UDC 621.316.53

Sシリーズ電磁接触器の特殊適用(その2)

新　井　慶之輔*　八　木　修　三*
Yoshinosuke Arai　　Shuzo Yagi

Special Application of S-Series Electromagnetic Contactors (No. 2)

Synopsis

For starting 3-phase induction motors, many starting methods have been employed and specific usages of the contactors for starting the motor are specified in JEM 1038. Almost all of the contactors, however, have such abilities that surpass A-1-1 specified in the standard now, and, in other words, they are highest-class ones withstanding the frequent operation, starting and stopping the motor directly. Such contactors are manufactured on a large scale, which enables the cost-down, and users in the field have come to get the high-class contactor for lower expenses than those of the specific low-class ones. As a definite application guide of the A-1-1 contactors for the various starting has not been made, contactors have been selected by being judged only from their current or capacities. This is of couse the most troubleless way, however, it will be worth investigation, from the economical point of view, to pay special attention to the selection of the contactor.

In this paper, the authors present the method of determining the contactor economically for various motor starting and, further, some results of selecting the contactors for general-purpose starting to give a guide to the industrial control engineers.

I. まえがき

三相誘導電動機には種々の起動方式があり，それぞれの起動方式に対して交流電磁接触器の規格であるJEM-1038に種々の電磁接触器が規格化されている。

しかしながら現今の電磁接触器はほとんどJEMに規定するA級1号1種以上の性能を有するもので，かご形電動機のひん繁な直入起動開閉が行ないうるいわば最高級器である。

しかもこの高級器は汎用品として大量生産方式により作られるのでむしろこれより性能の下級な専用器よりむしろ安価に入手でき経済的である．従来A-1-1器を種々な起動に適用する場合にも明らかな選定基準が示されていないので単に定格電流あるいは容量を基準として適用され（もちろんこの方法は最も安全確実ではあるが……）ているきらいがあり，さらに経済的な検討余地を残してきている．そしてこの検討余地は電磁接触器製造メーカとしては開拓され，同系社内では制御配電盤の計画者と電磁接触器の技術部門との連系により経済的な適用が実施されてきているが一般には具体的な発表はされていない。

上記観点よりSシリーズ電磁接触器を三相誘導電動機の各種起動方式に適用する場合，それぞれの目的に応じた経済的な選定方法を説明し，一般的な用途に対する選定結果を述べることは制御盤配電盤用計画，製造を担当される各位の参考になるものと考え本稿にて取りまとめを行なった。

II. 三相誘導電動機の代表的起動方式ならびに電磁接触器の適用の基本的考え方

1. 起動方式ならびに電磁接触器の選定基準

特殊な起動方式を除けば三相誘導電動機の代表的な起動方式は次のとおりである。

三相誘導電動機の起動方式
- 1) 直入起動
- 2) 減電圧起動
  - (1) スターデルダ起動
  - (2) リアクトルまたは一次抵抗起動
  - (3) 補償器起動
- 3) 二次抵抗起動

一方電磁接触器を種々の用途に使用するに際し，おさえるべきポイントは次のようにまとめられる。

電磁接触器の選定基準項目
- (1) 閉路電流容量
- (2) しゃ断容量
  - 起動方式により固有のもの
- (3) 開閉ひん度
- (4) 温度上昇
  - 使用目的により定める
- (5) 電気的寿命
- (6) 機械的寿命
  - 負荷の性質により大いに影響を受け，使用者の保守する立場での考えならびにイニシャルコストの兼ね合いにより定めるもの

上記基準項目より明らかなように閉路電流容量ならびにしゃ断容量は起動方式が定まれば一義的にA級電磁接触器のサイズが定められ，使用目的ならびに使用者の経済的配慮に無関係に決定されなければならないものであ

* 吹上工場

る。

しかしながら短時間定格の使用やひん度の少ない間欠使用も実用例としては少なくなく，また1日の使用回数も少なくて必ずしも 50 万回あるいは 100 万回以上の寿命を必要とせず数万回程度でも充分な場合も多い．この点がA級電磁接触器を起動器用，特に起動用接触器として経済的に適用できるゆえんでもある。

2. 起動渋滞に対する配慮

一般に一次起動器の場合，減電圧起動方式のため起動トルクは大幅に減少する．したがって普通無負荷あるいは軽負荷で起動し，起動完了後定格負荷をかけるようにしてある．しかしながら電圧降下，その他の原因で起動トルクがさらに減少したり，逆に誤って負荷のかかったまま起動操作をしてしまって起動不能となるような事故もないではない．手動操作の一次起動器であれば電動機の回転上昇を目で見ながら，あるいは電流計をみて起動完了するのを待ってから運転ノッチに切換えるから，著しい起動渋滞が起きれば起動ノッチから停止ノッチへもどせば良い．起動もしないのにいきなり運転ノッチへ進める愚行はないものと思われる．また仮りにそのような誤操作に対しては別に保護装置を設けるべきで（手動の起動器は自動しゃ断はできないから）ある．したがって手動一次起動器の場合運転用接触器は定常電流に対してあまり大きな突入電流を考える必要はなく JEM-1041（交流電動機用一次起動器）の規格でも3倍の突入電流に耐えれば良いことになっている。

