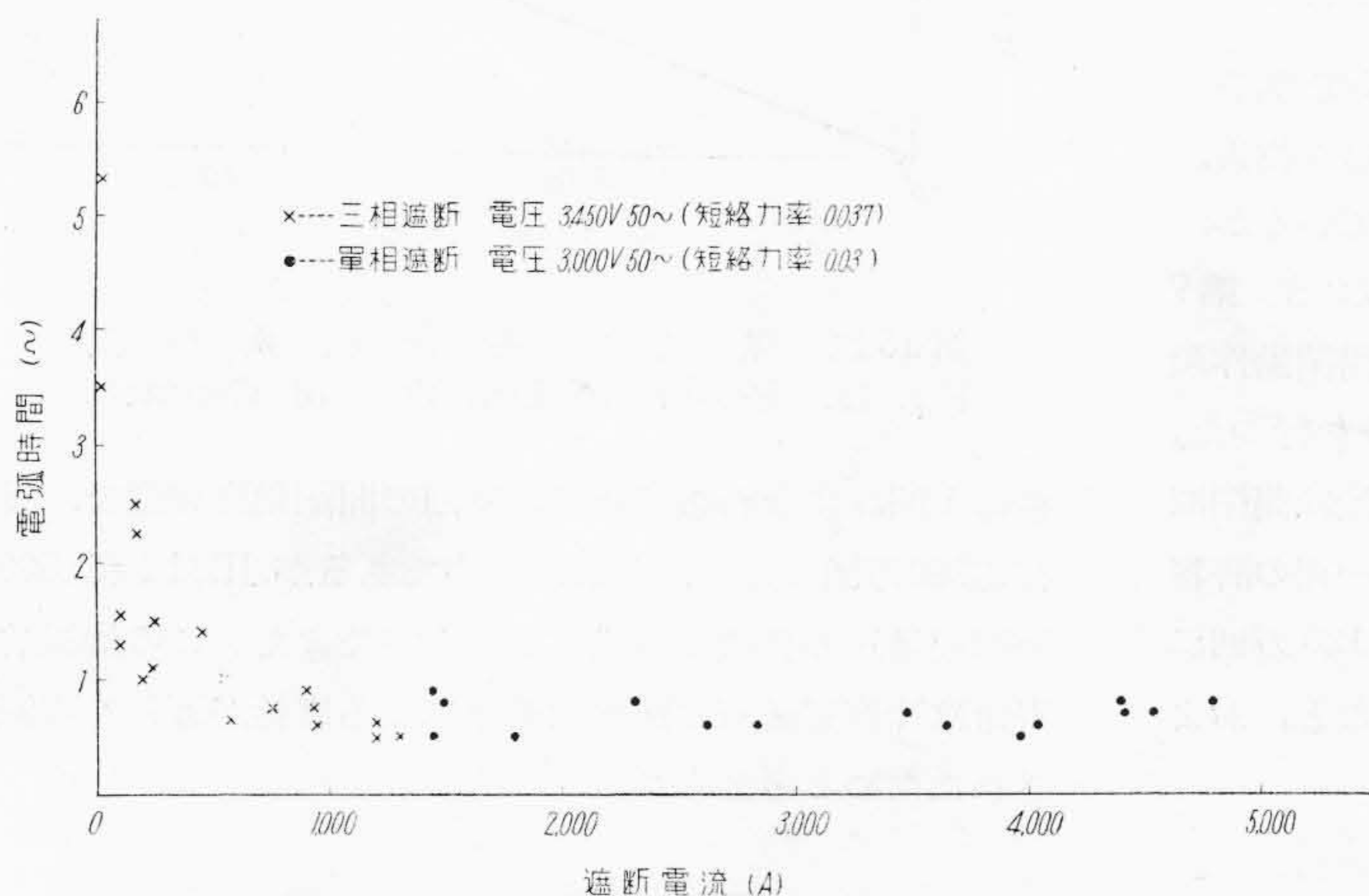


第 10 図 单相遮断試験回路 (短絡力率 0.03)
Fig. 10. Circuit of 1-φ Interrupting Test
(Short-Circuit Power Factor 0.03)

