

# 도서지역 디젤발전기 자동전압제어시스템 성능시험

이의택, 류호선, 문주영, 박만기  
한전전력연구원

## Performance Test of Automatic Voltage Regulator for Diesel Generator in Island

Uitaek Lee, Hoseon Ryu, Jooyoung Moon, Manki Park  
Korea Electric Power Research Institute

### ABSTRACT

본 논문에서는 도서지역 디젤발전기 자동전압제어시스템을 개발하고 국내 다수의 도서지역에 적용하여 시험한 결과와 설계 내용에 대해 기술하였다. 기존 외산제품에서 별도의 하드웨어를 통해 수행하던 회전형 다이오드 진단기능을 소프트웨어적으로 구현하여 제어기 내에 통합하였으며, 자동으로 계통전압을 추종하는 기능을 추가하는 등 도서지역의 특성을 분석하고 그에 맞는 기능들을 새로 추가 적용하였다.

### 1. 서 론

국내 도서지역에서 주요 독립전원으로 사용되고 있는 디젤발전은 태양광, 풍력발전 등의 신재생에너지로 빠르게 대체되고 있다. 하지만 디젤발전은 아직도 많은 도서지역에서 주 에너지원으로 사용되고 있다. 최근 특정 도서지역의 정전원인 분석결과 발전고장의 약 50%가 디젤발전기 자동전압제어시스템의 고장으로 발생했으며, 사용연수가 10년 이상 된 제품이 전체 제어시스템의 50%에 육박할 정도로 노후화되었다고 한다. 또한 다양한 외산 제품사용으로 고장발생시 제품에 대한 호환 및 조달에 대한 문제점을 가지고 있었다. 제작사 및 모델이 다양하여 운전원이 모든 정비방법 및 매뉴얼을 숙지하고 있기가 힘들었으며, 제품의 노후화로 인해 저 여자제한 기능 등의 필수적인 보호기능의 부재로 큰 위험을 안고 있었다. 전력연구원에서는 이러한 요구사항을 충족시키기 위해 기존 여러 개의 하드웨어로 분리되어 수행하던 기능을 하나의 통합된 제어기기로 구현한 디젤발전기 자동전압제어시스템을 개발하였다. 본 논문에서는 최근 개발한 자동전압제어시스템의 구성 및 기능과 다수의 도서지역에 적용하며 수행한 성능시험 결과를 수록하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 디젤발전기 자동전압제어시스템 구성

개발품을 적용한 도서지역의 디젤발전기는 그림 1과 같은 브러시리스 타입의 간접여자방식으로 구성된다. 일반적인 복합화력발전소의 브러시리스 타입은 영구자석발전기가 설치돼있기 때문에 초기여자를 위한 직류입력이 따로 필요 없지만 도서지역 디젤발전기는 영구자석발전기가 없는 타입이기 때문에 초기 여자를 위해 110V DC 입력을 받고 있다.

대부분의 도서지역은 자동 계통병입장치가 없기 때문에 운

전원이 직접 발전기전압을 계통에 맞춰야 하는 불편함이 있다. 이를 개선하고자 계통전압 자동추종 기능을 구현하기 위해 계통 측 PT로부터 직접 계통전압을 받도록 구성하였다.

