(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년06월02일
(11) 등록번호 10-2539829
(24) 등록일자 2023년05월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02P 9/10 (2006.01) *F03D 7/02* (2006.01)
G05F 1/67 (2006.01) *H02P 9/04* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02P 9/10 (2013.01)
F03D 7/0284 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0091941
(22) 출원일자 2021년07월14일
심사청구일자 2021년07월14일
(65) 공개번호 10-2023-0011569
(43) 공개일자 2023년01월25일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120025499 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
박정욱
서울특별시 강남구 압구정로29길 71, 20동 701호
임성훈
서울특별시 동작구 상도로 346-1, 115동 904호
(74) 대리인
권성현, 유광철, 백두진, 강일신, 김정연

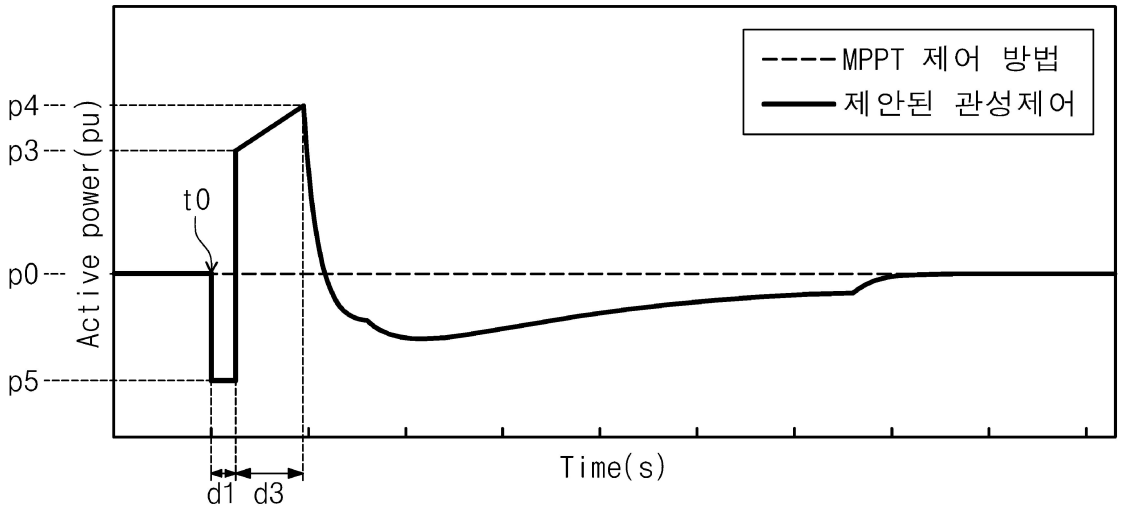
전체 청구항 수 : 총 12 항 심사관 : 이중호

(54) 발명의 명칭 **발전기의 관성 제어 방법 및 이를 이용한 관성 제어 시스템**

(57) 요 약

본원 발명의 발전기의 관성 제어 방법은 계통 사고 발생시에 발전기의 제어 시스템에 의해 상기 발전기의 출력을 변화시켜 주파수를 안정화하는 상기 발전기의 관성 제어 방법에 있어서, 상기 제어 시스템이 상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키는 단계; 상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키는 단계; 및 상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도4



(52) CPC특허분류
G05F 1/67 (2013.01)
H02P 9/04 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711117498
과제번호	2020R1A3B2079407
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	에너지 대전환 전력망 연구단
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

계통 사고 발생시에 발전기의 제어 시스템에 의해 상기 발전기의 출력을 변화시켜 주파수를 안정화하는 상기 발전기의 관성 제어 방법에 있어서,

상기 제어 시스템이 상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키는 단계;

상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키는 단계; 및

상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하는 단계를 포함하고,

상기 제1 시간 구간 동안, 상기 발전기의 회전자 속도의 변화량은 양의 부호인

발전기의 관성 제어 방법.

청구항 2

계통 사고 발생시에 발전기의 제어 시스템에 의해 상기 발전기의 출력을 변화시켜 주파수를 안정화하는 상기 발전기의 관성 제어 방법에 있어서,

상기 제어 시스템이 상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키는 단계;

상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키는 단계;

상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하는 단계; 및

상기 제2 시간 구간 이후, 제3 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 증가시키는 단계를 포함하고,

상기 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하는 단계는 상기 제3 시간 구간 이후에 수행되고,

상기 제2 시간 구간 동안의 출력 변화량인 제1 출력 변화율은 상기 제3 시간 구간 동안의 출력 변화량인 제2 출력 변화율보다 큰

발전기의 관성 제어 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제3 시간 구간에서의 상기 발전기의 주파수는 상기 제1 시간 구간 및 상기 제2 시간 구간에서의 상기 발전기의 주파수보다 작은

발전기의 관성 제어 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제3 시간 구간 이후, 상기 발전기의 주파수는 증가하고, 상기 발전기의 출력은 감소하는

발전기의 관성 제어 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 제3 시간 구간 동안의 상기 제2 출력 변화율은 상기 발전기의 침투율에 따라 설정되는

발전기의 관성 제어 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

계통 사고 발생시에 발전기의 제어 시스템에 의해 상기 발전기의 출력을 변화시켜 주파수를 안정화하는 상기 발전기의 관성 제어 방법에 있어서,

상기 제어 시스템이 상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키는 단계;

상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키는 단계; 및

상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하는 단계를 포함하고,

상기 제1 시간 구간 동안의 출력 변화량은 상기 계통의 특성에 의해 정해지고, 상기 제1 시간 구간은 상기 계통의 특성에 따라 예측되는 주파수 최저점 발생 시간에 따라 조절되는

발전기의 관성 제어 방법.

청구항 8

제1항 내지 제5항 및 제7항 중의 어느 한 항에 기재된 발전기의 관성 제어 방법을 실행시키도록 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체에 기록된 컴퓨터 프로그램.

청구항 9

발전기의 출력을 변화시켜 계통 사고에 의한 주파수 변화를 보완하는 발전기의 관성 제어 시스템에 있어서,

상기 발전기의 회전자를 제어하는 회전자 제어부를 포함하고,

상기 회전자 제어부는:

상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키고;

상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키고; 및

상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하도록 구성되고,

상기 제1 시간 구간 동안, 상기 발전기의 회전자 속도의 변화량은 양의 부호인

발전기의 관성 제어 시스템.

청구항 10

발전기의 출력을 변화시켜 계통 사고에 의한 주파수 변화를 보완하는 발전기의 관성 제어 시스템에 있어서,

상기 발전기의 회전자를 제어하는 회전자 제어부를 포함하고,

상기 회전자 제어부는:

상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키고;

상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키고;

상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하도록 구성되고;

상기 제2 시간 구간 이후, 제3 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 증가시키고; 및

상기 제3 시간 구간 이후에 상기 최대 출력점 추종 제어를 수행하도록 구성되고,

상기 제2 시간 구간 동안의 출력 변화량인 제1 출력 변화율은 상기 제3 시간 구간 동안의 출력 변화량인 제2 출력 변화율보다 큰

발전기의 관성 제어 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 회전자 제어부는 상기 발전기의 침투율에 따라 상기 제3 시간 구간 동안의 상기 제2 출력 변화율을 설정하도록 구성되는

발전기의 관성 제어 시스템.

청구항 12

발전기의 출력을 변화시켜 계통 사고에 의한 주파수 변화를 보완하는 발전기의 관성 제어 시스템에 있어서,

상기 발전기의 회전자를 제어하는 회전자 제어부를 포함하고,

상기 회전자 제어부는:

상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키고;

상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키고; 및

상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하도록 구성되고,

상기 제1 시간 구간 동안의 상기 발전기의 주파수는 상기 제2 시간 구간 동안의 상기 발전기의 주파수보다 크고,

상기 제2 시간 구간 이후, 상기 회전자의 출력은 감소하고, 상기 발전기의 주파수는 증가하는

발전기의 관성 제어 시스템.

