(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0125786
(43) 공개일자 2015년11월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
*H02J 3/38* (2006.01) *H02J 3/46* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0052416
(22) 출원일자 2014년04월30일
심사청구일자 2014년04월30일

(71) 출원인
**고려대학교 산학협력단**
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
**장길수**
서울 중랑구 신내로21길 16, 513동 503호 (묵동, 신내대림두산아파트)
**정승민**
서울 성북구 안암로 145, 자연계캠퍼스 공학관 541호 (안암동5가, 고려대학교)
**김현욱**
서울 성북구 안암로 145, 자연계캠퍼스 공학관 541호 (안암동5가, 고려대학교)
(74) 대리인
**김등용**

전체 청구항 수 : 총 7 항

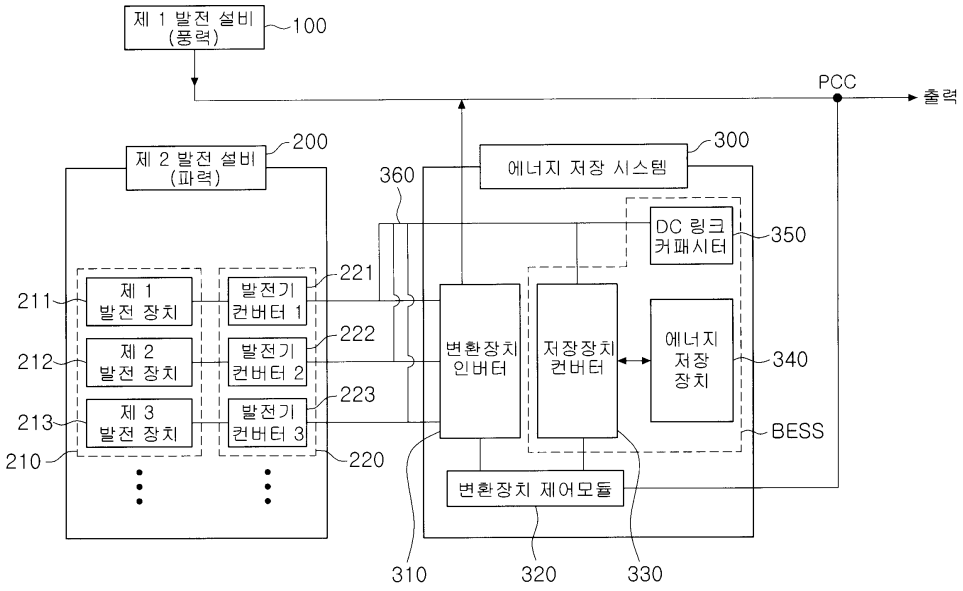
(54) 발명의 명칭 **복합 발전 시스템**

## (57) 요 약

본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템은 제1발전설비, 적어도 하나 이상의 발전장치를 포함하는 제2발전설비 및 제1발전설비의 출력단과 연결되고, 제2발전설비의 출력단과 연결되는 에너지 저장시스템을 포함하는 복합 발전 시스템으로, 교류전원을 직류전원으로 변환시키는 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터를 포함하되, 적어

(뒷면에 계속)

*대 표 도* - 도1



도 하나 이상의 발전기 컨버터 각각은 적어도 하나 이상의 발전장치 각각에 대응 연결되며, 에너지 저장 시스템은 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터의 출력단과 연결되고, 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터로부터 입력되는 직류전원을 교류전원으로 변환시키는 변환 장치 인버터, 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터 각각의 출력에 연결되어 상기 변환장치 인버터에 입력되는 직류전원을 공급하는 직류부, 저장장치 컨버터를 포함하고, 변환장치 인버터의 입력단과 저장장치 컨버터를 통해 직류부에 연결되어 직류전원을 저장하는 에너지저장장치 및 직류부에 연결되어 직류 전압을 유지시켜주는 DC링크 커패시터를 포함한다. 이와 같은 시스템을 통해 안정적인 전력공급이 가능하다.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

| | |
|---|---|
| 과제고유번호 | 1615006604 |
| 부처명 | 해양수산부 |
| 연구관리전문기관 | 한국해양과학기술진흥원 |
| 연구사업명 | 해양청정에너지 기술개발 |
| 연구과제명 | 부유식 파력-해상풍력 연계형 발전 |
| 기 여 율 | 1/1 |
| 주관기관 | 고려대학교 산학협력단 |
| 연구기간 | 2013.06.01 ~ 2016.05.31 |

# 명 세 서

## 청구범위

### 청구항 1

제1발전설비;

