(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년02월22일
(11) 등록번호 10-1015471
(24) 등록일자 2011년02월10일

(51) Int. Cl.
G01R 19/165 (2006.01) *H02M 1/00* (2007.01)
(21) 출원번호 10-2009-0117290
(22) 출원일자 2009년11월30일
심사청구일자 2009년11월30일
(56) 선행기술조사문헌
JP2000193687 A*
KR1020090021672 A
JP2000074951 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
경상대학교산학협력단
경상남도 진주시 가좌동 900
(72) 발명자
정세교
경상남도 진주시 가좌동 제일풍경채아파트 105동 1201호
(74) 대리인
김종선, 이현수, 김태헌, 정홍식

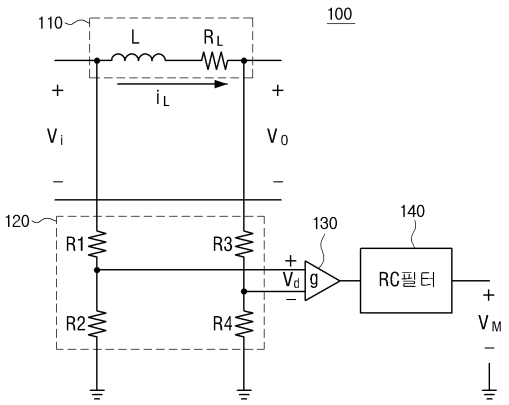
전체 청구항 수 : 총 5 항 심사관 : 김주식

(54) 전류측정회로 및 이를 이용한 전력변환장치

(57) 요 약

인덕터의 전류측정회로가 개시된다. 전류측정회로는, 인덕터부, 인덕터부 양단에 인가되는 전압을 감쇄시키기 위한 전압 강하부 및 전압 강하부에 의해 감쇄된 전압을 검출하기 위한 전압 검출부를 포함한다. 이에 따라 이를 이용하는 전력변환장치의 성능을 개선하고 가격을 절감할 수 있게 된다.

대 표 도 - 도3



특허청구의 범위

청구항 1

인덕터부;

상기 인덕터부 양단에 인가되는 공통 모드 전압을 감쇄시키기 위한 전압 강하부; 및

상기 전압 강하부에 의해 감쇄된 전압을 검출하기 위한 전압 검출부;를 포함하며,

상기 전압 강하부는,

상기 인덕터부에 병렬로 연결된 복수 개의 저항으로 구성되는 전압분배회로이며,

상기 전압분배회로는,

상기 인덕터부 양단 전압을 상기 복수 개의 저항에 따른 인덕터 양단의 전압값에 의해 결정되는 전압 감쇄비만큼 감쇄시키는 것을 특징으로 하는 전류측정회로.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 전압 검출부에 의해 검출된 전압을 전류값으로 환산하기 위한 필터부;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 전류측정회로.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 전압 검출부는,

두 입력 신호의 전압차를 증폭하는 차동 증폭기로 구현되는 것을 특징으로 하는 전류측정회로.

청구항 4

삭제

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 필터부는,

저항 및 커패시터로 구성되는 RC 필터인 것을 특징으로 하는 전류측정회로.

청구항 6

제1항, 제2항, 제3항 또는 제5항 중 어느 한 항에 따른 전류측정회로를 구비한 전력변환장치.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전류측정회로 및 이를 이용한 전력변환장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 높은 공통 모드 전압을 갖는 전력변환장치에서 인덕터 전류를 측정할 수 있는 전류측정회로 및 이를 이용한 전력변환장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 스위칭 전력 변환장치에서 인덕터의 전류 제어를 하려면 전류센서가 필요하며, 전력 변환장치의 효율향상을 위해서는 전력손실이 적고 간단한 전류 센싱 방법이 필요하다. 일반적으로 인덕터 전류센싱을 위해서는 션트

(Shunt)저항이나 변압기(transformer)를 사용하는 방법이 가장 많이 이용된다. 하지만 션트 저항을 이용한 방법은 저항에서 전력손실이 발생해 문제가 발생한다. 그리고 변압기를 이용한 전류센싱방법은 무손실 전류 측정방법이지만, 변압기의 리셋 회로가 필요하기 때문에 전류센싱회로가 복잡해진다.