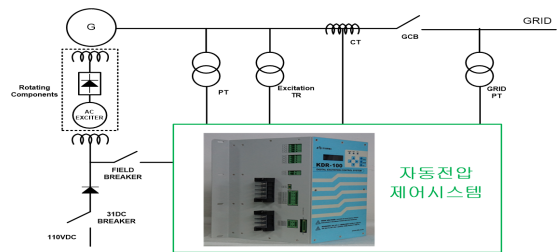


그림 1 도서지역 디젤발전기 구성도  
Fig. 1 Configuration of Diesel Generator in Island

디젤발전기 자동전압제어시스템은 제어부와 정류부가 일체형으로 설계되었다. 제어부는 DSP와 FPGA를 이용하여 구성되었으며 C언어로 작성한 각종 제어로직 및 보호로직이 일 정속도로 수행된다. 제어부에서 PI제어를 통해 출력되는 전압 제어신호는 FPGA를 통해 PWM 제어신호로 변환되며, 이는 드라이브 모듈을 통해 IGBT를 스위칭 할 수 있는 신호로 변환 된다. 정류부는 3상 전파 다이오드 정류회로와 IGBT를 결합하여 DC-DC 컨버터로 구성하였다. 여자변압기에서 강압된 3상 AC 입력을 다이오드 정류회로를 이용하여 DC 출력으로 변환 하고 이를 IGBT의 입력신호로 사용한다. IGBT는 제어부로부터 입력받은 PWM 제어신호를 이용하여 스위칭 된다. 정류부의 전체시스템은 그림 2와 같이 계자방전저항이 없는 타입으로서, 계자차단기가 비상 개방되었을 경우 두 개의 다이오드를 이용하여 계자에 남아있는 에너지가 방전될 수 있도록 설계되었다<sup>[1]</sup>.

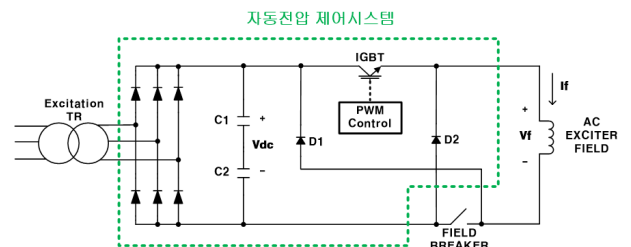


그림 2 자동전압제어시스템 정류부 구성도  
Fig. 2 Configuration of the Rectification Part in Automatic Voltage Regulator

## 2.2 소프트웨어 주요기능

### 2.2.1 EDM(Exciter Diode Monitor)

부 여자와 결합되어 있는 회전 정류기는 운전 중 직접적인 방법으로는 고장감시를 할 수 없기 때문에 실시간 감시가 가능한 간접적 방법을 사용한다. 이 시스템에서는 여자의 계자전류 DC성분에 대한 기본주파수 성분비를 이용하여 감시하는 방법을 적용 하였다.<sup>[2]</sup> 다이오드는 개방되거나 단락될 경우 발전기 단자전압과 무효전력에도 영향을 미치므로 고장 시 운전원에게 알람을 발생하거나 시스템을 자동으로 정지하도록 구성하여야 한다. 일반적으로 성분비가 10~40%사이의 값을 가질 때는 개방상태로 취급하여 알람을 발생시키고 40% 이상일 때는 단락된 것으로 판단하여 발전기 정지명령을 발생시킨다.

### 2.2.2 RCC(Reactive Current Compensator)

도서지역의 디젤발전기는 그림 3과 같이 여러 대의 발전기가 동일한 모선에 연결되는 병렬 형태로 구성되는 것이 일반적이다. 이런 구성의 경우 무효전류가 계통 쪽으로 흐르지 못하고 전압이 높은 발전기에서 낮은 발전기 쪽으로 흐르게 된다. RCC는 병렬운전 중인 발전기 중 전압이 낮은 쪽 발전기의 전압을 올려서 무효회류를 보상하게 된다. 무효회류 보상 기능은 병렬운전 중인 발전기들이 동일한 모선에 연결되어 운전되는 경우에 주로 필요하며 발전기간에 주 변압기가 설치되어 있는 경우에는 리액턴스 역할을 하는 주 변압기로 인해 무효회류가 크게 줄어들게 되어 보상기능은 거의 필요치 않게 된다. 화력발전소의 경우 대부분 발전기와 변압기가 1대 1로 설치되기 때문에 RCC의 중요성이 크게 강조되지 않는다.

