

カム形ユニットスイッチの諸特性

The Characteristics of Cam Type Unit Switch

渡辺 新太郎*
Shintarō Watanabe

内 容 梗 概

中容量以下の三相誘導電動機に使用する各種のカム形ユニットスイッチを完成した。本カム形ユニットスイッチの温度上昇特性、遮断性能ならびに回路切換時に関連した問題点の計算結果と、実験結果を比較検討し最後に本スイッチの応用例について述べる。

1. 緒 言

産業機械用電動機に使用される開閉器の最近の傾向は、電動機の保護と操作の容易さならびに高性能を主眼とし、電磁開閉器が広く使用されている。しかし一方、一般工作機械をはじめ各種電動力応用機械においては、制御方式の簡易化、制御装置の小形化、価格の低減などの面から、手動開閉器もまた単独あるいは電磁開閉器と組み合わせて多数使用されており、この種の開閉器に対しても高性能小形化の要求が非常に多い。

日立製作所ではそれらの要求を満足させるため、開閉部分をユニット化したカム形ユニットスイッチを計画し、試作研究を続けてきたが、このたび4種類のフレームを製品化し、中容量以下の電動機に使用できる新しい系列を完成した。

ここにユニット化の要点とカム形ユニットスイッチの諸性能ならびに回路切換用開閉器に応用する場合のカムの選定と実験結果について述べ、最後に本カム形ユニットスイッチの応用例を紹介する。

2. ユニット化と接触方式

一般開閉器は周知のとおり数個の開閉部分を組み合わせられており、基本となるものはその開閉部分である。したがって開閉部分をユニット化し、組み合わせ自由な構造にしておけば、それを適当に何個か組み合わせ、開閉位置を適応させることによって、そのユニットの開閉容量に応じた各種の開閉器を構成させることができる。

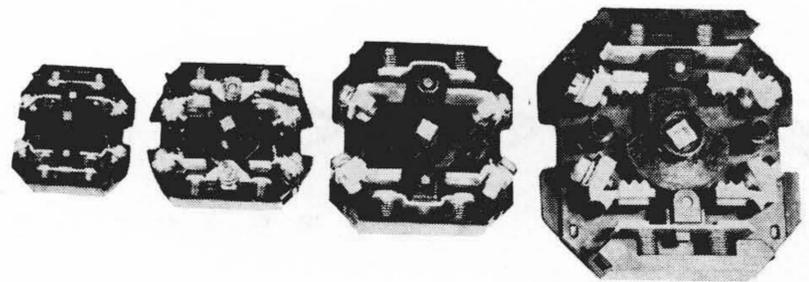
以上の点から、開閉部分をユニット化しそれを系列化するならばそれらを応用して各種の開閉器の系列を完成させることができる。

また開閉部分をユニット化するについて、まずどのような接触方式を採用するかが問題となる。

従来中小容量の開閉器に用いられている接触方式としては、銅接触子を用いたドラム形接触方式、銀または銀合金接点を用いた衝合接触方式があげられるが、最近では高性能化の要求に伴い、導電性がすぐれ寿命の長い銀系統の接点を用いた衝合接触方式が盛んに用いられ、逐次それらに移行される傾向にある。

また衝合接触方式には一重遮断式と二重遮断式の2種類ある。一重遮断式では接点数が二重遮断式の半数で足りるが、可とう性を有する導電部を必要とする。二重遮断式では接点の動作距離が半分で一重遮断式と同一な遮断距離が得られるほか、遮断時のアークによる磁気吹消効果が得られる。

接触方式の選択にあたっては以上の点を加味し、高性能、長寿命、小形軽量、構造簡単、保守の容易などの諸点を検討し、特殊銀合金の接点を用いた二重遮断式の衝合接触を採用することにした。なお開閉動作機構としてはカムを用いた押切方式を採用した。



(左から 20, 50, 100, 150 形)

第1図 カム形ユニットスイッチ

第1表 カム形ユニットスイッチのフレームと定格

フレーム	電流容量 (A)	直入起動における最大適用電動機容量 (kW)	
		200V 級	400V 級
20	20	3.7	5.5
50	50	7.5	11
100	100	22	30
150	150	37	55

3. カム形ユニットスイッチの仕様および構造

3.1 仕 様

完成したカム形ユニットスイッチのフレームは第1図に示すように、20, 50, 100, 150形の4種類で、それらの電流容量および三相誘導電動機の直入起動に使用する場合の、各電圧における最高適用電動機容量は第1表に示すとおりである。

3.2 構 造

カム形ユニットスイッチは第2図に示すように、合成樹脂で成形した絶縁わく内に二重遮断の開閉部を2組対向させ、中央に設けたカムを回転させることによって、ローラを介して可動接点が開閉動作を行なうようになっている。

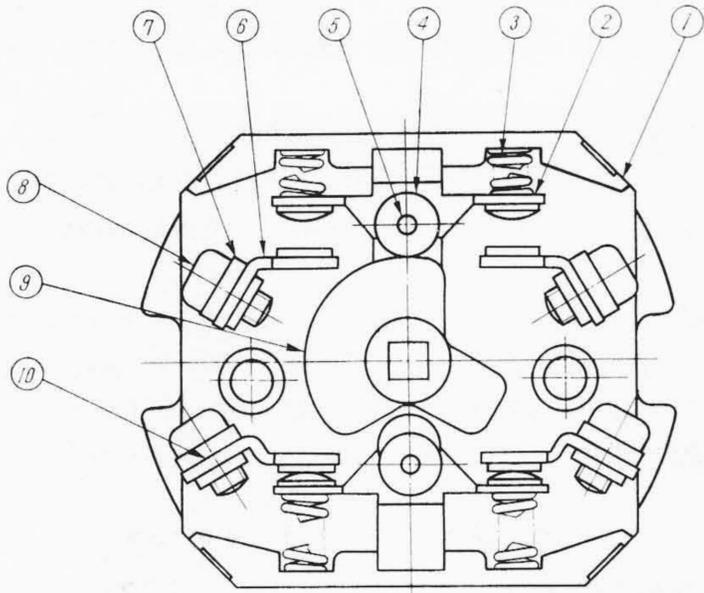
可動接点は2個のコンタクトバネによって平衡を保ちながら、絶縁わくに設けられたみぞをガイドに垂直に運動する。またカムと可動接点との間にはローラをそう入して摩擦抵抗を軽減している。したがって接点の片寄り片当りなどがなく、開閉動作が均一で操作も円滑軽快に行なわれる。

