

연료전지 발전시스템의 PSCAD/EMTDC 모델링 및 계통연계에 따른 전력신호 분석에 관한 연구

(A Fuel Cell Generation Modeling and Interconnected Signal Analysis using PSCAD/EMTDC)

최상열* · 박지웅 · 이종주**

(Sang-Yule Choi · Jee-Woong Park · Jong-Joo Lee)

요 약

전력 에너지 소비의 급격한 증가와 환경오염, 화석연료의 고갈, 그리고 고유가에 대한 에너지 자원의 대처방안으로 신재생 에너지원에 대한 연구가 진행되고 있다. 다양한 대체 에너지들 중에서 연료전지 발전은 지속적인 원료 공급시 연속적으로 화학반응 에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술로서 연료비 부담이 없으며, 에너지 변환 효율이 높고, 대기오염이나 폐기물 발생이 없다. 또한 소규모 구성과 복합 구성이 가능하고, 전형적인 발전시스템과 달리 기계적인 진동과 소음이 낮다. 이처럼 연료전지를 이용한 발전시스템 분야의 연구와 실용화가 진행되고 있는 실정이다.

본 논문에서는 PSCAD/EMTDC를 사용하여 삼상 380[V], 50[kW]급 연료전지 발전시스템의 모델링 및 구성된 연료전지 발전시스템의 전력신호를 웨이블릿 기법으로 분석하고, 분석된 결과를 전력품질의 관점으로 평가하여 해당 시스템의 모의 성능을 평가하고자 한다. 이를 통하여 보다 상세한 연료전지 발전 모델과 운전에 따른 문제점을 도출할 수 있으며, 특히 계통연계 시 발생하는 다양한 전력품질 및 신호 특성을 선형하여 연구할 수 있다.

Abstract

The fuel cell generation convert fuel source, and gas directly to electricity in an electro-chemical process. Unlike traditional and conventional turbine engines, the process of fuel cell generation do not burn the fuel and run pistons or shafts, and it has not revolutionary machine, so have fewer efficiency losses, low emissions and no noisy moving parts.

A high power density allows fuel cells to be relatively compact source of electric power, beneficial in application with space constraints. In this system, the fuel cell itself is nearly small-sized by other components of the system such as the fuel reformer and power inverter. So, the fuel cell energy's stationary fuel cells produce reliable electrical power for commercial and industrial companies as well as utilities.

In this paper, a fuel cell system has been modeled using PSCAD/EMTDC to analyze its electric signals and characteristics. Also the power quality of the fuel cell system has been evaluated and the problems which can be occurred during its operation have been studied by modeling it more detailed. Particularly, we have placed great importance on its power quality and signal characteristics when it is connected with a power grid.

Key Words : Fuel Cell, Fuel Cell Generation, PSCAD/EMTDC, Wavelet

* 주저자 : 인덕대학 정보메카트로닉스학과 조교수

** 교신저자 : 성균관대학교 정보통신공학부 박사취득

Tel : 02-950-7427, Fax : 02-950-7439, E-mail : ppk99@induk.ac.kr

접수일자 : 2007년 11월 29일, 1차심사 : 2007년 12월 6일, 심사완료 : 2008년 1월 23일

1. 서 론

전력 에너지 소비의 급격한 증가와 환경오염, 화석연료의 고갈 그리고 고유가에 대한 에너지 자원의 대처방안으로 신재생 에너지원에 대한 연구가 진행되고 있다[1-2]. 다양한 대체 에너지들 중에서 연료전지를 사용할 경우 발전효율을 최소 40~60[%] 이상의 수준으로 유지할 수 있으며, 열병합발전 시 80[%] 이상의 고효율 발전이 가능하다[3-4]. 에너지를 생산하기 위한 연료로서 천연가스, 메탄올, 석탄가스 그리고 화학적 조성에 따라서 다양한 연료를 사용할 수 있으며, 배기가스가 발생하는 경우 가스 중에 NO_x, SO_x 및 분진 발생이 거의 없다. 또한 CO₂ 발생량 또한 기존의 화석연료를 사용하는 미분탄 화력발전에 비하여 20~40[%] 감소 효과를 얻을 수 있다[5-6].

특히, 발전기기를 이용하는 발전방식과 달리 회전기기가 없으므로 이로 인한 소음발생이 없으며, 기존 화력발전 설비와 같은 다량의 냉각수가 불필요하다. 화학반응을 이용한 설비로서 반응물질의 제어를 이용하여, 부하변동에 따라 신속히 반응하도록 제어할 수 있으며, 설치형태에 따라서 수용가 설치용, 분산 배치형, 중앙 집중형 등의 다양한 방법으로 시설이 가능하며, 점유하는 공간 면적이 작아서 도심부 근 설치가 가능하며, 송·배전시 설비 및 전력 손실이 상대적으로 작은 장점들을 갖는다[5].

연료전지 발전 분야는 이미 실증연구 및 실용화단계에 와 있으며, 미국과 일본이 실용화 기술을 보유하고 있는 실정이며 상대적으로 국내에서는 소규모 발전용량을 구성하기 위하여 연구가 진행되고 있다[1-2,5]. 연료전지 발전설비의 발전효율 향상뿐만 아니라, 저 비용의 연료전지 재료개발, 연료전지의 대량공급 및 저장 그리고 관련설비들의 유지·보수 편의성과 내구성과 신뢰성을 높이기 위한 연구가 진행 중이다[1-6].

