UDC 621.313.333.025.1: 621.316.71.076.5

資 料

52-B5

単相誘導電動機の極数変換による速度制御方式の検討

正 員 山 口 保 男 (東京 都)

1. はじめに

単相誘導電動機の主巻線を、同極性に接続すれば異極性の場合の2倍の極数を得ることは既知のとおりであるが、補助巻線も同様に接続した場合、低速側(極数の多い方)の始動トルクが不足してほとんど実用化できない。また主巻線巻回数もそのままでは鉄心の部分的磁気飽和をきたし、同じく実用化されない。

本文では補助巻線の分布角を変え、高速側(極数の少ない方-異極性接続)、低速側(極数の多い方-同極性接続)、そのいずれからも完全に始動し、すべての特性が標準形に比較して大きく低下しないものであり、しかも標準形の原材料をそのまま使用し、工作も容易であるから製作費も、ほとんど変りない電動機について、数多くの実験から得た資料をもとに実用化した二巻線式極数変換単相誘導電動機について述べたものである。

2. 巻線分布

本電動機は、例えば0.2kW、2極の標準形単速度単相誘導電動機の鉄心を用いて、0.2kW/0.1kW、2極/4極の複速度単相誘導電動機を設計しようとするものである。第1図は本電動機(2極/4極切替)の巻線分布を示したもので、主巻線は標準形と同様の分布

第1図 巻線分布

第2図 2極-4極固定子巻線

Fig. 1. Winding distribution. Fig. 2. 2 Pole/4 Pole stator winding.

とするが、補助巻線は主巻線に対して電氣的に45°に配置する。第2図は2極/4極、第3図は4極/8極の固定子巻線の写真である。

第4図は2極時の磁束分布を示し、第5図は4極時の磁束分布の状態を示したもので、この図のとおり補助巻線によって生ずる磁極数はいずれも2であるが大きく偏心している。

3. 結 線

第6図は、本電動機の2極-4極切替用(分相始動形)の結線図である。図において切替スイッチを上側(HIGH)に倒したとき2極となり、下側(LOW)に倒すと4極となる。この図で明らかとなおり、主巻線は直-並列の切替となるが補助巻線は直列のまま主巻線に並列に接続される。

4. 主巻線巻回数

本電動機の主巻線巻回数は標準形同数(実際には高速側は並列であるから1倍、低速側は直列のため2倍の巻回数)では異極性接続の高速側ではもちろん問題はないが、同極性接続の低速側において鉄心の部分的磁気飽和と磁極の不均衡から、無負荷電流の過大、磁気騒音などの発生により使用できないので、標準形に比し巻数の割増しをしなければならない。

標準形電動機的主巻線巻回数に対する本電動機の高

第3図 4極-8極固定子巻線

Fig. 3. 4 Pole/8 pole stator winding.

An Investigation of the Speed Control of the Single Phase Induction Motor by Changing of Pole Numbers. By Yasuo Yamaguchi, Member, (Katusika Cleansing Plant Tokyo Metropolitan Government).

山口保男: 正員, 東京都葛飾清掃工場長

第 4 図 2 極時磁束分布
Fig. 4. Flux distribution of 2 Pole.

第 5 図 4 極時磁束分布
Fig. 5. Flux distribution of 4 Pole.

第 7 図 出力- α_1 曲線
Fig. 7. Output power- α_1 curve.

速側の直列巻回数の比率を α_1 とすれば、電動機の高速側出力に対する α_1 は実験の結果から第 7 図のように 105%~130% が最適である。すなわち第 7 図の α_1 は始動トルク、停動トルク、低速時におけるうなり、振動、過熱などの諸問題、更にコイル溝入れ作業の難易度からも最適の数値を選択したもので、出力の小さいものほど工作上問題点が多いことがこの曲線から明白である。第 1 表は多数の試作電動機から得た統計的資料であるが、主巻線の増加率は極数の多いほど、また出力の大きいものほど小さくてよい。その割合はおおむね次のとおりである。

(1) 2 極-4 極

100 W 以下 (高速側出力): 25~35% 増
200 W " ("): 15~30% "
400 W " ("): 10~25% "
800 W " ("): 10~20% "

(2) 4 極-8 極

100 W 以下 (高速側出力): 20~30% 増
200 W " ("): 10~25% "
400 W " ("): 5~20% "
800 W " ("): 5~15% "

(3) 6 極-12 極

200 W 以下 (高速側出力): 10~20% 増
400 W " ("): 5~15% "
800 W " ("): 5~10% "

(4) 8 極-16 極

第 6 図 結線図 (2 極-4 極切替-分相始動形)
Fig. 6. Connection diagram.