청구항 13

삭제

청구항 14

발전기의 출력을 변화시켜 계통 사고에 의한 주파수 변화를 보완하는 발전기의 관성 제어 시스템에 있어서,

상기 발전기의 회전자를 제어하는 회전자 제어부를 포함하고,

상기 회전자 제어부는:

상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키고;

상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키고; 및

상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하도록 구성되고,

상기 제1 시간 구간 동안의 상기 회전자의 출력은 상기 계통의 특성에 의해 정해지고, 상기 회전자 제어부는 상기 계통의 특성에 따라 예측되는 주파수 최저점 발생 시간에 따라 상기 제1 시간 구간을 조절하도록 구성되는

발전기의 관성 제어 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 발전기의 관성 제어 방법 및 이를 이용한 관성 제어 시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 계통 사고로 인해 변화된 주파수를 안정화시키기 위해 발전기의 출력을 제어하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근 친환경 에너지와 관련하여 국내에 2030년까지 재생 에너지 발전량 비중을 20%까지 늘리는 재생에너지 3020 정책이 계획되어 있다. 이중 풍력 발전기가 많은 비중을 차지하고 있다.

[0003] 가장 보편적인 풍력 발전기 제어 방법인 최대 출력점 추종(MPPT: Maximum Power Point Tracking) 제어 방법은 계통에 사고 발생 시 주파수 응답에 참여하지 않으므로, 주파수 안정도 문제를 악화시킬 수 있다는 문제점이 존재한다.

[0004] 위 문제점을 해결하기 위해, 풍력 발전기에 관성 제어를 추가하여, 과도 상태의 주파수 안정도에 풍력 발전기가 주파수 응답을 지원하도록 하고 있으나, 기존 관성 제어 방법들은 주파수 최저점이 높고, 주파수 최저점 도달 시점이 늦어져 효율적인 주파수 안정화가 어렵다.

[0005] 따라서, 풍력 발전기에 관성 제어를 추가하면서, 주파수 최저점과 관련하여 주파수 안정화를 효율적으로 수행하는 관성 제어 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 과제는 계통 사고 발생 초기에 발전기의 관성 제어 용량을 증가시켜 주파수 최저점을 높이고 주파수 최저점의 도달 시간을 단축시킬 수 있는 발전기의 관성 제어 방법 및 이를 이용한 관성 제어 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 일 실시예에 따른 발전기의 관성 제어 방법은 계통 사고 발생시에 발전기의 제어 시스템에 의해 상기 발전기의 출력을 변화시켜 주파수를 안정화하는 상기 발전기의 관성 제어 방법에 있어서, 상기 제어 시스템이 상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력

보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키는 단계; 상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키는 단계; 및 상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하는 단계를 포함할 수 있다.

[0008] 여기서, 상기 제2 시간 구간 이후, 제3 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 증가시키는 단계를 더 포함하고, 상기 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하는 단계는 상기 제3 시간 구간 이후에 수행되고, 상기 제2 시간 구간 동안의 출력 변화량인 제1 출력 변화율은 상기 제3 시간 구간 동안의 출력 변화량인 제2 출력 변화율보다 클 수 있다.

[0009] 여기서, 상기 제3 시간 구간에서의 상기 발전기의 주파수는 상기 제1 시간 구간 및 상기 제2 시간 구간에서의 상기 발전기의 주파수보다 작을 수 있다.

[0010] 여기서, 상기 제3 시간 구간 이후, 상기 발전기의 주파수는 증가하고, 상기 발전기의 출력은 감소할 수 있다.

[0011] 여기서, 상기 제3 시간 구간 동안의 상기 제2 출력 변화율은 상기 발전기의 침투율에 따라 설정될 수 있다.

[0012] 여기서, 상기 제1 시간 구간 동안, 상기 발전기의 회전자 속도의 변화량은 양의 부호일 수 있다.

[0013] 여기서, 상기 발전기의 관성 제어 방법을 실행시키도록 컴퓨터로 판독 가능한 기록 매체에 기록된 컴퓨터 프로그램이 제공될 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따른 발전기의 제어 시스템은 발전기의 출력을 변화시켜 계통 사고에 의한 주파수 변화를 보완하는 발전기의 관성 제어 시스템에 있어서, 상기 발전기의 회전자를 제어하는 회전자 제어부를 포함하고, 상기 회전자 제어부는: 상기 발전기의 계통 사고에 대한 신호를 수신한 이후의 시간 구간인 제1 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 기본 출력보다 낮은 출력으로 감소시켜 관성 제어 용량을 증가시키고; 상기 제1 시간 구간 이후, 제2 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 상기 기본 출력보다 높은 출력으로 증가시키고; 및 상기 제2 시간 구간 이후, 최대 출력점 추종 제어에 의해 상기 발전기의 출력을 제어하도록 구성될 수 있다.

[0016] 여기서, 상기 회전자 제어부는: 상기 제2 시간 구간 이후, 제3 시간 구간 동안 상기 발전기의 출력을 증가시키고, 상기 제3 시간 구간 이후에 상기 최대 출력점 추종 제어를 수행하도록 구성되고, 및 상기 제2 시간 구간 동안의 출력 변화량인 제1 출력 변화율은 상기 제3 시간 구간 동안의 출력 변화량인 제2 출력 변화율보다 클 수 있다.

[0017] 여기서, 상기 회전자 제어부는 상기 발전기의 침투율에 따라 상기 제3 시간 구간 동안의 상기 제2 출력 변화율을 설정하도록 구성될 수 있다.

[0018] 여기서, 상기 제1 시간 구간 동안의 상기 발전기의 주파수는 상기 제2 시간 구간 동안의 상기 발전기의 주파수보다 크고, 상기 제2 시간 구간 이후, 상기 회전자의 출력은 감소하고, 상기 발전기의 주파수는 증가할 수 있다.

[0019] 여기서, 상기 제1 시간 구간 동안, 상기 발전기의 회전자 속도의 변화량은 양의 부호일 수 있다.

[0020] 여기서, 상기 제1 시간 구간 동안의 상기 회전자의 출력은 상기 계통의 특성에 의해 정해지고, 상기 회전자 제어부는 상기 계통의 특성에 따라 예측되는 주파수 최저점 발생 시간에 따라 상기 제1 시간 구간을 조절하도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따르면 계통 사고 발생 초기에 발전기의 관성 제어 용량을 증가시켜 주파수 최저점을 높이고 주파수 최저점의 도달 시간을 단축시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0022] 도 1은 종래 발전기의 MPPT 제어 방법 및 계통 사고 발생시 적용되는 관성 제어 방법에 따른 발전기의 출력을 나타낸 그래프이다.

도 2는 종래 발전기의 MPPT 제어 방법 및 계통 사고 발생시 적용되는 관성 제어 방법에 따른 발전기의 주파수를 나타낸 그래프이다.

도 3은 본원 발명의 일 실시예에 따른 발전기의 제어 시스템을 나타낸 도면이다.

도 4는 본원 발명의 일 실시예에 따른 관성 제어 방법이 적용된 발전기의 출력을 나타낸 그래프이다.

도 5는 본원 발명의 일 실시예에 따른 관성 제어 방법이 적용된 경우 및 종래의 관성 제어 방법이 적용된 경우, 발전기의 출력을 비교하기 위한 그래프이다.

도 6은 본원 발명의 일 실시예에 따른 관성 제어 방법이 적용된 경우 및 종래의 관성 제어 방법이 적용된 경우, 발전기의 주파수를 비교하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0023] 본 명세서에 기재된 실시예는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 사상을 명확히 설명하기 위한 것이므로, 본 발명이 본 명세서에 기재된 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 범위는 본 발명의 사상을 벗어나지 아니하는 수정예 또는 변형예를 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

[0024] 본 명세서에서 사용되는 용어는 본 발명에서의 기능을 고려하여 가능한 현재 널리 사용되고 있는 일반적인 용어를 선택하였으나 이는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자의 의도, 판례 또는 새로운 기술의 출현 등에 따라 달라질 수 있다. 다만, 이와 달리 특정한 용어를 임의의 의미로 정의하여 사용하는 경우에는 그 용어의 의미에 관하여 별도로 기재할 것이다. 따라서 본 명세서에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가진 실질적인 의미와 본 명세서의 전반에 걸친 내용을 토대로 해석되어야 한다.

