

# 汎用誘導電動機の焼損修復法の改善

福田 光之\*

## Improved Repair Design for General Purpose Induction Motors

Teruyuki FUKUDA

### Abstract

In Japan, general purpose induction motors have to be applied for multi-ratings (for 50 [Hz]–200 [V], 60 [Hz]–220 [V], 60 [Hz]–200 [V]) and used for multi-purpose. So, at the chance of repairs when the induction motor has been burned, we are able to improve rating or efficiency by rewinding the stator coil for definite use and rating, because there is some margin in this motor. In this article, a design method for improving a burned induction motor is treated by touching upon the design of stator coil. The improving design can be made out along the following user's needs:

- i) minimization of repairing cost.
- ii) minimization of running cost (improving of efficiency).
- iii) maximization of output power (improving of rating).

### 1. まえがき

汎用誘導電動機（かご形）は産業用駆動源として極めて広範囲に利用されている。50 [Hz] と60 [Hz] が並存し、200 [v] と220 [v] が混在する我国の低圧電源事情によく対応し、定トルク特性の負荷にも通減トルク特性の負荷にも利用し得る能力を持ち、可変速を要しないほとんどすべての機械に用いられる。

しかしながら、使用者の側からみれば電源周波数や電圧は特定され、特定の用途に特定の出力で特定環境の下で運転されるわけで、過剰機能を留保しながら使用していることにもなる。

平常使用時は特に問題とすることもないと思われるが、固定子コイルに異常（焼損、層間絶縁破壊あるいは対地絶縁抵抗の低下など）が生じてこの部を再巻装する場合には、電動機の体格や体質の潜在的能力を極度に活かし、使用者のニーズにもっとも適した設計に変更して修復する方法が考えられ、検討の結果相当の効果が期待できる

\*宇部工業高等専門学校電気工学科

ことがわかった。従来の、単に複元する修理法に比べ使用者修理者ともにメリットがあり、テロ・テクノロジーの一貫として特長づけて見ることができよう。

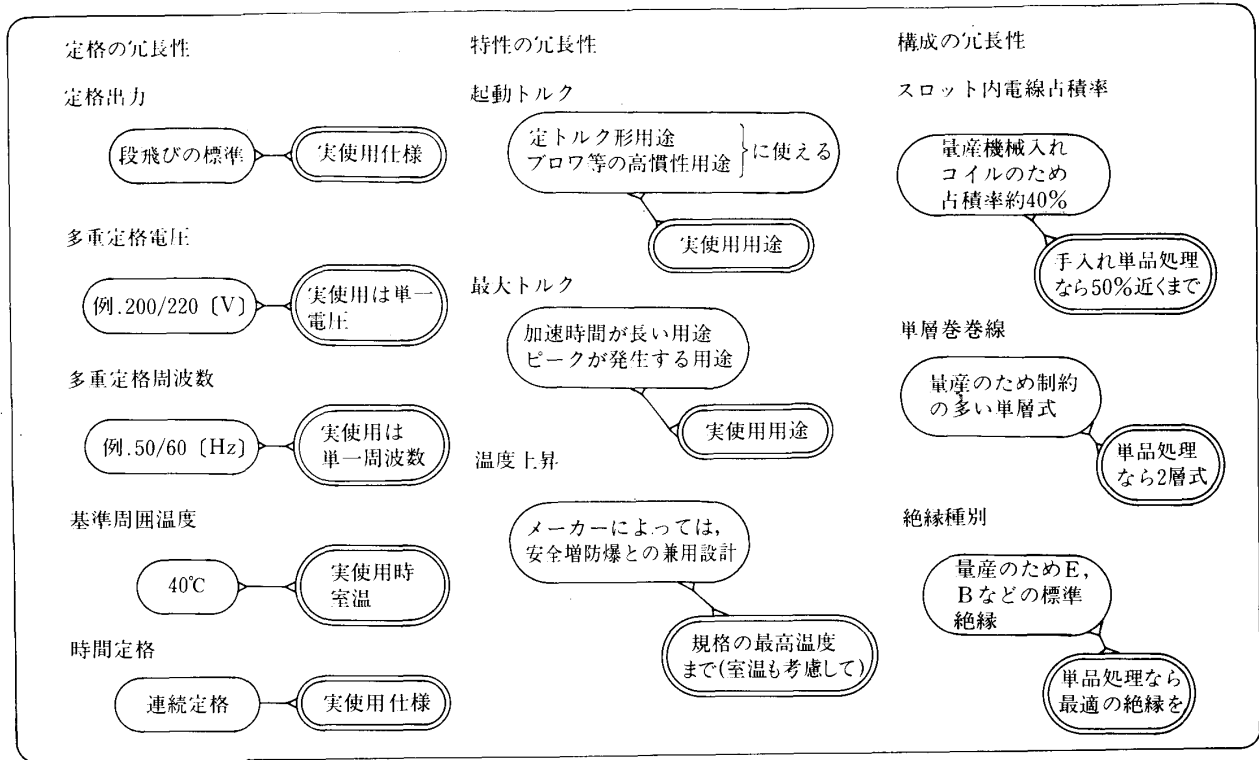
### 2. 汎用誘導電動機の性格とその冗長性

汎用性という応用面とそれが量産されるという製造面の両者から、汎用誘導電動機は定格、特性および構成上多くの冗長性を持つ（第1図）。簡単に述べてみると、

『定格出力』0.4 [kW], 0.75 [kW], 1.5 [kW], 2.2 [kW], 3.7 [kW], 5.5 [kW] ……と段飛びの定格となっている。実使用負荷は例えば4 [kW] であるとすれば、5.5 [kW] の定格だと73 [%] 負荷に相当するわけである。

『定格電圧』200/220 [v] と多重定格となり50 [Hz] のときは200 [v], 60 [Hz] のときは200 [v] でも220 [v] でも使用可能となっている。したがって磁気装荷は200 [v] 50 [Hz] のときに最大となり、また電気装荷も同じ条件で最大となる。この状態は体格を十分に利用しているといえるが、他の定格の場合は両者に余裕を残して使っていることとなる。

『定格周波数』50 [Hz] にも60 [Hz] にも適応させね



第1図 汎用誘導電動機の冗長性

ばならぬことから一般に60 [Hz] のとき体格的に前述のように余裕を残すことになる。逆に60 [Hz] の場合磁気装荷を小さく使用することからトルクの発生が低く、このため60 [Hz] で十分な(例えば起動トルクを140~150 [%] 以上、最大トルクを200 [%] 以上に保つような)トルク発生をさせるためには、50 [Hz] のトルクは必要以上に出さねばならない。

