単相進行波方式リニアモータの実験的検討†

松 宮 恒 夫*・高 木 亀 一*

Experimental Consideration of a Single Phase Travelling-Wave Linear Induction Motor

Tsuneo MATSUMIYA* and Kameichi TAKAGI*

1. ま え が き

単相リニアモータの駆動方式には、コンデンサ分相方式、くまとり極方式などがある¹⁾が、今回は1次巻線と外部コンデンサとを分布定数回路状の結線とした進行波方式（仮称）リニアモータを試作し、特性の実測ならびに検討を行った。

進行波理論を用いて誘導機特性算定を行う試みについては文献2の報告があるが、従来の回路理論によるほうが明解で一般性もあるため、実用には至っていない。また、駆動方式に進行波を用いることの提案³⁾がなされ、その後、D. B. Watson 氏らによる実験結果の報告^{4), 5)}があるが、特性の詳細ならびに実用性などについては明らかでない。単相リニアモータの応用面はさきに報告した2相リニアモータ⁶⁾と同様、計測用、位置制御用、サーボモータなど、低速度の小出力機に限られるものと想定されるので、本方式がこれら応用面に適用しうるか否かを確かめる目的から以上の実験ならびに検討を行った⁷⁾。

2. 実験の概要

実験モデルについて 固定子は Fig. 1 のリニアモータ固定子鉄心を両側対向形として用い、1次巻線は鉄心各歯にコイル1個の集中巻とした。モデルの諸元の概略はつぎのとおりである。

[1次巻線] 直流抵抗 (at 20°C): 58.7 [Ω], イン

Fig. 1 Experimental model

ダクタンス/コイル (ギャップ長 8 mm): 226 [mH]

[2次導体] 板厚: 3 [mm], 直径: 1000 [mm],

材質: アルミ

実験方法 (a) 1次巻線とコンデンサとを Fig. 2(a)の結線として巻線の一端から単相励磁し、他端を可変抵抗 R_0 で終端して、2次導体の回転円板によって推力および速度の実測を行った。(b) Fig. 2(b)の結線として同様の実験を行った。

実験結果 (a), (b)両結線についてコンデンサ容量およびエアギャップ長をパラメータとして実測した速度推力特性を Fig. 3, Fig. 4 に示す。また、両方式について1次回路を無損失分布定数回路と仮定し、(a), (b)両方式の伝播定数 $\dot{\gamma}_a = \sqrt{\dot{Z}_a \dot{Y}_a} = j\beta_a = j\omega \sqrt{LC}$ および $\dot{\gamma}_b = \sqrt{\dot{Z}_b \dot{Y}_b} = j\beta_b = 1/j\omega \sqrt{LC}$ から

$$v_s(a) = \frac{\omega}{\beta_a} = \frac{1}{\sqrt{LC}} \quad (1)$$

および

Fig. 2 Primary circuit

Fig. 3 F-V characteristics (C-variable)

† 電気学会全国大会で発表 (昭 55・4)

* 明治大学工学部 川崎市多摩区生田 5158

(Received May 8, 1980)

Fig. 4 F-V characteristics (L-variable)

Fig. 5 Travelling speed

$$v_s(b) = \frac{\omega}{\beta_s} = -\omega^2 \sqrt{LC} \quad (2)$$

として算出した進行波の伝播速度と、回転円板を用いて実測した無負荷時の2次導体速度とを Fig. 5 に示す。

実測結果から明らかとなった事項は、(1) (1), (2) 両式から明らかなように、進行波の伝播方向は両方式では逆となるため、推力はそれぞれ Fig. 2 に示す方向に発生する。(2) Fig. 3, Fig. 4 からわかるように、(b)方式のほうが推力は 60~70 [%] 大となる。単位入力あたりの推力もほぼ同様で、(b)方式のほうが有利である。(3) 2次導体速度はコンデンサ容量を増加した場合、Fig. 5 に示すように(a)方式では低下し、(b)方式では上昇する。(4) Fig. 3, Fig. 4 から明らかなように推力は両方式とも垂下性である。(5) Fig. 4 はまた、エアギャップ長を加減し、インダクタンスを変化させることによって(b)方式の場合、ごく軽負荷時を除き、コンデンサ容量を変化させたと同様の速度制御を行いうることを示している。(6) 力率は Fig. 4 中に示すように負荷にかかわら

ず、(a)方式ではほぼ 100 [%]、(b)方式ではほぼ、96 [%] となった。なお、本モデルの場合、1次巻線抵抗による進行波の減衰が大きいと、両方式とも終端抵抗 R_0 の値は推力にほとんど影響を与えなかった。

3. 検討事項

本方式を従来方式と比較すると、(1)補助巻線あるいはくまどりコイルを必要としないため、巻線構造がきわめて簡単となる。(2)負荷にかかわらず力率はほぼ 1 となる。(3)コンデンサ容量の加減によって速度制御が可能である。(4)(b)方式の場合、エアギャップ長の調整によっても速度制御を行いうる。(5)速度推力特性が垂下性であるため、制御用に適する。(6)コンデンサの所要個数はコンデンサ分相方式¹⁾に比べて多くなるが比較的低電圧、安価なもので間に合う。(7)効率 10 [%] 以下となったが、この値はほぼ同等出力の従来方式単相リニアモータと同様である。

4. むすび

以上の諸特性中、コンデンサ容量あるいはエアギャップ長の調整によって速度制御を行いうるという特質は、周波数制御などの他の速度制御法における設備費を必要とせず、経済的な速度制御を可能とする。本方式はまた、結線により正逆両方向の駆動が可能であるため、可変速、可逆運転を容易に行いうる単相リニアモータとして、きわめて有望な方式であると考えられる。効率については設計の改善によって、より向上の可能性が予測され、さらに、負荷にかかわらず力率をほぼ 100 [%] に保てるという点も本方式の優越性を示している。

参考文献

- 1) 松宮・高木：単相駆動リニアモータについて、昭和44年電気学会連合大会 No. 569
- 2) A. L. Cullen and T. H. Barton: A Simplified Electro-Magnetic Theory of the Induction Motor, Using the Concept of Wave Impedance, Proc. IEE 105 (8), 331/336 (1958)
- 3) J. Hiller: Travelling-Wave Machine, Proc. IEE 113 (8), 1371/1372 (1966)
- 4) D. B. Waston: Some Characteristics of the Single-Phase Travelling-Wave Machine, Proc. IEE 124 (9), 771/774 (1977)
- 5) B. Vars undharasoth and D. B. Waston: Variable-Speed Single Phase Linear Induction Motor, Proc. IEE 125(9), p. 129 (1978)
- 6) 松宮：2相リニアモータの定常特性，計測自動制御学会論文集，9-1，29/36 (1973)
- 7) 太田・松宮・高木：単相進行波方式リニアモータ，昭和55年電気学会全国大会 No. 719