



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0104809
(43) 공개일자 2017년09월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H02J 1/14 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H02J 1/14 (2013.01)

Y04S 20/18 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0027685

(22) 출원일자 2016년03월08일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

한국전력공사

전라남도 나주시 전력로 55(빛가람동)

(72) 발명자

조진태

대전광역시 유성구 문지로 105 한전전력연구원

김주용

대전광역시 유성구 문지로 105 한전전력연구원

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

한양특허법인

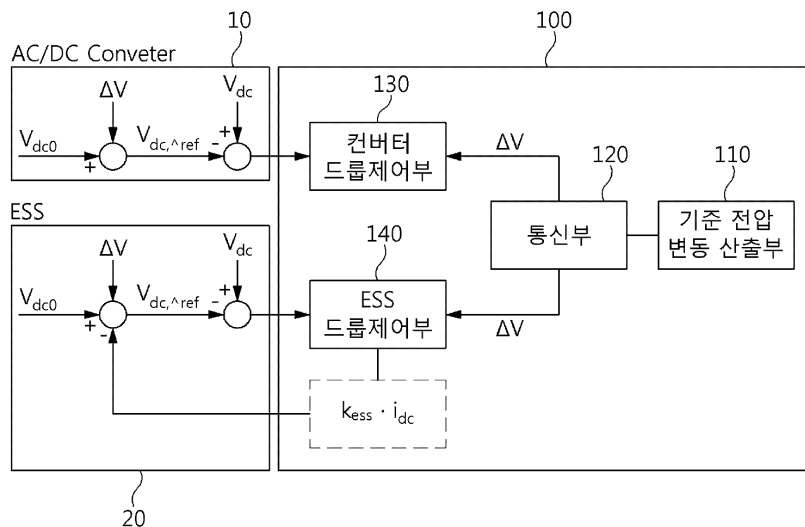
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치 및 방법에 관한 것으로, AC-DC 컨버터와 에너지 저장 장치(ESS:Energy Storage System)가 연계된 직류 배전 시스템의 선로 전압을 토대로 기준 전압 변동값을 산출하는 기준 전압 변동값 산출부, 상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값 토대로 하는 제1 전압 지령치를 이용하여 상기 AC-DC 컨버터의 전압 드롭을 제어하는 컨버터 드롭 제어부 및 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값, 상기 기준 전압 변동값 및 가상 임피던스 값을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 상기 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어하는 ESS 드롭 제어부를 포함한다.

대표도



(72) 발명자

김재한

대전광역시 유성구 문지로 105 한전전력연구원

김래영

서울특별시 성동구 왕십리로 222 한양대학교 공과
대학 전기공학부

명세서

청구범위

청구항 1

AC-DC 컨버터와 에너지 저장 장치(ESS:Energy Storage System)가 연계된 직류 배전 시스템의 선로 전압을 토대로 기준 전압 변동값을 산출하는 기준 전압 변동값 산출부;

상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값 토대로 하는 제1 전압 지령치를 이용하여 상기 AC-DC 컨버터의 전압 드롭을 제어하는 컨버터 드롭 제어부; 및

상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값, 상기 기준 전압 변동값 및 가상 임피던스 값을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 상기 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어하는 ESS 드롭 제어부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 컨버터 드롭 제어부는 상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값을 합한 값을 통해 상기 제1 전압 지령치를 생성하는 제1 지령치 생성부를 포함하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 ESS 드롭 제어부는,

상기 직류 배전 시스템의 직류 전압을 검출하는 직류 전압 검출부;

상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값을 기 설정된 값으로의 변경하는 기준 전압값 설정부;

상기 가상 임피던스 값을 생성하되, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 가상 임피던스 설정부; 및

상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 상기 가상 임피던스 값 및 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 상기 제2 전압 지령치를 생성하는 제2 지령치 생성부;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 기준 전압값 설정부는 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는 경우 상기 기준 전압값을 유지하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하는 경우 상기 기준 전압값을 기 설정된 최대 기준 전압값으로 변경하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 상기 기준 전압값을 기 설정된 최소 기준 전압값으로 변경하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 가상 임피던스 설정부는 상기 에너지 저장 장치의 출력 전력을 상기 AC-DC 컨버터의 출력 전력으로 나눈 값에 선로 저항값을 곱하여 상기 가상 임피던스 값을 생성하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는 경우 상기 가상 임피던스 값을 유지하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치.

청구항 6

제3항에 있어서,

상기 가상 임피던스 설정부는 상기 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하거나 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 기준 전압 변동값과 기 설정된 최소 허용 전압값을 곱한 값을 상기 에너지 저장 장치의 순간 최대 출력 전력으로 나누어 생성되는 값으로 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 제2 지령치 생성부는 변경된 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 변경된 상기 가상 임피던스 값 및 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 제3 지령치를 생성하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기준 전압 변동값 산출부에서 산출된 기준 전압 변동값을 상기 컨버터 드롭 제어부 및 상기 ESS 드롭 제어부에 전송하는 통신부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치.

청구항 9

기준 전압 변동값 산출부에 의해, AC-DC 컨버터와 에너지 저장 장치(ESS:Energy Storage System)가 연계된 직류 배전 시스템의 선로 전압을 토대로 기준 전압 변동값을 산출하는 단계;

컨버터 드롭 제어부에 의해, 상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값 토대로 하는 제1 전압 지령치를 이용하여 상기 AC-DC 컨버터의 전압 드롭을 제어하는 단계; 및

ESS 드롭 제어부에 의해, 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값, 상기 기준 전압 변동값 및 가상 임피던스 값을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 상기 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값 토대로 하는 제1 전압 지령치를 이용하여 상기 AC-DC 컨버터의 전압 드롭을 제어하는 단계는,

상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값을 합한 값을 통해 상기 제1 전압 지령치를 생성하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값, 상기 기준 전압 변동값 및 가상 임피던스 값을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 상기 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어하는 단계는,

상기 직류 배전 시스템의 직류 전압을 검출하는 단계;

상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값을 기 설정된 값으로의 변경하는 단계;

상기 가상 임피던스 값을 생성하되, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 단계; 및

상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 상기 가상 임피던스 값 및 상기

에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 상기 제2 전압 지령치를 생성하는 단계;
를 포함하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값을 기 설정된 값으로의 변경하는 단계에서,

상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는 경우 상기 기준 전압값을 유지하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하는 경우 상기 기준 전압값을 기 설정된 최대 기준 전압값으로 변경하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 상기 기준 전압값을 기 설정된 최소 기준 전압값으로 변경하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 가상 임피던스 값을 생성하되, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 단계에서,

상기 에너지 저장 장치의 출력 전력을 상기 AC-DC 컨버터의 출력 전력으로 나눈 값에 선로 저항값을 곱하여 상기 가상 임피던스 값을 생성하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는 경우 상기 가상 임피던스 값을 유지하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하거나 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 기준 전압 변동값과 기 설정된 최소 허용 전압값을 곱한 값을 상기 에너지 저장 장치의 순간 최대 출력 전력으로 나누어 생성되는 값으로 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 상기 가상 임피던스 값 및 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 상기 제2 전압 지령치를 생성하는 단계는,

변경된 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 변경된 상기 가상 임피던스 값 및 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 제3 지령치를 생성하는 것을 특징으로 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치 및 방법에 관한 것으로, 보다 자세하게는 직류 배전 시스템에 설치되는 에너지 저장 장치(ESS:Energy Storage System)는 가상 임피던스를 이용하여 전압 드롭(Droop)을 제어하고, AC-DC 컨버터는 선로 저항을 이용하여 전압 드롭을 제어하여 선로 전압을 안정화하기 위한 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 디지털 부하의 급증과 신 재생원 연계의 확대로 손실을 줄임과 동시에 품질 높은 전력시스템을 구성할 수 있는 직류배전시스템은 직류 IDC(Internet Date Center), DC 홈, DC 빌딩 등의 직류 수용가의 등장을 가속화시키고 있다. 이와 같은 직류 수용가의 확대는 전력공급회사에 직접적으로 직류 전원 공급을 요청하는 고객의 요구 증대로 이어지고 있으며 이로 인해 전력공급회사 측면에서 직류 전원을 직접적으로 수용가에 공급하는 직류 배전의 개발이 전 세계적으로 추진되고 있다.

