

마이크로소스의 EMTDC 시뮬레이션 모델 개발에 관한 연구

(A Study on Developing the Simulation Model of Micro-Sources)

손광명*

(Kwang-Myoung Son)

요 약

마이크로소스는 1[KW]~수[MW] 사이의 전력을 공급하고, 기존의 대규모 발전설비보다 높은 신뢰도와 에너지 효율을 가지는 고품질의 전력을 공급할 수 있다. 이들은 크기가 작고 설치가 용이하여 빌딩, 산업체, 가정 등과 같은 수용가 측의 부하와 클러스터를 형성하여 마이크로그리드로 운전된다. 마이크로소스는 부하단의 전압 등의 전압 품질을 제어하기 위하여 전압원형 인버터를 채용하고 있다. 본 논문에서는 다수의 마이크로소스가 계통에 연계되었을 때의 마이크로소스의 모델링 및 제어시스템의 특성에 관하여 연구하였다. 전력주파수 영역에서의 기본과 정상 상태 인버터 모델을 이용한 마이크로소스의 EMTDC 모델을 개발하였으며, 이를 통해 마이크로소스의 제어시스템 파라미터에 따른 제어특성을 분석하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 모델의 효용성을 확인하였다.

Abstract

Micro-source units having power ratings in thousands of watts can provide power quality with higher reliability and efficiency than the conventional large scale units. Since these units are small and easy to install, they are clustered with loads creating micro-grid services to customer sites such as office buildings, industrial parks and homes. Micro-sources adopt voltage source inverter to ensure the power quality of sensitive loads. This paper deals with the connection of micro-sources into the system grid. EMTDC modeling of the grid connected micro-sources at the power frequency range are proposed and the characteristics of the control system parameters are investigated. Simulation results show that the micro-grid system with two micro-sources has good dynamic characteristics.

Key Words : 마이크로소스, 마이크로그리드, VSI(Voltage Source Inverter), Utility Interface

1. 서 론

마이크로그리드는 소형 분산 에너지원(Micro-Source or Distributed Energy Resources : DER)으로 이루어진 분산전원망의 총칭으로, 다수의 수용가들을 위하여 수요지에서 전력을 생산 및 공급 하는 기술로 기본적으로 여러 수용가의 부하 및 분산발전

* 주저자 : 동의대학교 전기공학과 부교수, 공박
Tel : 051-890-1671, Fax : 051-890-1664
E-mail : kmson@deu.ac.kr
접수일자 : 2005년 6월 16일
1차심사 : 2005년 6월 28일, 2차심사 : 2005년 8월 9일
심사완료 : 2005년 8월 19일

기들이 하나의 덩어리(Cluster)를 형성하게 되는 새로운 개념의 배전망이다[1].

마이크로그리드는 외부 계통에서 보았을 때는 독립적으로 제어 가능한 하나의 전원 시스템으로 동작하게 되며, 이 시스템은 전력뿐만 아니라 일반적으로 열도 함께 공급할 수 있으므로 새로운 개념의 에너지 생산 및 공급 기술로 분류할 수 있다. 여기에 사용되는 분산발전 기술의 대부분이 전력전자 기술을 적용하고 있어, 시스템에 유연성을 제공한다. 또한 일부 발전기들의 부하 변동에 대한 늦은 응답 특성 및 계통 외란을 일시적으로 보상하기 위해 에너지 저장 장치의 채용을 권장하기도 한다[2-4].

기존의 분산전원은 화력복합발전 방식으로 많이 이루어져 있으며 발전기의 규모와 기계적 관성이 비교적 크고 별다른 전력변환 장치 없이 계통에 연계되어 운전되고 있다. 또한 최근의 신재생에너지 발전 등에 의한 기존의 분산전원용 전력변환장치는 일반적으로 전류형 인버터를 사용 하며 전류추종형 제어 방식을 채택하여 부하측 전압은 계통측전압에 의해 종속적으로 제어되는 형태였다. 그러나 최근 수용가들이 컴퓨터 등의 민감한 부하에 의해 고품질 전력을 요구함에 따라 전압문제(voltage sag, swell) 등 전력품질을 유지할 수 있는 제어 방식으로 전압원형 인버터를 채용한 마이크로그리드의 개념이 제안되기에 이르렀다.

마이크로소스는 전력원이 DC 전원을 생산하고, 전압원형 인버터(Voltage Source Inverter, VSI)를 사용하여 교류전원을 발생하는 방식을 채택하고 있으며, 아직까지 계통연계보다는 단독운전에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다. 마이크로소스의 계통연계 기술들은 대부분이 전력변환장치들을 필요로 하고, 일반적으로 DC 입력을 일정한 주파수, 크기, 위상각을 가지는 AC 전압 혹은 전류 형태로 변환하여 출력하게 된다.

다수의 마이크로소스가 계통에 연계 되었을 경우 마이크로소스가 전력시스템 및 부하에 유효 및 무효 전력을 원활히 공급할 수 있어야 한다. 마이크로소스의 제어시스템에는 여러 가지 제어파라미터가 존재하며 다수의 마이크로소스의 개개의 제어 파라미터에 의한 유효 및 무효전력 등의 변동 및 상호작용에

관한 연구가 필요하다. 이에 본 연구에서는 이들을 해석하고 제어시스템의 파라미터 결정 등에 이용될 수 있는 마이크로소스 모델링에 관하여 연구하였다.

통상의 인버터 동작 해석 및 시뮬레이션 해석 시에는 상세 스위칭 레벨 모델이 많이 이용되어져 왔다. 그러나 전압원형 인버터를 채용한 다수의 마이크로소스와 전력시스템이 상호 연계되어 상호작용을 하는 마이크로그리드의 경우 상세스위칭 모델을 이용할 경우 모델링의 복잡도가 너무 증가하여 자칫 효과적인 해석이 어려울 경우가 많다. 따라서 기본과 성분을 토대로 한 이상적인 인버터 모델을 채용하여 마이크로소스 제어시스템과 전력시스템간의 상호 작용을 해석하기 용이한 모델링을 하였다. 모델링 도구로서 전력전자소자가 포함된 전력시스템 시뮬레이션에 널리쓰이고 있는 PSCAD/EMTDC를 이용하여 이상전압원 인버터 모델을 채용한 마이크로소스 모델을 구현하였다. 2기의 마이크로소스가 전력시스템에 연계된 마이크로그리드를 EMTDC 상에서 구현하였으며, 각각의 마이크로소스 제어시스템 파라미터가 마이크로그리드에 미치는 영향을 분석하였다.

2. 마이크로소스 제어시스템

2.1 마이크로소스의 개요[1-4]

소형 분산 에너지원의 한 형태인 마이크로소스는 두 가지 특징을 가진다. 첫 번째는 마이크로소스는 전력원으로 직류를 사용한다. 연료전지, 태양전지, 마이크로터빈이 대표적인 마이크로소스의 전력원이며, 마이크로터빈의 경우 고주파의 교류 장치이나 정류기를 고려하여 직류를 사용할 것이다. 또한 각 소스들의 응답속도는 10~200초 정도로 느린 응답 특성을 가지나, 부하변동에 빠르게 응답하기 위하여 각 소스에 적절한 저장장치를 사용한 것을 가정한다. 두 번째로 전력전자시스템을 이용하여 계통에 연계되어 전력시스템과 마이크로소스 사이의 유효전력과 무효전력 흐름을 관성없이 제어한다. 본 논문에서는 마이크로소스의 에너지원으로 최근 주목받고 있는 연료전지와 마이크로터빈을 중심으로 모델을 한정한다.

