

DC 마이크로그리드의 동작해석 시뮬레이션 모델

한 병 문*, 이 지 현**

(명지대 전기공학과 *교수, **석·박사 통합과정)

1. 서론

최근 수십 kW 용량의 태양광발전과 풍력발전을 기반으로 하는 소규모 전력망에 대한 관심이 급증하고 있다. 이러한 소규모 전력망을 마이크로그리드라 하는데, 기존 배전망과 연계하여 운용할 경우 효율성과 경제성을 확보할 수 있고, 기존 배전망이 없는 섬이나 산간, 오지 등에 설치하여 독립운용도 가능하다.

마이크로그리드는 분산전원과 부하를 결합하는 전력망이 AC로 되어있는 AC 마이크로그리드와 DC로 되어있는 DC 마이크로그리드로 구분할 수 있다. AC 마이크로그리드는 기존의 배전망을 그대로 활용하는 장점을 가지고 있어 그동안 많이 수행되어 왔다. 그러나 교류계통의 단점인 동기화, 안정도, 무효전력소모의 문제가 항상 내재되어 있다.

반면에 친환경 분산전원인 태양광이나 연료전지의 경우 출력이 직류형태이고, 수요가 급증하는 디지털부하의 경우 직류전원을 필요로 하여 DC 마이크로그리드 또는 DC 급전에 대해 관심이 고조되고 있다.

DC 마이크로그리드는 AC 마이크로그리드의 단점인 동기화, 안정도, 무효전력소모 등을 해결할 수 있고, 또한 각 전원별로 발생하는 전력을 교류로 변환하지 않아 시스템의 비용이 낮고, 보호나 감시도 용이한 장점을 갖는다. 반면에 동작

전압의 규격이 설정되어 있지 않고 차단이 용이하지 않은 단점을 갖는다.

본 글에서는 DC 마이크로그리드를 구성하는 각 신·재생 분산전원과 에너지저장에 대한 동작특성을 분석하고 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 사용하여 구현하였다. 구현한 분산전원 모델을 이용하여 소용량의 DC 마이크로그리드를 구성하고 에너지관리기법에 타당한 시나리오를 정하여 계통연계와 단독운전 시의 동작을 검증한 분석결과를 소개한다.

2. DC 마이크로그리드의 구성

그림 1에 보인 것처럼 본 글에서는 분산전원으로는 출력조절이 불가능한 풍력발전과 태양광발전, 출력조절이 가능한 연료전지발전을 사용하였고 에너지저장으로는 슈퍼커패시터와 배터리를 사용하여 DC 마이크로그리드를 구성하였다.

풍력발전기는 가용풍속범위가 넓고 증속기가 필요 없는 2kW PMSG(Permanent Magnet Synchronous Generator)로 3상 PWM 컨버터에 의해 DC 그리드에 연계되며 풍속에 따른 출력의 효율이 변동하는 특성이 있어 항상 최대의 출력을 내기 위해서 최대출력점추적제어기법을 사용하였다.

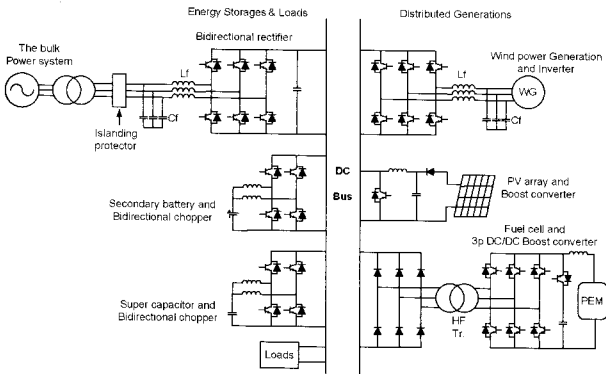


그림 1 DC 마이크로그리드의 구성

PV(Photo-voltaic) Array는 DC 출력을 승압하기 위해 무변압기타입의 부스트컨버터를 사용하여 DC 그리드에 연계하며 용량은 1.5kW이다. 일사량과 온도에 따라 출력 특성이 변동하고 이에 따라 효율이 변하므로 항상 최대의 출력을 낼 수 있도록 최대출력점추적제어기법을 사용하였다.

연료전지는 PEM(Proton Exchange Membrane) 방식으로 스택용량은 1.2kW 이며, 특성상 출력전압이 낮으므로 DC 그리드에 연결하기 위해선 높은 승압비를 가진 컨버터를 사용하여야 한다. 또한 전류리플에 큰 영향을 받는 연료전지의 특성을 고려하여 전류형 방식의 3상 DC/DC 부스트 컨버터를 사용하며, 서지전압 저감용으로 능동 클램프 회로를 도입하여 영전압 스위칭이 가능하게 하였다.