また固定接点には両側に突起を設けてあり、絶縁わくのみぞにそう入され、ユニットを積重ねることによって両側から確実に固定される。

中央のカムは耐衝撃性の合性樹脂で成形され、操作ハンドルに連結した角軸にそう入される。したがって同一のカムで、そう入の方向を反転または90, 180度と変えることによって各種の開閉位置が得られるから、特殊な操作の開閉器を除けば数種類のカムで一般開閉器の構成を満足させることができる。

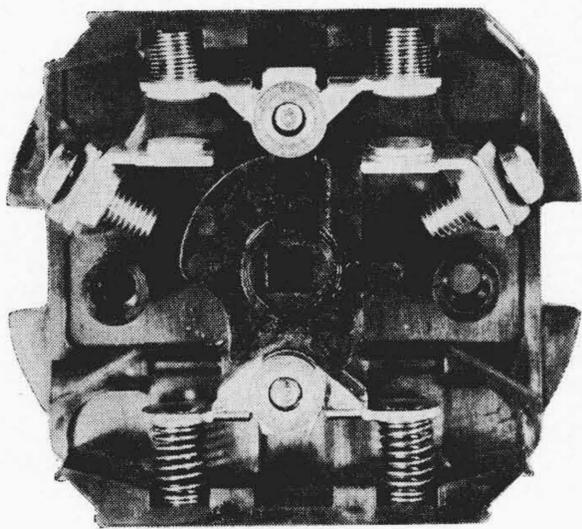
またカム形ユニットスイッチは、接点部分を取はずして部品を一

* 日立製作所亀戸工場



番号	部品名	番号	部品名
1	絶縁わく	6	固定接点 A
2	可動接点	7	端子座金
3	コンタクトバネ	8	端子ネジ
4	ローラ	9	操作カム
5	ローラピン	10	固定接点 B

第2図 カム形ユニットスイッチの構造



第3図 片側をハンドル安定装置としたカム形ユニットスイッチ (50形)

部追加するのみでハンドル安定装置に使用することができる。なおユニットの積段数が少ない開閉器の場合には、片側を開閉接点とし片側をハンドル安定装置とするだけで十分その目的を果すことができるので開閉器を小形化することができる。

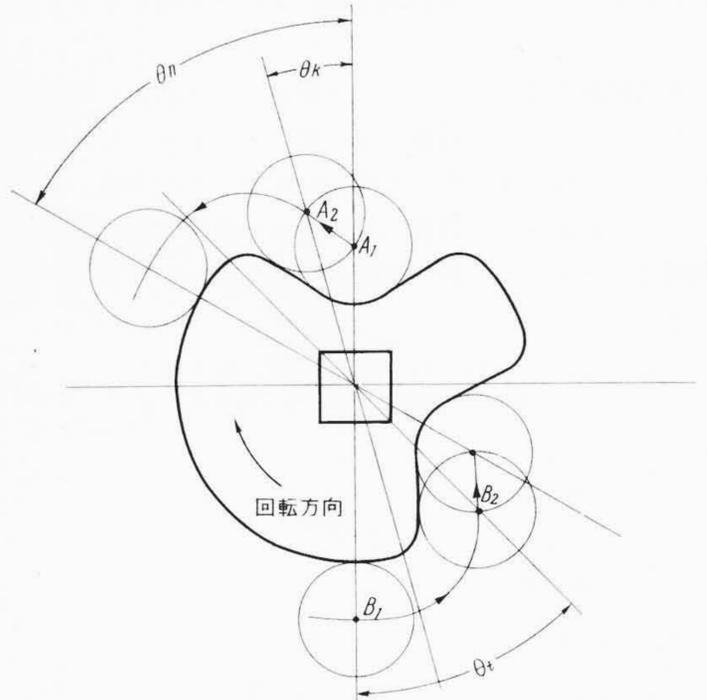
第3図は上側を開閉接点、下側をハンドル安定装置としたカム形ユニットスイッチの一例である。

4. 操作カムおよび切換余裕時間

カム形ユニットスイッチの操作カムの輪郭曲線には、閉路および遮断速度が早く、回転を円滑にし操作力を軽くすることができるなどの点から、円弧と直線を組み合わせた接線カムを採用した。

また回路の切換用開閉器に使用する操作カムは、閉路および遮断速度が早いことや操作が円滑であることなどのほかに、開路と閉路が絶対に重畳しない形状でしかも余裕を有していることが必要である。たとえばスターデルタ切換えなどでは閉路と開路が重畳した場合、切換時には三相が短絡された形となり重大な事故を招くことになる。

以上の点から回路の切換えを行なう開閉器に用いる操作カムは、ハンドル操作によるカムの回転角速度ならびに開路時のアーク遮断時間などを検討し、十分余裕をもった安全な開路および閉路角度を



