



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년06월14일
(11) 등록번호 10-2264862
(24) 등록일자 2021년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 3/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02J 3/32 (2013.01)
Y02B 70/3225 (2020.08)
(21) 출원번호 10-2019-0088978
(22) 출원일자 2019년07월23일
심사청구일자 2019년07월23일
(65) 공개번호 10-2021-0011727
(43) 공개일자 2021년02월02일
(56) 선행기술조사문헌
KR101318124 B1
KR101904326 B1
KR1020180031455 A

(73) 특허권자
인제대학교 산학협력단
경남 김해시 인제로 197, 내 (어방동, 인제대학교)
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
심재웅
경상남도 김해시 김해대로 2326, 105동 1705호(부원동, 부원역 푸르지오아파트)
김희진
서울특별시 동작구 현충로 52, 117동, 102호
(74) 대리인
오위환, 나성곤, 정기택

전체 청구항 수 : 총 8 항

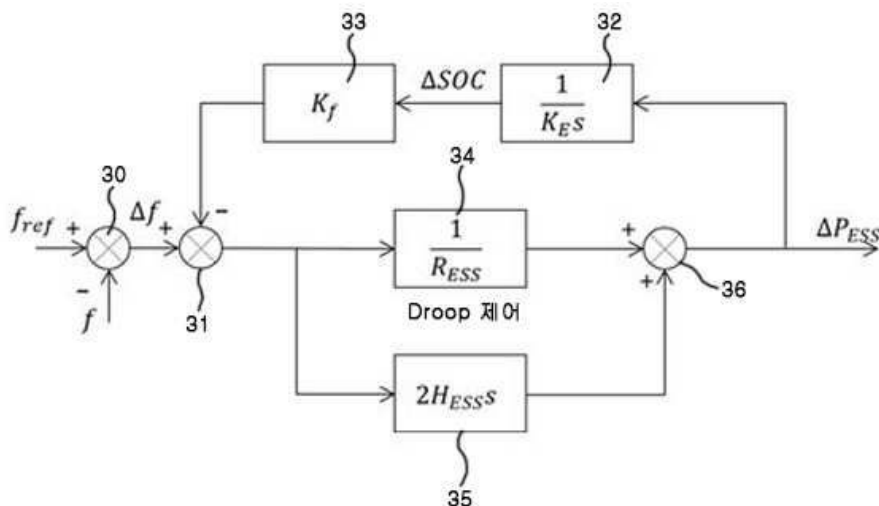
심사관 : 박형준

(54) 발명의 명칭 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 주파수 Droop 제어 및 SoC 피드백 제어에 더하여 추가적으로 관성제어를 하여 응답 속도를 더 빠르게 할 수 있도록 한 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법에 관한 것으로, ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 기준 주파수(f_{ref}) 및 검출된 전력계통 주파수(f)를 이용하여 변동 주파수값(Δf)을 산출하는 전력 계통 주파수 측정부; 변동 주파수값(Δf) 및 피드백되는 SoC 주파수 지령값(K_f)에 따른 드롭 제어값 및 관성 모사 제어값을 출력하는 주파수 제어값 출력부; 주파수 제어값 출력부의 드롭 제어값에 의해 계통 안정화를 위한 드롭 제어를 하는 드롭 제어부; 주파수 제어값 출력부의 관성 모사 제어값에 의해 관성 모사 제어를 하는 관성 모사 제어부; 드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 ESS 출력을 제어하는 ESS 출력 제어부;를 포함하는 것이다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류
Y04S 20/222 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2018R1C1B5084745
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	고안정 지능형 전력망 운영을 위한 신재생에너지 와 에너지 저장장치 제어 및 연계
방법 연구	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인제대학교
연구기간	2018.09.01 ~ 2020.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 기준 주파수(f_{ref}) 및 검출된 전력계통 주파수(f)를 이용하여 변동 주파수값(Δf)을 산출하는 전력 계통 주파수 측정부;

변동 주파수값(Δf) 및 피드백되는 SoC 주파수 지령값(K_f)에 따른 드롭 제어값 및 관성 모사 제어값을 출력하는 주파수 제어값 출력부;

주파수 제어값 출력부의 드롭 제어값에 의해 계통 안정화를 위한 드롭 제어를 하는 드롭 제어부;

주파수 제어값 출력부의 관성 모사 제어값에 의해 관성 모사 제어를 하는 관성 모사 제어부;

드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 ESS 출력을 제어하는 ESS 출력 제어부;를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 ESS 출력 제어부는,

드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 ESS 응답 속도를 증가시켜 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 강화하여 전력계통의 주파수 제어를 하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치.