에너지저장용 컨버터는 충·방전이 가능한 양방향 DC/DC 컨버터를 사용하며 전류리플 감소를 위해 2상 Interleaved 방식의 컨버터를 사용하였다. 에너지저장은 DC 마이크로그리드의 전체적인 에너지를 관리하는 중요한 역할을 하며 슈퍼커패시터와 배터리를 사용하여 전력 운용의 안정성을 확보하고 고품질의 전력공급을 가능하도록 하였다.

계통연계인버터는 일반적인 3상 PWM 컨버터를 사용하며 계통연계 시에 DC 마이크로그리드의 DC 그리드 전압을 일정하게 제어하면서 계통의 무효전력과 고조파함유율을 제어하는 역할을 한다.

마이크로그리드에는 여러 형태의 부하가 존재 가능한데 본 글에서는 여러 가지 부하의 경우를 다루지 않고 가변저항을 사용하여 통합적인 부하로 모의하였다.

3. DC 마이크로그리드의 시스템 특성 분석

3.1 전력조류

그림 2는 DC 마이크로그리드를 구성하는 각 요소들의 전력 흐름도를 나타낸 것이다. PV Array의 출력전력과 풍력발전기의 출력전력, 연료전지의 출력전력을 분산전원의 출력의

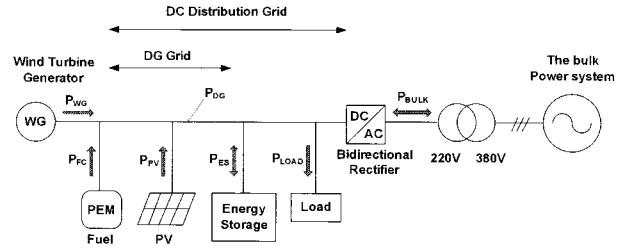


그림 2 각 구성요소의 전력조류

합인 P_{DG} 로 정의하면 식(1)과 같이 표현된다. 전력의 제어를 보다 간편하게 하기 위해서는 마이크로그리드에 다른 분산전원이 추가되어도, 분산전원의 출력은 합으로서 표현한다. 분산전원에서의 출력은 단방향성으로 DC 그리드에 전력을 공급하는 주 에너지원의 역할을 담당한다. 에너지저장에서는 충·방전에 의해 DC 그리드의 에너지를 제어하므로 전력의 흐름은 양방향성이며, 제어해야 하는 전력의 레퍼런스는 식(2)와 같다.

에너지저장이 최대로 충전되거나 또는 방전되었을 때에는 계통으로 잉여전력을 공급하거나 계통에서 부족전력을 공급받으며 이때의 전력 수식은 식(3)과 같다. 부하는 DC 그리드에서 전력을 공급받는 수요자로 단방향성을 갖는다. 따라서 부하의 수요에 따라 에너지저장에서의 충·방전 제어가 이루어지며 이는 부하에 끊임없는 고품질의 전력공급을 가능하게 한다. 부하가 추가로 운용될 시에도 부하의 전력은 모두 합쳐져 P_{LOAD} 로 표현하여 전력제어를 간편하게 한다.

$$P_{DG} = P_{WG} + P_{PV} + P_{FC} \tag{1}$$

$$P_{ES} = P_{DG} - P_{LOAD} \tag{2}$$

$$P_{BULK} = P_{DG} - P_{ES} - P_{LOAD} \tag{3}$$

3.2 에너지 운용기법

본 절에서는 계통연계 시와 단독운전 시에 대한 에너지운용기법을 소개하고자 한다. 계통연계운전 시에는 연계용 인버터가 DC 그리드전압의 제어권을 가지고 단독운전 시에는 에너지저장에서 갖는다. 에너지저장으로는 슈퍼커패시터와 배터리를 사용하여 연계운전이나 단독운전 시 부하가 원하는 고품질의 전력을 공급할 수 있도록 하였다.

그림 3은 계통연계 시에 에너지운용기법에 대한 개념도를 나타낸 것이다. 굵은 선으로 표시한 부하곡선은 일반적인 하루 동안의 요구량을 표현한 것이다. 분산전원으로부터의 출력이 충분이 커서 부하를 감당하고 에너지저장에 충전되고도 남는 전력은 계통으로 보내지며, 분산전원에서의 출력이 부족하고 에너지저장에서 공급하는 전력도 부하를 감당하지 못

할 경우에는 계통으로부터 전력을 공급받는다. 계통연계 시에 에너지저장의 운용은 슈퍼커패시터와 배터리의 장·단점을 서로 보완하여 안전하고 효율적인 방식으로 운용한다.