[0003] DCR 기법은 이러한 문제점을 해결하는 방법 중 하나로 측정회로가 간단하고 값이 싸며 전력 손실이 거의 없어 실제 응용분야에 많이 사용된다. 그러나 부스트 PFC 컨버터와 같이 높은 공통모드 전압을 가지는 컨버터의 경우 연산증폭기의 공통모드 전압 범위를 넘어서기 때문에 구현이 불가능하다.

[0004] 도 1은 종래 기술에 의한 인덕터 전류측정회로의 구성도이다.

[0005] 도 1에 도시된 바와 같이 종래의 전류측정회로는, 인덕터(L)와 등가저항(RL)과 병렬로 연결된 저항(Rs)와 커패시터(Cs), 커패시터 양단전압을 측정하여 적절한 배율로 증폭하는 증폭기(g)로 구성된다.

[0006] 이하에서, 도 1에 도시된 전류측정회로의 작용, 동작에 대해 상세히 설명하도록 한다.

[0007] 도 1에 도시된 바와 같이, 인덕터(L)에 흐르는 전류(i_L)에 의해 인덕터(L)와 등가저항(R_L) 양단에 인가되는 전압(V_L)은 수학식 1과 같다.

수학식 1

[0008] $$V_L=(R_L+sL)I_L$$

[0009] 한편, 인덕터(L)와 등가저항(R_L)에 병렬로 연결된 저항(Rs)와 커패시터(Cs)회로에서 커패시터(Cs) 양단에 인가되는 전압은 수학식 2와 같다.

수학식 2

[0010] $$V_C=\frac{1/sC_s}{R+1/sC_s}V_L=\frac{1+s(\frac{L}{R_L})}{1+sR_sC_s}R_LI_L$$

[0011] 수학식 2로부터 일 경우, $\frac{L}{R_L}=R_SC_S$ 인 경우 $V_C=R_LI_L$ 이 된다. 따라서, $\frac{L}{R_L}=R_SC_S$ 조건을 만족하도록 저항(Rs)와 커패시터(Cs) 값을 설정해 주면 커패시터(Cs) 양단전압(Vc)은 인덕터 전류(iL)과 비례하는 관계를 가지게 된다. 이러한 방법으로 얻어진 커패시터 양단전압(Vc)을, 적절한 이득을 가진 증폭기(g)를 이용하여 크기를 변환하면, 증폭기 출력전압(V_{M1})은 인덕터(L)에 흐르는 전류의 측정 값으로 사용할 수 있다.

[0012] 상술한 전류측정방법은 인덕터에 직렬로 직접 저항을 삽입하여 전류를 측정하는 방법에 비해 전력손실이 매우 작다는 장점이 있다. 그러나, 역률보정회로와 같이 도 1의 입력 (Vi)또는 출력전압(Vo)이 높은 경우, 인덕터 양단전압(V_L)은 낮지만 회로의 공통모드전압은 매우 높아지게 된다.

[0013] 한편, 현재 사용되는 증폭기(g)는 대부분 수 십 볼트 정도의 낮은 공통모드 전압에서 동작한다. 그러나 역률보정회로의 경우 400V 정도의 높은 공통모드 전압을 가지므로 도 1의 회로를 적용할 경우 증폭기가 파손되므로 적용이 불가능하다.

[0014] 도 2는 종래 기술에 의한 역률보정회로에서 사용되는 전류측정회로의 구성을 나타내는 도면이다.

[0015] 도 2에 도시된 바와 같이, 종래의 역률보정회로의 인덕터 전류측정회로는 높은 공통모드 전압에서도 전류 측정이 가능하도록 전류측정용 변압기(T_1)과, 2차측 전류를 전압으로 변환하는 저항(R_T), 그리고 RC 필터(21)로 구성된다.

[0016] 도 2에서 도시된 역률보정회로에서 전류 측정 동작을 설명하면 다음과 같다.

