



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0062055
(43) 공개일자 2017년06월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02J 1/00 (2006.01) H02M 1/00 (2007.01)
H02M 1/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02J 1/00 (2013.01)
H02M 1/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-0167414
(22) 출원일자 2015년11월27일
심사청구일자 2015년11월27일
기술이전 희망 : 기술양도

(71) 출원인
인천대학교 산학협력단
인천광역시 연수구 아카데미로 119 (송도동)
(72) 발명자
김학만
서울특별시 서대문구 성산로7길 45 (연희동)
손호익
경기도 부천시 소사구 부광로35번길 64
송민석
인천광역시 연수구 해송로30번길 19
(74) 대리인
특허법인충정

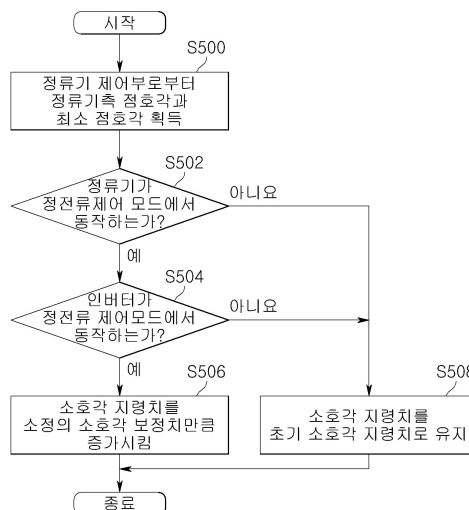
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법 및 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치

(57) 요약

본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법은, (a) 초고압 직류 송전(HVDC: High Voltage Direct Current) 시스템의 인버터의 동작을 제어하는 인버터 제어 장치의 제어부에서, 상기 HVDC 시스템의 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 단계; (b) 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 제어부에서, 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 단계; 및 (c) 상기 정류기와 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 제어부가, 상기 인버터 제어 장치 내의 정소호각 제어기에 인가되는 소호각 지령치를 소정의 소호각 보정치 만큼 증가시키는 단계를 포함하여, HVDC 시스템이 정류기 측의 AC 계통의 고장 발생 후 회복되는 과정에서 상대적으로 인버터의 출력 및 AC 계통의 전압변동을 줄일 수 있고 정상 상태로의 도달 시간인 과도 시간을 단축할 수 있다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

H02M 2001/0006 (2013.01)

Y02E 60/60 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 초고압 직류 송전(HVDC: High Voltage Direct Current) 시스템 내 인버터의 동작을 제어하는 인버터 제어 장치의 제어부에서, 상기 HVDC 시스템의 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 단계;
- (b) 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 제어부에서, 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 단계; 및
- (c) 상기 정류기와 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 제어부가, 상기 인버터 제어 장치 내의 정소호각 제어기에 인가되는 소호각 지령치를 소정의 소호각 보정치 만큼 증가시키는 단계를 포함하는, HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 단계 (a)는,

- (a-1) 상기 제어부에서, 상기 정류기의 동작을 제어하는 정류기 제어부로부터 정류기측 점호각과 정류기측 최소 점호각을 획득하는 단계; 및
- (a-2) 상기 제어부가 상기 정류기측 점호각과 상기 정류기측 최소 점호각을 비교하여, 상기 정류기측 점호각이 상기 정류기측 최소 점호각보다 큰 경우, 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단하는 단계를 포함하는, HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 단계 (b)에서,

상기 인버터측 정전류 제어에 의해 출력되는 중복각과 소호각의 합이 상기 인버터측 정소호각(constant extinction angle) 제어에 의해 출력되는 중복각과 소호각의 합보다 큰 경우, 상기 제어부는 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단하는, HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 단계 (a)에서 상기 HVDC 시스템의 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않는 것으로 판단되거나, 상기 단계 (b)에서 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않는 것으로 판단되는 경우, 상기 제어부가 상기 소호각 지령치를 초기 소호각 지령치로 유지하는 단계를 더 포함하는, HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법.

청구항 5

초고압 직류 송전(HVDC: High Voltage Direct Current) 시스템의 인버터의 전류를 제어하기 위한 정전류 제어부;

상기 인버터의 소호각을 제어하기 위한 정소호각 제어부;

상기 정전류 제어부의 출력과 상기 정소호각 제어부의 출력에 기반하여 상기 인버터의 제어 모드를 선택하고 선택된 제어 모드에 따른 상기 인버터의 점호각을 출력하는 제어 모드 선택부; 및

상기 정소호각 제어부에 인가되는 소호각 지령치를 조정하기 위한 제어부를 포함하며,

상기 제어부는,

- (a) 상기 HVDC 시스템의 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 동작,
- (b) 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 동작; 및
- (c) 상기 정류기와 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 정소호각 제어부에 인가되는 소호각 지령치를 소정의 소호각 보정치 만큼 증가시키는 동작을 수행하는, HVDC 시스템의 인버터 제어 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 동작 (a)는,

- (a-1) 상기 정류기의 동작을 제어하는 정류기 제어부로부터 정류기측 점호각과 정류기측 최소 점호각을 획득하는 동작; 및
- (a-2) 상기 정류기측 점호각과 상기 정류기측 최소 점호각을 비교하여, 상기 정류기측 점호각이 상기 정류기측 최소 점호각보다 큰 경우, 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단하는 동작을 포함하는, HVDC 시스템의 인버터 제어 장치.

청구항 7

청구항 6에 있어서,

상기 동작 (b)에서 상기 인버터측 정전류 제어에 의해 출력되는 중복각과 소호각의 합이 상기 인버터측 정소호각(constant extinction angle) 제어에 의해 출력되는 중복각과 소호각의 합보다 큰 경우, 상기 제어부는 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단하는, HVDC 시스템의 인버터 제어 장치.

청구항 8

청구항 6에 있어서,

상기 동작 (a)에서 상기 HVDC 시스템의 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않거나, 상기 동작 (b)에서 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않는 경우, 상기 제어부는 상기 소호각 지령치를 초기 소호각 지령치로 유지하는 동작을 더 수행하는, HVDC 시스템의 인버터 제어 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 초고압 직류 송전(HVDC: High Voltage Direct Current)에 관한 것으로, 특히 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법 및 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] HVDC 시스템은 장거리 송전 시 HVAC(High Voltage Alternating Current) 시스템에 비해 가격이 저렴하며, 대용량 전력 전송이 가능하다는 점 등 많은 장점을 가지고 있어 그 적용성이 점차 증가하고 있으며, 해상 풍력 단지 및 국가별 계통 연계를 위한 전력 전송 시스템에도 HVDC 시스템의 적용이 증가할 전망이다.

[0003] 한편, 이러한 HVDC 시스템의 많은 적용으로 인하여 HVDC 시스템을 더 안정적으로 운영할 수 있는 방안에 대한 많은 연구들이 진행되어 왔다

[0004] 특히, HVDC 시스템이 정류기 측 AC 계통의 고장이 발생한 시점부터 고장 발생후 회복되는 과도 상태에서, 정류기 측의 AC 계통의 불안정으로 인하여, 통상적인 HVDC 시스템의 회복 특성에 따라 HVDC 시스템이 회복되는 경우, 인버터의 출력 및 AC 계통의 전압 변동이 정상상태로 회복하는데 다소 시간이 걸릴 수 있다. 이럴 경우, 인버터 측의 AC 계통에 신속하게 안정적으로 전력을 공급할 수 없다.