第 1 表 巻回数、コイルピッチが性能に与える影響

Table 1. The effect of the turnand coilpitch on the charactor.

方法	増減割合 (%)	高 速			低 速			そ の 他
		うなり	振動	トルク	うなり	振動	トルク	
主巻線巻回数増加によって与える影響	0	◎	◎	◎	×	×	△	低速側で回転子の位置により始動しない
	5	◎	◎	◎	○	○	◎	この範囲が特性上最も適当であり、出力、極数により増加率を選ぶこと、コンデンサ始動、コンデンサ方式にすればなお可
	10	◎	◎	◎	○	○	◎	
	15	◎	◎	○	○	○	◎	
	20	◎	◎	○	◎	◎	○	
	25	◎	◎	○	◎	◎	○	
	30	◎	◎	○	◎	◎	△	軽負荷、小形に適す
	35	◎	◎	△	◎	◎	△	
	40	◎	◎	△	◎	◎	×	トルク不足、小容量ファンモータに適す
	45	◎	◎	×	◎	◎	×	
主巻線コイルピッチ減少によって与える影響	0	◎	◎	◎	×	○	◎	低速時うなりきん少実用に適す
	5	○	○	○	◎	○	◎	高速時に問題若干有り
	10	○	△	△	◎	○	○	高速時に振動発生、トルク不足などあり実用に不適
	15	△	△	△	◎	◎	○	
	20	×	△	×	○	◎	○	
	25	×	△	×	○	◎	△	高、低速共不適
	30	×	×	×	○	○	×	
	35	×	×	×	○	○	×	

◎: 良好 (標準形と同程度) ○: おおむね良好 (実用に適)
△: やや不良 (軽負荷なら適) ×: 不良 (実用不適)

800 W " (高速側出力): 0~5% 増

以上の主巻線巻回数比 α_1 の割増と更にコイルピッチ減少によって低速時の磁気うなりを抑制する方法も考えられるが、第 1 表下欄のように高速時の問題点が多く発生するので、 α_1 のみで解決しない諸問題 (トルク不足、磁気うなりなど) は鉄心積厚を若干増して更に α_1 を勘案することが最適である。

第 8 図 始動トルク- α_2 曲線Fig. 8. Starting torque- α_2 curve.

5. 補助巻線巻回数

主巻線巻回数に対する補助巻線巻回数比を α_2 とすれば、分相始動形： $\alpha_2=55\sim80\%$ 、コンデンサ始動形・コンデンサラン形： $\alpha_2=120\sim160\%$

が最適であり、これは標準形とほとんど差異はない。この α_2 は高速側に対するもので低速側ではこの $1/2$ の数値であることに注意されたい。また、高、低速いずれの始動特性に重点をおくか、標準形の固定子鉄心を使用した場合、コイル納めの難易性などを考慮する必要がある。第 8 図は始動トルク- α_2 曲線で高速、低速いずれの主眼をおくかによって(電動機の使用目的)選定する必要があるが、一般的に両曲線の交差する付近の α_2 を選ぶのが適当である。

6. 補助巻線分布

第 1 図に示したごとく主巻線は標準形と同様の巻線分布となっているが、補助巻線が主巻線に対して電氣的に $45^\circ\sim60^\circ$ に、また補助巻線同志も空間的に $90^\circ\sim120^\circ$ に配置されているのが最大の特徴である。