[0017] 변압기(T_1)의 2차 측에 흐르는 전류에 비례하는 전류가 흐르게 되며 저항 R_T에서 이를 전압으로 변환하게 된다. 이 전압은 펄스 형태로 구성되어 있으므로 RC 필터(21)에서 평활화된다. 평활화된 출력전압(V_{M2})는 인덕터에 흐르는 전류와 비례하는 파형을 가지게 된다. 그러나 도 2의 방법은 변압기가 사용되어 회로가 복잡하고, 인덕터 전류를 직접 측정하는 것이 아니라 스위치(M)의 전류를 이용하므로 정확도가 떨어지는 문제점이 있다.

발명의 내용

[0018] 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위한 것으로, 본 발명의 목적은 높은 공토모드 전압을 갖는 전력변환장치에서 인덕터 전류를 측정할 수 있는 전류측정회로를 제공함에 있다.

[0019] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시 예에 따른 전류측정회로는 인덕터부, 상기 인덕터부 양단에 인가되는 전압을 감쇄시키기 위한 전압 강하부 및 상기 전압 강하부에 의해 감쇄된 전압을 검출하기 위한 전압 검출부를 포함한다.

[0020] 또한, 상기 전압 검출부에 의해 검출된 전압을 전류값으로 환산하기 위한 필터부를 더 포함할 수 있다.

[0021] 이 경우 상기 전압 검출부는, 두 입력 신호의 전압차를 증폭하는 차동 증폭기로 구현될 수 있다.

[0022] 또한, 상기 전압 강하부는, 상기 인덕터부에 병렬로 연결된 복수 개의 저항으로 구성되는 전압분배회로가 될 수 있다.

[0023] 또한, 상기 필터부는, 저항 및 커패시터로 구성되는 RC 필터가 될 수 있다.

[0024] 한편, 상술한 실시 예에 따른 전류측정회로를 구비한 전력변환장치를 제공할 수 있다.

[0025] 이에 따라 낮은 공통모드에서만 사용되던 인덕터 전류측정회로를 개선하여 높은 공통모드전압에서 동작이 가능하고, 간단하고 저가의 인덕터 전류측정회로를 구성할 수 있게 된다. 이에 따라 전력변환장치의 성능향상과 가격절감을 이룰 수 있게 된다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0026] 이하에서, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0027] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전류측정회로의 구성을 나타내는 회로도이다.

[0028] 도 3에 따르면 본 전류측정회로는 인덕터부(110), 전압 강하부(120), 전압 검출부(130) 및 필터부(140)를 포함한다.

[0029] 본 전류측정회로(100)는 가전기기, 컴퓨터 및 통신용 전원장치와 같은 전력변환장치의 주요 구성품으로 사용되는 인덕터에 흐르는 전류를 측정하기 위해 이용될 수 있다. 전력변환장치에서 인덕터에 흐르는 전류를 원하는 값으로 제어하기 위해서는 인덕터 전류의 측정하기 위한 회로가 필요하다.

[0030] 본 전류측정회로(100)는 인덕터의 전류측정방법 중 인덕터의 등가직렬저항(R_L)을 이용하여 전류를 측정하는 DCR 기법을 적용할 수 있다. 여기서, DCR 기법이란, 인덕터의 시정수와 동일한 시정수를 갖는 R-C 값을 사용하여 인덕터 전류를 측정하는 방법이다.

[0031] 본 전류측정회로(100)는 DCR을 이용한 전류측정방법에 전압분배회로를 추가한 것으로, 인덕터 양단에 각기 큰 저항값으로 인덕터 양단의 전압을 분배하고, 분배된 전압을 차등증폭을 거쳐 인덕터의 R-L값과 R-C의 값을 일치시키는 방법을 사용할 수 있다. 따라서 공통모드전압도 인덕터 양단의 저항값에 비에 의해서 전압이 분배됨으로 공통모드 전압이 낮아지게 되어 DCR을 이용한 전류 측정방법이 가능해진다.

