

LabVIEW를 이용한 자동차 발전기 전압 계측시스템

소순선^{1*}, 양수진^{2*}, 이성철³

¹한국폴리텍항공캠퍼스 메카트로닉스학과, ²(사)전북대학교 자동차부품금형기술혁신센터, ³전북대학교 기계공학과

Measurement System for Vehicle Electric Power using LabVIEW

Soon-Sun So^{1*}, Su-Jin Yang² and Seong-Cheol Lee³

¹Department of Mechatronics, Aviation Campus of Korea Polytechnics

²Chonbuk National University Automobile-parts&Mold Technology Innovation Center

³Department of Mechanical Engineering, Chonbuk National University

요약 본 차량에 장착되는 전자장비의 증가로 인해 교류발전기와 배터리를 이용하여 전기에너지를 공급하고 있으며, 자동차 교류발전기의 수명단축은 교류발전기를 구성하고 있는 부속품들 중에 수명이 한정적이거나, 어떠한 조건에서 사용되느냐에 따라 수명에 영향을 끼치게 된다. 이러한 수명단축의 원인들을 파악하기 위해서는 교류발전기의 전압을 측정하여 분석하는 시스템이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 자동차 교류발전기의 수명과 성능을 유지하기 위한 점검 및 정비에 필요한 정밀한 계측 시스템을 개발하였다. PC기반의 모니터링 시스템과 측정데이터를 저장할 수 있는 시스템을 설계하고, LabVIEW SW를 이용하여 계측 시스템을 구동하기 위한 프로그램을 개발하였다. 차동 OP-AMP회로를 이용하여 교류발전기의 발전전압, 여자전압, 램프전압, 배터리 전압, 크랭크 각 센서에 의한 엔진 회전수를 NI DAQ를 통하여 전압을 측정하고 LabVIEW 프로그램을 이용하여 측정데이터를 분석하였다. 기존에 개별적으로 이루어졌던 측정을 5개 채널까지 복합적이고 이동성이 용이한 측정이 가능하였고, 실시간으로 모니터링하며 분석하기 때문에 이상동작 유무 및 고장상태를 예측하기 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

Abstract Faults in electric power system can be a critical problem for vehicles. The system durability is determined mainly by the durability of their components and operating conditions. Monitoring the conditions of the electric power system may be necessary because it is very difficult to predict precisely when it will fail. Therefore, the aim of this study was to develop a diagnosis system for an electric power system of a vehicle. The alternator voltage, excitation voltage, lamp voltage, battery voltage, and engine rpm from a crank angle sensor are monitored continuously and the system fault can be then detected in real time. NI USB- 9201 DAQ and LabVIEW SW have been used to measure the voltages and analyze the data. Compared to conventional measurements for only each component, an integrated and portable measurement method was developed. In addition to the monitoring the electric power system in real time, the saved data from the measurement also provides valuable information to improve the durability of the components.

Key Words : alternator voltage, battery voltage, engine rpm, excitation voltage, lamp voltage

1. 서론

국내·외적으로 차량 개발자와 운전자들의 요구에 따라 차량에 장착되는 전자장비가 증가하고 이로 인하여 요구되는 전기 에너지가 증가하고 있다. 차량에서는 교

류 발전기와 배터리를 이용하여 전기 에너지를 공급하고 있으며, 교류 발전기는 엔진에 연결된 벨트로 구동되고 발생된 교류 전력은 다이오드를 통해 직류 전력으로 변환되어 부하에 공급됨과 동시에 배터리를 충전하고 있다. 따라서 전기적 부하 증가와 엔진의 기계적 마찰 증가로

*Corresponding Author : Soon-Sun, So(Aviation Campus of KOREA POLYTECHINC)