第 9 図は固定子鉄心溝数 24 スロットのものをを用い、2 極-4 極切替とした本電動機の補助巻線分布に対する始動トルクを標準形のそれと比較したものである。この図で明らかとなおり、主巻線に対する補助巻線分布角を大きくすれば、高速側の始動トルクは増加するが低速側の始動トルクは低下するので、高、低両速の協調点を選ぶならば分布角は 45° が望ましい。しかし後述する速心力開閉器(ガバナ)の作動時期にも関連するので、高速側に重点をおく方が有利のため $50^\circ\sim60^\circ$ に分布し低速特性を若干犠牲にしてもやむを得ない。

主巻線と補助巻線の分布角は固定子鉄心のスロット数に限度があるので段階的にならざるを得ない。また 36 スロット、48 スロットの鉄心を使用しても、ある

第 9 図 補助巻線分布と始動トルクの関係

Fig. 9. Relationship between starting coil distribution and starting torque.

いは、4 極-8 極、6 極-12 極としてもこの特性は同様の傾向である。

7. 巻線接続

第 10 図は標準形電動機の接続図で、(a)は 2 極、(b)は 4 極を示すものである。第 11 図は本電動機の 2 極-4 極切替用の接続図で(a)は 2 極(高速側)、(b)は 4 極(低速側)を示している。第 10 図と第 11 図を比較すれば明白のとおり、4 極における本電動機の主巻線および補助巻線共 2 極のままで、主巻線に流れる電流方向を変えただけのものである。第 12 図は 4 極-8 極切替用で、(a)は 4 極(高速側)、(b)は 8 極低速側の接続を示したものでいずれも省略巻線となっている。

第 10 図 Fig. 10.

第 11 図 Fig. 11.

第 12 図 Fig. 12.

8. 遠心力開閉器 (ガバナ)

単相誘導電動機 (分相始動形およびコンデンサ始動形) の補助巻線は同期速度の約 75~80% で開放するのが通常であるが (但し, コンデンサ始動形は始動用コンデンサのみ開放), 本電動機では 1 個のガバナで高速, 低速の両速度において確実に作動しなければならないので, 低速時同期速度の 88% で開放するようにスプリングを調整した。

すなわち, 2 極-4 極の場合ガバナの作動時期は,

高速: $3,000\text{rpm} \times 0.88 = 2,640\text{rpm}$

低速: $1,500\text{rpm} \times 0.88 = 1,320\text{rpm}$

であるから, 1,320rpm で補助巻線を開放することになるが, この場合の問題点として,

(1) 高速時, 1,320rpm から 3,000rpm 近くまで主巻線のみで, 回転数を上昇させなければならない。

(2) 低速時, 滑りが大きくなった場合, ガバナが動作し補助巻線を焼損する恐れがある。

上記の問題を解決するため, ガバナ回転子側の 錘り (第 13 図参照) を増加して慣性を利用して高速始動時のガバナ作動安定化, および特に低速運転時の負荷変動時に対するガバナ接点の断続操返しによる故障排除にプラス要因をつくった。本電動機の問題点として始動トルクの低下があるが, 特に高速始動時は第 4 図のような磁束分布のため後述する異常現象が発生することがある。単相誘導電動機の始動状態についてはトルクのひずみ, その他の異常現象などまだ正確に解明できない分野が多分にあるものと考えられ, 特に本電動機のように変形磁極の場合予測できない現象が発生し, しかも 1 個のガバナで高, 低両速を完全に始動させるには数多くの実験の結果から最適な方式を選定せざるを得ないであろう。

第 2 表は 2 極-4 極切替用の本電動機の前述のガバナ 錘りを変化した場合のガバナ作動状態を実験した結果であるが, 4 極-8 極, 6 極-12 極についても同様の効果を示し, 極数が増すに従ってトルクの増加とあいまって, ガバナの作動はより確実に, より安定性を増

第 13 図 遠心力開閉器 (ガバナ)

Fig. 13. Governor.

第 2 表 ガバナ 錘り変化による状態

Table 2. The condition by governor weight change.

