

자동차용 발전기의 발전 성능 평가에 관한 연구

(A Study on the Power Generation Performance Evaluation of the Alternator for the Vehicle)

안현진* · 심관식 · 임영철 · 최준호 · 박성준 · 김익선**

(Hyun-Jin Ahn · Kwan-Shik Shim · Young-Cheol Lim · Jun-Ho Choi · Sung-Jun Park · Eui-Sun Kim)

Abstract

In this paper examine the characteristics of the generator supplying the most significant electrical energy in some parts required to drive the vehicle, and it is focused on to fabricate a performance evaluation unit for developing alternator with better performance. Through performance tests in accordance with the electrical load of alternators that is made in Valeo Corp. and Denso Corp., which are currently applied by H Corp., the fabricated performance evaluation unit has measured the power generation amount of the electrical energy supplied from the alternator, and it was analyzed. On the basis of this result, and to understand the flow of electrical energy of the vehicle, furthermore, it is intended to verify the usefulness of the performance evaluation unit which is designed in this paper. In this paper, based on the mechanism of the proposed performance evaluation unit, it will try to learn the convergence technology that can be applied to the design of the performance evaluation unit of other components of the vehicle.

Key Words : Alternator, Generator, Electronic Load, Vehicle, Charging-Discharging System

1. 서 론

최근 자동차 산업에서, 전기·전자부품의 발달에 따라 사용자가 요구하는 각종 편의 장치, 자동차 배기가스에 대한 환경 규제 및 국제 유가 상승의 문제에 대응하기 위한 전자 제어 장치(Electronic Control Unit) 등의 여러 가지 전기시스템이 증가하고 있는 실정이고, 이러한 전자장치들의 정상적인 작동을 위해 자동차에서 필요로 하는 전기에너지의 양도 급속도로 증가하고 있다. 따라서 오늘날 자동차가 안전하게 구동되기 위해서 전기는 필수불가결한 요소가 되었다. 자

* 주저자 : 전남대학교 전기공학과 박사과정
** 교신저자 : 신경대학교 정보통신공학과 교수
* Main author : Dept. of Electrical Engineering,
Chonnam National University
** Corresponding author : Dept. of Information &
Communication Engineering, Shin Gyeong
University
Tel : 032)369-9172, Fax : 031)369-9116
E-mail : eskim@sgu.ac.kr
접수일자 : 2014년 1월 21일
1차심사 : 2014년 1월 24일, 2차심사 : 2014년 4월 17일
심사완료 : 2014년 4월 24일

동차에서 이러한 전기시스템에 전원을 공급하는 장치는 엔진의 구동부와 연결된 발전기(Alternator)와 배터리(Battery)인데, 이 두 가지 부품의 선택이 잘못되거나 고장이 발생할 경우, 자동차는 심각한 문제를 야기할 수 있다[1-3].

주로 배터리는 자동차의 엔진이 구동되기 전과 구동 후 과부하가 발생할 때 순간적으로 전원을 공급하고, 발전기는 자동차의 엔진이 정지할 때까지 자동차 각각의 전기시스템 및 배터리에 전원을 공급한다. 엔진의 구동부와 연결된 발전기는 그 성능에 따라 자동차의 연비와 배기가스 발생에 영향을 미친다. 예를 들면 발전기의 용량이 클 경우 자동차는 중량이 증가하게 되어 엔진 출력이 감소하고, 이로 인해 연비가 좋지 않고, 생산 단가의 상승 및 환경오염을 유발하게 된다. 반대로 발전기의 용량이 작게 되면, 지속적인 배터리 방전으로 인하여 자동차 전력공급에 문제가 발생하고, 온도가 낮을 때 구동이 되지 않을 수도 있다. 따라서 자동차의 정상적인 작동을 보장하기 위해서는 각각의 전기시스템에 안정적으로 전원을 공급할 수 있는 발전기와 배터리의 선정이 매우 중요하다[4-8].

이러한 자동차에서 전기에너지 시스템은 엔진 구동 시 발전기에서 발전을 하고, 엔진 정지 시에는 배터리를 이용하는 충·방전 시스템으로 표현할 수 있다. 자동차의 발전기는 일반적으로 가솔린 자동차의 경우 8만km~13만km, 디젤자동차의 경우는 13만km~18만km 정도의 수명을 가지고 있다. 이렇게 발전기의 수명이 한정되는 이유는 발전기를 구성하는 부품 중에 브러시와 베어링이 마모되거나 발전량을 조절하는 부품의 수명 때문이다. 따라서 자동차의 안정적인 작동을 위해 발전기는 엔진의 회전에 따른 일정한 발전 전압이 유지 되어야하고, 진동이나 온도 등의 조건에서도 운전에 이상이 없어야 하므로, 발전기의 특성을 주기적으로 점검해야만 한다[9-14]. 따라서 자동차에 적용되고 있는 발전기의 성능은 자동차의 연비와 단가뿐만 아니라 안전운행에 중요한 요소 중의 하나다.