[0005] 따라서, 정류기 측의 AC 계통의 고장 발생으로 AC 계통이 불안정하게 되는 경우, HVDC 시스템이 AC 계통의 고장

발생 후 회복되는 과정인 과도 상태에 대한 성능을 향상시키기 위한 방법이 요구된다.

[0006] 하기의 특허문헌 1은 AC 계통 전압 변동에 의한 전압의 위상 이동에 따라 정류실패의 가능성을 수학적으로 분석하고, 이를 소호각 제어기에 적용하여 순시적으로 정류실패에 강인한 제어동작이 이루어지도록 함으로써, 정류 실패에 대한 예방과 정류실패후 회복특성을 개선하는 HVDC 시스템의 정류실패 방지를 위한 소호각 제어 장치를 개시하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) KR 10-2014-0036797 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, HVDC 시스템이 정류기 측의 AC 계통의 고장 발생 후 회복되는 과정에서 상대적으로 인버터의 출력 및 AC 계통의 전압변동을 줄일 수 있고 정상 상태로의 도달 시간인 과도 시간을 단축할 수 있는 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 제공하는 것이다.

[0009] 또한, 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는, HVDC 시스템이 정류기 측의 AC 계통의 고장 발생 후 회복되는 과정에서 상대적으로 인버터의 출력 및 AC 계통의 전압변동을 줄일 수 있고 정상 상태로의 도달 시간인 과도 시간을 단축할 수 있는 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법은,

[0011] (a) 초고압 직류 송전(HVDC: High Voltage Direct Current) 시스템의 인버터의 동작을 제어하는 인버터 제어 장치의 제어부에서, 상기 HVDC 시스템의 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 단계;

[0012] (b) 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 제어부에서, 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 단계; 및

[0013] (c) 상기 정류기와 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 제어부가, 상기 인버터 제어 장치 내의 정소호각 제어기에 인가되는 소호각 지령치를 소정의 소호각 보정치 만큼 증가시키는 단계를 포함한다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법에 있어서, 상기 단계 (a)는,

[0015] (a-1) 상기 제어부에서, 상기 정류기의 동작을 제어하는 정류기 제어부로부터 정류기측 점호각과 정류기측 최소 점호각을 획득하는 단계; 및

[0016] (a-2) 상기 제어부가 상기 정류기측 점호각과 상기 정류기측 최소 점호각을 비교하여, 상기 정류기측 점호각이 상기 정류기측 최소 점호각보다 큰 경우, 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단하는 단계를 포함할 수 있다.

[0017] 또한 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법에 있어서, 상기 단계 (b)에서,

[0018] 상기 인버터측 정전류 제어에 의해 출력되는 중복각과 소호각의 합이 상기 인버터측 정소호각(constant extinction angle) 제어에 의해 출력되는 중복각과 소호각의 합보다 큰 경우, 상기 제어부는 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단할 수 있다.

[0019] 또한 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법은, 상기 단계 (a)에서 상기 HVDC 시스템의 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않는 것으로 판단되거나, 상기 단계 (b)에서 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않는 것으로 판단되는 경우, 상기 제어부가 상기 소호각 지령치를 초기 소호각 지령치로 유지하는 단계를 더 포함할 수 있다.

- [0020] 상기 다른 과제를 달성하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치는,
- [0021] 초고압 직류 송전(HVDC: High Voltage Direct Current) 시스템의 인버터의 전류를 제어하기 위한 정전류 제어부;
- [0022] 상기 인버터의 소호각을 제어하기 위한 정소호각 제어부;
- [0023] 상기 정전류 제어부의 출력과 상기 정소호각 제어부의 출력에 기반하여 상기 인버터의 제어 모드를 선택하고 선택된 제어 모드에 따른 상기 인버터의 점호각을 출력하는 제어 모드 선택부; 및
- [0024] 상기 정소호각 제어부에 인가되는 소호각 지령치를 조정하기 위한 제어부를 포함하며,
- [0025] 상기 제어부는,
- [0026] (a) 상기 HVDC 시스템의 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 동작,
- [0027] (b) 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단하는 동작; 및
- [0028] (c) 상기 정류기와 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 상기 정소호각 제어부에 인가되는 소호각 지령치를 소정의 소호각 보정치 만큼 증가시키는 동작을 수행한다.
- [0029] 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치에 있어서, 상기 동작 (a)는,
- [0030] (a-1) 상기 정류기의 동작을 제어하는 정류기 제어부로부터 정류기측 점호각과 정류기측 최소 점호각을 획득하는 동작; 및
- [0031] (a-2) 상기 정류기측 점호각과 상기 정류기측 최소 점호각을 비교하여, 상기 정류기측 점호각이 상기 정류기측 최소 점호각보다 큰 경우, 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단하는 동작을 포함할 수 있다.
- [0032] 또한 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치에 있어서, 상기 동작 (b)에서 상기 인버터측 정전류 제어에 의해 출력되는 중폭각과 소호각의 합이 상기 인버터측 정소호각(constant extinction angle) 제어에 의해 출력되는 중폭각과 소호각의 합보다 큰 경우, 상기 제어부는 상기 인버터가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단할 수 있다.
- [0033] 또한 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치에 있어서, 상기 동작 (a)에서 상기 HVDC 시스템의 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않거나, 상기 동작 (b)에서 상기 정류기가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않는 경우, 상기 제어부는 상기 소호각 지령치를 초기 소호각 지령치로 유지하는 동작을 더 수행할 수 있다.

발명의 효과

- [0034] 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법 및 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치에 의하면, HVDC 시스템이 정류기 측의 AC 계통의 고장 발생 후 회복되는 과정에서 상대적으로 인버터의 출력 및 AC 계통의 전압변동을 줄일 수 있고 정상 상태로의 도달 시간인 과도 시간을 단축할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0035] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법이 적용되는 예시적인 HVDC 시스템의 구성을 도시한 도면.
- 도 2는 HVDC 시스템 내의 정류기와 인버터의 통상적인 제어 동작에 의한 HVDC 시스템의 운전 특성을 도시한 전압-전류 특성 그래프.
- 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용한 HVDC 시스템의 운전 특성을 도시한 전압-전류 특성 그래프.
- 도 4는 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법이 적용되는 인버터 제어 장치의 블록도.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 도시한 흐름도.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 도시한 다른 흐름도.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용하기 이전의 인버터측의 중복각과 소호각의 합, 정류기측의 점화각, 및 인버터측의 소호각 지령치를 도시한 그래프.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용한 이후의 인버터측의 중복각과 소호각의 합, 정류기측의 점화각, 및 인버터측의 소호각 지령치를 도시한 그래프.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용하기 이전의 정류기측 AC 전압과 인버터측 AC 전압을 도시한 그래프.

도 10은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용한 이후의 정류기측 AC 전압과 인버터측 AC 전압을 도시한 그래프.

