



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0093164
(43) 공개일자 2016년08월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 3/46 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02J 3/46 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0013588

(22) 출원일자 2015년01월28일

심사청구일자 2015년01월28일

(71) 출원인

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

장길수

서울특별시 중랑구 신내로21길 16 513동 503호
(목동, 신내5단지대림아파트)

정승민

서울특별시 광진구 구의강변로5길 7 101동 801호
(구의동, 성동강변파크빌)

김현욱

서울특별시 서대문구 통일로34길 46 107동 201호
(홍제동, 인왕산현대아파트)

(74) 대리인

김동용, 김홍석, 이강녕

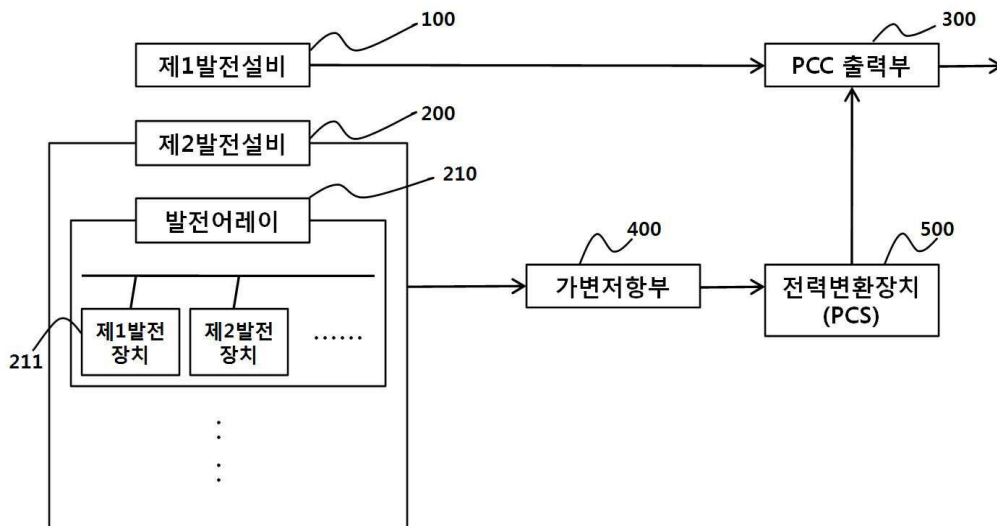
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 복합발전 출력제어 시스템

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템은 제1발전설비, 적어도 하나 이상의 발전어레이를 포함하는 제2발전설비 및 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 연계지점인 PCC(Point of Common Coupling)출력부를 포함하는 복합발전 출력제어 시스템으로서, 상기 발전어레이는 서로 연결되어 있는 적어도 하나 이상의 발전장치를 포함하고, 상기 제2발전설비의 직류부에 연결되어 PCC출력부의 출력을 제어하는 가변저항부 및 상기 가변저항부와 연결되어 상기 제2발전설비에서 생산된 직류전원을 교류전원으로 변환하는 전력변환장치를 포함한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 D11302713H310000130

부처명 해양수산부

연구관리전문기관 한국해양과학기술원

연구사업명 해양청정에너지기술개발사업

연구과제명 10MW급 부유식 파력-해상풍력 연계형 발전시스템 설계기술 개발 및 인프라 구축

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2013.06.01 ~ 2016.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1발전설비;

적어도 하나 이상의 발전어레이를 포함하는 제2발전설비; 및

상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 연계지점인 PCC(Point of Common Coupling)출력부를 포함하는 복합발전 출력제어 시스템으로서,

상기 발전어레이는 서로 연결되어 있는 적어도 하나 이상의 발전장치를 포함하고,

상기 제2발전설비의 직류부에 연결되어 PCC출력부의 출력을 제어하는 가변저항부; 및

상기 가변저항부와 연결되어 상기 제2발전설비에서 생산된 직류전원을 교류전원으로 변환하는 전력변환장치를 포함하는 것을 특징으로 하는 복합발전 출력제어 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 가변저항부는 가변저항과 상기 가변저항을 제어하기 위한 가변저항 제어모듈을 포함하는 것을 특징으로 하는 복합발전 출력제어 시스템.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 가변저항 제어모듈은 상기 가변저항의 저항값을 결정하기 위해 상기 적어도 하나 이상의 발전장치의 구간별 어드미턴스 값, 초기전압값 및 등가전류원을 이용하는 것을 특징으로 하는 복합발전 출력제어 시스템.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 가변저항 제어모듈은 아래 [수학식 1]에 대한 반복계산법(Iteration)을 이용하여 구간별 예측출력전압을 계산하고, 아래 [수학식 2]에 의해 [수학식 1]의 어드미턴스 요소인 g_n 을 계산하고, [수학식 3]에 의해 가변저항값을 계산하는 것을 특징으로 하는 복합발전 출력제어 시스템.

