가정용 연료전지 시스템의 계통연계 시 수용가 및 배전계통에서의 고조파 영향 평가

논 문
60-6-31

An Assessment on Harmonics Effect in Customer and the Distributed Power System during Grid Connection of Residential Fuel Cell System

박 찬 엄† · 정 진 수* · 한 운 기**
(Chan-Eom Park · Woon-Ki Han · Jin-Soo Jung)

Abstract - Recently, due to the use of fossil fuels for electric power production, carbon emissions increased excessively. Thereby, in order to replace fossil fuels, many studies about 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 degradation reason of power quality in the power system. In this paper, we constructed the system for an assessment on harmonics effect. The system is composed with power source, harmonics generation and linear load, fuel cell system. we also performed assessment on harmonics effect in customer and the distributed power system during grid connection of residential fuel cell system. An assessment cases are divided into three. A Case 1 is state that residential load and fuel system are connected to grid, Case 2 is state that residential load and harmonics load are connected to grid, and Case 3 is state that all loads are connected to grid. As a output of fuel cell system is increase, analysis results based on assessment system showed that power quality became more aggravation as effect of harmonics.

Key Words : Fuel cell system, Harmonics, Power quality, Grid connection.

1. 서 론

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

2008년 이후 현 정부는 그린 홈 100만호 프로젝트와 연계하여 2020년까지 연료전지 10만호 보급 사업을 실시하겠다는 계획을 발표하였다. 국내, 주택용 연료전지 시장 중 주택용(1kW급) 연료전지 대상 호수는 1100만호, 상업용(5~10kW급) 연료전지 대상 호수는 540만호로 전체 전력 시장 중 92.8%의 높은 비율을 차지하고 있으며 건물용 연료전지 시장은 2020년까지 정부의 지원 아래 200만대 규모의 시장 형성이 예상된다[2].

연료전지시스템은 화학에너지를 전기에너지로의 변환을 통해 전력을 생산하는 시스템으로써 에너지 전환효율이 우수하고 탄소 배출이 거의 없는 환경 친화적 시스템이라는 점에서 미래의 에너지환경 분야의 핵심기술로 여겨지고 있으며 미래의 전력으로 사용될 주된 기술 중의 하나로 인식되고 있다. 분산형 전원으로서의 연료전지 시스템은 전력계통 상에서 볼 때 전력수급을 위한 대규모 발전설비 이외의 또 다른 발전원이기 때문에 배전계통에 영향을 줄 수 있으며 그로인해 전력품질 저하원인이 될 수 있다. 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방안으로써 국외의 경우에는 IEEE, IEC 등에서 고조파 관리기준을 제안하였고[3-4], 국내의 경우, 한전에서는 분산형 전원 배전계통 기술기준은 정하여 적용하고 있다[5-6].

전력품질의 저하요인은 플리커, 역률, 전압저하(Voltage Sag), 전압상승(Voltage Swell), 고조파 등 여러 가지가 있다. 그 중 고조파(Harmonics)는 부하에 따라 오븐, 히터와 같이 열을 발생시키는 것이 주된 기능인 부하에는 큰 영향이 없으나, 통신설비, 데이터 처리설비 등과 같이 깨끗한 정현파를 기본 입력으로 요하는 부하에는 악영향을 미칠 수 있다[7]. 고조파에 의한 영향을 방지하기 위하여 한전에서는 배전계통 고조파 관리기준을 제정하여 계통운영에 적용하고 있다[8].

본 논문에서는 가정용 연료전지 시스템 및 고조파 관리기준에 대한 개요와 고조파가 발생되고 있는 배전계통에 또 다른 전압원인 가정용 연료전지 시스템이 연계되어 발전하고 있을 때, 배전계통과 타 수용가에 미치는 영향을 평가하기 위한 시험환경을 구축하고, 실험을 통한 결과를 제시하였다.

† 교신전자, 정회원 : 전기안전연구원 연구원·공박
E-mail : cepark@kesco.or.kr
* 정 회 원 : 전기안전연구원 선임연구원·공박
** 정 회 원 : 전기안전연구원 책임연구원·공박
접수일자 : 2011년 5월 17일
최종완료 : 2011년 5월 26일

2. 가정용 연료전지 시스템의 구성

가정용 연료전지시스템은 화학에너지를 전기에너지로의 변환을 통해 전력을 생산하는 시스템으로써 그 구성은 그림 1과 같다. 그림에서와 같이 연료전지 시스템의 주요 구성요소는 연료전지 스택 이외에 연료변환장치(fuel processing system)인 개질기(reformer)와 전력변환장치(Inverter), 공기공급장치, 냉각장치 등으로 구성되어 있다. 연료전지에서 발생한 전력은 독립적으로 가정용 부하에 연결하여 사용하거나 계통에 연계하여 사용한다[9].

