

**페루프 구간으로 구성된 OHS 시스템에 적용한 비접촉 전원장치의 출력특성에 관한 연구**

**황계호\***, 김원곤\*, 윤종보\*, 박건우\*, 윤영민\*, 김동희\*\*  
 (주)신성이엔지 기술연구소\*, 영남대학교\*\*

**A study on output characteristic of contactless power supply for OHS system with close-loop section**

Gye-Ho Hwang\*, Won-Gon Kim\*, Jong-Bo Yun\*, Gun-Woo Park\*, Young-Min Yoon\*, Dong-Hee Kim\*\*  
 Shinsung ENG Co. Ltd, Institute of Technology\*, Yeungnam University\*\*

**Abstract** - 클린룸에서 자동 물류 반송장비가 선형모터와 비접촉 전원장치를 이용하여 직선구간으로 설치되어 적용하는 경우는 있지만, 곡선구간을 갖는 경우에 적용하기 위한 연구는 희박하다. 이에 저자들은 초기 90도의 곡선구간으로 개루프 구간을 갖는 연구를 진행하였다. 따라서 본 논문은 더욱 향상된 180도 곡선구간과 직선구간으로 이루어진 페루프 구간을 구성(현장과 유사하게 구성)하여 자동 물류 반송장비인 OHS 시스템의 선형모터의 구동 전원으로 적용하기 위한 비접촉 전원장치의 출력특성에 대한 연구를 진행하였다.

**1. 서 론**

최근, 전 세계적으로 LCD(Liquid Crystal Display) 디스플레이 수요가 증가함에 따라, 디스플레이 생산업체들은 세계 최고의 제품을 출시하기 위해 원판 글라스를 대형화하고 있다.

원판 글라스의 품질은 제조공정장비의 우수한 성능 못지않게 공간의 자동물류라인의 청정도에 의해 많이 좌우된다. 따라서, 자동물류반송장비의 분진억제와 제거에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

분진 억제를 통한 청정도를 유지하기 위해 자동 물류반송장비의 구동축은 기존 접촉식 구동 모터를 비접촉식 다이렉트 선형모터로, 전원장치는 파워케이블(부스바)을 이용한 접촉식을 유도기전력(에어캡)을 이용한 비접촉 전원장치로 변경하기 위한 장치에 대한 연구를 진행하고 있다.

선형모터와 비접촉 전원장치는 자동물류반송장비가 직선구간으로 설치되어 있는 경우는 많이 적용되어 있지만, 여러 곡선구간을 갖는 경우에 적용하기 위한 연구는 희박함을 알 수 있다.

저자들은 [1]에서 90도 곡선구간의 구조로 되어진 자동물류반송장비의 주행축 선형모터의 구동을 위한 비접촉 전원장치에 대한 연구를 진행하였다.

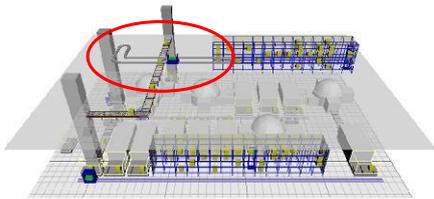
따라서 본 논문은 180도 곡선구간이 2개로 이루어진 페루프 구간을 구성하여 자동물류 반송장비인 OHS 시스템에 적용하기 위한 비접촉 전원장치의 출력특성에 대한 연구를 진행하고자 한다.

**2. 비접촉 전원장치**

**2.1 OHS 시스템**

디스플레이 자동물류 반송장비는 Flat Panel Display(FPD) 제조 공정내 공정간 발생하는 제품품의 저장, 이송을 유기적으로 연결함으로써 전체 제조시스템의 생산성을 극대화시키기 위한 자동 이송시스템을 말하며, 그림 1은 LCD 생산라인의 자동물류 반송 시스템을 보여주고 있다.

클린룸 내에서 자동물류 이송시스템은 그림 1에서 보듯이 Stocker 시스템, OHS(Over Head Shuttle) 시스템, OHT(Overhead



〈그림 1〉 LCD 생산 라인의 자동물류 반송 시스템

-ad Hoist Transport) 시스템, AGV(Automated Guided Vehicle) 시스템, RGV(Rail Guided Vehicle) 시스템, MGV 시스템, Handling Robot 시스템, OHTC(Over Head Transfer Conveyor) 시스템, STS(Single-substrate Transport System) 시스템, 다층 Clean lifter 시스템, Gantry 시스템 등으로 구성되어 있다.