[수학식 1]

$$[V] = [g]^{-1} \times [I]$$

여기서 [V]는 각 발전장치의 구간별 전압으로 구성된 행렬, [g]는 각 발전장치의 구간별 어드미턴스로 구성된 행렬, [I]는 각 발전장치의 구간별 전류값으로 구성된 행렬

[수학식 2]

$$g_n = -(P_n / V_n^2)$$

여기서, g_n 은 각 발전장치의 구간별 어드미턴스값, P_n 은 각 발전장치의 구간별 전력값, V_n 은 각 발전장치의 구간별 전압값

[수학식 3]

$$g_{vr} = P_{vr} / V_{PCS}^2$$

여기서, g_{vr} 은 가변저항의 저항값, P_{vr} 은 가변저항의 전력값, V_{PCS} 는 제2발전설비의 전력변환장치에서의 전압

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전력변환장치는 풀컨버터(full converter)방식으로 무효전력제어를 수행하는 것을 특징으로 하는 복합발전 출력제어 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1발전설비는 풍력발전설비이며, 상기 제2발전설비는 파력발전설비이고, 상기 파력발전설비는 복수개의 PMSLG발전기를 포함하는 것을 특징으로 하는 복합발전 출력제어 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복합발전 출력제어 시스템에 관한 발명으로써, 보다 상세하게는 풍력과 파력을 조합한 복합발전에서 출력을 제어하는 시스템에 관한 발명이다.

배경 기술

[0002] 신재생에너지원에 대한 관심이 증가하고 전력전자설비 기술의 빠른 성장에 따라, 소규모 분산전원설비의 용량이 증가하고 있다. 또한, 단일 신재생에너지 발전 설비로 단지를 구성하기보다 서로 다른 환경의 영향을 받는 발전 설비를 복합적으로 구성하여 환경에 의한 계통 영향을 줄이고 관련 기반시설을 공유함으로써 경제성을 극대화하기 위한 방안이 주목받고 있다. 전력 산업 분야에서는, 각 설비의 대형화 및 대단지화에 의한 출력변동성이 커짐에 따라 출력특성을 안정화하기 위한 기술에 주목하고 있으며 분산전원을 소규모 시스템으로 구성하여 하나의 발전 설비 단위로 연계, 출력제어를 수행하고자 하는 연구가 진행되고 있다.

[0003] 추가적으로, 신재생에너지원의 비중 증가에 대비하여 전체 시스템의 출력 제어 뿐 아니라 출력 예측 시스템 개발, 무효전력의 추가적 공급 방안에 대한 연구를 지속적으로 수행하고 있다.

[0004] 최근 주목 받고 있는 풍력시스템은 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. 해상풍력시스템을 구성하기 위해서는 계통에 전력을 공급하기 위한 송변전 설비 인프라를 구축해야 하며, 환경적으로 영향을 미치지 않는 타 발전설비와 연계 시 인프라 구축비용이 절감된다는 장점이 있다.

[0005] 기존 전력계통에서는 분산전원의 낮은 용량으로 인해 발전량 변동을 예측하고 제어하기보다, 변동성이 심할 경우 발전 설비를 분리하여 계통에의 영향을 차단하도록 제어하는 경우가 빈번했다. 그러나 복합발전과 같이 설비 용량이 10 MW를 초과하는 발전 단위는 차단으로 인한 경제적 손실을 고려하여 보다 정확한 제어관리시스템의 필요성이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 복합발전의 전력을 제어하기 위해서 발전시스템의 직류부에서 전압변동을 고려할 수 있는 복합발전 출력제어 시스템을 제공하는데 있다. 또한 출력제어를 다수의 유닛으로 수행할 수 있는 복합발전 출력제어 시스템을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템은 제1발전설비, 적어도 하나 이상의 발전어레이를 포함하는 제2발전설비 및 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 연계지점인 PCC(Point of Common Coupling)출력부를 포함하는 복합발전 출력제어 시스템으로서, 상기 발전어레이는 서로 연결되어 있는 적어도 하나 이상의 발전장치

