

편측식 선형유도전동기를 구동원으로 한 반송설비시스템

(Conveyor system equipped with and driven by a moving primary-typed SLIM)

이철직*

(Cheol-Jick Ree)

요 약

본 연구에서는 편측식 선형 유도전동기(SLIM)를 구동원으로 한 지상 2차 방식의 반송설비시스템을 실험장치로서 구성하고, 이에 적용된 SLIM의 해석 및 설계를 위하여 Goodness factor와 가동자의 주행패턴을 고려하였다. 또한, 반송설비시스템의 추진구동원에 적용된 SLIM의 설계에 대한 타당성을 고찰하고자 유한요소법(FEM)에 의한 해석결과와 실험결과를 비교·분석하였으며, 이로부터 반송설비시스템은 물론 산업용 제어기기에 이르기까지 SLIM의 응용을 위한 기초자료를 제시할 수 있었다.

Abstract

The experimental apparatus of conveyor system equipped with and driven by a primary moving typed SLIM(Single-sided Linear Induction Motor) was represented in this paper. And also, the analysis and design of SLIM for the experimental apparatus were made in consideration of the goodness factor and the running pattern of carrier. To consider the propriety of the SLIM designed for the above apparatus, the simulated results by FEM(finite element method) were compared with the experimental counterparts. Accordingly, the results obtained here could be useful from the conveyor system to the industrial control devices for the applications using SLIM.

1. 서 론

그동안 선형 유도전동기를 이용하여 연구개발되어 온 반송설비시스템은 보통 반송물을 수평으로만 이송이 가능한 지상 1차 방식의 구조로 되어 있기 때

문에 근래에 이르러 공장, 병원 및 방송국 등에서 실제로 필요한 입체식 반송시스템의 추진 구동원에 이를 적용시키기에는 여러 가지 문제점이 제기되고 있다[1~5].

따라서, 다양화되어가는 반송설비시스템들의 추력 구동원에 선형 유도전동기의 직선운동을 적용하여 실용화하기 위해서는 구조적인 측면에서 볼 때 편측식 선형 유도전동기(Single-sided Linear Induction

*정회원 : 대림전문대학 전기과 조교수.

접수일자 : 1997. 3. 7

Motor ; SLIM)를 가동자(Carrier)로 하여 지상 2차 방식으로 한 반송설비시스템을 구성할 필요가 있으며, 또한 이와 같은 용도를 위하여 정밀도가 높고 응답성의 속도 및 위치제어가 용이한 서보성을 갖도록 선형 유도전동기를 설계하기 위한 특성해석 및 제어방식 등의 개발이 필요한 실정이다[3, 6~14].

이에, 본 연구에서는 지상 2차 방식의 구조를 갖는 실험실 규모의 반송설비시스템의 설계 및 제작을 위한 기초연구로서 추진 구동원에 적용된 편축식 선형 유도전동기(SLIM)를 사용목적에 부합되도록 설계하여 제작하고[3], 이에 대한 각종 특성실험을 행하기 위해 구동회로의 구성과 추력, 수직력 및 속도 등을 계측하기 위한 측정실장치를 구성함으로써 SLIM구동방식에 의한 산업용 반송설비시스템으로의 응용을 위한 실증적 모형을 제시하고자 하였다.

2. 추진 구동용 SLIM의 설계이론

전기기계의 성능평가기준으로서 어떤 양(量)에 대한 변환능력으로 표현되는 Goodness Factor를 전기회로와 자기회로와의 결합도 및 상호작용에 의해 정의하고, 이를 SLIM의 설계정수로 도입하여 용도상의 목적에 부합된 성능예측이 가능하도록 공극자속밀도와 와전류의 상호작용 및 유효공극을 고려한 Goodness Factor를 유도하였다[2, 4~7].

또한, 반송설비시스템의 추진 구동원에 적합한 SLIM을 설계하기 위하여 Goodness Factor의 변화에 따른 추력-속도 특성이 수하특성을 갖도록 Goodness Factor의 선정방법을 고찰하고, 이를 근거로 비교적 주행거리가 짧은 반송설비시스템의 추진 구동원으로 SLIM을 적용하고자 반송부하를 포함한 가동자의 전체질량이 20[kg], 반송길이가 3[m] 일때의 주행패턴에 대하여 SLIM의 설계추력을 산정하였다.

2.1 Goodness factor G

SLIM의 공극에 있어서 자속밀도 순치 $b_g(T)$ 는 그 파고치가 B_g 일때, 그림 2.1에서 보여주는 바와 같다.

