



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년02월16일
(11) 등록번호 10-1707013
(24) 등록일자 2017년02월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 3/18 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02J 3/18 (2013.01)

H02J 3/381 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0136349

(22) 출원일자 2015년09월25일

심사청구일자 2015년09월25일

(56) 선행기술조사문헌

JP2003023733 A*

KR1020120083848 A*

WO2012070141 A1

KR1020130074233 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

장길수

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

정승민

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

(74) 대리인

김동용, 김홍석

전체 청구항 수 : 총 6 항

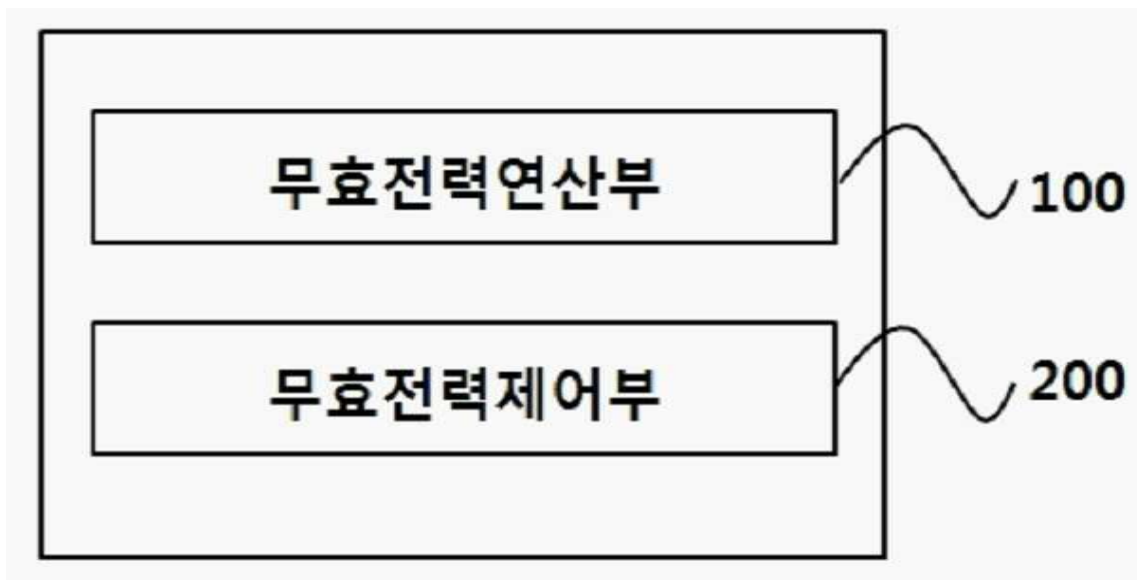
심사관 : 추형석

(54) 발명의 명칭 복합발전 무효전력 제어장치 및 방법

(57) 요약

본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어장치는 제1발전설비와 제2발전설비를 포함하는 복합발전시스템을 제어하는 복합발전 무효전력 제어장치로서, 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 발전출력을 이용하여 각 설비의 가용가능한 무효전력량을 연산하는 무효전력연산부 및 상기 무효전력연산부에서 연산된 가용가능한 무효전력량의 범위내에서 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량과 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비 각각에 무효전력 할당량을 연산하고, 각 설비의 무효전력량을 제어하는 무효전력제어부를 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

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

제1발전설비와 제2발전설비를 포함하는 복합발전시스템을 제어하는 복합발전 무효전력 제어장치로서,

상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 발전출력을 이용하여 각 설비의 가용가능한 무효전력량을 연산하는 무효전력연산부; 및

상기 무효전력연산부에서 연산된 가용가능한 무효전력량의 범위내에서 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량과 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비 각각에 무효전력 할당량을 연산하고, 각 설비의 무효전력량을 제어하는 무효전력제어부를 포함하고,

상기 무효전력제어부는 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비 각각의 무효전력 할당량 변동에 따른 손실 증분값이 동일해지도록 무효전력 할당량을 아래 [수학식 1], [수학식 2]를 이용하여 연산하는 것을 특징으로 하는 복합발전 무효전력 제어장치.