를 포함하고, 상기 제2발전설비의 직류부에 연결되어 PCC출력부의 출력을 제어하는 가변저항부 및 상기 가변저항부와 연결되어 상기 제2발전설비에서 생산된 직류전원을 교류전원으로 변환하는 전력변환장치를 포함한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템에 의하면 전력제어에 따른 빠른 응답과 무효전력을 항상시킬 수 있으며, 복합발전설비를 동시에 전력제어에 참여시킬 수 있어 효과적으로 출력지령에 맞는 제어를 수행할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0009] 도1은 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템의 구성도이다.
 도2는 본 발명의 실시예에 따른 가변저항부의 기능블럭도이다.
 도3은 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템의 개념도이다.
 도4는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전의 각 발전기와 회로구성도이다.
 도5는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템의 개략적인 계통도이다.
 도6은 도5에 도시된 복합발전 출력제어 시스템의 등가회로도이다.
 도7은 가변저항을 구하기 위한 예시행렬을 전체시스템으로 확대한 행렬계산식이다.
 도8은 일반적인 복합발전 출력제어 시스템의 출력변동을 나타낸 그래프이다.
 도9는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템의 출력변동을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 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.

[0011] 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.

[0012] 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.

[0013] 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.

[0014] 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.

[0015] 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 사

용되는 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.

- [0016] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.
- [0017] 도1은 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템의 구성도이다.
- [0018] 도1에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템은 제1발전설비(100), 적어도 하나 이상의 발전어레이(210)를 포함하는 제2발전설비(200) 및 상기 제1발전설비(100)와 상기 제2발전설비(200)의 연계지점인 PCC(Point of Common Coupling)출력부(300)를 포함하는 복합발전 출력제어 시스템으로서, 상기 발전어레이(210)는 서로 연결되어 있는 적어도 하나 이상의 발전장치(211)를 포함하고, 상기 제2발전설비(200)의 직류부에 연결되어 PCC출력부(300)의 출력을 제어하는 가변저항부(400) 및 상기 가변저항부(400)와 연결되어 상기 제2발전설비(200)에서 생산된 직류전원을 교류전원으로 변환하는 전력변환장치(PCS)(500)를 포함한다.
- [0019] 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.
- [0020] 발전기는 수직형, 수평형 풍력발전기일 수 있으며, 수백KW ~ 수MW의 발전출력을 가질 수 있고, 적어도 하나 이상의 발전기의 출력은 계통과 연결된다.
- [0021] 제2발전설비(200)는 적어도 하나 이상의 발전어레이(210)를 포함한다. 특히 제2발전설비(200)는 파력발전설비일 수 있으며, 적어도 하나 이상의 발전어레이(210)는 적어도 하나 이상의 발전장치(211)를 포함할 수 있으며, 여기서 발전장치(211)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 중첩파가 형성되고 이때 수면의 상부 노즐부에 공기의 흐름이 발생한다. 월파형 파력발전은 파랑의 진행방향 전면에서 수면을 두어 운동에너지를 의해 파랑이 수면을 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.
- [0022] 가동물체형은 수면의 움직임에 따라 민감하게 반응하도록 고안된 기구를 사용하여 파랑에너지를 기구에 직접 전달하여 기구의 움직임을 전기 에너지로 변환하는 방식이다. 발전장치는 수KW ~ 수백 KW의 발전출력을 가질 수 있다.
- [0023] PCC출력부(300)는 제1발전설비(100)와 제2발전설비(200)에서 생산되는 전력을 부하로 제공하는 기능을 담당하고, 출력되는 전력은 교류전력일 수 있다. PCC출력부(300)는 제1발전설비(100)와 연결되어 있으며, 제2발전설비(200)의 전력변환장치(PCS)(500)와 연결되어 있다.
- [0024] 가변저항부(400)는 PCC출력부(300)에서 출력되는 전력을 제어하는 기능을 수행한다.
- [0025] 도2는 본 발명의 실시예에 따른 가변저항부의 기능블럭도이다.
- [0026] 도2에 도시된 바와 같이 가변저항부(400)는 가변저항(410)과 가변저항 제어모듈(420)을 포함한다. 가변저항(410)은 전기회로에서 저항값을 임의로 바꿀 수 있는 저항기이다.
- [0027] 가변저항 제어모듈(420)은 가변저항부(400)에 있는 가변저항의 저항값을 결정한다. 가변저항 제어모듈(420)에 의해 결정되는 가변저항은 유효전력에 적합한 가변저항값을 설정한다. 특히 가변저항부(400)는 복합발전 출력제어 시스템의 직류부(DC부)에 연결되어 복합발전 출력제어 시스템의 PCC출력부(300)의 출력에 영향을 미친다. 가변저항 제어모듈(420)은 특히 제2발전설비(200), 보다 상세하게는 적어도 하나 이상의 파력발전장치의 각 구간의 전압을 예측한다. 가변저항 제어모듈(420)에 의해서 결정되는 가변저항값에 대해서는 아래 실시예를 통해서 상세히 설명한다.
- [0028] 제2발전설비(200)는 적어도 하나 이상의 발전어레이(210)를 포함하고, 발전어레이(210)는 복수개의 발전장치

