

고 전력 DC차단기 기계적 클램프 해석

김태진, 최현준, 송성근[†]
한국전자기술연구원

Mechanical Clamp Analysis of High Power DC Breaker

Tae-Jin Kim, Hyun-jun Choi, and, Sung-Geun Song
Korea Electronics Technology Institute

ABSTRACT

IGCT(Integrated gate-commutated thyristors) 사이리스터 소자를 활용한 고전력 DC차단기 제작에는 조립에 대한 신뢰성이 매우 중요하다. 본 논문은 DC차단기 클램프가 요구하는 단축 인장을 받을 때 재료의 소손이나 변형률을 3D Simulation을 통한 해석 결과이다. 기계적 해석은 DC 차단기의 클램프, 절연물, 버스바를 해석하였으며, 기계적 체결 강도는 50N~70kN²으로 순차적으로 힘을 가하여 재료의 변형과 소손 상태를 해석하였다. 변형과 소손이 발생하지 않은 재료를 선정하였으며 3D Simulation을 통하여 응력, 분포력, 변형률 해석하여 DC 차단기 제작에 효과적인 재료 선정 및 조립 방법을 제시하였다.

것을 검증 하였다. DC차단기 클램프는 70kN까지 클램프의 변형이 생기지 않음을 3D 해석을 통하여 검증 하였으며, 해석을 통하여 클램프 형상 및 두께, 볼트, 절연 서포트의 형상 및 두께를 선정 하였다.

1. 서론

IGCT 활용한 DC 차단기 Simulation 해석을 위하여 IGCT, 방열판, MOV, 클램프 등 차단기 제작에 필요한 소재의 특성을 고려 하여야 한다^[1]. DC차단기 소재는 IGCT의 기계적 하중 40kN 견디야 하며 전기적 특성에 의한 발열에 내열성 및 변형을 고려 하여야 한다. 클램프는 기계적 하중에 의한 변형이 없고 내열을 견디기 위하여 열간압연강판 (HOT Rolled Carbon Steel Sheet) 소재를 사용하였다. 절연 서포트는 내열 및 40kN 압력에 변형 또는 소손이 없는 M,C Nylon 소재를 사용하였다. 선정된 재료를 활용하여 단축 하중이 클램프에서 방열판, IGCT, MOV까지 일정한 압력이 가해지도록 설계를 하였으며 Simulation 해석 프로그램인 Solid Works를 활용 하여 DC차단기 클램프 성능을 검증하였다.

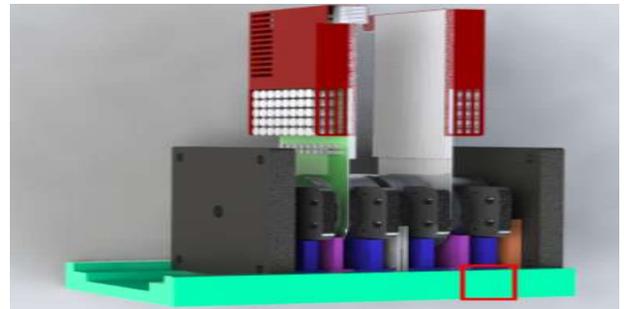


그림 1 DC 차단기 3D 모델링
Fig. 1 DC Breaker 3D Modeling

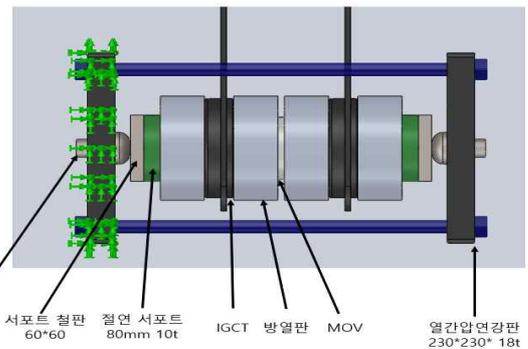


그림 2 DC 차단기 3D 모델링
Fig. 2 DC Breaker 3D Modeling

2. 3D Simulation 및 해석

그림 1과 같이 3D Simulation을 해석을 위하여 DC차단기 제작에 필요한 부품을 파트별로 물성치를 적용하여 모델링을 하였으며, 모델링한 부품들은 그림 2의 DC 차단기 형상으로 3D 조립하였다. 그림 3의 조립된 DC차단기 각 요소 별 해석을 위하여 단축 하중, 볼트 토크 하중, 압력 하중 50N ~ 70kN 적용하여 Simulation을 수행 하였다. Simulation 해석을 통하여 클램프의 분포력이 방열판, IGCT, MOV에 상단 부에서 중앙으로 하단부에서 중앙으로 일정하게 분포 되는 것을 확인하였으며 그림 5 IGCT, 그림 6의 MOV에 일정하게 압력이 가해지는

표 1 MC NyLON 물성 표
Fig. 1 DC Breaker 3D Modeling

| 열적성질 | | | |
|---------|-----------|--------------------|-------|
| 녹는점 | ASTMD696 | ℃ | 220 |
| 하중변형온도 | ASTMD648 | ℃ | 150 |
| 최고 사용온도 | ASTMD648 | ℃ | 170 |
| 기계적성질 | | | |
| 인장강도 | ASTMD638M | kg/cm ² | 850 |
| 신율 | ASTMD638M | % | 30 |
| 인장 탄성율 | ASTM638M | kg/cm ² | 32000 |
| 압축강도 | ASTMD695 | kg/cm ² | 960 |
| 충격강도 | ASTM256 | kg cm/cm | 5.5 |

