



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0000285

(43) 공개일자 2016년01월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 3/46 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0077473

(22) 출원일자 2014년06월24일

심사청구일자 2014년06월24일

(71) 출원인

인하대학교 산학협력단

인천광역시 남구 인하로 100, 인하대학교 (용현동)

(72) 발명자

원동준

인천광역시 연수구 컨벤시아대로42번길 61, 803동 1003 (송도동, 송도더샵 그린에비뉴)

최진영

경기도 부천시 소사구 성주로 86-4, 105동 1112호 (송내동, 현대아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

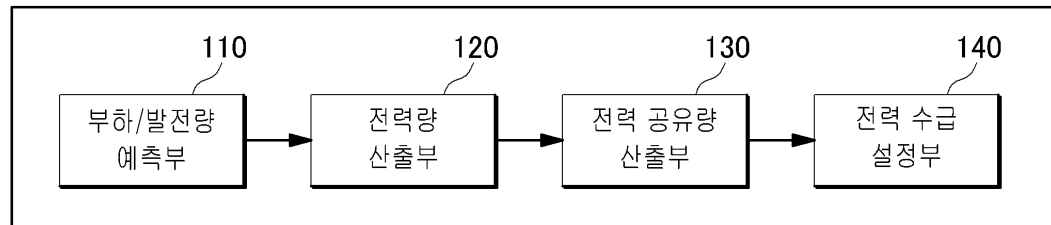
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 마이크로그리드의 실시간 전력 수급, 전력 수급 예측 및 전력 공유 제어 장치

(57) 요약

본 발명에 따른 마이크로그리드의 전력 수급 예측 장치는 마이크로그리드의 부하량 및 제어불가 분산전원의 발전량을 예측하는 부하/발전량 예측부, 상기 예측된 부하량 및 제어불가 분산전원의 발전량의 차이에 기초하여 상기 마이크로그리드의 부족 전력량 또는 여유 전력량을 산출하는 전력량 산출부 및 상기 산출된 마이크로그리드의 부족 또는 여유 전력량에 기초하여 상기 마이크로그리드의 주변 마이크로그리드와 전력 공유량을 산출하는 전력 공유량 산출부를 포함하되, 상기 마이크로그리드는 상기 주변 마이크로그리드와의 전력 공유를 통해 상기 부족 또는 여유 전력량을 감소시킨다.

대표도 - 도4



100

(72) 발명자

최종찬

강원도 원주시 지정면 가곡평장길 27

이태호

전라남도 여수시 연등1길 50-1 (연등동)

박성환

서울특별시 관악구 법원단지32길 15, 101호 (신림동, 우석빌라)

차희준

강원도 춘천시 근화길15번길 26, 112동 907호 (근화동, 신성미소지움아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 9991000977

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 일반연구자지원(미래부)

연구과제명 다중 마이크로그리드에 기반한 새로운 분산 자율형 전력시스템 설계 및 운영 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 인하대학교

연구기간 2013.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

마이크로그리드의 전력 수급 예측 장치에 있어서,

마이크로그리드의 부하량 및 제어불가 분산전원의 발전량을 부하/발전량 예측하는 예측부,

상기 예측된 부하량 및 제어불가 분산전원의 발전량의 차이에 기초하여 상기 마이크로그리드의 부족 전력량 또는 여유 전력량을 산출하는 전력량 산출부 및

상기 산출된 마이크로그리드의 부족 또는 여유 전력량에 기초하여 상기 마이크로그리드의 주변 마이크로그리드와 전력 공유량을 산출하는 전력 공유량 산출부를 포함하되,

상기 마이크로그리드는 상기 주변 마이크로그리드와의 전력 공유를 통해 상기 부족 또는 여유 전력량을 감소시키는 것인 전력 수급 예측 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전력 공유량 산출부는 상기 주변 마이크로그리드의 부족 전력량 또는 여유 전력량 및 상기 주변 마이크로그리드의 개수에 기초하여 상기 마이크로그리드의 전력 공유량을 산출하는 것인 전력 수급 예측 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 마이크로그리드의 전력 수급을 예측하는 전력 수급 설정부를 더 포함하되,

상기 전력량 산출부는 상기 마이크로그리드의 전력을 공유한 뒤, 상기 마이크로그리드의 잔여 부족 전력량 또는 잔여 여유 전력량을 산출하고,

상기 전력 수급 설정부는 상기 산출된 잔여 부족 전력량 또는 잔여 여유 전력량에 기초하여 전력 수급을 설정하는 것인 전력 수급 예측 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 전력 수급 설정부는,

상기 잔여 부족 전력량 또는 잔여 여유 전력량이 0인 경우, 상기 마이크로그리드의 전력 수급 설정을 종료하는 것인 전력 수급 예측 장치.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 전력 수급 설정부는

상기 잔여 부족 전력량이 상기 잔여 여유 전력량보다 큰 경우, 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 발전시키고,

상기 잔여 부족 전력량이 상기 잔여 여유 전력량보다 작은 경우, 상기 마이크로그리드의 잔여 여유 전력을 에너지 저장 장치에 저장하는 것인 전력 수급 예측 장치.

청구항 6

마이크로그리드의 실시간 전력 수급 장치에 있어서,

마이크로그리드의 부하량 및 발전 용량을 모니터링하는 모니터링부,

상기 모니터링된 부하량 및 발전 용량의 차이를 산출하는 산출부 및

상기 부하량 및 발전 용량의 차이에 기초하여 상기 마이크로그리드의 전력 수급을 제어하는 전력 수급 제어부를 포함하는 실시간 전력 수급 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 모니터링된 부하량이 발전 용량보다 큰 경우,

상기 마이크로그리드의 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유하거나 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 발전시키는 것인 실시간 전력 수급 장치.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 주변 마이크로그리드로부터 공유된 전력 가격 및 상기 제어가능 분산전원의 발전 가격을 비교하는 가격 비교부를 더 포함하는 실시간 전력 수급 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 가격 비교 결과 상기 주변 마이크로그리드로부터 공유된 전력 가격이 상기 제어가능 분산전원의 발전 가격보다 작은 경우,

상기 전력 수급 제어부는 상기 주변 마이크로그리드의 여유 전력량과 상기 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이를 비교하되,

상기 전력 수급 제어부는 상기 주변 마이크로그리드의 여유 전력량이 상기 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 큰 경우, 상기 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유받는 것인 실시간 전력 수급 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 가격 비교 결과 상기 주변 마이크로그리드로부터 공유된 전력 가격이 상기 제어가능 분산전원의 발전 가격보다 작은 경우,

상기 전력 수급 제어부는 상기 주변 마이크로그리드의 여유 전력량과 상기 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이를 비교하되,

상기 전력 수급 제어부는 상기 주변 마이크로그리드의 여유 전력량이 상기 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 작은 경우, 상기 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유받고, 부족 전력량은 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원 발전을 통해 충족시키는 것인 실시간 전력 수급 장치.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 가격 비교 결과 상기 주변 마이크로그리드로부터 공유된 전력 가격이 상기 제어가능 분산전원의 발전 가격보다 큰 경우,

상기 전력 수급 제어부는 상기 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량과 상기 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이를 비교하되,

상기 전력 수급 제어부는 상기 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량이 상기 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 큰 경우, 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원 발전을 통해 상기 마이크로그리드의 필요 전력량을 충족시키는 것인 실시간 전력 수급 장치.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 가격 비교 결과 상기 주변 마이크로그리드로부터 공유된 전력 가격이 상기 제어가능 분산전원의 발전 가격보다 큰 경우,

상기 전력 수급 제어부는 상기 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량과 상기 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이를 비교하되,

상기 전력 수급 제어부는 상기 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량이 상기 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 작은 경우, 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 발전시키고, 부족 전력량은 상기 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유받는 것인 실시간 전력 수급 장치.