(211)를 포함한다. 본 발명의 실시예에 따른 복수 개의 발전장치는 파력발전장치일 수 있으며, 각각의 파력발전장치에서 생산되는 전력은 교류전력이다. 각 파력발전장치는 교류전력을 직류전력으로 변환하는 복수개의 AC/DC 컨버터(미도시)와 연결되어 있어 직류부에 직류전력을 공급한다.

[0029] 전력변환장치(PCS)(500)는 가변저항부(400)와 연결되어 있으며, 직류부에 연결되어 있는 가변저항부(400)에서 공급되는 직류전력을 교류전력으로 변환하여 PCC출력부(300)로 제공한다.

[0030] 이상 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템의 각 구성에 대해서 살펴보았다. 이하 본 발명의 실시예에 따른 실제 구현된 복합발전 출력제어 시스템에 대해서 설명한다.

[0031] 도3은 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템의 개념도이다.

[0032] 도4는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전의 각 발전기와 회로구성도이다.

[0033] 도3과 도4에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템은 파력-해상풍력 복합발전 출력제어 시스템으로서, 해상에서의 연동가능성을 바탕으로 구상되었다. 도3과 같이 복합발전 출력제어 시스템은 부유식 시스템으로 10MW급의 풍력발전 설비용량과 2.4MW급 파력발전 설비용량으로 구성된다. 발전되는 전력은 해상변전소를 통해 계통과 연계된다.

[0034] 도4와 같이 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템은 하나의 어레이에 6개의 파력발전장치를 포함하고 있으며, 각 어레이는 어레이 연결 포인트(C1, C2)에서 연결된다. 어레이 연결 포인트(array connection point)는 서로 연결되어 가변저항부와 전력변환장치(PCS)와 연결되어 있다. 파력발전장치와 풍력발전장치는 PCC 출력부를 통해 변전소(substation)와 연결된다.

[0035] 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템은 도3에 도시된 바와 같이 4개의 풍력발전장치를 포함할 수도 있으며, 도4에 도시된 바와 같이 2개의 풍력발전장치를 포함할 수도 있으나 반드시 이에 제한되는 것은 아니다. 또한 하나의 어레이에 6개의 파력발전장치를 포함하고 있으나 반드시 이에 제한되는 것은 아니다.

[0036] 이하 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템에서 가변저항값을 결정하는 방법에 대해서 살펴본다.

[0037] 설명의 편의상 하나의 어레이 연결 포인트(array connection point)(C1)를 갖고, 하나의 어레이에 2개의 파력발전장치가 구비되어 있는 복합발전 출력제어 시스템의 경우를 예를 들어 설명한다.

[0038] 도5는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템의 개략적인 계통도이다.

[0039] 도6은 도5에 도시된 복합발전 출력제어 시스템의 등가회로도이다.

[0040] 앞서 설명한 바와 같이 복합발전 출력제어 시스템 내부의 파력발전용 전력변환장치(PCS)와 파력발전 사이에는 직류부(DC시스템)로 구성되며 각 구간의 전압은 파력발전기 출력에 따라 달라진다. 이 직류부 내부에 가변저항을 연동하여 제어하고자 한다면 유효전력에 적합한 가변저항값을 설정해야 한다. 이러한 가변저항값을 설정하기 위해서는 먼저 각 구간의 전압이 적절히 예측되어야 한다.

