(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0011024
(43) 공개일자 2019년02월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/28 (2006.01) *H02M 1/08* (2006.01)
H02M 3/335 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 3/285 (2013.01)
H02M 1/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0093415
(22) 출원일자 2017년07월24일
심사청구일자 2017년07월24일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
정지훈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
박화평
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
특허법인 무한

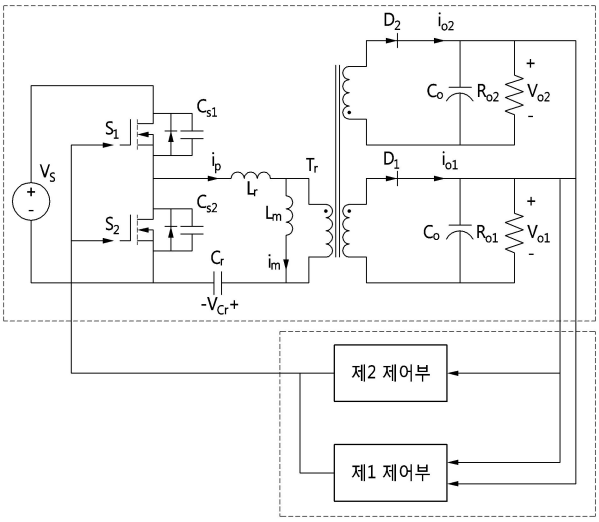
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **공진형 컨버터의 출력전압 제어 방법 및 장치**

(57) 요 약

공진형 컨버터의 출력전압을 제어하는 장치 및 방법에 연관되며, 보다 특정하게는 복수개의 출력을 갖는 공진형 컨버터의 출력전압을 제어하는 방법 및 장치에 연관된다. 일실시예에 따르면, 공진형 컨버터의 출력전압 제어 방법은 복수의 출력전압을 가지는 공진형 컨버터의 제1 출력전압 및 제2 출력전압을 센싱하는 단계, 제1 출력전압 및 제2 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 공진형 컨버터의 1차측에 포함된 스위칭 소자를 PFM 방식으로 제어하여 주파수를 조절하는 단계 및 제1 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 공진형 컨버터의 1차측에 포함된 스위칭 소자를 APWM 방식으로 제어하여 듀티비를 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H02M 3/335 (2013.01)
Y02B 70/1466 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711039325
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 개인연구지원
연구과제명 자율 운전이 가능한 Autonomous DC Microgrid 시스템 개발과 Virtual Test-bed 구축
기 여 율 1/1
주관기관 울산과학기술원
연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

복수의 출력전압을 가지는 공진형 컨버터의 제1 출력전압 및 제2 출력전압을 센싱하는 단계;

상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 상기 공진형 컨버터의 1차측에 포함된 스위칭 소자를 PFM 방식으로 제어하여 주파수를 조절하는 단계; 및

상기 제1 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 상기 공진형 컨버터의 1차측에 포함된 스위칭 소자를 APWM 방식으로 제어하여 듀티비를 조절하는 단계

를 포함하는 공진형 컨버터의 출력전압 제어 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 공진형 컨버터는 직렬 공진형 컨버터, LLC 공진형 컨버터, LCLC 공진형 컨버터 및 LCLCL 공진형 컨버터 중 어느 하나인 공진형 컨버터의 출력전압 제어 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 공진형 컨버터는 DC-DC 공진형 컨버터인 공진형 컨버터의 출력전압 제어 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 PFM 방식으로 제어하는 단계는,

상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압 간의 크로스-레귤레이션을 통해 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압을 제어하는 공진형 컨버터의 출력전압 제어 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 PFM 방식으로 제어하는 단계는,

상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압의 가중 계수를 결정하고,

상기 크로스-레귤레이션을 통한 제어 시, 상기 가중 계수를 고려하는 공진형 컨버터의 출력전압 제어 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 APWM 방식으로 제어하는 단계는,

상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압과 각각 연결되는 두 개의 상기 스위칭 소자의 각 상기 듀티비를 서로 비대칭하게 조절하는 공진형 컨버터의 출력전압 제어 방법.