청구항 13

제 6 항에 있어서,

상기 모니터링된 부하량이 발전 용량보다 작은 경우, 상기 주변 마이크로그리드로 전력을 공유하거나 또는 에너지 저장 장치에 전력을 저장하는 것인 실시간 전력 수급 장치.

청구항 14

마이크로그리드의 전력 공유 제어 장치에 있어서,

상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원의 총 발전가능 용량 및 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원 발전량을 비교하는 비교부 및

상기 비교 결과에 기초하여 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 추가적으로 발전시키는 분산전원 제어부를 포함하되,

상기 분산전원 제어부는 상기 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량과 주변 마이크로그리드의 부족 전력량을 비교하고,

상기 비교 결과에 기초하여 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원의 발전을 통한 전력의 전부 또는 일부를 상기 주변 마이크로그리드와 공유하는 것인 전력 공유 제어 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 마이크로그리드의 전력 수급 예측 장치, 마이크로그리드의 실시간 전력 수급 장치 및 마이크로그리드의 전력 공유 제어 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 분산형 에너지 자원의 증가로 인해 국가의 전력망 보안 및 분산형 에너지 자원에 대한 신뢰도가 큰 이슈가 되고 있는 가운데, 아직까지 국내에서의 마이크로그리드 실증단지 구축은 분산형 에너지 자원의 성능 검증으로 인해 제한적인 상황이다. 또한, 지금까지의 국내외 연구동향을 살펴보았을 때, 신재생 에너지 기반 분산전원, 에너지 저장 장치 및 전기자동차 충전 인프라, 수요 반응, 멀티 에이전트 시스템 등의 단일 마이크로그리드 운영 방안에 관한 연구만이 중점적으로 이루어지고 있다. 이와 달리, 다수의 마이크로그리드가 연계된 경우 광역 전력계통의 안정성 및 경제성 분석에 대한 연구는 아직 미흡한 상태이다.

[0003] 아울러, 대용량의 신재생 에너지와 에너지 저장 장치 및 전기 자동차와 같은 분산형 에너지 자원들의 보급과 다양한 지능형 부하의 개발에 따라 새롭게 변화하게 될 전력 시스템의 운영과 변화에 대한 분석 및 제어기술 개발이 요구되고 있는 실정이다.

[0004] 이와 더불어, 급증하는 수요에 맞추어 발전계획 및 송배전 설비 구축이 이루어져야 하지만, 국내의 환경적 요인 및 인적 요인에 의하여 특고전압 송전망 구축이 어려운 실정이다. 이와 같은 문제를 해결하기 위하여, 다양한 분산형 에너지 자원 및 스마트 그리드 기술을 통한 새로운 전력 시스템 구축을 목표로 연구가 진행되고 있다.

- [0005] 마이크로그리드는 타 네트워크에서의 에너지 공급 및 독립 운전을 통해 보다 유연한 계통 운영이 가능하며, 기존의 중앙 집중형 송배전 시스템에서 탈피한 분산형 시스템으로 각광받고 있다. 이에 따른 마이크로그리드 기술 개발의 수요 급증으로, 다중 마이크로그리드 간의 경제성 및 안정성을 고려한 최적 운용 및 제어에 대한 기술 개발이 필요하다.
- [0006] 도 1a는 중앙 집중형 네트워크에 대한 개념도이고, 도 1b는 분산 자율형 네트워크의 개념도이다.
- [0007] 현재 전력시스템 환경은 신재생 에너지, 에너지 저장 장치, 전기 자동차 및 지능형 부하 등의 분산형 에너지 자원 발달로 인하여 도 1a와 같은 중앙 집중형 운영 매커니즘이 적용된 기존 모델의 경우 한계에 다다르고 있다. 또한, 발전소와 수요지의 거리로 인해 발생하는 송전 선로 건설 문제, 송전 선로 혼잡 문제 등이 사회적 문제로 지적받고 있다.
- [0008] 이에 대한 대안으로 도 1b와 같이 다수의 분산전원과 에너지 저장 장치로 구성된 수요지 인근의 소규모 전력 공급 시스템, 즉 전력과 열의 동시 공급이 가능한 시스템인 마이크로그리드에 대한 관련 기술의 연구가 많이 진행되고 있다. 그러나 이는 주로 단일 마이크로그리드에 대한 연구 진행으로 국한되어 있다는 문제가 있다. 이와 더불어 송전 선로의 유지가 필요하다는 문제가 있다.
- [0009] 이에 따라, 송전 선로가 필요하지 않은 분산 자율형 마이크로그리드 시스템의 도입이 필요하다. 다중 마이크로그리드는 현재의 전력계통과 연결되어 있지 않고 독립 상태로 운전하게 된다. 이와 같이 독립 운전 중인 마이크로그리드는 부하 변동량을 충족시켜 전력수급의 균형을 유지하기 위하여 다양한 형태의 제어를 수행하게 된다.
- [0010] 이와 관련하여, 한국공개특허번호 제2009-0029055호(발명의 명칭: 다수의 분산전원 및 에너지 저장 장치를 포함하는 마이크로그리드의 제어방법)는 제1 제어와 제2 제어로 구성되는 협조제어 방법을 제시하며, 더욱 상세하게는 제1 제어로서 응답 특성이 빠른 에너지 저장장치가 연계 운전시에는 연계지점의 전력제어를, 독립 운전시에는 주파수/전압을 제어하고, 제 2 제어로서 에너지저장장치를 제외한 기타 제어 가능한 분산전원(마이크로터빈, 연료전지, 디젤엔진 등)에서 에너지저장장치의 출력을 '0'으로 만들어 에너지 저장 장치의 저장에너지 소비를 최소화시키는 마이크로그리드의 제어 방법을 개시하고 있다.
- [0011] 그러나 위 선행기술은 단일 마이크로그리드의 독립운전 제어방법에 관한 것이며, 다수의 마이크로그리드가 전력계통과의 연계 없이 서로 협력하여 안정도 및 신뢰도를 유지하는 방법에 관한 연구는 현재 부족한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 본 발명은 전술한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 본 발명의 일부 실시예는 각 마이크로그리드의 부족 또는 여유 전력량을 산출하고 이에 기초하여 주변 마이크로그리드와 전력을 공유하며, 마이크로그리드의 부하량 및 발전 용량의 차이에 기초하여 전력 수급을 제어하고, 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량과 주변 마이크로그리드의 부족 전력량의 비교 결과에 따라 주변 마이크로그리드와 전력을 공유하는 전력 수급 예측 장치, 실시간 전력 수급 장치 및 전력 공유 제어 장치를 제공하는 것을 그 목적으로 한다. 이와 더불어, 단독 계통으로서 독립 운전, 인접한 네트워크와 연계한 협력 운전 또는 통합운전이 가능하도록, 마이크로그리드의 효율적 에너지 관리를 수행하는 MGCC를 에이전트로 설계하고자 한다. 다만, 본 실시예가 이루고자 하는 기술적 과제는 상기된 바와 같은 기술적 과제들로 한정되지 않으며, 또 다른 기술적 과제들이 존재할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 기술적 수단으로서, 본 발명의 제 1 측면에 따른 마이크로그리드의 전력 수급 예측 장치는 마이크로그리드의 부하량 및 제어불가 분산전원의 발전량을 예측하는 부하/발전량 예측부, 상기 예측된 부하량 및 제어불가 분산전원의 발전량의 차이에 기초하여 상기 마이크로그리드의 부족 전력량 또는 여유 전력량을 산출하는 전력량 산출부 및 상기 산출된 마이크로그리드의 부족 또는 여유 전력량에 기초하여 상기 마이크로그리드의 주변 마이크로그리드와 전력 공유량을 산출하는 전력 공유량 산출부를 포함하되, 상기 마이크로그리드는 상기 주변 마이크로그리드와의 전력 공유를 통해 상기 부족 또는 여유 전력량을 감소시킨다.
- [0014] 또한, 본 발명의 제 2 측면에 따른 마이크로그리드의 실시간 전력 수급 장치는 마이크로그리드의 부하량 및 발전 용량을 모니터링하는 모니터링부, 상기 모니터링된 부하량 및 발전 용량의 차이를 산출하는 산출부 및 상기 부하량 및 발전 용량의 차이에 기초하여 상기 마이크로그리드의 전력 수급을 제어하는 전력 수급 제어부를 포함