『周囲温度』通常状態にて考えられる最大の周囲温度として40 [°C] を基礎として温度上昇限度が決められており、もしも30 [°C] の室温以下の場所で使用すれば10 [°C] 余裕があることとなる。

『時間定格』多くの用途に使用して無難な連続定格が採用されているが、もしも短時間使用の場合、例えば30分使用といったときは25 [%] から60 [%] 前後までの出力向上が可能である。(文献(1))

『起動トルク』定トルク用途を考えて140 [%] ~150 [%] 以上のトルクが発生するようにされているが、通減トルク用途(ポンプやファンなど市場の約50 [%] を占める)の場合には50 [%] 以上であればこと足りる。

『最大トルク』通常の慣性を持つ負荷に対しては170 [%] を越えていればほとんど問題ないがブロウなどの負荷の加速トルクのために一般に200 [%] を越えさせてあり、多くの用途にとっては余裕がありすぎる。

『温度上昇』50 [Hz] と60 [Hz] の兼用でかつ200 [V] と220 [V] とともに使用可能であるため各定格における温度上昇は均一でなく、一般に50 [Hz] 時がもっとも温度が高い。したがってこの分で熱的体格がきまり、他は余裕があることになる。また製作者によっては安全増防爆と兼用設計として10 [°C] 余裕のある製品としている所もあり、この場合も勿論一般の用途の時は余裕となる。

『スロット内電線占積率』汎用機は量産されるためほとんどすべて固定子コイルは巻線機と称する機械でスロットに挿入される。この場合作業効率および品質保持の面から40 [%] 前後のスロット内電線占積率しかない。これを人の手による巻線法によれば48 [%] 前後までは向上させられ、これにより銅量を増し得るだけでなく、熱抵抗の高い空気を少くすることができる。

『単層巻巻線』量産や機械化のため単層(1個のスロットに1個のコイル・サイド)巻線が採用されていることが多い。このためコイル・エンドが輻状化し熱放散も悪化する。

『絶縁種別』量産化のため標準的絶縁種別が採用され、EまたはB種が特に小形の方に多い。まだ上級の絶縁も利用し得る餘地を残している。

### 3. 従来の修理法とその改善提案

汎用電動機はその製作量が多く(月に20万台弱位)(文献(2)),その応用分野が広く,かつ利用環境が様々であり,このため焼損の個数も多い。この場合,従来はコイル部のみスケッチをおこない,焼損前の状態に再現させる,すなわち全くの復元をさせる修理法が採用されて来た。素姓が良くわからぬ電動機の修理としては無難な方法であることは勿論である。

その使用目的や利用電源などが特定され設計された電動機の場合は前述の修理法をとることが当然であろう。しかし汎用電動機の場合には2.で述べたように冗長性を豊富に持ち,使用者のニーズ次第で広範囲に設計を変えた修理法が可能であることが考えられる。すなわちここに提案したい改善修復法は焼損電動機をコア部まで含めてスケッチし,これと機体に付されている銘板と,新製出荷時に製作者で使用者に発行されたテスト・レポートを用いて「当初の設計内容」を示す復元設計をなし,これと使用者のニーズと実使用仕様とから改善設計をし,この仕様で修復しようというプロセスである(第2図)。複雑化した所はCAD化を進める。

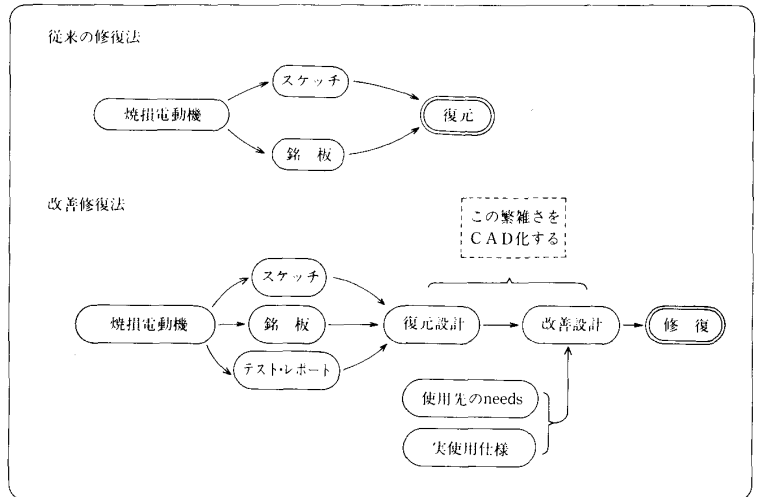
### 4. 使用者のニーズ(第3図)

復元設計によってどの程度の余裕がどの部分にあるかが確められる。これに更に実使用仕様(実際の出力,時間定格,電圧,周波数および周囲温度等)と実使用用途から必要とされるトルク特性(起動,加速および最大トルクならびにトルク形状)とを加味して使用者のニーズに合った設計をおこない修復することになる。

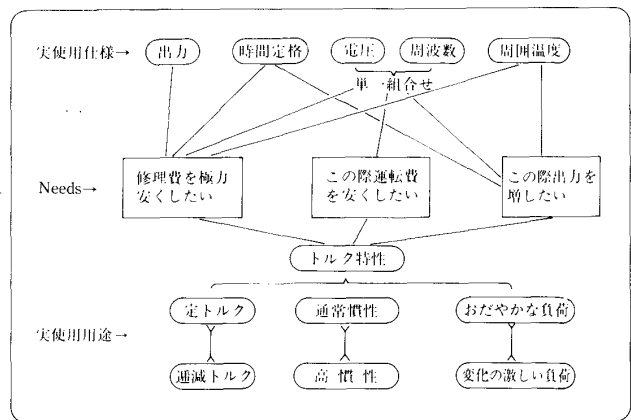
この場合のニーズとしては多種多様なことが考えられる。例えば耐環境性を強くしたいということや皮膜の厚い耐環境性の高いエナメル線を用い,ワニスも強力なものにするなどのことは,特にむずかしく設計をやり直すほどのこともない。このようなことは従来からよく修理にあたって用いられている。

設計を伴う価値を持つニーズとしては次の三項がもっとも重要だと考えられ,これについて以後詳述する。

- (1) 修理費用を極力安価にしたい。
- (2) 修理をするのを機に以後の電動機の運転電力代を極力安価にしたい。
- (3) 修理をするのを機に電動機の出力を増したい。



