



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년06월20일
(11) 등록번호 10-1277303
(24) 등록일자 2013년06월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 3/46 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2012-0024462

(22) 출원일자 2012년03월09일

심사청구일자 2012년03월09일

(56) 선행기술조사문헌

KR101097459 B1*

KR101112609 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

최진영

경기도 부천시 소사구 송내동 450-1 현대아파트 105동 1112동

원동준

서울특별시 서초구 반포4동 미도아파트 302동 1102호

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

전체 청구항 수 : 총 6 항

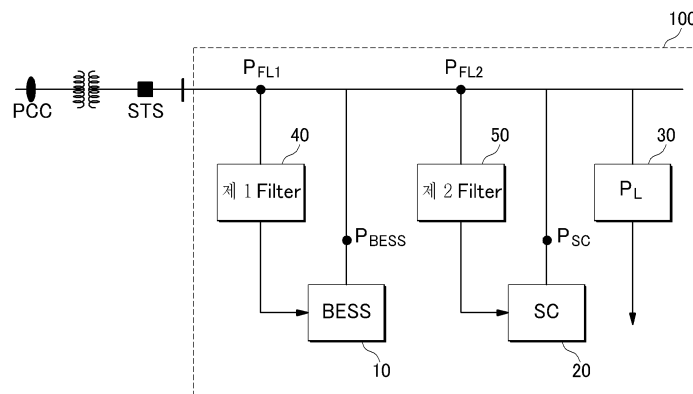
심사관 : 추형석

(54) 발명의 명칭 마이크로그리드 시스템

(57) 요약

본 발명은 마이크로그리드 시스템에 관한 것으로서, 마이크로그리드 시스템은 계통과의 연계점에 연결되는 제1 에너지저장장치 및 상기 제1 에너지저장장치와 부하 사이에 연결되는 제2 에너지저장장치를 포함하되, 상기 제1 에너지저장장치 및 상기 제2 에너지저장장치는 조류의 주파수 및 전압의 변동에 대응하여 전력을 출력하는 출력 제어 모드로 운영되는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

마이크로그리드 시스템에 있어서,

계통과의 연계점에 연결되는 제1 에너지저장장치 및 상기 제1 에너지저장장치와 부하 사이에 연결되는 제2 에너지저장장치를 포함하되,

상기 제1 에너지저장장치 및 상기 제2 에너지저장장치는 조류의 주파수 및 전압의 변동에 대응하여 전력을 출력하는 출력 제어 모드로 운영되고,

상기 계통과 연계 운전에서 독립 운전으로 변환되는 구간에서, 상기 제 1 에너지저장장치는 상기 주파수 및 전압이 변동하는 경우 변동된 주파수 및 전압을 상용주파수 및 상용 전압으로 회복시키는 주파수/전압 회복 제어를 수행하고, 상기 제1 에너지저장장치에 의해 상기 주파수 및 전압이 상기 상용주파수 및 상용전압으로 회복되면 상기 제2 에너지저장장치의 출력은 기설정된 값으로 감소되며,

상기 제1 에너지저장장치는 BESS(Battery Energy Storage System)이고, 상기 제2 에너지저장장치는 슈퍼 커패시터이되, 상기 제2 에너지저장장치는 상기 제1 에너지저장장치보다 동특성이 빠른 것인 마이크로그리드 시스템.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 에너지저장장치에 의해 상기 주파수 및 전압이 상기 상용주파수 및 상용전압이 되면, 상기 제2 에너지저장장치의 출력은 0이 되는 마이크로그리드 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 에너지저장장치의 앞 단 선로에 연결되어 상기 앞 단 선로의 조류 변화량을 필터링한 제1 조류 필터링값을 상기 제1 에너지저장장치로 출력하는 제1 필터를 더 포함하는 마이크로그리드 시스템.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 제1 에너지저장장치는 상기 제1 필터로부터 입력되는 상기 조류 필터링값에 대응되는 전력을 출력하는 마이크로그리드 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제2 에너지저장장치의 앞 단 선로에 연결되어 상기 앞 단 선로의 조류 변화량을 필터링한 제2 조류 필터링값을 상기 제2 에너지저장장치로 출력하는 제2 필터를 더 포함하는 마이크로그리드 시스템.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제2 에너지저장장치는 상기 제2 필터로부터 입력되는 제2 조류 필터링값에 대응되는 전력을 출력하는 마이크로그리드 시스템.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 마이크로그리드 시스템에 관한 것으로서, 계통과의 연결 유무에 따라 2개의 에너지저장장치의 협조 제어를 조절함으로써, 계통의 부담을 줄이면서 시스템의 신뢰도 및 안정성을 높일 수 있는 마이크로그리드 시스템에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 마이크로그리드(Microgrid)는 지·단락 사고, 대규모 발전기 탈락 등의 심각한 사고 발생 시나 계획적으로 주 계통으로부터 분리하여 마이크로그리드(Microgrid) 내부 분산전원만으로 부하에 지속적인 전력 공급을 유지할 수 있는 소규모 전력 시스템이다. 마이크로그리드는 분산전원, 에너지저장장치, 부하로 구성되어 있으며, 마이크로그리드 내부의 신재생에너지원은 출력 변동이 심하기 때문에 마이크로그리드의 운영에 있어서 안정적인 전력 공급 전략이 필요하다.

[0003] 분산전원의 제어 방법으로는 기존 화력 발전의 제어와 같은 원리로 주파수/전압 제어 모드(F/V control mode), 일정 출력 모드(Constant power mode), 드롭 제어 모드(Droop control mode)가 있다.

