

체결 및 접촉 저항을 고려한 터미널의 전기 발열 해석 Electric Resistance Thermal Analysis of Terminal including Contact and Assembly Condition

#정철¹, *최성원¹, 김성훈², 윤희석³, 김성웅⁴

#C.Jung¹(spris_fc@naver.com), *S.W.Choi¹, S.H.Kim², H.S.Yoon³, S.W.Kim⁴

¹전남대 기계공학과, ²남부대 자동차기계과, ³전남대 기계시스템공학부, 케이유엠(주)

Key words : Locking , Equivalent Resistance, Terminal, FEM

1. 서론

접속 단자류 중 터미널은 전선 접속부를 가진 도전체와 그것을 유지하는 절연체로 조합된 것으로서 주로 전기 제어기기, 제어반, 배전반 등의 내부에 사용되어 전선간의 접속을 담당하는 중요한 역할을 한다. 터미널의 전기저항 발열특성은 전선과 커넥터 등의 전자소자가 연결되어진 접속 및 체적 저항에 의해 나타나고, 전선은 연결되어진 터미널 및 커넥터의 통전을 위한 매개체로 사용하고 있으므로 저항 발열 특성 시험에서 전선과 커넥터의 전기 및 열적 특성은 터미널 발열특성 결과에 영향을 미치고, 터미널 및 커넥터의 조립 및 설계 특성에 매우 중요한 인자가 된다. 따라서 기존에 구축된 해석 기법과 터미널과 커넥터를 포함한 해석과 발열시험을 통한 검증이 필요하다

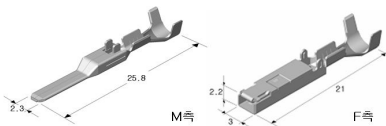


Fig. 1 Male and Female Part of Terminal

본 연구에서는 전선을 포함한 터미널의 발열 정도를 전산해석을 통해 평가할 수 있는 기법을 적용하였고, 터미널의 접속특성을 모사할 수 있는 체결 및 저항 발열해석 방법을 전산 해석에 적용하여 실험 결과와 비교함으로써 신뢰성을 확인하였다.

2. 터미널의 전기저항 발열 시험

터미널의 저항 발열 시험에는 자동차 및 전기 장비에 대한 내부 전선으로 주로 쓰이는 AEXF Cable과 NMWP(090)을 연결하여 절연재질인 나무판 위에 간격을 유지하도록 Fig. 1와 같은 터미널을

직렬 형태로 연결 및 고정시켰다.

시험은 문헌[3,4]에 기술한 내용을 적용하여 터미널마다 열전대를 부착하고 터미널부의 온도를 측정하였다. 전기저항 발열 시험을 위해 전선의 끝단에 전류를 각각 통전하여 온도 변화를 측정하였다.

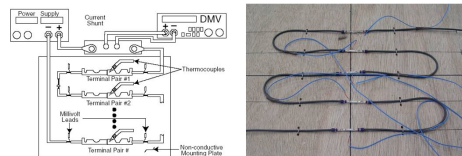


Fig. 2 Schematic diagram of Electrical resistance heating test

3. 터미널 단품의 유한요소 해석

터미널의 승온 특성을 검토하기 위해 Fig. 4과 같이 단품 모델의 Male/Female 파트로 나누어 Convection Effect $2.5 e^{-6} W/mm^2$, Initial Temperature $25^{\circ}C$ 에서 전류량 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21A 조건으로 전선 접속부와 터미널의 접속 부분에 전류가 인가되는 조건으로 유한요소 해석을 수행하였다.

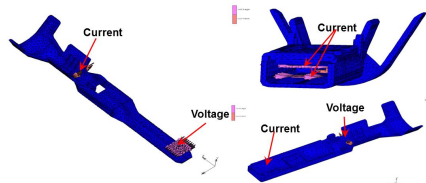


Fig. 3 Electric Boundary Condition for Terminal

Fig. 4는 터미널 단품간의 해석결과를 보이고 있는데, 전류량 증가에 따라 최대 온도가 같이 증가하는 경향을 보이며, 온도 분포는 동일하지만 Female에 비해서 Male의 승온이 더 크게 나타난다. 이는 Female의 방열 면적이 크기 때문으로 판단된다.