적어도 하나 이상의 발전장치를 포함하는 제2발전설비; 및

상기 제1발전설비의 출력단과 연결되고, 상기 제2발전설비의 출력단과 연결되는 에너지 저장시스템을 포함하는 복합 발전 시스템으로,

교류전원을 직류전원으로 변환시키는 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터를 포함하되, 상기 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터 각각은 상기 적어도 하나 이상의 발전장치 각각에 대응 연결되며,

상기 에너지 저장 시스템은 상기 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터의 출력단과 연결되고, 상기 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터로부터 입력되는 직류전원을 교류전원으로 변환시키는 변환 장치 인버터;

상기 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터 각각의 출력에 연결되어 상기 변환장치 인버터에 입력되는 직류전원을 공급하는 직류부;

저장장치 컨버터를 포함하고, 상기 변환장치 인버터의 입력단과 상기 저장장치 컨버터를 통해 상기 직류부에 연결되어 직류전원을 저장하는 에너지저장장치; 및

상기 직류부에 연결되어 직류 전압을 유지시켜주는 DC링크 커패시터를 포함하는 것을 특징으로 하는 복합 발전 시스템.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1발전설비는 풍력발전설비이고, 상기 제2발전설비는 파력발전설비인 것을 특징으로 하는 복합 발전 시스템.

### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 에너지저장장치의 출력단은 상기 변환 장치 인버터와 연결되는 것을 특징으로 하는 복합 발전 시스템.

### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 에너지 저장 시스템은 상기 복합 발전 시스템의 출력 전력량을 계측하여 상기 에너지 저장장치의 충전 또는 방전이 수행될 수 있도록 상기 변환장치 인버터를 제어하는 변환장치 제어모듈을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 복합 발전 시스템.

### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 변환장치 제어모듈은 상기 에너지 저장장치의 출력을 제어하고, 상기 에너지 저장장치의 SOC(State Of Charge)상태가 일정 범위 내를 유지할 수 있도록 제어하는 것을 특징으로 하는 복합 발전 시스템.

### 청구항 6

제4항에 있어서,

상기 변환장치 제어모듈은 상기 복합 발전 시스템의 출력 전력량이 최대전력 설정값을 초과한 경우 상기 에너지

저장장치가 충전될 수 있도록 하고, 최소전력설정값 미만인 경우 상기 에너지 저장장치가 방전될 수 있도록 하는 것을 특징으로 하는 복합 발전 시스템.

**청구항 7**

제1항에 있어서,

상기 에너지 저장장치는 배터리, 슈퍼커패시터, SMES 및 플라이휠 중 선택된 적어도 어느 하나인 것을 특징으로 하는 복합 발전 시스템.

## *발명의 설명*

### *기 술 분 야*

[0001] 본 발명은 복합 발전 시스템에 관한 발명으로서, 보다 상세하게는 풍력과 파력을 조합한 복합 발전 시스템에 관한 발명이다.

### *배 경 기 술*

[0002] 신 재생 에너지원에 대한 관심이 증가하고 전력전자설비 기술의 빠른 성장에 따라 소규모 분산전원의 용량이 증가하고 있다. 또한 단일 신 재생 에너지 발전 설비로 단지를 구성하기보다 서로 다른 환경의 영향을 받는 발전설비를 복합적으로 구성하여 환경에 의한 계통 영향을 줄이고 관련 기반 시설을 공유함으로써 경제성을 극대화하기 위한 방안이 주목받고 있다. 전력 산업 분야에서는 각 설비의 대형화 및 대단지화에 의한 출력 변동성이 커짐에 따라 출력 특성을 안정화하기 위한 기술에 주목하고 있으며, 분산 전원을 소규모 시스템으로 구성하여 하나의 발전 설비 단위로 연계, 출력제어를 수행하고자 하는 연구가 진행되고 있다. 추가적으로 신재생에너지원의 비중 증가에 대비하여 에너지 저장장치의 적극적인 수용 뿐만 아니라 출력 예측 시스템 개발, 다양한 에너지원의 보조적 활용에 대한 연구를 지속적으로 수행하고 있다.

[0003] 최근 주목 받고 있는 풍력 시스템은 출력 변동문제와 소음문제로 인해 해상에 대규모로 구성하는 방향으로 연구되고 있으며, 해상에서 발전이 가능하고 효율성에서 장점을 가지고 있는 태양광 및 파력발전과의 연계를 통한 복합시스템 구성이 고려되고 있다. 해상 풍력시스템을 구성하기 위해서는 계통에 전력을 공급하기 위한 송변전 설비 인프라를 구축해야 하며, 환경적으로 영향을 미치지 않는 타 발전설비와 연계시 인프라 구축비용이 절감된다는 장점이 있다.