第2図 従来の修復法と改善修復法



第3図 使用先のNeedsと実使用仕様との関係

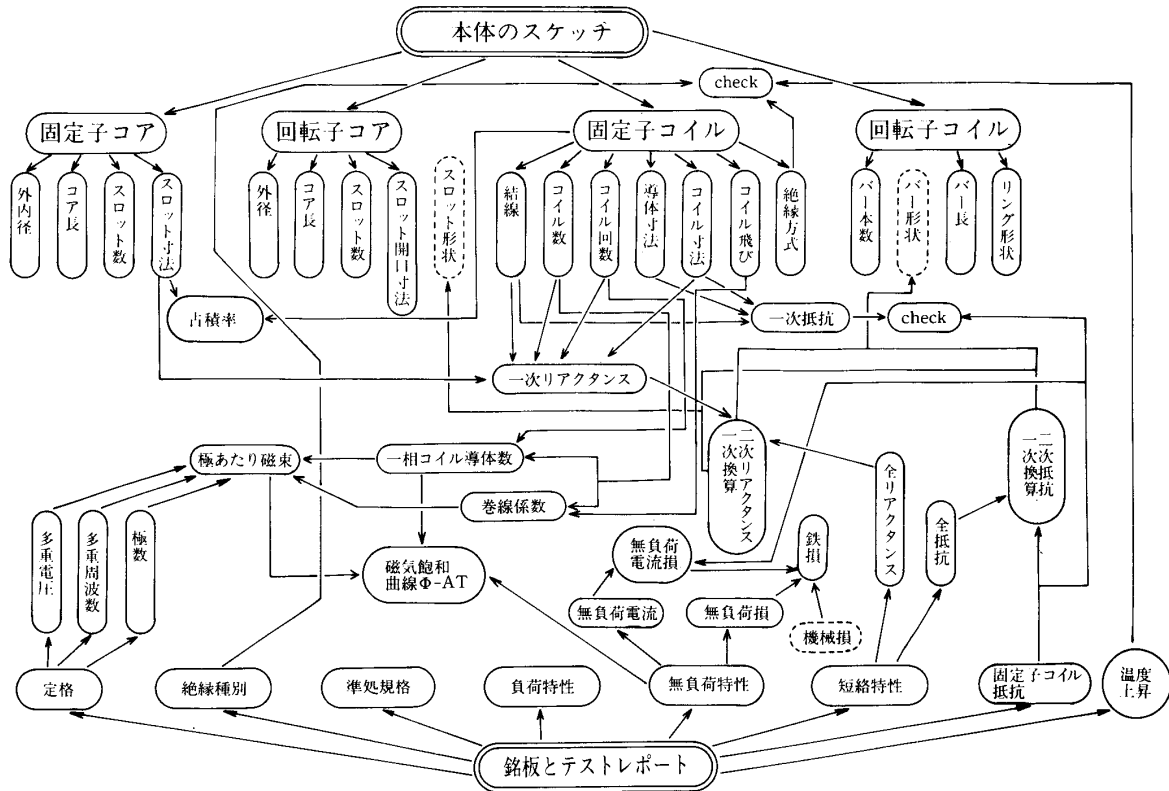
### 5. 特性推定法

復元設計改善設計ともに諸元や特性の確定が必要となる。この推定法で主な事項を述べる。

#### 5.1 特性算定のための諸元のもとめ方(第4図)

本体のスケッチによりコアとコイルまわりの寸法や仕様様が相当広い範囲で判明するがご形回転子のスロッチ形状やバー寸法がわからない。これは固定子コイルの焼損時回転子まで痛めることは少なく,これ等を知るために費用を伴う回転子の分解はさけるべきであるからである。

銘板とテスト・レポート(第5図)から定格,絶縁種別,準拠規格,負荷特性,無負荷特性,短絡特性,固定子コイル抵抗,温度上昇などがわかる。これ等を原始データとして計算し,全,1次,2次リアクタンス(1次換



第4図 復元設計のための流れ

算値)；全，1次，2次抵抗（1次換算値）；磁気飽和曲線，無負荷損，鉄損（5.2参照）；温度上昇に寄与する各損失の程度（5.3参照）等を算出することができる。さらに2通りの算出方法がある場合はその両者をおこない数値をチェックすることができる。また2次抵抗と2次リアクタンスの数値から回転子スロットの形状が推測されるが，この形状はかならずしも知る必要はない。

5.2 飽和曲線と鉄損の推定 (第6図)

鉄損や機械損に供給する有効電流の影響は少いので無負荷電流はそのまま励磁電流と考えて良い。スケッチによって明確になった巻線内容とテスト・レポートの無負荷電流から励磁起磁力が算定され，同時にその時の磁気装荷（一極あたり磁束）は電圧周波数と巻線内容とで算出され，200 [V] 50 [Hz]，220 [V] 60 [Hz] および 200 [V] 60 [Hz] の三点をもとめ，直流機のように飽和がひどくないので容易に飽和曲線を作ることができる。これは起磁力—磁束の関係を示すので，改善設計で巻線内容を変更してもこの資料をそのまま使用できる。

鉄損と機械損も上記3磁束量に対応する無負荷損失をテスト・レポートより求め，機械損は周波数の2乗に比

例するとし（文献(3)）また鉄損も磁束密度の2乗に比例するとして（文献(3)）ヒステリシス損と渦流損を考えて連立方程式を解けば係数がもとめられて分離して推定できる。この鉄損曲線も改善設計で巻線内容を変更してもそのまま使用できる。ただこの方式は比較的大きな誤差を伴うので機械損の出力に対する割合でチェックをする。

5.3 損失から温度上昇を推定する方法

現在汎用電動機はほとんど防滴または防沫の構造か全閉外扇形である。前二者の場合，固定子コイルの温度上昇は固定子コイルに発生する損失と主として固定子コアに発生する鉄損に依存し，後者については全銅損と鉄損にはほぼ依存すると考えて良い。具体的な推定法を下記に述べる。

(1) 防滴または防沫構造の構合 (第7図)

一般に，固定子コイルの銅損と鉄損の30%前後の値の和がコイル温度上昇に比例する。これは近接したコアとの熱移動のためと考えられる。60 [Hz] 時の温度上昇値はテスト・レポートから200 [V]，220 [V] 両損失配分の場合の関係から鉄損の寄与度が計算でき，推定の計算式ができる。さらに，50 [Hz] の場合のテスト・レポー