Tel: +82-55-830-3473 email: sso@kopo.ac.kr

Received June 13, 2014

Revised August 21, 2014

Accepted October 10, 2014

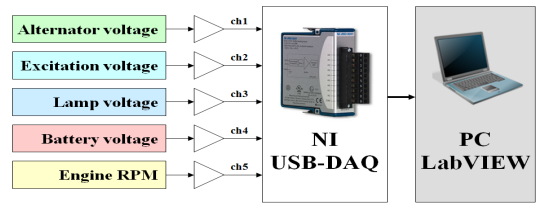
연비에 영향을 미친다. 실제로 에어컨, 헤드라이트, 와이퍼 등과 같은 부가적인 전기 장치의 사용으로 연비가 악화됨을 볼 수 있다. 이러한 연비 문제와 더불어 자동차 교류 발전기의 수명 단축은 교류 발전기를 구성하고 있는 부속품들 중에 수명이 한정적이거나, 어떠한 조건에서 사용되느냐에 따라 수명에 영향을 미치게 된다. 이러한 수명 단축의 원인들을 파악하기 위해서는 교류 발전기의 전압을 측정하여 분석하는 계측 시스템이 요구된다 [1,2].

본 연구에서는 자동차 교류 발전기의 수명과 성능 유지를 위한 점검 및 정비에 필요한 정밀한 계측시스템 개발을 목표로 PC와 LabVIEW 기반의 모니터링과 측정 데이터를 저장할 수 있는 시스템을 설계하고, 시스템 구동 프로그램을 개발하였다. 즉, 교류 발전기 이상 여부 판단과 이에 관련된 각종 전압을 측정하고, 실시간으로 모니터링 및 분석할 수 있도록 하며[3], 수집한 데이터를 데이터베이스 형태로 저장하는 시스템으로 구현하고자 하였다. 이상 여부를 판단하기 위한 데이터로는 교류 발전기 발전전압, 여자전압, 램프전압, 배터리 전압 및 크랭크 각 센서에 의한 엔진 회전수를 측정하였으며, 계측시스템 구성은 OP-AMP 증폭회로와 National Instrument(NI)사의 USB-9201 DAQ 보드를 이용하여 데이터를 수집하고, 시스템의 구동 프로그램은 NI LabVIEW SW로 개발하였다.

2. 시스템 설계

2.1 시스템 구동과정

본 연구에서 구현하고자 하는 자동차 발전기 전압 측정 모니터링 시스템의 전체 구동과정은 Fig. 1과 같으며, 자동차의 발전전압, 여자전압, 램프전압, 배터리전압, 그리고 엔진 회전수 신호를 입력받아 구성 회로에 의해 입력 전압 값을 조정하여 출력시킨다. 출력된 전압을 다시 NI USB-9201 DAQ 보드를 이용하여 PC로 전송하고, 측정 데이터는 실시간으로 PC를 통해 모니터링 된다. 때에 따라서 측정 데이터는 파일 형태로 저장되며 필요에 따라 다시 불러와 분석할 수 있도록 한다.



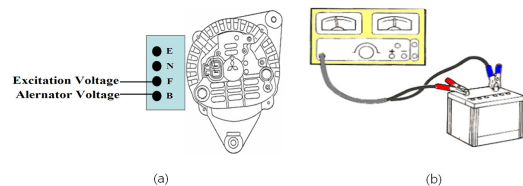
[Fig. 1] Block diagram of voltage monitoring system

2.2 데이터 측정 위치

교류 발전기의 발전전압을 측정하기 위해서는 Fig. 2(a)와 같이 교류 발전기에서 전압계의 (+)리드 선은 “B” 단자에 연결하고, 전압계의 (-)리드 선은 배터리 (-) 단자에 연결한다. 측정된 전압은 Table 1과 같이 전압 레귤레이터의 주위 온도에 따른 전압값과 비교한다.

여자전압은 Fig. 2(a)와 같이 교류 발전기에서 전압계의 (+)리드 선은 “F” 단자에 연결하고, 전압계의 (-)리드 선은 배터리 (-) 단자에 연결하여 측정한다.

배터리 전압은 Fig. 2(b)와 같이 전압계의 (+)리드 선과 (-)리드 선을 배터리의 양 단자에 연결하여 측정한다. 측정된 전압은 Table 2와 같이 자동차의 상태에 따른 전압값과 비교한다.