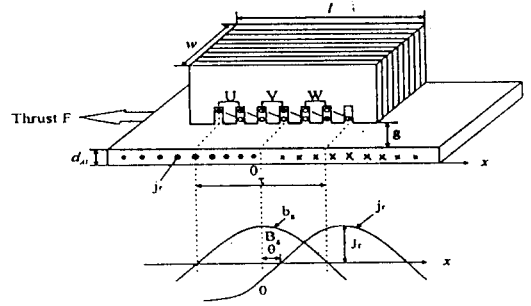


그림 2.1 SLIM의 구조와 b_g-j_r 분포
Fig. 2.1 SLIM structure and b_g-j_r distribution

그림 2.1로 부터 SLIM의 1차측의 폭을 $w[m]$, 길이를 $l[m]$, 극간격을 $\tau[m]$, 2차도체의 두께를 $d_{AI}[m]$, 공극을 $g[m]$ 로 하면 자속밀도 순치 $b_g(T)$ 는 다음과 같이 식 (1)로 표현되며

$$b_g = B_g \cos(\omega t - \frac{\pi}{\tau} x) \quad (1)$$

2차측 알루미늄 도체의 표면에서 발생하는 와전류의 순치 $j_r[A]$ 은 그 파고치가 J_r 일때에 식 (2)와 같이 주어진다.

$$j_r = J_r \sin(\omega t - \frac{\pi}{\tau} x - \theta) \quad (2)$$

여기서, θ 는 와전류 j_r 의 원점 0으로 부터의 위상차이며, 공극에서의 자속밀도 b_g 는 이동자계를 형성하고 있으므로 2차측 도체판에 흐르는 와전류와 상호작용하여 Fleming의 왼손법칙에 의해 연속적인 추력을 발생시키게 된다. 따라서 SLIM의 시정수 T는 이동자계에 대한 계산으로부터 식 (3)과 같이 표현되어 진다[5, 6].

$$T = \frac{\mu_0 \tau^2}{\pi^2 (\rho/d_{AI}) g} = \frac{\mu_0 \tau^2}{\pi^2 \rho g} \quad (3)$$

식 (3)에서 $\rho_r = \rho/d_{AI}$ 로 2차측 도체판의 표면저항 $[\Omega]$ 을 나타내며, Goodness Factor G는 전기저항 R와 자화 리액턴스 $X_m(X_m = \omega L)$ 과의 비로 주어지므로 식 (3)으로부터 SLIM의 Goodness Factor G는 식 (4)와 같이 구하여 진다.

$$G = \frac{2\mu_0 \tau^2 f}{\pi \rho g} \quad (4)$$

그러나 SLIM의 설계시에는 보다 정확한 성능예측과 특성개선을 위하여 슬롯의 영향 및 단부효과 등을 고려할 필요가 있으므로 이를 고려한 Cater계수 K_c (일반적으로 회전형 유도전동기에서는 $K_c=1.0\sim 1.2$, SLIM의 경우에는 $K_c\geq 1.5$ 로 하여 설계되어 진다)를 사용하여 나타낸 유효공극 $g_e(g_e=K_c g+d_{Ae})$ 를 식 (4)에 적용하여 다음과 같이 주어진 식 (5)를 SLIM의 Goodness Factor G 로 이용하는 것이 바람직 하다[7].

$$G = \frac{2\mu_0 \tau^2 f}{\pi \rho_s g_e} \quad (5)$$

2.2 SLIM의 주력식

SLIM에 있어서 힘이 작용하는 면적이 $A_m[m^2]$ 일 때 추력 F 는 다음과 같이 표현된다[5].

$$F = \frac{1}{2V_s} \frac{\rho_s J_s^2 A_m}{s(1+1/s^2 G^2)} [N] \quad (6)$$

여기서, $J_s = \sqrt{2} NI_s/\tau$ 는 1차측의 표면전류[A/m], s 는 슬립, V_s 는 동기속도 [m/sec]이며, A_m 은 $\omega p \tau/3$ 이다.

그러므로 식 (5)의 Goodness factor G 를 식 (6)에 대입하여 정리하면 식 (7)과 같이 표현되는 추력식이 주어진다.

$$F = \frac{\mu_0}{3\pi} \frac{\omega p (NI_s)^2}{g_e} \frac{1}{sG+1/sG} = K \frac{sG}{1+(sG)^2} \quad (7)$$

여기서 $K = \frac{\mu_0}{3\pi} \frac{\omega p (NI_s)^2}{g_e}$ 이다.

2.3 SLIM의 추력-속도 특성

서보용 SLIM의 추력-속도 특성을 고찰하고자 식 (7)로부터 K 값을 일정하게 놓고 $G=0.2\sim 5$ 까지의 값을 변수로 하여 슬립 s 에 따른 추력특성을 계산하여 그림 2.2에 나타내었다.

