

곡선부를 갖는 OHS 시스템에 적용한 비접촉 전원장치의 출력 특성에 관한 연구

황계호^{*†}, 윤영민^{*}, 이영식^{*}, 김원곤^{*}, 조상준^{*}, 정도영^{**}, 김동희^{***}
 (주)신성이엔지 기술연구소^{*}, 강원대학교^{**}, 영남대학교^{***}

A study on Output characteristic of Contactless Power Supply for OHS system with Curve section

Gye-Ho Hwang^{*†}, Young-Min Yoon^{*}, Yeung-Sik Lee^{*}, Won-Gon Kim^{*}, Sang-Joon Cho^{*}, Do-Young Jung^{**}, Dong-Hee Kim^{***}
 Shinsung ENG Co. Ltd, Institute of Technology^{*}, Kangwon University^{**}, Yeungnam University^{***}

Abstract - 클린룸의 규모가 커짐에 따라 물류 이송 장비의 사이즈가 커지고 길이가 장거리화 되고 있다. 이에 이송대차(Vehicle)의 수가 증가하는 추세이다. 같은 클린룸 공간에서 물류 이송 시스템의 공간 활용 밀도를 높이면 생산수율을 높일 수 있다. 따라서 OHS(Over Head Shuttle) 시스템은 여러 대의 이송대차간 독립제어가 가능하고, 물류 이송 장비의 구조가 직선구간과 곡선구간이 혼용되어진 구조를 가지며, OHS 시스템의 이송대차에 전원을 안정적으로 공급하기 위한 비접촉 전원장치에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 따라서 본 논문은 직선 구간과 곡선구간에서 비접촉 전원장치를 안정적인 전원을 공급하기 위한 방법을 제시하고, 기존 방법과 비교 검토하기 위해 시작품을 제작하여 이송대차 2대를 대상으로 실험을 행하여 검증하였다.

OHS 시스템의 특징은 고송이송, 이송대차의 추가 증설, 천정에서 이송하므로 고정정을 유지, 공간 활용도가 높으나, 천정에 설치된 레일에 의한 천정 보강, 이송지역 하부의 청정도 유지를 고려, 천정에 매달려 있기 때문에 진동을 고려, 이송대차 이동시 Fab내의 기류에 영향을 줄 수 있기 때문에 전체적인 클린룸에 관한 기류 영향을 고려해야 하는 단점도 있다.

그림 1은 실제 제작하여 실험에 적용되어진 OHS 시스템의 레이아웃을 보여주고 있다. 그림 1에서 보듯이 OHS 시스템의 구동 거리는 직선구간 11[m], 곡선구간 반경 1[m]이고, 전체 이송대차의 수는 2대로 구성하였고, OHS 시스템은 리니어모터를 사용하여 왕복 이송되도록 오픈 루프 형태로 제작 설치하였다.

1. 서 론

멀티미디어 환경이 보편화되고, 정보 인프라가 급속도로 확대됨에 따라, 디스플레이(Display) 산업도 급격히 변화하고 있으며, 이에 산업 전반에 걸쳐 생산 자동화의 요구가 증대되고 있다. 또한, FPD(Flat Panel Display) 제조사들의 생산 효율 증대를 위한 차세대 설비 투자 경쟁이 치열한 상황이다. 이에 FPD 산업 분야에서의 물류 이송장비 국산화는 매우 시급한 실정이며, 생산측면에서 효율 증대를 위한 물류 이송 장비의 이송속도, 공간활용 밀도 증대 등이 중요하다.

