

전자력을 이용한 태양광 추적기의 회전 메카니즘 해석

Analysis of Rotational Mechanism for Photovoltaic Tracker by Using Electromagnet

윤성호* · 김상원** · 장윤재*** · 진덕만****

Yun, Seong-Ho · Kim, Sang-Won · Jang, Yun-Jae · Jin, Duk-Man

요약

본 논문에서는 태양광 추적기에 구동하기 위하여 적용된 기존 기계식 방식의 단점을 극복하기 위하여 전자력을 사용하였다. 영구자석과 전자석의 배치와 형상에 따라서 자속밀도를 분석하고 두 개의 자석이 맞대어 있을 때 척력과 인력을 이용하여 태양광 추적기의 회전 메카니즘에 적용하였다.

keywords : 태양광 추적기, 전자기력, 자속밀도

1. 서론

태양광 추적기(tracker)는 단위 면적당 최대의 일사량 또는 태양광을 수직법선으로 받는 기계 장치이며 장치의 구동방향에 따라 형식이 달라진다. 추적기를 움직이는 동력방식은 크게 유압식 또는 액츄에이터(actuator)식과 기어식으로 대별할 수 있으며 기계적인 구동방식이 주류를 이루고 있다. 유압식은 액츄에이터의 토오르가 비교적 약하고 가변각이 작으며 또한 출력에 대한 중량 및 크기의 비가 높고 유압 장치가 상당한 공간을 차지하는 불리한 점이 있다. 기어식은 모터가 장시간 외부환경에 노출될 경우 로터 및 베어링부의 회전부위를, 유압식은 액츄에이터 본체와 부대장비를 주기적으로 보수유지를 해야 될 필요가 있다.

이와 같이 기존의 동력방식에서 필수 불가결하게 수반되는 모터의 회전부위 및 기어류의 마모, 오일교환, 환경 오염물의 침투를 허용하지 않는 메카니즘을 가진 회전 구동부의 출현이 중요하며 이를 개발할 필요성이 대두되고 있다. 일반적으로 전자석과 영구자석을 이용하여 모듈 부착판의 부상 및 회전을 제어하는 자기부상방식의 경우 전자 장치를 통하여 제어되며 반영구적으로 사용이 가능하다. 이때 회전력은 영구자석과 전자석의 척력과 인력을 이용하여 마찰력이 없는 상태에서 회전이 가능하도록 만들어 움직임을 더욱 유연하게 구현할 수 있다. 본 연구에서는 영구자석과 전자석의 배치 및 형상에 따른 상호간의 작용력을 분석하여 이를 태양광 추적기의 회전 메카니즘에 적용할 것이다.

2. 추적기에의 전자석 적용

* 정회원 · 금오공과대학교 기계공학과 교수 shyun@kumoh.ac.kr

** 학생회원 · 금오공과대학교 석사과정 lian84@naver.com

*** 스마트텍 진무 j16561@korea.com

**** 금오공과대학교 학부과정 jindm@naver.com

전자석을 가장 간단하게 만들 수 있는 방법은 투자율이 큰 원통 모양의 철심에 코일을 감아서 만드는 솔레노이드 형태이다. 철심이 없어도 전류를 받은 코일은 원래 자석과 동등한 자기장을 가지지만, 그 속에 철심을 넣으면 철이 강력하게 자기화 되고 그것으로 인한 자기장이 가해져서 한층 강력한 자석이 된다. 본 연구에서 태양광 추적기에 적용되는 부상 원리는 자기부상열차의 원리와 유사하다. 하지만 태양광 추적기와 자기부상열차와 다른 점은 전자석을 이격한 후에 구동 장치의 유무가 있느냐가 큰 차이점이다. 자기부상열차는 레일과 열차와의 이격만이 가능하면 구동되지만 태양광 추적기의 경우에는 이격 후에 원통 주위에 설치된 전자석과 영구자석을 이용하여 회전을 하게끔 해야 한다. 이러한 메카니즘은 전류로 제어하여 추적기가 태양의 위치를 따라서 회전하도록 해야 한다.

아래 그림 1과 2는 태양광 추적기의 전체적인 형상과 회전 메카니즘이 필요한 회전 부위를 나타낸 것이다. 태양광 집광판이 설치되는 부분인 모듈(①)을 판넬지지대(②)에 지지하여 상하 각도의 변화가 가능하도록 한다. 상부판넬지지대(③)는 알루미늄 기둥과 하부지지대(④)를 연결하여 추적기의 전체하중을 지지하도록 한다. 초기에는 영구자석(⑧)과 전자석(⑨)이 부착되어 있다가 전류가 흐르면 전자석은 영구자석과 같은 극성을 만들어 척력을 만들어 이격하게 된다. 누설자속 방지를 위한 알루미늄기둥(⑩)에 회전전자석(⑥)이 부착되어 있어 영구자석(⑧)의 돌출부인 회전영구자석(⑦)과 마주보는 형태로 되어 있다. 이 때 N극과 S극 또는 N극과 N극의 극성을 가지며 척력과 인력을 이용하여 회전하도록 하여 상부회전기둥(⑤) 회전력을 상부지지대까지 전달한다. 또한 추적기의 높이를 용이하게 조절할 수 있도록 회전자석 본체(⑪)가 설치되어 있다.

