

琉球大学学術リポジトリ

塊状鉄心回転子をもつ三相リラクタンスモータの非同期特性

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学工学部 公開日: 2013-05-23 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 上里, 勝実, Uezato, Katsumi メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/26194

塊状鉄心回転子をもつ三相リラクタンス モータの非同期特性

上 里 勝 実*

Asynchronous Characteristics of Three Phase Reluctance Motor with Solid Rotors

Katsumi UEZATO

Abstract

The paper describes asynchronous performance of reluctance motors having solid rotor. This machine is started by the distributed flow of eddy current in the solid-iron material forming the poles. It is further discussed that the asynchronous torque is not sufficiently high to yield good pull-in performance, so a short-circuit winding is used to improve this defect.

It is shown in fig.5 that this machine has a better torque efficiency than comparable conventional reluctance motors.

1. ま え が き

従来のリラクタンスモータの研究はけい素鋼板やその他の磁性材料で積層された回転子について進められてきた。著者は、同期状態のリラクタンスモータにおいて高調波分による影響が小であれば回転子に固塊鉄心を用いてもその特性の低下はさほど問題にならないことに着目して、従来のものより構造簡単かつ堅牢で、製造容易で安価な非積層回転子（以後、「塊状鉄心回転子」と呼ぶ）をもつリラクタンスモータを考案し、その同期特性を本誌に報告してある⁽¹⁾。

リラクタンスモータの非同期特性で重要なものは、引入れトルク、始動トルクおよび始動電流である。この塊状鉄心回転子をもつリラクタンスモータ（以後、「塊状鉄心リラクタンスモータ」と呼ぶ）は回転子の固有の高抵抗のため始動特性は比較的よいが、非同期トルクは固塊の磁極頭に生ずるうず電流によって発生するので一般に同期引入れ特性は悪い。したがって同期速度付近の速度—トルク特性曲線を急勾配に

して引入れ特性を改善することが重要な課題となる。Chalmers氏らは二極回転子の表面に軸方向のスリットを設けたり、あるいは磁極間に銅板等低抵抗材料を挿入することによって同期引入れ特性の改善をはかっ⁽²⁾⁽³⁾てきた。

本稿では二、三の異なった磁極を有する小形の塊状鉄心リラクタンスモータの実験結果をもとに非同期特性を考察する。また磁極の周りに短絡巻線を設けることによって始動特性が改善され、同期引入れが容易になること、そしてそれによって起こる問題点を指摘してある。さらに、極アークと極ピッチの比が始動トルクおよび始動電流におよぼす影響を述べ、別報の同期特性も考慮に入れてその比の最適値を検討してある。⁽¹⁾

2. 試作実験機

試作回転子の設計要目および固定子の仕様は第1表のようである。固定子は定格0.2KwのT社製かご形三相誘導電動機を使用した。この設計要目より試作した各種の回転子構造を第1図に示す。なお特性比較のために使用した積層鉄心回転子は上記T社製かご形回転

受付 1973年10月31日

* 琉球大学理工学部電気工学科

子を突極に改造したものである。

Table 1. Design items of test machine

定格電圧	200 V
周波数	60 Hz
極数	4 極
固定子内径	65 mm
スロット数	24
毎極毎相の巻回数	206
巻線の種類	同心巻, 星形
回転子直径	64.1 mm
鉄心長さ	50 mm
材質	低炭素鋼
短絡巻線	2φ軟銅線 1巻
スリット長	15 mm
エアギャップ長	0.45 mm

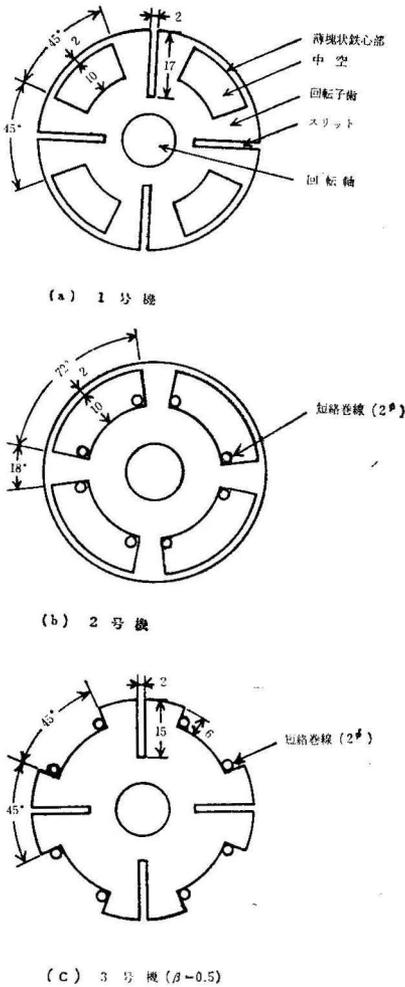


Fig. 1 Construction of the rotors

3. 実験結果および考察

前述した各種の試作回転子をT社製三相誘導電動機の固定子に組みこんで実験を行なった。非同期トルクは電動機の機械損と冷却用ファンを負荷として、端子電圧を徐々に変化させてすべりを生ぜしめ、のちに端子電圧 200 V に換算してその近以値を同期ワットで表わして求めた。