그림 1, 2는 이들의 개념도를 나타내고 있다.

마이크로소스의 기능은 다음과 같다.

- 마이크로그리드 내에서 전압을 공급하고, 안정도를 증가시킨다.
- 수 [KW]~100[MW] 급 소형에너지원과 전력전자인터페이스로 구성된다.
- 일반적으로 작은 크기로 모듈화가 가능하므로, 건설기간의 단축, 설비 용량의 증감이 가능하고 입지선정이 용이하다.
- 잉여 열에너지를 공급할 수 있다.
- 중요부하에 대하여 계통사고로 인한 전력공급 중단을 막을 수 있다. 즉 UPS 기능을 가진다.

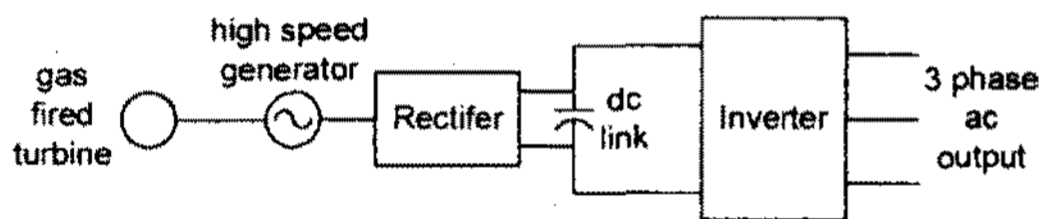


그림 1. 마이크로터빈을 채용한 마이크로소스 시스템 개념도

Fig. 1. Block diagram of the Micro-Source system adopting micro-turbine

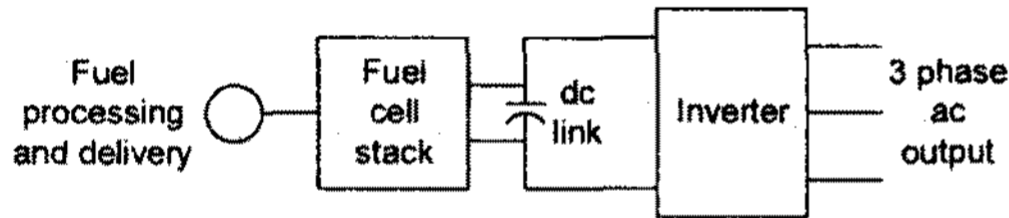


그림 2. 연료전지를 채용한 마이크로소스 시스템 개념도

Fig. 2. Block diagram of the Micro-Source system adopting fuel cell

2.2 제어시스템 구조[5]

인버터 동작의 가장 기본적인 요구사항은 요구되는 유효전력을 그리드에 공급할 수 있는 능력과 교류시스템에 연결될 때 요구되는 전압크기를 유지할 수 있어야 한다. 그림 3은 전력전자 제어시스템의 측정량과 제어 블록을 나타내었다. 인버터 단자는 계통 연계용 인덕턴스를 통해 그리드와 연결된다. 이 인덕터는 그리드로 전달되는 유효 전력 및 무효 전력을 적정하게 제어할 수 있도록 해준다. 마이크로터빈과 연료전지 등이 채용된 시스템에서는 순간적인 부하의 변화에 효과적으로 응답하고 전압을 유지하기 위해 통상 DC 링크가 배터리와 함께 연결된다.

충전된 배터리 의해서 과도응답을 보상함으로써 DC 링크 전압은 상대적으로 경직된(stiff) 직류전압으로 볼 수 있으므로, 인버터에 배터리가 연결된 시스템은 전력전자 제어시스템을 설계하고 해석하는 것을 용이하게 해준다.

이 제어시스템에서 측정량은 AC 그리드 측의 전압, 전류($e_{abc}(t)$, $i_{abc}(t)$)와 인버터 단자 전압($v_{abc}(t)$), 등이다. 이들을 이용하여 Park's 변환등을 통하여 유효 및 무효전력, 그리고 각종 전압 자속(voltage flux) 등을 계산한다. 이들 변수를 이용하여 Controller 블록은 전압자속제어 방법이나 SVPWM(Space Vector PWM) 방식 등을 이용하여 게이트 신호를 발생시킨다. 외부에서 주어져야 되는 두 가지 지정치는 다음과 같다.

- 투입 요구 유효전력(P^*)
- 버스 요구 전압(E^*) 혹은 투입 요구 무효전력(Q^*)

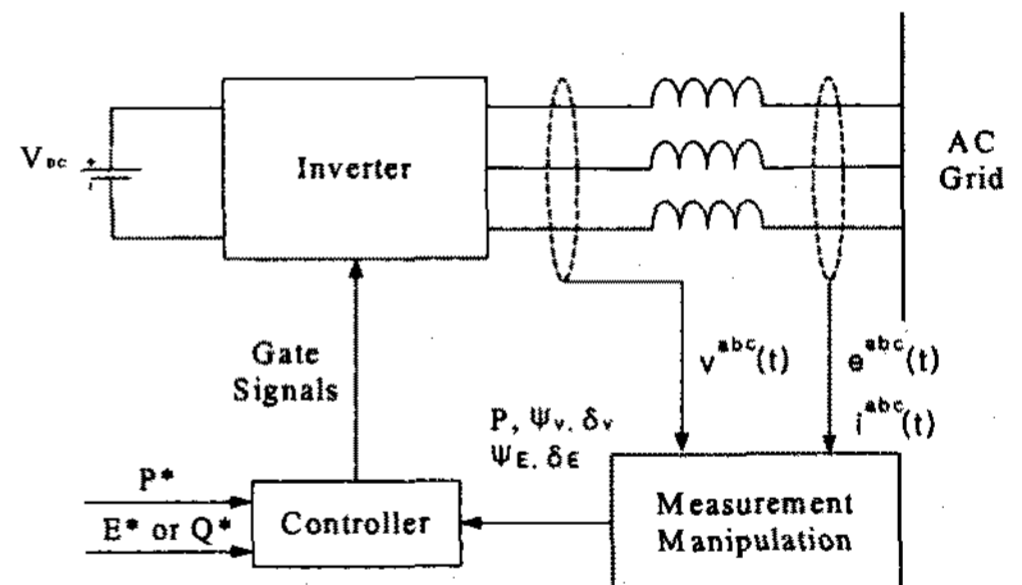


그림 3. 마이크로소스의 인버터 제어 방식

Fig. 3. Inverter control scheme

2.3 이상적인 인버터 모델(Ideal inverter model)[1]

위와 같은 인버터 제어기에 의해 발생하는 제어 신호는 인버터에서 대응되는 점호각 신호로 변환된다. 이 응답 시간은 수 [ms] 정도의 아주 빠른 특성을 가지기 때문에 전력주파수 영역의 해석에서는 순간적으로 응답한다고 가정하여도 큰 오차가 없다. 그리고 고조파가 통상 수 [%] 이내의 값이므로 고조파를 무시하면 인버터의 출력은 이상 전압원의 형태로 가정할 수 있다. 그림 4는 인버터 이상모델이다.

동작점에서 전압자속의 크기는 전압크기와 ω_0 의 곱으로 변환되고, 인버터 전압의 위상각은 δ_E 가 더해져서 변환된다.

