

# 특장 차량용 하이브리드 발전시스템의 출력특성

한근우\*, 최명현\*, 김성곤\*, 이충훈\*, 한만승\*\*, 정영국\*\*\*

\*(재)자동차융합기술원, \*\*(주)고아정공, \*\*\*세한대학교

## Output characteristics of hybrid power generation system for special vehicles

Keun Woo Han\*, Myoung Hyun Choi\*, Seong Gon Kim\*, Chung Hoon Lee\*, Man Seung Han\*\*, Young Gook Jung\*\*\*

\*JIAT, \*\*KOH-A JUNG GONG. Co.Ltd, \*\*\*Sehan University

### ABSTRACT

This study deals with output characteristics of a hybrid power generation system for a vehicle such as a crane, a fire engine, and a wingbody. The proposed method obtains the commercial AC voltage of single phase 220V/60Hz by connecting a variable speed three phase PMSG(Permanent magnetic synchronous generator) and an AC/DC/AC power converter to PTO (Power take off) or hydraulic motor. The proposed system is fabricated and tested to demonstrate the usefulness of the proposed system.

### 1. 서론

일반적으로 발전 전용 차량이나 크레인, 사다리차, 소방차, 등 특장 차량은 구동 동력을 담당하는 엔진과 유압 시스템을 연계한 정속 구동 단상 발전기로 부터 직접 정전압/정주파수의 상용전력이 생산된다[1]. 이때 사용되는 단상 발전기는 계자권선형 발전기(Wound field synchronous generator)로서 계자권선에 별도의 전원을 이용하여 자속을 생성하기 때문에 계자권선에서 손실이 발생하고, PTO에 의해 발전기의 속도가 결정되므로 속도 변화율이 높아 전압과 주파수가 변동되는 단점이 있다[2]. 본 논문에서는 계자권선형 발전시스템의 문제점을 해결하기 위한 3상 영구자석형 발전기(PMSG)와 전력전자 변환장치를 연동한 특장 차량용 하이브리드 발전시스템을 제안한다. 제안된 시스템의 전력전자 변환장치는 AC/DC정류기와 DC/DC부스트 컨버터 그리고 단상 DC/AC인버터로 구성된다. 부스트 컨버터는 3상 PMSG의 부하변동에 따른 전압 감소를 보상하는 역할을 한다. 특장차량용 하이브리드 발전시스템의 유효성을 확인하기 위하여 시제품을 제작하고 전기적인 특성을 조사하기로 한다.

### 2. 제안된 시스템

특장 차량용 발전시스템 중 차량의 24V 배터리 전원을 이용하는 방법은 엔진의 시동과 무시동에 무관하게 발전 가능하나, 배터리의 소비량을 실시간으로 확인하기 어렵고, 배터리가 방전되는 경우에 차량 운행할 수 없다는 문제점이 있다.

그림 1은 특장 차량이나 발전 차량에서 상용전력을 발전하는 일반적인 방법을 보이고 있다. 이 방법은 차량의 구동동력을 담

당하는 엔진과 유압 시스템을 연계한 정속 구동 단상 계자권선형 발전기로 부터 직접 상용전력을 발생한다. 계자권선형 발전시스템은 유압시스템의 유속 변화에 따른 주파수 변동률이 약 5%정도 발생한다 이 전압 변동률은 계자권선 자속 보상에도 불구하고 용량에 따라 3~6%정도 발생한다[2] 특히 부하가 저용량인 경우에는 전압 변동률이 더 커지므로, 전압 및 주파수 변동에 민감한 공구는 성능을 발휘하는 데 문제가 될 수 있다 계자권선형 발전기는 자속 발생을 위한 별도의 전원이 필요하므로 이에 따른 효율 저하도 발생된다

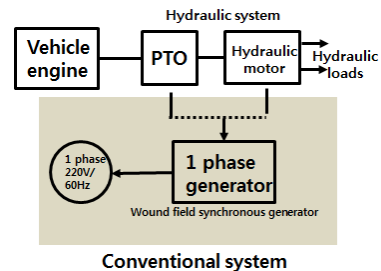


Fig.1.The conventional system

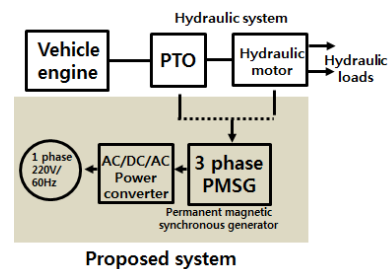


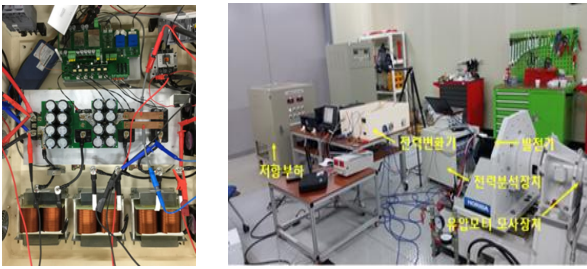
Fig.2.The proposed system

그림 2는 본 논문에서 제안한 특장 차량용 하이브리드 발전시스템이다. 발전 차량이나 특장 차량의 엔진계통에 있는 PTO나 유압모터로부터 기계적인 동력을 공급받은 3상 PMSG는 3,000rpm에서 220V선간전압이 발생한다. 이 전압은 AC/DC정류기에 의하여 제어되지 않은 330V 직류전압으로 변환되며, 부하가 연결되면 매우 심하게 전압강하가 발생되므로 부스트컨버터에 의하여 310V로 일정 제어해야 한다. 또한 3상 PMSG의 출력전압이 강하되거나 부하변동으로 인해 DC/AC인버터의 직류링크 전압이 강하되는 경우에도 부스트컨버터는 직류링크 전압

을 310V로 일정하게 유지시켜주는 역할을 한다.

