(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0069603
(43) 공개일자 2016년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/155 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0175224
(22) 출원일자 2014년12월08일
심사청구일자 2014년12월08일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
김철우
서울 성북구 길음로 16, 605동 1301호 (길음동, 길음뉴타운)
김희준
경기도 안양시 만안구 병목안로 81, 105동 801호 (안양동, 성원1차아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
심경식, 홍성욱

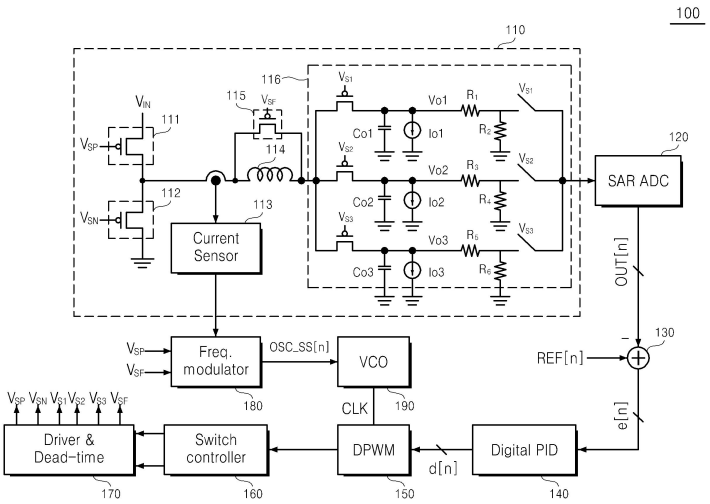
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기 및 그 제어 방법**

(57) 요 약

디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기가 개시된다. 본 발명의 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기는 시분할 제어에 의해 하나의 인덕터를 사용하여 다중의 출력 전압을 생성하는 전압 생성부; 상기 다중의 출력 전압 각각을 디지털로 변환하는 디지털 변환부; 빼기 연산에 의거하여 상기 디지털 변환부의 출력전압과 기 설정된 기준전압 간의 오차를 검출하고 이를 보상하기 위한 펄스폭을 산출하는 오차 처리부; 상기 오차처리부에서 산출된 펄스폭에 의거하여 출력 전압의 펄스폭을 조절하여 출력하는 디지털 펄스폭 조절기; 및 상기 다중 출력 전압 생성시 크로스 레귤레이션의 발생 여부를 감지하고, 그 결과에 의거하여 상기 인덕터 에너지의 축적 및 분배시간을 결정하기 위한 주파수를 조절하는 주파수 변조기를 포함한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

김정문

서울특별시 동대문구 약령시로 5-7, 303호(제기동)

정준원

서울특별시 성북구 안암로9가길 66, 케이하우스 502호 (안암동5가)

심민섭

서울특별시 성북구 안암로 145, 자연계캠퍼스 미래융합기술관 516호 (안암동5가)

맹준영

서울특별시 성북구 인촌로12길 68, JS빌 601호 (안암동3가)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	2013070988
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국연구재단 3-3
연구사업명	중견연구자지원_도약연구(전략)
연구과제명	해상도, 전압 및 동작 속도 조절 가능한 자동차 센서용 아날로그 IP 연구
기 여 율	1/1
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2014.12.01 ~ 2015.11.30

명 세 서

청구범위

청구항 1

직류-직류 벅 변환기에 있어서,

시분할 제어에 의해 하나의 인덕터를 사용하여 다중의 출력 전압을 생성하는 전압 생성부;

상기 다중의 출력 전압 각각을 디지털로 변환하는 디지털 변환부;

빼기 연산에 의거하여 상기 디지털 변환부의 출력전압과 기 설정된 기준전압 간의 오차를 검출하고 이를 보상하기 위한 펄스폭을 산출하는 오차 처리부;

상기 오차처리부에서 산출된 펄스폭에 의거하여 출력 전압의 펄스폭을 조절하여 출력하는 디지털 펄스폭 조절기; 및

상기 다중 출력 전압 생성시 크로스 레귤레이션의 발생 여부를 감지하고, 그 결과에 의거하여 상기 인덕터 에너지의 축적 및 분배시간을 결정하기 위한 주파수를 조절하는 주파수 변조기를 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전압 생성부는

에너지의 충/방전에 의거하여 전압을 출력하되, 시분할 기법에 의거하여 다중 전압을 출력하는 인덕터;

상기 인덕터 앞단에서 인덕터로 인가되는 전류를 감지하는 전류 센서; 및

상기 인덕터 뒷단에 선택적으로 연결되어 상기 인덕터에서 출력되는 다중 전압을 각각 감지하는 복수의 전압 감지부를 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 주파수 변조기는

