(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0117558
(43) 공개일자 2014년10월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 19/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7022954
(22) 출원일자(국제) 2012년02월23일
심사청구일자 2014년08월18일
(85) 번역문제출일자 2014년08월18일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2012/054426
(87) 국제공개번호 WO 2013/125011
국제공개일자 2013년08월29일

(71) 출원인
도요타지도샤가부시키가이샤
일본 아이치켄 도요타시 도요타초 1
(72) 발명자
세오 유우스케
일본 4718571 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반치 도요타지도샤가부시키가이샤 내
도리이 가오루
일본 4718571 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반치 도요타지도샤가부시키가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
양영준, 성재동

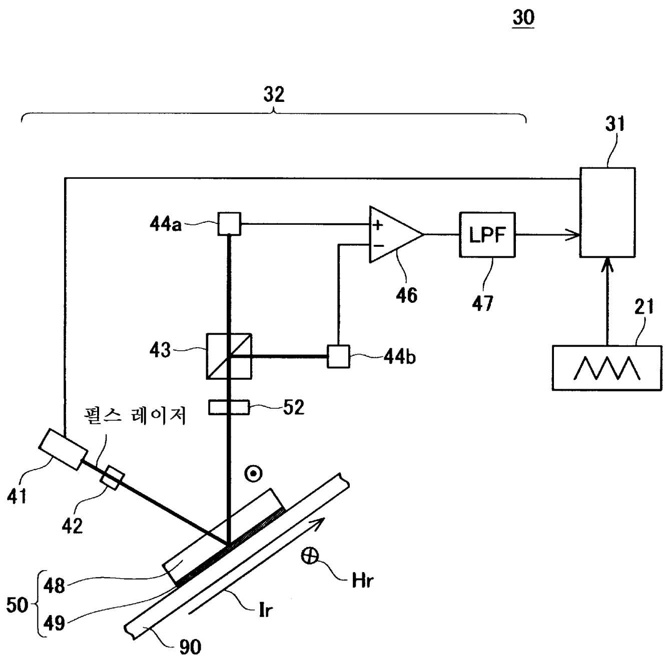
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 **전류 센서 및 전력 변환기**

(57) 요 약

스위칭 노이즈의 영향을 억제한 전류 계측 기술을 제공한다. 본 명세서가 개시하는 기술은, 스위칭 회로의 출력 전류를 계측하는 전류 센서이다. 전류 센서는, 전류의 계측 포인트에 배치한 자기 광학 소자와, 자기 광학 소자에 광을 조사하는 광원과, 자기 광학 소자의 투과광, 또는 반사광을 수신하는 광 수신기를 구비한다. 광원은, 스위칭 회로의 캐리어 신호에 동기하여 광을 조사한다. 캐리어 신호에 동기하여 광을 조사하고, 그 광으로 전류를 계측한다. 캐리어 신호에 동기시키므로, 캐리어 신호에 기초하여 생성되는 PWM 신호에 기인하는 스위칭 타이밍 이외에서 전류를 계측할 수 있다.

대 표 도 - 도2



(72) 발명자
히로세 겐타로오
일본 4718571 아이치켄 도요타시 도요타쵸 1반치 도요타지도샤가부시키가이샤 내
기쿠치 나오토
일본 4801192 아이치켄 나가쿠테시 요코미치 41반치노 1 가부시키가이샤 도요타 쥬우오오 겐큐우죠 내
다카기 겐이치
일본 4801192 아이치켄 나가쿠테시 요코미치 41반치노 1 가부시키가이샤 도요타 쥬우오오 겐큐우죠 내
모리야 가즈나리
일본 4801192 아이치켄 나가쿠테시 요코미치 41반치노 1 가부시키가이샤 도요타 쥬우오오 겐큐우죠 내

특허청구의 범위

청구항 1

스위칭 회로의 출력 전류를 계측하는 전류 센서이며,

전류의 계측 포인트에 배치한 자기 광학 소자와,

자기 광학 소자에 광을 조사하는 광원과,

자기 광학 소자의 투과광, 또는 반사광을 수신하는 광 수신기와,

수신한 광의 편광 상태로부터 계측 포인트에 있어서의 전류값을 산출하는 연산부를 구비하고 있고,

광원이, 스위칭 회로의 캐리어 신호에 동기하여 광을 조사하는 것을 특징으로 하는, 전류 센서.

청구항 2

제1항에 있어서, 광원은, 캐리어 신호의 피크 또는 보텀에 동기한 펄스 광을 조사하는 것을 특징으로 하는, 전류 센서.

청구항 3

제2항에 있어서, 광원은, 캐리어 신호의 피크 또는 보텀의 타이밍을 포함하는 펄스 광을 조사하는 것을 특징으로 하는, 전류 센서.

청구항 4

제3항에 있어서, 광원은, 캐리어 신호의 피크 또는 보텀의 타이밍을 중심으로 하는 펄스 광을 조사하는 것을 특징으로 하는, 전류 센서.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 기재된 스위칭 회로와 전류 센서를 구비한, 전력 변환기.

청구항 6

제5항의 전력 변환기이며, 하나의 캐리어 신호에 동기한 3개의 광원에 의해 UVW 3상의 출력 교류 전류를 계측하는 전류 센서를 구비한, 인버터.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 명세서가 개시하는 기술은, 스위칭 회로의 출력 전류의 계측에 적합한 전류 센서와, 그러한 전류 센서를 포함하는 전력 변환기에 관한 것이다. 본 명세서가 개시하는 전류 센서는, 자기 광학 소자(Magneto-Optical Crystal)를 이용한다.

배 경 기 술

[0002] 극히 단시간에 고정밀도로 전류를 계측하는 디바이스에, 자기 광학 소자를 사용한 전류 센서가 있다. 그 전류 센서는, 기본적으로, 전류의 계측 포인트에 배치한 자기 광학 소자와, 자기 광학 소자에 레이저를 조사하는 레이저광원과, 자기 광학 소자에 의한 반사 레이저(혹은, 투과 레이저)를 수신하는 레이저 수신기와, 수신한 레이저의 편광 상태로부터 계측 포인트에 있어서의 전류값을 산출하는 연산부로 구성되어 있다.