그림 2.2로부터 Goodness Factor G 의 값이 $G=0.2\sim 1$ 의 범위내에서는 슬립 s 가 감소함에 따라 추력 F 도 점점 작아지는 수하특성을, 또한 $G=2\sim 5$ 의 범위내에서는 슬립 s 가 감소함에 따라 추력 F 는 증가하다가 최대의 추력 발생점을 지나서는 다시

추력이 감소하게 되는 회전형 유도전동기와 유사한 특성을 보여주고 있음을 알 수 있다.

따라서 이와 같은 추력 특성 고찰로부터 Goodness Factor G 의 값이 $G=2\sim 5$ 의 범위는 자기부상열차와 같은 고속용 선형 유도전동기의 설계에 적합하지만 반송설비 시스템의 추진 구동원에 적용하게 될 SLIM의 경우에는 위치제어를 필요로 하므로 제어 성능상 반드시 수하특성을 보여주는 $G=0.2\sim 1$ 인 범위내에 들도록 설계하지 않으면 곤란하다.

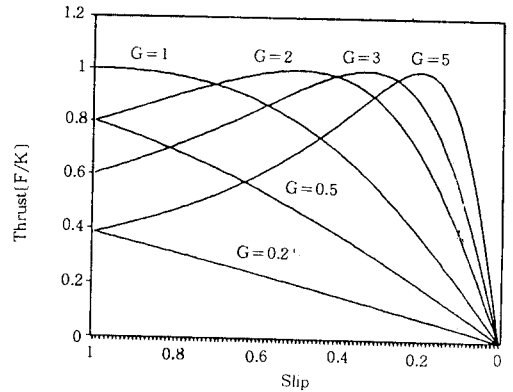


그림 2.2 G에 따른 추력-속도 특성
Fig. 2.2 Thrust-velocity according to G variation

2.4 주행패턴에 따른 SLIM의 추력 산정

주행거리가 짧은 스트로크상에서 왕복운동하는 추진 구동원에 SLIM을 적용할 경우에 속도의 변화는 거의 직선적이라고 볼 수 있다.

그러므로 이때의 SLIM의 추력은 가속도가 일정하다고 생각하여 산정할 수 있으며, 그림 2.3에 반송거리가 l [m] 및 반송시간이 t [sec]인 추진 구동용 SLIM의 가속과 감속구간을 갖는 반송설비 시스템의 주행패턴을 나타내었다.

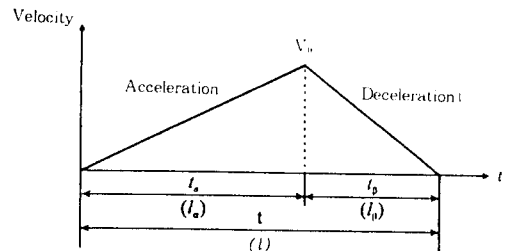


그림 2.3 가동자의 주행 패턴
Fig. 2.3 Running pattern of Carrier

그림 2.5로부터 주행 저항계수가 μ 이고, 반송부하 및 가동자의 중량이 각각 M (kg) 및 m (kg)인 반송 설비시스템의 추진 구동원에 적용할 SLIM의 추력은 다음과 같이 식 (8)에 의하여 산정되어 진다.

$$F = \left(\frac{a}{9.8} + \mu\right)(M + m) \quad [\text{kg} \cdot \text{f}] \quad (8)$$

$$\text{여기서, } a = \frac{2l}{p} - 9.8\mu + \sqrt{\left(\frac{2l}{p}\right)^2 + (9.8\mu)^2} \quad [\text{m}/\text{sec}^2]$$

$$\beta = a + 19.6\mu \quad [\text{m}/\text{sec}^2], \quad V_0 = \frac{2l}{t}, \quad t_a = \frac{2l}{at}$$

$$t_B = t - t_a, \quad l_a = \frac{1}{2}at^2, \quad l_B = l - l_a \text{이다.}$$

따라서, 식 (8)로 부터 반송거리 $l=3$ (m), 반송시간 2[sec] 및 주행 저항계수 $\mu=0.05$ 의 값을 갖는 주행패턴으로 구성된 반송설비시스템의 추진 구동용 SLIM의 설계에 필요한 추력은 반송부하 및 가동자의 중량의 합을 20[kg]으로 할 때 약 60[N]으로 계산되었다.

2.5 추진 구동용 SLIM의 설계 제한

반송설비시스템의 추진 구동원에 SLIM을 실제로 적용하기 위하여 이상의 설계이론을 근거로 제작된 1[kVA]급 SLIM에 대한 구조 및 설계제원을 각각 그림 2.4 및 표 2.1에 나타내었다.