[0004] 주파수/전압 제어 모드는 설정된 주파수 및 전압을 일정하게 유지하며 출력을 제어하는 방법으로서, 계통 내 한 대의 분산전원이 운영될 경우 적합하며, 마이크로그리드 내부 부하의 총수요를 만족할 수 있는 능력을 보유하고 있어야 한다. 일정 출력 모드는 계통의 주파수 및 전압에 상관없이 마이크로그리드 에너지 관리 시스템(μ -EMS)에서 지령한 값으로 일정하게 출력을 제어하는 방법으로서, 마이크로그리드에서는 열병합 발전의 목적으로 쓰이는 마이크로가스터빈이나 연료전지가 주로 채택하는 제어 방법이다. 드롭 제어 모드는 주파수 변동 및 전압 변동에 대하여 유효전력 및 무효전력 값의 기울기를 주는 방식으로 기존 화력 발전의 조속기와 같은 원리로 제어하는 방법이다.

[0005] 드롭 제어 모드는 두 대 이상의 제어 가능한 전원이 연계되어 있을 경우, 부하 변동에 대하여 드롭 기울기에 따라서 자동적으로 각 전원들의 부하 분담률을 정해줄 수 있어 ‘헌팅 현상(Hunting effect)’을 방지하고 안정적인 분산전원 운영이 가능하다.

[0006] 드롭 제어 모드는 제어 위치에 따라 조류 제어 모드(Feeder Flow Control mode)와 출력 제어 모드(Unit Power Control mode)로 나눌 수 있다. 조류 제어 모드는 주파수 변동 및 전압 변동에 대하여 분산전원 앞 단 선로의 조류를 제어하는 방법이며, 출력 제어 모드는 주파수 변동 및 전압 변동에 대하여 분산전원의 출력을 제어하는 방법이다.

[0007] 마이크로그리드 내부의 신재생에너지원과 능동적 부하는 변동이 심하고 예측 오차가 큰 특징을 가지고 있다. 또한, 계통과의 연계운영과 독립운전으로 변환 시 안정적인 운영 방안이 필요하다. 이러한 마이크로그리드의 특성을 고려하여 출원번호 제2007-0094311호(명칭: 다수의 분산전원 및 에너지 저장장치를 포함하는 마이크로그리드의 제어 방법)에 기재된 바와 같이, 주 계통과 마이크로그리드의 연계점에 다른 분산전원보다 출력 동특성이 빠르고 충전 및 방전이 가능한 에너지저장장치가 설치되었으며, 에너지저장장치는 드롭 제어를 통한 주파수 조정 및 전압 조정에 참여한다.

[0008] 연계점에서의 조류 제어 모드는 독립운전으로 변경 시 드롭 계수에 의해 주파수가 변동하고, 별도의 주파수 회복 기능이 없으면 부하의 변동과 상관없이 변동된 주파수로 일정하게 유지할 수 있다. 이는 신재생에너지의 잦은 부하의 변동에 대해 주파수 변동을 최소화 하여 전력 품질을 향상할 수 있다. 하지만 계통연계 시 부하의 변동이 에너지저장장치의 최대 출력을 초과할 경우, 수급 균형을 담당하는 제어원의 부재에 대한 문제점이 있다. 또한, 연계점에서의 출력 제어 모드는 계통연계 시 에너지저장장치의 활용도가 적어지는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 계통과의 연결 유무에 따라 2개의 에너지저장장치간의 협조 제어를 조절함으로써, 계통의 부담을 줄이면서 시스템의 신뢰도를 향상시킬 수 있는 마이크로그리드 시스템을 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기와 같은 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본원의 일 측면에 따른 마이크로그리드 시스템은, 계통과의 연계점에 연결되는 제1 에너지저장장치 및 상기 제1 에너지저장장치와 부하 사이에 연결되는 제2 에너지저장장치를 포함하되, 상기 제1 에너지저장장치 및 상기 제2 에너지저장장치는 조류의 주파수 및 전압의 변동에 대응하여 전력을 출력하는 출력 제어 모드로 운영될 수 있다.
- [0011] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 계통과 연계 운전에서 독립 운전으로 변환되는 구간에서, 상기 제1 에너지저장장치는 상기 주파수 및 전압이 변동하는 경우 변동된 주파수 및 전압을 상용주파수 및 상용전압으로 회복시키는 주파수/전압 회복 제어를 수행할 수 있다.
- [0012] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제1 에너지저장장치에 의해 상기 주파수 및 전압이 상기 상용주파수 및 상용전압이 되면, 상기 제2 에너지저장장치의 출력은 0이 될 수 있다.
- [0013] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제1 에너지저장장치의 앞 단 선로에 연결되어 상기 앞 단 선로의 조류 변화량을 필터링한 제1 조류 필터링값을 상기 제1 에너지저장장치로 출력하는 제1 필터를 더 포함할 수 있다.
- [0014] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제1 에너지저장장치는 상기 제1 필터로부터 입력되는 상기 조류 필터링값에 대응되는 전력을 출력할 수 있다.
- [0015] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제2 에너지저장장치의 앞 단 선로에 연결되어 상기 앞 단 선로의 조류 변화량을 필터링한 제2 조류 필터링값을 상기 제2 에너지저장장치로 출력하는 제2 필터를 더 포함할 수 있다.
- [0016] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제2 에너지저장장치는 상기 제2 필터로부터 입력되는 제2 조류 필터링값에 대응되는 전력을 출력할 수 있다.
- [0017] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제2 에너지저장장치는 상기 제1 에너지저장장치보다 동특성이 빠른 것을 특징으로 한다.
- [0018] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제1 에너지저장장치는 BESS(Battery Energy Storage System)이고, 상기 제2 에너지저장장치는 슈퍼 커패시터일 수 있다.