しかしながら電磁操作器を使用せる一次起動器は限時起動式の自動起動器が多いから，起動渋滞におかまいなしに定時限後運転ノッチに自動的に切換えられてしまう。

したがって運転用電磁接触器は直入起動と同じ電流を閉路させられる危険があり，またそれでも起動し得なかった場合には，サーマルリレーの動作により運転用電磁接触器をしゃ断しなければならなくなる．このような危険に対する保護のために，電磁接触器を使用した一次起動器の場合は運転用電磁接触器は起動渋滞を考慮するのが普通となっておりA級の性能が要求される．したがって運転用接触器はあまり経済的選定の妙味は少ない。

3. 起動用電磁接触器の閉路およびしゃ断容量

電動機直入起動用電磁接触器の閉路およびしゃ断電流容量は，電動機定格電流の 10 倍あることを要求されている．普通電動機の起動電流は汎用電動機の規格から拾い上げても約5～6倍程度であるので，1.66 倍の安全を見たことになる．これは余裕を見過ぎたような観があるが実際にはそうでない．すなわち，電動機の起動電流表示は円線図より求めた値であるので，実際の拘束電流はさらに大きくなること（円線図の拘束試験は低電圧で行なうので漏れ磁気回路の飽和の影響がほとんど入っていないが，実際には定格電圧を印加すると飽和のため相当増大する）ならびに電源電圧の変動 10% を考慮するとさらに 10% 以上（飽和度がさらに増えるから加速的に増加する）増すことになるからで，決して 10 倍の値は余裕のあり過ぎる値ではない。

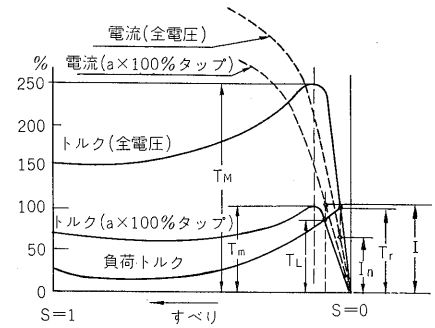
しからば減電圧起動を行なう場合の起動用電磁接触器はいかほどの安全率を乗ずれば良いか，単純に考えれば直入起動の場合と同様減電圧起動に際し実際に流れる起動電流の 1.66 倍とすれば無難であるが，次の理由により 1.5 倍程度の安全率で充分であると考える。

すなわち減電圧起動方式では電動機に印加される電圧が低いので，鉄心飽和の影響は無視できるからである．（この倍率は JEM 1041 の 人△ 起動，起動補償器の規定値と同じである）。

4. 起動用電磁接触器の寿命の算定

各電磁接触器は起動渋滞などの異常時に対するしゃ断が支障なく行なえるとともにその使用条件にマッチした寿命を持たなければならない．この寿命の決定については減電圧から全電圧に切換えられる時起動用電磁接触器が電動機定格電流の何倍をしゃ断するかが問題となる．もちろんこの電流値は負荷の種類，軽負荷の程度（減電圧起動では起動トルクが減少するので無負荷，あるいは軽負荷，あるいは2乗負荷でなければ起動できないからである）により定まり一概に決定できるものではない．しかしながら 100% 負荷をしゃ断するという考えはあまりにも余裕を見過ぎたことになるので次の仮定を設けて実際にしゃ断すべき電流の目安を定めた．すなわち

1) 減電圧下において負担しうる最大トルクの 80% トルクに対応した負荷電流，ただしもしこのトルクが定格トルク以上になる場合は定格トルクに対応する負荷電流をしゃ断するとする。
2) 停動トルクは定格トルクの 250% と仮定。

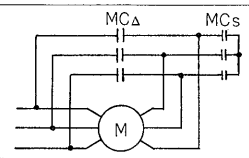
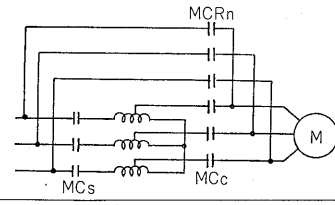
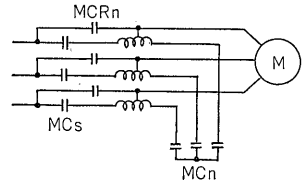


T_M：$2.5\,T_r$, $T_L \leqq 0.8\,T_m$ と考える
T_r：電動機定格トルク
T_L：起動時（電圧切換時）負荷トルク　$T_m \fallingdotseq a^2 T_M$
I：電圧切換時（しゃ断）電流　I_N：電動機定格電流

第1図　電動機の電流およびトルク特性

Fig. 1. Current and torque characteristics of motor

第1表　通常の起動における起動用電磁接触器の開路電流
Table 1. Normal breaking current of starting magnetic contactor

