



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월23일  
(11) 등록번호 10-1975420  
(24) 등록일자 2019년04월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H02M 1/32* (2007.01) *H02M 7/48* (2007.01)

(21) 출원번호 10-2012-0081943  
(22) 출원일자 2012년07월26일  
    심사청구일자 2017년05월26일  
(65) 공개번호 10-2013-0014394  
(43) 공개일자 2013년02월07일  
(30) 우선권주장  
    201110217135.X 2011년07월29일 중국(CN)  
(56) 선행기술조사문현  
    EP 2320549 A1  
    EP 2328262 A2  
    EP 2221936 A2  
    US 7193872 B2

(73) 특허권자  
**제너럴 일렉트릭 캄파니**  
미합중국 뉴욕 (우편번호 12345) 쇼넥테디 원 리  
버 로우드

(72) 발명자  
**탄 주오휘**  
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 빌딩 케이1-3  
에이59 원 리서치 서클 글로벌 리서치 제너럴 일  
렉트릭 캄파니

**우 신후이**  
미국 뉴욕주 12309 니스카유나 빌딩 케이1-3  
에이59 원 리서치 서클 글로벌 리서치 제너럴 일  
렉트릭 캄파니  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
**제일특허법인(유)**

전체 청구항 수 : 총 13 항

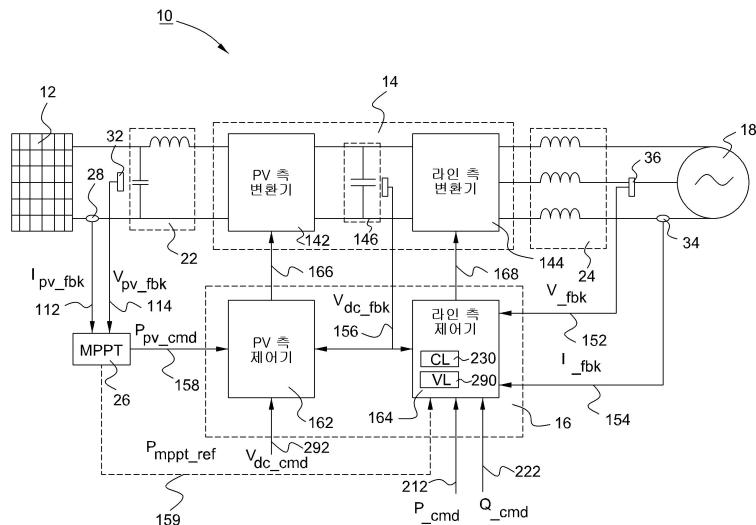
### 심사관 : 관입구

(54) 발명의 명칭 천이 이벤트 전압 보상 능력을 갖는 전력 변환 시스템 및 그 방법

### (57) 요약

직류 전류(DC) 전력을 수신하는 DC 버스; DC 버스에 전기적으로 커플링되고, DC 전력을 교류 전류(AC) 전력으로 변환하는 라인 측 변환기; 및 라인 측 변환기에게로 제어 신호들을 제공하여 라인 측 변환기가 AC 전력을 조절하게 하는 전압 소스 제어기를 포함하는 예시적인 전력 변환 시스템이 개시된다. 전압 소스 제어기는 전력 커맨드 신호 및 전력 피드백 신호에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호들을 생성하는 신호 발생기를 포함한다. 전압 소스 제어기는 전기 전류 임계치에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호들을 제한하는 전류 제한기를 더 포함한다. 전압 소스 제어기는 DC 버스 전압 피드백 신호 및 DC 경계 전압 임계치에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호들을 제한하는 전압 제한기를 더 포함한다.

## 대 표 도



(72) 발명자

**우 수에킨**

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 빌딩 케이1-3에이59  
원 리서치 서클 글로벌 리서치 제너럴 일렉트릭 캄  
파니

**공 모아종**

미국 뉴욕주 12309 니스카유나 빌딩 케이1-3에이59  
원 리서치 서클 글로벌 리서치 제너럴 일렉트릭 캄  
파니

---

**구오 시아오밍**

중국 상하이 200129 푸동 장지양 리진 로드 푸동  
레인 729 넘버 1 룸 1401

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

전력 변환 시스템(10)으로서,

직류 전류(direct current: DC) 전력을 수신하는 DC 버스(146)와,

상기 DC 버스(146)에 커플링되어 상기 DC 버스 상의 상기 DC 전력을 교류 전류(alternating current: AC) 전력으로 변환하는 라인 측 변환기(144)와,

상기 라인 측 변환기가 상기 AC 전력을 조절하는 것을 가능하게 하도록 상기 라인 측 변환기(144)로 제어 신호를 제공하는 전압 소스 제어기(164)를 포함하며,

상기 전압 소스 제어기는,

전력 커맨드 신호(212) 및 전력 피드백 신호(214)에 기초하여 내부 주파수 커맨드 신호(262)를 생성하고 상기 내부 주파수 커맨드 신호(262)를 적분하여 위상각 커맨드 신호(216)를 생성하도록 구성된 액티브 전력 조절기(210)와,

리액티브 전력 커맨드 신호(222) 및 리액티브 전력 피드백 신호(224)에 기초하여 전압 크기 커맨드 신호(226)를 생성하도록 구성된 리액티브 전력 조절기(220)와,

천이 이벤트 동안, 전기 전류 임계치에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 위상각 커맨드 신호(216) 및 상기 전압 크기 커맨드 신호(226)를 제한하도록 구성된 전류 제한기(limiter)(230)와,

상기 전류 제한기(230)로부터의 제한된 상기 위상각 커맨드 신호(216) 및 제한된 상기 전압 크기 커맨드 신호(226)에 기초하여 상기 라인 측 변환기(144)를 위한 제어 신호를 생성하도록 구성된 신호 발생기(240)와,

상기 천이 이벤트 동안, DC 버스 전압 피드백 신호(156)가 상한 전압 값보다 높거나 하한 전압 값보다 낮으면 상기 내부 주파수 커맨드 신호(262)를 위한 주파수 정정 신호(298) 또는 상기 위상각 커맨드 신호(216)를 위한 위상각 정정 신호(296)를 생성하도록 구성된 전압 제한기(290)를 포함하는

전력 변환 시스템.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전력 변환 시스템(10)은 최대 전력점 추적(maximum power point tracking: MPPT) 전력 기준 신호를 생성하는 MPPT 디바이스(26)를 더 포함하며,

상기 전압 소스 제어기는 상기 MPPT 전력 기준 신호에 따라서 상기 전력 커맨드 신호를 제약하도록 구성된 전력 커맨드 조정 유닛을 더 포함하는

전력 변환 시스템.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전압 소스 제어기(164)는 상기 라인 측 변환기(144)의 출력에서 피드백 전압을 검출함으로써 상기 전력 변환 시스템(10)이 상기 천이 이벤트에 진입하고 있는지 또는 상기 천이 이벤트로부터 복구되고 있는지를 판정하고, 상기 전력 변환 시스템이 상기 천이 이벤트로부터 복구된 것으로 판정될 때까지 상기 액티브 전력 조절기

(210)의 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결시키는 데 이용되는 상태 신호를 생성하는 동결 유닛을 더 포함하고,

적어도 하나의 스위칭 디바이스(336, 338)는 상기 하나 이상의 적분 엘리먼트들과 직렬로 제공되고, 상기 동결 유닛은 상기 천이 이벤트 동안 상기 스위칭 디바이스(336, 338)를 스위칭 오프시키도록 구성되는 전력 변환 시스템.

#### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전류 제한기(230)는 상기 전기 전류 임계치 및 상기 라인 측 변환기의 출력 단자에서의 임피던스에 적어도 부분적으로 기초하여 전압 크기 임계치를 계산하도록 구성되고, 상기 계산된 전압 크기 임계치 및 피드백 그리드 전압에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 위상각 커맨드 신호를 위한 위상각 제한 신호를 계산하도록 더 구성되는

전력 변환 시스템.

#### 청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전력 변환 시스템(10)은 그리드 전압의 위상각 기준 신호 또는 주파수 기준 신호를 생성하는 위상 고정 루프(PLL) 회로(280)를 더 포함하고,

상기 액티브 전력 조절기(210)는 상기 주파수 기준 신호에 따라서 상기 내부 주파수 커맨드 신호를 조정하거나 상기 위상각 기준 신호에 따라서 상기 위상각 커맨드 신호를 조정함으로써 상기 위상각 커맨드 신호를 생성하도록 더 구성되는

전력 변환 시스템.

#### 청구항 6

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전압 소스 제어기(164)는 상기 라인 측 변환기로부터 출력된 상기 AC 전력을 측정함으로써 획득된 리액티브 전력 커맨드 신호 및 리액티브 전력 피드백 신호에 기초하여 전압 크기 커맨드 신호를 생성하는 리액티브 전력 조절기(220)를 더 포함하고, 상기 전압 소스 제어기(164)는 상기 라인 측 변환기로 제공된 상기 제어 신호들을 생성하는 경우 상기 전압 크기 커맨드 신호를 이용하도록 구성되는

전력 변환 시스템.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 전압 소스 제어기(164)는 상기 라인 측 변환기(144)의 출력에서 피드백 전압을 수신함으로써 상기 전력 변환 시스템(10)이 상기 천이 이벤트에 진입하고 있는지 또는 상기 천이 이벤트로부터 복구되고 있는지를 판정하고, 상기 전력 변환 시스템이 상기 천이 이벤트로부터 복구된 것으로 판정될 때까지 상기 리액티브 전력 조절기의 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결시키는 상태 신호를 생성하는 동결 유닛을 더 포함하고, 적어도 하나의 스위칭 디바이스(336, 338)는 상기 하나 이상의 적분 엘리먼트들과 직렬로 제공되고, 상기 동결 유닛은 상기 천이 이벤트 동안 상기 스위칭 디바이스(336, 338)를 스위칭 오프시키도록 구성되어,

상기 전류 제한기(230)는, 상기 전기 전류 임계치 및 상기 라인 측 변환기의 출력 단자에서의 임피던스

에 적어도 부분적으로 기초하여 전압 크기 임계치를 계산하도록 구성되고, 상기 계산된 전압 크기 임계치 및 피드백 그리드 전압에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 전압 크기 커맨드 신호에 대한 전압 크기 한도를 계산하도록 더 구성되거나, 또는

상기 전류 제한기(230)는, 상기 전기 전류 임계치 및 상기 라인 측 변환기의 출력 단자에서의 임피던스에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 전압 크기 임계치를 계산하고, 상기 계산된 전압 크기 임계치 및 상기 피드백 그리드 전압에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 위상각 커맨드 신호에 대한 위상각 한도를 계산하고, 상기 위상각 한도에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 전압 크기 커맨드 신호에 대한 전압 크기 한도를 계산하도록 구성되는

전력 변환 시스템.

## 청구항 8

제 1 항에 따른 전력 변환 시스템(10)에서 라인 측 변환기(144)를 동작시키는 방법으로서,

상기 방법은,

전력 커맨드 신호 및 전력 피드백 신호에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 라인 측 변환기(144)를 위한 제어 신호를 생성하는 단계와,

전력 커맨드 신호(212) 및 전력 피드백 신호(214)에 기초하여 내부 주파수 커맨드 신호(262)를 생성하고 상기 내부 주파수 커맨드 신호(262)를 적분하여 위상각 커맨드 신호(216)를 생성하는 단계와,

리액티브 전력 커맨드 신호(222) 및 리액티브 전력 피드백 신호(224)에 기초하여 전압 크기 커맨드 신호(226)를 생성하는 단계와,

천이 이벤트 동안, 전기 전류 임계치에 적어도 부분적으로 기초하여 상기 위상각 커맨드 신호(216) 및 상기 전압 크기 커맨드 신호(226)를 제한하는 단계와,

상기 전류 제한기(230)로부터의 제한된 상기 위상각 커맨드 신호(216) 및 제한된 상기 전압 크기 커맨드 신호(226)에 기초하여 상기 라인 측 변환기(144)를 위한 제어 신호를 생성하는 단계와,

상기 천이 이벤트 동안, DC 버스 전압 피드백 신호(156)가 상한 전압 값보다 높거나 하한 전압 값보다 낮으면 상기 내부 주파수 커맨드 신호(262)를 위한 주파수 정정 신호(298) 또는 상기 위상각 커맨드 신호(216)를 위한 위상각 정정 신호(296)를 생성하는 단계를 포함하는

라인 측 변환기 동작 방법.

## 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 전력 변환 시스템(10)이 상기 천이 이벤트를 겪고 있다는 판정 시에, 하나 이상의 적분 엘리먼트들과 직렬로 제공된 스위칭 디바이스(336, 338)를 상기 천이 이벤트 동안 스위칭 오프시킴으로써 상기 전력 변환 시스템(10)의 상기 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결시키는 단계와,

상기 전력 변환 시스템이 복구되었다는 판정 시에 상기 전력 변환 시스템(10)의 상기 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 리세팅하는 단계를 더 포함하는

라인 측 변환기 동작 방법.

## 청구항 10

제 8 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 전기 전류 임계치 및 상기 라인 측 변환기의 출력 단자에서의 임피던스에 적어도 부분적으로 기초하여 전

압 크기 임계치를 계산하는 단계와,

상기 계산된 전압 크기 임계치 및 피드백 그리드 전압에 적어도 부분적으로 기초하여 위상각 제한 신호를 계산하는 단계와,

상기 위상각 제한 신호를 이용하여 상기 위상각 커맨드 신호에 대한 한도를 제공하는 단계를 더 포함하는 라인 측 변환기 동작 방법.

### 청구항 11

제 8 항 또는 제 9 항에 있어서,

그리드 전압의 위상각 기준 신호 또는 주파수 기준 신호를 생성하기 위해 위상 고정 루프(pulse locked loop: PLL) 회로(280)를 사용하는 단계와,

상기 주파수 기준 신호에 따라서 상기 내부 주파수 커맨드 신호를 조정하거나 상기 위상각 기준 신호에 따라서 상기 위상각 커맨드 신호를 조정하는 단계를 더 포함하는

라인 측 변환기 동작 방법.

### 청구항 12

제 8 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 라인 측 변환기로부터 출력된 상기 AC 전력을 측정함으로써 획득된 리액티브 전력 커맨드 신호 및 피드백 리액티브 전력 신호에 기초하여 전압 크기 커맨드 신호를 생성하는 단계와,

상기 제어 신호들을 생성하는 경우 상기 전압 크기 커맨드 신호를 이용하는 단계를 더 포함하는 라인 측 변환기 동작 방법.

### 청구항 13

제 8 항 또는 제 9 항에 있어서,

상기 전기 전류 임계치 및 상기 라인 측 변환기의 출력 단자에서의 임피던스에 적어도 부분적으로 기초하여 전압 크기 임계치를 계산하는 단계와,

상기 계산된 전압 크기 임계치 및 피드백 그리드 전압에 적어도 부분적으로 기초하여 전압 크기 한도를 계산하는 단계와,

상기 전압 크기 한도를 이용하여 상기 전압 크기 커맨드 신호에 대한 한도를 제공하는 단계를 더 포함하는 라인 측 변환기 동작 방법.