[0003] 현재 전력공급회사 입장에서 직류배전 선로가 우선적으로 구축되게 될 곳은 장거리 저 부하 공급 선로 및 태양광 집중 선로 등 경제성이 낮고 전압 강하 등에 전력품질 문제가 발생하는 곳이다. 이와 같은 직류배전 선로의 경우, 공급 거리의 확대, 전력손실의 감소, 전력품질 향상 등의 목적으로 직류 입출력을 가지는 에너지 저장 시스템이 직류배전 선로에 설치되어 직류배전의 효과를 극대화할 것으로 예상된다. 하지만, 전력공급회사 입장에서 가장 중요한 것은 안정적인 고품질의 직류 전원을 수용가에 공급하는 것이다. 따라서 직류전원을 공급하는 전력변환기와 에너지 저장시스템을 통해 직류배전 선로의 효과인 공급 거리 확대, 전력손실 감소, 전력품질 향상 등을 최대화하면서 모든 경우에 수용가에 안정적인 전압을 공급하는 제어 기술, 즉 계통 운영 기술이 필요할 실정이다.

[0004] 이와 관련하여, 한국공개특허 제20010-048048호는 "배전선로의 전력품질 보상장치 및 방법"에 관하여 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 발명된 것으로서, 직류 배전선로에 설치되는 에너지 저장 장치는 가상 임피던스를 이용하여 전압 드롭을 제어하고, AC-DC 컨버터는 선로 저항을 이용하여 전압 드롭을 제어하도록 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

[0006] 또한, 본 발명은 선로 저항의 변화에 의해 변동되는 직류 전압에 따라 가상 임피던스를 변경하여 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어하도록 하는 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치는 AC-DC 컨버터와 에너지 저장 장치(ESS:Energy Storage System)가 연계된 직류 배전 시스템의 선로 전압을 토대로 기준 전압 변동값을 산출하는 기준 전압 변동값 산출부; 상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값 토대로 하는 제1 전압 지령치를 이용하여 상기 AC-DC 컨버터의 전압 드롭을 제어하는 컨버터 드롭 제어부; 및 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값, 상기 기준 전압 변동값 및 가상 임피던스 값을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 상기 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어하는 ESS 드롭 제어부;를 포함한다.

[0008] 또한, 상기 컨버터 드롭 제어부는 상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값을 합한 값을 통해 상기 제1 전압 지령치를 생성하는 제1 지령치 생성부를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 또한, 상기 ESS 드롭 제어부는, 상기 직류 배전 시스템의 직류 전압을 검출하는 직류 전압 검출부; 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값을 기 설정된 값으로의 변경하는 기준 전압값 설정부; 상기 가상 임피던스 값을 생성하되, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 가상 임피던스 설정부; 및 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 상기 가상 임피던스 값 및 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 상기 제2 전압 지령치를 생성하는 제2 지령치 생성부;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0010] 또한, 상기 기준 전압값 설정부는 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는 경우 상기 기준 전압값을 유지하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하는 경우 기 설정된 상기 기준 전압값을 최대 기준 전압값으로 변경하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 상기 기준 전압값을 기 설정된 최소 기준 전압값으로 변경하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 또한, 상기 가상 임피던스 설정부는 상기 에너지 저장 장치의 출력 전력을 상기 AC-DC 컨버터의 출력 전력으로 나눈 값에 선로 저항값을 곱하여 상기 가상 임피던스 값을 생성하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는 경우 상기 가상 임피던스 값을 유지하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 또한, 상기 가상 임피던스 설정부는 상기 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하거나 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 기준 전압 변동값과 기 설정된 최소 허용 전압값을 곱한 값을 상기 에너지 저장 장치의 순간 최대 출력 전력으로 나누어 생성되는 값으로 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 것을 특징으로 한다.

- [0013] 또한, 상기 제2 지령치 생성부는 변경된 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 변경된 상기 가상 임피던스 값 및 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 제3 지령치를 생성하는 것을 특징으로 한다.
- [0014] 또한, 상기 기준 전압 변동값 산출부에서 산출된 기준 전압 변동값을 상기 컨버터 드롭 제어부 및 상기 ESS 드롭 제어부에 전송하는 통신부를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법은 기준 전압 변동값 산출부에 의해, AC-DC 컨버터와 에너지 저장 장치(ESS:Energy Storage System)가 연계된 직류 배전 시스템의 선로 전압을 토대로 기준 전압 변동값을 산출하는 단계; 컨버터 드롭 제어부에 의해, 상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값 토대로 하는 제1 전압 지령치를 이용하여 상기 AC-DC 컨버터의 전압 드롭을 제어하는 단계; 및 ESS 드롭 제어부에 의해, 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값, 상기 기준 전압 변동값 및 가상 임피던스 값을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 상기 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어하는 단계;를 포함한다.
- [0016] 또한, 상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값 토대로 하는 제1 전압 지령치를 이용하여 상기 AC-DC 컨버터의 전압 드롭을 제어하는 단계는, 상기 AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값을 합한 값을 통해 상기 제1 전압 지령치를 생성하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 또한, 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값, 상기 기준 전압 변동값 및 가상 임피던스 값을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 상기 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어하는 단계는, 상기 직류 배전 시스템의 직류 전압을 검출하는 단계; 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값을 기 설정된 값으로의 변경하는 단계;상기 가상 임피던스 값을 생성하되, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 단계; 및 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 상기 가상 임피던스 값 및 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 상기 제2 전압 지령치를 생성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0018] 또한, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값을 기 설정된 값으로의 변경하는 단계에서, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는 경우 상기 기준 전압값을 유지하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하는 경우 상기 기준 전압값을 기 설정된 최대 기준 전압값으로 변경하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 상기 기준 전압값을 기 설정된 최소 기준 전압값으로 변경하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 또한, 상기 가상 임피던스 값을 생성하되, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 단계에서, 상기 에너지 저장 장치의 출력 전력을 상기 AC-DC 컨버터의 출력 전력으로 나눈 값에 선로 저항값을 곱하여 상기 가상 임피던스 값을 생성하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는 경우 상기 가상 임피던스 값을 유지하고, 상기 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하거나 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 기준 전압 변동값과 기 설정된 최소 허용 전압값을 곱한 값을 상기 에너지 저장 장치의 순간 최대 출력 전력으로 나누어 생성되는 값으로 상기 가상 임피던스 값을 변경하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 또한, 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 상기 가상 임피던스 값 및 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 상기 제2 전압 지령치를 생성하는 단계는, 변경된 상기 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 상기 기준 전압 변동값을 합한 값과 변경된 상기 가상 임피던스 값 및 상기 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 제3 지령치를 생성하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0021] 상기와 같은 구성을 갖는 본 발명에 의한 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치 및 방법은 직류 배전선로에 설치되는 에너지 저장 장치는 가상 임피던스를 이용하여 전압 드롭을 제어하고, AC-DC 컨버터는 선로 저항을 이용하여 전압 드롭을 제어함으로써, 선로 전압의 변동을 최소화하면서 전압을 제어하여 수용가에 안정적인 전압을 공급할 수 있는 효과가 있다.
- [0022] 또한, 본 발명은 선로 저항의 변화에 의해 변동되는 직류 전압에 따라 가상 임피던스를 변경하여 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어함으로써, AC-DC 컨버터와 에너지 저장 장치의 부하분담률의 왜곡을 방지할 수 있는 효