(3.1) 極間に薄塊状鉄心層を有する回転子

第2図に極間に薄塊状鉄心層を有する三相リラクタンスモータの速度—トルク特性を示す。トルクの単位は同期ワットである。この形状の回転子構造を考案した目的は、非同期時に回転子全表面に発生するうず電流によるトルクが増加すること、また円筒形のためエアギャップパーミアンスがほぼ一樣になるので、低い次数の高調波磁束の存在が少なくなり、非同期トルクとりわけ引入れトルクの改善をはかることにある。

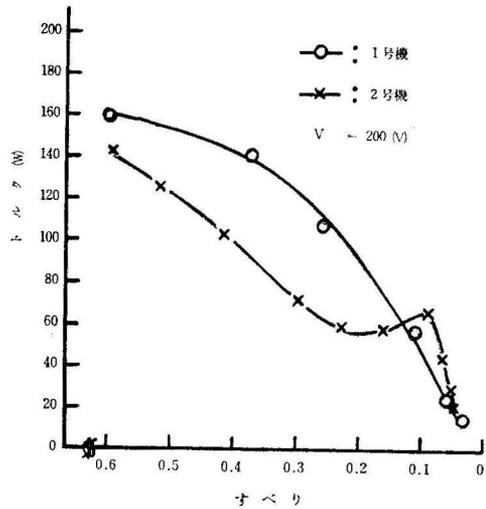


Fig. 2 Torque-slip characteristics of experimental machines (No.1 and No.2)

第2図より明らかなように1号機の非同期トルク特性は塊状鉄心回転子誘導電動機⁽⁴⁾のそれによく以ており、すなわち鉄心トルクの性質を示し、すべり0.5付近でのトルクの陥没はほとんどみられないが、公称引入れトルクは僅かに30W程度で小さい。2号機は磁極に設けた短絡巻線による二次単相作用ですべりの小さいところでトルクの山が現われ、同期引入れを容易にはするが、すべりが0.1~0.5の範囲でトルクの谷を生じており、負荷の仕様によっては始動途中で加速しなくなり、同期化されないことがある。短絡巻線を除いた2号機は無負荷で電圧を200Vにあげても同期に引き

こむことはできない。

〔3.2〕 短絡巻線を有する回転子

それぞれの磁極の周りに2mmの軟銅線を1回巻いた短絡巻線を設けた。第3図に3号機と3号機の短絡巻線を除いたものとの速度—トルク特性を示す。短絡巻線を設けた主なねらいは、①同期引込みを容易にすること、②同期運転時に発生する高調波による電流損を軽減すること、③制動巻線としての効果が期待できることなどである。③は安定度と深い関係にあるので現在実験中であるが、短絡巻線を設けることによって固定子巻線と回転子回路との結合が良くなるので制動効果が若干大きくなることが予測できる。

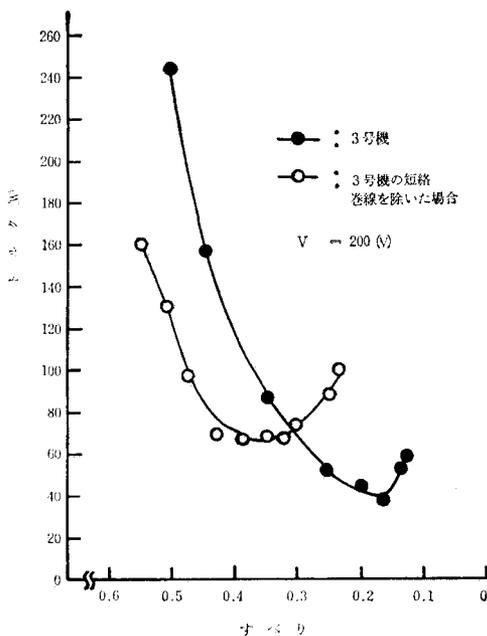


Fig. 3 Torque-slip characteristics of experimental machines (No.3)