도 11은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용하기 이전과 적용한 이후의 인버터측 출력 파워를 도시한 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0036] 본 발명의 목적, 특정한 장점들 및 신규한 특징들은 첨부된 도면들과 연관되어지는 이하의 상세한 설명과 바람직한 실시예들로부터 더욱 명백해질 것이다.
- [0037] 이에 앞서 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이고 사전적인 의미로 해석되어서는 아니되며, 발명자가 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합되는 의미와 개념으로 해석되어야 한다.
- [0038] 본 명세서에서 각 도면의 구성요소들에 참조번호를 부가함에 있어서, 동일한 구성 요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 번호를 가지도록 하고 있음에 유의하여야 한다.
- [0039] 또한, "제1", "제2", "일면", "타면" 등의 용어는, 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하기 위해 사용되는 것으로, 구성요소가 상기 용어들에 의해 제한되는 것은 아니다.
- [0040] 이하, 본 발명을 설명함에 있어, 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 관련된 공지 기술에 대한 상세한 설명은 생략한다.
- [0041] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태를 상세히 설명하기로 한다.
- [0042] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법이 적용되는 HVDC 시스템의 구성을 도시한 도면이다.
- [0043] 도 1에 도시된 HVDC 시스템은, AC 계통(110)에 연결된 정류기(100)와 다른 AC 계통(112)에 연결된 인버터(102)를 포함하고, 정류기(100)의 출력은 송전로(108)를 통해 인버터(102)로 전달된다.
- [0044] 한편, 정류기(100)의 동작은 정류기 제어부(104)에 의해 제어되고, 인버터(102)의 동작은 인버터 제어부(106)에 의해 제어되며, 정류기 제어부(104)와 인버터 제어부(106)는 통신선을 통해 서로 통신 가능하다.
- [0045] 기본적으로 도 1에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법이 적용되는 HVDC 시스템에서, 정류기(100)는 12-펄스 정류기로 구성되고, 인버터(102)는 12-펄스 인버터로 구성된다.
- [0046] 도 2는 HVDC 시스템 내의 정류기(100)와 인버터(102)의 통상적인 제어 동작에 의한 HVDC 시스템의 운전 특성을 도시한 전압-전류 특성 그래프이다.
- [0047] 일반적으로 정상 상태에서 정류기(100)측은 정전류(CC: Constant Current) 제어 동작과 정점화각(CIA: Constant Ignition Angle) 제어 동작이 가능하고, 인버터(102)측은 정전류(CC) 제어 동작과 정소호각(CEA: Constant Extinction Angle) 제어 동작이 가능하다.
- [0048] HVDC 시스템에서는 정상 상태의 경우 정류기(100)측은 정전류(CC) 제어 모드로 동작하여 일정한 전류를 유지하고, 인버터(102)측은 정소호각(CEA) 제어 모드로 동작하여 일정한 소호각을 유지함으로써 정전압 제어를 수행한다.
- [0049] 상기과 같이 정류기(100)측의 CC 제어 동작과 인버터(102)측의 CEA 제어 동작으로 인하여, 정류기(100)의 특성과 인버터(102)의 특성의 교점인 E가 HVDC 시스템의 운전점으로 결정되어 HVDC가 운전된다.

- [0050] 하지만, 정류기(100)측 AC 계통(110)의 고장으로 인하여 AC 계통(110)의 전압이 낮아져 정류기(100)측 DC 전압이 감소할 경우, 운전점이 이동하는 제어 모드 전환이 발생하며, 도 2에서와 같이 ΔV_{dc} 만큼의 전압이 감소할 경우 운전점은 E에서 E'로 이동하는 제어 모드의 전환이 발생하며, 이후 DC 전압이 회복하면서 운전점은 E'→G→E의 경로를 통하여 정상 상태의 운전점을 회복하게 된다.
- [0051] 하지만, 상기와 같이 인버터(102)측의 전압이 단변에 우선적으로 회복되고 이후 전류가 회복되는 경우, AC 계통의 고장 발생 후 회복되는 과정에서 상대적으로 인버터의 출력 및 AC 계통의 전압변동이 커지고 정상 상태로의 도달 시간인 과도 시간이 길어질 수 있다.
- [0052] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용한 HVDC 시스템의 운전 특성을 도시한 전압-전류 특성 그래프이다.
- [0053] 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법에서는, 도 2에 도시된 HVDC 시스템 내의 정류기(100)와 인버터(102)의 통상적인 제어 동작에 의한 HVDC 시스템의 운전 특성을 변형한 것으로, DC 전압을 회복하는 과정에서 인버터(102)측 DC 전압을 순간적으로 낮게 제어하고 DC 전류를 회복한 다음, 인버터(102)측 DC 전압의 회복을 통하여 최종적으로 정상 상태의 운전점을 유지하게 하는 것이다.
- [0054] 이러한 동작은 도 3을 통해 확인할 수 있으며, 과도 상태에서부터 E'→G→E의 경로를 통하여 운전점을 회복하는 통상적인 동작 특성과 달리, 본 발명에 의하면 E'→J→K→E의 경로를 통하여 정상 상태의 운전점을 회복한다.
- [0055] 이 때 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법에서는 인버터(102) 제어부(106) 내에서 소호각 지령치를 소정의 소호각 보정치만큼 증가시켜 인버터(102)측의 DC 전압을 낮게 제어한다.
- [0056] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법이 적용되는 인버터 제어 장치의 블록도이다.
- [0057] 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법이 적용되는 인버터 제어 장치는 초고압 직류 송전(HVDC: High Voltage Direct Current) 시스템의 인버터(도 1의 102)의 전류 측정치(I_m)와 전류 지령치(I^*)에 기반하여 전류를 일정하게 제어하기 위한 정전류 제어부(410), 소호각 지령치(γ_{new}^*)와 측정된 소호각(γ_m)에 기반하여 소호각을 일정하게 제어하기 위한 정소호각 제어부(412), 상기 정전류 제어부(410)의 출력과 상기 정소호각 제어부(412)의 출력에 기반하여 상기 인버터(102)의 제어 모드를 선택하고 선택된 제어 모드에 따른 인버터(102)측 점호각(α_i)을 출력하는 제어 모드 선택부(408), 및 상기 정소호각 제어부(412)에 인가되는 소호각 지령치(γ_{new}^*)를 조정하기 위한 제어부(414)를 포함한다.
- [0058] 상기 정전류 제어부(410)는 전류 지령치(I^*)에서 인버터(도 1의 102)의 전류 측정치(I_m)를 감산하기 위한 제1 감산기(404) 및 상기 제1 감산기(404)의 출력에 기반하여 인버터(102)의 출력 전류를 일정하게 제어하기 위한 정전류 제어기(400)를 포함한다.
- [0059] 상기 정소호각 제어부(412)는 소호각 지령치(γ_{new}^*)에서 인버터(도 1의 102)의 측정된 소호각(γ_m)을 감산하는 제2 감산기(406) 및 상기 제2 감산기(406)의 출력에 기반하여 상기 인버터(102)의 소호각을 일정하게 제어하기 위한 정소호각 제어기(402)를 포함한다.
- [0060] 상기 제어부(414)는, 정류기(100)의 동작을 제어하는 정류기 제어부(도 1의 104)로부터 정류기(100)측 점호각(α_{rec_c})과 최소 점호각(α_{min})을 획득하고, 획득한 정류기(100)측 점호각(α_{rec_c})과 최소 점호각(α_{min}), 상기 인버터(102)측 정전류 제어에 의해 출력되는 중복각(μ_{inv_c})과 소호각(γ_{inv_c})의 합(β_{inv_c}), 및 상기 인버터(102)측 정소호각(CEA: constant extinction angle) 제어에 의해 출력되는 중복각(μ_{inv_y})과 소호각(γ_{inv_y})의 합(β_{inv_y})에 기반하여, 상기 정소호각 제어부(412)에 인가되는 소호각 지령치(γ_{new}^*)를 조정한다.
- [0061] 상기와 같이 구성된 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치의 동작을 도 5 및 도 6에 도시된 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 참조하여 설명하기로 한다.