操作電磁石コイルには定格電圧の 110% を加え、主回路には定格電流 200 A, 60~ を通電して温度上昇試験を行つた結果、各部の温度上昇はいずれも、JEM-1029 の規定する値に対して充分の余裕がある。本器は多くの場合開放空間において使用されるものであるが、将来、例えば耐圧防爆容器に収納して使用される場合、容器内の温度上昇を 20°C 増としてもなお余裕のあることが明らかになった。

(3) 絶縁耐力試験

各導電部と接地された金属間、各相間、および接触を開いた状態における極間のそれぞれの絶縁耐力は JEM-1021 の規定に合格する。すなわち交流 10 kV (実効値) を 1 分間印加して、異常は全く認められない。



第 11 図 遮断特性
Fig. 11. Interruption Characteristic of Contactor

第 2 表 单相遮断試験結果
Table 2. Results of 1-φ Interrupting Tests

No.	電 圧 (V)	全 電 流 (A)	交 流 分 (A)	直 流 分 (%)	電弧時間 (s)
1	3000	1,450	1,450	4	0.9
2	"	1,490	1,430	21	0.8
3	"	1,460	1,430	11	0.5
4	"	1,800	1,720	22	0.5
5	"	2,320	1,780	59	0.8
6	"	2,620	2,600	10	0.6
7	"	2,840	2,780	15	0.6
8	"	4,420	3,010	76	0.7
9	"	4,040	2,990	64	0.6
10	"	3,970	3,540	36	0.5
11	"	3,480	3,480	3	0.7
12	"	3,650	3,440	25	0.6
13	"	4,540	4,070	35	0.7
14	"	4,800	4,140	41	0.8
15	3000	4,400	4,140	25	0.8

(注) 短絡力率 0.03

(4) 遮断試験

遮断器におけると同様に、接触器のもつとも重要な性能試験の一つである。試験設備の関係上、比較的小電流の遮断試験は第 9 図の三相試験回路で、また大電流の遮断試験は JEC-57 にもとづき第 10 図の单相試験回路によつて行つた。第 11 図にこれらの遮断試験結果を示し、第 2 表には簡単のため单相遮断試験の結果のみを示してある。単相等価試験は三相試験に比して遮断オシログラムが簡明で、遮断性能の判定が付き易い利点がある。この場合单相試験電圧は $\frac{\sqrt{3}}{2} \times 3,450 \text{ V} = 3,000 \text{ V}$ となる。

第 11 図および第 2 表から、本器は单相 3,000 V において全電流 4,800 A (交流分 4,140 A) を遮断することができた。これは三相 3,450 V において非対称遮断容量 29 MVA, 対称遮断容量 25 MVA に相当する。

第 11 図に見られるように、500 A 以上の大電流遮断の場合、電弧時間は 1~ 以下で、きわめて平坦な遮断特性を示しているが、これは吹消磁界および既述の消弧機構の有効に作用していることを示している。定格電流より遥かに小さい電流、例えば 10 A 以下を遮断する場合には、電弧時間が数秒になるが、自力消弧方式である関係上やむを得ないし、また実際運転上なんら支障あるわけではない。本器はいかなる小電流をも確実に遮断することができる。

第12図、第13図にはおのおの单相 1,800 A および 4,800 A 遮断オシログラムを示す。遮断時に、電弧電圧降下によつて回路力率が改善され、したがつて瞬時回復電圧の値が低下して遮断が容易に行なわれていることが知られる。なお、消弧時に過渡振動再起電圧が生じないのは、磁気遮断器と同様で、残留電流 (Post-arc Current) の影響と考えられ、今後の研究に待つところが多い。

なお、大電流遮断時でも、電弧がアークシュートの外へ逸出する程度は数 cm 以下で、きわめて僅少である。

本器は電力用遮断器のように、故障回路の高速度再閉路を行うようなことはないで、JEC-57 の標準動作責務による CO 試験は行なわず、第10図の单相試験回路を用いて JEM-1038 により定格電流の10倍 2,000 A を CO-15秒-CO-15秒-CO-15秒-CO-15秒-COの標準動作責務にて遮断し、異常なきことを確認した。