하지만, 연료전지 발전시스템의 독립운전 및 계통과의 연계 운전 시 발생하는 문제점들과 전력특성에 관한 연구는 상대적으로 부족한 실정이며, 전력계통 분야에서 사용되는 과도현상 분석 또는 모의 프로그램들을 이용한 체계적인 모델을 구하기가 어렵다.

따라서 종래의 전력계통분야에서 사용하고 있는 모의 프로그램에서 구현할 수 있는 연료전지발전 모델의 구축과 이를 통한 다양한 조건에 따른 현상을 분석할 필요성이 대두된다[7-9].

본 논문에서는 전력계통 모의와 정상 및 과도현상 해석 분야에 널리 사용되는 PSCAD(power system computer aided design) / EMTDC(electro-magnetic transient including DC)를 사용하여 연료전지 발전 시스템을 모델링하며, 연료전지 발전시스템의 전력신호(전압/전류)를 DFT(discrete fourier transform), DWT(discrete wavelet transform) 등과 같은 신호처리 알고리즘을 이용하여 해당 전력신호의 주파수 특성과 잡음 특성들을 분석하고, 분석된 결과들을 전력품질의 관점으로 평가하여 해당 시스템의 모의 성능을 모의하고자 한다. 또한, 이를 통하여 보다 상세한 연료전지 발전 모델과 운전에 따른 문제점을 도출할 수 있으며, 특히 계통연계 시 발생하는 다양한 전력품질 및 신호 특성을 선행하여 연구할 수 있다.

2. 연료전지 발전 시스템 구성

2.1 연료전지 발전 시스템

근래 상용화 되어 있는 연료전지(fuel cell) 발전시스템은 화학적 화합물과 반응물질의 화학에너지를 직접 전기에너지로 변환하는 발전 장치이며, 연료가 스나 산화성가스등을 각각 양·음극에 연속적으로 공급함으로써 계속하여 전기에너지를 발생하게 된다[5]. 연속적으로 연료가스나 산화성 가스를 공급하면 이론상으로 지속적인 전력을 생산할 수 있으므로 에너지 변환기로서 활용이 가능하다. 또한 종래의 산업용 자가용 발전과는 달리 용량이 수십 [kW]에서 수 [MW]급까지 다양하고, 소규모 수용가에서 자가용 고압수용가에 이르기 까지 다양하게 도입될 가능성이 높다[1,5].

일반적인 연료전지 발전시스템은 태양광 발전시스템과 유사한 구조를 갖으며, 태양전지(solar cell)로 구성된 모듈(module) 대신 연료전지 시스템에서는 해당 발전부를 연료전지의 원료부가 담당하고 있

으며, 축전지 및 전력변환장치들로 구성된다. 또한 연료전지의 운전방식은 독립 운전방식과 계통 연계 운전방식으로 구분하여 사용되지만, 대부분의 연료전지 발전시스템은 계통 연계방식으로 구성되며, 해당 방식은 다음의 그림 1과 같은 구성을 갖는다.

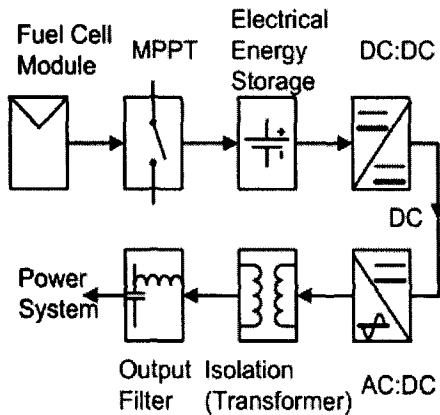


그림 1. 연료전지 발전 시스템 블록 구성도
Fig. 1. Block Diagram of Fuel Cell Generation System

위의 그림 1은 계통연계형 연료전지 인버터의 구성으로 전효전지 모듈로부터 생산되는 전기에너지를 컨버터 입력전 최대전력추종제어(MPPT: Maximum Power Point Tracking) 처리 과정을 통하여 필요에 따라 에너지 저장장치(electrical energy storage)에 선택적으로 저장된다. 승압(step-up) 컨버터에서는 인버터 입력 정격으로 필요한 값으로 승압하고, 인버터를 거쳐 교류 전력이 발생된다[9-10]. 이렇게 발생된 교류 전력은 변압기(isolation)를 통하여 변환된 교류전력의 직류성분이 연계된 계통으로 유입되는 것을 방지하며, 최종적으로 인버터의 스위칭 작용에 의하여 발생하는 고조파(harmonics) 전류 성분들의 방출을 막기 위해 계통 연계말단에 고조파 필터(output filter)를 설치하는 구조를 갖는다.

2.2 연료전지 발전 시스템 모델링

본 장에서는 상기 언급한 구조의 연료전지 발전

시스템과 3상 배전계통을 갖는 수용가로 시설구성이 가능한 삼상, 정격용량 50[kW], 정격전압 380[V]의 60[Hz] 전력을 발전하는 인산염형 발전방식의 연료전지 발전시스템을 PSCAD/EMTDC로 모델링하였다.

연료전지 발전의 구성은 인버터와 절연변압기를 시설하여 계통에 연계 되는 방식으로서 직류 전원부측의 에너지원(energy source)을 제외한 부분은 일반적인 직류 전압원을 갖는 태양광 발전 시스템과 그 구성이 유사하다[9].