- [0062] 단계 S500 및 단계 S600에서, 제어부(414)는 HVDC 시스템의 정류기(100)의 동작을 제어하는 정류기 제어부(104)로부터 정류기(100)측 점호각(α_{rec_c})과 최소 점호각(α_{min})을 획득한다.
- [0063] 상기에서 정류기(100)측 점호각(α_{rec_c})과 최소 점호각(α_{min})은 정류기(100)측에 의해 측정된 값들로서, 도 1에 도시된 인버터 제어부(106)에 대응하는 도 4에 도시된 인버터 제어 장치 내의 제어부(414)가 정류기 제어부(104)로부터 획득한다.
- [0064] 다음, 단계 S502 및 단계 S602에서, 제어부(414)는 정류기(100)가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단한다.
- [0065] 단계 S602에 도시된 바와 같이, 제어부(414)는 정류기측 점호각(α_{rec_c})이 정류기측 최소 점호각(α_{min})보다 큰 경우, 상기 정류기(100)가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단한다.
- [0066] 다음, 정류기(100)가 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 단계 S504 및 단계 S604에서, 제어부(414)는 인버터(102)가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단한다.
- [0067] 단계 S604에 도시된 바와 같이, 제어부(414)는 인버터측 정전류 제어에 의해 출력되는 중복각(μ_{inv_c})과 소호각(γ_{inv_c})의 합(β_{inv_c})이 인버터(102)측 정소호각(CEA: constant extinction angle) 제어에 의해 출력되는 중복각(μ_{inv_y})과 소호각(γ_{inv_y})의 합(β_{inv_y})보다 큰 경우, 인버터(102)가 정전류 제어 모드에서 동작하는 것으로 판단한다.
- [0068] 상기 중복각은 인버터(102)를 구성하는 사이리스터 밸브간의 스위칭에 소요되는 구간을 나타낸다.
- [0069] 본 발명의 일 실시예에서, 도 4에 도시된 제어 모드 선택부(408)는 정전류 제어기(400)에서 출력되는 중복각(μ_{inv_c})과 소호각(γ_{inv_c})의 합(β_{inv_c})과 정소호각 제어기(402)에서 출력되는 중복각(μ_{inv_y})과 소호각(γ_{inv_y})의 합(β_{inv_y}) 중 최대 값을 선택하여 제어 모드를 결정한다.
- [0070] 즉, 제어 모드 선택부(408)는 정전류 제어기(400)에서 출력되는 중복각(μ_{inv_c})과 소호각(γ_{inv_c})의 합(β_{inv_c})이 정소호각 제어기(402)에서 출력되는 중복각(μ_{inv_y})과 소호각(γ_{inv_y})의 합(β_{inv_y})보다 큰 경우, 정전류 제어 모드를 선택하고, 정소호각 제어기(402)에서 출력되는 중복각(μ_{inv_y})과 소호각(γ_{inv_y})의 합(β_{inv_y})이 정전류 제어기(400)에서 출력되는 중복각(μ_{inv_c})과 소호각(γ_{inv_c})의 합(β_{inv_c})보다 큰 경우, 정소호각 제어 모드를 선택하여, 인버터(102)의 동작 제어 모드를 결정한다.
- [0071] 따라서, 제어부(414)는 인버터측 정전류 제어에 의해 출력되는 중복각(μ_{inv_c})과 소호각(γ_{inv_c})의 합(β_{inv_c})과 인버터(102)측 정소호각(CEA: constant extinction angle) 제어에 의해 출력되는 중복각(μ_{inv_y})과 소호각(γ_{inv_y})의 합(β_{inv_y})을 비교하여 인버터(102)가 정전류 제어 모드에서 동작하는지를 판단할 수 있다.
- [0072] 상기 정류기(100)와 상기 인버터(102)가 모두 정전류 제어 모드에서 동작하는 경우, 단계 S506 및 단계 S606에서, 제어부(414)는 인버터 제어 장치 내의 정소호각 제어부(412)에 인가되는 소호각 지령치(γ_{new}^*)를 소정의 소호각 보정치(γ_{add}) 만큼 증가시킨다.
- [0073] 한편, 상기 단계 S502와 단계 S602에서 상기 HVDC 시스템의 정류기(100)가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않는 것으로 판단되거나, 상기 단계 S504와 단계 S604에서 인버터(102)가 정전류 제어 모드에서 동작하지 않는 것으로 판단되는 경우, 제어부(414)는 소호각 지령치(γ_{new}^*)를 초기 소호각 지령치(γ_{ini}^*)로 유지한다.
- [0074] 상기와 같이, 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치 및 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법에 의하면, 정류기(100)측 AC 계통에 고장이 발생한 후 회복하는 과도 상태에서, 인버터 제어 장치 내의 정소호각 제어부(412)에 인가되는 소호각 지령치(γ_{new}^*)를 순간적으로 증가시켜, 인버터(102)측 DC 전압을 낮게 제어함으로써 인버터(102)가 정전류 제어 모드에서 벗어나 즉각적으로 정소호각 제어 모드에서 동작하도록 한 다음, 정상적인 운전점을 회복하도록 한다.
- [0075] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법 및 인버터 제어 장치가

적용된 HVDC 시스템의 운전 특성은 도 3에 도시된 바와 같이 과도 상태에서부터 E'→J→K→E의 경로를 통하여 정상 상태로 회복하기 때문에, HVDC 시스템이 정류기(100) 측의 AC 계통의 고장 발생 후 회복되는 과정에서 상대적으로 인버터(102)의 출력 및 AC 계통의 전압변동을 줄일 수 있고 정상 상태로의 도달 시간인 과도 시간을 단축할 수 있다.

[0077] **시뮬레이션**

[0078] **시뮬레이션 조건**

[0079] 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법 및 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치의 효과를 검증하기 위하여, 도 1의 HVDC 모델을 이용하여, 본 발명의 적용 전과 후를 비교함으로써 본 발명의 성능을 확인하였다.

[0080] 시뮬레이션에서는 2초에 0.1초 동안 정류기(100)측 AC 계통에 고장이 발생하는 것으로 상정하였다.

[0081] **시뮬레이션 결과**

[0082] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용하기 이전의 인버터 측의 중폭각과 소호각의 합(β), 정류기측의 점호각, 및 인버터측의 소호각 지령치를 도시한 그래프이다.

