

フェライト磁性くさびによるコンデンサモータの特性改善について

長谷川 誠一・穴 沢 義 久*・加 賀 昭 夫*

A Study of Characteristic Improvement of A Single-Phase Capacitor Motor by Means of Ferrite Magnetic Wedges

Seichi HASEGAWA, Yoshihisa ANAZAWA and Akio KAGA

(平成元年10月31日受理)

Ferrite materials have rectangular magnetizing characteristics. The authors have intended to utilize the magnetizing properties of the ferrite to improve the characteristics of the motors used for such home electric appliances as refrigerators. In this study, the ferrite magnetic wedges have installed into the stator slot openings of the single-phase capacitor motor of 0.75 kw.

As the results of experimental discussions, the increase of magnetizing reactances has decreased motor currents to reduce copper losses, and the decrease of higher harmonic losses with tooth pulsation losses has reduced iron losses. Owing to the reductions of these power losses, overall efficiency of the motor has been improved remarkably.

1. 緒 言

単相コンデンサモータは冷蔵庫、洗濯機等の家電製品の駆動用モータとして広く用いられている。しかし、コンデンサモータは二つの非対称な正相分と逆相分から成る不平衡で脈動的な磁界のもとで運転されるため電力損失が大きく、その結果総合効率が低い。さらに電源周波数の2倍の周波数の振動トルクを発生し、機械的振動および騒音等の障害が発生する。これらの諸問題についてはこれまで多くの研究がなされている。^{(1),(2)}

筆者らは市販の小型コンデンサモータの固定子の溝の開口部にフェライト磁性くさびを打ち込み実験的検討を行ってきた。その結果フェライト磁性くさびの急激な飽和特性によってエアギャップ中の磁束密度分布の脈動が減少した。これにより高調波損および銅損が減少し、総合効率が改善された。^{(3),(4)}

また、有限要素法による磁界解析の結果、フェライト磁性くさびを打ち込むことによってカーター係数が減少し、そのため励磁電流が減少することがわかった。^{(3),(4)}

2. 実験方法

試験に先立ち、モータ巻線温度条件を一定に保つため約1時間の予備運転を行った。各試験は、J E C-37の規定にもとずいて行った。⁽⁵⁾ 無負荷試験は励磁リアクタンスと鉄損を決定するためモータ始動後、主巻線および補助巻線を開放し、それぞれについて行った。コンデンサモータの特性は補助巻線の運転コンデンサの容量の影響を受ける。そのため負

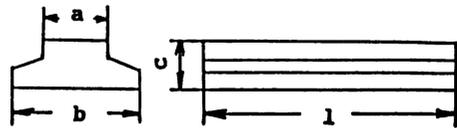


図1 くさびの形

Wedge	*1	*2	Dimension(mm)			
	μ	Bs(T)	a	b	c	l
A	2500	0.47	2.32	4.83	1.94	85.0
B	1500	0.37	2.30	4.82	1.93	85.0
C	1500	0.28	2.41	4.80	1.94	85.0

*1:Initial Permeability

*2:Saturation flux density

表1 くさびの磁化定数と寸法

* 秋田大学

フェライト磁性くさびによるコンデンサモータの特性改善について

荷試験では最適の運転条件が得られるようコンデンサ容量を種々変化して行った。

第1図には使用したくさびの形を、第1表にくさびの磁化定数を示した。また、供試電動機の定格を第2表に示した。実験には3種類のくさびを使用した。Aくさびが最も良い特性を示した。(3),(4),(5),(6),(7)

したがって、本稿では主としてこのAについての実験結果を示した。

Output(W)	Voltage(v)	Current(A)	Pole	Frequency(Hz)
750	100/200	12/6	4	50

Revolution (rpm)	Starting (μ F)	Running (μ F)	Slots	
			Stator	Rotor
1430	430	30	36	44

表2 モータの定格

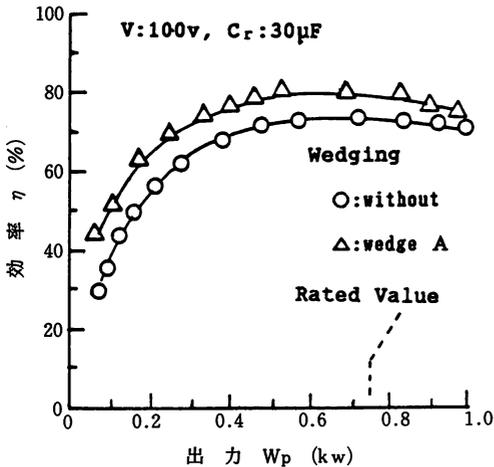


図2 負荷特性

3. 実験結果

3.1 負荷特性

第2図に負荷特性の一例として効率ηと出力Wpの関係を、くさびを打ち込んだ場合(くさび有り)と打ち込んでいない場合(くさび無し)を比較して示した。くさびの有無に係わらず、定格出力まではWpの増加にともなって効率ηは上昇し、定格出力以上になると次第に低下する。一般的な傾向としてくさびを打ち込んだ場合、出力Wpが小さい領域は