청구항 3

제 1 항에 있어서, SoC 피드백 제어를 위하여,

ESS 출력 제어부에 의한 ESS 출력 및 SoC의 관계에 따른 SoC 변동값(ΔSoC)을 출력하는 SoC 변동값 출력부와,

SoC 변동값을 SoC 주파수 지령값(K_f)으로 변환하여 출력하는 SoC 주파수 지령값 출력부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 관성 모사 제어를 위하여,

발전기의 출력 ΔP_M 과 전기적인 소비 ΔP_L 의 차이(ΔP)를 산출하는 전력 변동값 산출부와,

등가전달함수부의 ESS 등가 전달함수와 발전기 드롭 제어부에서 전달되는 값을 합산하는 합산 출력부와,

전력 변동값 산출부의 전력 변동값(ΔP)을 입력받고 합산 출력부를 피드백 형태로 제어하는 회전관성 제어값 출력부와,

회전관성 제어값 출력부에 의해 발전기의 회전관성에 영향을 주어 전력 계통 주파수(Δf)를 출력하는 전력 계통 주파수 출력부를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치.

청구항 5

ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 기준 주파수(f_{ref}) 및 검출된 전력계통 주파수(f)를 이용하여 변동 주파수값(Δf)을 산출하는 단계;

변동 주파수값(Δf) 및 피드백되는 SoC 주파수 지령값에 따른 드롭 제어값 및 관성 모사 제어값을 출력하는 단계;

드롭 제어값에 의해 계통 안정화를 위한 드롭 제어를 하고, 관성 모사 제어값에 의해 관성 모사 제어를 수행하여 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 강화하여 전력계통의 주파수 제어를 수행하는 단계;를 포함하는

것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서, 전력계통의 주파수 제어를 수행하는 단계에서,

드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 ESS 응답 속도를 증가시켜 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 강화하여 전력계통의 주파수 제어를 하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서, 피드백되는 SoC 주파수 지령값은,

ESS 출력 제어부에 의한 ESS 출력 및 SoC의 관계에 따른 SoC 변동값(ΔSoC)을 출력하여 SoC 변동값을 SoC 주파수 지령값(K_f)으로 변환하여 출력하는 SoC 주파수 지령값 출력 단계를 통하여 주파수 제어값 출력부로 피드백되는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서, 관성 모사 제어를 위하여,

발전기의 출력 ΔP_M 과 전기적인 소비 ΔP_L 의 차이(ΔP)를 산출하는 전력 변동값 산출 단계와,

합산 출력부에서 등가전달함수부의 ESS 등가 전달함수와 발전기 드롭 제어부에서 전달되는 값을 합산하는 합산 출력 단계와,

전력 변동값 산출 단계에서의 전력 변동값(ΔP)을 입력받고 합산 출력부를 피드백 형태로 제어하는 회전관성 제어값 출력 단계와,

회전관성 제어값 출력 단계에 의해 발전기의 회전관성에 영향을 주어 전력 계통 주파수(Δf)를 출력하는 전력 계통 주파수 출력 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 에너지 저장장치에 관한 것으로, 구체적으로 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 주파수 Droop 제어 및 SoC 피드백 제어에 더하여 추가적으로 관성제어를 하여 응답 속도를 더 빠르게 할 수 있도록 한 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전력계통이라 함은 전기 수요에 대응하여 발전소, 변전소 및 부하를 송전선으로 연결하여 전력의 발생부터 소비까지 이루어지는 하나의 시스템을 말한다.

[0003] 이러한 전력계통은 전력의 발생과 소비가 동시에 일어나기 때문에 수요와 공급의 평형을 이루어져야 한다. 이에, 전력계통은 수요와 공급의 평형에 대한 지속적인 감시가 요구된다.

[0004] 매년 전력 수급의 불균형 문제가 심화되어가는 가운데 이를 해결하기 위한 방법으로, 최근 들어 ESS가 각광을 받고 있다.

[0005] ESS(Energy Storage System)는 분산전원 또는 신재생 에너지에서 발생하는 다양한 전압/전류를 제어하며, 필요에 따라 전력 계통에 연결하거나 유휴 에너지를 저장 및 사용하게 하는 에너지 저장 시스템이다. 늘어나는 전력 수요 대비 발전소 투자에 드는 막대한 비용과 건설 소요시간을 고려해볼 때 ESS는 전력 수요 평준화, 전력 계통 안정 운영, 능동적 관리의 장점을 지니고 있다.

[0006] 또한, ESS는 스마트그리드, 태양광이나 풍력 발전 등의 신재생 에너지가 각광을 받으면서, 스마트그리드와 신재생 에너지의 사용 효율을 높이기 효율적인 방안이 필수적이다.

