

# 가정용 연료전지 시스템의 단독운전 시 부하설비의 전압 및 전력품질 평가

## An Assessment on Voltage and Power Quality in Load Facility during the Islanding of Residential Fuel Cell System

박 찬 엄\* · 정 진 수\* · 한 운 기\* · 임 현 성\* · 송 영 상\* · 김 춘 삼\*\* · 임 덕 규†  
(Chan-Eom Park · Jin-Soo Jung · Woon-Ki Han · Young-Sang Song · Hyun-Sung Lim · Choon-Sam Kim · Duk-Gyu Lim)

**Abstract** - Recently, due to the excessive use of fossil fuels, many studies about the fossil fuels such as solar and fuel cell energy source are progressing. Fuel cell system has high energy conversion efficiency. Also, fuel cell system is environmentally friendly system because the carbon emission is almost not occur. Therefore, the fuel cell system is considered as the core technology of in the fields of the future energy and environmental. Fuel cell system has an effect on distribution power system because another power source of other than large power plants. So, fuel cell system can be reason of power quality in the power system. In this paper, we constructed the system for an assessment on Islanding. The system is composed with power source, Impedance coordination load and linear load, fuel cell system. we are performed assessment on voltage and power quality in customer and the distributed power system during the Islanding of residential fuel cell system. In addition, no change in the impedance of power system, we made a islanding condition only using the actual load, As a variation of generation and load current under islanding, an analysis results based on assessment system showed that the power qualities of distribution system became more aggravation as effect of voltage sag and voltage swell phenomena.

**Key Words** : Fuel cell system, Islanding, Power quality, Grid connection

### 1. 서 론

최근 들어 화석연료 사용의 증가로 인한 과도한 탄소 배출량의 증대에 따라, 기존의 화석연료를 대체할 수 대체할 수 있는 태양광, 연료전지 등의 에너지원에 대한 연구가 활발히 진행 중이다. 또한 온실가스 배출을 최소화하기 위한 방안의 마련을 위하여, 그린에너지 정책 및 산업의 일환으로 신·재생에너지에 대한 연구와 보급이 확산되고 있다[1].

가정용 연료전지시스템 보급과 관련하여 2008년 이후 현 정부는 그린 홈 100만호 프로젝트와 연계하여, 2020년까지 가정용 연료전지시스템 보급을 10만호를 목표로 그 사업을 실시하겠다는 계획을 발표하였다[2].

연료전지시스템은 천연가스와 같은 화학에너지를 전기에너지로 변환하여 전력을 생산하는 시스템으로써, 에너지 전환효율이 우수하고 탄소 배출이 거의 없는 친환경 발전 시스템이라 할 수 있다. 이러한 점에서 연료전지 시스템은 미

래의 에너지환경 분야의 핵심기술로써, 미래의 발전원으로 사용될 주된 기술 중의 하나로 인식되고 있다. 분산형 전원으로서의 연료전지 시스템은 기존의 전력계통 상의 관점에서 볼 때 화력, 원자력과 같은 전력수급을 위한 대규모 발전 설비 이외의 또 다른 발전원으로 간주할 수 있다. 따라서 한전의 배전계통에 영향을 줄 수 있으며, 그로인해 전력품질 저하 및 계통사고 발생 시 2차사고의 원인이 될 수 있다.

연료전지 시스템이 연계되어 있는 계통에서의 지락, 단락 사고 발생 시 또는 그 외의 계통 동요에 따른 전압강하 발생 시에 연료전지 시스템은 계통과 분리되어 계통으로 전력을 전송하지 않아야 한다. 또한 한전계통의 정전이 발생하여 맥내 전력수급이 이루어지지 않는 상황에서는 발전을 중지하여, 맥내에서의 지락, 단락사고, 인체감전 사고와 같이 단독운전 시 발생할 수 있는 상황을 미연에 방지할 수 있도록 발전시스템이 차단되어야 한다. 이를 위한 방안으로써, 한전에서는 분산형 전원 배전계통 기술기준은 정하여 적용하고 있다[3]. 또한 단독운전 발생 시 계통연계형 인버터에서 이를 신속히 감지하여 계통으로부터 분리될 수 있도록 하기 위한 많은 연구가 진행되어왔다[4-11].