図よりわかるように短絡巻線を有するものはそれを有しないものよりトルクの谷は深い、トルク曲線がすべりの小さいところへ移行しているため同期入れが容易であることが推察され、同時にすべりの大きい領域でトルクが増大するので、始動トルクが増加する。トルクに陥没を生じる原因は、短絡巻線が単相二次巻線として作用するためである。すなわち短絡巻線の単相作用によるトルクは、 $(1-2S)f$ (S:すべり)の逆相電流による逆相トルクが作用することにより、すべり $S = 0.5$ までは正のトルクとなり、それ以上の速度で負のトルクを発生し、さらに加速して同期速度近くで再び正のトルクとなる。

次に短絡巻線の数と配置の仕方によって非同期トルク特性がいかに変化するかを第4図に示す。1巻の短絡巻線を4極、3極および2極にそれぞれ設けた場合について実験した。図から理解できるように短絡巻線を増してゆくとトルクの谷の深さは変わらずほぼ同値であるが、トルク曲線がすべりの小さいところへ移行することや始動トルクが増加してゆくことがわかる。同期速度付近のトルクの立上り勾配は引入れトルクに大きく関係するので、短絡巻線を増せば容易に同期化できることを示している。また、短絡巻線を非対称に配置することによって非同期トルク特性の改善は望めないことがわかる。

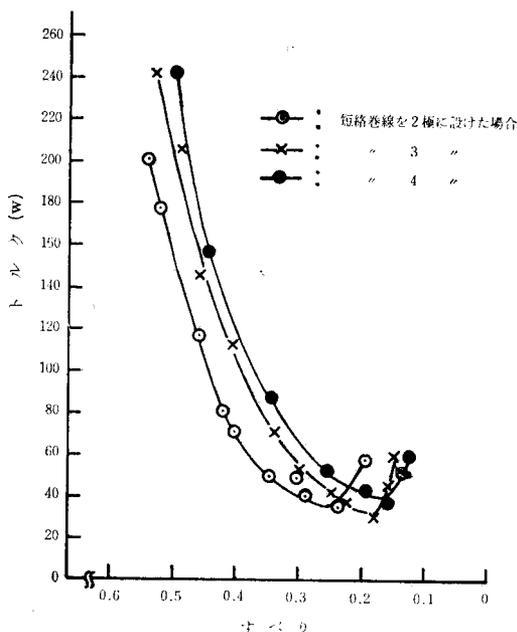


Fig. 4 Influence of short-circuit winding number on torque-slip characteristics

以上のように磁極に短絡巻線を設けることによって、非同期時にトルクの谷を生じる欠点があるが、半面始動トルクの増大および同期入れを容易にするなど利点がある。トルクの谷の改善については現在実験研究中なので、別の機会にゆずる。

〔3.3〕 極アークと極ピッチの比 (β) に対する始動特性

β に対する始動トルクおよび始動電流の変化を第5図に示す。回転子は磁極頭にスリットを有しない形のものを使用した。図中 T_L および I_L は汎用の0.2KW三相誘導電動機のアルミダイカストされたかご形回転

子を4極のリラクタンスモータに改造したものの始動トルクおよび始動電流である。また図中、塊状形とは塊状鉄心リラクタンスモータ、成層形とは成層鉄心を用いている従来のリラクタンスモータの略称である。

始動トルクおよび始動電流の値は1極ピッチ間を4等分した位置に回転子をそれぞれ拘束しておいて、供給電圧100Vで電源スイッチを投入し、その時のトルクおよび電流を電圧200Vに換算したものである。また塊状形において β を0.5までしか変化させなかったのは、 β がそれより小さくなると電流が増大して固定子巻線を焼損するおそれがあったからである。

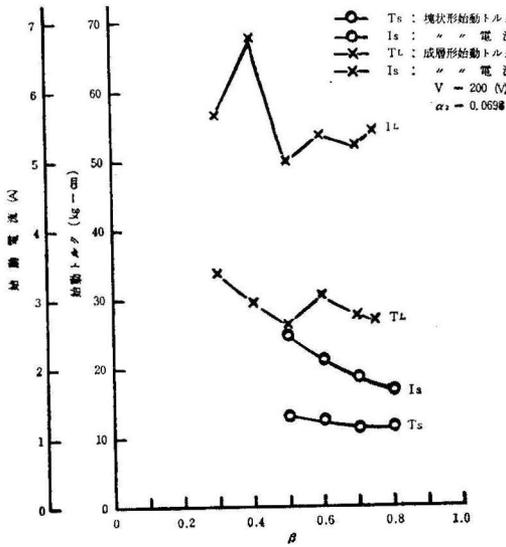


Fig. 5 Variation of starting torque and starting current with β
 β : pole-arc/pole-pitch

