

활선 현수애자련 청소 및 점검용 로봇 기구부의 개발

*박준영, 조병학, 변승현, 이재경¹

¹ 한전전력연구원 수화력발전연구소

Development of Robot Mechanism for Cleaning and Inspection of Live-line Suspension Insulator String

*Joon-Young Park, Byung-Hak Cho, Seung-Hyun Byun, Jae-Kyung Lee¹

¹ Power Generation Laboratory, Korea Electric Power Research Institute(KEPRI)

Key words : Robot Mechanism, Suspension Insulator String, Insulator Cleaning, Insulator Inspection

1. 서론

전력산업은 한 나라의 기간 산업으로서 중요한 위치를 차지하고 있으며, 사회의 발전과 더불어 증가되는 전력 소비량과 양질의 전력 요구에 의해 지속적으로 발전되고 있다. 전력 수요에 대하여 양질의 전력을 안정적으로 공급하기 위해서는 송전선로를 고장 없이 운영하는 것이 중요하며, 애자 청소 및 점검 작업은 이를 위한 일환으로서 애자의 절연 저하를 사전에 예방하기 위해 수행되는 작업이다. 하지만, 이 작업은 고소·고압의 위험한 환경 하에서 이루어지기 때문에 정비작업의 능률과 정밀도가 떨어져 로봇을 이용한 활선 애자 청소 및 진단의 자동화가 요구되고 있다. 345kV 송전선로의 철탑에는 크게 내장애자련과 현수애자련이 사용되고 있는데, 한전전력연구원에서는 345kV 송전선로의 내장애자련을 위한 활선 애자 청소 및 점검용 로봇 시스템을 개발한 바 있다[1][2]. 본 논문에서는 또 하나의 작업 대상인 현수애자련을 위한 활선 애자 청소 및 점검용 로봇 기구부를 설계하고, 제작된 로봇의 실험을 통하여 설계된 로봇의 유용성을 보인다.

2. 로봇의 기구학적 설계

본 로봇의 적용 대상은 그림 1 과 같은 345kV 송전선로의 현수애자련 일반용 210kN 애자이다.

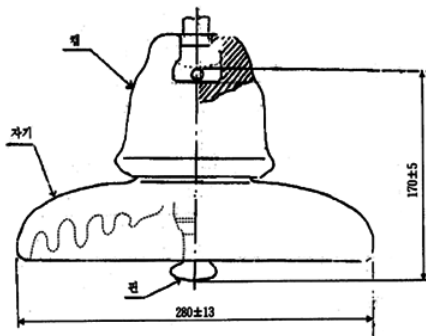


Fig. 1. NGK 210kN IEC ball & socket type insulator for 345kV suspension insulator strings.

2.1 이동 메커니즘의 설계

그림 2 는 상세 설계된 로봇의 이동 메커니즘을 보여준다. 이 그림에서 볼 수 있듯이 이동 메커니즘은 크게 외부 프레임, 청소기구부의 베이스 프레임(이 위에 CM Guide (Circular Motion Guide)가 장착됨), 볼스크류 구동부, 클램프, 스키드바와 블록 등으로 구성되어 있다.

애자 간의 이동 작업은 애자련을 따라 단순히 직선 운동만을 하므로, 이동을 위한 로봇의 최소 자유도는 1 자유도이며 이를 볼스크류를 이용하여 구현하였다. 또한, 이동을 위하여 로봇을 외부 프레임부와 청소기구부의 두 부분

으로 구성하고, 각 부분이 클램프를 사용하여 애자의 자기(porcelain) 부분을 교대로 잡으면서 이동하도록 하였다. 이 클램핑(clamping) 방식은 포획애자수가 2 개 이내로 기존 메커니즘에 비해 절연 측면에서 우수하며, 기구부가 프레임의 역할을 겸하므로 구조가 간단해지고 로봇의 경량화가 가능한 장점을 가진다.

2.2 청소 메커니즘의 설계

청소기구부는 2 개의 회전 브러쉬와 이를 장착한 CM Guide 로 구성되며, CM Guide 는 가이드 롤러에 의해 지지되어 애자 캡 주위를 따라 회전운동을 하면서 회전 브러쉬를 사용하여 청소 작업을 수행하게 된다. 그림 3 은 상세 설계한 청소 메커니즘이다.

