

Stocker 시스템에 적용한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 효율에 관한 연구

황계호[†], 이영식^{*}, 박건우^{*}, 문인호^{*}, 조상준^{*}, 이봉섭^{**}, 김동희^{***}
 (주)신성이엔지 기술연구소^{*}, 강원대학교^{**}, 영남대학교^{***}

A study on Efficiency of Contactless Resonant DC/DC Converter for Stocker system

Gye-Ho Hwang[†], Yeung-Sik Lee^{*}, Gun-Woo Park^{*}, In-Ho Moon^{*}, Sang-Joon Cho^{*}, Bong-Sub Lee^{**}, Dong-Hee Kim^{***}
 Shinsung ENG Co. Ltd, Institute of Technology^{*}, Kangwon University^{**}, Yeungnam University^{***}

Abstract - 최근 반도체 및 FPD(Flat Panel Display) 산업에서 글라스의 사이즈와 무게가 증가함에 따라 물류 이송 시스템의 전원장치인 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 크기와 용량이 증가하는 추세이다. 또한, 클린룸의 규모가 커짐에 따라 물류 이송 시스템인 Stocker 시스템의 사이즈가 커지고 길이가 장거리화 되고 있다. 이에 생산수율을 높이기 위해 Stocker 시스템의 전체 택타임(Tact Time)을 줄이기 위한 방안으로 차세대 Stocker 시스템의 속도를 증가하도록 요구되어 지고 있다. 따라서 본 논문은 차세대 Stocker 시스템의 속도 증가에 대한 전원장치인 비접촉 공진 DC/DC 컨버터를 제안하고, 제작하여, 차세대 Stocker 시스템의 전체 택타임에 대한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 제어방법과 효율에 대하여 검증하였다.

1. 서 론

세계적으로 LCD(Liquid Crystal Display) 디스플레이 수요가 급팽창함에 따라, 한국, 대만, 일본으로 대표되는 디스플레이 생산국들은 경쟁적으로 원판 글라스를 대형화하며 크기와 품질면에서 세계 최고의 제품을 출시하고 있다.

원판 글라스의 품질은 제조 시스템의 우수한 성능 못지않게 공정라인의 청정도에 의해 좌우된다. 따라서 제조 시스템은 분진 억제제를 위해 비접촉으로 구동하는 비접촉 다이렉트 선형 모터와 비접촉으로 전원을 인가하는 비접촉 공진 DC/DC 컨버터에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.

일반적으로 디스플레이 자동화 시스템은 FPD 제조공정내 공정간 발생하는 제공품의 저장, 이송을 유기적으로 연결함으로써 전체 제조시스템의 생산성을 극대화시키기 위한 자동 이송시스템을 말하며, 클린룸 내에서 자동화 시스템은 Stocker 시스템, OHS(Over Head Shuttle) 시스템, OHT(Overhead 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, 다층간 Clean lifter 시스템, Gantry 시스템 등으로 구성되어 있다.

이러한 물류 이송 시스템은 글라스의 사이즈와 무게가 증가함에 따라 물류 이송 시스템의 전원장치인 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 크기와 용량이 증가하게 된다. 또한, 클린룸의 규모가 커짐에 따라 물류 이송 시스템인 Stocker 시스템의 사이즈가 커지고 길이가 장거리화 되고 있다. 이에 생산수율을 높이기 위해 Stocker 시스템의 전체 택타임을 줄이기 위한 방안으로 차세대 Stocker 시스템의 속도를 증가하도록 요구되어 지고 있다.

따라서 본 논문은 차세대 Stocker 시스템의 속도 증가에 따른 용량이 증가된 비접촉 공진 DC/DC 컨버터를 제안하고, 제작하여, 차세대 Stocker 시스템의 전체 택타임에 대한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 제어방법과 효율에 대하여 검증하고자 한다.

2. 비접촉 공진 DC/DC 컨버터

2.1 Stocker 시스템

Stocker 시스템은 LCD 공정간 물류 이송 시스템으로 LCD 원판 또는 가공원판을 보관하는 카세트를 이송, 보관하는 기능을 담당하고 있다. 또한, Stocker 시스템은 장거리화에 대응하고, 생산 수율, 장비의 신뢰성이 고려되어야 한다.