슈퍼커패시터는 빠른 충·방전 특성을 갖지만, 긴 시간 동안 방대한 에너지를 저장할 수 없어 단독운전 시 전력관리에 한계가 있다. 반면에 배터리는 슈퍼커패시터에 비해 반응은 느리지만 방대한 용량의 에너지를 저장할 수 있다. 따라서 급격하고 적은 전력의 변화는 슈퍼커패시터가 담당하며, 긴 시간 동안의 방대한 전력의 변화는 배터리에서 관리하도록 한다. 슈퍼커패시터는 충전동작에서 방전, 방전동작에서 충전동작으로 천이되는 구간에서 전력의 충·방전을 실시한다. 슈퍼커패시터의 용량이 한계에 다다르면 충전동작을 멈추고 이어서 배터리가 전력관리를 수행한다.

그림 4에 단독운전시의 에너지 운용기법에 대한 개념도를 나타낸 것이다. 단독운전이 검출되어 계통과 마이크로그리드가 분리되면 연계용 인버터는 제어의 기능을 잃게 되기 때문에 마이크로그리드안의 구성요소들 중에서 DC 그리드의 전압제어를 수행해 주어야 한다. 분산전원의 전력변환기는 분산전원의 효율적인 운용을 위해 출력제어를 담당해야 하므로 에너지저장에서 DC 그리드의 전압 제어를 수행하도록 한다. 단독운전 시에는 슈퍼커패시터에서 DC 그리드의 일정전압제어를 수행하며 급격한 에너지의 변화에 대해서 보조의 역할을 하고 배터리에서 전력관리를 수행한다. 슈퍼커패시터는 전압제어를 수행하면서 충·방전 동작이 천이 될 때 배터

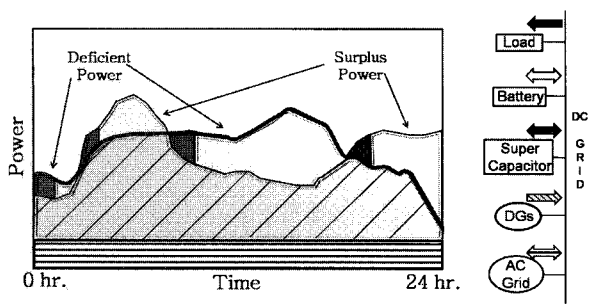


그림 3 마이크로그리드의 계통연계 운전

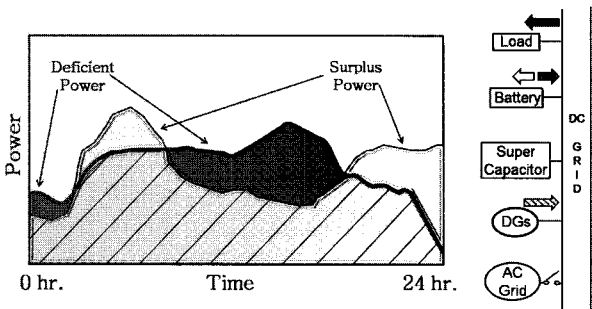


그림 4 마이크로그리드의 단독 운전

리가 감당하지 못하는 만큼의 에너지를 보충해 준다. 이때, 배터리에서 전력관리를 수행하므로 슈퍼커패시터에서 전압제어를 수행함에 있어서 감당해야 하는 전력의 부담은 현저히 줄어들게 된다. 따라서 슈퍼커패시터의 용량을 적게 산정할 수가 있으며 안정성의 확보와 동시에 전체 시스템의 가격과 부피를 줄일 수 있다.

3.3 에너지저장의 제어

본 절에서는 DC 마이크로그리드의 전력관리를 담당하는 에너지저장의 전력변환기 제어에 대해 설명하고자 한다. 그림 5는 계통연계 시 에너지저장의 운용기법에 대해 나타낸 것이다. 에너지저장은 DC 그리드의 전력상황에 따라 충·방전 동작을 자유롭게 이행할 수 있어야 하며 에너지저장의 용량이 한계에 이르면 계통과의 수급관계가 행해짐으로써 DC 그리드의 전력균형을 유지하도록 한다. 앞서 말한 것처럼 분산전원들의 출력을 합하여 P_{DG} 로 정의한다. 에너지저장은 P_{DG} 와 P_{LOAD} 의 차에 의하여 충·방전 동작을 수행한다. P_{DG} 가 P_{LOAD} 보다 클 경우에 Charge Mode로 동작하고 이때 충전되는 전력은 두 측정값의 차이가 된다. 먼저 슈퍼커패시터 컨버터가 동작하며 설정한 최대전압까지 증가하면 동작을 멈추고 배터리 컨버터가 동작하여 전력관리를 수행한다. 배터리가 완전히 충전되면 배터리 컨버터는 동작을 멈추고 이때 잉여 전력은 계통으로 공급하도록 한다. P_{LOAD} 가 P_{DG} 보다 클 경우에는 Discharge Mode로 동작하고 이때 방전되는 전력은 두 측정값의 차이가 된다. 충전 시와 마찬가지로 먼저 슈퍼커패시터 컨버터가 동작하여 전력을 방전하고 슈퍼커패시터의 전압이 최소전압까지 감소하면 동작을 멈춘다. 이어서 배터리 컨버터가 동작하며 배터리가 완전히 방전하게 되면 컨버터는 동작을 멈추고 이때의 부족한 전력은 계통으로부터 공급받도록 하며, 배터리가 완전 방전되지 않으면 계속하여 전력관리를 수행하도록 한다.