한다.

- [0015] 또한, 본 발명의 제 3 측면에 따른 마이크로그리드의 전력 공유 제어 장치는 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원의 총 발전가능 용량 및 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원 발전량을 비교하는 비교부 및 상기 비교 결과에 기초하여 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 추가적으로 발전시키는 분산전원 제어부를 포함하되, 상기 분산전원 제어부는 상기 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량과 주변 마이크로그리드의 부족 전력량을 비교하고, 상기 비교 결과에 기초하여 상기 마이크로그리드의 제어가능 분산전원의 발전을 통한 전력의 전부 또는 일부를 상기 주변 마이크로그리드와 공유한다.

발명의 효과

- [0016] 전술한 본 발명의 과제 해결 수단의 어느 실시예에 의하면, 다중 마이크로그리드의 운영전략을 활용하여 각각의 마이크로그리드의 안정성을 향상시킬 수 있다. 또한, 마이크로그리드간의 전력 공유를 통해 다중 마이크로그리드의 안정성을 향상시킬 수 있다.
- [0017] 이와 더불어, 에너지 저장 장치와의 연동을 통해 신재생 에너지의 출력 변동을 완화시켜줌으로써, 전력 계통을 안정화시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1a는 중앙 집중형 네트워크에 대한 개념도이고, 도 1b는 분산 자율형 네트워크의 개념도이다.
- 도 2는 본 발명에 적용되는 멀티 에이전트 기반의 네트워크에 대한 개념도를 도시한 도면이다.
- 도 3은 다중 마이크로그리드 간 에너지 공유 네트워크 모델을 도시한 도면이다.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 수급 예측 장치의 블록도이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 수급 예측 방법의 순서도이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 전력 수급 장치의 블록도이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 전력 수급 방법의 순서도이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 공유 제어 장치의 블록도이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 공유 제어 방법의 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0020] 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. 또한 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.
- [0021] 도 2는 본 발명에 적용되는 멀티 에이전트 기반의 네트워크에 대한 개념도를 도시한 도면이다.
- [0022] 본 발명에 따른 마이크로그리드의 전력 수급 예측 장치(100), 실시간 전력 수급 장치(200) 및 전력 공유 제어 장치(300)는 기존의 중앙 집중형 시스템이 아닌 분산형 시스템으로 되어 있으며, 이때 마이크로그리드는 멀티 에이전트 시스템을 기반으로 한 분산형 에너지 자원 및 부하로 이루어져 있다.
- [0023] 각 에이전트들은 상위 단의 MGCC(MicroGrid Central Controller) 또는 다른 에이전트들과 상호 의사소통을 통해 마이크로그리드 내에서의 가장 최적화된 전력 수급을 도모할 수 있도록 하는 네트워크를 구축한다. 그리고 구축된 네트워크에 기초하여 각 계통 구성요소에 전력 공급을 위한 명령을 하거나 전력 정보를 취득한다. 이때, 각 MGCC는 관리하는 마이크로그리드의 최적 운영을 가장 상위 목표로 두고 제어하며, 주변 마이크로그리드와의 전력 공유 등을 통해 마이크로그리드의 신뢰도를 높이고 수익성을 향상시키기 위한 제어를 한다.

