

직각 분기기가 있는 선형유도전동기 반송시스템의 PLC 제어 특성

박승찬, 남윤호, 김경민
 동양대학교 대학원 시스템제어공학과

PLC Control Characteristics of a Linear Induction Motor Conveyance System with longitudinal and transverse rails

Seung-Chan Park, Yoon-Ho Nam, Kyung-Min Kim
 Dept. of System Control Engineering, Graduation School of Dongyang University

Abstract - A linear induction motor conveyance system with longitudinal and transverse rails is manufactured, which is controlled by programmable logic controller(PLC). The linear induction motor has a cage-type secondary and the total number of the installed primaries is 10. Four secondaries are installed on the below surface of the moving carrier. In this paper, the developed conveyance system is introduced and its PLC control characteristics for the longitudinal and transverse moving directions are presneted.

1. 서론

국외에서는 자동차 차체의 부품을 효율적으로 반송하기 위하여 선형유도전동기를 이용한 반송시스템을 개발하여 실용화하였다[1]. 또한 컨테이너의 효율적 운반을 위하여, 선형 동기전동기를 이용한 반송장치를 구현하였으며 미래의 물류 반송시스템으로 각광 받게될 전망이다 [2].

본 논문에서는 이와 같이 효율적인 물류반송 시스템을 개발하기 위하여 직각 분기기가 있는 선형유도전동기 반송시스템을 실험실 규모로 설계하여 제작하였다. 따라서, 본 논문에서는 개발한 반송시스템의 동작원리를 설명하고 농형 LIM 및 캐리어, 바퀴의 직각 방향 전환 시스템의 설계, 위치 검출 센서, PLC에 의한 시퀀스 제어 등을 다룬다.

2. 반송 시스템 설계

2.1 시스템의 동작 원리

그림 1은 본 논문에서 설계 및 제작한 반송시스템의 개략도이며, 그림 2는 실제 시스템의 사진이다. 10대의 1차축이 지상에 고정되어 있으며, 종방향 및 횡방향의 추력 발생을 위하여 4대의 농형 2차축이 서로 직교하는 형태로 캐리어의 하단부에 장착되어 있다. 2차축이 1차축과 overlap되면 2대씩 병렬 운전하게 되고, 직각 분기 로에서 캐리어가 정지하면 바퀴가 직각으로 자동 전환된 후 횡방향으로 캐리어가 운동하게 된다. 즉, 캐리어는 정지점1-LIM1-LIM2-LIM3-정지점2-바퀴의 90도 방향 전환-LIM4-LIM5-정지점4-LIM5-LIM4-정지점2-바퀴의 90도방향전환-LIM3-LIM2-LIM1-정지점1의 순서로 반송운동을 하게된다. 캐리어 바퀴는 360도 회전 운동이 가능하도록 설계하였으며 직각방향으로 바퀴를 전환하기 위하여 단상 AC geared motor를 이용하였다. 캐리어의 위치 검출을 위하여 5개의 광센서와 2개의 linear scale 을 이용하였으며, 정현파 PWM 인버터가 캐리어의 위치에 따라서 각 전동기의 출력전압을 제어한다. 전동기의 on-off 스위치는 TRIAC을 이용하여 설계 제작하였다.

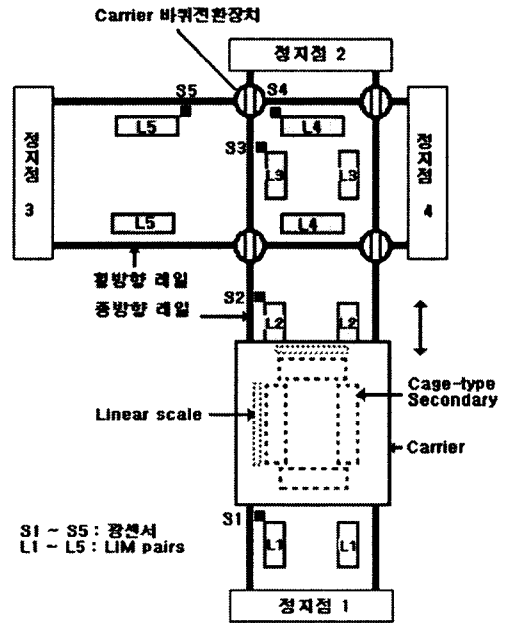


그림 1. 직각분기기가 있는 선형유도전동기 반송시스템의 개략도(평면도).