청구항 7

복수의 출력전압을 가지는 공진형 컨버터의 제1 출력전압 및 제2 출력전압을 제어하는 출력전압 제어 장치에 있어서,

상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 상기 공진형 컨버터의 1차측에 포함된

스위칭 소자를 PFM 방식으로 제어하여 주파수를 조절하는 제1 제어부; 및

상기 제1 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 상기 공진형 컨버터의 1차측에 포함된 스위칭 소자를 APWM 방식으로 제어하여 듀티비를 조절하는 제2 제어부

를 포함하는 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 공진형 컨버터는 직렬 공진형 컨버터, LLC 공진형 컨버터, LCLC 공진형 컨버터 및 LCLCL 공진형 컨버터 중 어느 하나인 장치.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 공진형 컨버터는 DC-DC 공진형 컨버터인 장치.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 제1 제어부는 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압 간의 크로스-레귤레이션을 통해 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압을 제어하는 장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제1 제어부는,

상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압의 가중 계수를 결정하고,

상기 크로스-레귤레이션을 통한 제어 시, 상기 가중 계수를 고려하는 장치.

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 제2 제어부는,

상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압과 각각 연결되는 두 개의 상기 스위칭 소자의 각 상기 듀티비를 서로 비대칭하게 조절하는 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 공진형 컨버터의 출력전압을 제어하는 장치 및 방법에 연관되며, 보다 특정하게는 복수개의 출력을 갖는 공진형 컨버터의 출력전압을 제어하는 방법 및 장치에 연관된다.

배 경 기 술

[0002] LLC 공진형 컨버터는 기존의 하드 스위칭 PWM 컨버터 및 비대칭 하프 브릿지 컨버터에 비해 작은 순환 에너지와 작은 턴오프 스위칭 손실을 가지고 경부하 시에도 소프트 스위칭을 유지할 수 있어 상대적으로 효율이 높다. 뿐만 아니라, 스위칭 손실이 낮은 소프트 스위칭에 의해 주파수를 높여도 상대적으로 높은 효율과 높은 전력 밀도를 얻을 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0003] 일측에 따르면, 공진형 컨버터의 출력전압 제어 방법은 복수의 출력전압을 가지는 공진형 컨버터의 제1 출력전압 및 제2 출력전압을 센싱하는 단계, 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 상기 공진형 컨버터의 1차측에 포함된 스위칭 소자를 PFM 방식으로 제어하여 주파수를 조절하는 단계 및 상기 제1 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 상기 공진형 컨버터의 1차측에 포함된 스위칭 소자를 APWM 방식으로 제어하여 듀티비를 조절하는 단계를 포함할 수 있다.

[0004] 일실시예에 따르면, 상기 공진형 컨버터는 직렬 공진형 컨버터, LLC 공진형 컨버터, LCLC 공진형 컨버터 및 LCLCL 공진형 컨버터 중 어느 하나일 수 있다.

[0005] 다른 일실시예에 따르면, 상기 공진형 컨버터는 DC-DC 공진형 컨버터일 수 있다.

[0006] 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 PFM 방식으로 제어하는 단계는, 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압 간의 크로스-레귤레이션을 통해 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압을 제어할 수 있다.

[0007] 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 PFM 방식으로 제어하는 단계는, 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압의 가중 계수를 결정하고, 상기 크로스-레귤레이션을 통한 제어 시, 상기 가중 계수를 고려할 수 있다.

[0008] 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 APWM 방식으로 제어하는 단계는, 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압과 각각 연결되는 두 개의 상기 스위칭 소자의 각 상기 듀티비를 서로 비대칭하게 조절할 수 있다.

[0009] 다른 일측에 따르면, 복수의 출력전압을 가지는 공진형 컨버터의 제1 출력전압 및 제2 출력전압을 제어하는 출력전압 제어 장치에 있어서, 출력전압 제어 장치는 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 상기 공진형 컨버터의 1차측에 포함된 스위칭 소자를 PFM 방식으로 제어하여 주파수를 조절하는 제1 제어부 및 상기 제1 출력전압이 기 설정된 지령값과 다르면, 상기 공진형 컨버터의 1차측에 포함된 스위칭 소자를 APWM 방식으로 제어하여 듀티비를 조절하는 제2 제어부를 포함할 수 있다.