충·방전 동작이 바뀌는 시점에서는 빠르고 정확하게 Mode Change가 이루어 져야 하며 P_{ES} 의 부호를 감지하여

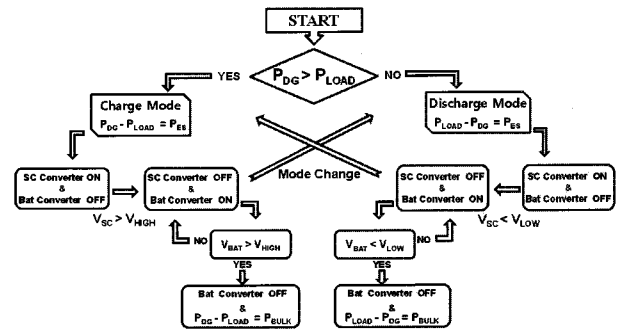


그림 5 계통연계 시 에너지저장 운용

Mode Change Index로 사용한다. Mode Change시에는 항상 배터리용 컨버터는 동작을 멈추고, 슈퍼커패시터 컨버터가 먼저 동작하게 되며 슈퍼커패시터나 배터리 컨버터 중 어느 것이 동작하는 순간, 혹은 둘 다 동작을 멈추고 있어도 Mode Change는 이루어진다.

그림 6은 단독운전 시 에너지저장의 운용기법에 대하여 나타낸 것이다. 단독운전 동안은 슈퍼커패시터와 배터리 컨버터가 모두 주어진 기능을 수행하기 위해 연속적으로 동작한다. 슈퍼커패시터에서는 DC 그리드의 일정전압제어를 수행하며 급격한 에너지의 변화에 대해서 보조의 역할을 하고 배터리에서는 전력관리를 수행한다. 배터리 컨버터는 계통연계시 에너지저장의 운용방식과 유사한 알고리즘으로 동작한다. 배터리가 충전을 계속하면서 전압이 설정한 최대전압까지 증가하면, 출력을 조절할 수 있는 분산전원의 컨버터를 제어하여 전체 분산전원의 출력을 줄이도록 한다. 배터리가 방전을 계속하면서 전압이 설정한 최소전압까지 감소하면, 전력을 공급할 수 있는 에너지원이 더 이상 없게 되므로, 중요도가 낮은 부하를 절체하도록 한다. 단독운전은 짧은 시간 동안이지만 배터리의 용량이 완전히 방전되지 않도록 배터리의 용량을 충분히 크게 산정하고, 분산전원의 용량을 적정하게 산정하는 것이 중요하다.