발명의 효과

- [0019] 전술한 본원의 과제 해결 수단에 의하면, 본원의 실시예에서는 조류의 변화량을 반영하여 제1 및 제2 에너지저장장치를 협조 제어함으로써, 신재생에너지의 잦은 출력 변동에 따른 계통의 부담을 줄일 수 있고, 에너지 관리 시스템(μ -EMS)의 통신 딜레이 동안 마이크로그리드 시스템을 안정되게 운영할 수 있다.
- [0020] 또한, 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2) 및 독립 운전 구간(scenario3)에서 제1 에너지저장장치가 주파수/전압 회복 제어를 수행함으로써, 제2 에너지저장장치의 가용시간 내에 주파수 및 전압이 상용주파수 및 상용전압으로 빠르게 회복될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0021] 도 1은 본원의 실시예에 따른 마이크로그리드 시스템의 구성도이다.
- 도 2는 출력 제어 모드로 운영되는 에너지저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이다.
- 도 3은 출력 제어 모드로 운영되면서 주파수/전압 회복 제어를 수행하는 에너지저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이다.
- 도 4는 앞 단 선로에 연결되는 필터로부터 입력되는 조류 변화량을 참조하여 출력 제어 모드로 운영되는 에너지

저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이다.

도 5는 도 4의 에너지저장장치의 국부제어기의 예시도이다.

도 6은 계통 연계 구간(scenario1)에서 제1 및 제2 에너지저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이다.

도 7은 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)에서 제1 및 제2 에너지저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이다.

도 8은 독립 운전 구간(scenario3)에서 제1 및 제2 에너지저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이다.

도 9는 도 1에서 제1 및 제2 필터가 없으면서 제1 에너지저장장치가 주파수/전압 회복 제어를 수행하지 않는 경우 마이크로그리드 시스템의 제어방법을 시뮬레이션한 결과이다.

도 10은 제1 에너지저장장치가 주파수/전압 회복 제어를 수행하는 경우 도 1의 마이크로그리드 시스템의 제어방법을 시뮬레이션한 결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

[0023] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.

[0024] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0025] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.

[0026] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.

[0027] 본원의 실시예에서는 마이크로그리드가 계통과 연결되어 운영되는 시기를 "계통 연계 구간(scenario1)"이라 하고, 마이크로그리드가 계통과의 연결에서 독립 운전으로 변환되는 시기를 "계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)"이라 하고, 마이크로그리드가 독립 운전하는 시기를 "독립 운전 구간(scenario3)"이라 한다. 보다 구체적으로, 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)은 독립 운전 구간(scenario3)에 해당되나, 본원의 마이크로그리드 시스템은 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)에 발명의 특징이 있으므로, 이를 보다 명확하게 설명하기 위해서 본원의 실시예에서는 독립 운전 구간을 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2) 및 독립 운전 구간(scenario3)으로 구분하여 설명한다.

[0028] 도 1은 본원의 실시예에 따른 마이크로그리드 시스템의 구성도이다.

[0029] 도 1에 도시된 바와 같이, 마이크로그리드 시스템(100)은 계통과 연계점(PCC, Point of Common Coupling)을 통해 연계되며, 마이크로그리드 시스템(100)은 계통과의 연계점(PCC)과 부하(PL)(30) 사이에 연결되는 적어도 2개의 에너지저장장치(10, 20)와, 제1 에너지저장장치(10)의 앞 단 선로에 연결되어 조류(PFL1)의 변화량을 필터링하는 제1 필터(40)와, 제2 에너지저장장치(20)의 앞 단 선로에 연결되어 조류(PFL2)의 변화량을 필터링하여 제2 에너지저장장치(20)로 출력하는 제2 필터(50)를 포함한다.

[0030] 계통과 마이크로그리드 사이의 연계점(PCC)에는 계통이나 마이크로그리드에서 사고가 발생할 경우 둘 사이를 차단할 수 있는 스위치(STS, Static Transfer Switch)가 존재한다.

- [0031] 에너지저장장치는 한정된 에너지 밀도를 가지고 있고, 빠른 출력 동특성과 SOC(State of Charge)에 따른 출력 특성, 자기 방전 특성을 가지고 있다. 일반적으로 안정적인 운영을 위해서 SOC의 범위가 100~20%를 만족하도록 에너지저장장치를 운영하고 있다. 본원의 실시예에서 제2 에너지저장장치(20)는 제1 에너지저장장치(10)보다 동 특성이 빠른 특징이 있으며, 제1 에너지저장장치(10)는 BESS(Battery Energy Storage System)일 수 있고, 제2 에너지저장장치(20)는 슈퍼 커패시터(SC, Super Capacitor)일 수 있다.
- [0032] 이러한 2개의 에너지저장장치(10, 20)는 시스템의 신뢰도 및 안정성을 향상시키기 위해서 상호 협조 제어한다.
- [0033] 우선, 제1 에너지저장장치(10) 및 제2 에너지저장장치(20)는 전 구간(scenario1~scenario3)에 걸쳐 조류의 주파수 및 전압의 변동에 대응하여 출력을 제어하는 출력 제어 모드(Unit Power Control mode)로 운영되되, 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2) 및 독립 운전 구간(scenario3)에서 제1 에너지저장장치(10)는 제2 에너지저장장치(20)의 가용 시간 내에 조류의 주파수 및 전압을 상용주파수 및 상용전압으로 회복시키는 주파수/전압 회복 제어를 수행한다.
- [0034] 다만, 제1 에너지저장장치(10)는 제1 필터(40)를 통해 조류 변화량이 입력되는 경우에는 조류 변화량에 기초하여 전력을 출력하는 출력 제어 모드로 운영되고, 제2 에너지저장장치(20)는 제2 필터(50)를 통해 조류 변화량이 입력되는 경우에는 조류 변화량에 기초하여 전력을 출력하는 출력 제어 모드로 운영된다.
- [0035] 본원의 실시예에 따른 제1 에너지저장장치 및 제2 에너지저장장치의 협조 제어를 설명하기에 앞서, 도 2내지 도 5을 참조하여 에너지저장장치의 운영 모드에 대해 기본 개념을 설명한다.
- [0036] 도 2는 출력 제어 모드로 운영되는 에너지저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이고, 드롭 계수는 수학적 1과 같다.