[0010] 일실시예에 따르면, 상기 공진형 컨버터는 직렬 공진형 컨버터, LLC 공진형 컨버터, LCLC 공진형 컨버터 및 LCLCL 공진형 컨버터 중 어느 하나일 수 있다.

[0011] 다른 일실시예에 따르면, 상기 공진형 컨버터는 DC-DC 공진형 컨버터일 수 있다.

[0012] 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 제1 제어부는 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압 간의 크로스-레귤레이션을 통해 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압을 제어할 수 있다.

[0013] 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 제1 제어부는, 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압의 가중 계수를 결정하고, 상기 크로스-레귤레이션을 통한 제어 시, 상기 가중 계수를 고려할 수 있다.

[0014] 또 다른 일실시예에 따르면, 상기 제2 제어부는, 상기 제1 출력전압 및 상기 제2 출력전압과 각각 연결되는 두 개의 상기 스위칭 소자의 각 상기 듀티비를 서로 비대칭하게 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 일실시예에 따른 공진형 컨버터의 출력전압 제어 장치 구성을 나타낸다.

도 2는 일실시예에 따라 공진형 컨버터의 출력전압에 대해 PFM 제어 시뮬레이션만을 수행한 출력전압 결과이다.

도 3은 일실시예에 따라 APWM 제어 시뮬레이션 수행 시 듀티 비에 따른 전압 이득의 변화를 나타낸다.

도 4는 일실시예에 따라 공진형 컨버터의 출력전압에 대해 PFM 제어 및 APWM 제어 시뮬레이션을 수행한 출력전압 결과이다.

도 5는 일실시예에 따라 기 정해지는 조건 하에 PFM 제어만을 수행한 경우 및 PFM 제어와 APWM 제어를 동시에 수행한 경우의 시뮬레이션 결과를 나타내는 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하에서, 실시예들을 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 그러나, 권리범위는 이러한 실시예들에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다. 각 도면에 제시된 동일한 참조 부호는 동일한 부재를 나타낸다.

[0017] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예들을 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.

[0018] 또한 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.

[0019] 도 1은 일실시예에 따른 공진형 컨버터의 출력전압 제어 장치 구성을 나타낸다.

[0020] 도 1을 참조하면, 일실시예에 따라 공진형 컨버터는 복수의 출력전압을 가질 수 있다. 또한, 일실시예에 따라 공진형 컨버터는 LLC 공진형 컨버터로서, 절연된 DC-DC 직렬 공진형 컨버터에 해당할 수 있다.

[0021] LLC 공진형 컨버터의 출력전압 제어는, 출력전압의 지령 전압에 대한 오차를 측정하여 오차가 0이 되도록 주파수를 바꾸는 방식인 Pulse Frequency Modulation(PFM)에 의해 수행될 수 있다.

[0022] 복수의 출력전압을 가지는 LLC 공진형 컨버터에서 도 1과 같이 출력전압이 2개인 경우, 다중 출력 궤환(Multiple Output Feedback) 방식으로 출력전압을 제어하게 되면 많은 경우 출력전압 오차를 가지게 된다. 이러한 출력전압 오차를 제어하기 위한 방법으로 2차측에 Regulator를 추가적으로 장착하여 출력전압을 제어하는 방법이 있으나, 이는 2차측에 추가적인 소자를 붙임으로써 제작 단가를 높일 수 있고 전력 변환 효율을 떨어뜨릴 수 있다.

[0023] 이에, 도 1과 같이 제1 제어부에서 PFM 제어를 수행하고, 제2 제어부에서 APWM(Asymmetric Pulse Width Modulation) 제어를 수행하여 복수의 출력전압을 정밀하게 제어할 수 있다. 이러한 제어 방법은 추가적인 Regulator의 부착을 필요로 하지 않아 제작 단가를 낮출 수 있으며, 기존의 컨버터에 대해 LLC 공진형 컨버터의 상대적으로 보다 더 정밀한 제어를 유지하고, 상대적으로 더 높은 효율을 유지할 수 있다.

