(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년10월24일
(11) 등록번호 10-1911642
(24) 등록일자 2018년10월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02M 3/335 (2006.01) *H02M 1/00* (2007.01)
H02M 1/08 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02M 3/335 (2013.01)
H02M 1/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0099402
(22) 출원일자 2017년08월07일
심사청구일자 2017년08월07일
(56) 선행기술조사문헌
JH. Jung et al. "PWM and PFM hybrid control method for LLC resonant converters in high switching frequency operation". IEEE. 2017.
(뒷면에 계속)

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

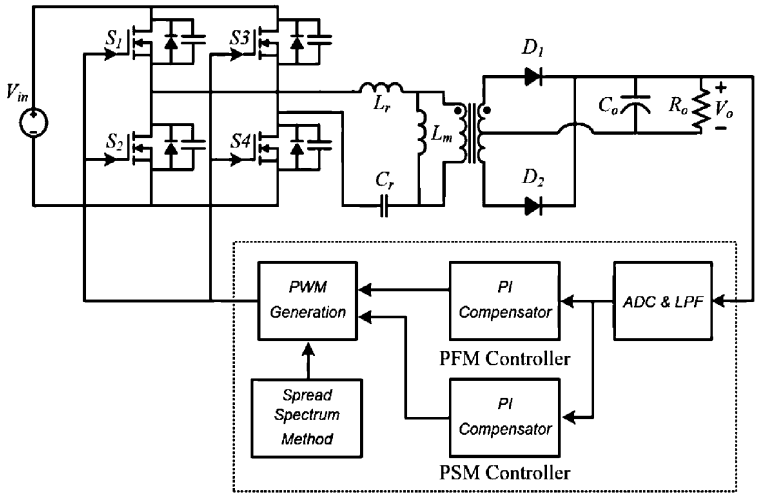
전체 청구항 수 : 총 16 항 심사관 : 남배인

(54) 발명의 명칭 **스프레드 스펙트럼을 사용하는 공진형 컨버터의 출력 전압 제어 방법 및 장치**

(57) 요 약

일실시예에서, 1차 측 회로가 풀 브릿지를 포함하는 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법은, 2차 측 회로의 출력 전압을 센싱하는 단계, 상기 출력 전압에 기초하여 PFM(Pulse Frequency Modulation) 방식에 따른 제1 PI (Proportional-Integral) 보상 신호를 생성하는 단계, 상기 출력 전압에 기초하여 PSM(Phase Shift Modulation) 방식에 따른 제2 PI 보상 신호를 생성하는 단계, 스프레드 스펙트럼 제어 신호를 생성하는 단계, 및 상기 제1 PI 보상 신호, 상기 제2 PI 보상 신호 및 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호에 기초하여 1차 측 회로의 스위칭 소자를 제어하는 스위칭 신호를 생성하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도7



(52) CPC특허분류
H02M 2001/0003 (2013.01)
Y02B 70/1433 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
US20110299302 A1
A. Majid et al. "EMI Suppression in high Frequency Half Bridge Converter". IEEE. 2013.
KR101659729 B1
H. Jin et al. "The Study of Reducing EMI in Power Electronics Converters Using SSFM Control Techniques". CEEM. 2006.

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2016R1A2B4011934
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

1차 측 회로가 풀 브릿지를 포함하는 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 있어서,

2차 측 회로의 출력 전압을 센싱하는 단계;

상기 출력 전압에 기초하여 PFM(Pulse Frequency Modulation) 방식에 따른 제1 PI (Proportional-Integral) 보상 신호를 생성하는 단계;

상기 출력 전압에 기초하여 PSM(Phase Shift Modulation) 방식에 따른 제2 PI 보상 신호를 생성하는 단계;

스프레드 스펙트럼 제어 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제1 PI 보상 신호, 상기 제2 PI 보상 신호 및 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호에 기초하여 1차 측 회로의 스위칭 소자를 제어하는 스위칭 신호를 생성하는 단계

를 포함하는, LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 주파수의 평균 값을 조절하기 위한 파라미터인,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제2 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 유효 듀티(effective duty)를 조절하기 위한 파라미터인,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호는 트라이앵귤러 변조(triangular modulation), 사인곡선 변조(sinusoidal modulation) 및 허쉬 키스 변조(Hershey Kiss modulation) 중 적어도 하나에 의해 생성되는,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 LLC 공진형 컨버터의 전체 전압 이득은 상기 PFM 방식에 따른 전압 이득과 상기 PSM 방식에 따른 전압 이득의 곱인,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 6

1차 측 회로가 풀 브릿지를 포함하는 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 있어서,

2차 측 회로의 출력 전압을 센싱하는 단계;

상기 출력 전압에 기초하여 PFM을 위한 제1 PI 보상 신호를 생성하는 단계;

상기 출력 전압에 기초하여 APWM(Asymmetric Pulse Width Modulation)을 위한 제2 PI 보상 신호를 생성하는 단계;

스프레드 스펙트럼 제어 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제1 PI 보상 신호, 상기 제2 PI 보상 신호 및 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호에 기초하여 1차 측 회로의 스위칭 소자를 제어하는 스위칭 신호를 생성하는 단계

를 포함하는, LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 제1 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 주파수의 평균 값을 조절하기 위한 파라미터인,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 제2 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 듀티 비(duty ratio)를 조절하기 위한 파라미터인,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호는 트라이앵귤러 변조, 사인곡선 변조 및 허쉬 키스 변조 중 적어도 하나에 의해 생성되는,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 LLC 공진형 컨버터의 전체 전압 이득은 상기 PFM 방식에 따른 전압 이득과 상기 APWM 방식에 따른 전압 이득의 곱인,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 11

1차 측 회로가 비대칭 하프 브릿지를 포함하는 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 있어서,

2차 측 회로의 출력 전압을 센싱하는 단계;

상기 출력 전압에 기초하여 PFM을 위한 제1 PI 보상 신호를 생성하는 단계;

상기 출력 전압에 기초하여 APWM을 위한 제2 PI 보상 신호를 생성하는 단계;

스프레드 스펙트럼 제어 신호를 생성하는 단계; 및

상기 제1 PI 보상 신호, 상기 제2 PI 보상 신호 및 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호에 기초하여 1차 측 회로의 스위칭 소자를 제어하는 스위칭 신호를 생성하는 단계

를 포함하는, LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 주파수의 평균 값을 조절하기 위한 파라미터인,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 제2 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 듀티 비(duty ratio)를 조절하기 위한 파라미터인,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호는 트라이앵귤러 변조, 사인곡선 변조 및 허쉬 키스 변조 중 적어도 하나에 의해 생성되는,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 LLC 공진형 컨버터의 전체 전압 이득은 상기 PFM 방식에 따른 전압 이득과 상기 APWM 방식에 따른 전압 이득의 곱인,

LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법.