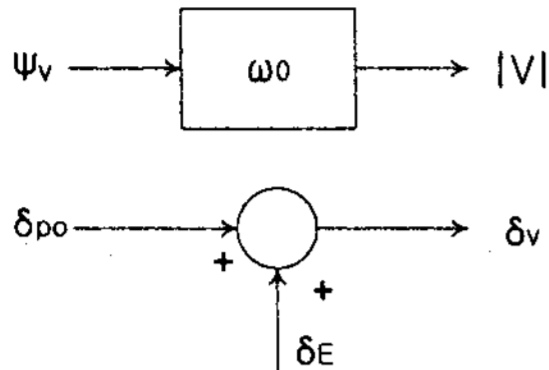


그림 4. 이상 인버터 모델
Fig. 4. Ideal inverter model

삼상평형인 동작을 가정할 때, 인버터의 출력 값은 식 (1)과 같다. 식 (1)에서 V_a, V_b, V_c 는 인버터 출력단의 상전압 기본파 성분을 나타낸다. 이때 영상전류는 존재하지 않고 각 값은 단위값으로 표현된다.

$$\begin{aligned} V_a(t) &= |V| \cos(\omega t + \delta_v) \\ V_b(t) &= |V| \cos(\omega t + \delta_v - \frac{2}{3}\pi) \\ V_c(t) &= |V| \cos(\omega t + \delta_v + \frac{2}{3}\pi) \end{aligned} \quad (1)$$

실제의 인버터 출력단은 그림 5와 같이 델타 결선으로 연결되어 있다.

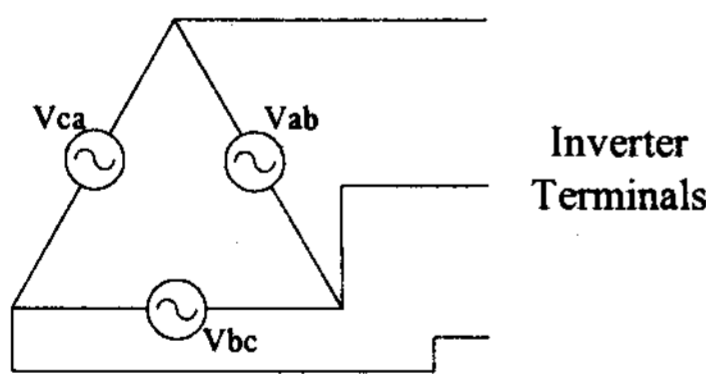


그림 5. 3상 전압원 이상 인버터 모델
Fig. 5. Three phase ideal voltage source model

따라서, 이들 선간 전압을 등가 상전압으로 표현하면 식 (2)와 같다.

$$\begin{aligned} V_{ab}(t) &= V_a(t) - V_b(t) \\ &= \sqrt{3}|V| \cos(\omega t + \delta_v + \pi/6) \\ V_{bc}(t) &= V_b(t) - V_c(t) \\ &= \sqrt{3}|V| \cos(\omega t + \delta_v - \pi/2) \\ V_{ca}(t) &= V_c(t) - V_a(t) \\ &= \sqrt{3}|V| \cos(\omega t + \delta_v + 5\pi/6) \end{aligned} \quad (2)$$

2.4 이상적인 인버터 모델을 이용한 상세 제어구성[5]

2.4.1 기준값 변환

유효전력 제어기와 전압조정 제어기를 혹은 유효전력, 무효전력 조정 제어기에 있어서, 측정치는 조속기를 통과하기 전에 단위법 값으로 변환된다. 입력 전력은 각 제어기 정격 전력을 기준값(base)으로 가지는 단위법 값이고 입력전압은 시스템 전압을 기준값으로 가지는 단위법 값이다. 기기의 기준전력은 원동기(Prime mover) 최대 출력 전력이다.

$$S_{B, \text{Micro-Source}} = P_{\text{Prime Mover}} \quad (3)$$

$$Z_B = \frac{V_B^2}{S_B} \quad (4)$$

시스템의 기준전력은 식 (4)로 구하고, 그때 측정치에서 제어기로 통과하는 값을 다음 식처럼 얻을 수 있다.

$$P_{\text{governor}} = \frac{S_{B, \text{system}}}{S_{B, \text{Micro-Source}}} P_{\text{measured}} \quad (5)$$

이렇게 단위법 변환을 함으로써 시스템에 서로 다른 정격을 가지는 다수의 마이크로소스가 존재할 경우 기준값 변환을 통하여 동일한 제어기 이득을 사용할 수 있게 된다.

2.4.2 P와 E 제어방식의 제어기

그림 6은 시스템에 주입하는 유효전력과 모션 전압 E의 크기를 제어하는 방식의 제어기를 보여준다. 전압 제어 부분과 유효 전력 제어 부분은 서로 독립되어 있으며 각각 P-I 제어블록을 가지고 있다.

두 지정치 P^* 와 E^* 는 외부에서 주어진다. 전압의 조정은 지정치 E^* 를 측정치 E와 비교하고, P-I 제어블록에서 적당한 전압 크기 V를 발생시킨다. P-I 블록은 비례 및 적분 이득과 함께 다음 식으로 표현된다.

$$P \text{ block} : K_P + \frac{1}{sT_P}, \quad E \text{ block} : K_E + \frac{1}{sT_E} \quad (6)$$

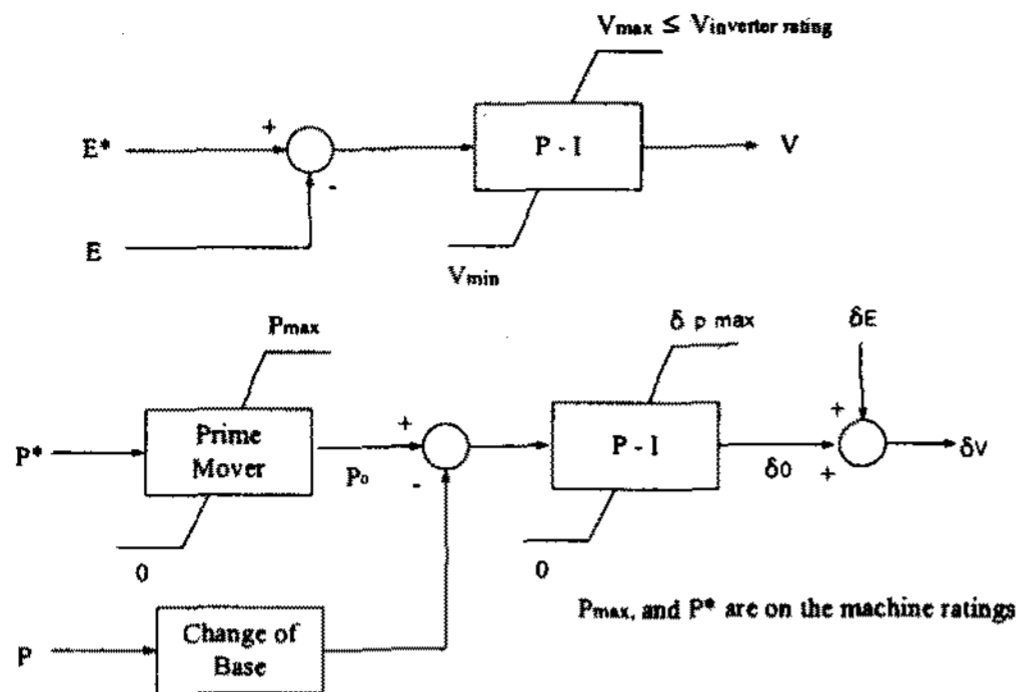


그림 6. P와 E 제어기 구조도
Fig. 6. Control block for P and E regulation

제어기의 출력 전압 V 는 최소, 최대 한계를 가지며, 이 출력 전압은 필요로 하는 무효전력 지령치로부터 제어기의 동작에 의해 정하여진다. 제어하고자 하는 모선 전압 E 에 순간 전압 강하(voltage dip)가 발생할 경우 인버터는 전압 V 를 상승시킴으로써 주입 무효전력을 증가시켜야 한다.