[0024] 도 1을 참조하면, 제1 제어부는 제1 출력전압 및 제2 출력전압을 센싱하여 PFM 제어를 수행할 수 있고, 제2 제어부는 제1 출력전압을 센싱하여 APWM 제어를 수행할 수 있다. 도 1의 컨버터 회로도는 일실시예에 불과하며, 복수의 출력을 갖는 다양한 컨버터 회로도에 본 제어 방법이 적용될 수 있다.

[0025] 도 2는 일실시예에 따라 공진형 컨버터의 출력전압에 대해 PFM 제어 시뮬레이션만을 수행한 출력전압 결과이다.

[0026] 도 2를 참조하면, LLC 공진형 컨버터의 두 개의 출력전압에 대해 PFM 제어를 수행한 경우의 출력전압 결과를 나타내며, Vout1은 제1 출력전압의 결과를 나타내고 Vout2는 제2 출력전압의 결과를 나타낸다. 도 2에 따르면, Vout1의 지령 전압은 20V이며, Vout2의 지령 전압은 10V이다.

[0027] 도 2에 따르면, 2개의 출력전압(Vout1 및 Vout2)이 부하의 변동에 따라 변화하는 것으로 나타나며, 2개의 출력전압의 오차의 합이 0으로 나타나는 것을 알 수 있다. 이는 다음과 같은 수식으로 표현되는 PFM 제어의 결과이다.

수학식 1

[0028]
$$V_{o1} = \{H_r(f_s) \cdot V_{in}\}/n_1 = V_{o1,ref} - \Delta V_{o1}$$

수학식 2

[0029]
$$V_{o2} = \{H_r(f_s) \cdot V_{in}\}/n_2 = V_{o2,ref} - \Delta V_{o2}$$

수학식 3

$$k_{w1} \cdot \Delta V_{o1} + k_{w2} \cdot \Delta V_{o2} = 0$$

[0030]

[0031] 수학식 1 및 수학식 2를 참조하면 Hr(fs)는 전압이득을 나타내며, Vin은 입력 전압을 나타내고, n1 및 n2는 상수이다. Vo1,ref는 제1 출력전압에 대한 지령 전압을 나타내고, Vo2,ref는 제2 출력전압에 대한 지령 전압을 나타낸다. Vo1은 제1 출력전압을 나타내고, Vo2는 제2 출력전압을 나타내며, ΔVo1 및 ΔVo2는 제1 출력전압 및 제2 출력전압의 각각의 지령 전압에 대한 오차를 나타낸다.

[0032] 이 때, 수학식 3을 참조하면, LLC 공진형 컨버터의 두 개의 출력전압에 대해 PFM 제어를 수행하는 경우 PFM 제어 시 기 정해지는 kw1 및 kw2의 상수와 ΔVo1 및 ΔVo2의 각각의 곱의 합이 0이 되도록 결과가 도출될 수 있다.

[0033] PFM 제어는 1차측의 스위칭 주파수를 변화시켜 출력전압의 오차를 제어하며, Weight Factor(kw1 및 kw2)를 사용하여 Cross Regulation을 수행하여 출력전압 오차의 합이 0이 되도록 한다.

[0034] 이러한 PFM 제어로 인해, 도 2에서와 같이 제1 출력전압의 오차 및 제2 출력전압의 오차의 합(경우에 따라 kw1 및 kw2의 상수 값이 다른 경우에는 상수가 각각 곱해진 값의 합을 고려)이 0이 되도록 하는 제어 결과가 나타날 수 있다. 그 결과로, 일실시예에 따른 두 개의 출력전압 중 하나의 출력전압은 지령 전압보다 높게 나타나고, 하나의 출력전압은 지령 전압보다 낮게 나타날 수 있다.

[0035] 도 2를 참조하면, 부하 변동이 커짐에 따라 각 출력전압의 오차가 커지게 되며, 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 두 개의 출력 간 부하 차이가 가장 클 때, 두 개의 출력전압의 오차는 최대가 될 수 있다.

