

인버터기반 마이크로소스의 EMTP모델링과 마이크로그리드에서의 동특성 분석

정태영*, 백영식** 권경하***
경복대*

Inverter base Microsource's modeling and dynamic analysis in Microgrid

Tae-Young Jyung*, Young-Sik Baek**, Kyung-Ha Kwon***
Kyungpook National University*

Abstract - 최근 전력수요의 증가에 따른 대규모 발전 설비 건설의 어려움과 매장자원의 고갈 등 여러 가지 문제가 부각되고 있는 시점에서 에너지원의 다양화와 전력수급의 장기적인 안정성 확보는 중요한 문제로 부각되고 있다. 특히 환경보호 문제 및 산업발전에 따른 수용가에 양질의 전력을 공급하기 위하여 고신뢰 고품질의 유연배전시스템의 구성이 요구되고 있는 시점에서 마이크로그리드의 도입과 관련된 많은 연구가 필요하다. 이 논문에서는 마이크로그리드의 운전형태에 따른 인버터기반의 마이크로소스의 동특성을 알아보기 위하여 EMTP(ElectroMagnetic Transients Program)를 이용하여 마이크로소스의 모델링 및 시뮬레이션을 하였다.

1. 서 론

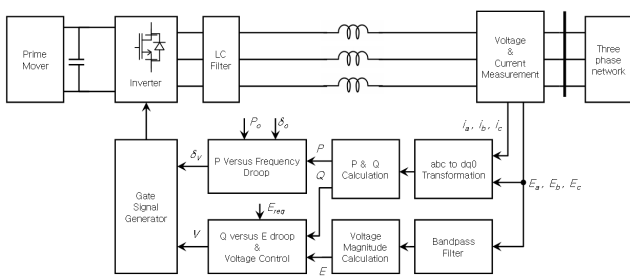
마이크로그리드는 계통에 연계되어 부하에 전력을 공급하게 되며, 필요에 따라 독립운전이 가능하도록 충분한 용량을 가진 2대 이상의 마이크로소스와 저장장치, 그리고 부하가 혼재된 하나의 독립적인 전력망으로 정의한다. 전력전자 기술의 발전으로 마이크로소스는 고객이 원하는 P, Q를 자유롭게 제어 할 수 있을 뿐 아니라 전압보상 및 고조파 제거와 같은 전력품질 보상까지 수행할 수 있어 소비자의 다양한 욕구를 충족 시켜 줄 수 있게 되었다.

다양한 형태의 마이크로소스들은 계통에 연계하여 운전하기 때문에 전력계통을 일관되게 제어하는데 문제를 유발하기도 한다. 이 중에서도 가장 중요한 문제는 계통의 운용 및 전력품질 그리고 계통의 보호 문제이다. 이러한 문제점들은 마이크로소스의 배전계통 연계를 제한하는 제약 조건이 된다. 따라서 마이크로소스들의 특성을 잘 파악하여 마이크로소스의 계통연계에 따르는 제반 문제에 대한 많은 연구가 있어야 한다.

이 논문에서는 인버터 기반 마이크로소스의 계통연계에 따르는 여러 가지 문제들을 알아보기 위해 EMTP 모델링을 하였고 개발된 모델을 바탕으로 마이크로그리드의 운전 조건에 따른 동특성 분석을 하였다.

2. 본 론

2.1. 인버터 기반 마이크로소스



<그림 1> 마이크로소스의 구성과 P and Q 제어

마이크로소스는 <그림 1>과 같이 몇 개의 부분으로 구성되며, 원하는 성능을 얻기 위해서는 각 부분의 정격이 서로 연관성 있게 설계되어야 한다. 직류전압 링크단에는 에너지 축적을 위한 DC 커패시터가 있고, 인버터는 DC 를 AC로 변환하며 마이크로전원의 운용의 주요 핵심부이다. 인버터 출력단에는 고주파 제거용 필터가 있으며 그리드 연계용 인덕터가 있다.