과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 2는 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 3은 본 발명의 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치에 채용되는 ESS 드롭 제어부의 세부 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 4 및 도 5는 본 발명에 따른 컨버터 드롭 제어부로 인한 선로 저항 영향을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 6 내지 도 8은 본 발명에 따른 ESS 드롭 제어부로 인한 선로 저항 영향을 설명하기 위한 도면이다.
- 도 9는 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치의 시뮬레이션 결과를 설명하기 위한 도면이다.
- 도 10은 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법의 순서를 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 11은 본 발명에 따른 ESS의 전압 드롭을 제어하는 방법에 있어서 직류 전압의 크기에 따라 기준 전압값이 유지 또는 변경되는 과정을 설명하기 위한 순서도이다.
- 도 12는 본 발명에 따른 ESS의 전압 드롭을 제어하는 방법에 있어서 직류 전압의 크기에 따라 가상 임피던스 값이 유지 또는 새롭게 생성되는 과정을 설명하기 위한 순서도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여, 본 발명의 가장 바람직한 실시예를 첨부 도면을 참조하여 설명하기로 한다. 우선, 각 도면의 구성요소들에 참조부호를 부가함에 있어서, 동일한 구성요소들에 대해서는 비록 다른 도면상에 출력되더라도 가능한 한 동일한 부호를 가지도록 하고 있음에 유의해야 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어, 관련된 공지 구성 또는 기능에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 식별되는 경우에는 그 상세한 설명은 생략한다.
- [0026] 도 1은 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 설명하기 위한 도면이다.
- [0027] 도 1을 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 직류 배전 시스템은 교류 전압을 직류전압으로 변환하기 위한 AC/DC 컨버터(10), 직류전력 수용가, 태양 광이나 풍력 등의 분산전원 및 분산전원의 발전량 일부를 저장하거나 수용가에 전력의 일부를 공급할 목적의 에너지 저장 장치(ESS, 20)로 구성된다.
- [0028] 이때, 에너지 저장 장치(20)는 여분의 발전량을 저장하여 역조류를 방지하거나, 분산발전의 순간적인 변동량을 완화하는 수단으로 사용될 수 있으며, 또한 정전 시 독립운전을 가능하게 할 목적 등으로 사용된다.
- [0029] 한편, 본 발명은 장거리 선로를 대상으로 하며, 이 경우 선로 저항이 상당히 큰 값을 가지게 되어 이로 인한 전압강화를 무시할 수 없다.
- [0030] 따라서, 본 발명은 에너지 저장 장치(20)를 수용가 근접한 지점에 위치시키고, AC/DC 컨버터(10)는 실제 선로 저항을 이용하여 전압 드롭을 제어하고, 에너지 저장 장치(20)는 가상 임피던스를 이용하여 전압 드롭을 제어하는 혼합 전압 드롭 제어 방법을 제공한다.
- [0032] 도 2는 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치의 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0033] 도 2를 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치(이하, 전압 안정화 장치, 100)는 크게 기준 전압 변동값 산출부(110), 통신부(120), 컨버터 드롭 제어부(130) 및 ESS 드롭 제어부(140)를 포함한다. 이러한 전압 안정화 장치(100)는 AC/DC 컨버터(10)와 에너지 저장 장치(20) 사이에 설치될 수 있다.
- [0034] 기준 전압 변동값 산출부(110)는 직류 배전 시스템의 선로 전압을 토대로 기준 전압 변동값(ΔV)을 산출한다.

- [0035] 통신부(120)는 선로 전압을 일정하게 유지시켜주기 위해, 기준 전압 변동값 산출부(110)에서 산출된 기준 전압 변동값을 컨버터 드롭 제어부(130) 및 ESS 드롭 제어부(140)에 전송한다.
- [0036] 컨버터 드롭 제어부(130)는 AC-DC 컨버터(10)의 기준 전압값(V_{dc0})과 기준 전압 변동값(ΔV) 토대로 하는 제1 전압 지령치를 이용하여 AC-DC 컨버터(10)의 전압 드롭을 제어한다.
- [0037] 이를 위해, 컨버터 드롭 제어부(130)는 AC-DC 컨버터(10)의 기준 전압값과 상기 기준 전압 변동값을 합한 값을 통해 제1 전압 지령치를 생성하는 제1 지령치 생성부를 포함할 수 있다.
- [0038] 이때, 컨버터 드롭 제어부(130)는 실제로 드롭 제어를 수행하지 않지만, 실제로는 선로 저항을 이용하여 드롭 제어를 수행하는 것과 동일한 효과를 가질 수 있다.
- [0039] ESS 드롭 제어부(140)는 에너지 저장 장치(20)의 기준 전압값(V_{dc0}), 기준 전압 변동값(ΔV) 및 가상 임피던스 값(K_{ESS})을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 에너지 저장 장치(20)의 전압 드롭을 제어한다.
- [0040] 상기과 같이, AC-DC 컨버터(10)의 전압 드롭을 제어하고, 에너지 저장 장치(20)의 전압 드롭을 제어함으로써, 선로 저항에 영향을 받지 않고 최소한의 전압 변동으로 드롭 제어를 수행할 수 있고, 기준 전압 변동값 만큼 기준 전압값을 변경하여 부하에 상관없이 정격전류 전압을 유지할 수 있다.
- [0042] 도 3은 본 발명의 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치에 채용되는 ESS 드롭 제어부의 세부 구성을 설명하기 위한 도면이다.
- [0043] 도 3을 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 ESS 드롭 제어부(140)는 에너지 저장 장치의 기준 전압값(V_{dc0}), 기준 전압 변동값(ΔV) 및 가상 임피던스 값(K_{ESS})을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어한다.
- [0044] 이를 위해, ESS 드롭 제어부(140)는 직류 전압 검출부(141), 기준 전압값 설정부(142), 가상 임피던스 설정부(143) 및 제2 지령치 생성부(144)를 포함한다.
- [0045] 직류 전압 검출부(141)는 직류 배전 시스템의 직류 전압(V_{dc})을 검출한다.
- [0046] 기준 전압값 설정부(142)는 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 에너지 저장 장치의 기준 전압값을 기 설정된 값으로의 변경한다.
- [0047] 기준 전압값 설정부(142)는 직류 전압이 기 설정된 허용범위($V_{min} < V_{dc} < V_{max}$) 내에 속하는 경우 기준 전압값을 유지한다. 또한, 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값(V_{max})을 초과하는 경우 기준 전압값을 기 설정된 최대 기준 전압값(V_{dc_max})으로 변경한다. 또한, 직류 전압이 기 설정된 최소 허용 전압값(V_{min}) 미만인 경우 기준 전압값을 기 설정된 최소 기준 전압값(V_{dc_min})으로 변경한다.
- [0048] 가상 임피던스 설정부(143)는 가상 임피던스 값을 생성하되, 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단하고, 판단 결과에 따라 가상 임피던스 값을 변경한다.
- [0049] 이때, 가상 임피던스 설정부(143)는 에너지 저장 장치의 출력 전력(P_{ESS})을 AC-DC 컨버터의 출력 전력($P_{AC/DC}$)으로 나눈 값에 선로 저항값(R_{lin})을 곱하여 가상 임피던스 값을 생성한다.
- [0050] 이는 아래의 수식과 같다.

$$K_{ESS} = \frac{P_{ESS}}{P_{AC/DC}} \times R_{lin}$$

- [0051]
- [0052] 이때, 선로 저항값은 AC/DC 컨버터와 에너지 저장 장치 설치 지점까지 거리를 통해 추정할 수 있다.
- [0053] 가상 임피던스 설정부(143)는 직류 전압이 기 설정된 허용범위($V_{min} < V_{dc} < V_{max}$) 내에 속하는 경우 가상 임피던스 값(K_{ESS})을 유지한다. 또한, 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값(V_{max})을 초과하거나 기 설정된 최소 허용

전압값($V_{\min}$) 미만인 경우 새로운 기준 전압 변동값(ΔV_{add})과 기 설정된 최소 허용 전압값($V_{\min}$)을 곱한 값을 에너지 저장 장치의 순간 최대 출력 전력(P_{add})으로 나누어 생성되는 가상 임피던스 값($K_{ESS'}$)으로 변경한다.