본 논문은 자동차를 구동하기 위해 필요한 여러 가지 부품 중에서 가장 중요한 전기에너지를 공급하는 발전기의 특성을 검사하고, 더 우수한 성능을 갖는 발전기를 개발하기 위한 성능평가 장치를 제작하는데

초점을 두고 있다. 그리고 Denso사와 Valeo사의 두 Alternator의 성능 평가를 통하여 발전기의 충·방전 상황을 분석하고, 이 결과를 바탕으로 성능평가 장치를 검증한다. 또한 자동차를 구성하는 부품은 본 논문에서 시험한 Alternator 뿐만 아니라, ECU(Electronic Control Unit), 콤프레셔(Compressor), 변속기(Transmission), EPS(Electronic Power Steering) 등등 여러 가지 보기류들로 구성되어 있으며, 이러한 보기류들은 모두 엔진부의 동작상황에 따라 작동한다. 따라서 실험실 수준에서 자동차 보기류의 성능시험이나 개발을 위해서는 엔진부의 구성이 필수적이며, 본 논문의 성능평가 장치 메커니즘은 자동차의 다른 보기류들의 성능평가 장치 설계에도 응용할 수 있는 복합적인 기술의 개발이 가능할 것으로 사료된다.

2. 발전 성능평가 장치의 설계

2.1 전체시스템 구성

본 논문의 성능시험 장치는 충·방전 시스템의 메커니즘에 따라 설계하였다. 자동차의 충·방전 시스템은 크게 엔진, 배터리, 발전기, 그리고 각각의 전기시스템으로 구성된 전기부하로 이루어지고, 그림 1과 같이 도식화하여 구성할 수 있다.

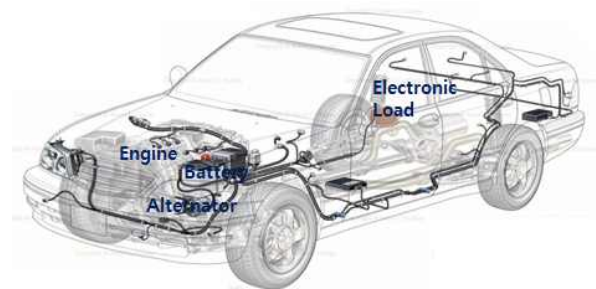


그림 1. 자동차의 충·방전 시스템
Fig. 1. Charge-discharge system of Vehicle

자동차의 충·방전 시스템에서 전기에너지를 공급하는 장치는 배터리와 발전기이고, 이 중에서 발전기는 엔진이 동작할 때, 엔진 풀리와 벨트로 엔진과 연결되어 풀리비에 비례한 속도로 회전을 하고, 그 때 발생

된 전기에너지를 각각의 전기시스템 및 배터리에 공급한다. 또한 자동차에서 쓰이는 전원은 직류이고, 사용되는 발전기는 직류와 교류 두 가지 방식이 있다. 직류 발전기(Generator)는 회전자에서 발생한 교류를 정류자와 브리시를 이용하여 출력이 직류로 발생하고, 교류 발전기(Alternator)는 반도체 정류기를 거쳐 직류 출력을 발생한다. 현재는 자동차의 전기시스템이 증가하여 전기에너지의 사용량이 많아 출력이 좀 더 높은 교류발전기를 주로 이용하며, 본 논문에서도 교류 발전기를 대상으로 성능평가를 진행하였다.

엔진이 작동하고 있을 때, 교류발전기의 각 상에 유기되는 기전력 E 는 발전기 전자기코일의 턴수 N , 계자 코일에 의한 전류 I , 극수 p , 비례상수 k , 전기적 주파수 ω 를 이용하여 다음 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$E = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot k \cdot N \cdot \frac{p}{2} \omega \cdot I \quad (1)$$

또한 전기적 주파수(ω)를 제외하면, 나머지 상수는 발전기의 특성에 따른 파라미터이기 때문에 이를 K 로 치환하여 정리하면 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$E = K\omega \quad (2)$$

따라서 성능평가 장치는 엔진 동력부 및 전기부하부분, 자동차에 전기에너지를 공급하는 발전기 및 배터리 부분, 그리고 이 전체 성능시험 장치의 제어 및 전압과 전류를 계측하는 제어부 구성된다. 그림 2에는 발전기 성능평가 장치의 구성을 나타내고 있다.

또한 제어부의 데이터 계측 및 저장은 NI사의 DAQ 장비를 이용하고, 제어박스의 인디케이터(indicator)와 PC 모니터를 이용하여 실시간 모니터링이 가능하게 하였다.

2.2 엔진 동력부 및 전기부하부 구성

자동차의 엔진에 해당하는 모터 구동부는 회전과 토크 제어가 가능한 인버터 시스템을 적용한 30kW급의 3상 유도전동기를 이용하여 그림 3과 같이 구성하였다.