[0003] 자기 광학 소자는, 받고 있는 자계에 따라서 반사광 혹은 투과광의 편광 상태를 변화시키는 특정을 갖고 있다. 따라서, 전류가 발하는 자계 내에 자기 광학 소자를 배치하고, 그 자기 광학 소자에 레이저를 조사하여, 반사광(혹은 투과광)의 편광 상태로부터 전류의 크기를 구할 수 있다. 자기 광학 소자를 사용한 전류 센서는, 극히 단시간에 계측할 수 있는 것(주파수 대역이 넓은 것), 비침습인 것, 전자 노이즈에 강한 것, 등의 이점이 있다.

또한, 자계의 영향에 의해 투과광의 편광 상태가 변화되어, 편광면이 회전하는 현상은 패러데이 효과라 불리고, 반사광의 편광 상태가 변화되는 현상은 자기 광학 커 효과(Magneto-Optical Kerr Effect)라 불린다.

[0004] 예를 들어, 일본 특허 공개 평6-224727호 공보(특허문헌 1), 그러한 전류 센서의 적용예가 개시되어 있다. 또한, 일본 특허 출원 제2011-56473호(본원 출원시에는 미공개)에도, 그러한 전류 센서의 일례가 개시되어 있다. 특히, 특허문헌 1은, 전기 자동차나 철도의 인버터가 강한 전자 노이즈를 발생하는 것을 이유로, 인버터의 출력 교류 전류를 계측하는 전류 센서에 상기한 자기 광학 소자를 사용한 전류 센서를 적용하는 것을 제안하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 인버터에 한정되지 않고, 스위칭 회로를 포함하는 전력 변환기는, 스위칭 동작이 전자 노이즈의 원인 중 하나이다. 본 명세서가 개시하는 기술도, 자기 광학 소자를 이용한 전류 센서를 채용한다. 본 명세서가 개시하는 기술은, 스위칭 회로에 특유의 구성을 정교하게 이용하여, 전류 계측에 있어서 스위칭 동작에 기인하는 노이즈의 영향을 억제한다.

과제의 해결 수단

[0006] 스위칭 회로를 구동하는 신호는, 대부분의 경우 PWM 신호(혹은 PAM 신호)이다. PWM 신호는, 캐리어 신호라 불리는 주기 신호와, 지령 신호(구동 신호)라 불리는 신호로부터 생성된다. 지령 신호는, 출력시키고자 하는 교류 파형에 상당한다. 스위칭 회로의 컨트롤러는, 캐리어 신호와 지령 신호를 비교하여, 어느 한쪽(예를 들어, 캐리어)의 전압이 높은 기간이 펄스폭에 상당하는 가변 펄스폭의 신호, 즉 PWM 신호를 생성한다. 여기서, 스위칭 동작이 발생하는 타이밍은, 캐리어 신호와 지령 신호의 교점에 상당한다. 그리고, 스위칭 동작에 기인하여 노이즈가 발생한다. 따라서, 본 명세서가 개시하는 기술은, 그 교점을 피하도록 레이저의 발사 타이밍을 조정한다. 구체적으로는, 본 명세서가 개시하는 전류 센서에서는, 레이저광원이, 스위칭 회로의 구동 신호를 생성하기 위한 캐리어 신호에 동기하여 광을 조사한다. 그와 같이 구성함으로써, 스위칭 동작의 타이밍과 다른 타이밍에 전류 계측을 위한 레이저광이 조사된다. 스위칭 타이밍에 발생하는 노이즈는, 그러한 레이저광에 기초하는 전류 계측값에는 영향을 미치지 않거나, 영향을 미쳐도 근소한 정도이다.

[0007] 캐리어 신호에 동기한 펄스 레이저를 발생시키기 위해서는, 예를 들어 전압이 일정한 지령 신호와 캐리어 신호를 비교하여, 캐리어 신호가 큰 기간만큼(혹은 작은 기간만큼) 레이저를 조사하도록 하면 된다. 캐리어 신호가 큰 기간에 레이저를 조사하는 펄스 레이저는, 캐리어 신호의 피크에 동기한 펄스 레이저로 되고, 나아가서는 피크를 중심으로 하는 펄스 레이저로 된다. 반대로, 캐리어 신호가 작은 기간에 레이저를 조사하는 펄스 레이저는, 캐리어 신호의 보텀에 동기한 펄스 레이저로 되고, 나아가서는, 보텀을 중심으로 하는 펄스 레이저로 된다. 그러한 펄스 레이저를 사용하면, 스위칭 타이밍을 피하여 전류를 계측할 수 있어, 스위칭에 기인하는 노이즈의 영향을 배제할 수 있다.

[0008] 또한, 캐리어 신호의 피크 부근, 혹은 보텀 부근을 트리거로 한 펄스 레이저이면 상기한 이점을 얻을 수 있다. 그러므로, 예를 들어 피크(혹은 보텀)에 가까운 레벨의 지령 진동과 캐리어 신호를 비교하여, 그 교점의 타이밍으로부터 소정의시간 폭만큼 펄스를 발생하는 레이저광원도 유용한 것에 유의해야 한다.

[0009] 캐리어 신호를 이용하는 이점은 그 밖에도 있다. 이미 있는 캐리어 신호를 이용하므로, 펄스 레이저를 생성하기 위한 주기적인 트리거 신호를 별도로 준비할 필요가 없다. 연속 레이저가 아닌, 펄스 레이저를 사용함으로써 레이저광원의 수명이 늘어난다. 또한, 펄스 레이저는 연속 레이저보다도 발열량이 작다. 전류 센서를 인버터에 3상 교류 전류의 계측에 사용하는 경우, 하나의 캐리어 신호에 기초하여 3개의 펄스 레이저를 생성함으로써, 3개의 교류 신호를 동일한 타이밍에 계측할 수 있다.