[0036] 이와 같이, PFM 제어만으로는 제1 출력전압의 오차 및 제2 출력전압의 오차 각각이 0이 되도록 하는 것에 한계가 있으므로, 아래에서 설명하는 APWM 제어를 추가로 수행하여 각각의 출력전압의 오차를 0으로 만들 수 있다.

[0037] 도 3은 일실시예에 따라 APWM 제어 시뮬레이션 수행 시 듀티 비에 따른 전압 이득의 변화를 나타낸다.

[0038] 도 3을 참조하면, 일실시예에 따라 LLC 공진형 컨버터의 두 개의 출력전압에 대해 APWM 제어를 수행하는 경우 듀티 비의 변동에 따라 제1 출력전압 및 제2 출력전압의 전압 이득이 상보적으로 나타날 수 있다.

[0039] 일실시예에 따라, 두 개의 출력전압을 갖는 LLC 공진형 컨버터에 댇해 APWM 제어를 수행하는 경우, APWM 제어를 수행하는 도 1의 제2 제어부는, 제1 출력전압을 센싱하여, 제1 출력전압의 지령 전압과의 차이가 0이 아닌 경우, 두 개의 출력전압에 대한 각 스위치의 듀티 비를 비대칭적으로 변동시킬 수 있다.

[0040] 각 스위치의 듀티 비가 비대칭적으로 변동함에 따라, 두 개의 출력전압 중 어느 하나의 전압 이득이 증가하면, 나머지 하나의 전압 이득은 감소할 수 있다.

[0041] 일실시예에 따라 두 개의 출력전압을 갖는 LLC 공진형 컨버터에 대하여 제1 제어부가 PFM 제어를 수행하여 두 개의 출력전압 중 어느 하나의 출력전압은 지령 전압보다 낮은 값을 갖고, 다른 하나의 출력전압은 지령 전압보다 높은 값을 갖는 경우, APWM 제어를 수행하는 제2 제어부가 센싱하는 출력전압의 오차가 0이 아니므로, 제2 제어부는 APWM 제어를 수행할 수 있다.

[0042] APWM 제어를 통해, 두 개의 출력전압의 전압 이득은 서로 상보적으로 변화하며, 이러한 변화는 어느 하나의 출력전압 값을 높이고, 다른 하나의 출력전압 값을 낮출 수 있다. 이를 통해, PFM 제어를 수행한 결과 지령 전압보다 높은 값을 가졌던 출력전압의 값을 낮출 수 있고, 지령 전압보다 낮은 값을 가졌던 출력전압의 값을 상보적으로 높일 수 있다.

[0043] 이러한 PFM 제어와 APWM 제어의 사이클을 반복적으로 수행함으로써, 결과적으로 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 두 개의 출력은 지령 전압과 일치하는 값으로 수렴할 수 있다.

[0044] 도 4는 일실시예에 따라 공진형 컨버터의 출력전압에 대해 PFM 제어 및 APWM 제어 시뮬레이션을 수행한 출력전압 결과이다.

[0045] 도 4를 참조하면, LLC 공진형 컨버터의 두 개의 출력전압에 대해 PFM 제어 및 APWM 제어를 모두 수행한 경우의

출력전압 결과를 나타내며, Vout1은 제1 출력전압의 결과를 나타내고 Vout2는 제2 출력전압의 결과를 나타낸다. 도 4에 따르면, Vout1의 지령 전압은 20V이며, Vout2의 지령 전압은 10V이다.

[0046] 도 4에 따르면, 부하의 변동에 따라 제1 출력전압 및 제2 출력전압이 상보적으로 변동하나 PFM 및 APWM 제어 수행에 따라 상보적으로 출력전압이 변화하여 지령 전압에 수렴하는 것으로 나타난다.

[0047] 이와 같이 복수의 출력을 갖는 LLC 공진형 컨버터에 대해 PFM 및 APWM 제어를 수행함으로써 별도의 Regulator의 추가 없이 낮은 제작 단가와 높은 효율을 유지하며 출력전압이 지령 전압에 수렴하도록 제어할 수 있다.