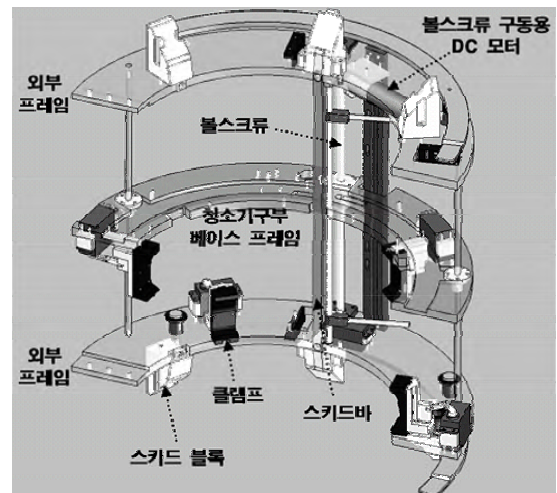


Fig. 2. Moving mechanism

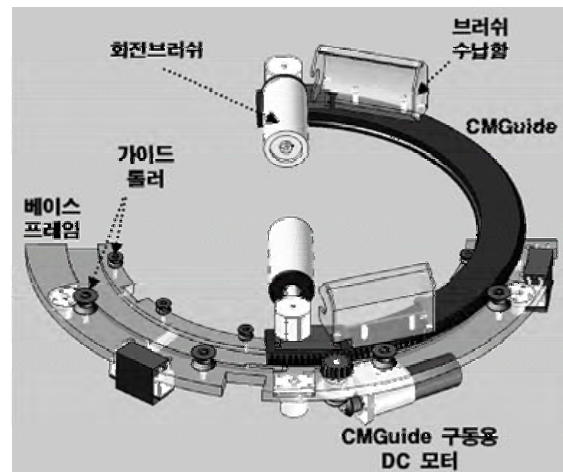


Fig. 3. Cleaning mechanism

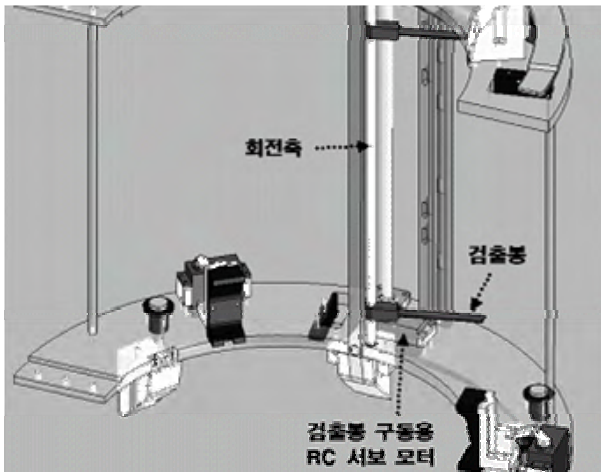


Fig. 4. Inspection mechanism

2.3 점검 메커니즘의 설계

점검 메커니즘은 그림 4 와 같이 RC 서보 모터에 의해 구동되는 회전축과, 회전축에 장착된 2 개의 검출봉으로 구성되어 있으며, 회전축을 회전시킴으로써 애자의 캡에 검출봉을 접촉시켜 애자의 절연저항 값을 측정하도록 설계하였다.

2.4 결합 메커니즘의 설계

현수애자련에 로봇을 장착하기 위해서는 그림 2 와 같은 구조를 가지는 로봇의 윙(wing) 2 조가 서로 개폐가 가능한 구조를 가져야 한다. 이를 위하여 설계된 결합 기구부는 일종의 캠(cam)-팔로우어(follower) 구조를 사용한다. 그림 5 는 상세 설계된 현수애자장치용 결합 기구부의 모습이다. 구동 원리를 상술하면, 레버를 당겨 올려서 회전시키면, 레버와 링크로 연결된 슬라이더(slider)가 LM Guide (Linear Motion Guide) 위에서 직선 운동을 하게 되고 이 슬라이더에 장착된 랙(rack)이 함께 직선 운동을 하게 된다. 이 움직임은 피니언(pinion) 기어의 회전운동으로 변환되고, 피니언 기어는 팔로우어와 결합되어 있기 때문에 팔로우어가 회전하게 된다. 최종적으로 원통형의 팔로우어에 장착된 두 개의 핀(pin)이 팔로우어의 회전 운동에 따라 직선형으로 파여진 캠을 따라서 움직임으로써 캠을 회전시키게 되고 이 움직임에 의해서 윙이 개폐되게 된다.