[수학식 1]

$$Q_{order} = Q_1 + Q_2$$

Q_{order} 는 복합발전 전체 무효전력 요구량, Q_1 은 제1발전설비의 무효전력 할당량, Q_2 는 제2발전설비의 무효전력 할당량이다.

[수학식 2]

$$\frac{dP_{loss}}{dQ_1} = \frac{dP_{loss}}{dQ_2}$$

P_{loss} 는 복합발전시스템 전체의 유효전력 손실값이다.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 무효전력제어부는 유효전력 변동에 따른 상기 무효전력 요구량이 상기 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량보다 작은 경우, 상기 제1발전설비의 무효전력량을 제어하는 것을 특징으로 하는 복합발전 무효전력 제어장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 무효전력제어부는 유효전력 변동에 따른 상기 무효전력 요구량이 상기 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량보다 큰 경우, 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 무효전력량을 제어하는 것을 특징으로 하는 복합발전

무효전력 제어장치.

청구항 5

복합발전 무효전력 제어장치에 의해서 수행되고, 제1발전설비와 제2발전설비를 포함하는 복합발전시스템을 제어하는 복합발전 무효전력 제어방법로서,

- (a) 제1발전설비와 제2발전설비의 가용가능한 무효전력량을 연산하는 단계;
- (b) 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량을 연산하는 단계;
- (c) 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비 각각의 무효전력 할당량 변동에 따른 손실 증분값이 동일해지도록 무효전력 할당량을 연산하는 단계; 및
- (d) 상기 무효전력 요구량과 상기 제1발전설비, 상기 제2발전설비 각각의 가용가능한 무효전력량을 비교하는 단계를 포함하고

상기 (c)단계는 아래 [수학식 1]과 [수학식 2]를 이용하여 연산하는 것을 특징으로 하는 복합발전 무효전력 제어방법.

[수학식 1]

$$Q_{order} = Q_1 + Q_2$$

Q_{order} 는 복합발전 전체 무효전력 요구량, Q_1 은 제1발전설비의 무효전력 할당량, Q_2 는 제2발전설비의 무효전력 할당량이다.

[수학식 2]

$$\frac{dP_{loss}}{dQ_1} = \frac{dP_{loss}}{dQ_2}$$

P_{loss} 는 복합발전시스템 전체의 유효전력 손실값이다.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 (d) 단계 이후

상기 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량이 상기 무효전력 요구량보다 크거나 같은 경우, 상기 제1발전설비의 무효전력량을 제어하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 복합발전 무효전력 제어방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 (d) 단계 이후

상기 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량이 상기 무효전력 요구량보다 작은 경우, 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 무효전력량을 제어하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 복합발전 무효전력 제어방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 복합발전 무효전력 제어장치 및 그 방법에 관한 발명으로서, 보다 상세하게는 복합발전의 각 발전설비에 무효전력을 할당하는 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 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 발전설비를 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. 추가적으로, 신재생에너지원의 비중 증가에 대비하여 전체 시스템의 출력 제어 뿐만 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 송·변전 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.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제10-1092219호 “풍력발전설비 출력 안정화 및 시스템”

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 복합발전의 각 영역에서 발생할 수 있는 손실량을 빠르게 예측하고 유효전력 변동에 따른 무효전력 할당을 손실이 감소할 수 있도록 비례 할당하는 장치 및 방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어장치는 제1발전설비와 제2발전설비를 포함하는 복합발전시스템을 제어하는 복합발전 무효전력 제어장치로서, 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 발전출력을 이용하여 각 설비의 가용가능한 무효전력량을 연산하는 무효전력연산부 및 상기 무효전력연산부에서 연산된 가용가능한 무효전력량의 범위내에서 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량과 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비 각각에 무효전력 할당량을 연산하고, 각 설비의 무효전력량을 제어하는 무효전력제어부를 포함한다.