단독운전 검출을 위한 연구결과들을 토대로 볼 때 기존 방식에서의 비검출 영역을 최소화하여 단독운전으로 인한 사고 위험성을 크게 감소할 수 있음을 알 수 있다. 그러나 그 발생 가능성은 많지 않으나 현재 기 설치되어 운영 중인 연료전지 시스템이나 인버터 내부에 탑재된 단독운전 검출 알고리즘의 프로그램 오류 또는 경년열화에 의한 오동작 발생 시는 단독

† Corresponding Author : Dept. of Electronics and Information Engineering, Kangwon national University, Korea.

E-mail : cepark@kesco.or.kr

\* Electrical Safety Research Institute, KESCO.

\*\* Dept. of Control and Instrumentation Engineering, Kangwon national University, Korea

Received : September 26, 2013; Accepted : November 6, 2013

운전 상태가 검출되지 못하는 결과를 초래할 수 있다.

본 연구에서는 가정용 연료전지시스템 및 단독운전 개념에 대한 간략한 개요와 설치되어 운영 시 규정상 발생하지 않아야 하는 단독운전 발생상황의 발생가능성을 확인하기 위한 실험을 수행하였다. 이를 위하여 실제 계통에 연계되어 있는 가정용 연료전지 시스템의 단독운전 상태를 모의하기 위한 시스템 구성하여 시험하였고, 단독운전 시 계통에서의 전력품질을 평가하고 그 결과를 분석하였다.

단독운전 상태의 모의는 임피던스 부하조정기를 이용하여 수행하였으며, 가정용 연료전지시스템의 단독운전 시 계통의 전력품질을 평가하고, 부하에서의 전류 소비량 변화를 모의하기 위하여 연료전지 시스템 발전량을 증감하는 형태로 하여 이에 따른 계통분리 여부와 전압변동, 전력품질을 평가하였다. 또한 별도의 임피던스 성분의 변화없이 실제 사용하고 있는 부하만으로 단독운전 상태를 구성하고 계통상황의 변화에 대한 결과를 제시하였다.

## 2. 가정용 연료전지 시스템의 구성

가정용 연료전지시스템은 화학에너지를 전기에너지로의 변환을 통해 전력을 생산하는 시스템으로써 그 구성은 그림 1과 같다.

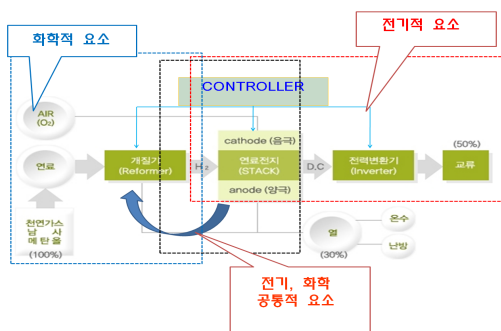


그림 1 가정용 연료전지 시스템  
Fig. 1 Residential fuel cell system

가정용 연료전지 시스템은 기상조건에 따라 발전량이 변동하는 태양광 및 풍력 발전설비와는 달리 연료 주입에 따라 지속적인 발전이 가능하기 때문에 안정적인 전원공급이 가능한 시스템이다. 또한 개질기 및 전력변환장치를 통하여 화학에너지에서 직접 전기에너지를 얻을 수 있기 때문에 [11]. 또한 개질과정에서 발생하는 열을 이용하여 고온의 물을 얻을 수 있어 전력과 가정 내 보일러 계통과의 연계를 통해 난방 및 온수를 사용할 수 있다.

표 1에 본 연구에서 단독운전 모의에 사용된 가정용 연료전지 시스템의 사양을 나타내었다.

## 3. 단독운전 개념 및 관련 분산형 전원 배전계통 연계 기술기준

### 3.1 단독운전의 개념

단독 운전이란, 단일 또는 복수 대수의 발전 설비가 연계

표 1 가정용 연료전지 시스템 사양

Table 1 specification of residential fuel cell system

연료	도시가스(천연가스)
특징	무질소 운전, 발전모듈/열회수모듈 일체형
시스템출력	1kW(AC 단상 220V 기준)
정격발전효율	≥35% (LHV 기준)
정격열회수효율	≥45% (LHV 기준)
정격총효율	≥80% (LHV 기준)
계통연계	계통연계운전
급탕능력	25,000kcal/hr(온수, 난방수 이용 방식)
사용환경	실내 및 실외

되어 있는 전력 계통이 사고 등에 의해 계통 전원과 분리된 상태에서 그림 2와 같이 발전 설비의 운전만으로 발전을 계속하여 국소적으로 선로 내 부하에 전력을 공급하고 있는 상태를 말하며, 사고의 피해 확대, 작업원의 감전, 재폐로 실패, 수용가 기기의 손상 등의 이유로 단독 운전 상태를 신속하게 해소할 필요가 있다.