청구항 16

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법을 실행하는 프로그램을 수록한 컴퓨터 판독 가능한 기록 매체.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 공진형 컨버터의 출력전압을 제어하는 장치 및 방법에 연관되며, 보다 구체적으로는 스프레드 스펙트럼 기술을 사용하는 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법 및 장치에 연관된다.

배 경 기 술

[0003] LLC 공진형 컨버터는 DC-DC 직렬 공진형 컨버터 중의 하나로서, 기존의 하드 스위칭 PWM(Pulse Width Modulation) 컨버터 및 비대칭 하프 브릿지 컨버터에 비해 작은 순환 에너지와 작은 턴 오프 스위칭 손실을 가지고 경부하 시에도 소프트 스위칭을 유지할 수 있어 효율이 높다. 뿐만 아니라, 스위칭 손실이 낮은 소프트 스위칭에 의해 주파수를 높여도 상대적으로 높은 효율과 높은 전력 밀도를 얻을 수 있다.

[0004] 전자 제품이 시장에 출시되기 위하여는 EMI(Electromagnetic Interference) 규격을 만족해야 하며, EMI를 줄이기 위한 하나의 방법으로서 스위칭 주파수를 흔들어서 EMI를 다른 주파수로 분산시키는 스프레드 스펙트럼 기술이 사용되는 예가 있다.

[0005] 그러나, LLC 공진형 컨버터에 스프레드 스펙트럼 기술을 적용하는 경우 컨버터의 출력 전압 리플이 과도하게 커지는 문제가 발생할 수 있으며 이는 전력 변환 품질의 저하로 이어질 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 일측에 따르면, 1차 측 회로가 풀 브릿지를 포함하는 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법은, 2차 측 회로의 출력 전압을 센싱하는 단계, 상기 출력 전압에 기초하여 PFM(Pulse Frequency Modulation) 방식에 따른 제1 PI (Proportional-Integral) 보상 신호를 생성하는 단계, 상기 출력 전압에 기초하여 PSM(Phase Shift Modulation) 방식에 따른 제2 PI 보상 신호를 생성하는 단계, 스프레드 스펙트럼 제어 신호를 생성하는 단계, 및 상기 제1 PI 보상 신호, 상기 제2 PI 보상 신호 및 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호에 기초하여 1차 측 회로의 스위칭 소자를 제어하는 스위칭 신호를 생성하는 단계를 포함한다.

[0008] 일실시예에서, 상기 제1 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 주파수의 평균 값을 조절하기 위한 파라미터이다.

[0009] 일실시예에서, 상기 제2 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 유효 듀티(effective duty)를 조절하기 위한 파라미터이다.

[0010] 일실시예에서, 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호는 트라이앵귤러 변조(triangular modulation), 사인곡선 변조(sinusoidal modulation) 및 허쉬 키스 변조(Hershey Kiss modulation) 중 적어도 하나에 의해 생성된다.

[0011] 일실시예에서, 상기 LLC 공진형 컨버터의 전체 전압 이득은 상기 PFM 방식에 따른 전압 이득과 상기 PSM 방식에 따른 전압 이득의 곱이다.

[0012] 다른 일측에 따르면, 1차 측 회로가 풀 브릿지를 포함하는 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법은, 2차 측 회로의 출력 전압을 센싱하는 단계, 상기 출력 전압에 기초하여 PFM을 위한 제1 PI 보상 신호를 생성하는 단계, 상기 출력 전압에 기초하여 APWM(Asymmetric Pulse Width Modulation)을 위한 제2 PI 보상 신호를 생성하는 단계, 스프레드 스펙트럼 제어 신호를 생성하는 단계, 및 상기 제1 PI 보상 신호, 상기 제2 PI 보상 신호 및 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호에 기초하여 1차 측 회로의 스위칭 소자를 제어하는 스위칭 신호를 생성하는 단계를 포함한다.

[0013] 일실시예에서, 상기 제1 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 주파수의 평균 값을 조절하기 위한 파라미터이다.

[0014] 일실시예에서, 상기 제2 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 듀티 비(duty ratio)를 조절하기 위한 파라미터이다.

[0015] 일실시예에서, 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호는 트라이앵귤러 변조, 사인곡선 변조 및 허쉬 키스 변조 중 적어도 하나에 의해 생성된다.

[0016] 일실시예에서, 상기 LLC 공진형 컨버터의 전체 전압 이득은 상기 PFM 방식에 따른 전압 이득과 상기 APWM 방식에 따른 전압 이득의 곱이다.

[0017] 다른 일측에 따르면, 1차 측 회로가 비대칭 하프 브릿지를 포함하는 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법은, 2차 측 회로의 출력 전압을 센싱하는 단계, 상기 출력 전압에 기초하여 PFM을 위한 제1 PI 보상 신호를 생성하는 단계, 상기 출력 전압에 기초하여 APWM을 위한 제2 PI 보상 신호를 생성하는 단계, 스프레드 스펙트럼 제어 신호를 생성하는 단계, 및 상기 제1 PI 보상 신호, 상기 제2 PI 보상 신호 및 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호에 기초하여 1차 측 회로의 스위칭 소자를 제어하는 스위칭 신호를 생성하는 단계를 포함한다.

[0018] 일실시예에서, 상기 제1 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 주파수의 평균 값을 조절하기 위한 파라미터이다.

[0019] 일실시예에서, 상기 제2 PI 보상 신호는 상기 출력 전압의 듀티 비(duty ratio)를 조절하기 위한 파라미터이다.

[0020] 일실시예에서, 상기 스프레드 스펙트럼 제어 신호는 트라이앵귤러 변조, 사인곡선 변조 및 허쉬 키스 변조 중 적어도 하나에 의해 생성된다.

[0021] 일실시예에서, 상기 LLC 공진형 컨버터의 전체 전압 이득은 상기 PFM 방식에 따른 전압 이득과 상기 APWM 방식에 따른 전압 이득의 곱이다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 2는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 3은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

도 4는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

도 5는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

도 6은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

도 7은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 8은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다.

도 9는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 10은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

도 12는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

도 13은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

도 14는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 실시예들에 대한 특정한 구조적 또는 기능적 설명들은 단지 예시를 위한 목적으로 개시된 것으로서, 다양한 형태로 변경되어 실시될 수 있다. 따라서, 실시예들은 특정한 개시형태로 한정되는 것이 아니며, 본 명세서의 범위는 기술적 사상에 포함되는 변경, 균등물, 또는 대체물을 포함한다.