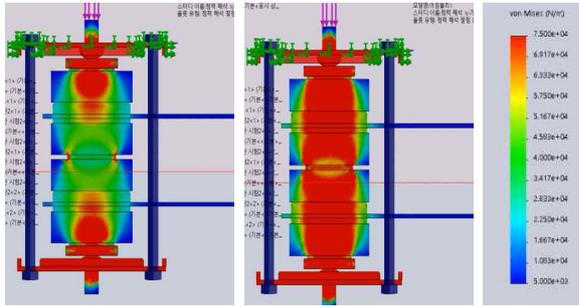


그림 3 DC차단기 응력 해석
Fig. 3 DC Breaker Stress Analysis

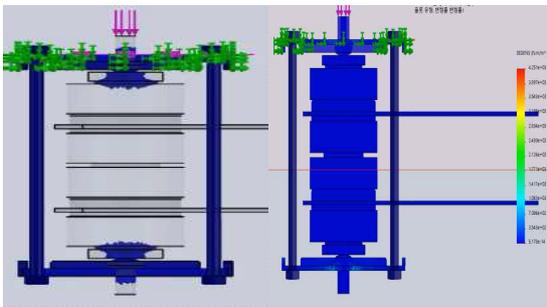


그림 4 DC차단기 분포력 해석
Fig. 4 DC Breaker Distributed Forces

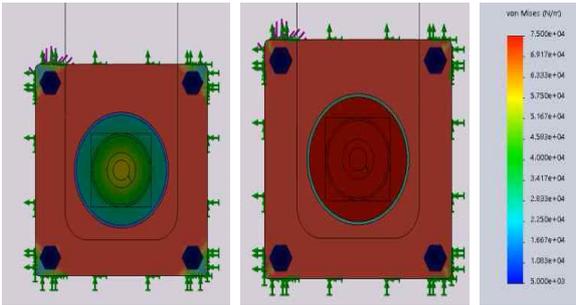


그림 5 IGCT 응력 해석
Fig. 5 IGCT Stress Analysis

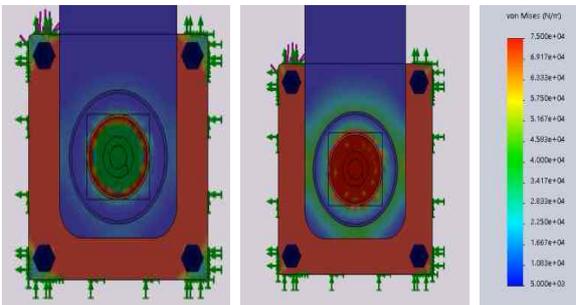


그림 6 MOV 응력 해석
Fig. 6 MOV Stress Analysis

3. DC 차단기 제작

그림 7과 같이 DC차단기 제작을 위하여 클램프 및 절연물을 가공 하였으며 차단기 조립 및 IGCT, 방열판, MOV에 일정한 압력을 가하기 위하여 클램프 조립용 지그를 별도로 제작하여 조립을 하였다. 조립 중 클램프 수직, 수평 토크를 확인하

기 위하여 수평계와 자를 활용 하였으며 IGCT, 방열판, MOV에 일정한 압력이 가해지는지 확인하기 위하여 그림 8과 같이 IGCT, 방열판, 방열판 MOV 사이에 각각 감압지를 넣어 분포도를 검증 하였다. 또한 일정한 압력을 가하기 위하여 토크렌치를 사용하여 상 좌->하 우->상 우->하 좌 순서대로 1kN씩 압력을 주어 클램프 조립을 하였으며, 조립 결과 시뮬레이션 결과값과 동일하게 DC 차단기 제작이 되었음을 확인하였다.



그림 7 DC차단기 조립
Fig. 7 DC Breaker Assembly

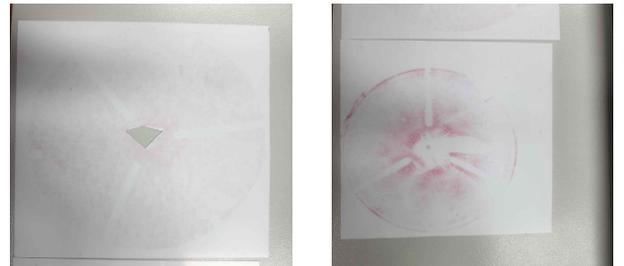


그림 8 IGCT, MOV 감압 시험
Fig. 8 IGCT, MOV decompression test

4. 결론

본 논문에서 고 전력 DC차단기 제작을 위하여 단축 하중 40kN에 변형이 없는 것을 검증하였으며 전체적인 힘의 분포도를 시뮬레이션 해석을 통하여 결과를 도출 하였으며, 제한한 방법으로 IGCT를 활용한 고 전력 DC차단기 클램프 제작하여 성능 검증을 하였다. 그 결과 IGCT 와 MOV에 일정한 압력이 가해지고 클램프는 70kN 까지 변형 및 소손이 없는 것을 검증 하였다.

이 논문은 2023년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. RS-2023-00252883)

참고 문헌

- [1] Björn Backlund, Toni Schweizer, ABB Switzerland Ltd, Semiconductors, November 2002