

자속 횡방향형 리니어 스텝모터의 추력 특성에 관한 연구

배진호\*      정도영○      이상석\*\*      이상호\*\*\*  
 영남대학교\*      삼척공전대○      영남전문대\*\*      영남전문대\*\*\*

A Study on the Force Characteristics of  
 Transverse Flux Type Linear Step Motor

Jin-HO Bae\*      Do-Yung Chung ○      Sang-Suk Lee\*\*      Sang-Ho Lee\*\*\*  
 Yeungnam Univ.      Samcheok Coll.      Yeungnam Coll.      Yeungnam Coll.

Abstract

Since the linear step motor(LSM) has the merits which can be controlled the position and velocity by using the micro-computer and has no mechanical transducer such as belt and gear, it's usefulness has been fitted for the printer, X-Y plotter, OA machinery and so on. In designing the LSM, we are faced up to the calculation of forces. in this paper, the permeance modeling method suited for the design of transverse flux type linear step motor(TFM) is presented and simulated.

I. 서론

리니어 스텝 모터 (LSM)는 입력펄스 신호에 대응 하여 직선적인 변위를 발생하기 때문에 이를 전자계산기의 프린터, X-Y 기록계 등과 같은 FA기기 및 OA기계의 위치제어에 사용할 경우 직선운동용 직접언울 수 있으며, 기어 및 벨트와같은 변환기구를 사용하지 않으므로 백래쉬(Backlash) 기타 기계적 마찰에 의한 고장을 제거할 수 있다.

LSM은 자로의 구성으로부터 가변궤력형과 영구자석형으로 분류되며, 영구자석형 LSM은 자속이 통과하는 방향에 따라서 자속증방향형(LFM)과 자속횡방향형(TFM)으로 나누어진다.<sup>1,2)</sup>

본 연구에서는 자속 증방향형 리니어 스텝모터의 추력특성 해석에 적합한 퍼미언스모델링<sup>3)</sup> 방법을 제시 하고자한다.

II. 퍼미언스 모델링법

그림1은 TFM의 구조를 나타낸다. 그림1에서 자극 D상과 C상을 여자할 경우 자극 D의 자속 이 고정자의 전입치와 후입치를 통과하여 자극 C의 자속 와 합하

여지고, 영구자석과 계철을 통과하면서 가동자는 1/4피치 위로 이동하게 된다.

여기서 추력이 발생할 동안의 자속분포를 모델링하면 공극에서의 퍼미언스를 구할 수 있다.

공극의 퍼미언스를 수학적으로 표시하기 위하여 다음과 같이 가정한다.

- 1). 자속은 철심의 표면을 수직으로 통과한다.
- 2). 공극에서의 자속패턴은 직선과 원호로 구성된다.

위의 가정하에 자속분포를 모델링하면 그림2과같이 된다.<sup>4)</sup>

공극에서의 퍼미언스는 다음식과 같이 정의 된다.

$$P = \mu \int \frac{dA}{l} \quad (1)$$

퍼미언스를 간단히 표시하기 위하여 정규화 퍼미언스(Normalized permeance)를 다음과 같이 정의 하던

$$a = \frac{P}{\mu_0 c} \quad (2)$$

이 되고, 미분정규화 퍼미언스(Derivative normalized permeance)는

$$\beta = \frac{da}{dx} \quad (3)$$

이 된다.

표1은 그림2의 각부분에 대하여 정규화 및 미분정규화 퍼미언스를 나타낸다.

표1과 같은 정규화 퍼미언스를 이용하여 TFM의 추력을 구할 수 있다.

즉, 하나의 자극에 대하여 추력 F는

$$F = -\frac{1}{2} \frac{dW}{dx} \left( \frac{1}{\mu_0} \frac{d\phi}{dx} \right) \quad (4)$$

이 되고, 이를 정규화 퍼미언스로 표시하면

$$F = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\phi^2}{\mu_0 c l} \left( \frac{\beta}{\alpha} \right) \quad (5)$$

또는

$$F = -\frac{9}{2} \left( \frac{B_0}{\mu_0} \right)^2 \frac{1}{2} \left( \frac{\beta}{\alpha} \right) \quad (6)$$

이 된다.