[0004] 기존 전력계통에서는 분산전원의 낮은 용량으로 인해 발전량 변동을 예측하고 제어하기보다 변동성이 심한 발전설비를 분리하여 계통에의 영향을 차단하도록 제어하는 경우가 빈번했다. 그러나 복합발전과 같이 설비용량이 10MW를 초과하는 발전단위는 차단으로 인한 경제적 손실을 고려하여 보다 정확한 제어관리시스템이 요구되고 있다.

[0005] 현재 연구중인 풍력발전과 파력발전을 연계한 발전시스템은 풍력발전설비에 복수 개의 파력발전기가 설치된 파력발전설비로 구성된다.

[0006] 풍력발전설비의 출력과 복수 개의 파력발전기의 출력이 서로 연계되어 전체 출력에 반영되고 풍력발전설비의 출력불안정성을 복수 개의 파력발전기의 출력으로 보상하는 시스템이다.

[0007] 특히 이와 같은 시스템은 복수 개의 파력발전기 각각에는 컨버터가 설치되어 있어 복수 개의 파력발전기를 통해 출력되는 교류전력을 직류전력으로 변환하고 컨버터 각각에 연결되어 있는 인버터를 거쳐 계통과 연결된다.

[0008] 그러나 파력발전설비와 에너지 저장 시스템 각각이 포함하는 인버터는 발전전력에 비해 불필요하게 용량이 크고, 파력발전설비의 경우 복수 개의 발전기마다 설치되어야 하므로 부피가 커지고 그만큼 발전설비의 단가가 상승하는 문제가 있다. 또한 풍력과 파력발전시스템 연계의 특성상 인버터의 활용효율이 크지 못해 전체 이용률이 높지 못한 실정이다.

## *발명의 내용*

### *해결하려는 과제*

[0009] 본 발명은 위와 같은 문제를 해결하기 위해 안출된 것으로서 신재생에너지원에서 BESS(Battery Energy Storage System)활용이 극대화되고, 전력변환장치(PCS)의 활용율을 높이며, 복합발전시스템의 출력안정성에 기인할 수 있는 BESS를 활용한 발전시스템을 구현하는데 목적이 있다.

## 과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템은 제1발전설비, 적어도 하나 이상의 발전장치를 포함하는 제2발전설비 및 제1발전설비의 출력단과 연결되고, 제2발전설비의 출력단과 연결되는 에너지 저장시스템을 포함하는 복합 발전 시스템으로, 교류전원을 직류전원으로 변환시키는 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터를 포함하되, 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터 각각은 적어도 하나 이상의 발전장치 각각에 대응 연결되며, 에너지 저장 시스템은 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터의 출력단과 연결되고, 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터로부터 입력되는 직류전원을 교류전원으로 변환시키는 변환 장치 인버터, 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터 각각의 출력에 연결되어 상기 변환장치 인버터에 입력되는 직류전원을 공급하는 직류부, 저장장치 컨버터를 포함하고, 변환장치 인버터의 입력단과 저장장치 컨버터를 통해 직류부에 연결되어 직류전원을 저장하는 에너지저장장치 및 직류부에 연결되어 직류 전압을 유지시켜주는 DC링크 커패시터를 포함한다.

## 발명의 효과

[0011] 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전시스템은 신재생에너지원을 통한 발전에 출력안정성이 보장되고, 전력변환장치(PCS, Power Conversion System)의 활용율을 높일 수 있으며, 발전설비의 단가를 줄이면서, 설비의 부피도 줄일 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0012] 도1는 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템의 블록도이다.

도2은 PCS제어모듈의 기능블록도이다.

도3는 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템의 실제 구현 모형도이다.

도4는 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템의 회로구조도이다.

도5은 복합 발전 시스템의 풍력발전설비와 파력발전설비의 전체 출력을 도시한 그래프이다.

도6은 BESS와 연계된 복합 발전 시스템의 출력을 도시한 그래프이다.

## 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 본 명세서에 개시되어 있는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들에 대해서 특정한 구조적 또는 기능적 설명은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로서, 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 형태들로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.

