

초소형 전자 개폐기 개발

이경구, 김준호, 김건목, 박지홍, 조현길, 안길영, 서정민  
LG산전(주) 전력연구소

Development of Mini Magnetic Switch

Kyung-Ku Lee, Jun-Ho Kim, Gyeon-Mook Kim, Ji-Hong Park, Hyun-Kil Jo, Kil-young Ahan, Jung-Min Seo  
LGIS Co.,Ltd. Electrothecnology R&D Center

**Abstract** - This paper proposes moving mechanism theory & magnetic core analysis regarding mini magnetic contactor and differential mechanism & bimetal analysis regarding mini thermal overload relay. In shortage of technique, we have experienced many difficulties in magnetic switch development. By this research, we developed core parts about mini magnetic switch and applied the results to optimum mini magnetic switch development

1. 서 론

전자 개폐기는 모터를 기구적으로 개폐하는 전자 접촉기와 모터를 과부하로부터 보호하는 열동형 과부하계전기로 구성되어 자동화 시스템, 공작기계, 전력 설비등 산업계 전반에 걸쳐서 폭 넓게 사용되고 있다. 특히 초소형 전자 개폐기는 설치 공간의 제약을 받는 자동화 시스템 및 저 소비 전력을 필요로 하는 전자화 설비 등에 많이 사용되고 있다.

생산 설비가 자동화 되어가고, 전자화 되어 가는 추세에서 전자 개폐기의 동작 불량으로 발생하는 문제는 생산 및 설비의 심각한 손해를 끼치므로 장 수명, 고 신뢰성, 저 소비 전력의 초소형 전자 접촉기 및 초소형 열동형 과부하 계전기 개발이 중요한 과제로 떠오르고 있다. 본 연구에서는 이러한 산업환경과 고객의 요구를 반영하여 초소형 전자 접촉기 작동부의 메커니즘 분석을 수행하였고 저 소비 전력 실현을 위하여 전자석의 전자계 해석을 수행하여 최적의 전자석을 설계하였다. 또한 초소형 열동형 과부하 계전기의 확실한 모터 보호 성능 및 모터에 흐르는 전류를 결상으로부터 보호해 주는 성능을 내기 위해 트립 메커니즘에 대한 결상 특성 해석과 바이메탈에 대한 온도 특성을 분석하여 고 신뢰성의 초소형 열동형 과부하 계전기를 개발하고자 하였다.

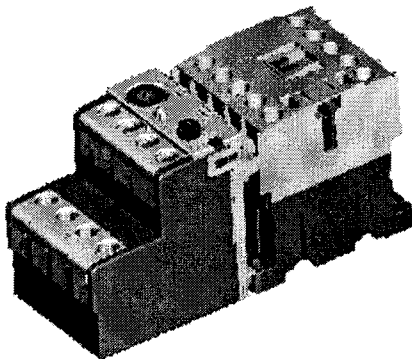


그림 1 초소형 전자 개폐기

2. 본 론

2.1 초소형 전자 접촉기의 가동 메커니즘

초소형 전자 접촉기는 작동부의 스프링 반발력과 전자석 흡인력의 상관 관계에 의해 구동 되고 스프링 반발력과 전자석 흡인력이 전자 접촉기의 충격 진동을 발생시킨다. 따라서 스프링 반발력과 전자석 흡인력의 운동 메카니즘을 해석해야 이로 말미암은 전자석의 충격 진동을 제어할 수 있다. 전자석 흡인력은 충격력으로 작용하며 흡인력이 작을수록 진동 억제 효과가 있으나 이것은 스프링의 반발력에 의해 제어된다. 또한 스프링 반발력은 작동부의 진동 응답 시간을 결정하는 인자로 작용하여 반발력이 클수록 진동 응답 시간 감소 효과가 있으나 이것은 흡인력을 억제 하므로 전자 접촉기를 가동하기 위해서는 이 관계를 명확히 규명해야 한다. 전자 접촉기 작동부의 load curve에서 스프링 하중은 항상 전자석 흡인력 곡선보다 아래에 위치해야 한다. 왜냐하면 전자석 흡인력이 스프링 하중보다 커야 스프링의 반발력을 이기고 전자석 작동부가 흡인되기 때문이다. 전자 접촉기의 작동부가 흡인되기 위한 최저 전압은 보통 사용 전압 흡인력의 80% 이하로 설계하므로 전자 접촉기 개발시 이 조건을 만족하도록 전자석 흡인력과 스프링 하중을 조절하여 최적 설계를 해야 한다. 만약 스프링 하중이 전자석 흡인력의 100% 이상일 경우에는 전자 접촉기의 작동부가 흡인되지 않는다. 또한 스프링 하중이 전자석 흡인력 보다 지나치게 낮다면 전자 접촉기 작동부가 석방되지 않거나 개방 시간의 증가를 가져와 전자 접촉기의 심각한 수명 단축을 가져온다. 따라서 전자 접촉기의 가동 메카니즘을 설계시 스프링 하중과 전자석 흡인력이 상호 균형을 이루어 동작하도록 설계해야 한다.