[0007] ESS는 전력 품질, 유지보수, 타임 시프트(Time Shift), 에너지 보존 등의 이점이 있으며, 이에 따라 발전소 설

비 투자 절감, 신재생 에너지의 전력 품질 향상, 정전시 피해 최소화 등의 효과가 있다.

- [0008] 일반적인 에너지 저장 시스템(ESS)은 저장장치(Battery), PCS(Power Conditioning System), EMS(Energy Management System), BMS(Battery Management System)를 포함한다.
- [0009] 발전원 등의 발전 영역에서는 신재생 에너지, 소규모 분산 발전의 등장으로 기존 대형 발전 영역과 세분된 영역이 나타나고 있고, 송전/배전 영역에서는 최대 피크 수요 및 발전량 변동 대응을 위한 여유 용량 확보 차원에서 예비력, 전력망 부하 분산, 주파수 조정 영역이 부각되고 있다.
- [0010] 소비(End User) 단에서도 피크 수요 대응을 위한 에너지 저장, 신재생 에너지 발전 저장, 정전시 출력 대응 등 용도별로 다양한 세분 시장에서의 니즈가 존재하며, 이와 관련된 ESS 프로젝트가 급증하고 있다.
- [0011] ESS에서 주파수 조정(Frequency Regulation)은 순간적 수요 변동 등에 따른 전력 주파수 변동을 막기 위해 운전 중인 발전기의 출력 주파수를 조정해 공급 능력을 향상시키는 것이다.
- [0012] 이러한 신재생 에너지와 연계한 ESS는 주파수 조정의 문제와 전력 피크치 조정과 관련한 연구가 수반될 필요가 있다.
- [0013] 도 1은 종래 기술의 ESS를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위한 장치의 구성도이다.
- [0014] 종래 기술에서는 ESS를 가지고 전력계통의 주파수를 제어함에 있어 Droop 제어를 활용하였다. Droop 제어는 기존 설치된 발전기의 조속기 제어와 원활한 협조 제어를 할 수 있었다. 또한 SoC Feedback 제어가 전력계통의 주파수를 제어함에 있어 에너지 저장 장치의 에너지량을 관리하는데에 사용되고 있다.
- [0015] ESS의 SoC 피드백을 통하여 ESS의 SoC와 출력을 연동시켜, 과도 상태에서는 크게, 정상 상태에서는 작게 전력계통의 주파수를 보상하도록 하여 다른 발전기의 출력 제어와 조화롭게 운전하면서 ESS의 주파수 보상 능력을 높이는 것이다.
- [0016] 이와 같이 종래 기술들에서는 발전소의 출력 변동 또는 부하 변동에 따라 전력 계통의 주파수가 변동됨을 감지한 경우에 전력계통의 주파수가 정격 주파수를 유지하도록 발전력을 조정하는 주파수 주조정 기능을 수행하거나, 주파수 주조정 기능과 연동하여 연계 발전소의 발전력 조정이나 부하 증감 등의 보조 조정 기능을 수행한다.
- [0017] 따라서, 발전소의 출력 변동 또는 부하 변동이 발견된 시점부터 전력 계통의 주파수가 변동됨을 감지하여 주파수 조정을 수행하는 시점까지 지연 시간이 발생하고, 지연 시간 동안 전력 계통 주파수가 저하 또는 상승될 수 있다.
- [0018] 공급자측에서는 지연 시간 동안 전력 계통의 주파수가 저하될 경우에 발전소 보조기기의 출력 저하, 제어계통의 불안정 등이 발생될 수 있는 문제점이 있고, 지연 시간 동안 전력계통의 주파수가 상승할 경우에 주파수 저하의 경우보다 연속 운전이 가능한 한도폭이 적어지는 문제점이 있었다.
- [0019] 따라서, 주파수 Droop 제어 및 SoC 피드백 제어만으로 응답 속도를 빠르게 하는데 한계가 있는 문제를 해결할 수 있도록 하기 위한 새로운 전력계통의 주파수 안정화를 위한 제어 기술의 개발이 요구되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0020] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2019-0034960호
- (특허문헌 0002) 대한민국 등록특허 제10-1787320호
- (특허문헌 0003) 대한민국 등록특허 제10-1566296호

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0021] 본 발명은 종래 기술의 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어 기술의 문제점을 해결하기

위한 것으로, 주파수 Droop 제어 및 SoC 피드백 제어만으로 응답 속도를 빠르게 하는데 한계가 있는 문제를 해결할 수 있도록 한 새로운 전력계통의 주파수 안정화를 위한 제어 기술을 제공하는데 그 목적이 있다.