*1 起動方式	起動用電磁接触器	タップ値（%）	開路電流（電動機定格値に対する倍率）	開路電流（電磁接触器定格値に対する倍率）*2	回路図
人-△ 起動	MCs	—	0.75 以下	2.5 以下	
補償器起動（星形接続）	MCs	50	0.52 以下	0.9 以下	
		65	0.85 以下	1.5 以下	
		80	1.15 以下	2 以下	
	MCc	50	1.10 以下	0.9 以下	
		65	1.30 以下	1.5 以下	
		80	1.45 以下	2 以下	
補償器起動（コンドルファ方式）	MCs	50	0.52 以下	0.9 以下	
		65	0.85 以下	1.5 以下	
		80	1.15 以下	2 以下	
	MCn	50	0.52 以下	2.3 以下	
		65	0.46 以下	2.1 以下	
		80	0.25 以下	1.1 以下	

（註）*1）リアクトル起動は除いてある．リアトル起動では，正常な起動に対しては，どの電磁接触器も電流遮断は行なわないゆえ，本表の対象外となるからである．
*2）ここにいう電磁接触器定格値とは，起動時に流れる電流の1.5倍のしゃ断容量をもつA級電磁接触器の定格値とする（II．3項参照）。

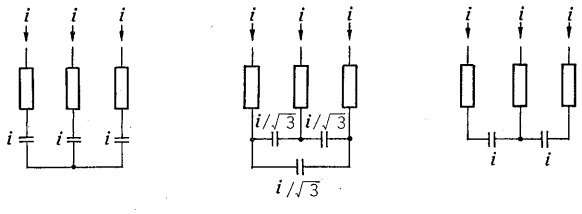
3）電圧の2乗に比例してトルクは変化する。

上記仮定のもとで正常な起動が行なわれる場合切換時の電流およびトルクの関係を第1図に示す．また人△ならびに起動補償器の各タップについて概算する値を第1表に掲げる。

第1表から明らかなように，もし起動用の電磁接触器をしゃ断容量本位で選定した場合にも最も条件の悪いものでも電磁接触器定格電流の約2.5倍を切れば良いことになる．したがって寿命は約 10 万回程度となるからひん繁に使われない限りあまり問題なく使用できるものと思う。

5. スターポイントの短絡方式

スターデルタ起動，コンドルファ起動あるいは二次抵抗起動などにおいてはスターポイントを短絡する操作が行なわれる．この場合第2図に示すよう人短絡，△短絡，V短絡の三種の方式がありそれぞれ特長を持っている。



(a) 人短絡　(b) △短絡　(c)V短絡

第2図　スターポイントの短絡方式
Fig. 2. Short-circuit method of star point

1）スター短絡

第2図(a)の方式で最も簡単な短絡方式である．しゃ断容量が低減しないこと，ならびに配線作業がきわめめて単純である利点を有する反面，通電容量ならびに寿命が増加させ得ない欠点がある．したがって起動中の短い時間にしか通電されないスターデルタ，コンドルファ起動などで，かつ寿命が問題でない場合に適している。

2）デルタ短絡

第2図(b)の方式で通電容量は約1.5倍に上げられるがしゃ断容量は増すことができず，電磁接触器の種類によってはかえってしゃ断容量を下げて考えなければならない場合もあるので注意を要す．すなわち△で短絡している時は理想的には各相 $i/\sqrt{3}$ となるので通電容量は $\sqrt{3}$ 倍に上げられる

しかしながらこれを開路するに当っては三相接点のばらつきからどれか1接点が先に開路する．そしてこの最初の1接点は無電圧無発弧でしゃ断し電流を他の2個の接点に分担させる結果となる．したがってしゃ断に際しては後述のV短絡と同じ状態となり i をしゃ断できなければならない．結局△短絡の場合しゃ断に対しては人短絡と同じかあるいは若干低減するのであまり利点はないが寿命はVまたは人の場合の3/2すなわち1.5倍になる点は好都合である．したがってこの方式はしゃ断電圧が低くてしゃ断容量があまり問題にならず，むしろ通電容量が大切な二次抵抗制御用には好適である．もちろんク

ッションスタート用に使われ比較的ひん繁な開閉を要求される工作機電動機の人△起動用にも使用すると良い。

3) ∨　短　絡

第2(c)図の方式である．汎用電磁接触器の場合は3極が標準であるから，むしろ人短絡を採用すべきであろう．この方式は2極電磁接触器があればそれが使えるという以外はメリットはない．△短絡の場合と同じようにしゃ断容量の若干下る場合があるから注意を要す．すなわち汎用電磁接触器はしゃ断容量が電圧に対してほぼ平坦な形（電流 Constant）と，電圧が上るとしゃ断容量が下る形（容量 Constant）とがあり消弧装置を持たない小形電磁接触器は後者の特性のものが多い．人しゃ断の場合はしゃ断の回復電圧は $\sqrt{3}/2E$ であるに対し△あるいは∨しゃ断は回復電圧が E である．普通電磁接触器のしゃ断容量は人しゃ断で確認されてあるので容量コンスタント形の電磁接触器を△あるいは∨しゃ断させようとする場合は定格電圧を $2/\sqrt{3}$ 倍すなわち 1.15 倍に上げた時のしゃ断容量で考える必要がある。

6. 運転用接触器と起動用接触器のそう入個所

減電圧起動方式では必ず起動用および運転用の接触器を備えているが，そのそう入個所に二とおりあり，それぞれに特長を持っている．これをリアクトル起動を例にすると，主回路の接続は第3図(a)，(b)の方法がある。