### 3. 실험 및 고찰

그림 3은 특장 차량용 하이브리드 발전시스템의 성능을 검증하기 위한 실험장치를 나타낸다. 전력변환기의 제어기로 DSP (TMS320F28335)가 사용되었고, 엔진의 유압계통인 PTO 또는 유압모터의 회전에너지를 대체하기 위해 HORIBA사의 전기동력계를 이용하였다. 발전시스템의 전기적 입출력 특성의 분석은 전력분석계(WT 3000)를 사용하였다. 표 1은 실험에 사용된 파라미터이다.



(a)Power converter (b)Generation system  
Fig. 3. Experiment system

Table 1. System Parameters

Items	Value
3 phase PMSG; rpm, output voltage	3,000rpm, 220V(line to line)
DC/DC boost converter; output voltage	310V
DC/AC inverter; output voltage	1 phase 220V/60Hz
Output power	7kW
Efficiency	94.8%
Switching frequency of converter and inverter	18kHz

그림 4는 7kW 저항부하에 대한 제안된 시스템의 출력전압과 전류파형을 나타내고 있으며, 220V/60Hz의 전압이 안정적으로 출력됨을 알 수 있다. 그림 5는 실제 산업 현장에서와 같이 0→1→5→10kW의 4단계적 부하변동에 대한 전압과 전류의 응답 특성을 나타낸 것이다. 그림 5에서 보는 바와 같이 제안된 시스템의 출력전압과 전류는 안정적임을 알 수 있다.

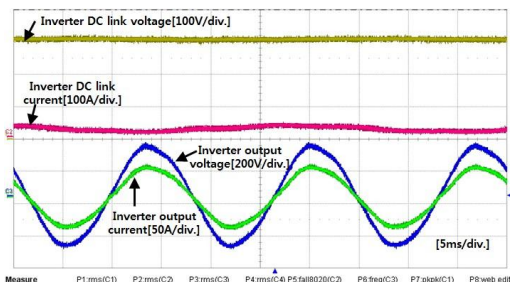


Fig. 4. Output voltage and current of the proposed system(7kW)

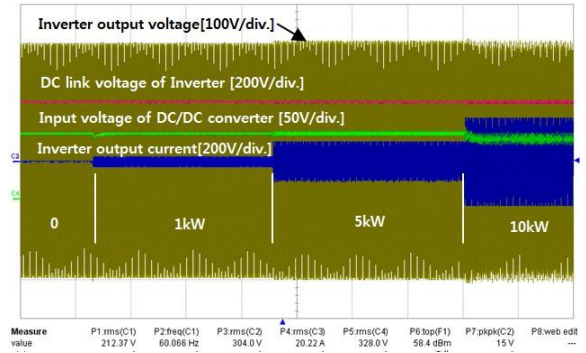


Fig. 5. Output voltage and current according to load changes

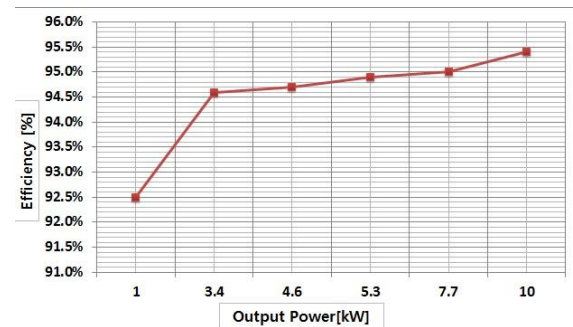


Fig. 6. Efficiency according to load changes

그림 6은 제안한 시스템의 출력에 따른 효율을 나타내고 있다. 1kW에서 10kW로 변동하는 부하에 대하여 모두 92%이상의 효율을 보이며, 최대 출력10kW에서 95.5%의 최대 효율이 발생됨을 알 수 있다.

### 4. 결론

본 연구에서는 특장차량을 위한 하이브리드 발전장치를 제안하였다. 제안된 장치는 특장차량의 엔진의 유압계통과 연결된 3상 PMSG에서 발생한 전압을 AC/DC/AC전력전자장치에 의하여 단상 상용전압으로 변환하는 방법을 사용한다. 제작된 하드웨어를 기반으로 제안된 하이브리드 발전장치의 성능 검증을 위해 실험을 진행하였다. 실험결과, 부하변동과 무관하게 220V/60Hz의 상용전원이 발생하였고, 최대 출력 7kW의 부하조건에서 약 94.8%의 효율이 발생하였다.

이 논문은 중소기업청에서 시행한 2015년 기술혁신개발사업에서 지원을 받아 수행한 연구 성과물입니다.(No: S2312464)

### 참고 문헌

- [1] S. H. Lee, M. H. Ban, C. H. Cho, S. G. Kim and T. W. Kim, "Quick charging isolated DC/DC converter with high efficiency for EV mobile rescue", KPEE Power Electronics Annual Conference, 2015.11, pp. 447-448.
- [2] 최명현, 한근우, 김성곤, 이충훈, 한만승, 주민기, "특장차량용 발전시스템 개발", 대한전기학회 전기기기 및 에너지변환시스템부문회 춘계학술대회 논문집, 2017. 4.