- [0022] 본 발명은 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 주파수 Droop 제어 및 SoC 피드백 제어에 더하여 추가적으로 관성제어를 하여 응답 속도를 더 빠르게 할 수 있도록 한 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0023] 본 발명은 관성 모사 기능을 추가하여 전력계통의 주파수 안정도가 줄어드는 상황에서 빠른 제어 대역폭을 가지는 ESS의 활용을 높일 수 있도록 한 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0024] 본 발명은 전력계통 주파수를 유지하는데 매우 중요한 관성상수를 ESS가 보다 더 빠르게 동작을 하여 보강하는 역할을 할 수 있도록 한 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0025] 본 발명은 전력 계통 주파수가 변동하고 매우 짧은 순간에 전력을 공급하는 관성제어를 하여 높은 주파수 영역에서 많은 보상이 이루어지도록 한 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0026] 본 발명은 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어시에 상대적으로 낮은 주파수 영역에서 주파수의 이득이 빨리 줄어들도록 하여 전력계통의 주파수 안정화가 효율적으로 이루어지도록 한 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0027] 본 발명은 주파수 Droop 제어와 더불어 미분 요소인 관성 모사 기능을 삽입하여 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 보다 강화하여 전력 계통의 안정도를 높일 수 있도록 한 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법을 제공하는데 그 목적이 있다.
- [0028] 본 발명의 다른 목적들은 이상에서 언급한 목적으로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0029] 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치는 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 기준 주파수(f_{ref}) 및 검출된 전력계통 주파수(f)를 이용하여 변동 주파수값(Δf)을 산출하는 전력 계통 주파수 측정부; 변동 주파수값(Δf) 및 피드백되는 SoC 주파수 지령값(K_f)에 따른 드롭 제어값 및 관성 모사 제어값을 출력하는 주파수 제어값 출력부; 주파수 제어값 출력부의 드롭 제어값에 의해 계통 안정화를 위한 드롭 제어를 하는 드롭 제어부; 주파수 제어값 출력부의 관성 모사 제어값에 의해 관성 모사 제어를 하는 관성 모사 제어부; 드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 ESS 출력을 제어하는 ESS 출력 제어부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0030] 여기서, 상기 ESS 출력 제어부는, 드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 높은 주파수 영역에서 많은 보상이 이루어지도록 하고, 낮은 주파수 영역에서 주파수의 이득이 빨리 줄어들도록 하여, 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 보다 강화하여 전력계통의 주파수 제어를 하는 것을 특징으로 한다.
- [0031] 그리고 SoC 피드백 제어를 위하여, ESS 출력 제어부에 의한 ESS 출력 및 SoC의 관계에 따른 SoC 변동값(ΔSoC)을 출력하는 SoC 변동값 출력부와, SoC 변동값을 SoC 주파수 지령값(K_f)으로 변환하여 출력하는 SoC 주파수 지령값 출력부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0032] 그리고 관성 모사 제어를 위하여, 발전기의 출력 ΔP_M 과 전기적인 소비 ΔP_L 의 차이(ΔP)를 산출하는 전력 변동값 산출부와, 등가전달함수부의 ESS 등가 전달함수와 발전기 드롭 제어부에서 전달되는 값을 합산하는 합산 출력부와, 전력 변동값 산출부의 전력 변동값(ΔP)을 입력받고 합산 출력부를 피드백 형태로 제어하는 회전관성 제어값 출력부와, 회전관성 제어값 출력부에 의해 발전기의 회전관성에 영향을 주어 전력 계통 주파수(Δf)를 출력하는 전력 계통 주파수 출력부를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0033] 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 방법은 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 기준 주파수(f_{ref}) 및 검출된 전력계통 주파수(f)를 이용하여 변동 주파수값(Δf)을 산출하는 단계; 변동 주파수값(Δf) 및 피드백되는 SoC 주파수 지령값에 따른 드롭 제어값 및 관성 모사 제어값을 출력하는 단계; 드롭 제어값에 의해 계통 안정화를 위한 드롭 제어를 하고, 관성 모사 제

어값에 의해 관성 모사 제어를 수행하여 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 강화하여 전력계통의 주파수 제어를 수행하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0034] 그리고 드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 높은 주파수 영역에서 많은 보상이 이루어지도록 하고, 낮은 주파수 영역에서 주파수의 이득이 빨리 줄어들도록 하는 것을 특징으로 한다.