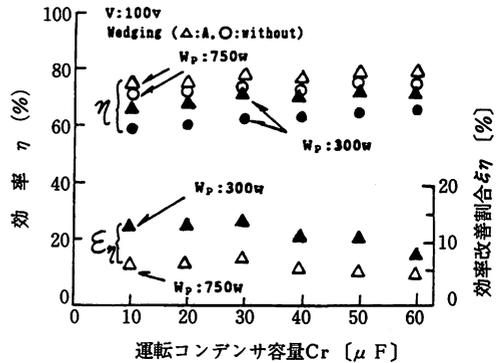


図3 運転コンデンサ容量と効率特性

ど効率ηの値が高く現われている。たとえば、定格750W負荷時では効率の改善が約7.5%であるのに対して、300Wの軽負荷時においては13%の効率改善が得られる。家電製品用モータは全員荷連続運転より、軽負荷間欠運転で使用される場合が多く、軽負荷時の効率改善は省電力化に有効である。

第3図に運転コンデンサCrと効率η、および効率改善割合εηを示した。ここで、効率改善割合とはくさびの打ち込みによる効率アップをくさび無しの場合の効率で除したものである。出力300Wおよび750Wの場合の効率は、くさびの有無にかかわらずコンデンサ容量Crが大きくなるのに伴い上昇する。しかしながら、効率改善割合εηはコンデンサがある容量以上になるとしだいに減少する。

3.2 無負荷特性

第3表に無負荷試験の一例を無負荷入力Wmo、鉄損Wi、銅損Wcoおよびそれらの比について示した。くさびを打ち込むことによって電力損失は著しく減

Loss Wedging	Wno (w)	Wco (w)	Wi (w)	Wco (%) Wno	Wi (%) Wno
Without	185	75.8	107.2	41.0	57.9
A	137.8	57.2	78.6	41.5	57.0
B	146.7	61.7	83.0	42.0	56.6
C	156.7	65.8	88.8	42.0	56.7

表3 無負荷特性

少する。たとえば、くさびAの場合、くさび無しに比べて約25.5%も減少する。これはフェライト磁性くさびを用いることによりギャップ磁束の脈動が減少し、高調波損、すなわち歯脈損およびうず電流損が減少したこと起因するものとみなされる。その結果鉄損が減少する。また、くさびを打ち込むことによって、励磁リアクタンスが増加するのにもない励磁銅損が減少する。これらの結果が総合されてモータ効率と特性が改善されることになる。

3.3 振動トルク特性

単相コンデンサモータは補助（始動）巻線にコンデンサを直列に接続して運転される。そのため理想的な円形回転磁界を得ることが困難である。すなわち、楕円回転磁界が形成され、正相分および逆相分磁界による不平衡（非対称）励磁となる。この不平衡磁界は電圧と電流に脈動を生じその結果、振動トルクが発生し、機械的振動、騒音等の障害が発生する。振動トルク T_v は次の式で表される。

$$T_v = 2I_f I_b (Z_{rf} - Z_{rb}) / \omega s [Nm]$$

上式の I_f および I_b はそれぞれ正相分電流、逆相分の電流を表す。また、 Z_{rf} および Z_{rb} は励磁回路と回転子回路との合成インピーダンスの一次に換算したものの正相分および逆相分を表す。 ωs は固定子回転磁界の角速度である。振動トルクは種々の因子に影響を受けるが特に逆相分の影響が強い。ここで振動トルク T_v に含まれる正相分トルクに対する逆相分トルクの比を τ とすると τ は次のように表される。

$$\tau = (I_b^2 R_{rb}) / (I_f^2 R_{rf})$$

上式の R_{rb} および R_{rf} は一次側に換算した回転子抵抗の逆相分、正相分を表す。第4図にこのトルク比 τ をくさびAの場合とくさび無しの場合について運転コンデンサ容量 C_r をパラメータにとって示した。トルク比 τ はくさびの有無にかかわらず、すべり s の増加にともなって減少し最小値に達し、そこから緩やかに増加する。またコンデンサ容量が大きいほどすべりの小さい領域でのトルク比の減少が著しい。一方、コンデンサ容量が小さい場合は、明らかにくさびAの場合のトルク比がくさび無しの場合に比べて小さいが、コンデンサ容量が大きくなるに伴って、くさびの効果が弱められていく。これは容量性インピーダンスが減少するに伴って電流が増大し磁気飽和を起こすためと見なされる。したがって、フェライト磁性くさびを打ち込んだ場合に最適なコンデンサ容量が見いだされるならば、モータの運転特性はさらに改善できるものと考えられる。