第14図にはこの CO 試験オシログラムを示す。

アークシュートは、かゝる大電流の多数回遮断の後でも、ほとんど電弧による損傷を受けていないことが判つた。

(5) 閉路容量試験

第9図の回路を用いて、定格電流の10倍 2,000 A を2秒間隔で100回閉路して、支障なきことを確かめた。この試験は接触子の跳りによる溶着の有無を調べるためのもので JEM-1038 に規定してある。

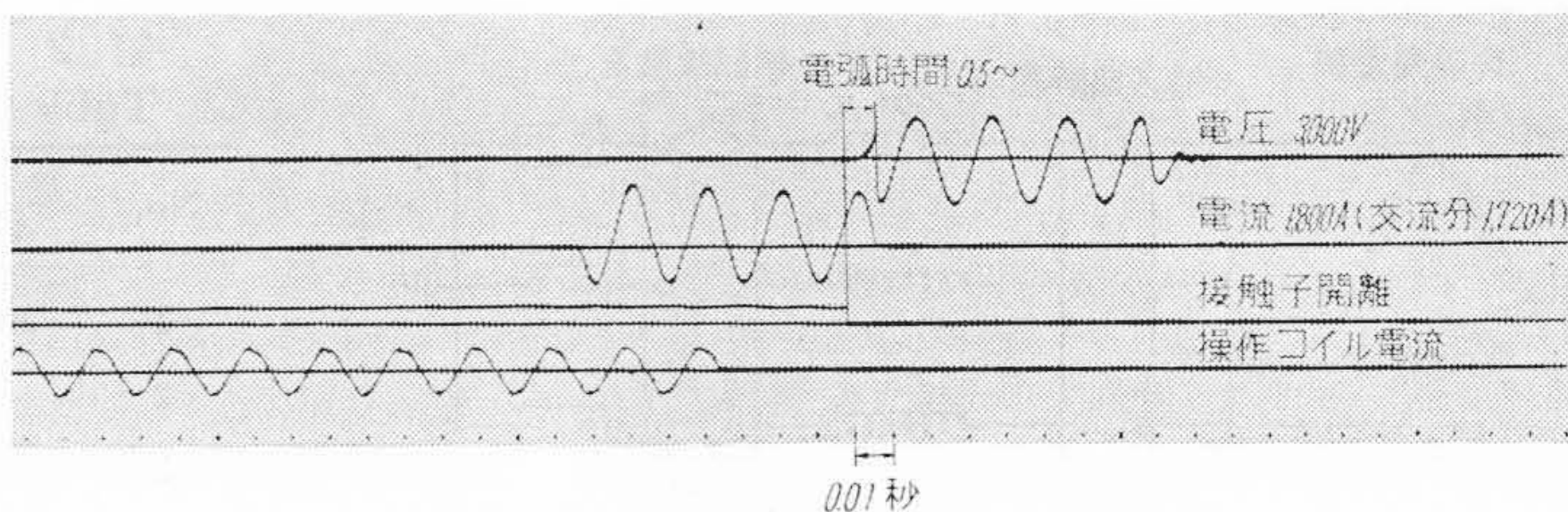
(6) 電氣的寿命試験

主として接触子の寿命を調べるための試験である。JEM-1038 には、A級接触器は定格電流の5倍を投入、1倍を遮断する寿命試験を行うことを規定しているが、電源設備の関係でこの試験は不可能であつたので、第9図の回路により定格電流 200 A の投入遮断、開閉動作頻度 6 秒に1回、すなわち毎時600回の寿命試験を行つた。