일반적으로 Stocker 시스템의 전체 구성은 Shelf, 입/출력 포트(I/O port), FFU(Fan Filter Unit), 크레인, 비접촉 전원장치로 이루어져 있으며, Shelf는 카세트를 보관하는 곳으로 주로 3~5층 구조로 되어 있으며 양쪽 측면으로 배치되어 있고, 입/출력 포트는 Stocker에 카세트를 입, 출력하는 곳으로 컨베이어, 또는

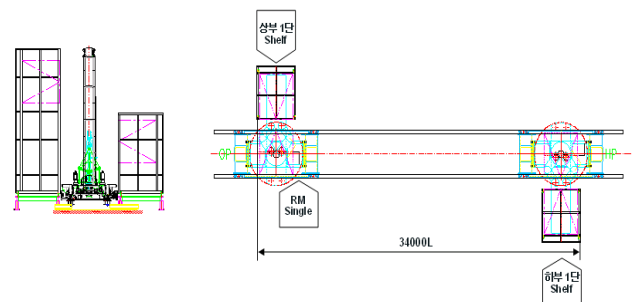
P&P 로봇이 있다. FFU는 Stocker 시스템의 공기 청정도를 유지하기 위한 장비이고, 크레인은 카세트를 Stocker 시스템 내에 이송하는 로봇이다. 여기서 비접촉 전원장치는 크레인 내의 전원을 공급하기 위한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터를 말한다.

그림 1은 실제 제작하여 실험에 적용되어진 차세대 Stocker 시스템의 레이아웃을 보여주고 있다. 그림 1에서 보듯이 Stocker 시스템의 치수는 34[m]×6.6[m]× 5.5[m]이고, 카세트의 사이즈는 1680[mm]×1480[mm]×1580[mm]이고, Stocker 시스템의 대응 하중은 500[kg]이다. 또한 Stocker 시스템의 레이아웃 구성은 테스트를 위하여 상부 1단 Shelf와 하부 1단 Shelf로만 구성하였다.

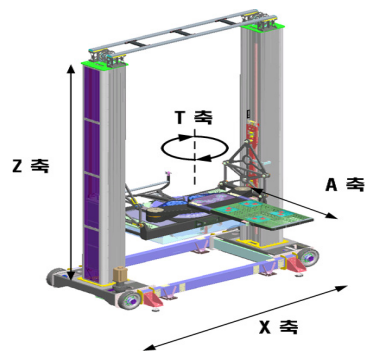
그림 2는 Stocker 시스템 내의 카세트를 이송하기 위한 로봇인 크레인을 보여주고 있다. 여기서 카세트는 여러 장의 글라스 원판 또는 여러 장의 가공 패널 글라스를 한꺼번에 보관하는 케이스를 말한다. 상단 Shelf에서 하단 Shelf로 또는 하단 Shelf에서 상부 Shelf로 카세트를 이송하기 위해 그림 2에서 보듯이 Stocker 시스템 내의 크레인이 이송을 하게 되며, 카세트를 이송하기 위해 크레인의 구동축은 4축이 구동되어야 한 번의 Stocker 시스템의 택타임이 끝나게 된다.

Stocker 시스템내의 크레인을 구동하기 위한 축은 주행축, 승강축, 회전축, 이재축이 있으며, 주행축은 직선왕복운동을 하며 X축 방향으로 이동하고, 승강축은 크레인의 암을 상하왕복운동을 하며 Z축 방향으로 이동하고, 회전축은 크레인의 암(Arm)을 180도로 회전운동을 하며 T축 방향으로 이동하고, 이재축은 크레인의 암이 주행축과 직각인 방향으로 직선왕복운동을 하며, A축 방향으로 이동한다.

Stocker 시스템의 전체 택타임을 구동하기 위한 축으로 순서대로 서술하면, Shelf에서 카세트를 가져오기 위해 A축을 구동한



〈그림 1〉 Stocker 시스템의 Layout



〈그림 2〉 Stocker 시스템의 크레인

<표 1> Stoker 시스템 구동조건

축	속도(m/min)	가속시간	감속시간	비고
X	180	4초	3초	
Z	6	4초	3.5초	(카세트 무)
	2			(카세트 유)
A	110	1.5초	1.5초	(카세트 무)
	50			(카세트 유)
T	36	3초	3초	

후, 카세트의 목적지에 이송하기 위해 X축, Z축, T축이 동시에 구동한 후, 카세트의 목적지인 Shelf가 장거리 이송이면 X축만 등속으로 구동한 후, 카세트의 목적지인 Shelf에 도착 후 Shelf에 카세트를 넣기 위해 A축을 구동하면 Stoker 시스템의 전체 택타임이 된다.