第4図 接点開閉角度

第2表 ハンドル操作によるカムの角速度

試料番号	ハンドルの長さ (mm)	ハンドルの操作力 (kg)	切換時の角速度 (rad/s)	
			普通操作	素早い操作
1	70	1~1.5	10~14	18~21
2	90	4~6	5~7	15~17.4

決定する必要がある。

次に切換時の余裕時間からみた開路および閉路角度とカムの主要寸法の選定について検討を加えてみる。

操作カムの回転によりローラが垂直に動作するものとし、わかりやすくするためカムを固定しローラを動かして、ローラとカムの関係を図示すると第4図のようになる。

図において上側ローラの中心が A₁ から A₂ まで、すなわちカムが θ_k の角度回転したときに上側接点が開路するものとし、また下側ローラの中心が B₁ から B₂ まで、すなわちカムが θ_t の角度回転したとき下側接点が開路して切換えを行なうものとすれば、切換余裕時間 (t) と開路角度 (θ_k) および閉路角度 (θ_t) との関係は次式のようにになる。

$$t = \frac{(\theta_t - \theta_k)}{\omega} - t_a \dots \dots \dots (1)$$

ただし ω はカムの回転角速度、t_a は開路時のアーク遮断時間である。

またカムの輪郭曲線が第4図のように開路部、閉路部ともに同一な曲線で構成されているならば、(1)式は次式のようにになる。

$$t = \frac{(\theta_n - 2\theta_k)}{\omega} - t_a \dots \dots \dots (2)$$

ただし θ_n = θ_t + θ_k

なお θ_n はハンドルのノッチ角度である。

(2)式のうちカムの角速度 (ω) は、カム軸を回すハンドルの長さ、ハンドル操作の重さ、ハンドル安定装置の影響などによって一定速度でなく、また操作する人の力量などによっても異なるが、この種の開閉器についてオシログラフを用いて測定した結果第2表に示すような値であった。

開路時のアーク遮断時間 (t_a) は、後述するカム形ユニットスイッチの遮断特性のオシログラフからも明らかであるが、定格遮断容量以下の電圧、電流では、交流遮断であるから 0.5 サイクル、すなわち 0.01 秒以下であるのが普通である。一例として上記の値を用いて

切換余裕時間(t)と接点開路角度(θ_k)の関係を図示すると第5図のようになる。

また接点開路角度(θ_k)とカムの主要部分の寸法との関係は第6図のようにローラがカムの直線部分に接しているあいだに接点が開路するものとし、 r_b を基礎円の半径、 r_r をローラの半径、 g をローラがカムの中心に最も近い位置にあるときの基礎円との間げき、 i を接点開路までのローラの動作距離(接触深さ)とすれば、次式のようになる。

$$\theta_k = \cos^{-1} \frac{r_b + r_r}{r_b + r_r + g + i} - \cos^{-1} \frac{r_b + r_r}{r_b + r_r + g} \dots\dots\dots (3)$$

また $n = \frac{g}{r_b + r_r}$

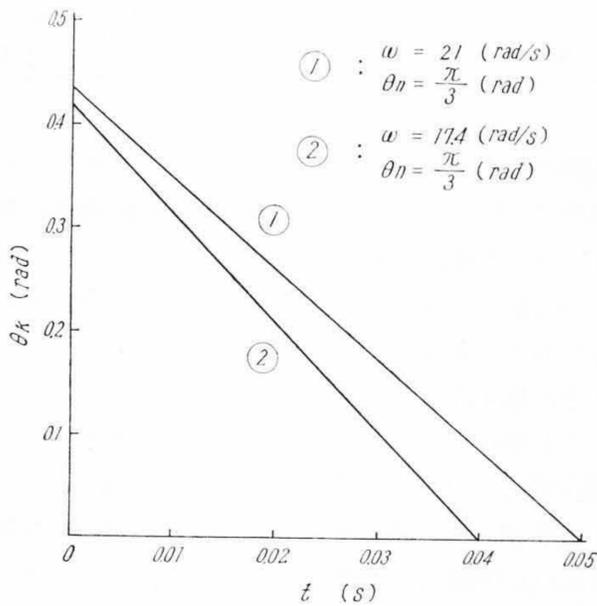
$m = \frac{i}{r_b + r_r}$

とすれば、(3)式は次式のようにになる。

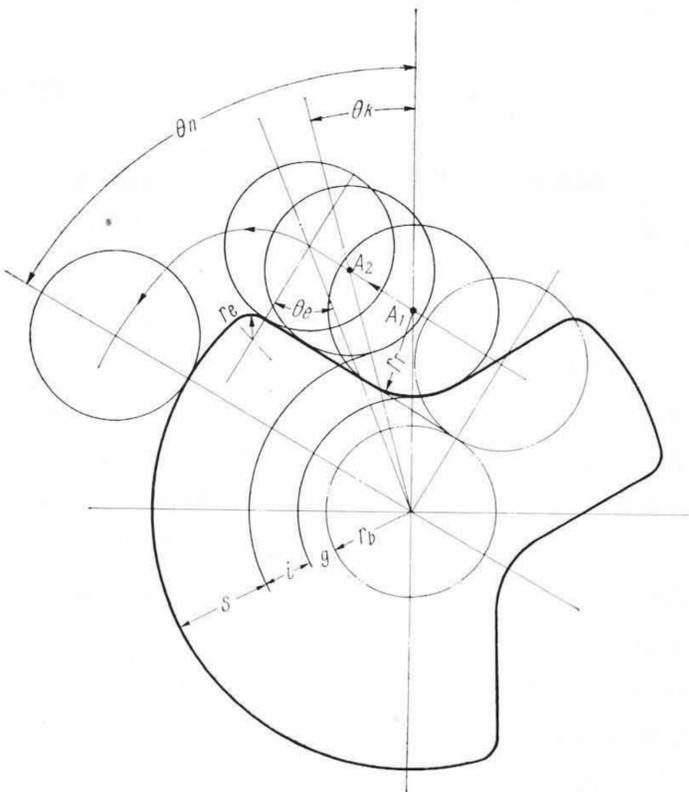
$$\theta_k = \cos^{-1} \frac{1}{1+m+n} - \cos^{-1} \frac{1}{1+n} \dots\dots\dots (4)$$