[0025] 본 명세서에 첨부된 도면은 본 발명을 용이하게 설명하기 위한 것으로 도면에 도시된 형상은 본 발명의 이해를 돕기 위하여 필요에 따라 과장되어 표시된 것일 수 있으므로 본 발명이 도면에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0026] 본 명세서에서 본 발명에 관련된 공지의 구성 도는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에 이에 관한 자세한 설명은 필요에 따라 생략하기로 한다.

[0028] 이하에서는 도 1 및 도 2를 참조하여, 종래 발전기의 출력 제어 방법인 최대 출력 추종 출력 제어 방법(MPPT: Maximum Power Point Tracking) 및 계통 사고 발생시 적용되는 종래 관성 제어 방법들(기존 제1 관성 제어 방법 및 기존 제2 관성 제어 방법)에 대해서 설명한다.

[0029] 일반적으로, 풍력 발전기는 계통에 따라 동작하게 된다. 예를 들어, 풍력 발전기는 IEEE 39 모의 계통에 따라 동작할 수 있다. 풍력 발전기가 계통에 따라 동작하는 도중, 외란에 의한 계통 사고 또는 계통에서 다른 발전기가 분리되는 등의 계통 사고가 발생할 수 있다.

[0030] 계통에 사고가 발생하게 되면, 발전기의 주파수는 계통의 관성에 의해 감소하게 되고, 발전기의 주파수가 감소하면 발전기의 안정성이 불안정해질 수 있다. 즉, 계통 사고로 인한 발전기 주파수의 감소는 발전기의 안전 사고로 이어질 수 있는 중요한 요인이 될 수 있다. 여기서, 발전기의 주파수는 발전기와 연결되어 있는 노선의 주파수들을 평균화시킨 것일 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0031] 구체적으로, 계통 사고 전과 후에 발전기 주파수 차이가 작아야 하고, 발전기 주파수의 최저점에 도달하는 시간은 짧아야 한다. 즉, 발전기 주파수가 더 적게 감소하고(주파수 최저점이 크고), 감소하는 시간이 짧을수록(주파수 최저점 도달 시간이 빠를수록) 발전기의 안정성에 긍정적인 영향을 미친다.

[0032] 따라서, 계통 사고 발생 이후, 발전기의 주파수를 빠르게 안정화시킬 수 있는 제어 방법이 필요하다. 발전기의 주파수는 풍력 발전기의 출력을 변화시킴으로써 조절할 수 있다.

[0033] 일반적으로, 풍력 발전기는 MPPT 제어 방법에 의해 제어되는데, MPPT 제어 방법은 계통에 사고가 나더라도, 발전기의 출력을 변화시키지 않아, 발전기의 주파수를 안정시킬 수 없다. 그러나, MPPT 제어 방법을 사용하는 기존의 풍력 발전기를 새로운 풍력 발전기로 대체하는 것은 시간적, 금전적으로 비효율적일 수 있다.

[0034] MPPT 제어 방법을 사용하는 기존의 풍력 발전기를 이용하면서, 계통 사고에 대비하기 위해, 종래는 MPPT 제어 방법과 함께 관성 제어 방법을 사용하여 발전기의 출력을 변화시켰다.

[0035] 예를 들어, 계통 사고가 발생하지 않을 때 발전기의 제어 시스템은 MPPT 제어 방법에 의해 발전기를 제어하다가, 계통 사고가 발생하고 이를 인식한 후에는 관성 제어 방법에 의해 발전기를 제어한다.

[0037] 이하에서 도 1 및 2를 참조하여, 기존 관성 제어 방법에 대해 설명한다.

[0038] 도 1은 종래 발전기의 MPPT 제어 방법 및 계통 사고 발생시 적용되는 관성 제어 방법에 따른 발전기의 출력을 나타낸 그래프이다.

[0039] 도 1을 참조하면, 도 1(a)는 MPPT 제어 방법 및 기존 제1 관성 제어 방법에 따른 발전기의 출력 변화를 나타내는 그래프이다. 도 1(b)는 MPPT 제어 방법 및 기존 제2 관성 제어 방법에 따른 발전기의 출력 변화를 나타내는 그래프이다.

[0040] 일 실시예에 따른 기존 제1 관성 제어 방법은 계통 사고 인식 시점(t0) 이후, 발전기의 출력을 급격히 증가시켜, 계통 사고로 인해 감소한 발전기의 주파수를 안정화시키는 방법일 수 있다.

[0041] 이때, 계통 사고 인식은 발전기 운영자에 의한 시그널을 수신함으로써 수행될 수 있다. 또는 계통 사고 인식은 발전기의 주파수의 감소 변화량이 기준치 이상일 경우, 발전기에서 자체적으로 이루어질 수도 있다.

[0042] 도 1(a)를 참조하면, 일 실시예에 따른 발전기 제어 시스템은 계통 사고 인식 시점(t0) 이전에는 MPPT 제어 방법에 의해 발전기를 제어하고, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후에는 기존 제1 관성 제어 방법에 의해 발전기를 제어한다.

[0043] 구체적으로, 계통 사고 인식 시점(t0) 이전에 MPPT 제어 방법에 의해 기본 출력(p0)을 유지하고 있던 발전기의 출력은 계통 사고 인식 시점(t0) 이후에 기존 제1 관성 제어 방법에 의해 제1 출력(p1)으로 급격히 증가하게 된다.

[0044] 발전기의 출력은 제1 출력(p1)으로 급격히 증가한 이후, 다시 감소하여 기본 출력(p0) 이하의 값을 가질 수 있다. 계통 사고 인식 시점(t0) 이후 일정 시간이 지나면 발전기는 다시 MPPT 제어 방법에 의해 제어를 받고, 기본 출력(p0)을 유지하게 된다. 예를 들어, 발전기의 제어 시스템은 제1 시점(t1)부터 다시 MPPT 제어 방법을 따를 수 있다.

[0045] 이때, 제1 출력(p1)은 미리 정해진 값일 수도 있고, 계통의 특성 및 환경에 따라 달라질 수도 있다.

[0046] 기존 제1 관성 제어 방법에 따르면, 발전기의 출력은 제1 출력(p1)으로 급격히 증가한 이후, 값이 유지되지 않고 감소하게 된다. 이는 발전기의 출력이 계속적으로 변하게 되어, 제어 시스템에서 또 다른 계통 사고로 인식될 수 있는 문제점이 존재한다.

[0047] 또한, 기존 제1 관성 제어 방법에 따르면, 발전기 출력은 발전기 주파수가 최저점에 도달하기 전에 감소하여, 계통 사고로 인해 변화된 발전기의 주파수가 효율적으로 안정화될 수 없다는 문제점이 존재한다.

[0048] 도 1(b)를 참조하면, 다른 실시예에 따른 발전기 제어 시스템은 계통 사고 인식 시점(t0) 이전에는 MPPT 제어 방법에 의해 발전기를 제어하고, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후에는 기존 제2 관성 제어 방법에 의해 발전기를 제어한다.

[0049] 구체적으로, 계통 사고 인식 시점(t0) 이전에 MPPT 제어 방법에 의해 기본 출력(p0)을 유지하고 있던 발전기의 출력은 계통 사고 인식 시점(t0) 이후에 기존 제2 관성 제어 방법에 의해 제2 출력(p2)으로 급격히 증가하게 된다.

[0050] 발전기의 출력은 제2 출력(p2)으로 급격히 증가한 이후, 일정 시간 동안 제2 출력(p2)를 유지하다가, 다시 서서히 감소하여 기본 출력(p0) 이하의 값을 가질 수 있다. 계통 사고 인식 시점(t0) 이후 일정 시간이 지나면 발전기는 다시 MPPT 제어 방법에 의해 제어를 받고, 기본 출력(p0)을 유지하게 된다. 예를 들어, 발전기의 제어 시스템은 제1 시점(t1)부터 다시 MPPT 제어 방법을 따를 수 있다.

[0051] 이때, 제2 출력(p2)은 미리 정해진 값일 수도 있고, 계통의 특성 및 환경에 따라 달라질 수도 있다.