그림 1에서 적색 타원으로 표시된 부분이 OHS 시스템이며, OHS 시스템은 이동 레일이 직선과 곡선으로 구성되어져 이송 거리가 수 백미터로 이루어져 있다. 또한, OHS 시스템은 주로 천장에 레일과 함께 이송 대차를 설치하여 웨이퍼 또는 글라스 카세트를 효율적으로 이송하기 위해 사용되는 시스템이다. 또한, OHS 시스템은 생산 측면에서 수율 증대를 위한 이송속도 등이 중요하며, 클린룸 상부에서 이송을 담당하는 시스템으로서 OHS 시스템 내에서 또는 이송 중 분진 등이 발생할 경우, 하부의 공정장비에 직접적 영향을 미치므로 주행시 비접촉 방식의 구동이 요구되고 있다.

OHS 시스템의 전체 구성은 트랙, 행거, 이송대차, FFU(Fan Filter Unit), 비접촉 전원장치로 이루어져 있으며, 트랙은 이송대차가 주행하기 위한 선로로 직·곡선 형태로 구성되어져 있고, 트랙간 합류 및 분기로 이루어져 있다. 행거는 트랙을 지지하기 위해 천정에서 고정하여 트랙에 연결하기 위한 장비이고, FFU는 OHS 시스템에서 여러 이송대차가 이동시 공기 청정도를 유지하기 위한 장비이고, 이송대차는 카세트를 여러 루프를 통하여 장비간 이송하는 이송체이다. 여기서 비접촉 전원장치는 이송대차 내의 전원을 공급하기 위한 전원장치이다.

그림 2는 OHS 시스템의 실험에 사용되어지는 레이아웃을 보여주고 있으며, 그림 3은 OHS 시스템의 이송대차를 보여주고 있다.

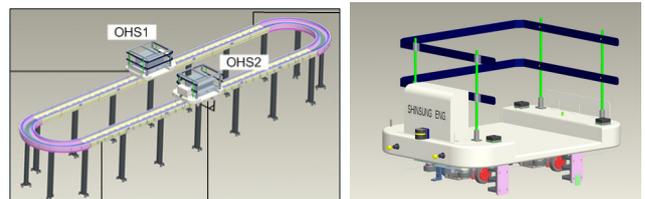
이러한 물류 이송 시스템은 글라스의 사이즈와 무게가 증가함에 따라 물류 이송 시스템의 전원장치인 비접촉 전원장치의 크기와 용량이 증가하게 된다. 또한, 클린룸의 규모가 커짐에 따라 물류 이송 시스템인 OHS 시스템의 사이즈가 커지고 길이가 장거리화 되고 있다. 이에 생산수율을 높이기 위해 OHS 시스템의 이송대차(Shuttle)의 대수 증가와 이송대차(Shuttle)의 속도를 증가시키고 있다.

따라서 본 논문은 곡선구간에서도 여러 대의 이송대차(Shuttle)를 운용함에 있어 독립제어를 하여 각 이송대차의 출력전압, 전류를 안정되게 유지하기 위한 비접촉 전원장치를 설계, 제작하여 적용하여 실험을 행하였다.

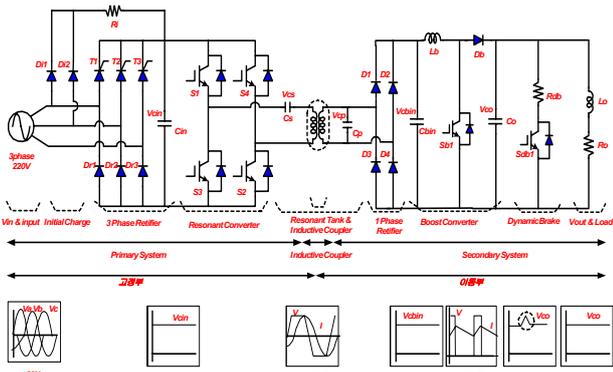
**2.2 비접촉 전원장치**

비접촉 전원장치에서 비접촉의 의미는 공극(Air gap)을 갖는 변압기 형태로 구성된 Inductive Coupler에 의해 자기적 회로로 구성하여 물리적인 접촉을 하지 않는 것을 말한다. 따라서, 비접촉 전원장치는 파터클 발생을 줄이기 위한 반도체 및 LCD 생산 공정에서 물류 이송 시스템의 전원장치로 적합하며, 비접촉 전원장치는 크게 1차측 시스템, 이송대차에 탑재된 2차측 시스템, 비접촉을 위한 Inductive Coupler 시스템으로 구성하였다.