유효전력 제어의 경우에는 전압 제어와는 달리 지령치 P^* 의 스텝 변경시 원동기(Prime mover)의 응답이 이에 순시적으로 응동할 수 없다는데 다른 점이 있다. 실제로 마이크로 터빈과 연료전지는 출력 변화 요구 시 각각 다른 방법으로 출력을 상승시킨다. 원동기 정격 블록은 이러한 지연시간을 고려하여야 한다. 원동기 블록을 통과한 새로운 유효전력 지령치 P_0 는 음수가 될 수 없고, P_{max} 보다 작아야 한다. 왜냐하면 이 값이 음수가 되면 마이크로소스가 부하로 동작하는 것을 의미하고, 출력 한계를 벗어날 수 없기 때문이다. P_{max} 는 기기자체의 정격을 토대로 한 기준값에 의한 단위법으로 표현된다.

P_0 와 측정치 전력 P 를 비교하여 그 차이가 P-I 블록으로 공급된다. 전력측정치 P 는 식 (7)을 이용하여 시스템 기준값에서 마이크로소스의 기준값으로 변환된 값이다. P-I 블록의 출력 δ_p 는 두 이웃 모선 전압의 위상 δ_v 와 δ_E 의 차이가 된다. 여기서 δ_p 값은 최소 한계는 마이크로소스가 부하로 운전되지 않도록 0이 되며, 최대 한계는 통상 $P(\delta_p) = [EV/X] \sin \delta_p$ 로 표현되는 특성 곡선상의 선형 운전 구간인 30° 가 된다.

2.4.3 P와 Q 제어방식의 제어기

배전시스템에서는 배전시스템에서의 분산전원들이 상호 작용하여 불안정한 운전이 되지 않도록 하기 위해 각 분산전원이 고정된 양의 무효전력만 출력하도록 요구할 경우가 많다. 그림 7은 이처럼 마이크로소스가 고정된 양의 무효전력을 계통에 투입할 경우의 제어기의 형태를 보여준다. 제어기는 무효전력 지정치와 측정된 무효전력을 비교하여 그 차를 P-I 블록에 입력되는 형태의 구조를 가지고 있다. 제어기의 출력은 무효전력을 발생할 수 있는 적당한 인버터 단자 전압 크기 V 를 발생하도록 되어 있다. 각각의 P-I 제어기는 다음과 같은 형태로 표현된다.

$$P \text{ block: } K_P + \frac{1}{sT_P}, \quad Q \text{ block: } K_Q + \frac{1}{sT_Q} \quad (7)$$

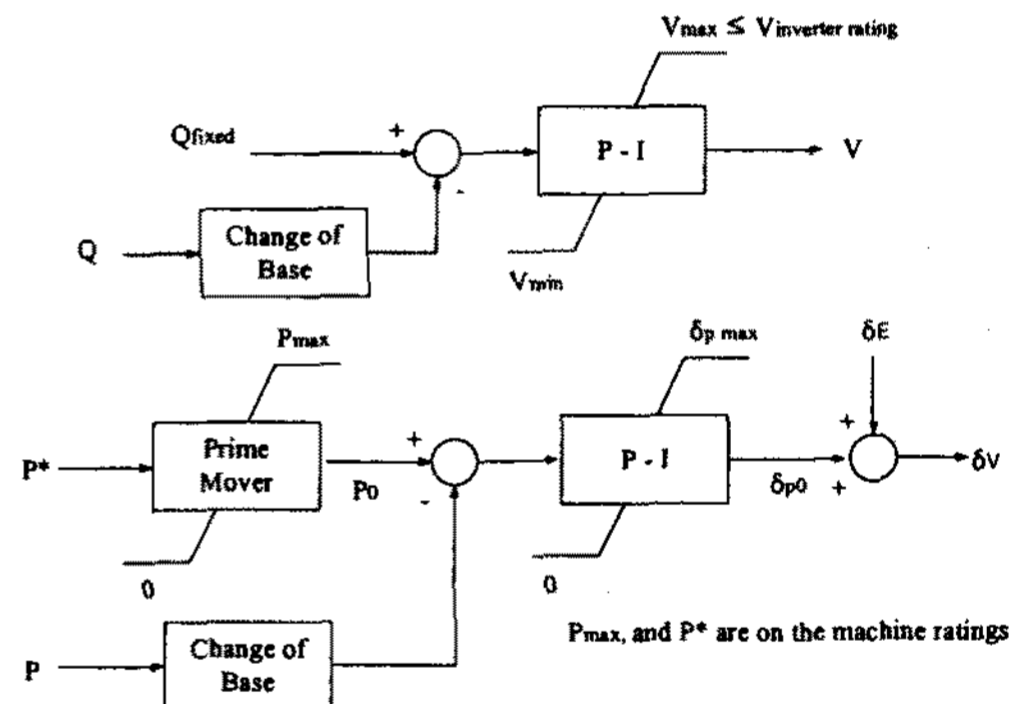


그림 7. P와 Q 제어기 구성
Fig. 7. Control block for P and Q regulation

다수의 마이크로소스가 계통에 연계되지 않고 병렬로 운전될 경우 각 소스의 유효전력 분담을 위해 전력-주파수 Droop을 사용하기도 한다[5]. 마이크로소스는 부하에 전기적으로 가깝게 위치하여, 전압원형 인버터로 유효전력과 무효전력을 제어한다. 마이크로소스는 병렬운전하며 부하를 공유하게 된다.

3. PSCAD/EMTDC 시스템 모델

3.1 제안된 테스트 시스템

마이크로소스 간의 상호 작용 분석을 분석하기 위한 테스트 시스템을 그림 8과 같이 구성하였다.