[Fig. 2] Measurement locations of (a) alternator and excitation voltage, (b) battery voltage

[Table 1] Alternator voltage variation for different temperatures

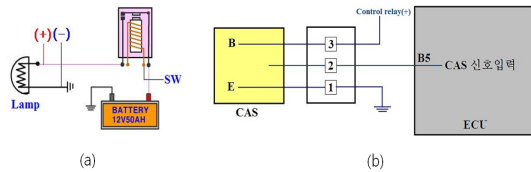
Ambient temperature of voltage regulator (°C)	Voltage(V)
-20	14.2 ~ 15.4
20	13.8 ~ 15.0
60	13.4 ~ 14.6
80	13.2 ~ 14.4

[Table 2] Battery voltage for different conditions of electric power accessory

State	Voltage(V)
Turn off the all electric option	12.6
Turn on the all electric option	the minimum 11.6
Turn off the all electric option and start your car	the minimum 13.2

램프 전압은 Fig. 3(a)과 같이 (+)리드 선은 램프와 배터리의 연결된 부분에 연결하고 (-)리드 선은 접지와 연결하여 측정한다.

엔진 회전수는 Fig. 3(b)와 같이 크랭크 각 센서와 연결된 커넥터 뒷면의 1번은 접지에 연결되고, 2번은 ECU의 B5 핀과 연결되어 크랭크 각 센서의 신호를 입력 받게 된다. 즉, 자석 크랭크 각 센서는 크랭크축과 함께 회전하는 센서 휠의 돌기가 자석과의 거리에 따라 자석의 자속량이 변화되고, 센싱 코일의 전압도 변하기 때문에 AC형태의 전압이 출력되어 A/D 컨버터를 통하여 디지털 신호로 바뀌어 엔진 회전수를 판단하게 된다.



[Fig. 3] Measurement locations of (a) lamp voltage (b) crank angle sensor at Terracan (H auto. co.)

엔진 회전수를 측정하는 위치는 차량마다 다를 수 있다. 각 차량에서 제공된 ECU 회로도에 따라, 크랭크 각 센서와 ECU와 연결된 핀을 찾아서 측정한다.

2.3 시스템 구성 회로도

본 연구에서 사용된 회로는 발전전압, 여자전압, 램프 전압, 배터리 전압을 측정하기 위한 회로와 엔진 회전수를 측정하기 위한 회로로 구분한다.

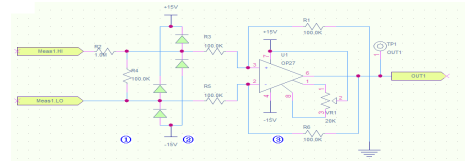
Fig. 4는 발전전압, 여자전압, 램프전압, 배터리 전압을 측정하기 위한 회로로서 측정하고자 하는 전압 범위가 NI USB-9201 DAQ의 측정범위인 ±10 V보다 크기 때문에 Fig. 4의 ①과 같이 입력 전압을 분압해 줄 필요가 있다. MultiSIM SW를 이용하여 분석한 결과는 약 16:1로 분압 시키도록 설계되었다. 그림 중의 다이오드 ②는 입력된 전압에서 갑자기 surge가 발생했을 때, 15V 이상과 -15V 이하인 경우를 제거해 줌으로써 OP-AMP의 정상적인 작동을 위한 부분이다. 또한 ③은 계측에 많이 사용되고 있는 차동 AMP IC로서 OP27 소자를 사용하여 차동 증폭한 것으로 입력된 두 전압 소스를 V_1 , V_2 라 하고, 각각의 입력 단에 연결된 두 개의 저항을 R_1 , 출력단과 GND에 연결된 두 개의 저항을 R_2 라 하면, 출력 전압은

다음 식으로 구할 수 있다[4-6].

$$v_{out} = -\frac{R_2}{R_1}(V_1 - v^+) + v^+ \quad (1)$$

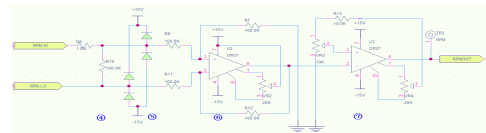
$$= -\frac{R_2}{R_1}V_1 + \frac{R_2}{R_1}V_2 = \frac{R_2}{R_1}(V_2 - V_1)$$