[0035] 그리고 피드백되는 SoC 주파수 지령값은, ESS 출력 제어부에 의한 ESS 출력 및 SoC의 관계에 따른 SoC 변동값(ΔSoC)을 출력하여 SoC 변동값을 SoC 주파수 지령값(K_f)으로 변환하여 출력하는 SoC 주파수 지령값 출력 단계를 통하여 주파수 제어값 출력부로 피드백되는 것을 특징으로 한다.

[0036] 그리고 관성 모사 제어를 위하여, 발전기의 출력 ΔP_M 과 전기적인 소비 ΔP_L 의 차이(ΔP)를 산출하는 전력 변동값 산출 단계와, 합산 출력부에서 등가전달함수부의 ESS 등가 전달함수와 발전기 드롭 제어부에서 전달되는 값을 합산하는 합산 출력 단계와, 전력 변동값 산출 단계에서의 전력 변동값(ΔP)을 입력받고 합산 출력부를 피드백 형태로 제어하는 회전관성 제어값 출력 단계와, 회전관성 제어값 출력 단계에 의해 발전기의 회전관성에 영향을 주어 전력 계통 주파수(Δf)를 출력하는 전력 계통 주파수 출력 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0037] 이상에서 설명한 바와 같은 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0038] 첫째, ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어시에 주파수 Droop 제어 및 SoC 피드백 제어만으로 응답 속도를 빠르게 하는데 한계가 있는 문제를 해결할 수 있다.

[0039] 둘째, ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 주파수 Droop 제어 및 SoC 피드백 제어에 더하여 추가적으로 관성제어를 하여 응답 속도를 더 빠르게 할 수 있도록 한다.

[0040] 셋째, 관성 모사 기능을 추가하여 전력계통의 주파수 안정도가 줄어드는 상황에서 빠른 제어 대역폭을 가지는 ESS의 활용을 높일 수 있도록 한다.

[0041] 넷째, 전력계통 주파수를 유지하는데 매우 중요한 관성상수를 ESS가 보다 더 빠르게 동작을 하여 보강하는 역할을 할 수 있도록 한다.

[0042] 다섯째, 전력 계통 주파수가 변동하고 매우 짧은 순간에 전력을 공급하는 관성제어를 하여 높은 주파수 영역에서 많은 보상이 이루어지도록 한다.

[0043] 여섯째, ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어시에 상대적으로 낮은 주파수 영역에서 주파수의 이득이 빨리 줄어들도록 하여 전력계통의 주파수 안정화가 효율적으로 이루어지도록 한다.

[0044] 일곱째, 주파수 Droop 제어와 더불어 미분 요소인 관성 모사 기능을 삽입하여 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 보다 강화하여 전력 계통의 안정도를 높일 수 있도록 한다.

도면의 간단한 설명

- [0045] 도 1은 종래 기술의 ESS를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위한 장치의 구성도
- 도 2는 본 발명이 적용되는 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 구성도
- 도 3은 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치의 구성도
- 도 4는 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 방법을 나타낸 플로우 차트
- 도 5는 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어에 의한 ESS(Energy Storage System) 제어 효과를 나타낸 구성도
- 도 6은 계통 주파수 - ESS의 출력 사이의 Bode 다이어그램을 통한 분석 그래프
- 도 7은 부하의 변화와 계통 주파수 사이의 Bode 다이어그램을 통한 분석 그래프

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

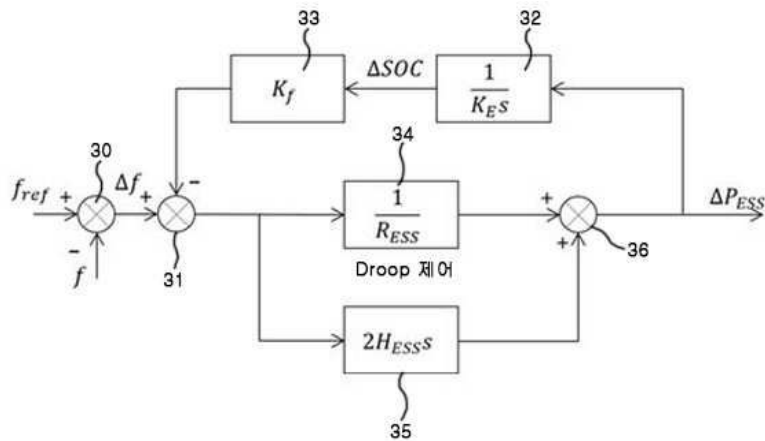
[0046] 이하, 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법의 바람직한 실시 예에 관하여 상세히

설명하면 다음과 같다.