연료전지를 이용한 발전시스템은 조도, 일사량 등과 같은 기후적인 요인에 따라서 발전량이 변하는 태양광 발전시스템과 달리 연료원 물질의 안정적인 공급과 발전환경이 유지되면, 비교적 안정적인 출력을 유지할 수 있다. 가변적인 발전특성에 대비하기 위하여 최대출력제어기법(MPPT) 제어 장치의 도입으로 발전가동시 안정적인 출력을 유지할 수 있다. 상기 조건을 고려하여 구성된 연료전지의 출력부는 일정한 출력 전압을 유지하는 것을 전제로 모델링하였다.

모의된 연료전지 발전시스템은 다음의 그림 2에 나타내었으며, 전원 전압은 직류 0.6[kV], 전원 임피던스는 0.1[MΩ]으로 구성하였다.

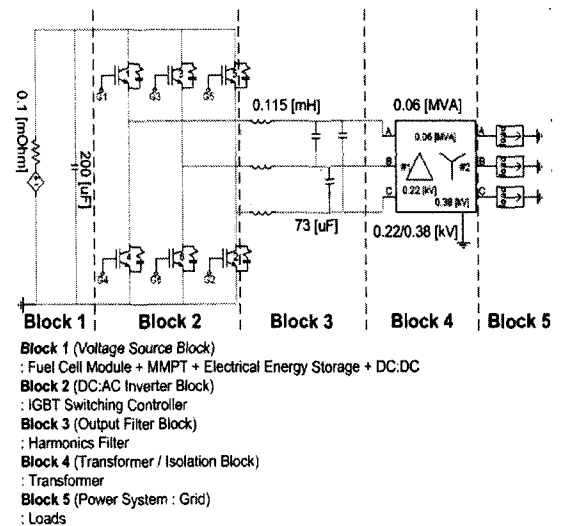


그림 2. 구성된 연료전지 발전기 모델
Fig. 2. Fuel Cell Generation Modeling Block

구성된 연료전지 발전시스템에서는 연료전지 출력 전압을 변환하는 삼상 DC/AC 인버터장치가 적용된다. 전력변환을 위하여 설계된 인버터 모델은 PWM(pulse width modulation) 구동 클럭으로 기동하며, 제어 변수와 기준 입력(인버터 출력단 전압) 사이의 오차에 근거하여 연료전지 발전의 출력이 기준 전압을 유지하도록 하는 피드백(feed-back)방식으로, 전압 제어형 PWM 인버터로 구성하였으며, 평형 삼상 정현파의 기준과 신호와 각상에 공통인 반송파 신호를 사용한다. 연료전지 발전시스템은 삼상으로 구성하여 각 상을 담당하는 제어기마다 상호간에 120[°]씩 위상차를 갖는 방식으로 기동할 수 있도록 설계하였다. 전력변환을 위하여 구동하는 스위칭 소자는 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor)를 사용하여 연료전지 발전 출력 인버터를 구성하였다.

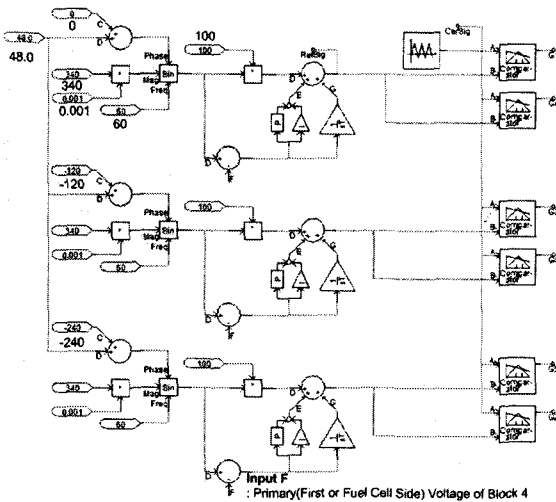


그림 3. PWM 구동, PID 제어 인버터 블록
Fig. 3. PWM & PID Controller Model for Inverter Block

위의 그림 3은 상기 나열한 바와 같이 연료전지 발전기의 출력을 제어하기 위하여 PSCAD/EMTDC로 구성된 인버터 제어 블록을 도시한 것이다.

구성된 PWM 제어기의 동작으로부터 각각 IGBT 소자의 동작은 참조신호(reference signal)인 정현파와 구동 기준 신호인 삼각파형으로 두 파형의 +(양), -(음) 구간을 비교하여 독립적으로 구동된다.

표 1. PID 제어 파라미터
Table 1. Parameters of PID Controller

항 목	설정값
Proportional Gain	200
Integral Time Constant	0.001[sec]
Maximum Limit	20
Minimum Limit	-20
Intial Output	0.0
Time Constant	0.5[sec]

구성된 PID 제어부와 스위칭 기능을 담당하는 제어 변수와 상세한 설정 값 및 특성들을 위의 표 1과 표 2에 각각 표기하였다.

표 2. IGBT 제어 파라미터
Table 2. Parameters of IGBT Switch

항 목	설정값
Thyristor On Resistance	0.01[Ω]
Thyristor Off Resistance	1.0[MΩ]
Forward Voltage Drop	0.001[kV]
Forward Breakdown Voltage	1.0E5[kV]
Reverse Withstand Voltage	1.0E5[kV]
Minimum Extinction Time	0.0[sec]
Snubber Resistance	0.452[Ω]
Snubber Capacitance	0.001 μF

IGBT 구동 기준 신호인 삼각파형은 10[kHz]의 초기위상 0[°], 반복주기(duty cycle) 50[%], 출력범위는 ±75로 설정하였다.