상기 전류 센서의 출력 신호를 카운트하여 크로스 레귤레이션 발생 여부를 감지하는 것을 특징으로 하는 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 주파수 변조기는

상기 전류 센서 출력 신호의 개수가 다중 출력 전압의 개수 보다 작은 경우 크로스 레귤레이션이 발생한 것으로 결정하고, 출력 주파수를 현재 주파수보다 낮게 조절하는 것을 특징으로 하는 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 주파수 변조기는

상기 전류 센서 출력 신호의 개수가 연속적으로 다중 출력 전압의 개수와 동일한 경우 출력 전압 리플을 줄이기 위해, 출력 주파수를 현재 주파수보다 높게 조절하는 것을 특징으로 하는 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중

출력 직류-직류 벅 변환기.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 전압 생성부는

상기 인덕터로 전류가 인가될 때 스위치 온되는 프리휠 스위치를 더 포함하고,

상기 주파수 변조기는

상기 프리휠 스위치가 켜지는 횟수에 의거하여 상기 전류 센서 출력 신호의 개수를 카운트하는 것을 특징으로 하는 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 전압 생성부는

시분할 제어를 위한 다수의 시분할 제어 스위치들을 더 포함하고,

상기 직류-직류 벅 변환기는

상기 디지털 펄스폭 조절기의 출력 신호에 의거하여 상기 시분할 제어 스위치들의 온/오프를 제어하는 스위치 제어부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기.

청구항 8

단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 제어 방법에 있어서,

시분할 제어에 의해 하나의 인덕터를 사용하여 다중의 출력 전압을 생성하는 단계;

상기 다중의 출력 전압 각각을 디지털로 변환하는 단계;

빼기 연산에 의거하여 상기 디지털로 변환된 다중의 출력 전압 각각과 기 설정된 기준전압 간의 오차를 검출하고 이를 보상하기 위한 펄스폭을 산출하는 단계;

상기 펄스폭에 의거하여 출력 전압의 펄스폭을 조절하여 출력하는 단계;

상기 다중 출력 전압 생성시 크로스 레귤레이션의 발생 여부를 감지하는 단계; 및

상기 크로스 레귤레이션 발생 여부 감지 결과에 의거하여 상기 인덕터 에너지의 축적 및 분배 시간을 결정하기 위한 주파수를 조절하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 제어 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 크로스 레귤레이션 발생 여부 감지 단계는

상기 인덕터 앞단에서 인덕터로 인가되는 전류를 감지하는 전류 센서의 출력 신호를 카운트하여 크로스 레귤레이션 발생 여부를 감지하는 것을 특징으로 하는 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 제어 방법.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 크로스 레귤레이션 발생 여부 감지 단계는

상기 전류 센서 출력 신호의 개수가 다중 출력 전압의 개수 보다 작은 경우 크로스 레귤레이션이 발생한 것으로 결정하는 것을 특징으로 하는 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 제어 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 주파수 조절 단계는

상기 크로스 레귤레이션이 발생한 것으로 결정된 경우 출력 주파수를 현재 주파수보다 낮게 조절하는 것을 특징으로 하는 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 제어 방법.

청구항 12

제9항에 있어서, 상기 주파수 조절 단계는

상기 전류 센서 출력 신호의 개수가 연속적으로 다중 출력 전압의 개수와 동일한 경우 출력 전압 리플을 줄이기 위해, 출력 주파수를 현재 주파수보다 높게 조절하는 것을 특징으로 하는 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 직류-직류 벅 변환기(DC-DC Buck Converter)에 관한 것으로서, 특히, 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력(SIMO)(Single Inductor Multiple Output) 직류-직류 벅 변환기(DC-DC Buck Converter) 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 오늘날, 1인 1 스마트 폰이라는 말이 과언이 아닐 정도로 스마트 폰이 대중화 되었다. 따라서 스마트 폰 시장이 머지않아 포화될 것임을 알 수 있다. 이를 대비하여 국내외 전자업계들은 스마트폰을 대체할 새로운 분야의 제품 개발에 관심을 가지고 있다. 그 중 가장 유망한 제품 중의 하나는 웨어러블 디바이스(wearable device)이다.

[0003] 웨어러블 디바이스(wearable)는 휴대성이 중요하기 때문에 배터리를 사용하고 있으며 휴대 시 편의를 제공하기 위해 가볍고 얇아야 하며 한번 충전으로 장시간 사용이 가능해야 한다. 또한 웨어러블 디바이스는 다양한 기능을 하는 회로를 한데 모으기 때문에 여러 전압들을 필요로 한다. 이런 요구사항들을 해결하기 위해서는 다중 출력 직류-직류 변환기가 필요하다. 기존의 단일 인덕터 단일 출력(SISO) 직류-직류 변환기를 여러 개 사용한다면 외부소자인 인덕터의 크기로 인하여 전력 관리 칩이 차지하는 PCB 면적은 필요한 전압의 수에 비례하여 증가할 것이다. 따라서 면적을 최소화하기 위해 단일 인덕터 다중 출력(SIMO) 직류-직류 변환기가 가장 좋은 해결책이다.

