

II-207 磁気飽和を有する誘導電動機の負荷特性 に対する検討

松 瀬 貢 規
三 木 一 郎

Investigation to the Load Characteristics of Induction Motor with Magnetic Saturation.

Koki MATSUSE
Ichiro MIKI

Abstract

In this paper, the authors discussed the effect of the saturated leakage reactances to the load characteristics of induction motor on the basis of experimental results.

And, the results were compared with the load characteristics of the induction motor obtained by the T type circle diagram of the class "F" insulation without regard to the saturated leakage reactances.

1. ま え が き

電気機器用絶縁材料の進歩に伴い、汎用誘導電動機はE種絶縁から許容最高温度の高いF種およびH種絶縁への移行しつつある。F種及びH種絶縁の誘導電動機は巻線許容温度の上昇の為、固定子鉄心および回転子鉄心としての磁性材料の使用量が減少し、小形化、軽量化された。この為、主磁束および漏れ磁束の磁路が飽和する状態での運転が行なわれることとなる。運転時の温度上昇による動作特性の変化は巻線抵抗の温度換算で考慮するが、磁路の飽和の状態が印加電圧、負荷電流および磁性材料の磁気特性など多くの要因によって変化し、磁路の各部分によってその様相も異なるので簡単に特性算出および動作現象の解明を行うことは困難である。そこで、誘導電動機の磁路の飽和による高調波^{1),2),3)}、漏れリアクタンスの飽和係数^{4),5),6)}、主磁束飽和時の動作特性^{7),8)}、負荷電流による磁気飽和を考慮した円線図⁹⁾および磁路の各部分の飽和状況¹⁰⁾等について、過去に研究が行なわれている。また最近、過渡漏れリアクタンスの解明より動作特性の算出が試みられている¹¹⁾。そこで、筆者らも主磁束および漏れ磁束の磁路が飽和する場合の誘導電動機の諸現象および動作特性について、静的および過渡的な場合の研究を進めているが、今回はその一段階とし

て、主に漏れ磁束の磁路が飽和する場合の出力特性について検討を行ったので報告する。

2. 試 料 機

第1表には、本研究に供している試料機の定格を示し、第2表には無負荷試験と拘束試験の結果を示す。拘束試験は定格附近とその2倍の電流について行った。また、実測中の固定子巻線の周囲温度は21.5°Cであった。巻線附近の温度は鉄—コンスタントンの熱電対温度計の線輪を固定子巻線に密着させて測定した為、巻線自身の温度とほぼみなすことができ、温度が一定であった為、巻線抵抗は実測中には変化していない。2点での拘束試験の結果は拘束電流が定格の時の電圧とその2倍の電流の時の電圧が比例しないことを表わし、試料機は電流によってリアクタンスが変化（主に漏れ磁束の磁路の飽和によって）することを表わしている。第1図には、試料機の無負荷運転時における無負荷飽和特性を示す。

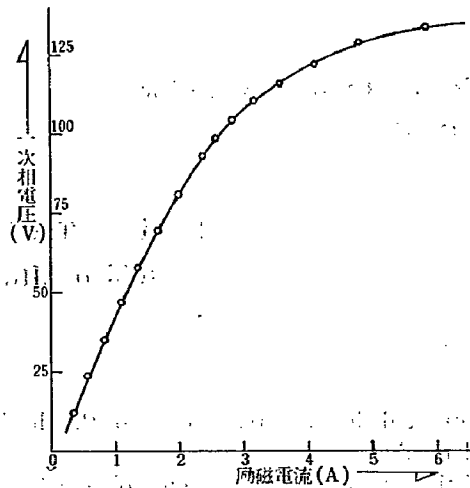
第1表 供試機の定格

出 力	3相 1.5kW	極 数	4
電 圧	200 V	周 波 数	50 Hz
電 流	6.5 A	回 転 数	1,430 rpm
F種絶縁	かご型	富士電機製	