TEST REPORT		YASKAWA Electric Mfg. Co. Ltd.	
INDUCTION MOTOR		KITAKYUJUSU JAPAN	
MESSRS		Our Order No. _____ No of Sets _____	
Rating			
Type	Out put(kw)	Poles	Syn. Speed(RPM)
FBQ	3.7	4	1500/1800
Time Rating	Cont. 3		
Loss and Resistance Measurement			
No Load Test		Locked-rotor Test	
Hz	Volts	Amps	Watts
50	200	6.31	210
60	200	4.62	174
60	220	5.33	210
Connection: Delta			
Resistance Between Lines at 75 °C(Ω): 0.888			
Characteristics			
Hz	Volts	Load (%)	Current (A)
50	200	50	8.9
		75	11.4
		100	14.4
		125	17.8
60	200	50	7.8
		75	10.5
		100	13.7
		125	17.3
60	220	50	7.8
		75	10.1
		100	12.7
		125	15.7
Temperature Rise Test			
Hz	By Resistance Method	By Thermometer Method	Insulation Class
50	200	220	B
Insulation and Dielectric Test			
Measures by 500V Megger(MΩ)	Volts A-C for 1 min. Good	Braking Torque (%)	Vibration Class
100	1500		V- Good
Explosion-proof Construction			
Explosion-proof Construction	Explosion Class No.	Ignition Group No.	Permissible Locking Time(Sec.)
Notes:			
Place of Test: YASKAWA Electric Mfg. Co. Ltd. Kohara Works.			
Date of Test: June 1983			
Approved by: H. KODZUMA			

第5図 テスト・レポート

トの値から、同率の鉄損寄与度の場合の損失あたりの温度上昇値を計算でき、これでこの周波数の場合の推定計算式が成立する。これ等の式を変形させるだけで、可能な温度上昇値から許容される一次銅損を算出することもでき、出力向上の場合などに利用することができる。

(2) 全閉外扇形 (第8図)

全閉外扇形の場合は多分に枠内の全損失に依存するとされている。それでもやはり他の損失よりも固定子コイルの銅損がより強く影響する筈であり、前記の防滴または防沫形の場合に近い考え方で温度上昇を推定する。

すなわち枠内の損失は固定子銅損、鉄損および回転子銅損の総和であるとし(正しくは内部扇の機械損が加わるがこれは小さいので無視)、鉄損と回転子銅損の和の固定子コイルの温度上昇への寄与度を、200 [v] 60 [Hz] および220 [v] 60 [Hz] のテスト・レポート値と両者それぞれの時の損失(計算値)からもとめることができる。これにより60 [Hz] 時の温度上昇推定計算式を作ることができるし、また50 [Hz] のテスト・レポート値とその時の60 [Hz] と同じ寄与率で考えた損失の状況から周波数による損失あたりの温度上昇の差異を得て同様な50 [Hz] 時の温度上昇の推定計算式を作ることができる。

また、前記(1)と同様に可能な温度上昇値から許容の一次銅損の算出もできるので、出力向上の場合などに利用することが可能である。

5. 4 諸元の換算

第4図の流れにより複元設計のための情報が得られ、2次回路の定数は決定できる。改善設計の場合一般に固定子コイルの回数やコイルとびなどが変化する。場合によっては結線方法(YとかΔとか)も変えられることがある。複元設計の場合の1次換算2次抵抗および1次換算2次リアクタンスをそれぞれR'20およびX'20とし、複元設計の時の1次1相導体数をN10巻線係数をkw10、改善設計の時のそれ等をN1pとkw1pとすれば、改善設計の時の1次換算2次抵抗および同2次リアクタンスR'2pおよびX'2pは同一結線のとき

$$R'_{2p} = \left( \frac{k_{w1p} N_{1p}}{k_{w10} N_{10}} \right)^2 \cdot R'_{20}$$

$$X'_{2p} = \left( \frac{k_{w1p} N_{1p}}{k_{w10} N_{10}} \right)^2 \cdot X'_{20}$$

もしも複元設計Δで改善設計Yの時は1/3を乗ずれば良く、逆にYからΔのときは3倍すれば良い。

この(kw1p・N1p)/(kw10・N10)の値は大変便利で、仮にこの値を巻替係数と名づければ1次換算2次抵抗と同2次リアクタンスは巻替係数の2乗に比例して変化することになる。このように元来の2次抵抗や2次リアクタンスはかならずしも明確でなくとも、その1次換算値は算出できるので、回転子は修理の対象外として手をかけずとも一向にさしつかえない。

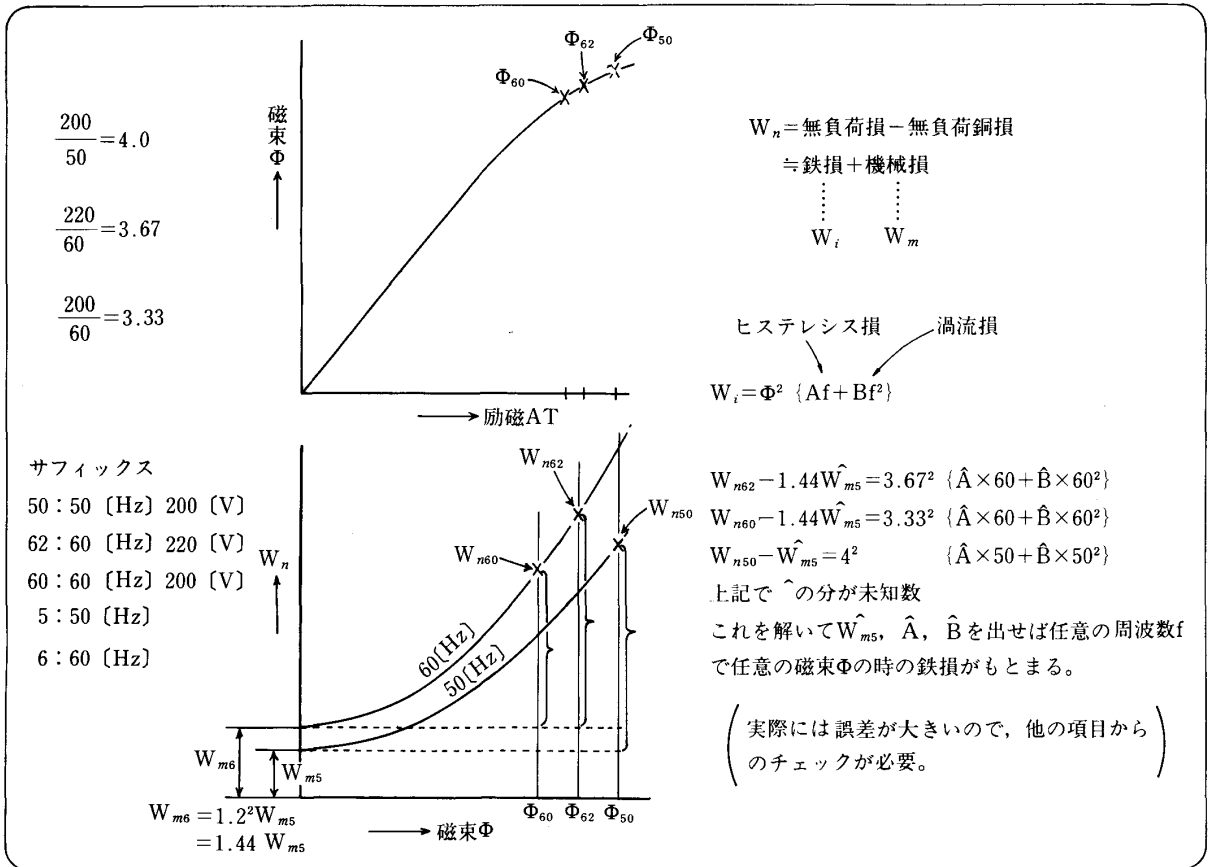
飽和特性や鉄損の特性に関して重要であり、改善設計の場合の限界の磁束を知る上でも大事な極あたり磁束(磁気装荷)も上記巻替係数の逆比で変化する。