- [0024] 이와 같이, 마이크로그리드의 에너지를 효율적으로 관리할 수 있도록 하기 위한 MGCC를 각 에이전트로 설계함으로써, 단독 계통으로서 독립적으로 동작할 수 있고, 인접한 네트워크와 협력 및 연계하여 동작할 수 있으며 또한 통합적으로 동작할 수도 있다.
- [0025] 도 3은 다중 마이크로그리드 간 에너지 공유 네트워크 모델을 도시한 도면이다.
- [0026] 공유 경제란 한번 생산된 제품을 여럿이 공유해 쓰는 협업 소비를 기본으로 한 경제 방식으로 물품은 물론, 생산 설비나 서비스 등을 개인이 소유할 필요 없이 필요한 만큼 빌려쓰고, 자신이 필요 없는 경우 다른 사람에게 빌려주는 공유 소비의 의미를 포함한다.
- [0027] 한편, 현재 신재생 에너지의 보급은 급속하게 증가하는 추세이지만, 지형적 제약으로 인하여 다양한 비즈니스 모델을 창출하기에는 한계가 있다. 따라서, 다중 마이크로그리드 시스템에 공유 경제 개념을 도입할 필요가 있다.
- [0028] 도 3을 참조하면 각 마이크로그리드는 마이크로그리드를 관리하는 상위 MGCC를 포함하고 있으며, 각 마이크로그리드들은 서로 전력을 공유할 수 있도록 네트워크를 구축하고 있다. 또한, 마이크로그리드는 에너지를 저장하기 위한 에너지 저장부, 재생 에너지, V2G(Vehicle to Grid), 사용부하 및 지능부하 등 에너지를 관리 및 공유하기 위한 다양한 형태의 계통 구성요소를 포함할 수 있다.
- [0029] 이와 같은 다중 마이크로그리드에 공유 경제 개념을 적용할 경우, 설치 지역에 따라 발전 중심형 마이크로그리드, 수요 중심형 마이크로그리드, 독립형 마이크로그리드 등 다양한 형태로 구분할 수 있다. 마이크로그리드 내 분산형 에너지 자원의 종류에 따라 발생하는 생산 전력 및 소비 전력의 정보를 상위 MGCC로 전송하고, 상위 MGCC에서는 생산 전력 및 소비 전력의 차이를 계산한다. 나아가, MGCC는 다른 마이크로그리드의 MGCC와 정보 공유를 통하여 마이크로그리드 내의 발전 설비를 효율적으로 관리할 수 있도록 하며, 공유 소비를 통해 위치적 제약에서 벗어나 공동의 이익을 창출할 수 있게 할 수 있다.
- [0030] 이하에서는 도 4 내지 도 9를 참조하여 본 발명에 따른 마이크로그리드의 전력 수급 예측 장치(100), 마이크로그리드의 실시간 전력 수급 장치(200) 및 마이크로그리드의 전력 공유 제어 장치(300)에 대하여 설명하도록 한다.
- [0031] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 수급 예측 장치(100)의 블록도이다.
- [0032] 본 발명에 따른 마이크로그리드의 전력 수급 예측 장치(100)는 부하/발전량 예측부(110), 전력량 산출부(120), 전력 공유량 산출부(130)를 포함한다. 본 발명에 따른 마이크로그리드의 전력 수급 예측 장치(100)에 있어서, 마이크로그리드는 주변 마이크로그리드와의 전력 공유를 통해 부족 또는 여유 전력량을 감소시킨다.
- [0033] 부하/발전량 예측부(110)는 마이크로그리드의 부하량 및 제어불가 분산전원의 발전량을 예측한다.
- [0034] 전력량 산출부(120)는 부하/발전량 예측부(110)에서 예측된 마이크로그리드의 부하량 및 제어불가 분산전원의 발전량의 차이에 기초하여 마이크로그리드의 부족 전력량 또는 여유 전력량을 산출한다.
- [0035] 전력 공유량 산출부(130)는 전력량 산출부(120)에 의해 산출된 마이크로그리드의 부족 또는 여유 전력량에 기초하여 마이크로그리드의 주변 마이크로그리드와 전력 공유량을 산출한다. 이때, 전력 공유량 산출부(130)는 주변 마이크로그리드의 부족 전력량 또는 여유 전력량 및 주변 마이크로그리드의 개수에 기초하여 마이크로그리드의 전력 공유량을 산출할 수 있다.
- [0036] 본 발명에 따른 전력 수급 예측 장치(100)는 마이크로그리드의 전력 수급을 설정하는 전력 수급 설정부(140)를 더 포함할 수 있다. 마이크로그리드가 주변 마이크로그리드와 전력을 공유하면, 전력량 산출부(120)는 마이크로그리드의 잔여 부족 전력량 또는 잔여 여유 전력량을 산출한다. 그리고 전력 수급 설정부(140)는 전력량 산출부(120)에서 산출된 잔여 여유 전력량 또는 잔여 여유 전력량에 기초하여 전력 수급을 설정할 수 있다.
- [0037] 구체적으로 전력 수급 설정부(140)는 잔여 부족 전력량이 잔여 여유 전력량보다 큰 경우, 전력 수급 균형을 위하여 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 발전시킬 수 있다. 반대로 전력 수급 설정부(140)는 잔여 부족 전력량이 잔여 여유 전력량보다 작은 경우, 전력 수급 균형을 위하여 마이크로그리드의 잔여 여유 전력을 에너지 저장 장치에 저장할 수 있다.
- [0038] 이와 달리, 전력 수급 설정부(140)는 잔여 부족 전력량 또는 잔여 여유 전력량이 0인 경우, 마이크로그리드의 전력 수급 설정을 종료할 수 있다.

- [0039] 이와 같은 구성요소를 포함하는 전력 수급 예측 장치(100)에서의 전력 수급 예측 방법을 도 5를 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0040] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 수급 예측 방법의 순서도이다.
- [0041] 먼저, 전력 수급 예측 장치(100)는 마이크로그리드의 부하량 및 제어불가 분산전원의 발전량을 예측하고(S110, S120), 수학적 식 1과 같이 측정된 부하량($P_{i_Lda}(t)$) 및 제어불가 분산전원의 발전량($P_{i_UCda}(t)$)의 차이에 기초하여 마이크로그리드의 부족/여유 전력량을 산출한다(S130).
- [0042] [수학적 식 1]
- [0043]
$$P_{i_Lda}(t) - P_{i_UCda}(t) = P_{i_MG}(t)$$
- [0044] $P_{i_MG}(t)$ 는 한 단위(t)의 다중 마이크로그리드의 부족/여유 전력량을 의미하며, 부족/여유 전력량이 산출되면 수학적 식 2를 이용하여 주변 마이크로그리드와의 전력 공유량을 산출하고 이를 통해 이 값을 감소시킨다(S140).
- [0045] [수학적 식 2]
- [0046]
$$P_{i_MG}(t) + \sum_{a=1}^n P_{a_MG}(t) = P_{i_sh}(t)$$
- [0047] 이때, $P_{a_MG}(t)$ 는 i 번째 마이크로그리드 주변에 있는 마이크로그리드의 부족/여유 전력량이고, n 은 i 번째 마이크로그리드 주변에 있는 마이크로그리드의 개수를 의미한다.
- [0048] 다음으로, 주변과의 전력 공유량을 산출하면, 마이크로그리드에 남아있는 부족/여유 전력량인 $P_{i_sh}(t)$ 를 확인하여 전력 수급을 설정한다(S150). 이때, $P_{i_sh}(t)$ 가 0 즉, 잔여 부족 전력량 또는 잔여 여유 전력량이 0인 경우, 마이크로그리드가 전력 수급 균형을 이룬 것으로 판단하고 전력 수급 설정을 종료한다.
- [0049] $P_{i_sh}(t)$ 가 0보다 작은 경우, 전력 수급 균형을 위해 마이크로그리드 내의 제어가능 분산전원을 발전시킨다. 이와 달리 $P_{i_sh}(t)$ 가 0보다 큰 경우, 전력 수급 균형을 위해 여유 전력량을 모두 마이크로그리드 내의 에너지 저장 장치에 저장한다.
- [0050] 마지막으로, 전력 수급 설정이 끝나면, 전력 공유 가격을 결정한다(S160). 구체적으로, 각 주기(t)별로 예측된 부하량과 제어불가 분산전원의 발전량을 비교하여 실시간 전력 공유 가격을 결정하고, 전체 설정값들의 차이를 통해 마이크로그리드 간의 전력 공유 가격을 결정한다.
- [0051] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 전력 수급 장치(200)의 블록도이다.
- [0052] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로그리드의 실시간 전력 수급 장치(200)는 모니터링부(210), 산출부(220) 및 전력 수급 제어부(230)를 포함한다.
- [0053] 모니터링부(210)는 마이크로그리드의 부하량 및 발전 용량을 모니터링한다.
- [0054] 산출부(220)는 모니터링부(210)에서 모니터링된 부하량 및 발전 용량의 차이를 산출한다.
- [0055] 전력 수급 제어부(230)는 산출부(220)에 의해 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이에 기초하여 마이크로그리드의 전력 수급을 제어한다.
- [0056] 이때, 본 발명에 따른 실시간 전력 수급 장치(200)는 모니터링된 부하량이 발전 용량보다 작은 경우, 주변 마이크로그리드로 전력을 공유하거나, 에너지 저장 장치에 전력을 저장할 수 있다.
- [0057] 이와 달리, 본 발명에 따른 실시간 전력 수급 장치(200)는 모니터링된 부하량이 발전 용량보다 큰 경우, 마이크로그리드의 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유하거나 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 발전시킬 수 있다.
- [0058] 이때, 본 발명에 따른 실시간 전력 수급 장치는 가격 비교부(240)를 더 포함할 수 있다. 가격 비교부(240)는 주변 마이크로그리드로부터 공유된 전력 가격 및 제어가능 분산전원의 발전 가격을 비교할 수 있다.
- [0059] 구체적으로, 가격 비교부(240)에서 각각의 가격을 비교한 결과, 주변 마이크로그리드로부터 공유된 전력 가격이