Fig. 5는 엔진 회전수를 측정하기 위한 회로로서, 그림 중의 ④는 입력 전압을 분압해 주기 위한 부분이고, 다이오드 ⑤는 입력된 전압에서 갑자기 발생할 수 있는 surge를 제거하여 OP-AMP의 정상적인 작동을 위한 부분이다. 또한 ⑥은 차동 AMP IC인 OP27을 사용하여 차동 증폭한 부분이고, ⑦은 엔진 회전수의 신호가 펄스형태로 들어오기 때문에 기준 값을 정하여 High-Low 논리를 결정하기 위한 회로이다.



[Fig. 4] Amplifier circuit of alternator, excitation, lamp, and battery voltage

본 시스템에서 사용한 회로는 분압과 잡음을 제거하고 원하는 신호를 획득하기 위해 사용하였다. 전압을 측정하여 PC로 보내주기 위한 과정 중에 NI USB-DAQ로 7개의 신호를 입력받을 수 있도록 하였고, 1개의 rpm신호를 입력 받을 수 있도록 구성하였다.



[Fig. 5] Amplifier circuit of engine RPM

2.4 데이터 수집 시스템

본 연구에서는 데이터 수집을 위해 Fig. 6의 NI사 C 시리즈 USB-9201 DAQ를 사용하였다. USB-9201 DAQ는 USB 전원 공급으로 이동성이 용이하고, 높은 정확도 및 안정성을 가지고 있을 뿐만 아니라, 강력한 측정 서비스 소프트웨어로 프로그래밍과 시스템 설정을 단순화시켜 준다.



[Fig. 6] NI USB-9201 DAQ

또한 plug and play 접속 기능과 안전을 위한 250Vrms 접지 절연 기능, 그리고 잡음 제거 및 고도의 전압 범위를 가지고 있다. NI-DAQmx 드라이버 소프트웨어가 내장된 USB-9201 DAQ 장치를 사용함으로써 하드웨어 구성과 계측 장비를 효율적으로 구성하였다.

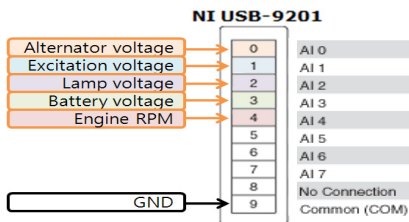
[Table 3] Specifications of NI USB-9201 DAQ

Number of channels	8 ch
ADC resolution	12 bits
Sampling rate	500 kS/s single channel
Input range	±10 V

Table 3은 NI USB-9201 DAQ의 사양을 나타낸 것으로, 8개 아날로그 입력, 12비트 해상도, 500kS/s 집적 샘플링 속도, ±10V 입력 범위, 싱글 엔드 입력, 스크류 터미널 또는 D-Sub 커넥터, 과전압 보호, 절연, -40°C ~ 70°C 작동 범위를 가지고 있다.

NI USB-9201 DAQ은 최고 500kS/s 집적 속도에서 8개 채널 아날로그 입력을 위한 C 시리즈 모듈로서, 낮은 가격에 채널 카운트와 속도를 절묘하게 결합한 경제적인 다기능 시스템이다.

NI USB-9201 DAQ의 핀 출력 단자는 Fig. 7과 같다. NI USB-9201 DAQ의 0번 핀은 아날로그 입력 0번으로 발전 전압과 연결하고, 1번 핀은 아날로그 입력 1번으로 여자 전압과 연결하였다. 그리고 2번 핀은 아날로그 입력 2번으로 램프 전압과 연결하고, 3번 핀은 아날로그 입력 3번으로 배터리 전압과 연결하였다. 또한 4번 핀은 아날로그 입력 4번으로 엔진 회전수와 연결하였으며, 9번 핀은 공통(common)으로 GND와 연결하였다.