始動状態 錘り	低 速	高 速	そ の 他
標 準	可	不 可	高速時ガバナ動作直後回転低下して接点断続
10% 増	可	不 可	同 上
15% "	可	やや不安定	高速時ガバナ動作後中間まで回転上昇するが若干の負荷で不安定
25% "	可	可	負荷をかけても両速共完全始動
35% "	やや不安定	ほぼ可	低速時ガバナ接点断続して不適
45% "	不 可	可	低速時若干の負荷にて接点閉不適

(低速同期速度の 88% に動作時期設定)

すことは当然である。第 13 図に示すガバナ重錘は遠心力によって伸縮するようになっているので, 本電動機における重錘の 25% 増にあたり, スプリングの調整はもちろん必要である。

9. 本電動機をコンデンサモータとした場合の諸条件

既に述べたとおり本電動機の弱点として, 始動トルク, 停動トルクの低下があり, 特に低速時においてその傾向は著しい。また, 始動用開閉装置にも問題点は皆無ではないので, これにコンデンサを応用し, 性能向上を図ることは一般的考えと同様である。コンデンサ方式を大別すると, 本電動機の場合は, 三種ある。

(1) コンデンサ始動形 始動トルクを比較的必要とし, 高速側に主眼をおく中容量機に適する。

(2) コンデンサラン形 無負荷, または軽負荷始動の小容量機で, 静粛さを必要とし故障ひん度の少ないことが要求される医療機器などに適するが, 既に述べたごとく補助巻線による磁極構成が高, 低速いずれも 2 であるが変形的なものであるため, 磁氣的うなりの発生があるので特に考慮の必要がある。

(3) 2 コンデンサ形 始動トルク, 停動トルク

共に必要とする高、低速いずれにおいても比較的に酷な条件で使用する大容量機に適する。この場合も(2)と同様の磁気うなりの問題は残るが、比較的大形機のため機械的騒音の方が表面化すると、補助巻線巻回数比 α_2 によってある程度の減少が可能のため問題とされていない。

本実験では前記いずれの方式でも応用し、予想以上の結果を得られたが、本論においては特に应用範囲の広い2コンデンサ方式について述べる。

〈9・1〉 補助巻線巻回数 コンデンサ方式の補助巻線巻回数は、運転時の高速、低速両方の特性改善から考えると $\alpha_2=150\sim 200\%$ が最適であることは推測できるが、特に始動特性を重視する本電動機では、固定子鉄心溝面積の制約からも $\alpha_2=140\sim 170\%$ とするのが最良と考えられる。これは標準形の $100\sim 150\%$ に比較して若干大きい。前述のごとく低速時の α_2 が高速時の $1/2$ になること、更に始動電流の増大による始動時の磁気ブレーキ現象、低速運転時の磁気うなりなど、コンデンサ容量との関連も含めて二次的異常

現象を極力抑制することである。

〈9・2〉 補助巻線分布 2コンデンサ方式における補助巻線分布は始動特性と運転特性に関係し、しかも高速、低速の相反する条件を満足させなければならぬから、分相始動形のように高速、低速いずれに比重をおくかによって分布を変えるのではなく、必然的にどの範囲で決定すべきかということである。既に述べたごとく高速時における始動トルクと始動時間(ガバナ作動時より、同期速度に至るまでの時間的遅れに関連する)の関係を考慮すれば、補助巻線分布は電気角 $50^\circ\sim 60^\circ$ に配置すべきであり、低速運転時のうなり、騒音などを勘案するならば $40^\circ\sim 50^\circ$ に抑えることが有効である。すなわち、

(1) 全負荷動の比較的大容量のものは分布角を大きめにとる。

(2) 軽負荷始動で小容量、静粛を要求されるもの(例:医療機など)は分布角を小さめにとる。

〈9・3〉 コンデンサ容量 コンデンサ始動形の始動トルクはコンデンサ容量を増していけば比例して増

第 14 図 コンデンサ容量-トルク曲線

Fig. 14. Condenser capacity-torque curve.

第 15 図 コンデンサ容量-トルク曲線

Fig. 15. Condenser capacity-torque curve.

第 16 図 コンデンサ容量-トルク曲線

Fig. 16. Condenser capacity-torque curve.

