

논문 16-12S-9

## 고속철도차량용 전기장치의 온도특성에 관한 연구

### A Study on Temperature Characteristics of Electric Apparatuses for High Speed Train

한영재\*, 양도철\*, 장호성\*\*, 최종선\*\*\*, 김정수\*\*\*

(Young-Jae Han\*, Doh-Chul Yang\*, Ho-Sung Chang\*\*, Jong-Sun Choi\*\*\*, and Jung-Su Kim\*\*\*)

#### Abstract

Recently, as the road capacity reaches the limit and environmental problems becomes serious, there is gradually increased a need for railroad vehicles that are environment-friendly and have time regularity, reliability, and safety. Accordingly, in addition to conventional railroad vehicles, lots of vehicles are being newly developed.

We developed the hardware and software of the measurement system for on-line test and evaluation of korean high speed train. The software controls the hardware of the measurement system and acts as interface between users and the system hardware.

In this paper, practical experiment are performed to verify mechanical performance of motor and main transformer for Korean high speed rail. The experimental test carried out by using new temperature measurement method and verify the temperature performance of motor and transformer is verified.

**Key Words** : Railway, Transformer, Motor, Temperature measurement, Software

#### 1. 서론

최근들어 남북철도나 대륙횡단열차 등에 대한 사업성 타당조사가 이뤄지면서 고속철도차량에 대한 관심이 증가하고 있다. 항공기와 선박 등 타 교통수단과 비교하여 철도차량은 환경친화적이고, 안전하기 때문에 앞으로도 더욱 의존도가 높아지리라 여겨진다.

고속철도차량에는 주변압기, 주전동기 등과 같은 많은 전기장치들이 취부되며, 차량에 취부된 전장품들은 차량의 성능을 결정하는 요소가 된다. 따라

서 각 전장품들의 소손이나 내구성 수명에 절대적인 영향을 미치는 온도특성을 파악하는 것은 중요한 것이다. 그러나 전기장치에 대한 온도특성은 형식시험을 할 경우에 한번만 실시하고 상시 측정하지 않기 때문에, 실제적으로 온도가 각 장치에 미치는 영향을 파악하는데는 많은 어려움이 있었다.

통상적인 온도측정의 경우에는 개별적으로 전기장치들의 온도를 측정하였으나, 본 시스템은 개별적으로 온도를 측정하는 것뿐만 아니라 동시에 각 전장품들의 온도를 측정할 수 있도록 하여 장비설계에 들어가는 시간과 계측장비의 제작단가를 크게 낮출 수 있었다. 무엇보다도 각 전기장치들의 온도를 상시 감시할 수 있게 되어서 여러 조건에 따른 각 장치들의 온도 특성을 정확히 파악할 수 있게 되었다[1,2].

본 연구에서는 이와같이 구축된 측정시스템을 이용하여 한국형 고속철도차량용 주변압기와 견인전동기의 속도, 주행시간 등에 따른 온도특성을 연구하였다.

\* : 한국철도기술연구원 고속철도기술개발사업단  
(경기도 의왕시 월암동,  
Fax: 031-460-5649

Corresponding Author : yjhan@krii.re.kr)

\*\* : 홍익대학교 전기전자컴퓨터공학부

\*\*\* : 홍익대학교 전자전기공학부

2003년 4월 21일 접수, 2003년 5월 26일 1차 심사완료,  
2003년 6월 30일 2차 심사완료, 2003년 8월 11일 최종심사완료

## 2. 온도측정 시스템

### 2.1 시스템의 구성

전기장치 온도측정 시스템에 입력되는 내용은 크게 두 가지로 구분된다. 첫 번째는, 그림 1은 주변압기의 온도측정을 위한 구성도로서 측정위치로부터 직접적으로 계측장비에 온도값이 입력되는 경우이다. 이 때는 노이즈 방지를 위해 접촉부위에 운모를 사용하였다. 두 번째는 견인전동기 온도를 입력받을 때처럼, 제작시에 미리 심어둔 온도센서로부터 온도를 입력받아 컨디셔너를 거친 후에 계측장비로 입력되는 경우이다. 그림 2는 견인전동기 온도측정 구성도를 나타낸다[3-6].

그림 3과 그림 4는 전기장치와 관련된 여러 정보를 입력받는 계측시스템의 모듈 구성과 외형도이다. 이 시스템을 통해 주변압기 및 견인전동기의 온도를 입력받을 수 있다. 그림 5는 견인전동기에서 오는 신호의 노이즈 차폐를 위해 사용된 3B Module을 보여준다.