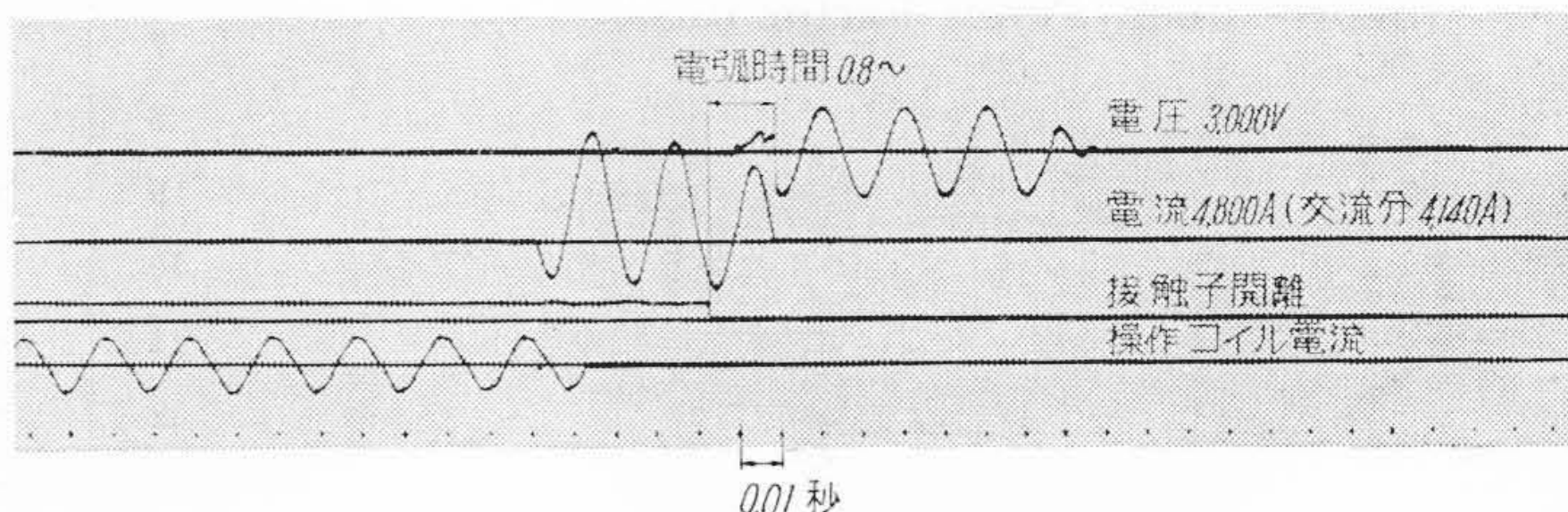
試験の結果は第15図に示される。接触子減量は開閉回数に対し直線的に増加することが知られる。一相の許容減量は約 36 g であるから、接触子寿命は約 120 万回にも達する。これは、接触子の跳りが僅少なること、および吹磁消界の有効なるためと考えられる。

(7) 機械的寿命試験

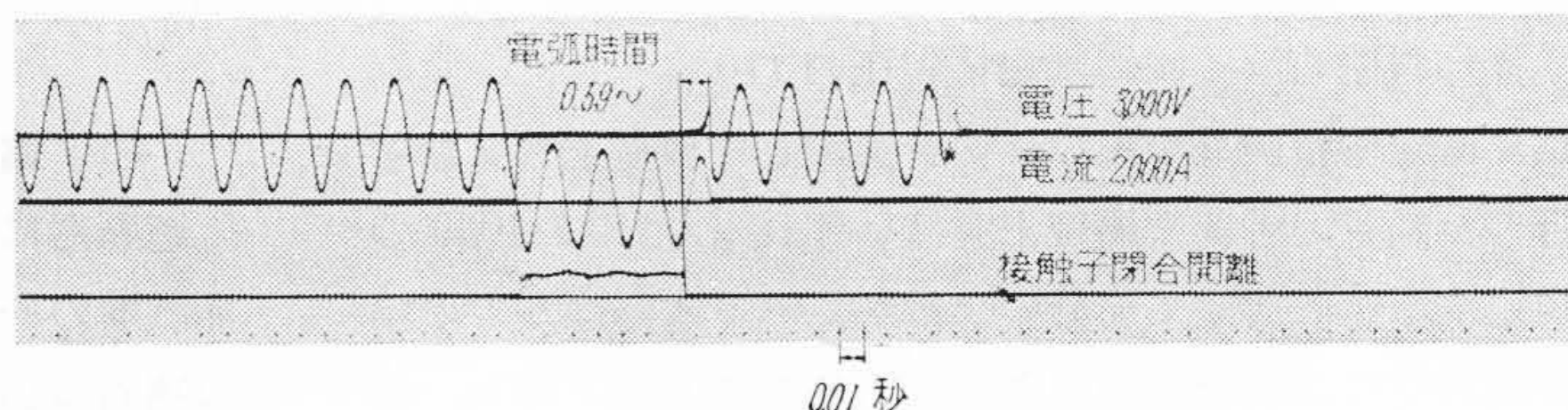
接触器の機械的耐久性を判定するための開閉動作試験で、主回路は無通電で行う。所要時間を短縮するため2