[0014] 본 발명의 개념에 따른 실시 예들은 다양한 변경들을 가할 수 있고 여러 가지 형태들을 가질 수 있으므로 실시 예들을 도면에 예시하고 본 명세서에서 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명의 개념에 따른 실시 예들을 특정한 개시 형태들에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0015] 제1 또는 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않은 채, 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고 유사하게 제2 구성 요소는 제1 구성 요소로도 명명될 수 있다.

[0016] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성 요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성 요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는 중간에 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에"와 "바로 ~사이에" 또는 "~에 이웃하는"과 "~에 직접 이웃하는" 등도 마찬가지로 해석되어야 한다.

[0017] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 본 명세서에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0018] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0019] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.

[0020] 도1는 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템의 블록도이다.

[0021] 도1에 도시된 바와 같이 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템은 제1발전설비(100), 적어도 하나 이상의 발전장치(210)를 포함하는 제2발전설비(200) 및 제1발전설비(100)의 출력단과 연결되고, 제2발전설비(200)의 출력단과 연결되는 에너지 저장시스템(300)을 포함하고, 교류전원을 직류전원으로 변환시키는 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터(220)를 포함하되, 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터(220) 각각은 적어도 하나 이상의 발전장치(210) 각각에 대응 연결되며, 에너지 저장 시스템(300)은 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터(220)의 출력단과 연결되고, 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터(220)로부터 입력되는 직류전원을 교류전원으로 변환시키는 변환장치 인버터(310), 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터(220) 각각의 출력에 연결되어 변환장치 인버터(310)에 입력되는 직류전원을 공급하는 직류부(360), 저장장치 컨버터(330)를 포함하고, 변환장치 인버터(310)의 입력단과 저장장치 컨버터(330)를 통해 직류부(360)에 연결되어 직류전원을 저장하는 에너지저장장치(340) 및 직류부(360)에 연결되어 직류전압을 유지시켜주는 DC링크 커패시터(350)를 포함한다.

[0022] 또한 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템은 복합 발전 시스템의 출력 전력량을 계측하여 에너지 저장장치의 충전 또는 방전이 수행될 수 있도록 변환장치 인버터(310)를 제어하는 변환장치 제어모듈(320)을 더 포함한다.

[0023] 즉 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템은 에너지 저장 시스템(300)이 포함하고 있는 변환장치 인버터(310)를 제2발전설비(200)가 포함하고 있는 복수 개의 발전장치(210)들을 공유한다.

[0024] 제1발전설비(100)는 적어도 하나 이상의 발전기(미도시)를 포함한다. 특히 제1발전설비(100)는 풍력발전설비일 수 있으며, 적어도 하나 이상의 발전기는 풍력발전기일 수 있다. 특히 본 발명의 일실시예에 따른 풍력발전기가 포함하는 풍력 터빈은 DFIG(Doubly Fed Induction Generator, 이중여자 유도발전기)타입일 수 있다. 이러한 DFIG타입의 풍력발전장치를 사용함으로써 제한범위 가변 속 방식에서 권선형 유도 발전기는 여자전류를 고정자와 회전자 양쪽에서 인가할 수 있게 된다.

[0025] 발전기는 수직형, 수평형 풍력발전기일 수 있으며, 수백KW ~ 수MW의 발전출력을 가질 수 있고, 적어도 하나 이상의 발전기의 출력은 계통과 연결된다.

[0026] 제2발전설비(200)는 적어도 하나 이상의 발전장치(210)를 포함한다. 특히 제2발전설비(200)는 파력발전설비일 수 있으며, 적어도 하나 이상의 발전장치(210)는 파력발전기일 수 있다. 파력발전기는 작동원리에 따라 진동수주형, 월파형, 가동물체형 중 적어도 어느 하나일 수 있으며, 진동수주형 파력발전은 워터 칼럼 내부로 유입된 파랑에 의해 생기는 공간의 변화를 내부 공기의 유동으로 변환하고, 이를 유도관으로 유입하여 공기의 흐름을 생성시키고 유도관 내에 설치된 터빈을 회전시켜 전기를 얻는 방식이다. 특히 입사파가 장치의 전면에서 반사되어 중복파가 형성되고 이때 수면의 상부 노즐부에 공기의 흐름이 발생한다. 월파형 파력발전은 파랑의 진행방향 전면에 사면을 두어 운동에너지에 의해 파랑이 사면을 넘어서게 되면 이를 위치에너지로 변환하여 저수한 후 형성된 수두차(1차 변환)를 이용하여 저장된 해수를 저수지의 하부로 흘리면 통로 하부에 설치된 수차터빈(2차 변환)이 회전하여 발전하는 방식이다. 가동물체형은 수면의 움직임에 따라 민감하게 반응하도록 고안된 기구를 사용하여 파랑에너지를 기구에 직접 전달하여 기구의 움직임을 전기 에너지로 변환하는 방식이다. 발전장치(210)는 수KW ~ 수백 KW의 발전출력을 가질 수 있다.