[0052] 기존 제2 관성 제어 방법에 따르면, 발전기의 출력은 제2 출력(p2)으로 급격히 증가한 이후, 일정 시간 동안 제2 출력(p2) 값을 유지할 수 있다. 즉, 기존 제2 관성 제어 방법은 발전기의 출력을 증가시킨 후 유지하여, 기존 제1 관성 제어 방법의 문제점을 해소할 수 있다.

[0053] 따라서, 발전기의 출력이 증가한 후 일정기간 유지되어, 발전기의 출력 변화가 제어 시스템에서 또 다른 계통 사고로 인식되지 않을 수 있다. 그러나, 발전기의 출력 값 관점에서 볼 때, 기존 제2 관성 제어 방법에 의해 증가된 출력(p2)은 기존 제1 관성 제어 방법에 의해 증가된 출력(p1)보다 더 작아지게 된다.

[0055] 도 2는 종래 발전기의 MPPT 제어 방법 및 계통 사고 발생시 적용되는 관성 제어 방법에 따른 발전기의 주파수를 나타낸 그래프이다.

[0056] 도 2를 참조하면, 계통 사고 발생시 MPPT 제어 방법에 따른 발전기의 주파수는 급격히 감소하여 기준 시점(s0)에 기준 주파수(f0)에 도달하고, 이후 서서히 증가하게 된다.

[0057] 또한, 계통 사고 발생시 기존 제1 관성 제어 방법에 따른 발전기의 주파수는 급격히 감소하여 제1 시점(s1)에 제1 주파수(f1)에 도달하고, 이후 서서히 증가하게 된다.

[0058] 또한, 계통 사고 발생시 기존 제2 관성 제어 방법에 따른 발전기의 주파수는 급격히 감소하여 제2 시점(s2)에 제2 주파수(f2)에 도달하고, 이후 서서히 증가하게 된다.

[0059] 구체적으로, 기존 제1 관성 제어 방법에 따른 발전기의 주파수 최저점은 MPPT 제어 방법을 적용했을 때의 주파수 최저점인 기준 주파수(f0)보다 큰 값을 가질 수 있다. 그러나, 기존 제1 관성 제어 방법에 따른 발전기의 주파수 최저점 도달 시점은 MPPT 제어 방법을 적용했을 때의 주파수 최저점 도달 시간인 기준 시점(s0)보다 더 늦은 시점일 수 있다.

[0060] 즉, 기존 제1 관성 제어 방법은 MPPT 제어 방법에 비해 주파수 최저점은 높아졌으나, 주파수 최저점에 도달하는 시점은 늦어진 것을 알 수 있다.

[0061] 또한 구체적으로, 기존 제2 관성 제어 방법에 따른 발전기의 주파수 최저점은 MPPT 제어 방법을 적용했을 때의 주파수 최저점인 기준 주파수(f0) 및 기존 제1 관성 제어 방법을 적용했을 때의 주파수 최저점인 제1 주파수(f1)보다 클 수 있다.

[0062] 또한, 기존 제2 관성 제어 방법에 따른 발전기의 주파수 최저점 도달 시점은 MPPT 제어 방법을 적용했을 때의 주파수 최저점 도달 시점인 기준 시점(s0) 및 기존 제1 관성 제어 방법에 따른 발전기의 주파수 최저점 도달 시점인 제1 시점(s1)보다 작은 값일 수 있다.

[0063] 즉, 기존 제2 관성 제어 방법은 MPPT 제어 방법 및 기존 제1 관성 제어 방법에 비해 주파수 최저점이 높고, 주파수 최저점에 도달하는 시점은 앞당겨진 것을 알 수 있다.

[0064] 이하에서 설명하는 본원 발명에 의한 관성 제어 방법은, MPPT 제어 방법 및 기존 관성 제어 방법들에 비해 주파수 최저점이 높고, 주파수 최저점에 도달하는 시점은 앞당겨지게 하는 것을 목적으로 한다. 즉, 각 제어 방법들의 문제점을 해결하여, 계통 사고로 인한 발전기의 안정성 문제를 효율적으로 해결할 수 있는 방법에 대해서 서술한다.

[0066] 도 3은 본원 발명의 일 실시예에 따른 발전기의 제어 시스템을 나타낸 도면이다. 구체적으로, 도 3은 영구 자석형 동기 발전기(PMSG: Permanent Magnet Synchronous Generator)를 이용한 풍력 발전기의 제어 시스템(1000)을 나타낸 도면이다.

[0067] 도 3을 참조하면, 발전기의 제어 시스템(1000)은 피치 제어부(100), 회전자 제어부(300) 및 계통 제어부(500)를 포함할 수 있다.

[0068] 일 실시예에 따른 피치 제어부(100)는 풍력 발전기 터빈 날개의 각도를 조절하여, 발전기의 기계적인 움직임을 제어할 수 있다.

[0069] 일 실시예에 따른 회전자 제어부(300)는 MPPT 제어부(310) 및 관성 제어부(330)를 포함할 수 있다. 회전자 제어부(300)는 풍력 발전기의 회전자 속도를 제어하여, 발전기의 출력을 조절할 수 있다. 또한, 회전자 제어부(300)는 회전자 속도를 제어하여, 회전자의 출력을 조절할 수 있다. 이때, 회전자의 출력은 발전기의 출력에 영향을 미칠 수 있다.

[0070] 또한, 회전자 제어부(300)는 계통 사고 여부에 따라 제어 방법을 선택할 수 있다. 예를 들어, 회전자 제어부(300)는 계통 사고가 없는 경우, MPPT 제어부(310)를 통해 MPPT 제어 방법을 따라 회전자를 제어할 수 있다. 또는, 회전자 제어부(300)는 계통 사고가 발생한 경우, 관성 제어부(330)를 통해 관성 제어 방법을 따라 회전자의 속도 및/또는 출력을 제어할 수 있다.

[0071] 일 실시예에 따른 계통 제어부(500)는 계통에 의해 측정된 요소들 또는 계통 특성에 따른 요소들을 제어할 수 있다. 예를 들어, 계통 제어부(500)는 계통 측 전압 또는 계통 측 무효 전력을 제어할 수 있다.

[0072] 피치 제어부(100)에 의해 제어된 영구 자석형 동기 발전기(PMSG)는 풍력 발전의 기계적 입력을 PWM 컨버터에 인가하고, 회전자 제어부(300)는 MPPT 제어부(310) 또는 관성 제어부(330)에 의해 회전자 측 제어 레퍼런스 값을 PWM 컨버터에 인가할 수 있다.

[0073] 또한, 계통 제어부(500)는 계통 측 제어를 통한 DC 전압 및 무효 전력 값을 PWM 컨버터에 인가할 수 있다. 인가된 입력들을 통해 PWM 컨버터는 풍력 발전의 전기적 출력을 출력할 수 있다. 즉, 발전기의 제어 시스템(1000)은

영구 자석형 동기 발전기(PMSG)의 기계적 에너지를 전기 에너지로 출력할 수 있다.

[0075] 도 4는 본원 발명의 일 실시예에 따른 관성 제어 방법이 적용된 발전기의 출력을 나타낸 그래프이다.

[0076] 도 4를 참조하면, 일 실시예에 따른 본원 발명의 관성 제어 방법에 따른 제어 시스템은 계통 사고 인식 시점(t0) 이후, 발전기의 출력을 감소시켰다가, 다시 급격히 증가시키고, 이후 추가적으로 출력을 더 증가시켜, 계통 사고로 인해 감소한 발전기의 주파수를 안정화시킬 수 있다.

[0077] 구체적으로, 본원 발명의 관성 제어 방법에 따른 제어 시스템은 계통 사고 인식 시점(t0) 이후, 제1 시간 구간(d1) 동안 발전기의 출력을 급격히 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 도 4에 도시된 바와 같이, 제1 시간 구간(d1)의 시작점에서 발전기의 출력을 급격히 감소시킨 이후, 출력을 유지할 수 있다.