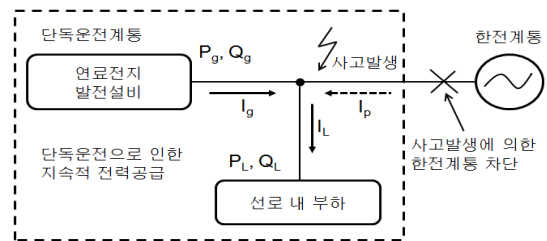


그림 2 연료전지 발전설비에서의 단독운전 계통도  
Fig. 2 Islanding system diagram in fuel cell generation system

단독운전은 계통 내 발전 설비의 발전 출력과 부하의 관계에 있어 발전 설비 및 부하의 유효 전력  $P_g, P_L$  혹은 각각의 무효 전력  $Q_g, Q_L$  중 어느 쪽이라도 평형이 유지되지 않는 경우에 발생할 수 있다. 단독운전 발생 시 계통 내에서는 전압 혹은 주파수가 변화하기 때문에 실시간 계통의 전압 및 주파수의 모니터링 과정에서 통상의 과전압 릴레이(OVR), 부족 전압 릴레이(UVR), 주파수 상승 릴레이(OFR), 주파수 저하 릴레이(UFR) 중 어느 하나에 의해 단독 운전은 방지될 수 있다. 그러나 유효 전력과 무효 전력 모두 평형이 이루어져 있는 경우, 전압과 주파수의 변화량은 작아지며 상기와 같은 전압/주파수 보호 릴레이에서는 이를 감지하지 못하여 단독운전을 방지할 수 없게 된다[12].

### 3.2 단독운전 관련 분산형전원 배전계통 연계 기술기준

한전의 분산형전원 배전계통 연계 기술기준에서는 단독운전과 관련하여 다음과 같이 규정하고 있다.

연계된 계통의 고장이나 작업 등으로 인해 분산형 전원 발전설비가 주 간선 계통으로부터 분리되어 일부 구간의 부하에만 전력을 공급하는 단독운전(Islanding)상태가 불가피하게 발생 될 경우, 분산형 전원 발전설비는 이러한 단독운전 상태를 가능한 빨리 검출하여 전력계통으로부터 분산형 전원 발전설비를 분리시켜야 하며(최대 0.5초 이내), 0.5초 이내의 순간일지라도 단독운전으로 인하여 계통의 정상운용,

설비운전, 공공 인축 안전 등에 나쁜 영향을 미치지 않도록 보호장치를 설치하거나 전송차단장치를 구비해야 한다[2].

또한 단독운전 중 부하전류를 증가 또는 감소에 따라 발생할 수 있는 계통 전압의 변동 시 분리시간을 표 2와 같이 규정하고 있다.

표 2 비정상 전압에 대한 분산형전원 분리시간

Table 2 Separation time of distributed power about abnormal voltage

전압 범위 (기준전압에 대한 백분율[%])	분리시간 [초]
$V < 50$	0.16
$50 \leq V < 88$	2.00
$110 < V < 120$	1.00
$V \geq 120$	0.16

3.3 단독운전 및 전력품질 평가 시스템의 구성

앞서 기술한 바와 같이 분산형 전원(태양광, 연료전지) 발전 설비가 계통에 연계되어 있는 상태에서 계통 사고 등의 발생 시, 분산형전원의 배전계통 연계기준에 명시된 바와 같이 계통으로부터의 분리된 상태로 단독으로 발전하지 않아야 한다. 이는 계통이 정전인 상태로 인식한 작업자의 감전, 수용가 기기의 손상 및 계통 연계의 재폐로 실패를 야기할 수 있기 때문에 중요한 문제라고 할 수 있다.