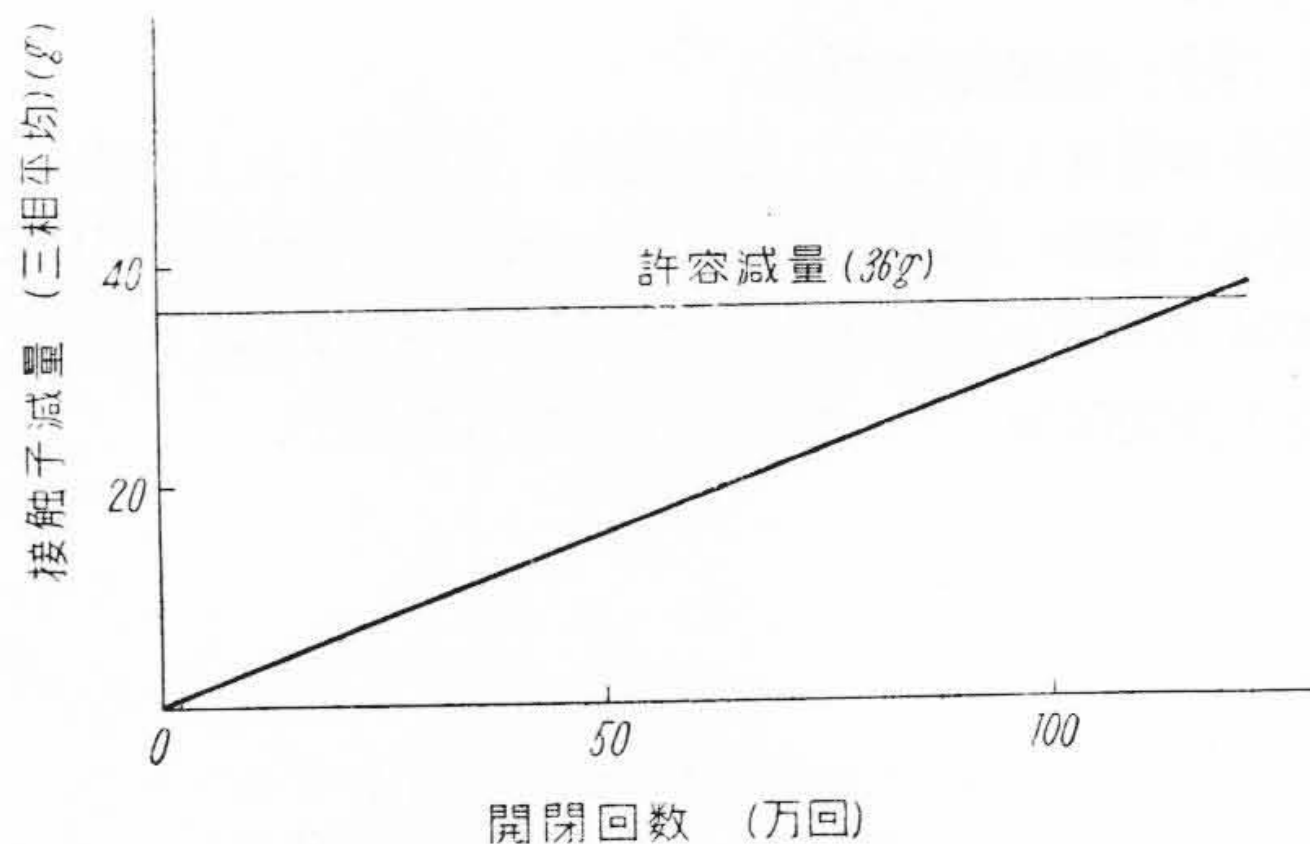
第12図 单相 1,800 A 遮断オシログラム
Fig. 12. Oscillogram of 1-φ 1,800A Interruption