[0078] 즉, 제1 시간 구간(d1)은 발전기의 출력을 감소시키는 제1 서브 구간 및 발전기의 출력을 유지시키는 제2 서브 구간을 포함할 수 있다. 그러나, 이에 한정되지 않고, 본원 발명의 관성 제어 방법에 따른 제어 시스템은 제1 시간 구간(d1) 동안 전체적으로 발전기의 출력을 감소시킬 수 있다.

[0079] 결과적으로, 제1 시간 구간(d1) 동안 발전기의 출력은 기본 출력(p0)에서 제5 출력(p5)으로 감소할 수 있다.

[0080] 제어 시스템이 발전기의 출력을 감소시키는 이유는 발전기의 회전자 속도를 증가시키기 위한 것일 수 있다.

[0081] 풍력 발전기의 회전자 속도는 아래 동요 방정식을 따른다.

[0082] $$2H\omega_r\frac{d\omega_r}{dt} = P_m - P_{out}$$

[0083] (H: 풍력발전기 관성 계수 / ωr : 풍력발전기 회전자 속도 / Pm : 풍력발전기 기계적 출력 / Pout : 관성제어를 통한 풍력발전기 출력)

[0084] 일반적으로 계통에 사고가 발생하지 않을 경우, 관성제어를 통한 풍력발전기의 출력(Pout)은 풍력발전기의 기계적 출력(Pm)과 동일할 수 있다. 즉, 계통에 사고가 발생하지 않을 경우, 풍력발전기 회전자 속도의 변화량은 0으로서, 풍력발전기 회전자 속도는 유지될 수 있다.

[0085] 그러나, 계통에 사고가 발생한 경우, 기존 제1 및 제2 관성 제어 방법에 따르면, 초기에 발전기의 출력이 증가하여, 풍력발전기 회전자 속도의 변화량은 음의 부호를 가져, 풍력발전기 회전자 속도는 감소하게 된다.

[0086] 반면, 본원 발명의 관성 제어 방법에 따르면, 계통에 사고가 발생한 이후 초기에 발전기의 출력을 감소시켜, 풍력발전기 회전자 속도의 변화량은 양의 부호를 가져, 풍력발전기 회전자 속도는 증가하게 된다.

[0087] 이때, 발전기의 출력을 감소시키면, 발전기의 관성 제어 용량이 증가할 수 있다. 따라서, 관성 제어 용량이 증가함에 따라 추가적으로 발전기의 출력이 증가할 수 있다.

[0088] 즉, 본원 발명의 관성 제어 방법에 따른 제어 시스템은 일시적으로 감소한 발전기의 주파수를 기존 관성 제어 방법에 비해 빠른 시간 내에 안정화시킬 수 있다.

[0089] 제1 시간 구간(d1)은 회전자 제어부에 의해 계통의 관성 특성에 따라 예측되는 주파수 최저점 발생 시간에 따라 조절될 수 있다. 예컨대, 계통의 단일 최대 용량 발전기가 탈락하였을 때 주파수 최저점이 설정 시간(예를 들어, 10초) 이내에 발생하는 계통인 경우, 제1 시간 구간(d1)은 제1 시간(예를 들어, 0.5초 이상 1.5초 미만, 약 1초)으로 설정될 수 있다.

[0090] 이와 달리, 계통의 단일 최대 용량 발전기가 탈락하였을 때 주파수 최저점이 10초 이상에서 발생하는 계통인 경우, 제1 시간 구간(d1)은 제1 시간 보다 긴 제2 시간(예를 들어, 1.5초 이상 3초 이하; 약 2초 내지 3초)으로 설정될 수 있다.

[0091] 이와 같이 계통의 관성 특성에 따라 예측되는 주파수 최저점 발생 시간에 따라 제1 시간 구간(d1)을 설정하여, 발전기의 출력을 적정 수준으로 확보함과 동시에 계통에서 주파수 최저점이 낮게 형성되는 것을 방지할 수 있다.

[0092] 발전기의 출력이 감소된 제1 시간 구간 이후, 제어 시스템은 제2 시간 구간 동안 발전기의 출력을 급격히 증가시킬 수 있다. 제2 시간 구간 동안, 발전기의 출력은 제5 출력(p5)에서 제3 출력(p3)으로 증가할 수 있다. 이때, 제어 시스템은 제1 출력 변화율에 따라 발전기의 출력을 증가시킬 수 있다.

[0093] 도 4에는 제2 시간 구간이 도시되지 않았으나, 제어 시스템이 발전기의 출력을 급격히 증가시키는 시간은 일 시점이 될 수도 있고, 일정 시간 구간이 될 수도 있다.

[0094] 발전기의 출력이 급격히 증가된 제2 시간 구간 이후, 제어 시스템은 제3 시간 구간(d3) 동안 추가적으로 발전기의 출력을 증가시킬 수 있다. 제3 시간 구간 동안, 발전기의 출력은 제3 출력(p3)에서 제4 출력(p4)으로 증가할 수 있다.

[0095] 이때, 제어 시스템은 제1 출력 변화율보다 작은 제2 출력 변화율에 따라 발전기의 출력을 증가시킬 수 있다. 즉, 제어 시스템은 제3 시간 구간 동안 제2 시간 구간보다 서서히 발전기의 출력을 증가시킬 수 있다.

[0096] 일 실시예에 따르면, 제2 출력 변화율은 아래와 같은 식을 통해 정해질 수 있다.

[0097] $$P_{ref}(t)=R\times(t-t_0)+P_{up}$$

[0098] (Pref : 풍력발전기 출력 레퍼런스 값 / R : 풍력발전기의 제2 출력 변화율 / t0 : 풍력발전기 출력 증가 시점 / Pup : 풍력발전기의 제3 출력)

[0099] 제어 시스템이 제3 시간 구간에 제2 시간 구간과 상이한 출력 변화율을 가지고 발전기의 출력을 조절하는 이유는, 계통 사고 이후 2번의 보상을 할 수 있고, 발전기의 주파수 최저점 발생 시점을 기존 관성 제어 방법에 비해 앞당길 수 있기 때문이다.

[0100] 발전기의 출력을 1차적으로 증가시킨 이후, 제3 시간 구간 동안 출력 기울기(출력 변화율)는 예를 들어 풍력발전기의 침투율(wind power penetration level)과 같은 발전기의 침투율을 기반으로 설정될 수 있다.

[0101] 풍력발전기의 침투율은 풍력발전기가 계통에 투입한 비율을 의미하는 것일 수 있다. 예를 들어, 풍력발전기의 침투율은 풍력발전기 투입 용량 및 전체 부하량에 기초하여 계산될 수 있다. 구체적으로, 풍력발전기의 침투율은 풍력발전기 투입 용량을 전체 부하량으로 나눈 것일 수 있다.

[0102] 제3 시간 구간 동안의 출력 변화율을 높이면, 발전기로부터 더 많은 출력을 증가시킬 수 있지만, 주파수 최저점 도달 이후 더 많은 출력이 감소하여 주파수 안정도에 악영향을 미칠 수 있으며, 발전기의 침투율이 높을수록 더욱 문제가 될 수 있다.

[0103] 따라서 제3 시간 구간 동안의 출력 변화율을 발전기의 침투율에 따라 설정할 필요가 있다. 예를 들어, 회전자 제어부는 발전기의 침투율이 제1 기준 침투율(예를 들어, 20%) 미만인 경우 제3 시간 구간 동안의 출력 변화율(평균 출력 변화율)을 상대적으로 높은 제1 변화율(예를 들어, 0.02 MW/sec)로 설정할 수 있다.

[0104] 이와 달리, 회전자 제어부는 발전기의 침투율이 제1 기준 침투율(예를 들어, 20%) 이상인 경우, 제3 시간 구간 동안의 출력 변화율(평균 출력 변화율)을 제1 변화율 보다 낮은 제2 변화율(예를 들어, 0.01 MW/sec)로 설정할 수 있다.

[0105] 위 설명과 달리, 제2 시간 구간 및 제3 시간 구간을 구별하지 않고, 제2 시간 구간 내지 제3시간 구간을 발전기의 출력을 증가시키는 구간으로 이해할 수도 있다. 이때, 제어 시스템은 발전기의 출력을 증가시키는 구간 동안 출력 변화율을 1번 이상 변화시킬 수 있다.

