1999년도 대한전기학회 하계학술대회 논문집 1999. 7.19-21

배선용 차단기 순시 가조정 트립부 개발에 관한 연구

송 중천, 유 만종, 김 길수, 강 종성
LG산전(주) 전력연구소

Researchs for the Development of MCCB adjustable Instant Trip Unit

Jung-Chun Song, Man-Jong Ryu, Kil-Soo Kim, Jong-Sung Kang
LGIS Co.,Ltd. Electrothechnology R&D Center

Abstract - Through the Standard of MCCB, the Adjustable Type Instant Trip Unit should NO trip at -20% of each current from 5×*In* to 10×*In* and trip +20% of those. In this paper, we obtain the attraction force between Fixing Magnet and Moving Armature. So we first made some samples, do experiments of weight, and simulated the modelling by 3D Maxwell S/W. With values of experiment and simulated values, we do design instant trip springs by using the ADAMS S/W of kinematic simulation. Finally we product the 250A Adjustable Instant Trip Unit, and it is very useful to our customers.

1. 서 론

배선용 차단기의 순시트립부는 부하상태에서 정격전류의 5배~10배에 해당하는 사고전류가 갑자기 흐를 경우 이를 체크하여 차단기구부를 트립시켜주는 역할을 한다. 국내외 규격에 의하면 차단기의 순시기능은 각 배 수 사고전류의 -20%에서는 No트립, +20%에서는 트립되는 것을 규정하고 있다.

본 연구는 각각의 정격 당 트립전류의 조정이 가능한 가조정 순시트립부의 개발에 관한 것으로, 최적의 마그네트와 아마추어를 설계하기 위해 3D FEM 해석을 통해 흡인력을 구하였다. 그리고 전류에 따른 흡인력을 실험을 통해 추출하여 해석치와 비교하였다. 다음으로 동적인 해석을 통해 흡인력을 제어하는 기구적인 구조와 각 정격에 맞는 스프링을 설계하였다. 마지막으로 트립부를 차단기에 조립하여 250A의 순시트립시험을 실시하여 최종 트립부 성능을 검증하였다.

이로써 사용자가 트립전류를 임으로 조정할(정격전류의 5배~10배) 수 있는 가조정 순시 트립부를 개발하고, 흡인력을 제어하는 스프링만 바꿔주면 50AF ~ 250AF의 각각의 정격에 해당하는 순시트립특성을 갖는 트립부를 개발할 수 있다.

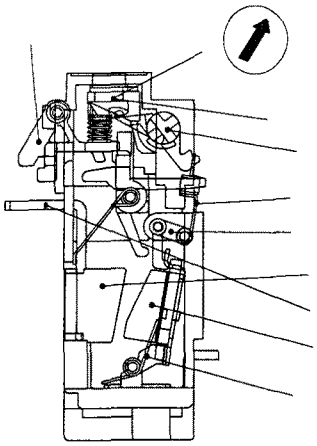

그림 1. 순시가조정 트립부 구조

그림 1은 순시가조정 트립부의 구조를 나타낸 것이다. 가조정다이얼이 5배~10배까지 회전할 때 가조정바의 스프링 지지점이 위쪽으로 궤적을 그리며 이동하고 가조정 스프링의 하중값을 조절한다. 트립부의 동작은 통전상태에서 히터에 전류가 흐르면 마그네트와 아마추어사이에 흡인력이 발생한다. 트랜스바는 아마추어를 잡고 있으며 전류에 의한 흡인력과 가조정스프링의 하중은 서로 반대로 작용한다. 만약 흡인력이 스프링에 의한 반력보다 셀 경우에 아마추어의 동작으로 슈터가 풀리게 되며, 이 슈터는 차단기의 기구부를 동작시키는 매체가 된다.

2. 본 론

2.1 순시트립부 흡인력 해석(MAXWELL)

배선용 차단기에 단락전류와 같이 정격전류의 5배~10배의 사고전류가 흐르면 상대적으로 공기보다 자기저항이 적은 자성체인 강판(SCP1)으로 만들어진 마그네트와 아마추어에 자속이 발생한다. 이때 공극부분에는 흡인력이 발생하고 발생된 흡인력은 아마추어에 아래의 식과 같은 토크를 발생시킨다.

$$T = \frac{dW(\theta, i)}{d\theta} = \frac{\partial}{\partial\theta}\left[\frac{1}{2}\int_V \left(\int_0^H B \cdot dH\right) dV\right]$$

본 연구에서는 흡인력 측정이 주목적임으로 흡인력 해석 모델은 히터, 마그네트와 아마추어만으로 단순화하였다. 실제 해석모델은 그림 2와 같다. 해석의 효율과 정확도를 높이기 위해 좌우대칭인 모델을 반쪽만 모의하고 전류는 피크값의 반을 인가하였다. 히터의 양단에 서로 다른 방향으로 같은 크기의 전류를 인가하여 히터에 실제로 전류가 흐르는 것처럼 모의했다.