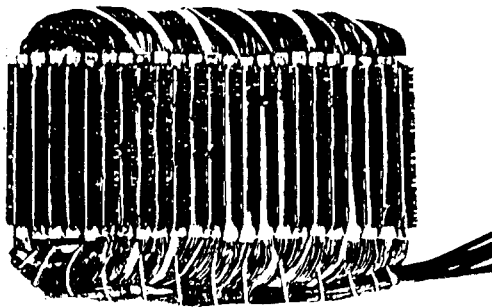


그림 2.4 SLIM의 고정자 구조
Fig. 2.4 Stator of Single-sided LIM

3. SLIM구동방식의 반송설비시스템

3.1 반송설비시스템의 구성과 제작

본 연구에서는 보다 정확한 위치제어를 목적으로 하여 지상 2차 방식의 SLIM을 추진 구동원으로 한

표 2.1 편축식 선형 유도전동기의 정격 및 제원

Table 2.1 Rating and Dimension of SLIM

구분	전기적인 제원	기계적인 제원
1차 축	방식: 편축식 상수[m]: 3 극수[p]: 3 정격전압: 220[V] 권선저항: 8.0[Ω/상] 매극매상슬롯수: 2 단절계수(β): 5/6	철심치수: 198.5×80.0×49.0[mm] 슬롯치수-폭: 5.5[mm] 깊이: 34.8[mm] Pitch: 8.5[mm] Pole pitch: 51.0[mm] 상당 권선수: 540[turn] Coil 직경: 0.7[mm] Overhang: 75.0[mm]
	2차 축	두께-Al: 2.5[mm] Fe: 12.0[mm] 폭-Al: 190.0[mm] Fe: 380.0[mm]

반송설비시스템을 그림 3.1과 같이 구성하고, 이에 적용된 SLIM의 제반 특성 및 제어성능 등의 고찰을 위해 추진 구동용 SLIM에 대한 가동시와 운전시의 추력 및 수직력 등의 여러 가지 측정실험이 가능하도록 그림 3.2와 같은 실험실 규모(전장 3,300[mm], Carrier의 크기 318×210[mm])의 실험장치를 설계하여 제작하였다.

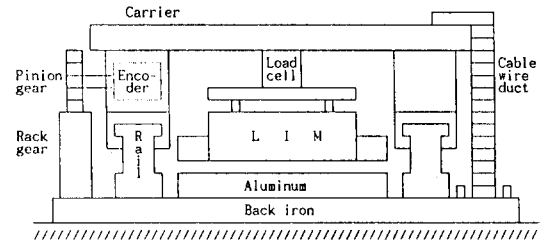


그림 3.1 반송설비시스템의 구성
Fig. 3.1 Schematic design of Conveyor system



그림 3.2 SLIM구동방식의 반송설비시스템
Fig. 3.2 Experimental apparatus of Conveyor system driven by SLIM

그림 3.1 및 그림 3.2에서 반송 가동자의 무게는 SLIM의 1차측 고정자(무게 약 7[kg]), 로타리 엔코우더(Rotary encoder), 수직력을 측정하기 위한 Load cell 및 Cable wire duct등의 부착에 의한 부하의 하중을 포함하여 약 20[kg]정도가 되며, 구조적인 면에서 작업대상의 무게하중에 의한 마찰력의 영향을 최소화하기 위해 하중의 증가에 따라 어느 정도까지는 오히려 마찰계수가 적어지는 특성을 갖는 Linear guide rail상에서 반송 가동자가 주행하도록 하였다.

그리고 반송 가동자의 이동에 따른 SLIM의 전력 공급은 Cable wire duct를 통한 급전방식으로 하였으며, 추진 구동용으로 적용된 실험기에 대한 제반 설계특성을 여러가지 측면에서 실험하기 위해 등급의 SLIM에 의한 실험기의 교체는 물론 공극길이의 조정과 2차측 도체판의 종류 및 두께와 폭도 다양한 구조로서 변화가 가능하도록 설계하였다.

또한, 반송설비시스템의 최종 목적인 보다 고정밀도의 위치제어를 위한 시스템으로의 구성이 가능하도록 Pinion gear가 부착된 속도 및 위치 검출용 로타리 엔코우더를 Linear guide rail을 따라 주행하는 반송 가동자 내에 장착시켜 고정된 기준면에 설치된 Rack gear에 맞물리는 구조로 하여 미끄럼 현상을 방지하도록 하였다.

3.2 반송설비시스템의 구동장치

반송설비시스템의 추진구동원에 적용된 SLIM의 구동장치에 대한 하드웨어는 속도 및 위치 제어를 구현할 수 있도록 제어부, 위치검출부 및 전력회로부로 크게 나누어 구성하였으며, 여기서 실제로 제작된 SLIM의 속도 및 위치제어를 위한 제어시스템의 블록선도는 그림 3.3과 같다.