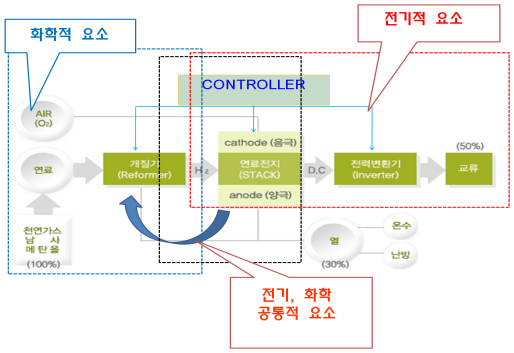

그림 1 가정용 연료전지 시스템
Fig. 1 Residential Fuel Cell System

가정용 연료전지 시스템은 연료 주입에 따라 지속적인 발전이 가능하기 때문에 안정적인 전원공급이 가능하고 개질기 및 전력변환장치를 통하여 화학에너지에서 직접 전기에너지를 얻을 수 있기 때문에 효율이 높다는 장점을 가진다[10]. 또한 전기를 생산하는 과정에서 시스템 내부에서 냉각에 이용된 고온의 물을 얻을 수 있어 전력과 가정 내 보일러 계통과의 연계를 통해 난방 및 온수를 사용할 수 있다.

그림 2는 본 연구에서 고조파 영향 평가를 위해 적용한 가정용 연료전지 시스템으로써 가스 파이프 배관을 통해 연료 가스를 공급받고, 건물 외부로부터 공기를 흡입하여 구동을 한다. 건물내부 온수 사용을 위해 연료전지 구동을 통해 발생된 온수는 그 외에 연료전지로부터 발생된 폐열과 가스는 외부 순환용 배기관을 통해 건물 밖으로 배출한다.

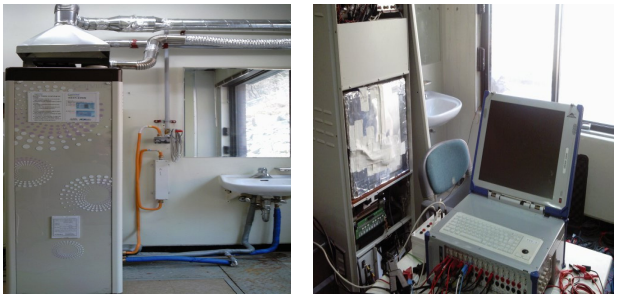

그림 2 고조파 영향 평가에 적용한 가정용 연료전지 시스템
Fig. 2 Residential Fuel Cell System for Assessment of Harmonics Effect

표 1에 본 연구에서 고조파 영향 평가에 적용한 가정용 연료전지 시스템의 사양을 나타내었다.

표 1 가정용 연료전지 시스템 사양
Table 1 A 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)
Hot well tank	150 Liter
사용환경	실내 및 실외

3. 고조파 개념 및 배전계통 연계 시 한전 관리기준

3.1 고조파 개념 및 종합 고조파 왜형률(THD : Total Harmonic Distortion)

고조파란 전력변환기기, 인버터 등 전력전자 반도체 응용기기와 같은 비선형 부하에 전압을 인가하게 되면 부하에 흐르는 전류는 파형에 변형이 나타나게 되며, 변형된 왜형파 중 기본파를 제외한 나머지 부분을 고조파라 한다. 고조파는 주기적으로 기본파와 합쳐진 복합파의 각 성분 중 기본 주파수(60Hz)에 대해 2배, 3배, 4배와 같은 정수배인 주파수를 말하며 고조파 주파수의 비율이 고조파의 차수가 된다.