[0027] 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템은 복수개의 파력발전장치인 제1발전장치(211), 제2파력발전장치(212), 제3파력발전장치(213), …를 포함한다. 복수 개의 파력발전장치에서 생성되는 전원은 교류전원일 수 있다. 이에 복수 개의 파력발전장치 각각에는 발전기 컨버터(220)가 연결되어 교류전원을 직류전원으로 변환시킨다.

[0028] 에너지 저장 시스템(300)은 앞서 살펴본 제2발전설비(200)인 파력발전 설비의 출력과 연결되어 전력을 충전 또는 방전시킨다. 에너지 저장 시스템(300)은 변환장치 인버터(310), 변환장치 제어모듈(320), 저장장치 컨버터(330), 에너지 저장장치(340), DC링크 커패시터(350)를 포함한다.

[0029] 변환장치 인버터(310)는 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터(220)의 출력단과 연결되어 입력되는 직류전원을 교류전원으로 변환시킨다.

[0030] 변환장치 인버터(310)를 통해 변환된 교류전원은 계통과 연결되어 전원을 공급할 수 있으며, DC링크 커패시터(350)을 통해 저장장치 컨버터(330)와 연결되어 잉여전원을 에너지 저장장치(340)에 저장할 수 있다.

[0031] 저장장치 컨버터(330)는 직류부(360)와 연결되어 복수 개의 발전기 컨버터(220) 각각에서 입력되는 직류전원을 에너지 저장장치(340)의 정격 직류전원으로  변환한다.

[0032] 변환장치 제어모듈(320)은 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템의 전체 출력 전력량을 계측하여 에너지 저장장치(340)의 충전 또는 방전이 수행될 수 있도록 변환장치 인버터(310)를 제어한다. 또한 변환장치 제어모듈(320)은 에너지 저장장치(340)의 출력을 제어하고, 에너지 저장장치(340)의 SOC(State Of Charge)상태가 일정 범위 내를 유지할 수 있도록 변환장치 인버터(310)를 제어할 수 있다.

[0033] 도3은 변환장치 제어모듈의 기능블록도이다.

[0034] 도3에 도시된 바와 같이 변환장치 제어모듈(320)은 전류벡터 기준값 생성모듈(321), DC/AC컨버터 전류제어모듈(322), 위상 동기 모듈(PLL)(323), DQ역변환 모듈(324), PWM생성 모듈(325)을 포함한다.

[0035] 전류벡터 기준값 생성모듈(321)에 의하면 설정된 전류벡터의 기준값($I_{d_ref}$, $I_{q-ref}$)은 DC/AC컨버터 전류제어모듈(322)의 제어명령으로 사용된다. DC/AC컨버터 전류제어모듈(322)은 전류 벡터의 기준값과 현재의 전류 벡터 정보를 비교하여 만들어진 오차정보를 이용하여 변환장치 인버터(310)가 출력해야할 출력 전압 벡터($V_{d_ref}$, $V_{q_ref}$)을 만들어낸다.

[0036] DQ역변환 모듈(324)은 위상동기 모듈(PLL)(323)에서 만들어진 위상각 추정정보와 DC/AC컨버터 전류 제어모듈(322)에서 만들어진 출력 전압 벡터의 정보를 이용하여 삼상 교류전압 기준파형을 생성한다. DQ역변환 모듈(324)에서 생성된 삼상 교류전압 기준파형은 PWM생성모듈(325)에 의하여 변환장치 인버터(310)의 각 스위칭 소자에 On/Off신호로 만들어져 이를 제어한다.

[0037] 직류부(360)는 적어도 하나 이상의 발전기 컨버터(220) 각각의 출력에 연결되어 에너지 저장 시스템에 직류전원을 공급한다. 특히 직류부(360)는 변환장치 인버터(310)와 연결되고, DC링크 커패시터(350) 및 저장장치 컨버터(330)과 연결된다. DC링크 커패시터(350)와 연결되어 있는 직류부(360)는 제2발전설비(200)를 통해 발전된 교류전원이 복수 개의 발전기 컨버터(220)를 통해 직류전원으로 변환된 전원을 저장장치 컨버터(330)으로 제공하고 저장장치 컨버터(330)은 에너지 저장장치(340)로 전력을 저장한다.