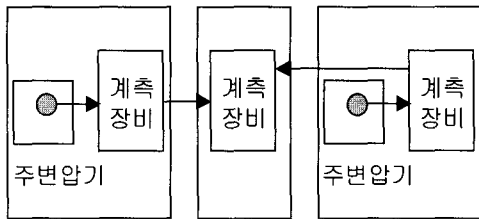


그림 1. 주변압기 온도측정 구성도.  
Fig. 1. Composition of temperature measurement for main transformer.

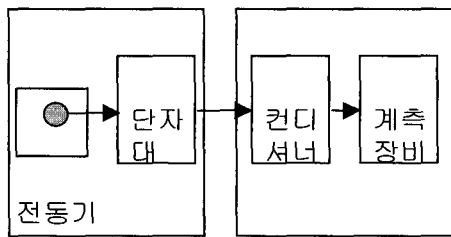


그림 2. 견인전동기 온도측정 구성도.  
Fig. 2. Composition of temperature measurement for traction motor.

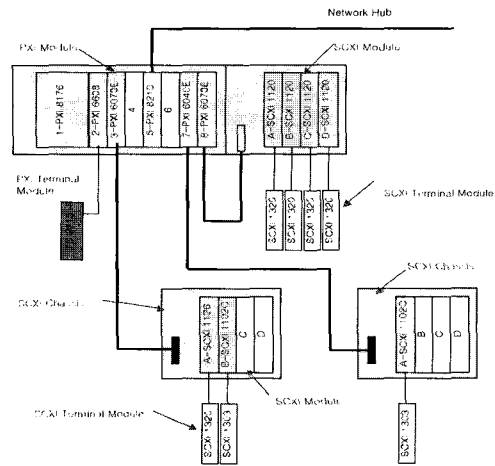


그림 3. 계측시스템의 모듈 구성.  
Fig. 3. Module composition of measurement system.



그림 4. 계측시스템의 외형도.  
Fig. 4. Shape of measurement system.



그림 5. 3B Module 외형.  
Fig. 5. Shape of 3B Module.

2.2 프로그램의 구성

모듈별 계측 프로그램은 Hardware configuration, Software configuration, Diagnosis 및 Test의 4개 중요한 기능으로 분리되며, 동일한 프로그램으로 Hardware/Software configuration을 수정하여 계측 모듈에서 사용할 수 있도록 하였다[7].

Hardware configuration은 각 계측모듈에 사용된 NI제품인 Hardware를 정의하는 부분으로 각 모듈에 실제 사용된 chassis no., module no. 및 model no.를 NI에서 제공하는 Driver를 이용하여 Hardware의 설정을 행한다.

Software configuration은 Hardware적으로 설정된 채널에 대해 채널의 사용여부 판단, Calibration, 실제 물리량으로의 변환, 최대/최소값 설정, 계측제한범위 설정, 통합 모니터링 모듈로의 전송여부 판단 등을 하는 부분이다.

Diagonosis는 시운전 시험계측 전에 계측 신호의 이상여부를 확인하기 위하여 구성된 모듈로서 각 모듈별 계측 담당자는 계측 장비의 전원인가 후 각 채널의 이상 여부를 확인하여 시험계측 전에 원인 규명과 해결을 수행하기 위하여 구성하였다.

Test는 실제로 계측된 신호의 현시, 저장 및 이 신호를 이용하여 계산된 값을 저장하는 것이다. 계측의 시작/끝, 데이터의 저장은 Main computer의 지령에 따라 수행되며, 계측신호는 그림 6에서 볼 수 있는 바와 같이 각 모듈의 모든 신호의 현시와 이상여부의 확인이 가능하며, 선택적으로 일부 신호를 그래프로 모니터링할 수도 있도록 되어있다.

계측모듈에서 계측된 채널의 데이터를 동기시간과 함께 이진수로 저장을 한다. 시운전시험이 2시간 이상이 필요한 경우도 많기 때문에 가능하면 데이터의 저장용량을 줄이기 위해 이진수로 저장을 하도록 하였다. 각 모듈에 저장된 데이터는 그림 7의 계측데이터 처리 흐름도에서 볼 수 있듯이 외장 Hard Disk에 백업되며, 후처리 프로그램을 통해 시험결과를 분석할 수 있다.