계통전압/전류의 고조파는 파형의 변형 정도로 평가하는데 보통 종합 고조파 왜형율(THD)로 평가한다. 종합 왜형률은 기본 성분의 실효값에 대한 특정 차수(H차)까지의 모든 고조파 성분의 실효값 총합의 비율을 말하며 수식적 표현은 다음과 같다[8].

$$\mathrm{THD} = \frac{\text{전 고조파의 실효값}}{\text{기본파의 실효값}} = \sqrt{\sum_{h=2}^{H}\left(\frac{Q_h}{Q_1}\right)^2} \qquad (1)$$

여기서, Q = 전류나 전압
Q_1 = 기본 성분의 실효값
h = 고조파 차수
Q_h = h차 고조파의 실효값

3.2 분산전원의 한전 배전계통 고조파 관리기준

배전계통의 고조파는 전력회사에 의해 발생하는 것과 전력 변환 장치, 인버터 및 아크로 등과 같은 부하에 의한 것으로 나눌 수 있다. 이 중 배전계통의 고조파는 주로 부하에 의한 영향을 크게 받는다. 이러한 이유에서 일반적으로 배전계통에서 전압 고조파는 전력회사의 운영목표 값으로 설정되고 전류 고조파는 부하에 의해 방출되는 것으로 그 제한 값을 설정하여 관리하고 있다. 한전의 고조파 관리 기준은 IEC의 관리 기준과 유사한 형태를 가진다.

표 2에서와 같이 배전계통과 송전계통의 고조파 전압의 허용 목표를 설정하고 일정크기 이상의 부하에 대해 허용 고조파 전압의 크기를 정한다. 그리고 정해진 고조파 전압의 크기와 계통의 임피던스로 고조파 전류 제한 값이 할당되어 관리된다.

고조파 전류는 수용가의 고조파 발생원에 의해 전력 계통으로 유입되며 고조파 전압은 고조파 전류와 임피던스에 의해 발생되기 때문에 고조파 전류나 전압으로 인한 피해를 막기 위해서는 배전계통에 유입되는 고조파 전류를 제한해야 한다[8].

표 2 배전계통의 고조파 전압 목표 수준

Table 2 Specification of Residential Fuel Cell System

3의 배수가 아닌 기수 고조파			3의 배수인 기수 고조파			우수 고조파		
차수 h	고조파 전압 %		차수 h	고조파 전압 %		차수 h	고조파 전압 %	
	배전계통	송전계통		배전계통	송전계통		배전계통	송전계통
5	3.8	1.7	3	3.1	1.4	2	1.3	0.6
7	3.1	1.4	9	0.9	0.4	4	0.6	0.3
11	2.2	1.0	21	0.2	0.1	6	0.3	0.1
13	1.9	0.9	>21	0.2	0.1	8	0.3	0.1
17	{1.36 × (17/h)} − 0.16	0.6				>8	{(0.15 × (10/h)} + 0.15	0.1
19		0.5						
23		0.4						
25		0.4						
29		0.3						
31		0.3						
35		0.2						
37		0.2						
41		0.2						
43		0.2						
47		0.2						
49		0.1						
주) 종합 고조파 왜형률(THD) : 배전계통에서 5%								

4. 계통연계 연료전지 시스템의 고조파 영향 평가

4.1 고조파 영향 평가 시스템의 구성

고조파 발생 부하에 의한 고조파 발생에 따른 계통전류의 영향을 평가하기 위하여 그림 3과 같이 평가 시스템을 구성하였다. 평가 시스템의 구성요소에 대한 내용은 표 3과 같다.

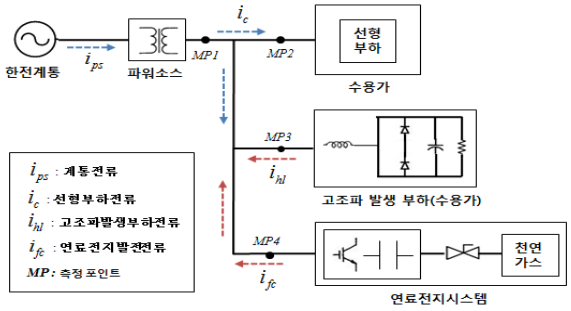

그림 3 고조파 영향 평가 시스템의 구성도

Fig. 3 System Diagram for Harmonic Effect Evaluation

표 3 평가시스템 구성요소

Table 3 Composition Component of Assessment System

구 분	사 양		내 용
파워소스	단상 220V, 6kW 3상 380V, 2kW		안정적인 AC 전원공급
수용가 부하	AC 220V, 1.1kW		고조파 성분이 없는 전류 소비
고조파 발생부하	리액터	0.35mH	I_{THD} : 135% 정도의 고조파 발생
	콘덴서	220μF/65HP	
	저항	40Ω/300W	
	다이오드	3상 50A	
연료전지 시스템	AC 220V, 출력 : 1kW		1 ~ 1000W 안정적인 AC 전원공급
선로	임피던스 0.1Ω		

고조파 영향 평가 시스템은 표 3에서 보는 바와 같이 한전계통으로부터 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 천연가스를 연료를 공급받아 안정적으로 계통에 전원을 공급할 수 있는 연료전지 시스템으로 구성되어 있다.