[0038] 직류부(360)는 변환장치 인버터(310)와 연결된다. 직류부(360)를 통해 변환장치 인버터(310)로 유입되는 직류전원은 변환장치 인버터(310)를 통해 교류전원으로 변환되고 변환된 교류전원은 계통과 연결된다.

[0039] DC링크 커패시터(350)는 직류부(360)를 통해 저장장치 컨버터(330)와 연결된다. DC링크 커패시터(350)에 저장된 직류전원은 변환장치 제어모듈(320)을 통해 출력값을 출력 기준값으로 추종제어하여 변환장치 인버터(310)를 통해 다시 교류전원으로 변환되어 계통에 출력한다.

[0040] 에너지 저장장치(340)는 배터리, 슈퍼커패시터, SMES(초전도 저장장치) 및 플라이휠 중 선택된 적어도 어느 하나일 수 있으며, 충전 또는 방전을 통해서 복합 발전 시스템의 출력안정성을 보장하는 기능을 한다. 보다 상세한 내용은 후술한다.

[0041] 이상 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템을 구성하는 각 요소에 대해서 살펴보았다. 이하 도1, 도3 내지 도4를 참고하여 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템의 전력생산의 작동상태를 설명한다.

[0042] 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템은 BESS(Battery Energy Storage System)를 활용한 발전 시스템이

다. BESS는 도1에 도시된 바와 같이 저장장치 컨버터(330)와 에너지 저장장치(340), DC링크 커패시터(360)를 포함하는 시스템일 수 있다. 이와 같은 BESS를 통해 복합 발전 시스템의 출력 안정성이 보장된다.

[0043] 도3은 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템의 실제 구현 모형도이다.

[0044] 도4는 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템의 회로구조도이다.

[0045] 도1, 도3 및 도4에 도시된 바와 같이 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템은 각 모서리에 풍력터빈 2MW DFIG로 총 4기의 풍력발전기가 포함된다. 도3에 도시된 바와 같이 외곽에 구성될 파력발전 시스템은 100KW급 PMSLG발전장치로 24기의 발전기가 1개의 PCS에 연계되어 출력을 발생시킨다. 개별 풍력 터빈은 역률제어를 수행하게 되며, 풀 컨버터 방식으로 구성될 파력발전의 각종 변환장치는 변환장치 제어모듈에 의해 무효전력제어를 수행하게 된다.

[0046] 도3을 참고하면 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템에서 풍력발전설비는 4기의 풍력터빈이 회전하면서 전력을 발생시킨다. 동시에 파력발전설비는 복수개 구비된 파력발전장치(211', 212', 213' …)에 의해 전력을 발생시킨다. 파력발전장치를 통해 교류전원이 생성되고, 이를 각 파력발전장치에 연결된 발전기 컨버터(220)를 통해 직류전원으로 변환한다. 직류전원으로 변환된 전력은 직류부(360)를 통해서 변환장치 인버터(310)로 입력되고, 변환장치 인버터(310)는 직류전원을 교류전원으로 변환한다. 변환장치 인버터(310)는 변환된 교류전원을 풍력발전설비의 출력과 연계지점인 PCC(Point of Common Coupling)로 출력한다.

[0047] 또 한편으로 복수 개의 발전기 컨버터(220)를 통해 출력되는 직류전원은 직류부(360)와 연결되어 있는 저장장치 컨버터(330)를 통해 에너지 저장장치(340)로 공급되어 에너지 저장장치(340)를 충전시킨다. 변환장치 제어모듈(320)은 제2발전설비(200)가 계통에 공급하는 전력을 실시간으로 모니터링하여 기준최대출력을 넘거나 기준최소출력을 상회하는 상태가 계속되는 등 안정적인 전원공급이 진행되고 있는 상태에서 직류부(360)와 저장장치 컨버터(330)를 통해 연결되어 있는 에너지 저장장치(340)를 충전시킬 수 있다.

[0048] 변환장치 인버터(310)의 출력 변화는 변환장치 제어모듈(320)에 의해서 변환장치 인버터(310)와 연결된 스위치의 제어에 의해서 달성된다. 변환장치 제어모듈(320)은 PCC에서 본원발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템에 의한 전체 출력을 실시간으로 모니터링하여 기준최대출력, 기준최소출력 각각을 초과하거나 미달되는지를 판단한다.

[0049] 도5는 복합 발전 시스템의 풍력발전설비와 파력발전설비의 전체 출력을 도시한 그래프이다.