마그네트와 아마추어의 재료는 강판(SCP1)이며, 비선형 비자화율의 곡선은 B-H Analyser로 측정하여 얻었으며, 해석은 MAXWELL를 이용하였다.

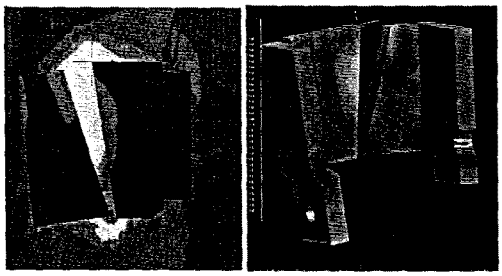

그림 2. 자속밀도와 전류밀도

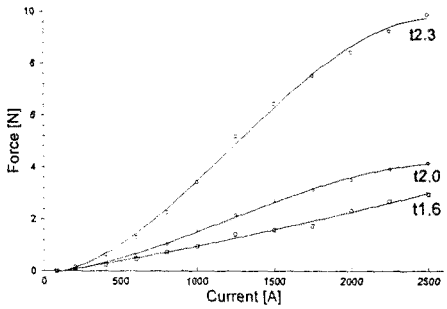

그림 3. 마그네트와 아마추어의 두께에 따른 아마추어가 받는 힘

그림 3은 아마추어와 마그네트의 두께 t가 변할 경우에 흡인력에 의해 당겨지는 아마추어의 힘을 나타낸 것이다. 두께 t가 너무 작을 경우에는(t1.6 or t2.0) 통전전류에 따른 흡인력의 크기 변화가 적기 때문에 가조정 트립특성을 갖는 트립부는 그만큼 정밀한 구조를 요구하고 특성의 오차 범위도 넓어진다. 따라서 적당한 흡인력의 크기 변화를 갖는 마그네트와 아마추어를 설계하는 것이 중요하다.

2.2 순시트립부의 흡인력 실험

순시트립부는 그림 1에서처럼 좁은 공간에 아마추어와 고정마그네트, 스프링등의 여러부품으로 구성되어 있다. 순시트립기능은 아마추어와 고정 마그네트 사이에 발생하는 흡인력에 의해 수행되고, 흡인력은 통전상태의 전류의 크기에 따라 그 크기가 달라진다. 흡인력을 방해하는 스프링을 이용하여 순시트립전류를 조정하게 된다.

먼저 그림 4와 같은 실험장치를 이용하여 각 전류에 따른 트립시의 아마추어와 마그네트 사이에 발생하는 흡인력을 구했다.

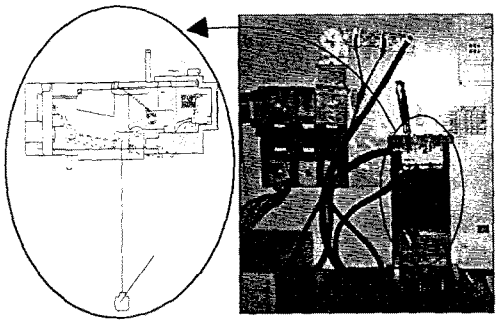

그림 4. 순시 가조정 트립부 시험장치

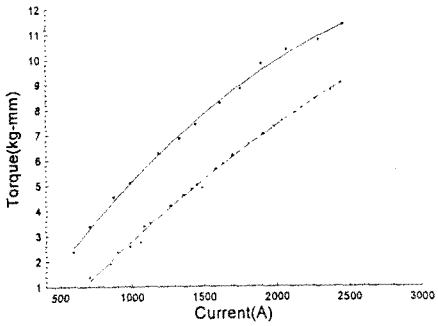

그림 5. 흡인력 토크의 실험값과 해석값 비교 (t=2.3mm, Gap 3.0mm)

그림 5는 아마추어 흡인력의 실험값과 해석값를 비교한 것이다. 실제 아마추어는 흡인력에 의해 회전운동을 하게 된다. 따라서 토크를 서로 비교하였다. 실험값과 해석값이 서로 상당한 차이가 있다. 원인은 해석조건은 아마추어가 특정거리(Gap3.0)에서 고정된 조건에서 흡인력을 해석했지만 실제 실험은 시간에 따라 움직여 기구부를 트립시켰을 때 분동의 무게로 측정하였으므로 실험값이 해석값보다 상당히 큰 것으로 나타났다.

실제 이 오차를 줄이기 위해서는 아마추어의 움직임에 따른 흡인력 해석이 Transient해석 조건을 적용하면 실험값과 근사하게 나올 것으로 생각된다.

그림 6은 두께 2.3t와 2t에서 마그네트와 아마추어의 초기거리(Gap)를 변화시켜 실험한 값이다.