그림 4는 OHS 시스템에서의 비접촉 전원장치의 전체 시스템 회로 구성을 보여주고 있다. 그림 4에서 보듯이 이송대차에 탑재되어진 2



〈그림 2〉 OHS 시스템의 레이아웃 〈그림 3〉 OHS 시스템의 이송대차



〈그림 4〉 비접촉 전원장치의 전체 시스템 회로 구성

차측 시스템에 독립적인 제어를 위하여 컨버터 블록이 적용되어져 있으며, 이는 1차측 시스템의 공진 전류에 영향에 상관없이 이송대차간 독립적으로 운행 가능한 구조로 하여 이송대차의 대수를 유동성 있게 확보할 수 있는 장점을 가진다. 이러한 구조를 공진 정전류 제어시스템이라 하고, 1차측 시스템이 한대이고, 2차측 시스템을 탑재한 여러 대의 이송대차에 구동되는 OHS 시스템에 사용되어진다. 또한, 공진 정전류 제어시스템은 2차측 시스템의 출력전압 변동에 상관없이 1차측 시스템의 공진전류를 일정하게 제어하는 구조를 말하며, 구조적으로 1차측 시스템과 2차측 시스템과의 정보교류가 곤란한 직·곡선 구간이 혼용되어진 시스템에 사용이 적합하다.

저자들은 [1]에서 이송대차의 출력을 얻기 위해 1개의 Inductive Coupler를 사용하여 곡선구간에서 공극을 유지하기 위해 와이어 홀더를 따라 가이드를 삽입하여 스프링과 롤러를 이용하는 기구적인 방법을 사용하였다. 이는 추가적인 기구를 사용하여야 하며 현장 적용시 여러 추가요인이 발생할 수 있다.

따라서, 본 논문에서는 그림 3에서 보듯이 보다 사이즈가 작은 2개의 Inductive coupler를 부착하여 이송대차의 출력을 안정되게 하였으며, 1차측 시스템에서 정전류 제어 시스템을 이용하여 안정된 정전류를 유지하고, Inductive coupler에서 유도된 전력을 이용하여, 2차측 시스템이 탑재된 이송대차는 독립적으로 제어하여 각 이송대차에서 필요한 전기적인 출력을 갖게 구성하였다.

일반적으로 그림 4에서 보듯이 비접촉 전원장치는 풀 브릿지 구조로 구성하여 듀티 제어(Duty control)를 이용하여 공진 정전류 제어 시스템을 구현하였다. 듀티 제어는 유도성 패턴으로 스위칭 주파수를 정하고, 특정 부하 곡선에서 출력전압을 얻기 위해 부하가 작은 경우 듀티비를 적게 하고, 부하가 큰 경우 듀티비를 크게 하여 공진전류를 증가하여 출력전압을 일정하게 제어하는 것이다.

본 논문에서는 1차측 시스템의 입력으로 3상 220[Vac] 60[Hz]를 인가하여 OHS 시스템의 이송대차 구동을 위해 300[Vdc]을 각각 이송대차간 독립적으로 유지되도록 하였다.

### 3. 실험

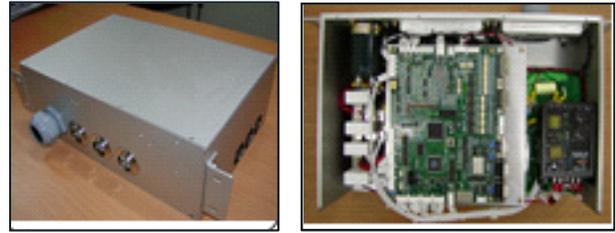
그림 2는 OHS 시스템의 실제 실험을 위한 레이아웃을 보여주고 있다. 그림 2에서 보듯이 180도 곡선구간 2개 구간과 직선구간 2개 구간으로 구성되어 현장(상용화)과 유사하게 하나의 페루프 구간으로 구성하였다. 또한, 이송대차를 2대 제작하여 여러 현장 상황에 맞는 시나리오로 동작 되도록 구현하였다.

그림 5는 이송대차에 탑재된 비접촉 전원장치의 2차측 시스템과 선형 모터(리니어 모터) 구동을 위한 드라이브를 실제 제작한 사진을 보여주고 있다.