### 청구항 14

삭제

### 청구항 15

삭제

### 청구항 16

삭제

### 청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명의 실시형태들은 전반적으로 전기 전력을 변환하고 제공하여 전기 시스템에 공급하는 전력 변환 시스템들 및 방법들에 관한 것이며, 보다 구체적으로는, 천이 이벤트들(transient events) 동안에 개선된 전압 보상 능력(ride-through capability)을 갖는 전력 변환 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 태양광 전력 발생 시스템들에 의해 생성되는 태양광 전력과 같은 재생가능 전력은 세계적으로 더 큰 에너지 공급원이 되고 있다. 일반적인 태양광 전력 발생 시스템은 다수의 상호접속 태양 전지들을 갖는 하나 이상의 광전지(photovoltaic) 어레이들(PV 어레이들)을 포함한다. PV 어레이들의 태양 전지들은 태양 에너지를 DC 전력으로 변환한다. PV 어레이들의 출력을 전력 그리드에 인터페이싱하기 위해, 일반적으로, 태양광 전력 변환기는 PV 어레이들로부터의 DC 전력을 AC 전력으로 변화시켜 전력 그리드를 공급하도록 하는 데 사용된다.

[0003] PV 어레이들로부터 출력된 DC 전력을 AC 전력으로 변환하기 위한 다양한 태양광 전력 변환기 구성들이 존재한다. 태양광 전력 변환기의 일 구현에는 DC-DC 변환기 스테이지 및 DC-AC 변환기 스테이지를 포함하는 2개의 스테이지들을 구비한다. DC-DC 변환기는 PV 어레이들로부터 DC 버스 상으로의 DC 전력 흐름을 제어한다. DC-AC 변환기는 DC 버스에게로 공급되는 DC 전력을 전력 그리드로 출력될 수 있는 AC 전력으로 변환한다. 기존의 태양광 전력 변환기들은 추가로 DC-DC 변환기 및 DC-AC 변환기를 조절하여 DC 버스 전압 및 AC 그리드 전압과 주파수와 같은 다양한 시스템 변수들을 보상하도록 하기 위해 추가로 전력 변환기 제어기를 활용한다.

[0004] 그리드-접속형 태양광 전력 발생 시스템들의 급속한 성장으로, 전력 그리드 내로의 태양광 전력 통과는 그리드 전압 및 주파수에 상당한 영향을 끼칠 수도 있다. 태양광 전력 발생 시스템은 일반적으로 천이 이벤트들 동안에 전력 그리드에 접속된 상태로 유지될 필요가 있다. 특정 천이 이벤트들과 관련되는 한 가지 문제는, DC-AC 변환기를 흐르는 전류가 그 DC-AC 변환기의 하드웨어 제한사항들을 초과할 때 DC-AC 변환기가 손상될 수도 있다는 것이다. 천이 이벤트들과 관련되는 다른 문제는 그리드의 출력 전력이 그리드 전압 및 주파수의 변경으로 인해 현저하게 변화할 때 DC 버스에 전력 불균형이 나타날 수도 있다는 것이다.

[0005] 따라서, 전술된 문제들을 해결할 시스템들 및 방법들을 제공하는 것이 바람직하다.

#### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

#### 과제의 해결 수단

[0006] 여기에 개시된 일 실시형태에 따르면, 전력 변환 시스템이 제공된다. 이 전력 변환 시스템은, 직류 전류(DC) 전력을 수신하는 DC 버스, DC 버스에 커플링되고, DC 버스 상의 DC 전력을 교류 전류(AC) 전력으로 변환하는 라인

측 변환기; 및 라인 측 변환기에게로 제어 신호들을 제공하여 라인 측 변환기가 AC 전력을 조절하게 하도록 구성된 전압 소스 제어기를 포함한다. 전압 소스 제어기는, 라인 측 변환기에 대한 전력 커맨드 신호 및 전력 피드백 신호에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호들을 생성하는 신호 발생기를 더 포함한다. 전압 소스 제어기는, 천이 이벤트 동안, 전기 전류 임계치에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호들을 제한하는 전류 제한기를 더 포함한다. 전압 소스 제어기는, 천이 이벤트 동안, DC 버스 전압 피드백 신호 및 DC 경계 전압 임계치에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호들을 제한하는 전압 제한기를 더 포함한다.

[0007] 여기에 개시된 다른 실시형태에 따르면, 전력 변환 시스템을 동작시키는 방법이 개시된다. 이 방법은 라인 측 제어기에 의해, 전력 커맨드 신호 및 전력 피드백 신호에 적어도 부분적으로 기초하여 라인 측 변환기에 대한 제어 신호들을 생성하는 단계; 천이 이벤트 동안, 전기 전류 임계치 또는 DC 버스 경계 전압 임계치에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호들을 제한하는 단계; 및 제한된 제어 신호들을 라인 측 변환기에 인가하는 단계를 포함한다.

[0008] 여기에 개시된 또 다른 실시형태에 따르면, 태양광 전력 변환 시스템이 제공된다. 이 태양광 전력 변환 시스템은, 광전(PV) 전력 소스로부터 직류 전류(DC) 전력을 수신하는 DC 버스; DC 버스에 커플링되어, DC 버스 상의 DC 전력을 교류 전류(AC) 전력으로 변환하는 라인 측 변환기; 및 전압 소스 제어기를 포함하며, 전압 소스 제어기는, 전력 커맨드 신호 및 전력 피드백 신호에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호들을 생성하고; 천이 이벤트 동안, 전기 전류 임계치 및 DC 경계 전압 한도에 적어도 부분적으로 기초하여 제어 신호들을 제한하며; 전력 변환 시스템이 천이 이벤트를 겪고 있을 때, 라인 측 변환기의 전기 전류를 제한하도록 제한된 제어 신호들을 라인 측 변환기에 인가하도록 구성된다.

## 도면의 간단한 설명

[0009] 본 발명의 이러한 특징들, 양태들 및 이점들과 그 밖의 특징들, 양태들 및 이점들은 하기의 상세한 설명이 첨부한 도면을 참조하여 판독되면 더 잘 이해될 것이다. 도면에서, 동일한 참조기호들은 도면 전반에 걸쳐서 동일한 부분들을 나타낸다.

도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 태양광 전력 변환 시스템의 개략적인 블록도이다.

도 2는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 1에 도시된 라인 측 제어기에 의해 구현되는 제어 도표이다.

도 3은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 4는 보 개시물의 예시적인 실시형태에 따른, 도 3에 도시된 액티브 전력 조절기의 전력 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 5는 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 6은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 5에 도시된 액티브 전력 커맨드 조절 유닛의 상세한 제어 도표이다.

도 7은 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 8은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 7에 도시된 위상각 발생기의 상세한 제어 도표이다.

도 9는 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 10은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 9에 도시된 DC 경계 전압 제어 유닛의 상세한 제어 도표이다.

도 11은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 9에 도시된 위상각 발생기의 상세한 제어 도표이다.

도 12는 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따른, 도 9에 도시된 DC 경계 전압 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 13은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 9에 도시된 DC 경계 전압 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 14는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 리액티브 전력 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 15는 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 리액티브 전력 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 16은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 그리드와 관련된 라인 측 변환기의 개략적인 회로 모델이다.

도 17은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 페이저 전류 제한기의 구현예를 나타내는 상세한 제어 도표이다.

도 18은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 페이저 전류 제어기의 상세한 제어 도표이다.

도 19는 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따른 페이저 전류 제어기의 상세한 제어 도표이다.

도 20은 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따른, 도 1에 도시된 라인 측 제어기의 상세한 제어 도표이다.

도 21은 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따른, 도 3에 도시된 액티브 전력 조절기의 전력 조절기의 상세한 제어 도표이다.

도 22는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 천이 이벤트들 동안에 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결하고 리셋팅하며 프로세스를 복구하는 방법의 플로우차트이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010]

여기에서 개시되는 실시형태들은 전반적으로 개선된 전압 보상 능력(ride-through capability)을 갖는 전력 변환 시스템들을 동작시키는 것에 관한 것이다. 여기에서 사용되는 바와 같이, "전압 보상 능력"은 전력 변환 시스템이 그의 정상 동작들을 유지할 수 있는 것 또는 천이 이벤트들 또는 결합 상태들의 이벤트 시에 정상 동작들을 복구하여 복귀할 수 있는 것을 지칭한다. 여기에서 사용되는 "천이 이벤트" 또는 "결합 상태"라는 용어는, 예를 들어 PV 전력 소스와 같은 전력 소스에서 발생하는 하나 이상의 소스 측 이벤트들 또는 상태들을 지칭할 수도 있고, 또는, 예를 들어 전력 그리드와 같은 부하에서 발생하는 하나 이상의 부하 측 이벤트들 또는 상태들을 지칭할 수도 있다. 보다 구체적으로 말해서, 여기에서 설명되는 전력 변환 시스템의 전압 보상 능력의 구현은 전압 소스 제어 구조 또는 방식에 기초한다. 여기에서 사용되는 바와 같이, "전압 소스 제어 구조 또는 방식"은 제어 실시형태를 지칭하며, 이 때 주 제어 파라미터들 중 하나는 전력 변환 시스템의 전압 크기 커맨드 및 위상각 커맨드를 포함하는 AC 전압이다. 일부 실시형태들에서, 저전압 보상(low voltage ride through: LVRT) 이벤트 또는 제로 전압 보상(zero voltage ride through: ZVRT) 이벤트와 같은 천이 이벤트 동안, 전류 제한기 알고리즘 또는 보다 구체적으로 말해서 페이저 전류 제한기가 전력 변환 시스템의 출력에서의 전류를 제한하도록 전력 변환 시스템에 의해 추가로 사용된다. 또한, LVRT 천이 이벤트들 동안, 전압 제한기 또는 DC 버스 전압 경계 알고리즘이 DC 버스에서의 DC 버스 전압을 미리 정의된 경계 내로 제한하도록 라인 측 제어기에서 구현될 수도 있다. 또한, 일부 다른 실시형태들에서는, 전력 변환 시스템이 천이 이벤트들 내에 진입하거나 천이 이벤트들로부터 복구되고 있는 것으로 판정될 때, 그 전력 변환 시스템에서 앤티-와인드업 특징(anti-windup feature)이 제공될 수도 있다. 여기에서 사용되는 바와 같이, "안티-와인드업"은 천이 이벤트들 내에 진입한 후 또는 복구 프로세스 동안 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결시키는 것 및 복구 프로세스 후에 리셋팅하는 것을 지칭한다. 또한, 일부 실시형태들에서, 천이 이벤트 동안 위상각 커맨드 신호의 생성 시, 전력 커맨드 신호는, 예를 들어 최대 전력점 추적(maximum power point tracking: MPPT) 회로로부터의 MPPT 전력 기준 신호와 같은 소스 측 전력 기준 신호를 이용하여 제한될 수도 있다.

[0011]

본 발명의 하나 이상의 특정 실시형태들이 하기에서 설명될 것이다. 이들 실시형태들의 정확한 설명을 제공하기 위한 노력으로, 실제 구현예의 모든 특징들이 명세서에서 설명되지는 않는다. 임의의 엔지니어링 또는 디자인 프로젝트에서와 같은 임의의 이러한 실제 구현예의 개발에 있어서, 구현예들에 따라 변할 수도 있는, 시스템 관련 및 사업 관련 제약들의 준수와 같은 개발자들의 특정 목적들을 달성하도록 수많은 구현-특정 결정들이 이루어져야 한다는 것이 인식되어야 한다. 또한, 이러한 개발 노력은 복잡하고 시간 소비적일 수도 있지만, 본 발명의 혜택을 갖는 당업자들에게 디자인, 제작 및 제조의 일상적인 일일 것이라는 것이 인식되어야 한다.

[0012]

별도로 정의되지 않는다면, 여기에서 사용되는 기술적 및 과학적 용어들은 본 발명이 속하는 분야의 당업자가 보편적으로 이해하는 것과 동일한 의미를 갖는다. 여기에서 사용되는 "제 1", "제 2" 등의 용어들은 임의의 순서, 양, 또는 중요성을 표시하는 것이 아니라, 오히려 엘리먼트들을 구별하는 데 사용된다. 또한, 단수로 표기되는 용어들은 양적인 제한을 표시하는 것이 아니라, 오히려 언급된 항목들 중 적어도 하나의 존재를 표시한다. "또는"이라는 용어는 포괄적인 것을 의미하며, 나열된 항목들 중 어느 하나 또는 모두를 의미한다. 여기에서 "포함하는(including, comprising), 또는 "갖는(having)" 및 이들의 파생어의 사용은 이후에 나열되는 항목들 및 이들의 등가물들뿐 아니라 추가 항목들을 아우르는 것을 의미한다. "접속되는" 및 "커플링되는"이라는 용어는 물리적 또는 기계적 접속들이나 커플링들로 한정되는 것이 아니며, 직접적이든 간접적이든 전기적 접속들 또는 커플링들을 포함할 수 있다. 또한, "회로" 및 "회로기기"와 "제어기"라는 용어는 액티브 및/또는 수동이고 (예

컨대, 하나 이상의 집적회로 칩들로서) 함께 접속되거나 그와 달리 커플링되어 설명된 기능을 제공하는 단일 콤포넌트 또는 복수의 콤포넌트들을 포함할 수도 있다.

[0013] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 전력 변환 시스템(10)의 블록도를 예시한다. 이후, 본 발명의 최선의 모두를 더 잘 이해하기 위해, 전력 변환 시스템(10)은 태양광 전력 변환 시스템으로서 예시되고 설명된다. 그러나, 본 분야의 당업자는 여기에서 설명되는 하나 이상의 실시형태들이 태양(solar) 애플리케이션들로 제한되어서는 안 되고, 본 발명의 특정 양태들이, 예를 들어 연료 전지 시스템들, 풍력 시스템들, 및 조력 시스템들을 포함하는 다른 전력 변환 시스템들과 유사한 방식으로 적용될 수 있다는 것을 쉽게 이해할 것이다.

[0014] 일반적으로, 태양광 전력 변환 시스템(10)은 태양광 전력 소스(12)와 전력 그리드(18) 사이에서 인터페이싱하도록 구성된 태양광 전력 변환기(14)를 포함한다. 보다 구체적으로, 태양광 전력 변환기(14)는 태양광 전력 소스(12)로부터 생성된 직류(DC) 전압 또는 전류 형태의 전력(이하, DC 전력이라 지칭됨)을 전력 그리드(18)로서 도시된 전기 시스템에게로 급전하는 데 적합한 교류 전류(AC) 전압 또는 전류 형태의 전력(이하, AC 전력이라 지칭됨)으로 변환하도록 구성된다. 일 실시형태에서, 태양광 전력 소스(12)는 광전 효과를 통해 태양광 에너지를 DC 전력으로 변환할 수 있는 다수의 상호 접속된 태양 전지들을 갖는 하나 이상의 광전지 어레이들(PV 어레이들)을 포함할 수도 있다. 일 실시형태에서, 전기 시스템(18)은 AC 전력 그리드를 포함할 수도 있고, 태양광 전력 변환 시스템은 공칭 고정 주파수 3-상 AC 전력을 전달하도록 구성된다.

[0015] 일 구현예에서, 도 1에 도시된 전력 변환기(14)는 PV 측 변환기(142) 및 라인 측 변환기(144)를 포함하는 2-스테이지 구조에 기초한다. PV 측 변환기(142)는 전력 소스(12)로부터 수신된 DC 전압을 증가시키고 DC 버스(146)에 더 높은 DC 전압을 출력하는, DC-DC 부스터 변환기와 같은 DC-DC 변환기를 포함할 수도 있다. DC 버스(146)는 DC 버스(146)에서 일정한 DC 전압 레벨을 유지시키기 위한 하나 이상의 커퍼시터들을 포함할 수도 있으며, 그에 따라 DC 버스(146)로부터 전력 그리드(18)로의 에너지 흐름이 관리될 수 있다. 라인 측 변환기(144)는 DC 버스(146) 상의 DC 전압을 AC 전력 그리드(18)에게로 급전하는 데 적합한 AC 전압으로 변환하는 DC-AC 변환기를 포함할 수도 있다. 다른 구현예들에 있어서, 전력 변환기(14)는 DC 버스에서의 DC 전압을 적합한 주파수 및 전압 크기를 갖는 AC 전압으로 변환하여 전력 그리드(18)에 급전하는 DC-AC 변환기를 포함하는 단일 스테이지 변환기 구조에 기초할 수도 있다.