Fig. 1. Schematic diagram for the linear induction motor conveyance system with longitudinal and transverse rails.

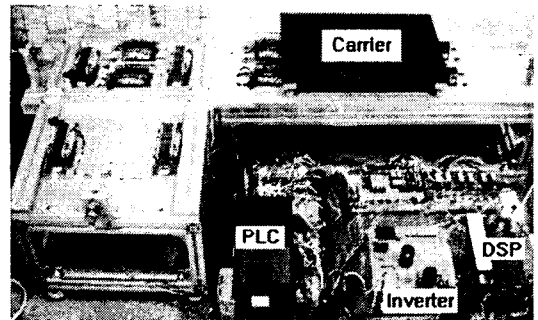


그림 2. 직각분기기가 있는 선형유도전동기 반송시스템의 실제 사진.

Fig. 2 Photograph of the linear induction motor conveyance system with longitudinal and transverse rails.

2.2 시스템 설계

2.2.1 농형 LIM 설계

실험실내에서 실험할 수 있는 반송 시스템을 제작하기 위하여 다음의 조건을 설정하여 LIM을 설계하였다.

- Carrier의 최대가속도 = 0.3 m/sec^2
- Carrier의 총중량(반송중량 포함) = 50 kg
- 1차측의 길이 $\leq 100 \text{ mm}$
- 1차측 철심의 적층폭 $\leq 35 \text{ mm}$
- 농형 2차측의 길이 $\leq 150 \text{ mm}$
- 전압 = 110 [V]
- 주파수 = 60 [Hz]
- 1차측의 전류 $\leq 5 \text{ [A]}$
(2대의 병렬운전시 인버터의 용량을 고려함)
- 극수 = 2 (모터의 길이 제한 고려함)

2.2.2 농형 LIM의 2차측, 리니어 scale 및 캐리어

그림 3은 농형 2차측과 위치 및 속도 검출에 필요한 linear scale이 캐리어의 하단부에 장착되어 있는 모습을 보여주고 있다. 캐리어가 종방향 및 횡방향 운동이 가능하도록 2차측이 각각 2대씩 직각방향으로 배치되어 있다. 캐리어의 모퉁이에 설치된 바퀴는 직각 운동이 가능하도록 설계하였다.

2차측이 1차측을 2/3 가량 진입하면 위치센서가 이를 감지하여 1차측에 전원이 인가된다. 이러한 전원 인가 시점은 그림 4과 같이 유한요소법을 이용하여 2차측의 이동 위치에 따른 추력 계산 결과에 근거하여 결정된 것이다[3]. 그림 5는 2차측이 1차측을 60 mm 진입하였을 때(1차측 길이의 약 3/2에 해당함), 자속분포와 2차측 도체바에 흐르는 전류분포를 나타내었다.

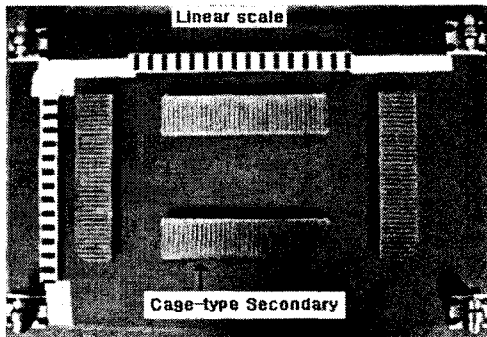


그림 3. 농형 2차측 및 캐리어 사진.
Fig. 3 Cage-type secondaries and carrier.

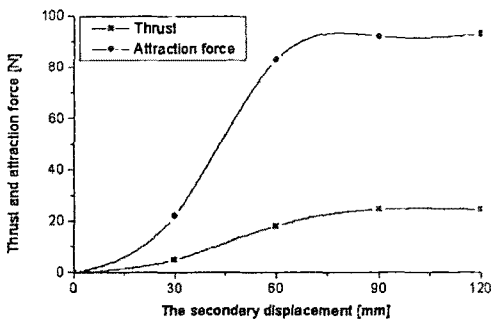


그림 4. 2차측의 변위에 따른 추력 및 흡인력 특성.
Fig. 4. Thrut and attraction force at standstill as a function of the secondary displacement(110V).