[0054] 이는 아래의 수식과 같다.

$$K_{ESS'} = \frac{\Delta V_{add} \cdot V_{\min}}{P_{add}}$$

[0055]

이때, 새롭게 생성되는 가상 임피던스 값은 기존의 가상 임피던스 값보다 작은 값을 갖게 된다.

[0056]

제2 지령치 생성부(144)는 에너지 저장 장치의 기준 전압값(V_{dc0}) 및 기준 전압 변동값(ΔV)을 합한 값과 가상 임피던스 값(K_{ESS}) 및 에너지 저장 장치의 출력 전류(P_{ESS})를 곱한 값의 차를 통해 제2 전압 지령치를 생성한다.

[0057]

제2 지령치 생성부(144)는 변경된 에너지 저장 장치의 기준 전압값($V_{dc, \min}$ 또는 $V_{dc, \max}$) 및 기준 전압 변동값(ΔV)을 합한 값과 변경된 가상 임피던스 값($K_{ESS'}$) 및 에너지 저장 장치의 출력 전류(P_{ESS})를 곱한 값의 차를 통해 제3 지령치를 생성한다.

[0058]

이처럼, ESS 드롭 제어부(140)는 상기와 같이 생성된 제2 전압 지령치 또는 제3 지령치를 수렴하여 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어할 수 있다.

[0059]

도 4 및 도 5는 본 발명에 따른 컨버터 드롭 제어부로 인한 선로 저항 영향을 설명하기 위한 도면이다.

[0061]

도 4를 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 컨버터 드롭 제어부는 선로 저항을 이용하여 AC/DC 컨버터의 전압 드롭 제어를 수행한다. 이에 따라, AC/DC 컨버터는 최대 부하에서도 동작점이 전압 변동 허용 범위를 초과하지 않게 되어, 실질적으로 선로 저항의 값을 가상 임피던스로 전압 드롭 제어하는 것과 같은 효과를 가진다. 따라서 선로전압의 변동을 최소화하면서 전압 드롭 제어를 수행할 수 있는 장점을 가진다.

[0062]

도 5를 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 컨버터 드롭 제어부는 통신을 통해 전달된 기준 전압 변동값(ΔV) 만큼 기준 전압값을 변경하여 직류 전압이 기준 전압값 즉 정격 전압(V_{dc0})으로 형성 되도록 AC/DC 컨버터를 제어한다.

[0063]

도 6 내지 도 8은 본 발명에 따른 ESS 드롭 제어부로 인한 선로 저항 영향을 설명하기 위한 도면이다.

[0065]

도 6을 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 ESS 드롭 제어부에서 에너지 저장 장치의 가상 임피던스값을 변경하지 않을 경우 동작점은 A와 B에서 결정된다. 이때, 최대 허용전압 범위를 넘어서서 V_1 에서 V_2 까지 전압변동이 발생할 수 있다. 여기서, 통신 주기 사이에 과·저전압의 발생을 방지하기 위해, 선로 전압이 허용 범위를 벗어날 때 에너지 저장 장치의 가상 임피던스 값을 가장 낮은 가상 임피던스 값으로 변경하여, 과도상태 시 ESS가 추가적인 전력을 공급 또는 흡수하여 전압 변동을 억제할 수 있다. 에너지 저장 장치가 추가 전력을 공급하기 위해 배터 리와 병렬로 슈퍼커패시터 등을 추가할 수 있다. 이 경우 동작점은 A, B에서 A', B'로 변경되며 선로 전압을 허용전압 범위 내에서 유지할 수 있다.

[0066]

또한, 본 발명에 따른 ESS 드롭 제어부는 도 7에 도시된 바와 같이, 통신을 통해 전달된 기준 전압 변동값 1(ΔV_1) 만큼 기준 전압값을 변경하고, 도 8에 도시된 바와 같이, 다음 통신 주기에서 전달된 기준 전압 변동값 2(ΔV_2) 만큼 기준 전압값을 변경하여 동작점이 정격 전압(V_{dc0})에서 동작 되도록 에너지 저장 장치를 제어한다.

[0067]

도 9는 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치의 시뮬레이션 결과를 설명하기 위한 도면이다.

[0069]

도 9는 도 6 내지 도 8의 상황을 시뮬레이션한 결과로, 통신은 5초 간격으로 이루어 진다고 가정하고, 5초 시점에서 부하가 무부하에서 최대부하로 변경되었다. 종래의 고정드롭계수 방식의 경우, 5~10초 사이에서 전압이 700V 아래로 하강하지만, 본 발명과 같이 가상 임피던스 가변 기법 적용 시, 과도상태에서도 700V를 유지함을

[0070]

알 수 있다. 분산발전량 변동 시에도 유사한 결과를 얻을 수 있다.