후처리 프로그램은 분리/계산과 분석의 2과정으로 나누어진다. 분리/계산과정은 저장된 모든 채널의 데이터를 동기시간에 대하여 각 채널별로 분리시키고 동시에 특정한 목적에 필요한 계산을 수행한다. 이 과정에서 채널별로 분리된 데이터 및 계산데이터는 각 채널이름 및 계산에 사용된 이름으

로 각각 저장된다. 그림 8은 분리/계산과정중 계산을 진행하고 있는 상태를 나타내며, 실제 계측시간이 1시간인 경우에 분리/계산과정은 약 30분 정도가 소요된다.

분석과정은 각 채널별로 분리 및 계산이 완료된 후에 진행된다. 이 과정에서는 전 시험구간 및 특정구간의 계측데이터의 분석, 보고서 양식으로 플롯 및 특정구간 데이터의 저장 등을 수행할 수 있다. 그림 9는 특정구간에 대한 계측데이터를 저장하는 화면을 나타낸 것이며, 계측 및 계산 데이터를 Binary 또는 Text format으로 저장할 수 있다. 이 저장 데이터에는 열차의 속도와 위치에 대한 정보도 함께 저장시킬 수 있도록 되어있다.

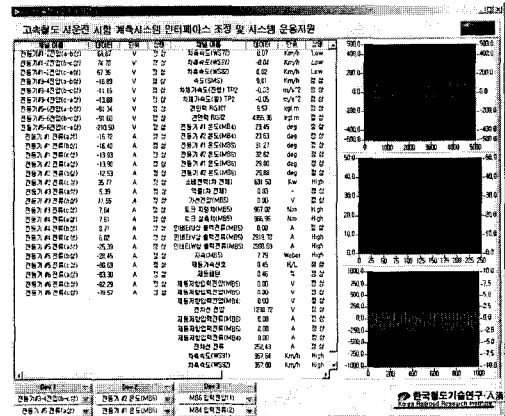


그림 6. Test 화면.  
Fig. 6. Test picture.

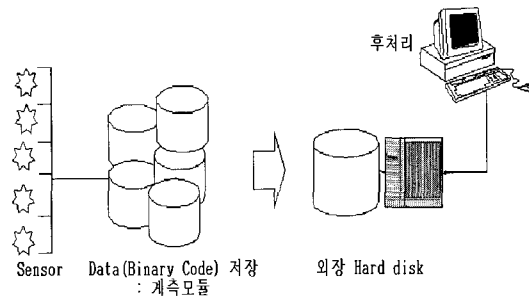


그림 7. 계측데이터 처리 흐름도.  
Fig. 7. The process flow of measurement data.

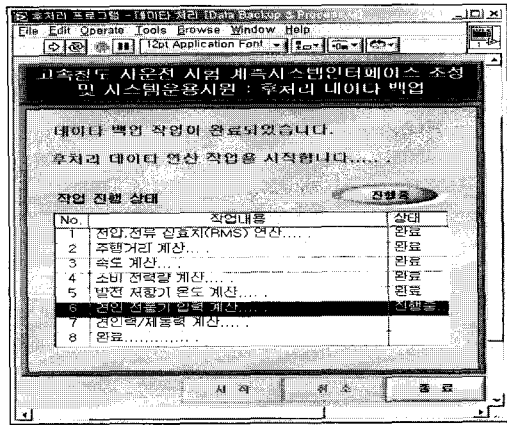


그림 8. 후처리 프로그램 계산 상태.  
Fig. 8. Calculation State of Post Processing Program.

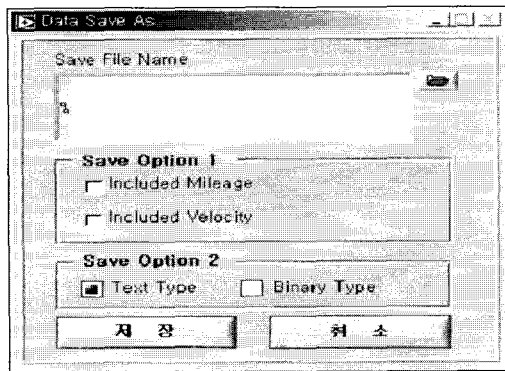


그림 9. 데이터 저장 화면.  
Fig. 9. Data Save Picture.