第2表 供試機の試験結果

無負荷試験	拘束試験	
$I_0=3.59\text{ A}$	$I_{S1}=6.45\text{ A}$	$I_{S2}=12.9\text{ A}$
$V_0=200\text{ V}$	$V_{S1}=38\text{ V}$	$V_{S2}=69.5\text{ V}$
$W_0=139\text{ W}$	$W_{S1}=250\text{ W}$	$W_{S2}=1,032\text{ W}$
一次一相巻線抵抗	$1.1\ \Omega(20^\circ\text{C})$	$1.55\ \Omega(115^\circ\text{C})$

ルクを測定する装置である。また、実測中の固定子巻線温度は前述と同様な方法で測定し、実測開始時（一時負荷をかけ、温度が上昇した後、無負荷にもどし実測開始）には 76.5°C で、終了時には 125°C であった。実測結果を第2図～第7図に示す。第2図には1次電流、第3図には力率、第4図にはトルク、第5図には効率、第6図には回転数をそれぞれ出力に対する特性として表わした。また、第7図には、速度対トルク特性を示した。

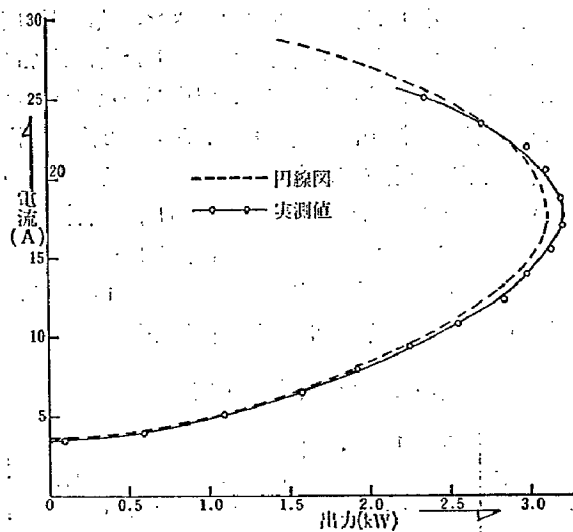


第1図 無負荷飽和特性

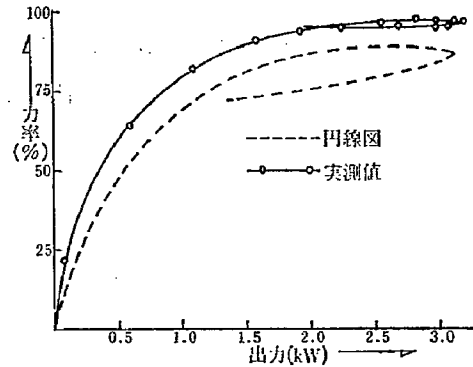
定格電圧を印加した場合、主磁束の磁路がわずかに飽和しかけていることがわかる。

3. 実験結果

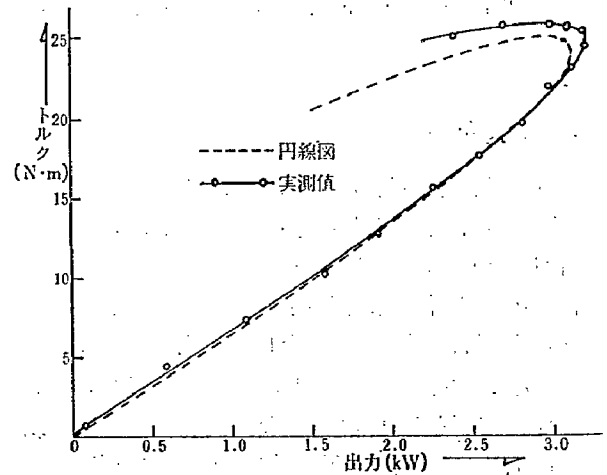
試料機に対する負荷試験は磁歪式トルク測定装置を用いて行った。試料機とトルク計および 2.2 kW の直流他励発電機の軸を直結し、発電機の負荷電流による反抗力と軸発生トルクによるねじれを検出することによってト