[0032] 인덕터부(110)는 인덕터(L)와 등가저항(R_L)으로 구현된다.

[0033] 전압 강하부(120)는 인덕터부(110) 양단에 인가되는 전압을 감쇄시키는 기능을 한다. 구체적으로, 전압 강하부(120)는 복수 개의 저항으로 구성되는 전압분배회로 형태로 구현될 수 있다. 전압 강하부(120)는 인덕터부(120)에 병렬로 연결될 수 있다.

[0034] 전압 검출부(130)는 전압 강하부(120)에 의해 감쇄된 전압을 검출하기 위한 기능을 할 수 있다. 구체적으로, 전압 검출부(130)는 /- 입력 단자의 전압차를 증폭하는 회로인 차동 증폭기(Differential Amplifier)로 구현될 수 있다. 차동 증폭기는 연산 증폭기나 Emitter coupled 논리 게이트의 입력단에 주로 쓰인다. 여기서, +/- 두 입

력 단자에 공통으로 인가되는 전압을 공통 모드 전압(common-mode voltage)라고 한다.

[0035] 필터부(140)는 전압 검출부(130)에 의해 검출된 전압을 전류값으로 환산하기 위한 기능을 수행할 수 있다. 구체적으로, 필터부(140)는 저항 및 커패시터로 구성되는 RC 필터로 구현될 수 있다.

[0036] 이하에서는, 도 3을 참조하여 본 전류측정회로(100)의 동작을 자세히 설명하도록 한다.

[0037] 도 3에 도시된 바와 같이, 인덕터(L)에 흐르는 전류(i_L)에 의해 인덕터(L)와 등가저항(R_L) 양단에 인가되는 전압(V_L)은 수학식 3과 같다.

수학식 3

[0038]
$$V_L=(R_L+sL)I_L$$

[0039] 한편, 인덕터(L)와 등가저항(R_L)에 병렬로 연결된 전압 강하부(120)의 출력전압(Vd)은 수학식 4와 같다.

수학식 4

[0040]
$$V_d=\frac{R_2}{R_1+R_2}V_i-\frac{R_4}{R_3+R_4}V_o$$

[0041] 수학식 4에서 *R1/R2=R3/R4* 라고 두면, 전압 강하부(120)의 출력전압(Vd)은 수학식 5과 같다.

수학식 5

[0042]
$$V_d=\frac{R_2}{R_1+R_2}(V_i-V_o)=\frac{R_2}{R_1+R_2}V_L$$

[0043] 따라서, 전압 강하부(120)는 인덕터부(110)의 양단 전압(V_L)을 전압감쇄비 R1/(R1+R2)만큼 강하시키는 역할을 한다.

[0044] 전압 강하부(120)에 의해 강하된 출력 전압 Vd이 차동 증폭기로 구현되는 전압 검출부(130)에 의해 증폭되고, 필터부(140)를 통과하면, 최종적인 출력전압 V_M은 수학식 6과 같다.

수학식 6

[0045]
$$V_M=\frac{1/sC_s}{R+1/sC_s}\left(\frac{R_1}{R_1+R_2}g\right)V_L=\frac{1+s\frac{L}{R_L}}{1+sR_sC_s}\left(\frac{R_1}{R_1+R_2}g\right)R_LI_L$$

[0046] 수학식 4로부터 $g=\frac{R_1+R_2}{R_2}$ 일 경우, 수학식 2를 참조하면, $V_M=R_LI_L$ 이 된다.

[0047] 따라서, 본 전류측정회로의 출력전압(V_M)은 인덕터 전류(i_L)와 비례하는 관계를 가지게 되며, 출력전압(V_M)을 측정하면 인덕터 전류(i_L)의 값을 알 수 있다.

[0048] 본 발명에서 고안된 도 3의 회로에서는 수학식 4에서 기술한 바와 같이 인덕터의 양단의 입력전압(Vi)와 출력전압(Vo) 값이 크더라도 전압 강하부(120)에서 저항비 또는 만큼 감쇄가 되므로 공통모드 전압이 낮은 차동증폭기를 이용하여 증폭할 수 있다. 따라서 종래의 전류측정회로와 달리 높은 공통모드 전압에서 동작이 가능하다.