그림 3에 도시한 고조파 영향 평가 시스템 구성도를 기반으로 고조파 영향 평가를 위한 시험은 크게 3가지로 구분하며 그 내용은 아래 표 3과 같다.

표 4 고조파 영향 평가를 위한 시험조건

Table 4 Check List for Harmonic Effect Assessment

구 분	조 건
Case 1	수용가 부하 + 연료전지 시스템(1 ~ 1000W)
Case 2	수용가 부하 + 고조파 부하
Case 3	수용가 부하 + 고조파 부하 + 연료전지시스템 (1 ~ 1000W 출력)

상기 표 3에서 Case 1은 고조파 영향이 없는 상태, 즉 수용가 부하 및 연료전지 시스템 계통에 연결되어 있을 때 연료전지 시스템 출력에 따른 고조파 발생 여부 및 계통전류 상태를 평가하며, Case 2는 연료전지 시스템의 계통연계 없이 수용가 부하 및 고조파 부하가 연결되어 있을 때 계통전류 상태 변화를 평가한다. 그리고 Case 3은 수용가 부하, 고조파 발생 부하 및 가정용 연료전지 시스템이 모두 계통에 연계되어 있는 상태에서 연료전지 시스템의 출력 변화에 따라 계통 전류 상태 변화를 평가하는 것을 나타낸다.

4.2 연료전지 시스템의 계통연계 시 고조파 영향 분석 결과

연료전지 시스템의 계통연계 시 배전계통 상에서 발생되어 흐르고 있는 고조파 전류의 영향을 분석하기 위하여 상

기 내용과 같이 수용가 부하와 연료전지 시스템이 계통에 연계된 상태인 고조파 영향이 없는 상태와 계통에 연계된 가정용 연료전지 시스템이 없는 상태, 즉 수용가 부하 및 고조파 발생 부하만이 계통에 연결되어 있을 때와 연료전지 시스템이 계통에 연계되어 발전하고 있을 때의 수용가 모델 부하, 고조파 발생 부하, 배전 계통 및 연료전지 시스템에 대한 전압, 전류파형과 전압, 전류 왜곡율($V_{_THD}$, $I_{_THD}$)을 40차까지 측정하고 그 결과를 분석하였다.

Case 1의 경우에는 고조파의 영향이 없는 상태에서는 연료전지 시스템이 고조파 성분이 없는 안정적인 출력을 내고 있어 발전량에 따른 고조파 영향이 없는 것으로 확인되었다. Case 2와 3에 대한 결과는 그림 4와 5, 6에 나타내었다.

그림 4는 배전계통에 선형부하 및 고조파 발생 부하가 연계된 상태에서의 전압, 전류 파형을 나타낸 것으로써 두 번째 파형은 Measurement Point(이하 MP)2 즉, 선형부하 단에서의 파형을 나타낸 것이고 세 번째 파형은 MP3(고조파 발생 부하)에 의한 파형을 나타낸다. 그리고 첫 번째 파형은 MP1(배전계통 상에서의 전압, 전류파형)으로 고조파 발생 부하의 영향으로 전류 파형이 상당부분 변형이 발생한 것을 알 수 있으며, 고조파 발생 부하에 의해 발생된 고조파 전류의 왜곡률은 네번째 그림의 좌측에 나타낸 것과 같이 135% 정도이다. MP1에서의 전압, 전류의 왜곡률을 나타내는 $V_{_THD}$, $I_{_THD}$ 중 $V_{_THD}$는 기본파를 제외한 나머지 고조파 성분은 미미한 것으로 나타났으며 $I_{_THD}$의 경우에는, 마지막 그림에서 보는 바와 같이 고조파 발생부하의 함유량과 비교하여 볼 때 감소한 것으로 볼 수 있으나 네 번째 그림의 우측에서와 같이 56% 정도로 측정되어 배전계통의 전력품질이 좋은 않은 상태를 보인다.