3. 연료전지 발전 시스템의 계통연계

PSCAD/EMTDC로 모의된 연료전지 발전시스템은 소규모 발전 모델로서 정격 50[kW], 220/380[V], 60[Hz], 3상 4선식으로 배전계통과 연계된 모델로 구성하였다. 연계계통은 두 개의 전원부로 구성되어 전력을 공급받으며, 각 전원부들은 정격 22.9[kV]/380[V], 0.1[MVA] 용량 변압기로 변성되며, 계통측의 부하는 각 상별로 정격 0.22[kV], 0.05[MW], 0.009[MVAR]의 용량을 갖는다. 연료전지 발전부와

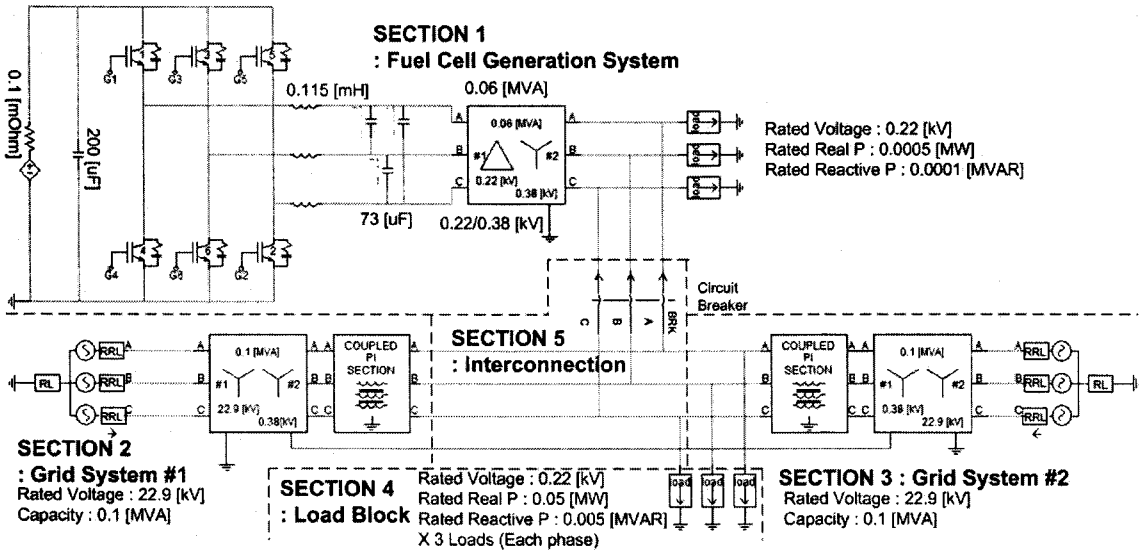


그림 4. 연료전지 발전 시스템의 계통연계 모의 구성도
 Fig. 4. The Diagram of Fuel Cell Generation System interconnected with Power Grid

연계된 전체계통은 3상 4선식으로 계통연계를 위한 차단기 시설부를 기준으로 각 연료전지 발전부와 계통부로 구분할 수 있으며, 연료전지 발전 계통부는 정격 0.22[kV], 0.0005[MW], 0.0001[MVAR]의 용량의 부하가 설계되었으며, 연계부에 차단기를 시설하여 연료전지 발전 시스템과 계통간의 연계를 제어할 수 있도록 하였다. 상기 나열한 바와 같이 본 논문에서 구현한 전체 모델은 다음의 그림 4에 나타내었다.

3.1 연료전지 발전 시스템의 동기 투입

연료전지를 비롯한 일반적인 분산 전원시스템은 연계된 계통과의 상호작용을 고려하여, 계통(Grid)의 전력신호를 실시간으로 감시하고 분석함으로써, 연계 시 발생하는 전력동요와 전력품질의 저하를 최소한으로 제한하고자 한다.

계통 연계로 인한 전력변화를 최소화하기 위하여 계통의 위상(phase)과 전압(voltage level)을 고려한 동기투입(in phase) 시점을 설정하여 계통과 연계한다.

다음의 그림 5는 동기투입에 따른 배전(계통)측의 선간전압(a-b) V_{ab} 와 선전류 I_a 신호 파형을 나타낸 것이다.

분산전원의 계통 연계 시 분산전원 측 용량은 연계된 계통의 전체 용량보다 상대적으로 작기 때문에 계통 연계에 따른 연계계통 측 전력신호의 분석이 필요하다.

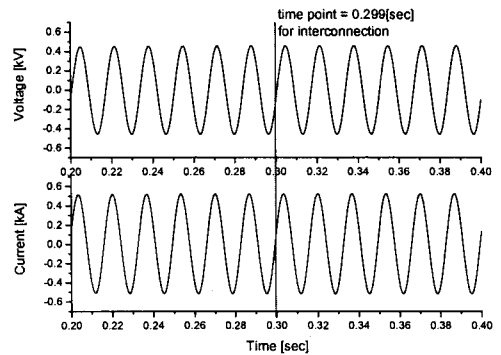


그림 5. 동기 투입시 계통측 A상 전압, 전류
 Fig. 5. DG Side Voltage & Current when Interconnection (in phase)

시뮬레이션의 조건으로 동기 투입시점은 0.299 [sec]으로 0° 위상이며, 표본화 주파수(sampling rate)는 60[Hz] 전력신호의 주기당 2,048개의 표본을 취득하기 위하여, 122.88[kHz] 주기의 단위시간 8.138[μ s]로 하였으며, 전력신호 분석 시 최대

61.44[kHz]의 주파수 성분까지 관찰할 수 있다.