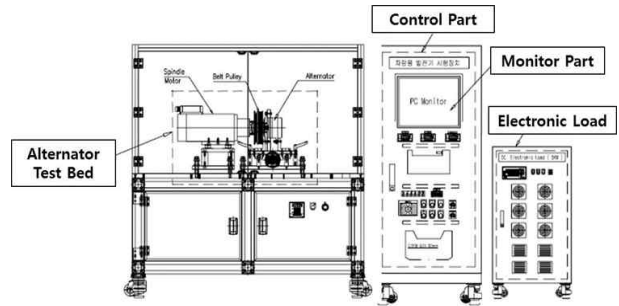


그림 2. 발전기 성능평가 장치
Fig. 2. Performance evaluation system of Alternator

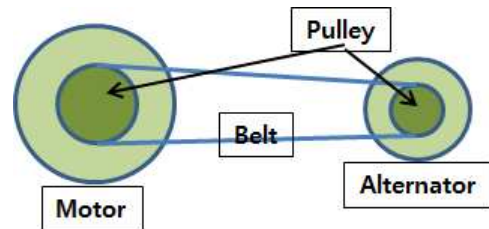


그림 3. 엔진 동력부의 구성도
Fig. 3. Configuration of the Powertrain

엔진과 발전기의 풀리비는 약 1 : 3의 비율로 제작하고, 모터의 속도는 0~5,000rpm까지 제어가 가능하게 제작하여 발전기의 회전 속도가 0~15,000rpm까지 제어가 가능하도록 하였다. 발전기의 회전 속도는 적외선 센서를 이용하여 제어박스에서 실시간 계측이 가능하도록 하였다. 발전기가 저속과 고속에서도 부하에 따른 토크가 일정하게 유지되어야 하므로 본 논문의 성능평가 장치는 Denso사의 SC Type (ID : 37300-3C220)의 발전기를 대상으로 최대발전시 토크 및 속도가 유지되도록 모터의 용량을 선정하였고, 풀리의 모양이 다른 제품도 적용할 수 있도록 하기 위해 그림 4와 같은 풀리의 모양으로 설계하여 V-Belt Type인 시스템도 시험이 가능할 수 있도록 풀리를 설계하였다.

또한 발전된 전기에너지를 소모하기 위한 전기부하장치는 현재 H사에서 사용하는 12V시스템의 승용차용 Denso사 발전기 ID : 37300-3C220 및 24V 상용차용 시스템 발전기의 최대 발전량을 소비할 수 있고, 제어박스에서 부하량의 제어가 가능하도록

Programmable DC Electronic Load 0~80V, 5kW급으로 선정하였다.

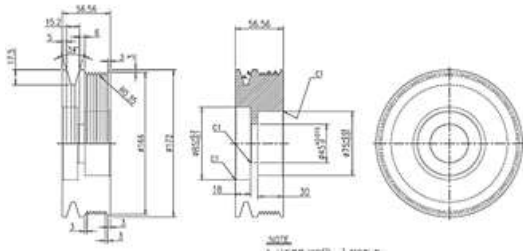


그림 4. V-Belt 혼용 타입의 Pulley 설계도
Fig. 4. Proposed design of Pulley on mixed with a V-belt type

2.3 제어박스부 구성

제어박스는 크게 내부 전원 파트, 조작 스위치 파트, 인디케이터 파트로 나타낼 수 있다. 내부 전원 파트는 3상 380V 전원을 입력 받아 성능시험 장치의 모터, 인버터, Sensors 등의 구성부품에 전원을 공급하도록 구성하고, 조작 스위치 파트는 전면부 패널에 Main 전원 장치의 개폐, 자동 및 수동 모드 설정, 구동 모터의 정역 회전 및 속도 조절, 발전기의 단자별 센서를 선택스위치와 Potential Meter를 사용하여 구성하였다. 또한 인디케이터 파트는 구동 모터의 Rpm, 발전기 및 배터리의 전압, 전류를 실시간으로 계측하여 모니터링할 수 있는 인디케이터를 이용하여 그림 5와 같이 설계하

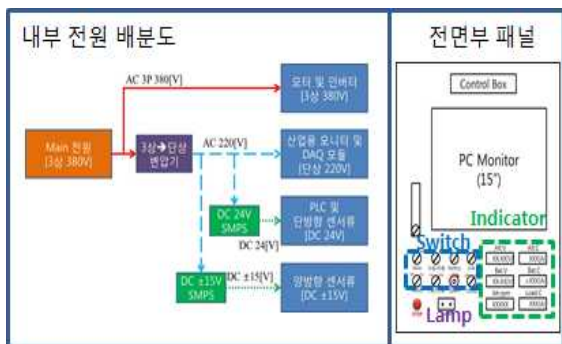


그림 5. 제어박스의 전원 및 표시부 구성안
Fig. 5. Configuration of distribution of power and display on the control-part box

였다. 또한 전면부 패널에 추가적으로 Lamp 단자를 설치하여 발전기의 현재 발전유무 상태를 나타낼 수 있고, 비상사태 발생 시 전체시스템을 비상정지할 수 있도록 STOP 스위치를 구성하였다.