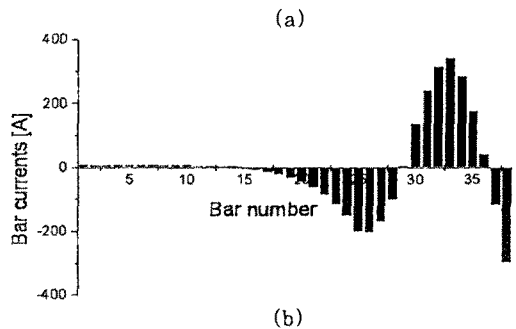
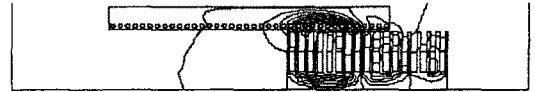


그림 5. 2차측이 60 mm 진입하였을 경우의 (a) 자속분포도 (b) 2차측 도체바의 전류분포.

Fig. 5 The magnetic flux and secondary bar currents distributions when the dsecondary dsipalcment is 60

2.2.3 PWM 인버터 및 SSR

IGBT power module과 DSP240을 이용하여 5kHz 스위칭 주파수를 갖는 정현파 PWM 인버터를 제작하였고, PLC의 D/A값을 DSP에서 읽어들이어 전동기의 정,역운전 및 주파수 제어가 가능하도록 하였다.

인버터의 출력전압으로부터 LIM에 인가되는 전압을 on-off 제어하기 위한 스위치(Solid State Relay : SSR)를 TRIAC을 이용하여 직접 제작하여 사용하였다. 그림 6에 TRIAC을 이용한 스위치 회로도를 나타내었다.

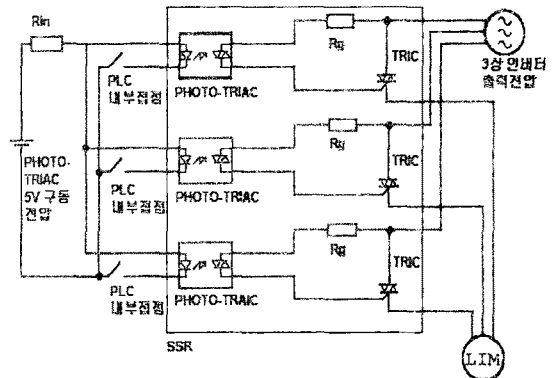


그림 6. LIM의 on-off를 위한 SSR 회로.
Fig. 6 Solid state relay circuit.

2.2.4 바퀴방향 전환 장치

캐리어의 직각 방향 운전을 위하여, 캐리어의 바퀴를 회전시켜주는 장치를 AC geared motor를 이용하여 설계하였다. PLC의 운전 지령에 따라서, AC geared motor 4대가 동시에 각각 운전되어, 90도 회전하게 되면 광센서로부터 출력되는 상승 또는 하강 edge를 PLC 입력장치로 보내어 4대의 전동기가 독립적으로 정지하게 된다.

3. PLC 제어 프로그램

3.1 시퀀스 제어 순서도

본 반송 시스템의 전체 시퀀스 제어 순서도를 그림 7에 나타내었으며, PLC에서 사용된 입력접점은 9개, 출력접점은 22개이다.

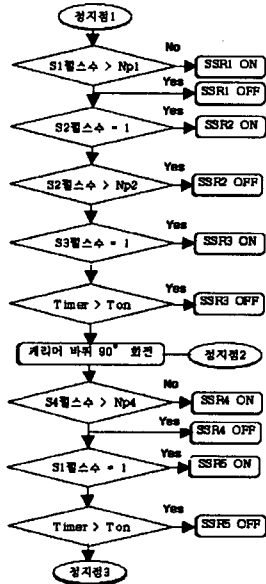


그림 7. 반송시스템의 PLC 제어 순서도.
Fig. 7. PLC control flow chart.