なお(4)式から θ_k の値と n/m および $1/m$ との関係を求め実際に利用される部分を図示すると第7図のようになる。

操作カムを設計する場合には、開閉器の定格および接点の寸法から接触深さ(i)が決定されるので、切換余裕時間(t)およびノッチ



第5図 開路角度(θ_k)と切換余裕時(t)との関係



第6図 操作カムの一例

角度(θ_n)をいくりにするかによって接点開路角度(θ_k)が決まれば第7図から主要部分の寸法を開閉器の構造に応じて選定することができる。

また第6図のようにカムの外径は遮断距離(s)によって決まる。なお外周と接する円弧の半径(r_e)は、ローラの最大接触角(θ_e)があまり大きくならないようハンドルの操作力を考慮して決める必要がある。

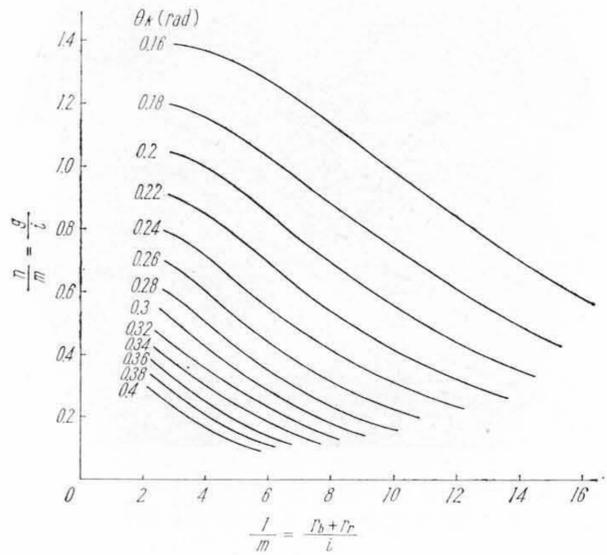
第5図および第7図を用いて設計した後述するスターデルタ起動器について、一番すばやくハンドルを回した場合の切換余裕時間を測定した結果、ほぼ設計値と一致し0.02~0.03秒であった。これはアーク遮断時間の2~3倍以上の値であり十分余裕を有している。

5. カム形ユニットスイッチの特性

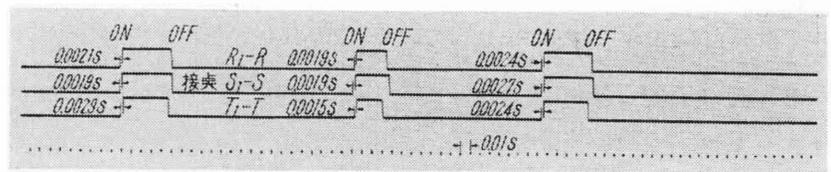
5.1 機械的閉路特性

誘導電動機に使用する開閉器では、大きな起動電流を閉路するから、閉路時に接点が大きく躍動するようなことがあると、躍動時に発生するアーク熱によって接点が溶着を起こす原因となり、また接点の消耗を早め寿命を短くすることは明らかである。

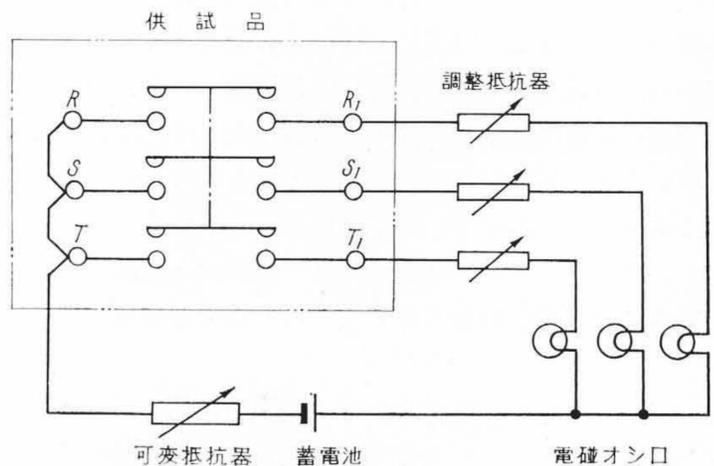
カム形ユニットスイッチについてもまったく同様なことが考えられるので機械的閉路特性を測定した。その結果、各フレームともに躍動現象が見うけられず良好な閉路特性を有していることを確認した。第8図に閉路特性の一例を示す。また第9図はその測定回路で



第7図 開路角度(θ_k)に対する $\frac{n}{m}$ と $\frac{1}{m}$ の関係



第8図 機械的閉路特性(50形)