[0004] 직류-직류 변환기는 제어회로의 설계방식에 의해서 아날로그 방식과 디지털 방식으로 분류된다. 아날로그 방식은 제어루프 보상을 위해 칩 주변에 보상 캐패시터와 저항을 필요로 한다. 반면 디지털 방식은 미세공정을 사용하여 회로의 면적이 작고 프로그래밍이 가능한 제어루프 보상은 온-칩이 가능하다. 또한 아날로그 방식은 저전압 동작에 한계를 나타내고 있으며, 외부 잡음에 민감하다는 단점을 가진다. 그에 반해 디지털 방식은 외부 잡음에 강하고, 저전압에도 동작이 가능하여 소비전력을 크게 줄일 수 있다는 장점을 가지고 있다.

[0005] 한편, SIMO를 설계하는데 있어 효율, 구동 능력, 과도응답, 크로스 레귤레이션 등이 화두가 된다. 하나의 인덕터만 사용하기 때문에 여러 개의 출력은 인덕터 전류를 서로 공유한다. 따라서 어느 한 출력에서 생긴 갑작스런 변화는 다른 출력들에게 영향을 미치는데 이러한 현상을 크로스 레귤레이션(cross-regulation)이라 한다. 출력 간의 간섭을 나타내는 지표인 크로스 레귤레이션은 SIMO에서 중요한 지표 중 하나이다. 하나의 인덕터를 모두 공유하기 때문에 한 출력에서 생긴 갑작스런 변화는 다른 출력에 영향을 미쳐 다른 출력을 내게 되고 이 변화는 또 다른 변화를 일으키고 결과적으로 전체적인 시스템에 불안정을 야기한다. 따라서, SIMO를 효율적으로 활용하기 위해서는 상기 크로스 레귤레이션 문제를 해결해야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서 본 발명은 적응형 주파수 변조기를 적용하여 크로스 레귤레이션을 줄이는 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력(SIMO) 직류-직류 벅 변환기 및 그 제어 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기는 시분할 제어에 의해 하나의 인덕터를 사용하여 다중의 출력 전압을 생성하는 전압 생성부; 상기 다중의 출력 전압 각각을 디지털로 변환하는 디지털 변환부; 빼기 연산에 의거하여 상기 디지털 변환부의 출력전압과 기 설정된 기준 전압 간의 오차를 검출하고 이를 보상하기 위한 펄스폭을 산출하는 오차 처리부; 상기 오차처리부에서 산출된 펄스폭에 의거하여 출력 전압의 펄스폭을 조절하여 출력하는 디지털 펄스폭 조절기; 및 상기 다중 출력 전압 생성시 크로스 레귤레이션의 발생 여부를 감지하고, 그 결과에 의거하여 상기 인덕터 에너지의 축적 및 분배시간을 결정하기 위한 주파수를 조절하는 주파수 변조기를 포함한다.

[0008] 바람직하게는, 상기 전압 생성부는 에너지의 충/방전에 의거하여 전압을 출력하되, 시분할 기법에 의거하여 다중 전압을 출력하는 인덕터; 상기 인덕터 앞단에서 인덕터로 인가되는 전류를 감지하는 전류 센서; 및 상기 인덕터 뒷단에 선택적으로 연결되어 상기 인덕터에서 출력되는 다중 전압을 각각 감지하는 복수의 전압 감지부를 포함할 수 있다.

[0009] 바람직하게는, 상기 주파수 변조기는 상기 전류 센서의 출력 신호를 카운트하여 크로스 레귤레이션 발생 여부를 감지할 수 있다.

[0010] 바람직하게는, 상기 주파수 변조기는 상기 전류 센서 출력 신호의 개수가 다중 출력 전압의 개수 보다 작은 경우 크로스 레귤레이션이 발생한 것으로 결정하고, 출력 주파수를 현재 주파수보다 낮게 조절할 수 있다.

[0011] 바람직하게는, 상기 주파수 변조기는 상기 전류 센서 출력 신호의 개수가 연속적으로 다중 출력 전압의 개수와 동일한 경우 출력 전압 리플을 줄이기 위해, 출력 주파수를 현재 주파수보다 높게 조절할 수 있다.