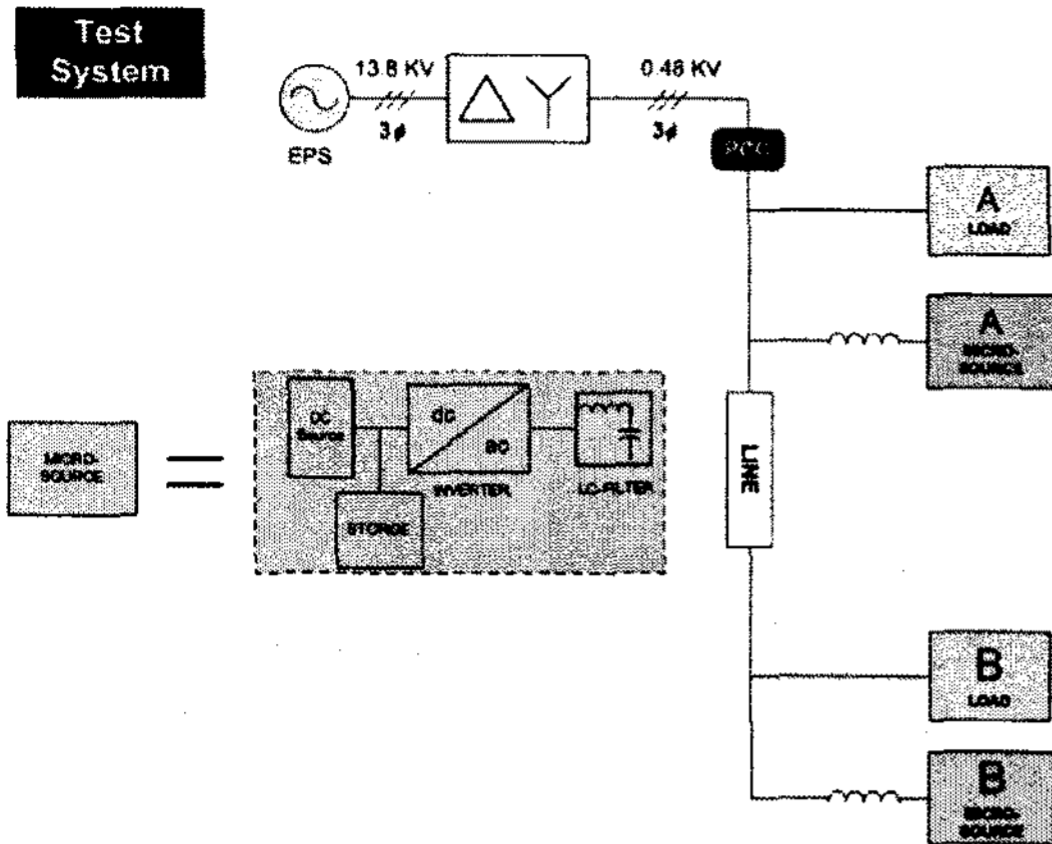


그림 8. 마이크로소스 테스트 시스템
Fig. 8. Micro-Source Test System

마이크로소스는 직류전원, 전압원형 인버터, 저장 장치로 구성된다. EPS(Electric Power System)는 3상 13.8[KV] 전압원으로 구성하였다. PCC(Point of Common Coupling)는 Solid state breaker 가 위치하여 EPS로부터 분리 가능하다. 2개의 마이크로소스는 선로로 연결되고 A, B 각각의 부하를 가지게 된다.

표 1. 부하 용량
Table 1. Load Characteristics

부하의 종류	전력용량 [MW]	Q [MVAR]
A Load - Induction Motor	0.414	0.28
B Load - Induction Motor	0.5	0.34

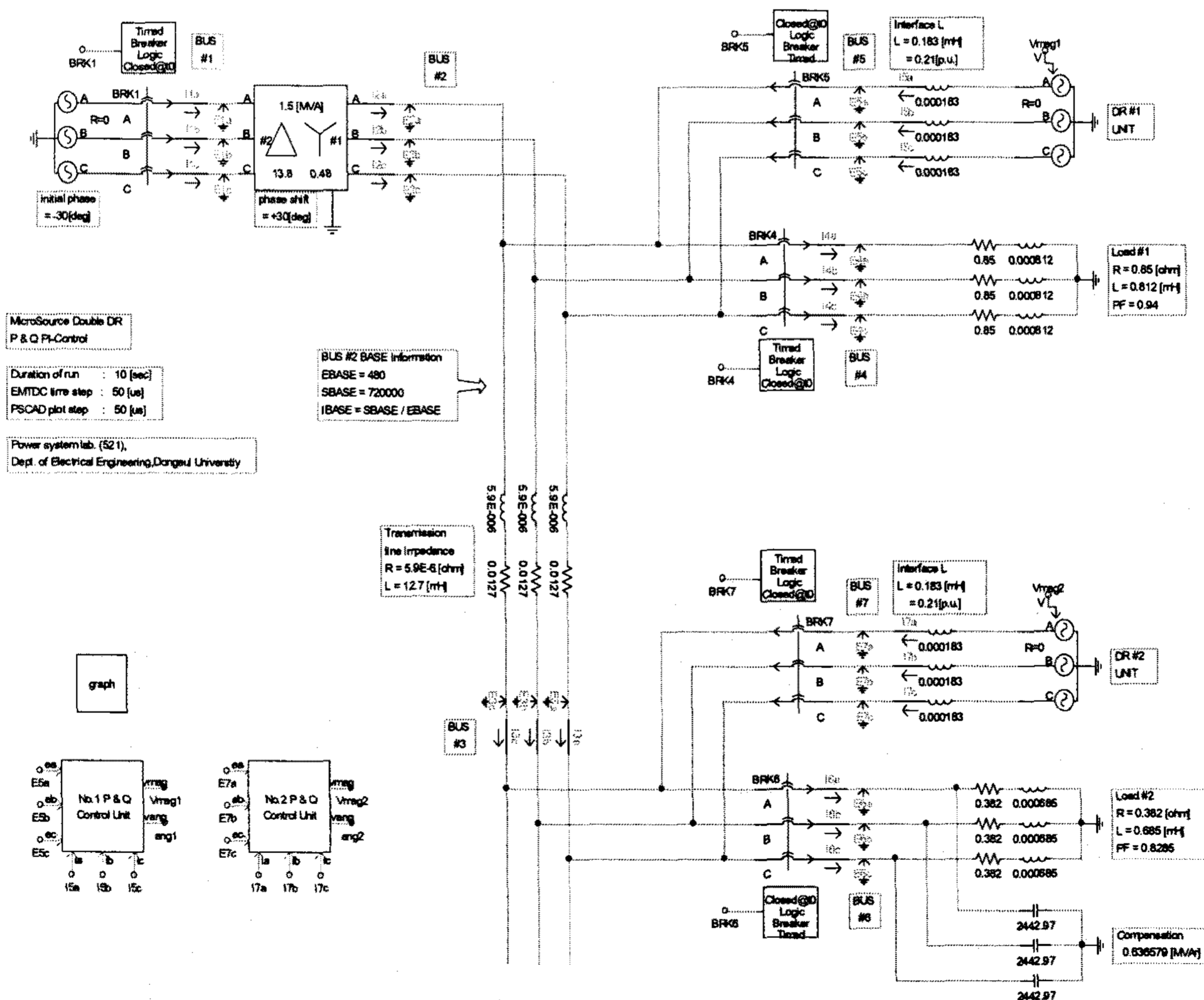


그림 9. PSCAD/EMTDC 테스트 시스템
Fig. 9. PSCAD/EMTDC Test System

3.2 EMTDC 모델 구성

그림 9는 테스트 시스템을 제안된 모델로 구성하여 본 것이다. 전력계통 과도현상 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC를 이용하여 마이크로소스 시스템의 모델을 구성하였다.

그림 10은 모델링 된 제어시스템부분을 나타낸다. 그림의 각 블록은 사용자 정의 모듈을 포함하고 있다.