[0025] 제1 또는 제2 등의 용어를 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 이런 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 해석되어야 한다. 예를 들어, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.

[0026] 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 있다고 언급된 때에는, 그 다른 구성요소에 직접적으로 연결되어 있거나 또는 접속되어 있을 수도 있지만, 중간에 다른 구성요소가 존재할 수도 있다고 이해되어야 할 것이다.

[0027] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 설명된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함으로 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0028] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 본 명세서에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0029] 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.

[0031] 도 1은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터는 1차 측 회로에 풀 브릿지를 구비하고 있다.

[0032] 일실시예에서, 1차 측 회로의 풀 브릿지는 4개의 스위치(S1, S2, S3, S4)를 포함할 수 있다. PFM(Pulse Frequency Modulation) 방식에 따라 제어되는 LLC 공진형 컨버터는 1차 측 스위치의 동작 주파수를 제어하여 원하는 전압 이득을 구현할 수 있다.

[0033] 구체적으로, ADC(Analog-Digital Converter)를 통해 센싱된 출력 전압을 레퍼런스 전압과 비교하여 오차에 기초하여 PI 보상 신호를 생성하고 이를 통해 1차 측 스위치의 동작 주파수를 제어할 수 있다.

[0034] 도 1의 LLC 공진형 컨버터와 같은 구조에 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용하여 EMI를 억제시키고자 하는 경우, 주파수 대역 확산으로 인하여 출력 전압 리플이 과도하게 커지는 현상이 발생할 수 있다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위한 효과적인 제어 방법이 요구된다. 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용하는 경우의 출력 전압 제어 방법에 대하여는 아래에서 더 자세하게 설명된다.

[0036] 도 2는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터는 1차 측 회로에 비대칭(asymmetric) 하프 브릿지를 구비하고 있다.

[0037] 일실시예에서, 1차 측 회로의 비대칭 하프 브릿지는 2개의 스위치(S1, S2)를 포함할 수 있다. 도 1의 LLC 공진형 컨버터와 마찬가지로, PFM 방식에 따라 제어되는 LLC 공진형 컨버터는 1차 측 스위치의 동작 주파수를 제어하여 원하는 전압 이득을 구현할 수 있다.

[0038] 도 2의 LLC 공진형 컨버터와 같은 구조에 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용하여 EMI를 억제시키고자 하는 경우에도, 주파수 대역 확산으로 인하여 출력 전압 리플이 과도하게 커지는 현상이 발생할 수 있다. 따라서, 이러한 문제를 해결하기 위한 효과적인 제어 방법이 요구된다. 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용하는 경우의 출력 전압 제어 방법에 대하여는 아래에서 더 자세하게 설명된다.

[0040] 도 3 및 도 4는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

[0041] 구체적으로, 도 3에는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터에 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용하지 않은 경우의 EMI(310)를 모의 측정한 결과가 예시적으로 도시된다. 그래프에 나타난 것처럼, 주파수 대역에 따라서는 EMI 규격의 일례인 CISPR 25(320)를 초과하는 EMI가 측정될 수 있다.

[0042] 한편, 도 4에는 도 3과 동일한 LLC 공진형 컨버터에 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용한 경우의 EMI(410)를 모의 측정한 결과가 예시적으로 도시된다. 스프레드 스펙트럼 제어 기법은 스위칭 주파수를 흔들어서 EMI가 다른 주파수로 분산되도록 하는 방식을 의미한다. 그래프를 살펴보면, 동작 주파수의 흔들림으로 인하여 EMI 역시 흔들리는 주파수로 분산되는 것을 알 수 있다. 또한, 모든 주파수 대역에서 CISPR 25(420)를 초과하지 않고 기준을 만족한다는 것을 알 수 있다.

[0043] 도3 및 도 4의 차이를 통해 쉽게 확인할 수 있는 바와 같이, LLC 공진형 컨버터에 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용하는 경우 EMI를 개선시킬 수 있다. 다만, 스프레드 스펙트럼을 적용하는 경우 주파수의 변동에 따라 LLC 공진형 컨버터의 전압 이득도 변동되기 때문에, 결과적으로 출력 전압 리플이 과도하게 커지는 현상이 발생할 수 있다.

[0045] 도 5 및 도 6은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

[0046] 구체적으로, 도 5에는 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터에 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용하지 않은 경우의 출력 전압을 모의 측정한 결과가 예시적으로 도시된다. 또한, 도 6에는 도 5와 동일한 LLC 공진형 컨버터에 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용한 경우의 출력 전압을 모의 측정한 결과가 예시적으로 도시된다.

[0047] 도 6의 출력 전압 리플은 도 5의 출력 전압 리플에 비하여 수치 상으로 6배 이상의 규모를 가진다는 것을 확인할 수 있다. 즉, 스프레드 스펙트럼 제어 기법의 적용으로 인하여 출력 전압 리플이 매우 커지게 되므로, 일반적인 PFM 방식에 따른 제어만으로는 전력 변환 품질의 저하를 피하기 어려울 수 있다.

[0049] 도 7은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터는 1차 측 회로에 풀 브릿지를 구비하고 있다.

[0050] 도 7의 LLC 공진형 컨버터는 도 1의 LLC 공진형 컨버터와 유사한 구조를 가지지만, 1차 측 스위칭 신호를 생성할 때 스프레드 스펙트럼 제어 기법이 추가적으로 적용된다.

[0051] 다만, 단순히 스프레드 스펙트럼 제어 기법만을 추가 적용한다면 위에서 설명된 바와 같이 출력 전압 리플이 커지는 문제를 해결할 수 없기 때문에, PFM 방식에 따른 제어에 PSM(Phase Shift Modulation) 방식에 따른 제어가 추가적으로 적용된다. 즉, PFM 방식과 PSM 방식에 따른 PI 제어가 동시에 사용될 수 있다.

[0052] 1차 측 회로에 풀 브릿지를 구비한 LLC 공진형 컨버터의 경우 PSM 방식 대신 APWM(Asymmetric Pulse Width Modulation) 방식을 이용하여 전압 이득을 보상하는 제어 방법도 선택될 수 있다. 즉, PFM 방식과 APWM 방식에 따른 PI 제어가 동시에 사용될 수 있다.

[0053] 구체적인 제어 방법과 제어 성능에 대하여는 아래에서 도 9 내지 도 14를 참조하여 추가적으로 설명된다.