수학적 1

$$f_0 - f = -R_f(P_0 - P), \quad R_f = -\frac{f_{\max} - f_{\min}}{2P_{\max}}$$

$$V_0 - V = -R_v(Q_0 - Q), \quad R_v = -\frac{V_{\max} - V_{\min}}{2Q_{\max}}$$

- [0037]
- [0038] 여기서, f_0 는 주파수의 기준값이고, f 는 주파수의 측정값이고, V_0 는 전압의 기준값이고, V 는 전압의 측정값이고, P_0 는 유효전력의 기준값이고, P 는 유효전력의 측정값이고, Q_0 는 무효전력의 기준값이고, Q 는 무효전력의 측정값이고, R_f 는 주파수의 드롭 계수이고, R_v 는 전압의 드롭 계수이고, $P_{\max}$ 는 유효전력의 최대값이고, $Q_{\max}$ 는 무효전력의 최대값이고, $f_{\max}$ 는 주파수의 최대값이고, $f_{\min}$ 는 주파수의 최소값이고, $V_{\max}$ 는 전압의 최대값이고, $V_{\min}$ 는 전압의 최소값이다.
- [0039] 도 2에 도시된 바와 같이, 계통 연계 구간(scenario1)에서 주파수는 고정되어 있으므로 에너지저장장치의 출력(P_{ESSO})은 OKW로 고정되며, 마이크로그리드 에너지 관리 시스템(μ -EMS, 도시하지 않음)의 지령에 따라 에너지저장장치의 출력(P_{ESSO})을 변경할 수 있다.
- [0040] 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2) 및 독립 운전 구간(scenario3)에서 주파수가 A점에서 B점으로 변동하게 되면, 에너지저장장치의 출력(P_{ESSO})은 A점에서 B점으로 변동하게 된다.
- [0041] 도 3은 출력 제어 모드로 운영되면서 주파수/전압 회복 제어를 수행하는 에너지저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이다.
- [0042] 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2) 및 독립 운전 구간(scenario3)에서는 마이크로그리드의 주파수를 상용주파수로 회복시키기 위해서 주파수/전압 회복 제어 기능을 수행해야 한다.
- [0043] 도 3의 출력 제어 모드에서는 부하의 변동시 주파수가 f_0 에서 f' 로 이동하면 에너지저장장치의 출력(P_{ESSO})이 A

점에서 B점으로 이동한다. 그러면, 주파수 회복 제어를 통해 드롭 곡선이 C로 옮겨지면서 에너지저장장치의 출력(P_{ESS0})은 B점에서 C점으로 이동하고, 주파수가 다시 f_0 로 회복하면서 출력 참조값은 P_{ESS0} 에서 P'_{ESS0} 로 변동한다.

[0044] 도 4는 앞 단 선로에 연결되는 필터로부터 입력되는 조류 변화량을 참조하여 출력 제어 모드로 운영되는 에너지저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이고, 도 5는 도 4의 에너지저장장치의 국부제어기의 예시도이다.

[0045] 계통 연결 구간(scenario1)에서는 에너지저장장치의 효율성을 높이기 위해서 에너지 관리 시스템(μ -EMS)의 지령 및 주파수 변동과 상관없이 출력 참조값을 변경할 수 있는 제어기가 필요하다. 따라서, 에너지저장장치는 앞 단 선로의 조류 변화량을 필터링하는 필터(40, 50)로부터 조류 필터링값(ΔP_{fl})을 입력 받아, 도 4에 도시된 바와 같이 드롭 곡선을 A에서 A'로 이동시켜 출력 참조값을 P_{ESS0} 에서 P'_{ESS0} 로 변경할 수 있다. 즉, 필터(40, 50)를 이용하는 에너지저장장치는 조류의 빠른 출력 변동을 담당함으로써, 신재생에너지의 잦은 출력 변동에 따른 계통의 부담을 줄일 수 있다.

[0046] 이러한 에너지저장장치의 국부제어기는 도 5와 같이 앞 단 선로의 조류(PFL)의 필터링값에 대한 제어를 추가한 제어기일 수 있다. 도 5의 국부발전기를 이용한 에너지저장장치는 에너지 관리 시스템(μ -EMS)이 아닌 필터(40, 50)를 이용하여 출력 변동을 제어함으로써, 에너지 관리 시스템(μ -EMS)의 통신 딜레이 동안 마이크로그리드 시스템의 안정된 운영이 가능하다.

[0047] 상기한 에너지저장장치의 운영 모드에 대한 기본 개념을 토대로 도 6 내지 도 8을 참조하여 본원의 실시예에 따른 마이크로그리드 시스템의 제어방법을 설명한다.

[0048] 도 6내지 도 8은 각각 계통 연계 구간(scenario1), 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2), 독립운전 구간(scenario3)에서 제1 및 제2 에너지저장장치의 드롭 특성 곡선을 나타내는 도면이다.

[0049] 본원의 실시예에서 기본적으로 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)는 출력 제어 모드로 운영되며, 제1 및 제2 필터(10, 20)를 통해 입력되는 조류 필터링값에 따라 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)의 출력은 변경될 수 있다.

[0050] 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)에서, 제1 에너지저장장치(10)는 조류의 주파수 및 전압을 상용주파수 및 상용전압으로 회복시키는 주파수/전압 회복 제어를 수행한다.

