

3D FEM 해석을 이용한 배선용 차단기의 순시트립부 설계

강 종성, 송 희찬, 최 종웅
LG산전(주) 전력연구소

Design of MCCB Instant Trip Spring by 3D FEM Analysing

Jong-Sung Kang, Hee-Chan Song, Jong-Woong Choe
LGIS Co.,Ltd. Electrothechnology R&D Center

Abstract - When a MCCB Instant trip spring which is adjusted to notrip at -20% of each current from $5 \times I_n$ to $10 \times I_n$ and trip +20% of those is designed, we should know attraction force between Fixed Magnet and 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 and repeat the above process. Finally we set up the process of designing Instant spring. With it, we can save time and R&D cost.

		125 A	160 A	200 A	250 A
5 In	NoTrip	500 A	640 A	800 A	1000 A
	Trip	750 A	960 A	1200 A	1500 A
6 In	NoTrip	600 A	768 A	960 A	1200 A
	Trip	900 A	1152 A	1440 A	1800 A
7 In	NoTrip	700 A	896 A	1120 A	1400 A
	Trip	1050 A	1344 A	1680 A	2100 A
8 In	NoTrip	800 A	1024 A	1280 A	1600 A
	Trip	1200 A	1536 A	1920 A	2400 A
9 In	NoTrip	900 A	1152 A	1440 A	1800 A
	Trip	1350 A	1728 A	2160 A	2700 A
10 In	NoTrip	1000 A	1280 A	1600 A	2000 A
	Trip	1500 A	1920 A	2400 A	3000 A

표 1 각 정격별 동작책무

1. 서 론

배선용 차단기는 교류 600V 직류 500V 이하의 전로를 과전류(부하)사고, 단락사고로부터 보호하기 위하여 설치되는 것으로, 과전류의 트립에는 과전류의 크기에 따라 시연트립과 순시트립으로 구분된다. 그 중 순시트립은 단락전류등 비교적 큰 과전류의 사고시에 빠르게 전류를 차단하는 동작으로, 보통 정격전류의 8배 이상의 과전류를 순시 전류라 말한다. 본 논문에서는 배선용 차단기의 순시트립 전류를 사용자가 조절할 수 있는 가조정 순시트립부를 설계함에 있어서, 분동을 이용한 미동 실험과 3D Maxwell 전자계해석 소프트웨어를 이용하여 표 1과 같이 각 정격 전류의 5배에서 10배 까지의 트립설정 전류에서 -20%에서는 트립되지 않고, +20%에서 트립되는 성능을 만족시키는 스프링을 설계한다.

2. 본 론

2.1 배선용 차단기의 과전류 보호

배선용 차단기는 교류 600V 직류 500V 이하의 전로를 과전류(부하)사고, 단락사고로부터 보호하기 위하여 설치되는 것으로 일반배선, 구동모터 등 산업현장에서 안전 및 보호를 위한 핵심제품으로 다양하게 사용되고 있

다. 배선용 차단기는 Mold Case로 둘러 쌓인 구조로 되어있으며 미국규격 NEMA에는 Molded Case Circuit Breaker(MCCB)라 칭하며 이는 국제적으로 통

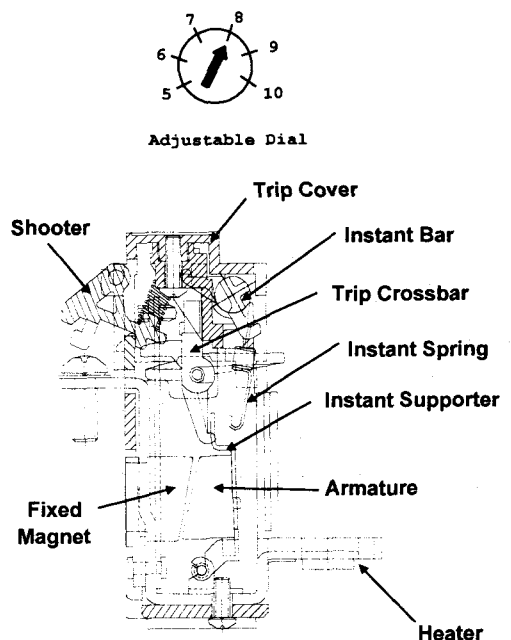


그림 1 순시가조정 MCCB 구조

용되는 명칭이다.