加するのが一般的であるが、本電動機の特長から補助巻線巻回数比 α_2 による影響と、始動トルクはもちろんであるが、本機で最も考慮されるべき起動時間の関係から目的、用途によってコンデンサ容量を決定すべきである。

第 14 図～第 16 図は本機を 2 コンデンサ方式として三十数台の試作実験機の記録から選んだ代表的な電動機のトルク曲線である。実験は本機において最も困難視される始動、および運転時のトルクが標準形に比較してどのような変化をもつかを調査したもので、特に問題の多い、100 V、2 極-4 極切替、固定子鉄心溝数 24 スロット、始動用コンデンサを 75 μ F 一定と、高速側 α_2 を 1.0, 1.6, 2.0 の三段階に、補助巻線分布角を 30°, 45°, 60°, 75° の四段階とした。それぞれの段階において運転用コンデンサを 2, 4, 6, 8, 10 μ F に変えた場合の高速、低速の始動トルク、停動トルク、始動時間、うなり、騒音などについて測定したが、トルク以外の問題点については他の項でも述べているのでこれらを省略し、この図はトルクのための曲線

である(なお、この実験機は 100 V, 100 W, 2 極用の標準形鉄心を使用したものである)。

10. 2 コンデンサ方式の設計要因と特性分析

第 14 図～第 16 図において明確なとおり、

(1) 補助巻線分布角を小さくすれば低速側のトルクが増し、角度を大きくすれば高速側のトルクが増加する(これは分相形と同様である)。

(2) 巻回数比 α_2 を小さくし始動用コンデンサ容量を増しても始動トルクはほとんど変わりなく、始動電流のみが増加する。むしろ補助巻線分布角度によって逆に減少する傾向がある。

(3) 巻回数比 α_2 を小さくし運転用コンデンサ容量を増した場合、ある一定の容量以上になると停動トルクは上昇せず逆に低下する場合がある(この現象は α_2 が小さいほど著しく、分布角度にはあまり左右されない)。

(4) 運転時(特に低速時)におけるうなり、騒音の発生は運転用コンデンサ容量に比例し、ある一定容量を超えると急激に増加する。但し補助巻線巻回数比 α_2 が本機の設計標準値、あるいはそれを超過するところの現象は急減し、静粛となる(この場合、既述のごとく主巻線の標準形に対する巻回数比 α_1 にも関連する。この試機の α_1 および始動用コンデンサ容量は最適値を選定したものである)。

(5) 補助巻線分布角が小さく、更に α_2 が小さすぎると高速始動時において異常現象が発生し、始動時間が大となる傾向がある。

上記の事項を集約すると、始動トルクは、

- (a) 補助巻線巻回数比 α_2 , (b) 補助巻線分布角度
- (c) 始動コンデンサ容量(この場合始動用コンデンサ+運転用コンデンサ)

によって変化する。また停動トルクは、

- (a) 補助巻線巻回数比 α_2 , (b) 補助巻線分布角度
- (c) 運転用コンデンサ容量
- (d) 主巻線巻回数比 α_1 も考慮に入れる

によって変化する。以上、上記各数値決定にあたり十分な検討を要する。結論として前述特性曲線から推測できるように、本機の設計上の主要数値は、

- (a) 補助巻線巻回数比 $\alpha_2 = 160 \sim 200\%$

(b) 補助巻線分布角(電気角) 45°～60°(高速主体なら 60°, 低速主体なら 45°)

- (c) 運転用コンデンサ 6～8 μ F

但し、標準形鉄心を用いた場合、 α_2 を 200% にすることは溝面積の制約から事実上不可能であるから、120～160% に押える。

以上の設計による本電動機の始動トルク、停動トルク共、しかも高速、低速の両速においていずれも標準形の 80% 以上を出し得、更に始動時における異常現象、運転時のうなり、騒音なども発生しない。なお、始動時、運転時における電流、コンデンサ電圧も低く全般的に良好な性能を示すことが証明された。

11. 他機との比較

既に各論で述べたごとく、単相誘導電動機を極数変換によって速度制御を行なうには、四巻線式、三巻線式、あるいは二巻線（従来の一方始動方式）が用いられていたが、そのいずれも経済的、性能的に問題が多くほとんど実用化されていないのが現状である。