[0010] 상기한 전류 센서는, 스위칭 회로의 특성을 이용한 기술이다. 그러므로, 상기한 전류 센서와 스위칭 회로를 구비한 전력 변환기도 본 명세서가 개시하는 신규의 디바이스이다. 특히, 하나의 캐리어 신호에 동기한 3개의 레이저광원에 의해 UVW 3상의 출력 교류 전류를 계측하는 전류 센서를 구비한 인버터는, 본 명세서가 개시하는 신규의 디바이스의 가장 전형적인 예이다.

[0011] 본 명세서가 개시하는 기술의 상세 및 가일층의 개량은, 발명의 실시 형태에서 설명한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 하이브리드 차의 구동계 블록도이다.

도 2는 전류 센서의 블록도이다.

도 3은 노이즈를 포함하는 출력 전류 신호와, 캐리어 신호와, 펄스 레이저와, 계측한 전류값의 관계의 일례를 나타내는 그래프이다.

도 4는 노이즈를 포함하는 출력 전류 신호와, 캐리어 신호와, 펄스 레이저와, 계측한 전류값의 관계의 다른 일례를 나타내는 그래프이다.

도 5는 AD 컨버터의 기동 지연의 보상을 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 도면을 참조하여 실시예의 전류 센서를 설명한다. 본 실시예는, 전류 센서를 하이브리드 차의 모터 구동용 인버터에 적용한 것이다. 전류 센서는, 인버터의 UVW 3상의 출력 전류를 계측하기 위해 인버터에 구비되어 있다.

[0014] 도 1에 하이브리드 차(2)의 구동계의 블록도를 나타낸다. 하이브리드 차(2)는, 주행용 구동원으로서, 모터(8)와 엔진(6)을 구비하고 있다. 모터(8)의 출력 토크와 엔진(6)의 출력 토크는, 동력 분배 기구(7)에서 적절하게 분배/합성되어, 차축(9)(즉, 차륜)으로 전달된다. 또한, 도 1은 본 명세서의 설명에 필요로 하는 부품만을 도시하고 있고, 설명에 관계가 없는 일부의 부품은 도시를 생략하고 있는 것에 유의해야 한다.

[0015] 모터(8)를 구동시키기 위한 전력은 메인 배터리(3)로부터 공급된다. 메인 배터리(3)의 출력 전압은 예를 들어 300볼트이다. 또한, 도시를 생략하고 있지만, 하이브리드 차(2)는 메인 배터리(3) 외에, 카 내비게이션이나 룸 램프 등, 메인 배터리(3)의 출력 전압보다도 낮은 전압에서 구동하는 디바이스군(통칭 「보조 기계」라 불림)에 전력을 공급하기 위한 보조 기계 배터리도 구비한다. 보조 기계 배터리의 출력 전압(즉, 보조 기계의 구동 전압)은, 예를 들어 12볼트나 24볼트이다. 「메인 배터리」라는 호칭은, 「보조 기계 배터리」와 구별하기 위한 편의상의 것이다.

[0016] 메인 배터리(3)는, 시스템 메인 릴레이(4)를 통해 인버터(5)에 접속된다. 시스템 메인 릴레이(4)는, 메인 배터리(3)와 차량의 전력 회로를 접속하거나 절단하는 스위치이다. 시스템 메인 릴레이(4)는, 상위 컨트롤러(도시하지 않음)에 의해 전환된다.

[0017] 인버터(5)는, 메인 배터리(3)의 전압을 모터 구동에 적합한 전압(예를 들어 600볼트)까지 승압하는 전압 컨버터 회로(12)와, 승압 후의 직류 전력을 교류로 변환하는 인버터 회로(13)를 포함한다. 인버터 회로(13)의 출력 전류가, 모터(8)에의 공급 전력에 상당한다. 또한, 하이브리드 차(2)는, 엔진(6)의 구동력, 혹은 차량의 감속 에너지를 이용하여 모터(8)로 발전시킬 수도 있다. 모터(8)가 발전하는 경우, 인버터 회로(13)가 교류를 직류로 변환하고, 또한 전압 컨버터 회로(12)가 메인 배터리(3)보다도 약간 높은 전압까지 강압하여, 메인 배터리(3)에 공급한다. 전압 컨버터 회로(12)와 인버터 회로(13)는 모두 IGBT 등의 스위칭 회로(14)를 주로 하는 회로이며, 스위칭 회로(14)에의 제어 신호(PWM 신호)는 컨트롤러(20)(인버터 컨트롤러)가 생성하고, 공급한다. 또한, 구체적으로는, 스위칭 회로(14)는 IGBT와 다이오드의 역병렬 접속으로 구성되어 있고, PWM 신호는, IGBT의 게이트에 공급된다. 또한, 인버터(5)는 전압 컨버터 회로(12)와 인버터 회로(13) 각각에 복수의 스위칭 회로를 구비하지만, 도 1에서는 하나의 스위칭 회로에만 부호 「14」를 붙이고 있는 것에 유의해야 한다.

[0018] 컨트롤러(20)는, 캐리어 신호 발생기(21)와, PWM 발생기(22)를 포함한다. 캐리어 신호 발생기(21)는, 미리 정해진 주파수의 삼각파를 생성한다. PWM 발생기(22)는, 상위 컨트롤러(도시하지 않음)로부터 보내지는 모터 지령 신호(모터 구동 신호)와 캐리어 신호를 비교하여, 캐리어 신호의 전압이 모터 지령 신호의 전압보다도 높은 기간을 펄스폭으로서 갖는 펄스 신호(즉, PWM 신호)를 생성한다. 컨트롤러(20)는, 각 스위칭 회로에 대해 개별로 PWM 신호를 생성한다. 생성된 PWM 신호는 인버터 회로(13)의 각 스위칭 회로에 공급된다.

[0019] 인버터 회로(13)는 복수의 스위칭 회로를 구비하지만, 캐리어 신호는 하나인 것에 유의해야 한다.