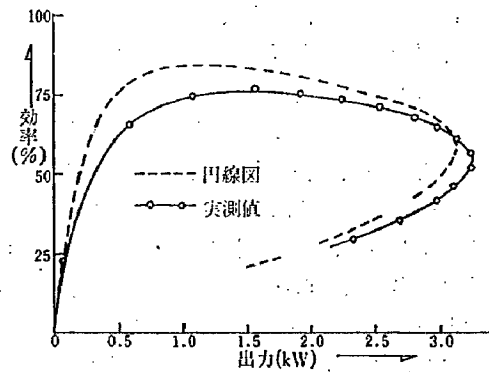
第2図 出力対1次電流特性



第3図 出力対力率特性

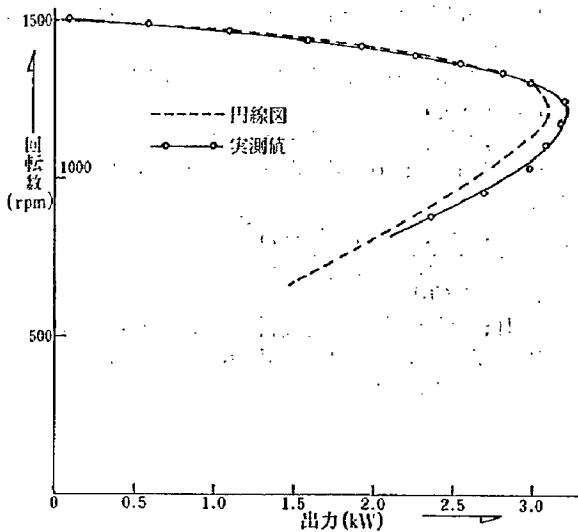


第4図 出力対トルク特性

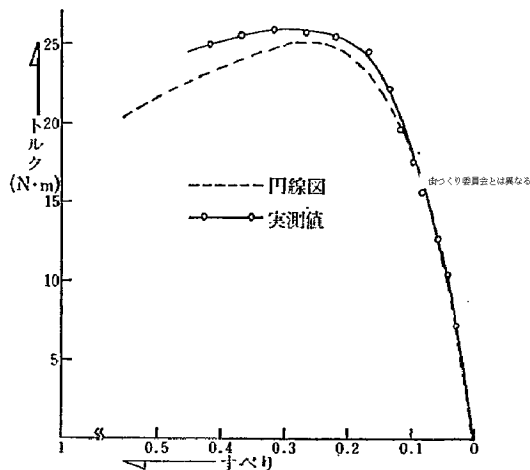


第5図 出力対効率特性

磁気飽和を有する誘導電動機の負荷特性に対する検討



第6図 出力対回転数特性



第7図 すべり対トルク特性

4. 考 察

試料機についての無負荷飽和特性は印加電圧が定格の時にはすでに主磁束の飽和し始め、定格の115%ではほとんど飽和してしまっていることを表わしている。従って、本機を定格電圧で運転する場合には主磁束は磁氣的にはほぼ線形と見做すことができるが、定格電圧以上の電圧で運転する場合には主磁束の磁路の飽和を考慮する必要がある。JEC-37では拘束試験より算出する起動流を、漏れ磁束の磁路の飽和が著しい場合には(1)式のように対数比例法によって求めるよう規定している。

$$\left. \begin{aligned} I_{s1} &= I_{s1} \times (V_1/V_{s1})^\alpha \\ \alpha &= \log(I_{s2}/I_{s1}) / \log(V_{s2}/V_{s1}) \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

磁気飽和がなければ $\alpha=1$ となり、正比例法と同様な結果になり、磁気飽和があると $\alpha>1$ となる。対数比例法は実験的に求められたもので理論的根拠はないが、実