第9図 機械的閉路特性測定回路

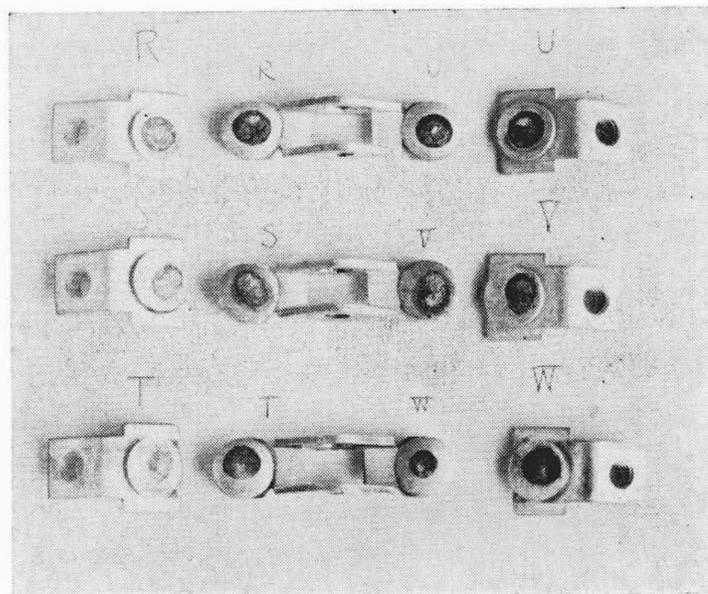
第3表 温度上昇特性

フレーム	通電電流 (A)	温度上昇 (°C)	
		接点	端子
20	20	35	20
50	50	46	41
100	100	44	38
150	150	45	42
規格値	—	75	50

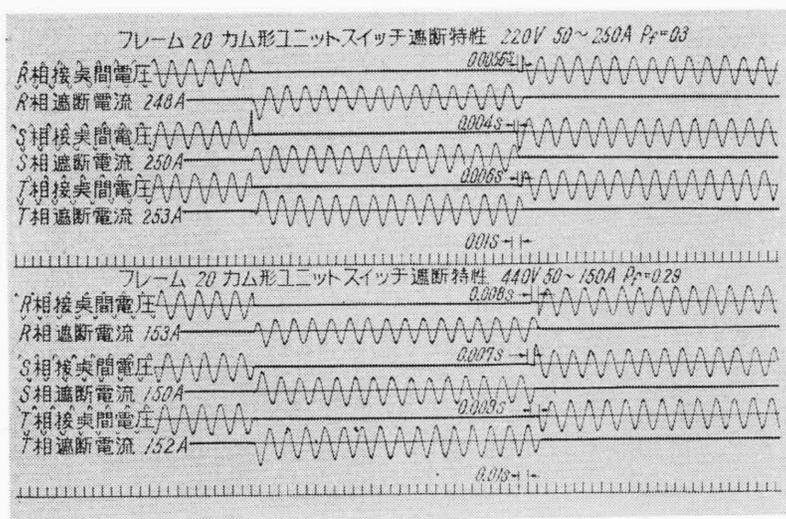
注：温度は各測定点中の最高値を示す

第4表 各フレームの閉路および遮断電流容量

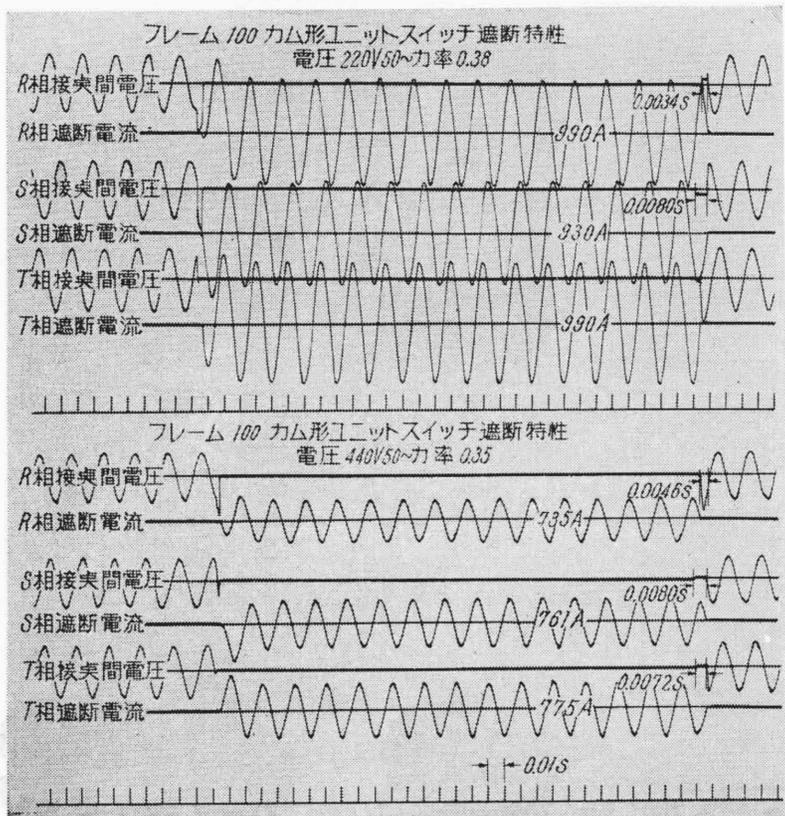
フレーム	閉路電流 (A)	
	220 V	440 V
20	250	150
50	500	300
100	1,000	730
150	1,500	1,400



第12図 電氣的寿命試験10万回後の接点消耗状況(50形)



第10図 閉路および遮断特性(20形)



第11図 閉路および遮断特性(100形)

ある。

5.2 温度上昇

カム形ユニットスイッチは単体として使用されることがなく、数個組み合わせて使用される点から、閉鎖形可逆開閉器として組み立てたものについて行ない、定格電流を通電して各部の温度が一定となったのち熱電対を用いて測定した。第3表に測定結果を示す。

5.3 閉路および遮断電流容量

カム形ユニットスイッチを組み合わせた開閉器は、主としてカゴ形誘導電動機の直入起動用として使用され、慣性の大きな負荷を運転する電動機や可逆運転用などにも使用されるから、電動機の最大電流以上の電流を余裕をもって安全確実に開閉しなければならぬ。