[0020] 전압 컨버터 회로(12)의 저전압측(즉, 메인 배터리측)에는 콘덴서(C2)가 접속되어 있고, 전압 컨버터 회로(12)의 고전압측(즉, 인버터 회로측)에는 콘덴서(C1)가 접속되어 있다. 콘덴서(C2)는 전압 컨버터 회로(12)와 병렬로 접속되어 있고, 콘덴서(C1)도 전압 컨버터 회로(12)와 병렬로 접속되어 있다. 콘덴서(C2)는, 리액터(L1) 및 스위칭 회로와 함께 승압/강압 회로를 구성한다. 콘덴서(C2)는, 메인 배터리(3)의 전력을 일시적으로 축적하여, 리액터(L1)가 유도 기전력을 발생할 때의 전력원으로 된다. 콘덴서(C2)는, 필터 콘덴서라 불리는 경우가 있다. 콘덴서(C1)는, 인버터 회로(13)에 입력되는 전류를 평활화하기 위해 삽입되어 있고, 평활 콘덴서라

불리는 경우가 있다. 또한, 인버터 회로(13)의 스위칭 소자군의 고전위측의 전선을 P선이라 칭하고, 접지 전위측의 전선을 N선이라 칭한다. 콘덴서(C1)는, P선과 N선 사이에 삽입되어 있다. 메인 배터리(3)로부터 모터(8)에는 대전류가 공급되므로, 콘덴서(C2), 콘덴서(C1) 모두 대용량이다.

[0021] 인버터(5)는, 모터(8)에 공급하는 전류를 제어하기 위해, 전류 피드백 제어를 행한다. 그로 인해, 인버터(5)는 전류 센서(30)를 구비하고 있다. 전류 센서(30)는, 하나의 컨트롤러(31)(센서 컨트롤러)와 3개의 센서 본체(32)로 구성된다. 컨트롤러(31)는, 인버터 컨트롤러(20) 내의 캐리어 신호 발생기(21)로부터 캐리어 신호를 받고, 그 캐리어 신호에 동기한 레이저 구동 신호를 생성한다. 레이저 구동 신호는, 캐리어 신호에 동기한 펄스 신호이다. 레이저 구동 신호는 3개의 센서 본체(32) 각각에 보내진다. 센서 본체(32)는, 레이저 구동 신호에 기초하여 펄스 레이저를 타깃에 조사하고, 그 반사파를 수신한다. 타깃은, 전류 케이블에 구비된 자기 광학 소자이다. 센서 본체(32)는, 레이저 반사파의 편광각을 나타내는 신호를 컨트롤러(31)로 보낸다. 컨트롤러(31)는, 센서 본체(32)로부터 보내진 신호에 기초하여, 전류의 크기를 특정한다. 도 1에 도시하는 바와 같이, 센서 본체(32)는 인버터(5)의 UVW 3상 출력의 각각에 장착되어 있다.

[0022] 센서 본체(32)의 구성에 대해 설명한다. 센서 본체(32)의 블록도를 도 2에 도시한다. 도 2에 도시하는 센서 본체(32)는, 인버터의 U상 출력의 부스바(90)에 흐르는 전류 Ir을 계측한다. 전술한 바와 같이, 컨트롤러(31)는 캐리어 신호 발생기(21)로부터 캐리어 신호를 받고, 캐리어 신호에 동기한 레이저 구동 신호를 레이저광원(41)으로 보낸다. 컨트롤러(31)가 송신하는 레이저 구동 신호는, 펄스 신호이다. 레이저광원(41)은, 컨트롤러(31)가 생성한 레이저 구동 신호에 기초하여, 펄스 레이저를 조사한다. 레이저 구동 신호에 대해서는 이후에 상세하게 설명한다. 레이저광원(41)으로부터 조사된 펄스 레이저는, 편광 프리즘(42)을 통해, 직선 편광 레이저로 된다. 직선 편광의 펄스 레이저는, 부스바(90)를 따라 배치된 자기 광학 소자(50)(MOC : Magneto-Optical Crystal)에 조사된다. 자기 광학 소자는, 자계를 받으면 복굴절률이 변화되는 특성을 갖는 소자이다. 자기 광학 소자(50)는 받은 자계의 강도에 따라서 복굴절률을 변화시킨다. 복굴절률이 변화됨으로써, 통과 레이저광의 편광 상태가 변화된다. 전형적으로는, 자계의 강도에 따라서 편광각이 변화된다. 여기서, 자계 Hr은, 부스바(90)를 흐르는 전류 Ir에 기인하여 발생한다. 따라서, 자기 광학 소자(50)를 통과한 레이저광의 편광 상태(편광각)를 계측함으로써, 자계의 강도 Hr, 즉, 전류 Ir의 크기를 계측할 수 있다. 자기 광학 소자(50)로서는, 예를 들어 Bi-YIG 벌크 단결정(48)의 배면에 유전체 전반사 미러(DM)(49)를 코팅한 것을 사용하면 된다. 유전체 전반사 미러(49)를 코팅하고 있으므로, 펄스 레이저는 자기 광학 소자(50)에서 반사한다. 반사 레이저광은, 1/4 파장판(52)을 통과한 후, 프리즘 빔 스플리터(43)에서 p파와 s파로 분리된다. 각각의 레이저광은, 레이저 검출기(44a, 44b)에서 검출된다. 상세한 설명은 생략하지만, p파와 s파의 강도차가 편광각에 상당한다. 레이저 검출기(44a, 44b)는, 각각, p파의 강도와 s파의 강도를 계측한다. 레이저 검출기(44a, 44b)의 출력은 작동 증폭기(46)에 입력되고, 2개의 레이저광의 차가 증폭된다. 2개의 레이저광의 차가 자계 Hr의 크기, 즉, 부스바(90)를 통과하는 전류 Ir에 상당한다. 작동 증폭기(46)의 출력은 저역 통과 필터(47)를 통해 컨트롤러(31)로 보내진다. 또한, 작동 증폭기(46)의 출력으로부터 전류를 산출하는 연산은 컨트롤러(31)가 행한다. 또한, 자기 광학 소자(50)는 전류를 계측하는 부스바 상의 임의의 위치에 장착해도 된다. 자기 광학 소자(50)가 장착된 위치가 계측 포인트에 상당한다. 즉, 계측 포인트는, 전류를 계측하는 부스바 상의 임의의 위치에 정할 수 있다.