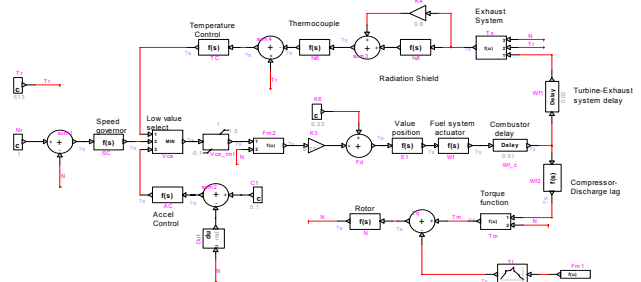
원동기(Prime mover)는 마이크로터빈이나 연료전지처럼, 연료의 화학 에너지를 직류 전기에너지로 변환하는 부분이다. 원동기의 종류에 따라, 또 적용 기술에 따라 그 동특성이 달라지는데 동적 과도응답은 수초에

서부터 수분까지 다양하다. 따라서 마이크로그리드의 안정된 운용을 위해 마이크로소스의 직류단에 충분한 용량의 커패시터나 저장장치가 있어야 한다.

2.1.1. 마이크로터빈 발전기

마이크로터빈 발전기 모델은 여러 논문들에 의해 마이크로터빈 모델링에 적합함이 증명된 Rowen의 수학적 가스터빈 모델을 기반으로 하였다. [4]

Microturbine은 속도제어, 온도제어, 가속도 제어를 기반으로 운전된다. 속도 제어기는 부분부하 운전 상태에서 마이크로터빈을 제어하고, 가속도 제어기는 터빈이 시동하는 동안 운전속력에 도달하기 위해 회전자의 가속율을 제한한다. 온도제어기는 주위 온도변화나 연료의 특성에 독립적으로 미리 정해진 연소온도로 마이크로터빈의 출력을 제한한다.[8]



<그림 2> 마이크로 터빈의 EMTP 모델

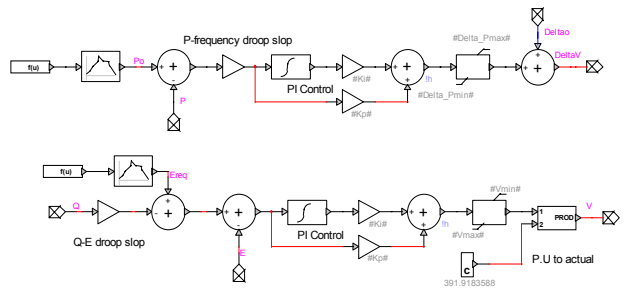
<그림 2>는 마이크로터빈의 제어와 연료공급 시스템이 포함되고 영구자석 동기발전기(PMSG)를 분리시킨 마이크로 터빈의 EMTP 모델이다. 이 논문에 사용된 마이크로터빈 발전기의 발전기 모델은 EMTP 라이브러리에 포함된 PMSG를 사용하였다.

2.1.2. 마이크로소스 제어

마이크로소스 제어기는 계통상황에 따라 신속하게 계통으로부터 분리 혹은 연계운전 가능 해야 하고, P와 Q를 독립적으로 제어 가능해야 한다. 또한 시스템의 변동에 대해 효과적으로 응답할 수 있어야 한다.

마이크로소스의 출력은 전압원형 인버터의 출력으로 출력전압의 크기와 위상제어를 통하여 P와 Q의 흐름을 제어한다. EMTP로 구현한 제어기의 내부는 크게 전력계산 모듈, 전압의 크기 계산 모듈, 전압 및 droop 제어 모듈, 인버터 게이팅 펄스 생성기로 구성된다.

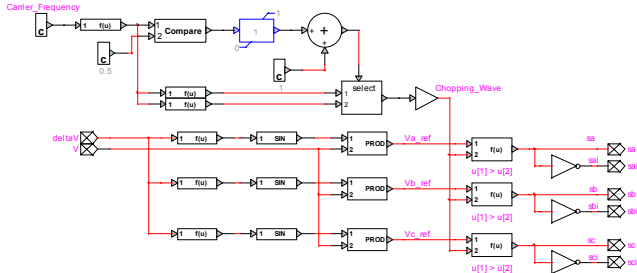
전력계산 모듈은 <그림 1>과 같이 측정된 3상 전압과 전류의 Park's 변환을 통해 P와 Q를 계산하고, 전압의 크기 계산 모듈은 필터를 거친 3상 전압의 기본과 성분으로부터 전압의 크기를 계산한다.