[0106] 제어 시스템은 제3 시간 구간 이후 일정 시간이 지나면, 본원 발명의 관성 제어 방법이 아닌 MPPT 제어 방법에 따라 발전기를 제어할 수 있다.

[0107] 이하에서는 MPPT 제어 방법, 기존 제1 및 제2 관성 제어 방법 및 본원 발명에 따른 관성 제어 방법을 발전기의 출력 및 주파수 변화를 중심으로 비교하여 설명한다.

[0109] 도 5는 본원 발명의 일 실시예에 따른 관성 제어 방법이 적용된 경우 및 종래의 관성 제어 방법이 적용된 경우, 발전기의 출력을 비교하기 위한 그래프이다.

[0110] 도 5를 참조하면, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후, 각 제어 방법에 따른 발전기의 출력을 나타내는 그래프가 도시되어 있다.

[0111] 먼저, 발전기의 제어 시스템이 MPPT 제어 방법을 따를 경우, 계통 사고를 인식하더라도, 발전기의 출력에는 변함이 없는 것을 알 수 있다.

[0112] 다음으로, 발전기의 제어 시스템이 기존 제1 관성 제어 방법을 따를 경우, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후, 발전

기의 출력은 급격히 증가하여 제1 출력(p1)에 도달한 후 다시 감소하는 것을 알 수 있다.

[0113] 또한, 발전기의 제어 시스템이 기존 제2 관성 제어 방법을 따를 경우, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후, 발전기의 출력은 급격히 증가하여 제2 출력(p2)에 도달한 후, 일정 기간 유지될 수 있다. 발전기의 출력은 제2 출력(p2)으로 일정 기간 유지된 이후, 서서히 감소하는 것을 알 수 있다.

[0114] 또한, 발전기의 제어 시스템이 본원 발명의 일 실시예에 따른 관성 제어 방법을 따를 경우, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후, 발전기의 출력은 감소하여 제5 출력(p5)에 도달할 수 있다. 이때, 발전기의 출력은 제5 출력(p5)으로 일정 기간 유지될 수 있다.

[0115] 이후, 발전기의 출력은 다시 증가하여 제3 출력(p3)에 도달하고, 추가적으로 더 증가하여 제4 출력(p4)에 도달할 수 있다. 여기서, 제3 출력(p3)은 제2 출력(p2)와 동일하거나 큰 값을 가질 수 있다.

[0116] 이때, 제5 출력(p5)에서 제3 출력(p3)으로 증가할 때의 출력 변화율은 제3 출력(p3)에서 제4 출력(p4)으로 증가할 때의 출력 변화율보다 클 수 있다.

[0117] 증가한 출력의 크기를 비교하면, 기존 제1 관성 제어 방법의 최대 출력인 제1 출력(p1)이 기존 제2 관성 제어 방법의 최대 출력인 제2 출력(p2) 및 본원 발명의 관성 제어 방법의 최대 출력인 제4 출력(p4)보다 큰 값을 가질 수 있다.

[0118] 그러나, 기존 제1 관성 제어 방법은 최대 출력 이후 출력이 다시 급격히 감소하여, 또 다른 계통 사고로 인식될 수 있다. 또한, 최대 출력을 일정 구간 유지하는 기존 제2 관성 제어 방법을 따를 경우, 최대 출력의 크기가 기존 제1 관성 제어 방법보다 감소한다는 문제점이 있다.

[0119] 따라서, 본원 발명의 관성 제어 방법은 위 두 가지 문제를 해결하기 위해, 발전기의 출력을 제3 출력(p3)까지 증가시킨 이후, 추가적으로 제4 출력까지 증가시킬 수 있다.

[0120] 또한, 본원 발명의 관성 제어 방법은 주파수 최저점 도달 시점을 앞당기기 위해, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후 발전기의 출력을 감소시킬 수 있다. 주파수 최저점 도달 시점과 관련된 설명은 도 6에서 설명한다.

[0122] 도 6은 본원 발명의 일 실시예에 따른 관성 제어 방법이 적용된 경우 및 종래의 관성 제어 방법이 적용된 경우, 발전기의 주파수를 비교하기 위한 그래프이다.

[0123] 도 5를 참조하면, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후, 각 제어 방법에 따른 발전기의 주파수를 나타내는 그래프가 도시되어 있다.

[0124] 먼저, 발전기의 제어 시스템이 MPPT 제어 방법을 따를 경우, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후 주파수가 감소하여 기준 주파수(f0)까지 도달할 수 있다. 이때, 발전기의 주파수가 최저점인 기준 주파수(f0)에 도달한 시점은 기준 시점(s0)일 수 있다.

[0125] 다음으로, 발전기의 제어 시스템이 기존 제1 관성 제어 방법을 따를 경우, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후 주파수가 감소하여 제1 주파수(f1)까지 도달할 수 있다. 이때, 발전기의 주파수가 최저점인 제1 주파수(f1)에 도달하는 시점은 제1 시점(s1)일 수 있다.

[0126] 이때, 제1 주파수(f1)는 기준 주파수(f0)보다 크고, 제1 시점(s1)은 기준 시점(s0)보다 늦은 시점일 수 있다. 따라서, 기존 제1 관성 제어 방법은 MPPT 제어 방법에 비해 주파수 최저점은 증가시키고(f0에서 f1으로), 주파수 최저점 도달 시점은 늦추는(s0에서 s1) 결과를 초래한다.

[0127] 발전기의 안정성에 영향을 미치는 중요한 요인은 발전기의 주파수 최저점의 크기와 주파수 최저점 도달 시점일 수 있다. 그러나, 기존 제1 관성 제어 방법은 주파수 최저점의 크기 변화에는 긍정적이나, 주파수 최저점 도달 시점에는 부정적으로, 효율적인 관성 제어 방법이 될 수 없다.

[0128] 다음으로, 발전기의 제어 시스템이 기존 제2 관성 제어 방법을 따를 경우, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후 주파수가 감소하여 제2 주파수(f2)까지 도달할 수 있다. 이때, 발전기의 주파수가 최저점인 제2 주파수(f2)에 도달하는 시점은 제2 시점(s2)일 수 있다.

[0129] 이때, 제2 주파수(f2)는 기준 주파수(f0) 및 제1 주파수(f1)보다 크고, 제2 시점(s2)은 기준 시점(s0) 및 제1 시점(s1)보다 앞선 시점일 수 있다. 결과적으로, 기존 제2 관성 제어 방법은 주파수 최저점의 크기 및 주파수 최저점 도달 시점 모두에 긍정적일 수 있다.

[0130] 다음으로, 발전기의 제어 시스템이 본원 발명의 관성 제어 방법을 따를 경우, 계통 사고 인식 시점(t0) 이후 주

파수가 감소하여 제3 주파수(f3)까지 도달할 수 있다. 이때, 발전기의 주파수가 최저점인 제3 주파수(f3)에 도달하는 시점은 제3 시점(s3)일 수 있다.

[0131] 이때, 제3 주파수(f3)는 기준 주파수(f0), 제1 주파수(f1) 및 제2 주파수(f2)보다 클 수 있다. 또한, 제3 시점(s3)은 기준 시점(s0), 제1 시점(s1) 및 제2 시점(s2)보다 앞선 시점일 수 있다.

[0132] 결과적으로, 본원 발명의 관성 제어 방법은 주파수 최저점이 가장 크고, 주파수 최저점 도달 시점이 가장 앞서므로, 기존 제1 및 제2 관성 제어 방법보다 더 효율적으로 발전기를 안정시킬 수 있다.