[0011] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어방법은 복합발전 무효전력 제어장치에 의해서 수행되고, 제1발전설비와 제2발전설비를 포함하는 복합발전시스템을 제어하는 복합발전 무효전력 제어방법으로서, 제1발전설비와 제2발전설비의 가용가능한 무효전력량을 연산하는 단계, 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량을 연산하는 단계, 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 할당량 변동에 따른 손실 증분값이 동일해지도록 무효전력 할당량을 연산하는 단계 및 상기 무효전력 요구량과 상기 제1발전설비, 상기 제2발전설비 각각의 가용가능한 무

효전력량을 비교하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

- [0013] 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어장치 및 방법에 의하면 무효전력의 적절한 할당으로 인해 복합발전 시스템 내부 손실을 효과적으로 줄일 수 있다.
- [0014] 또한, 실시간 상태감시 시스템을 활용하여 손실 최소화와 무효전력 가용량 최대화를 위한 무효전력할당이 진행되어 유효전력 변동 및 계통 운영자의 요구에 효과적으로 대처할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어장치의 기능블록도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전시스템의 발전기 및 회로구성도이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 복합발전시스템의 구조도이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어방법의 순서도이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어방법의 상세 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 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 형태로 실시될 수 있으며 본 명세서에 설명된 실시 예들에 한정되지 않는다.
- [0018] 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.
- [0019] 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.
- [0020] 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.
- [0021] 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.
- [0022] 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.
- [0023] 이하, 본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시 예들을 상세히 설명한다.

[0024] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어장치의 기능블록도이다.

[0025] 도 1에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어장치는 제1발전설비와 제2발전설비를 포함하는 복합발전시스템을 제어하는 복합발전 무효전력 제어장치로서, 무효전력 연산부(100)와, 무효전력제어부(200)를 포함한다.

[0026] 무효전력연산부(100)는 제1발전설비와 제2발전설비의 발전출력을 이용하여 각 설비의 가용가능한 무효전력량을 연산한다.

[0027] 무효전력연산부(100)는 제1발전설비와 제2발전설비의 무효전력량을 측정한다. 유효전력은 계통운영자가 설정하는 값에 의해서 고정되고, 실제 공급해야 할 전력에 해당한다. 무효전력은 제1, 제2 발전설비 각각에 연결되어 있는 발전기의 출력에 따라 결정될 수 있다.

[0028] 무효전력제어부(200)는 무효전력연산부(100)에서 연산된 가용가능한 무효전력량의 범위내에서 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량과 제1발전설비, 제2발전설비 각각에 무효전력 할당량을 연산하고, 각 설비의 무효전력을 제어한다.

[0029] 무효전력 할당과정을 세분화하면

[0030] [수학식 1]

$$Q_{order} = Q_1 + Q_2$$

[0031]

[0032] Q_{order} 는 복합발전 전체 무효전력 요구량, Q_1 은 제1발전설비의 무효전력 할당량, Q_2 는 제2발전설비의 무효전력 할당량이다.

[0033] Q_1 , Q_2 중에서 적어도 어느 하나는 아래 수학식 2에 의해서 결정된다.

[0034] [수학식 2]

$$\frac{dP_{loss}}{dQ_1} = \frac{dP_{loss}}{dQ_2}$$

[0035]

[0036] 을 만족하는 Q_1 또는 Q_2 를 결정한다.

[0037] 여기서 P_{loss} 는 복합발전시스템 전체의 유효전력 손실값이다.

[0038] 즉 무효전력제어부(200)는 제1발전설비와 제2발전설비 각각의 무효전력 할당량 변동에 따른 손실 증분값이 동일해지도록 무효전력 할당량을 연산하여 Q_1 또는 Q_2 를 결정한다.

[0039] 무효전력제어부(200)는 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량이 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량보다 작은 경우, 제1발전설비의 무효전력량을 제어한다.