III. 실험 및 시뮬레이션

그림3은 2상 여자방식에 의한 정추력 변위 특성을 실험으로 측정한 것과 퍼미언스 모델링 방법으로 시뮬레이션한 것을 비교한 것이다. 그림3에서 측정치와 이론치는 거의 일치하는 것을 알 수 있었다.

IFM을 설계 하고자할 경우 가장 어려운 문제는 치피치에 대하여 치폭과 공극길이를 어떻게 설정하느냐 하는 것이다.<sup>5)</sup>

퍼미언스 모델링법은 치피치와 치폭비(a/c) 및 치피치와 공극길이비(c/g)에 대한 추력 특성을 산출할 수가 있다.

그림4는 치피치와 치폭비에 따른 추력 특성을 그림5은 치피치와 공극길이에 따른 추력 특성을 나타낸다.

IV. 결론

퍼미언스 모델링법에 의한 IFM의 정추력 특성과 실험치와는 잘 일치하였다. 특히 치피치와 치폭비 및 치피치와 공극길이에 대한 추력특성으로 부터 다음과 같은 결과를 얻었다

- 1). a/c 비가 작을수록 최대추력은 증가하였다. 반대로 a/c 비가 0.5보다 크면 최대추력은 감소하므로 치폭이 구폭보다 작도록 설계 하는것이 바람직하다.
- 2). c/g 비가 커질수록 최대추력이 증가 하였지만 추력특성이 완만하지 못하였고, 반대로 c/g 비가 작게되면 최대추력이 감소하면서도 추력특성이 양호한 것을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

- (1). 秋山勇治 監修, "小型モータ設計マニュアル", トリックアス, 昭和61年, pp.495-519
- (2). 海老原大樹 外2人, "2相極型リニ7パルスモータの解析", MAG-85-127, pp.69-75, 1985
- (3). B.C.Kuo, "Theory and Application of Step Motore", West Pub. Co., pp.120-153, 1974
- (4). 山本行雄, 山田一, "平板状永久磁石刑リニ7パルスモータ의磁気回路及始動特性解析", 電氣學會論文誌 B, 104 卷, 5号, pp.265-272, 昭和60年
- (5). 山田一 外7人, "リニ7パルスモータ磁気回路의 解析上의 問題点", MAG-87-52, pp.8-18, 1987