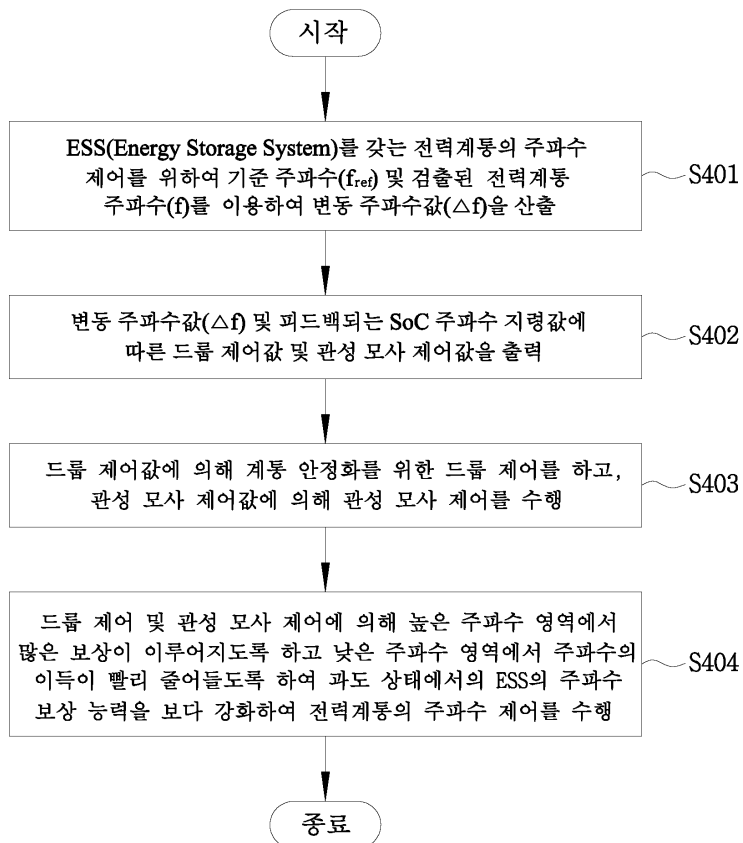
- [0047] 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법의 특징 및 이점들은 이하에서의 각 실시 예에 대한 상세한 설명을 통해 명백해질 것이다.
- [0048] 도 2는 본 발명이 적용되는 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 구성도이고, 도 3은 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치의 구성도이다.
- [0049] 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법은 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어시에 주파수 Droop 제어 및 SoC 피드백 제어만으로 응답 속도를 빠르게 하는데 한계가 있는 문제를 해결하기 위한 것으로, 관성 모사 기능을 추가하여 전력계통의 주파수 안정도가 줄어드는 상황에서 빠른 제어 대역폭을 가지는 ESS의 활용을 높일 수 있도록 한 것이다.
- [0050] 이를 위하여 본 발명은 전력 계통 주파수가 변동하고 매우 짧은 순간에 전력을 공급하는 관성제어를 하여 높은 주파수 영역에서 많은 보상이 이루어지도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0051] 본 발명은 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어시에 상대적으로 낮은 주파수 영역에서 주파수의 이득이 빨리 줄어들도록 하는 구성을 포함할 수 있다.
- [0052] 본 발명은 주파수 Droop 제어와 더불어 미분 요소인 관성 모사 기능을 삽입하여 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 보다 강화하기 위한 구성을 포함할 수 있다.
- [0053] 이하의 설명에서 '주파수 Droop 제어'는 다음과 같이 정의될 수 있는데, 이로 한정되지 않는다.
- [0054] 주파수 Droop 제어는 표준 주파수에서 소정의 \pm 대역폭 내에 계통 주파수가 위치하는 경우에는 계통에 대한 전력 제어를 수행하지 않고, 대역폭을 초과하여 주파수가 증가하면 주파수 증가량에 반비례하는 정도로 계통에의 전력 공급을 낮추며 대역폭의 미만으로 주파수가 감소하면 주파수 감소량에 반비례하는 정도로 계통에의 전력공급을 늘려주는 것이다.
- [0055] 즉, ESS(Energy Storage System)는 제어 모드에 따라 상위 제어기인 EMS(Energy Management System)로부터 목표 전력(Target Power)값을 받으면 그 값을 계통(Grid)에 공급하거나 또는 충전을 하며, 계통에 급격한 부하나 사고 등으로 계통의 주파수나 전압이 변동할 경우 드롭(Droop) 제어를 이용하여 유효전력 혹은 무효 전력을 계통에 공급하는 것이다.
- [0056] 드롭 제어는 계통의 주파수 변동 및 전압의 변동에 대해서 에너지 저장장치가 배터리에 저장된 유효전력 혹은 무효전력을 기울기를 두어 제어하는 방법이다.
- [0057] 그리고 이하의 설명에서 'SoC 피드백 제어'는 다음과 같이 정의될 수 있는데, 이로 한정되지 않는다.
- [0058] 계통의 전압 및 주파수를 측정하고, ESS(Energy Storage System)의 SoC(State of Charge)값을 측정하여 SoC 피드백값을 산출하여 이 값을 기반으로 주파수 드롭 제어 및 ESS(Energy Storage System)의 충방전 제어가 이루어지도록 하는 것이다.
- [0059] 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치는 도 3에서와 같이, ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 기준 주파수(f_{ref}) 및 검출된 전력계통 주파수(f)를 이용하여 변동 주파수 값(Δf)을 산출하는 전력 계통 주파수 측정부(30)와, 변동 주파수값(Δf) 및 피드백되는 SoC 주파수 지령값(K_f)에 따른 드롭 제어값 및 관성 모사 제어값을 출력하는 주파수 제어값 출력부(31)와, 주파수 제어값 출력부(31)의 드롭 제어값에 의해 계통 안정화를 위한 드롭 제어를 하는 드롭 제어부(34)와, 주파수 제어값 출력부(31)의 관성 모사 제어값에 의해 관성 모사 제어를 하는 관성 모사 제어부(35)와, 드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 높은 주파수 영역에서 많은 보상이 이루어지도록 하고 낮은 주파수 영역에서 주파수의 이득이 빨리 줄어들도록 하여 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 보다 강화하여 전력계통의 주파수 제어를 하여 ESS 출력을 제어하는 ESS 출력 제어부(36)와, ESS 출력 제어부(36)에 의한 ESS 출력 및 SoC의 관계에 따른 SoC 변동 값(ΔSoC)을 출력하는 SoC 변동값 출력부(32)와, SoC 변동값을 SoC 주파수 지령값(K_f)으로 변환하여 출력하는 SoC 주파수 지령값 출력부(33)를 포함한다.
- [0060] 이와 같은 구성을 갖는 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치의 관성 제어 방법을 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