### 3. 시험 결과

견인전동기, 변압기는 서로 다른 기준온도를 갖고 있으며, 이 기준치를 넘어갈 경우에는 치명적인 고장을 일으킬 수가 있다. 이것을 방지하기 위해서 견인전동기 온도과열의 경우에는 Motor Block의 가동을, 변압기 과열의 경우에는 네트워크망을 통해 SCU에 고장신호를 내보내 가동을 중단시키고

있다. 견인전동기는 180℃, 변압기오일 135℃, 변압기 외함 190℃으로 설정되어 있다[8-11].

그림 10과 그림 11은 차량속도를 처음에는 50km/h로 주행하다가 나중에는 80km/h로 운행할 때의 파형이다. 그림 10은 MB5(Motor Block)호기와 MB6호기에 위치한 전동기 4대의 시간에 따른 온도변화 그래프이다. 차량이 주행중일 때는 전동기의 온도가 증가하다가 차량이 정지해 있을 경우에는 속도가 다시 내려가는 전형적인 형태의 온도 특성 곡선을 볼 수 있다. 초기온도가 40℃까지 상승해 있는 것은 차량운행을 시작한 시점보다 시험 계속한 내용을 저장하기 시작한 시간이 늦었기 때문이다. 속도가 80km/h정도에 불과하고, 운행시간이 짧아 최고온도는 83℃까지 밖에 상승하지 않았다.

그림 11은 변압기 오일과 외함 온도변화 내용을 보여준다. 차량 편성 측면에서 보았을 때, TF1(Transformer)은 PC1(Power Car)에, TF2(Transformer)는 PC2(Power Car)에 취부되어 있는 변압기를 의미한다. 주행중일 경우에는 냉각팬이 빠른 속도로 회전하기 때문에 온도의 상승이 억제되지만, 정지시에는 냉각팬이 느린 속도로 회전하기 때문에 온도가 상승하는 것을 볼 수 있다. 초기온도가 39℃까지 상승해 있는 것과 최고온도가 낮은 이유는 전동기의 경우와 동일하다고 볼 수 있다.

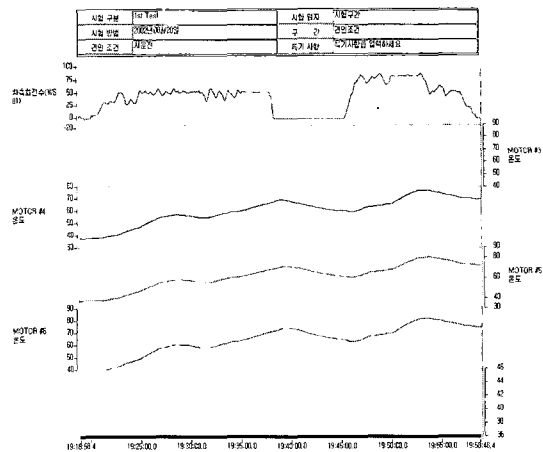


그림 10. 80km/h에서의 전동기 온도특성.  
Fig. 10. Traction motor temperature characteristics in 80km/h.

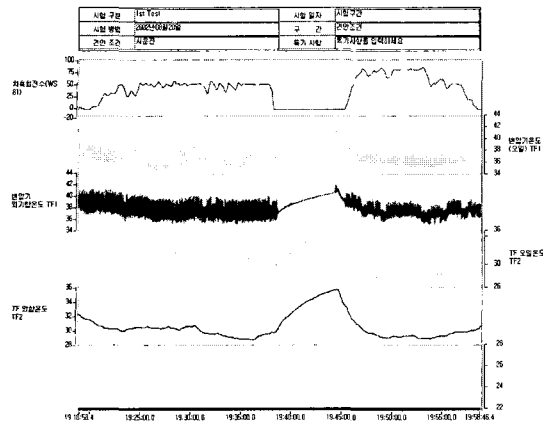


그림 11. 80km/h에서의 변압기 온도특성.  
 Fig. 11. Main Transformer temperature characteristics in 80km/h.

그림 12부터 그림 14까지는 100km/h 주행후에 130km/h로 속도를 상승하였을 때의 전동기 온도와 변압기 온도 변화에 대한 그림이다. MB5호기에 취부되어 있는 전동기 2대에 대한 온도변화 과정을 보여준다. 그림 12는 80km/h에서 나타난 결과와 동일한 시험결과가 나타나고 있음을 보여주고 있다.