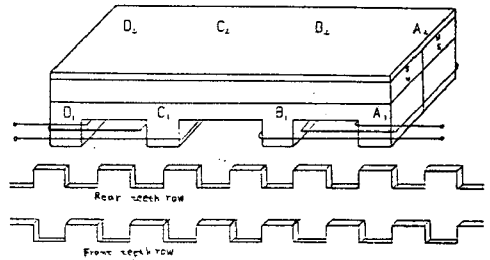


그림1 자속형방향형 리니어 스텝모터의 구조

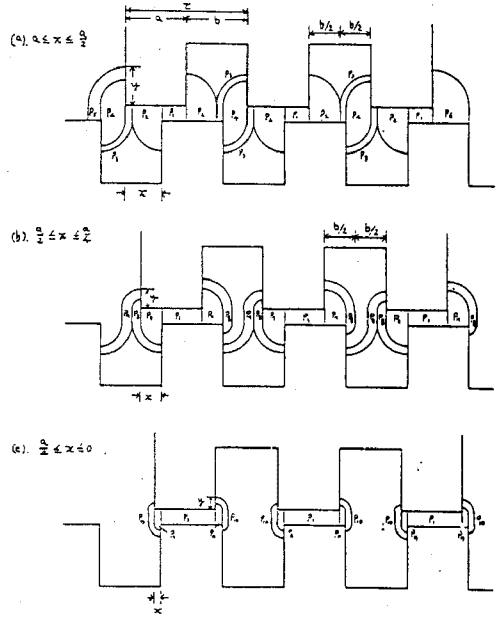


그림2 공극에서의 자로 구성 형태

표1 정규화 및 미분정규화 퍼미언스값

| Normalization (α)  | Derivative Normalization (β)                                    |
|--|---|
| $\alpha_1 = A - x$   | $\beta_1 = -1$  |
| $\alpha_2 = \frac{1}{2} L_0 (1 + 0.25x)$   | $\beta_2 = 0$   |
| $\alpha_3 = \frac{1}{2} L_0 \left\{ \frac{1 + 0.25x(B-x)}{1 + 0.5x(B-x)} \right\}$ | $\beta_3 = \frac{1}{1 + 0.5x(B-x)}$                             |
| $\alpha_4 = \frac{1}{2} L_0 (1 + 0.5xx)$   | $\beta_4 = \frac{0.5}{1 + 0.5xx}$                               |
| $\alpha_5 = \frac{1}{2} L_0 \left\{ \frac{1 + 0.5xx}{1 + 0.5x(B-x)} \right\}$      | $\beta_5 = \frac{1}{1 + 0.5xx} - \frac{1}{1 + 0.5x(B-x)}$       |
| $\alpha_6 = \frac{B-x}{1 + 0.5x(B-x)}$   | $\beta_6 = \frac{-1}{\{1 + 0.5x(B-x)\}^2}$                      |
| $\alpha_7 = \frac{1}{2} L_0 (1 + 0.5xx)$   | $\beta_7 = \frac{1}{1 + 0.5xx}$                                 |
| $\alpha_8 = \frac{1}{2} L_0 \left\{ \frac{1 + 0.5x(B-x)}{1 + 0.5xx} \right\}$      | $\beta_8 = \frac{1}{1 + 0.5x(B-x)} - \frac{1}{1 + 0.5xx}$       |
| $\alpha_9 = \frac{1}{2} L_0 \left\{ 1 - \frac{0.25xA}{1 + 0.5xx} \right\}$         | $\beta_9 = \frac{1}{1 + 0.5xx} - \frac{0.25A}{\{1 + 0.5xx\}^2}$ |
| $\alpha_{10} = \frac{4x-B}{2 + x(B-x)}$  | $\beta_{10} = \frac{B-3x}{\{2 + x(B-x)\}^2}$                    |

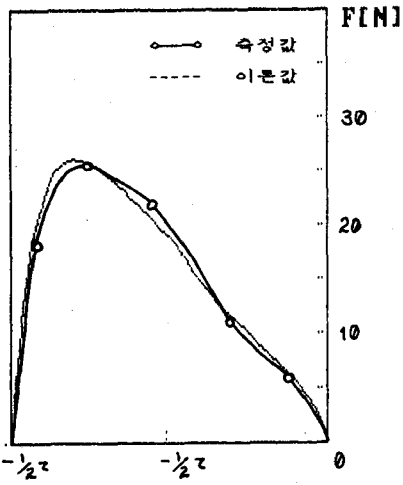


그림3 IFM의 정수력 변화 특성

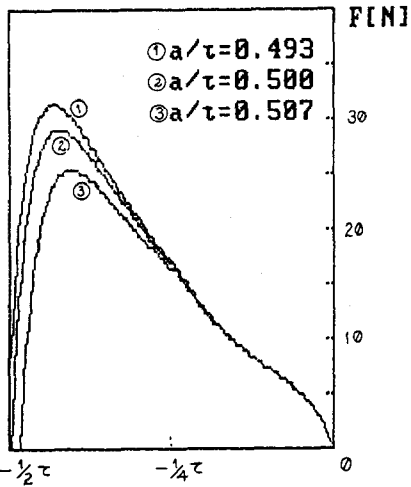


그림4 치피치와 치폭비에 따른 추력 특성

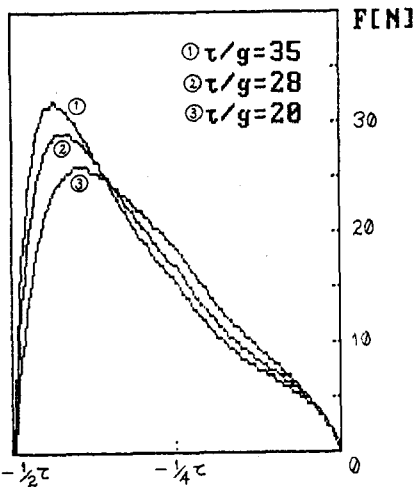


그림5 치피치와 공극길이에 따른 추력 특성