2次電圧は巻替係数の逆比で変化し、このため2次電流は同一出力の場合巻替係数に比例する。したがって2次損失は巻替係数の二乗に比例して変化する。

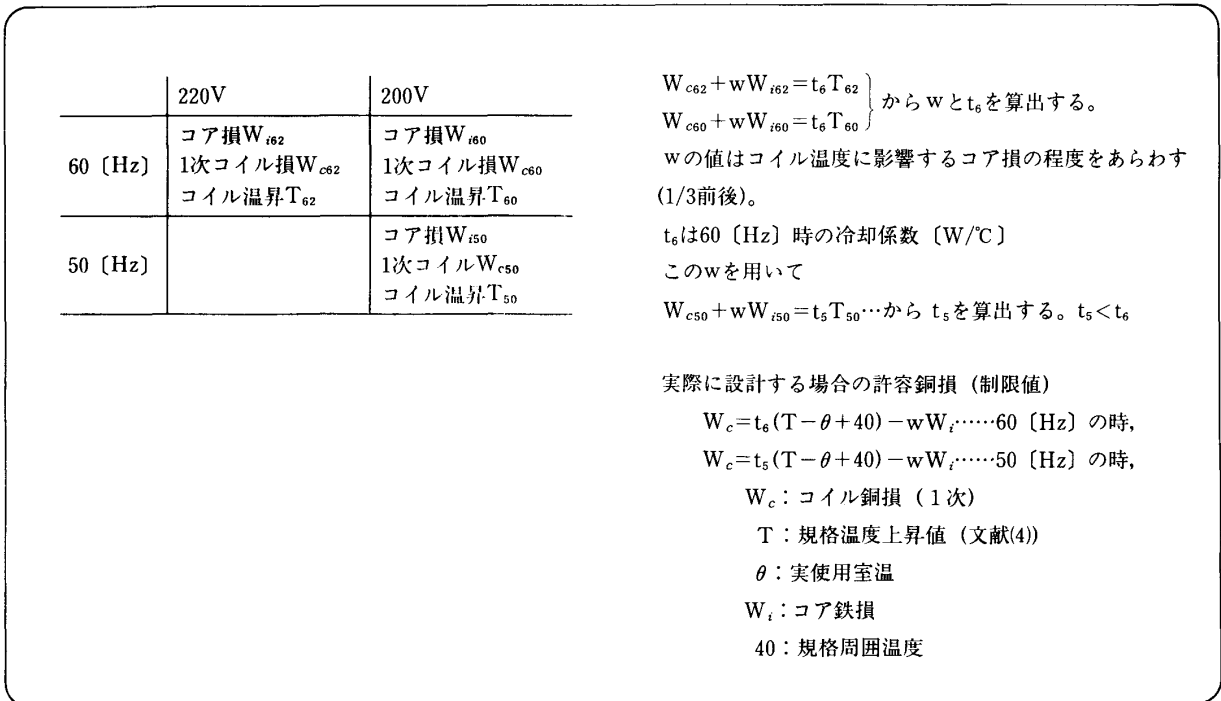
6. 修理費を重視したときの改善設計法(第9図)

詳細に検討しようと思えば修理費の内容ごとに論ずる必要があるが、人件費や絶縁材料費は電動機の体格によりほぼ固定し修理費を安価化する主要な部分は固定子コイル材料費である。検討の結果次の3点に要約される。

(1) 修理する場合には2層巻きにする。これは単層巻に比しコイル巻形が一様ですみ、コイル端が端正で、か



第 6 図 飽和曲線と鉄損の推定



第 7 図 防滴防沫構造のときの損失温度推定法

	220V	200V	
60 [Hz]	コア損 $W_{i62}$ 1次コイル損 $W_{c62}$ 2次コイル損 $W_{c'62}$ コイル温昇 $T_{62}$	コア損 $W_{i60}$ 1次コイル損 $W_{c60}$ 2次コイル損 $W_{c'60}$ コイル温昇 $T_{60}$	$\left. \begin{aligned} W_{c62} + w(W_{i62} + W_{c'62}) &= t_6 T_{62} \\ W_{c60} + w(W_{i60} + W_{c'60}) &= t_6 T_{60} \end{aligned} \right\} \text{から } w \text{ と } t_6 \text{ を算出する。}$ $w$ の値は固定子コイル温度に影響する他の枠内損失の程度をあらわす。 $t_6$ は60 [Hz] 時の冷却係数 [W/C] この $w$ を用いて、 $W_{c50} + w(W_{i50} + W_{c'50}) = t_5 T_{50}$ から $t_5$ を算出する。 実際に設計する場合の一次許容銅損 (制限値) $W_c = t_6(T - \theta + 40) - w(W_i + W_c) \dots\dots 60$ [Hz] の時、 $W_c = t_5(T - \theta + 40) - w(W_i + W_c) \dots\dots 50$ [Hz] の時、 $W_c$ : 一次コイル銅損 $W_{c'}$ : 二次コイル銅損 $T$ : 規格温度上昇値 (文献(4)) $\theta$ : 実使用室温 $W_i$ : コア鉄損 $40$ : 規格周囲温度
50 [Hz]		コア損 $W_{i50}$ 1次コイル $W_{c50}$ 2次コイル損 $W_{c'50}$ コイル温昇 $T_{50}$	