연료전지 시스템에 대한 단독 운전 시험을 수행하기 위하여, 아래 그림 3과 같이 시스템을 구축하였다. 시험 시스템은 안정적인 단상 또는 3상 전원 및 주파수를 공급할 수 있는 파워소스와 계통의 임피던스를 조절할 수 있는 임피던스 부하, 별도의 임피던스 성분의 변화 없이 단독운전 상태 구성에 사용된 선형성 부하(히터), 그리고 계통연계를 통하여 계통으로 발전 전원을 전송하거나 부하에서 전류를 소비할 수 있도록 전원을 생산하는 연료전지 시스템으로 구성되어 있다.

단독운전 평가 시스템 구성에 사용된 부하시험기 및 연료전지시스템, 파워소스를 그림 4와 5에 나타내었으며 표 3은 단독운전 영향평가 시스템의 사양을 나타낸 것이다.

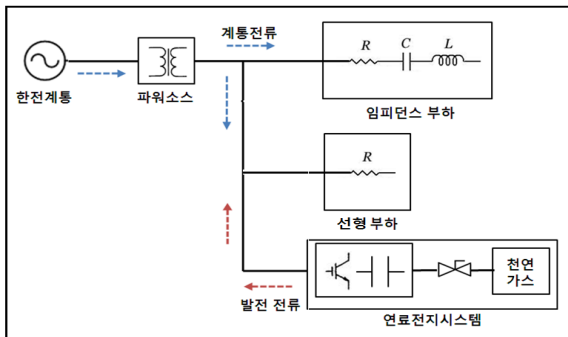


그림 3 가정용 연료전지시스템의 단독운전 시 영향 평가 시스템 구성도

Fig. 3 System Diagram for the Impact assessment during the Islanding of Residential Fuel Cell System



그림 4 임피던스 부하조정기  
Fig. 4 Impedance Load Controller



그림 5 가정용 연료전지시스템 및 파워소스  
Fig. 5 Residential Fuel Cell System and Power Source

표 3 단독운전 영향 평가 시스템 사양

Table 3 Specification of the Islanding Impact assessment system

구분	사양 및 범위	내용	
파워소스	단상 220V, 6kW 3상 380V, 2kW	안정적인 AC 전원공급	
수용가 부하	AC 220V, 1.1kW	단독운전 환경 구성을 위한 부하	
RLC 부하 조정기	R	10W ~ 4kW	계통의 무효전력 및 유효전력 동기화
	L	13Var ~ 4kVar	
	C	12Var ~ 8.4kVar	
연료전지 시스템	AC 220V, 출력 : 1kW	1kW 안정적인 AC 전원공급	
선로	임피던스 0.1Ω로 가정	변압기 임피던스	

고조파 영향 평가 시스템은 표 3에서 보는 바와 같이 한 전계통으로부터 전원을 공급받아 안정적인 3상 및 단상 전원, 주파수 공급하기 위하여 단상일 경우 최대 6kW, 3상의 경우 각 상별 2kW의 전원을 공급할 수 있는 파워소스 (Power Source)와 고조파를 발생시키지 않는 선형부하를 사용하는 수용가 모델 및 고조파 발생 부하 장치 그리고 천연

가스를 연료를 공급받아 안정적으로 계통에 전원을 공급할 수 있는 연료전지 시스템으로 구성되어 있다.

단독운전 영향 평가시험의 순서는 다음과 같다.

- 1) 파워소스에서 전원을 공급하여 부하에서 소비하도록 한다.
- 2) 현 상태에서 연료전지 시스템의 출력을 증가시켜 현재 부하가 소비하고 있는 전력만큼 발전되도록 한다.
- 3) 연료전지 시스템에서 발전하는 전원이 부하에서 소비하는 전류와 일치하는 상태가 되었을 때 차단기를 오픈하여 계통으로부터 전원이 차단된 상태에서 연료전지 시스템이 단독으로 운전을 하는지 여부를 확인한다.
- 4) 단독운전 시 발전량의 변화를 통해 연료전지시스템의 계통 분리여부와, 계통전압 및 전력품질을 평가한다.
- 5) 임피던스 조정 없이 발전량과 전력소비가 동일한 실 부하 연계 후 단독운전 여부를 확인하고, 단독운전 시 부하의 변동을 통해 연료전지시스템의 계통 분리여부와, 계통전압 및 전력 품질을 평가한다.