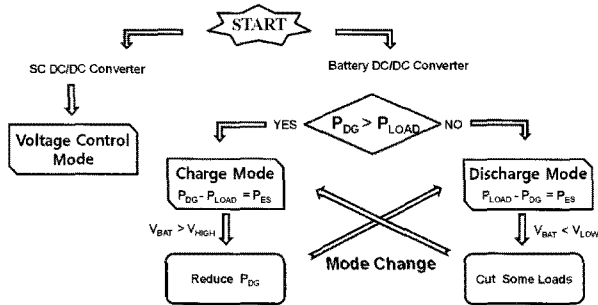


그림 6 단독운전 시 에너지저장 운용

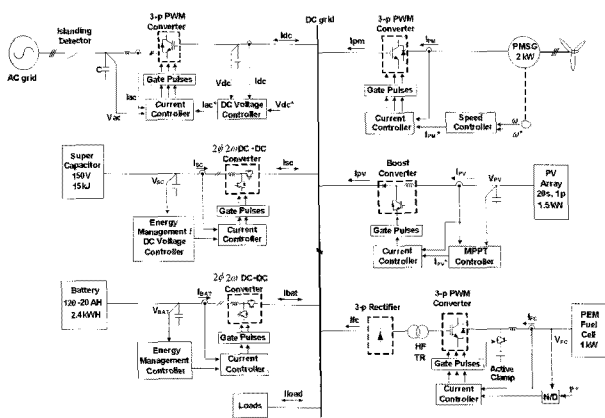


그림 7 DC 마이크로그리드의 제어 개념

3.5 구성요소 제어

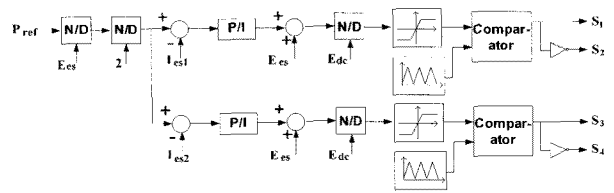
그림 7은 마이크로그리드에 포함된 각 구성요소의 제어기 구성을 나타낸 것이다. 계통연계인버터는 원하는 그리드전압을 실측 그리드전압과 비교하여 전압제어기를 통과하여 기준 전류를 생성하고 이 값을 실측 전류와 비교하여 전류제어기를 거쳐 3상 PWM 컨버터의 게이트펄스를 생성한다.

PV Array는 일사량과 온도에 의해 변동하는 출력을 항상 최대가 되도록 제어한다. 사용되는 컨버터는 출력단을 제어하는 것이 아니고, 입력단을 제어하는 역할을 하며 항상 최대 출력을 얻기 위해 MPPT(Maximum Power Point Tracking)제어를 수행한다. 본 글에서는 비교적 동작이 안정적이고 구현이 용이한 방식인 P&O(Perturbation and Observation) 기법을 적용하였다.

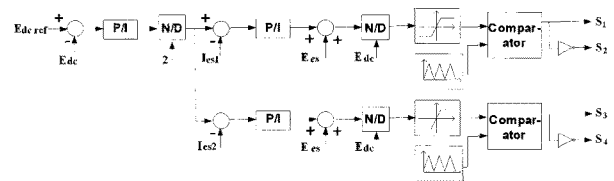
PMSG의 삼상 PWM 컨버터는 풍속에 따라 변동하는 출력을 항상 최대로 그리드에 공급할 수 있도록 제어를 수행한다. 발전기의 각속도가 일정하도록 전류제어를 하면 블레이드의 출력계수가 최대로 되어 발전기의 출력이 최대가 되도록 MPPT 제어를 수행한다. 최대출력을 내도록 계산된 기준 각속도는 실측 각속도와 비교된 후 속도제어기에 의해 기준 전류를 생성하고 이 기준전류는 측정된 전류와 같이 전류제어기를 통과하여 삼상 PWM 컨버터의 게이트 펄스를 생성한다.

연료전지는 무부하와 정격부하 시 출력전압의 변동이 아주 커 낮은 출력전압을 높은 전압으로 승압하는 DC 컨버터를 필요로 한다. 연료전지는 출력을 조절 한다. 연료전지는 출연료 에너지관리를 고려하여 효율적으로 활용하는 제어가 필요하다. 출력전력을 연료전지의 출력전압으로 나눠 기준전류를 생성하고 이 값과 실측전류를 전류제어기를 통과시켜 컨버터의 게이팅 펄스를 생성한다.

그림 8(a)는 계통연계 시의 슈퍼커패시터와 계통연계, 단



(a) 전력관리 제어시의 블록도



(b) 일정 DC 전압 제어시의 블록도

그림 8 에너지저장의 제어 블록

독운전시의 배터리 컨버터 제어블록을 나타낸 것이다. 분산전원이 생산하는 전력의 총합과 부하가 소모하는 전력의 차를 기준전력으로 하고, 이 기준전력을 에너지저장 양단의 전압으로 나누어 기준전류를 생성하고 이를 양분하여 각 컨버터 leg에서 추종해야 하는 기준전류를 만들어 낸다. 각 컨버터 leg의 실측전류와 기준전류는 PI 제어를 통과한 후 기준전압을 생성하여 비교기를 거쳐 게이트 펄스를 생성한다. 그림 8(b)는 단독운전 시 슈퍼커패시터 컨버터의 제어블록을 나타낸 것이다. 기준전압과 실측 전압을 비교하여 PI 제어를 통과시킨 후 양분하여 각 leg의 기준전류를 생성한다. 각 컨버터 leg의 실측전류와 기준전류는 PI 제어를 통과한 후 기준전압을 생성하여 비교기를 거쳐 게이트 펄스를 생성한다.

4. DC 마이크로그리드의 시뮬레이션 모델

본 절에서는 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 DC 마이크로그리드의 동작을 해석하는 시뮬레이션 모델에 대해 설명하고자 한다. 전력회로는 그림 1에 보인 회로도 와 동일한 구조로 구성하였으며, 분산전원들과 배터리는 C 프로그래밍을 이용한 사용자정의 모델을 이용하여 개발한 라이브러리를 사용하였다.