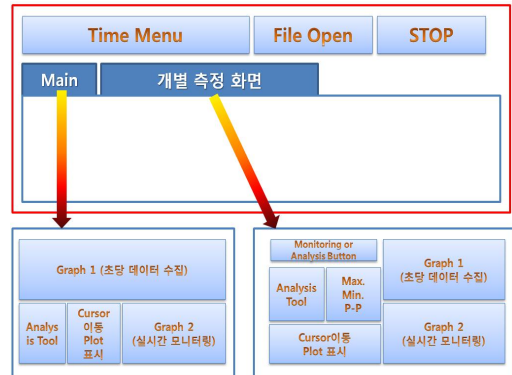
[Fig. 7] Pin output of NI USB-9201 DAQ

3. 계측 및 구동 프로그래밍

3.1 화면 메뉴 설계

Fig. 8은 메인 화면을 나타낸 것으로 시간메뉴, 파일 열기, 정지, 초당데이터 수집 그래프, 실시간 모니터링 그래프, 분석 도구, 커서 이동 및 플롯(plot) 표시 메뉴로 구성하였다. 개별 측정화면의 경우 전압의 최대값, 최소값, 그리고 peak to peak 값을 추가로 확인할 수 있도록 구성하였다.

시간을 나타내는 메뉴로는 세 가지 경우를 구성하고 있으며, 이는 자동차 교류 발전기 전압의 모니터링을 시작하는 시각과 모니터링을 시작해서 지속된 경과 시간, 그리고 현재의 시각을 나타내는 메뉴로 구성하였다.



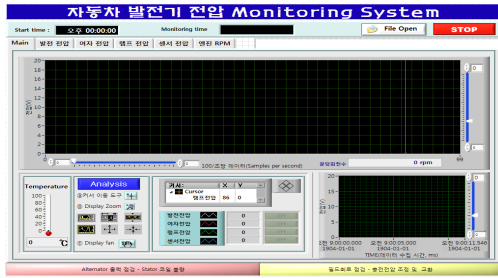
[Fig. 8] Main menu of the program

버튼에는 저장된 파일을 불러오는 버튼과, 모니터링을 정지하기 위한 버튼, 실시간으로 모니터링 되는 데이터 값을 분석하기 위한 분석 버튼이 있다. 분석 버튼을 누르게 되면 분석메뉴가 동작하게 되는데 분석메뉴에는 커서를 이동할 수 있는 도구와 그래프를 축소(zoom in), 확대(zoom out) 할 수 있는 도구, 그리고 그래프를 원하는 위치로 이동하게 하는 도구로 구성된다. 또한 분석도구를 보조하기 위한 커서 이동 및 확인을 나타내는 메뉴와 화면에 표시되어 있는 플롯을 개별적으로 볼 수 있도록 하는 메뉴를 추가하였다.

메인 화면에는 두 개의 그래프로 구성되어 있는데, 하나는 실시간으로 모니터링 되는 화면이고, 다른 하나는 초당 수집된 데이터를 나타내는 그래프로서 분석 메뉴를 이용하여 조작되는 화면이다. 또한, 발전시스템의 점검을 미리 예측하여 표시하는 메뉴가 있다.

3.2 모니터링 화면 구성

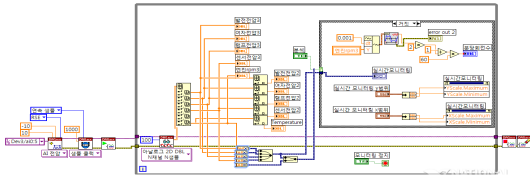
Fig. 9는 메인 화면으로, 작업 시작시간, 모니터링 시간(작업시간), 현재 시간, 기존에 저장했던 파일을 분석하기 위해 불러오는 기능, 실시간 데이터 표시 화면, 초당 데이터 표시 화면, 각 데이터의 디지털 표시기능 및 분석 도구, 점검 알람 문구 등으로 구성하였다.



[Fig. 9] Picture of main menu

3.3 계측시스템의 LabVIEW 프로그램

본 연구에서는 LabVIEW 프로그램을 이용하여 코딩 하였다. Fig. 10은 데이터 수집을 위한 코드 프로그램으로 DAQ를 통해 들어온 신호를 PC에 나타내 주기 위한 기본적인 과정이다.