(a)図で起動用接触器Sは全電圧起動電流に相応する投

(a) 直　列　　(b) 並　列

第3図　リアクトル起動の接続図

Fig. 3. Connection diagram (Reactor starter)

入容量と電動機定格に対する通電容量さえあれば充分であり，また運転用接触器 RUN には A級の接触器を選定する必要がある．しかし起動渋滞時のしゃ断は必らず RUN にて行なわれなければならない。

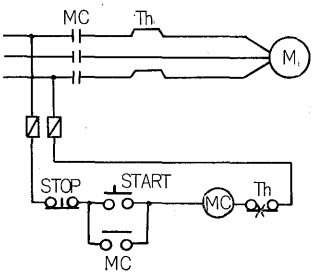
これに対し(b)図の方式でSはリアクトルにより減流された起動電流に対応した投入しゃ断容量があれば良く，通電容量も小さくて良いので電動機定格よりも小容量のA級接触器を選定できる．RUN は起動渋滞を考え電動機定格に対応するA級の接触器が必要である。

ところで(a)の回路はもっぱら高圧電動機のリアクトル起動に採用されているが，高圧の電磁接触器は消弧室が相当高価であるので消弧室を省き，投入および通電のみとした方がむしろ割安であるためである．しかし低圧の汎用級電磁接触器を利用する限りは(b)図の回路を利用した方が得策である．したがって本稿では(b)図の並列方式で説明し，接触器の選定を進める。

III. 直　入　起　動

1. 特性ならびに適用上の注意

直入起動は開閉器により電動機に直接定格電圧を印加させるもので，小・中容量のかご形電動機の起動方式に最も多く使用されており，操作方法も非常に簡単である．電磁開閉器を使用した代表的な結線図を第4図に示



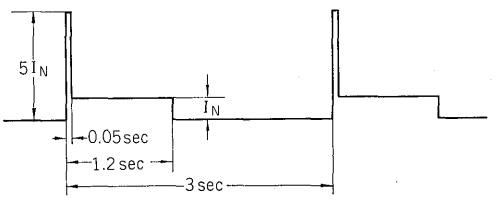
第4図
結線図（直入起動）
Fig. 4.
Connection diagram
(Direct starting)

す．これに適用する電磁開閉器は規格に規定されたA級のものを選定すれば良い．すなわちこの方式は起動時は電動機に定格電流の5～6倍の起動電流が流れるために，この電流の投入しゃ断ができるものでなくてはならない。

この方式で注意しなければならないのはこの起動電流の影響である．まず問題にすることはこの起動電流による電源の電圧降下である．電源容量の不足，主回路の電線のサイズなど種々の原因により電圧降下が起ると自身の電磁開閉器が投入不良をおこしたり，他機器への影響は免れない．第2の問題は起動電流の通電時間すなわち起動時間により開閉器の温度上昇の問題である．これについては以下に少し詳しく説明する。

2. 起動時間と温度上昇

JEM 1038 で規定されている開閉ひん繁度試験はA級1号の機器を試験する場合，毎時 1,200 回のひん度で定格電流の5倍の電流を投入し，ただちに定格電流に下げて使用率40%で開閉試験を行ない，温度上昇が規定の限度以下でなければならないとなっている．この際5倍の電流は約 0.05 秒通電とされている（第5図参照）．規格の条件より実効電流を算出すれば，ジュール熱によりどの程度温度上昇が左右されるか目安が与えられる．第5図

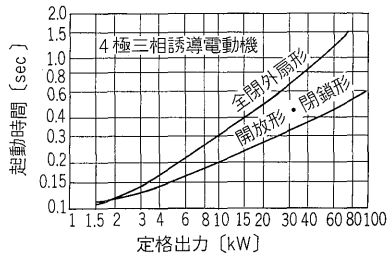


ひん度：1,200 sw/hr
使用率：40% E D
I_N：電動機の定格電流

第5図　電動機の通電電流

Fig. 5. Motor current diagram

の条件で $\sqrt{\frac{1}{T}\int i^2dt}$ を計算すれば実効電流は $0.9\,I_n$ となり約 1,200 回/時 程度のひん度のもとでも温度上昇は約 $0.8\,I_n^2$，すなわち温度上昇の80%はジュール熱により定まることを意味する．別の実験によっても1,200回/時のひん度のもとでアーク熱による温度上昇の up 分が約 10～30% 平均 20% 程度であることが立証されており，温度上昇の 80% はジュール熱により定まることを裏付けている．ひん繁開閉による起動電流が支配的である以上は，実際の起動時間はどの程度であるか改めて吟味する必要があろう．40% の使用率であっても毎時 1,200 回の開閉ともなればわずか 0.05 秒の起動時間でも突入電流倍率が大きいため，ほぼ定格電流の連続運転に近い温度上昇を与えるものであるから，大きな関心を寄せなければならない。