[0083] 정류기(100)측의 AC 계통에 고장이 발생하기 전, 인버터(102)측은 정소호각(CEA) 제어 모드로 동작하며, 2초에 정류기(100)측 AC 계통의 고장 발생 후 인버터(102)측의 제어 모드가 정소호각(CEA) 제어 모드에서 정전류(CC) 제어 모드로 전환되는 것을 확인할 수 있다. 이는 정류기(100)측 DC 전압의 감소로 인하여 DC 전류가 감소함에 따라 인버터(102)측이 정전류(CC) 제어로 이를 보상하기 때문이다. 이후 AC 고장 제거로 인하여 정류기(100)측 DC 전압이 회복하게 되면서 과도 상태를 거친 후, 정류기측에서는 정전류(CC) 제어를 수행하고 인버터측에서는 정소호각(CEA) 제어를 수행하는 것을 확인할 수 있다.

[0084] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용한 이후의 인버터측의 중폭각과 소호각의 합(β), 정류기측의 점호각, 및 인버터측의 소호각 지령치를 도시한 그래프이다.

[0085] 본 발명을 적용하더라도 정상 상태에서나 고장 동안의 동작 특성은 본 발명을 적용하지 않는 경우와 동일하다. 하지만 고장으로부터 회복 중에 정류기측 점호각(α_{rec_c})이 정류기측 최소 점호각(α_{min})보다 크고, 인버터(102)가 정전류 제어 모드로 동작하는 구간에서, 인버터측 정소호각 제어부(412)에 인가되는 소호각 지령치(γ_{new}^*)가 증가하는 것을 알 수 있다.

[0086] 또한 제어 모드의 전환이 발생한 후 정상 상태의 운전 각을 유지하는 시점이 본 발명을 적용한 경우 본 발명을 적용하지 않은 경우보다 더 빠른 것을 알 수 있다. 이 때 본 발명의 적용 시 정류기측 AC 계통의 고장 제거 후 최종적인 제어 모드의 전환 시점이 본 발명을 적용하지 않은 경우보다 더 앞당겨진 것을 알 수 있다. 또한 인버터측의 중폭각과 소호각의 합(β)이 본 발명을 적용하지 않은 경우보다 상대적으로 안정적인 정상 상태 회복 특성을 보이는 것을 알 수 있다.

[0087] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용하기 이전의 정류기측 AC 전압과 인버터측 AC 전압을 도시한 그래프이고, 도 10은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법을 적용한 이후의 정류기측 AC 전압과 인버터측 AC 전압을 도시한 그래프이다.

[0088] 도 10에 도시된 바와 같이, 본 발명을 적용한 경우 인버터측 AC 전압이 본 발명을 적용하지 않은 경우보다 상대적으로 안정적인 상태를 유지하는 것을 알 수 있다.

[0089] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법의 적용시 및 미적용시 정류기측 AC 계통에 고장이 발생한 후의 인버터측의 출력을 도시한 그래프이다. 본 발명이 적용되지 않은 경우에는 인버터의 출력변동 발생 후 정상 상태를 유지하기 위하여 다소 시간이 걸리는 것이 확인된다.

[0090] 그러나 본 발명을 적용한 경우 인버터(102)의 출력변동이 줄어들고 정상 상태까지 도달하는 시간이 빨라진 것을 확인할 수 있다.

[0091] 본 발명의 일 실시예에 의한 HVDC 시스템의 과도 성능 향상을 위한 제어 방법 및 HVDC 시스템의 인버터 제어 장치에 의하면, HVDC 시스템이 정류기 측의 AC 계통의 고장 발생 후 회복되는 과정에서 상대적으로 인버터의 출력

및 AC 계통의 전압변동을 줄일 수 있고 정상 상태로의 도달 시간인 과도 시간을 단축할 수 있다.

[0092] 이상 본 발명을 구체적인 실시예를 통하여 상세하게 설명하였으나, 이는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명은 이에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 그 변형이나 개량이 가능함은 명백하다고 할 것이다.

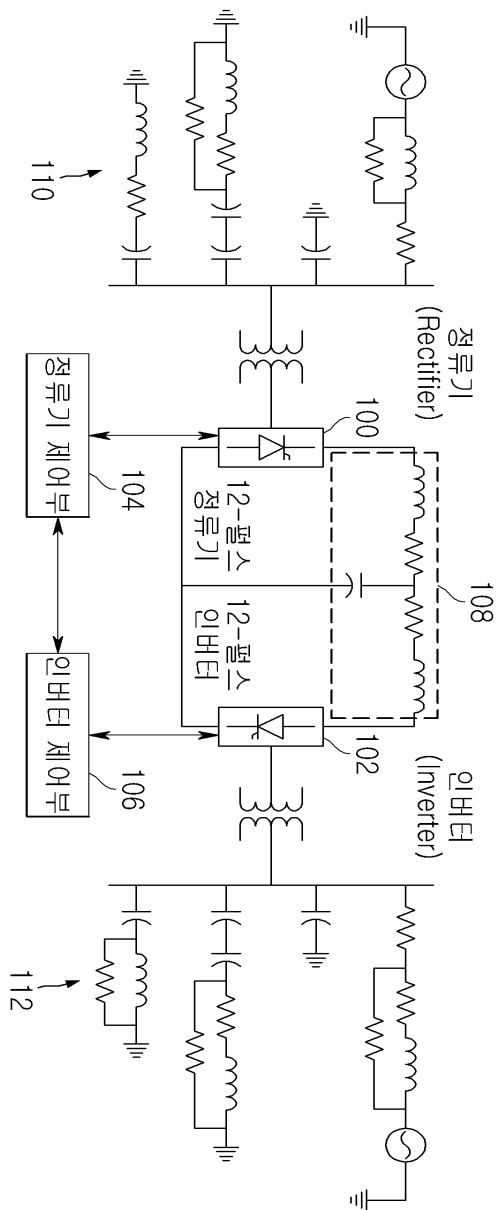
[0093] 본 발명의 단순한 변형 내지 변경은 모두 본 발명의 영역에 속하는 것으로, 본 발명의 구체적인 보호 범위는 첨부된 청구범위에 의하여 명확해질 것이다.