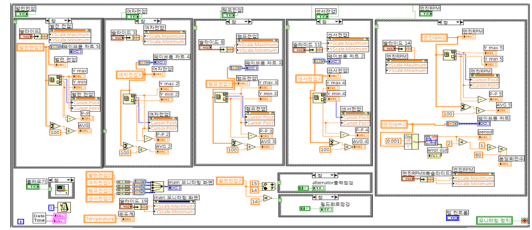


[Fig. 10] LabVIEW code for data acquisition

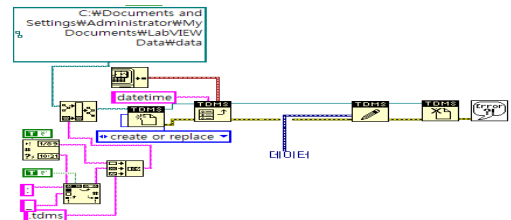
프로그램을 이용하여 데이터를 분석하기 위해서는 먼저 그래프를 비롯하여 값을 조절하는 슬라이드에 대해서 초기 값을 설정해 주어한다.

Fig. 11은 발전전압, 여자전압, 램프전압, 배터리전압, 그리고 엔진 회전수의 화면 구성에 관한 코드이다. 데이터 수집의 프로그램을 통해 들어온 데이터의 로컬변수를 이용하여 각각의 데이터에 맞는 모니터링 화면을 구성하였다.

Fig. 12는 측정된 데이터를 저장하기 위한 코드로, 측정 프로그램을 시작하게 되면 지정한 경로를 통해 자동적으로 TDMS 타입으로 데이터를 저장하게 하였다.

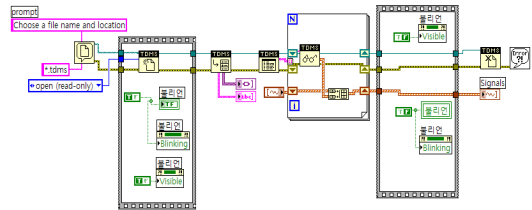


[Fig. 11] LabVIEW code for voltages of the alternator, excitation, lamp and battery



[Fig. 12] LabVIEW code for data storatoin

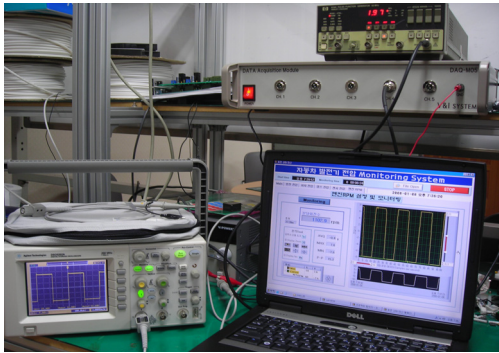
또한, Fig. 13는 기존에 저장했던 데이터를 모니터링 및 분석하기 위하여 불러오기 위한 코드이다. 저장된 데이터를 지정된 선택자에 의해 실행시키게 되면, 기존에 저장되었던 경로를 통해 데이터를 불러와서 분석할 수 있도록 새로운 화면이 열리게 하였다[7].



[Fig. 13] LabVIEW code for data open & analysis

4. 계측시스템 구현

앞 절에서 설명한 시스템과 LabVIEW 프로그램을 바탕으로 Fig. 14와 같은 계측시스템을 구현하였다. 오실로스코프와 PC, DAQ 모듈, 그리고 임의의 신호를 얻기 위한 함수 발생 모듈(function generator module)을 사용하여 실험을 진행하여 프로그램이 정상적으로 동작하는 것을 확인하였다[8].



[Fig. 14] A photo of an alternator voltage measurement

Fig. 15는 데이터 수집 모듈의 실제 사진으로서, 모듈 안에는 차동 증폭회로와 NI USB-9201 DAQ이 배치되어 있고, 파워 스위치와 Ch1 ~ Ch5까지 전압을 측정하기 위한 프로브 연결 부분으로 구성되어 있다.