[0049] 도 4는 도 3에 도시된 전류측정회로를 승압형 전력변환기에 적용한 예를 나타내는 도면이다.

[0050] 도 4에 도시된 바에 따르면, 도 3에 도시된 형태의 전류측정회로를 역률보정(Power Factor Correction;PFC) 회로에 사용되는 승압형 전력변환기(Boost converter)에 적용하는 경우, 변압기가 없이 간단하게 회로를 구성할 수 있고, 인덕터 전류를 직접 측정할 수 있게 된다.

[0051] 도 5는 도 3에 도시된 전류측정회로를 승압형(Boost) PFC 컨버터 회로에 적용된 일 예를 나타내는 도면이다.

[0052] 도 5에서는 전압 강하부(120)가 2개의 R1 저항과 두 개의 R2 저항으로 구성된 전압분배회로로 구현된 경우를 예를 들어 설명하도록 한다.

[0053] 도 5에 도시된 바에 따르면, 이득이 1인 경우(g=1), 전압분배회로에 의해 강하된 인덕터 전압은 수학식 7과 같다.

수학식 7

$$V_d = \frac{R_2}{R_1+R_2} V_i - \frac{R_1}{R_1+R_2} V_o = \frac{R_1}{R_1+R_2} V_L$$

[0054]

[0055] 이 경우, V_I는 수학식 8과 같다.

수학식 8

$$V_I = \frac{\frac{R_s}{sC_sR_s+1}}{R_G} V_d = \frac{R_S}{R_G} \frac{1}{1+sC_sR_s} V_d$$

[0056]

[0057] 수학식 8에 수학식 7과 수학식 1을 대입하여 정리하면 수학식 9와 같다.

수학식 9

$$V_I = \frac{R_1}{R_1+R_2} \frac{R_S}{R_G} \frac{1+s\frac{L}{R_L}}{1+sC_sR_s} R_L i_L$$

[0058]

[0059] 수학식 9에서 $R_SC_S=L/R_L$이 된다면 출력전압 V_L은 인덕터의 전류와 비례하는 값을 얻을 수 있게 된다.

[0060] 또한, 이 경우 공통 모드 전압 V'_{CM}은 수학식 10과 같다.

수학식 10

$$V_{CM}' = \frac{1}{2} \frac{R_1}{R_1+R_2} (V^+ + V^-) = \frac{1}{2} \frac{R_1}{R_1+R_2} V_{out}$$

[0061]

[0062] 즉, 공통모드 전압이 수학식 10과 같이 감소하므로 연산 증폭기를 구현할 수 있게 된다.

[0063] 도 6a 내지 8b은 제안된 전류측정방법의 효과를 검증하기 위해 부스트 PFC 컨버터를 구성하고 실험한 결과를 나타내는 도면들이다.

[0064] 한편, 실험과 시뮬레이션에 사용된 컨버터는 입력전압은 AC 60Hz 220V, 출력전압은 DC 380V 스위칭 주파수는 100kHz로 동작하는 컨버터이다.

[0065] 인덕턴스(L)와 등가직렬저항(R1)은 LCR미터기로 측정한 값이고, 컨버터의 전압분배 회로에서 R1과 R2의 저항값은 분배된 전압이 1/40이 되도록 정하였다.

[0066] 연산증폭기에 입력되는 최대의 공통모드 전압은 출력전압의 1/40인 9.5V이다. R_S/R_G 역시 증폭배율을 결정한다. R_S와 R_G의 저항값은 전압분배회로의 감소비율을 보상하기 위해서 40배 증폭되도록 저항값을 정하였다.

[0067] 최종적으로 출력되는 V_I는 인덕터에 흐르는 전류 값과 인덕터 등가 직렬저항과 곱으로 표현된다.

[0068] 상단의 파형은 인덕터에 흐르는 전류파형이고 하단에 있는 파형은 측정된 전류파형이다.