[0051] 도 6에 도시된 바와 같이, 계통 연계 구간(scenario1)에서는 주파수 변동이 없기 때문에 부하(30)의 변동에 대하여 계통이 담당한다. 제1 에너지저장장치(10)의 앞 단 조류의 드롭 특성 곡선은 부하의 변동값(ΔP_L)에 따라 좌우로 이동하고, 이러한 부하의 변동값은 계통이 담당한다. 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)의 드롭 특성 곡선에는 변화가 없으므로, 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)는 설정된 초기값을 출력한다.

[0052] 도 7에 도시된 바와 같이, 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)에서는 제1 에너지저장장치(10)의 앞 단의 조류가 사라짐에 따라 주파수가 f_0 에서 f' 로 변동한다. 이때 주파수 변동값은 Δf 와 같이 표현될 수 있다.

[0053] 주파수 변동값에 따라 제1 에너지저장장치(10)의 출력은 P_{BESS0} (A점)에서 P_{BESS1} (B점)로 변동하고, 제2 에너지저장장치(20)의 출력은 P_{SC0} (C점)에서 P_{SC1} (D점)으로 변동하여 평형점을 이룬다. 여기서, 제1 에너지저장장치(10)의 변동된 출력 P_{BESS1} 은 $P_{FL0} \cdot R_{f_SC} / (R_{f_BESS} + R_{f_SC})$ 로 표현될 수 있으며, 제2 에너지저장장치(20)의 변동된 출력 P_{SC1} 은 $P_{FL0} \cdot R_{f_BESS} / (R_{f_BESS} + R_{f_SC})$ 로 표현될 수 있다.

[0054] 또한, 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)에서 제1 에너지저장장치(10)는 주파수 및 전압을 상용주파수 및 상용전압으로 회복시키는 주파수/전압 회복 제어를 수행한다. 제1 에너지저장장치(10)가 주파수/전압 회복 제어를 수행하여 주파수가 상용주파수로 회복되면, 주파수 변동값이 0이 되어 제2 에너지저장장치(20)의 출력 전력은 0kW가 될 수 있다. 이때, 제2 에너지저장장치(20)의 출력 전력은 0외에 에너지 관리 시스템(μ -EMS)에서 지령하는 값일 수도 있다.

[0055] 이로 인해, 본원의 실시예에서는 제2 에너지저장장치(20)의 가용시간 내에 주파수 및 전압을 상용주파수 및 상용전압으로 회복시킬 수 있다.

[0056] 도 8에 도시된 바와 같이, 독립 운전 구간(scenario3)에서는 제1 에너지저장장치(10)는 부하(30)의 변동에 따라

출력전력을 변동시키는 출력 제어 모드로 운영된다.

[0057] 상기한 도 6 및 도 8의 전 구간에 걸쳐, 제1 필터(40)는 제1 에너지저장장치(10)의 앞 단 선로의 조류 변화량을 필터링한 제1 조류 필터링값을 제1 에너지저장장치(10)로 입력하고, 제1 에너지저장장치(10)는 제1 조류 필터링값에 대응되는 전력을 빠르게 충전 또는 방전한다. 제2 필터(50)는 제2 에너지저장장치(20)의 앞 단 선로의 조류 변화량을 필터링한 제2 조류 필터링값을 제2 에너지저장장치(20)로 입력하고, 제2 에너지저장장치(20)는 제2 조류 필터링값에 대응되는 전력을 빠르게 충전 또는 방전한다.

[0058] 이로 인해, 본원의 실시예에서는 계통 연계 구간(scenario1)에서 신재생에너지의 잦은 출력 변동에 따른 계통의 부담을 줄일 수 있고, 에너지 관리 시스템(μ -EMS)의 통신 딜레이 동안 마이크로그리드 시스템을 안정되게 운영할 수 있다.

[0059] 상기에서는 도 6 내지 도 8을 참조하여 설명한 본원의 실시예에 따른 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)의 협조 제어 운영 방법을 설명하였으며, 상기한 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)의 협조 제어 시 주파수 변동값, 부하 변동값, 조류 변화량을 수식화하면 하기 표 1과 같이 정리할 수 있다.

표 1

	ΔP_{DG}		조류 변화량 (ΔP_{FL})	부하 변동값 (ΔP_L)	주파수 변동값 (Δf)
	제1 에너지저장장치 (BESS)	제2 에너지저장장치 (SC)			
	출력 제어 모드 (UPC)	출력 제어 모드 (UPC)			
Scenario 1	0	0	ΔP_L	ΔP_L	0
Scenario 2	$P_{FLO} * \frac{R_{f,SC}}{R_{f,BESS} + R_{f,SC}}$	$P_{FLO} * \frac{R_{f,BESS}}{R_{f,BESS} + R_{f,SC}}$	$-\Delta P_{FLO}$	0	Δf
Scenario 3	$\Delta P_L * \frac{R_{f,SC}}{R_{f,BESS} + R_{f,SC}}$	$\Delta P_L * \frac{R_{f,BESS}}{R_{f,BESS} + R_{f,SC}}$	0	ΔP_L	Δf

[0061] 이와 같이, 본원의 실시예에서는 조류의 변화량을 반영하여 제1 및 제2 에너지저장장치를 협조 제어함으로써, 신재생에너지의 잦은 출력 변동에 따른 계통의 부담을 줄일 수 있고, 에너지 관리 시스템(μ -EMS)의 통신 딜레이 동안 마이크로그리드 시스템을 안정되게 운영할 수 있다.

[0062] 또한, 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)에서 제1 에너지저장장치가 주파수/전압 회복 제어를 수행함으로써, 제2 에너지저장장치의 가용시간 내에 주파수 및 전압이 상용주파수 및 상용전압으로 빠르게 회복될 수 있다.