<그림 3> Droop 제어 및 전압제어 EMTP 모델

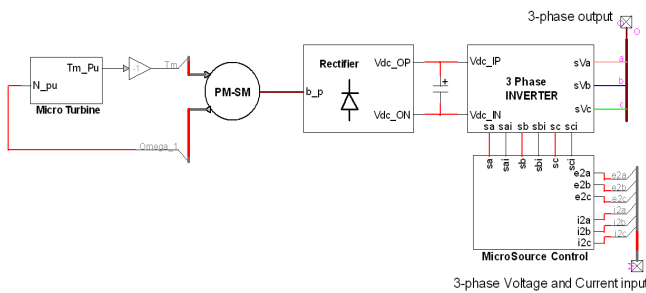
마이크로그리드 내 부하는 수용가의 상황에 따라 마이크로소스 혹은 마이크로소스와 계통으로부터 전력을 공급받는다. <그림 3>의 P-frequency droop 제어 모듈은 계통과 연계운전 시 마이크로소스의 유효 전력 출력량을 지시하며, 독립운전 모드에서는 각 마이크로소스 출력량을 재조정 한다. <그림 3>에서 Q-E droop 제어 및 전압제어 모듈에서 E_{req} 는 노드의 원하는 전압 기준값이나 Q-E droop을 적용하여 새로운 전압 기준값 E_0 를 만들어 전압 제어를 한다. 이것은 기준전압에서 약간의 전압변화를 허용하여 큰 무효전력의 출력을 줄일 수 있게 해준다.

인버터 펄스 생성기는 <그림 3>에 모듈의 출력 δV 와 V 가 인버터의 출력 기준신호로 변환되고 <그림 4>에서처럼 Pulse Width Modulation (PWM)을 통해 인버터의 게이팅 펄스 신호로 인가된다.