클린룸 내에서 물류이송을 담당하는 장비는 이송 중 분진 등이 발생할 경우, 하부의 공정장비에 직접적 영향을 미치므로 주행시 비접촉 방식의 구동이 요구되고 있다. 이에 비접촉 전원장치에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

같은 클린룸 공간에서 물류 이송 장비의 공간 활용 밀도를 높이면 생산수율을 높일 수 있다. 따라서 여러 대의 이송대차간 독립제어가 가능하고, 물류 이송 장비의 구조가 직선구간과 곡선구간이 혼용되어진 구조를 갖는 물류이송 장비인 OHS 시스템에 대한 전원을 안정적으로 공급하기 위한 비접촉 전원장치에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

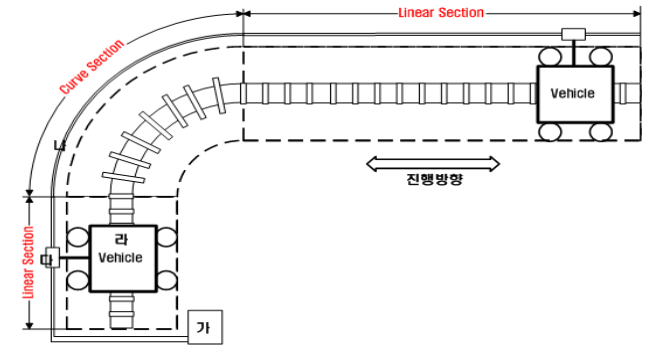
따라서 본 논문은 OHS 시스템의 이송대차의 전원으로 비접촉 전원장치가 직선구간과 곡선구간에서 안정적인 전원을 공급하기 위한 새로운 방법을 제시하고 기존방법과 비교 검토하기 위해 시작품을 제작하여 이송대차 2대를 대상으로 실험을 행하여 타당성을 검증하고자 한다.

2. 곡선구간을 고려한 비접촉 전원장치

2.1 OHS 시스템

OHS 시스템은 주로 천정에 레일과 함께 이송 대차를 설치하여 웨이퍼 또는 글라스 카세트를 효율적으로 이송하기 위해 사용되는 시스템이다. 또한, OHS 시스템은 생산측면에서 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 구성되어 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 1은 트랙과 이송대차, 비접촉 전원장치(가, 나, 다, 라)만 보여주고 있다.



〈그림 1〉 OHS 시스템의 레이아웃

2.2 비접촉 전원장치

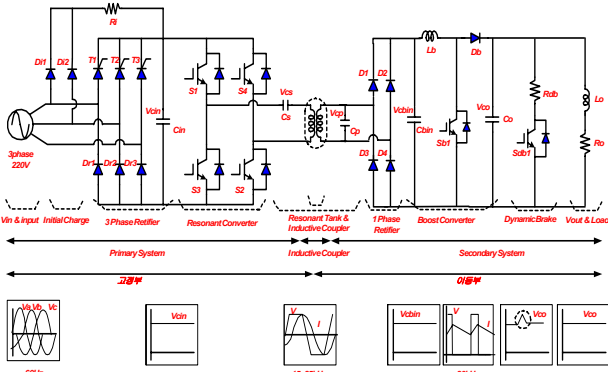
비접촉 전원장치에서 비접촉의 의미는 공급(Air gap)을 갖는 변압기 형태로 구성된 Inductive Coupler에 의해 자기적 회로로 구성하여 물리적인 접촉을 하지 않는 것을 말한다. 따라서, 비접촉 전원장치는 파티클 발생을 줄이기 위한 반도체 및 LCD 생산 공정에서 물류 이송 시스템의 전원장치로 적합하며, 비접촉 전원장치는 크게 1차측 시스템, 이송대차에 탑재된 2차측 시스템, 비접촉을 위한 Inductive Coupler 시스템으로 구성하였다. 그림 1에서 비접촉 전원장치는 가(1차측 시스템), 나(Inductive Coupler 장치의 와이어(Wire)), 다(Inductive Coupler 장치의 Coupler), 라(2차측 시스템)를 보여주고 있다.

그림 2는 그림 1의 비접촉 전원장치의 전체 시스템 회로구성을 보여주고 있다. 그림 2에서 보듯이 이송대차에 탑재되어진 2차측 시스템에 독립적인 제어를 위하여 컨버터 블록이 적용되어져 있으며, 이는 1차측 시스템의 공진 전류에 영향을 상관없이 이송대차간 독립적으로 운행 가능한 구조로 전원 시스템의 효율은 다소 감소된다. 이러한 구조를 공진 정전류 제어시스템이라 하고, 1차측 시스템이 한대이고, 2차측 시스템을 탑재한 여러 대의 이송대차에 구동되는 OHS 시스템에 사용되어 진다. 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.