#### 4.2 계통연계 연료전지 시스템의 단독운전에 의한 계통영향 분석 결과

상기 내용의 시험순서에 따라 시험을 수행한 결과를 그림 6~10에 나타내었다. 그림 6은 계통에 연계된 연료전지 시스템의 단독운전 시험 결과 파형을 나타내고 있다. 그림에서 보는바와 같이 부하 소비전류는 측정을 시작한 시점부터 종료된 시점까지 일정 전류레벨을 유지하고 있는 상태를 나타내고 있다. 연료전지 발전에 따른 전류가 증가함에 따라 부하에서는 우선적으로 연료전지의 전력을 소비하므로, 계통 전류는 감소하여 부하로 유입되지 않는 상태가 된다.

계통 전원의 차단 시 즉, 연료전지 시스템의 단독운전 시점을 기준부터는 연료전지 시스템은 계통으로부터 분리되지 않고 계속해서 발전을 하고 있는 것을 알 수 있다.

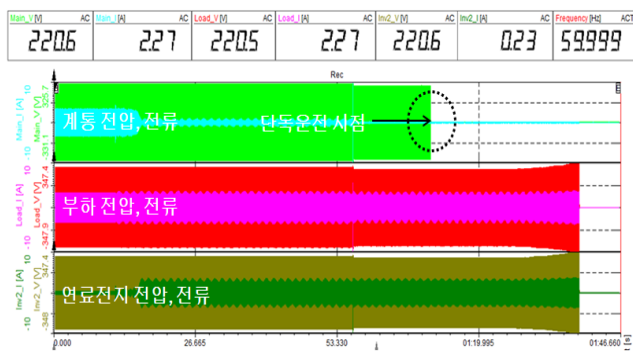


그림 6 가정용 연료전지 시스템의 단독운전 시험 결과  
 Fig. 6 Result of islanding evaluation of Residential Fuel Cell System

그림 7은 부하가 계통으로부터 전력을 공급받고 있는 상황에서의 계통 및 부하, 연료전지 전압, 전류 파형을 나타낸 것이다. 연료전지 시스템은 발전을 하지 않는 상황으로 전류값이 거의 0 값으로 나타나고 있다. 또한 계통전압 레벨

은 정상범위이며 계통에서의 전압고조파의 경우, 파워소스를 통한 안정된 상태의 계통전압으로 인하여 기본파를 제외한 나머지 고조파는 거의 측정되지 않았으며, 전류고조파도 차수별로 기준치 이하로 나타나 현재 계통의 전력품질은 양호한 상태인 것을 알 수 있다.

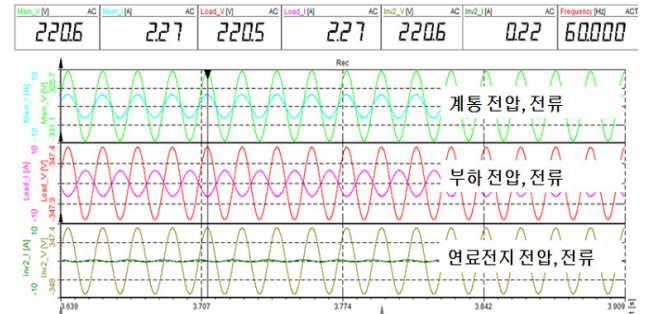


그림 7 한전 계통으로부터 전원을 공급받고 있을 때의 계통, 부하, 연료전지의 전압, 전류 파형  
 Fig. 7 Voltage and current waveforms in case that power is supplied from KEPCO

그림 8은 500 W 임피던스 부하가 계통에 연계되어 전력을 소비하고 있는 상황에서 계통전원을 차단하였을 때 연료전지 시스템이 계통에서 분리되지 않고 단독운전을 하고 있는 상태를 나타낸 것이며, 이때 연료전지 시스템의 발전량을 500 W에서 증가하였을 시 계통 및 부하, 연료전지시스템에서의 전압, 전류값 및 계통에서의 고조파 성분을 나타낸 그림이다. 그림에서와 같이 발전량이 증가한 경우, 일정한 크기의 전류를 소비하는 부하의 영향으로 전압상승 현상이 나타났으며, 연료전지 및 부하에서의 고조파 성분의 함유는 적고 계통에서의 전류 고조파 성분은 전류값이 작은 상태이므로 거의 없는 것으로 볼 수 있다.