[0041] 도6의 등가회로를 수학적식으로 표현하면 아래 수학적 식 1과 같다.

[0042] [수학적 식 1]

$$\begin{bmatrix} (g_1+g_2) & (-g_{12}) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ (-g_{12}) & (g_2+g_{12}+g_{2c1}) & 0 & 0 & (-g_{2c1}) & 0 \\ 0 & 0 & (g_3+g_{34}) & (-g_{34}) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & (-g_{34}) & (g_4+g_{34}+g_{4c1}) & (-g_{4c1}) & 0 \\ 0 & (-g_{21}) & 0 & (-g_{4c1}) & (g_{T1}+g_{2c1}+g_{4c1}) & (-g_{T1}) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & (-g_{T1}) & (g_{T1}+g_{vr}+g_{sc}) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_{c1} \\ V_{pcs} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ I_{sc} \end{bmatrix}$$

[0044] 여기서, g_n 은 파력발전기의 어드미턴스 값, g_{vr} 은 가변저항의 어드미턴스 값, g_{eq} 는 전력변환장치의 등가 어드미턴스 값, g_{lm} 은 l과 m사이의 어드미턴스 값, V_n 은 각 지점의 전압값, I_{eq} 는 전력변환장치의 등가전류를 의미한다.

[0045] 제어하고자 하는 전력에 맞는 등가 저항은 다음 수학적 식 2에 의해 계산된다.

[0046] [수학적 식 2]

- [0047] $g_{vr}=P_{vr}/V_{PCS}^2$
- [0048] 여기서 V_{pcs} 값을 얻기 위해서 각 파력발전기의 출력을 통해 등가 어드미턴스 값을 얻어야 하고 등가 어드미턴스 값은 다음 수학적 식 3으로 표현할 수 있다.
- [0049] [수학적 식 3]
- [0050] $g_n=-(P_n/V_n^2)$
- [0051] 등가 어드미턴스 값(g_n)과 각 구간의 초기 전압값, 등가 전류원의 전류값을 바탕으로 반복계산법(Iteration)을 활용하여 각 파력발전기 출력전압, 제어하고자 하는 유효전력 값에 맞는 가변저항값을 계산할 수 있다.
- [0052] 반복계산법은 아래 수학적 식 4와 같이 나타낼 수 있다.
- [0053] [수학적 식 4]
- [0054] $[V]=[g]^{-1} \times [I]$
- [0055] 이와 같은 수식은 앞선 수학적 식 1의 행렬에서 $[g]$ 행렬의 역행렬을 통해 연산을 수행한 것이다.
- [0056] 도7은 가변저항을 구하기 위한 예시행렬을 전체시스템으로 확대한 행렬계산식이다.
- [0057] 이와 같은 수식을 전체 시스템으로 확대할 경우 행렬의 크기는 도7에 도시된 바와 같다. 여기서 전체 시스템이란 두개의 파력발전 어레이 연결 포인트를 갖고 복수개의 파력발전장치를 포함하는 복합발전 출력제어 시스템으로서 도4에 도시된 시스템을 예로 들 수 있다.
- [0058] 가변저항을 설정할 경우 제어가능량을 지정해야 하는데 최대 전압 변동 예상값을 바탕으로 다음 수학적 식 5 내지 7과 같이 표현할 수 있다.
- [0059] [수학적 식 5]
- [0060] $P_{con}^{max} = g_{vr}^{max} \times (V_{rate} + I_{dc}^{max}/g_{eq})^2$
- [0061] 여기서, P_{con}^{max} 는 PCC출력부의 최대전력, g_{vr}^{max} 는 가변저항 최대 어드미턴스, V_{rate} 는 직류부의 정격전압, I_{dc}^{max} 는 직류부의 최대전류이다.
- [0062] [수학적 식 6]
- [0063] $P_{con}^{min} = g_{vr}^{min} \times V_{rate}^2$
- [0064] 여기서, P_{con}^{min} 는 PCC출력부의 최소전력, g_{vr}^{min} 는 가변저항 최소 어드미턴스이다.
- [0065] [수학적 식 7]
- [0066] $I_{dc}^{max} = P_{wave}^{max}/V_{rate}$
- [0067] 결국 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템은 유효전력 제어를 위해 기존에 파력발전장치의 제어를 통해서 수행하던 것을 파력발전장치에도 유효전력 출력을 제한할 수 있도록 가변저항에 값을 할당함으로써 빠른 응답과 무효전력 향상효과를 기대할 수 있다.
- [0068] 도8은 일반적인 복합발전 출력제어 시스템의 출력변동을 나타낸 그래프이다.
- [0069] 도9는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 출력제어 시스템의 출력변동을 나타낸 그래프이다.
- [0070] 도8에 도시된 바와 같이 일반적인 복합발전 출력제어 시스템은 계통운영자의 지령(8MW)에 맞게 출력을 제어하고 있으며 파력발전은 해당 제어에 참여하지 않고 있다. 해당 풍력발전이 제어에 전적으로 활용됨에 따라 출력제어가 지령을 조금 초과하는 경우도 발생할 수 있으며, 무효전력의 확보에 대해 수동적(PF제어)으로 진행되고 있다.