시구간 0.20~0.40[sec]에서의 연계된 배전(계통)부의 순간전압과 선전류를 관찰하면, 동기투입에 따른 과도현상과 왜곡현상은 상대적으로 용량이 작은 분산 전원으로 부터의 영향이 발생하지 않으며, 연료전지 인버터 및 전력변환기기의 스위칭으로 인하여 발생하는 잡음성분을 분석하기 위하여 신호처리 기법을 이용한 분석이 필요하다.

3.2 연료전지 발전 시스템의 비동기 투입

연료전지 발전 시스템을 비롯한 일반적인 분산 전원시스템에서 계통과 연계된 환경변화, 고장 및 사고로 인한 투입과 차단요구가 급작스럽게 발생한다. 특히, 연료전지 발전의 경우 타 분산전원부와 비교하여 부하변동에 따라 신속한 대응이 가능하기 때문에 전력의 추가적인 공급이 필요할 경우 해당 시점에 부득이하게 계통과의 연계가 필요하며, 이로 인하여 비동기(out of phase) 시점에 계통과 연계되는 경우가 발생한다. 다음의 그림 6은 비동기투입에 따른 배전(계통)측의 순간전압(a-b) V_{ab} 와 선전류 I_a 신호 파형을 나타낸 것이다.

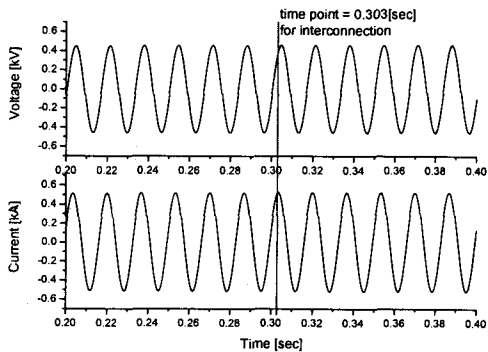


그림 6. 비동기 투입시 계통측 A상 전압, 전류
Fig. 6. DG Side Voltage & Current when Interconnection (out of phase)

시뮬레이션의 조건으로 비동기 투입시점은 0.303[sec]으로 단 그림 4에 나타난 모의 구성도에서 계통측 전원부(SECTION 3 : Grid System #2)의 초

기 위상값은 $-20[^\circ]$ 이며, 나머지 전원부의 위상은 $0[^\circ]$ 이다. 표본화 주파수 122.88[kHz], 단위시간 8.138[μ s]으로 설정하였다.

비동기 투입시 전력신호의 시구간 0.20~0.40[sec]에서 연계된 배전(계통)부의 순간전압과 선전류의 변화를 관찰하면, 비동기 투입에 따른 과도현상과 왜곡현상은 상대적으로 용량이 작은 분산 전원으로 부터의 영향이 발생하지 않으며, 비동기 투입으로 인하여 발생하는 잡음성분과 신호의 변화특성을 분석하기 위하여 고주파 대역 신호의 분석이 필요하다.

4. 모의 계통의 전력신호 분석

본 장에서는 상기 관측한 시구간 상에서의 전압, 전류 신호의 변화를 관측하는 것 이외의 보다 정확한 신호의 변화와 고주파 성분을 포함한 전력신호의 분석을 위하여 DWT를 이용한 전력신호의 잡음 성분들을 추출하고, DFT를 이용한 전력신호의 주파수 특성을 분석하였다.

4.1 웨이블릿 신호 분석

웨이블릿(wavelet)을 이용한 신호 분석 방법은 DFT 기법이 사용하는 무한히 반복되는 정현파를 기본파형으로 이용하여 주파수(차수)를 변화시키며 상관관계를 계산하는 방법과 달리 한 파장의 파형(정현파 또는 임의의 파형)을 기본파형으로 하여 그 크기와 위치를 가변시켜서 신호의 상관관계를 계산하는 기법이다. 일반적으로 전력신호 분석에 사용하는 웨이블릿 기법은 신호의 분석을 통하여 잡음성분과 전력신호 성분을 구분하거나 과도 현상과 같은 국부적인 시구간의 파형을 주파수의 해상도로 구분하여 분석하는 방법으로 사용된다[11].

본 논문에서는 표본화 주파수의 $\frac{1}{2}$ 주파수 해상도로 구분하여 각 신호성분들이 포함하는 전력신호의 잡음 특성을 분석하였다. 분석에 사용한 모 웨이블릿(mother wavelet)의 필터뱅크(filter bank)는 도비쉬(Daubechies)를 사용하였다[11]. 도비쉬 필터뱅크는 이산 웨이블릿 분석을 실용화 할 수 있도록 만든 직교형 웨이블릿으로 일반적인 잡음 신호 분석에

많이 사용된다.