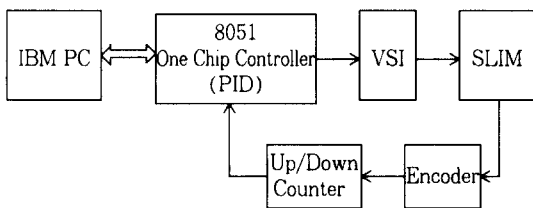


그림 3.3 위치제어시스템의 블록선도
Fig. 3.3 Block diagram of position control system

제어부에서 사용한 제어기는 인텔사의 8051 8비트 원칩 마이크로 콘트롤러로서 RS-232 C 직렬 통신 방식에 의해 호스트 컴퓨터인 IBM PC와 통신을 행하도록 하여 제어기에서 수행된 실제 변수값의 실시간 모니터링, 실행 프로그램의 다운로드 및 제어기와의 데이터 입출력을 가능하게 구성하였다. 또한 위치제어를 위해서는 콘트롤러의 중앙연산장치(CPU)내에서 연산을 행하는 비례적분미분(PID) 제어기를 사용하여 피드백 루우프를 구성하므로써 위치오차를 보상할 수 있도록 하고, 위치 명령에 대한 지시치 및 기타명령은 호스트 컴퓨터로부터 입력시키도록 하였다.

위치신호에 대한 검출로서는 호스트 컴퓨터로부터 주어진 위치명령을 실행한 때의 반송가동자의 위치변화를 1,000[pulse/rev.]의 로타리 엔코우더로 측정하였으며, 이로부터 출력된 펄스 수를 up/down 카운터로 계수하여 8bit씩 CPU로 보내어 연산 및 가산을 행하여 환산함으로써 위치신호로 사용하고, 또한 속도의 검출은 이러한 위치 신호의 주파수를 F/V(주파수/전압) Converter로 변환하여 계측할 수 있도록 하였다.

또한, 제어 방식은 호스트 컴퓨터로부터 지시된 목표위치 명령과 피드백된 위치값을 비교하여 비례적분미분(PID)제어기의 이득을 적절하게 조정하므로써 위치오차를 감소시키도록 하였으며, 이때 제어기에서 출력된 위치보상값에 해당하는 전동기입력은 2[kVA]의 VVVF방식인 전압형 인버터(VSI)를 사용하여 SLIM에 공급되는 전압/주파수를 비례적으로 가변하도록 하였다.

4. 추진 구동용 SLIM의 특성 고찰

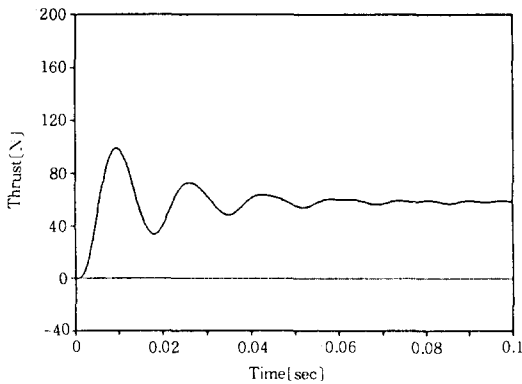
실험장치용 반송설비시스템을 구성하기 위해 추진 구동원에 적용된 SLIM의 설계에 대한 타당성을 고찰하고자 2차측 알루미늄의 두께와 공극의 길이를 각각 2.5[mm] 및 2.0[mm]로 해서 전원주파수 60 [Hz]의 평형 3상 전압 220[V]를 추진 구동용 SLIM에 인가하여 기동시의 순시추력 및 수직력 특성과 운전시의 속도에 따른 추력특성 및 주행패턴에

의한 속도와 가속도 응답 등을 분석하여 검토하였다.

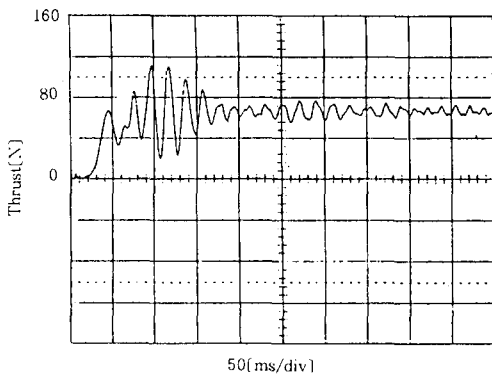
4.1 기동시의 순시추력 및 수직력

추진 구동용 SLIM의 기동시에 대한 순시추력 및 수직력 특성을 유한요소법(FEM)에 의한 해석적 방법으로 차분 근사법을 적용하여 해석한 시뮬레이션 결과와 실험에 의한 측정결과를 그림 4.1 및 그림 4.2에 나타내었다.