[0023] 레이저광원(41)은 인버터(5)의 캐리어 신호에 동기한 펄스 레이저를 조사한다. 그 이점을 설명한다. 도 3은, 인버터의 출력 전류[도 3의 (A)], 캐리어 신호[도 3의 (B)], 펄스 레이저[도 3의 (C)] 및 계측한 전류[도 3의 (D)]의 관계를 나타내는 그래프이다. 도 3의 (B)는 캐리어 신호 Ca와, 모터 구동 지령 Dr을 나타내고 있다. 모터 구동 지령 Dr은, 모터에 공급하고자 하는 전류 파형을 나타낸다. PWM 발생기(22)(도 1 참조)는, 캐리어 신호 Ca와 모터 구동 지령 Dr을 비교하여, 캐리어 신호 Ca가 높은 기간을 펄스폭으로 하는 PWM 신호를 생성한다. PWM 발생기(22)는, 생성한 PWM 신호를 스위칭 회로에 공급한다. 스위칭 회로는, PWM 신호에 따라서 스위칭을 반복하고, 도 3의 (A)에 나타내는 전류 Ir이 출력된다. 스위칭의 타이밍은, 캐리어 신호 Ca와 모터 구동 지령 Dr의 교점에 상당하고, 이 타이밍에 출력 전류 Ir에 노이즈가 발생한다[도 3의 (A)의 기호 N 참조].

[0024] 한편, 전류 센서(30)의 컨트롤러(31)는, 캐리어 신호 Ca와, 전압 레벨 일정한 참조 신호 Dd로부터, 레이저의 구동 신호를 생성한다[도 3의 (B), (C) 참조]. 컨트롤러(31)는, 캐리어 신호 Ca와 참조 신호 Dd를 비교하여, 캐리어 신호의 전압이 참조 신호 Dd의 전압보다도 높은 기간을 펄스폭으로 하는 레이저 구동 신호를 생성한다[도 3의 (C)]. 레이저광원(41)(도 2 참조)은, 레이저 구동 신호에 따른 펄스 레이저를 조사한다. 도 3으로부터 명백한 바와 같이, 레이저광원(41)이 조사하는 펄스 레이저는, 인버터의 캐리어 신호 Ca에 동기하고 있다. 보다 상세하게는, 레이저광원(41)이 조사하는 펄스 레이저는, 캐리어 신호 Ca의 피크 Pk를 중심으로 하는 소정 폭의

펄스로 된다. 캐리어 신호 Ca의 피크 Pk가 스위칭 타이밍과 일치하는 일은 없고, 스위칭과 스위칭 사이에 레이저가 조사되어, 전류가 계측된다. 펄스 레이저가 조사되고 있는 기간 내에서, 전류가 계측된다. 도 3의 (D)의 부호 Ts가, 전류를 계측하는 타이밍을 나타내고 있다. 도 3의 (D)에 나타내는 바와 같이, 전류 Ir의 계측 타이밍 Ts는, 스위칭과 스위칭 사이로 되어, 전류 계측값 Id에는 노이즈 N이 영향을 미치지 않는다. V상 출력 전류와 W상 출력 전류를 계측하는 센서 본체(32)에 대해서도 마찬가지이다.

[0025] 인버터(5)는, UVW 3상 출력 전류의 각각을 계측하는 3개의 센서 본체(32)를 구비하고 있다. 모든 센서 본체에 공급되는 레이저 구동 신호는 하나의 캐리어 신호 Ca에 기초하고 있다. 그러므로, 인버터(5)는 UVW 3상 출력 전류를 동시에 계측할 수 있다.

[0026] 도 3의 예는, 레이저광원(41)이 캐리어 신호 Ca의 피크 타이밍을 포함하는 펄스 레이저를 조사하였다. 동일한 이점은, 캐리어 신호 Ca의 보텀의 타이밍을 포함하는 펄스 레이저라도 얻어진다. 도 4는, 노이즈를 포함하는 출력 전류 신호[도 4의 (A)]와, 캐리어 신호[도 4의 (B)]와, 펄스 레이저[도 4의 (C)]와, 계측한 전류값[도 4의 (D)]의 관계의 다른 일례를 나타내는 그래프이다. 도 4의 예에서는, 컨트롤러(31)는, 낮은 레벨의 참조 신호 Dd를 사용하여 레이저 구동 신호를 생성한다. 구체적으로는, 컨트롤러(31)는 캐리어 신호 Ca와 참조 신호 Dd를 비교하여, 캐리어 신호의 전압이 참조 신호 Dd의 전압보다도 낮은 기간을 펄스폭으로 하는 레이저 구동 신호를 생성한다[도 3의 (C)]. 한편, 도 4의 (B)에 나타내는 바와 같이, PWM 신호는, 캐리어 신호 Ca와 모터 구동 지령 Dr의 교점에서 정해지는 펄스 신호이며, 그 교점(즉, 스위칭 타이밍)이, 캐리어 신호 Ca의 보텀 Btm과 일치하는 일은 없다. 그러므로, 캐리어 신호 Ca의 보텀 Btm에 동기한 펄스 레이저를 채용하는 전류 센서는, 스위칭 노이즈가 발생하는 타이밍 이외의 타이밍에서 전류를 계측할 수 있다[도 4의 (D) 참조]. 보다 상세하게는, 도 4의 예에서는, 레이저광원(41)은 캐리어 신호 Ca의 보텀 Btm을 중심으로 하는 소정 폭의 펄스 레이저를 조사한다. 펄스 레이저의 폭은, 참조 신호 Dd의 레벨에 의해 정해진다.