第 3 表は従来の同様機、更に標準形（極数変換でない）と本電動機を経済的、性能的に比較したもので、上段が経済性、下段が性能でこれからも明らかなとおり、本電動機は性能において標準形、および四巻線式より若干劣るが故障の原因となる機構の複雑さはなくまったく標準形と同様である。更に経済性においては標準形の約 10% 増で生産できることは他機の 50~70% 増と比較して大きな利点であろう。

12. 考 察

本機的设计製作にあたり、若干の問題点があることは既に各論で述べたが、当初から本理論に基づいた電動機を設計すれば、これら問題点の 50% 以上は解消するものと考えられる。

既製（標準形）の原材料を使用するところに各種の問題が発生するわけで、またこれらの諸問題を克服して標準形の原材料のままで既述の性能を出し得れば、技術的にも、経済的にも画期性を主張できるものであるから、本電動機の製作にあたっては、（1）原則として標準形原材料を採用する。（2）特殊の場合（大量生産、特殊性能、経済性など）余裕があれば新設計とするの二方針で考慮するのが妥当である。以下いずれの場合も含めた諸問題について考察してみる。

〈12・1〉 固定子巻線と溝面積 主巻線巻回数比 α_1 を標準形の 5~30% 増とすることと、補助巻線同志が同一溝内に重畳して入るので占積率が大きくなり、巻線溝入れ作業が困難となることがある。

〈12・2〉 低速運転時に磁気うなりの発生 固定子巻線巻回数の項で述べたごとく、これを標準形と同値にとると、低速運転時において、鉄心の部分的磁気飽和および磁極不均衡のためうなり、騒音を発生する。特にコンデンサ形において補助巻線巻回数、補助巻線分布角度、コンデンサ容量によって上記の現象が

第 3 表 経済性、性能比較表

Table 3. Economic merits, character comparison chart.

	二巻線式 本電動機	三巻線式	四巻線式	二巻線式 (従来品)	標準形 (一般用)
固定子鉄心溝面積	1 倍	1.6~ 1.8倍	2 倍	1 倍	—
鉄心重量	1 倍	約 1.4 倍	約 1.6 倍	1 倍	—
固定子巻線重量	1.3 倍	1.6~ 1.8倍	2 倍	1.3 倍	—
遠心力開閉器 (起動リレー)	1 倍	1 また は 2 倍	2 倍	1 倍	—
巻線工費	1.2 倍	1.5 倍	2 倍	1.2 倍	—
その他工費	1.1 倍	1.3 倍	1.5 倍	1.1 倍	—
標準形に対する 経済的比較	約 1.1 倍	約 1.5 倍	約 1.7 倍	約 1.1 倍	—
構 造	簡 単	やや複雑	複 雑	やや複雑	簡 単
出 力 (高速/低速)	1/0.8	1/1	1/1	1/0.8	1/0
始動特性(%)	0.9/0.7	1/0	1/1	1/0	1/0
運転特性(%)	1/0.8	1/1	1/1	1/0.8	1/0
始 動 条 件	両速始動	一方始動	両速始動	高速側 始動	—
故 障 原 因	標 準	やや多い	多 い	やや多い	標準

下段性能欄では、1/0 は、1: 100% (すなわち標準)、0: その性能が全然ないことを示す。出力は最大を示す。始動特性は始動トルク、運転特性は停動トルク、効率、力率の総合的性能を示す。

発生しやすいから設計条件に注意を要する。

〈12・3〉 高速始動時に磁気ブレーキ現象の発生

補助巻線のコイルピッチ、および分布角度によって遠心力開閉器の作動直前にブレーキ現象が発生し、遠心力開閉器の作動が円滑でなくなることがある。

これはガバナ作動回転数付近において第 4 図に示すような変形磁極ができる（すなわち、主磁極 2 に対し補助磁極も 2 であるが大きく偏心し、一方の磁極は反対側磁極の 2 倍の強さと考えられる）ので、特に高速始動時のようにトルクが小さく、しかも始動時間の長い場合にはガバナ作動回転数付近でトルクの谷ができ、運転トルクを阻止する力が働くものと考えられ、特に全負荷始動形に顕著であることをみてもこのような巻線分布からしてやむを得ないものであろう。低速始動時にこの現象が発生しないのは、この現象の発生回転数（2 極-4 極の場合、1,400rpm 付近）と運転回転数の差が僅少であるためと考えられる。