第 8 図 全閉外扇構造のときの損失温度推定法

つ短節巻の採用が可能でコイル平均長を減じ、銅線量を減らす効果がある。

- (2) コイル回数を減ずる。特に60 [Hz] 使用の場合は効果的で改善設計の第一候補は50 [Hz] の復元設計値の磁束まで巻替係数を減じて損失関係を計算し、次項の電線サイズを定め銅量を計算する。第二候補として、数%巻替係数を増して同様の計算をし、最低銅量の回数を探し決定する。(第一候補の場合が最低銅量であることがほとんどであるが、鉄損と励磁電流の増加で少し低い磁束で最低となることもありこのシステムを採用)
- (3) 電線サイズを小さくする。実使用仕様の出力や電圧に合わせて前記(2)の各改善設計により許容銅損 (5. 3 参照) によりサイズを決定する。

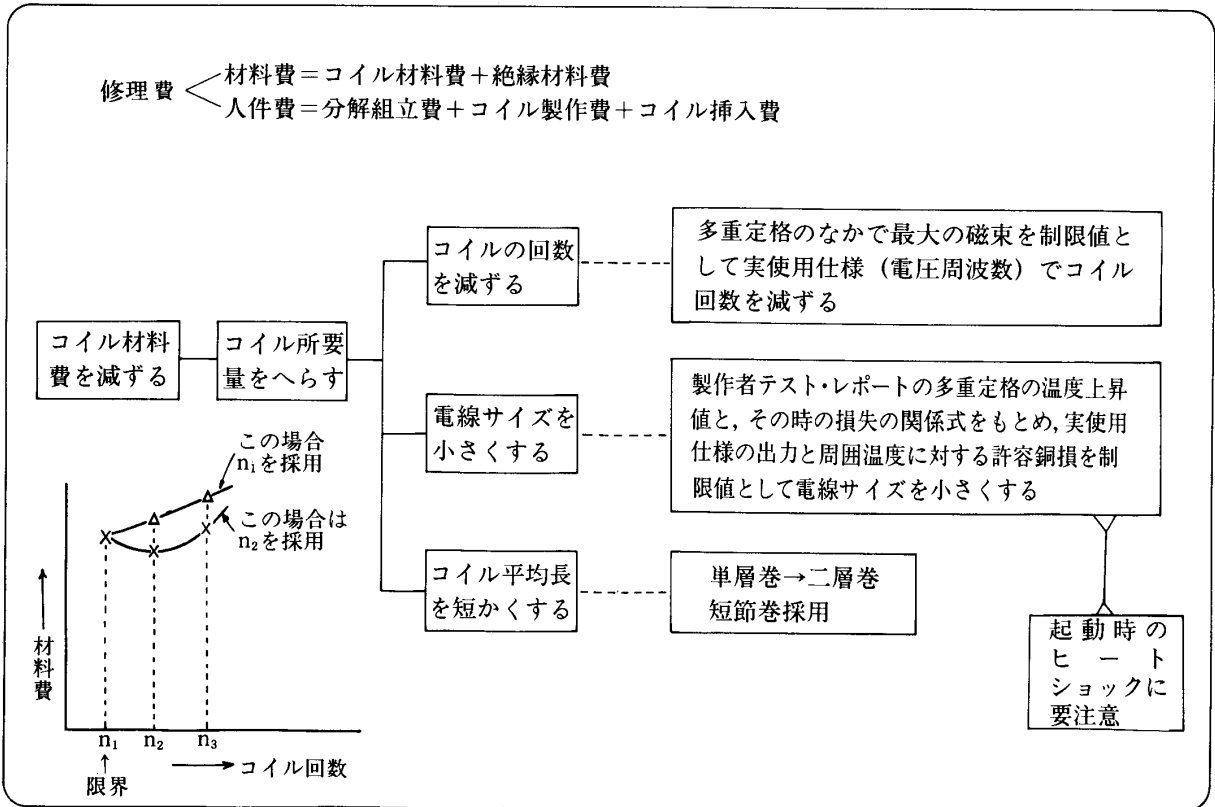
この方法で問題となるのは起動電流時の電線に与えられるヒート・ショックである。Y-Δ 起動のときや減電圧起動では問題ないが、全電圧起動ではこの問題に留意する必要がある。特に巻替係数が小さい時は始動電流が増え、実使用出力が小さいと電線サイズが下り、起動瞬間の電流密度が大となる。50 [A/mm<sup>2</sup>] を越える電流密度になる場合はヒート・ショックに強い電線とするのが望ましい。

7. 効率向上を重視したときの改善設計法 (第10図)