4.1 시뮬레이션 시나리오

설명하는 시뮬레이션모델의 유용성을 위해 확인하고자 하는 사항은 표 1과 같으며 이를 위해 타당한 시나리오를 가정하고 7초 동안 시뮬레이션을 수행하였다. 조건으로는 연료전지는 기저부하의 형태로 정적인 1kW를 상시 출력하며, 계통의 고조파 함유율과 과도현상을 보기 위해 배터리가 한계치에 도달하지 않는 동안에 1kW의 전력을 계통측으로 공급하도록 설정하였다.

표 1 시뮬레이션 점검 항목

계통연계운전	
1	슈퍼커패시터의 충·방전 전이동작
2	슈퍼커패시터에서 배터리로의 동작 변경
3	배터리 전압리미트시 계통으로부터 송·수전
4	계통전류의 고조파 함유율
5	공통 DC단의 전압 과도현상
단독운전	
1	계통연계·단독운전 변경 시 에너지 저장의 모드 전환
2	배터리의 충·방전 전이동작
3	배터리 전압리미트시 P _{DG} 감소와 부하절제
4	공통 DC단의 전압 과도현상

표 2 동작 모드

Time(sec)	~0.4	~1.0	~1.5	~2.0	~3.0	~4.5	~7.0
Islanded Mode							
Grid-tied Mode							
Main Load[W]	0	3200	0		3550		320
Sub Load[W]	500						

표 3 PMSG출력을 위한 풍속데이터

Time(sec)	~1.0	~2.0	~3.0	~4.0	~5.0	~6.0	~7.0
Wind speed (m/s)	Increase ~7.5	Increase ~8.0	Increase ~10.0	Increase ~12.0	Decrease ~11.0	Increase ~13.0	Decrease ~12.0
Power (kW)	↑ 0.23	↑ 0.39	↑ 0.82	↑ 1.5	↓ 1.19	↓ 2.0	↓ 1.56

표 4 PV Array출력을 위한 일사량 데이터

Time(sec)	0~1.0	~2.5	~3.0	~4.0	~5.0	~6.0	~7.0
Insolation (W/m ²)	Increase ~800	Increase ~1000	Decrease ~950	Decrease ~800	Decrease ~750	Decrease ~650	Decrease ~550
Power (kW)	↑ 1040	↑ 1310	↓ 1240	↓ 1040	↓ 970	↓ 820	↓ 700

표 2는 시뮬레이션에서 설정한 동작 모드이며 계통연계 시간과 단독운전 시간, 부하의 스텝 변화량을 나타내었다. 시뮬레이션이 시작하고 2.0초까지 계통과 연계운전하며 3.0초까지 1초 동안 단독운전 상황을 발생시켰으며, 시뮬레이션이 끝날 때까지 계통연계 운전하였다. 부하는 Main Load와 Sub Load로 나누어 단독운전시에 부하 차단 동작을 확인하고자 하였다. Main Load는 표 1에 나온 점검 항목을 확인하기 위해 일정시간에 변화량을 설정하였으며 Sub Load는 일정량으로 고정하였다. 표 3과 4는 PMSG의 풍속데이터와 PV Array 일사량 데이터 테이블이다. 이 데이터들은 실제와 유사한 시뮬레이션을 위해 모델링된 분산전원 모형에 입력되어 시간대 별로 분산전원의 출력을 변동시킨다.

4.2 시뮬레이션 결과 분석

그림 9(a)는 각 분산전원의 전력변동을 그래프로 나타낸 것으로 위에서 부터 PMSG, 연료전지, PV ARRAY의 출력을 나타낸다. PMSG와 PV ARRAY의 출력은 입력되는 풍속과 일사량에 변동하며, 연결된 컨버터에서 최대출력제어를 하고 있음을 확인 할 수 있고 연료전지는 기저부하의 형태로서 정적인 1kW를 상시 출력한다.