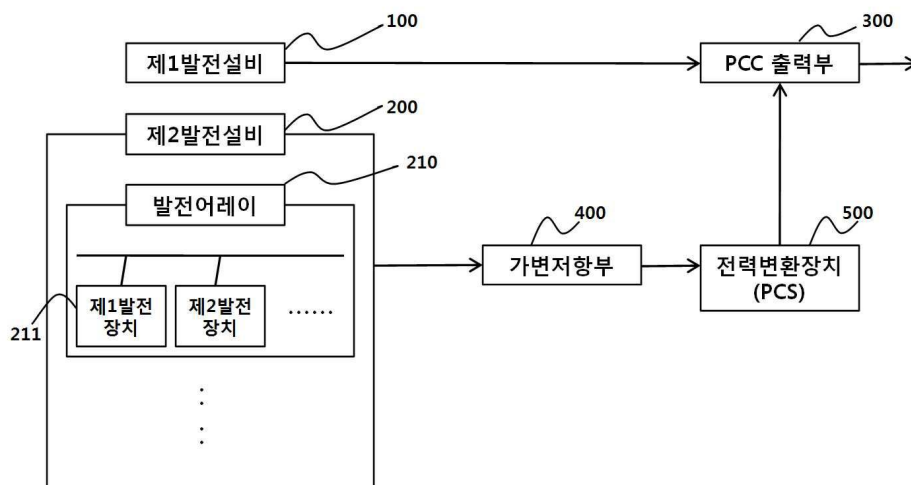
[0071] 도9는 복합발전 출력제어 시스템에 본 발명의 실시예에 따른 제어기법을 활용하여 과력발전 제어를 수행하는 경우이다. 풍력과 파력을 동시에 제어에 참여시킬 수 있기 때문에 보다 효과적으로 지령에 맞는 출력제어를 수행할 수 있으며, 해당 구간에서 출력 가능한 무효전력량(Q_{reserve})이 소폭 증가한 것을 확인할 수 있다.

부호의 설명

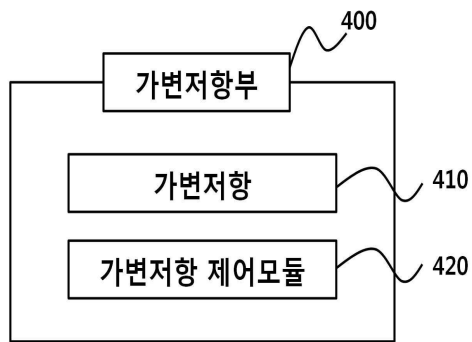
[0072] 100 제1발전설비
200 제2발전설비
210 발전어레이
211 제1발전장치
300 PCC출력부
400 가변저항부
410 가변저항
420 가변저항 제어모듈
500 전력변환장치(PCS)