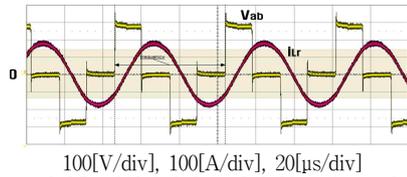
표 1은 실험에 사용되어진 비접촉 전원장치의 실험사양을 나타내고 있다. OHS 시스템의 전원으로 비접촉 전원장치를 사용하였으며, 이송대차 1대의 비접촉 전원장치 용량은 2[kW]인 이송대차 2대를 사용하여 병렬 운전과 직/곡선 구간에서도 구동 가능한 실험을 행하였다.

그림 6은 공진 컨버터의 암양단 전압( $V_{ab}$ )과 공진전류( $i_{Lr}$ )의 실험 파형을 보여주고 있다. 그림 6에서 보듯이 스위칭 주파수는 17.3[kHz]로 동작되고 있으며, 1차측 시스템과 연결된 와이어에 흐르는 공진전류의 실효치는 120[A]로 유지되도록 듀티로 제어하는 것을 알 수 있다.

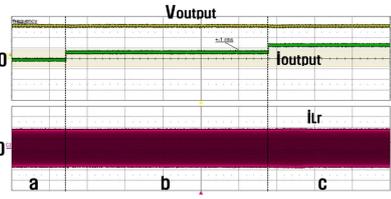
그림 7은 2차측 시스템이 탑재된 이송대차 1대의 출력전압, 출력전류와 1차측 시스템의 와이어에 흐르는 공진전류의 실험파형을 보여주고 있다. 그림 7에서 보듯이 2차측 시스템이 무부하에



〈그림 5〉 비접촉전원장치의 2차측 시스템(좌:외관, 우:내관)



〈그림 6〉 비접촉 전원장치의 공진전압( $V_{ab}$ ), 공진전류( $i_{Lr}$ )



〈그림 7〉 비접촉 전원장치의 출력전압, 출력전류, 공진전류

〈표 1〉 비접촉 전원장치의 실험사양

Item	Symbol	Value/Plant
Track 공진 리액터	$L_s$	81.7[ $\mu$ H]
Coupler 공진 리액터	$L_p$	45.26[ $\mu$ H]
1차측 공진 커패시터	$C_s$	1.21[ $\mu$ F]
2차측 공진 커패시터	$C_p$	1.1[ $\mu$ F]
Power Switches	$S_1 \sim S_4$	SKM400GB128D(400[A])
정류 다이오드	$D_1 \sim D_4$	SKKD105F(100[A], trr:0.5[ $\mu$ s])
Boost IGBT	$S_{b1}$	SKM75GAL123D(75[A])
공진 주파수	$f_r$	15.95[kHz]
스위칭 주파수	$f_{sw}$	17.3[kHz]
Track 길이	Track	38[m]
Vehicle 용량	Power	2[kW]
부 하	$R_o$	Linear Motor

서, 1[kW], 2[kW]로 부하 변동되었을 경우에도 출력전압의 변동과 1차측 시스템의 공진전류가 변화없이 독립적으로 잘 적응함을 알 수 있다.

### 4. 결 론

본 논문은 더욱 향상된 180도 곡선구간과 직선구간으로 이루어진 페루프 구간을 구성(현장과 유사하게 구성)하여 자동 물류 반송장비인 OHS 시스템의 선형모터의 구동 전원을 적용하기 위한 비접촉 전원장치의 출력특성에 대한 연구를 진행하였다.

연구 결과 비접촉 전원장치는 보다 사이즈가 작은 2개의 Inductive coupler를 부착하여 이송대차의 출력을 안정되게 하였고, 1차측 시스템에서 정전류 제어 시스템을 이용하여 안정된 정전류를 유지하고, Inductive coupler에서 유도된 전력을 이용하여, 2차측 시스템이 탑재된 이송대차는 독립적으로 제어하여 각 이송대차가 구동 가능하도록 설계, 제작, 실험을 통해 안정적인 전원을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

### 〈참 고 문 헌〉

- [1] 황계호, 윤영민, 이영식, 김원근, 조상준, 정도영, 김동희, "곡선부를 갖는 OHS 시스템에 적용한 비접촉 전원장치의 출력 특성에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 B권, pp.1124-1125, 2007. 7.
- [2] 황계호, 이영식, 전진용, 김호중, "비접촉 급전장치", 특허 등록번호 제10-0592433호, 2006. 6.