- [0072] 도 10은 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법의 순서를 설명하기 위한 순서도이다.
- [0073] 도 10을 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 방법은 앞서 설명한 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치를 이용하는 것으로, 이하 중복되는 설명은 생략하기로 한다.
- [0074] 먼저, AC-DC 컨버터와 에너지 저장 장치가 연계된 직류 배전 시스템의 선로 전압을 토대로 기준 전압 변동값을 산출한다(S100).
- [0075] 다음, AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 기준 전압 변동값 토대로 하는 제1 전압 지령치를 이용하여 AC-DC 컨버터의 전압 드롭을 제어한다(S110).
- [0076] S110 단계는, AC-DC 컨버터의 기준 전압값과 기준 전압 변동값을 합한 값을 통해 제1 전압 지령치를 생성한다.
- [0077] 다음, 에너지 저장 장치의 기준 전압값, 기준 전압 변동값 및 가상 임피던스 값을 토대로 하는 제2 전압 지령치를 이용하여 에너지 저장 장치의 전압 드롭을 제어한다(S120).
- [0078] S120 단계는 에너지 저장 장치의 기준 전압값 및 기준 전압 변동값을 합한 값과 가상 임피던스 값 및 에너지 저장 장치의 출력 전류를 곱한 값의 차를 통해 제2 전압 지령치를 생성한다. 이때, S120 단계는 직류 전압이 기 설정된 허용 범위에 속하지 않는 경우 에너지 저장 장치의 기준 전압값과 가상 임피던스 값을 변경하여 제3 전압 지령치를 생성하게 되는데 이에 대해서는 이후 설명되는 도 11 및 도 12을 토대로 자세하게 설명하기로 한다.
- [0080] 도 11은 본 발명에 따른 ESS의 전압 드롭을 제어하는 방법에 있어서 직류 전압의 크기에 따라 기준 전압값이 유지 또는 변경되는 과정을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0081] 도 11을 참조하여 설명하면, 먼저 직류 배전 시스템의 직류 전압을 검출한다(S200).
- [0082] 다음, 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는지 여부를 판단한다(S210).
- [0083] S210 단계에서, 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하면 기준 전압값 값을 유지한다(S215).
- [0084] S210 단계에서 직류 전압이 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 기준 전압값 값을 기 설정된 최소 기준 전압값으로 변경한다(S220).
- [0085] S210 단계에서 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하는 경우 기준 전압값 값을 기 설정된 최대 기준 전압값으로 변경한다(S230).
- [0087] 도 12는 본 발명에 따른 ESS의 전압 드롭을 제어하는 방법에 있어서 직류 전압의 크기에 따라 가상 임피던스 값이 유지 또는 새롭게 생성되는 과정을 설명하기 위한 순서도이다.
- [0088] 도 12를 참조하여 설명하면, 먼저 직류 배전 시스템의 직류 전압을 검출한다(S300).
- [0089] S300 단계에서, 직류 전압이 기 설정된 허용범위 내에 속하는 경우 상기 가상 임피던스 값을 유지한다(S310). 한편, S310 단계에서, 직류 전압이 기 설정된 최대 허용 전압값을 초과하거나 기 설정된 최소 허용 전압값 미만인 경우 기준 전압 변동값과 기 설정된 최소 허용 전압값을 곱한 값을 에너지 저장 장치의 순간 최대 출력 전력으로 나누어 생성되는 값으로 가상 임피던스 값을 변경하여 새로운 가상 임피던스값을 생성한다(S320).
- [0091] 이처럼, 본 발명에 의한 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치 및 방법은 직류 배전선로에 설치되는 에너지 저장 장치는 가상 임피던스를 이용하여 전압 드롭을 제어하고, AC-DC 컨버터는 선로 저항을 이용하여 전압 드롭을 제어함으로써, 선로 전압의 변동을 최소화하면서 전압을 제어하여 수용가에 안정적인 전압을 공급할 수 있다.
- [0092] 또한, 본 발명은 선로 저항의 변화에 의해 변동되는 직류 전압에 따라 가상 임피던스를 변경하여 에너지 저장

장치의 전압 드롭을 제어함으로써, AC-DC 컨버터와 에너지 저장 장치의 부하분담률의 왜곡을 방지할 수 있다.

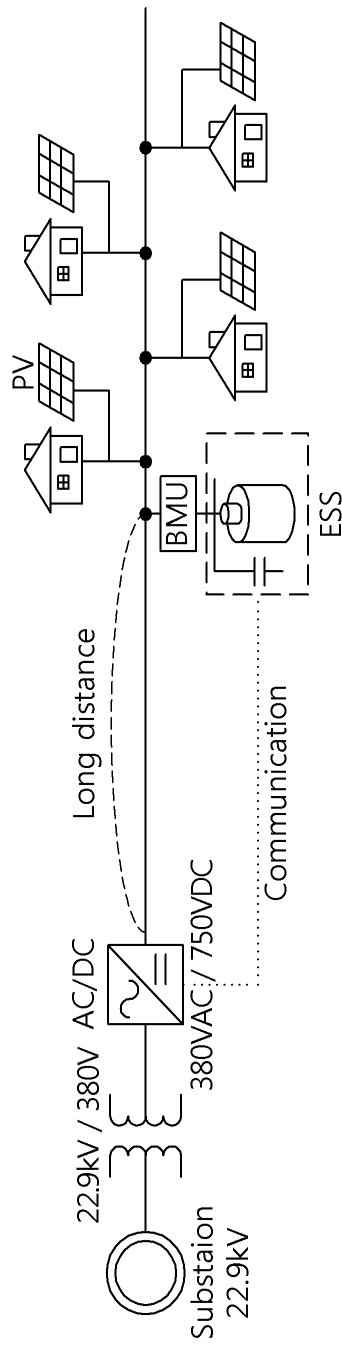
[0094] 이상에서 본 발명에 따른 바람직한 실시예에 대해 설명하였으나, 다양한 형태로 변형이 가능하며, 본 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 특허청구범위를 벗어남이 없이 다양한 변형예 및 수정예를 실시할 수 있을 것으로 이해된다.

부호의 설명

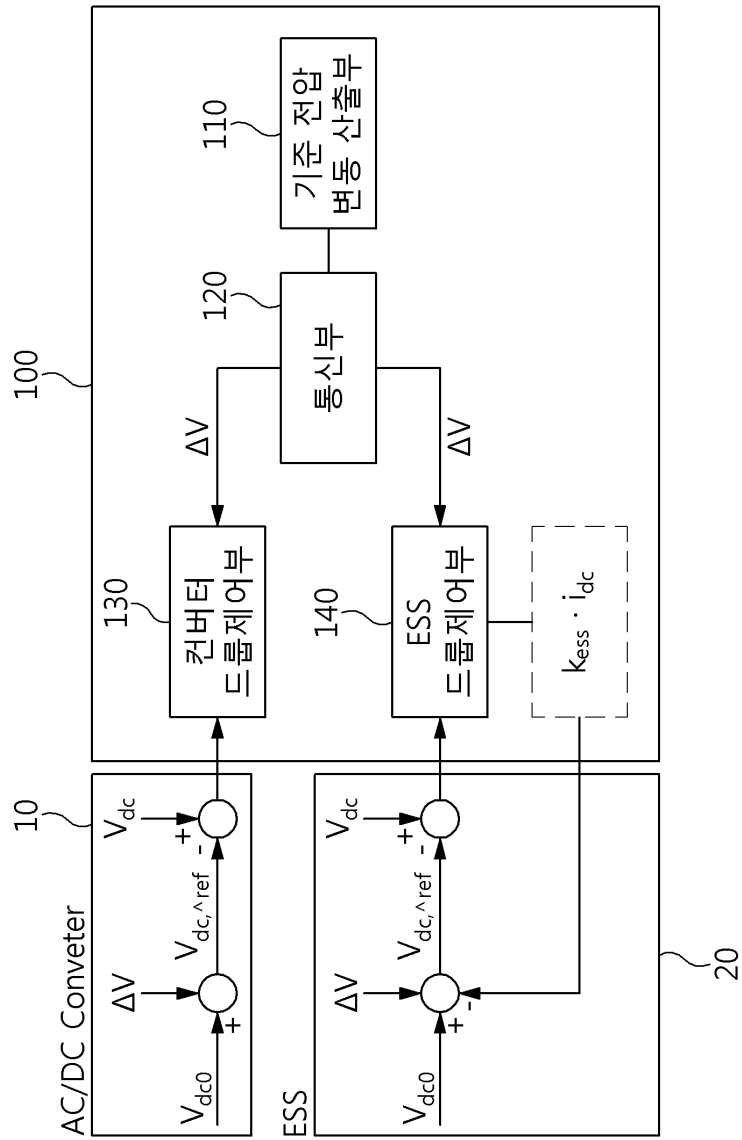
[0095] 100 : 직류 배전 시스템을 위한 전압 안정화 장치
 110 : 기준 전압 변동 산출부
 120 : 컨버터 드롭 제어부
 130 : ESS 드롭 제어부
 131 : 직류 전압 검출부
 132 : 기준 전압 설정부
 133 : 가상 임피던스 설정부