그림 4.1 b) 및 그림 4.2 b)의 실험 결과에서는 3상 전자 개폐기가 동작되는 구간으로 추정되는 약 0.1초 동안에 과도적인 추력 및 수직력 특성의 변화가 나타나는 것을 알 수 있고, 또한, 정상상태에서는



a) Calculated thrust

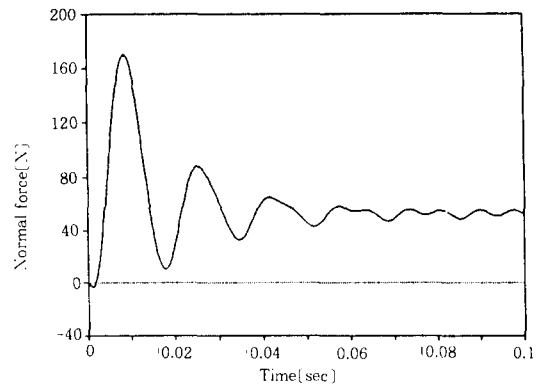


b) Measured thrust

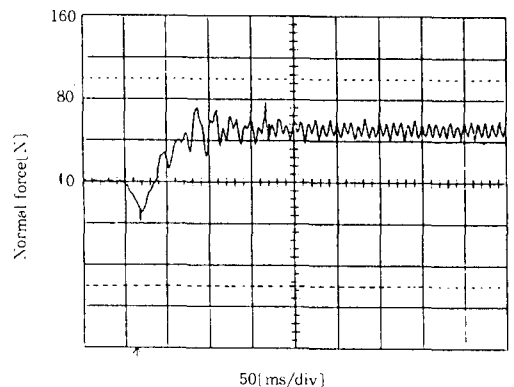
그림 4.1 순시추력에 대한 시뮬레이션 및 실험결과
Fig. 4.1 Calculated and measured instantaneous thrust

추력과 수직력이 전원 주파수의 약 2배에 달하는 주파수 성분을 갖고 맥동하는 현상은 물론 유한요소법에 의한 해석결과와 실험에 의한 측정결과와의 양상이 잘 일치하고 있음을 알 수 있었다.

따라서, SLIM의 구조상의 특징인 단부효과에 의해 기동시에 발생하는 전류의 불평형 및 입력전력의 맥동에 따른 추력과 수직력 등의 맥동현상을 파악할 수 있으므로 단부효과에 의한 영향을 최소화하기 위한 기초 설계자료의 제시는 물론 해석방법에 의한 특성고찰의 타당성을 입증하였다.



a) Calculated normal force



b) Measured normal force

그림 4.2 순시 수직력에 대한 시뮬레이션 및 실험결과
Fig. 4.2 Calculated and measured instantaneous normal force

4.2 운전시의 속도에 따른 주력특성

4.2.1 SLIM의 추력-속도 특성

반송설비시스템의 추진 구동용 SLIM의 기동시에 대한 추력 측정값과 해석적인 방법에 의하여 구한 속도에 따른 추력특성을 그림 4.3에 나타내었다.

그림 4.3의 SLIM에 대한 추력-속도 특성으로 부터 기동시의 실험에 의한 추력값이 추진 구동용 SLIM의 설계이론에 의한 산정값과 잘 부합되며, 또한 서보형 전동기의 특징인 수하특성을 보여 줌으로써 반송설비시스템의 위치제어를 위한 설계목적에도 잘 부합됨을 알 수 있었다.

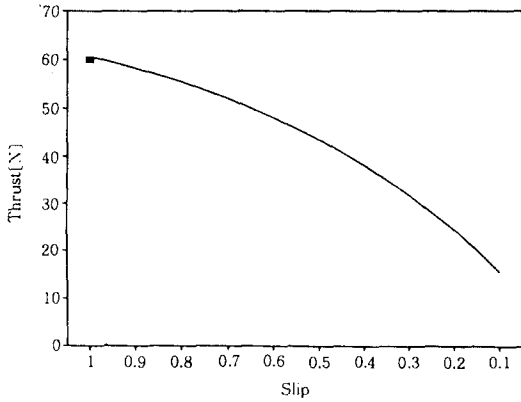
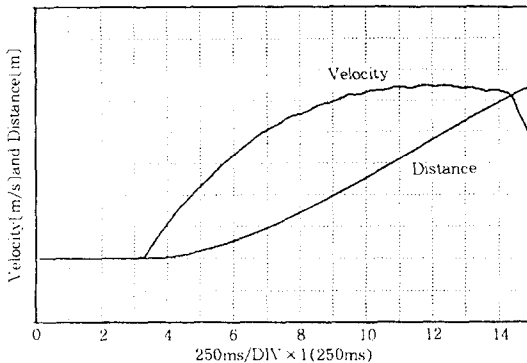