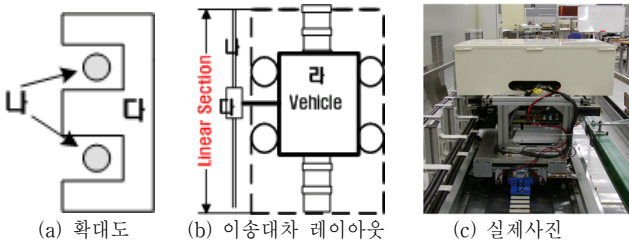
그림 3은 직선구간에서 OHS 시스템의 이송대차 레이아웃, Inductive Coupler 장치의 확대도와 실제사진을 보여주고 있다. 그림 3에서 보듯이 Coupler와 와이어 사이의 공극이 일정하게 유지되어 자기적인 결합으로 2차측 시스템의 출력으로 전압(에너지)이 잘 공급됨을 알 수 있다. 그러나 이송대차가 구동하여 곡선구간에 접어들면 Inductive Coupler 장치는 상황이 달라진다.

그림 4는 곡선구간에서 OHS 시스템의 이송대차 레이아웃, Inductive

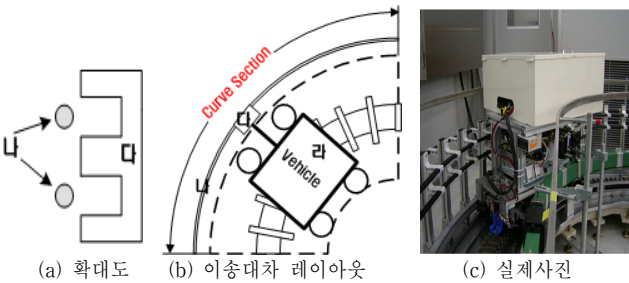
Coupler 장치의 확대도와 실제사진을 보여주고 있다. 그림 4에서 보듯이 Coupler와 와이어 사이의 공극이 Coupler를 벗어나 자기적인 결합이 어려워져 전압(에너지)이 2차측 시스템의 전원으로 인가되지 못하는 것을 알 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방법으로 첫째, 곡선 구간 트랙을 일일이 체크하여 와이어 홀더(wire holder)를 공극에 맞게 옮기는 것, 둘째, 전기적인 방법으로 센서를 이용하여 Coupler 부분을 이동 가능하게 서보모터를 사용하여 공극을 조절하는 방법, 셋째, 기구적인 방법으로 와이어 홀더를 따라 가이드를 삽입하고 스프링과 풀러를 이용하여 공극을 유지하는 방법이 있다. 여기서 전기적인 방법은 구조가 복잡한 추가적인 전기회로가 요구되어진다. 따라서 본 논문은 구조적으로 간단한 기구적인 방법을 사용하여 시제품을 제작하였다.



〈그림 2〉 비접촉 전원장치의 전체 시스템 회로 구성



〈그림 3〉 OHS 시스템의 이송대차(직선 구간)



〈그림 4〉 OHS 시스템의 이송 대차(곡선구간)

일반적으로 그림 2에서 보듯이 비접촉 전원장치는 풀 브릿지 구조로 구성하여 듀티 제어(Duty control)를 이용하여 공진 정전류 제어시스템을 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

비접촉 전원장치의 1차측 시스템은 와이어의 공진전류를 제어 입력으로 받아 일정한 공진전류를 유지하도록 제어하였으며, 2차측 시스템은 이동대차간의 독립제어를 위하여 각 이동대차의 출력전압을 제어입력으로 받아 이동대차의 출력전압을 부하변동에 대하여도 일정하게 유지되도록 Boost 컨버터를 이용하여 300[Vdc]로 제어되도록 제작하였다. 표 1은 실험에 사용되어진 비접촉 전원장치 시제품의 실험사항을 나타내고 있다. OHS 시스템

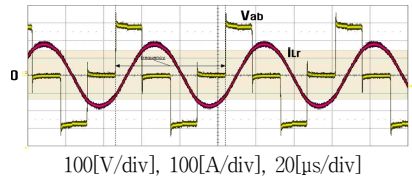
의 전원으로 비접촉 전원장치를 사용하였으며, 이송대차 1대의 비접촉 전원장치 용량은 2[kW]인 이송대차 2대를 사용하여 병렬 운전도 실험을 행하였다.