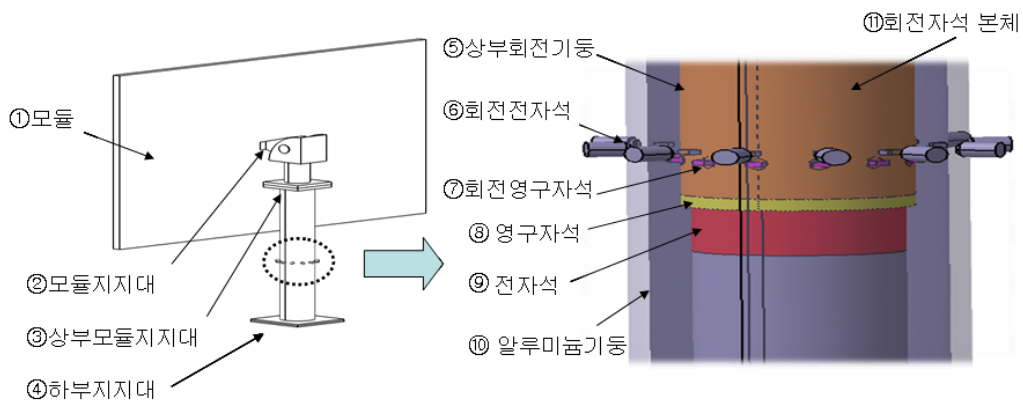


그림 1 추적기의 전체 형상 및 회전 부위

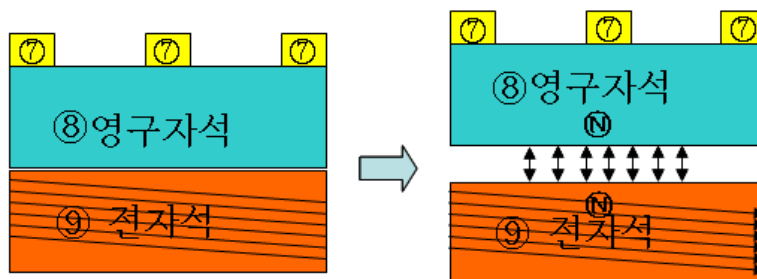


그림 2 이격 구동 모습

그림 2에서 하부의 전자석(㉑)이 고정 되어진 상태에서 초기에는 전류가 흐르지 않는 철봉 상태로 있게 된다. 따라서 영구자석은 자석 본래의 성질로 인하여 인력으로 인해 영구자석과 전자석을 붙여 있는 상태가 된다. 태양의 고도가 변화함에 따라 전자석에 전류를 공급하여 철봉 자체에 극성을 띄게 하여 영구자석과 전자석이 동일한 극성을 가지도록 하면 척력이 발생하고 일정거리만큼 자석들이 이격이 되게 된다.

3. 전자기 이론과 해석결과

본 연구의 추적기 경우 전자석과 영구자석의 성능이 중요하기 때문에 원통의 영구자석과 전자석의 자속밀도 값을 파악하였다. 먼저 영구자석이 단독으로 있을 때 높이 l 과 직경 d 와의 치수비와 퍼미언스 계수(permeance coefficient)를 구한 다음 감자곡선을 이용하여 자속밀도 값(Gauss)을 구한다.(김상훈, 2007; 김준규, 2003) 이 자속밀도 값에 원통의 단면적을 곱하면 전자속이 산출된다. 이 자속밀도를 상용 패키지인 앤시스(Ansys)로부터 산출한 값과 비교하였으며 이를 그림 3(a)에 나타냈다.(Ansys, 2010) 여기서 높이 $l = 10mm$ 일 때 지름 변화에 따른 영구자석의 자속밀도의 변화를 보여주고 있으며 해석치와 이론치가 차이가 거의 없음을 알 수가 있으며 영구자석의 지름 $d = 50mm$ 하였다. 전자석이 단독으로 솔레노이드로 있을 때의 자속밀도 B_e 를 그림 3(b)에 나타냈고 이론식은 $B_e = \mu Ni/L$ 이다. 여기서 μ 는 투자율이며 N 은 권수, I 는 전류값, $L = \pi d$ 는 원통의 원주이다.