[0134] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다

[0135] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

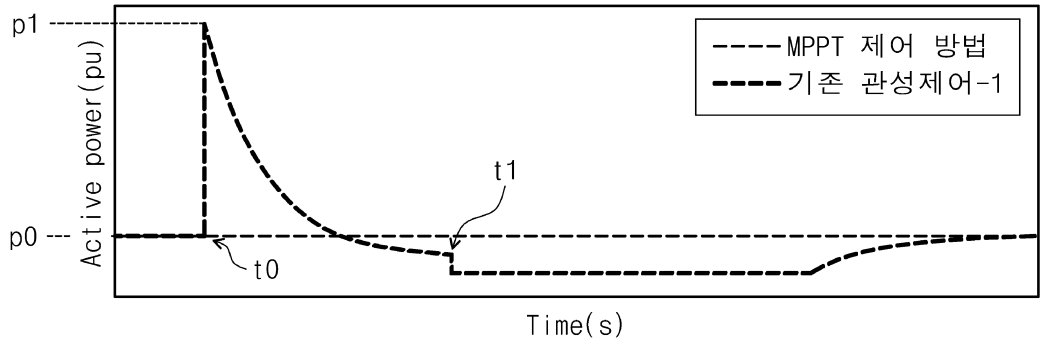
[0136] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

부호의 설명

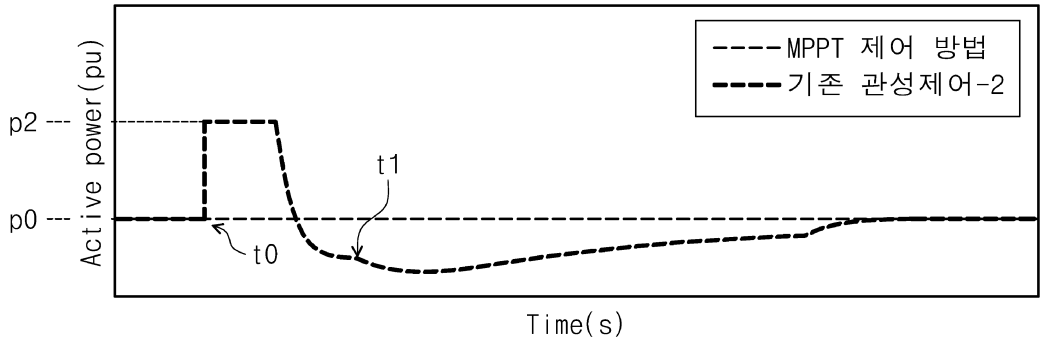
삭제

도면

도면1

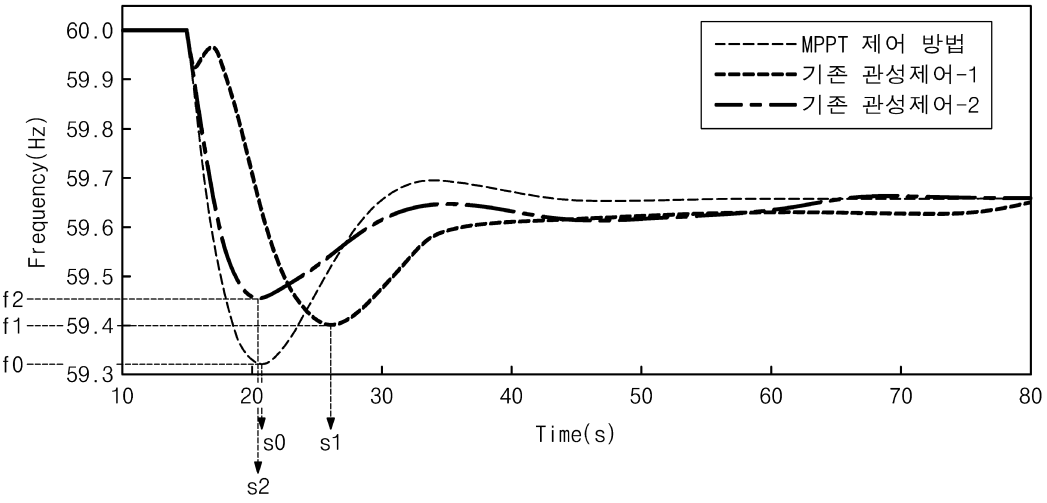

p1
p0
Active power(pu)
MPPT 제어 방법
기존 관성제어-1
t1
t0
Time(s)

(a)

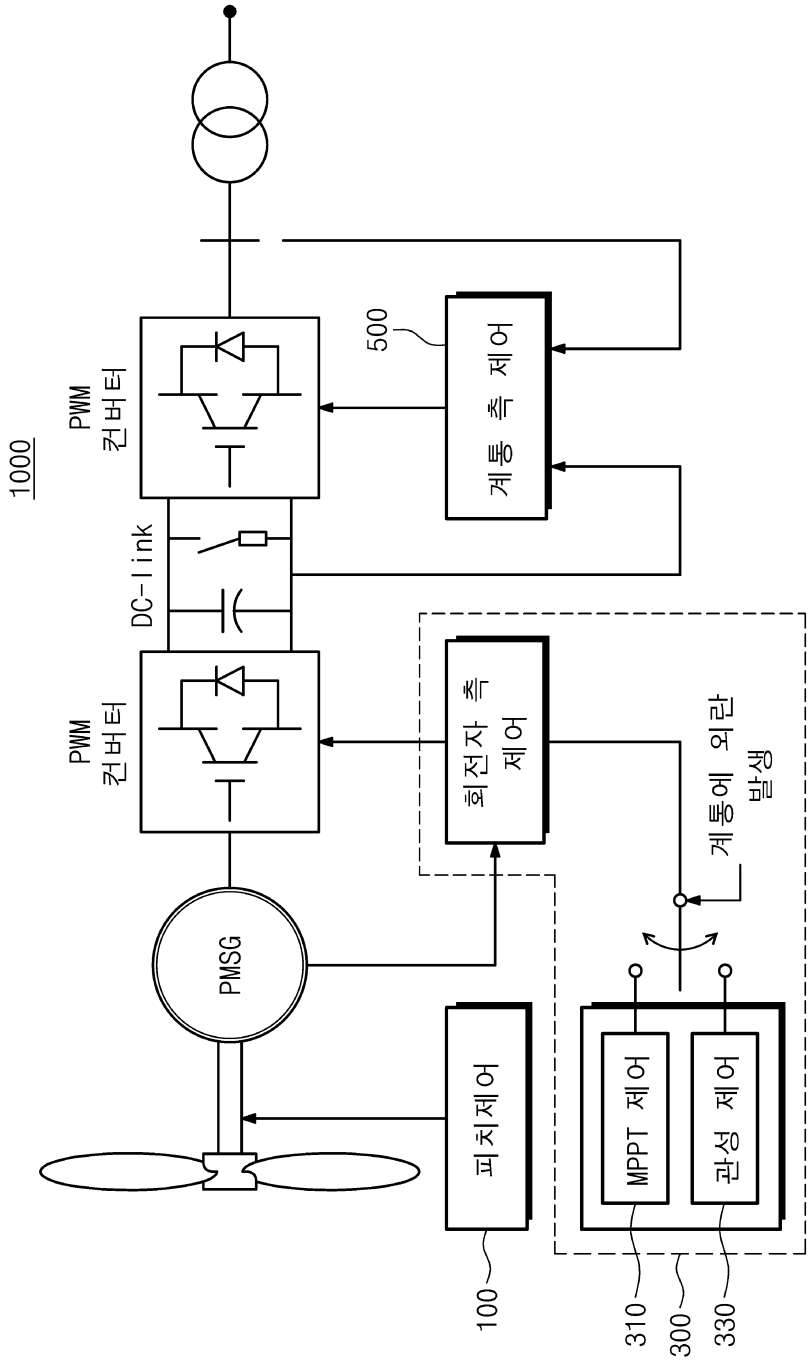

p2
p0
Active power(pu)
MPPT 제어 방법
기존 관성제어-2
t1
t0
Time(s)

(b)