[0016] 일 구현예에서, 도 1에 도시된 전력 변환 시스템(10)은 태양광 전력 소스(12)로부터 출력된 PV 전력을 조절하고 라인 측 변환기(144)의 출력에서의 액티브 전력 또는 리액티브 전력을 조절하도록 구성된 전력 변환기 제어기(16)를 더 포함한다. 일 구현예에서, 전력 변환기 제어기(16)는 PV 측 제어기(162) 및 라인 측 제어기(164)를 갖도록 구성된다. PV 측 제어기(162)는 PV 측 제어 신호들(166)을 PV 측 변환기(142)로 전송하여 다양한 커맨드 신호들 및 피드백 신호들에 따라서 태양광 전력 소스(12)로부터 출력된 PV 전력을 조절하도록 구성된다. 라인 측 제어기(164)는 라인 측 제어 신호들(168)을 라인 측 변환기(144)로 전송하여 다양한 커맨드 신호들 및 피드백 신호들에 따라서 라인 측 변환기(144)로부터 출력된 액티브 전력 또는 리액티브 전력을 조절하도록 구성된다. 구체적으로, 도 1에 도시된 바와 같이, 천이 이벤트들을 처리하기 위해, 라인 측 제어기(164)는 전류 제한기(CL) 알고리즘(230)을 구현하여 라인 측 변환기(144)의 출력에서의 전류를 제한하도록 구성될 수도 있다. 라인 측 제어기(164)는 전압 제한기(VL) 알고리즘(290)을 구현하여 DC 버스에서의 DC 버스 전압을 미리 정의된 경계 내로 제한하도록 추가로 구성될 수도 있다. PV 측 변환기(162)는 반브릿지 변환기, 전브릿지 변환기, 또는 푸시-풀 변환기와 같은 임의의 타입의 변환기를 포함할 수도 있다. 라인 측 변환기(142)는 2-레벨 변환기 또는 3-레벨 변환기와 같은 임의의 타입의 DC-AC 변환기 토폴로지를 포함할 수도 있다. PV 측 변환기(142) 및 라인 측 변환기(144)는 복수의 반도체 스위칭 디바이스들(미도시)을 포함할 수도 있으며, 이들은 IGCTs(integrated gate commutated thyristors) 및 IGBTs(insulated gate bipolar transistors)를 포함하지만 이들로 국한되지 않는다. 스위칭 디바이스들은 PV 측 제어 신호들(166) 및 라인 측 제어 신호들(168)에 응답하여 각각 스위칭 온 및 오프된다. 2개의 제어기들(162, 164)이 예시되어 있지만, 다른 실시형태들에서는, PV 측 변환기(142) 및 라인 측 변환기(144) 양측 모두를 제어하는 데 단일 제어기가 사용될 수도 있다.

[0017] 일 구현예에서, 도 1에 도시된 전력 변환 시스템(10)은, 태양광 전력 소스(12)로부터 출력된 DC 전력의 리플 콤포넌트들을 제거하고 PV 측 변환기(142)로부터 태양광 전력 소스(12)로 송신된 리플 신호들을 차단하는 하나 이상의 용량성 및 유도성 엘리먼트들을 갖는 PV 측 필터(22)를 더 포함할 수도 있다. 전력 변환 시스템(10)은, 라인 측 변환기(144)로부터 출력된 3-상 AC 전력의 각각의 위상에 대한 고조파 신호들을 제거하는 하나 이상의 유도성 엘리먼트들 또는 용량성 엘리먼트들(미도시)을 갖는 라인 측 필터(24)를 더 포함할 수도 있다.

[0018] 일 구현예에서, 도 1에 도시된 전력 변환 시스템(10)은 최대 전력점 추적(maximum power point tracking:

MPPT 회로(26)를 더 포함할 수도 있다. 예시의 목적으로, MPPT 회로(26)는 전력 변환기 제어기(16)의 출력에 위치되는 것으로 도시된다. 대안으로, MPPT 회로(26)는 전력 변환기 제어기(16) 내에 구성될 수도 있고, 또는 보다 구체적으로, PV 측 제어기(162) 내에 구성될 수도 있다. 일 실시형태에서, MPPT 회로(26)는 섭동 및 관찰(perturbation and observation: P&O) 알고리즘을 구현하여 태양광 전력 소스(12)로부터의 최대 전력을 추출할 수도 있다. 일 구현예에서, MPPT 회로(26)는 태양광 전력 소스(12)의 출력에 위치된 전류 센서(28) 및 전압 센서(32)에 의해 측정되는 피드백 DC 전류 신호(112) 및 피드백 DC 전압 신호(114)를 수신한다. MPPT 회로(26)는 DC 전류 신호(112)와 DC 전압 신호(114)를 승산하여 태양광 전력 소스(12)로부터 현재 획득된 실제 전력을 계산한다. MPPT 회로(26)는, 추가로, 계산된 현재 획득된 실제 전력을 이전에 계산되어 저장된 것과 비교하여 전력 변동을 관찰한다. 후속 권고 섭동은, 전력 변동이 0보다 크면 동일한 방향으로 이루어지고, 그렇지 않으면 반전된다. 그 후, MPPT 회로(26)는 전압 또는 전류 기준 신호(158)를 PV 측 제어기(162)로 전송하며, 이에 따라 PV 측 제어기(162)는 제어 신호들(166)을 조정한다. 이 프로세스는, 태양광 전력 소스(12)의 최대 전력 동작점 또는 최대 전력 동작점의 근접 지점이 발견될 때까지 반복된다. 다른 실시형태들에서는, 예를 들어 컨더턴스 증분 알고리즘(incremental conductance algorithm)들과 같은 다른 알고리즘들이 구현되어, 태양광 전력 소스(12)로부터의 최대 전력을 추출할 수도 있다.

[0019] 도 1에 도시된 바와 같이, MPPT 회로(26)는 추가로 라인 측 제어기(164)와 전기적으로 통신하도록 구성된다. MPPT 알고리즘의 구현 시, MPPT 전력 기준 신호(159)는 MPPT 회로(26)로부터 생성될 수도 있고, 라인 측 제어기(164)에게로 공급될 수도 있다. 일 실시형태에서, MPPT 전력 기준 신호(159)는 라인 측 변환기(144)에 대한 라인 측 제어 신호들(158)을 생성하는 데 이용되는 전력 커맨드 신호를 제한하는 데 이용된다. 이와 같이, 태양광 전력 소스(12)로부터 제공된 전력 및 전력 변환기(14)로부터 출력된 전력은 조화되거나 균형을 이룰 수도 있다.

[0020] 또한, 도 1을 참조하면, 정상 동작 시에, 전력 변환 시스템(10) 또는 구체적으로 PV 측 제어기(162)는 DC 버스(146)에 나타나는 DC 전압의 제어를 담당한다. 보다 구체적으로, PV 측 제어기(162)는 DC 버스(146)의 출력에 배치된 DC 전압 센서에 의해 측정된 DC 전압 피드백 신호(156)를 수신한다. PV 측 제어기(162)는 또한 DC 전압 커맨드 신호(292)를 수신한다. PV 측 제어기(162)는 DC 전압 피드백 신호(156) 및 DC 전압 커맨드 신호(292)에 따라서 PV 측 제어 신호들(166)을 조정하여, DC 버스(146)에 나타나는 DC 전압을 일정한 전압 레벨로 유지시킨다. 대안의 실시형태들에서, 라인 측 제어기(164)는 DC 버스(146)에 나타나는 DC 전압의 제어를 담당할 수도 있다.

[0021] 계속해서 도 1을 참조하면, 전력 변환 시스템(10) 또는 라인 측 제어기(164)는 천이 이벤트 전압 보상 제어 능력을 갖도록 추가로 구성될 수도 있다. 예를 들어, 그리드 천이 이벤트들 또는 오류 상태들 동안, 라인 측 제어기(164)는 전류 제한 알고리즘을 구현하여 라인 측 변환기(144)로부터의 출력 전류를 제한할 수 있고, 그에 의해 라인 측 변환기(144)에 상주하는 반도체 디바이스들이 과전류 문제들로부터 보호될 수 있게 한다. 또한, 그리드 천이 이벤트들 또는 오류 상태들 동안, 라인 측 제어기(164)는 전압 제한 알고리즘을 구현하여 DC 버스(146)에서의 DC 전압을 상한 및 하한 내로 제한하도록 할 수 있다. 이와 같이, DC 버스(146)는 과전압 및 충돌 문제들로부터 보호될 수 있다. 전류 제한 알고리즘 및 전압 제한 알고리즘의 더 상세한 사항들은 하기에서 설명될 것이다.

[0022] 도 2는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 라인 측 제어기(164)의 전체 제어 도표의 적어도 일부분을 예시한다. 도 2에 도시된 기능 블록들은 하드웨어 또는 소프트웨어 또는 이들의 조합으로 구현될 수 있다. 실제 애플리케이션들에서, 라인 측 제어기(164)는 마이크로제어기 또는 디지털 신호 프로세서(DSP)에 의해 구현될 수도 있다. 일반적으로, 도 2에 예시된 바와 같이, 예시적인 실시형태에서, 라인 측 제어기(164)는, 전력 커맨드 및 전력 피드백 신호들(212, 214)을 수신하고 위상각 커맨드 신호(216)를 수신하는 액티브 전력 조절기(210), 리액티브 전력 커맨드 및 리액티브 전력 피드백 신호들(222, 224)을 수신하는 리액티브 전력 조절기(220), 피드백 전류 신호(154), 피드백 전압 신호(228), 최대 허용가능 전류 임계 신호(231) 및 임피던스 값(233) 중 하나 이상에 따라서 위상각 커맨드 신호(216) 및 전압 크기 커맨드 신호(226)를 제한하는 전류 제한기(230), 및 제한된 위상각 커맨드 신호(232) 및 제한된 전압 크기 커맨드 신호(234)에 따라서 제어 신호들(168)을 생성하는 신호 발생기(230)를 포함한다.

[0023] 도 2의 예시된 실시형태에서, 액티브 전력 조절기(210)는 전력 커맨드 신호(212) 및 전력 피드백 신호(214)를 수신하고, 적어도 전력 커맨드 신호(212) 및 전력 피드백 신호(214)에 기초하여 위상각 커맨드 신호(216)를 생성한다. 전력 커맨드 신호(212)는 라인 측 변환기(144, 도 1 참조)의 출력 단자와 그리드(18) 사이에서 전달되는 바람직한 전력을 나타내며, 그리드 조작자에 의해 지시될 수도 있다. 전력 피드백 신호(214)는 라인 측 변환기(144)의 출력 단자와 그리드(18) 사이에서 전달되는 실제 측정 전력이다. 전력 피드백 신호(214)는 피드백 전

류 신호(154)와 피드백 전압 신호(152)를 승산하여 획득될 수도 있다. 피드백 전류 신호(154) 및 피드백 전압 신호(152)는 라인 측 변환기(144)와 그리드(18) 사이에 배치된 전류 센서(34) 및 전압 센서(36)로부터 획득될 수도 있다. 여기에서 언급되고 있는 위상각 커맨드(216)는 일부 변동들을 가질 수도 있다는 것이 특히 지적되어야 한다. 일 실시형태에서, 액티브 전력 조절기(210)로부터 생성된 위상각 커맨드 신호(216)는 그리드(18)에서의 전압 또는 그에 인접한 지역에서의 전압과 라인 측 변환기(144)의 AC 전압 사이에서의 바람직한 위상각 변위 또는 차이를 나타낸다. 다른 실시형태에서, 위상각 커맨드 신호(216)는 라인 측 변환기(144)의 AC 전압의 바람직한 위상각을 나타낸다. 라인 측 변환기(144)의 AC 전압의 바람직한 위상각은 그리드 전압의 위상각을 위상각 변위와 결합시켜 획득될 수 있다. 여기에서 설명되는 바와 같이, 라인 측 변환기(144)의 AC 전압은 라인 측 변환기(144)의 출력 단자에서의 AC 전압일 수도 있다. 대안으로, 라인 측 변환기(144)의 AC 전압은 라인 측 변환기(144)의 내부 임피던스를 고려하여 라인 측 변환기(144)의 내부 전압을 포함할 수도 있다. 또한, 일부 다른 실시형태들에서, AC 전압은 라인 측 변환기(144)로부터 라인을 따라서 추가로 측정될 수도 있다.

[0024] 도 3은 본 발명의 일 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기(210)의 보다 상세한 제어 도표를 예시한다. 예시된 실시형태에서, 액티브 전력 조절기(210)는 합산 엘리먼트(250), 전력 조절기(260), 및 위상각 발생기(270)를 포함한다. 합산 엘리먼트(250)는 전력 커맨드 신호(212)로부터 전력 피드백 신호(214)를 감산하고, 전력 커맨드 신호(212)와 전력 피드백 신호(214) 사이의 차이를 나타내는 전력 에러 신호(252)를 제공한다. 전력 에러 신호(252)는 전력 조절기(260)에게로 공급된다. 전력 조절기(260)는 전력 에러 신호(252)에 따라서 주파수 커맨드 신호(262)를 생성한다. 주파수 커맨드 신호(262)는 위상각 발생기(270)에게로 공급된다. 위상각 발생기(270)는 주파수 커맨드 신호(262)에 따라서 위상각 커맨드 신호(216)를 생성한다.

[0025] 도 4는 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 3에 도시된 전력 조절기(260)의 보다 상세한 제어 도표를 예시한다. 예시된 실시형태에서, 전력 조절기(260)는 전력 에러 신호(252)에 따라서 주파수 커맨드 신호(262)를 생성하도록 구성된 PI 제어기(264)를 포함한다. 일 실시형태에서, 주파수 커맨드 신호(262)는 합산 엘리먼트(267)를 통해서 비례 엘리먼트(263)로부터의 출력과 적분 엘리먼트(265)로부터의 출력을 결합시켜 생성된다. 예시된 실시형태에서, 전력 조절기(260)는 선택적으로 보상 유닛(266)을 포함할 수도 있다. 일반적으로, 보상 유닛(266)은 전력 변환 시스템(10)의 안정성을 보장하도록 하는 데 이용된다. 예시된 실시형태에서, 보상 유닛(266)은 비례 엘리먼트(269) 및 합산 엘리먼트(268)를 포함한다. 비례 엘리먼트(269)는 주파수 에러 신호(272)에 인자 D의 램프 인자를 제공한다. 비례 엘리먼트(269)로부터의 출력은 합산 엘리먼트(261)에 의해 전력 에러 신호(252)로부터 감산되며, 합산 엘리먼트(261)는 주파수 커맨드 신호(262)의 추가 계산을 위해 다른 전력 에러 신호를 적분 엘리먼트(265)에게로 제공한다. 주파수 에러 신호(272)는 합산 엘리먼트(268)에서 주파수 커맨드 신호(262)로부터 기본 주파수 신호(271)를 감산하여 획득된다. 기본 주파수 신호(271)는 전력 그리드(18)에게로 전달된 AC 전압의 공칭 각속도 또는 위상 고정 루프(PLL) 회로(도 8 참조)로부터 획득되는 측정된 각속도를 나타낸다.