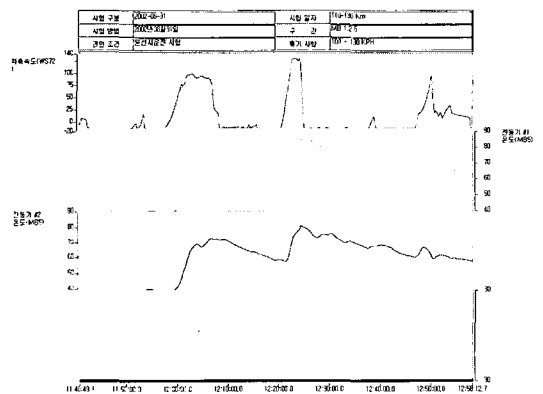


그림 12. 130km/h에서의 전동기 온도특성 변화.  
 Fig. 12. Traction motor temperature characteristics in 130km/h.

그림 13은 130km/h 부근에서의 전동기 온도변화를 확대한 그림이다. 가속시에 온도가 상승하고 정

지시에 온도가 하강하는 것을 살펴볼 수 있다. 그림 14의 변압기 온도특성 변화도 80km/h에서 설명한 것과 동일한 형태의 온도변화 형태를 보여주고 있다.

그림 15는 170km/h 속도로 운행하면서 견인전동기 온도시험을 실시한 결과이다. 운행중일 경우에는 온도가 상승하고 정지시에는 온도가 하강하는 특성을 관찰할 수 있다. 최고온도는 114.7°C로 관측되었다.

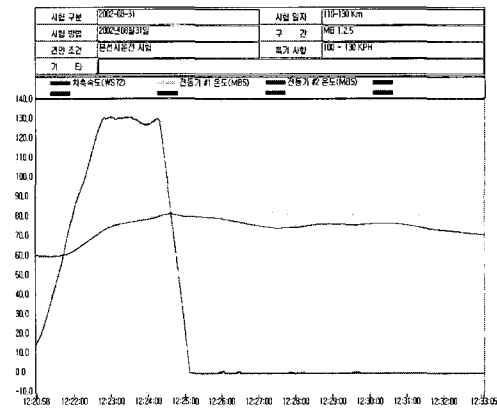


그림 13. 130km/h 부근의 전동기 온도변화.  
 Fig. 13. Traction motor temperature characteristics in the vicinity of 130km/h.

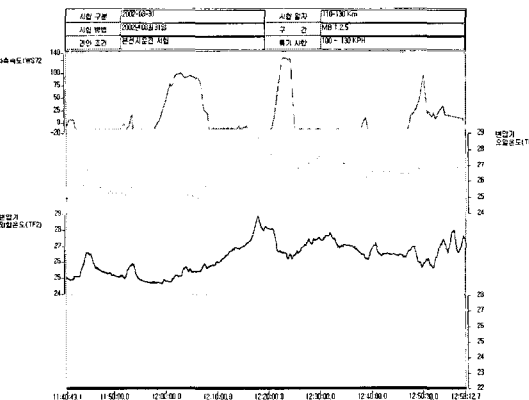


그림 14. 140km/h에서의 변압기 온도특성 변화.  
 Fig. 14. Main Transformer temperature characteristics in 140km/h.

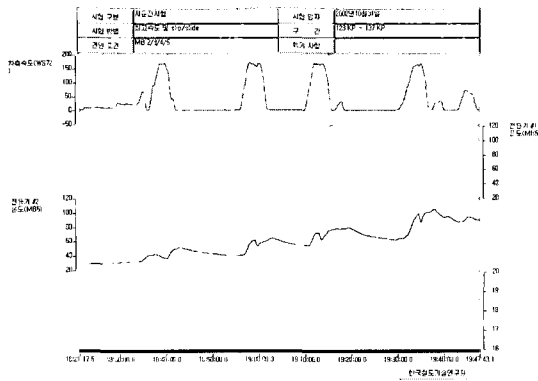


그림 15. 속도변화에 따른 전동기 온도특성.  
 Fig. 15. Traction motor temperature characteristics following speed change.