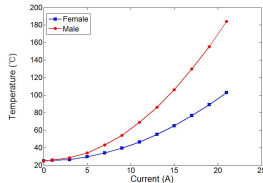


Fig. 4 Max. Temperature with Single Part Simulation

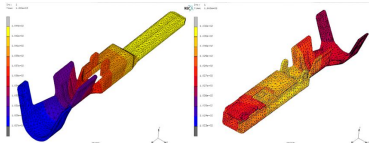


Fig. 5 Temperature Distribution of Single Part

4. 터미널의 체결 및 저항 발열 해석

터미널의 체결 시에 나타나는 발열 특성을 알아보기 위해 두 단품이 결합되었을 경우에 대해 체결 및 저항 발열 해석을 수행하였다. 터미널의 재질은 MPS1을 사용하였으며, 해석 조건은 체적 및 접촉 저항이 포함된 R값을 5회 측정된 평균값 $0.67m\Omega$ 을 적용하고, 열대류 계수는 $3.0 e^{-6} W/mm^2$ 을 적용하여 1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40A의 전류에 대한 승온 해석을 수행 하였다. 전체 해석은 Fig. 6의 두 단계로 나누어 수행하였는데 먼저 두 단품을 7.179 mm 결합 시키고, 다음으로 Joule Heating Step을 적용하였다.

전산해석은 기측정된 전압 강하량을 이용하여 터미널 전체의 저항을 계산하고 이를 발열량으로 환산하여 터미널에 Volume Flux로 입열 모델을 지정한 경우와 Heat Flux로 환산된 값이 아니라 전선을 통해 전류가 흐르는 경우에 대한 해석을 수행하였다.

Fig. 7은 20A에서의 승온해석 결과인데, 해석결과 온도 분포는 체결부에서 발생하는 열로 인해서 체결부에서 최고 온도가 위치하며, 그 이유는 접촉 열저항이 있는 것으로 판단된다. 또한 20A에서 최대 온도가 약 61°C로 계산되고, 측정부는 60°C 정도의 분포를 보여서 시험 결과인 58°C에 잘 일치하는 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 사용된 열대류계수는 전류를 인가하여 해석하는 모델에 바로 적용할 수 있다.

Fig. 8에서 해석 결과 중 Flux로 환산된 값과 전류를 통했을 때의 결과는 거의 차이가 없으나, Joule Heating의 결과가 약간 크게 나타났다. 그

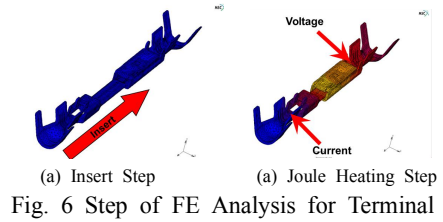


Fig. 6 Step of FE Analysis for Terminal

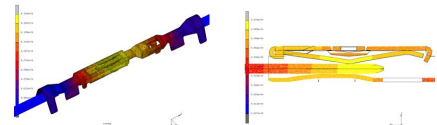


Fig. 7 Temperature Distribution of Terminal

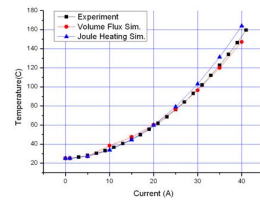


Fig. 8 Temperature of Terminal with Simulations

이유는 국부적으로 전류 밀도가 집중되는 부분에서는 더 많은 열이 나올 수 있기 때문으로 판단된다. 그리고 통전 전류량에 따른 해석 결과가 시험과 잘 일치하는 것으로 확인할 수 있었다.

5. 결론

터미널의 전기저항 발열을 전산해석으로 모사할 수 있는 체결 및 저항발열 해석법을 이용한 해석을 수행하고, 이를 발열 시험과 비교하여 해석의 신뢰성을 검증하였으며, Volume Flux 및 전류통전에 대해서도 실험과 잘 일치하는 경향을 보이는 것으로 확인하였다. 이를 토대로 향후 터미널, 커넥터 등 전자 부품의 설계 및 해석에 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Hong-Seok, Oh., "A Study on the Thermal Analysis of Fire-Resistance Cable using FEM", Trans. KIEE. Vol. 53B, No. 5, MAY, 2004.
2. MSC. Marc and Mentat User's manual Version 2010
3. Y.H.Jung., "등가저항법을 이용한 전선의 전기저항 발열 해석", KSPE. 2012.5, 937-938
4. S.W.Choi., "유한요소법을 이용한 체적저항과 접촉저항 발열 해석", KSPE. 2012.5, 935-936