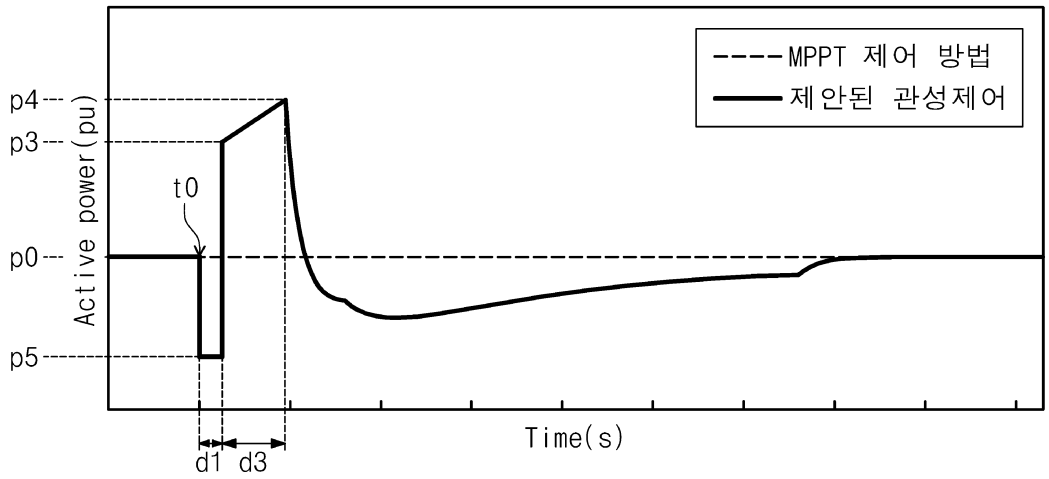
도면2


60.0
59.9
59.8
59.7
59.6
59.5
59.4
59.3
Frequency(Hz)
f2
f1
f0
10
20
30
40
50
60
70
80
Time(s)
MPPT 제어 방법
기존 관성제어-1
기존 관성제어-2
s0
s1
s2

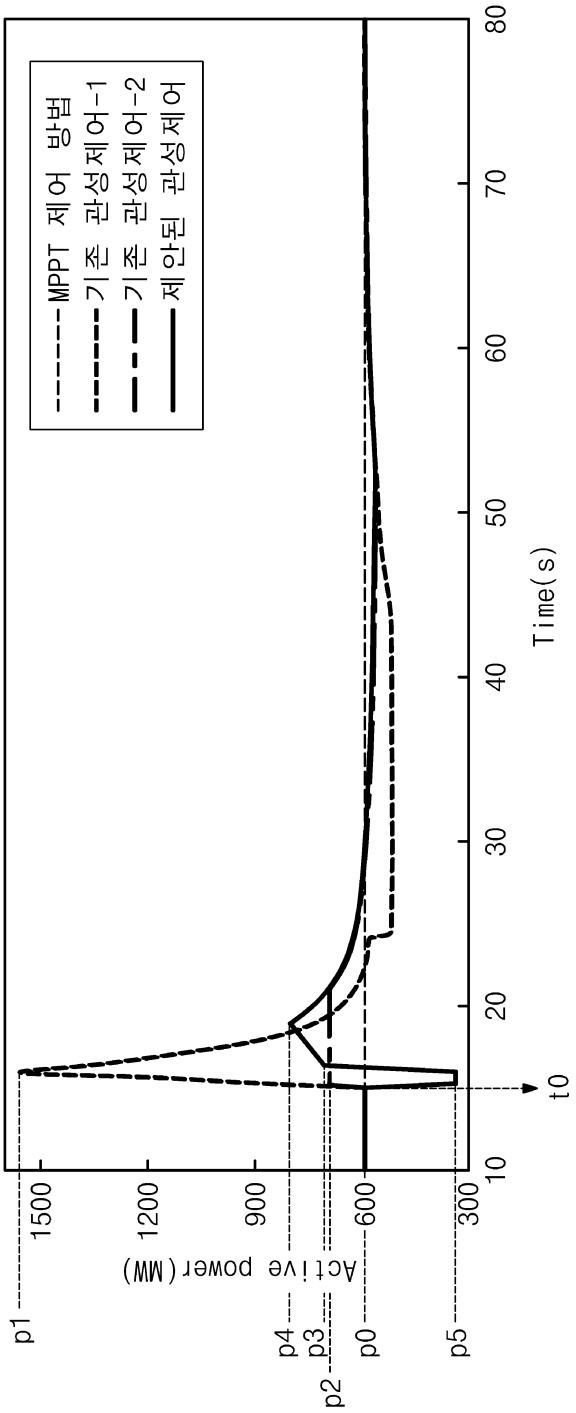
도면3


1000
PWM 컨버터
DC-link
PWM 컨버터
PMSG
500
계통 측 제어
회전자 측 제어
계통에 외란 발생
피치제어
MPPT 제어
관성 제어
100
310
300
330

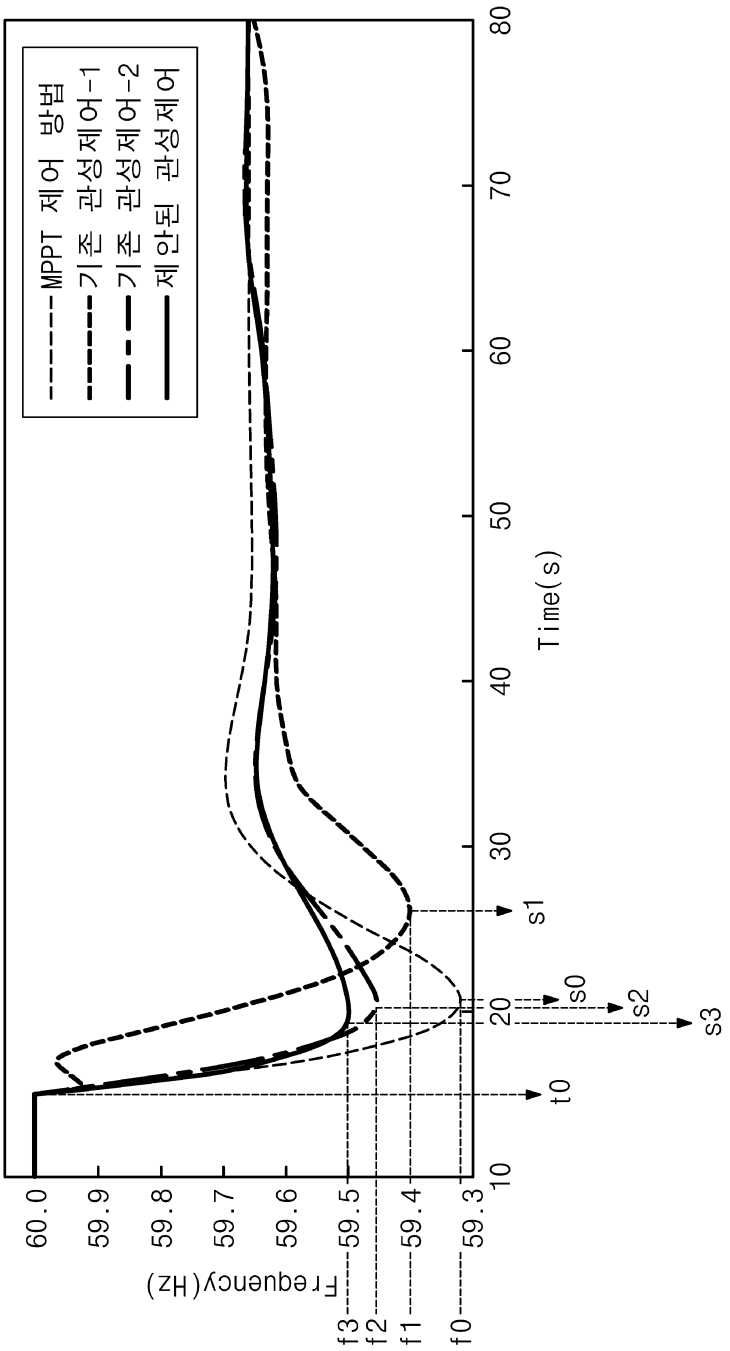
도면4



도면5


MPPT 제어 방법
기존 관성제어-1
기존 관성제어-2
제안된 관성제어
Active power(MW)
Time(s)
t0
p1
p2
p3
p4
p0
p5
1500
1200
900
600
300
10
20
30
40
50
60
70
80

도면6


MPPT 제어 방법
기존 관성제어-1
기존 관성제어-2
제안된 관성제어
Frequency(Hz)
60.0
59.9
59.8
59.7
59.6
59.5
59.4
59.3
f3
f2
f1
f0
10
20
30
40
50
60
70
80
Time(s)
t0
s0
s1
s2
s3