도면

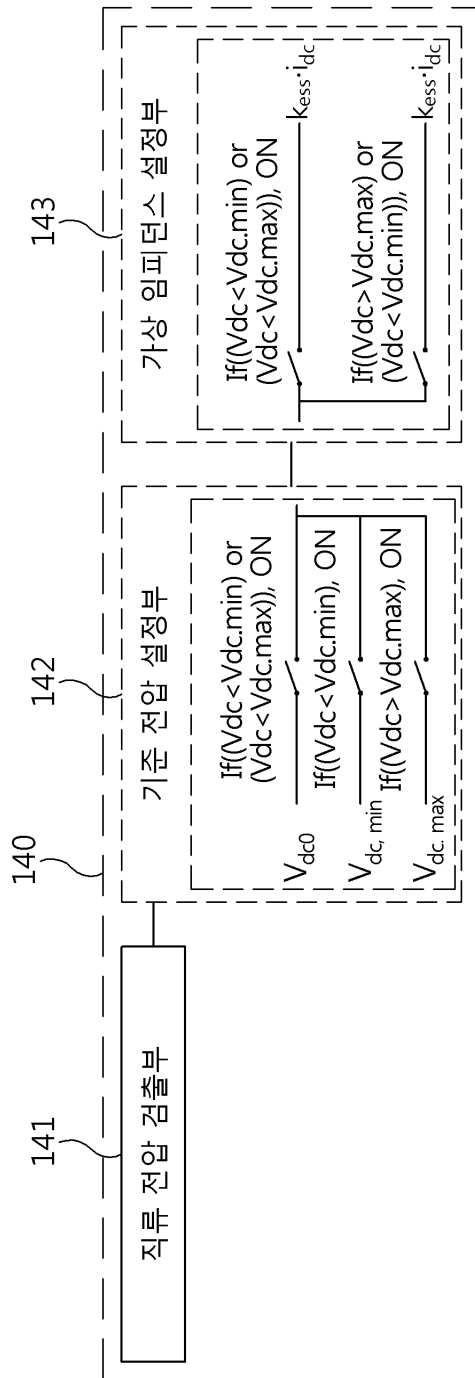
도면1



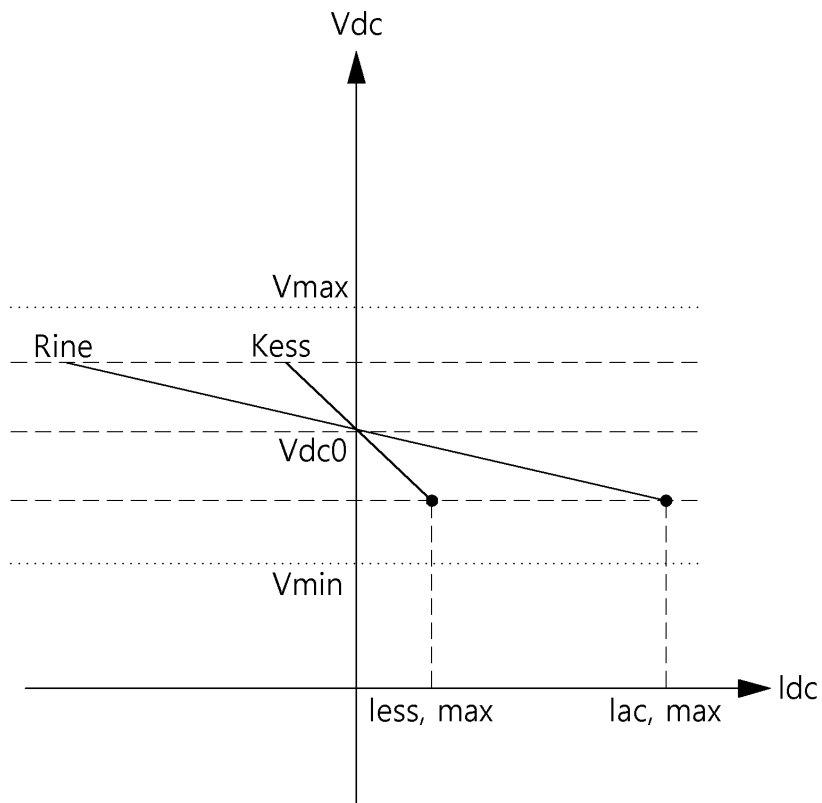
도면2



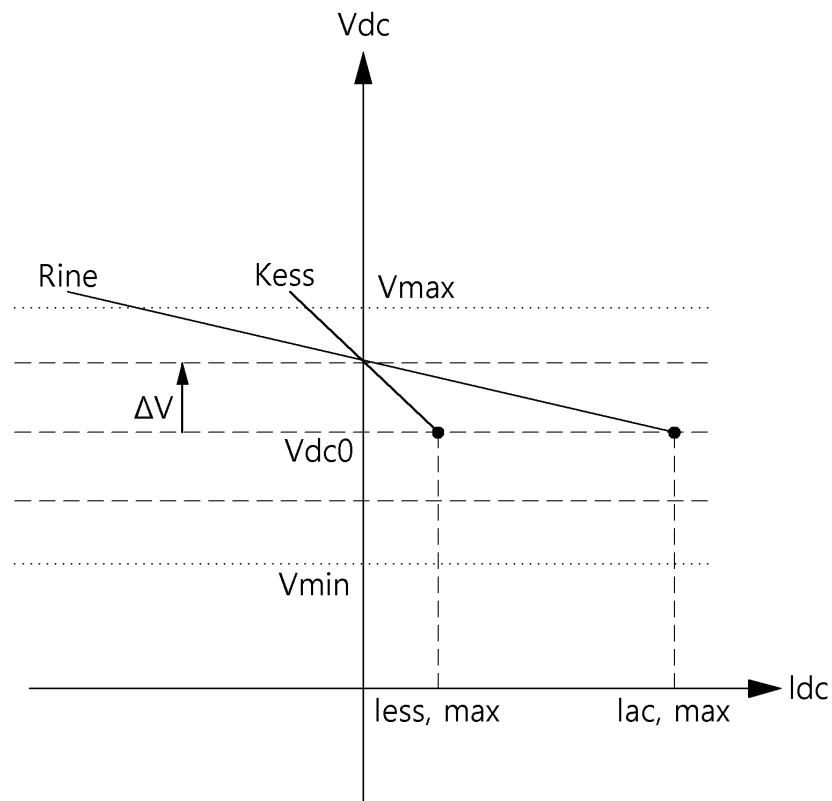
도면3



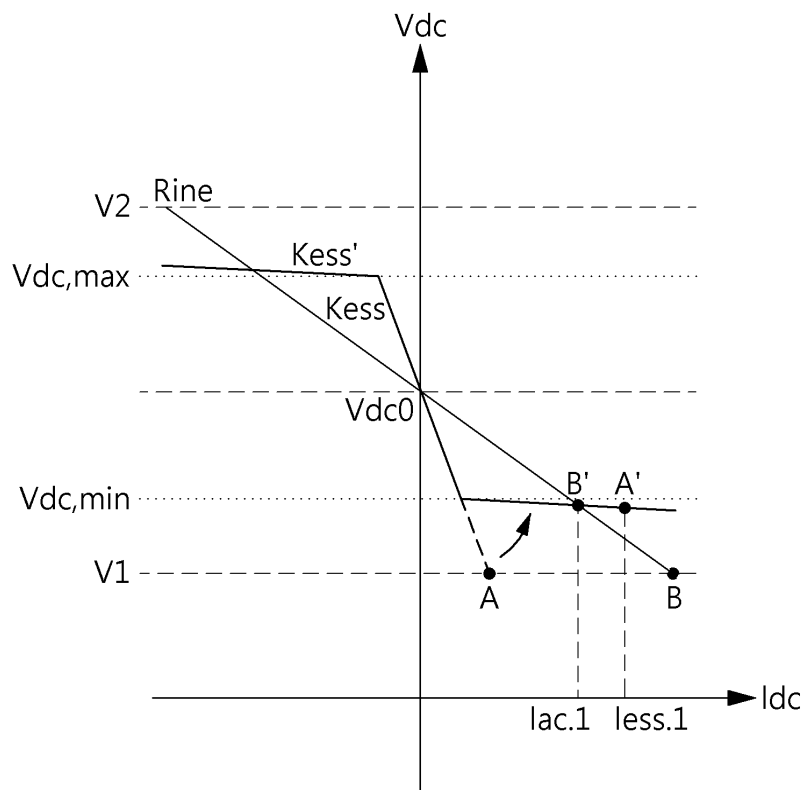
도면4