[0040] 특히 여기서는 제1발전설비의 무효전력량의 증가로 인해 발생하는 계통손실이 제2발전설비의 무효전력량의 증가로 인해 발생하는 계통손실보다 작다.

[0041] 이와는 달리 무효전력제어부(200)는 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량이 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량보다 큰 경우, 제1발전설비와 제2발전설비의 무효전력량을 제어한다. 이때 제1발전설비와 제2발전설비의 무효전력 할당량은 앞서 살펴본 수학식 1, 수학식 2에 의해서 결정된다.

[0042] 즉 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어장치는 제1발전설비와 제2발전설비를 조절하여 유효전력 변동에 따른 비례할당을 진행한다.

[0043] 보다 상세한 설명을 위해서 풍력과 파력발전설비가 결합된 복합발전시스템을 예로 들어 설명한다.

[0044] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전시스템의 발전기 및 회로구성도이다.

[0045] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 복합발전시스템의 구조도이다.

[0046] 도 2에 도시된 바와 같이 4개의 풍력발전기(터빈)(10)으로 이루어진 풍력발전설비와 적어도 하나 이상의 파력발전기(20)으로 이루어진 파력발전설비가 결합되어 있는 복합발전 시스템에 대해서 고려해본다.

[0047] 파력-해상풍력 복합발전 시스템은 해상에서의 연동 가능성을 바탕으로 해외에서 최초 구상되었으며, 국내에는 최근 10 MW급 시스템을 목표로 플랫폼 디자인 구축을 진행하고 있다. 도 3은 구성되고 있는 시스템의 전기적 연계를 나타낸다. 부유식 시스템으로 10 MW 급의 풍력발전 설비용량과 2.4 MW급 파력발전 설비용량으로 구성된다. 발전되는 전력은 해상변전소를 통해 계통과 연계되도록 계획되고 있다.

[0048] 풍력발전설비는 각 모서리에 4기의 풍력발전기(10)로 구성된다. 외곽에 구성될 파력발전설비는 100 kW급 PMSLG 발전기로 24기의 발전기가 1개의 PCS에 연계되어 출력을 발생시킨다. 개별 풍력발전기(10)는 역률제어를 수행하게 되며, Full converter 방식으로 구성될 파력발전설비의 PCS는 운영자의 지령 또는 무효전력 제어장치에 의해 일정 무효전력제어를 수행하게 된다.

[0049] 복합발전시스템에 포함된 각 cable 구조는 도 3에 보는 바와 같다. 풍력발전기(10) 내부에서 교류로 변환되어 승압된 AC 전류는 하나의 통합 cable을 통해 중앙 전기시스템으로 공급된다. 파력발전기(20)에서 DC로 변환된 전류는 중앙 전기시스템(30)에 위치한 인버터를 통해 교류로 변환되어 공급된다. 해당 전류 흐름에서 발생하는 전기적 손실에 관하여 선형화 과정을 바탕으로 정식화하여 최적화 과정을 수행하고자 한다.

[0050] 복합발전 전체 유효전력 출력은 수학적 3과 같이 나타낼 수 있다.

[0051] [수학적 3]

$$P_{HGS} = P_{wave} + P_{wind}$$

[0052]

[0053] 여기서, P_{HGS} 는 복합발전 시스템의 전체 유효전력 출력 값, P_{wave} 은 파력발전설비의 유효전력 출력 값, P_{wind} 은 풍력발전설비의 유효전력 출력 값을 의미한다.

[0055] 풍력발전설비의 출력은 수학적 4와 같이 출력 및 손실로 나타낼 수 있으며, 손실은 각 케이블 구간에 대해서 나타낼 수 있다.

[0056] [수학적 4]

$$P_{wind} = \sum P_{wt} - \sum P_L$$

$$P_L = P_{L-CNT} + \sum P_{L-IND}$$

[0057]

[0058] 여기서, P_{wt} 은 각 풍력발전기의 유효전력 출력 값, P_L 은 유효전력 손실 값, P_{L-CNT} 는 중앙(Center Cable) 케이블에서의 손실 값, P_{L-IND} 는 개별(Individual Cable, 도 3) 케이블에서의 손실 값을 의미한다.