[0012] 바람직하게는, 상기 전압 생성부는 시분할 제어를 위한 다수의 시분할 제어 스위치들을 더 포함하고, 상기 직류-직류 벅 변환기는 상기 디지털 펄스폭 조절기의 출력 신호에 의거하여 상기 시분할 제어 스위치들의 온/오프를 제어하는 스위치 제어부를 더 포함할 수 있다.

[0013] 한편, 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 제어 방법은 시분할 제어에 의해 하나의 인덕터를 사용하여 다중의 출력 전압을 생성하는 단계; 상기 다중의 출력 전압 각각을 디지털로 변환하는 단계; 빼기 연산에 의거하여 상기 디지털로 변환된 다중의 출력 전압 각각과 기 설정된 기준전압 간의 오차를 검출하고 이를 보상하기 위한 펄스폭을 산출하는 단계; 상기 펄스폭에 의거하여 출력 전압의 펄스폭을 조절하여 출력하는 단계; 상기 다중 출력 전압 생성시 크로스 레귤레이션의 발생 여부를 감지하는 단계; 및 상기 크로스 레귤레이션 발생 여부 감지 결과에 의거하여 상기 인덕터 에너지의 축적 및 분배 시간을 결정하기 위한 주파수를 조절하는 단계를 포함한다.

[0014] 바람직하게는, 상기 크로스 레귤레이션 발생 여부 감지 단계는 상기 인덕터 앞단에서 인덕터로 인가되는 전류를 감지하는 전류 센서의 출력 신호를 카운트하여 크로스 레귤레이션 발생 여부를 감지할 수 있다.

[0015] 바람직하게는, 상기 크로스 레귤레이션 발생 여부 감지 단계는 상기 전류 센서 출력 신호의 개수가 다중 출력 전압의 개수 보다 작은 경우 크로스 레귤레이션이 발생한 것으로 결정할 수 있다.

[0016] 바람직하게는, 상기 주파수 조절 단계는 상기 크로스 레귤레이션이 발생한 것으로 결정된 경우 출력 주파수를 현재 주파수보다 낮게 조절할 수 있다.

[0017] 바람직하게는, 상기 주파수 조절 단계는 상기 전류 센서 출력 신호의 개수가 연속적으로 다중 출력 전압의 개수와 동일한 경우 출력 전압 리플을 줄이기 위해, 출력 주파수를 현재 주파수보다 높게 조절할 수 있다.

발명의 효과

[0018] 본 발명은 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기에 있어서, 적응형 주파수 변조기를 적용함으로써 크로스 레귤레이션을 줄일 수 있다. 따라서, 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 성능을 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기에 대한 개략적인 회로도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 제어 방법에 대한 개략적인 처리 흐름도이다.

도 3은 SIMO 제어하는 방식을 인덕터의 전류 파형과 에너지를 전달하는 방법에 따라 구분하여 표시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.

[0021] 제1, 제2, A, B 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 및/또는 이라는 용어는 복수의 관련된 기재된 항목들의 조합 또는 복수의 관련된 기재된 항목들 중의 어느 항목을 포함한다.

[0022] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면에, 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "직접 연결되어" 있다거나 "직접 접속되어" 있다고 언급된 때에는, 중간에 다른 구성요소가 존재하지 않는 것으로 이해되어야 할 것이다.

[0023] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0024] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0025] 이하, 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 포함한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

[0026] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기에 대한 개략적인 회로도이다. 도 1을 참조하면 본 발명의 일 실시 예에 따른 디지털 제어 방식의 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기(100)는 전압 생성부(110)와, 디지털 변환부(120)와, 가산기(130) 및 디지털 PID(140)를 포함하는 오차 처리부와, 디지털 펄스폭 조절기(DPWM: Digital Pulse Width Modulator)(150)와, 스위치 제어부(Switch Controller)(160)와, 드라이버 및 데드타임 회로(Driver & Dead-time)(170)와, 주파수 변조기(Freq. modulator)(180)와, 전압 제어 발진기(VCO)(190)를 포함한다.

[0027] 전압 생성부(110)는 시분할 제어에 의해 하나의 인덕터를 사용하여 다중의 출력 전압을 생성한다. 이를 위해, 전압 생성부(110)는 에너지의 충/방전을 제어하기 위한 제1 및 제2 스위치(111, 112)와, 에너지의 충/방전에 의거하여 전압을 출력하되 시분할 기법에 의거하여 다중 전압을 출력하는 인덕터(114)와, 인덕터(114) 앞단에서 인덕터로 인가되는 전류를 감지하는 전류 센서(113)와, 인덕터(114)로 전류가 인가될 때 스위치 온되는 프리휠 스위치(115)와, 인덕터(114) 뒷단에 선택적으로 연결되어 인덕터(114)에서 출력되는 다중 전압을 각각 감지하는 복수의 전압 감지부들(116)을 포함한다. 도 1의 예에서는 3개의 전압 감지부들이 연결된 예를 도시하고 있다.