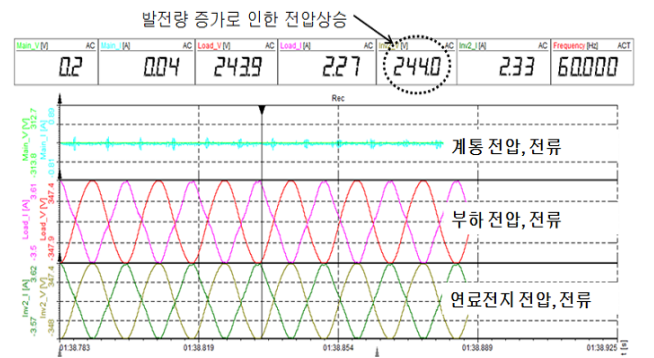


그림 8 연료전지 시스템의 단독운전 중 발전량 증가 시의 계통 및 부하, 연료전지 전압 및 전류 파형  
 Fig. 8 Voltage and current waveforms in case that power is increased in islanding state

그림 9는 1 kW 용량의 부하가 연계되어 전력을 소비하는 상황에서 계통전원을 차단하여 단독운전 상태를 구성한 후, 연료전지 시스템의 발전량을 1 kW에서 서서히 감소하였을 시 계통 및 부하, 연료전지시스템에서의 전압, 전류값, 고조파 성분을 나타낸 것이다. 그림에서 보는바와 같이 발

전량 감소로 인한 전압저하 현상이 나타났으며, 그림 8의 결과와 같이 연료전지 및 부하에서 고조파 성분의 발생이 적으므로 연료전지, 부하, 계통에서의 전압고조파 및 전류고조파 성분은 적은 것으로 나타났다.

상기 두 가지 조건을 기반으로 한 실험결과는 단독운전 시 연료전지의 발전량 변화에 따라서도 일정시간 단독운전 상태를 유지할 수 있음은 물론 그로인한 전압상승 및 전압저하현상 등 전력품질 저하요인이 발생할 수 있음을 나타내 준다.

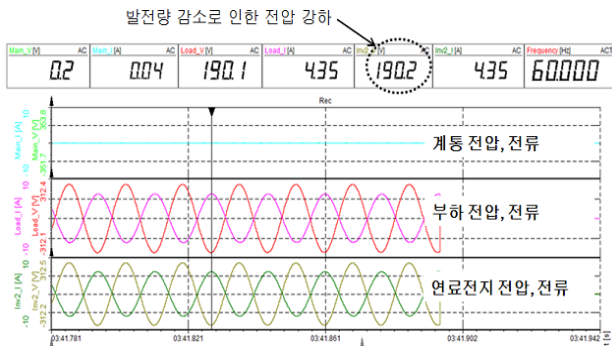


그림 9 연료전지 시스템의 단독운전 중 발전량 감소 시의 계통 및 부하, 연료전지 전압 및 전류 파형

Fig. 9 Voltage and current waveforms in case that power is decreased in islanding state

그림 10은 앞서 기술한 결과들과는 달리 임피던스 부하의 조정을 적용하지 않고 실제 사용하는 선형성 부하를 사용하여 단독운전 상태를 모의한 것으로써, 단독운전 시 계통 및 부하, 연료전지시스템에서의 전압, 전류값, 고조파 성분을 나타낸 것이다. 단독운전 상태 구성에 사용된 부하는 약 1.1 kW의 전력을 소비하는 히터부하로써, 연료전지의 출력을 최대로 하여 발전하고 있는 상태에서 계통 전원을 차단한 결과 그림과 같은 결과를 얻을 수 있었다. 그림 6~9에 나타난 결과와 마찬가지로 단독운전 상태를 유지하였고, 부하의 용량에 따라 약 8 V의 전압강하가 발생하였다.