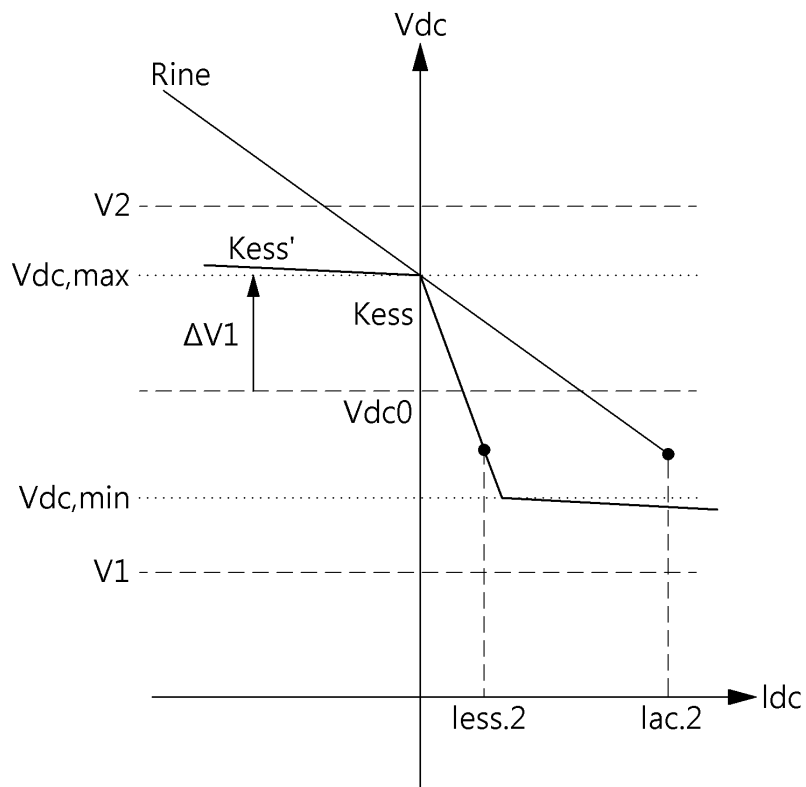
도면5



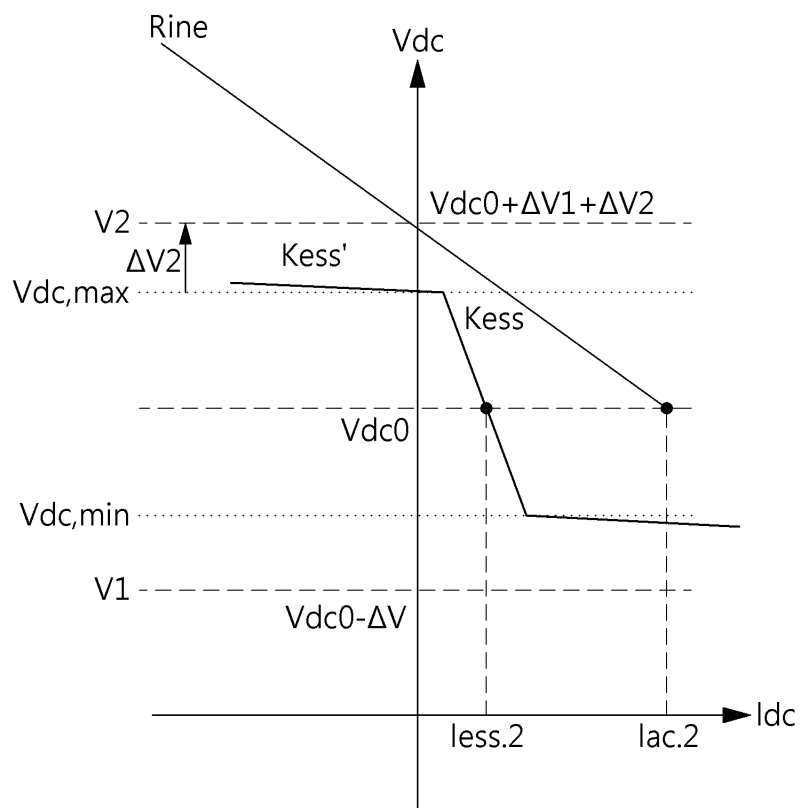
도면6



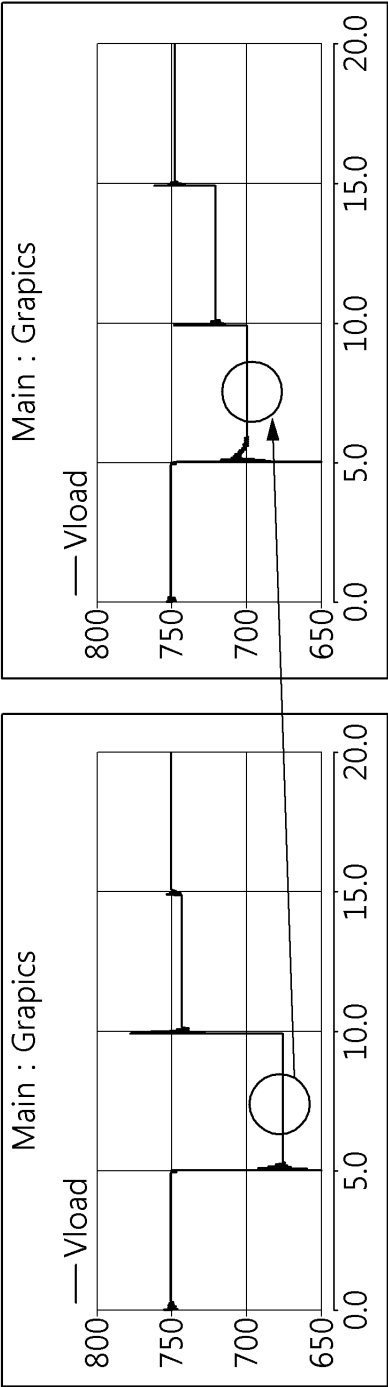
도면7



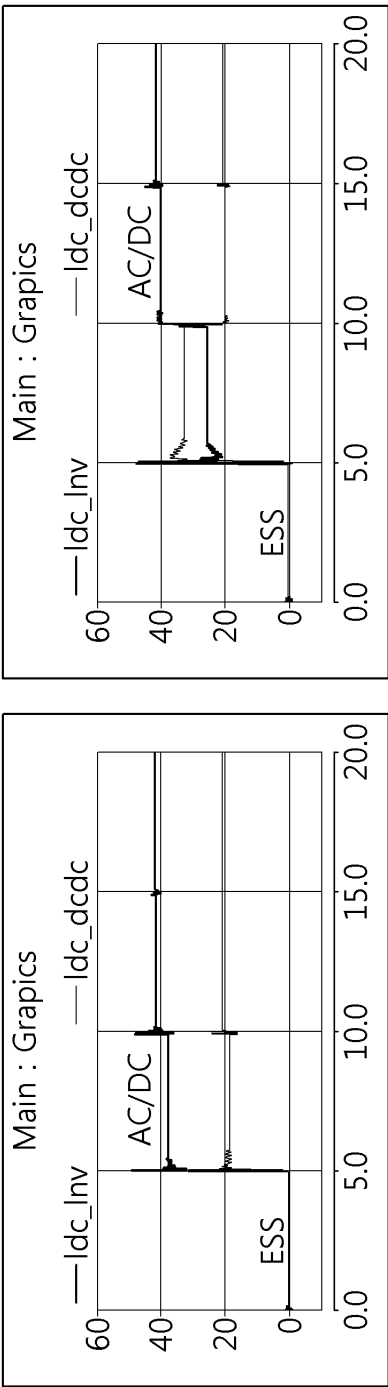
도면8