또한, 이들 각각은 시분할 제어를 위한 다수의 시분할 제어 스위치들(S1, S2, S3)에 의해 인덕터(114)와 디지털 변환부(120) 사이에 선택적으로 연결된다.

[0028] 디지털 변환부(120)는 전압 생성부(110)에서 출력되는 다중의 출력 전압 각각을 디지털로 변환한다. 도 1의 예에서는 디지털 변환부(120)가 SAR ADC (Successive Approximation Register Analog-Digital Converter)로 구현된 예를 도시하고 있다.

[0029] 오차 처리부는 빼기 연산에 의거하여 상기 디지털 변환부의 출력전압과 기 설정된 기준전압 간의 오차를 검출하고 이를 보상하기 위한 펄스폭을 산출한다. 이를 위해, 오차 처리부는 빼기 연산을 수행하기 위한 가산기(130)와 상기 펄스폭 산출을 위한 디지털 PID 회로(140)를 포함할 수 있다. 가산기(130)는 미리 설정된 기준 전압(REF[n])과 디지털 변환부(120)의 출력값(OUT[n])의 차에 의해 오차값(e[n])을 구하고, 디지털 PID 회로(140)는 그 오차값(e[n])에 의거하여 펄스폭 조절값(d[n])을 산출한다.

[0030] 디지털 펄스폭 조절기(DPWM: Digital Pulse Width Modulator)(150)는 상기 오차처리부의 디지털 PID 회로(140)에서 산출된 펄스폭 조절값(d[n])에 의거하여 출력 전압의 펄스폭을 조절하여 출력한다. 이 때, 디지털 펄스폭 조절기(150)는 전압 제어 발진기(VCO)(190)에서 출력되는 클럭신호(CLK)에 응답하여 동작한다.

[0031] 스위치 제어부(Switch Controller)(160)는 디지털 펄스폭 조절기(DPWM)(150)의 출력 신호에 의거하여 전압 생성부(110)에 포함된 다수의 시분할 제어 스위치들(SP, SN, SF, S1, S2, S3)의 온/오프를 제어한다. 이를 위해, 스위치 제어 신호를 생성하여 출력한다.

[0032] 드라이버 및 데드타임 회로(Driver & Dead-time)(170)는 디지털 펄스폭 조절기(150)의 출력 신호에 의거하여 전압 생성부(110)에 포함된 다수의 시분할 제어 스위치들(SP, SN, SF, S1, S2, S3) 중 선택적으로 동작하여야 하는 스위치들(예컨대, SP와 SN, S1와 S2와 S3들)이 동시에 온되는 구간이 발생하지 않도록 각 스위치들(SP, SN, SF, S1, S2, S3)의 온/오프를 제어하는 스위치 제어신호(V_{SP}, V_{SN}, V_{S1}, V_{S2}, V_{S3}, V_{SF})를 발생키고, 그 스위치 제어신호(V_{SP}, V_{SN}, V_{S1}, V_{S2}, V_{S3}, V_{SF})에 의거하여 각 스위치들의 온/오프를 제어한다.

[0033] 주파수 변조기(Freq. modulator)(180)는 상기 다중 출력 전압 생성시 크로스 레귤레이션(cross regulation)이 발생했는지 여부를 감지하고, 그 결과에 의거하여 상기 인덕터 에너지의 축적 및 분배시간을 결정하기 위한 주파수를 조절한다. 이를 위해, 주파수 변조기(Freq. modulator)(180)는 제1 및 제2 스위치(111, 112)의 온/오프를 제어하기 위한 제어신호(V_{SP}, V_{SN})를 입력받고, 전류 센서(Current Sensor)(113)의 출력 신호를 카운트한다.

그리고, 그 전류 센서(113)의 출력 신호 개수에 의거하여 크로스 레귤레이션 발생 여부를 결정한다. 즉, 상기 전류 센서(113) 출력 신호가 다중 출력 전압의 개수 보다 작은 경우 크로스 레귤레이션이 발생한 것으로 결정하고, 출력 주파수를 현재 주파수보다 낮게 조절한다. 한편, 상기 전류 센서(113) 출력 신호가 연속적으로 다중 출력 전압의 개수와 동일한 경우 주파수 변조기(180)는 출력 전압 리플을 줄이기 위해, 출력 주파수를 현재 주파수보다 높게 조절한다.

[0034] 또한, 주파수 변조기(180)는 전압 생성부(110) 내의 프리휠 스위치(115)가 켜지는 횟수에 의거하여 상기 전류 센서 출력 신호의 개수를 카운트할 수도 있다.