第 17 図は高速始動時における異常現象、すなわち回転数と時間の関係を表わしたもので、標準形であれば 0 点から S_1 まで点線のごとく直線的に上昇し、その時間も 2 極で 2~3 秒が普通であるが、本電動機では T_2 の帯域において磁気ブレーキが生じ、更に慣性で S_2 まで上昇するのでその差は約 1~2 秒の遅れを

第 17 図 磁気ブレーキによる異常始動現象

Fig. 17. The abnormal strating phenomenon by magnetic brake.

生ずる。このため補助巻線の焼損、始動装置の故障の原因となるから、遠心力開閉器の改良とあいまって慎重に検討する必要がある。

故にこれの対策にはガバナ重錘変更のほかに、

(1) 本電動機にはコンデンサ始動、2 コンデンサ方式を多く用い、始動トルクを増して T_2 の遅れ時間帯を縮少し S_2 を S_1 に近づける。

(2) できる限り極数を多くして出力に対するトルクを増し、 S_2 を S_1 に近づける。

(3) 始動装置の動作時点を適正に選定し、磁気ブレーキの生ずる直前に補助巻線を開放し、 T_2 を減少する。

(4) 特に二コンデンサ方式をとれば始動電流が制限され、巻線および装置故障の原因を減少できる。

(5) 補助巻線の主巻線に対する分布角度を 45° より大きくとり、高速時の始動特性を改善する。このことは既述のごとく高速側に主眼をおく目的にも合致し分布角度を大きくするのに反比例して磁気ブレーキはその力を減少する。

〈12・4〉 効率低下について 第 18 図は標準形に対する本電動機（分相形）の力率、効率の比較曲線である。この図の示すごとく力率は標準形と同等、あるいはそれを上回る性能を有する反面、効率については大容量機の低速時を除いてははなだしく劣悪であるが、これは主巻線巻回数の項で述べたごとく、標準形に比し割増しとなるため同一鉄心を使用した場合、出力を若干低下せざるを得ないために起る現象で、大容量機は割増率が小さいので小容量機に比し効率低下の度合は少なくてすむものである。しかし既に述べた二巻線式で両速始動可能のプラス面からみれば、他のト

第 18 図 力率・効率対標準形比較曲線

Fig. 18. Comparison curve of power factor, efficiency in relation to standard type.

ルク不足の欠点など本電動機の画期性からしてやむを得ないことと考える。なお、本機にコンデンサを応用してもこの傾向は同様である。

13. む す び

本電動機は、三巻線式、四巻線式あるいは従来の一方始動の省略巻線を応用した二巻線式の極数変換単相誘導電動機と異なり一組の巻線、すなわち二巻線方式を用いて、高速、低速のいずれからも完全に始動し、更に始動装置は最も簡単なガバナ 1 個でよい非常に経済的、効果的な電動機である。本電動機的设计製作にあたっては基本的計算から算出した数値に、標準形に比較した多数の試作機から得た資料を勘案して実用化に成功したもので、既に、医療機器用、研摩機、彫刻機、ポリッシャーなどに広く応用されていることを報告しておく。

最後に、本電動機の研究にあたり、長期間にわたってご指導いただいた元電気学会会長 故尾本義一先生、日本大学名誉教授 執行岩根先生に、深甚の謝意を表するものであります。

(昭和 51 年 2 月 26 日受付, 同 51 年 12 月 24 日再受付)

文 献

- (1) 執行: 電気機械設計論 1~3 (昭 26) 丸善
- (2) 石黒・坪島: 単相誘導電動機とその応用 (昭 34) オーム社
- (3) 大隅・茂木: 小形回転機ハンドブック 電気書院