비접촉 전원장치를 적용한 LCD stocker용 10,000N급 선형전동기 응용시스템 기술개발

김태진[1], 임근희[1], 강도현[1], 조정구[2], 조상준[3], 조성일[4]
1한국전기연구원, 2(주)그린파워, 3(주)신성이엔지, 4(주)동부정밀화학

Development of 10,000N linear motor LCD Stocker system with CPTS

T.J.Kim[1], G.H.Rim[1], D.H.Kang[1], J.G.Cho[2], S.J.Cho[3], S.I.Cho[4]
1KERI, 2Green Power CO.,LTD, 3Shinsung ENG CO.,LTD, 4Dongbu Fine Chemicals CO.,LTD

Abstract - 선형 전동기는 일반 회전기를 펼친 상태로 유도기, 전동기, 직류기 및 기타 특수 전동기로 분류하며 그 원리는 회전형 전동기와 같다. 직선 운동을 필요로 하는 시스템에서 기계적 변환 기구를 사용하지 않고 직접 직선 운동을 얻을 수 있으므로 향후 자동화 기기, 교통수단, 산업용 기기 등에 많은 수요를 창출할 수 있는 전동기이다. 또한 선형 전동기는 일반 회전형 전동기에 비해 스크류, 체인, 기어 시스템 등의 기계적인 변환장치가 없이 선형 구동력을 직접 발생시키므로 청정을 필요로 하는 환경에서 회전형에 비해 절대적으로 우세하다. 그러나 이상과 같은 장점을 지닌 선형 전동기를 실제 시스템에 적용하기 위해서는 속도의 저하에 따른 저 출력, 저 효율 및 고 가격과 같은 문제들을 우선적으로 해결해야 한다.

본 논문에서는 이 선형 전동기 기술이 적용되는 차세대 LCD 공정 자동화설비인 10,000N급 Stocker System에 적용되는 핵심기술과 기술개발 동향에 대한 소개를 하고자 한다.

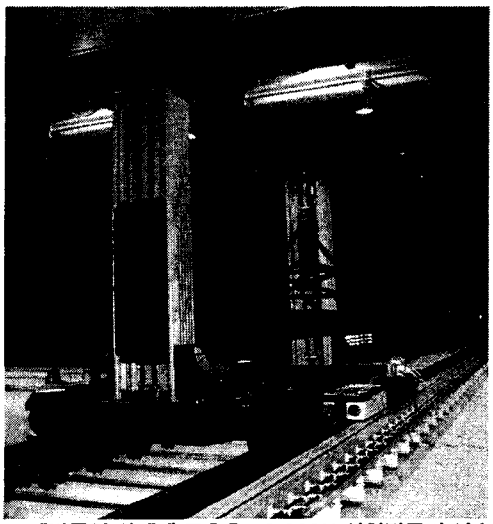
1. 서 론

LCD사업은 현재 우리나라 성장동력사업으로 세계 1위의 시장점유율을 가지고 있으며, 표1에서 보는 바와 같이 LCD 제조공정의 단위 공장 소비전력은 7세대인 경우 약 280MVA로 원자력 발전소 1기의 발전량 1,000MVA의 1/3에 해당되는 많은 전력이 소모된다.

<표 1> LCD 제조공정의 세대별 구성

	LCD 제조 공정	4,5세대	6세대	7세대	6세대 대비 7세대 증가율
전기설비	전력설비 / 사용전력 (전 공장 기준)	210 / 100 MVA	300 / 150 MVA	570 / 280 MVA	약 100% 증가
	전력설비 / 사용전력 (크린룸 기준)	128 / 55 MVA	154 / 86 MVA	284 / 97 MVA	약 45% 증가
기계설비	크린룸 규모	15,000평	35,000평	40,000평	약 14% 증가
	Stocker Crane 무게	2ton	6.5ton	10ton	약 53% 증가
	Cassettes 무게	0.2ton	0.5ton	1ton	약 53% 증가
	Crane 이송속도	2m/s	2m/s	2.5m/s	약 25% 증가
	전동기에 요구되는 힘	1,500N	5,000N	10,000N	약 100% 증가
	LCD Size	-	1500 * 1850mm	1950*2250mm	약 160% 증가

특히 이송장치의 소비 전력은 15MVA로 전체 LCD공정 소비전력의 5%에 해당되는 초청정 및 고효율 장치가 요구되며, 이송 장치중에 중요한 장비인 LCD Stocker는 LCD 제조 공정에서 Glass가 들어 있는 카셋트를 저장 반입 및 반출하고 관리하는 장치이다.