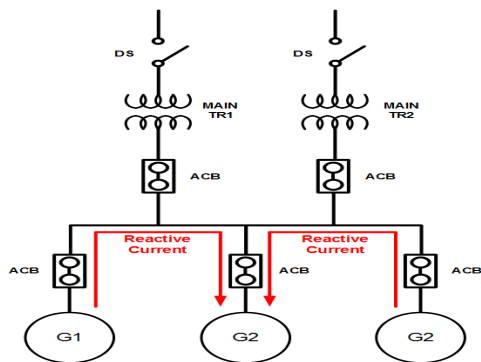


그림 3 발전기 병렬운전 시 무효회류  
Fig. 3 Reactive Current between generators while parallel Operation

### 2.2.3 계통전압 추종기능

도서지역은 대부분 자동 계통병입장치가 아닌 동기검정기를 이용하여 디젤발전기를 계통에 병입시키기 때문에 운전원이 계통의 전압과 주파수 등을 토대로 발전기 전압 및 엔진의 속도를 조정하고 동기검정기의 지침을 확인 후 차단기를 투입하여야 하는 등 불편함이 존재하며 한꺼번에 여러 조작을 수행하여야 하므로 운전원 실수를 유발할 가능성이 커지게 된다. 도서지역의 이러한 환경을 고려하여 발전기 초기전압확립 후 계통의 전압을 자동으로 추종할 수 있는 기능을 추가하였다.

## 2.3 성능시험 결과

발전기 초기 전압확립 후 계통전압 추종기능을 활성화 시키면 계통 3상 선간전압 평균값을 현재 발전기 전압과 비교하여

전압을 올리거나 낮추는 명령을 자동으로 발생시킨다. 그림 4를 보면 기능이 활성화 된 이후 발전기 전압이 계통전압을 서서히 추종하는 것을 볼 수 있다.

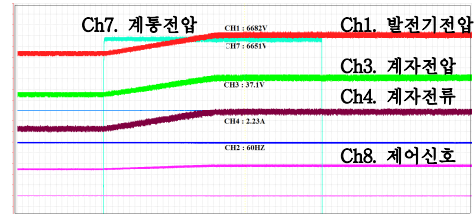


그림 4 계통전압 추종 기능  
Fig. 4 Grid Voltage Tracking Function

그림 5는 발전기 주파수를 55Hz까지 하강시켰을 때의 파형을 나타낸다. 주파수가 57Hz일 때 V/Hz 알람이 발생하면서 계자전류가 더 이상 증가하지 않는 것을 확인할 수 있다.

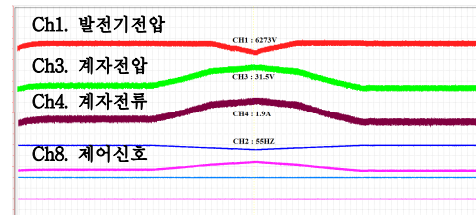


그림 5 V/Hz 기능시험  
Fig. 5 V/Hz Function Test

5% 전압상승 참조 값을 발생시켜서 과여자제한 기능의 동작을 확인하였다. OEL 알람이 발생하면서 계자전류가 제한설정 값 이상으로 올라가지 않고 결과적으로 발전기 전압을 강하시키는 것을 볼 수 있다.

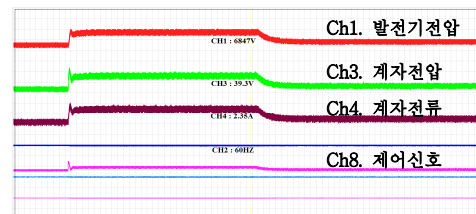


그림 6 OEL 기능시험  
Fig. 6 Over Excitation Limit Function Test

## 3. 결 론

본 논문에서는 도서지역 디젤발전기의 일반적인 특징과 이러한 특징을 반영하여 설계한 자동전압제어시스템의 기능을 기술하였다. 개발한 자동전압제어시스템을 여러 도서지역에 적용하고 기능시험을 통해 그 신뢰성을 검증받았다. 개발한 시스템은 향후 타 도서지역에 확대 적용할 예정이며, 그 결과를 바탕으로 제품을 점점 더 고도화해 나갈 예정이다.

## 참 고 문 헌

- [1] 류호선, 이의택, 이주현, “계자 방전 저항 없는 발전기의 출력 전압 제어 장치”, KR-B-10-1545253, 2015.
- [2] 류호선, 이의택, 박만기, 이주현, 유준수, “브리시레스 디젤발전기 여자회전형 다이오드 고장감시 방법”, 2015 대한전기학회 하계학술대회 논문집, 2015.