[0026] 도 5는 본 발명의 다른 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기(210)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 도 5에 예시된 제어 도표는 도 3에 도시된 제어 도표와 유사하다. 차이점들 중 하나는 액티브 전력 커맨드 조정 유닛(289)이 추가로 도 5에 제공된다는 것이다. 액티브 전력 커맨드 조정 유닛(289)은, 전력 커맨드 신호(212) 및 전력 제한 신호(219)를 수신하고 제한된 전력 커맨드 신호(218)를 생성하도록 구성된다. 일 실시형태에서, 전력 제한 신호(219)는 MPPT 회로(26, 도 4에 도시됨)로부터 출력된 MPPT 전력 기준 신호(159)이다. 그리드 천이들 동안에 전력 커맨드 신호(212)를 제한함으로써, 전력 조절기(260) 및 위상각 발생기(270)에서의 적분 엘리먼트들 상의 통합 응력이 완화될 수 있다. 다른 실시형태에서, 전력 제한 신호(219)는 전력 변환 시스템(10)의 하드웨어 제한사항들에 기초하여 액티브 전력 커맨드 조정 유닛(289)에게로 공급될 수도 있다.

[0027] 도 6은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 5에 도시된 액티브 전력 커맨드 조정 유닛(289)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 예시된 실시형태에서, 액티브 전력 커맨드 조정 유닛(289)은 제한 엘리먼트(274), 합산 엘리먼트(276), 및 적분 엘리먼트(277)를 포함한다. 제한 엘리먼트(274)는, 전력 커맨드 신호(212)를 수신하고 위상각 제한 신호(232) 및 램프 속도 제어 신호(278)에 따라서 전력 커맨드 신호(212)를 제약하도록 구성된다. 제한 엘리먼트(274)로부터 생성되는 제한된 전력 커맨드 신호(275)는 합산 엘리먼트(276)에게로 공급되며, 이 합산 엘리먼트(276)는 제한된 전력 신호(275)와 피드백 전력 신호(214) 사이의 차이를 나타내는 전력 에러 신호(279)를 제공한다. 전력 에러 신호(279)는 제한된 전력 커맨드 신호(218)를 생성하도록 적분 엘리먼트(277)에서 적분되며, 이 제한된 전력 커맨드 신호(218)는 위상각 커맨드 신호(216)의 생성을 위해 도 5에 도시된 합산 엘리먼트(250)에게로 공급된다.

[0028] 도 7은 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기(210)의 상세한 제어 도표를 예

시한다. 도 7에 예시된 제어 도표는 도 3 및 도 5에 도시된 제어 도표들과 유사하다. 차이점들 중 하나는 위상 고정 루프(PLL) 회로(280)가 도 7에 추가로 제공된다는 것이다. PLL 회로(280)는, 그리드(18)로부터 피드백 전압 신호(152)를 수신하고, 이 피드백 전압 신호(152)에 따라서 주파수 기준 신호(282) 및 위상각 기준 신호(284)를 생성하도록 구성된다. 주파수 기준 신호(282)는 주파수 커맨드 신호(262)를 조정하는 데 이용된다. 위상각 기준 신호(284)는 위상각 커맨드 신호(216)를 조정하는 데 이용되며, 이는 하기에서 더 상세히 설명될 것이다.

[0029] 도 8은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, PLL 회로(280)와 관련하여, 도 7에 도시된 위상각 발생기(270)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 예시된 실시형태에서, 위상각 발생기(270)는 합산 엘리먼트(286), 적분 엘리먼트(283), 및 합산 엘리먼트(249)를 포함한다. 합산 엘리먼트(286)는 전력 조절기(260)로부터 수신된 주파수 커맨드 신호(262)로부터 주파수 기준 신호(282)를 감산하고, 주파수 기준 신호(282)와 주파수 커맨드 신호(262) 사이의 차이를 나타내는 주파수 에러 신호(281)를 제공한다. 주파수 에러 신호(281)는 적분 엘리먼트(283)에 의해 적분되고, 위상각 변위 신호(285)는 적분 엘리먼트(283)로부터 생성된다. 위상각 변위 신호(285)는 상위 위상각 임계치 및 하위 위상각 임계치(도 8에는 미도시) 내로 추가로 제한될 수도 있다(도 8에는 미도시). 상위 위상각 임계치 및 하위 위상각 임계치는 전력 변환 시스템이 천이 이벤트들을 보상할 수 있다는 것을 보장하도록 미리 정의되거나 계산된다. 상위 및 하위 위상각 임계치들을 계산하는 일 실시형태는 도 18 및 도 19를 참조하여 추후에 설명될 것이다. 제한된 위상각 변위 신호(285)는 합산 엘리먼트(249)에서 위상각 기준 신호(284)와 결합되며, 이 합산 엘리먼트(249)는 위상각 커맨드 신호(216)로서의 출력을 제공한다.

[0030] 도 9는 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기(210)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 도 9에 예시된 제어 도표는 도 3, 도 5 및 도 7에 도시된 제어 도표들과 유사하다. 차이점들 중의 하나는 전압 제한기 또는 DC 경계 전압 조절기(290)가 도 9에 추가로 제공된다는 것이다. 예시된 실시형태에서, DC 경계 전압 조절기(290)는, DC 전압 커맨드 신호(292) 및 DC 전압 피드백 신호(156)를 수신하고 위상각 정정 신호(296)를 생성하도록 구성된다. 위상각 정정 신호(296)는 위상각 발생기(270)에게로 공급되며, 이 위상각 발생기(270)는 위상각 정정 신호(296)를 이용하여 위상각 커맨드 신호(216)를 정정한다.

[0031] 도 10은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, 도 9에 도시된 DC 경계 전압 조절기(290)의 보다 상세한 제어 도표를 예시한다. 예시된 실시형태에서, DC 경계 전압 조절기(290)는 전압 제한기(310), 합산 엘리먼트(320), 제 1 로직 디바이스(340), 전압 조절기(360), 및 제 2 로직 디바이스(380)를 포함한다. 전압 제한기(310)는, 입력된 DC 전압 피드백 신호(156)를 제한하기 위한 상한 전압 값 및 하한 전압 값으로 설정되고, 이 상한 전압 값 및 하한 전압 값에 의해 규정되는 전압 범위 내의 제한된 DC 전압 신호(312)를 제공하도록 설정된다. 합산 엘리먼트(320)는 제한된 DC 전압 신호(312)로부터 DC 전압 피드백 신호(156)를 감산하여 DC 전압 에러 신호(322)를 제공한다. 정상 동작을 시에, DC 버스(146)에 나타나는 DC 전압은 상한 전압 값 및 하한 전압 값 내에 위치하여, 합산 엘리먼트(320)로부터 제공된 DC 전압 에러 신호(322)가 0이 되게 한다. 이 경우, 제 1 로직 엘리먼트(340) 및 제 2 로직 엘리먼트(380)가 스위칭 오프되어, 어떠한 위상각 정정 신호(296)도 도 9에 도시된 위상각 발생기(270)에게 공급되지 않는다. 저전압 보상 이벤트와 같은 그리드 천이 이벤트가 발생할 때, DC 버스(146)에 나타나는 DC 전압은 전압 불균형으로 인해 일시적으로 하한 아래로 떨어지거나 상한 위로 구동될 수도 있다. 이 경우, 합산 엘리먼트(320)로부터 제공된 DC 전압 에러 신호(322)는 0이 아니며, 제 1 로직 엘리먼트(340) 및 제 2 로직 엘리먼트(380)가 스위칭 온되어, 전압 조절기(360)가 위상각 정정 신호(296)를 위상각 발생기(270)에게로 제공하게 되며, 이는 도 11을 참조하여 하기에서 더 상세히 설명될 것이다.

[0032] 도 11은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른, PLL 회로(280)와 관련하여, 도 9에 도시된 위상각 발생기(270)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 도 11에 도시된 제어 도표는 도 8을 참조하여 전술된 제어 도표와 유사하다. 차이점들 중 하나는, 일 실시형태에서, 다른 합산 엘리먼트(287)가 위상각 발생기(270)에 추가로 제공된다는 것이다. 합산 엘리먼트(287)는 위상각 정정 신호(296)와 위상각 변위 신호(285)를 결합시키고, 결합된 위상각 신호(289)를 생성한다. 일 실시형태에서, 결합된 위상각 신호(289)는 위상각 커맨드 신호(216)의 생성을 위해 합산 엘리먼트(262)에게로 직접 공급된다. 다른 실시형태에서, 결합된 위상각 신호(289)는 제한기(limiter)(288)에게로 공급될 수도 있다. 제한기(288)는 결합된 위상각 신호(289)를 상위 위상각 한도 및 하위 위상각 한도 내로 제약하도록 구성된다. 위상각 신호(289)를 제한하는 한 가지 목적은 전력 변환 시스템(10)이 천이 이벤트들을 전압 보상할 수 있다는 것을 보장하는 것이다. 제한기(288)로부터의 출력은 위상각 커맨드 신호(216)의 생성을 위해 합산 엘리먼트(262)에서 위상각 기준신호(284)와 결합된다.

[0033] 도 12는 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기(210)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 도 12에서의 제어 도표는 도 9에서의 제어 도표와 유사하다. 하나의 차이점은 DC 경계 전압 조절기

(290)가 위상각 정정 신호가 아니라 DC 전압 커맨드 신호(292) 및 DC 전압 피드백 신호(156)에 따라서 주파수 정정 신호(298)를 생성한다는 것이다. 도 11을 다시 참조하면, 주파수 정정 신호(298)는 주파수 에러 신호(281)의 생성과 주파수 커맨드 신호(262) 및 위상각 커맨드 신호(216)의 추가 생성을 위해 합산 엘리먼트(286)에게로 공급될 수도 있다.

[0034] 도 13은 본 발명의 또 다른 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 액티브 전력 조절기(210)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 도 13에서의 제어 도표는 도 9 및 도 12에서의 제어 도표와 유사하다. 하나의 차이점은 DC 경계 전압 조절기(290)가 DC 전압 커맨드 신호(292) 및 DC 전압 피드백 신호(156)에 따라서 전력 정정 신호(299)를 생성한다는 것이다. 전력 정정 신호(299)는 전력 에러 신호(252)의 생성과 주파수 커맨드 신호(262) 및 위상각 커맨드 신호(216)의 추가 생성을 위해 합산 엘리먼트(250)에게로 공급될 수도 있다.

[0035] 도 2를 다시 참조하면, 라인 측 제어기(164)의 리액티브 전력 조절기(220)는 리액티브 전력 커맨드 신호(222) 및 피드백 리액티브 전력 신호(224)를 수신하고, 적어도 리액티브 전력 커맨드 신호(222) 및 피드백 리액티브 전력 신호(224)에 기초하여 전압 크기 신호(226)를 생성한다. 리액티브 전력 커맨드 신호(222)는 라인 측 변환기(144, 도 1 참조)의 출력과 그리드(18) 사이에서 전달되는 바람직한 리액티브 전력을 나타내며, 그리드 조작자에 의해 지시될 수도 있다. 리액티브 전력 피드백 신호(224)는 라인 측 변환기(144)의 출력과 그리드(18) 사이에서 전달되는 실제 측정된 리액티브 전력이다. 리액티브 전력 피드백 신호(224)는 피드백 전류 신호(154)와 피드백 전압 신호(152)를 승산하여 획득될 수도 있다. 전압 크기 커맨드 신호(226)는 라인 측 변환기(144)의 AC 전압의 바람직한 전압 크기를 나타낸다. 라인 측 변환기(144)의 AC 전압은 라인 측 변환기(144)의 출력 단자에서의 AC 전압일 수도 있다. 대안으로, AC 전압은 라인 측 변환기(144)의 내부 임피던스를 고려하여 라인 측 변환기(144)의 내부 전압일 수도 있다.

[0036] 도 14는 예시적인 실시형태에 따른, 도 2의 리액티브 전력 조절기(220)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 예시된 실시형태에서, 리액티브 전력 조절기(220)는 제 1 합산 엘리먼트(610), VAR 조절기(620), 제 2 합산 엘리먼트(630), 및 전압 조절기(640)를 포함한다. 제 1 합산 엘리먼트(610)는 리액티브 전력 커맨드(222)로부터 리액티브 전력 피드백 신호(224)를 감산하고, 리액티브 전력 에러 신호(612)를 생성한다. VAR 조절기(620)는 리액티브 전력 에러 신호(312)에 따라서 그리드 전압 커맨드 신호(622)를 생성한다. 그리드 전압 커맨드 신호(622)는 그리드(18)에서 또는 그의 인접 지역에서 달성을 바람직한 전압을 나타낸다. 제 2 합산 엘리먼트(330)는 그리드 전압 커맨드 신호(622)로부터 그리드 전압 피드백 신호(214)를 감산하고, 전압 에러 신호(632)를 생성한다. 전압 조절기(640)는 전압 에러 신호(632)에 따라서 전압 크기 커맨드 신호(226)를 생성한다.

[0037] 도 15는 다른 예시적인 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 리액티브 전력 조절기(220)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 이 제어 도표는 도 14에 도시된 제어 도표와 유사하다. 대안의 실시형태로서, 리액티브 전력 커맨드 조정 유닛(650)이 도 15에 추가로 제공된다. 리액티브 전력 커맨드 조정 유닛(650)은, 리액티브 전력 제한 신호(654)에 따라서 리액티브 전력 커맨드 신호(222)를 제한하고 그에 따라 제한된 리액티브 전력 커맨드 신호(652)를 생성하도록 구성된다. 제한된 리액티브 전력 커맨드 신호(652)는 전압 크기 커맨드 신호(226)를 생성하도록, 도 14와 관련하여 전술된 바와 같은 하기의 조절을 위해 이용된다. 리액티브 전력 커맨드 조정 유닛(650)을 포함하는 목적들 중 하나는 전력 변환 시스템(10)이 천이 이벤트들 동안에 바람직한 리액티브 전류를 그리드(18)에게로 제공할 수 있다는 것을 보장하기 위한 것이다.

[0038] 도 2를 다시 참조하면, 일 실시형태에서, 전류 제한기(230)는 페이지 전류 제한기를 포함하며, 도 3 내지 도 13과 관련하여 액티브 전력 조절기(210)로부터 생성된 위상각 커맨드 신호(216)에 대한 한도들을 제공하도록 구성된다. 페이지 전류 제한기(230)는 또한 도 14 및 도 15와 관련하여 리액티브 전력 조절기(220)로부터 생성된 전압 크기 커맨드 신호(226)에 대한 한도들을 제공하도록 구성된다. 천이 이벤트가 전력 그리드(18)에서 발생할 때, 위상각 커맨드 신호(216) 및 전압 크기 커맨드 신호(226) 중 하나 또는 양측 모두는, 예를 들어 전기 전류 임계 신호(231)에 의해서와 같이, 다양한 커맨드 및 신호들에 따라서 페이지 전류 제한기(230)에 의해 제한된다. 그 후, 페이지 전류 제한기(230)로부터 생성된 결과적인 제한된 위상각 커맨드 신호(232) 및 제한된 전압 크기 커맨드 신호(234)는 신호 발생기(240)에 의해 라인 측 제어 신호들(168, 도 1에 도시됨)을 조절하는데 이용된다. 이와 같이, 천이 이벤트들 동안, 라인 측 제어기(164)로부터 흐르는 전류는 라인 측 제어기(164)와 관련된 AC 전압을 조절함으로써 간접적으로 제어된다. 다시 말해, 전력 변환 시스템(10)은 라인 측 변환기(144)에 상주하는 반도체 디바이스들이 과전류 문제들로 인해 손상될 가능성을 감소시키거나 제거함으로써 천이 이벤트들을 전압 보상할 수 있다.