도면

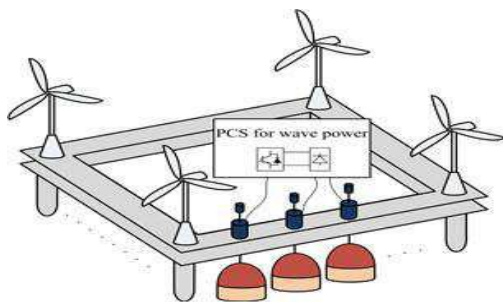
도면1



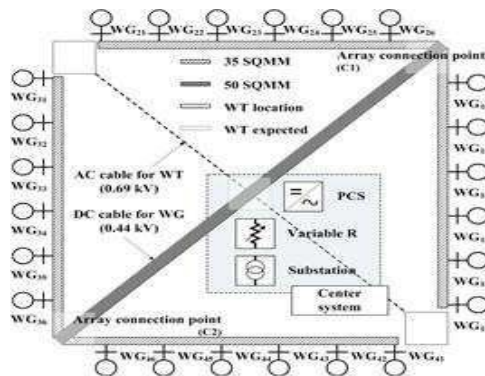
도면2



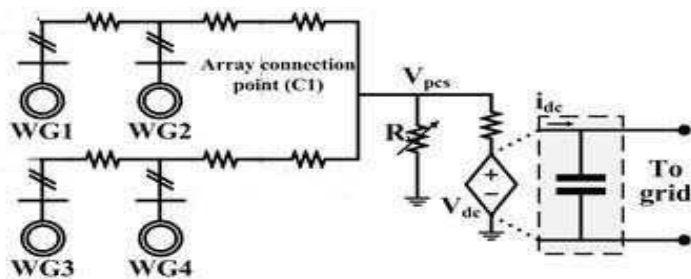
도면3



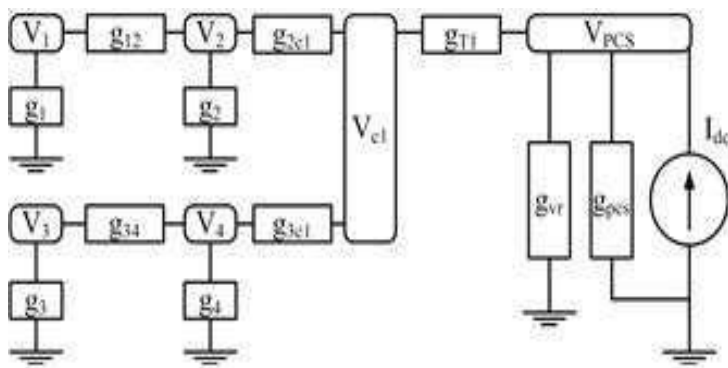
도면4



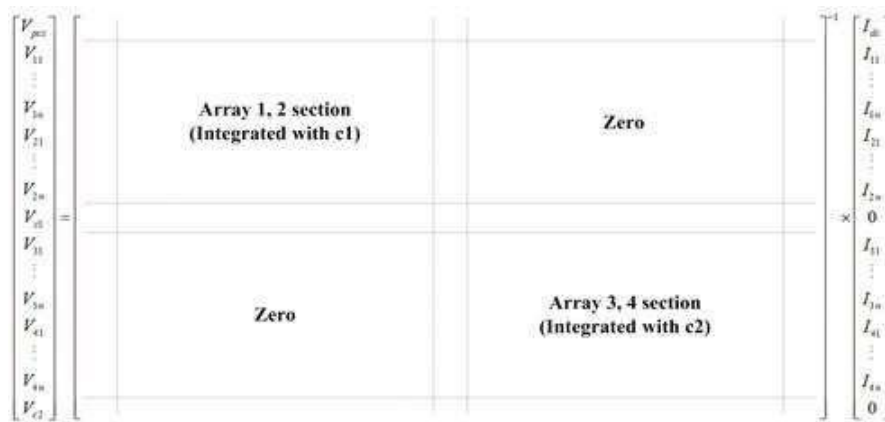
도면5



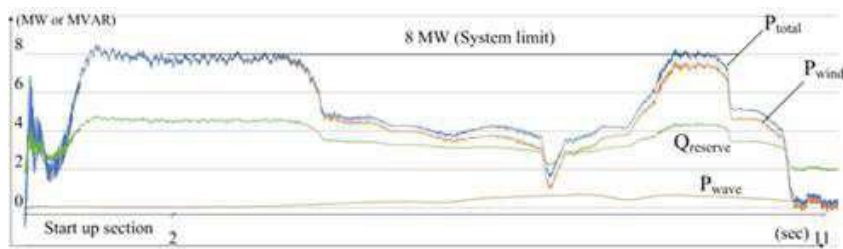
도면6



도면7



도면8



도면9