[0069] 도 6a 및 도 6b는 전체적인 PFC전류를 나타내고, 도 7a 및 도 7b는 도 6a 및 도 6b를 확대한 도면이다. 도 6a 내지 도 7b에 따르면 측정된 전류가 인덕터의 전류와 같음을 알 수 있다.

[0070] 도 8a 및 도 8b은 표 1에 나타난 파라미터로 직접 부스트 PFC 컨버터로 실험한 인덕터 전류 파형을 나타낸 것이며. 도 8a의 파형은 전류 프로브에서 측정한 전류파형이고, 도 8b의 파형은 측정된 전류파형이다.

[0071] 도 8a 및 도 8b에서 높은 공통모드를 가진 컨버터 회로에서 인덕터의 전류가 측정된 것을 확인할 수 있다.

[0072] 한편, 상술한 본 발명의 다양한 실시 예에 따른 전류측정회로는 역률보정(Power Factor Correction; PFC)회로, 승압형 컨버터(Boost converter), 가전기기 전원장치, 컴퓨터 및 서버 전원장치, 신재생 에너지 전력변환장치 등에 이용될 수 있다.

[0073] 상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 역률보정(PFC)회로와 같이 높은 공통모드전압을 가진 전력변환장치에서 간단하고 손실 없이 전류를 측정하는 방법을 제공할 수 있게 된다.

[0074] 이에 따라 기존 DCR을 이용한 전류측정방법에 전압분배회로를 추가하여 공통전압을 감소시킬 수 있게 되므로, 높은 공통모드 전압을 가진 전력변환장치에도 DCR을 이용한 방법이 적용 가능하게 된다. 따라서, 제안된 전류측정 기법은 높은 공통모드전압을 가진 여러 가지 전력변환 장치에서 전류 측정 방법으로 활용될 수 있을 것이다. 또한, 전류측정회로를 간단하게 구현할 수 있어 이를 이용하는 전력변환장치의 성능향상과 가격절감을 이룰 수 있다.

[0075] 또한, 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시 예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특정의 실시 예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안 될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0076] 도 1은 종래 기술에 의한 인덕터 전류측정회로의 구성도이다.

[0077] 도 2는 종래 기술에 의한 역률보정회로에서 사용되는 전류측정회로의 구성을 나타내는 도면이다.

[0078] 도 3은 본 발명의 일 실시 예에 따른 전류측정회로의 구성을 나타내는 회로도이다.

[0079] 도 4는 도 3에 도시된 전류측정회로를 승압형 전력변환기에 적용한 예를 나타내는 도면이다.

[0080] 도 5는 도 3에 도시된 전류측정회로를 부스트(Boost) PFC 컨버터 회로에 적용된 일 예를 나타내는 도면이다.

[0081] 도 6a 내지 8b은 제안된 전류측정방법의 효과를 검증하기 위해 부스트 PFC 컨버터를 구성하고 실험한 결과를 나타내는 도면들이다.

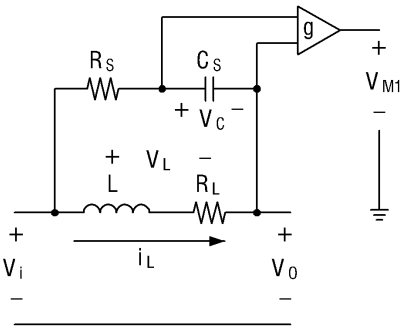
[0082] * 도면 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