[0039] 이하, 도 16 내지 도 18을 참조하여, 위상각 커맨드 신호(216) 및 전압 크기 커맨드 신호(226)에 대한 한도들을

제공하도록 페이지 전류 제한기(230)가 구현되는 방법에 대한 상세한 설명이 제공될 것이다.

[0040] 도 16은 그리드(18)와 관련된 라인 측 변환기(144)의 개략적인 회로 모델을 예시한다. 라인 측 변환기(144)는 내부 전압 소스(67) 및 내부 임피던스(68)를 포함하는 것으로 단순화된다. 전압 소스(67)는 전압 소스(67)와 내부 임피던스(68)가 접속된 지점에서 내부 전압(362)을 출력한다. 내부 전압 소스(67)는 내부 임피던스(68)와 그리드 임피던스(72)가 접속된 지점에서 단자 전압(364)을 출력한다. 그리드 임피던스(72)와 그리드(18)가 접속된 지점은 그리드 전압(368)이다. 라인 측 변환기(144)의 단자 전압은 그리드 임피던스(72)에 걸리는 전압 강하(365) 및 그리드 전압(368)에 기초하여 도출될 수 있다는 것이 이해된다. 그리드 임피던스에 걸리는 전압 강하(365)는 그리드 임피던스(72)를 통과하여 흐르는 전류(367) 및 그리드 임피던스(72)로부터 도출될 수 있다. 일 실시형태에서, 그리드 임피던스(72)를 통과하여 흐르는 전류(367)는 라인 측 변환기(144)의 단자 전압(364)을 제어함으로써 관리될 수 있다. 또한, 내부 임피던스(68)를 고려함으로써, 라인 측 변환기(144)의 내부 전압(362)은 내부 임피던스(68) 및 그리드 임피던스(72)에 걸리는 전압 강하(369) 및 그리드 전압(368)에 기초하여 도출될 수 있다. 일례에서, 내부 임피던스(68) 및 그리드 임피던스(72)를 통과하여 흐르는 전류(367)는 라인 측 변환기(144)의 내부 전압(362)을 제어함으로써 관리될 수 있다.

[0041] 도 17은 단자 전압(364), 그리드 전압(368), 및 그리드 임피던스에 걸리는 전압 강하(367)의 페이지 도표를 예시한다. 도 17에서, 전압 용량 곡선(502)이 파선으로 표시된 서클로서 예시된다. 용량 곡선(502)의 중심은 그리드 전압(368)의 말단 지점에 의해 규정된다. 용량 곡선(502)의 반경은 그리드 임피던스(72)에 걸리는 최대 허용 가능 전압 강하에 의해 규정된다. 최대 허용 가능 전압 강하는 최대 허용 가능 전류 및 그리드 임피던스(72)로부터 도출될 수 있다. 단자 전압(364)은 파선으로 표시된 서클(502) 상에 또는 파선으로 표시된 서클(502)에 의해 둘러싸인 원형 영역(508) 내에 위치되는 그의 말단 지점을 갖도록 제어되어야 한다. 따라서, 단자 전압(364)과 그리드 전압(368) 사이의 위상각 차이는 최대 위상각(371)과 최소 위상각(372) 내에서 제어되어야 한다. 최대 위상각(371)은 원점으로부터 용량 곡선(502)의 상위 부분에 접하도록 연장된 파선(504)에 의해 규정된다. 최소 위상각(372)은 원점으로부터 용량 곡선(502)의 하위 부분에 접하도록 연장된 파선(506)에 의해 규정된다. 또한, 라인 측 변환기(144)의 단자 전압(364)의 크기는 최대 전압 임계치와 최소 전압 임계치 내에서 제어되어야 한다. 최소 전압 임계치는 원점으로부터 수평방향 축 X가 용량 곡선(502)의 좌측 부분과 교차하는 지점으로 연장된 파선(512)에 의해 규정된다. 최대 전압 임계치는 원점으로부터 수평방향 축 X가 용량 곡선(502)의 우측 부분과 교차하는 지점으로 연장된 파선(514)에 의해 규정된다.

[0042] 도 18은 예시적인 실시형태에 따른, 도 2에 도시된 페이지 전류 제한기(230)의 상세한 블록도를 예시한다. 예시된 실시형태에서, 페이지 전류 제한기(230)는 제 1 계산 유닛(410), 제 2 계산 유닛(420), 및 제 3 계산 유닛(430)을 포함한다. 제 1 계산 유닛(410)은 그리드 임피던스(72)의 임피던스 값(233) 및 최대 허용 가능 전류 신호(231)에 따라서 그리드 임피던스(72)에 걸리는 최대 전압 강하(412)를 계산하도록 구성된다. 최대 허용 가능 전류 신호는 라인 측 변환기(144)의 전류 등급들에 따라서 획득될 수도 있다. 임피던스 값(233)은 PI 제어기를 통해서 전류 에러 신호를 이용하여 획득될 수도 있다. 계산된 최대 허용 가능 전압 강하(412)는 제 2 계산 유닛(420) 및 제 3 계산 유닛(430)에게로 공급된다. 제 2 계산 유닛(420)은 최대 허용 가능 전압 강하(412) 및 그리드 전압 피드백 신호(228)에 따라서 최대 위상각 제한 신호(422) 및 최소 위상각 제한 신호(424)를 계산한다. 제 3 계산 유닛(430)은 최대 허용 가능 전압 강하(412) 및 그리드 전압 피드백 신호(228)에 따라서 최대 전압 크기 신호(432) 및 최소 전압 크기 신호(434)를 계산한다.

[0043] 도 19는 도 2에 도시된 페이지 전류 제한기(230)의 다른 예시적인 실시형태를 예시한다. 예시된 실시형태에서, 제 2 계산 유닛(420)으로부터 생성된 최대 위상각 제한 신호(422) 및 최소 위상각 제한 신호(424)는 제 3 계산 유닛(430)에 의해 최대 전압 크기 신호(432) 및 최소 전압 크기 신호(434)를 계산하는 데 추가로 사용된다. 단자 전압(364)의 전압 크기 임계치는 위상각이 최대 위상각 및 최소 위상각 내로 제한되므로, 보다 쉽게 계산될 수 있다는 것이 이해될 수 있다.

[0044] 도 18 및 도 19와 관련하여 전술된 바와 같이, 페이지 전류 제한기(230)로부터 도출된 최대 위상각 제한 신호(422) 및 최소 위상각 제한 신호(434)는 액티브 전력 조절기(210)로부터 생성된 위상각 커맨드 신호(216, 도 2 참조)를 제한하는 데 사용되며, 제한된 위상각 커맨드 신호(232)(도 2 참조)가 생성된다. 또한, 최대 전압 크기 신호(432) 및 최소 전압 크기(434)는 전압 크기 커맨드 신호(226)(도 2 참조)를 제한하는 데 이용되며, 제한된 전압 크기 커맨드 신호(234)(도 2 참조)가 생성된다. 제한된 위상각 커맨드 신호(232) 및 제한된 전압 크기 커맨드 신호(234)는 신호 발생기(240)에게로 공급되며, 이 신호 발생기(240)는 라인 측 변환기(144)에 대한 라인 측 제어 신호들(168)을 생성한다. 일 구현예에서, 신호 발생기(240)는 라인 측 제어 신호들(168)에 대한 펄스 폭 변조(PWM) 패턴 신호들을 생성하기 위한 PWM 신호 발생기일 수도 있다. 라인 측 제어 신호들(168)이 최대 허

용가능 전류에 적어도 부분적으로 기초하여 생성되기 때문에, 라인 측 변환기(144)로부터 흐르는 전류가 관리될 수 있다. 그 결과, 전력 변환 시스템(10)은 천이 이벤트들을 전압 보상할 수 있다.

[0045] 도 20은 다른 예시적인 실시형태에 따른, 도 1에 도시된 라인 측 제어기(164)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 도 20에 도시된 제어 도표는 도 2에 도시된 제어 도표와 유사하다. 차이점들 중 하나는 동결 및 리세팅 유닛(244)이 라인 측 제어기(164)에 추가로 제공된다는 것이다. 일반적으로, 동결 및 리세팅 유닛(244)은 전력 변환 시스템(10)이 천이 이벤트들로부터 복구되고 있는 동안에 라인 측 제어기(164)와 관련하여 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결시키도록 구성된다. 동결 및 리세팅 유닛(244)은 이를 적분기들을 회복 이후에 리세팅하도록 추가로 구성된다. 일 실시형태에서, 도 20에 도시된 바와 같이, 동결 및 리세팅 유닛(244)은 액티브 전력 조절기(210) 및 리액티브 전력 조절기(220)에 커플링된다. 동결 및 리세팅 유닛(244)은 그리드 전압 피드백 신호(228)를 수신하며, 액티브 전력 조절기(210) 및 리액티브 전력 조절기(220)와 관련하여 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결시키는 데 이용되는 동결 신호들(246, 248)을 생성한다.

[0046] 도 21은 앤터-와인드업 특징이 포함된 액티브 전력 조절기(210)의 전력 조절기(260)의 상세한 제어 도표를 예시한다. 도 21에 도시된 제어 도표는 도 4에 도시된 제어 도표와 유사하다. 차이점들 중 하나는 2개의 스위칭 디바이스들(336, 338)이 전력 조절기(260)의 PI 제어기(364)에 포함된다는 것이다. 스위칭 디바이스들(336, 338)은 전력 변환 시스템(10)이 천이 이벤트로부터 복구되고 있다는 것을 나타내는 동결 신호(246)에 응답하여 스위칭 오프될 수 있다. 어떠한 천이 이벤트도 존재하지 않거나 또는 특정 천이 이벤트가 종료되었을 때, 스위칭 디바이스들(336, 338)은 스위칭 온될 수 있고, 그에 의해 PI 제어기(264)가 정상 동작들을 수행할 수 있다.

[0047] 도 22는 예시적인 실시형태에 따라 전력 변환 시스템을 동결시키고 리세팅하는 방법의 플로우차트를 예시한다. 방법(3000)은 컴퓨터 관독가능 매체에 저장된 소프트웨어 명령들로 프로그래밍될 수도 있으며, 이 컴퓨터 관독 가능 매체는 프로세서에 의해 실행될 때 방법(3000)의 다양한 단계들을 수행한다. 컴퓨터 관독가능 매체는 임의의 방법 또는 기술로 구현되는 휘발성 및 비휘발성의 탈착가능 및 탈착불능매체를 포함할 수도 있다. 컴퓨터 관독가능 매체는 RAM, ROM, EEPROM, 플래시 메모리 또는 다른 메모리 기술, CD-ROM, 디지털 다용도 디스크들(DVD) 또는 다른 광학 저장소, 자기 카세트들, 자기 테이프, 자기 디스크 저장소 또는 다른 자기 저장 디바이스들, 또는 희망 정보를 저장하는 데 사용될 수 있고 명령 실행 시스템에 의해 액세스될 수 있는 임의의 다른 비일시적 매체를 포함하지만, 이들로 국한되지 않는다.

[0048] 일 구현예에서, 방법(3000)은 블록(3002)에서 시작될 수도 있다. 블록(3002)에서, 전력 변환기의 출력 단자와 전력 그리드 사이의 지점에서의 전압 상태가 검출된다. 검출된 전압 상태는 고전압 상태, 정상 전압 상태, 및 저전압 상태를 포함할 수도 있다. 보다 구체적으로, 비제한적인 일례로서, 고전압 상태는 그리드 전압이 정격 전압의 1.1배보다 크다는 것을 나타낼 수도 있다. 정상 전압 상태는 그리드 전압이 정격 전압의 0.9배보다 크고 정격 전압의 1.1배보다 작다는 것을 나타낼 수도 있다. 저전압 상태는 그리드 전압이 정격 전압의 0.9배보다 작다는 것을 나타낼 수도 있다.

[0049] 블록(3004)에서, 검출된 전압이 저전압보다 작은 값으로 강하되는지 또는 상위 전압 값보다 큰 전압으로 증가하는지에 대한 제 1 판정이 이루어진다. 일 실시형태에서, 하위 전압 값은 정격 전압의 0.9배일 수도 있고, 상위 전압 값은 정격 전압의 1.1배일 수도 있다. 판정이 긍정적인 경우는 전력 변환 시스템이 천이 이벤트에 진입하고 있거나 오류 상태를 겪고 있다는 것을 의미한다. 긍정적인 판정에 따라서, 절차는 블록(3006)으로 진행된다. 판정이 부정적인 경우는 전력 변환 시스템이 정상적으로 동작하고 있다는 것을 의미하며, 절차는 전압 상태를 계속해서 검출하기 위해 블록(3002)로 되돌아간다.

[0050] 블록(3006)에서, 전력 변환 시스템이 천이 이벤트에 진입하고 있다거나 결함 상태를 겪고 있다는 판정 시에 동결 신호가 전송된다. 일 실시형태에서, 도 20에 도시된 바와 같이, 동결 신호들(246, 248)은 동결 및 리세팅 유닛(244)으로부터 송신되어, 액티브 전력 조절기(210) 및 리액티브 전력 조절기(220)와 관련된 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결시킨다.

[0051] 블록(3008)에서, 검출된 전압 상태가 고전압 상태로부터 정상 전압 상태로 천이하고 있는지 또는 저전압 상태로부터 정상 전압 상태로 천이하고 있는지에 대한 제 2 판정이 이루어진다. 그러한 경우, 절차는 블록(3010)으로 진행되고, 그렇지 않은 경우, 절차는 블록(3008)으로 다시 되돌아간다.

[0052] 블록(3010)에서, 일단 정상 전압 상태에 도달했으면, 제 1 플래그 신호가 전송된다. 제 1 플래그 신호는 그리드 전압이 정상 전압으로 복귀했음을 나타낸다.

[0053] 블록(3012)에서, 그리드 전압이 정상 전압 레벨에서 유지되는 동안의 기간을 나타내는 시간 듀레이션이 기록된

다.

[0054] 블록(3014)에서, 그리드 전압이 정상 전압 레벨에서 유지된 시간 드레이션이 미리 설정된 시간 값에 도달하는지에 대한 제 3 판정이 이루어진다. 일 실시형태에서, 비제한적 일례로서, 미리 설정된 시간 값은 10 밀리 초일 수도 있다. 그리드 전압이 정상 전압 레벨에서 유지된 시간 드레이션이 미리 설정된 시간 값에 도달하는 것으로 판정되면, 절차는 블록(3016)으로 진행되고, 그렇지 않으면, 절차는 블록(3008)으로 되돌아가서 복구가 여전히 진행 중인지를 검증한다.