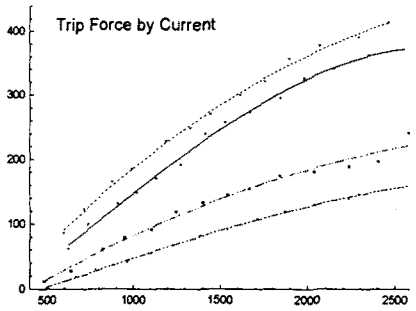

그림 6. 마그네트와 아마추어의 두께와 Gap에 따른 흡인력 (실험값)

그림 6에서 해석에서처럼 통전전류에 대한 흡인력이 포물선을 그리며 증가한다는 사실을 알 수 있다. 그리고 마그네트와 아마추어의 두께에 따라 흡인력의 차이는 해석에서처럼 상당히 크며, 각각의 두께에서 마그네트와 아마추어의 Gap의 변화에 의해서도 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다. 그러나 통전전류에 따른 흡인력의 추이는 비교적 같은 것을 알 수 있다.

2. 3 동역학적 해석 모델링(ADAMS)

트립부의 동작원리는 전기적으로 발생한 흡인력에 의한 것이지만 트립동작은 기구적인 구조로 발생한다. 따라서 그림 7과 같이 동특성 해석을 적용하여 트립부의 기구적인 동작특성을 검증하였다. 여기서 힘 F값은 2.2의 실험으로 측정한 통전전류에 따른 그림 6의 아마추어의 흡인력값을 넣어 주었다.

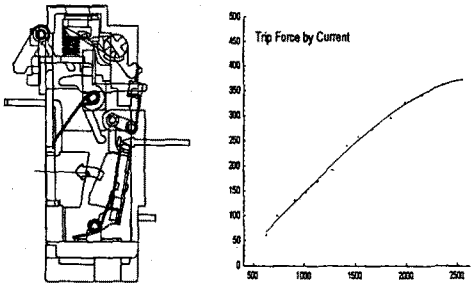

그림 7. 순시트립부의 동특성해석 모델과 흡인력(F)

표 1은 동특성 해석을 통해 250A 정격의 순시트립특성에 맞는 250A용 가조정 스프링을 설계했을 때 동적인 해석으로 얻어진 결과값이다.

2. 4 순시가조정 트립 특성 시험

위의 결과들에 의해 개발된 트립부를 배선용차단기 기구부에 부착시켜 각 정격당 순시트립특성시험을 실시하여 본 연구의 신뢰성을 검증하였다. 250A용 트립부는 표 1에서와 같이 전류가 250A의 5배일 때 -20%인 1000A에서는 NO트립 되었으며, +20%인 1500A에서는 트립되었다. 같은 방법으로 해석과 시험을 통해 각 정격(50A~250A)에 맞는 가조정 스프링과 그리고 각각의 정격에서 5배에서 10배까지 트립전류가 조정가능한 순시트립기능을 만족할 수 있었다.

동특성 해석(250A)			순시트립특성시험(250A)		
Dial Setting	트립 전류 (흡인력)	트립전류 (흡인력)	순시시험 트립전류	트립 여부	규격 판정
250A*5	1100A(175g)	88.0 %	80%(1000A)	No트립	O.K
			120%(1500A)	트 립	O.K
250A*6	1350A(215g)	90.0 %	80%(1200A)	No트립	O.K
			120%(1800A)	트 립	O.K
250A*7	1550A(255g)	88.6 %	80%(1400A)	No트립	O.K
			120%(2100A)	트 립	O.K
250A*8	1900A(295g)	95.0 %	80%(1600A)	No트립	O.K
			120%(2400A)	트 립	O.K
250A*9	2100A(335g)	93.3 %	80%(1800A)	No트립	O.K
			120%(2700A)	트 립	O.K
250A*10	2500A(365g)	100.0 %	80%(2000A)	No트립	O.K
			120%(3000A)	트 립	O.K

표 1. 동특성 해석을 통한 250A의 가조정 트립특성과 순시트립시험 결과

3. 결 론

1) 실험에 의해 아마추어와 마그네트의 형상과 Gap의 변화에 따른 트립시 흡인력 값을 추출했다.
2) Maxwell을 이용한 전자계 해석을 통하여 알맞은 흡인력 값을 갖는 마그네트와 아마추어를 선정하였으며, 실험값과 비교하였다.
3) Adams을 이용한 트립기구부의 동특성 해석을 통하여 각 정격에 맞는 가조정스프링을 설계했다.
4) 각 정격당 순시 가조정 트립시험을 통하여 본 연구의 신뢰성을 검증하였다.

결론적으로 본 연구를 통하여 저압 배선용 차단기의 순시트립부의 트립특성 향상과 신뢰성 검증을 통하여 순시 가조정 트립부를 개발함으로 사용자의 편리성을 제공할 수 있다.

[참 고 문 헌]

[1] 강종성,송희찬,최종웅, "3D FEM 해석을 이용한 배선용차단기 순시트립부 설계", KIEE, 하계학술대회논문집
[2] LG산전, "MCCB 설계이론", 1996
[3] 서문기술, "ADAMS '98 User's Reference" 1998