[0048] 도 5는 일실시예에 따라 기 정해지는 조건 하에 PFM 제어만을 수행한 경우 및 PFM 제어와 APWM 제어를 동시에 수행한 경우의 시뮬레이션 결과를 나타내는 표이다.

[0049] 도 5를 참조하면, PFM 제어만을 수행하는 경우, 제1 출력전압 및 제2 출력전압의 부하 조건을 각각 1A의 전류 및 7A의 전류로 가했을 때, 제1 출력전압의 지령 전압에 대한 오차는 5%로 나타났고, 제2 출력전압의 지령 전압에 대한 오차는 9%로 나타났다.

[0050] 반면, 제1 출력전압 및 제2 출력전압의 부하 조건을 마찬가지로 각각 1A의 전류 및 7A의 전류로 가했을 때, 제1 출력전압 및 제2 출력전압에 대한 PFM 제어와 제1 출력전압에 대한 APWM 제어를 동시에 수행하는 경우, 제1 출력전압의 지령 전압에 대한 오차는 0.25%로 나타났고, 제2 출력전압의 지령 전압에 대한 오차는 0.3%로 나타났다.

[0051] 또한, 도 5를 참조하면, PFM 제어만을 수행하는 경우, 제1 출력전압 및 제2 출력전압의 부하 조건을 각각 6A의 전류 및 1A의 전류로 가했을 때, 제1 출력전압의 지령 전압에 대한 오차는 6.1%로 나타났고, 제2 출력전압의 지령 전압에 대한 오차는 8.8%로 나타났다.

[0052] 반면, 제1 출력전압 및 제2 출력전압의 부하 조건을 마찬가지로 각각 6A의 전류 및 1A의 전류로 가했을 때, 제1 출력전압 및 제2 출력전압에 대한 PFM 제어와 제1 출력전압에 대한 APWM 제어를 동시에 수행하는 경우, 제1 출력전압의 지령 전압에 대한 오차는 0.25%로 나타났고, 제2 출력전압의 지령 전압에 대한 오차는 0.3%로 나타났다.

[0053] 이와 같이, 복수의 출력전압을 갖는 LLC 공진형 컨버터의 각 출력전압에 대해 PFM 제어만을 수행하는 경우보다, PFM 제어와 APWM 제어를 동시에 수행하는 경우 지령 전압에 대한 오차가 복수의 출력전압 모두에서 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0054] 이러한 제어는 LLC 공진형 컨버터 뿐만 아니라, Series Resonant Converter, LLC Resonant Converter, LCLC Resonant Converter 및 LCLCL Resonant Converter 등이 복수의 출력을 갖는 경우에도, 복수의 출력전압의 지령 전압에 대한 오차가 0이 되도록 적용될 수 있다.

[0055] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0056] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서,