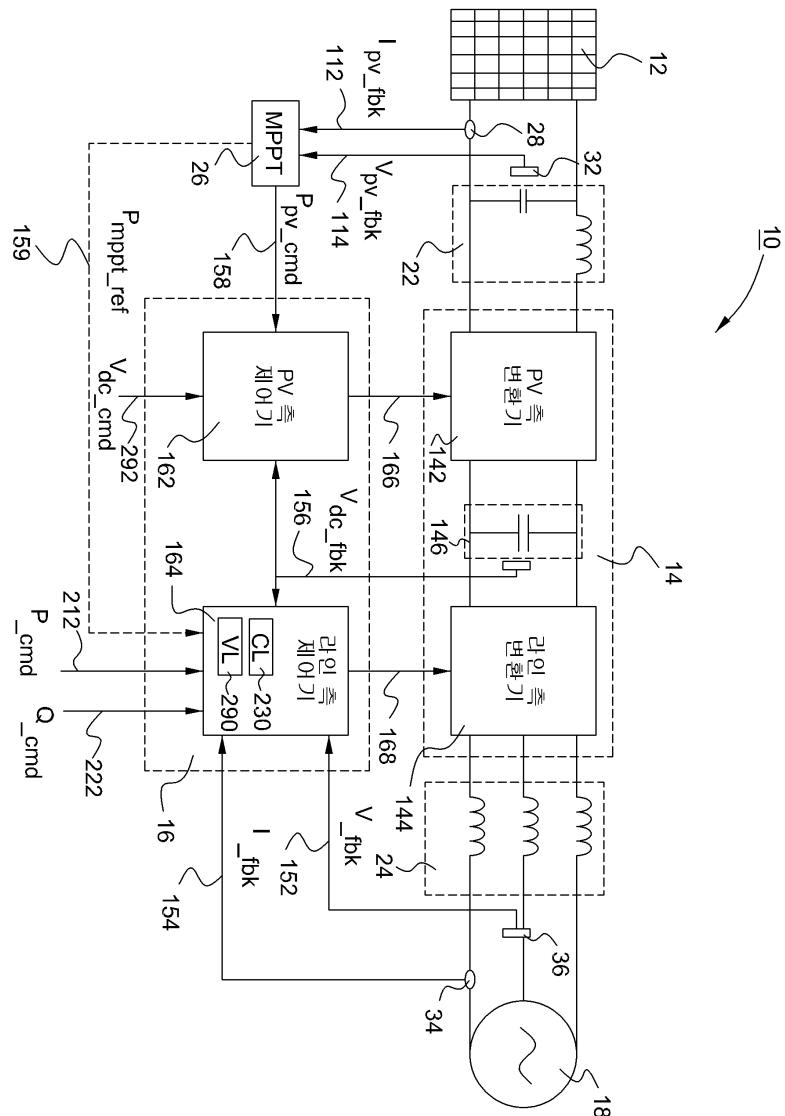
[0055] 블록(3016)에서, 제 2 플래그 신호가 전송된다. 제 2 플래그 신호는 그리드 전압이 미리 설정된 시간 값 동안에 정상 전압에서 유지되었음을 나타낸다. 이 경우, 전력 변환 시스템은 천이 이벤트 또는 결함 상태로부터 진정으로 복구되고 있는 것으로 판정될 수 있다. 블록(3010)에서 전송된 제 1 플래그 신호 및 블록(3016)에서 전송된 제 2 플래그 신호로, 블록(3006)에서 동결되었던 전력 변환 시스템의 적분 엘리먼트들은 정상 적분 동작들을 수행하도록 리세팅될 수 있다.

[0056] 블록(3018)에서, 복구 프로세스 이후, 제 1 플래그 신호는 리세팅되고, 기록된 시간 드레이션은 전력 변환 시스템의 복구에 대한 후속 판정을 위해 클리어된다. 블록(3018) 이후, 절차는 전압 상태를 추가로 판정하기 위해 블록(3002)으로 되돌아간다.

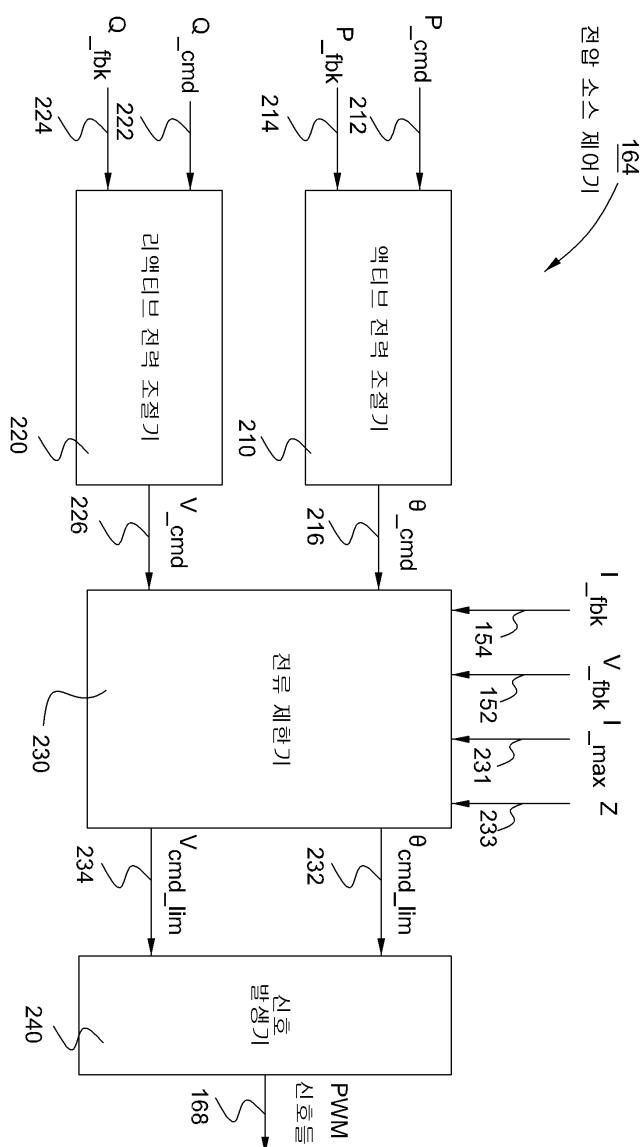
[0057] 본 발명이 예시적인 실시형태들을 참조하여 설명되고 있지만, 당업자에게는, 본 발명의 범주로부터 벗어나는 일 없이, 다양한 변경들이 이루어질 수도 있고 그들의 엘리먼트들을 등가물들이 대체할 수도 있다는 것이 이해될 것이다. 또한, 본 발명의 본질적인 범주로부터 벗어나는 일 없이, 본 발명의 교시사항들에 대한 특정 상황 또는 물질을 적응하도록 하는 많은 변경들이 이루어질 수도 있다. 따라서, 본 발명은 본 발명을 실시하기 위해 고려되는 최상의 모드로서 개시된 특정 실시형태로 국한되는 것이 아니라 본 발명이 첨부된 청구범위의 범주 내에 있는 모든 실시형태들을 포함할 것이라는 것으로 의도된다.