실제 제작하여 실험에 적용한 차세대 Stoker 시스템의 각 축에 대한 구동 조건은 표 1에 보여주고 있다.

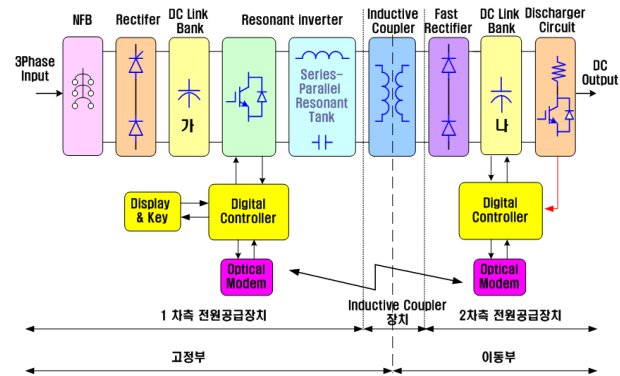
2.2 비접촉 공진 DC/DC 컨버터

비접촉 공진 DC/DC 컨버터에서 비접촉의 의미는 공극(Air gap)을 갖는 변압기 형태로 구성된 Inductive Coupler에 의해 자기적 회로로 구성되어 물리적인 접촉을 하지 않는 것을 말한다. 따라서, 비접촉 공진 DC/DC 컨버터는 파티클 발생을 줄이기 위한 반도체 및 LCD 생산 공정에서 물류 이송 시스템의 전원장치로 적합하며, 비접촉 공진 DC/DC 컨버터는 크게 1차측 전원공급장치, 크레인에 탑재된 2차측 전원공급장치, 비접촉을 위한 Inductive Coupler 장치로 구성하였다.

Stoker 시스템의 레이아웃에 적용하기 위한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터는 그림 1에서 보듯이 직선 구간으로 구성되어져 있고, 트랙길이 34[m]정도이며, 크레인이 1대로 구성되어져 있다. 이에 비접촉 공진 DC/DC 컨버터는 1차측 전원공급장치와 2차측 전원공급장치가 각각 1대로 쌍으로 연결되어질 수 있는 구성임을 알 수 있다. 따라서, 크레인 1대에 전원을 공급하기 위해 2차측 전원공급장치가 1대 필요하고, 2차측 전원공급장치에 전원을 공급하기 위해 1차측 전원공급장치도 1대가 필요하다.

그림 3은 Stoker 시스템에 적용한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 세부 블록도를 보여주고 있다. 그림 3에서 보듯이 크게 고정부와 이동부에 나뉘어 구성되어져 있다. 고정부에는 1차측 전원공급장치와 크레인에 탑재되는 Inductive Coupler와 2차측 전원공급장치로 구성되어져 있다. 용량이 큰 Stoker 시스템에서 비접촉 공진 DC/DC 컨버터는 그림 3에서 보듯이 광모듈을 통하여 크레인에 탑재된 2차측 전원공급장치와 1차측 전원공급장치간 정보를 교류하여 최적의 출력전압을 제어하는 구조로 전원 시스템의 효율을 증가시키고 있다. 이런 구조를 출력 전압 제어시스템이라 하고, 1차측 전원공급장치와 2차측 전원공급장치가 단독으로 1대만 구동되는 자동 이송 시스템인 Stoker 시스템에 주로 사용되어진다.

일반적으로 비접촉 공진 DC/DC 컨버터는 풀브릿지 구조로 구성되어져 있기 때문에, 비접촉 공진 DC/DC 컨버터를 제어하기 위한 제어기법은 주파수 제어와 듀티 제어를 사용하고 있으며, 주파수 제어는 유도성 패턴에서 스위칭을 하여 시스템의 안전성을 고려하였고, 부하가 작은 경우, 스위칭 주파수를 공진점에서 멀어지게 하여 출력전압을 낮게 하고, 부하가 큰 경우 출력전압을 높게 하기 위해 공진점 부근으로 스위칭 주파수를 이동하게



<그림 3> 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 블록도

제어한다. 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 전원장치의 입력으로 3상 220[Vac] 60[Hz]를 인가하여 Stoker 시스템의 크레인이 구동시, 크레인의 입력 전압을 300[Vdc]가 되도록 듀티 제어를 적용하여 유지 되도록 하였다.