以上の点から、JIS C4504 誘導電動機の直入起動開閉器通則では適用電動機の全負荷電流の10倍以上の閉路および遮断電流容量を有することを規定している。

カム形ユニットスイッチも上記規格に基き入切開閉器および可逆開閉器として組立て、閉路および遮断電流容量試験を行なった。試験の結果、いずれも規格値を十分上回る容量を有することが確認された。各フレームの閉路および遮断電流容量を第4表に示す。また第10、11図は閉路および遮断特性を測定したオシログラフの一例である。

5.4 寿命試験

接点消耗のおもな原因は、閉路あるいは開路時に発生するアークによるものであるが、カム形ユニットスイッチは機械的閉路特性で見られるように、閉路時の躍動現象がまったくなく、また試験中においても閉路時のアークは見られなかった。したがって接点消耗の主因は開路時のアークによるものと考えられる。

カム形ユニットスイッチの寿命試験は、入切開閉器として組み立て毎時600回のひん度で第1表に示す最高適用電動機的全負荷電流の5倍の電流を閉路し、継電器により全負荷電流に切換えて開路するようにして行なった。各フレームともに10万回以上の試験を行なったが、いずれも接点の消耗がきわめて少なく良好であることを確認した。10万回の寿命試験後における接点の消耗状況の一例を第12図に示す。

6. カム形ユニットスイッチの特長

カム形ユニットスイッチは、上述のように種々多くの特長を有しているが、従来の開閉器に比較しすぐれているおもな点を述べると次のとおりである。

- (1) 接点の開閉は、各相ごとに絶縁物で隔離された室内で行なわれるから、アークによる相間短絡の心配がない。
- (2) 接点には良質な耐アーク性の銀合金を用いているから導電性が良好で寿命が長く、また接点の手入れが不要である。
- (3) 二重遮断の衝合接触方式を用いているから、小形で遮断容量が大きく、また遮断時のアークによる磁気吹消効果が得られるので、遮断が迅速に行なわれる。

- (4) カムによる押切方式であるから遮断が確実にこなされる。
- (5) 動作部分の摩擦抵抗が少なく、ハンドル操作が円滑軽快である。

以上は特性面についてのおもな特長であるが、そのほか開閉器として組み立てた場合、従来のものに比較して小形となり、また軽量であるなど性能の向上のみならず多くの特長を有している。

7. カム形ユニットスイッチを応用した各種開閉器

7.1 入切および可逆開閉器

従来この種の開閉器にはドラム形接触方式が多く用いられていたが、カム形ユニットスイッチの系列完成に伴い全面的にこれを取入れた。また特に工作機械などへの需要の増加に備えて、小容量のものでは閉鎖形のほかにフェースプレート付埋込形も標準化された。第 5 表にその標準仕様を示す。また第 13 図はフェースプレート付埋込形可逆開閉器の一例である。

7.2 極数切換開閉器

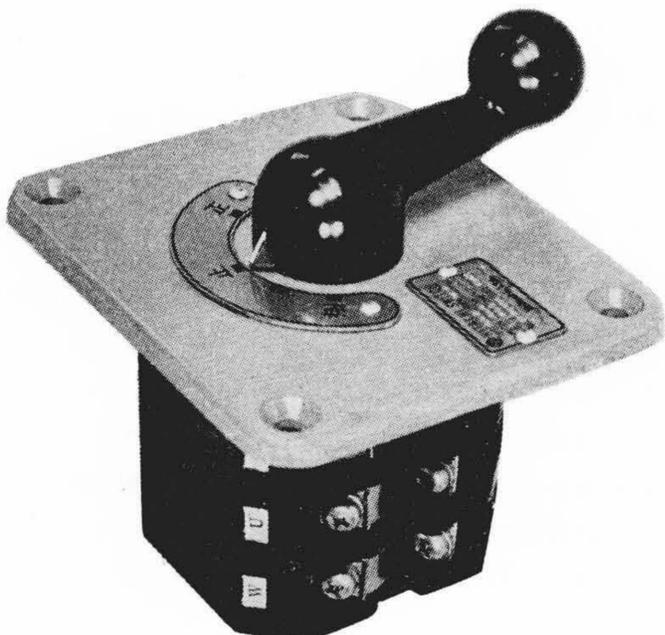
極数変換電動機の極数切換には、高性能を要求される特別な場合、電磁接触器方式を使用しているが、接触器の数が多くなり装置が大形になるなどの関係から、ほとんど手動の極数切換開閉器が用いられ性能の向上が要望されている。

また本器は複雑な切換を行なう関係上、従来のドラム形接触方式では接触片の配列が複雑となり大形であったが、カム形ユニットスイッチを使用することにより小形化され高性能となった。なお本器も入切開閉器同様、小容量のものでは閉鎖形のほかにフェースプレ

第 5 表 入切および可逆開閉器の標準仕様

種 類	形 式	最大適用電動機容量 (kW)	
		200V 級	400V 級
閉鎖形入切開閉器	C ₂ -K	3.7	5.5
	C ₅ -K	7.5	11
	C ₁₀ -K	22	30
	C ₁₅ -K	37	55
埋込形入切開閉器	GC ₂ -K	3.7	5.5
	GC ₅ -K	7.5	11
閉鎖形可逆開閉器	C ₂ -KR	3.7	5.5
	C ₅ -KR	7.5	11
	C ₁₀ -KR	22	30
	C ₁₅ -KR	37	55
埋込形可逆開閉器	GC ₂ -KR	3.7	5.5
	GC ₅ -KR	7.5	11

注：形記号中サフィックスの 2 はカム形ユニットスイッチの 20 形、5 は 50 形、10 は 100 形、15 は 150 形を用いていることを表わす。



(GC₂形 KR 式)