제어가능 분산전원의 발전 가격보다 작은 경우, 전력 수급 제어부(230)는 주변 마이크로그리드의 여유 전력량과 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이를 비교한다. 비교 결과 주변 마이크로그리드의 여유 전력량이 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 큰 경우, 전력 수급 제어부(230)는 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유받을 수 있다.

[0060] 반면, 비교 결과 주변 마이크로그리드의 여유 전력량이 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 작은 경우, 전력 수급 제어부(230)는 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유받고, 부족 전력량은 마이크로그리드의 제어가능 분산전원 발전을 통해 충족시킬 수 있다.

[0061] 이와 달리, 가격 비교부(240)에서 각각의 가격을 비교한 결과, 주변 마이크로그리드로부터 공유된 전력 가격이 제어가능 분산전원의 발전 가격보다 큰 경우, 전력 수급 제어부(230)는 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량과 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이를 비교한다. 비교 결과, 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량이 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 큰 경우, 전력 수급 제어부(230)는 마이크로그리드의 제어가능 분산전원 발전을 통해 마이크로그리드의 필요 전력량을 충족시킬 수 있다.

[0062] 반면, 비교 결과, 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량이 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 작은 경우, 전력 수급 제어부(230)는 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 발전시키고, 부족 전력량은 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유 받아 충족시킬 수 있다.

[0063] 이하에서는 도 7을 참조하여 마이크로그리드의 실시간 전력 수급 장치(200)에서의 전력 수급 방법에 대하여 구체적으로 설명하도록 한다.

[0064] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 실시간 전력 수급 방법의 순서도이다.

[0065] 먼저, 실시간 전력 수급 장치(200)는 마이크로그리드의 부하량 및 발전 용량을 실시간으로 모니터링한다(S201). 그리고 모니터링된 부하량 및 발전 용량의 차이를 아래의 수학적 식 3에 따라 산출한다(S203).

[0066] [수학적 식 3]

[0067]
$$P_{i_Lda}(t) - P_{i_Lrt}(t) = P_{i_Lerr}(t)$$

[0068] 이때, $P_{i_Lerr}(t)$ 이 0보다 작은 경우(S203), 즉 마이크로그리드의 발전 용량이 부하량보다 작은 경우, 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유받거나 또는 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 발전시킬 수 있다. 이때, 주변 마이크로그리드로부터 공유된 전력 가격($C_{i_j_rt}(t)$)과 마이크로그리드의 제어가능 분산전원의 가격($C_{i_con}(t)$)을 비교한다(S211).

[0069] 먼저, 공유된 전력 가격이 제어가능 분산전원의 가격보다 작은 경우(S212), 주변 마이크로그리드들의 여유 전력량($\sum_{a=1}^n P_{a_MG}(t)$)과 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이($P_{i_Lerr}(t)$)를 비교한다. 비교 결과 주변 마이크로그리드의 여유 전력량이 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 큰 경우(S214), 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유받을 수 있다(S215).

[0070] 이와 달리, 마이크로그리드의 여유 전력량이 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이보다 작은 경우(S214), 주변 마이크로그리드의 여유 전력량을 모두 공급받고, 부족 전력량은 제어가능 분산전원의 발전으로 충족시킬 수 있다(S216).

[0071] 한편, 공유된 전력 가격이 제어가능 분산전원의 가격보다 큰 경우(S212), 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량($P_{i_Crt}(t)$)과 산출된 부하량 및 발전 용량의 차이($P_{i_Lerr}(t)$)를 비교한다(S213). 이때, 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량($P_{i_Crt}(t)$)은 수학적 식 4와 같이 제어가능 분산전원의 총 발전가능 용량($P_{i_Call}(t)$)과 마이크로그리드 내의 제어가능 분산전원 발전량($P_{i_Cda}(t)$)의 차이에 기초하여 산출할 수 있다.

[0072] [수학적 식 4]

[0073]
$$P_{i_Crt}(t) = P_{i_Call}(t) - P_{i_Cda}(t)$$

[0074] 비교 결과 주변 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량이 산출된 부하량 및 발전 가능 용

량의 차이보다 큰 경우(S213), 마이크로그리드의 제어가능 분산전원 발전을 통해 부족 전력량을 충족시킬 수 있다(S217).