[0027] 실시예에서 나타낸 기술의 유의점을 서술한다. 도 3, 도 4에 나타낸 바와 같이, 레이저광원(41)은 캐리어 신호에 동기한 펄스 레이저를 조사한다. 펄스 레이저의 폭 Pw는, 참조 신호 Dd의 레벨에 의해 정해진다. 펄스 레이저의 폭 Pw는, 다음과 같이 설정하는 것이 바람직하다. 도 5는, 캐리어 신호 Ca[도 5의 (A)]와, 펄스 레이저[도 5의 (B)]와, 전류 계측 타이밍 Ts[도 5의 (C)]의 관계를 나타내는 그래프이다. 도 5의 (B)의 부호 Ta는, 펄스 레이저의 개시 타이밍을 나타내고 있다. 이 타이밍 Ta에서, 펄스 레이저가 조사되기 시작한다. 또한, 이 타이밍 Ta에서, 레이저 검지기(44a, 44b)가 동작을 개시한다. 레이저 검지기(44a, 44b)는, 레이저의 강도를 디지타이즈하여 도입하는 AD 변환기를 포함하고 있고, 일반적으로, AD 변환기는 기동에 약간의 시간을 필요로 한다. 도 5의 (C)의 부호 dT가, 기동의 지연 시간을 나타내고 있다. 지연 시간은, 0.01msec~0.1msec 정도이지만, 그 지연 시간 동안, 레이저가 조사되고 있는 것이 필요하다. 전술한 바와 같이, 펄스 레이저의 펄스폭 Pw는, 참조 신호 Dd의 레벨에 의존한다. 펄스 레이저의 펄스폭 Pw는, 레이저 검지기의 지연 시간 dT보다도 긴 시간으로 설정되는 것이 바람직하다.

[0028] 전류 센서(30)의 그 밖의 이점을 설명한다. 레이저광원(41)은, 펄스 레이저를 조사하므로, 연속 레이저보다도 수명이 길다. 또한, 레이저광원(41)은 펄스 레이저를 조사하므로, 연속 레이저보다도 발열량이 작다.

[0029] 실시예에서는, 인버터의 출력 전류를 계측하는 전류 센서를 설명하였다. 본 명세서가 개시하는 기술은, 스위칭 타이밍 이외의 타이밍에서 펄스 레이저를 조사하는 것을 특징으로 한다. 본 명세서가 개시하는 기술은, 인버터에 한정되지 않고, 스위칭 회로를 갖는 전력 변환기에 널리 적용할 수 있다. 예를 들어, 도 1에 도시한 인버터(5)에 있어서, 전압 컨버터 회로(12)도 스위칭 회로를 구비하고 있다. 그러므로, 전압 컨버터 회로(12)의 출력(도 1의 포인트 Q)의 전류를 계측하는 경우도 본 명세서가 개시하는 기술이 유효하다.

[0030] 본 발명의 대표적이고 또한 비한정적인 구체예에 대해, 도면을 참조하여 상세하게 설명하였다. 이 상세한 설명은, 본 발명의 바람직한 예를 실시하기 위한 상세를 당업자에게 나타내는 것을 단순히 의도하고 있고, 본 발명의 범위를 한정하는 것을 의도한 것은 아니다. 또한, 개시된 추가적인 특징 및 발명은, 더욱 개선된 전류 센서나 전력 변환기를 제공하기 위해, 다른 특징이나 발명과는 별도로, 또는 모두 사용할 수 있다.

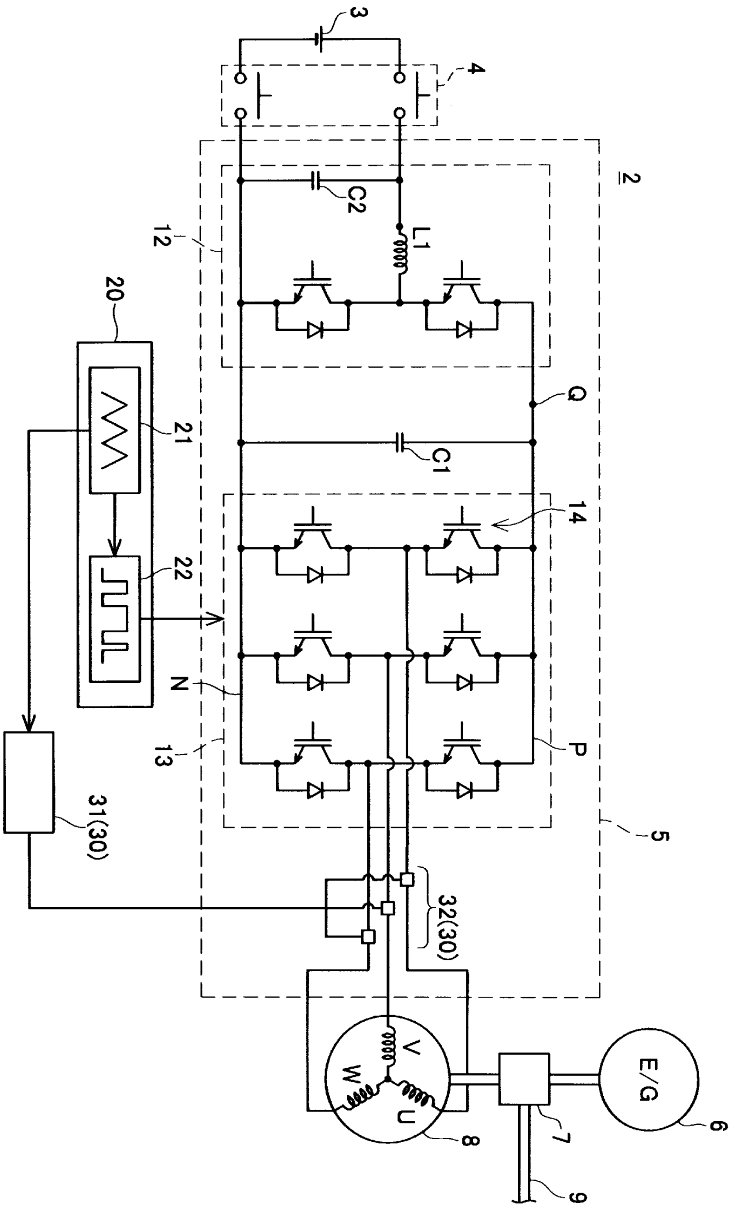
[0031] 또한, 상기한 상세한 설명에서 개시된 특징이나 공정의 조합은, 가장 넓은 의미에 있어서 본 발명을 실시할 때에 필수적인 것이 아니며, 특히 본 발명의 대표적인 구체예를 설명하기 위해서만 기재되는 것이다. 또한, 상기한 대표적인 구체예의 다양한 특징, 및 독립 및 종속 청구항에 기재되는 것의 다양한 특징은, 본 발명의 추가적 또한 유용한 실시 형태를 제공하는 데 있어서, 여기에 기재되는 구체예와 같이, 혹은 열거된 순서대로 조합해야 하는 것은 아니다.