국내에서는 전기설비기술기준과 내선규정 등에서 설치를 의무규정화하고 있으며, 개폐기구, 트립장치등을 절연물의 용기내에 일체(一體)로 조립한 것으로 통전상태일 때 자동적으로 전로를 차단하는 기구를 말한다. 배선용 차단기는 회로에 이상이 생겼을 때 재빨리 전로를 차단함으로써 배선, 접속기기 파괴나 화재발생을 방지한다. 그 사고전류의 크기에 따라 먼저 비정상적으로 큰 전류(예를 들면 단락전류)가 흐르면 순간적으로 전로를 차단한다. 이것을 순시동작이라고 하며 동작시간은 0.1초 이하이다. 또 전류가 정격을 초과해 흐르면 전선이 뜨거워지고, 방지하면 화재의 원인이 되는데, 전선의 온도가 위험한 정도로 되기 전에 전로를 차단해야 한다. 이것을 지연동작이라 하며, 동작시간은 과전류의 크기에 따라 다르다. 만일 회로에 모터가 있으면 시동시에 시동전류라는 대전류가 흐르게 되는데, 이때 배선용 차단기가 동작하면 오동작이 되므로 배선용 차단기는 시동전류에서 동작해서는 안된다. 이를 그림 나타낸 것이 그림 2이다.

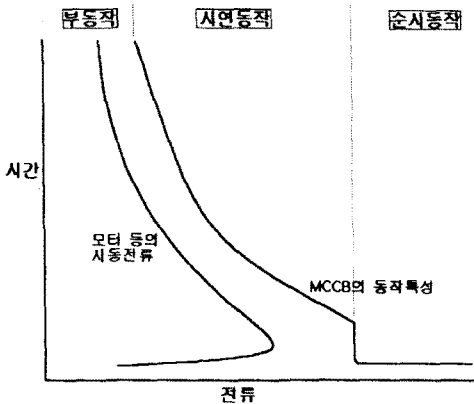


그림 2 MCCB 동작특성

2.2 흡인력 해석 Modeling

배선용 차단기에 단락전류와 같이 정격전류의 5배에서 10배의 고장전류가 순시트립부의 Heater에 흐르면 상대적으로 공기보다 자기저항이 적은 자성체인 강판(SCP1)으로 만들어진 Fixed Magnet와 가동철심(Armature)에 자속이 발생한다.

이때 공극부분에는 흡인력이 발생하고 발생된 흡인력은 가동철심(Armature)에 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 측정을 목적으로 하므로 흡인력 해석 Modeling 구조는 Heater와 Fixed Magnet와 가동철심(Armature)만을 다루고 실제 해석모델은 그림 3과 같다. 해석의 효율과 정확도를 높이기 위해 좌우대칭인 모델을 반쪽만 모의하고 전류는 피크값의 반을 인

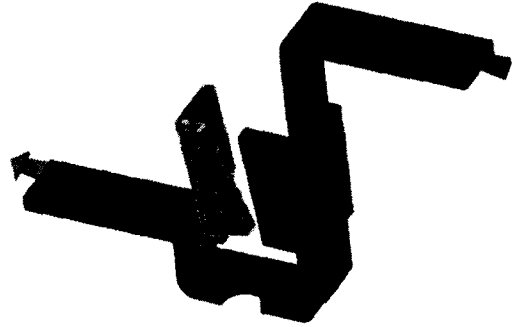


그림 3 순시트립부 모델링

가하였다. Heater의 양단에 서로 다른 방향으로 같은 크기의 전류를 각각 인가하여 Heater에 실제로 전류가 흐르는 것처럼 모의한다.

그리고 Fixed Magnet와 가동철심(Armature)재료로 쓰인 강판(SCP1)의 비선형 비자화율의 곡선은 B-H Analyser로 측정하여 얻은 값을 이용한다.

2.3 흡인력 분동실험

순시트립부 설계를 위해 지금까지 쓰여온 분동실험을 하였다. 그림 4와 같이 분동실험대를 구성하고 순시트립부를 실험대에 수직하게 고정하고 가동철심(Armature)이 고정된 Supporter에 분동을 매단다. 각 정격전류의 5배와 10배에서 -20%전류를 각각 인가하여 순차적으로 분동의 무게를 더해가면서 최대미동 분동무게를 조사한다. 이때 미동여부는 미동시 발생하는 소리로써 결정한다. 분동실험에서 나온 분동무게를 토크로 환산하여 흡인력 해석한 결과와 비교한다.