第 13 図 埋込形可逆開閉器の外観

ート付埋込形も標準化された。第 6 表にその標準仕様を示す。また第 14、15 図は閉鎖形および埋込形の一例である。

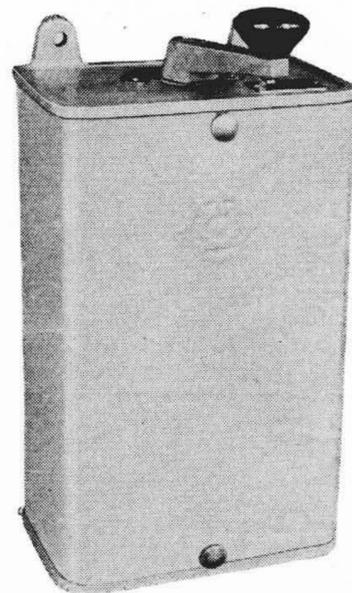
7.3 スターデルタ起動器

スターデルタ起動器は第 16 図に示すように起動時人結線とし、起動電流を直入起動の場合の 33% に制限して起動する方式を採用しているから、運転時においても起動器の接点部分に流れる電流は全

第 6 表 極数切換開閉器の標準仕様

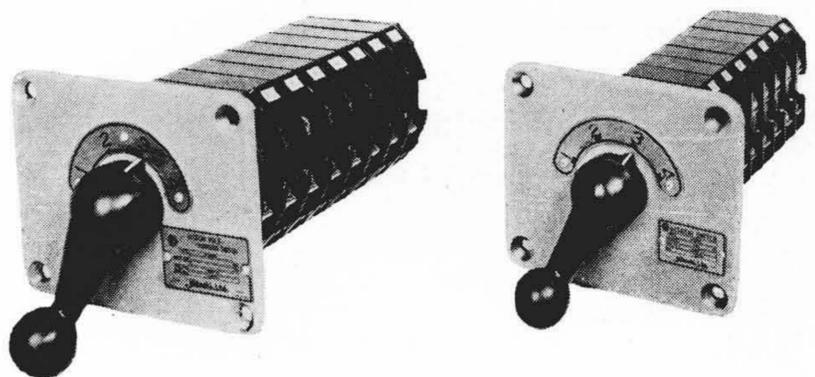
種 類	形 式	最大適用電動機容量 (kW)	
		200V 級	400V 級
閉鎖形 2 段速度用	C ₂ -KP _{21,22}	3.7	5.5
	C ₅ -KP _{21,22}	5.5	11
	C ₁₀ -KP _{21,22}	22	30
	C ₁₅ -KP _{21,22}	37	55
埋込形 2 段速度用	GC ₂ -KP _{21,22}	3.7	5.5
	GC ₅ -KP _{21,22}	5.5	11
閉鎖形 3 段速度用	C ₂ -KP _{31,32,33}	3.7	5.5
	C ₅ -KP _{31,32,33}	5.5	11
	C ₁₀ -KP _{31,32,33}	22	30
	C ₁₅ -KP _{31,32,33}	37	55
埋込形 3 段速度用	GC ₂ -KP _{31,32,33}	3.7	5.5
	GC ₅ -KP _{31,32,33}	5.5	11
閉鎖形 4 段速度用	C ₂ -KP _{41,42}	3.7	5.5
	C ₅ -KP _{41,42}	5.5	11
	C ₁₀ -KP _{41,42}	22	30
	C ₁₅ -KP _{41,42}	37	55
埋込形 4 段速度用	GC ₂ -KP _{41,42}	3.7	5.5
	GC ₅ -KP _{41,42}	5.5	11

注：1. 適用電動機容量はトルク一定の電動機用を示す。
2. 形記号中サフィックスの 2 はカム形ユニットスイッチの 20 形、5 は 50 形、10 は 100 形、15 は 150 形を用いていることを表わす。



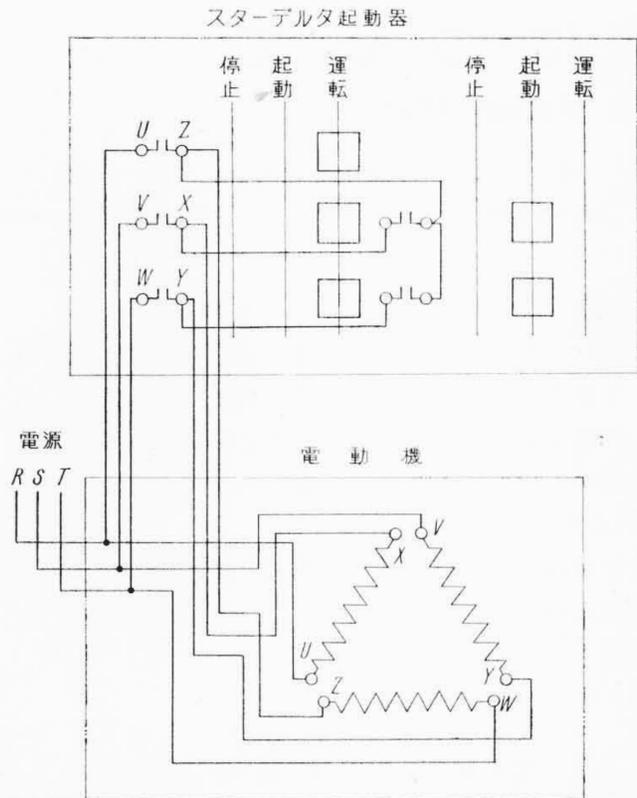
(C₁₀形 KP₄₂ 式)