[0055] 도 8은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 일부를 예시적으로 보여주는 도면이다. 도 8에 도시된 바와 같이, 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터는 1차 측 회로에 비대칭 하프 브릿지를 구비하고 있다.

[0056] 도 8의 LLC 공진형 컨버터는 도 2의 LLC 공진형 컨버터와 유사한 구조를 가지지만, 1차 측 스위칭 신호를 생성할 때 스프레드 스펙트럼 제어 기법이 추가적으로 적용된다.

[0057] 이 경우에도 스프레드 스펙트럼 제어 기법만을 추가 적용한다면 출력 전압 리플이 커지는 문제를 해결할 수 없기 때문에, PFM 방식에 따른 제어에 APWM 방식에 따른 제어가 추가적으로 적용된다. 즉, PFM 방식과 APWM 방식에 따른 PI 제어가 동시에 사용될 수 있다.

[0058] 구체적인 제어 방법과 제어 성능에 대하여는 아래에서 도 9 내지 도 14를 참조하여 추가적으로 설명된다.

[0060] 도 9 및 도 10은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법을 설명하기 위한 도면이다.

[0061] 위의 도 7 및 도 8에서 적용하기 위한 스프레드 스펙트럼 제어 신호는 트라이앵귤러 변조(Triangular Modulation), 사인곡선 변조(Sinusoidal Modulation), 허쉬 키스 변조(Hershey Kiss modulation), 카오틱 변조(Chaotic Modulation), 및 랜덤 변조(Random Modulation) 방식 등을 사용하여 생성될 수 있다. 스프레드 스펙트럼 제어 신호를 생성하기 위한 변조 방식은 임의의 적합한 변조 방식으로 선택될 수 있으며, 특정한 변조 방식에 종속되지 않는다. 또한, 스프레드 스펙트럼 제어 신호의 생성은 예를 들어 C 코드와 같은 임의의 적합한 형식을 통해 구현될 수 있다.

[0062] 도 9는 트라이앵귤러 변조 방식을 이용하여 생성된 스프레드 스펙트럼 제어 신호를 사용한 LLC 공진형 컨버터의 동작 주파수 및 출력 전압을 보여준다. 평균적인 동작 주파수는 PFM에 의해 결정되지만, 실시간으로 변동되는 순간 동작 주파수는 트라이앵귤러 변조 방식을 이용하여 생성된 스프레드 스펙트럼 제어 신호에 의존하여 결정되는 것을 확인할 수 있다.

[0063] 한편, 도 10은 스위칭 주파수에 따른 LLC 공진형 컨버터의 전압 이득을 보여주는데, 동작 주파수의 변동에 따라 출력 전압이 변동된다는 것을 확인할 수 있다. 따라서, 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 적용한 LLC 공진형 컨버터는 PFM 방식만으로는 정상적으로 출력 전압 제어를 할 수 없다. PFM 방식을 통해 동작 주파수의 평균 값을 제어할 수 있지만 순간 동작 주파수가 흔들리는 것을 보상하지 못하기 때문이다.

[0064] 일실시예에서, 1차 측 회로가 풀 브릿지로 구성된 LLC 공진형 컨버터의 경우 PSM 방식을 추가적으로 사용하여 출력 전압을 보상하는 방법이 선택될 수 있다. PSM 방식이 추가적으로 사용되는 경우의 전압 이득은 도 11과 같이 나타낼 수 있다.

[0065] 도 11의 유효 듀티(effective duty)가 PSM 방식에 의한 제어 요소이고, 위상이 시프트 될수록 유효 듀티가 줄어들어 전압 이득 또한 감소한다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 특성을 이용하여, LLC 공진형 컨버터의 전체 전압 이득이 PFM 방식에 따른 전압 이득과 PSM 방식에 따른 전압 이득의 곱이 되도록 설계하여 출력 전압을 제어할 수 있다.

[0066] 일실시예에서, 1차 측 회로가 비대칭 하프 브릿지로 구성된 LLC 공진형 컨버터의 경우 APWM 방식을 추가적으로 사용하여 출력 전압을 보상하는 방법이 선택될 수 있다. APWM 방식이 추가적으로 사용되는 경우의 전압 이득은 도 14와 같이 나타낼 수 있다.

[0067] 도 14를 살펴보면, 듀티 비에 따라 전압 이득의 변동이 일어나는 것을 확인할 수 있다. 이러한 특성을 이용하여, LLC 공진형 컨버터의 전체 전압 이득이 PFM 방식에 따른 전압 이득과 APWM 방식에 따른 전압 이득의 곱이 되도록 설계하여 출력 전압을 제어할 수 있다.

[0069] 도 12 및 도 13은 일실시예에 따른 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 방법에 따르는 경우의 제어 성능을 설명하기 위한 그래프이다.

[0070] 도 12에는 1차 측 회로가 풀 브릿지로 구성된 LLC 공진형 컨버터에 PFM 방식과 PSM 방식에 따른 PI 제어가 동시에 사용된 경우의 EMI(1210)를 모의 측정한 결과가 예시적으로 도시된다. 그래프를 살펴보면, 동작 주파수의

흔들림으로 인하여 EMI 역시 흔들리는 주파수로 분산되는 것을 알 수 있으며, 모든 주파수 대역에서 CISPR 25(1220)를 초과하지 않고 기준을 만족한다는 것을 알 수 있다.

[0071] 또한, 도 13에는 1차 측 회로가 풀 브릿지로 구성된 LLC 공진형 컨버터에 PFM 방식과 PSM 방식에 따른 PI 제어가 동시에 사용된 경우의 출력 전압을 모의 측정한 결과가 예시적으로 도시된다. 도 13의 출력 전압 리플은 도 6의 출력 전압 리플에 비하여 매우 작은 규모를 가진다는 것을 확인할 수 있다. 즉, PSM 방식에 따른 제어를 통해 스프레드 스펙트럼 제어 기법의 적용으로 인하여 출력 전압 리플이 매우 커지는 현상을 방지할 수 있게 된다.

[0072] 구체적인 시뮬레이션 결과로서, 아래의 표 1 및 표 2는 1차 측 회로가 풀 브릿지로 구성된 LLC 공진형 컨버터에 스프레드 스펙트럼 사용 여부와 제어 방식을 변경하면서 출력 전압 변동 폭과 EMI 피크 값을 모의 측정한 결과를 보여준다.