다음의 그림 7은 동기 투입시 모의된 전류파형을 도비쉬 5 필터뱅크를 이용하여 분석한 해당 신호의 고주파 성분(detail)과 저주파 성분(approximation)을 구분하여 나타낸 것이다. 그림 7의 고주파 성분 그래프 성분을 통하여 동기 투입시 연계된 계통측으로 전류성분에 고주파(61.44[kHz]이상) 성분들이 투입전 보다 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있다.

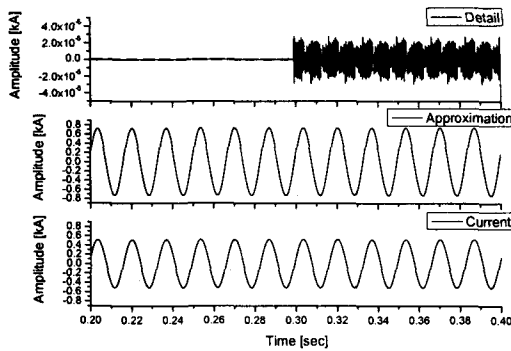


그림 7. 동기 투입전 · 후 전류 웨이블릿 분석
Fig. 7. Wavelet Analysis of Current before & after Interconnection(in phase)

다음의 그림 8은 비동기 투입시 모의된 전류파형을 도비쉬 5 필터뱅크를 이용하여 분석한 해당 신호의 고주파 성분(detail)과 저주파 성분(approximation)을 구분하여 나타낸 것이다.

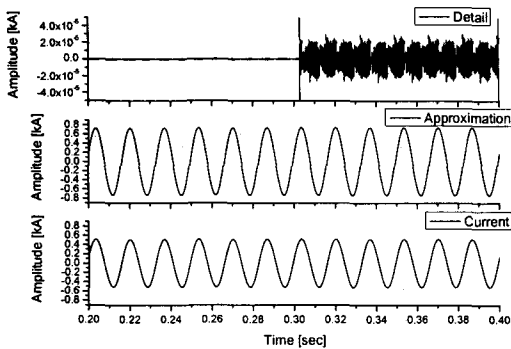


그림 8. 비동기 투입전 · 후 전류 웨이블릿 분석
Fig. 8. Wavelet Analysis of Current before & after Interconnection(out of phase)

그림 8의 고주파 성분 그래프 성분을 통하여 비동기 투입시 전류성분에 고주파 성분들이 투입전 보다 증가함을 확인할 수 있다.

4.2 DFT 주파수 신호 분석

표본화된 전력신호의 실효값과 구성된 신호의 주파수 성분들(직류성분 및 고조파성분)을 계산하기 위하여 신호분석 알고리즘인 DFT를 이용하여 모의된 계통의 전력신호를 분석하였다[12].

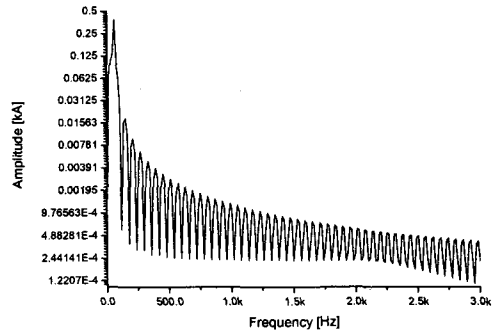


그림 9. 계통 연계전 전류 스펙트럼 분석
Fig. 9. Spectrum of Current before Interconnection

위의 그림 9는 연료전지 발전부의 계통연계 이전의 전류 신호를 분석한 스펙트럼을 나타낸 것이며, 그림 10은 연료전지 발전부의 비동기 계통연계 이후의 전류 신호를 분석한 스펙트럼을 나타낸 것이다.

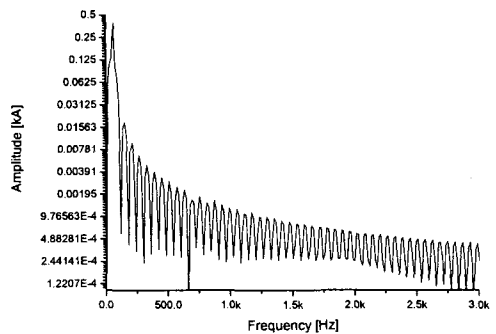


그림 10. 비동기 투입후 전류 스펙트럼 분석
Fig. 10. Spectrum of Current after Interconnected Grid(out of phase)

상기 나열한 그림 9와 그림 10을 비교하면, 계통연계에 따른 전류신호의 스펙트럼도상에서 비동기 연계 전·후의 차이점을 명확히 판별할 수 없다. 이는 상대적으로 전력주파수인 60[Hz]의 신호성분이 절대적으로 크며, 상대적으로 용량이 작은 연료전지측 발전 전원의 영향이 미미한 것으로 보인다.

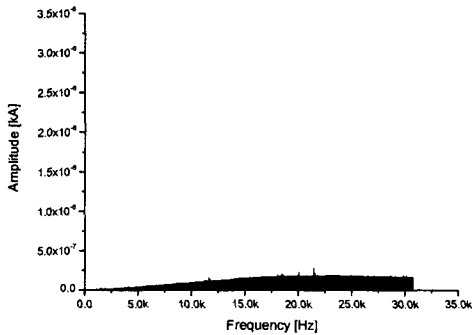


그림 11. 계통 연계전 전류신호 웨이블릿 Detail의 스펙트럼 분석
Fig. 11. Spectrum of Detailed Current before Interconnection

따라서 보다 상세한 분석을 위하여 앞서 수행한 웨이블릿 신호처리로 분석된 고주파 대역의 detail 성분을 계통연계 전·후로 구분하여 해당신호의 주파수 분석이 필요하다.