- [0061] 도 4는 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 방법을 나타낸 플로우 차트이다.
- [0062] 먼저, ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 기준 주파수(f_{ref}) 및 검출된 전력계통 주파수(f)를 이용하여 변동 주파수값(Δf)을 산출한다.(S401)
- [0063] 이어, 변동 주파수값(Δf) 및 피드백되는 SoC 주파수 지령값에 따른 드롭 제어값 및 관성 모사 제어값을 출력한다.(S402)
- [0064] 그리고 드롭 제어값에 의해 계통 안정화를 위한 드롭 제어를 하고, 관성 모사 제어값에 의해 관성 모사 제어를 수행한다.(S403)
- [0065] 이어, 드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 높은 주파수 영역에서 많은 보상이 이루어지도록 하고 낮은 주파수 영역에서 주파수의 이득이 빨리 줄어들도록 하여 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 보다 강화하여 전력계통의 주파수 제어를 수행한다.(S404)
- [0066] 여기서, 피드백되는 SoC 주파수 지령값은, ESS 출력 제어부(36)에 의한 ESS 출력 및 SoC의 관계에 따른 SoC 변동값(ΔSoC)을 출력하여 SoC 변동값을 SoC 주파수 지령값(K_f)으로 변환하여 출력하는 SoC 주파수 지령값 출력 단계를 통하여 주파수 제어값 출력부(31)로 피드백된다.
- [0067] 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어에 의한 ESS(Energy Storage System) 제어 효과를 구체적으로 설명하면 다음과 같다.
- [0068] 도 5는 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어에 의한 ESS(Energy Storage System) 제어 효과를 나타낸 구성도이다.
- [0069] 도 5는 본 발명의 관성 제어를 적용한 것이 전력 계통에 적용이 되었을 때의 효과를 나타낸 것으로, 발전기 제어는 전력 계통 주파수 출력부(53) 및 드롭 제어부(54)에 의해 이루어지고, 이를 ESS에 설치되며 ESS의 등가 전달함수부(55) 부분이 추가되는 형태이다.
- [0070] 발전기의 출력 ΔP_G 과 전기적인 소비 ΔP_L 의 차이(ΔP)를 산출하는 전력 변동값 산출부(51)와, 등가전달함수부(55)의 ESS 등가 전달함수와 발전기 드롭 제어부(54)에서 전달되는 값을 합산하는 합산 출력부(56)와, 전력 변동값 산출부(51)의 전력 변동값(ΔP)을 입력받고 합산 출력부(56)를 피드백 형태로 제어하는 회전관성 제어값 출력부(52)와, 회전관성 제어값 출력부(52)에 의해 발전기의 회전관성에 영향을 주어 전력 계통 주파수(Δf)를 출력하는 전력 계통 주파수 출력부(53)를 포함한다.
- [0071] 이렇게 출력된 주파수의 변동이 생기게 되면, ESS의 등가전달함수부(55)와 발전기 드롭 제어부(54)에 영향을 주어 피드백 제어를 하게 된다.
- [0072] 도 6은 계통 주파수 - ESS의 출력 사이의 Bode 다이어그램을 통한 분석 그래프이고, 도 7은 부하의 변화와 계통 주파수 사이의 Bode 다이어그램을 통한 분석 그래프이다.
- [0073] 도 6의 (나)에서와 같이 종래 기술에서는 높은 주파수 영역에서 적게 보상이 이루어지는 형태이고, 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법에서는 드롭 제어 및 관성 모사 제어에 의해 높은 주파수 영역에서 많은 보상이 이루어지도록 하고, 도 7의 (다)에서와 같이 낮은 주파수 영역에서 주파수의 이득이 빨리 줄어들도록 것이다.
- [0074] 이와 같은 특성을 갖는 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법은 과도 상태에서의 ESS의 주파수 보상 능력을 보다 강화하여 전력계통의 주파수 제어가 빠른 응답 속도를 갖고 안정적으로 이루어질 수 있도록 한다.
- [0075] 이상에서 설명한 본 발명에 따른 에너지 저장장치의 관성제어를 위한 장치 및 방법은 ESS(Energy Storage System)를 갖는 전력계통의 주파수 제어를 위하여 주파수 Droop 제어 및 SoC 피드백 제어에 더하여 추가적으로 관성제어를 하여 응답 속도를 더 빠르게 할 수 있도록 한 것으로, 관성 모사 기능을 추가하여 전력계통의 주파수 안정도가 줄어드는 상황에서 빠른 제어 대역폭을 가지는 ESS의 활용을 높일 수 있도록 한 것이다.
- [0076] 이상에서의 설명에서와 같이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 본 발명이 구현되어 있음을 이해할 수 있을 것이다.
- [0077] 그러므로 명시된 실시 예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 하고, 본 발명의 범위는