<그림 1> 개발중인 차세대 고효율 10,000N 선형전동기 이송시스템 추진차량

이 장치는 자동화 공정에서 필수적인 장치로 공정 간의 Buffer의 용도가 크다. 이 장치는 초기에는 Buffer 역할을 수행하는 단순 독립 장비였으나 최근에는 자동 이송라인의 핵심 역할을 하는 초 대형화되어 가는 핵심 기술 장비로 6세대에서는 길이가 100m 이상인 것도 있다. 최근의 LCD Stocker의 자동화에서의 역할은 카셋트 단위의 관리뿐만 아니라 Glass 단위의 이송까지도 관리하는 복합 기능을 수행한다. Stocker의 핵심 모듈은 저진동/고출력/초청정 Crane 및 Robot Arm, 카셋트를 반입/반출하는 I/O Port 및 제어시스템 등으로 구성된다. 여기서 6세대 LCD Stocker용 Crane은 카셋트를 이송하는 핵심 모듈로 국내기업이 자체기술로 일본의 경쟁사와 같은 시기(2003년)에 개발하였다. Fab 자동화 장비용 필수장치인 LCD Stocker는 초청정화를 위하여 비접촉 전력전송 장치를 사용하고 있다. 비접촉 전력전송 장치(Contactless Power Transfer System : CPTS)는 Stocker의 크기가 대형화되고 높은 청정도를 필요로 하면서 LCD 공정에 필수적인 핵심 기술 부품이다.

차세대 CPTS는 주로 6-8세대 LCD Stocker용으로 용량면에서 40-100kW 정도로 대용량이 요구되며, Track 길이 면에서도 기존의 5세대가 20-30m인 것에 반해서 6-8세대에서는 50-150m 정도로 길어진다. 기능면에서 보면 고신뢰성 외에도 에너지절약 및 CPTS size를 최소화하기 위해서 고효율 달성이 절대적으로 필요하다. 그 외에도 입력에 고조파와 저역률의 피해를 최소화하기 위해서는 역률보상기능이 필요하며, 출력 정전압 regulation, 출력전압 feedback 없는 2차측 자체 regulation 기능, 신뢰성 향상을 위한 각종 보호기능, 등이 요구된다. 전력을 비접촉으로 전달하게 되는 마그네틱 Coupler는 size가 작아야 하고, 공극을 유지하여야 한다.

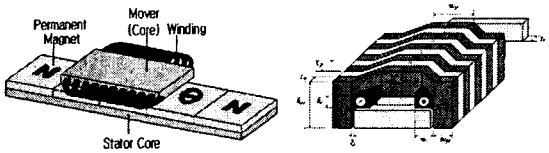
CPTS는 변압기의 1차권선에 누설 인덕턴스가 아주 크기 때문에 움직이는 물체에 부착된 2차측에 전력을 효율적으로 전송하기가 쉽지 않다. 특히나 1차측 track 길이가 50m나 100m로 늘어나면 2차측으로 전달되는 전력은 몇 % 되지 않는다. 장거리 track에서도 효율적으로 전력을 전송하기 위해서는 공진제어기술, 고결합계수 Coupler 설계기술, 2차측 전원 안정화기술, 부하 평준화기술, 보호기술, 등 여러 가지 기술들이 복합적으로 작용하여야 한다. CPTS 기술이 확보되면 반도체 이송장비 뿐만 아니라 선형운동을 하는 각종 컨베어나 생산 자동화 설비에 적용이 가능해진다. CPTS 핵심기술은 보유한 몇몇 외국 선진기업들은 기술이전을 기피하고 있기 때문에 CPTS 핵심기술의 개발이 절대적으로 필요하다.

2. 핵심요소기술

2.1 횡자속형 선형 전동기기술(Transverse Flux Linear Motor : TFLM)

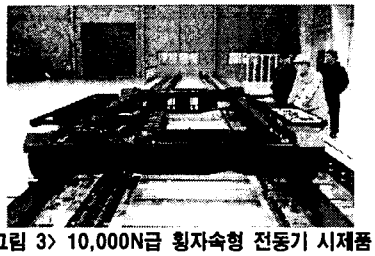
1930년대의 NEMA 445 Frame이 50Hp의 출력이었던 반면에 지금은 200 Hp의 출력을 내고 있다. 이러한 전동기 기술의 발전은 설계기술, 재료기술, 제작기술, 전력변환기술 등 전동기 관련 요소기술의 진보에 기인하고 있다. 근래에 전력용 반도체(GTO, IGBT 등)와 새로운 전기기기 관련 재료(희토류 영구자석, 초전도체, 비정질 자성재료 등)가 발전함에 따라 전기기기 기술이 비약적으로 발전되고 있으며, 이와 더불어 새로운 설계 개념을 도입한 횡축형 전동기가 개발되고 있다.