(그림 2)에서 백 스프링이 최초 동작하는 지점부터 메인 스프링이 최초 동작하는 지점이 가동 접점이 가동하여 고정 접점에 충돌하여 1차 진동 현상이 발생하는 시점이다. 그리고 메인 스프링이 최초 동작하는 지점부터 모든 스프링의 압축 동작이 완료되는 지점까지가 가동 전자석이 고정 전자석에 충돌하여 2차 진동 현상이 발생하는 시점이다. (그림 2)에서 초기 흡인력을 결정하는 인자는 백 스프링의 하중임을 알 수 있고 가동 접점과 고정 접점의 접촉 하중을 유지시켜주는 메인 스프링의 하중이 높을수록 가동 접점이 빨리 석방된다. 즉 진동 응답 시간이 짧을수록 arc 발생을 억제하여 접점 소모를 막을 수 있으므로 전자 접촉기의 전기적 수명 향상을 가져온다. 따라서 백 스프링의 하중을 높게 메인 스프링의 초 하중을 낮게 중 하중을 높게 하중 기울기를 크게 설계하는 것이 스프링 최적 설계의 관건임을 알 수 있다.

2.2 초소형 전자 접촉기의 전자계 해석

메인 스프링과 백 스프링의 하중을 결정하기 위하여 공극의 크기에 따른 흡인력 특성을 FEM 해석을 이용하여 분석하였다. 특히, AC 전자석의 경우에는 세이딩 코

일이 흡입력에 많은 영향을 미치므로 세이딩 코일의 위치 및 크기를 변화시키면서 해석하였다. 그림 3(a)는 AC 전자석의 3차원 분해도이고, 그림 3(b)는 세이딩 코일 부근의 단면도이다. 그림 4는  $l_1(=0.9\text{mm})$ ,  $l_2(=2.34\text{mm})$  일 때의 자속밀도 분포를 나타낸 것으로 이 때 최적의 흡입력이 발생하는 것을 확인하였다.

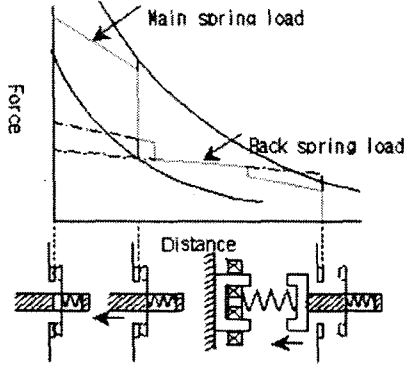
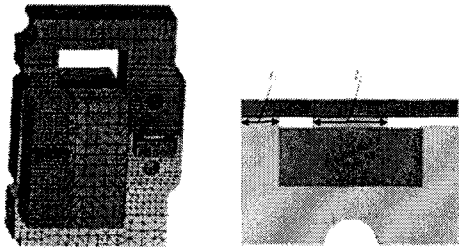


그림 2 코아 흡입력과 스프링 반발력 관계



(a) 3차원 해석 모델 (b) 세이딩 코일 단면도  
그림 3. AC 전자석의 해석 모델

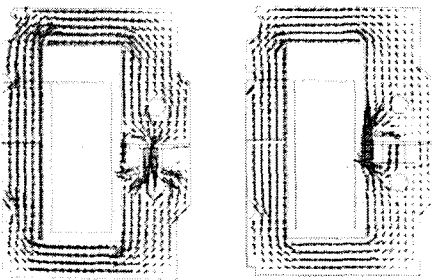


그림 4. AC 전자석의 자속밀도 분포

2.3 초소형 열동형 과부하 계전기의 메커니즘

과전류에 의해 주 바이메탈이 만곡하여 이송 장치를 우측으로 이동시키면 이송 장치의 선단부가 온도 보상 바이메탈(Compensation bimetal)의 자유단을 눌러서 온도 보상 바이메탈과 연결된 석방 레버(Release lever)를 조정 링크(Adjust link)의 원형 돌기의 중심점을 중심으로 반시계 방향으로 회전한다. 석방 레버의 회전에 의해 석방 레버가 반전 기구의 중앙 부분을 반전하는 위치까지 누르면 반전 기구의 좌측 부분이 시계방향으로 회동하게 되어 통상 폐쇄 고정 접점과 통상 폐쇄 가동 접점은 개로 하게 되고 개로 상태에 위치한 통상