[0060] 무효전력 할당 과정을 살펴보면, 각 발전설비에 무효전력 할당과정을 수행하기 위해서 풍력발전설비와 파력발전설비의 무효전력 할당량을 구분하고, 2개의 풍력발전기가 하나의 중앙 cable로 연계되는 것을 고려하여 array를 구성, 할당과정을 세분화 하였다.

[0061] [수학식 5]

$$Q_{order} = Q_{wave} + \sum Q_{array}$$

$$Q_i = Q_{ref1} + Q_{ref2}$$

$$Q_j = Q_{ref3} + Q_{ref4}$$

[0062]

[0063] 여기서, Q_{order} 는 복합발전 전체 무효전력 요구량, Q_{wave} 은 파력발전설비의 무효전력 할당량, Q_{array} 는 풍력발전설비 어레이의 무효전력 할당량, Q_i 는 i 어레이의 무효전력 할당량, Q_j 는 j 어레이의 무효전력 할당량을 의미한다.

[0064] Q_{ref1} 은 i 어레이에 있는 제1풍력발전기의 할당량이고, Q_{ref2} 는 i 어레이에 있는 제2풍력발전기의 할당량이다.

[0065] 마찬가지로 Q_{ref3} 은 j 어레이에 있는 제3풍력발전기의 할당량이고, Q_{ref4} 는 j 어레이에 있는 제4풍력발전기의 할당량이다.

[0067] 해당 할당과정은 전압 변동의 크기에 따라 아래 두 가지 방법으로 나누어지게 되는데, 그 이유는 손실 계산과정에서 지점 간 전압 차이가 무시할만한지 여부를 판별하여 이를 고려하여 분배할 것인지, 아닌지를 고려하기 위함이다.

[0068] 전압 차이가 지정된 값보다 크지 않을 경우($V_A V_B$) 풍력발전설비에 포함되어 있는 풍력발전기 A의 무효전력 할당량 Q_A , 풍력발전기 B의 무효전력 할당량 Q_B 를 수학식 6을 통해 연산할 수 있다.

[0069] 여기서, Q_{array} 가 i array의 할당량인 경우 $Q_{array} = Q_i$ 이고, $Q_A = Q_{ref1}$, $Q_B = Q_{ref2}$ 가 된다. Q_{array} 가 j array의 할당량인 경우에도 마찬가지로 적용된다.

[0070] [수학식 6]

$$Q_A = \frac{(Q_{array})^2 + P_B^2 - P_A^2}{2Q_{array}}, \quad Q_B = \frac{(Q_{array})^2 + P_A^2 - P_B^2}{2Q_{array}}$$

[0071]

[0072] P_A , P_B 는 각각 풍력발전기 A, B의 유효전력량이다.

[0074] 전압 차이가 지정된 값보다 클 경우에는 수학식 7, 8을 통해 풍력발전기 A의 무효전력 할당량 Q_A , 풍력발전기 B의 무효전력 할당량 Q_B 를 수학식 6을 통해 연산할 수 있다.

[0075] [수학식 7]

$$Q_A^2 = \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^2 \cdot Q_B + \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^2 \cdot P_B^2 - P_A^2$$

[0076]

[0077] [수학식 8]

$$\left[\left(\frac{V_A}{V_B} \right)^2 - 1 \right] Q_A^2 - 2 \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^2 Q_A Q_{array} + \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^2 P_B^2 - P_A^2 + \left(\frac{V_A}{V_B} \right)^2 Q_{array} = 0$$

[0078]

[0079] 위의 풍력발전 할당량은 음의 값이 나올 경우를 대비하여 아래 보정식인 [수학식 9]을 거쳐 지령으로 할당되게 되며, 해당 할당값에 의한 손실과 파력발전 출력에 의한 손실값을 계산하여 손실 최소화 과정을 진행하게 된다.