[0032] 본 명세서 및/또는 특허청구범위에 기재된 모든 특징은, 실시예 및/또는 특허청구범위에 기재된 특징의 구성과는 별도로, 출원 당초의 개시 및 특허청구범위에 기재된 특정 사항에 대한 한정으로서, 개별적으로, 또한 서로 독립적으로 개시되는 것을 의도하는 것이다. 또한, 모든 수치 범위 및 그룹 또는 집단에 관한 기재는, 출원 당초의 개시 및 특허청구범위에 기재된 특정 사항에 대한 한정으로서, 그들의 중간의 구성을 개시하는 의도를 갖고 이루어져 있다.

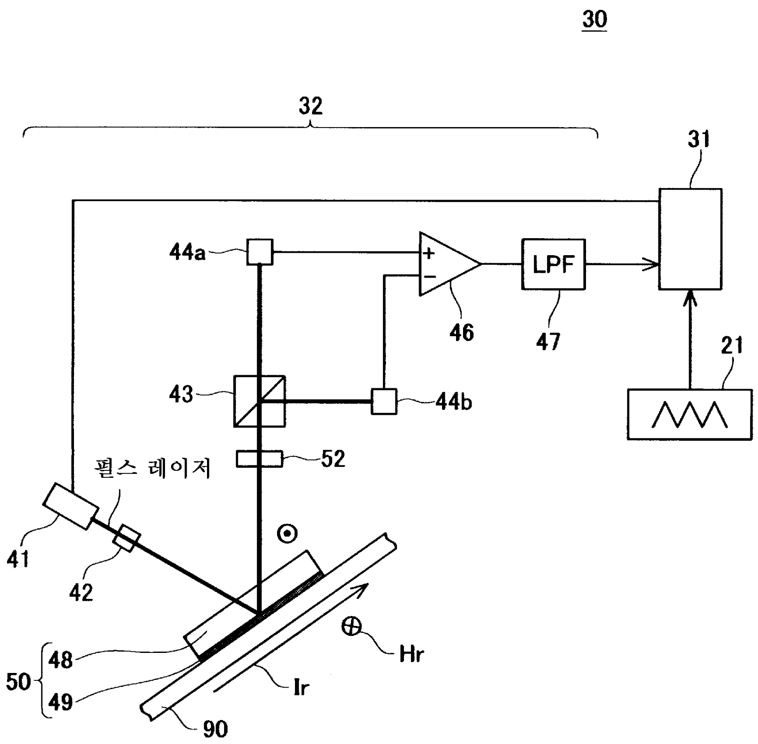
[0033] 이상, 본 발명의 구체예를 상세하게 설명하였지만, 이들은 예시에 불과하며, 특허청구범위를 한정하는 것은 아니다. 특허청구범위에 기재된 기술에는, 이상에 예시한 구체예를 다양하게 변형, 변경한 것이 포함된다. 또한, 본 명세서 또는 도면에 설명한 기술 요소는, 단독으로 혹은 각종 조합에 의해 기술적 유용성을 발휘하는 것이며, 출원시 청구항에 기재된 조합에 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 명세서 또는 도면에 예시한 기술은 복수 목적을 동시에 달성하는 것이며, 그 중 하나의 목적을 달성하는 것 자체로 기술적 유용성을 갖는 것이다.