[0083] 110 : 인덕터부 120 : 전압 강하부

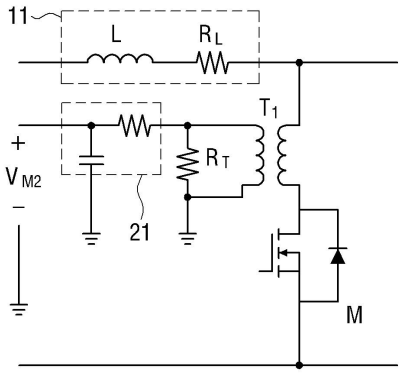
[0084] 130 : 전압 검출부 140 : 필터부

도면

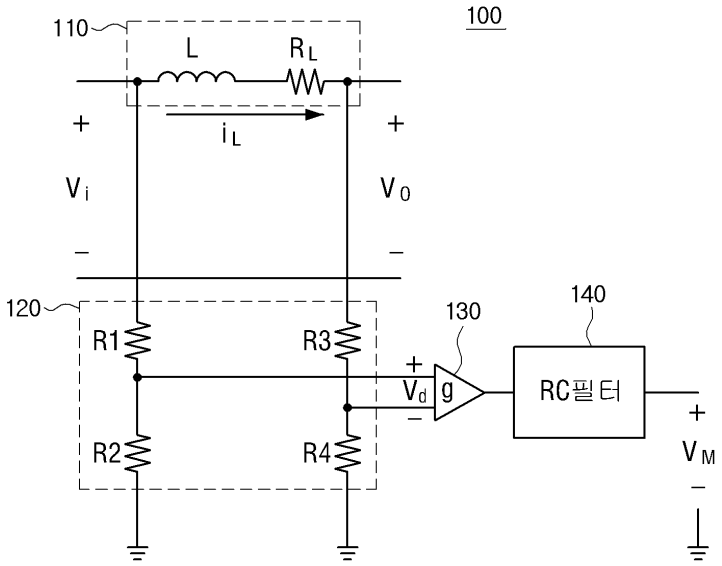
도면1



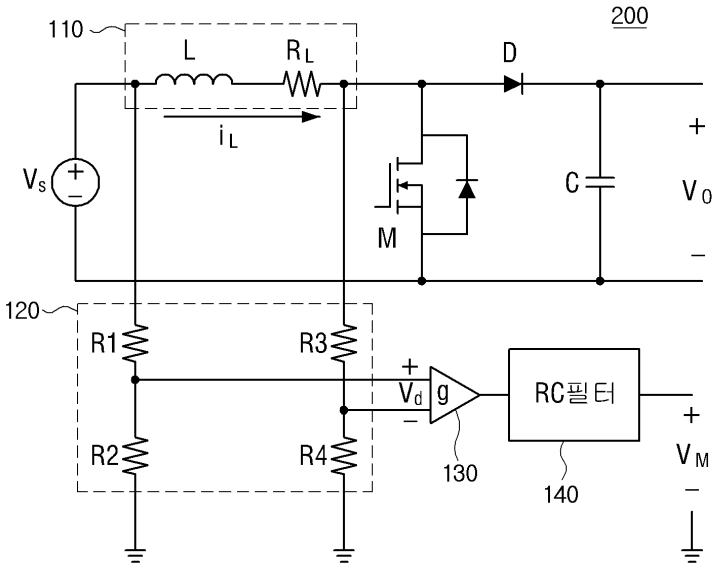
도면2



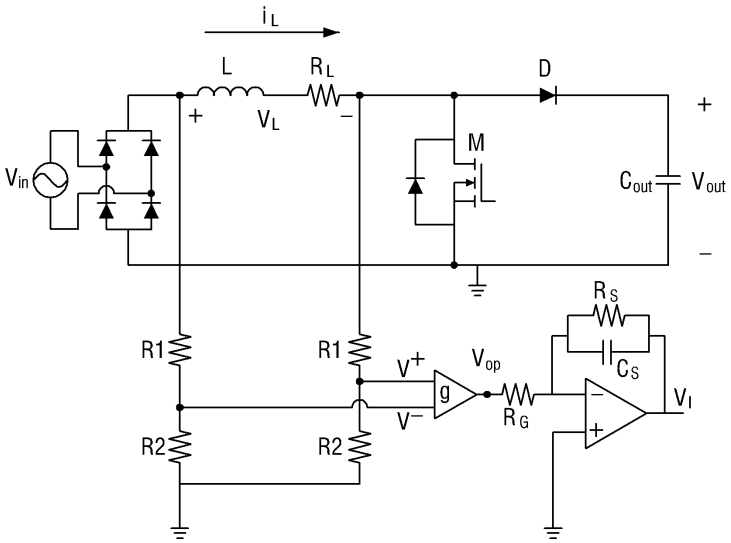
도면3


100
110
L
R_L
i_L
+
V_i
−
+
V_0
−
120
R1
R3
R2
R4
130
V_d
g
140
RC필터
+
V_M
−