際には実測結果とよく一致する為に用いられる式である。本機について α を求めると $\alpha=1.15$ で $I_{s1}=43.5$ A となる。仮に、定格電流の拘束試験結果より正比例法で起動電流を求めると $I_{s1}=34$ A となり、磁漏れ磁束の磁路の飽和による影響を無視することはできない。 $\alpha>1$ であることは漏れリアクタンスの減少によって生じるものである。この漏れリアクタンスには磁気回路的にみると多くの種類があり、また、等価回路的にみても、固定子と回転子の漏れリアクタンスがあり、それぞれのリアクタンスの性質が異なっている^{14),15)}。以上により、本試料機は定格電圧で運転している限り、ほとんど漏れ磁束の磁路の飽和による影響だけをうけているので、この点より出力特性の検討を行う。

実測により求めた出力特性と、電氣的磁氣的には線形であり、温度による抵抗の変化だけを考慮したT形円線¹³⁾より求めた出力特性と比較検討する。円線図作成には無負荷試験と定格電流での拘束試験の値を用いた。第2図～第7図に円線図より求めた特性を示す。F種絶縁の誘導電動機に対するT形円線図から求めた各出力特性は、円線図作成の為の値を定格電圧での無負荷試験、定格電流での拘束試験および115°Cでの巻線抵抗値から得ているので、これらの条件の下での電氣的磁氣的な線形化を行った場合についての出力特性である。従って、1次電流、トルク、回転数は定格出力の150%程度まではよく一致している。しかしながら、負荷電流が定格の2倍以上になると漏れリアクタンスの減少による特性の差が生じる。また、1次電流の実測値が円線図で求めた値よりも下まわっているのは、測定中における巻線温度の上昇によるものと考えられる。力率と効率についてはほとんど全範囲で一致していない。この特性については測定中のワット・メータの波形による誤差が含まれていると考えられるがさらに検討する必要がある。すべり対トルク特性についてはすべりが10%程度まではよく一致しているが、すべりが大きくなるに従って差が増大している。

5. む す び

本論文では誘導電動機の主に漏れ磁束の磁路の飽和による出力特性に与える影響について、飽和を考慮しないF種T形円線図から求めた特性と比較することによって検討を行った。今後は、主磁束および漏れ磁束の磁路が共に飽和する場合の出力特性、鉄損、等価回路および周波数特性等について検討していく予定である。

最後に、日頃御指導御鞭撻をいただいている本学高木亀一教授、西山栄枝教授および天野正章助教授に感謝致します。また、実験に御協力をいただいた昭和48年度卒

研究生大森信義君, 米沢健治君, 49年度卒研究生, 高井裕君,
佐々木篤君に感謝致します。

文 献

- 1) C. H. Lee ; AIEE Transactions Vol. 79 ('61).
- 2) B. J. Chalmers, R. Dodgson ; IEEE Transactions Vol. PAS-90, No. 2 ('71).
- 3) J. R. Brauer ; IEEE Paper No. T 73332-4 ('73).
- 4) P. D. Agarwál, P. L. Algèr ; AIEE Transactions Vol. 79 ('61).
- 5) G. Angst ; AIEE Transactions Vol. 81 ('63).
- 6) B. J. Chalmers, R. Dodgson ; PIEEE Vol. 116, No. 8 ('69).
- 7) I. R. Smith, S. Sriharan ; PIEEE Vol. 115, No. 4 ('68).
- 8) S. D. T. Robertson, N. Ramesh ; IEEE Paper No. C 72026-8 ('72).
- 9) 藤田 ; 電気学会誌 Vol. 86-12, No. 939 ('66).
- 10) L. Ciganek ; IEEE Transactions Vol. PAS-87, No. 11 ('68).
- 11) 秋山 ; 電気学会研究会資料 No. RM-73-1 ('73).
- 12) 電気学会技術報告 第51号 (昭37).
- 13) JEC-37 ('61).
- 14) 秋山 ; 電気学会研究会資料 No. RM-72-6 ('72).
- 15) P. L. Alger ; Induction Machines, Second Edition, Gordon & Breach, ('70).