표 1

[0074]

스프레드 스펙트럼 사용 여부	제어 방식	출력 전압 변동 폭
X	PFM	0.25 V
O	PFM	1.51 V
O	PFM & PSM	0.4 V
O	PFM & APWM	1.4 V

표 2

[0076]

스프레드 스펙트럼 사용 여부	제어 방식	EMI 피크 값
X	PFM	78.72 dBuV
O	PFM	65.48 dBuV
O	PFM & PSM	64.48 dBuV
O	PFM & APWM	64 dBuV

[0078] 표 1에서 확인할 수 있는 것처럼, 스프레드 스펙트럼이 적용되더라도 PSM 방식 또는 APWM 방식을 추가적으로 이용하는 제어 기법을 통해 스프레드 스펙트럼이 적용되지 않는 경우에 비하여 출력 전압 리플이 크게 증가하지 않고 일정한 수준으로 유지되도록 제어할 수 있다. 또한, 표 2에 나타나는 것처럼 스프레드 스펙트럼 적용 시 EMI 피크 값을 효과적으로 감소시킬 수 있다.

[0079] 이상에서 설명된 바와 같이, 제안되는 실시예에 따라 LLC 공진형 컨버터의 출력 전압을 제어하는 경우 스프레드 스펙트럼 제어 기법을 통해 EMI 성능을 개선하면서도 출력 전압 리플이 크게 증가하지 않도록 하여 전력 변환 품질의 저하를 방지할 수 있다.

[0081] 이상에서 설명된 실시예들은 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치, 방법 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPGA(field programmable gate 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.

[0082] 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

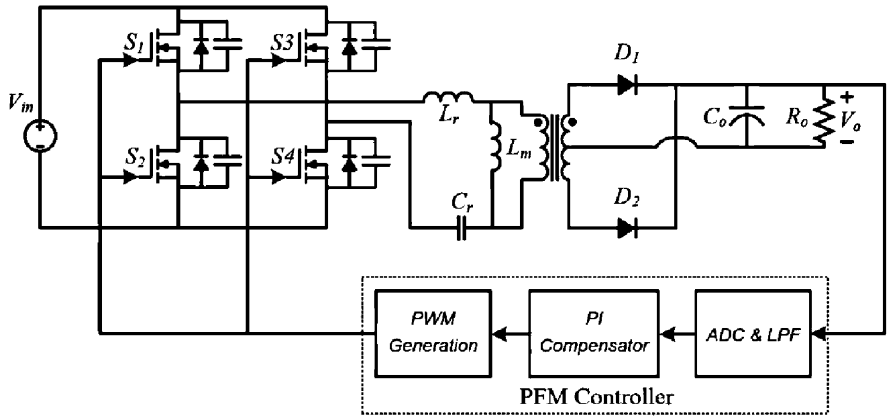
장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embody)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0083] 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.

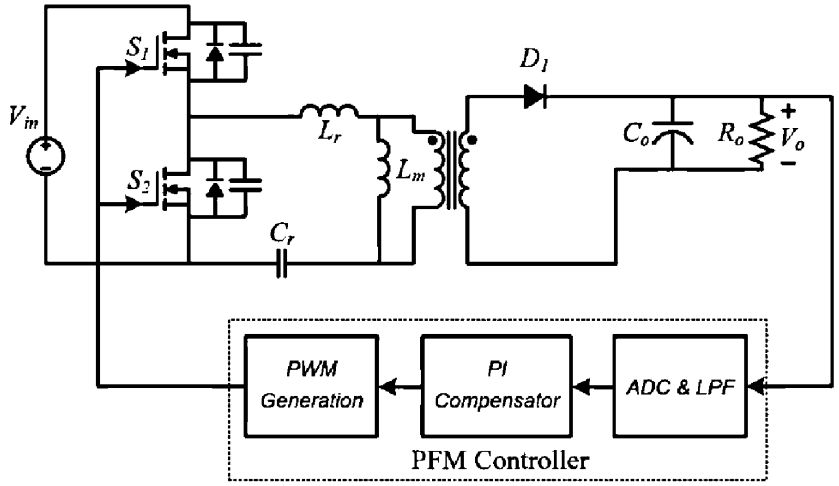
[0084] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다. 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

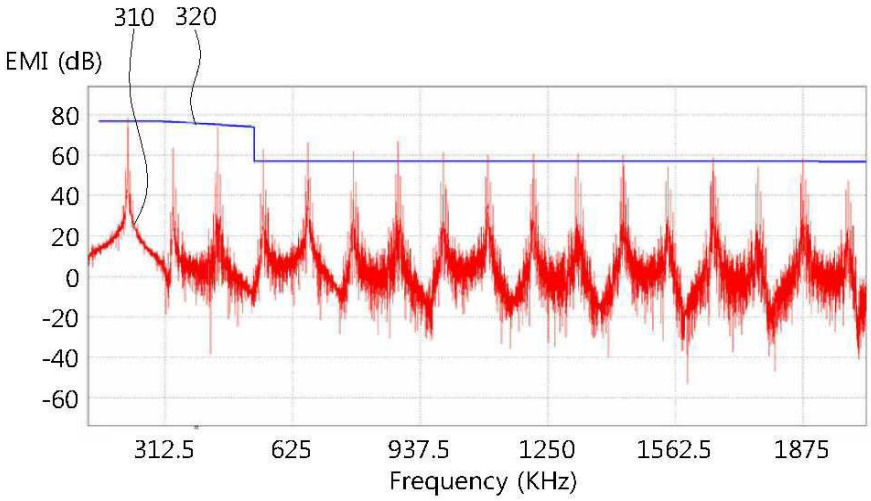
도면1



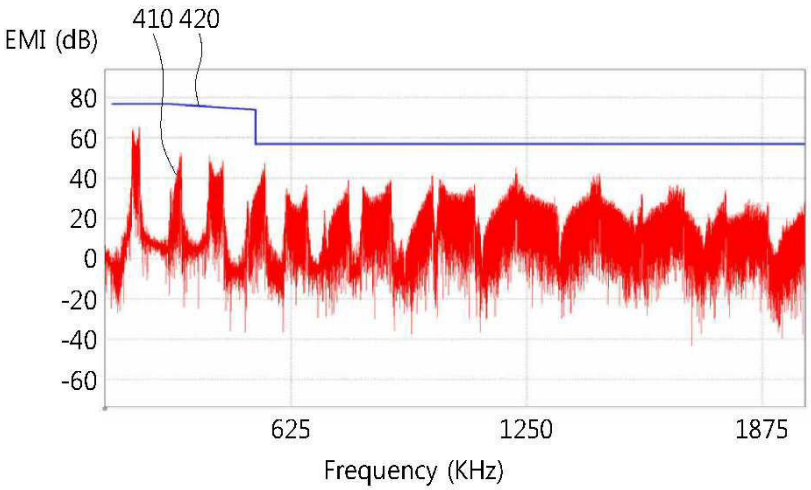
도면2


V_{in}
S_1
S_2
L_r
L_m
C_r
D_1
C_o
R_o
V_o
PWM Generation
PI Compensator
ADC & LPF
PFM Controller