개방 가동 접점이 폐로 상태로 전환하게 된다. 동작 전류를 변화시키고자 할 경우에는 동작 전류의 변화에 수반하는 전류의 발열이 변함으로 주 바이메탈의 만곡량이 변하게 되므로 주 바이메탈 만곡량과 상응하는 간격을 조절할 필요성이 있다. 조정 다이얼(Adjust dial)이 이러한 역할을 하며, 조정 다이얼을 회전시켜 조정 다이얼의 캠곡선의 형상을 따라 조정 링크는 보조 케이스의 원형 돌기의 중심점을 중심으로 회전함으로써 석방 레버의 고정 위치를 변하게 하고 반전 기구의 반전 위치를 변화시킨다. 이 때 반전 기구부의 위치를 원래의 위치로 복귀시키고자 할 때에는 리셋 버튼(Reset button)을 사용한다. 리셋 버튼을 누르면 리셋 버튼은 아래로 이동하여 리셋 버튼이 통상 개방 고정 접점을 아래로 밀어내고 반전 기구의 좌측 부분이 아래로 힘을 받아 압축 스프링과 반전 기구의 힘의 반전이 일어나 반전 기구는 다시 보조 홀더(Aux. Holder)와 함께 아래로 이동하여 보조 홀더가 통상 폐쇄 가동 접점을 아래로 누름으로써 통상 폐쇄 가동 접점이 통상 폐쇄 고정 접점과 접촉시켜 단자와 단자를 통전시킨다. 동작이 기구적으로 원활이 일어나는지를 시험하고자 할 때에는 보조 홀더를 들어올림으로써 반전 기구를 반전시킨다.

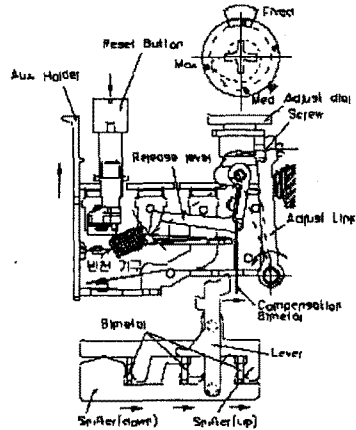


그림 5 초소형 열동형 과부하 계전기 메커니즘

2.4 초소형 열동형 과부하 계전기의 결상 메커니즘 해석

초소형 열동형 과부하 계전기의 결상메커니즘 동작 원리는 차동 증폭 원리를 이용한 것이다. 모터의 전류가 흐르면 바이메탈은 열을 받아 만곡하게 된다. 이 때 바이메탈의 만곡량은 상부 시프터에 의해 전달되고 상부 시프터의 이동량은 하부 시프터와 레버에 의해 전달되게 된다. 모터의 삼상 중에서 한상 혹은 두상이 결상 되면 결상된 상의 바이메탈은 냉각되어 초기 위치로 복귀하게 된다. 이 때 상부 시프터는 복귀 하지 않고 제 위치를 유지 하고 상부 시프터와 하부 시프터에 의해 연결된 레버는 회전 운동을 하게 된다. 레버의 회전 운동에 의해 레버와 접촉하고 있는 보상 바이메탈이 힘을 받아 움직이고 반전 기구를 동작함으로써 결상 보호 동작을 완료하게 된다. 본 연구에서는 안정적인 결상 메커니즘을 얻기 위해 레버와 연결된 상부 시프터의 회전 조인트를 변화 시키면서 반전 기구의 반전 하중에 의해 영향을 받게 되는 움직이는 하부 시프터의 반발력 및 복귀 거리의 변화를 시뮬레이션 하여 최적의 회전 조인트 위치를 갖는 결상 메커니즘을 얻고자 하였다