[0035] 전압 제어 발진기(VCO)(190)는 주파수 변조기(180)의 출력 값(OSC_ss[n])에 의거하여 클럭(CLK)을 발생시키고, 그 클럭(CLK)을 디지털 펄스폭 조절기(150)로 인가한다.

[0036] 도 2는 본 발명의 일 실시 예에 따른 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 제어 방법에 대한 개략적인 처리 흐름도이다. 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 단일 인덕터 다중 출력 직류-직류 벅 변환기의 제어 방법은 다음과 같다.

[0037] 먼저, S110 단계에는, 전압 생성부(110)가 시분할 제어에 의해 하나의 인덕터를 사용하여 다중의 출력 전압을 생성한다. 이를 위해, 전압 생성부(110)는 에너지의 충/방전을 제어하기 위한 제1 및 제2 스위치(111, 112)와, 에너지의 충/방전에 의거하여 전압을 출력하되 시분할 기법에 의거하여 다중 전압을 출력하는 인덕터(114)와, 인덕터(114) 앞단에서 인덕터로 인가되는 전류를 감지하는 전류 센서(113)와, 인덕터(114)로 전류가 인가될 때 스위치 온되는 프리휠 스위치(115)와, 인덕터(114) 뒷단에 선택적으로 연결되어 인덕터(114)에서 출력되는 다중 전압을 각각 감지하는 복수의 전압 감지부들(116)을 포함할 수 있다.

[0038] S120 단계에서는, 디지털 변환부(120)가 상기 다중의 출력 전압 각각을 디지털로 변환한다.

[0039] S130 단계에서는, 빼기 연산에 의거하여 상기 디지털로 변환된 다중의 출력 전압 각각과 기 설정된 기준전압 간

의 오차를 검출하고 이를 보상하기 위한 펄스폭을 산출한다. 이를 위해, 오차 처리부에 포함된 가산기(130)가 미리 설정된 기준 전압(REF[n])과 디지털 변환부(120)의 출력값(OUT[n])의 차에 의해 오차값(e[n])을 구하고, 디지털 PID 회로(140)는 그 오차값(e[n])에 의거하여 펄스폭 조절값(d[n])을 산출하는 것이 바람직한다.

[0040] S140 단계에서는, 디지털 펄스폭 조절기(150)가 상기 펄스폭 조절값(d[n])에 의거하여 출력 전압의 펄스폭을 조절하여 출력한다.

[0041] S150 단계에서는, 주파수 변조기(180)가 상기 다중 출력 전압 생성시 크로스 레귤레이션의 발생 여부를 감지한다. 이를 위해, 주파수 변조기(180)는 전압 생성부(110)에 포함된 전류 센서(113)의 출력 신호를 카운트하여 크로스 레귤레이션 발생 여부를 감지할 수 있다. 즉, 주파수 변조기(180)는 전류 센서(113) 출력 신호의 개수가 다중 출력 전압의 개수 보다 작은 경우 크로스 레귤레이션이 발생한 것으로 결정한다.

[0042] S160 단계에서는, 주파수 변조기(180)가 상기 S150 단계의 크로스 레귤레이션 발생 여부 감지 결과에 의거하여 상기 인덕터 에너지의 축적 및 분배 시간을 결정하기 위한 주파수를 조절한다. 즉, 상기 S150 단계에서 크로스 레귤레이션이 발생한 것으로 결정된 경우, 주파수 변조기(180)는 출력 주파수를 현재 주파수보다 낮게 조절한다. 이는 전달 시간을 늘려서 크로스 레귤레이션을 해소하도록 하기 위함이다. 한편, 상기 전류 센서 출력 신호의 개수가 연속적으로 다중 출력 전압의 개수와 동일한 경우, 주파수 변조기(180)는 출력 주파수를 현재 주파수보다 높게 조절한다. 이는 출력 전압 리플을 줄이기 위함이다.

[0043] 도 3은 SIMO를 제어하는 방식을 인덕터의 전류 파형과 에너지 전달 방법에 따라 구분하여 표시한 도면이다. 도 3의 (a)는 SIMO 제어 방식을 인덕터의 전류 파형으로 표시한 그래프이고, 도 3의 (b)는 에너지 전달 방법에 따른 SIMO 제어 결과를 표시한 그래프이다.