- [0075] 이와 달리, 비교 결과 주변 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량이 산출된 부하량 및 발전 가능 용량의 차이보다 작은 경우(S213), 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 발전시키고, 부족 전력량은 주변 마이크로그리드로부터 공유받을 수 있다(S216).
- [0076] 한편, $P_{i_Lerr}(t)$ 이 0보다 큰 경우(S210, S220), 즉 마이크로그리드의 발전 용량이 부하량보다 큰 경우에는 주변 마이크로그리드가 전력을 필요로 하는지 여부를 확인한다(S221). 확인 결과 주변 마이크로그리드가 전력을 필요로 할 경우 전력을 공유하며(S223), 필요로 하지 않을 경우 마이크로그리드 내 에너지 저장 장치에 전력을 저장한다(S225).
- [0077] 이와 달리, $P_{i_Lerr}(t)$ 이 0인 경우에는(S220) 마이크로그리드가 전력 수급 균형을 이루고 있는 것으로 볼 수 있으며, 이때에는 도 8 및 도 9에서 설명하는 바와 같이 공격적 전력 공유를 할 수 있다(S230).
- [0078] 이와 같이, 전력 수급 제어부(230)는 에너지 저장 장치에 전력을 저장하거나, 주변 마이크로그리드와 전력을 공유하거나 또는 제어가능 분산전원 발전을 통해 전력 수급을 제어하며, 그 결과는 다시 모니터링되어 실시간으로 전력 수급을 제어할 수 있다.
- [0079] 이하에서는 도 8 및 도 9를 참조하여 마이크로그리드의 전력 공유 제어 장치(300) 및 방법에 대하여 설명하도록 한다.
- [0080] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 공유 제어 장치(300)의 블록도이다.
- [0081] 본 발명에 따른 전력 공유 제어 장치(300)는 마이크로그리드가 전력 수급 균형을 이루고 있는 경우 공격적 전력 공유를 할 수 있다. 공격적 전력 공유란 현재의 단일 마이크로그리드의 전력 수급이 균형을 이룬 상태에서 주변 마이크로그리드의 수급 균형 상태와 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량을 고려하여, 제어가능 분산전원의 추가 발전을 통해 주변 마이크로그리드에 전력을 공급함으로써 이득을 얻는 것을 말한다.
- [0082] 이와 같은 공격적 전력 공유를 하기 위한 전력 공유 제어 장치(300)는 비교부(310) 및 분산전원 제어부(320)를 포함한다.
- [0083] 비교부(310)는 마이크로그리드의 제어가능 분산전원의 총 발전가능 용량 및 마이크로그리드의 제어가능 분산전원 발전량을 비교한다.
- [0084] 분산전원 제어부(320)는 비교부(310)의 비교 결과에 기초하여 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 추가적으로 발전시킨다. 이때, 분산전원 제어부(320)는 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량과 주변 마이크로그리드의 부족 전력량을 비교하고, 비교 결과에 기초하여 마이크로그리드의 제어가능 분산전원의 발전을 통한 전력의 일부 또는 전부를 주변 마이크로그리드와 공유할 수 있다.
- [0085] 본 발명에 따른 전력 공유 제어 장치(300)에서의 전력 공유 제어 방법을 도 9를 통해 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0086] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 전력 공유 제어 방법의 순서도이다.
- [0087] 먼저, 마이크로그리드의 실시간 용량변화를 모니터링한다(S310). 모니터링 결과 전력 수급이 균형을 이룬 것으로 판단된 경우, 마이크로그리드의 제어가능 분산전원의 총 발전 가능 용량($P_{i_Call}(t)$)과 제어가능 분산전원 발전량($P_{i_Cda}(t)$)을 비교한다(S320).
- [0088] 비교 결과, 마이크로그리드의 제어가능 분산전원의 총 발전 가능 용량($P_{i_Call}(t)$)이 제어가능 분산전원 발전량($P_{i_Cda}(t)$)보다 큰 경우(S330), 즉 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량($P_{i_Crt}(t)$)이 0보다 큰 경우 먼저, 주변 마이크로그리드가 전력을 필요로 하는지 여부를 판단한다(S340). 판단 결과 주변 마이크로그리드가 전력을 필요로 하는 경우, 주변 마이크로그리드의 전력 수급 균형을 위하여 마이크로그리드의 제어가능 분산전원을 추가적으로 발전시킬 수 있다(S350).
- [0089] 이때, 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량($P_{i_Crt}(t)$)과 j번째 마이크로그리드의 부족 전력량($P_{i_Lerr}(t)$)을 비교한다. 비교 결과 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량이 더 큰 경우, j번째 마이크

로그리드의 부족 전력량 모두를 마이크로그리드의 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량을 통해 충족시킬 수 있다.

[0090] 이와 달리, 현재 제어가능 분산전원의 발전 가능 용량이 더 작거나 j번째 마이크로그리드의 부족 전력량과 같은 경우, 현재 마이크로그리드 내 제어가능 분산전원이 발전할 수 있는 모든 전력인 $P_{i,Crit}(t)$ 를 발전하여 j번째 마이크로그리드로 공유해줄 수 있다.

[0091] 이와 같은 공격적 전력 공유는 각 마이크로그리드가 실시간 전력 수급 균형 제어시, 자체적인 제어가능 분산전원으로 전력 수급 균형을 유지할 수 없는 상황이 발생한 경우 주변 마이크로그리드로부터 전력을 공유받음으로써 효과적으로 전력 수급 균형을 제어할 수 있다.

[0092] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따르면, 다중 마이크로그리드의 운영 전략 즉, 에너지 저장 장치 및 전기 자동차 충전 인프라 기술 등을 활용하여 개개의 마이크로그리드를 안정화시킬 수 있다. 나아가, 마이크로그리드 간의 전력 공유를 통해 다중 마이크로그리드의 안정화를 이룰 수 있다.

[0093] 이와 더불어, 에너지 저장 장치와의 연동을 통해 신재생 에너지의 출력 변동을 완화시켜줌으로써, 전력 계통을 안정화시킬 수 있다.

[0094] 참고로, 본 발명의 실시예에 따른 도 4, 도 6 및 도 8에 도시된 구성 요소들은 소프트웨어 또는 FPGA(Field Programmable Gate Array) 또는 ASIC(Application Specific Integrated Circuit)와 같은 하드웨어 구성 요소를 의미하며, 소정의 역할들을 수행한다.

[0095] 그렇지만 '구성 요소들'은 소프트웨어 또는 하드웨어에 한정되는 의미는 아니며, 각 구성 요소는 어드레싱할 수 있는 저장 매체에 있도록 구성될 수도 있고 하나 또는 그 이상의 프로세서들을 재생시키도록 구성될 수도 있다.

[0096] 따라서, 일 예로서 구성 요소는 소프트웨어 구성 요소들, 객체지향 소프트웨어 구성 요소들, 클래스 구성 요소들 및 테스크 구성 요소들과 같은 구성 요소들과, 프로세스들, 함수들, 속성들, 프로시저들, 서브루틴들, 프로그램 코드의 세그먼트들, 드라이버들, 펌웨어, 마이크로 코드, 회로, 데이터, 데이터베이스, 데이터 구조들, 테이블들, 어레이들 및 변수들을 포함한다.

[0097] 구성 요소들과 해당 구성 요소들 안에서 제공되는 기능은 더 작은 수의 구성 요소들로 결합되거나 추가적인 구성 요소들로 더 분리될 수 있다.