이와 같은 결과는 임의의 계통 임피던스의 매칭과정을 통하지 않고도 실제 단독운전을 할 수 있음을 나타내주는 결과라 할 수 있으며, 실험에 사용된 연료전지 시스템이 실제

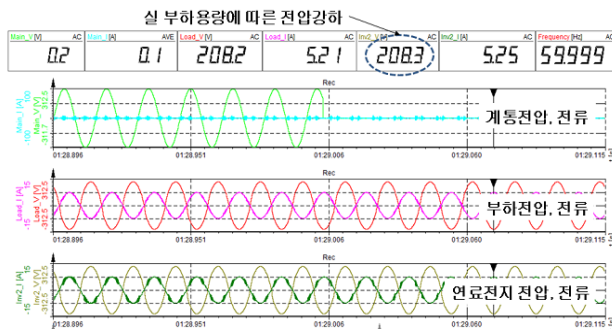


그림 10 선형성 부하를 적용한 단독운전 상태에서의 전압, 전류 파형

Fig. 10 Voltage and current waveforms in islanding state applying the linear load

설치되어 사용되고 있는 시스템이라는 점에서 위험요소가 내재되어 있음을 보여준다.

### 3. 결 론

본 연구에서는 분산형 전원의 배전계통 연계기준에 명시되어 있는 주요 내용 중 전기안전과 관련하여 그 가능성은 높지 않지만, 발생 시 계통사고 파급과 인명사고를 유발할 수 있는 단독운전 사고 시험을 수행하였고, 단독운전 시 계통의 전력품질을 평가하였다.

시험결과, 규정상 실제 적용되어 운영되고 있는 분산형 전원의 경우, 계통의 전원이 차단된 상태에서 반드시 계통에서 분리되어 발전을 하지 않아야 하는 분산전원 배전계통 연계기준에 부적합한 상태 즉, 단독운전이 수행되었으며, 인버터에서는 이를 감지하지 못하였다. 본 실험에서와 같이 단독운전이 될 경우, 부하 소비전류를 제외한 잉여전류의 계통연계에 의해 활성화 여부를 인지하지 못하고 해당 설비를 점검 또는 교체작업 시 감전사고 등으로 인한 인명피해가 발생할 수 있는 가능성을 확인하였다.

단독운전이 진행되고 있는 상황에서 부하량의 변화 즉, 발전량의 증가 또는 감소와 같은 변화를 통한 계통의 전력품질을 평가한 결과, 전압상승 및 전압저하현상과 같은 전력품질 저하요인이 발생하였고 비정상 전압에 대한 분리시간에 명시된 시간이상 발전이 지속되는 결과를 보였다.

또한 임피던스 부하의 조정을 적용하지 않고 실제 사용하는 저항성 부하를 사용하여 단독운전 상태를 모의하였으며, 부하용량에 따른 전압저하 현상이 나타났으며 발전을 지속하는 결과를 보였다.

본 사례 연구에서와 같이 실험에 사용된 연료전지 시스템이 실제 설치되어 사용되고 있는 시스템이라는 점으로 미루어 볼 때, 단독운전 검출 기능을 가진 인버터의 경우에도 기능의 오동작 및 경년열화에 따른 원인들에 의해 계통 사고 시 단독운전이 발생될 수 있는 점을 인지할 필요가 있다.

향후 인버터에서의 검출오류 방지를 위하여 추가적으로 계통의 상황을 모니터링할 수 있는 방안 관련 연구를 진행하여 단독운전 발생 시 이를 검출하여 계통에서 분리될 수 있도록 할 수 있는 방안 마련이 필요할 것으로 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 2011년도 에너지관리공단 신재생에너지 센터의 지원을 받아 수행한 연구로써, 관계부처에 감사 드립니다.

### References

[1] C.E. Park, W.K. Han J.S. Jung, "An Assessment on Harmonics Effect in Customer and the Distributed Power System during Grid Connection of Residential Fuel Cell System" KIEE Trans. Vol. 60, No. 6, Jun, 2011

[2] Ministry of Trade, Industry & Energy, "A Study on Electrical Safety Evaluation and Safety Standard

Development for a Residential Fuel Cell System”, 2011. 6

[3] KEPCO, “A Technical Standard for Distributed Power Grid Connection of Distributed Resource.”, 2005

[4] Y.C Kang, S.H. Jang, H.G. Kang, Y.G. Kim “Islanding Detection based on Complex Power at the Intertie”, Trans. KIEE. Vol. 57, No. 12, Dec, 2008