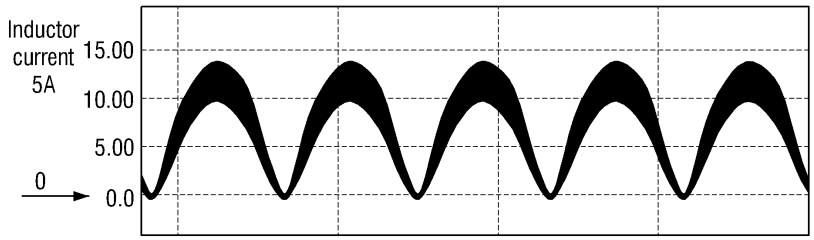
도면4


200
110
L
R_L
i_L
D
V_s
M
C
+
V_0
−
120
R1
R3
R2
R4
V_d
g
130
RC필터
140
+
V_M
−

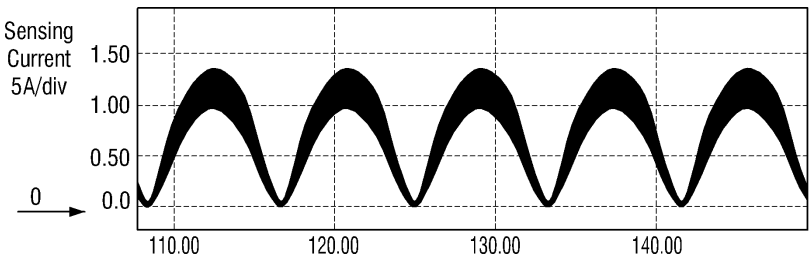
도면5



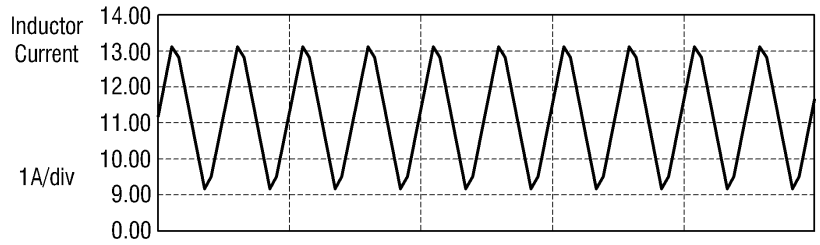
도면6a



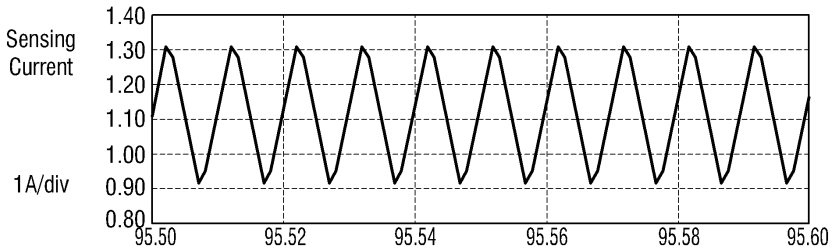
도면6b



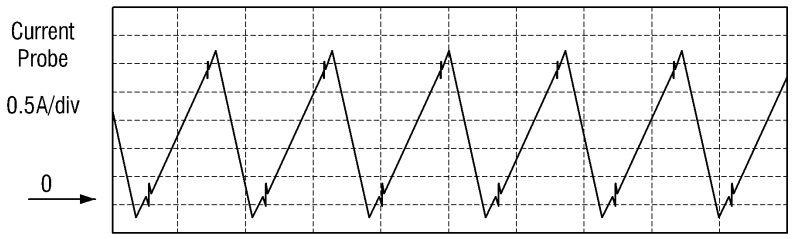
도면7a



도면7b



도면8a



도면8b