[0098] 본 발명의 일 실시예는 컴퓨터에 의해 실행되는 프로그램 모듈과 같은 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어를 포함하는 기록 매체의 형태로도 구현될 수 있다. 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터에 의해 액세스될 수 있는 임의의 가용 매체일 수 있고, 휘발성 및 비휘발성 매체, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 또한, 컴퓨터 판독 가능 매체는 컴퓨터 저장 매체 및 통신 매체를 모두 포함할 수 있다. 컴퓨터 저장 매체는 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈 또는 기타 데이터와 같은 정보의 저장을 위한 임의의 방법 또는 기술로 구현된 휘발성 및 비휘발성, 분리형 및 비분리형 매체를 모두 포함한다. 통신 매체는 전형적으로 컴퓨터 판독가능 명령어, 데이터 구조, 프로그램 모듈, 또는 반송파와 같은 변조된 데이터 신호의 기타 데이터, 또는 기타 전송 매커니즘을 포함하며, 임의의 정보 전달 매체를 포함한다.

[0099] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 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.

[0100] 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

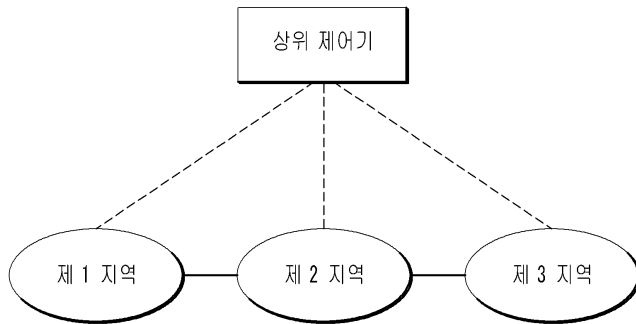
부호의 설명

[0101] 100: 전력 수급 예측 장치 110: 부하/발전량 예측부
120: 전력량 산출부 130: 전력 공유량 산출부
140: 전력 수급 설정부 200: 실시간 전력 수급 장치

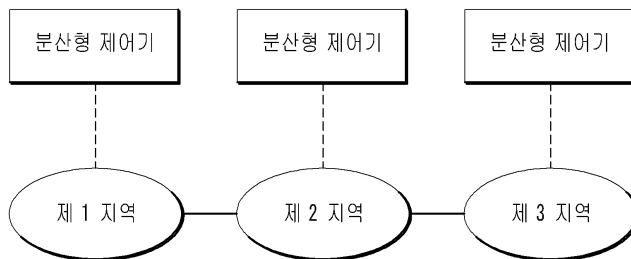
210: 모니터링부 220: 산출부
 230: 전력 수급 제어부 240: 가격 비교부
 300: 전력 공유 제어 장치 310: 비교부
 320: 분산전원 제어부