3. 실험

그림 1과 같이 차세대 Stoker 시스템을 제작하여, 레이아웃으로 설치하였으며, 그림 2의 차세대 Stoker 시스템의 크레인을 표 1의 차세대 Stoker 시스템의 운행조건으로 구동 가능한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터를 제안하여 제작하였다.

차세대 Stoker 시스템의 크레인 주행속도 구동 속도는 3[m/s]이며, 가속도는 0.75[m/s²]로 구동하여, 카세트를 하부 Shelf에서 상부 Shelf로 이송할 경우와 상부 Shelf에서 하부 Shelf로 이송할 경우에 대한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 동작 파형을 그림 4와 그림 5에 보여주고 있다.

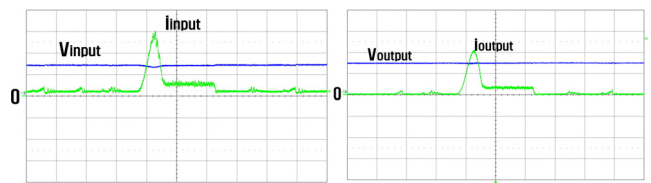
그림 3의 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 블록도에서 “가”위치와 “나”위치에서 측정한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 효율은 카세트를 하부 Shelf에서 상부 Shelf로 이송할 경우 76%정도가 되며, 카세트를 상부 Shelf에서 하부 Shelf로 이송할 경우 75%가 됨을 알 수 있다.

4. 결론

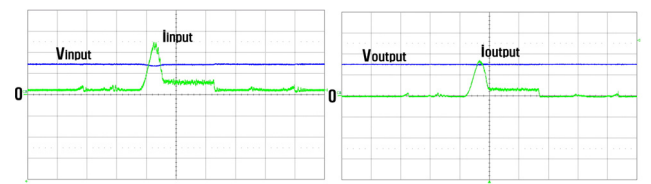
클린룸에서 물류 이송 시스템인 Stoker 시스템의 사이즈가 커지고 길이가 길어짐에 따라, 생산수율을 높이기 위해 Stoker 시스템의 전체 택타임을 줄이기 위한 방안으로 차세대 Stoker 시스템의 속도를 증가하도록 요구되어 지고 있다. 따라서 본 논문은 차세대 Stoker 시스템의 속도 증가에 따른 용량이 증가된 비접촉 공진 DC/DC 컨버터를 제안하고, 제작, 실험을 행하여 적용 가능함을 검증하였고, 차세대 Stoker 시스템의 전체 택타임에 대한 비접촉 공진 DC/DC 컨버터의 제어방법과 효율이 75%이상 되어 기존 Stoker에 비해 향상되었음을 검증하였다.

[참고문헌]

- [1] 한국반도체 산업협회, “반도체장비 기술로드맵”, 한국 반도체 디스플레이장비학회. 공청회 발표자료, 2005
- [2] (주)신성이엔지, “LCD Fab에서의 자동반송 시스템”, 월간 반도체, No. 195, pp.44-50, 2004. 5.
- [3] 황계호, 이영식, 전진용, 김호중, “비접촉 급전장치”, 특허 등록번호 제10-0592433호, 2006. 6.
- [4] 김동희, 황계호, “Stoker 시스템에 적용한 비접촉 전원장치에 관한 연구”, 한국조명·전기설비학회 논문지, Vol.21, No.1, pp.148-156, 2007. 1
- [5] 황계호, 이영식, 문인호, 조상준, 이봉섭, 정도영, 김동희, “선형구동 시스템에 적용한 비접촉 전원장치에 관한 연구”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집 B권, pp.1045-1047, 2006. 7.
- [6] 황계호, 이영식, 방덕제, 문인호, 남승식, 배영호, 김동희, “비접촉 전원장치에 적용한 직·병렬 공진형 DC/DC 컨버터의 특성해석”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집 B권, pp.1425-1427, 2005. 7.



(a) 컨버터 입력 (b) 컨버터 출력
<그림 4> 하부 Shelf에서 상부 Shelf로 이송



(a) 컨버터 입력 (b) 컨버터 출력
<그림 5> 상부 Shelf에서 하부 Shelf로 이송