第13図 单相 4,800 A 遮断オシログラム
Fig. 13. Oscillogram of 1-φ 4,800A Interruption



第14図 2,000 A CO 試験オシログラム
Fig. 14. Oscillogram of 2,000A CO Test



第15図 電氣的寿命試験結果
Fig. 15. Results of Life Test of Contacts

秒に1回、すなわち毎時 1,800 回の開閉動作頻度で、現在約720万回に達し、なお続行中であるが JEM 1 種 (500 万回超過) の目標は達成することができた。この機械的寿命は操作電磁石の機械的衝撃による磨耗が著しく軽減されたためと考えられる。

〔IX〕 結 言

今回新たに開発された高電圧気中接触器は、構造上小

型軽量で保守・点検が至便であるとともに、性能上、遮断容量がきわめて大きいこと(三相 3,450V において 25 MVA)、接触子の電氣的寿命がきわめて永いこと(50万回以上)、および操作交流電磁石の機械的寿命がきわめて永いこと(500 万回以上)の三つの特長を有している。これらの性能は、JEM-1038 に準じて行なわれた厳密なる性能試験によつて確認された。機械的寿命試験のみは現在約 720 万回に達したが、なお続行中である。

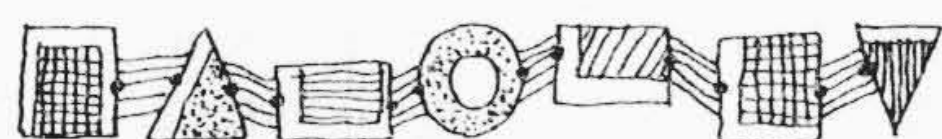
この新型接触器は、苛酷な運転を要求される各種電動機応用分野の広範囲に亘つて採用され優秀な運転実績を示しつつあり、今後もますますその需要は増加するものと考えられる。本器は電動機の起動運転を行うほかに、過負荷継電器と組合せて電動機の過負荷保護を行うことも可能である。また本器の操作電磁石の代りに適当な投入および引外装置を付加すれば、直ちに従来の高圧油入配電函あるいは小容量油入遮断器に代る油なし 25MVA 遮断器として、電動機回路の短絡保護を行なわせること

もできる。

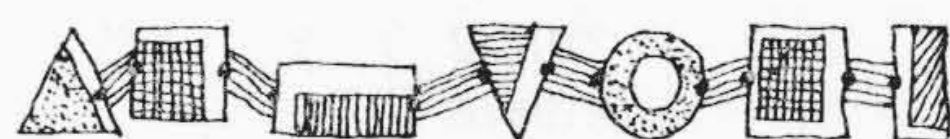
最後に、本器の完成に際し、終始御指導をいただいた日立製作所日立工場藤久保副工場長、稲木部長、日立研究所牧主任研究員、鴨志田主任に深謝するとともに、遮断性能試験を直接担当していただいた日立研究所早瀬氏、後藤氏そのほか関係各位に厚くお礼を申しあげる。

参 考 文 献

- (1) E.W. Boehne & L.J. Linde: T.A.I.E.E. 59 202 (1940)
- (2) B.J. Dalton: G.E. Rev. 54 49 (1951)
- (3) C.A. Lister: T.A.I.E.E. 72 Part II, 145 (1953)
- (4) G.W. Heumann: Magnetic Control of Industrial Motors, 182 (1947)
- (5) H.D. James & L.E. Markle: Contrwllers for Electric Motors, 38 (1952)
- (6) 福田: 電力用遮断器便覧 65 (1955)
- (7) 潮: 三菱電機 30 109 (1956)