[0063] 아래에서는 상기한 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)의 협조 제어 방법을 전력계통 해석 프로그램인 PSCAD/EMTDC 프로그램을 이용하여 시뮬레이션한 결과를 설명하도록 한다. 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)의 협조 제어 방법은 본원의 실시예에 따른 마이크로그리드 시스템의 제어방법이므로, 아래에서는 에너지저장장치 간의 협조 제어 방법에 대해 마이크로그리드 시스템의 제어방법이라 한다.

[0064] 도 9는 도 1에서 제1 및 제2 필터가 없으면서 제1 에너지저장장치(10)가 주파수/전압 회복 제어를 수행하지 않는 경우 마이크로그리드 시스템의 제어방법을 시뮬레이션한 결과이다.

[0065] 시뮬레이션 결과에 앞서, 모의 조건은 다음과 같다.

[0066] - 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)의 정격 출력(최대 출력): 50kW

[0067] - 분산전원의 정격 출력(P_{DG0}): 0kW

[0068] - 제1 에너지저장장치(10)의 드롭 계수($R_{f,BESS}$): 0.01

[0069] - 제2 에너지저장장치(20)의 드롭 계수($R_{f,SC}$): 0.015

[0070] 도 9에 도시된 바와 같이, 0~3초는 계통 연계 구간(scenario1)이고, 3~4초는 계통연계에서 독립운전으로 변환되

는 구간(scenario2)이고, 4~6초는 독립 운전 구간(scenario3)이다.

[0071] 우선, 계통 연계 구간(scenario1)에서는 주파수 변동이 없기 때문에 계통(P_Grid)이 부하의 변동을 담당한다.

[0072] 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)에서는 제1 에너지저장장치(10)의 앞 단 조류(0.6pu)가 사라지고, 드롭 계수에 의한 주파수 변동값은 $0.01 \times 0.36 = 0.015 \times 0.24 = 0.36\%$ 이므로, 주파수는 59.78Hz에서 평형점을 이룬다.

[0073] 제1 에너지저장장치(10)는 드롭 제어에 의해 $0.6 \times 0.015 / (0.01 + 0.015) = 0.36\text{pu}$ (18kW)로 출력이 변동하고, 제2 에너지저장장치(20)는 드롭 제어에 의해 $0.6 \times 0.01 / (0.01 + 0.015) = 0.24\text{pu}$ (12kW)로 출력이 변동한다.

[0074] 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)에서 제1 에너지저장장치(10)가 주파수/전압 회복 제어를 수행하지 않으므로, 독립 운전 구간(scenario3)에서 제2 에너지저장장치(20)의 출력은 감소하지 않고, 부하의 부하량에 따라 제1 에너지저장장치(10)와 협조하여 출력을 변동한다.

[0075] 도 10은 제1 에너지저장장치(10)가 주파수/전압 회복 제어를 수행하는 경우 도 1의 마이크로그리드 시스템의 제어방법을 시뮬레이션한 결과이다.

[0076] 시뮬레이션 결과에 앞서, 모의 조건은 다음과 같다.

[0077] - 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)의 정격 출력(최대 출력): 50kW

[0078] - 분산전원의 정격 출력(P_{DG}): 0kW

[0079] - 제1 에너지저장장치(10)의 드롭 계수(R_{f_BESS}): 0.01

[0080] - 제2 에너지저장장치(20)의 드롭 계수(R_{f_SC}): 0.015

[0081] - 제1 필터(40)의 게인(gain): 1

[0082] - characteristic frequency(w_c): 6Hz

[0083] - damping ratio: 3.2

[0084] - 제2 필터(50)의 게인(gain): 1

[0085] - characteristic frequency(w_c): 60Hz

[0086] - damping ratio: 3.2

[0087] 도 13에 도시된 바와 같이, 0~3초는 계통 연계 구간(scenario1)이고, 3~4초는 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)이고, 4~6초는 독립 운전 구간(scenario3)이다.

[0088] 우선, 계통 연계 구간(scenario1)에서는 주파수 변동이 없기 때문에 계통(P_Grid)이 부하의 변동(P_{Load})을 담당한다. 그리고, 제1 및 제2 에너지저장장치(10, 20)는 제1 및 제2 필터(40, 50)를 통해 입력되는 제1 및 제2 조류 필터링값에 따라 부하의 변동에 따른 조류 변화량을 담당함으로써, 계통의 변동을 저감시킨다.

[0089] 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)의 전반부에서는 제2 에너지저장장치(20)의 출력은 도 9의 출력보다 증가하면서 주파수는 도 9의 59.78Hz보다 아래로 떨어질 수 있다.

[0090] 그러나, 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)에서는 제1 에너지저장장치(10)가 주파수/전압 회복 제어를 수행함에 따라 주파수 및 전압이 상용주파수 및 상용전압으로 빠르게 회복될 수 있다.

[0091] 따라서, 계통연계에서 독립운전으로 변환되는 구간(scenario2)의 후반부에서는 제2 에너지저장장치(20)의 출력이 떨어지면서 0kW이 된다.

[0092] 독립 운전 구간(scenario3)에서 주파수 및 전압이 상용주파수 및 상용전압으로 회복됨에 따라 제1 에너지저장장치(10)가 부하(30)의 부하량을 담당한다.