부호의 설명

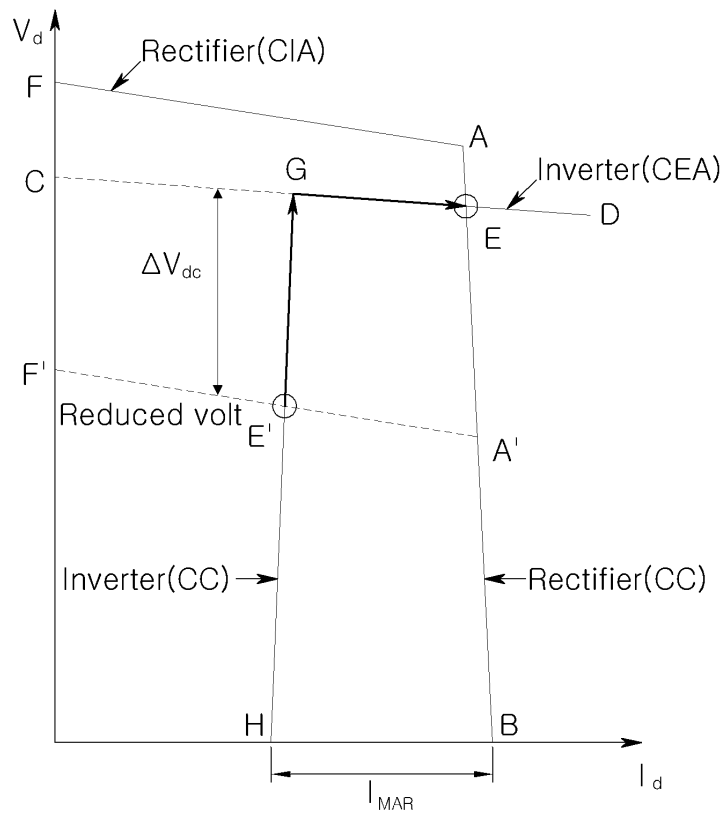
[0094] 100 : 정류기 102 : 인버터
104 : 정류기 제어부 106 : 인버터 제어부
108 : 송전로 110 : 정류기측 AC 계통
112 : 인버터측 AC 계통 400 : 정전류 제어기
402 : 정소호각 제어기 404 : 제1 감산기
406 : 제2 감산기 408 : 제어 모드 선택부
410 : 정전류 제어부 412 : 정소호각 제어부
414 : 제어부