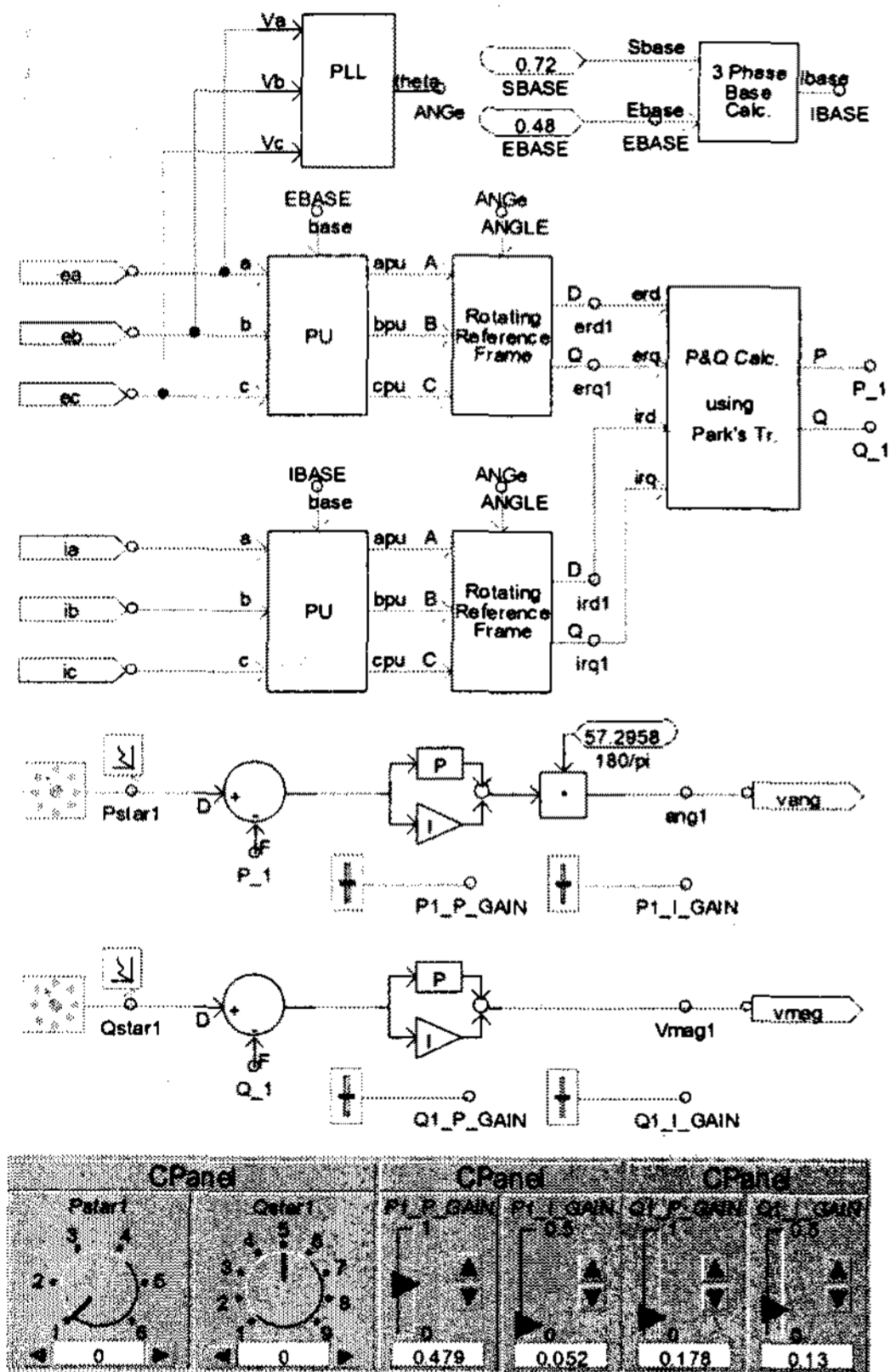


그림 10. PSCAD/EMTDC 제어시스템 모델
Fig. 10. PSCAD/EMTDC control system model

3.3 시뮬레이션 및 분석

3.3.1 제어시스템 파라미터 결정

그림 11과 그림 12는 그림 9의 두 개의 마이크로소스 중 하나의 유닛만 연결되어 있을 경우의 각각의 유효전력, 무효전력 지령치 스텝 응답을 나타낸

다. 두 개의 경우 모두 P-Q제어 방식으로 운전되고 있다고 가정한다. 그림 11은 No.1 DR(그림 9의 우상단 마이크로소스) 유효전력 출력 지령치가 0.2[pu]에서 0.3[pu]로 스텝 변화하고, 무효전력 출력 지령치가 0.1[pu]에서 0.2[pu]로 스텝 변화한 경우의 유효 및 무효 전력과 각 단자 전압 응답을 나타낸다(이때 No.2 DR은 개방상태이다). 그림 12는 No.2 DR은 개방상태로 두고 No.1 DR만 운전하는 경우의 동일한 응답을 나타낸다. 그림에서 전압은 P와 Q 방식의 제어시스템에 의해 네트워크와 부하 조건에 따라 결정되며 허용범위에 있음을 알 수 있다.

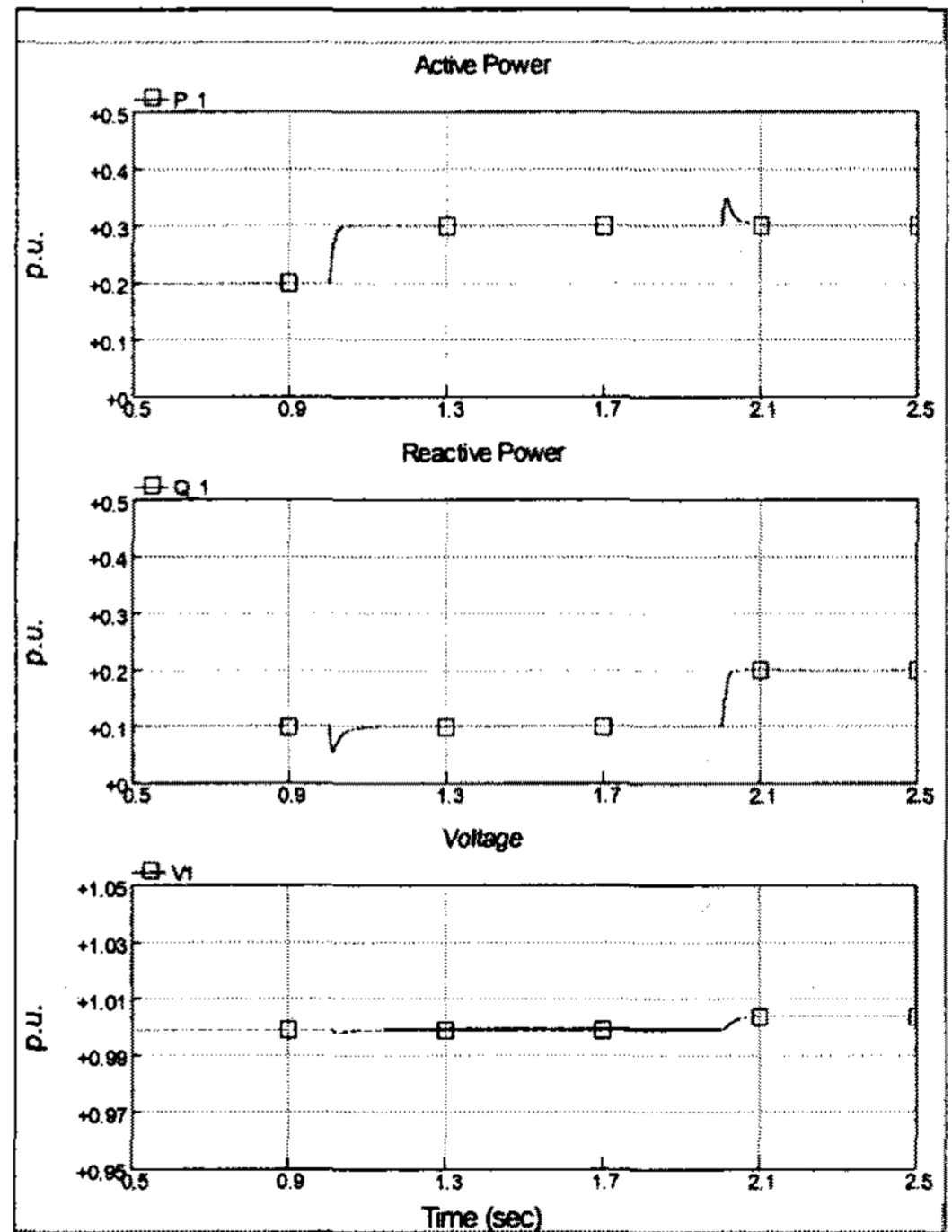


그림 11. No.1 DR Unit P & Q 스텝 응답
(No.2 DR Unit 개방)
Fig. 11. No.1 DR Unit P & Q Step Response
(No.2 DR Unit Open)