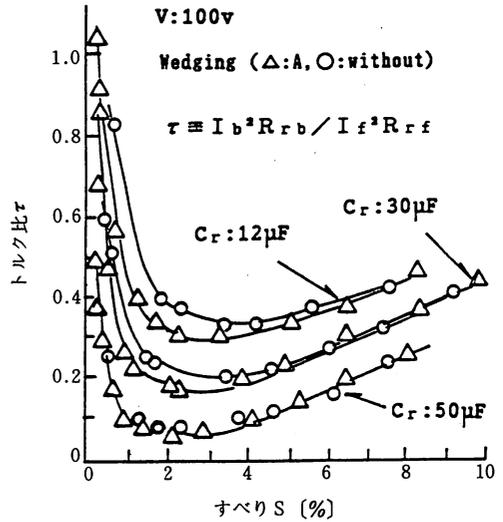


図4 逆相分トルク特性

4. 結 論

単相コンデンサモータの特性改善のために、固定子スロット開口部にフェライト磁性くさびを打ち込み、検討した結果次のことがわかった。

- (1) スロットにフェライト磁性くさびを打ち込むことによってモータ効率は大幅に改善される。
- (2) 負荷条件の点から見ると軽負荷時における効率改善が重負荷時のそれよりも著しい。たとえば、300 W負荷時では効率13%改善される。
- (3) 運転コンデンサの容量を増大していくと効率は上昇するが、効率の改善割合は次第に減少する。すなわち、コンデンサモータの効率改善には最適なコンデンサ容量が存在することになる。
- (4) フェライト磁性くさびの磁気特性によって、エアギャップ中の磁束の脈動が減少する。これによって高調波損すなわち、歯脈損およびうず電流損が減少して、結果として鉄損が減少する。
- (5) フェライト磁性くさびは振動トルクの低減に対しても効果的である。特に、軽負荷時においてその効果が顕著である。
- (6) 運転コンデンサ容量を増加すると振動トルクは減少する。しかし、コンデンサモータには運転条件に最適なコンデンサ容量が存在するのでその減少には限界がある。
- (7) 振動トルクは種々の因子の影響を受けるが、その中で逆相分トルクはフェライト磁性くさびによって大幅に減少する。

フェライト磁性くさびによるコンデンサモータの特性改善について

以上述べたようにフェライト磁性くさびはモータ効率の改善，振動トルクの低減およびその他のモータ特性改善にきわめて有用である。しかし一方，くさびの強度に適した打ち込み方法の問題，コストの点など諸問題が残されている。これらに関しては今後とも追究して，別の機会に報告したい。終りに，本稿を作成するに当たって種々アドバイスいただいた赤上陽出男秋田大学教授，ならびにフェライト磁性くさびを作製いただいたTDKフェライト事業部の関係の方々へ深謝する。

参 考 文 献

- (1) W.J.MORRIL : "The Revolving Field Theory of Capacitor Motor" ; J.Amer.Inst. Elect. Engng., Vol. 48, No.4, 190,1929
- (2) 横塚：“コンデンサモータの振動トルク” 電気学会雑誌，Vol. 91, No.3, 115,1971
- (3) 穴沢，他：“フェライト磁性くさびを用いた小型誘導電動機の特性とカータ係数” 電気学会論文誌B，Vol. 104, No.4, 46,1984.
- (4) A. Kaga, et al: "The Efficiency Improvement of Capacitor Motor with Ferrite Magnetics Wedges" IEEE Trans. on Magnetics. MAG-22-5, 964, 1986
- (5) JEC-37 : "Induction Machines" I.E.E.J. ,1, 1979
- (6) A. Kaga et al : "A Research of Efficiency Improvement by Means of Wedging with Soft Ferrite in Small Induction Motors" IEEE Trans. on Magnetics MAG-18-6, 1547, 1982
- (7) Y. Anazawa et al : "Prevention of Harmonic Torque in Squirrel Cage Induction Motors" IEEE Trans. on Magnetics MAG-18-6, 1550,