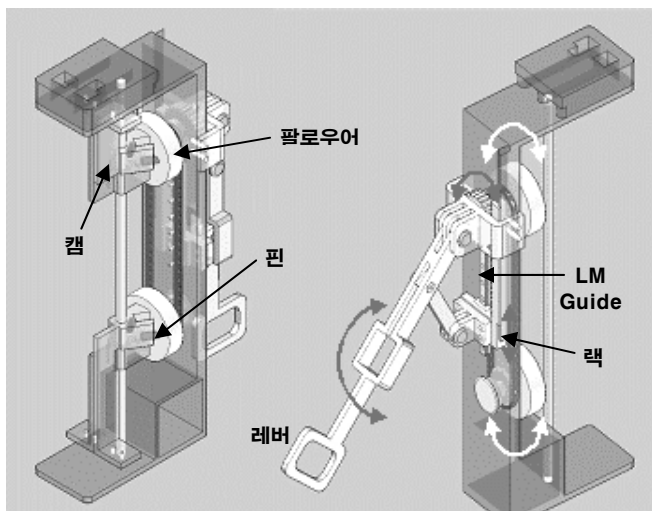
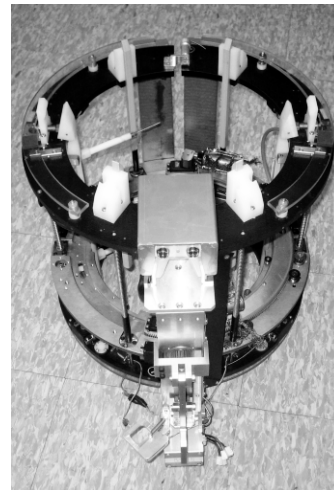


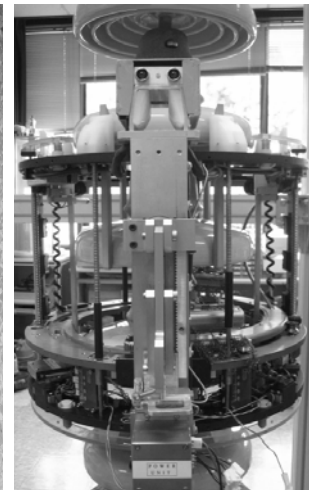
Fig. 5. Connection mechanism



(a) when wings are open



(b) when wings are closed



(c) its actual application

Fig. 6. Robot Mechanism for Insulator Cleaning & Inspection

3. 제작 및 시험

그림 6 은 제작된 활선 현수애자련용 청소 및 점검용 로봇 기구부의 모습을 보여준다. 그림 6a 와 b 는 각각 로봇의 윙을 연 상태와 닫은 상태이고, 그림 6c 는 로봇을 현수애자련에 장착한 상태를 보여준다. 인공오손 애자 시료를 제작[3]하여 청소 및 점검 작업을 수행한 결과, 개발된 로봇 기구부는 주어진 작업을 성공적으로 수행함을 확인하였다.

후기

본 논문은 산업자립부 전력산업연구개발사업에 의하여 개발 중인 송전선로 활선 애자청소 및 점검용 자동화 시스템 개발에 관한 기술개발 결과이다.

참고문헌

1. 박준영, 조병학, 변승현, “송전선로 활선 애자 청소 및 점검용 로봇 기구부의 개발,” 정보 및 제어 학술대회, 421-423, 2005.
2. 박준영, 조병학, 변승현, “활선 내장애자련 청소 및 점검용 로봇 시스템의 개발,” 한국정밀공학회 춘계학술대회, 315-316, 2006.
3. 최인혁, 이동일, 정운환, 최장현, 송전용 애자의 신뢰성 평가 연구 (2 차년도 중간 보고서), 한전전력연구원, TM.01PJ12.M2003.571, 2003.