

동북아 철도망 연계를 위한 궤간가변장치 개념설계

On the conceptual design of the gauge-adjustable wheelset for the north-east asia network

장승호*, 나희승**, 한준석***

ABSTRACT

A gauge-adjustable system can be used for the fast and safe transportation in the railways with different gauges instead of transshipment or bogie-changing. The system will be necessary to connect the trans-Korean railway with the transcontinental railway effectively. In this paper, the technical requirements for the gauge-adjustable system used for the north-east asia network were studied and the conceptual design of the system was performed. For the purpose, the specification was made and the QFD and TRIZ methods are used.

1. 서론

현재 추진되고 있는 남북철도 연결이 이루어지면 우리나라는 이에 더 나아가 철의 실크로드와 연계하여 21세기 동북아 교통물류중심지로 도약하고자 하고 있다. 이에 따라서 그에 대비한 대륙철도 통합 연계기술 연구가 시급히 필요하다. 남북철도와 대륙철도의 연계를 위해서 가장 대두되는 문제는 우리나라가 표준궤간 (1435 mm)의 레일을 이용하는 반면 러시아가 광궤 (1520 mm)를 이용하는 데서 기인한다. 이러한 문제를 극복할 해결방안으로 궤간수정, 환적, 대차교환과 궤간가변 차량의 이용이 있을 수 있다. 이 중에서 궤간가변 시스템의 이용은 궤간 변경의 속도가 비교적 매우 빠르며 변경 지점에서 정속한 운행이 가능하고 위험물 수송에도 적합한 장점이 있다 [1,2]. 현재 스페인, 독일, 폴란드, 일본, 러시아에서 궤간가변 시스템이 개발되었거나 개발 중으로 자국 상황에 적합한 독자적인 기술을 개발하여 특허로써 보호하고 있으며, 우리의 경우도 동북아 철도망의 운행 환경에 적합한 시스템을 개발할 필요가 있다 [3,4].

본 논문에서는 본 논문에서는 동북아 철도환경에 적합한 궤간가변장치의 요구조건을 살펴보고 이에 적합한 궤간가변 윤축의 개념설계를 수행하였다. 개념설계 시 설계사양서를 작성하고 QFD 방법을 통해 설계 목표를 설정하였으며, TRIZ법을 이용하여 개념전개를 수행하였다.

2. 궤간가변 장치의 개념설계 절차

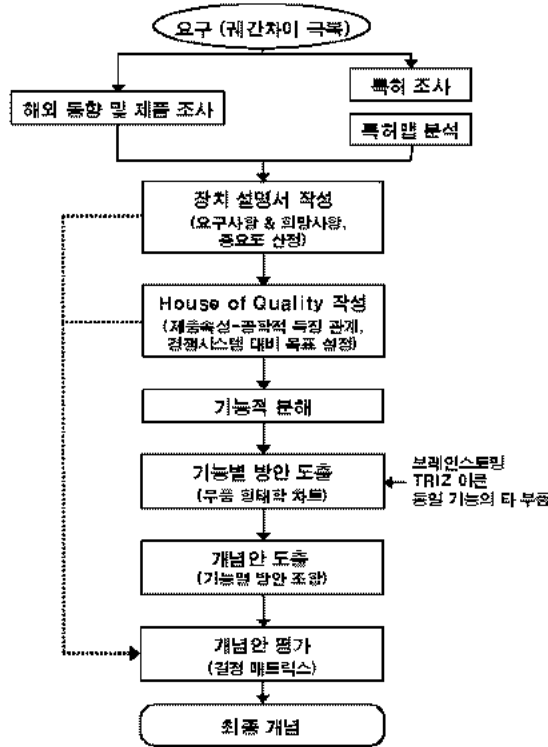
설계는 그 결과의 신규 정도에 따라서 적응설계 (adaptive design), 개발설계 (development design), 새로운 설계 (new design)으로 구분 되는데, 본 과제에서 다루는 궤간가변장치의 설계는

* 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

** 한국철도기술연구원 선임연구원, 정희원

*** 한국철도기술연구원 연구원

개발설계에 해당한다고 할 수 있다. 레간가변의 근본적인 개념은 새로운 것이 아니며 특히 차륜-윤축 시스템의 기반을 두고 그 역할 또는 성능을 추가하는 설계에 해당하기 때문이다. 여기서는 또한 개념설계만을 다루고 있으며 그 절차를 도식화하면 <그림 1>과 같이 표현된다.



<그림 1> 레간가변장치의 개념설계 절차.