그림 4.3 SLIM의 추력-속도 특성
Fig. 4.3 Thrust-velocity curve of SLIM

4.2.2 SLIM의 속도, 위치 및 가속도 특성

반송설비시스템의 반송 가동자에 대한 속도, 위치 및 가속도 특성을 고찰하기 위하여 추진 구동용 SLIM에 입력 전원 주파수 10[Hz]인 정전압을 인가



(a) Velocity and distance

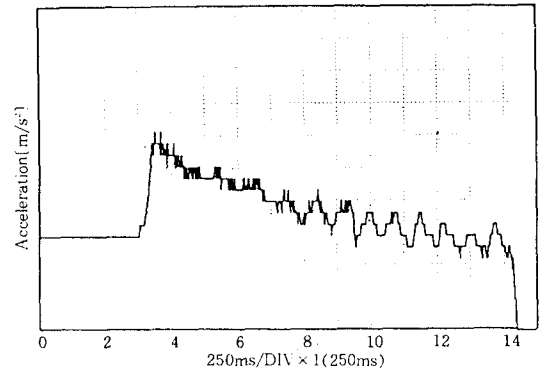
하여 구동시킬 경우에 가동자의 속도 및 이동거리와 속도를 미분하여 얻은 가속도 특성을 그림 4.4에 나타내었다.

그림 4.4의 실험에 의한 속도, 위치 및 가속도 특성에서 그림 (a)로 부터는 가동자의 속도가 지수함수적으로 증가하며, 그림 (b)로 부터는 발생추력의 양상과 동일한 의미를 갖는 가속도가 속도의 증가에 따라 그 맥동하는 주파수가 감소하고 있음을 알 수 있었다. 또한 그림 4.4로 부터 속도가 있을 경우에 추력은 슬립 주파수의 거의 2배에 해당하는 주파수를 가지면서 맥동하고 있음을 예측할 수 있었다.

4.2.3 SLIM의 주행패턴에 따른 속도, 위치 및 가속도 특성

반송설비시스템의 추진 구동원에 적용된 실험기 (SLIM)의 속도 및 가속도 응답에 대한 운전 특성을 고찰하기 위해 2[kVA]급 VVVF방식인 전압형 인버터(VSI)를 사용하여 주행패턴을 그림 4.5와 같이 설정하고, 주어진 주파수 패턴에 따라 가동자를 이송시켰을 때의 속도 및 가속도 특성을 그림 4.6에 나타내었다.

그림 4.6의 (a)는 추진 구동용 SLIM을 설정된 주파수 패턴에 따라 운전시킬 때 발생하는 위치신호의 주파수를 F/V Converter로 변환시켜 속도응답을 보여준 것으로서 60[Hz]의 정상운전에서 0.2[sec] 동안 감속운전을 한후 역상운전으로 바뀌는 순간에



(b) Acceleration

그림 4.4 SLIM의 속도, 위치 및 가속도 특성
Fig. 4.4 Characteristics of velocity, distance and acceleration of SLIM

역상제동이 발생되고 속도응답의 지연시간은 가동자의 관성모멘트에 의하여 약 0.3(sec) 정도 발생함을 알 수 있었다. 또한, 그림 4.6의 (b)는 그림 (a)의 속도응답을 미분하여 가속도 응답을 나타낸 것으로 운전중에 발생하는 추력의 양상은 속도가 증가함에 따

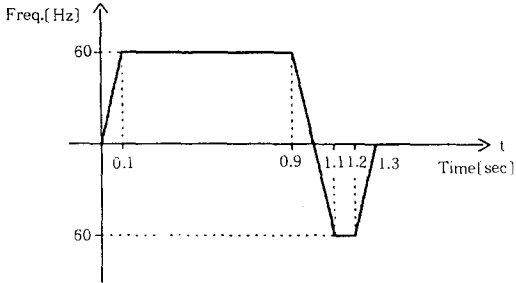
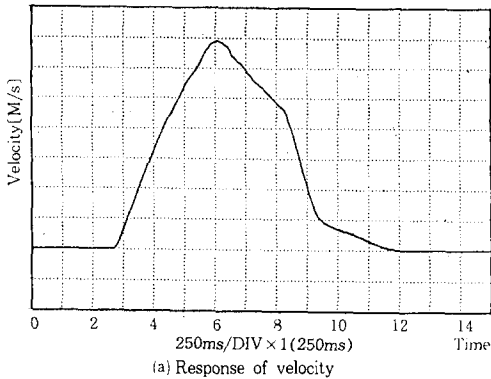
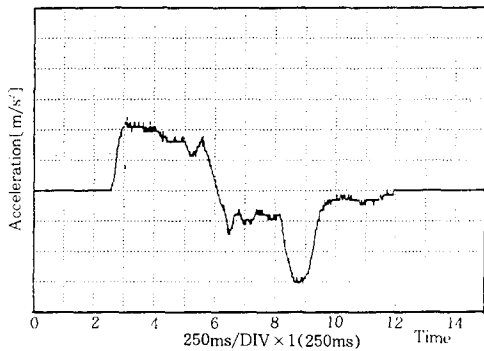