[0050] 도5에 도시된 바와 같이 복합발전 시스템의 연계지점인 PCC에서의 전체 출력은 다음 수학식1과 같이 정의할 수 있다.

*수학식 1*

[0051] $$P_{PCC} = P_{WIND} + P_{WAVE} + P_{B}$$

[0052] $P_{PCC}$는 계통연계지점에서의 복합발전출력이고, $P_{WIND}$는 풍력발전설비의 전체 출력이고, $P_{WAVE}$는 파력발전설비의 전체 출력이고, $P_{B}$는 에너지 저장장치(340)를 포함하는 BESS의 출력을 의미한다.

[0053] 도6은 BESS와 연계된 복합 발전 시스템의 출력을 도시한 그래프이다.

[0054] 도6은 복합발전 시스템 출력의 경우 BESS를 구성하여 2.4MVA의 PCS를 파력발전과 연동한 경우이다. 가능한 에너지 저장 시스템(300)의 용량 안에서 BESS의 충전 또는 방전이 수행된다.

[0055] 이와 같은 시스템 내에서 적절한 복합 발전 출력은 8MW의 최대출력, 3.6MW의 최소출력으로 나타난다. 이러한 출력 구간을 통해 2.2MW까지 발생했던 최소 출력이 상당량 보상된 것을 도6을 통해 확인할 수 있다. 또한 최대 출력부분에서 심하게 발생했던 변동부분이 BESS제어(변환장치 제어모듈의 변환장치 인버터의 동작제어)를 통해 완화되는 것을 확인할 수 있다. 결국 BESS와 직접 연계되어 있는 파력발전기에 관한 충전 또는 방전이 우선 수행되며 용량을 초과하는 풍력 잉여분량에 대해서는 충전이 이뤄지지 않는 것을 확인할 수 있다.

[0056] 보다 상세히 설명하면, 초기에 풍력발전설비의 출력이 점차 증가하고, 파력발전설비의 출력 또한 점차 증가한다. 두 출력을 합한 전체 출력은 마찬가지로 점점 증가하여 기준최대출력과 기준최소출력 사이의 출력을

유지한다. 또한 일부 구간에서 기준최대출력을 넘어선다. 이때 변환장치 제어모듈(320)은 변환장치 인버터(310)를 제어하고 발전기 컨버터(220)와 연결된 직류부(360)를 통해 유입되는 직류전원은 저장장치 컨버터(330)와 연결된 에너지 저장장치(340)에 충전된다.

[0057] 이와 반대로 도7에서 x축의 8초를 넘어선 구간에서 전체 출력은 점점 감소하게 되고 기준최소출력에 미달이 예상되는 상황에서 에너지 저장장치(340)는 저장장치 컨버터(330)로 전하를 방전시키고 DC링크 커패시터(350)에 전하를 저장한다. DC링크 커패시터(350)에 저장된 전하는 변환장치 인버터(310)를 통해 교류전원으로 변환되어 복합발전 시스템의 전체 출력에 더해짐으로서, 기준최소출력을 상회하도록 한다.

[0058] 즉 본 발명의 일실시예에 따른 복합 발전 시스템은 BESS를 활용한 발전시스템으로서 기준 최대출력과 기준 최소출력 사이의 출력이 보장될 수 있도록 함과 동시에 AC전력을 출력하는 변환장치 인버터(310)를 파력발전설비와 공유함으로서 전력변환장치의 활용율을 높일 수 있도록 한다.