도면

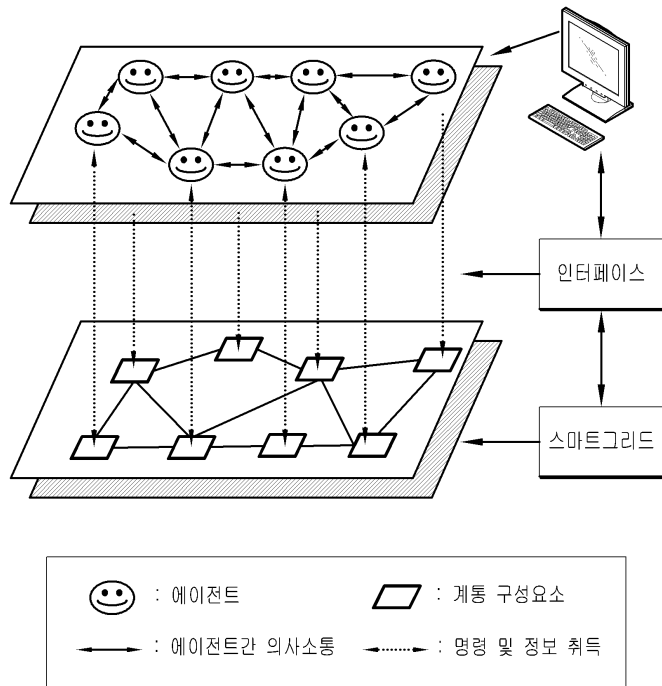
도면1a



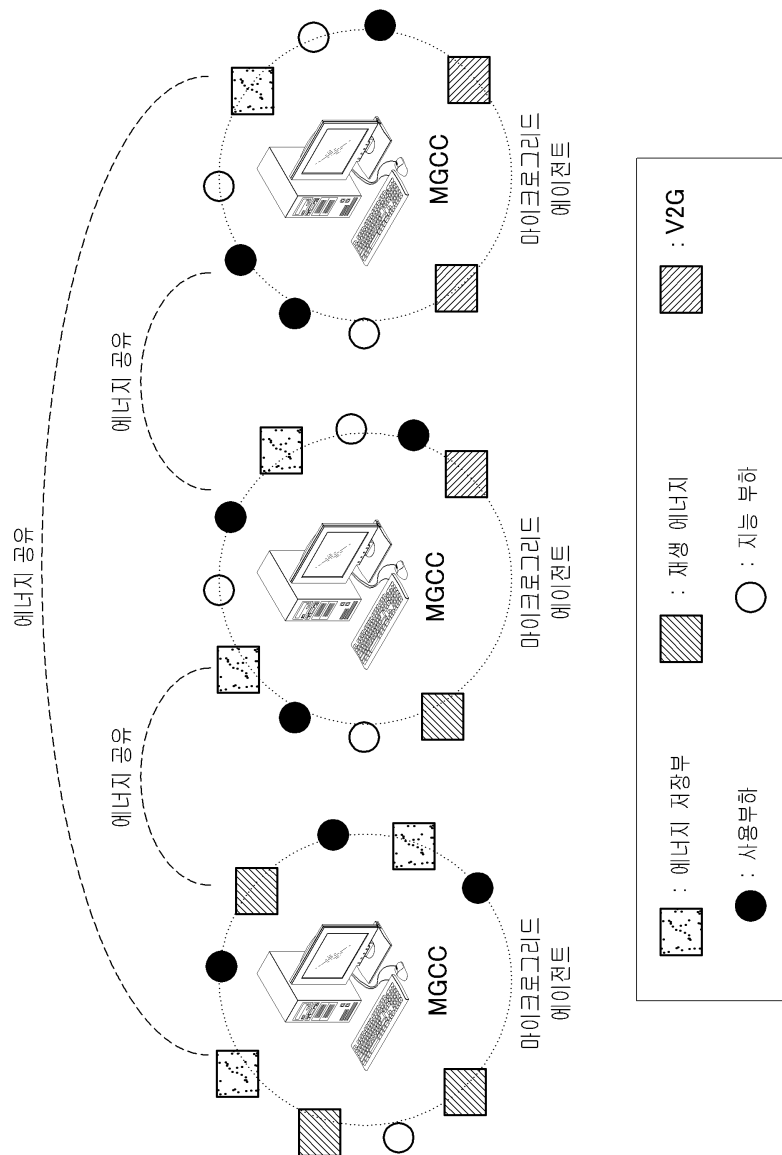
도면1b



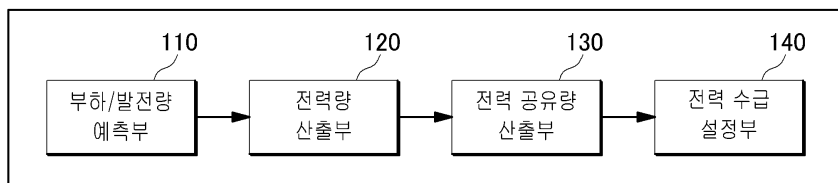
도면2



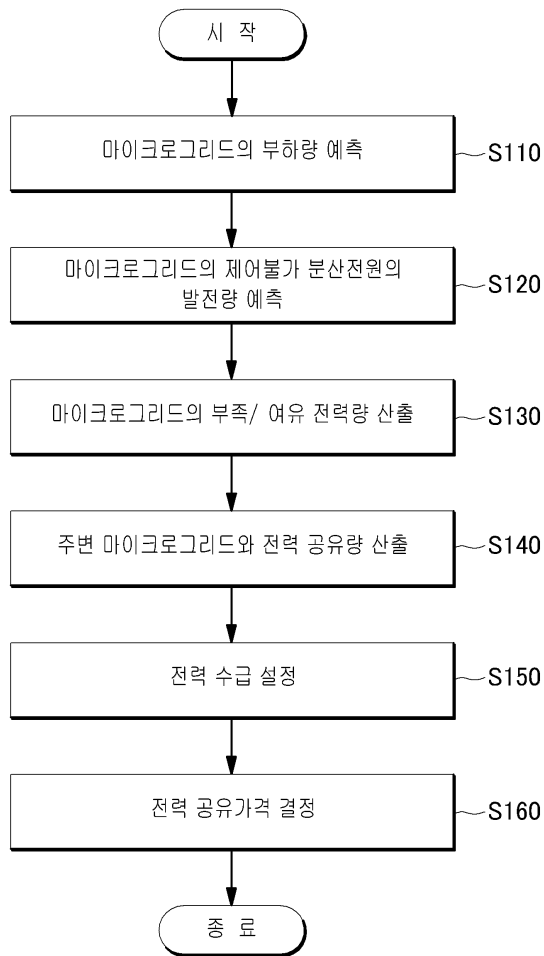
도면3



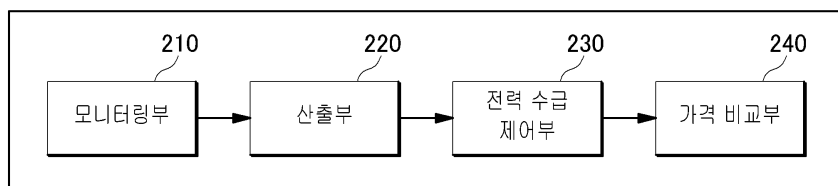
도면4



도면5

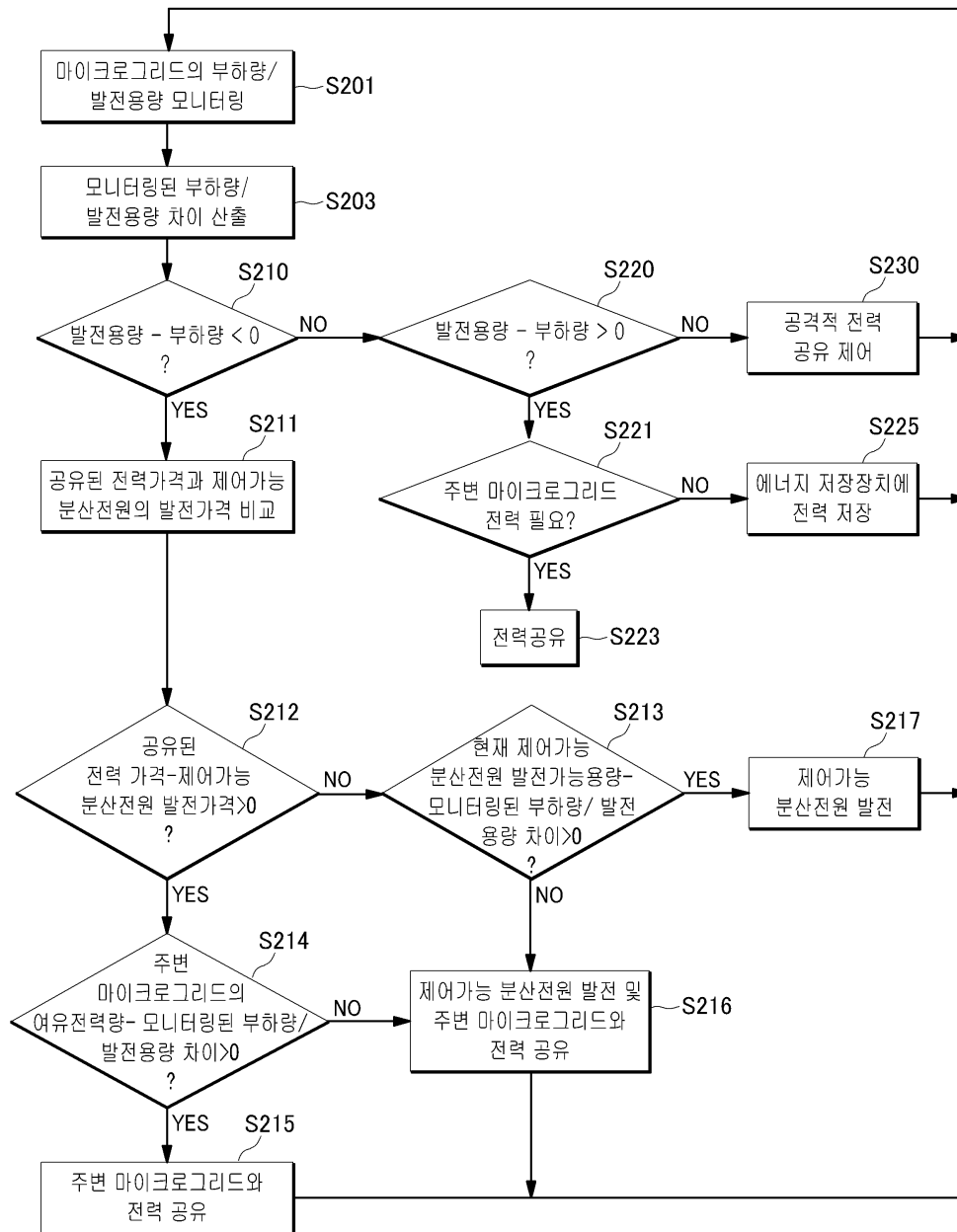


도면6

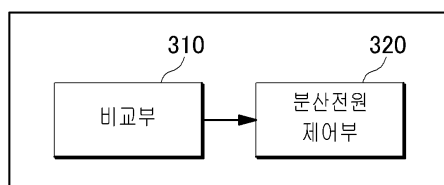


200

도면7



도면8



300

도면9