2.4 제어시스템 구성

본 성능평가 장치는 아래의 그림 6과 같이 크게 자동과 수동모드로 나뉘어 제어된다. 수동모드에서는 사용자가 직접 제어박스의 각각의 스위치를 조작하는 방식이다. 그리고 자동 모드는 사용자가 설정한 프로그램에 따라 자동으로 제어된다. Control Box에서 모든 스위치의 입력은 K7M-DR40S PLC(Programmable Logic Control) 장비와 Relay를 이용하여 성능평가 장치를 제어한다. 또한 NI-USB 6351 DAQ 모듈을 이용하여 센서에서 계측한 데이터를 실시간으로 저장하고, PLC장비 및 전자부하와 RS232통신을 이용하여 제어가 가능하도록 설계하였다.

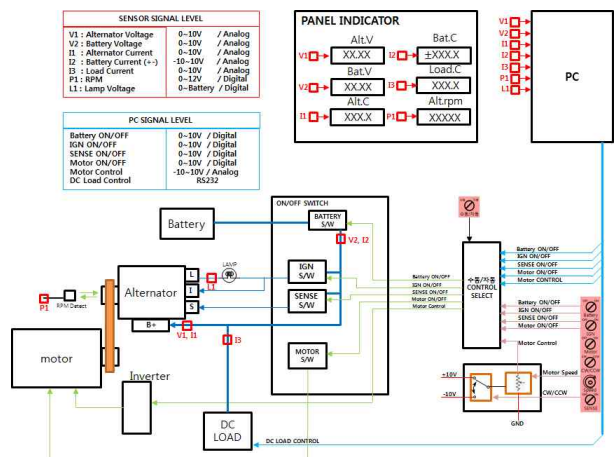


그림 6. 제어박스의 제어시스템 구성도
Fig. 6. Configuration of control system on the control-part box

수동모드에서는 사용자가 직접 제어박스의 각각의 스위치를 조작하는 방식이다. 그리고 자동 모드는 사용자가 설정한 프로그램에 따라 자동으로 제어된다. Control Box에서 모든 스위치의 입력은 K7M-DR40S PLC (Programmable Logic Control) 장비와 Relay를

이용하여 성능평가 장치를 제어한다. 또한 NI-USB 6351 DAQ 모듈을 이용하여 센서에서 계측한 데이터를 실시간으로 저장하고, PLC장비 및 전자부하와 RS232 통신을 이용하여 제어가 가능하도록 설계하였다.

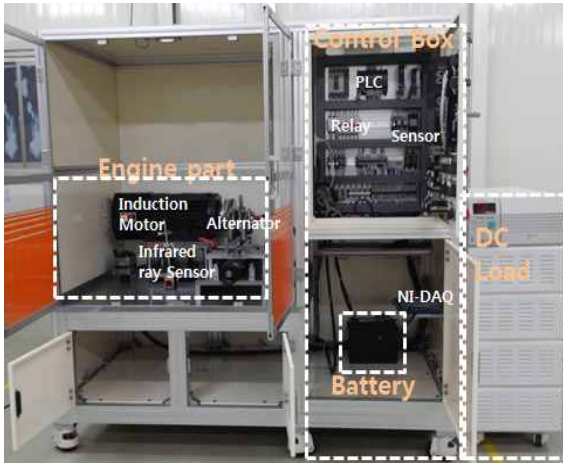


그림 7. 성능평가 장치
Fig. 7. Performance evaluation system

3. 성능평가 장치 및 성능시험

3.1 전체시스템

앞 절에서 설계한 내용에 따라 그림 7과 같이 시스템을 구성하였다. 제어박스(control box)에서 전체 시스템을 제어하게 된다. 전면부 패널의 모터의 정역방향 스위치 입력과 potential meter의 속도 입력을 받아 PLC 장치를 통하여 유도전동기를 제어하고, 전자부하는 RS232통신으로 제어된다. 그리고 각각의 센서로부터 받은 계측 값을 NI-DAQ장치와 패널의 인디케이터를 통하여 출력한다. 또한 모든 스위치 입력은 PLC 장치와 릴레이를 통하여 이루어지고, 배터리는 현재 중형 자동차에 쓰이는 12V, 80AH, 배터리를 사용하여 구성하였다. 또한 현재 12V 체제인 승용차뿐만 아니라 24V 시스템인 상용차에 사용되는 발전기의 시험이 가능하도록 배터리를 추가적으로 하나 더 직렬로 연결하여 제어박스에서 스위치 선택에 따라 승용차 및 상용차의 시험이 가능하도록 하였다.

표 1. Valeo사 발전기 성능시험 결과
Table 1. Experiment results of alternator made by Valeo Corp.

Electronic DC Load[A]	Alternator Speed[rpm]	Alternator Output[A]	Alternator Voltage[V]
30A	2,997rpm	32.5A	14.68V
50A	2,983rpm	53.4A	14.65V
70A	2,963rpm	72.5A	14.62V
80A	2,952rpm	82.6A	14.59V

표 2. Denso사 발전기 성능시험 결과
Table 2. Experiment results of alternator made by Denso Corp.

Electronic DC Load[A]	Alternator Speed[rpm]	Alternator Output[A]	Alternator Voltage[V]
30A	2,997rpm	31.9A	14.29V
50A	2,992rpm	51.9A	14.22V
70A	2,985rpm	71.9A	14.13V
90A	2,971rpm	92.1A	14.02V
110A	2,943rpm	112.4A	13.95V
130A	2,924rpm	132.7A	13.91V

3.2 성능시험

그림 8은 본 논문의 성능평가 장치를 이용하여 시험할 H사에서 적용중인 Denso사와 Valeo사 두 회사의 발전기의 사진이다.