[0080] [수학식 9]

$$Q'_A = Q_A - |Q_B| \quad (Q_B < 0)$$

$$Q'_B = Q_B - |Q_A| \quad (Q_B < 0)$$

[0081]

[0082] 이하 본 발명의 또 다른 양태에 따른 복합발전 무효전력 제어방법을 도 4를 참고하여 설명한다. 앞선 실시예와 중복되는 구성에 대한 설명은 생략한다.

[0083] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어방법의 순서도이다.

[0084] 도 4에 도시된 바와 같이 본 발명의 실시예에 따른 복합발전 무효전력 제어방법은 복합발전 무효전력 제어장치에 의해서 수행되고, 제1발전설비와 제2발전설비를 포함하는 복합발전시스템을 제어하는 복합발전 무효전력 제어방법으로서, 제1발전설비와 제2발전설비의 가용가능한 무효전력량을 연산하는 단계(S100), 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량을 연산하는 단계(S200), 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 할당량 변동에 따른 손실 증분값이 동일해지도록 무효전력 할당량을 연산하는 단계(S300) 및 상기 무효전력 요구량과 상기 제1발전설비, 상기 제2발전설비 각각의 가용가능한 무효전력량을 비교하는 단계(S400)를 포함한다. 나아가 비교하는 단계 이후 상기 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량이 상기 무효전력 요구량보다 크거나 같은 경우, 상기 제1발전설비의 무효전력량을 제어하는 단계(S510)를 더 포함하고, 상기 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량이 상기 무효전력 요구량보다 작은 경우, 상기 제1발전설비와 상기 제2발전설비의 무효전력량을 제어하는 단계(S520)를 더 포함한다.

[0085] 제1발전설비와 제2발전설비의 가용가능한 무효전력량을 연산하는 단계(S100)는 제1발전설비와 제2발전설비에 연결되어 있는 발전기의 출력에 따라서 결정되는 무효전력량을 연산하는 단계이다.

[0086] 유효전력 변동에 따른 무효전력 요구량을 연산하는 단계(S200)는 전체 복합발전 시스템에서 요구되는 무효전력을 연산하는 단계로서, 앞선 실시예와 마찬가지로 연산을 통해서 얻어지는 값은 Q_{order} 복합발전 전체 무효전력 요구량 일 수 있다.

[0087] 제1발전설비와 제2발전설비의 할당량 변동에 따른 손실 증분값이 동일해지도록 무효전력 할당량을 연산하는 단계(S300)는 앞서 수학식 1과 수학식 2를 만족하는 제1발전설비 또는 제2발전설비의 무효전력 할당값을 연산한다.

[0088] 무효전력 요구량과 제1발전설비, 제2발전설비 각각의 가용가능한 무효전력량을 비교하는 단계(S400)는 각 발전설비에서 가용가능한 무효전력량이 전체 복합발전시스템 내에서 요구되는 무효전력 요구량보다 크거나 작은지를 확인한다.

[0089] 만일 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량이 무효전력 요구량보다 큰 경우에는 제1발전설비의 무효전력량을 제어하는 단계(S510)를 더 포함하는데 제1발전설비의 무효전력량을 제어하는 것은 가용가능한 무효전력량 내에서 전체 시스템에서 요구되는 무효전력 요구량을 만족하도록 제1발전설비의 무효전력량을 변화시키는 것을 의미한다.

[0090] 이와 달리 제1발전설비의 가용가능한 무효전력량이 무효전력 요구량보다 작은 경우에는 제1발전설비와 제2발전

설비의 무효전력량을 제어하는 단계(S520)를 더 포함하는데 이 경우에는 앞서 연산되었던 제1발전설비와 제2발전설비의 할당량 변동에 따른 손실 증분값이 동일해지도록 각각 연산되어진 무효전력 할당량 만큼 무효전력량을 조절하게 된다.

