운영효과성을 기반으로 한 보조전원장치 최적화 설계

A study on Operational effectiveness optimized Design of a Resonant Auxiliary Power Supply

최성호†, 박문규*, 김길동**, 구정서***

Seong-ho Choi†, Mun-gyu Park*, Gil-dong Kim, Jeong-seo Koo**

초 록 최근 철도차량 전장품의 효율성 개선 및 경량화에 집중하는 경향이 있다. 이 같은 목표를 성취하기 위하여 공진형 전력변환기술에 의해 보조전원장치가 개발되었다. 하지만 국내 철도 서비스 목표 및 운영조건을 기반으로 개발되지 않아서 운영 스케일-업을 위한 시스템 성능이 평가되지 못해 국내 차량 시스템에 적용은 물론 해외시장 진출에 어려움을 겪고 있다. 따라서 본 논문은 공진형 전력변환기술을 적용한 보조전원장치를 도시철도 서비스 목표 및 운영환경조건에 최적화할 수 있도록 시스템 수준의 설계 성능을 결정하고 하위 시스템에 할당하는 방법을 제시한다.

주요어 : 공진형 전력변환 기술, 보조전원장치, 운영환경 조건, 설계 성능 및 할당

1. 서 론

많은 종류의 입출력 전압을 변환하는 보조전원장치는 제어 및 구조가 복잡한 특성을 갖고 있어 효율성 개선 및 경량화에 어려움을 겪어 왔으나 공진형 전력변환기술 개발에 의해 효율성과 하중을 크게 개선하였다. 하지만 개발과정에서 운영 최적화보다는 기술 위주의 개발로 서비스 운영환경조건에 최적화하지 못해 운영 스케일-업(scale-up)을 위한 운영 최적화된 운영효율성(operational effectiveness)기반 설계 조건을 산출하여야 한다.[1] 따라서 시스템 운영최적화 설계 성능 산출 및 하위 시스템 할당[2]을 제시한다.

2. 철도차량 RAM 지수 설계 절차

그림 2.1은 철도시스템의 고객 서비스 목표 및 운영환경조건을 시스템 설계 성능으로 전환하는 절차를 제시하고 있다.[3] 이 절차에 의해 할당된 지수는 유사시스템의 성취 결과와 위험성 평가와 경제성을 고려하여 효과적인 하부시스템 아키텍처 맵핑(mapping)하기 위해 적용된다. 할당기술은 미국방성 규격에 의해 4가지가 제시되었으나 일반적으로 하위 시스템의 정보와 데이터에 따라 균등분할 및 ARINIC 분할기술이 일반적으로 적용된다.[4]

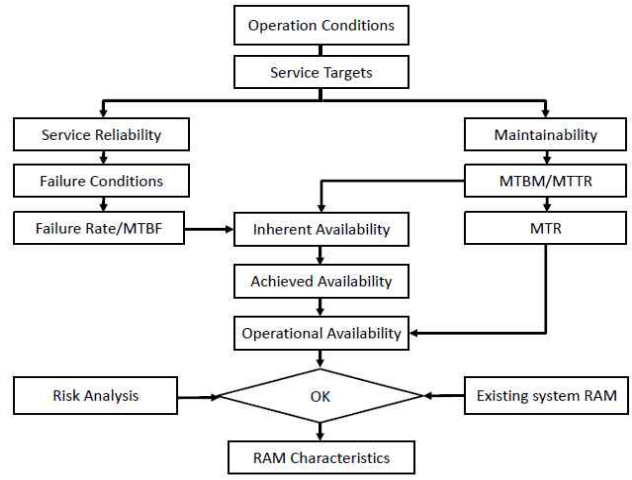

Fig. 2.1 A process for quantitative of RAM

3. 보조전원장치의 신뢰성 할당

그림 3.1과 같이 철도차량의 보조전원 장치를 주회로 장치에 직렬로 구성하여 그림 3.2와 같이 블록다이어그램을 구성하였다.