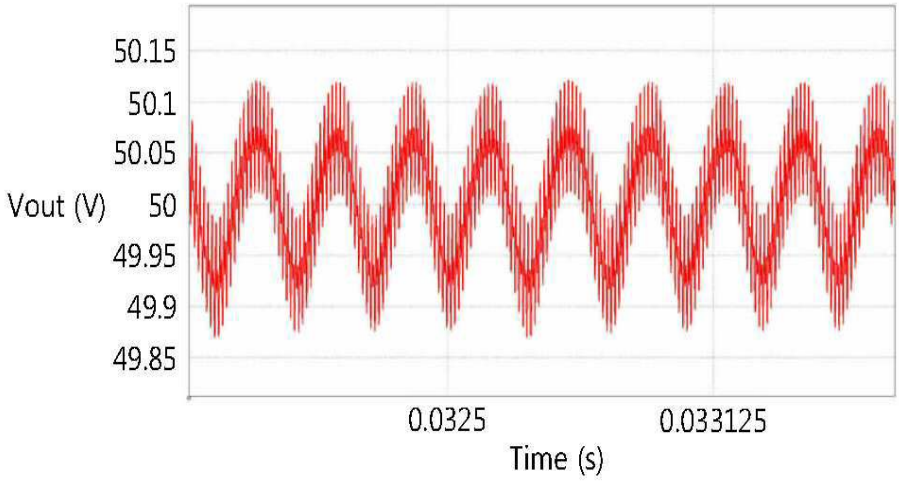
도면3


310
320
EMI (dB)
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
312.5
625
937.5
1250
1562.5
1875
Frequency (KHz)

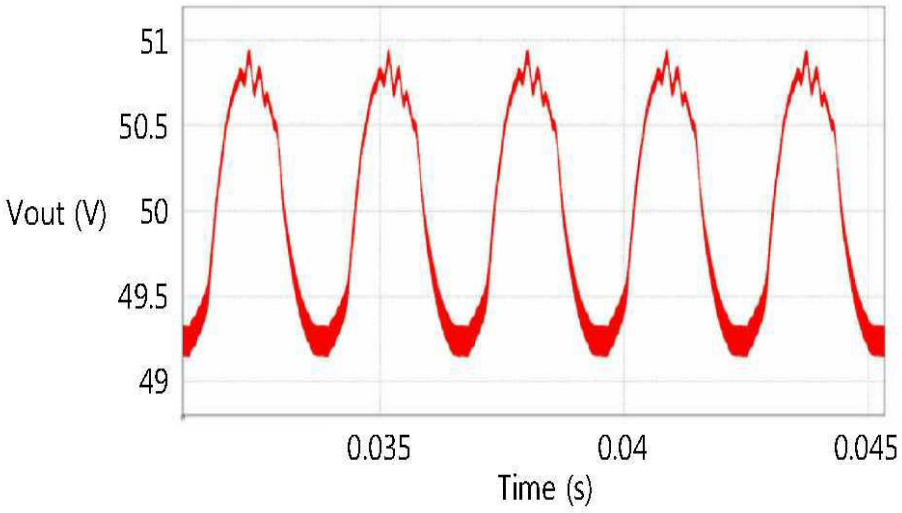
도면4


410
420
EMI (dB)
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
625
1250
1875
Frequency (KHz)

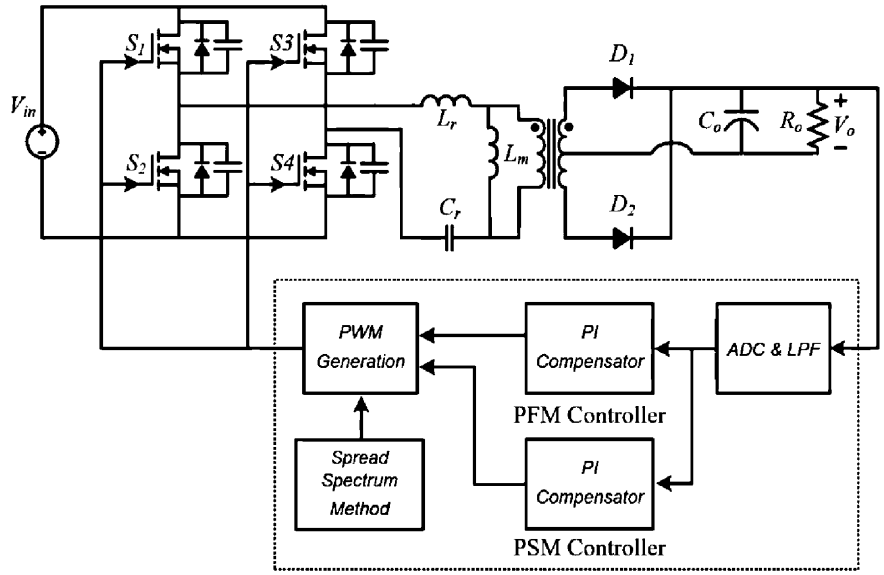
도면5


50.15
50.1
50.05
Vout (V) 50
49.95
49.9
49.85
0.0325
0.033125
Time (s)

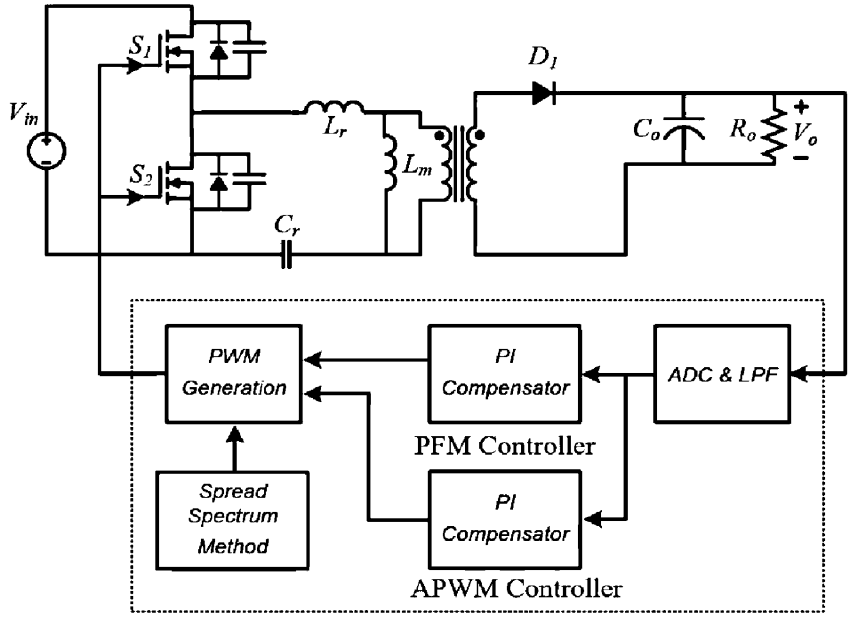
도면6


51
50.5
Vout (V) 50
49.5
49
0.035
0.04
0.045
Time (s)