[0091] 보다 상세한 설명을 위해 앞선 실시예에서 예로 들었던 4개의 터빈으로 이루어진 풍력발전과 파력발전(Wave generators)이 결합되어 있는 복합발전 시스템에 대해서 고려해본다.

[0092] 도 2, 도3에 도시된 바와 같이 4개의 풍력발전기와 파력발전기들로 이루어진 복합발전 시스템에서 시스템 전체적인 상태를 분석하여 풍력발전설비와 파력발전설비 각각의 가용가능한 무효전력량을 연산하고, 손실이 최소화 되도록 (앞선 수학적식 2 참고) Q_{wave} (파력발전설비 할당량), Q_{wind} (풍력발전설비 할당량)를 결정한다. 여기서는 우선 Q_{wave} 를 결정하는데 그 이유는 파력발전의 PCS(전력변환시스템)이 파력발전기와 인접하여 있어 선로상의 손실이 최소화 될 수 있기 때문이다.

[0093] 파력발전설비의 가용가능한 무효전력량이 유효전력 변동에 의해서 요구되는 무효전력 요구량보다 크거나 같은 경우에는 파력발전설비의 무효전력량을 제어하게되고, 만일 그렇지 않다면 풍력발전설비를 구성하는 array 1과 array 2의 연결지점에서의 전압차가 기 설정된 범위내에 있는 경우에는 앞서 설명한 수학적식 6의 연산을 통해서 풍력발전설비에 포함되어 있는 풍력발전기 각각에 무효전력할당량에 따라서 제어가 이루어진다.

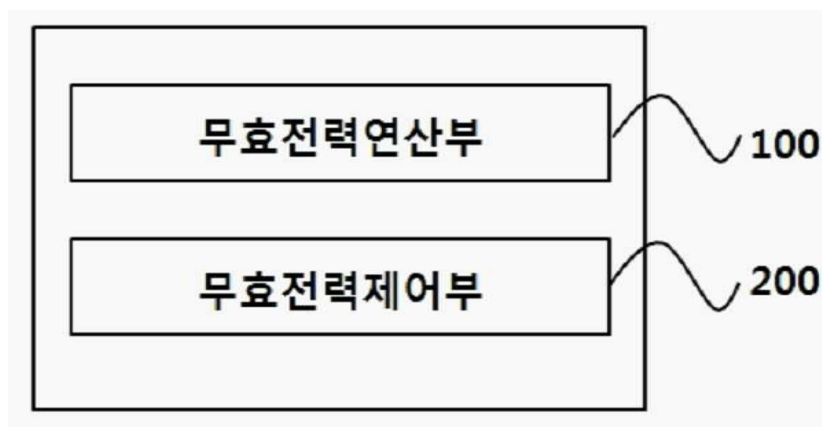
[0094] 결국 이와 같이 무효전력 제어장치 및 방법을 통해서 계통의 손실은 최소화하고 내부손실을 효율적으로 줄일 수 있게 된다.