분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

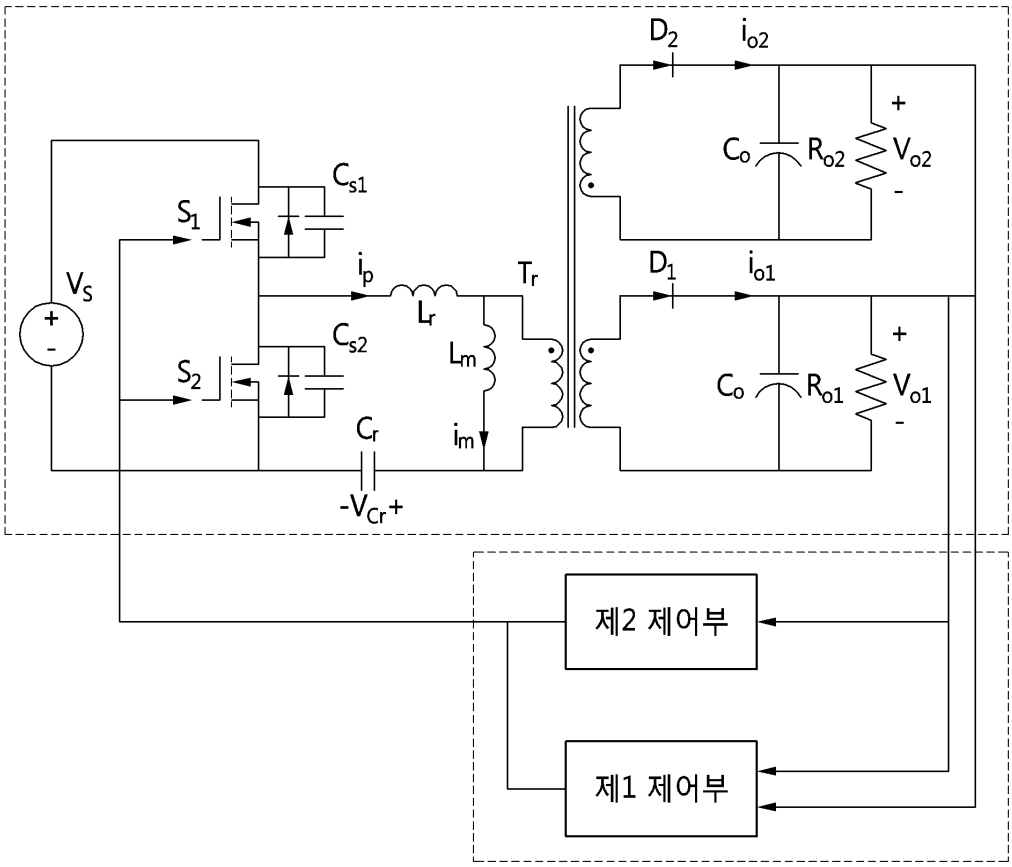
[0057] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예에는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0058] 실시예들이 비록 한정된 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

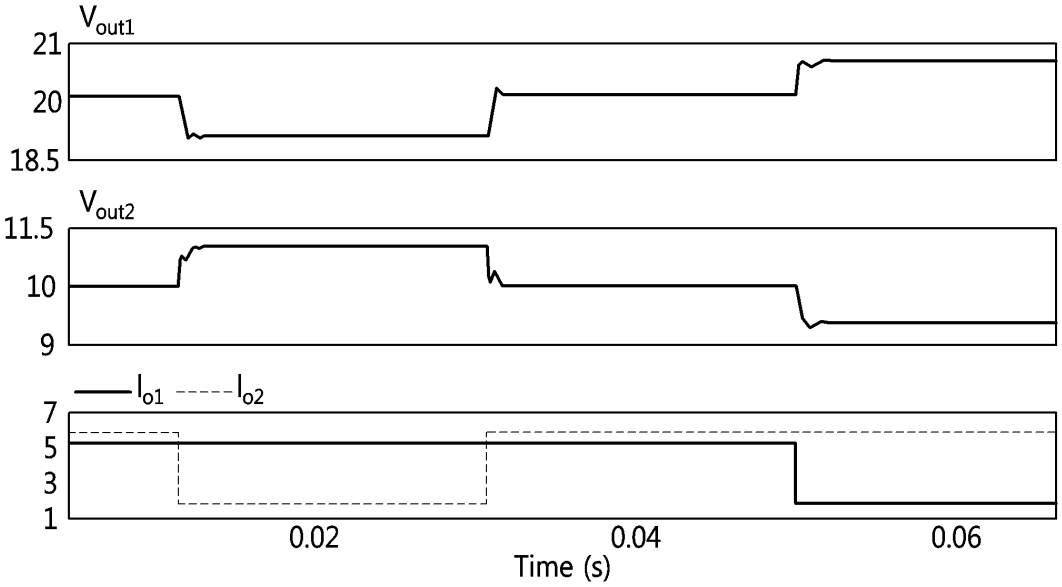
[0059] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