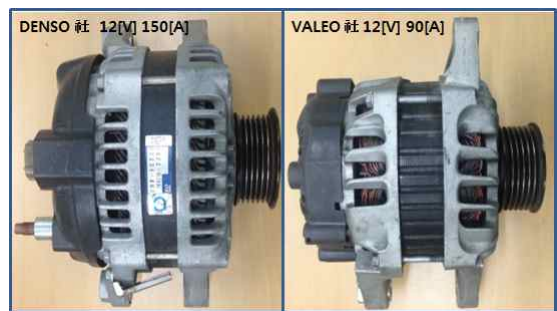


그림 8. Test용 Alternator
Fig. 8. Alternator for testing

성능시험은 자동차가 주행하기 전 초기 시동이 걸린 상황을 모델로 하여 발전기의 속도가 3,000rpm을 일

정하게 유지하도록 설정한 후, 전기 부하장치는 일정 전류모드(Constant Current mode) 상태에서 수행하였다. 그리고 실제 사용자가 전조등, 에어컨, 열선을 작동시키는 것을 가정하여 전기부하량을 증가하면서 그 때의 속도 변화와 발전기의 발전 전압 및 전류를 측정하였다. 일반적으로 자동차의 시동을 켰을 때, 엔진의 초기 속도는 약 800~900rpm인 아이들(idle) 상태가 되고, 이때 발전기의 속도는 폴리비로 결정이 된다. 폴리비가 1 : 3이라면 약 2,400~2,700rpm으로 발전기는 회전한다.

표 1과 표 2는 제안한 성능평가 장치를 이용한 두 회사 발전기의 부하가변에 따른 성능시험의 결과를 나타내고 있다. 표에서 “Alternator Voltage”는 발전기의 출력전압을 나타내고, 이 전압은 전기부하량에 따라 변하고 있음을 확인할 수 있다. 부하량이 높을수록 발전기의 발전 전압은 낮아지고, 이로 인해 발전기는 더 많은 출력을 발전하게 됨을 알 수 있다. 또한 이 출력 전압은 발전량을 조절하는 전압조정기의 세팅전압을 의미하며, 자동차마다 Alternator를 조절하는 전압조정기의 회로 구성은 서로 다르다. 이로 인해 발전량을 조절하는 전압도 다르다. 그래서 표 1과 2를 살펴보면, 발전전류량은 비슷하나 출력전압이 표 1에서 높은 이유는 Alternator의 용량의 문제가 아닌 제조사의 전압조정기 회로 구성이 다르기 때문이다. 그리고 표에서 “Electronic DC Load”는 직류 부하를 나타내고 있고, “Alternator Speed”와 “Alternator Output”은 각각 발전기 회전 속도와 출력전류를 나타내고 있다. 또한 그림 9와 10은 제안한 성능평가 장치를 이용하여 계측한 값을 비교하기 위해 표 1과 표 2의 부하량을 변화시킬 때, 발전기의 출력전류 및 전압, 배터리의 전류, 부하의 전류를 오실로스코프를 이용해 측정된 결과이다.

먼저 Valeo사의 발전기를 시험한 표 1과 그림 9의 (a)를 분석하면, 초기 시동이 걸린 후 초기 자동차에서 사용되는 전자장치들의 사용량을 30A의 부하로 가정하였으므로 발전량은 32.5A에서 직류 부하로 30A가 전류가 흐르고, 전류 -2.3A가 배터리로 충전된다. 이때 성능시험 장치에서 14.68V의 발전기 출력 전압을 계측하였고, 오실로스코프에서 이것을 확인할 수 있

다. 여기에서 배터리의 전류가 음수이면, 서론에서 설명한 바와 같이 시스템의 구성상 충전 모드임을 알 수 있다.

그림 9의 (b)는 표 1의 50A 부하일 때의 결과를 나타내고 있다. 초기 시동이 걸린 후 전조등이 켜 온한 상황을 가정한 내용이다. 그림 9의 (b)에서 결과 파형을 보면, 직류 부하가 50A일 때, 발전량은 53.4A, 배터리의 전류는 -2.35A임을 알 수 있다. 표 1의 직류 부하가 70A, 80A의 결과는 전조등을 켜 온한 이후 에어컨, 열선 등의 부하를 사용할 때를 가정한 상황이다. 일반적으로 자동차에서 열선이 켜 온되면 발전기는 거의 최대 발전량이 출력되는데, 이 시험에서는 이 상황을 모의하여 Valeo사 발전기의 전체 출력 스펙이 90A인 경우를 고려하여 수행한 결과이다. 이때의 결과를 오실로 스코프로 확인하면, 그림 9의 (c)와 (d)인데, 발전량은 각각 72.5A와 82.6A, 배터리의 전류는 각각 -2.4A와 -2.47A, 발전 전압은 각각 14.62V와 14.59V임을 확인할 수 있다. 또한 Alternator의 속도는 출력 전류량이 증가할수록 부하가 증가하기 때문에 상기 시험을 수행하는 동안 약 50rpm 이내의 변화가 있음을 확인할 수 있다.