## 부호의 설명

[0059] 100 제1발전설비 200 제2발전설비

210 발전장치 220 발전기 컨버터

300 에너지 저장 시스템 310 변환장치 인버터

320 변환장치 제어모듈 321 전류벡터 기준값 생성모듈

322 DC/AC컨버터 전류제어모듈

323 위상동기모듈(PLL) 324 DQ역변환모듈

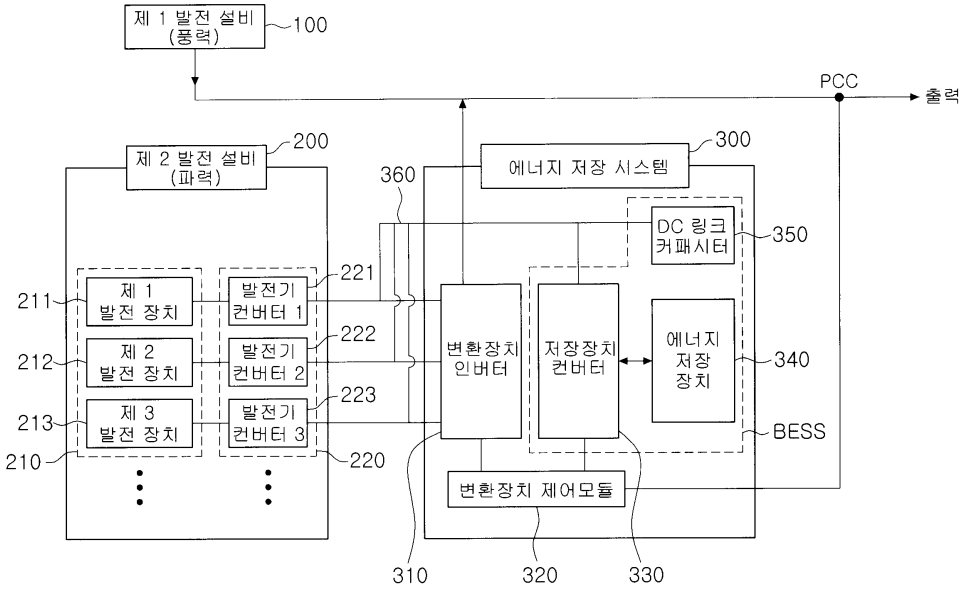
325 PWM생성모듈 330 저장장치 컨버터

340 에너지 저장장치 350 DC링크 커패시터

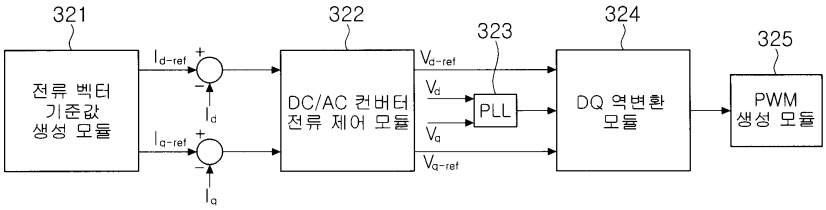
360 직류부

## 도면

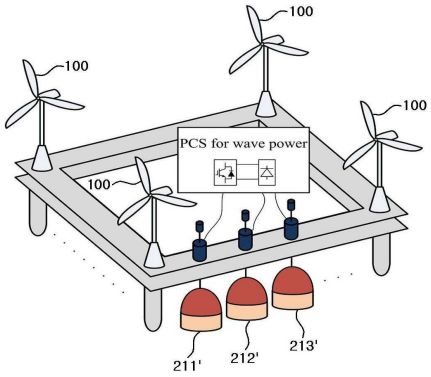
### 도면1



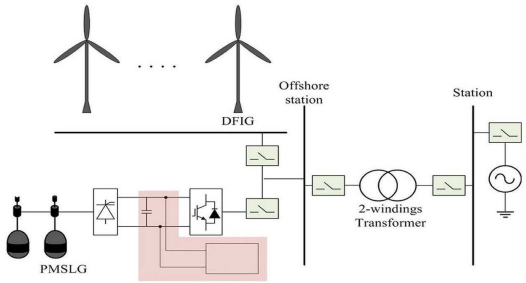
도면2



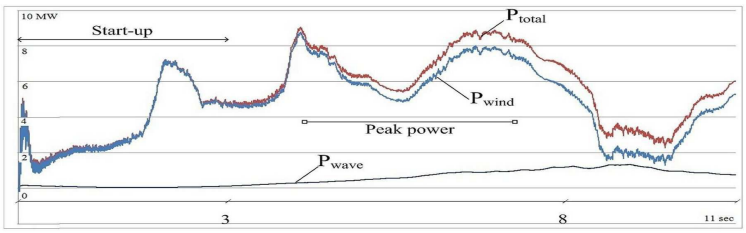

도면3



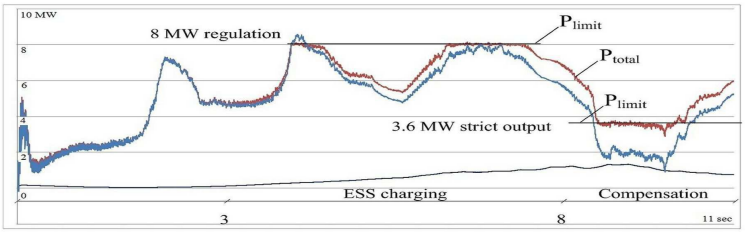

도면4




도면5



도면6


10 MW
8
6
4
2
0
8 MW regulation
P limit
P total
P limit
3.6 MW strict output
ESS charging
Compensation
3
8
11 sec