

컨버터 일체형 반도체 변압기 요구사항 검증

Transformer Integrated Semiconductor Requirements verified

이석주[†], 김연수*, 최형수*, 변재홍*Suk Ju Lee[†], Yoon soo kim*, Choi Hyung Soo*, Jea Hong Byun*

기존 광역도시철도차량의 경량화 및 안전성향상, 에너지효율 향상, 유지보수 비용 절감을 위하여 컨버터 일체형 반도체 변압기를 개발함에 있어 반드시 검증해야 하는 요소를 선정하고 검증기준 및 검증방안에 대해 서술한다.

주요어 : 반도체 변압기, 요구사항, 추진장치

1. 서론

새로운 시스템을 개발함에 있어 검증 해야 할 중요 요소로써 충분한 요구성능, 운용 환경에서의 안정성, 장애발생 시 신속한 조치 방안으로 구분 할 수 있다.

이 사항은 설계 단계에서 FMECA(Failure Mode Effects Critical Analysis)를 통하여 안전성, 신뢰성을 확보한 후 이를 검증 하기 위한 기준과 방법을 제시해야 한다.

2. 본론

2.1 성능 시험

추진제어 시스템의 주요 성능으로는 출력용량, 전력회생 능력으로 볼 수 있다.

첫째, 전력반도체소자의 출력을 제한하는 것은 발열에 의한 온도상승이므로 정격 출력 및 허용과부하 시에도 일정 온도 이하를 유지해야 한다.

소자의 온도발생 요인으로 주로 전력변환시 수반되는 도통 손실 및 스위칭 손실에 따른 발열로 볼 수 있다.

전력반도체 소자의 온도가 상승하게 되면 출력특성이 변화하게 되며, 특히 소자의 수명이 단축하게 된다

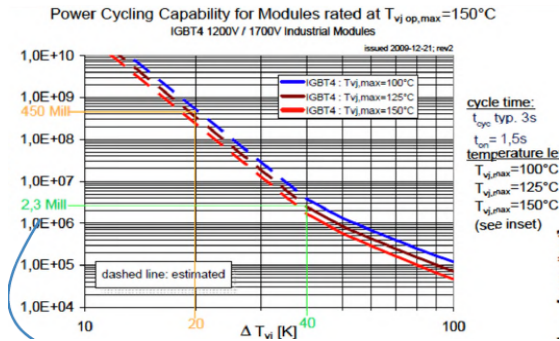
일정온도 이하를 유지하기 위해서는 출력에 따른 충분한 용량의 전력변환소자를 선정해야 하며, 소자의 온도상승 억제 대책으로 스위칭 손실 저감을 위한 효율이 높은 소자 선택 및 여유용량 설계 방안이 있다. 여기에 적절한 냉각 시스템을 구성해야 한다. 추진제어 시스템 내 주요 온도측정 포인트는 다음과 같다

Table 1 주요 온도측정 포인트

| 부위 | 측정 POINT | 비고 |
|--------------|-------------------|---------|
| BOX | 내, 외부 공기 | |
| Stack | Junction 부 | 100 ℃이하 |
| FC | - | 70 ℃이하 |
| Power Supply | Gate Power Supply | 80 ℃이하 |
| Bus Bar | 입, 출력 | |

아래 그림은 전력반도체 소자의 표면온도가 높을수록 소자의 수명이 짧아지는 것을 알 수 있다.(1사 전력반도체소자의 온도관련 데이터)

† 교신저자: 한국철도공사 연구원
(milky-way@korail.com)



[그림 1]

둘째, 에너지 절감을 위한 회생제동시 발생하는 전력을 충분히 수용 가능해야 한다.

철도차량의 회생시스템은 제동성능 확보, 제륵자 마모에 따른 유지보수성 향상, 전력에너지 절감 등의 이유로 활용되는 시스템이다. 회생 전압이 높게 되면 타 차량에서 전력을 쉽게 사용할 수 있어 전력의 재 사용율은 높아지게 되나, 너무 높게 선정하면 시스템 내 절연체계가 위협을 받게 된다. 전력 회생 시 검토요소로서 전차선 전압과의 위상 일치 및 전차선 전압보다 높은 회생전압, 회생 실효 시 대책을 검토해야 한다.

회생관련 기능은 완성차시험 및 시운전 단계에서 확인해야 한다.

2.2 장애예측 및 예방

시스템 설계 시 신뢰성과 경제성은 상반된 요소이므로 상호간의 적절한 균형이 필요하다. 경제성을 고려한 설계 시 허용되는 장애요소에 대하여 신속한 검출과 대응설계가 필요하다. 운행중 예상되는 장애종류에 대하여 아래 표와 같이 대책을 수립 할 수 있다.

Table 2 장애요인과 대책

| 구분 | 대책 | 비고 |
|-------------|-------|--------------|
| 1,2차 접지 | MCB차단 | |
| 1차 과전류 | MCB차단 | |
| 2차 과부하 | MCB차단 | 2ms 이상 |
| 입력과전압 | 노치오프 | 30KV |
| 입력 저전압 | 리셋 | 17.3KV |
| Wheel Slide | 리셋 | During 300ms |
| Wheel Skide | 리셋 | During 300ms |

2.3 운용환경 안정성

철도차량은 진동, 분진 및 가혹한 전자파 환경에서 운행하게 되므로 이에 대한 안정성을 입증해야 한다. 또한 최근 고객품질 향상을 위하여 소음 및 주변 전자파 발생억제도 고려해야 한다.

Table 3 환경요구사항 검증

| 분류 | 시험방법 | 적용기준 |
|-------|---------------|-----------------|
| 안전 | 필터 캐패시터 방전 | 1 분이내 50VDC 이하 |
| 진동 | KSC IEC 61373 | 1 종 B |
| 환경 | IEC 60068 | -40 ~ 85 °C |
| 전자파 | IEC 62236-3-2 | |
| 소음시험 | IEC 60076-10 | 1m 이격거리 70dB 이하 |
| 절연저항 | 고압-저압-접지 | 100MΩ |
| | 저압-접지 | 30MΩ |
| 방수 시험 | IEC 60529 | IP56 |

3. 결론

컨버터 일체형 반도체 변압기는 기존의 추진시스템을 대체 할 차세대 시스템으로써 향후 도시철도 차량의 주요 시스템으로 자리잡게 될 것이다. 개발품의 높은 신뢰성과 수명주기 비용의 절감을 위해서는 RAMS의 만족과 예상되는 장애에 대한 신속한 보호동작이 수행되어야 한다.

본 연구는 국토교통부 철도기술연구사업의 연구비지원 (과제번호 19RTRP-146050-02)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] 홍용기,(2011) 철도차량 시스템 기술 RAMS pp. 430-433.
- [2] 송기수. (2013) 기계계열 신뢰성공학 기초 리스크 설계기준 277-278.P
- [3] 신휘범. (2013) 전력전자공학의 기초 I 141P