第6図　かご形電動機の無負荷起動時間の例
Fig. 6. No-load starting time of 4 pole cage motor

電動機の起動時間は第6図にその概略値を示すように[(1)]無負荷起動においてさえ 0.05 秒よりはるかに長い起動時間を必要とする．また電流信号も必ずしも5倍程度におさまらず6～7倍にもなるときもあり，このような場合電磁接触器の選定は単に規格値をうのみにするわけにはゆかない。

選定の基準は電磁接触器の個性により相違はするが開閉ひん度1,200回程度ではほぼ次の式で与えられる。

$$I_{eff}=\sqrt{\frac{1}{T}\int i^2dt}<0.9\,I_n \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

ただし I_n は電磁接触器の定格電流
　　I_N は電動機の定格電流

逆にいえば I_{eff} の 1.1 倍の通電容量を持った電磁接触器を選ばなければならない。

具体的に起動時間がどの程度の影響を与えるか計算してみると，突入電流6倍，起動時間0.5秒，開閉ひん度1,200 回，使用率 40% ＥＤの場合，実効電流は $I_{eff}=2.5\,I_N$ となる．したがって電磁接触器は約 2.75 倍の通電容量をもったものを選ばなければならない計算となる。

この場合ひん度が 300 回/時となれば $I_{eff}\fallingdotseq 1.3\,I_N$ となり電磁接触器は約1.5倍の電流容量のものを選べば良い。

このように起動時間は電磁接触器の選定に大きな影響を与えるので次に起動時間の求め方を略述する。

3. 電動機の起動時間の計算方法

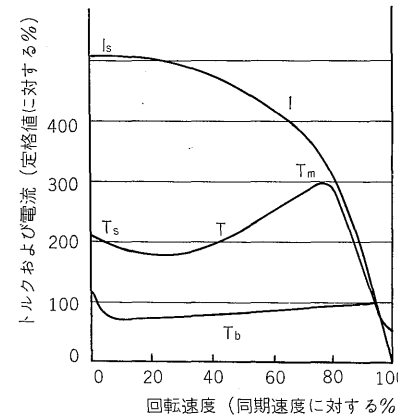
電動機の起動時間の算出方式は種々の方法があるが，簡単に一例を次式に示す．起動時間を t_s とすると

$$t_s=\frac{(GD_r^2+GD_L^2)\times n}{375\cdot T_a}\ (\mathrm{sec})$$

ただし GD_r：電動機回転子のはずみ車効果(kgm²)
　　GD_L^2：電動機軸に換算した相手機械のはずみ車効果（kgm²）
　　（カップリングまたはプーリーを含む）
　　T_a：平均加速トルク（kgm）
　　n：回転速度（rpm）

なお起動期間中の平均加速トルクは電動機トルク T と負荷トルク T_b との差で表わされるが概略次式で計算される。

$$T_a=T-T_b$$
$$\fallingdotseq\left(\frac{T_s+T_m}{2}\times 0.8\right)-T_b\ (\mathrm{kgm})$$



T：電動機のトルク　　I：電動機電流
T_s：起動トルク　　I_s：起動電流
T_m：停動トルク　　T_b：負荷トルク

第7図　誘導電動機の電流およびトルク特性
Fig. 7. Current and torque characteristic of induction motor

また起動期間中の平均負荷トルク T_b' は電動機全負荷トルクを T_L とすると大体次のとおりと考えて良い。

1) 全負荷起動（トルク一定）時… $T_b'\fallingdotseq T_L$(kgm)
2) 半負荷起動（$T\propto n$）時 ……$T_b'\fallingdotseq 0.75\,T_L$(kgm)
3) 全負荷起動(2乗低減トルク)時 $T_b'=0.34\,T_L$(kgm)
4) 半負荷起動(2乗低減トルク)時 $T_b'=0.17\,T_L$(kgm)

IV. スターデルタ起動（人-△ 起動）

1. 特性ならびに適用上の注意

スターデルタ起動は減電圧起動の最も代表的なものの一つである．この方式は特別の起動器を別に設けることなく巻線の接続を開閉器によりつなぎかえるだけで減電圧起動を行なうことができる．すなわち電動機を第8図のように結線し，起動側の開閉器 MCs を投入すれば巻線はスター(人)接続になり，相巻線の受ける電圧は $1/\sqrt{3}$ となって起動電流は減少する．相当に加速された時を見はからい運転側の開閉器 MC_{Δ} に切換えれば，巻線はデルタ（△）接続となり，定格電圧を受けて正常な運転状態になる．いま電源電圧を V とし起動時の巻線の各相インピーダンスを Z とすれば人接続の時の起動電流 $I_{人}$ は $I_{人}=\dfrac{V}{\sqrt{3}Z}$ であり，最初から△接続で起動した場合起動電流 I_{Δ} は $I_{\Delta}=\dfrac{\sqrt{3}V}{Z}$ となるから $I_{人}/I_{\Delta}=1/3$ となる．このようにして 人-△ 起動の場合は直入起動に比べ起動電流を小さくでき，定格電流の約2倍に押えることが可能である．これにより電源への影響および起動時の衝撃を少なくできるわけである．しかしこの方式で注意しなければならないことは起動トルクの減少ということである．起動トルクは相電圧の2乗に比例するから $T_{人}/T_{\Delta}=1/3$ となり，起動トルクは全負荷トルクの 30～40% 程度となる．したがってこの方式は起動時には比較的軽負荷あるいは無負荷であまり開閉ひん度の高くないファン，ポンプなどの電動機用，あるいは起動時の衝撃を減らす目的で工作機などの電動機に対する起動方式に最適である。