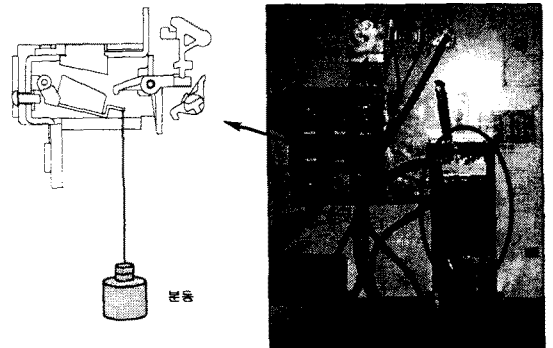


그림 4 흡인력 분동실험

2.4 흡인력 해석 및 실험결과 비교

그림 5는 각 정격별 최소5배 단락전류와 최대 10배의 단락전류의 -20%를 흘렸을 때 흡인력 해석결과와 흡인력 미동실험결과를 토크로 환산하여 서로 비교한 결과이다. 최소 5배에서는 실험과 해석결과가 비슷한 경향을

가지지만 최대 10배에서는 차이가 컸다. 최대 10배에서는 흡인력이 매우 커서 Fixed Magnet와 가동철심(Armature)가 조금이라도 어긋나게 조립되었을 때 가동철심한쪽 모서리만 미동하는 등의 실험오차가 첨가되기 때문에 생각된다. 이를 보완하기 위해서 경쟁사(MG사)의 모델처럼 Fixed Magnet를 Heater에 고정시킬 때 물드물에도 고정을 하면 조립시 공극의 오차를 줄일 수 있다. 그외에도 흡인력 해석시 단순화한 모델과 자성체로 쓰인 강판의 다소 정확도가 떨어지는 비선형곡선, DC전류인가로 인해 오차가 생긴다. 또 분동실험의 가동철심의 무게와 회전축의 마찰등을 고려할 수 있다. 향후 이런 오차의 원인이 규명되고 실험과 해석사이의 오차의 함수를 밝히면 해석만으로도 스프링이 설계가 가능할 것이다. 즉 각 정격별로 최대 No Trip전류를 인가하여 흡인력을 구하고, 최소 No Trip전류를 인가하여 흡인력을 측정해 두가지 흡인력과 순시트립부의 공간을 고려해서 스프링을 설계한다.

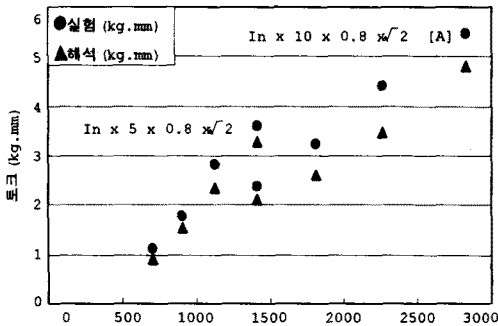


그림 5 흡인력 해석과 실험의 비교

3. 결 론

배선용 차단기의 순시트립 전류를 사용자가 조정할 수 있는 가조정 순시트립부를 설계함에 있어서, 각 정격 전류의 5배에서 10배 까지의 트립설정전류에서 -20%에서는 트립되지 않고, +20%에서 트립되는 성능을 만족시키는 스프링을 설계한다. 스프링 설계에 필요한 흡인력은 순시 트립부의 시작 샘플을 제작하여 분동실험으로 측정했고, 동일한 모델을 3D Maxwell S/W를 이용하여 흡인력을 해석했다. 향후 실험과 해석의 차이를 연구하고 그 실험과 해석된 결과를 가지고 가조정 순시트립부 스프링을 제작하고 순시 트립 특성 시험을 통해 그 결과의 타당성을 살펴보고, 또한 해석과 실험값의 오차의 관계를 밝혀서 해석만으로 스프링 설계를 가능케 한다.

(참 고 문 헌)

- [1] LG산전 연수팀 "수배전기기 입문" 1998
- [2] ANSOFT "Maxwell 3D Field Simulator User's Reference" 1993