[5] H.M. Oh, S.W. Choi, T.H. Kim, G.P. Lee, T.W. Lee, “Anti-islanding Method by Harmonic Injection for Utility Interactive Inverter with Critical Load”, The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 17, No. 4, Aug, 2012

[6] B.H. Kim, Y.S. Park, S.K. Sul, W.C. Kim, H.Y. Lee, “Anti-islanding Detection of Photovoltaic Inverter based on Negative Sequency Voltage Injection to Grid”, The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 17, No. 6, Aug 2012

[7] J.S. Choi, S.W. J.S. Ko, D.H. Chung, “Development of Novel Algorithm for Anti-Islanding of Grid-Connected PV Inverter”, Journal of the KIIEE, Vol. 25, No. 10, Oct, 2011

[8] Y.G. Lee, Y.H. Kim, T.Y. Zheng, T.H. Kim, Y.C. Kang, “Islanding Detection for a Micro-Grid based on the Instantaneous Active and Reactive Power In the Time Domain”, Trans. KIEE. Vol. 61, No. 1, Jan, 2012

[9] B.Y. Bae, D.Y. Lee, B.M Han, J.S. Ko, N.S. Choi “Novel Islanding Detection Method for Distributed Generation Interconnected with Utility Grid” KIEE Trans. Vol. 57, No. 1, Jan, 2008

[10] I. H. Hwang, “A New Anti-islanding Method for Utility Interconnection of Distributed Power Generation System”, The Transactions of the Korean Institute of Power Electronics, Vol. 9, Issue. 6, Dec 2004

[11] Y.J. Song, “Residential Fuel Cell System” the Proceedings of the KIIEE Vol. 19, No. 2, 2005. 4.

[12] Ministry of Trade, Industry & Energy, “A Development of Stability Evaluation Technique about Demand Side Facilities by Distributed Resource Connection”, 2011. 10

저 자 소 개



**박찬엄 (朴燦嚴)**

1977년 5월 8일생. 2001년 2월 강원대학교 삼척캠퍼스 제어계측공학과 졸업 (공학사). 2003년 2월 중앙대학교 일반대학원 전자전기공학부 졸업(공학석사) 2007년 2월 동대학원 전자전기공학부 (공학박사). 2007년 3월 ~ 2009년 2월 중앙대학교 정보통신연구원 연구교수. 2009년 3월 ~ 현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 미래기술연구팀 주임연구원.



**정진수 (鄭鎭洙)**

1976년 9월 12일생. 2003년 명지대학교 전기공학과 졸업(공학사). 2005년 동대학원 전기공학과 졸업(공학석사). 2011년 동대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 2004년 ~ 현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 미래기술연구팀 선임연구원.



**한윤기 (韓雲基)**

1973년 6월 20일생. 1997년 목포대학교 전기공학과 졸업(공학사). 2001년 성균관대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2010년 숭실대학교 전기공학과 졸업(공학박사). 1998년 ~ 현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 미래기술연구팀 책임연구원.



**임현성 (林炫成)**

1981년 2월18일생 2006년 인천대학교 전기공학과 졸업(공학사). 2008년 인천대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 2009년 3월 ~ 현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 미래기술연구팀 주임연구원.



**송영상 (宋英上)**

1981년 4월 27일생. 2006년 전남대학교 전기공학과 졸업(공학사). 2012년 ~ 현재 서울과학기술대학원 전기공학과 재학중 2006년 5월~현재 한국전기안전공사 전기안전연구원 미래기술연구팀 주임연구원.



**김춘삼 (金春杉)**

1960년 11월12일생. 1984년 동아대 전기공학과 졸업. 1988년 중앙대학교 전기공학과 졸업(공학석사). 1993년 중앙대학교 전기공학과 졸업(공학박사). 1994년 ~ 현재 강원대학교 제어계측공학과 교수.



**임덕규 (林德奎)**

1954년 9월 8일생. 1978년 2월 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사). 1980년 9월 단국대학교 전자공학과 졸업(공학석사). 1989년 2월 단국대학교 전자공학과 졸업(공학박사). 1993년 8월 ~ 1994년 7월 Pennsylvania State Univ. Post-Doc. 1986년 4월 ~ 현재 강원대학교 전자공학과 교수 2006년 3월 ~ 현재 강원대학교 전자정보통신공학과 교수.