† 교신저자: 서울과학기술대학교 철도전문대학원 shchoi@vectech.co.kr)

* 서울과학기술대학교

** 한국철도기술연구원

*** 서울과학기술대학원 철도전문대학원

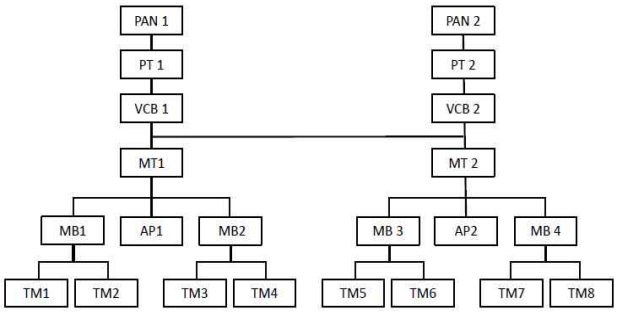

Fig. 3.1 A main power circuit of rolling stock

그림 3.2의 시스템 구조에서 기능 A그룹은 시스템의 안정감을 높이기 위하여 차량 유닛 내부는 직렬로 각 유닛과는 병렬로 구성하였다. 또한 그룹 B는 시스템 구조에 따라 직렬로 그룹 C은 주동력과 보조 동력으로 구분하였다. C그룹의 주동력 그룹은 3 out of 4 구조를 적용하였다.

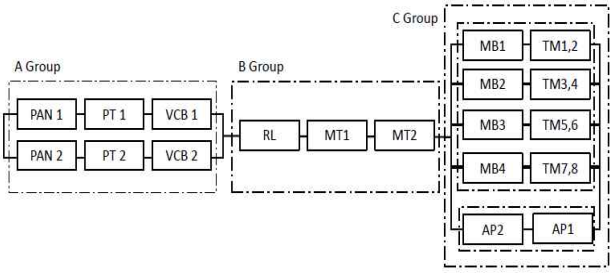

Fig. 3.2 A block diagram of main circuit

그룹A는 식 3.1에 의해 각 유닛 간 신뢰성을, 식 3.2에 의해 유닛 내부의 신뢰성을 유닛을 a,b로 구분하여 산출하였다.

$$R = 1-(1-R_a)(1-R_{b)} \qquad (식3.1)$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = (R_{a1})^{\frac{1}{3}} \qquad (식3.2)$$

그룹B는 신뢰성은 직렬로 할당 적용하였다. 하지만 지붕설비(RL)보다 주변압기(MT)의 시스템 중요성(Weight)도 고려하여 보정하였다. 그룹 C은 주동력(MB-TM)과 보조동력(AP) 그룹으로 구분하여 직렬할당 한 후 중요도를 고려하여 보정한다. 식 3.3~5는 주동력시스템은 3 out of 4구조로 3단계로 구분하여 할당하였다. 보조전원장치는 시스템에 대하여 직렬구조로 식 3.6에 의해 균등 분할하였다. 이와 같이 할당된 보조전원장치의 신뢰성은 유사시스템, 위험평가 및 경제성 평가결과가 다시 고려되어 보정되어야 한다.

$$Rc = 1-\sqrt[4]{1-R_c} \qquad (식3.3)$$

$$R_c = \sum_{x=1}^{4}\binom{4}{x}R\frac{x}{C_1}(1-R_{C_1})^{4-x} \qquad (식3.4)$$

$$R_1 = R_2 = R_3 = (R_C)^{\frac{1}{3}} \qquad (식3.5)$$

$$R = R_2 = (R_{a1})^{\frac{1}{2}} \qquad (식3.6)$$

이와 같은 순서를 통해 순차적으로 보조전원장치의 신뢰성에 따른 설계 수준을 결정하고 이를 기반으로 유지보수성 및 가용성을 단계적으로 고려하여 결정한다.

4. 결론

본 논문은 공진형 기술에 의해 개발된 보조전원장치의 도시철도 운영환경조건에 최적화하기 위한 시스템 설계 성능을 결정 하는 절차와 이를 하위시스템에 할당하는 기술을 신뢰성을 중심으로 제시하였다. 철도네트워크가 국제적으로 통합되어 하나의 시장으로 변화되면서 대부분의 철도프로젝트 가 운영최적화하는 설계를 요구하고 있다. 하지만 데이터 및 기술의 부족으로 효과적으로 운영조건을 설계 반영하지 못하고 있다. 하지만 단계적이고 지속적으로 해외 표준 규격을 기반으로 지속적이고 단계적으로 운영성능을 적용할 필요가 있다.

참고문헌

[1] EN 60300-2(2004),“Dependability Management-part2–Guidence for dependability management”, European standard

[2] MIL-HDBK-388B (1998), “Electronic Reliability Design Hand Book”, Military

[3] EN 50126-1 (1999), “Railway application – the specification and demonstration of RAMS –Part 1: Basic requirements and generic process”, European standard

[4] EN 50126-3 (2006), “Railway application – the specification and demonstration of RAMS –Part 3: Guide to the application of EN 50126-1 for rolling stock RAMS”, European standard