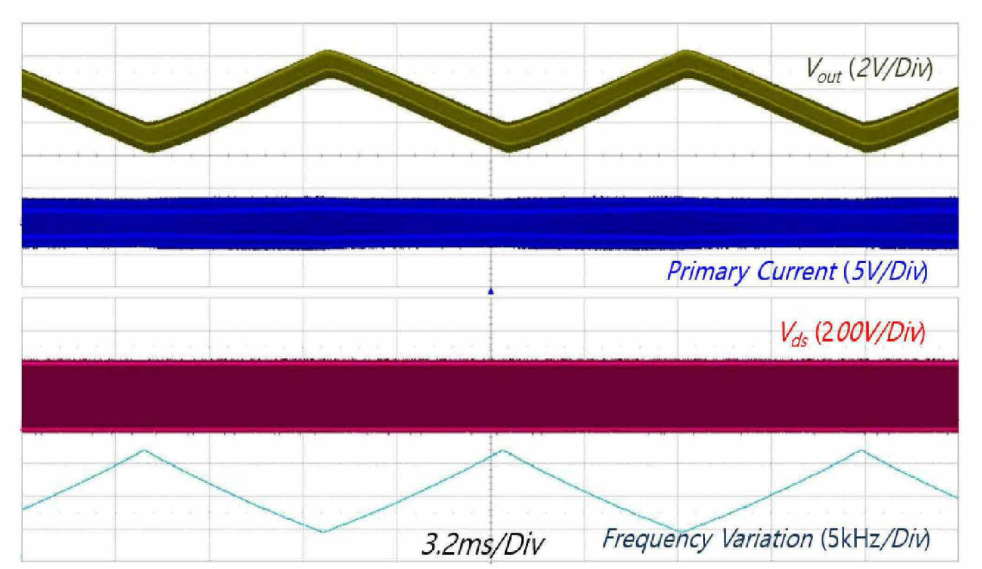
도면7


V_{in}
S_1
$S3$
S_2
$S4$
L_r
L_m
C_r
D_1
D_2
C_o
R_o
V_o
PWM Generation
PI Compensator
ADC & LPF
PFM Controller
Spread Spectrum Method
PI Compensator
PSM Controller

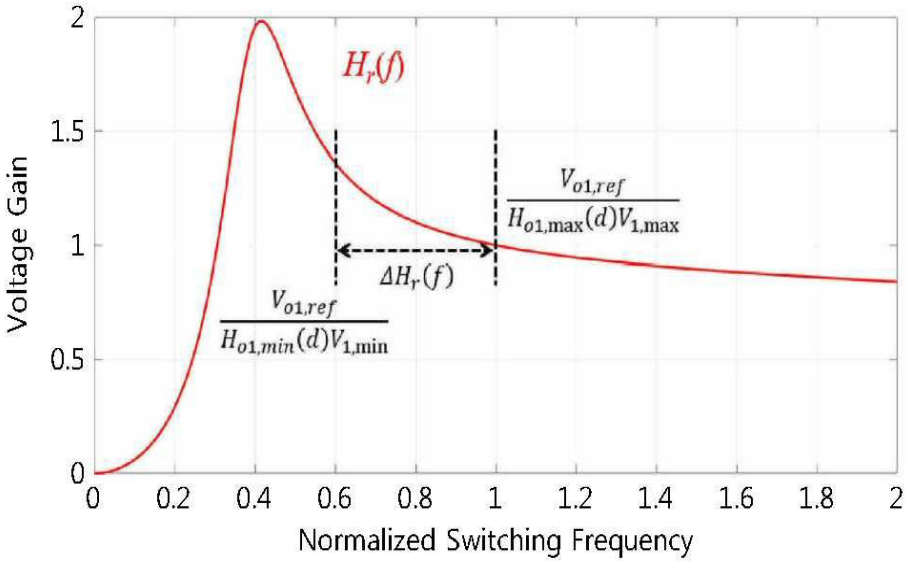
도면8


V_{in}
S_1
S_2
L_r
L_m
C_r
D_1
C_o
R_o
V_o
PWM Generation
PI Compensator
ADC & LPF
PFM Controller
Spread Spectrum Method
PI Compensator
APWM Controller

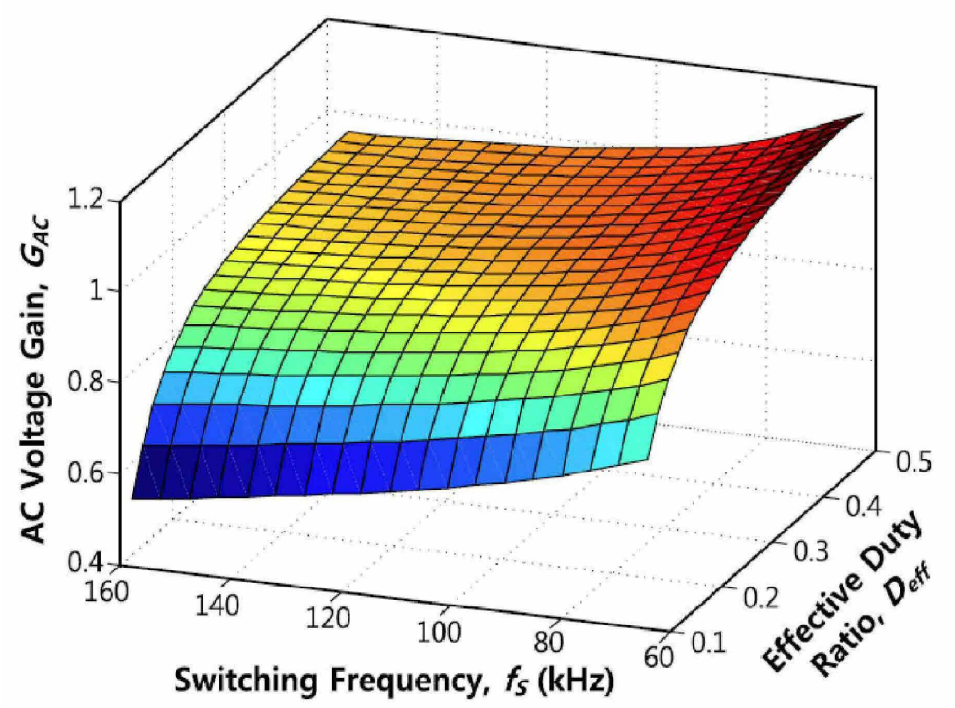
도면9


V_{out} (2V/Div)
Primary Current (5V/Div)
V_{ds} (200V/Div)
3.2ms/Div
Frequency Variation (5kHz/Div)