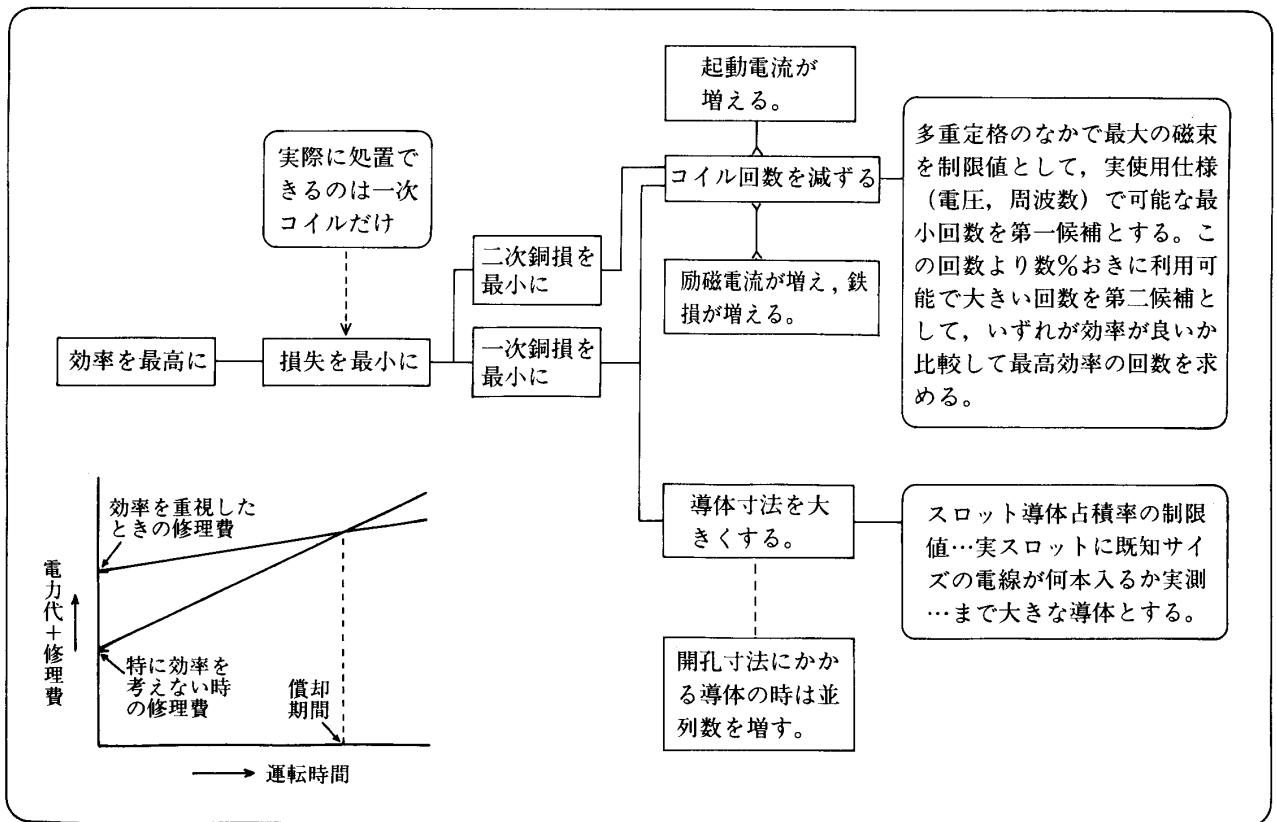
電動機の運転費用 (電力代) を最小としようという目的に供せられる。主要な方向は次の2方法を併用する。

- (1) 導線断面を極力大きくする。次の固定子コイル回数を減ずることでこの方法は更に助長される。もともと量産のためコイルは機械入れをされているため40[%] 前後の占積率であるのを48 [%] 前後まで手で入れることで向上できるため大きく抵抗の減少を期待できる。限度は前記占積率できまる。
- (2) コイル回数を減ずる。50 [Hz] 使用のときは無理であるが60 [Hz] のときは50 [Hz] 時の磁束まで巻替係数を減ずる。これにより一つは前記1次導体断面積を増すと同時に1次コイル全長を減じて1次抵抗を減じ固定子銅損を減少、もう一つは1次2次の変圧比が巻替係数の減少により変化して2次電流を減じて回転子銅損を減少させる (5. 4 参照)。

実際には回数をへらすと励磁電流や鉄損が増加するため前記回数を第1候補とし数%巻替係数を増した場合と効率の値を比較し最高効率の回数を探して決定する。(多くの場合は第1候補の場合が効率最大)



第9図 修理費を最低にしたいときの改善設計



第10図 効率が最高にしたいときの改善設計



固定子コイルの導体断面積は巻替係数の逆比で変化し全長は同係数に比例する。したがって抵抗値は巻替係数の二乗に比例して変化する。したがって

改善設計の一次抵抗＝

$$(巻替係数)^2 \times \left( \frac{\text{復元設計の占積率}}{\text{改善設計の占積率}} \right) \times (\text{復元設計の一次抵抗})$$

といった形で概算される。

この効率向上の場合も起動時の電線のヒート・ショックの問題が出る可能性があり6.の場合と同じく注意すべきである。

なお、この効率向上の効果は修理費の増加分を何日間で償却できるかということで確かめられる。3.7[kW]の電動機で検討した所、1月間足らずで償却などの優秀なデータが得られた。

## 8. 出力上昇を重視したときの改善設計法 (第11図)

出力不足で焼損したような場合には好適な設計となる。磁束と電流をとり得る最大の値にするのがこの場合の基本であるが、実際の方法は7.に似ている。

- (1) 導体断面積を極力大きくして抵抗も減じる。これは占積率の向上だけでなく次の回数減(巻替係数減)により大きく助長される。(7.参照)
- (2) コイル回数を減ずる。50[Hz]の磁束値まで巻替係数を減ずることにより一次抵抗を減じ、2次電流を減ずる(7.参照)。60[Hz]使用の時は大変効果的である。
- (3) 実使用室温が40[°C]より低い場合は、その差だけ規格の温度上昇規格値より高い値を許容値とする。
- (4) 許容温度上昇値を用いて許容損失を5.3により算出し、その許容損失を満足する電流を算出する。この電流値で出力を計算しニーズに合っているかどうかチェックする。もしも不足であれば絶縁種別を次のように変更する。
- (5) 最高H種まで絶縁種別を上げる。ニーズに適合するまで上げれば良い。ただしH種で算出した出力がその体格と冷却方式での限度であり、これ以上は無理である。

この場合も第1候補の回数で出力最大となる場合がほとんどであるが、念のため数[%]巻替係数大なる場合と比較してきりあてた方が良い。

出力増大が単に許容出力を増すだけで良い場合は問題

ない。例えば今まで駆動していた負荷が定格を越えているだけで、始動や最大トルクの絶対値は不変といったときは気にすることはない。しかし電動機出力を増したときトルク特性も絶対値を増す必要がある場合、例えば負荷の機械をこの際容量を増すため別の物にするといったときはトルク特性も向上させる必要がある。この場合の始動や最大トルクなどは概略次の式であらわされる。

$$\text{改善設計のトルク} = (\text{巻替係数})^{-2} \times (\text{絶対値})$$

$$\text{復元設計のトルク (またはレポート値)} \\ (\text{絶対値})$$

この式で検討して出力増大に伴うトルク増大の値が充分であるかどうか(定トルク負荷なら起動トルクが新出力に対応するトルクの140[%]以上、最大トルクは170[%]以上; 通減トルク負荷ならそれぞれ50[%], 170[%]以上あれば一般には問題はない)チェックする必要がある。