그림 9(b)의 첫 번째 그래프는 분산전원의 출력 합인 P_{DG}고 두 번째 그래프는 부하의 소모전력을 나타낸다. 세 번째 그래프는 계통의 전력을 나타내며 네 번째 그래프는 에너지저장

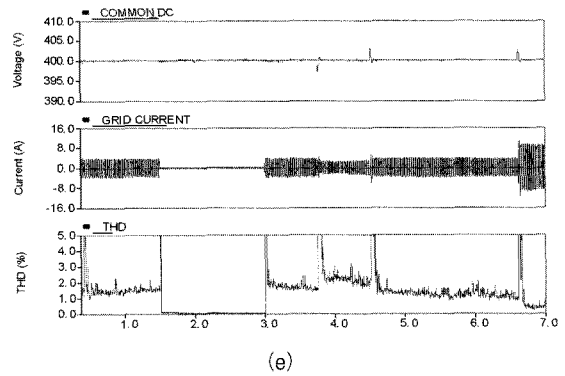
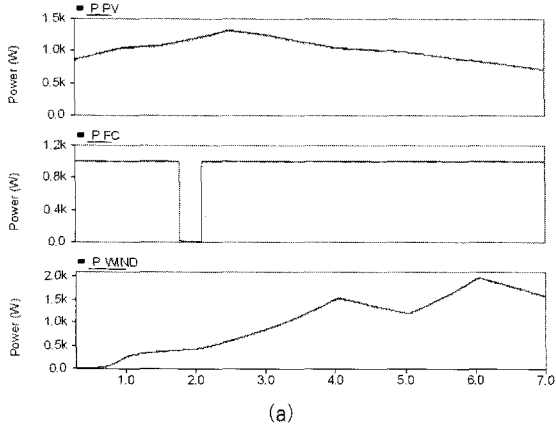
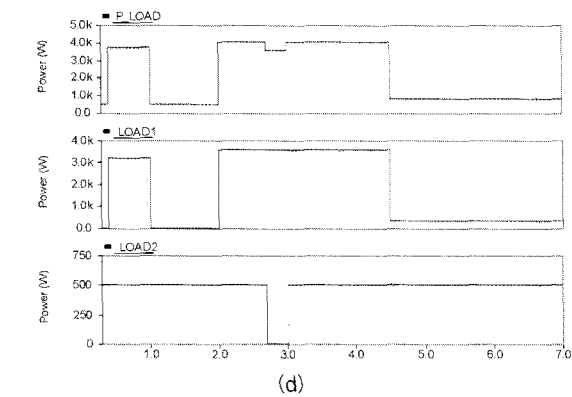
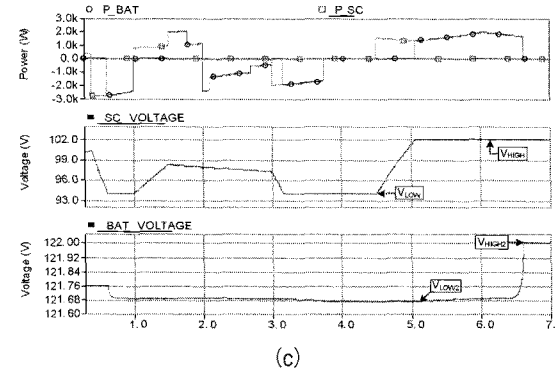
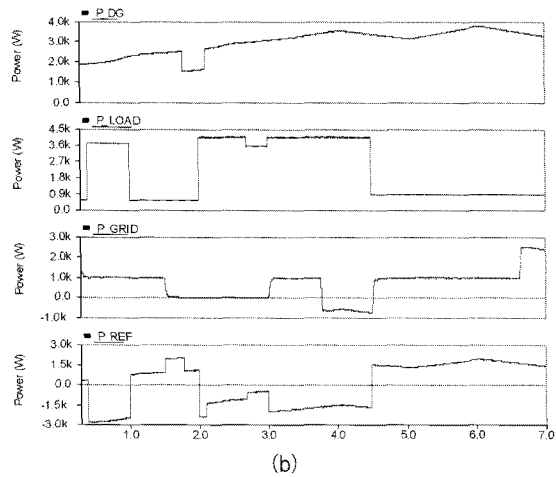


그림 9 시뮬레이션 결과



에서 관리해 주어야 하는 전력의 파형이다. 이들 그래프에서 마이크로그리드는 계통연계나 단독운전 어느 상황에서도 부하가 원하는 만큼의 고품질의 전력을 지속적으로 공급함을 확인 할 수 있다. 또한 단독운전이 발생하거나 재연계에 빠른 속도로 안정된 전력을 공급함을 확인 할 수 있다.