그림 5은 공진 컨버터의 암양단 전압(V_{ab})과 공진전류(i_{Lr})의 실험 파형을 보여주고 있다. 그림 5에서 보듯이 스위칭 주파수는 17.3[kHz]로 동작되고 있으며, 1차측 시스템과 연결된 와이어에 흐르는 공진전류의 실효치인 120[A]로 유지되도록 듀티를 제어하는 것을 알 수 있다.

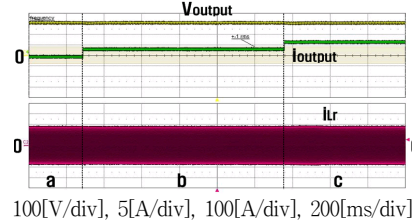
그림 6는 2차측 시스템이 탑재된 이송대차 1대의 출력전압, 출력전류와 1차측 시스템의 와이어에 흐르는 공진전류의 실험파형을 보여주고 있다. 그림 6에서 보듯이 2차측 시스템이 무부하에서 1[kW], 2[kW]로 부하 변동되었을 경우에도 출력전압의 변동과 1차측 시스템의 공진전류가 변화없이 독립적으로 잘 적응함을 알 수 있다.

〈표 1〉 비접촉 전원장치의 시제품 실험사항

Item	Symbol	Value/Plant
Track 공진 리액터	L_s	81.7[μ H]
Coupler 공진 리액터	L_p	45.26[μ H]
1차측 공진 커패시터	C_s	1.21[μ F]
2차측 공진 커패시터	C_p	1.1[μ F]
Power Switches	$S_1 \sim S_4$	SKM400GB128D(400[A])
정류 다이오드	$D_1 \sim D_4$	SKKD105F(100[A], trr:0.5[μ 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



〈그림 5〉 비접촉 전원장치의 공진전압(V_{ab}), 공진전류(i_{Lr})



〈그림 6〉 비접촉 전원장치의 출력전압, 출력전류, 공진전류

4. 결 론

같은 클린룸 공간에서 물류 이송 시스템의 공간 활용 밀도를 높이면 생산수율을 높일 수 있다. 따라서 여러 대의 Vehicle간 독립제어가 가능하고, 물류 이송 장비의 구조가 직선부분과 곡선부분이 혼용되어진 구조를 갖는 OHS 시스템에 대한 전원을 안정적으로 공급하기 위한 방법을 비접촉 전원장치에 대해 서술하였다.

따라서 본 논문은 OHS 시스템의 이동대차(Vehicle)의 전원으로 비접촉 전원장치가 직선구간과 곡선구간에서 안정적인 전원을 공급하기 위한 새로운 방법을 제시하고 기존방법과 비교 검토하기 위해 시제품을 제작하여 이동대차 2대를 대상으로 실험을 행하여 곡선구간에서도 기구적인 방법을 이용하여 안정적인 전원을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있었다.

[참 고 문 헌]

[1] 황계호, 이영식, 문인호, 조상준, 이봉섭, 정도영, 김동희, "선형 구동 시스템에 적용한 비접촉 전원장치에 관한 연구", 대한전기학회 하계학술대회 논문집 B권, pp.1045-1047, 2006. 7.
 [2] 한국반도체 산업협회, "반도체장비 기술로드맵", 한국 반도체 디스플레이장비학회, 공청회 발표자료, 2005
 [3] 황계호, 이영식, 전진용, 김호중, "비접촉 급전장치", 특허 등록번호 제10-0592433호, 2006. 6.