<그림 4> 인버터 게이팅 펄스 생성기의 EMTP 모델

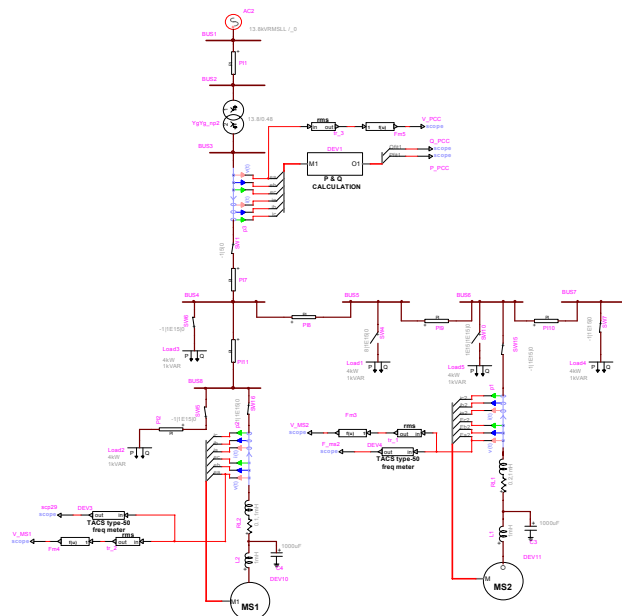
2.1.3. 마이크로소스 EMTP 모델



<그림 5> 마이크로소스 EMTP 모델의 내부

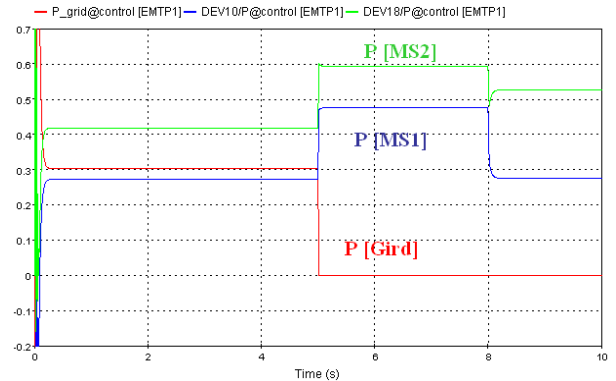
마이크로그리드와 배전계통의 연계 시뮬레이션을 위해 개발된 마이크로소스의 EMTP 모듈은 <그림 5>에서처럼 마이크로터빈모듈, PMSM 모듈, Back to Back Converter, 마이크로소스 제어기로 구성된다.

2.2. 마이크로소스 시뮬레이션 결과

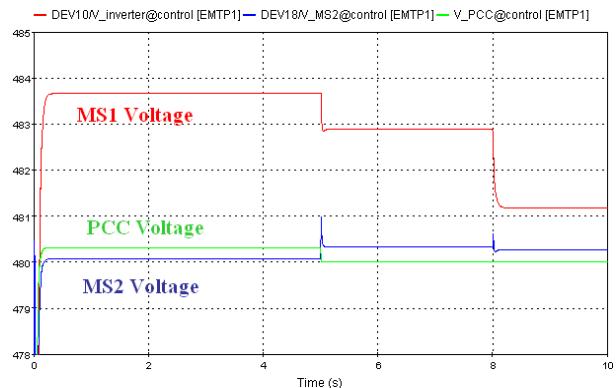


<그림 6> 마이크로그리드의 EMTP 모델

<그림 6>에서 마이크로그리드는 16kW, 4kVar를 가지고 계통과 연계 운전하며, 5초에 독립운전 모드로 전환하여 운전하다가 8초에 마이크로그리드의 부하가 12kW, 3kVar로 줄어드는 것을 모의하였고 <그림 7, 8>은 마이크로소스의 유효전력 출력과 전압을 보여준다.



<그림 7> 마이크로소스의 유효전력 출력



<그림 8> 인버터 출력단의 전압 (VrmsLL)

3. 결 론

개발된 EMTP 모델은 마이크로그리드의 운전형태와 부하상황에 따라 유효전력 및 전압제어를 통하여 운전 범위 안에서 정상적으로 동작하는 것을 알 수 있었다.<그림 7, 8> 이것은 마이크로소스 직류단의 커패시터가 부하변동에 따라 원동기 동특성에 따른 출력의 시간지연을 보상해 주기 때문이다. 앞으로 개발된 모델링을 포함한 다양한 형태의 새로운 마이크로소스 모델링을 통하여 마이크로그리드가 연계된 배전계통에서 기존 보호기기와의 보호협조, 계통 전압조정 장치들과의 전압 조정협조, DAS와 연계제어 등을 연구하여 마이크로그리드의 계통연계에 따르는 제반 문제를 해결하고자 한다.

본 과제(결과물)는 지식경제부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성 사업의 연구결과입니다.

[참 고 문 헌]

- [1] R. H. Lasseter and P. Piagi, "Microgrid : A conceptual Solution", PES'04, Aachen,Germany,June20-25,2004.
- [2] R. H. Lasseter and P. Piagi, "Control and Design of Microgrid Components, PSERC Publication, 2006.
- [3] R. H. Lasseter, "Microgrid", IEEE PES Winter Meeting, January, 2002.
- [4] W. I. Rowen, "Simplified mathematical representations of heavy duty gas turbines," Journal of Engineering for Power, Transactions ASME, vol. 105, no. 4, pp. 865-869, Oct 1983
- [5] Amer Al-Hinai and Ali Feliachi, "Dynamic Model of a microturbine used as a distributed Generator," Proc. of 34th South eastern Symposium on system Theory, Huntsville,Alabama,March2002, pp.209-213.
- [6] J.B. Ahn, Y.H. Jeong and D.H. Kang, "Operating characteristics of high speed PM synchronous generator for Microturbine", KIPE Conference, Korea,Jul12-15,2004.