횡축형 전동기는 자속의 방향이 이동자의 이동 방향에 대해 횡방향을 나타내며, 이동자와 같은 방향으로 전류가 흐르는 형태로 구성된다. 그리고, 극간격의 크기를 작게 설계할 수 있기 때문에 높은 출력밀도를 얻을 수 있으며, 기존의 종축형 전동기에 존재하는 오버행이 없는 링 형태의 권선으로 동의 양을 줄일 수 있어 효율을 높일 수 있을 뿐만 아니라 전동기의 체적을 줄일 수 있는 구조를 가지고 있다. 따라서, 횡축형 전동기는 높은 출력과 효율 특성으로 인해 전동기 중량이 적게 요구되는 전기자동차, 철도관련 차량, 자기부상 열차와 같은 교통수단의 추진장치로 매우 적합하다. 특히, 영구자석 여자 횡축형 전동기를 지하철 차량 혹은 경전철 차량의 선형 추진 시스템에 적용시킬 경우, 일반 선형 유도전동기에 비해 3배 이상 높은 출력밀도를 얻을 수 있기 때문에 차량의 경량화, 지지구조의 경량화는 물론이고, 터널의 면적을 50 % 정도 절감시킬 수 있다. 현재 개발된 10,000N급 횡자속형 전동기 시제품은 25N/kg 출력비와 2m/s의 속도에서 50%의 효율을 나타내고 있다. 3차원 자속 흐름이 가능한 분말코어 적용시 60%의 효율을 목표로 하고 있다.

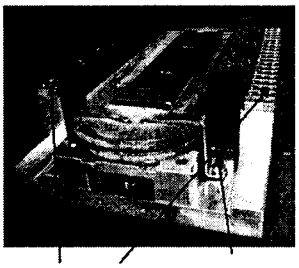


a) 기존 종자속형 구조 b) 개발중인 횡자속형 구조

<그림 2> 선형전동기의 구조

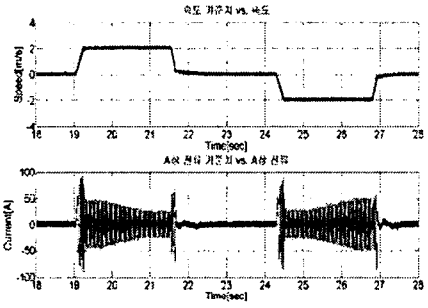


<그림 3> 10,000N급 횡자속형 전동기 시제품



SMC 코아 고정용 쐐기 전후면 용접

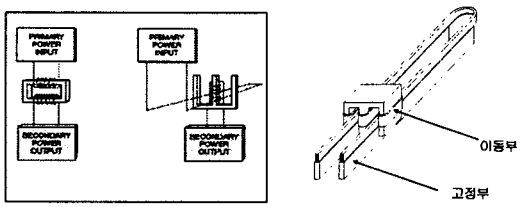
<그림 4> SMC 코아를 이용한 이동자 1상 시제품



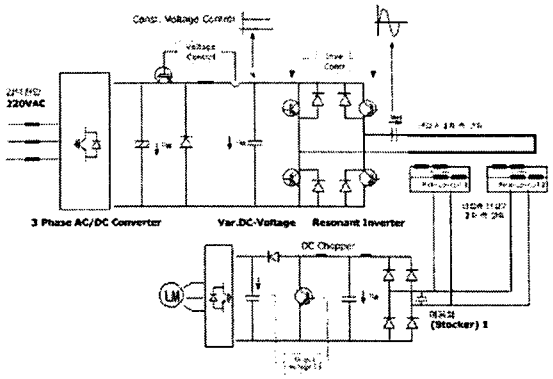
<그림 5> 10,000N급 선형전동기의 속도 및 전류 파형

2.2 비접촉 전원 장치 기술 (Contactless Power Transfer System : CPTS)