成層形の始動トルクは β の減少に伴い増加の傾向を示しているが、塊状形のそれはほぼ一定でわずかな漸増の傾向にある。また塊状形の始動電流は β が減るに伴い単調に増加している。塊状形の始動電流が小さいのは、回転子材質が低炭素鋼であるため透磁率および導電率がともに小さく、二次周波数が高い始動時は比較的大きな漏れリアクタンスに加え、大きな二次抵抗が作用するためと考えられる。このように塊状鉄心リラクタンスモータは始動電流が小さいので、特に多数のモータを同時に始動する場合など電源容量が少なくすむことになり、また第5図より理解できるように一般にトルク効率、すなわち始動トルクと始動KVAの比がすぐれていることがわかる。しかし β が小さく

なるにつれ始動トルクの増加の割合いに対して、始動電流の増加が著しいので、始動効率は悪くなってゆくことに注意しなければならない。

[3.4] β の選定

(1) ここでは別報の塊状鉄心リラクタンスモータの同期特性も考慮に入れ、 β の最適値を検討する。 β が小さくなるに伴い脱出トルクが増加し、力率も良くなる(1)。しかし半面引入れトルクは急速に減少し電流は増大してゆくことがわかった。したがって、負荷の態様に対して最良の同期および非同期特性の間の折衷をいかに決定するかはリラクタンスモータを設計する場合の基本的課題になる。このように相反する要求を満足させる設計を行うには、性能係数を設定して設計定数を算定することも一方法であるが、ここでは一連の実験結果にもとずき β についてのみ考察する。

(1) 別報で述べたように、より大きい脱出トルクおよび力率を得るには X_q に対して X_d をできるだけ大きくすることである。その最適な β の値は別報の第10図および第12図より0.2~0.25付近であることがわかる。しかしこのような小さい β の値を採用すると、別報の第11図より明らかなように脱出電流が増大する。また前述のように始動電流が非常に大きくなり、引入れトルクも小さくなって同期引込みを困難にする。すなわち磁極の幅が狭くなると磁気飽和の影響で電流が増加して温度上昇をきたし、磁気特性を悪化させて特性を低下させる。また β を小さくすれば等価的に直軸リアクタンスと横軸リアクタンスの比が大きくなり、安定度(1)

が悪くなってくる。以上のことを考慮して β の最適値を選定すると、塊状鉄心リラクタンスモータについても従来の成層鉄心をもつモータについて指摘されているように $\beta=0.5$ 前後が実用的であろう。ただしこの値は非同期特性を改善することにより、小さくすることが可能になる。

4. むすび

以上、各種形状の塊状鉄心リラクタンスモータの非同期特性について検討した。検討した結果を要約すると次のようになる。

- (1) 塊状鉄心リラクタンスモータはトルク効率が良いので電源容量が小さくてすむ。
- (2) 極間に薄塊状鉄心層を有する形のモータは非同期時にトルクの谷はあまり現われませんが、引込みトルクが小さくなる。

(3) 磁極に短絡巻線を設けると始動トルクが増加するとともに同期引込みを容易にする。短絡巻線の個数を増してゆくと、速度—トルク特性曲線がすべりの小さい方へ移行し、同期引込みを容易にする。

(4) β の減少にともない始動トルクはほぼ一定であるが、始動電流は単調に増加する。

(5) β の値は0.5前後が適当と思われる。

以上のようにこの種リラクタンスモータは解決されなければならない問題が多い。特に非同期時に現われるトルクの谷の改善、引入れトルクを増加させる回転子構造の開発および非同期特性の解析等である。これら非同期特性の理論解析や同期化現象の解明は、塊状鉄心リラクタンスモータの場合はより複雑になり、今までほとんど研究されていないように思われる。

終わりに、この研究に対し終始ご指導いただいた鹿児島大学田中為夫教授、入佐俊幸助教授ならびに一連

の実験、討議にご協力いただいた仲里貞男氏（宮崎大学）に深く感謝いたします。

文 献

- (1) 上里勝実：本誌掲載中
- (2) B.J. Chalmers, A.S. Mulki : Proc. IEE, Vol 117, No. 12, Decem. 1970
- (3) B.J. Chalmers, A.S. Mulki : IEEE Trans. Power App. & Syst. Vol. PAS-91, No. 4, July-Aug. 1972
- (4) 山田速敏：電学誌90, (昭和45年3月)
- (5) 電気学会編：電気機器各論Ⅲ, 同期機（本）(昭和45年)
- (6) 園山裕, 蓮池公紀：日立評論42, (昭和35年)
- (7) P.J. Lawrenson, L.A. Agu : Proc. IEE, vol. 111, Aug. 1964