표 2와 그림 10에는 Denso사의 발전기를 시험한 결과를 나타내고 있다. 앞에서 시험한 Valeo사의 발전기와 같은 조건으로 실험을 수행하였다. 전조등의 켜 온 상황인 직류 부하 30A의 결과를 확인하기 위해 표 2와 그림 10의 (a)를 비교해보면, 발전기의 출력 전류는 31.9A, 전압은 14.29V이고, 이때의 배터리 전류는 -1.6A의 결과를 나타내고 있다. 직류 부하가 50A, 70A인 경우는 전조등과 에어컨 부하를 사용한 경우를 가정할 수 있고, 그림 10의 (b)와 (c)이다. 이때의 발전기 출력 전류는 51.9A, 71.9A이고, 전압은 14.22V, 14.13V를 나타낸다. 배터리 전류는 -1.7A, -1.85A를 나타내고 있다. 그리고 직류부하가 90A, 110A, 130A의 성능 시험에서는 열선 및 다른 전자장치의 사용을 모사하여 시험한 결과이고, 표 2와 그림 (d), (e), (f)이다. 이때의 발전기의 출력전류는 각각 92.1A, 112.4A, 132.7A이고, 전압은 각각 14.02V, 13.95V, 13.91V를 나타내고 있다. 그리고 배터리 전류는 각각 -1.91A, -2.01A, -2.3A를 나타내고 있다. 앞서 시험한 발레오

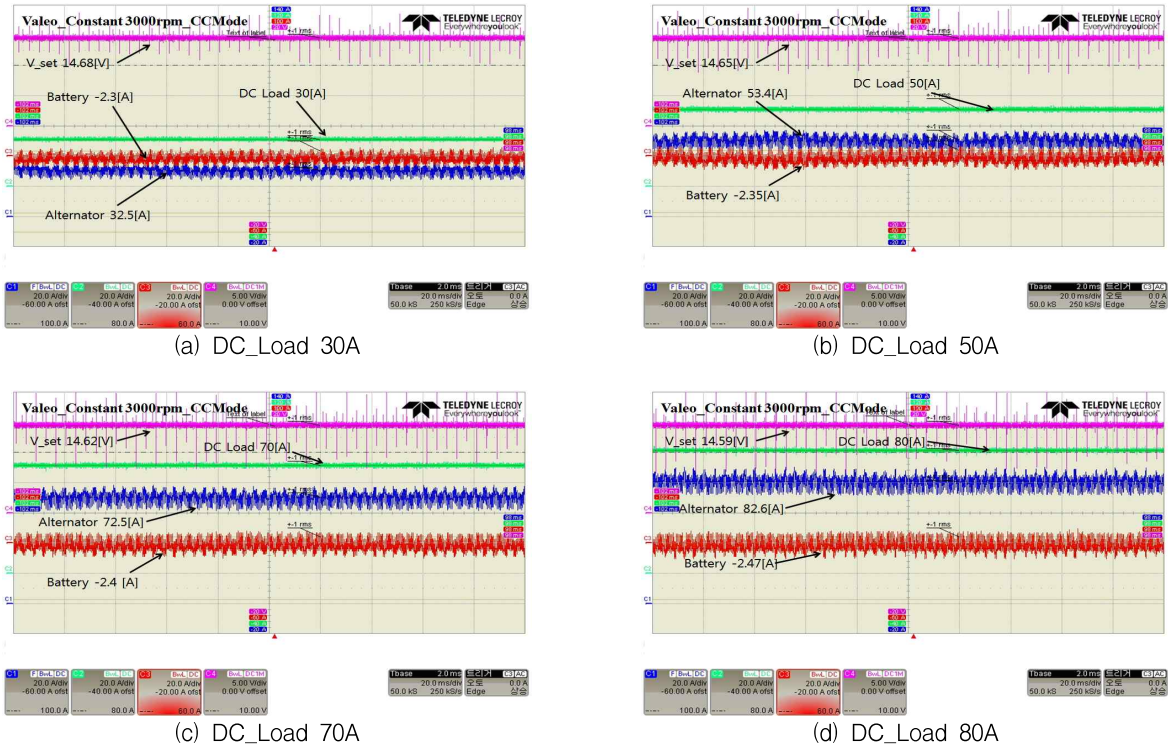


그림 9. Valeo사 발전기의 성능시험 파형
 Fig. 9. Experiment results of alternator made by Valeo Corp.

사의 발전기보다 더 중량이 큰 자동차에 적용하기 때문에 자동차에서 사용되는 전기에너지의 양이 서로 다르고, 따라서 시험 조건에서도 출력 용량에 대비한 시험을 수행하기 위해 Denso사 제품을 사용하는 자동차는 Valeo사 제품을 사용하는 자동차에 비해 전기부하의 용량이 더 클 것으로 생각을 하여 시험의 조건을 적용하고, 부하의 증가 범위도 더 높여 수행하였다.