LCD 생산공정에서 5세대 이전의 제품 스토커(Stocker)는 전원 케이블로 이동체인 크레인에 전원을 직접 공급하였으나, 5세대부터 LCD 원판의 크기가 급격히 증가하여 6-7세대의 경우 약 2.2m×1.8m 이상의 대형으로 가공되기 때문에 저장시스템인 스토커 사이즈 역시 대형화 추세에 있고, 공정의 미세화로 반도체 생산 장비로 인한 팹내의 오염을 방지하는 기술이 절실히 필요하게 되었다. 그러나 스토커에 전력공급을 케이블로 직접 공급하는 경우는 반복 주행시 전원공급선과 체인에 의한 마찰로 인한 마모로 미세한 분진이 발생되고 이로 인해 스토커내의 고청정 유지가 어렵기 때문에 5세대 이상의 LCD 생산 공정에서는 비접촉 전원장치의 사용은 불가피하며, 차세대 TV등의 수요증가 및 대형화가 가속화되어 새로운 공정의 적용 및 증설로 그 수요가 증대되고 있는 추세다.

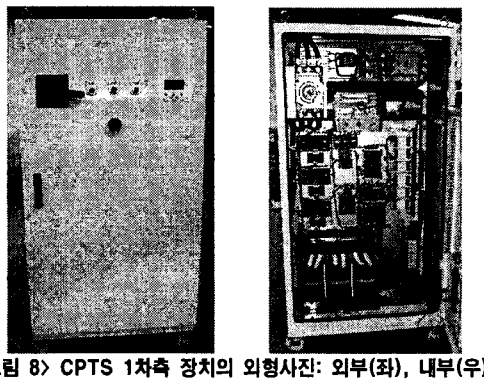


<그림 6> 비접촉 전원장치 개념도



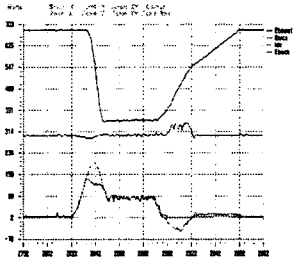
<그림 7> LCD 제조장비용 비접촉 전원장치 회로도

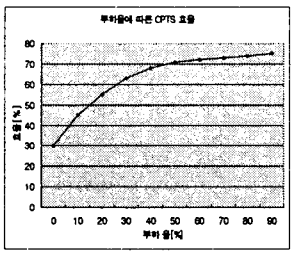
비접촉 전원 장치를 적용한 스토커(Stocker)의 세계 시장은 2002년 1,000억원 정도에 달하였고, 반도체 제조 공정상 고도의 청정을 유지해야 하기 때문에, 최근 들어, 반도체 메이커들은 기존의 전원케이블을 이용한 전원 장치를 비접촉 전원장치로 대체하고 있어서, 오는 2006년에는 세계 시장이 2,300억 이상으로 확대될 것으로 전망된다.



<그림 8> CPTS 1차측 장치의 외형사진: 외부(좌), 내부(우).

한편, 비접촉 전원장치는 고청정 반도체 스토커(Stocker)의 핵심부품인데도 불구하고 지금까지 국산화가 이루어지지 않아서, FPD 스토커(Stocker)를 완전 국산화를 실현하지 못하고 있었으며, 국내 반도체제조업체들은 높은 가격으로 일본으로부터 전량 수입하여 사용해 오고 있는 실정이다. 비접촉 전원장치의 주요 메이커는 일본의 다이후쿠사와 무라타사로 ,이들 회사들은 현재 10kW급과 20kW급의 비접촉전원장치를 생산하고 있으며, 스토커(Stocker)의 세트당 판매가는 5억원 정도에 달하고 있다.





<그림 9> 2차측 CPTS의 동작파형 그림 10 부하율에 따른 CPTS 효율 특성

(회생모드시)
(1) 커패시처 전압 (2) 출력전압
(3)부하전류 (4)레귤레이터에서 공급되는 전류

3. 결 론

본 연구는 2004년부터 2007년까지 산업자원부 에너지 관리공단의 지원을 받아 프로젝트형사업으로 진행중인 LCD stocker 시스템에 적용하기 위한 비접촉전원공급방식을 통한 선형전동기 응용시스템의 개발에 관한 기술개발과정을 소개하였다. 그 핵심기술은 횡자속형 선형전동기 기술과 비접촉 전원장치기술을 포함한 10,000N급 시스템 제작 설계기술을 총망라하고 있다. 현재 한국전기연구원을 비롯한 (주)그린파워, (주)신성이엔지, (주)동부정밀화학, (주)SBC리니어등 4개기업이 참여하고, 창원대학교, 한국기술대학교, 산업기술시험원등이 위탁기관으로 개발을 수행하고 있다.