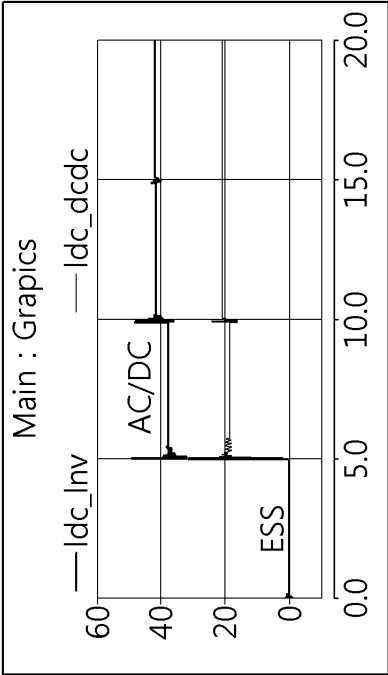
도면9



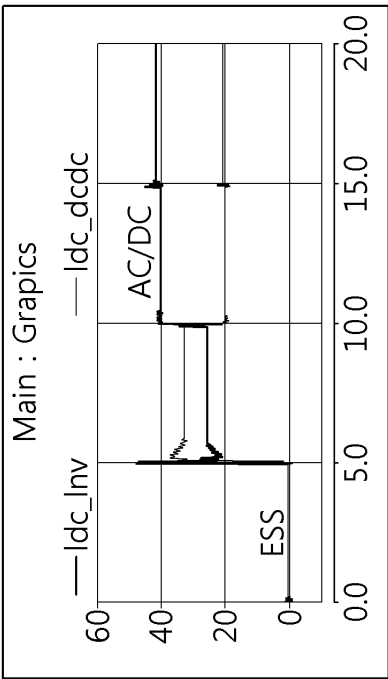
(a)



(b)

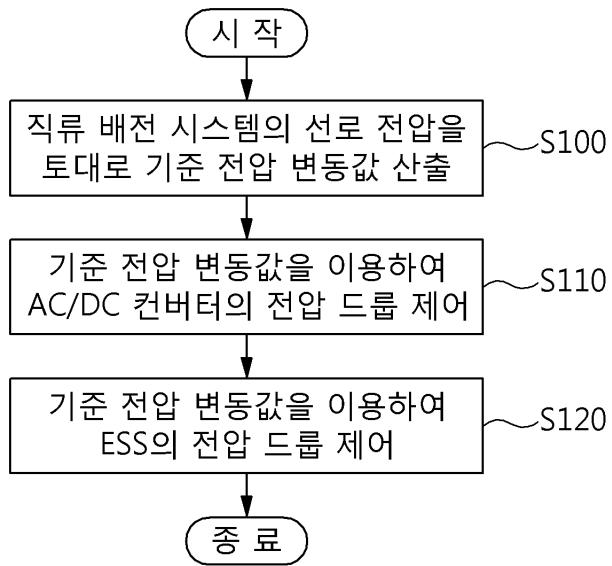


(c)

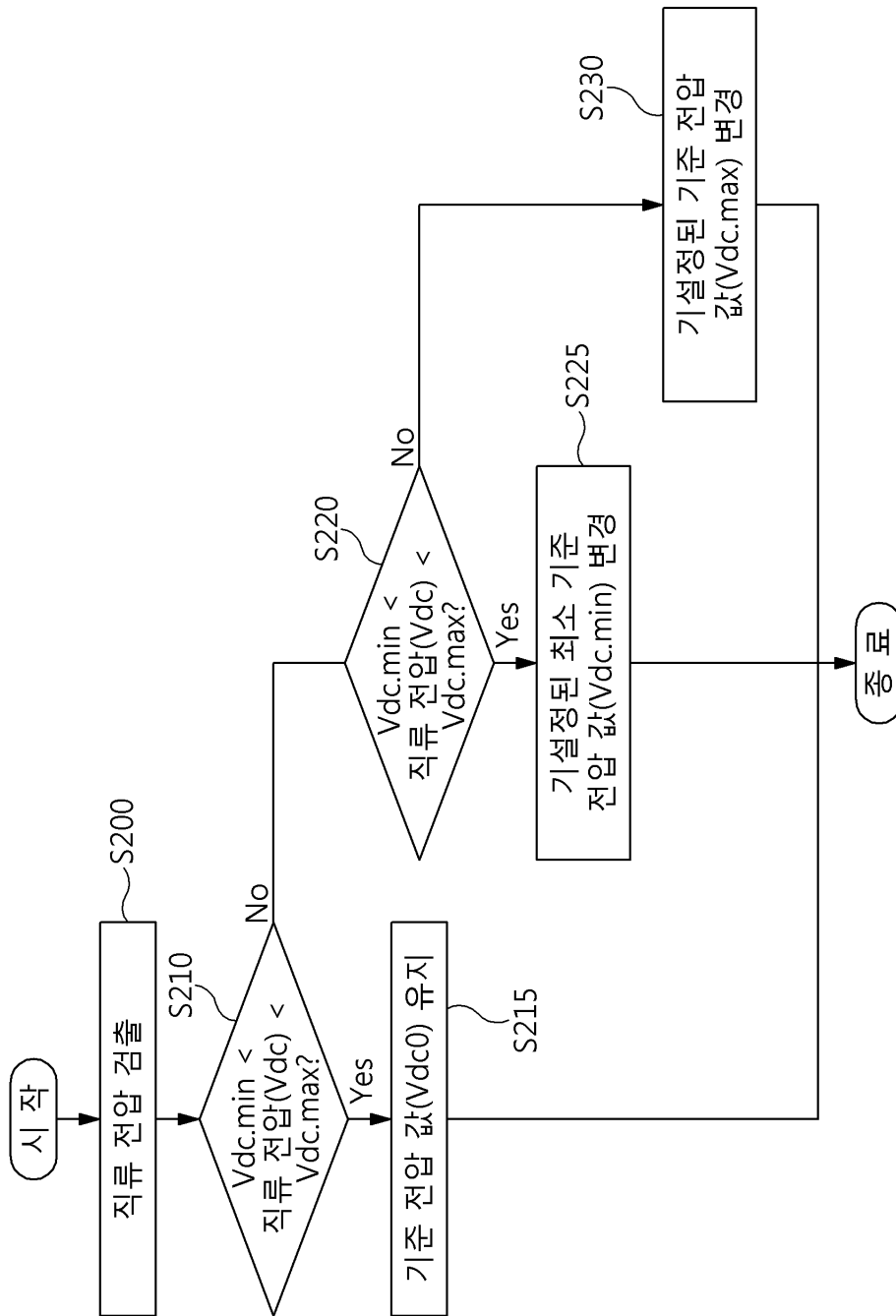


(d)

도면10



도면11



도면12