[Fig. 15] A photo of data acquisition module

5. 결론

자동차 교류 발전기의 수명 단축은 교류 발전기를 구성하고 있는 부품들 중에 수명이 한정적이거나, 어떠한 조건에서 사용되느냐에 따라 수명에 영향을 끼치게 된다. 이러한 수명 단축의 원인들을 파악하기 위해서는 교류 발전기의 전압을 측정하여 분석하는 계측 시스템이 필요하다.

본 연구는 자동차 교류 발전기의 수명과 성능 유지를 위한 점검 및 정비에 필요한 정밀한 계측시스템 개발을 목표로 PC기반의 모니터링과 측정 데이터를 저장할 수 있는 시스템을 설계하고, NI LabVIEW SW를 이용하여 본 계측시스템을 구동하기 위한 프로그램을 개발하였다.

자동차 교류 발전기의 이상 여부 판단을 위해서 차동

OP-AMP 회로를 이용하여 교류 발전기의 발전전압, 여자전압, 램프전압, 배터리 전압, 크랭크 각 센서에 의한 엔진 회전수를 NI USB-DAQ 통하여 전압을 측정하고, 개발된 LabVIEW 프로그램을 이용하여 측정 데이터를 중심으로 이론값과 비교하여 모니터링 함으로써 이상유무의 문제점을 찾아냄과 동시에 측정된 데이터를 데이터베이스 형태로 저장하여 분석할 수 있도록 하였다.

시스템 동작성능은 멀티미터와 오실로스코프를 이용하여 실측 결과와 본 논문에서 개발된 시스템의 출력의 결과가 서로 일치하고 있음을 확인함으로써 개발된 시스템이 정상적으로 동작됨을 알 수 있었다.

본 시스템을 구성함으로써 기존에 개별적으로 이루어졌던 측정을 복합적이고 이동성이 용이한 측정이 이루어질 수 있게 되었다.

실시간으로 교류 발전기의 발전전압, 여자전압, 램프 전압, 배터리 전압과 크랭크 각 센서에 의한 엔진 회전수를 측정하여, 차량 발전시스템의 상태 정보를 모니터링하기 때문에 구성소자의 신뢰성 향상을 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 또한 수집한 데이터는 데이터베이스 형태로 저장하여 추후에 분석하거나, 또는 실시간으로 모니터링하며 분석하기 때문에 이상 동작 유무 및 고장 상태를 예측하기 위한 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] Su-Jin Yang, Sung-Jin Kim, Sun-Jun Kim, and Seong-Cheol Lee, "A Monitoring System for Voltage Measurement of an Automobile Alternator," *Proceeding of Korean Society for Precision Engineering 2008 Spring Conference*, pp.545~546, June, 2008.
- [2] Jong-Sik Min and Sam-Sun Seung, "A case study on troubles analysis and diagnoses of passenger car's engine based on OBD," *The Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.7, No.6, pp.1004~1011, 2006.
- [3] Jong-Wan Seo, Hee-Seok Suh, and Myong-Chul Shin, "Research for Implementation of Real-time Power Measurement and Storage System," *J. of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers*, Vol.21, No.7, pp.29~36, August, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5207/JIEIE.2007.21.7.029>
- [4] Giorgio Rizzoni, "Principles and applications of electrical engineering," McGraw-Hill book co., 2005.

소 순 선(Soon-Sun So)

[정회원]



- 1998년 2월 : 순천대학교 기계공학과 (공학석사)
- 2002년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (공학박사 수료)
- 1996년 2월 ~ 현재 : 한국폴리텍 항공캠퍼스 항공메카트로닉스학과 교수 재직 중

<관심분야>

메카트로닉스, 제어계측

양 수 진(Su-Jin Yang)

[정회원]



- 2007년 2월 : 전북대학교 기계공학과 (공학사)
- 2009년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : (사)전북대학교 자동차부품금형기술혁신센터 선임연구원

<관심분야>

메카트로닉스, 제어계측

이 성 철(Seong-Chol Lee)

[정회원]



- 1976년 2월 : 전북대학교 대학원 기계공학과 (공학석사)
- 2004년 3월 : 일본 동북대학교기계정보공학과 (공학박사)
- 1979년 7월 ~ 현재 : 전북대학교 교수

<관심분야>

메카트로닉스, 제어계측