도면

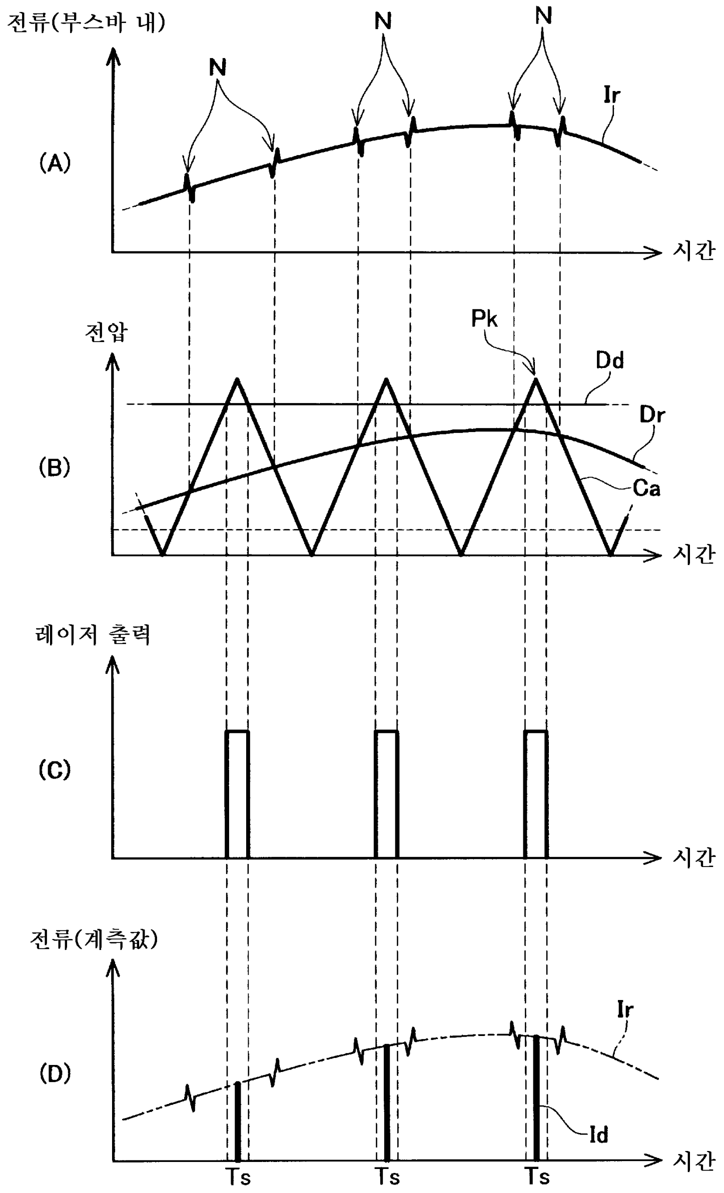
도면1



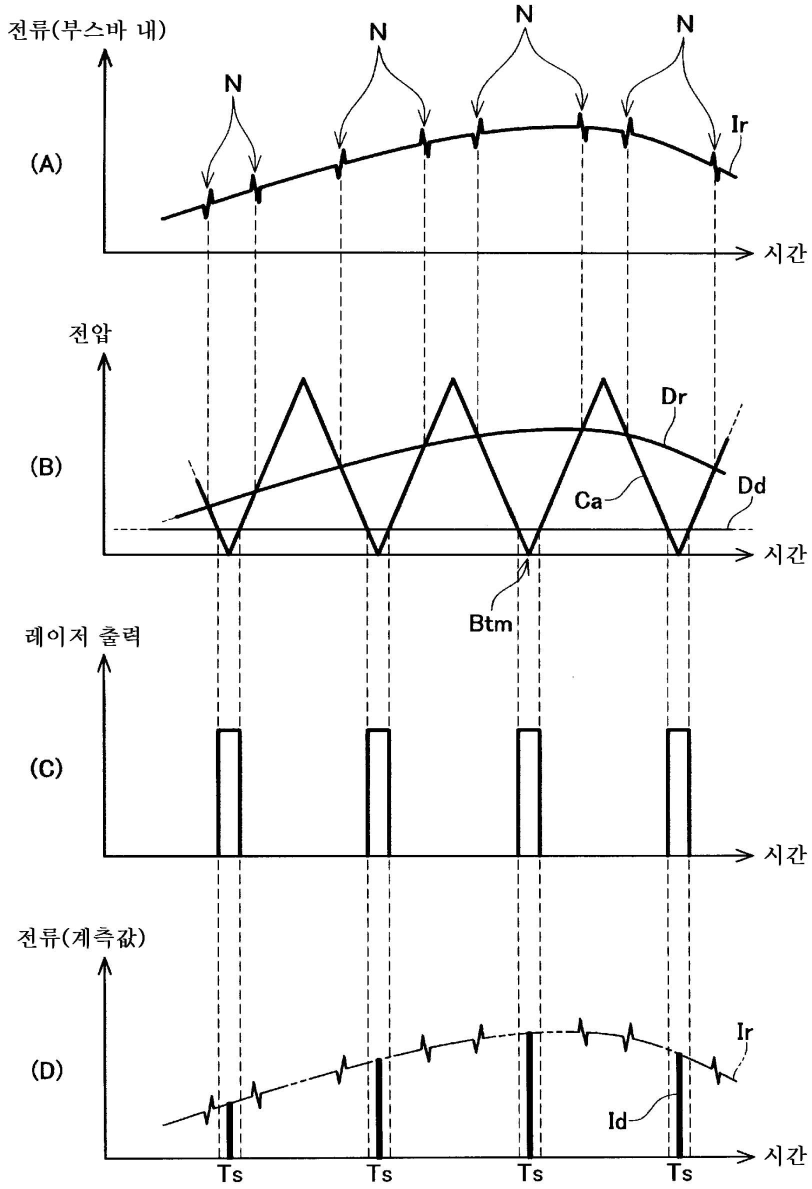
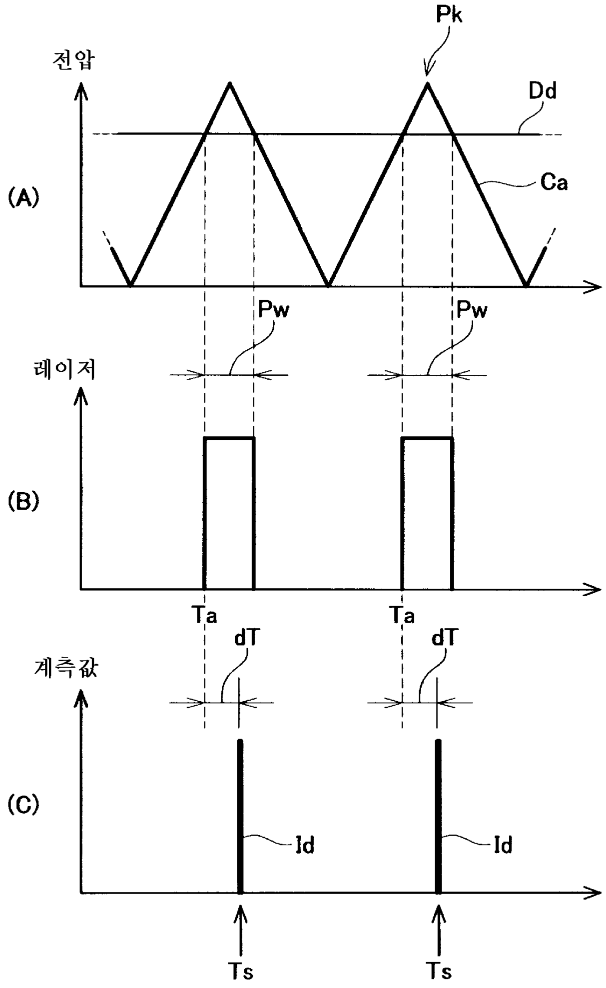
도면2



도면3


전류(부스바 내)
N
N
N
Ir
(A)
시간
전압
Pk
Dd
Dr
(B)
Ca
시간
레이저 출력
(C)
시간
전류(계측값)
Ir
(D)
Id
Ts
Ts
Ts
시간

도면4


전류(부스바 내)
N
N
N
N
Ir
(A)
시간
전압
Dr
(B)
Ca
Dd
시간
Btm
레이저 출력
(C)
시간
전류(계측값)
Ir
(D)
Id
Ts
Ts
Ts
Ts
시간

도면5