

열동형 과부하 계전기의 메커니즘 해석

이 경구

LG산전(주) 전력연구소

Mechanism Analysis of Thermal Overload Relay

Kyung-Ku Lee

LGIS Co.,Ltd. Electrothechnology R&D Center

Abstract - This paper proposes mechanism analysis in thermal overload relay. Overload protection performance is closely connected with mechanism of thermal overload relay. In shortage of analytical technique, we have experienced many difficulties in development of thermal overload relay. We applied analytical results to develop optimum thermal overload relay.

2. 본 론

1. 서 론

열동형 과부하 계전기(Thermal Overload Relay)는 과전류로 인하여 모터가 소손 되기 전에 전자접촉기(Magnetic Contactor)를 off 시켜서 회로를 끊어주는 역할을 하는 전력기기로서, 동작 원리는 바이메탈(Bimetal)이 만곡하여 기구적으로 제어 회로의 접점을 off 시켜 모터를 과전류로부터 보호한다.

본 논문에서는 정밀한 과전류 보호 특성을 얻기 위한 열동형 과부하 계전기를 개발하기 위해 바이메탈의 만곡 특성을 기구적으로 전달하기 위한 제어 회로부의 트립(Trip) 장치에 대한 기구적 메커니즘 해석과 또한 모터가 결상시 기구적으로 바이메탈의 만곡량을 전달하기 위한 이송 장치에 대한 기구적 해석을 수행한다. 본 논문에서 상기 내용에 대한 해석 및 설계값을 이용하여 직접 시료를 제작하고, 본 연구에서 얻은 결과를 이용하여 최적의 열동형 과부하 계전기를 개발하는데 이용한다.

2.1 동작 원리 및 동작 순서

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 기구의 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 원할이 일어나는지를 시험하고자 할 때에는 보조 홀더를 들어올림으로써 반전 기구를 반전시킨다.

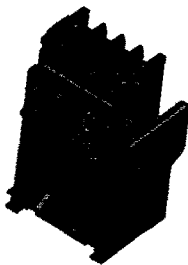


그림 1 열동형 과부하 계전기

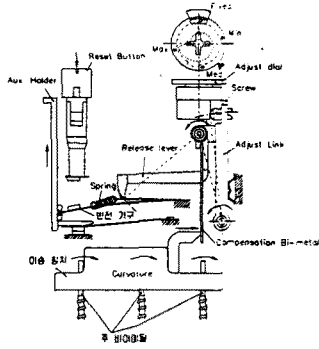


그림 2 기구부 메커니즘

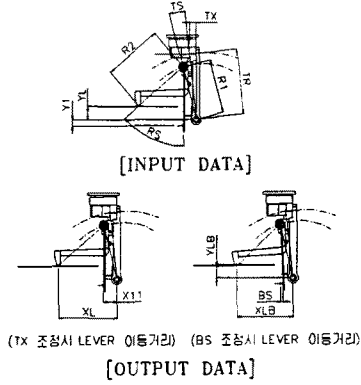


그림 3 기구부 위치 관계도

2.2 기구부 메커니즘 해석

기구부 메커니즘을 해석하기 위해서는 온도 보상 바이메탈과 결합된 석방 레버와 조정 다이얼의 운동 메커니즘을 해석하여야 한다. 본 연구에서는 기구부를 강체로 가정하여, 이송 장치가 동작함에 따라 움직이는 석방 레버의 이동 거리와 조정 다이얼을 회전시킴에 따라 움직이는 석방 레버의 이동 거리 관계를 해석하였다. 그림 3.에서 이송 장치의 수평 운동은 석방 레버의 회전 운동으로 전환되고 조정 다이얼의 회전 운동은 조정 링크를 수평 이동시켜 석방 레버의 수평 위치를 변화시킨다. 이 위치 관계를 다음식으로 표현할 수 있다.

$$SE = \sin^{-1}(TX/TR) \quad 2-1$$

$$XC = R1 \sin(SE + TS) \quad 2-2$$

$$YC = R1 \cos(SE + TS) \quad 2-3$$

$$XL = XC + \sqrt{R2^2 - (YL - YC)^2} \quad 2-4$$

$$RSS = \sin^{-1}\left(\frac{XL - XC}{R2}\right) \quad 2-5$$

$$X11 = XC - (YC + Y1)\tan(RS - RSS) \quad 2-6$$

$$RBS = \tan^{-1}\left(\frac{XC - X11 + BS}{YC + Y1} + RSS - RS\right) \quad 2-7$$

$$XLB = R2 \sin(RSS - RBS) + XC \quad 2-8$$

$$YLB = YC - R2 \cos(RSS - RBS) \quad 2-9$$

여기서 TX는 조정 다이얼이 회전함에 따라 조정 링크를 수평 이동시키는 거리이며, YL은 석방 레버의 수직 이동 거리, XL은 석방 레버의 수평 이동 거리, BS는 이송 장치의 이동 거리, X11은 TX 조정시 보상 바이메탈 수평 이동 거리, XLB는 이송 장치 이동시 석방 레버가 이동한 수평 거리, YLB는 이송 장치 이동시 석방 레버가 이동한 수직 거리이다. 이 관계를 이용하여 이송 장치의 이동 거리에 따른 석방 레버의 이동 거리는 그림 4와 같고 조정 다이얼에 의한 조정 링크의 이동 거리에 따른 석방 레버의 이동 거리는 그림 5와 같다.