[0093] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된

것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

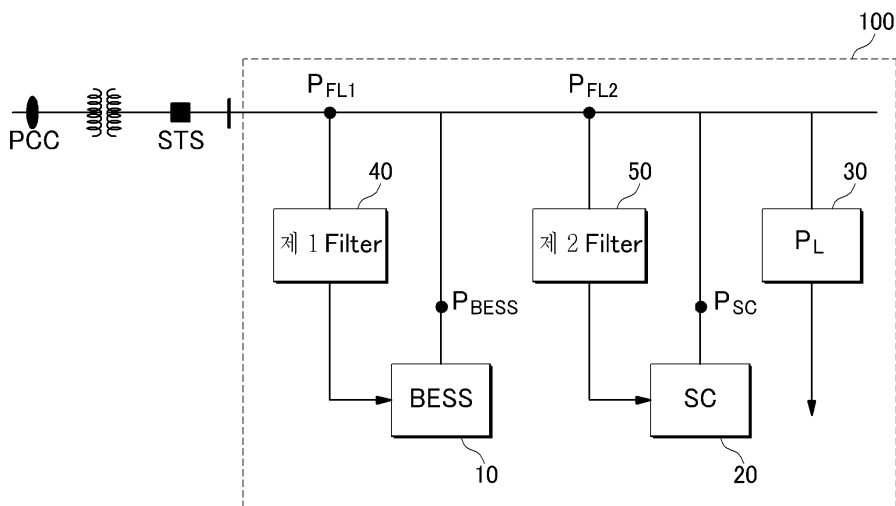
[0094] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

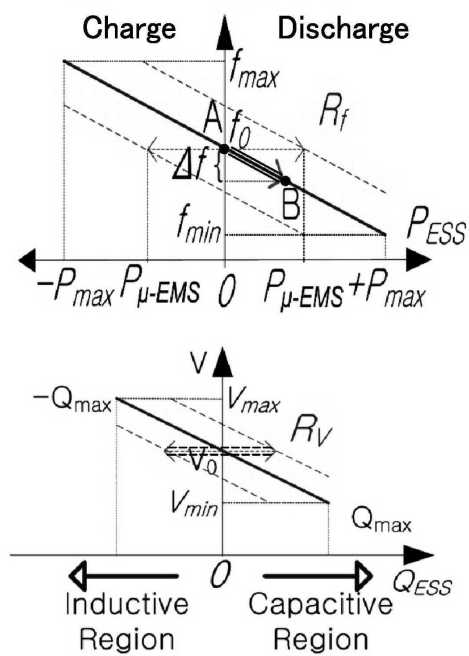
[0095] 10: 제1 에너지저장장치
20: 제2 에너지저장장치
30: 부하
40: 제1 필터
50: 제2 필터
50: 제2 필터