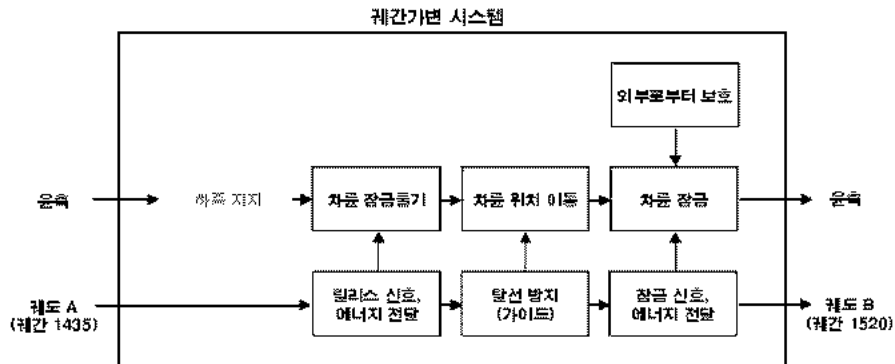
먼저 우리나라의 남북철도 연결 및 대륙철도 연계 시 각국 레간차이로 발생하는 문제로 인하여 이를 극복하여야 하는 필요성이 발생하였고 따라서 본 장치에 대한 요구로부터 설계는 시작한다. 설계 및 목표 설정을 위한 기초 자료 수집을 위하여 해외 기술 동향과 기존 특허 조사 및 분석을 병행해 수행한다. 해외 기술 동향 파악에서는 현재 레간가변장치를 개발하거나 운영 중인 스페인, 독일, 폴란드, 일본에 대해서 이루어졌고, 특히 관련해서는 US, PCT, EPO, PL, JAP, 한국특허 등 레간가변 관련 특허 344건에 대해서 조사 및 특허맵 분석이 이루어진 바 있다 [3-5]. 다음으로 QFD방법(품질기능전개법)을 적용하여 개념설계에 활용하였으며, 이것은 크게 설명서 작성과 품질의 집(house of quality) 작성으로 이루어진다. 우선 개발 대상 장치에 대한 요구 사항들을 정리한 장치 설명서를 작성한다. 이때 필수 조건과 희망 조건 항목들이 정리되며 각 항목들의 중요도를 결정한다. 이러한 제품 속성을 기반으로 장치가 가져야 하는 공학적 특징을 적고 서로 간의 상관관계 정도를 나타낸다. 또한 공학적 특징 간의 관계를 나타낸 후, 경쟁 대상이라고 할 수 있는 기존의 스페인, 독일, 폴란드 장치에 대한 각 항목 점수를 나타낸다. 결국 위의 것들을 바탕으로 설계하고자 하는 본 레간가변장치의 목표치를 결정하게 된다. 이후 절차는 이루고자 하는 전체 기능을 하부 기능들로 분해한 후 각 하부 기능들에 집중하여 기능별 방안들을 도출한다. 이 부분이 창의성이 가장 많이 요구되는 부분 중에 하나이다. 이러한 작업을 돕기 위해 유사 기능의 주변 장치들을 조사와 브레인스토밍

과 TRIZ법 등이 이용되어졌다. 도출된 각 기능별 방안들을 나열하여 부품 형태학적 차트(morphology)를 작성한다. 형태학적 차트로부터 각 기능별 방안들을 조합하여 전체 장치의 개념안이 도출된다. 이와 같이 도출된 몇가지 개념안들을 대상으로 결정메트릭스를 작성하고 평가를 수행한 후에 최종적인 개념안을 내게 된다. 여기서 최종안은 반드시 하나일 필요는 없으며, 실현 가능하며 요구에 적절히 부응하는 2~3개의 개념안도 가능하다.

3. 설계 요구사항 및 기능적 분해

레간가변장치의 기능적 구조는 간결하게 설명하자면, 철도 화차의 차륜의 폭을 2가지 이상의 값으로 자동으로 변화시키는 것이며 변환이 진행되지 않을 경우 하나의 값으로 고정시킬 수 있는 것이다. 그러나 이러한 장치의 설계에서 단순히 그러한 기능적 목적만을 충족시키면 되는 것이 아니며 동북야 네트워크상의 실제 운영에 있어서 다양한 요구사항이 존재하므로 이들 모두를 고려하여야 한다. 그러한 요구조건들은 처음부터 완전히 명확하지 않을 수 있으며, 경쟁력 있고 성능이 우수한 레간가변장치를 개발하기 위해서는 그러한 요구조건들과 문제들을 잘 이해하여야 한다. 본 논문에서는 품질기능전개법(Quality Function Deployment method; QFD method)을 이용하였다. 즉, 레간가변 장치의 필수 사항들과 희망 사항들을 정리한 장치 설명서를 작성하였으며, 제품속성과 공학적 특징 간의 관계 및 설계 목표를 설정한 품질의 집(house of quality)을 작성하고 활용하여 개념설계를 수행하였다.