그림 9(c)는 에너지저장의 동작 특성을 확인한 결과이다. 첫 번째 그래프는 배터리와 슈퍼커패시터의 전력을 동일 축에 나타낸 것이며 두 번째 그래프는 슈퍼커패시터의 전압, 그리고 세 번째 그래프는 배터리의 전압을 나타낸 것이다. 0.4초에 부하의 변동이 급격히 일어나면서, 충전에서 방전으로 동작이 변경되며 슈퍼커패시터 운용 최저전압에 도달하면 배터리 컨버터가 방전동작을 이행하는 것을 확인할 수 있다. 1.0초에 부하가 급격히 줄어들며 슈퍼커패시터 컨버터가 동작하고 1.5초에 단독운전이 발생하면서, 배터리 컨버터가 전력관리를 담당하는 것을 확인할 수 있다. 단독운전 동안에 배터리의 전압 상한치에 도달하면 연료전지의 출력을 0으로 제어하고 있으며, 전압 하한치에 도달하면 Sub Load를 차단하는 것을 확인할 수 있다. 이어서 3.0초에 계통에 재연계하며, 배터리의 전압이 상·하한치에 도달하면 계통으로 전력을 공급하거나 공급받고 있다. 단독운전시에는 배터리에서 전력관리를 수행하므로 슈퍼커패시터에서는 부족한 만큼만의 전력을 제어하므로 전력출입이 적음을 확인할 수 있다.

그림 9(d)의 부하전력의 그래프로서 첫 번째 그래프는 총 부하의 합이며 두 번째 그래프는 Main Load, 세 번째 그래프는 Sub Load이다. 약 2.7초에 배터리의 전압이 하한치에 도달하면 Sub Load를 차단하였다가 계통과 연계되는 시점에 다시 연계되는 것을 확인할 수 있다.

그림 9(e)는 계통의 전류와 고조파함유율, 공통 DC단의 전압을 나타낸 것이다. 전체 시뮬레이션 동안 그리드의 전압은 약 1%의 파도 내에서 일정하게 제어되고 있음을 검증 하였다. 세 번째 그래프는 계통전류의 전 고조파 왜형률로서, 연

계기준치 5%보다 낮은 고조파를 함유하고 있음을 확인 할 수 있다.

4. 결론

본 글에서는 DC 마이크로그리드를 구성하는 각 신·재생 분산전원과 에너지저장에 대한 동작특성을 분석하고 PSCAD/EMTDC 소프트웨어를 이용하여 상세모델을 구현하였다. 구현한 분산전원 모델을 이용하여 간단한 DC 마이크로그리드를 구성하고 에너지관리기법에 타당한 시나리오를 정하여 계통연계와 단독운전 시의 동작을 검증하였다.

다양한 시뮬레이션을 통해 제안하는 에너지관리방식에 의해 DC 마이크로그리드는 계통연계와 단독운전 시 모두 부하에 안정적인 전력공급과 각 분산전원의 효율적인 운전이 가능함을 확인하였다.

본 글에서 소개한 시뮬레이션 모델은 최근 관심이 증가하고 있는 DC 급전시스템과 스마트그리드에 대한 기초연구로 향후 하드웨어 축소모형이나 실제규모시스템을 개발하는데 널리 활용될 것으로 보인다.

참고 문헌

[1] R. Lasseter and P. Paigi, "Micro-grid : A conceptual solution," IEEE PESC 2004, Aachen, germany, June 20-25, 2004.
 [2] S. Papathanassiou, D. Georgakis, N. hatziaqyriou, A. Engler, C. Hardt, "Operation of a prototype Micro-grid system based on micro-sources equipped with fast-acting power electronics interfaces", IEEE PESC 2004, Aachen, germany, June 20-25, 2004.
 [3] H. Kakigano, Y. Miura, T. Ise, R. Uchida "DC Micro-grid for Super High Quality Distribution - System Configuration and Control of Distributed Generation and Energy Storage Devices-", IEEE

PESC'06, June 18-22, 2006.

[4] H. Kakigano, Y. Miura, T. Ise, R. Uchida "DC Voltage Control of the DC Micro-grid for Super High Quality Distribution", PCC(Power Conversion Conference) 2007, Nagoya, Japan, April 2-5, 2007.
 [5] P. Biczal, "Power Electronic Converters in DC Microgrid", IEEE CPE'07 (Compatibility in Power Electronics 2007), Gdynia, Poland, May 29-June 01, 2007.
 [6] F. Katiraei, R. Iravani, P. Lehn, "Micro-grid autonomous operation during and subsequent to islanding process" IEEE Trans. on Power Delivery, Vol. 20, No. 1, Jan 2005.
 [7] Y. Ito, Y. Zhongqing, H. Akagi, "DC microgrid based distribution power generation system", IEEE IPEMC 2004(Power Electronics and Motion Control Conference 2004), Vol. 3, August 14-16, 2004

〈 필 자 소 개 〉



한병문(韓炳文)

1976년 서울대 전기공학과 졸업. 1988년 미 아리조나 주립대 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박). 미 Westinghouse 중앙연구소 선임연구원. 현재 명지대 전기공학과 교수.



이지현(李知憲)

1983년 12월 19일생. 2008년 명지대 전기공학과 졸업. 2008년~현재 동 대학원 전기공학과 석·박사 통합과정.