3.2 LIM의 on-off 동작 프로그램

캐리어의 하단부에 부착된 linear scale이 레일 측면에 부착되어 있는 위치검출용 광센서 위를 지나가면, 광센서의 펄스열을 계속 카운트하여 첫 번째 펄스에서는 SSR에 턴온시키고 2차측 1차측을 2/3 이상 통과한 길이에 해당하는 펄스수에서는 SSR에 턴오프하여 해당 LIM의 1차측의 전원을 차단하였다. 이러한 방법은 2차측이 1차측과 overlap되었을 경우에만 LIM에 전원을 인가하므로써 에너지 손실을 방지하기 위한 것이다. 또한 linear scale이 지나간 펄스수를 카운트하므로써 속도 계측도 가능하며, 운전 duty 비를 조절 할 수 있다. 그림 8에는 LIM의 on-off 기본 동작을 수행하기 위한 PLC 프로그램을 나타내었다.

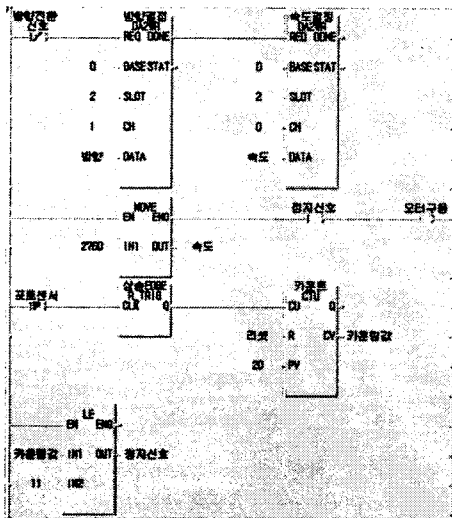


그림 8. LIM의 on-off 동작을 위한 PLC 프로그램.
Fig. 8. PLC program for a LIM on-off operation

3.3 캐리어 바퀴의 방향 전환 동작 프로그램

그림 1에서 정지점 2에서 정지하게 되면, 캐리어의 4개의 바퀴는 각각 geared motor에 의하여 회전하게 된다. 바퀴를 회전시키는 회전 원판아래에는 90도 간격으로 광센서의 발광 빛을 차단하는 테이프 4개를 부착하였으며 바퀴가 90도 회전하게 되면 광센서 출력 펄스의 하강 edge를 PLC 입력에서 감지하여 4대의 geared motor를 정지명령을 발생시킨다. 그림 9에 이러한 동작을 수행하는 PLC 프로그램을 나타내었다.

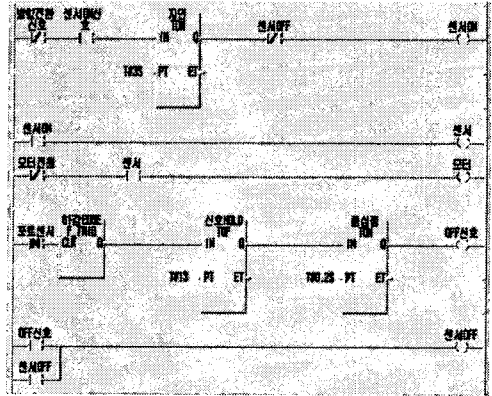


그림 9. 바퀴의 90도 방향전환을 위한 PLC 프로그램.
Fig. 9 PLC program to operate AC geared motor for rotating the carrier wheels by 90 degree.

4. 결 론

본 논문에서는 직각 분기로가 있는 선형유도전동기 반송시스템을 개발하였으며, 농형 LIM, 캐리어, 직각분기장치, 인버터 및 SSR등의 설계 및 제작에 관하여 설명하였다. 또한 캐리어의 종방향 및 횡방향 반송을 위한 PLC 제어를 행하므로써 개발한 시스템이 산업응용분야에 적용가능함을 제시하였다.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2001-000-00945-0) 지원으로 수행되었습니다.

(참 고 문 헌)

- 1) 正田英介, "리아드라이브技術とその應用", pp.102-105, ohm社, 1991.
- 2) Huth Edgar, Candes Wolf-Rudiger, Mosebach Helmut, "Linear Motor Transfer Technology (LMTT) for Container Terminals", Proc. of LDIA'98 Tokyo, pp.38-41, 1998.
- 3) 박승찬, 김병택, "유한길이의 농형 2차측을 갖는 선형유도전동기의 2차측 이동 위치에 따른 특성 해석", 2002년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집, pp.583-585, 2002. 7