오실로스코프의 파형을 분석한 결과 Valeo사 제품이 Denso사 제품보다 노이즈 및 손실이 많음을 알 수 있다. 또한 이 손실로 인해 발전량이 같더라도 출력전압에서 많은 차이가 있음을 확인할 수 있었다. 그리고 본 논문에서 시험한 Alternator중 Valeo사 제품은 아반떼급의 준중형차에서, Denso사 제품은 제네시스급의 중형차에서 사용되고 있으며, 가격도 Denso사의 제품이 Valeo사의 제품에 비해 높게 형성되어 있다.

일반적으로 자동차 Alternator의 전압조정기는 보통 13V~15V의 범위에서 발전전류량을 조절하게 된다.

실험결과를 바탕으로 유추하면, Valeo사 제품은 Denso사 제품에 비해 Alternator의 출력전압이 노이즈로 인하여 같은 발전전류에서도 높게 형성되어 있음을 알 수 있다. 따라서 발레오사의 제품은 Denso사의 제품에 비해 발전전류의 제어가 노이즈를 고려하지 않는 비교적 간단한 회로로 구성이 되고 이로 인하여 효율이 낮음을 예측할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서 제안한 자동차용 발전기 성능평가 장치를 이용하여 자동차 발전기의 성능시험을 수행한 결과 제작한 성능평가 장치를 이용하여 발전기의 성능을 시험할 수 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 현재 사용되고 있는 발전기를 실험실에서 선행 시험함으로써 연비 개선과 사용자 편의를 위한 전기시스템의 증가에 따른 발전기 및 발전기 제어 로직 개발이 실험실

자동차용 발전기의 발전 성능 평가에 관한 연구

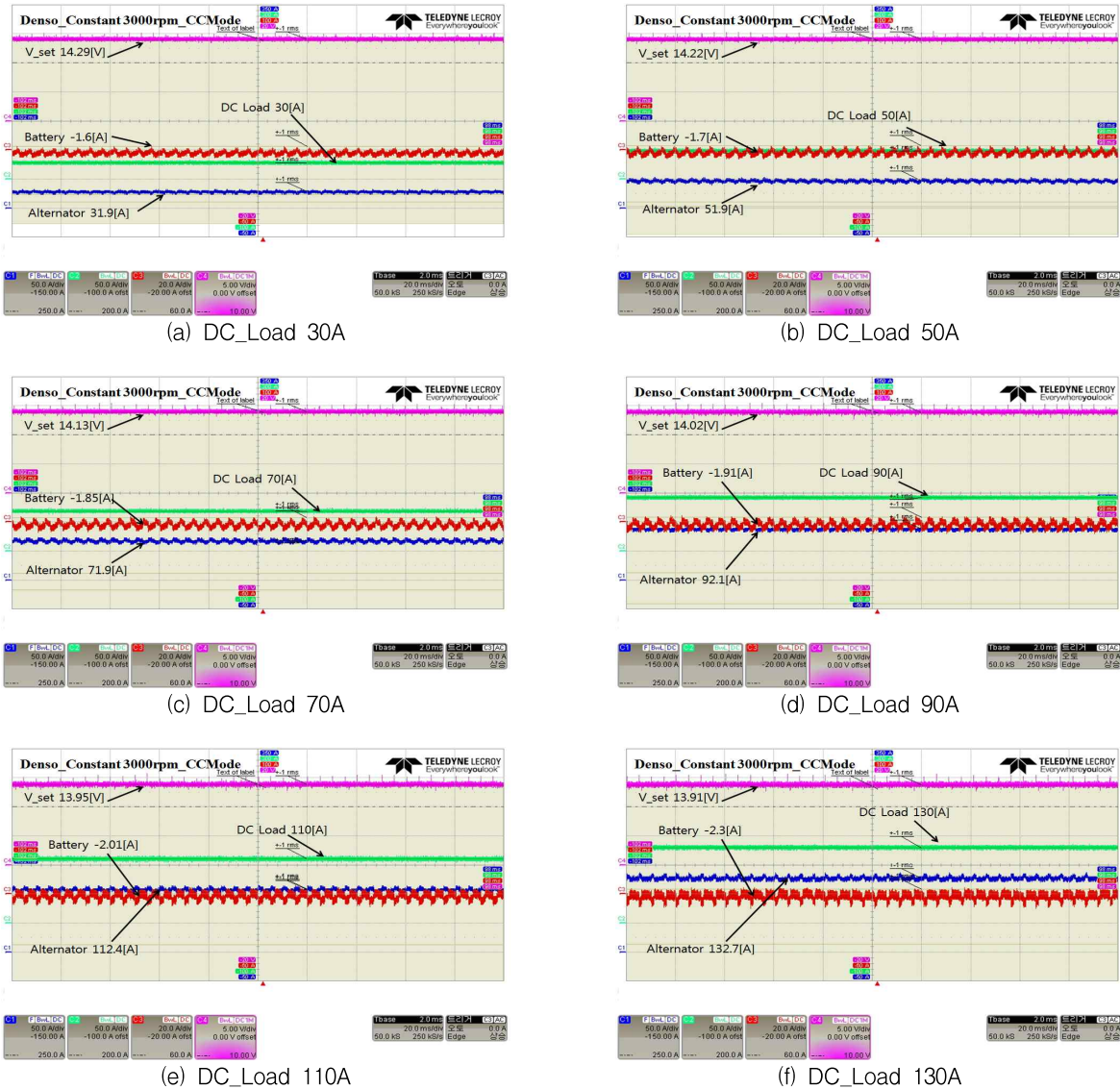


그림 10. Denso사 발전기의 성능시험 파형
 Fig. 10. Experiment results of alternator made by Denso Corp.