부호의 설명

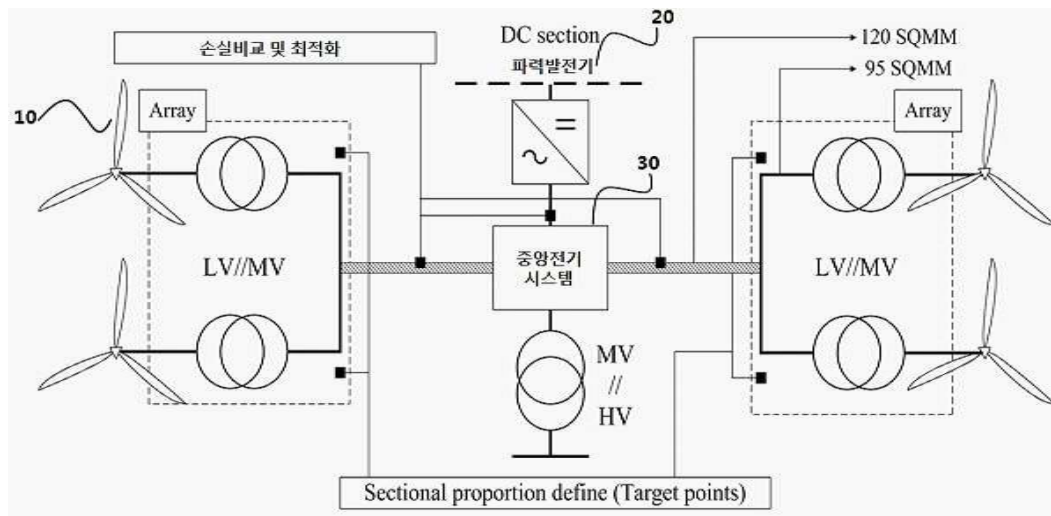
[0095] 100 무효전력연산부
200 무효전력제어부

도면

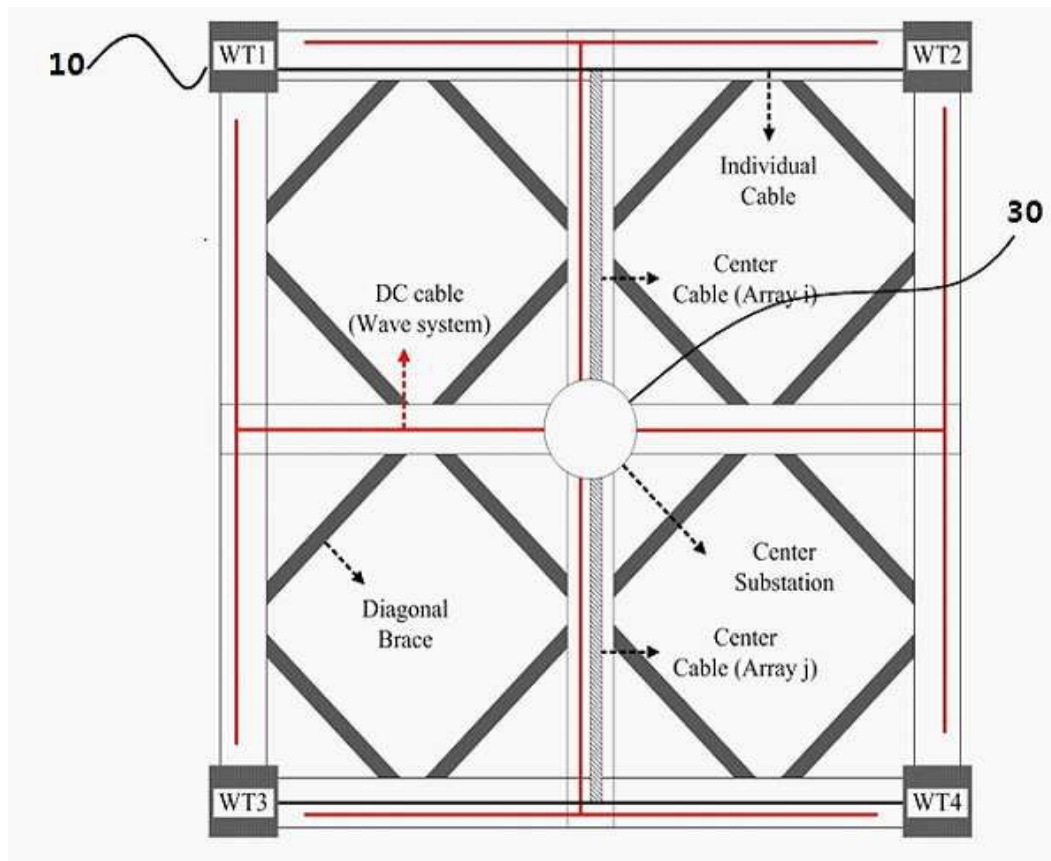
도면1



도면2



도면3



도면4