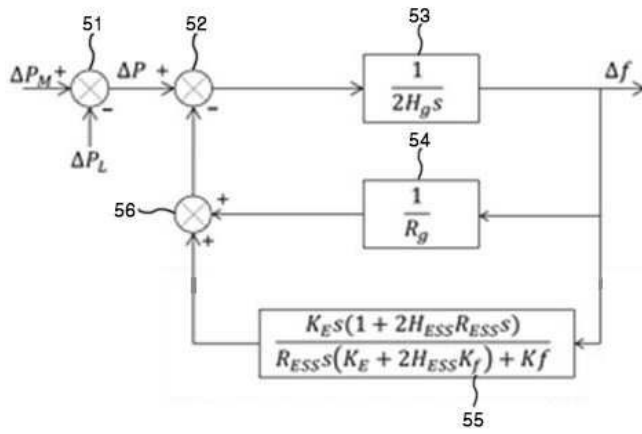
도면3



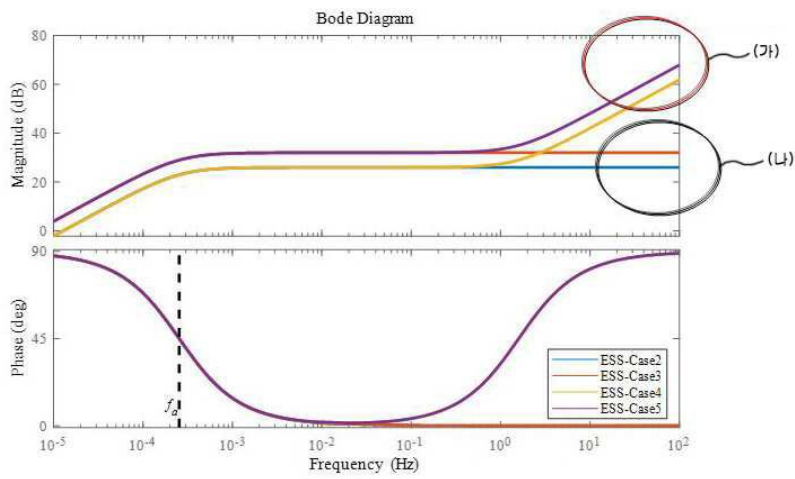
도면4



도면5



도면6



도면7