2. 適 用 基 準

人△起動の原理は前項で述べたが，巻線の接続換えに使用する開閉器を電磁接触器とした場合はそのそう入個所により電動機定格に対し A-1-1 の開閉器を選定するのは当然不経済である．開閉器の使用場所において要求される性能を必要かつ充分に備えた最小限の機器を選定することが好ましい．当社では人-△ 起動に対しては第8図のような結線を標準としているのでこれにしたがって説明する。

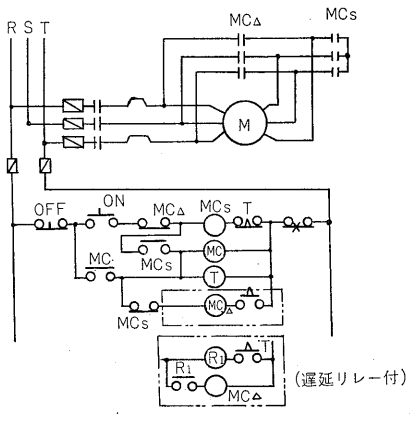
標準動作はまず MCs を投入し人結線し起動時間終了後MCs を開路し，つづいて MC_{Δ} を投入する．これを自動で行なう場合はあらかじめ負荷の状態を調べて起動時間を算出しタイマをその時間に設定すれば良い。

MCs に要求される性能としては起動電流の投入および起動渋滞の時の起動電流のしゃ断が可能であれば良い．すなわち通常の電動機の起動電流は定格電流 I_N に対し $6I_N$ 流れるとすれば，人接続では1/3となるから $2I_N$ となり，投入しゃ断容量としては1.5倍の余裕を持った $3I_N$ あれば充分である．また MCs は起動時のみ使用のものであるから通電による温度上昇は短時間定格となり無視してさしつかえない。

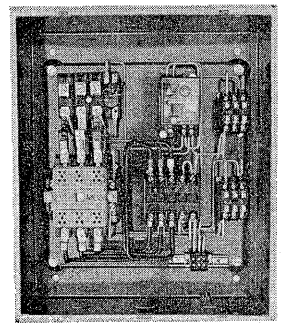
このように MCs はまず電動機定格の $0.3I_N$ の定格電流を持ったA級の電磁接触器を選定する．次に電気的寿命は第1表より開路電流値を求め，接触器の寿命カーブより算出すれば良い．もしこのように選定した場合より長寿命を要求する場合はさらに上の形式のものを選定すべきである。

MC_{Δ} に要求される性能は第1に起動渋滞になった時の投入しゃ断容量である．すなわちA級の電磁接触器を選定しなければならない．しかし MC_{Δ} は△接続の各相にあるため $10I_N/\sqrt{3}$ の投入しゃ断が可能であれば良い．第2は通電による温度上昇であるが，上記と同様 $I_N/\sqrt{3}$ とすれば良い．第3は寿命でこれも $I_N/\sqrt{3}$ として寿命カーブより算出できる．このように MC_{Δ} は電動機定格の $I_N/\sqrt{3}\fallingdotseq 0.58I_N$ の定格電流を持ったA級の電磁接触器を選定すれば良い。

以上が人-△ 起動に使用の電磁接触器の選定基準であるが，この基準に基づいて各電動機出力に対してSシリーズを選定した適用表を第2表に示す．これにしたがい電気的寿命 50 万回以上，10 万回以上とそれぞれの要求により適用を決定できる。



第8図　人△起動（富士標準）
Fig. 8. Star-delta starting (Fuji standard)



第9図
人△起動器
Fig. 9.
Star delta starter

第2表　Sシリーズの人△起動適用表
Table 2. Application for star-delta starting

寿命 / 電圧 / 接触器 / 出力	50万回以上				10万回以上			
	200V		400V		200V		400V	
	MCs	MC人	MCs	MC人	MCs	MC人	MCs	MC人
5.5(kW)	5—1	5—1	5—1	5—1	5—1	5—1	5—1	5—1
7.5	5—1	2	5—1	5—1B	5—1	2	5—1	5—1B
11	5—1	2	5—1	2	5—1	2	5—1	2
15	2	2T	5—1B	2	2	2T	5—1B	2
19	2	3(2T)	2(5—1B)	2	2	3(2T)	5—1B	2
22	2	4(3)	2	3	2	4(3)	2	3
30	3	4T(3)	2	3	2	4T(4)	2	3
37	3	6(4T)	3(2)	3	2	6(4T)	2	3
45	4(3)	8(6)	3	4(3)	3	8(6)	3	4(3)
55	6(4)	8	4(3)	4	4	8	3	4
60	6(4)	8	4(3)	4T(4)	4	8	3	4T(4)
75	6	10	6(4)	6(4T)	4	10	3	6(4T)
95	6	12(10)	6	8(6)	6	12(10)	3	8(6)