新 案 の 紹 介



実用新案 第 420252 号

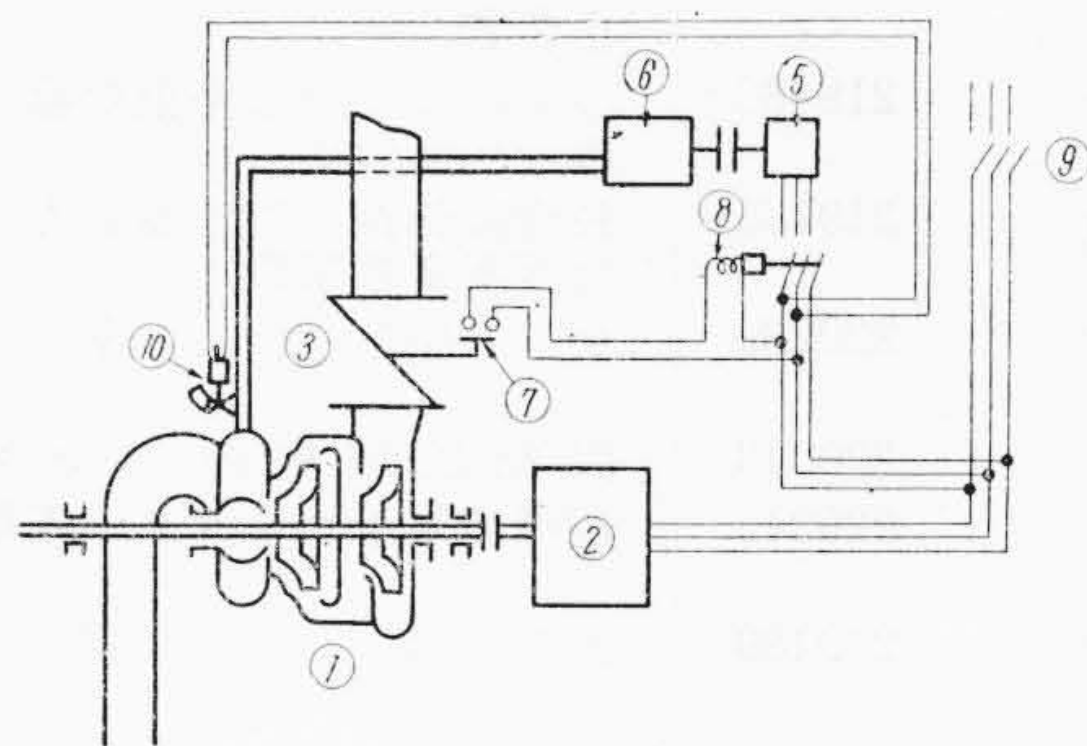
山 内 章 正

ポ ン プ の 自 吸 装 置

この自吸装置はチェックバルブの開閉に連動して真空ポンプの駆動停止を自動的に行うようにしたものである。

電源スイッチ 9 を閉じモータ 2 を駆動させてポンプ 1 を運転する場合、吐出圧力が高まつて送水が行われるまではチェックバルブ 3 は閉じており、リミットスイッチ 7 も閉じている。したがつて、電源スイッチ 9 を閉じると同時にマグネットバルブ 10 が閉じ、マグネットスイッチ 8 は励磁されてモータ 5 の回路を閉じる。これにより真空ポンプ 6 が回転し、ポンプ 1 内の空気を抜き出す。空気が抜き出されて揚水が始まるとチェックバルブ 3 が開き、それと共にリミットスイッチ 7 が開かれる。リミットスイッチ 7 が開かれるとマグネットスイッチ 8 が消磁してモータ 5 の回路を開き、真空ポンプ 6 は停止する。真空ポンプが停止しても電源スイッチ 9 は閉じているから、ポンプは運転を続け送水が行われる。

ポンプを停止する場合は電源スイッチ 9 を開くと、マグネットバルブ 10 は開いてポンプ内に空気を導入し、サイフォン効果によつて吸込管にポンプ内の水が全部流下するのを防止する。また、チェックバルブ 3 は閉じてリ



ミットスイッチ 7 を閉じる。そして再び電源スイッチを閉じれば、マグネットバルブ 10 の閉鎖と共に真空ポンプは起動し得る状態になる。

この自吸装置は、フロート式または圧力式のスイッチにより真空ポンプを作動させる従来の自吸装置よりも構造が簡単で、ポンプケーシング内にポンプのインペラと同一軸上に真空ポンプのロータを組みこんだ自吸装置に比べれば、ポンプ揚水中における真空ポンプのロータの回転に要する動力が不要となり、ポンプの効率を良くすることができる。(富田)

(その1)

(第30頁へ続く)