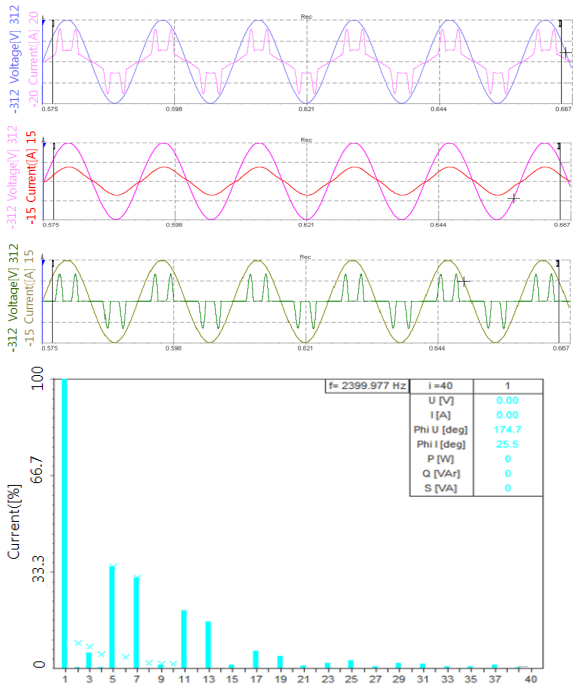

그림 4 고조파 발생 부하 및 선형부하의 계통 연계 시 계통의 전압, 전류 파형

Fig. 4 Voltage, Current Waveforms during Grid Connection of Harmonic Generation Load and Linear Type Load

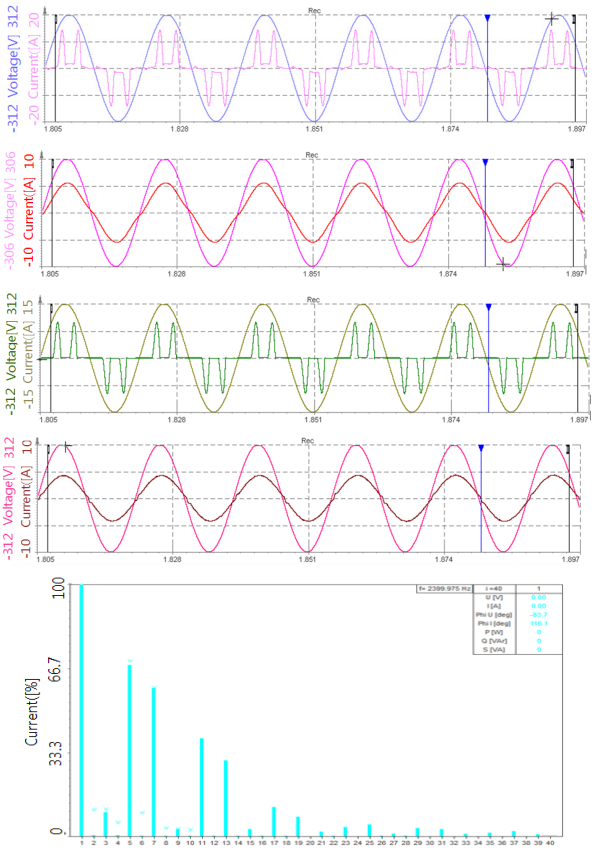

그림 5 연료전지 시스템의 출력이 600W일 때 전압, 전류 파형

Fig. 5 When output of fuel cell system is 600W, voltage and current waveforms

그림 5는 배전계통에 선형부하 및 고조파 발생 부하가 연계된 상태에서 연료전지 시스템이 추가로 연계되어 600W의 출력을 계통으로 유출하고 있을 때 전압, 전류 파형을 나타낸 것으로써 네 번째 그림파형이 연료전지 시스템의 전압, 전류 파형을 보이고 있으며 고조파 성분이 거의 없는 안정적인 전력을 공급하는 것을 알 수 있다. 배전계통 상에서의 전압, 전류 파형은 그림 4에서의 파형과 비교하여 볼 때 전압의 경우에는 큰 변화가 없으나 전류 파형은 그림 4의 전류 파형과는 조금 다른 형태를 나타내고 있으며, 고조파 발생 부하에서 발생되는 고조파 전류 파형과 유사한 형태로 측정된 것을 알 수 있다. 그림 4와 마찬가지로 $V_{_THD}$의 경우는 큰 변화가 없으나 $I_{_THD}$의 경우에는 많은 차이가 발생한 것을 알 수 있다. 네 번째 그림에서 보는 바와 같이 배전계통의 전류 고조파 왜곡률은 104%정도로 고조파 성분이 더 많이 늘어나 전력품질이 더 악화된 상태를 보여 준다.