（注）1. 200V で 5—1，2 形を適用する場合および 400V の場合は遅延リレー付回路を使用すること。
2. MC人 で箱内温度 50℃ 以下の場合（　）内形式を適用可能
3. MCs でデルタ短絡方式を採用の場合（　）内形式を適用可能

第3表　リアクトル起動の適用表
Table 3. Application for reactor starter

	200V		400V	
	MCRn	MCs	MCRn	MCs
(kW) 22	6(4T)	4	3	3
30	8(6)	4	4(3)	3
37	8	6	4T(4)	3
45	10	8	6(4T)	4
55	12(10)	8	8(6)	6
60	12	10	8(6)	6
75	12	10	8	6
95	14	12	10	8
110	14	12	12(10)	8
150	(14)	14	12	10

（注）箱内温度が50℃ 以下の場合は（　）内の形式が適用可能

V. リアクトル起動

リアクトル起動も減電圧起動方式で一次側にリアクトルをそう入して起動し，起動完了後にリアクトルを短絡して全電圧をかけるものである．第 10 図にその接続を示す．リアクトルは普通 50-65-80% のタップを有しており，電源状況ならびに負荷特性により選定されるので，どのようなタップで使われても支障のないようにMCs をきめるべきである．すなわち 80% タップが最も起動電流が大きいからこの時の電流を基準として電磁接触器の選定を行なえば良い．今電動機起動電流は定格の6倍と考えれば，80% タップでの電流は電動機定格の 4.8 倍となる．したがって，第 **II-3** 項において述べた考え方により MCs の定格は，しゃ断容量がこの 1.5

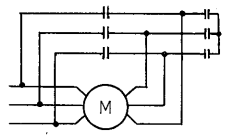
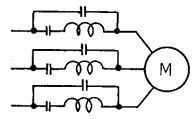
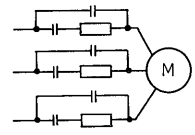
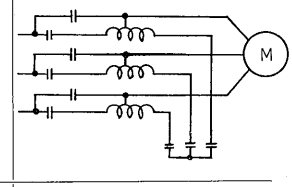
第4表　起動補償器の適用
Table 4. Application for starting compensater

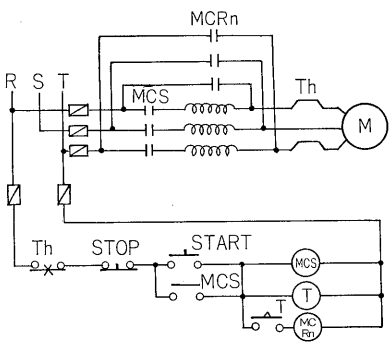
	200V				400V			
	MCRn	MCs	MCc	MCn	MCRn	MCs	MCc	MCn
22(kW)	6(4T)	3	4	2	3	3	3	5—1B
30	8(6)	4	4	2	4(3)	3	3	2
37	8	4	6	2	4T(4)	3	3	2
45	10	6	8	3	6(4T)	3	4	2
55	12(10)	8	8	3	8(6)	4	6	3
60	12	8	10	3	8(6)	4	6	3
75	12	10	10	4	8	6	6	3
95	14	12	12	4	10	6	8	3
110	14	12	12	6	12(10)	8	8	3
150	(14)	12	14	8	12	10	10	4

（注）箱用温度が 50℃ 以下の場合は（　）内形式が適用可能

第 5 表　各種減電圧起動方式の比較一覧表

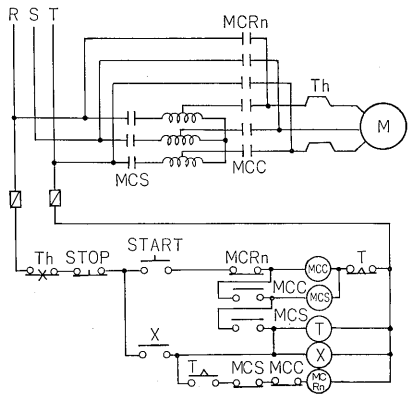
Table 5. Properties of the reduced voltage starting

起動方式		人-△ 起動 ①	リアクトル起動 ②	一次抵抗起動 ③	補優器起動（コンドルファ方式） ④
回路構成					
起動および加速特性	電流	• 小さい（全電圧起動の⅓）	• 補償器起動よりも大きい	• 補償器起動よりも大きい	• 最も小さくできる
	トルクおよびその選択性	• 小さい（全電圧起動の⅓） • 大きさが限定される	• 速度とともに大いに増加し，最大トルクはもっとも大きい • タップ値の選択によって大きさの融通がきく	• 速度とともに大いに増加し，最大トルクも大きい	• 速度とともに若干増加する • 最大トルクは②③よりも小さい • タップ値の選定によって大きさの融通がきく
	トルク効率	• 最もよく，全電圧起動に同等	• ①，④よりかなり小さい	• ①，④よりかなり小さい	• 大きく 人-△ 起動はほぼ同等（若干小さい）
	加速の円滑さ	• トルクの増加が小さく②③に劣る • 人から△に切換えるときいったん電源から切離される，電源および電動機にショックを与える場合がある	• 円滑である（速度上昇とともに電流は減少しリアクトル端子電圧は低下していくため，トルクが漸増していく）	• 円滑である（②にほぼ同等）	• 速度上昇に追随するトルク増加が小さく②③に劣る
	全電圧印加時の突入電流	• 電源から一時切り離されるためかなり大きくなる場合がある	• 全電圧を印加する時点には，リアクトルでの電圧降下が小さくなっており，かつ電源からも切り離さないゆえ，あまり大きくない	• あまり大きくない（略同左）	• 電源から切り離されないゆえ一般に小さい • ただし，タップを小さく取り過ぎると，多少大きくなる可能性がある
設備費用		• もっとも安価	• 普通，④よりやや安い	• 小容量ならば安価	• 普通
適用負荷		• 比較的小容量のもので無負荷，または軽負荷で起動できるもの • 工作機械関係	• トルク特性が二乗低減のもの，ファンポンプ • 起動時の衝撃を下げたい場合	• 速度上昇とともに，トルク増加すべきもので，かつ起動時ショックを下げたい場合	• 特に起動電流を下げたい場合 • 大きいトルク効率を要する場合