도면

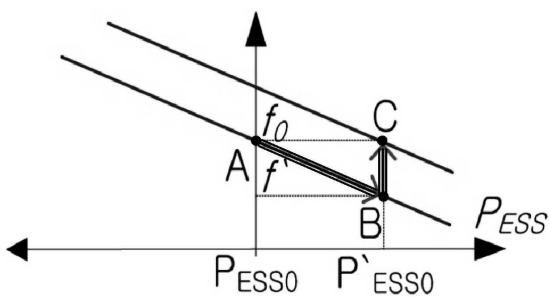
도면1



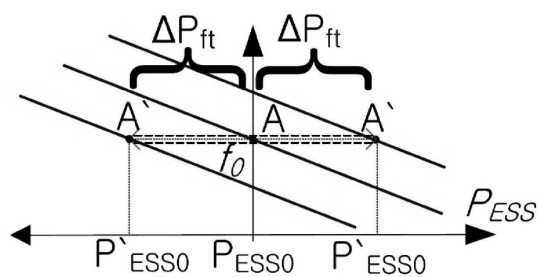
도면2



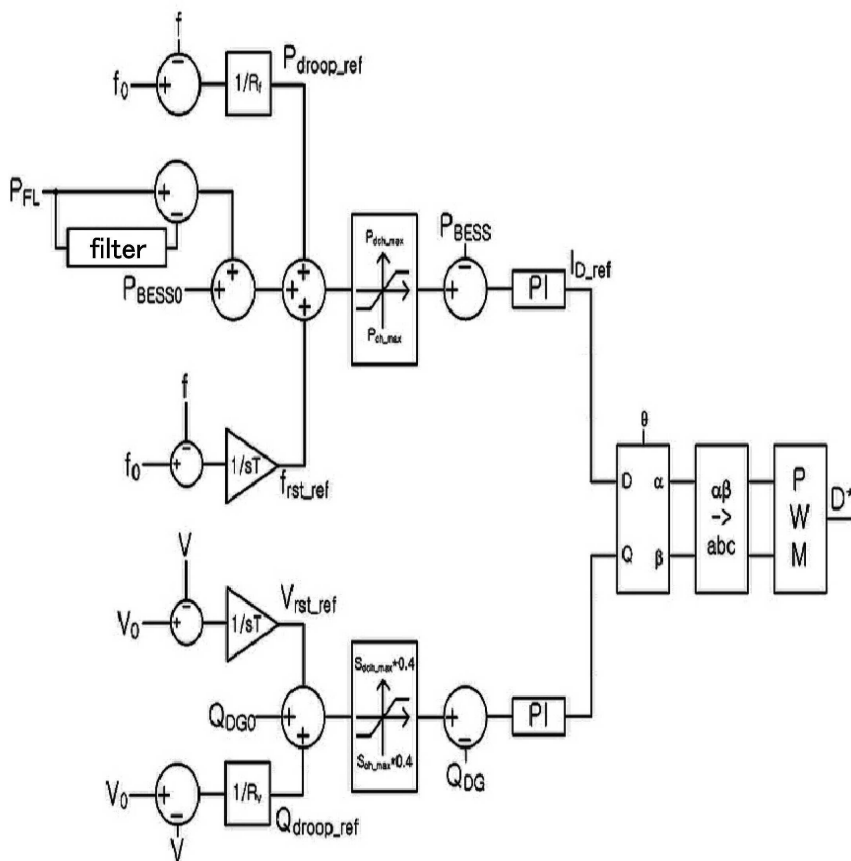
도면3



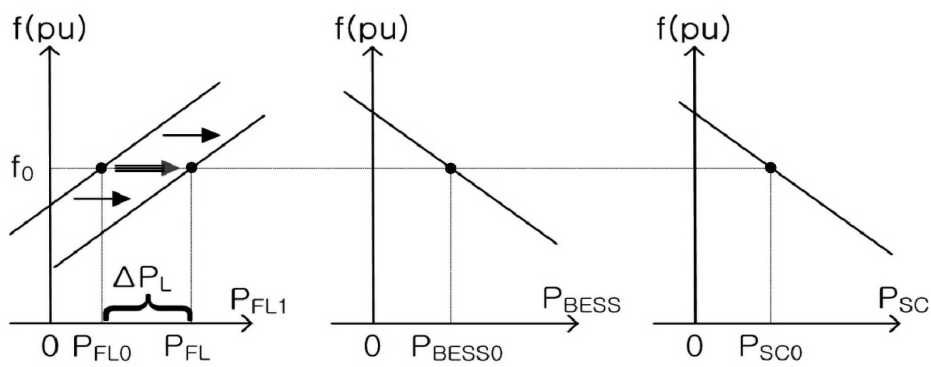
도면4



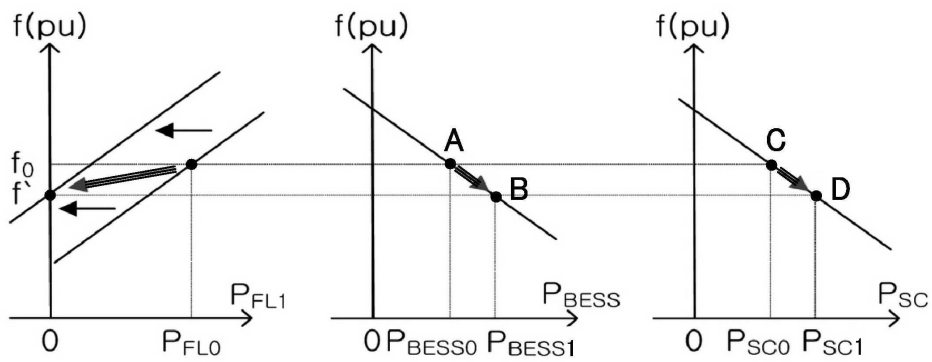
도면5



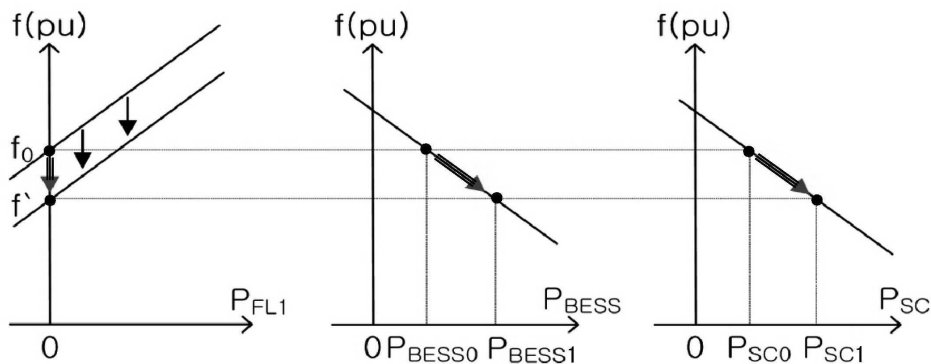
도면6



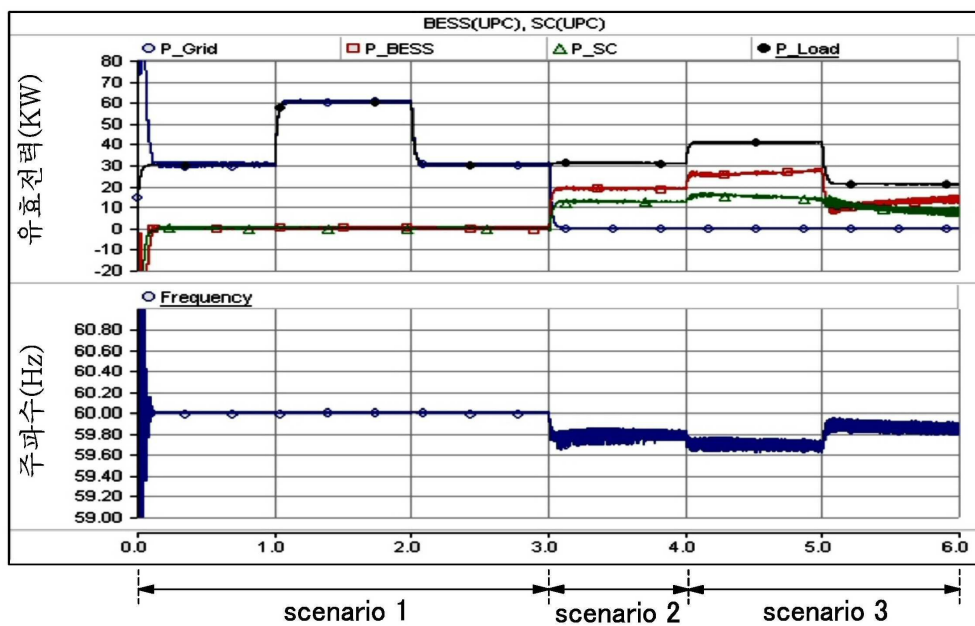
도면7



도면8



도면9



도면10