[0044] 먼저, 도 3의 (a)는 한 번의 인덕터 에너지 충전으로 여러 부하에 순차적으로 전력을 공급하는 비교기 제어(comparator control) 방식과, 각각의 출력을 독립적인 시간으로 나누어 충전 및 공급하는 시분할 제어(time-multiplexing control) 방식으로 SIMO를 제어한 경우에 각각에 대한 제어 결과를 파형으로 표시하고 있다. 도 3의 (a)를 참조하면, 비교기 제어 방식의 경우 서로의 출력이 직접 연관되어 있기 때문에 크로스 레귤레이션이 좋지 않고, 시분할 제어 방식의 경우 각각의 출력이 비교적 독립적이기 때문에 크로스 레귤레이션이 상대적으로 좋다는 것을 알 수 있다. 도 3의 (b)는 인덕터 전류의 DC 값이 연속전류모드(CCM), 불연속전류모드(DCM), 가상 연속전류모드(PCCM)인 경우 각각에 대한 파형을 표시하고 있다.

[0045] 도 3의 (b)를 참조하면, 연속 전류 모드(CCM)의 경우 여러 부하들이 서로 연결되어 있기 때문에 크로스 레귤레이션이 나쁘고, 불연속전류모드(DCM)의 경우 각각의 부하가 서로 독립적인 시간 영역에서 에너지를 전달받기 때문에 크로스 레귤레이션이 좋음을 알 수 있다. 또한, 불연속 전류 모드(DCM)는 연속 전류모드(CCM)와 달리 매 주기마다 인덕터의 전류를 0으로 리셋 시켜주기 때문에 하나의 극점로 이루어진 시스템이고, 이는 극점-영점 보상을 통하여 넓은 루프이득 대역폭을 가질 수 있다. 즉, 빠른 응답이 가능하다. 하지만 부하가 큰 경우 큰 인덕터 전류 리플로 인한 큰 출력 전압 리플을 가지기 때문에 스위칭 노이즈도 크다.

[0046] 한편, 가상 연속 전류 모드(PCCM)는 이 두 방식의 장점을 고루 가지는 에너지 전달 방식으로서, 부하들이 서로 독립적임은 물론이고 불연속 전류모드(DCM)와 비교하였을 경우 인덕터 전류 리플이 작기 때문에 출력 전압 리플과 스위칭 잡음이 작고 소신호 측면에서 봤을 때 인덕터의 전류가 0이 되므로 하나의 극점으로 이루어져 있어 빠른 응답이 가능하다는 특징이 있다.

[0047] 한편, 상술한 본 발명의 실시예들은 컴퓨터에서 실행될 수 있는 프로그램으로 작성가능하고, 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체를 이용하여 상기 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다.

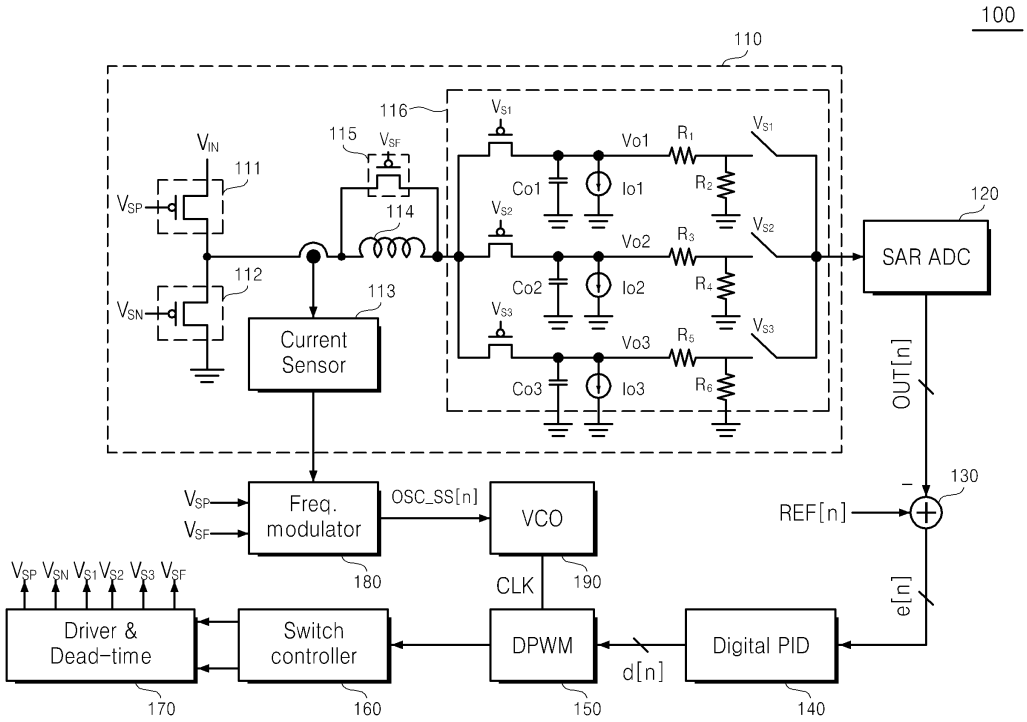
[0048] 상기 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록매체는 마그네틱 저장매체(예를 들면, 롬, 플로피 디스크, 하드디스크 등), 광학적 판독 매체(예를 들면, 시디롬, 디브이디 등) 를 포함한다.