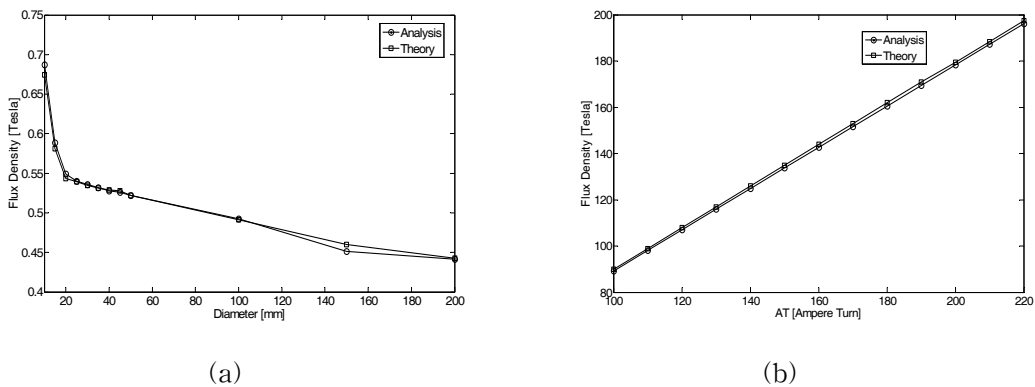
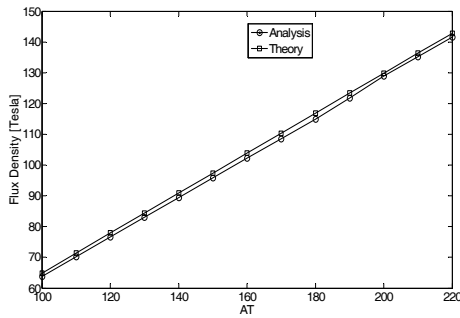
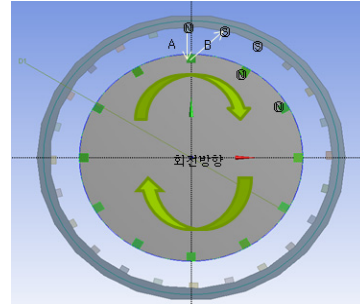


그림 3 (a)지름 변화에 따른 영구자석과 (b)암페어-권수에 따른 전자석의 자속밀도 변화

추적기의 구동 메카니즘을 구현하기 위해서는 전자석과 영구자석이 맞대어 있을 때 자속밀도 B_e 를 구하는 식은 $B_e = C(B_c/B)$ 이며 C 는 부상공극이고 B 는 영구자석의 자속 밀도이다.(Hayt, 2005; 한형석, 2007; 이준석 2009) 이에 대한 해석치와 이론치를 그림 4(a)에 나타냈다. 그림 4(b)는 그림 1의 단면을 보여 주는데 영구자석과 전자석이 원주에 부착되어 회전하는 모습을 나타낸다. 전자석의 척력과 인력으로 인하여 부상하는데 필요한 힘과 회전하는데 필요한 힘을 영구자석이 받을 때의 힘의 이력을 그림 5에 나타냈다. 부상할 때까지 영구자석은 많은 힘을 받으며 회전을 시작할 때엔 힘의 크기가 조금씩 감소하다가 다시 증가하고 부착하면 힘은 급격히 줄어 척력이 사라짐을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 4 (a)영구자석과 전자석이 맞대어 있을 때 자속밀도 변화와 (b)회전 모습

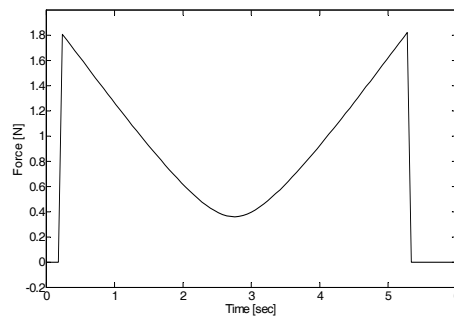


그림 5 회전시 영구자석과 전자석에 작용하는 척력의 크기

참고문헌

김상훈 (2007) DC 및 AC 모터 제어, 북두 출판사, 서울.

김준규 (2003) 자석과 모터 핸드북, 한진 출판사, 서울.

Ansyes Workbench (2010) Ansys12.0, ANSYS, Inc., USA.

Hayt W. H. (2005) 전자기학, 한국맥그로힐, 서울.

한형석 (2007) 자기부상열차/가이드웨이 연성 모델링 연구, 철도학회 논문집, 10(2) pp.243~250.

이준석 (2009) 선로특성이 능동제어 자기부상열차의 주행성에 미치는 영향, 대한토목학회 논문집, 29(2), pp.295~303.

후기

본 과제(결과물)는 2010년에 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 광역경제권 선도산업 인재양성사업의 연구결과입니다.