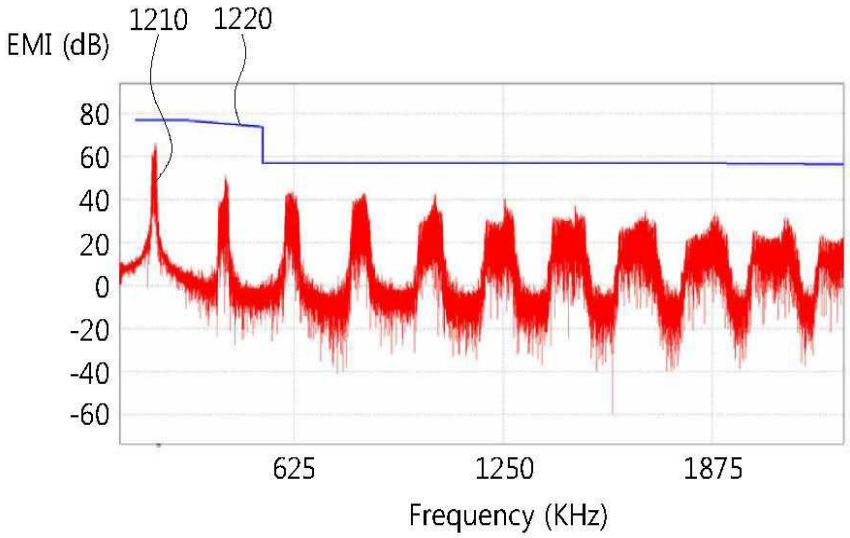
도면10


$H_r(f)$
$\frac{V_{o1,ref}}{H_{o1,\max}(d)V_{1,\max}}$
$\Delta H_r(f)$
$\frac{V_{o1,ref}}{H_{o1,min}(d)V_{1,\min}}$
Voltage Gain
Normalized Switching Frequency
0
0.5
1
1.5
2
0.2
0.4
0.6
0.8
1.2
1.4
1.6
1.8

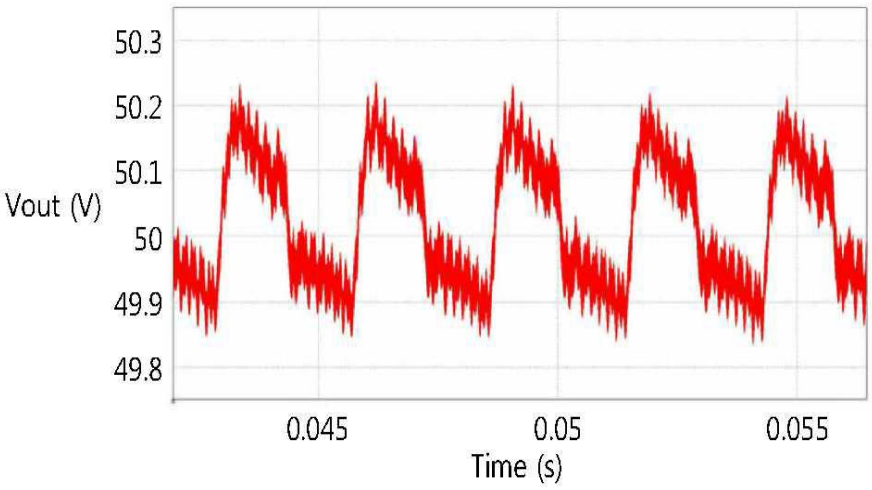
도면11


AC Voltage Gain, G_{AC}
1.2
1
0.8
0.6
0.4
160
140
120
100
80
60
Switching Frequency, f_S (kHz)
0.1
0.2
0.3
0.4
0.5
Effective Duty Ratio, D_{eff}

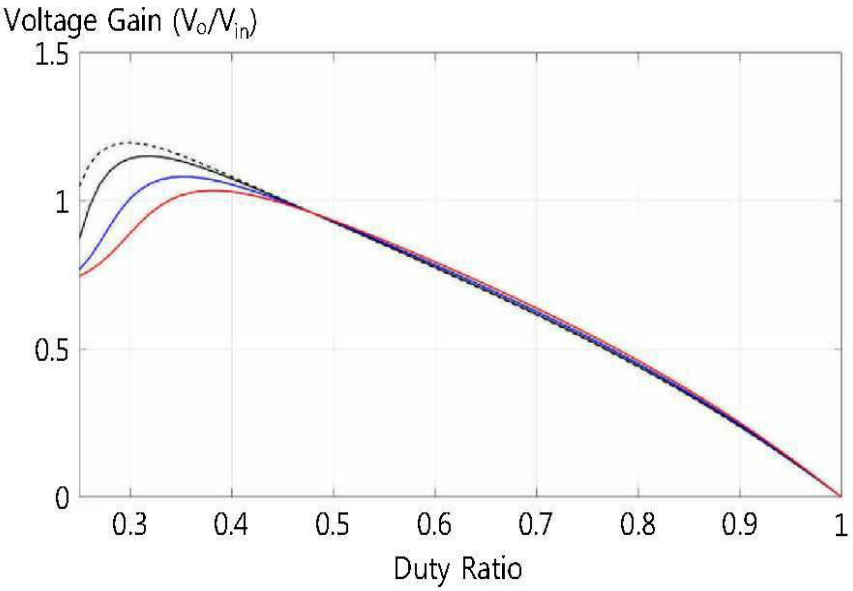
도면12


EMI (dB)
1210
1220
80
60
40
20
0
-20
-40
-60
625
1250
1875
Frequency (KHz)

도면13


50.3
50.2
50.1
50
49.9
49.8
Vout (V)
0.045
0.05
0.055
Time (s)

도면14


Voltage Gain (Vo/Vin)
1.5
1
0.5
0
0.3
0.4
0.5
0.6
0.7
0.8
0.9
1
Duty Ratio