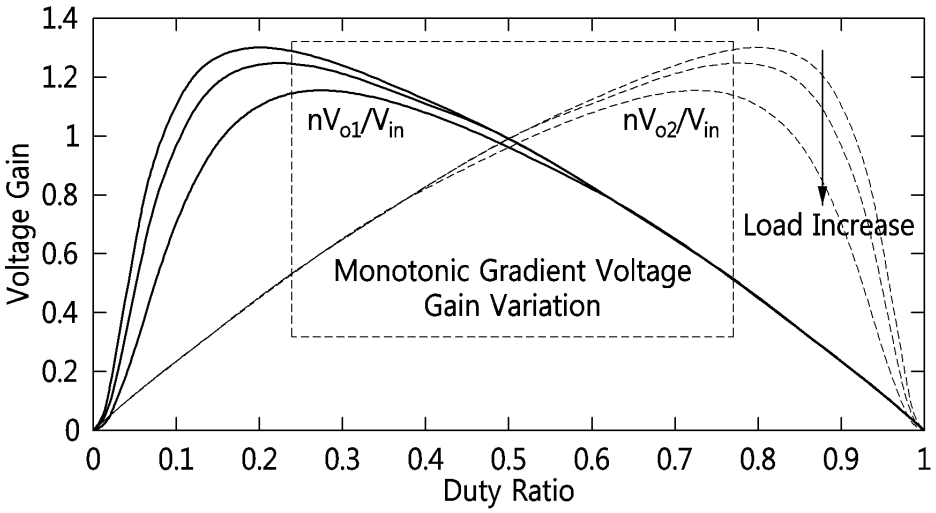
도면1



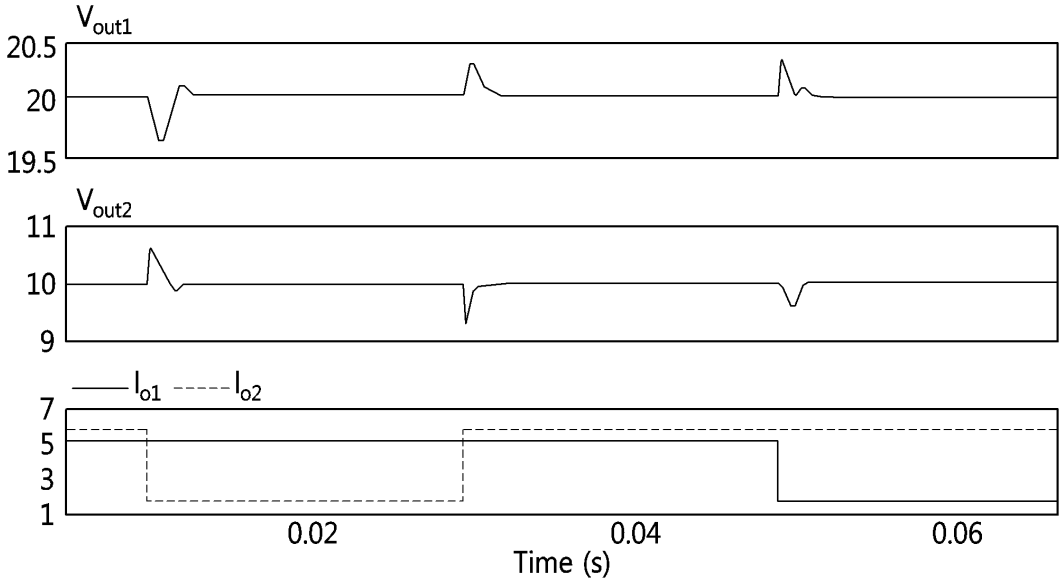
도면2


Vout1
21
20
18.5
Vout2
11.5
10
9
Io1
Io2
7
5
3
1
0.02
0.04
0.06
Time (s)

도면3


1.4
1.2
1
0.8
0.6
0.4
0.2
0
Voltage Gain
nVo1/Vin
nVo2/Vin
Load Increase
Monotonic Gradient Voltage
Gain Variation
0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
Duty Ratio

도면4



도면5

Specification	PFM 제어		PFM, APWM 제어	
출력 부하 조건	I_{out1} = 1A I_{out2} = 7A	I_{out1} = 6A I_{out2} = 1A	I_{out1} = 1A I_{out2} = 7A	I_{out1} = 6A I_{out2} = 1A
출력 전압 오차	V_{o1} = 5% V_{o2} = 9%	V_{o1} = 6.1% V_{o2} = 8.8%	V_{o1} = 0.25% V_{o2} = 0.3%	V_{o1} = 0.25% V_{o2} = 0.3%