## 9. CADの利用

第2図に示すようにこの一連のシステムは技術者の手をとる。しかしスケッチに多少の餘分の手間をとる以外は大幅にCAD化が可能である。これによって復元設計から改善設計にいたるプロセスで必要な繁雑さは緩和され実用性に富むことになる。

主要な流れは次のようになる。

- (1) スケッチ内容と銘板とテスト・レポートの内容を入力し復元設計をおこなわせる。これを出力させる。
- (2) 使用先のニーズと実使用仕様を入力する。
- (3) 復元設計の内容と(2)の入力から改善設計をおこなう。

第1候補以外にも数[%]宛巻替係数の大きい設計もやってみてもっともニーズに適合した設計をえらぶ。

これを出力させる。

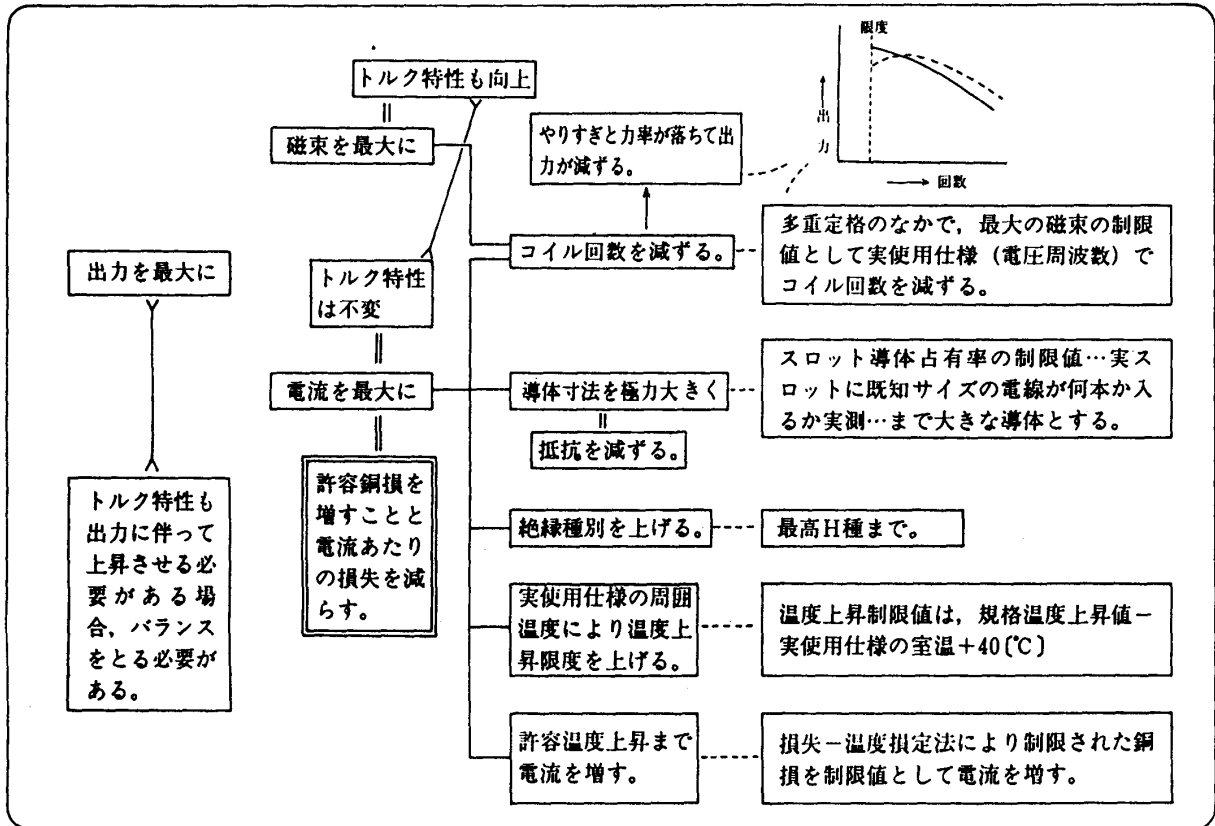
なおこのCADは普通のパーソナル・コンピュータを利用することで十分である。

## 10. まとめ

以上細かい理論はなるべく避けて方法を主体にして焼損汎用誘導電動機の修理方法の改善に関する研究内容をまとめた。この方法は下記の定格の2台の電動機によって検討した。

安川電機製 防沫形汎用誘導電動機 (かご形)

BDQ形3.7[kW] 1500/1800[rpm] 50[Hz] 200[V],



第11図 出力を最大にしたときの改善設計

60 [Hz] 200 [v], 60 [Hz] 220 [v] 4極  
 安川電機製 全閉外扇形汎用誘導電動機 (かご形)  
 FEQ形3.7 [kW] 1500/1800 [rpm] 50 [Hz] 200 [v],  
 60 [Hz] 200 [v], 60 [Hz] 220 [v] 4極

この両電動機をサンプルとしてほぼ所期の目的が達成できることが実証された。詳細は別にゆずるとして例えば60 [Hz] のとき出力は6.5 [kW] までの上昇や効率の2 [%] の高揚などが可能であった。

一応連続定格の場合について今まで言及しているが、短時間使用の場合の出力向上なども時定数をうまく設定 (例えば文献(1)) しておこなうことができる。

また今までのべた汎用誘導電動機は電機工業会の標準三相誘導電動機に相当するのであるが、非標準三相誘導電動機であろうとも製作者からOEM (一般の機械製造者はほとんどこれに相当する) 渡しの場合はほとんど多重定格となっていて2. に述べた冗長性があり、ここに提案した修理法が流用し得る。

特に60 [Hz] 地区の場合、この方式は大変有効であるので西日本の使用者および修理者にメリットを持たせるシステムであると考えます。

終りにあたってこの電動機をご提供いただいた(株)安川電機製作所と、スケッチや設計に協力いただいた宇部高専学生諸君に厚くお礼を申しあげる。また実用化に際して色々ご批評をたまわった桑原電工(株)および安部電機の諸兄にも厚くお礼を申し述べます。

参考文献

- (1) 電動力応用 (訂正版) 広瀬敬一, 猪狩武尚共著251頁
- (2) 電機 日本電機工業会 例えば1986年8月号電気機器生産・出荷・在庫実績・標準三相誘導電動機
- (3) 電気機器設計 竹内寿太郎, 磯部直吉共著2頁
- (4) JIS C 4004

(昭和61年10月8日受理)