그림 11과 12는 유효전력과 무효 전력 출력이 상호 결합되어 있어서 유효전력 스텝 응답시 무효전력 출력이 과도적으로 영향을 받고, 그 반대의 경우도 발생함을 보여준다. 이러한 현상은 유효전력 스텝 응답 특성을 개선하기 위하여 제어기 이득을 조정하면 오히려 증가되어 무효전력의 순간 강하의 폭이 커진

다. P-I 제어기의 이득 변화에 따른 응답 특성의 변화를 살펴보면, K_p 를 증가시킬 경우 오버슈트를 줄일 수는 있으나, 상승 특성이 나빠진다. 그리고 무효전력의 순간 강하 폭도 증가시키는 역할을 한다. τ_p 를 증가시키면 정착시간을 줄일 수 있으나, 오버슈트가 증가되는 특성을 보인다. 이들을 고려하여, 적당한 제어기 이득을 다음과 같이 선정하였다.

No.1 DR PI-Controller Gain :

$$K_{P1} = 0.479, \tau_{P1} = 0.052,$$

$$K_{Q1} = 0.178, \tau_{Q1} = 0.13$$

No.2 DR PI-Controller Gain :

$$K_{P2} = 0.479, \tau_{P2} = 0.052,$$

$$K_{Q2} = 0.178, \tau_{Q2} = 0.13$$

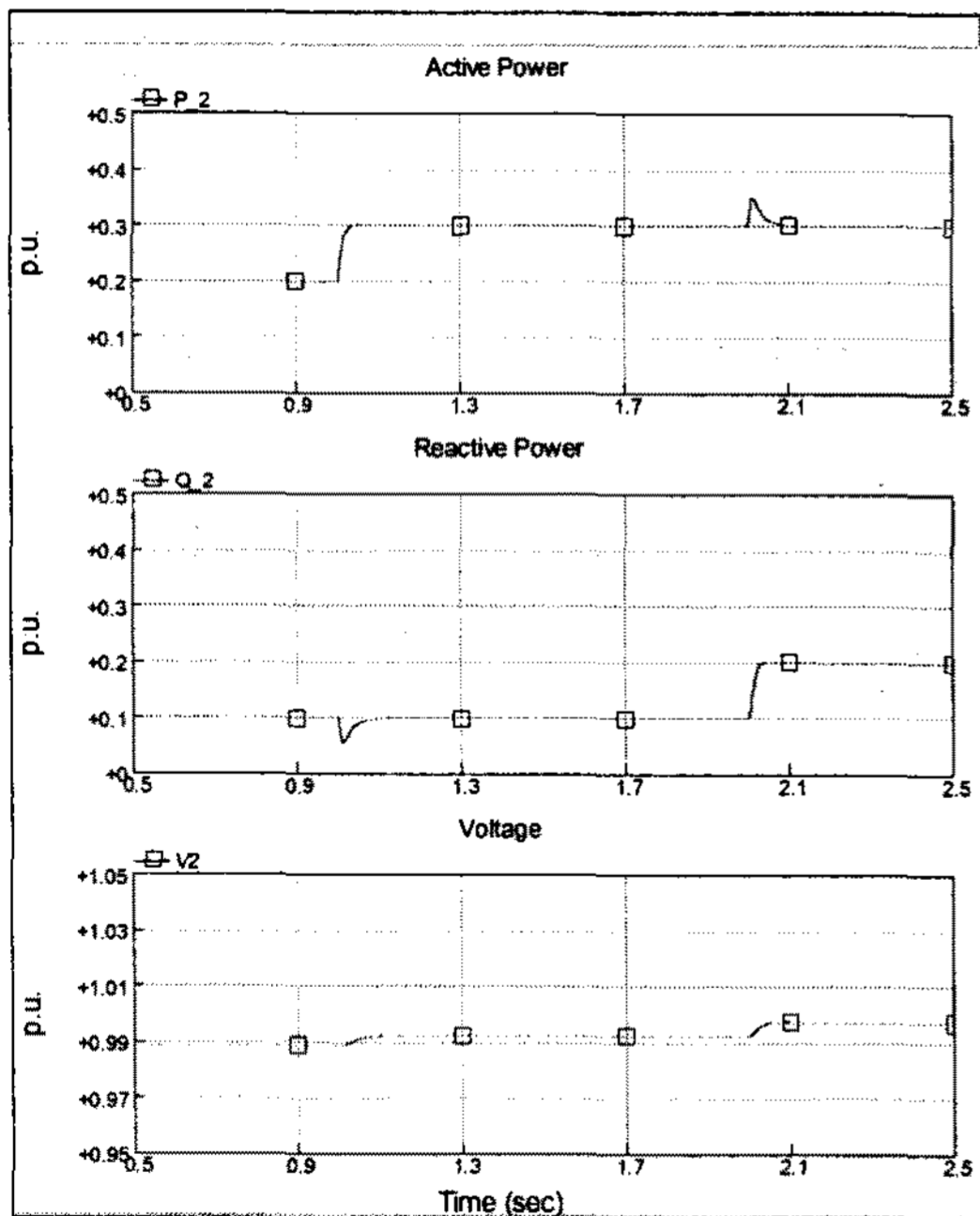


그림 12. No.2 DR Unit Q 스텝 응답
(No.1 DR Unit 개방)
Fig. 12. No.2 DR Unit Q Step Response
(No.1 DR Unit Open)

3.3.2 부하 변동시 제어시스템 응답특성

그림 9와 같은 마이크로그리드 시스템에서 부하

변동이 발생한 경우 각 마이크로소스의 제어 출력 변화와 그로 인한 마이크로그리드 시스템 응답 특성을 시뮬레이션 하였으며 그 결과를 그림 13에 나타내었다. 정상상태에서 마이크로소스 1과 2가 유효전력 출력 0.2[p.u.]의 출력을 내고 있으며, 무효전력은 0.1[p.u.]의 출력을 내고 있는 경우를 상정하였다. 이때 각 마이크로소스와 같이 연결되어 있는 부하의 부하량이 50[%] 증가하였다고 하자. 이때 그림 13에서 알 수 있듯이 마이크로소스 1의 전압보다 Unit 2의 전압 강하량이 월등히 많은 것을 알 수 있는데, 이것은 마이크로소스 2측의 부하량 증가로 인해 마이크로소스 1측으로의 유효전력 전달량이 많아짐으로써 선로를 통한 전압강하가 확대된 것에 기인한다.

통상 배전회사의 요구사항으로서 부하 말단 측에서 전압제어를 할 수 없도록 하는 규정을 반영하여 마이크로소스는 유효전력과 무효전력량만을 제어할 수 있으므로 본 논문에서 가정한대로 P 및 Q 제어를 통하여 부하 전압을 보상하는 시나리오를 생각한다.