위의 그림 11은 계통연계 전 전류신호로 웨이블릿 도버쉬 5로 처리된 고주파 대역(detail)의 성분을 분석한 스펙트럼을 나타낸 것이다. 그림 11에 나타난 바와 계통에 시설된 부하의 기동으로 발생하는 잡음으로 20[kHz] 대역까지 잡음이 증가되며, 20[kHz] 이상의 대역에서 일정한 크기의 잡음이 존재함을 확인할 수 있으며, 계통 연계전에 발생하는 전체 잡음은 낮은 전력의 고주파 잡음으로 존재함을 확인할 수 있다.

그림 12와 그림 13은 각각 동기와 비동기투입 후의 연계된 계통의 전류신호로 웨이블릿 도버쉬 5로 처리된 고주파 대역(detail)의 성분을 분석한 스펙트럼을 나타낸 것이다.

계통과 연계된 이후의 전류신호의 스펙트럼을 관찰한 결과 그림 11에서 나타난 연계 이전보다 그림 12와 그림 13에서 나타난 연계 이후에서 고주파 대

역의 잡음발생을 확인할 수 있다. 또한 동기와 비동기 계통연계 방식에 따라 연계된 계통에서 발생하는 고주파 잡음의 대역이 유사하다는 특성을 모의계통의 전류신호 분석을 통하여 확인할 수 있다.

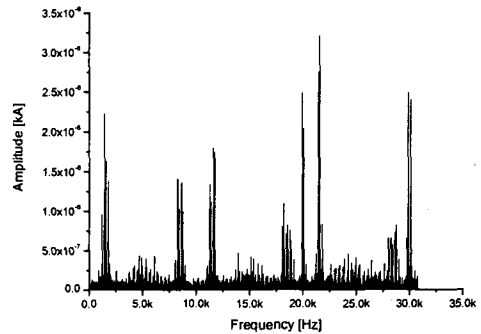


그림 12. 동기투입 후 전류신 웨이블릿 Detail의 스펙트럼 분석
Fig. 12. Spectrum of Detailed Current after Interconnection(in phase)

본 논문에서 모의한 결과 계통연계 후 연계된 계통의 전류성분에서 발생하는 고주파 잡음의 대역은 각각 1.4[kHz], 8.6[kHz], 11.6[kHz], 18.2[kHz], 20.0[kHz], 21.5[kHz], 28.4[kHz] 그리고 30.0[kHz] 대역에서 증가함을 확인할 수 있다.

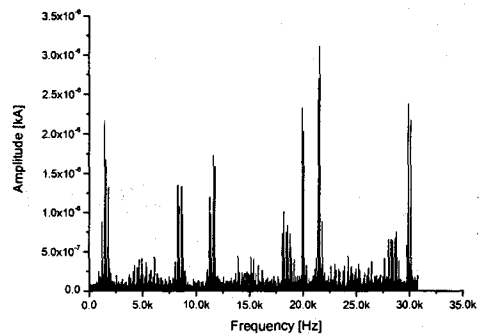


그림 13. 비동기투입 후 전류신 웨이블릿 Detail의 스펙트럼 분석
Fig. 13. Spectrum of Detailed Current after Interconnection(out of phase)

모의 계통에서는 두 경우의 전류신호 모두 연료전지 발전시스템의 전력유입으로 인하여 고주파 잡음

Appendix

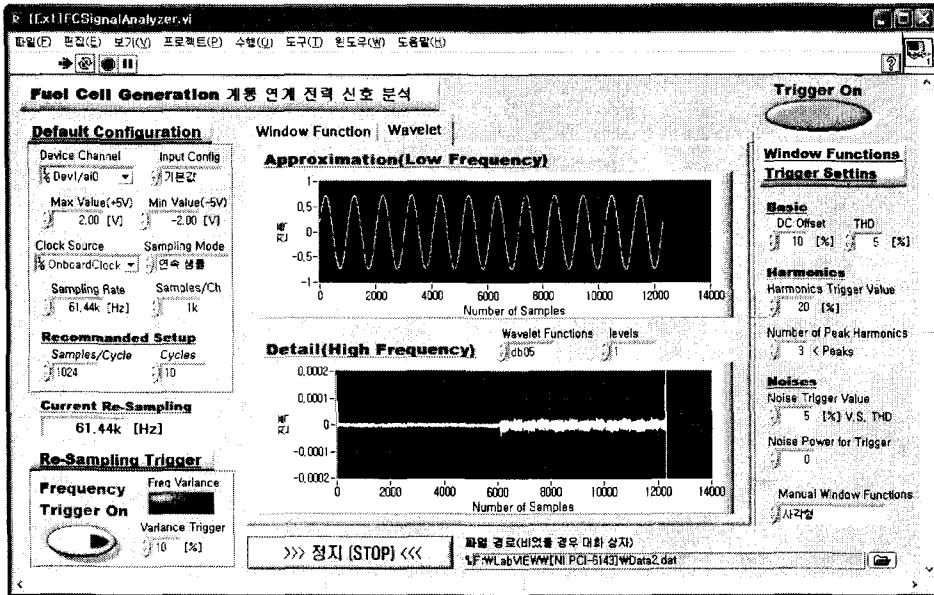


그림 14. 연료전지 발전시스템의 전력신호 분석 프로그램
 Fig. 14. The Signal Analyzer of A Fuel Cell Generation

신호가 증가하는 것을 웨이블릿 신호처리 후 스펙트럼분석을 통하여 확인할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 에너지 자원의 대처방안으로 신재생 에너지와 대체 에너지자원들 중에서 연료전지 발전 시스템을 전력계통 과도현상을 모의하는 대표적 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 사용하여 정격 50[kW]급 삼상 연료전지 발전시스템을 모델링하였다.