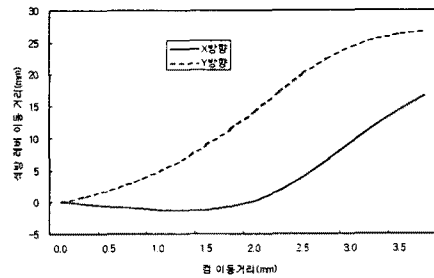


그림 4 이송 장치 이동 거리

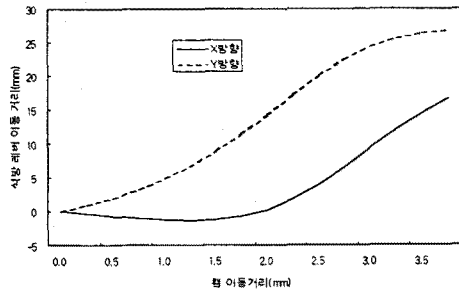


그림 5 캠 이동 거리

여기서 입력 데이터는 다음과 같다. TX는 2.4581, TR은 24.0261, TS는 8.4445, YL은 5.0048, Y1은 2.2, R1은 19.8154, R2는 21.9273, RS는 49.656, BS는 1이다. 그림에서 이송 장치 이동 거리에 따른 석방 레버 이동 거리는 선형적으로 증가하는 것을 알 수 있고 캠 이동 거리에 따른 석방 레버 이동 거리는 sin 곡선을 그림을 알 수 있다.

2.3 반전 기구부의 반전 하중 계산

석방 레버가 조정 다이얼 및 이송 장치에 의해 동작하면 반전 기구부를 수직으로 눌러 반전을 시킴으로써 제어 회로의 접점 위치를 변환시킴으로써 열동형 과부하 계전기의 과전류 보호 동작의 기구적 메커니즘을 완성한

다. 여기서 반전 기구부의 반전 하중의 의미가 중요한데 그 이유는 기구부가 탄성체이기 때문에 반전 기구부의 반전 하중이 강할수록 바이메탈 만곡에 의한 이송 장치 이동 거리가 많아지기 때문이다. 스프링의 탄성력과 반전 기구 박판의 수직 변위는 다음식과 같이 표현할 수 있다.

$$P = \frac{G d^4 \delta}{8 N D^3} \quad 2-10$$

$$W = DEL \frac{B H^3 E}{4 L^3} = P \sin(X^\circ) \quad 2-11$$

$$DEL = \frac{4 P L^3 \sin(X)^\circ}{B H^3 E} \quad 2-12$$

여기서 P는 압축 스프링의 하중이며, G는 압축 스프링의 쉘 탄성 계수, d는 압축 스프링의 선경, δ는 압축 스프링의 압축 길이, N은 압축 스프링의 유효권수, W는 반전력의 수직 하중, B는 박판의 폭, H는 박판의 두께, L은 박판의 길이, DEL은 박판의 수직 변위이다.

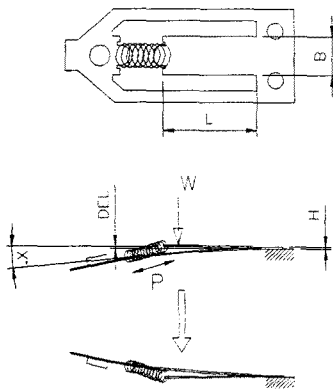


그림 6 반전 기구 구성도

위 식에서 P는 0.189, δ는 1, G는 7200, d는 0.4, N은 4.5, D는 3, DEG은 24, W는 0.077, DEL은 1.426, B는 5, H는 0.2, L은 11, E는 7200 일 때 실측 하중 W는 0.075로 계산값과 거의 근사함을 알 수 있다.

2.4 결상 메커니즘의 해석

열동형 과부하 계전기는 모터가 과전류를 받을 때 보호 기능뿐만 아니라 결상시 보호 기능도 가지고 있다. 동작 원리는 결상시 바이메탈이 각상마다 다르게 만곡되는 원리를 이용하여 이를 이송 장치에 적용한 것이다. 그림 7을 보면 결상일 경우 이송장치 A와 이송 장치 B의 차동에 의해 이송 레버가 회전하여 통상의 과부하 경

우보다 빨리 동작하여 석방 레버를 회전시킨다.

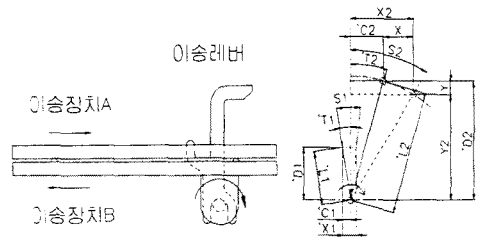


그림 7 결상 메커니즘

여기서 X, Y는 이송 레버가 이동한 거리이다. 이송 레버 이동 거리 증폭비는 그림 8과 같다.

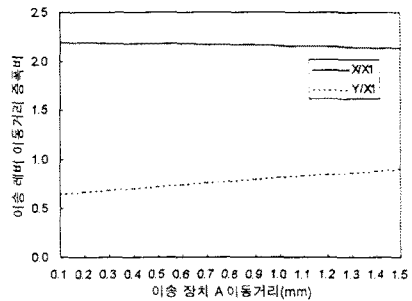


그림 8 이송 레버 증폭비

3. 결 론

본 연구를 통해 열동형 과부하 계전기의 동작 원리에 대한 수학적 모델링이 정립되어 이를 프로그래밍화 시켜 최적의 조건으로 동작하는 기구부의 구성 요소를 찾아낼 수 있었고 열동형 과부하 계전기의 개발에 많은 도움이 되었다. 앞으로 본 연구에서 수행되지 못한 기구부의 탄성을 고려한 메커니즘 해석을 통해 보다 정확한 동작 메커니즘 해석을 수행하면 열동형 과부하 계전기 개발에 많은 도움이 될 수 있을 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] "Kinematics and Dynamics of Machines", G.H. Martin
- [2] "Practical stress analysis in engineering design", Alexander Blake, P619~621, Marcel Dekker, Inc.