## 도면

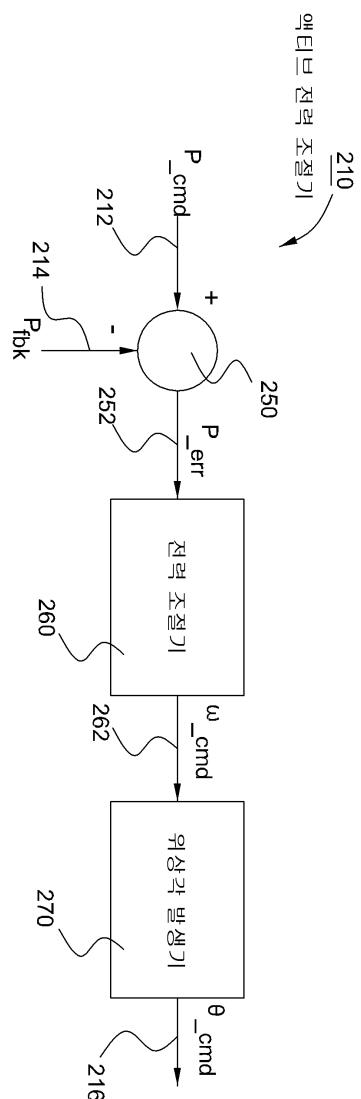
## 도면1



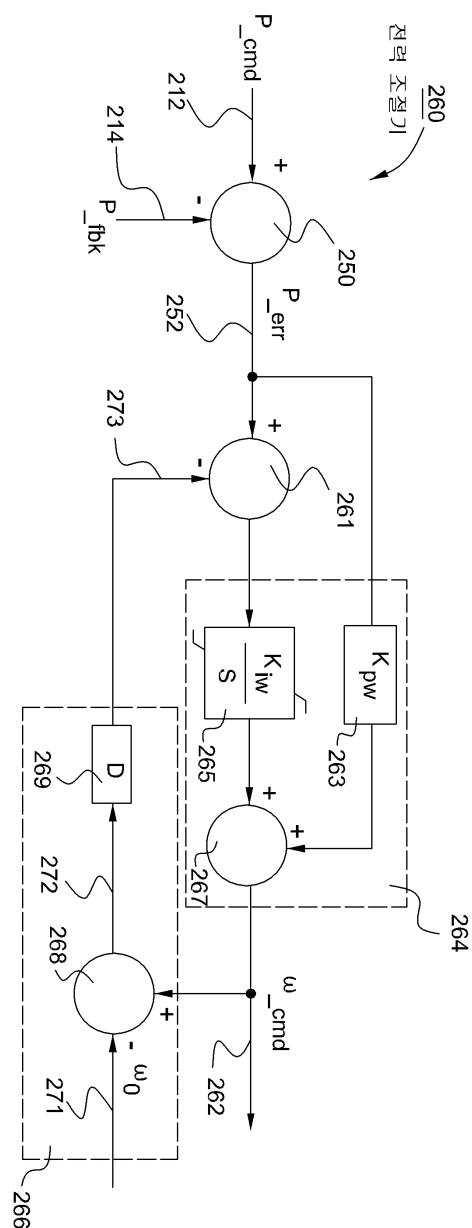
도면2



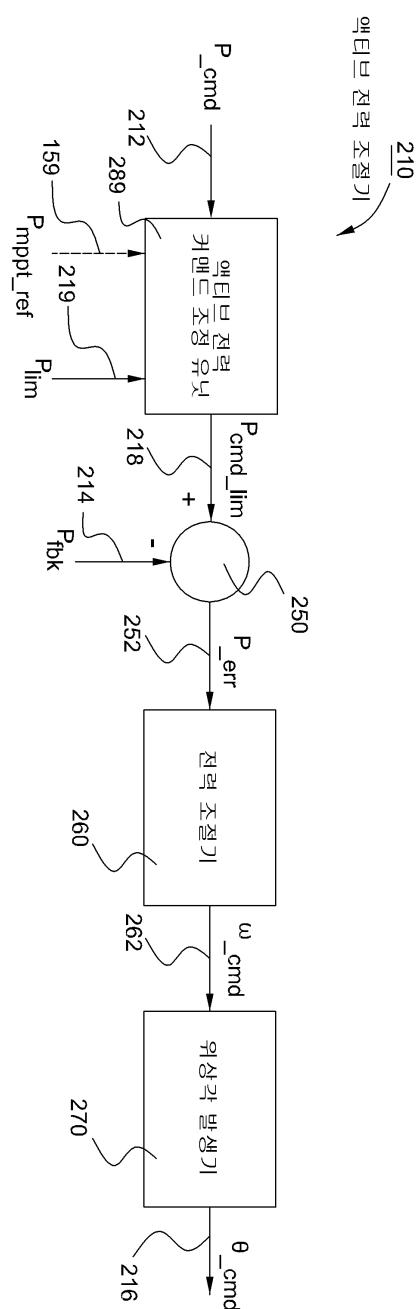
도면3



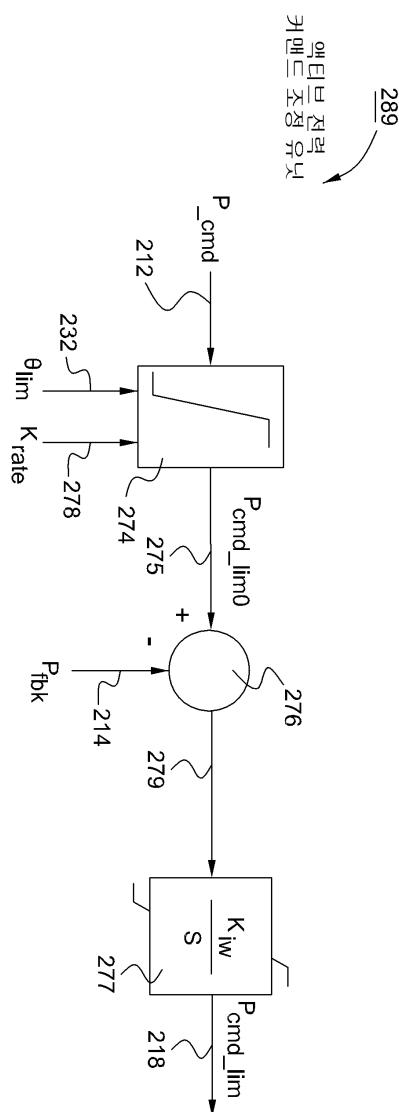
도면4



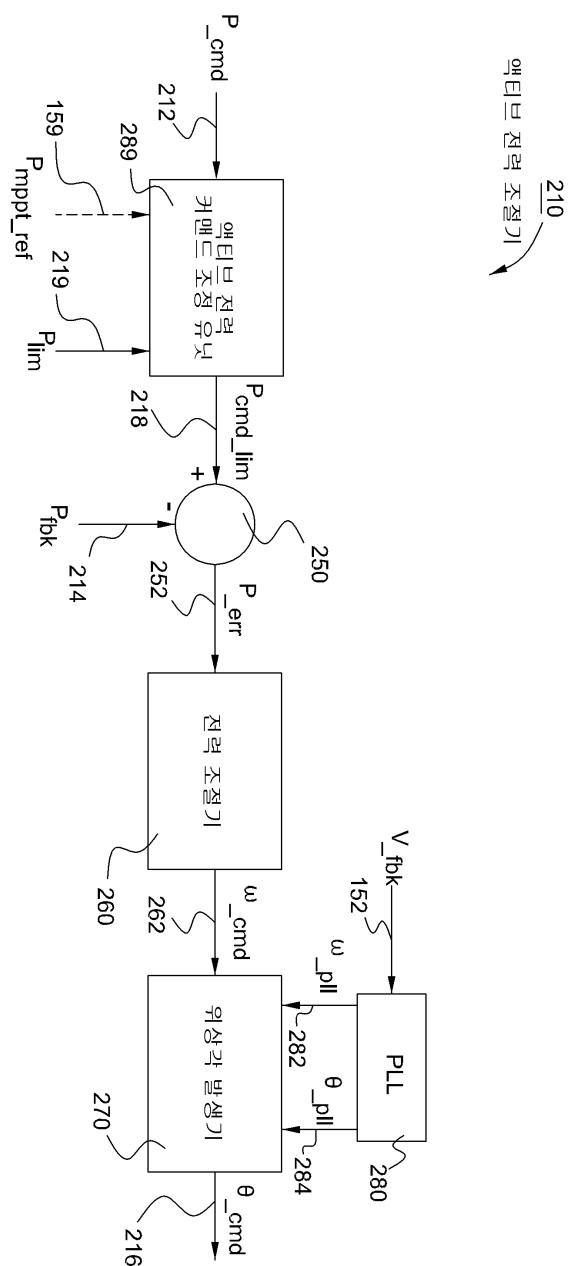
도면5



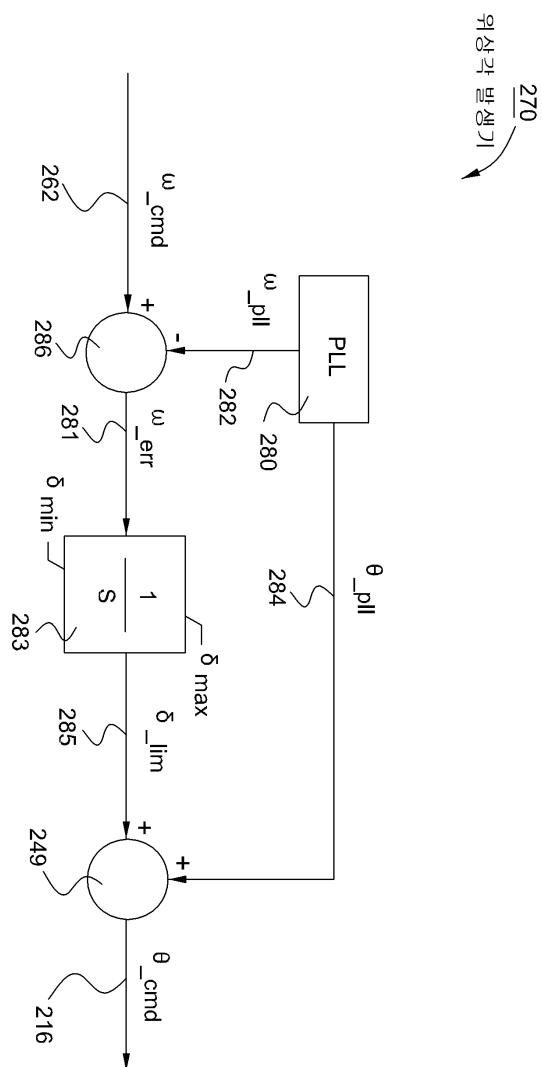
도면6



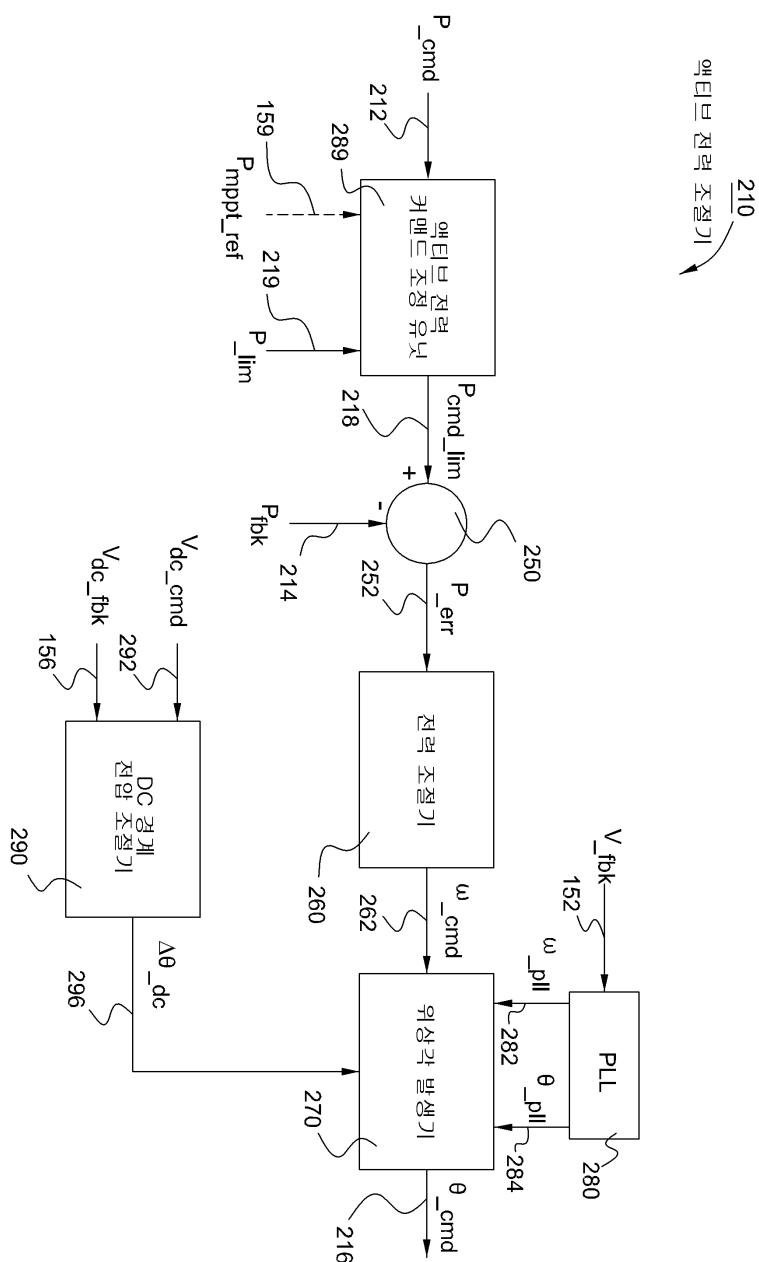
도면7



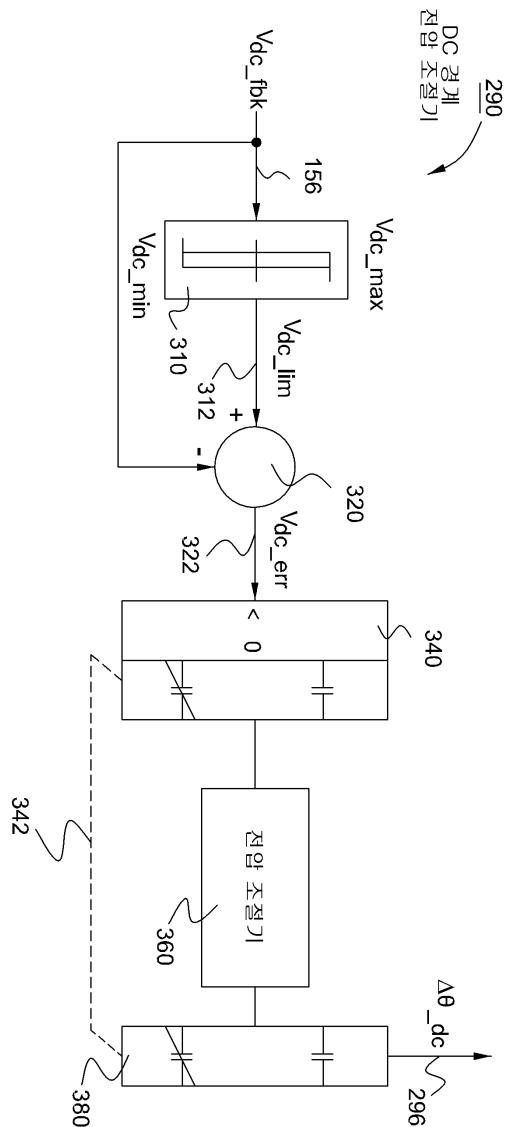
도면8



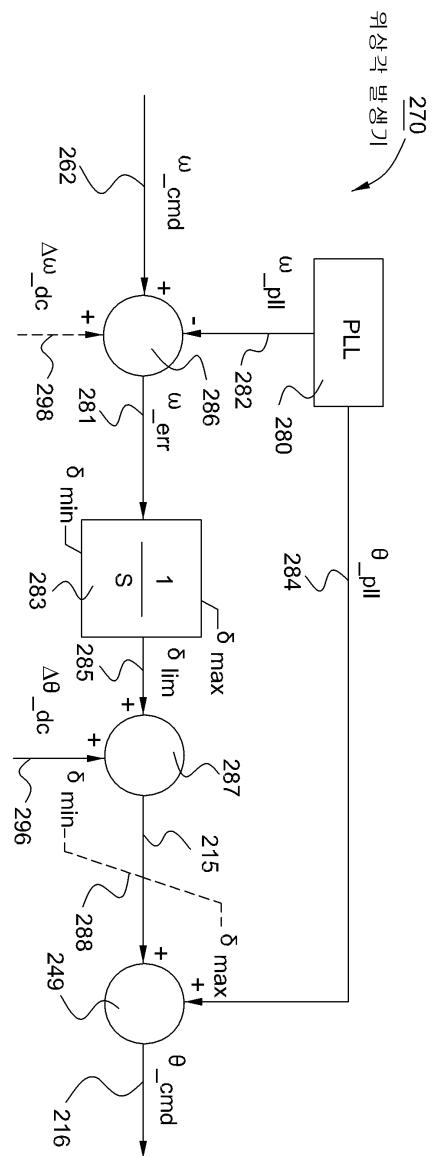
도면9



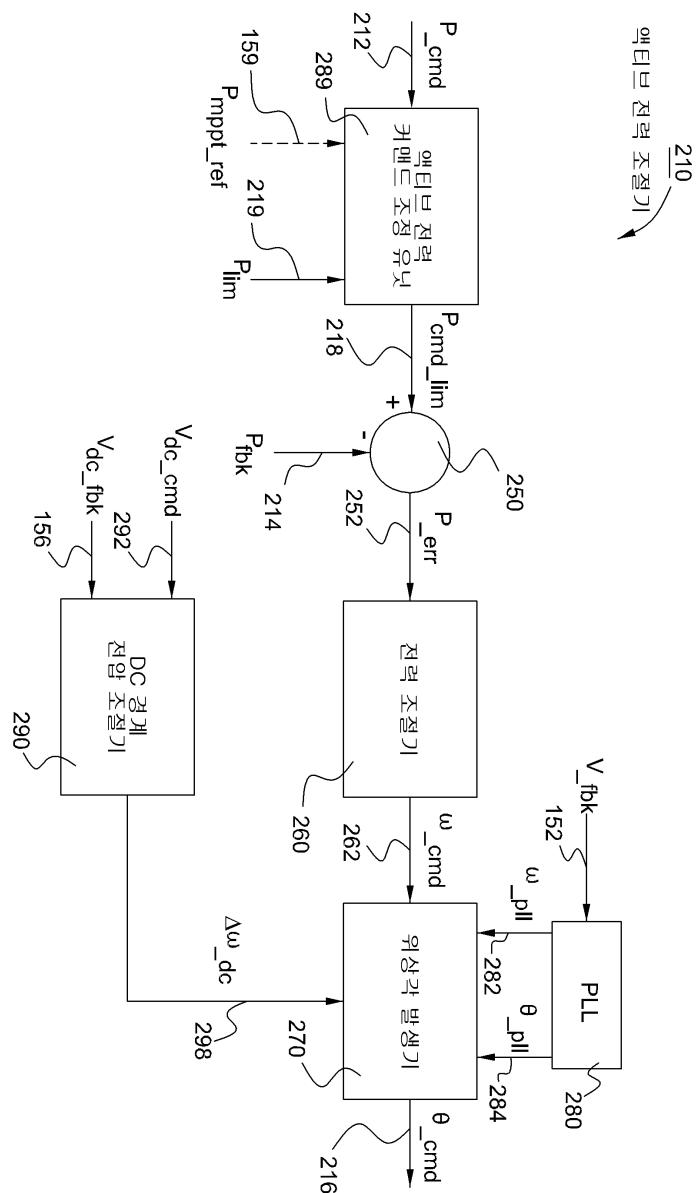
도면10



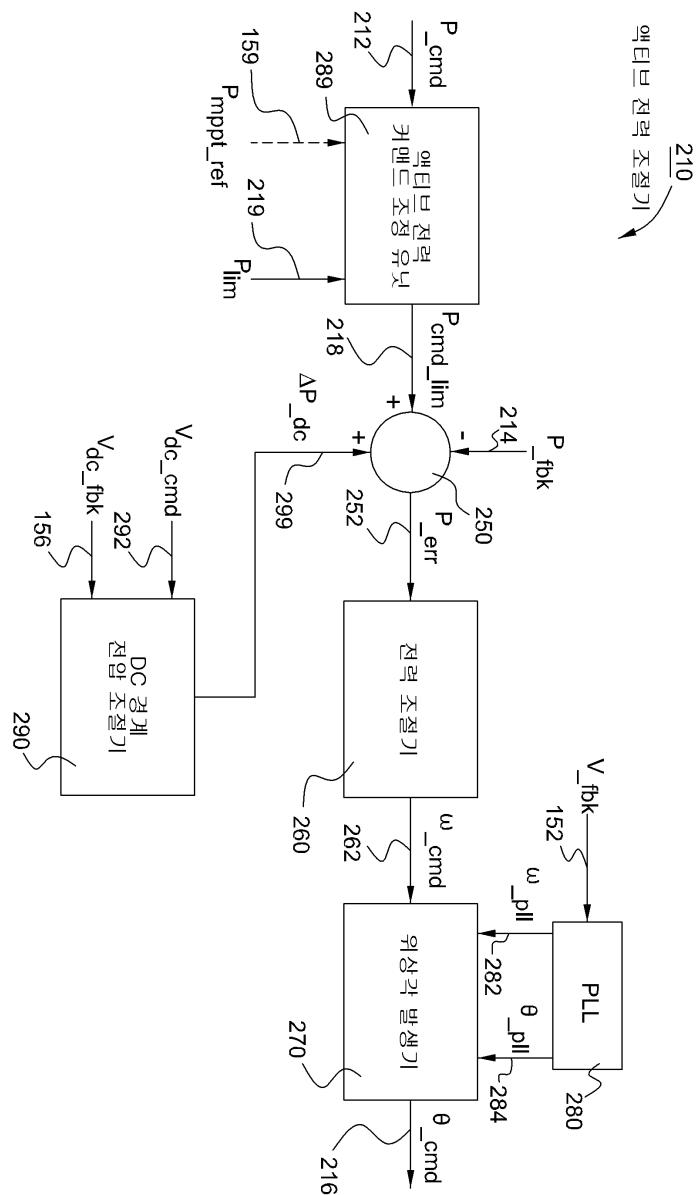
도면11



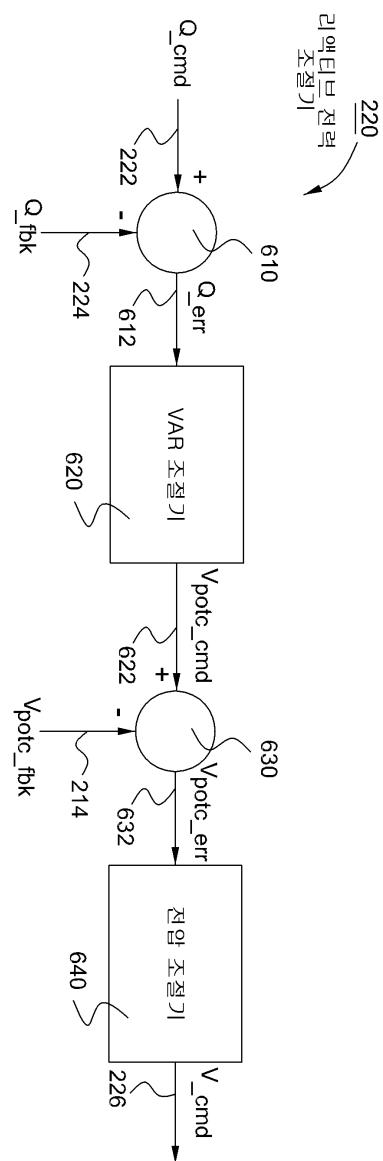
도면12



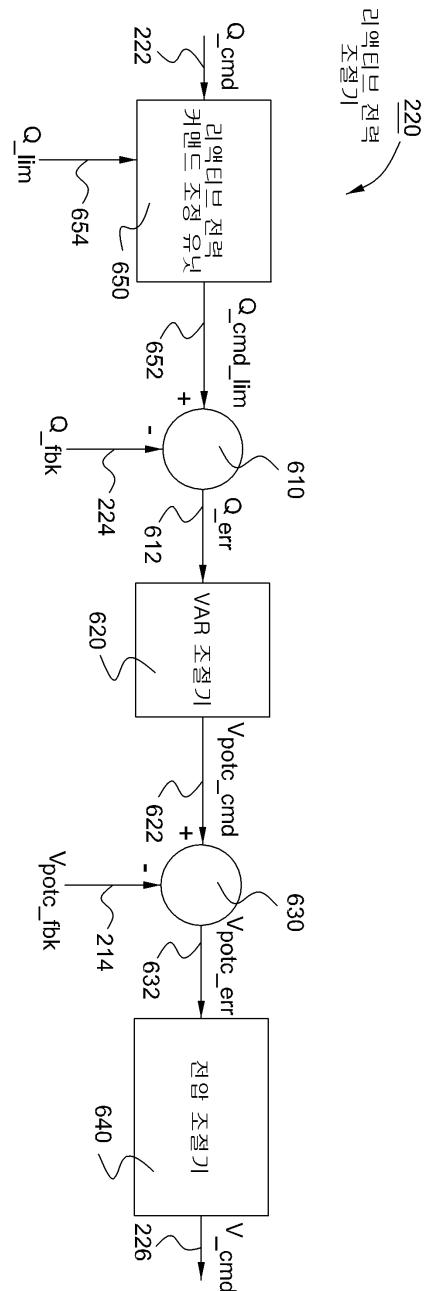
도면13



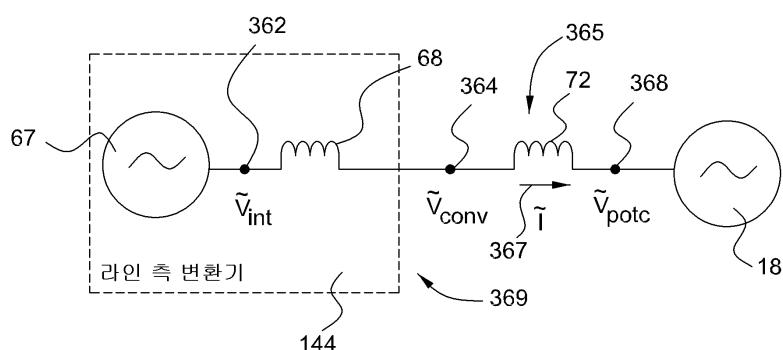