도면

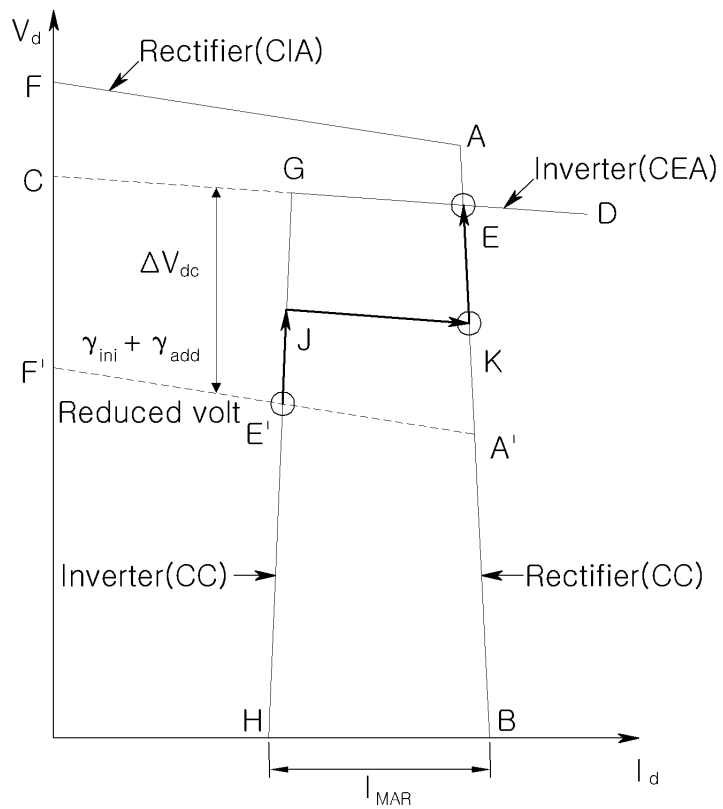
도면1



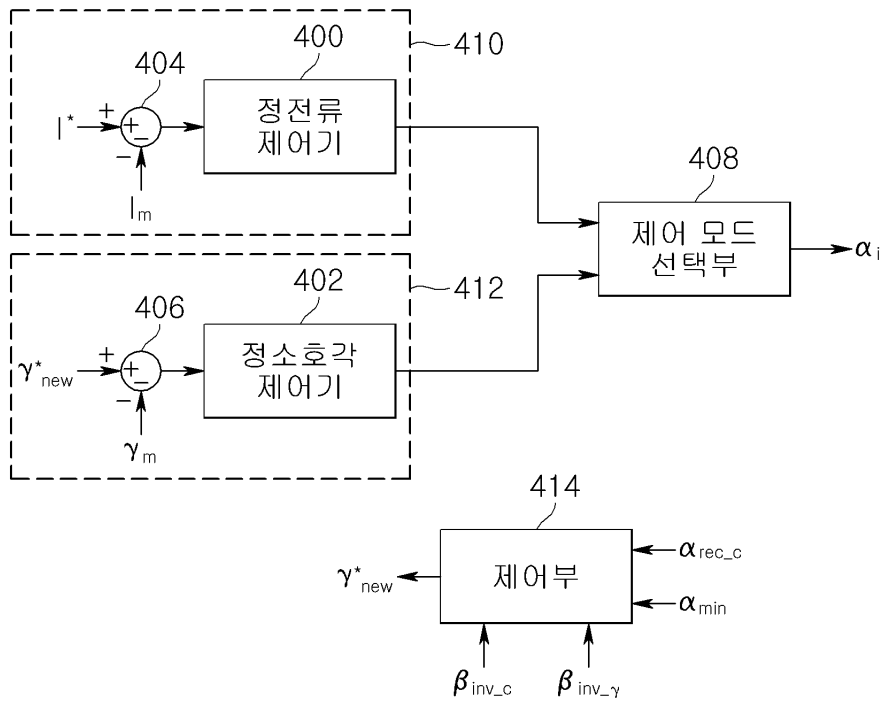
도면2



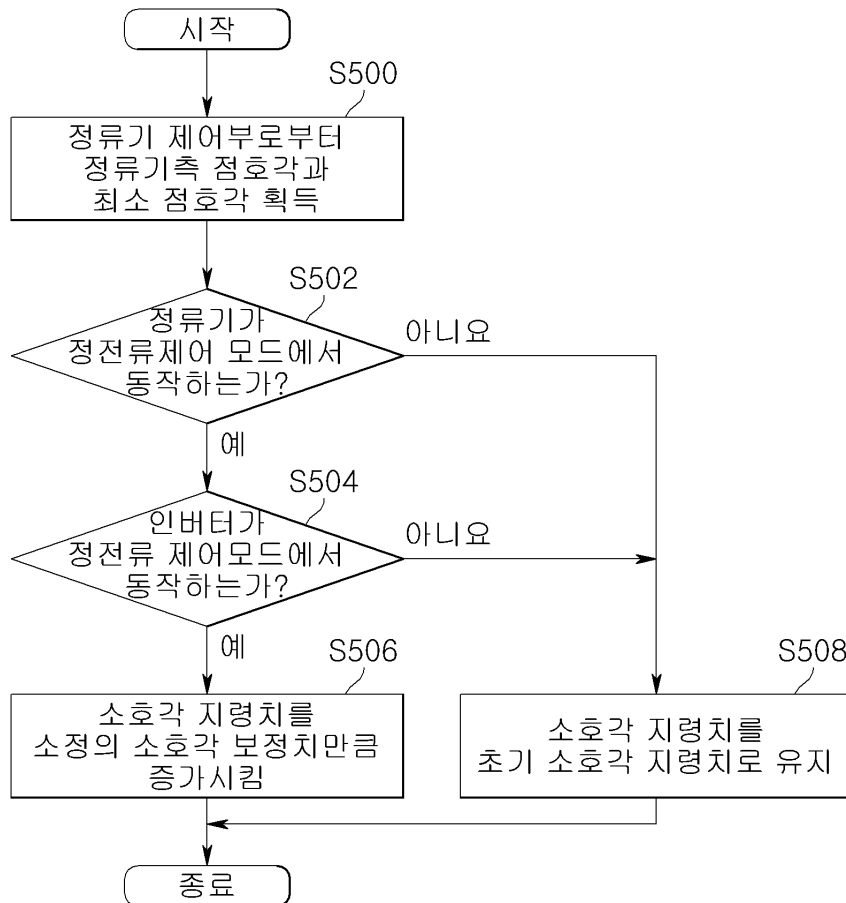
도면3



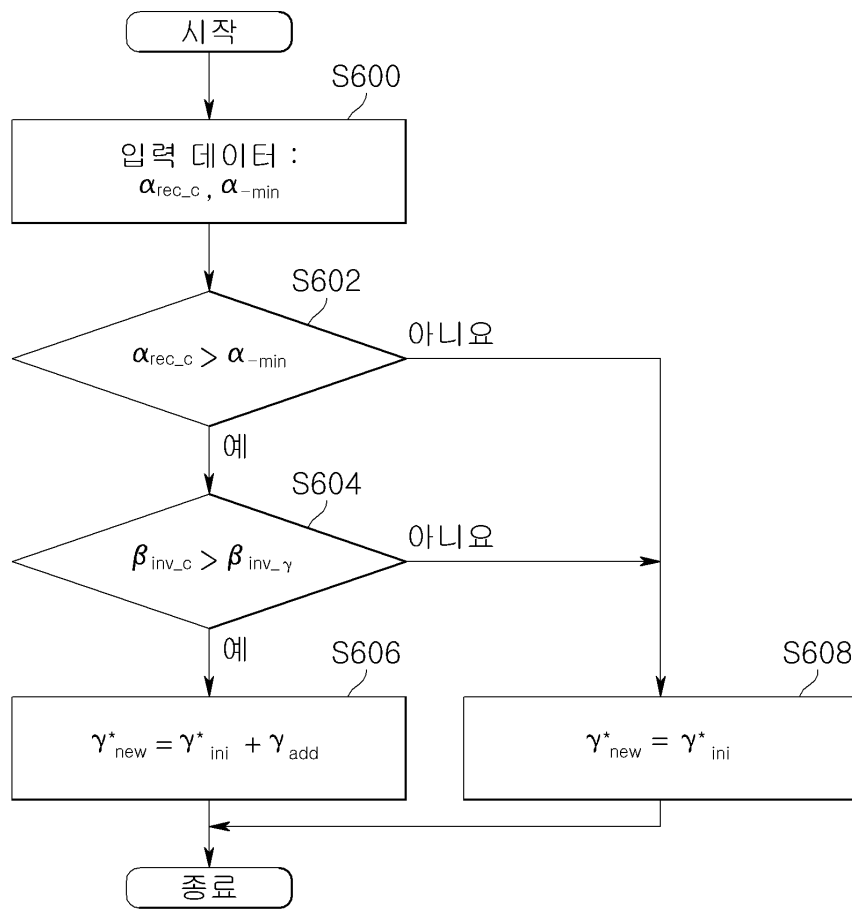
도면4