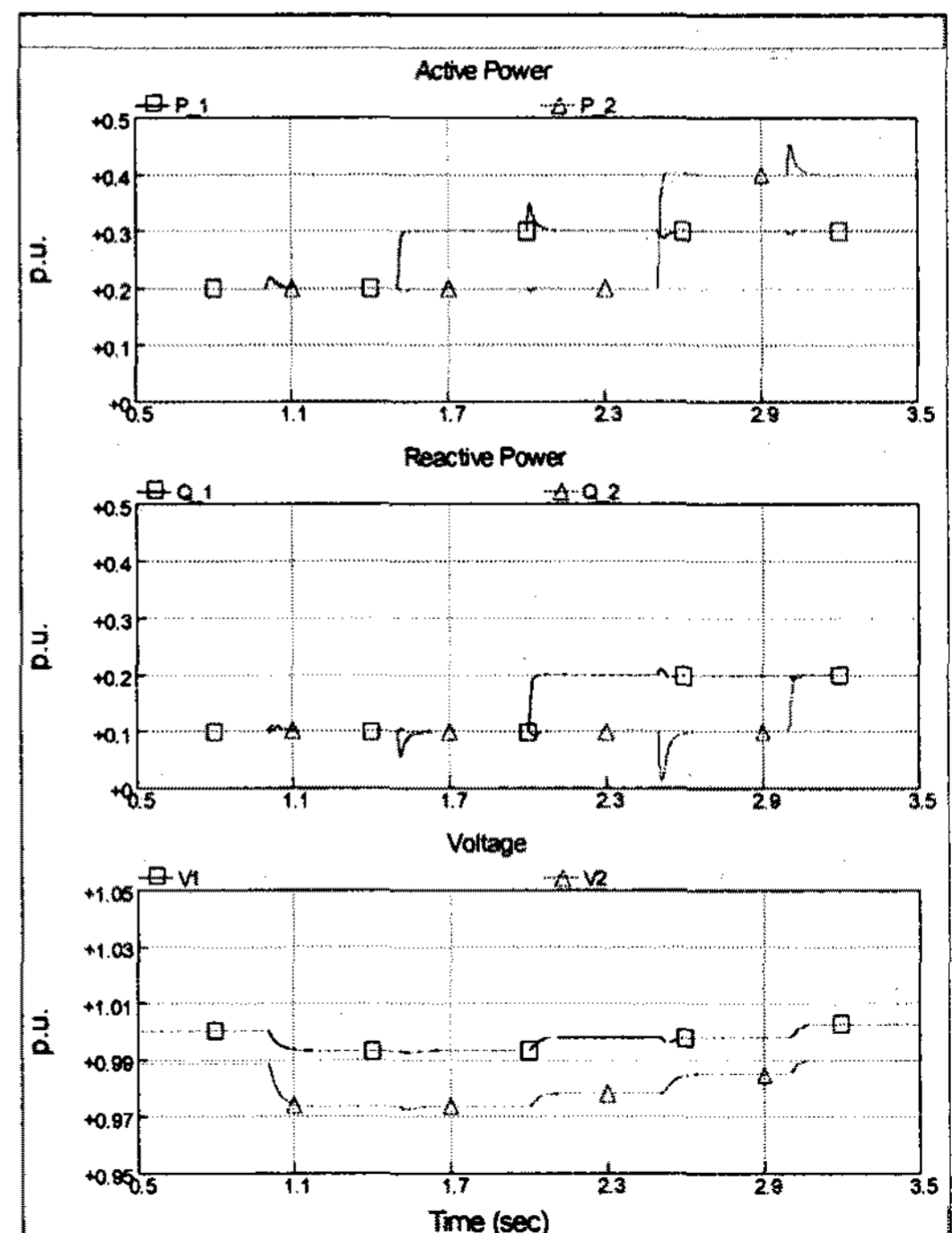


그림 13. 부하변동시 마이크로소스 응답
Fig. 13. Micro-Source Response with Load Variation

이때 그림 13에서 보듯이 마이크로소스 1의 유효 전력 및 무효전력 출력량을 0.3[p.u.]와 0.2[p.u.]로 증가시키고 나서 마이크로소스 2의 유효 및 무효전력량을 0.4[p.u.]와 0.2[p.u.]로 증가시켰을 경우 부하전압을 유지할 수 있음을 알 수 있다. 이때 증가시켜야 할 유효전력 및 무효전력량은 전력조류계산(Power Flow) 프로그램 등을 통하여 구할 수 있다.

본 논문에서 채택한 이상 전압원 모델을 이용한 시뮬레이션 모형은 상세스위칭 방식등에 무관하게 전력주파수 영역에서 의미있는 특성을 해석하는데 용이하다. 상세모델은 모델링의 복잡도를 증가시키고 전력주파수 이외의 영역의 현상들이 많이 포함되어 있어 전력관련 해석에 있어서 불필요한 특성을 포함하고 있어 전력영역 해석에 오히려 불리할 수 있다. 따라서 본 시뮬레이션 모형은 다수의 마이크로소스가 포함된 시스템을 해석하는데 있어 모델링의 복잡도를 증가시키지 않고 전력주파수 영역의 현상을 잘 반영하는 모델이라 할 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 마이크로소스의 모델링과 제어시스템의 구성 및 제어 특성에 관하여 연구하였다. 전력주파수 영역 현상을 잘 반영하고 다수의 마이크로소스 시스템이 포함된 경우 해석을 용이하게 하기 위하여 전력주파수 영역에서의 기본과 정상상태 인버터 모델을 이용한 마이크로소스의 EMTDC 모델을 개발하였다. 이상전압원을 적용한 시뮬레이션 모델은 상세 스위칭 모델링 방식에 비하여 모델의 복잡도를 줄여 계산량 부담을 줄이는 동시에 전력주파수 영역의 현상을 좀더 명확히 이해할 수 있는 장점이 있다. 제안된 모델을 이용하여 테스트용으로서 마이크로소스로 구성된 마이크로그리드 시스템을 EMTDC 모델로 개발하였으며, 이를 통해 마이크로소스의 제어시스템 파라미터에 따른 제어특성을 분석하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제안된 모델의 효용성을 확인하였다.

본 논문은 산업자원부의 지원에 의해 기초전력연구원 주관으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.(과제번호 : R-2002-B-044)

References

- (1) Lasseter, R.H. Piagi, P., "Providing premium power through distributed resources", Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2000, Jan 4-7, Page(s): 1437 -1445.
- (2) Lasseter, R.H. et al., "White paper on integration of distributed energy resources. The CERTS MicroGrid Concept," in Consort. Reliability Technology Solutions, 2002, pp. 1-27.
- (3) Lasseter, R.H., "MicroGrids", Power Engineering Society Winter Meeting, 2002. IEEE, Volume: 1, 27-31 Jan. 2002, Page(s): 305-308 vol.1
- (4) Lasseter, R.H., Piagi, P. "MicroGrid: A Conceptual Solution", Power Electronics Specialist Conference(PESC) '04, Aachen, Germany, 20-25, June 2004.
- (5) Robert Lasseter, Kevin Tomsovic and Paolo Piagi, "Scenarios for Distributed Technology Applications Steady State and Dynamic Models of Loads and Micro-Sources", Consortium for Electric Reliability Technology Solutions, 14, April 2000.

◇ 저자소개 ◇

손광명 (孫光明)

1966년 9월 6일생. 1989년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1991년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1996년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1997년~현재 동의대학교 전기공학과 부교수.