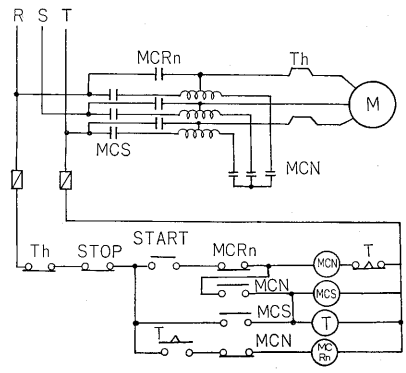


第 10 図リアクトル起動の結線図

Fig. 10. Connection diagram (Reactor starter)



(a) 星　形



(b) コンドルファ形

第 11 図　起動補償器の結線図

Fig. 11. Connection diagram (Starting compensater)

倍の電磁接触器，すなわち定格電流が，電動機定格の0.72倍のものを選定することとする。

なお，一次抵抗起動の場合も上記とまったく同様に選定できる．ただし起動用抵抗器を接触器と同じ箱内に収納する場合は抵抗器で消費される損失により発生する熱の影響を考慮しなければならない。

VI. 補償器起動

補償器起動に対しても各電磁接触器とも既述のほかの減電圧起動に対すると同様，**II, 3**．項に示した選定基準により容量を定めるものとする．衆知のように，補償器起動には，大別すると星形接続（第11図(a)）とコンドルファ接続（第11図(b)）の方式がある．ただし一般には電圧切換時の，電動機残留電圧に基因する突入電流を抑制せんがために，後者の方が賞用されている。

1. 星形接続の場合（第11図(a)）

電圧タップは標準的な50-65-80%とし，電動機の全電圧起動電流はこれまでと同様定格の6倍とみれば，MCsには80%で最大電流 $3.8 \cdot I_N$（I_N：電動機定格）が流れる．MCsは最悪の場合これをしゃ断しなければならないからしゃ断容量がこの1.5倍容量，したがって，A級電磁接触器としては定格が電動機定格の0.57倍以上のものを適用する．MCsも同じく80%タップで最大となり，大きさは，電動機定格の4.8倍となるから定格は電動機定格の0.72倍以上のものとする。

2. コンドルファ方式の場合（第11図(b)）

この結線方式にはMCsとMCRnの配列上2種類あるが，先にリアクトル起動を例にとって第**6**項で記した理由により，低圧回路では第11図(b)に示す結線方式の方が望ましい．したがって，この接続方式に関する選定についてだけ述べることとする。

まずMCsは上述星形接続第1図(a)におけるMCsと同一定格，すなわち，電動機定格の0.57倍以上の定格容量をもつ電磁接触器を適用すればよい．一方，単巻変圧器中性点短絡用MCnは50%タップの時最大電流が流れ，大きさは電動機定格の約1.5倍である．したがってこの電磁接触器の連続定格は，$\frac{1}{10}(1.5 I_N \times 1.5) \fallingdotseq 0.23 I_N$ 以上に定める．MCRnは運転開放電動機定格以上の通電容量を用いなければならない．以上の算定によって選定した電磁接触器形式を第4表に示す。

なお，上述では，各起動方式にも，起動時間中の電磁接触器温度上昇について，特に言及しなかったが，起動時間が1分程度以下の一般的負荷に対しては，**II.3**項で記した基準により選定した容量のもので特に支障はない。

もとより，特に慣性の大なる負荷に対しては，その都度起動時間を算出して吟味することが必要である。

VII. 各種減電圧起動方式の比較

以上最も一般的なる起動方式に対する当社Sシリーズ形電磁接触器の適用について述べてきたが，ここで各減電圧起動方式に対し，その特価長所，短所などにつき概略比較すると，第5表に示すとおりとなる。

VIII. むすび

以上三相誘導電動機の代表的な起動方式ならびに電磁接触器の適用の基本的考え方について述べたが，二次抵抗起動に関しては紙面の都合で今回は割愛する．この小文がいくらかでも使用者各位の参考になれば幸いと存ずる。

参考文献

(1) 電力機器便覧：p 361

e-Front runners

＊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。