우리나라의 경우에 기존에 레간가변 장치의 개발에 대한 경험이 없다. 따라서 레간가변 장치의 개념설계에 있어서 체계적인 설계 절차가 필요하게 되며 문제를 세분화하여 단순화시켜 설계를 수행함이 유리하다. <그림 2>는 레간가변 장치를 독립적인 하부시스템으로 분해한 개념도이다.



<그림 2> 레간가변장치의 기능구조.

차륜의 잠금을 풀고 차륜을 이송시키고 차륜을 다시 잠그고 하는 가장 기본적인 작업이 수행된다. 그럼에서 초반의 하중 지지 기능은 반드시 필요한 기능이 아니지만 레간변환 시 진동과 부품의 마모 등을 줄일 수 있는 것으로 설계 방향에 따라서 포함하거나 포함하지 않을 수 있다.

4. 기능별 방안 및 개념안 도출

앞에서 구분되어진 각 기능들에 대하여 그 해결방안이라고 할 수 있는 각각의 개념들을 전개한다. 이 작업은 설계에서 가장 창의성이 요구되는 부분이기도 하다. 이 때 브레인스토밍, TRIZ 이론, 적용처가 다르면서 유사기능을 수행하는 기존 메커니즘들 조사를 이용하였다. 브레인스토밍은 영감

에 의해서 떠오르는 아이디어를 수집하는 것으로 다소 양적인 방법이다. 반면에 TRIZ 이론은 체계적인 혁신을 표명하는 방법이다[6].



〈그림 3〉 레간가변장치의 개념안 도출 예.

각 기능별 방안들의 조합에서는 공학적인 감각이 요구되어진다. 〈그림 3〉은 기능별 방안들의 조합으로써 도출된 개념안의 예를 나타내었다. 본 개념을 살펴보면 차륜과 플랜지 디스크가 축 방향의 병진운동만이 가능하고 축과 상대적으로 회전할 수 없으며 잠금기구는 회전만이 가능하고 병진운동이 불가능하다고 한 것이다. 조합 및 전개에서 TRIZ의 'local quality', 'nesting', 'spheroidality', 'moving to a new dimension' 원리가 이용되었다. 〈그림 3〉의 개념안인 경우 하나의 잠금 기구를 사용하여 차륜의 위치 고정과 해제를 가능하게 함으로써 부품수를 줄이고, 각 부품들이 유기적으로 작동되며 구조적 강성을 향상시킬 수 있는 구조이다. 또한 기존 시스템과 비교하여 유지보수가 용이하고 비용을 절감할 수 있는 효과가 있다. 또한, 차축 중심과 수직방향으로의 부피를 대폭 줄임으로써 용이하게 대차 프레임에 장착할 수 있고, 회전관성이 줄어 에너지 절약 측면에서도 유리하다.

5. 결론

본 논문에서는 동북아철도 레드위크에 적용할 수 있는 레간가변 장치의 요구사항을 파악하고 개념설계를 수행하였다. 본 연구의 결과는 기존 특허에 대응하여 독자적인 메커니즘을 개발하고 향후 상세설계를 통해 동북아 운행 환경에 최적인 레간가변 시스템을 개발하는 데 활용될 수 있을 것이다.

감사의말

본 연구는 국가고용형성기술개발사업의 일환으로 건설교통부의 연구지원에 의해 이루어졌습니다.

참고문헌

1. 한국철도기술연구원 (2004), "레간 가변 장치 기술 개발 (1차년도 보고서)."
2. Isao Okamoto (2000), "World trend of gauge change train," RTRI Report, vol. 14(10), pp. 1-6.
3. (US 3,974,780, "Changeable Gauge Railing Truck," 1976. 8. 17) 의 레간가변 특허 자료 다수.
4. "레기 레간가변 시스템의 기술적 특성 비교 연구," 한국철도학회 춘계학술대회 논문집.
5. 레간가변 시스템의 특허별 분석 연구," 한국철도학회 춘계학술대회 논문집.
6. D. G. Ullman, "The mechanical design process," 3rd ed. McGraw-Hill, 2003.