또한, 구성된 연료전지 발전 시스템을 외부 계통과 연계할 경우 나타나는 전력신호의 변화를 관찰하기 위하여 동기와 비동기의 두 가지 유형으로 구분하여 전체 계통과의 연계를 구성하였으며, 전력파형을 분석하기 위하여 시구간에서 전압, 전류변동을 관찰 하였다. 상대적으로 용량이 작은 연료전지 발전시스템의 계통연계시 시구간 상에서 계통연계에 따른 변화 특성을 명확히 확인할 수 없으므로, 표본

화된 전력신호의 계통연계 시점의 정확한 구분과 과주파잡음 특성을 상세히 분석하기 위하여 웨이블릿 변환후의 신호성분을 계통연계 투입 전·후로 구분하여 주파수 분석을 수행하였다. 이를 통하여, 구성된 연료전지 발전시스템의 전력신호 분석된 결과를 평가하여 해당 시스템의 모의 성능과 전력신호의 변화를 분석하였다. 본 논문에서 제한한 소규모 용량의 연료전지 발전 시스템 모델과 계통연계 유형을 통하여 보다 상세한 연료전지 발전 모델 및 다양한 운전방식, 제어방법에 따른 운전 특성과 계통연계시 발생하는 문제점들을 도출할 수 있으며, 특히 계통연계 시 발생하는 다양한 전력품질 특성을 선행적으로 연구할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- (1) 한국전력공사, 전력연구원, “계통연계운전형 신에너지전원의 표준화 및 보급체제정비(최종보고서)”, 한국전력공사(전력연구원), 2000. 12.
- (2) 성균관대학교 산학협력단, “분산전원용 전력기기 및 최적운용기술개발”, 산업자원부, 고급인력양성사업(최종보

고서), 2006. 9. 30.

- [3] Dugan, R.C.; Key, T.S.; Ball, G.J.; "Distributed resources standards", Industry Applications Magazine, IEEE, Volume 12, Issue 1, Jan.-Feb. 2006 Page(s):27 - 34.
- [4] Puttgen, H.B.; MacGregor, P.R.; Lambert, F.C.; "Distributed generation: Semantic hype or the dawn of a new era", Power and Energy Magazine, IEEE, Volume 1, Issue 1, Jan-Feb 2003 Page(s):22 - 29.
- [5] Chris Rayment, Scott Sherwin, "Introduction to Fuel Cell Technology", Department of Aerospace and Mechanical Engineering, University of Notre Dame, May 2003.
- [6] 조만, "직접메탄을 연료전지", 한국과학기술정보연구원 기술동향분석보고서, 2003. 9.
- [7] 박지웅, 김종형, 신명철, "분산전원의 전력계통연계에 따른 영향 및 사례레이션" 대한전기학회 전력기술부문화 추계학술대회 논문집 pp. 280-282, 2002. 11.
- [8] 김일동, 정호성, 신명철 외 5인 "신에너지 분산전원의 계통연계 보호 및 협조에 관한 연구" 전력계통 보호기술 연구회 논문집, Vol. 3, No. 1, November 1999 pp. 133-143.
- [9] 박지웅, "분산전원의 모델링 및 계통 연계에 따른 전력 품질의 분석", 성균관대학교 대학원 석사학위논문, 2003.
- [10] 노의철 외 2인 "전력전자 공학", 운문당, 1997.
- [11] Michel Misiti, Yves Misiti, Georges Openheim, Jean-Michel Poggi, "Wavelet tool box for use with MATLAB", The Mathworks Inc. 1996.
- [12] 이종주, "인터넷을 이용한 디지털 계전기 원격제어", 성균관대학교 대학원 석사학위논문, 2001.

◇ 저자소개 ◇

최상열 (崔相烈)

1970년 8월 24일생. 1996년 성균관대 전기공학과 졸업. 2002년 성균관대 대학원 전기전자 및 컴퓨터 공학부 졸업(박사). 2002~2004년 안양대학교 디지털미디어학부 전임강사. 2004년~현재 인덕대학 컴퓨터정보메카트로닉스학과 조교수.

박지웅 (朴志雄)

1972년 10월 14일생. 1997년 성균관대학교 전기공학과 졸업. 1997~2001년 현대모비스(주) 플랜트, 환경사업부. 2003년 성균관대학교 대학원 정보통신대학원 전기공학과 졸업(석사). 2003~2007년 파워메카(주) 전력품질사업팀(차장).

이종주 (李種柱)

1975년 11월 27일생. 1999년 수원대학교 전기공학과 졸업. 2001년 성균관대학교 정보통신공학부 대학원 졸업(석사). 2001~2004년 새턴정보통신(주) 개발팀장(과장). 2005년~2007년 3월 성균관대학교 정보통신융합기술연구소장및공정연구소 연구원. 2008년 성균관대학교 정보통신공학부 박사취득.