그림 16과 그림 17은 주행속도를 200km/h, 230km/h로 운행하면서 견인전동기 온도를 측정 한 결과이다. 200km/h에서는 최고온도가 86.63°C, 230km/h에서는 최고온도가 78.12°C로 나타났다. 80km/h일 때의 최고온도가 83°C인 것을 고려한다면, 견인전동기 온도는 계절에 따른 외기온도에 영향을 많이 받는다는 사실을 확인할 수 있다. 또한 200km/h와 230km/h 온도를 비교해보면, 비슷한 외기온도의 경우에도 운행시간이 길수록 견인전동기 온도가 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

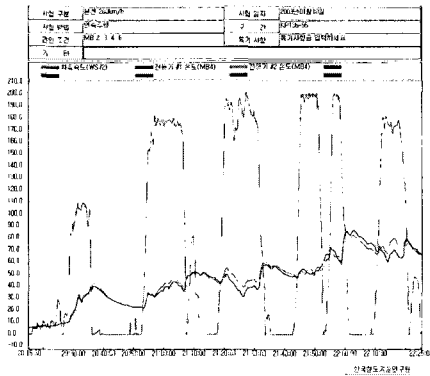


그림 16. 200km/h에서의 견인전동기 온도특성.  
 Fig. 16. Traction motor temperature characteristics in 200km/h.

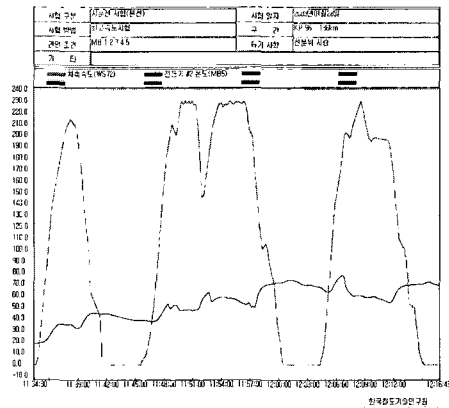


그림 17. 230km/h에서의 견인전동기 온도특성.  
 Fig. 17. Traction motor temperature characteristics in 230km/h

#### 4. 결론

고속철도차량의 안전성과 신뢰성을 좌우하는 요소는 여러 가지가 있는데 그 중에서도 전기장치의 기계적 특성은 매우 중요하다고 볼 수 있다. 따라서 이들 부품에 대한 소손이나 내구성 수명에 절대적인 영향을 끼치는 온도특성을 파악하였다.

온도시험을 위해 온도측정시스템을 고안하였고, 이를 통해서 각 측정부위의 온도를 측정할 수가 있었다. 온도시험 결과, 한국형 고속철도차량용으로 개발된 주변압기와 견인전동기가 기준치 이내에 존재함을 확인할 수 있었다.

또한, 한국형 고속철도차량 견인전동기 온도는 열차 운행속도에도 영향을 받지만, 실제로 실제 차량 운행시간과 계절적인 요소에도 크게 좌우됨을 알 수 있었다.

본 논문은 타행구간이 적고 속도가 230km/h정도 이므로, 향후에는 보다 고속에서 오랜 시간동안 전기장치를 가동하면서 온도에 대한 시험을 수행해야 할 것으로 사료된다.

#### 감사의 글

본 내용은 건설교통부에서 시행한 고속철도기술 개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

### 참고 문헌

- [1] 건교부, 통산부, 과기처, “고속전철 열차시험 및 성능평가 기술개발”, 2002.
- [2] Paolo Masini and Giovanni Puliatti, “Virtual Acquisition Systems for Global Analysis (VASGA) in Experimentation”, WCRR, p. 279, 1997.
- [3] National Instruments, “The Measurement and Automation catalog”, 2001.
- [4] National Instruments, “Measurements Manual”, 2000.
- [5] National Instruments, “User Manual”, 2000.
- [6] 김석원, 김진환, 최강운, 박찬경, 김기환, “고속철도 시운전시험 및 평가용 측정시스템 개발(2)-소프트웨어”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, p. 174, 2002.
- [7] 김석원, 김영국, 백광선, 김진환, 한영재, “고속철도 시운전시험 및 평가용 측정시스템 개발(1)-하드웨어”, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, p. 168, 2002.
- [8] 건교부, 통산부, 과기처, “건인전동기 개발”, 1999.
- [9] 건교부, 통산부, 과기처, “건인전동기 개발”, 2000.
- [10] 건교부, 통산부, 과기처, “주변압기 개발”, 1999.
- [11] 건교부, 통산부, 과기처, “주변압기 개발”, 2000.