[0049] 이제까지 본 발명에 대하여 그 바람직한 실시예들을 중심으로 살펴보았다.

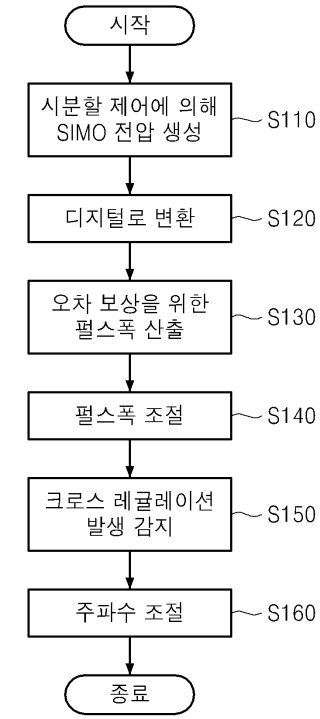
[0050] 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

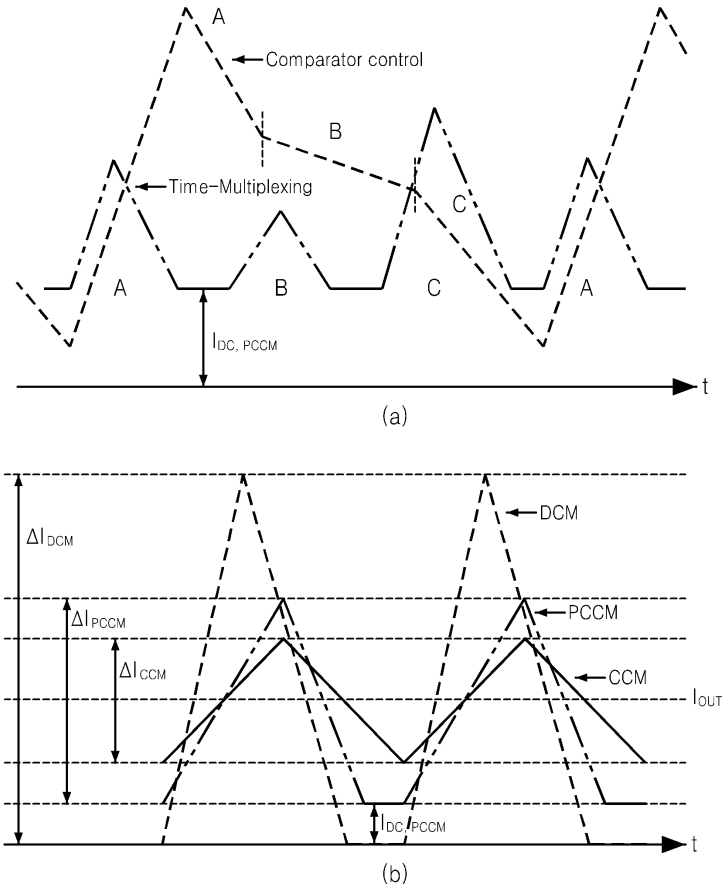
도면1


100
110
116
115
V_{SF}
V_{IN}
111
V_{SP}
114
112
V_{SN}
113
Current Sensor
V_{S1}
Vo1
R_1
Co1
Io1
R_2
V_{S2}
Vo2
R_3
Co2
Io2
R_4
V_{S3}
Vo3
R_5
Co3
Io3
R_6
120
SAR ADC
OUT[n]
130
REF[n]
e[n]
V_{SP}
V_{SF}
Freq. modulator
OSC_SS[n]
180
VCO
CLK
190
V_{SP} V_{SN} V_{S1} V_{S2} V_{S3} V_{SF}
Driver & Dead-time
170
Switch controller
160
DPWM
150
d[n]
Digital PID
140

도면2


시작
시분할 제어에 의해 SIMO 전압 생성
S110
디지털로 변환
S120
오차 보상을 위한 펄스폭 산출
S130
펄스폭 조절
S140
크로스 레귤레이션 발생 감지
S150
주파수 조절
S160
종료

도면3


A
Comparator control
B
Time-Multiplexing
C
A
B
C
A
$I_{DC, PCCM}$
t
(a)
ΔI_{DCM}
ΔI_{PCCM}
ΔI_{CCM}
DCM
PCCM
CCM
I_{OUT}
$I_{DC, PCCM}$
t
(b)