第 14 図 閉鎖形極数切換開閉器の外観

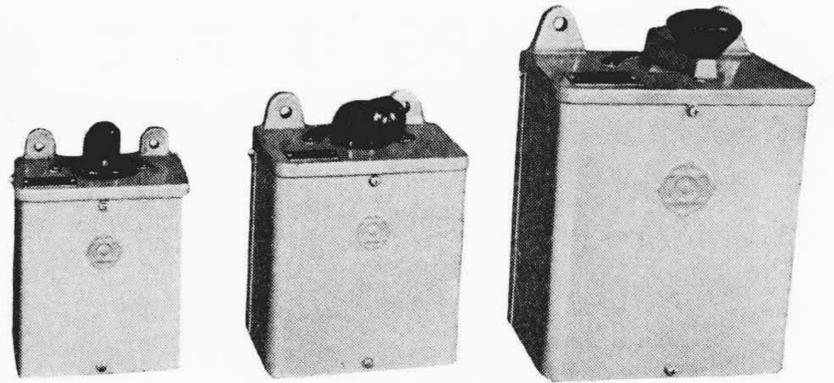


(GC₅形 KP₄₂ 式および GC₂形 KP₄₂ 式)

第 15 図 埋込形極数切換開閉器の外観



第16図 スターデルタ起動器接続図



(左から Y₇ 形 K J 式, Y₁₅ 形 K J 式, Y₃₇ 形 K J I 式)

第17図 スターデルタ起動器の外観

第7表 スターデルタ起動器の標準仕様

形 式	最大適用電動機容量 (kW)		カム形ユニットスイッチのフレーム
	200V 級	400V 級	
Y ₇ -K J	7.5	15	20
Y ₁₅ -K J	15	22	50
Y ₂₂ -K J	22	37	100
Y ₃₇ -K J I	37	55	100

負荷電流の約58%である。したがってカム形ユニットスイッチを用いた場合、同一フレームで、直入起動を行なう開閉器より大きな容量の電動機に使用することができる。

またそれらの点から、JEM 1041 交流電動機用一次起動器では、起動用開閉接点は電動機全負荷電流の3倍、運転用開閉接点は電動機定格負荷時において、開閉部に流れる電流の3倍以上の開閉容量

を有することを規定している。

カム形ユニットスイッチを用いたスターデルタ起動器についてはユニットスイッチの閉路および遮断電流試験ならびに電動機を用いた実負荷試験の結果に基づき、直入起動開閉器とは別に最高適用電動機容量を決めて標準化した。第7表に標準仕様を示す。また第17図にそれらの外観を示す。

8. 結 言

カム形ユニットスイッチは以上に述べたように合成樹脂の成形品を全面的に取入れ、また開閉接点には導電性のすぐれた銀合金を用い、接触方式としては二重遮断の衝合接触を用い、種々研究の結果従来の開閉器に比較して小形で大きな閉路および遮断電流容量が得られ、しかも長寿命を有し、各フレームともにその仕様を十分満足することを確認した。またそれらを各種の開閉器に応用して従来のものより20~50%小形化することができた。

なお回路切換時の切換余裕時間と操作カムの主要寸法の関係を実験結果と比較し、今後ハンドルの長さ、ハンドル操作に要する力などを種々変えた場合の操作カムの角速度についても詳細に検討したいと考えている。

終りに本研究にあたり終始ご指導を賜った亀戸工場の松井部長、鈴木課長、大和課長ならびにご協力をいただいた関係各位に厚く感謝の意を表わす。



特 許 と 新 案

最近登録された日立製作所の実用新案 (その3)

(第41頁よりつづく)

登録番号	名 称	氏 名	登録年月日	登録番号	名 称	氏 名	登録年月日
533334	電気計器制動磁石	渡辺 鴻一	36. 3. 31	535762	密封碍子形変流器	浅野 次夫	36. 4. 28
533336	液量測定装置	中村 一	"	535763	変圧器における負荷損低減装置	島山 尚	"
533337	二流体比重境界液面測定装置	島田 稔	"	535785	他励式水銀周波数変換装置の並列同期機の電圧制御装置	小野田 芳光	"
533357	継電器接点装置	島田 稔	"	535789	エレベータ扉スイッチ	酒井 真平	"
533381	直流電源を使用した矩形波交流発生装置	藤田 照修	"	535793	エレベータ乗籠	小原 守司	"
533385	電気回路の異常記録装置	鈴木 修蔵	"	535805	高電圧加速装置	菅又 英章	"
533397	計器引出部錠止装置	渡井 三吉	"	535808	母線支持装置	丹 秀太郎	"
535759	プランジャ形過電流継電器	伊藤 三治	"	535811	断路器鎖錠装置	羽後 昭一郎	"
535774	帯板巻回用押付ローラ	田所 武夫	36. 4. 28	535760	鋳滓鍋車の鍋傾倒装置	藤井 健好	"
535775	圧延機の線材ガイド装置	吉田 長生	"	535801	電気車制御装置	上原 守	"
535776	圧延機過負荷安全装置	石田 喜代治	"	535802	電気車制御装置	古山 義雄	"
535777	分割刷	山本 秀幸	"	535745	銀道車両の駆動装置	高橋 忠太	"
535781	回転電機の冷却ファン取付用ワッシャ	佐々木 義雄	"	535758	高温高压容器内攪拌軸の被覆装置	松島 昌彦	"
535782	多重壁蒸気溜	片根 忍	"	535765	内容物の流出力を利用してタンク内を攪拌する装置	蜂谷 昌宅	"
535787	直流機の補極鉄心	大貫 康志	"	535740	チップングハンマーの性能試験装置	武田 武夫	"
535788	同期機凸極界磁線輪抑え装置	菅野 昭男	"	535742	タング用隙尺	古谷 保	"
535809	電弧隔壁の抜け止め装置	磯部 睦夫	"				

(第63頁につづく)