도면14



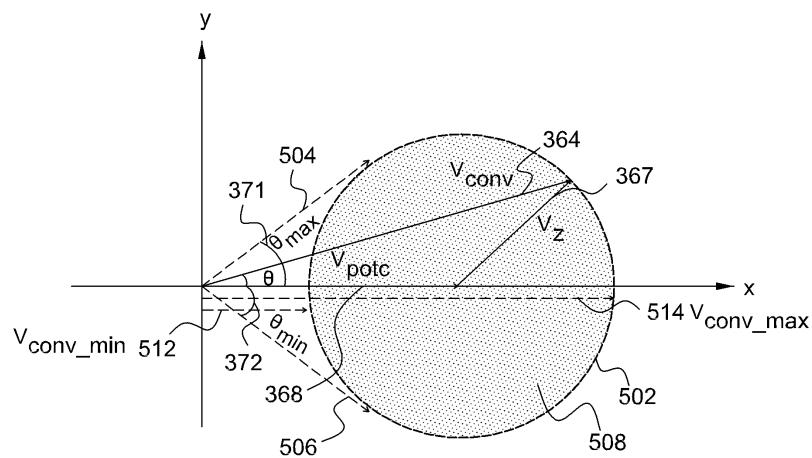
도면15



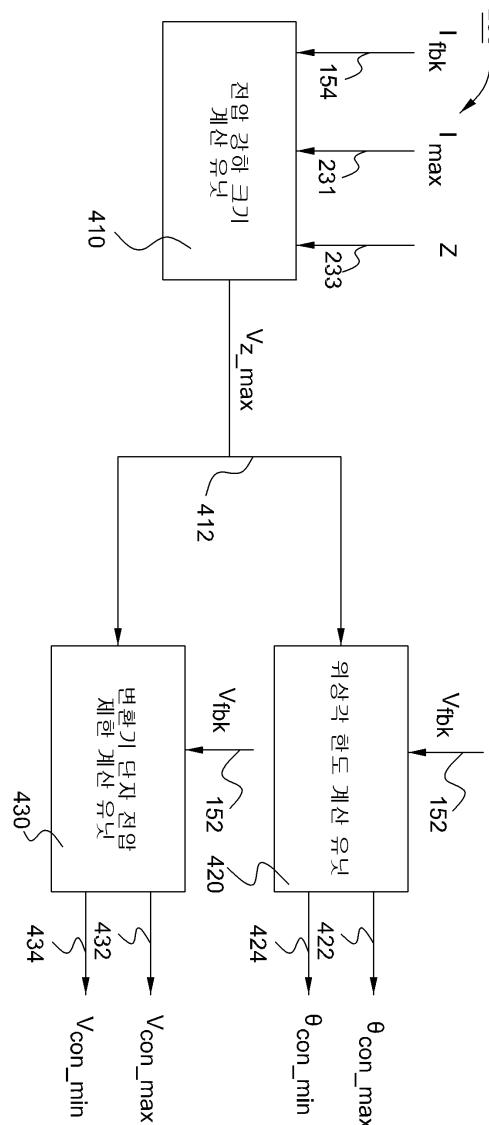
도면16



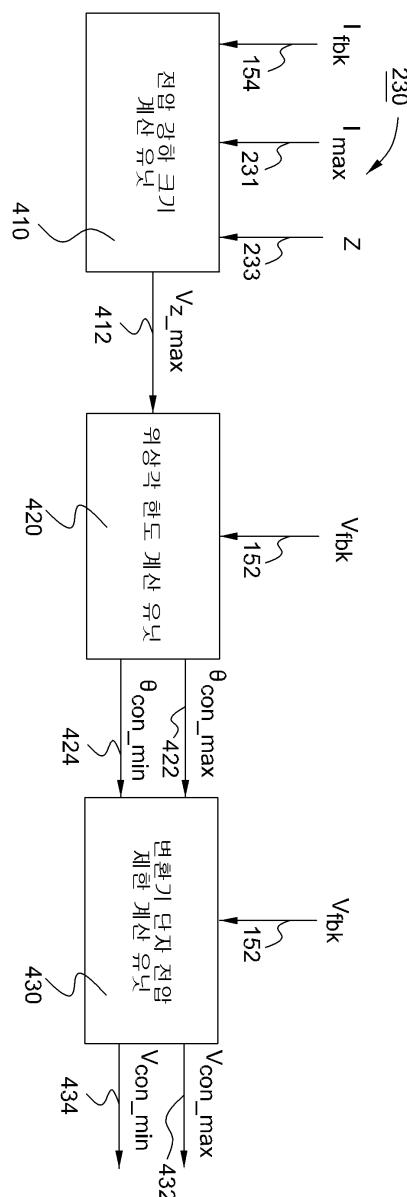
도면17



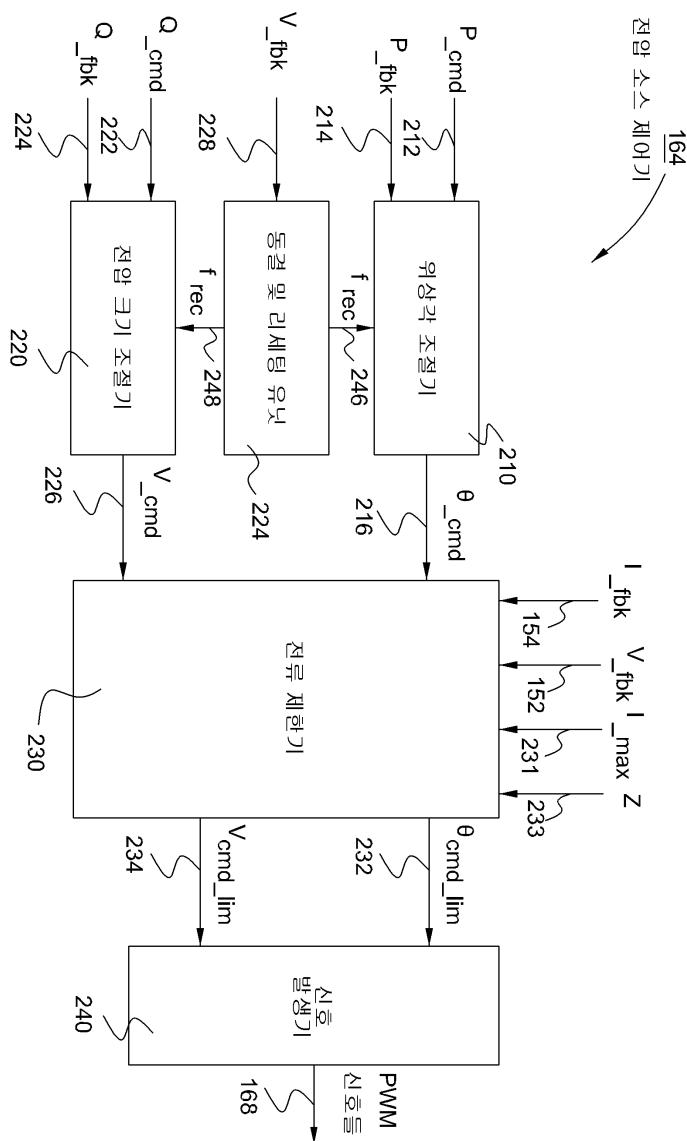
도면18



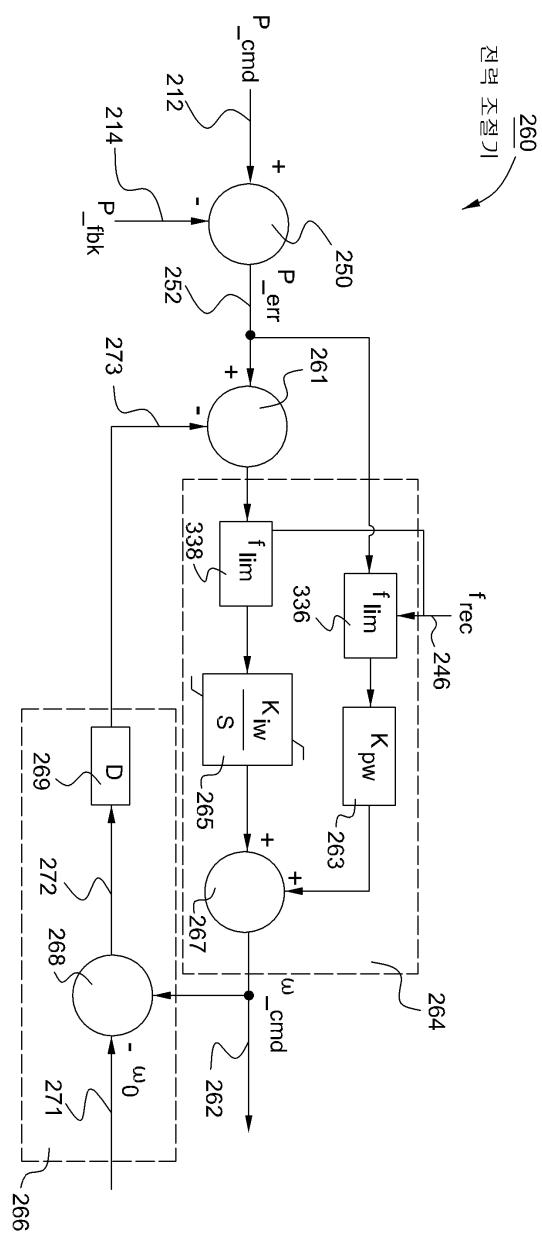
도면19



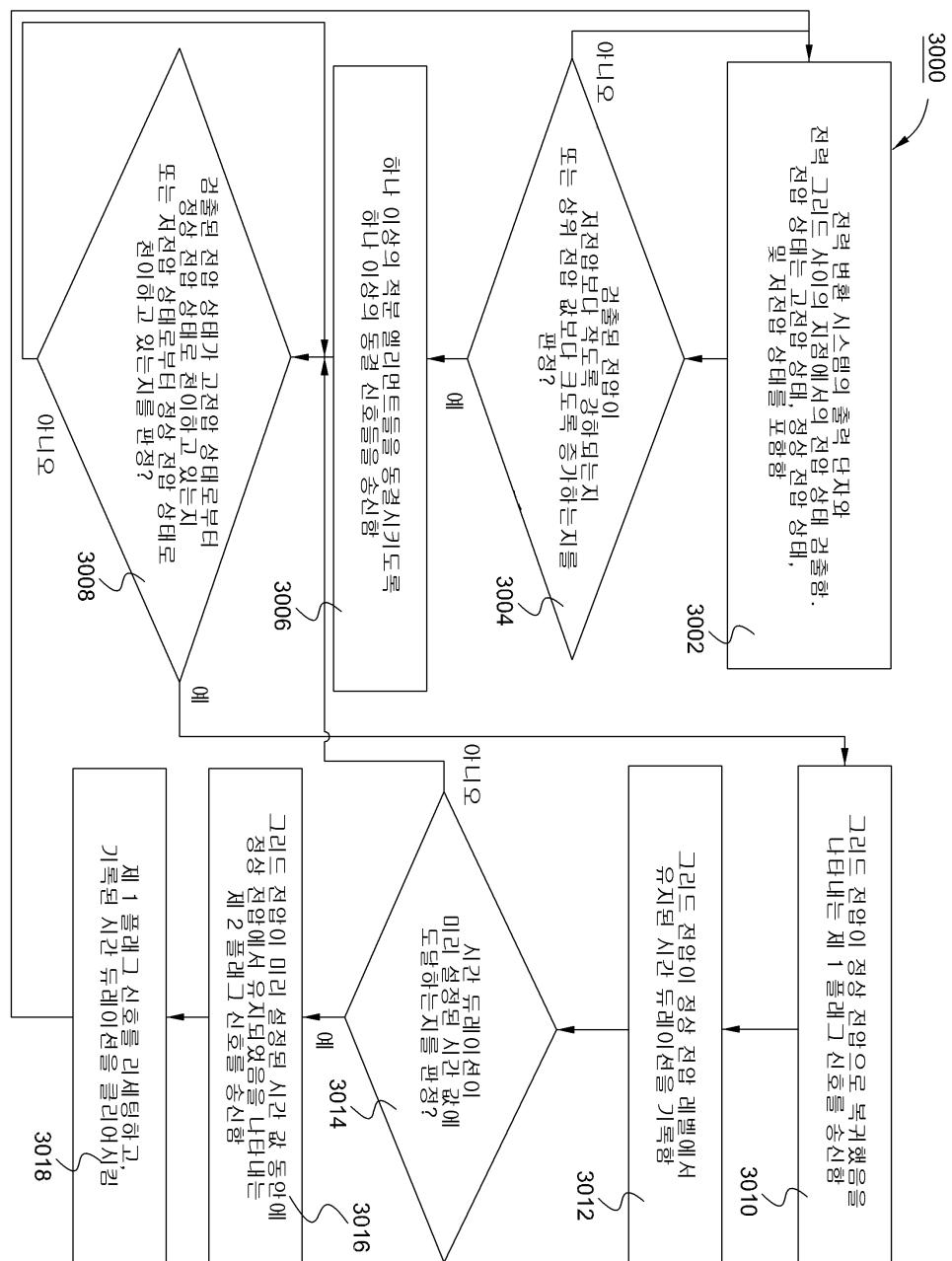
도면20



도면21



## 도면22



### 【심사관 직권보정사항】

### 【직권보정 1】

### 【보정항목】 청구범위

### 【보정세부항목】 청구항 9

### 【변경점】

상기 하나 이상의 적분 엘리먼트들과 직렬로 제공된 스위칭 디바이스(336, 338)를 상기 천이 이벤트 동안 스위칭 오프시蹊으로써 상기 전력 변화 시스템(10)의 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결시키는 단계와.

### 【별경후】

하나 이상의 적분 엘리먼트들과 직렬로 제공된 스위칭 디바이스(336, 338)를 상기 천이 이벤트 동안 스위칭 오프시킴으로써 상기 전력 변화 시스템(10)의 상기 하나 이상의 적분 엘리먼트들을 동결시키는 단계와,