그림 4.5 SLIM의 주행 패턴
Fig. 4.5 Vehicle running pattern of SLIM



(a) Response of velocity



(b) Response of acceleration

그림 4.6 SLIM의 주행 패턴에 따른 속도 및 가속도 응답
Fig. 4.6 Response of velocity and acceleration according to vehicle running pattern of SLIM

라 점차 감소하는 수하특성을 갖고 또한 역상 제동 시에는 기동시보다 큰 제동력이 발생함으로서 위치 제어가 용이하게 되는 서보특성의 성능을 확인할 수 있었다.

5. 결 론

속도 및 위치제어 등을 행하기 위한 SLIM 구동방식의 반송설비시스템에 대한 구성과 추진 구동원에 적용된 SLIM의 설계이론 및 특성을 고찰하기 위해 Goodness Factor와 주행거리를 고려한 추진 구동용 SLIM을 설계·제작하여 시뮬레이션에 의한 해석결과와 실험결과를 비교분석하였다.

반송설비시스템의 추진 구동원에 적용된 SLIM의 추력은 속도의 증가에 따라 거의 직선적으로 감소하는 전형적인 수하특성을 나타내었으며, 또한 전압형 인버터(VSI)에 의해 설정된 주행패턴에 따른 추력 특성의 고찰결과는 추진구동용 SLIM의 특성이 속도 및 위치제어 등에 적합한 서보특성의 성능을 가지고 있음을 알 수 있었다.

따라서, 본 연구에서 구성한 실험실 규모의 실험장치인 반송설비시스템은 이에 적용된 추진 구동용 SLIM의 제반 특성이 설계목적에 잘 부합됨으로서 향후 이를 적용한 산업용 반송설비 시스템으로서의 확장 가능성에 대한 입증은 물론 각종 산업용 제어 기기로의 적용과 응용을 위한 개발 및 연구에 충분한 기초자료가 될 것으로 사료된다.

이 논문은 1996년도 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음

참 고 문 헌

- [1] Sakae Yamamura, "Theory of Linear Induction Motors", University of Tokyo press, 1979.
- [2] Michel Poloujadoff, "The theory of linear induction machinery" Oxford University Press, 1980.
- [3] 이철직, "반송장치용 선형 유도전동기의 특성해석 및 설계고찰" 한국조명·전기설비학회 제9권 제3호, 1995.
- [4] Syed A. Nasar, I. Boldea, "Linear Electric Motors :

Theory, Design, and Practical Applications", Prentice-Hall, Inc., 1985.

[5] 山田一, "リニアモータと應用技術", 實教出版, 1976.

[6] E. R. Laithwaite, "Induction Machines for Special Purposes", John Wrights & Sons, 1966.

[7] I. Boldea, S. A. Nasar, "Linear Motion Electromagnetic Systems", John Wiley and Sons, 1985.

[8] Takashi Onuki, Hiroyuki Numata, Tsugio Yamamura, "Thrust Control of Linear Induction Motor by Detection of Magnetic Field", T. IEE Japan, No. 9, pp. 957~965, 1990.

[9] Y. Ogino, K. Abe, K. Ohishi, Y. Takakado, K. Nakano, "Super Low Speed Control For LIM", Proceedings of ISPE, pp.148~152, 1992.

[10] M.V.K. Chari, "Finite Element Analysis of Electrical Machinery and Devices", IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 16, No. 5, pp. 1014~1019, 1980.

[11] Takashi Onuki, Hiroyuki Numata, "Thrust Control of Linear Induction Motor by Detection of Magnetic Field", T. IEE Japan, Vol. 110-D, No. 9, pp.957~965, 1990.

[12] J. A. MacBain, "Magnetic Field Simulation from a Voltage Source", IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 19, No.5, pp. 2180~2183, 1983.

[13] B. Brunnelli, D. Casadei, U. Reggiani, G. Serra, "Transient and Steady-State Behaviour of Solid Rotor Induction Machines", IEEE Trans. on Mag., Vol. 19, No. 6, pp.2650~2654.

[14] J.H.H. Alwash, B.Sc., D.I.C., "Finite-element analysis of linear induction machines", Proc. IEE, Vol. 126, No. 7, pp.677~681, 1979.

◇ 著 者 紹 介 ◇



이 철 직(李喆稷)

1955년 11월 25일생. 1978년 한양대 전기공학과 졸업. 1980년 한양대학원 전기공학과 졸업(석사). 1993년 한양대학원 전기공학과 졸업(박사). 1985~92년 생산기술연구원 선임연구원. 현재 대림전문대학 전기과 조교수.