이와 같은 결과를 보이는 것은 연료전지 시스템에서 고조파 성분이 포함되지 않은 안정된 전원을 공급함에 따라 계통에서 공급하는 전원 중 기본파 성분, 즉 60Hz 성분의 크기는 적어지게 되고 상대적으로 고조파 성분이 많이 남게 되어 계통전류는 고조파 성분이 많이 포함된 형태로 나타나는 것이며 그림 5의 첫 번째 파형과 같이 변형이 발생하게 된 것 또한 이 결과에 의한 것이라 할 수 있다. 즉, 계통에 고조파 성분이 있을 경우, 연료전지 시스템의 연계로 인하여

계통 상태가 더 악화될 수 있다는 것을 보여주는 것이다.

그림 6은 계통에 연계된 연료전지 시스템에서 1kW의 출력을 계통으로 유출하고 있을 때 전압, 전류 파형을 나타낸 것으로써 전압은 그림 5의 조건과 같이 큰 변화가 없으며 전류 파형은 첫 번째 그림에서 보는바와 같이 연료전지 시스템에서 600W의 출력을 내는 조건에서와 비교하여 볼 때 조금 변형된 형태로 측정된 것을 알 수 있다. 본 조건의 경우에서 I_{THD}는 257%로 전류 고조파 왜곡율이 크게 증가한 것을 알 수 있다. 상기 내용에서 기술한 가정용 연료전지 시스템의 계통연계 시 고조파 영향에 대한 평가결과를 표 5에 나타내었다.

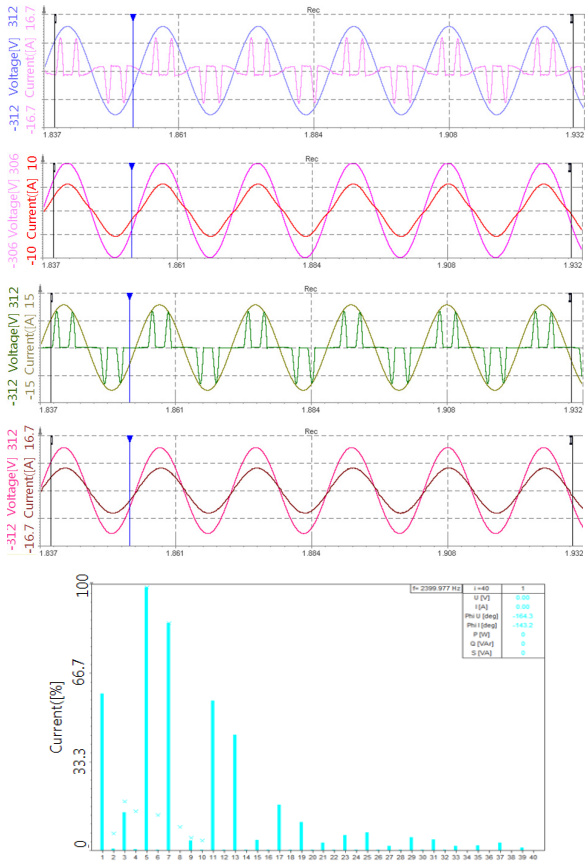

그림 6 연료전지 시스템의 출력이 1kW일 때 전압, 전류 파형

Fig. 6 When output of fuel cell system is 1kW, voltage and current waveforms

표 5 가정용 연료전지 시스템 계통 연계 시 고조파 영향 평가결과

Table 5 An Assessment Result on Harmonics Effect during Grid Connection of Residential Fuel Cell System

구분	조 건		I_{THD}(%)
Case 1	수용가 부하 + 연료전지 시스템		2.67
Case 2	수용가 부하 + 고조파 부하		56
Case 3	수용가 부하 + 고조파 부하 + 연료전지시스템	200W	65.7
		400W	82.5
		600W	104
		800W	161.8
		1kW	257

3. 결 론

본 논문에서는 이상기온에 따른 지구온난화와 이에 따른 세계적 에너지 기술 추이 및 국내 정부정책의 일환으로 개발적용 및 보급이 확대 되고 있는 가정용 연료전지 시스템의 계통연계 시 고조파 영향을 분석하였다.