그림 7에서 회전 조인트 위치가 위쪽으로 옮겨 질수록 그리고 반전 기구의 반발력이 적을수록 하부 시프터의 반발 거리가 적어짐을 알 수 있다

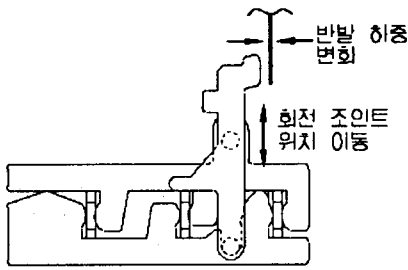


그림 6 결상 메커니즘

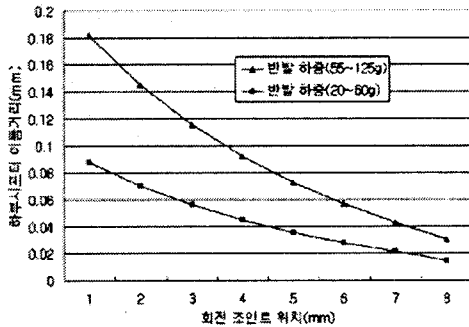


그림 7 반발하중에 의한 하부시프터 이동거리

### 2.5 초소형 열동형 과부하 계전기의 바이메탈 분석

초소형 열동형 과부하 계전기의 트립 메커니즘은 바이메탈의 만곡에 의해 작동하게 된다. 바이메탈이란 열팽창 계수가 서로 다른 두개의 물질을 접합시켜 온도 변화가 있을 경우 한쪽 방향으로 바이메탈이 만곡하는 성질을 이용한 것으로서 각종 전기기기 및 산업용 제품에 폭 넓게 이용되고 있다.

본 연구에서는 과전류에 의해 바이메탈이 열을 받아 실제로 만곡하는 현상을 레이저 변위계를 이용하여 측정하였다. 특히 바이메탈 만곡시 반전기구에 의한 반발력의 영향을 고려하여 실제 바이메탈의 변위를 측정하고자 하였다. 실측을 통해 바이메탈의 만곡 특성을 파악하여 초소형 열동형 과부하 계전기의 트립 메커니즘의 미세 조정 및 열동부 설계에 반영하여 초소형 열동형 과부하 계전기의 동작 메커니즘을 규명하는데 초점을 맞추었다.

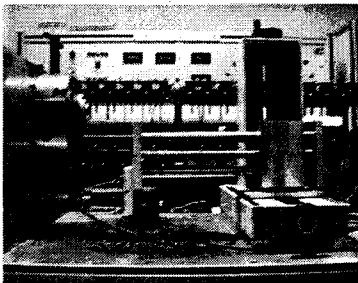


그림 8 바이메탈 변위 측정 장치

그림에서 과전류(10A)를 통전하여 2400 sec 동안의 변위를 측정하였다. 약 2000sec에 바이메탈의 온도가 포화되어 더 이상 시프터의 변위가 변하지 않음을 알 수 있다. 그리고 반전 기구의 반발 하중이 작용할 때 실제 바이메탈의 변위는 줄어듦을 알 수 있다.

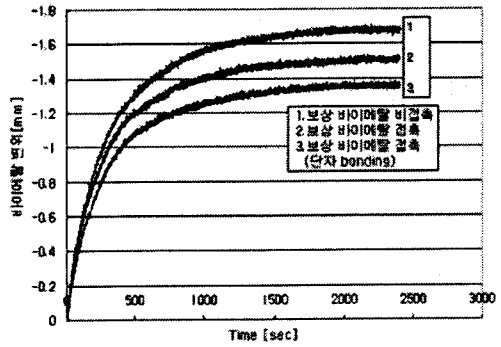


그림 9 과전류에 의한 바이메탈 변위

### 3. 결 론

본 연구를 통해 초소형 전자 접점기의 저소비 전력용 전자석을 개발하여 PLC 및 기타 전자기기에 폭 넓게 사용될 수 있는 발판을 마련하였으며 초소형 전자 접점기의 가동 메커니즘에 대한 최적 설계를 통해 초소형 가동 메커니즘에 대한 신뢰성을 높일 수 있었다. 또한 초소형 열동형 과부하 계전기의 결상 메커니즘 해석 및 바이메탈 변위 특성 분석 등 다양한 접근 방법을 통해 신뢰성 있는 초소형 열동형 과부하 계전기를 개발하였다.

### [참 고 문 헌]

- [1] Singiresu S. Rao, Mechanical Vibration, Addison Wesley, pp. 1-486
- [2] 石敏郎, 坪島茂彦, 交直マグネットの設計と應用, オーム(株), 1971, pp. 43-107