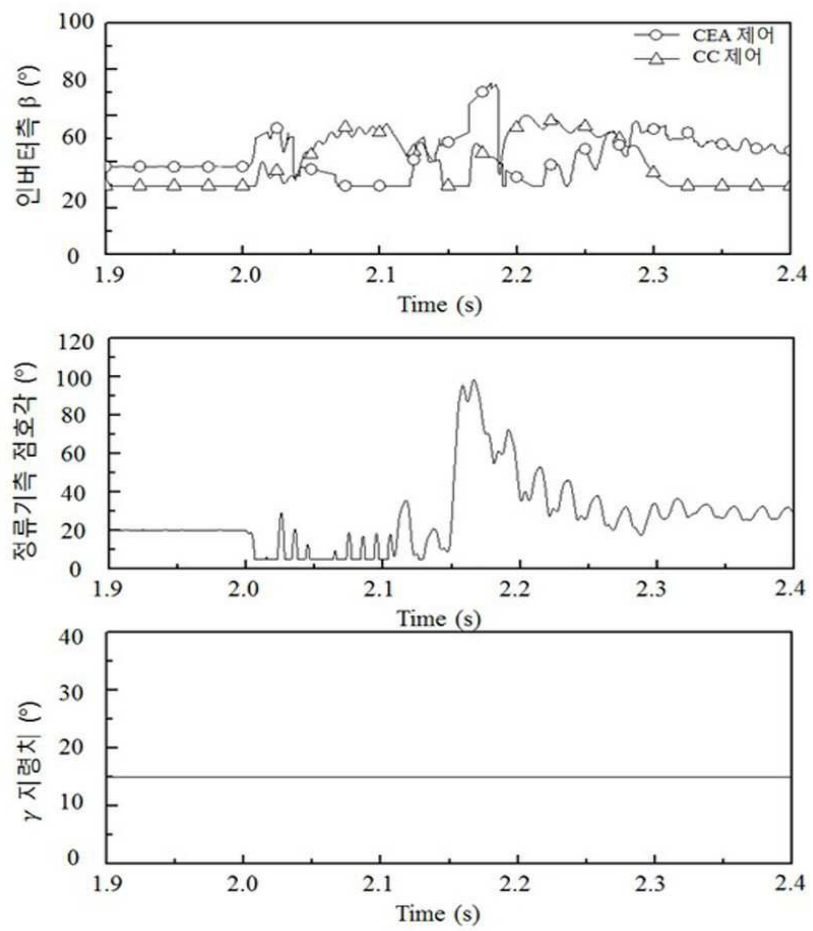
도면5



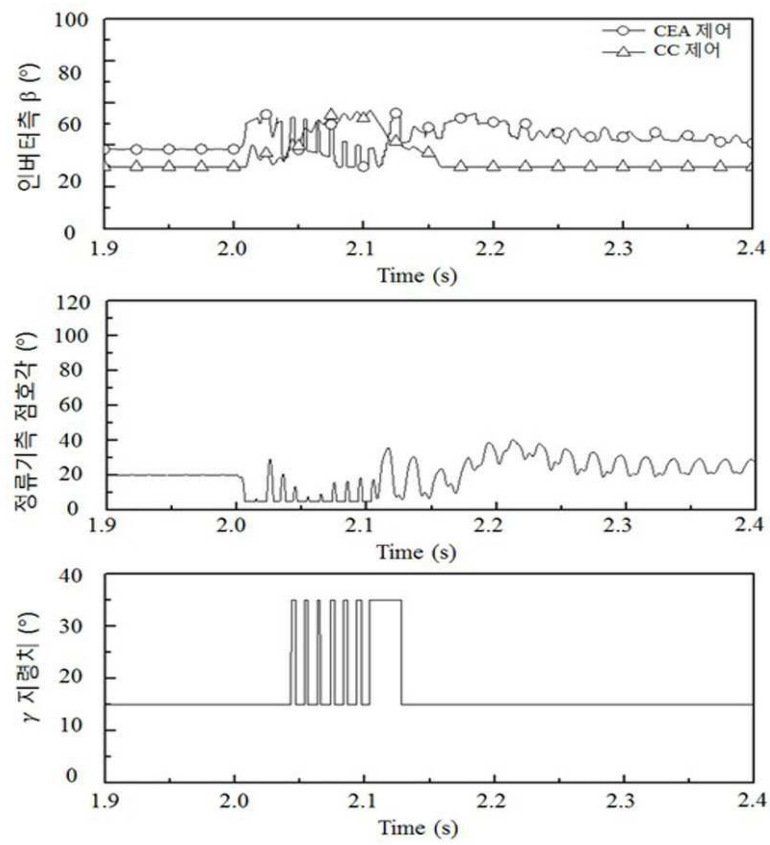
도면6



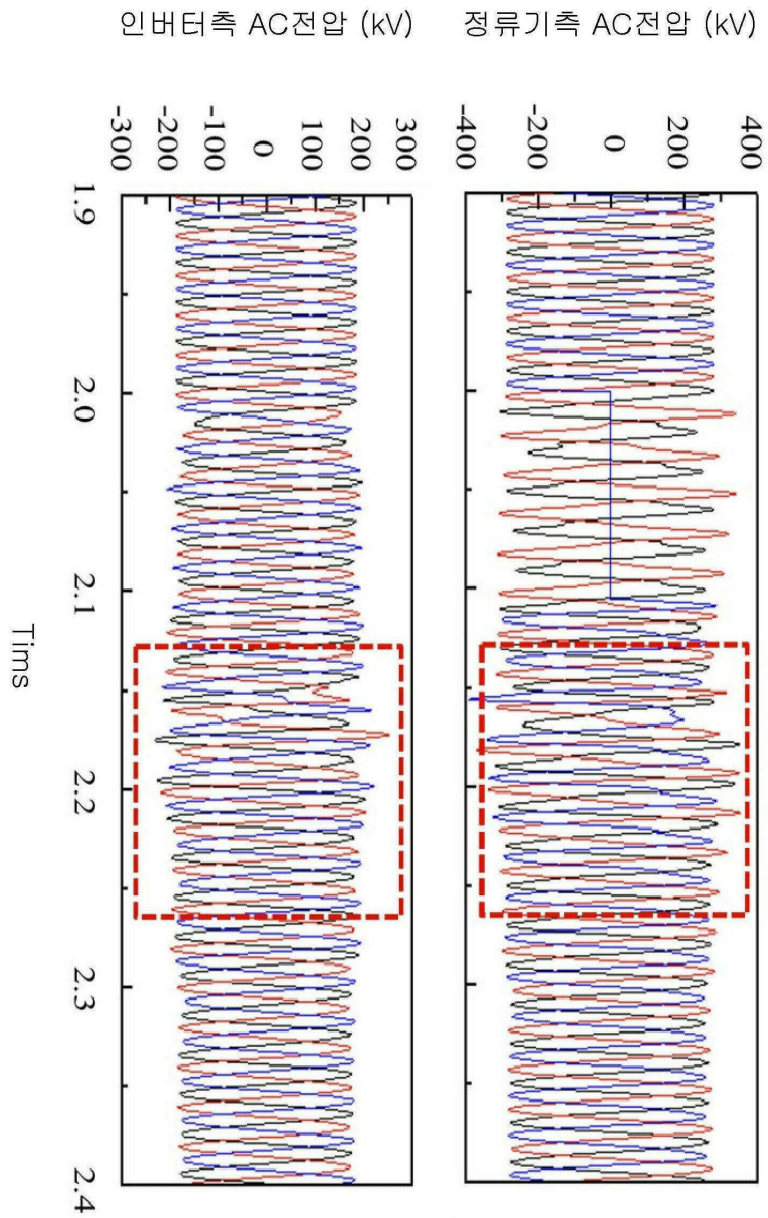
도면7



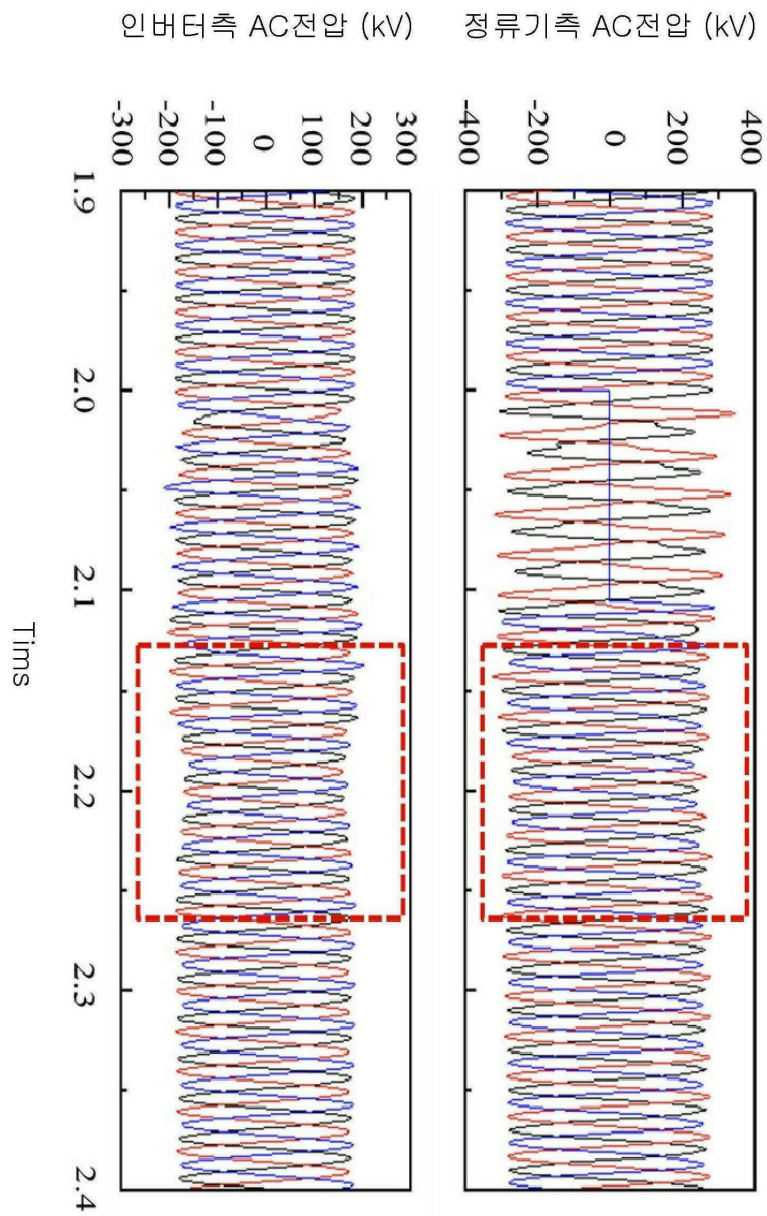
도면8



도면9



도면10



도면11