에서도 가능함을 확인할 수 있었다.

또한 자동차용 Alternator는 내부에 브러시와 발전량을 조절하는 전압조정기 등의 부품으로 이루어져 있으며, 이 중 브러시의 마모와 전압조정기 회로의 오동작으로 인해 발전량이 정상적인 Alternator와 차이가 나게 된다. 따라서 본 논문의 성능평가 장치를 이용한 Alternator의 고장유무의 판별 및 수명유추도가

가능할 수 있을 것으로 생각한다. 그리고 제안한 성능평가 장치의 메커니즘을 기반으로 자동차에서 쓰이는 다른 장치들의 성능평가 장치를 제작할 수 있을 것으로 판단된다.

References

[1] G.A. Williams, M.J. Holt, "The Future of Vehicle Electrical

- Power Systems and Their Impact on System Design”, SAE911653.
- [2] The Freedomia Group, “The Worldwide Market for OEM Automotive Electronics”, Edition 2001.
 - [3] J.R. Bumby, “Computer modelling of the automotive energy requirements for internal combustion engine and battery electric powered vehicles”, IEE proceedings, Vol.132, Pt. A, No.5, Sep. 1985.
 - [4] Z.M. Salameh, M.A. Casacca, W.A. Lynch, “A Mathematical Model for Lead-Acid Batteries”, IEEE Energy Conversion Vol.7 No.1, March 1992.
 - [5] B.K. Powell, K.E. Bailey, S.R. Cikanek, “Dynamic Modeling and Control of Hybrid Electric Vehicle Powertrain Systems”, IEEE Control Systems, October 1999.
 - [6] T. Denton, “Automobile Electrical and Electronic Systems”, SAE International, Warrendale, pp.134-178, 2000.
 - [7] R.B. Gmbh, “Automotive Electrics/Automotive Electronics”, BOSCH, 4th Edition, Jan. 2004.
 - [8] B.H. Lee., C.J. Kim, K.S. Kim, “The Current State of Infrastructure Construction and Technology development Trend of EV”, KIIEE, Vol.25, No.4, pp.11-21, 2011.
 - [9] David J. Perreault, “Automotive Power Generation and Control”, IEEE transaction on power electronics, vol.19, page 618, 2004.
 - [10] Mike Bradfield, “Improving Alternator Efficiency Measurably Reduces Fuel Costs”, white paper, Delco Remy, 2008.
 - [11] Stephen J. Chapman, “Electric Machinery Fundamentals”, McGraw Hill, 4th Edition, 2004.
 - [12] G.W. Kim, S.H. Hyun, “A Study on Generation Adequacy Assessment Considering Probabilistic Relation Between System Load and Wind-Power”, KIIEE, Vol.21, No.10, pp.52-58, 2007.
 - [13] G.A. Williams, M.J. Holt, “The Future of Vehicle Electrical Power Systems and Their Impact on System Design”, SAE911653, Aug. 1991.
 - [14] Giorgio Rizzoni, “Principles And Applications of Electrical Engineering”, McGraw-Hill, 5th Edition, 2005.

◇ 저자소개 ◇



안현진(安賢眞)

2004년 전남대학교 전기공학과 졸업.
2009년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).
2009년~현재 동 대학원 전기공학과 박사 과정.



심관식(沈冠植)

1991년 전남대학교 전기공학과 졸업.
1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).
1997년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).
1997~2004년 서남대학교 전기전자공학과 조교수.



임영철(任永徹)

1953년 4월 23일생. 1975년 전남대학교 전기공학과 졸업. 1977년 고려대학교 전기공학과 졸업(석사). 1990년 고려대학교 전기공학과 졸업(박사). 1983년~현재 전남대학교 전기공학과 교수.



최준호(崔竣豪)

1996년 숭실대학교 전기공학과 졸업.
1998년 동대학원 전기공학과 졸업(석사).
2002년 동대학원 전기공학과 졸업(박사).
현재 전남대학교 전기공학과 교수.



박성준(朴晟濬)

1991년 부산대학교 전기공학과 졸업.
1993년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).
1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).
2002년 동 대학원 지능기계공학과 졸업(박사). 1996년 3월~2000년 2월 거제대학교 전기과 조교수. 2000년 3월~2003년 8월 동명대학 전기공학과 조교수. 2003년 8월~현재 전남대학교 전기공학과 교수.



김의선(金義善)

1981년 전남대학교 계측공학과 졸업.
1987년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사).
1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사).
현재 신경대학교 정보통신공학과 교수.