한전계통으로부터 전원을 공급받아 안정적인 전원을 공급할 수 있는 파워소스(Power Source)와 고조파를 발생시키지 않는 선형부하를 사용하는 수용가 모델 및 고조파 발생 부하 장치 그리고 천연가스를 연료를 공급받아 안정적으로 계통에 전원을 공급할 수 있는 연료전지 시스템으로 구성하였으며. 평가 시스템 구성에 적용한 연료전지 시스템은 현재 에너지관리공단의 지원으로 많은 보급을 하고 있는 국내 가정용 연료전지 시스템 개발업체의 모델 중 하나를 선정하여 이를 대상으로 수행하였다.

상기 시스템을 기반으로 평가를 수행한 결과, 배전계통에 선형부하 및 고조파 발생 부하가 연계된 상태에서 연료전지 시스템이 추가로 연계되어 출력을 계통으로 유출하고 있을 때, V_{THD}의 경우는 큰 변화가 없으나, I_{THD}의 경우에는 연료전지 시스템에서 고조파 성분이 포함되지 않은 안정된 전원을 공급함에 따라 계통에서 공급하는 전원 중 기본파 성분, 즉 60Hz 성분의 크기는 적어지게 되고 상대적으로 고조파 성분이 많이 남게 되어 계통전류는 고조파 성분이 많이 포함된 형태가 되었기 때문에 .출력이 늘어나는 것과 비례하여 계통상에 고조파 성분이 더 많이 함유되어 전력품질이 더 악화된 결과를 보였다.

향후, 가정용 연료전지 시스템과 같은 분산형 전원의 계통연계에 있어 능동필터 적용 등과 같이 고조파 성분은 저감할 수 있는 방안이 필요할 것으로 판단되며, 한전 계통으로부터 공급되는 수전전압의 변화, 즉 여타 전력품질과 관계된 각종 외란을 적용하였을 시 가정용 연료전지 시스템의 연계로 인한 배전계통의 상태변화에 대한 연구가 필요하다. 또한 추가적으로 가정용 연료전지 시스템에 대한 전기적 안전성 평가를 위하여 배전계통 상에서 발생될 수 있는 지락, 단락과 같은 사고 발생 시 연료전지 시스템에 파급될 수 있는 사고에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다. (과제번호 : 20091020300410)

참 고 문 헌

[1] 김현일 외 6명 “PEM 연료전지 공기극 유로에서 물의 거동에 대한 CFD해석과 가시화 실험의 비교연구” 한국에너지공학회, 2008년도 춘계 학술발표회 제9권 4호 pp.101~108. 2008.

[2] 지식경제부, “가정용 연료전지 시스템의 전기적 안전성 평가 및 안전규격 개발에 관한 연구(1단계 보고서)”

[3] Recommended Practices and Requirements for

Harmonic Control in Electric Power Systems, IEEE Standard 519, 1992.
[4] Electromagnetic compatibility(EMS)-Part 3: Limits - Section 6 : Assessment of emission limits for distorting loads in MV and HV power systems - Basic EMC publication, IEC61000-3-6, 2008
[5] 한국전력공사 배전처, “분산형 전원 배전계통 연계 기술기준.”, 2005
[6] 조성민 외 3인, “계통 고조파와 분산형 전원의 상호작용 평가를 위한 고조파 모델에 관한 연구.” 대한전기학회 전기학회 논문지 60권 4호, pp.733~738, 2011. 4.
[7] 윤기갑, 김응상, “전력계통에서의 고조파 발생원인 및 영향” 대한전기학회, 전기학회지, 제 50권 10호 pp.13~18, 2001. 10.
[8] 한국전력공사 배전품질팀, "배전계통 고조파 관리기준.", 2010. 7.
[9] 이정운, 서원석, 김영규, “가정용 연료전지 성능시험 평가장치” 한국에너지공학회, 2008년도 춘계 학술발표회 제9권 4호 pp.95~100, 2008.
[10] 송유진, “가정용 연료전지 시스템” 한국조명 전기설비학회 조명·전기설비학회지 제19권 제2호 pp.38~43 2005. 4.

저 자 소 개

박 찬 엄 (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 정책기준연구부 연구원.

정 진 수 (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 정책기준연구부 선임연구원.

한 운 기 (韓 雲 基)

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