



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0081444
(43) 공개일자 2011년07월14일

(51) Int. Cl.

G01R 15/24 (2006.01) G01R 19/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-0001612

(22) 출원일자 2010년01월08일

심사청구일자 2010년01월08일

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 가좌동 900

(72) 발명자

조재경

경상남도 진주시 평거동 들말한보아파트 108동 301호

(74) 대리인

오세준, 송윤호, 권혁수

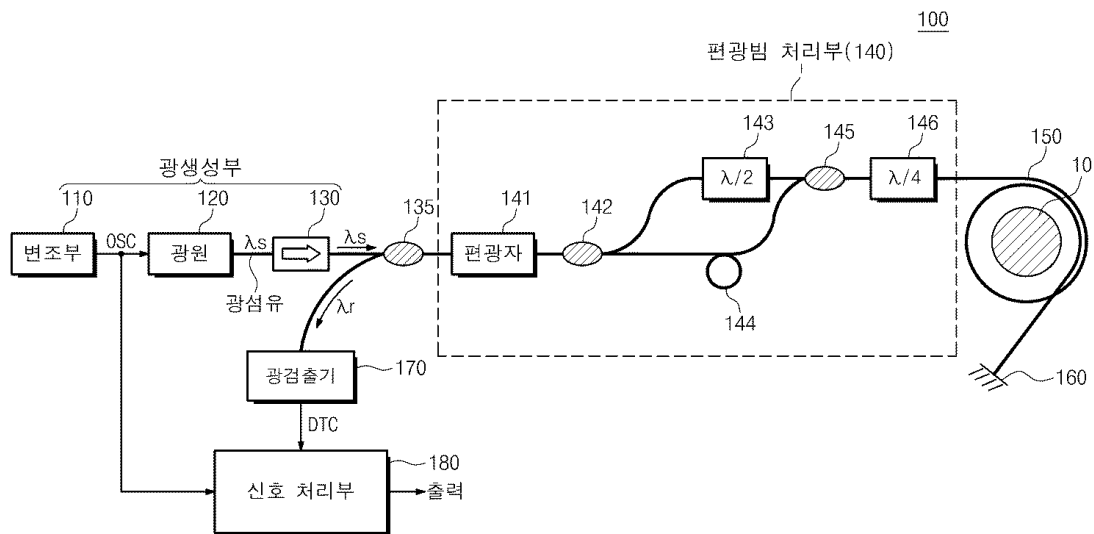
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 광섬유 전류 센서 및 그것의 센싱 방법

(57) 요약

본 발명에 따른 광섬유 전류 센서는, 생성된 광을 반송 주파수로 변조하여 입사광으로 제공하는 광생성부, 상기 입사광을 서로 반대 방향으로 회전하는 제 1 원 편광빔 및 제 2 원 편광빔으로 변환하는 편광빔 처리부, 상기 편광빔 처리부로부터 입사되는 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔이 왕복하여 진행하며, 상기 전류에 의한 페르데이 효과에 따라 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔 간의 위상차를 제공하는 센싱 광섬유, 상기 편광빔 처리부에 광학적으로 연결되며, 상기 센싱 광섬유의 종단에서 반사되는 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔이 편광빔 처리부에 의하여 평행한 편광면을 가지는 직선 편광빔들로 필터링되면, 필터링된 상기 직선 편광빔들의 간섭 광신호를 수신하여 전기적 신호로 변환하는 광검출기, 그리고 상기 전기적 신호를 참조하여 상기 전선에 흐르는 전류의 크기를 계산하는 신호 처리부를 포함한다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

전선에 흐르는 전류의 크기를 측정하기 위한 광섬유 전류 센서에 있어서:

생성된 광을 반송 주파수로 변조하여 입력광으로 제공하는 광생성부;

상기 입력광을 서로 반대 방향으로 회전하는 제 1 원 편광빔 및 제 2 원 편광빔으로 변환하는 편광빔 처리부;

상기 편광빔 처리부로부터 입사되는 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔이 왕복하여 진행하며, 상기 전류에 의한 페르데이 효과에 따라 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔 간의 위상차를 제공하는 센싱 광섬유;

상기 편광빔 처리부에 광학적으로 연결되며, 상기 센싱 광섬유의 종단에서 반사되는 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔이 편광빔 처리부에 의하여 평행한 편광면을 가지는 직선 편광빔들로 필터링되면, 필터링된 상기 직선 편광빔들의 간섭 광신호를 수신하여 전기적 신호로 변환하는 광검출기; 그리고

상기 전기적 신호를 참조하여 상기 전선에 흐르는 전류의 크기를 계산하는 신호 처리부를 포함하는 광섬유 전류 센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 광생성부는 상기 광을 생성하는 광원; 및

상기 생성된 광을 반송 주파수(fc)를 갖는 상기 입사광으로 변조하기 위한 변조 신호를 제공하는 변조부를 포함하는 광섬유 전류 센서.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 광생성부는 상기 입사광을 상기 편광빔 처리부로 제공하기 위한 광아이솔레이터를 포함하는 광섬유 전류 센서.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 편광빔 처리부는,

상기 입력광을 직선 편광빔으로 변환하기 위한 편광자;

상기 직선 편광빔을 제 1 광로 및 제 2 광로로 분기하는 제 1 광커플러;

상기 제 1 광로 상에 위치하며, 상기 직선 편광빔의 편광면을 90° 회전시키는 반파장판;

상기 제 2 광로 상에 위치하며, 상기 직선 편광빔을 편광면의 회전없이 지연하는 위상 지연부;

제 1 광로와 상기 제 2 광로를 결합하되, 상기 90° 회전된 편광면을 갖는 직선 편광빔과 상기 편광면의 회전없이 지연된 직선 편광빔을 결합하는 제 2 광커플러;

상기 제 2 광커플러와 상기 센싱 광섬유 사이에 연결되며, 상기 90° 회전된 편광면을 갖는 직선 편광빔과 상기 편광면의 회전없이 지연된 직선 편광빔을 각각 반대방향으로 회전하는 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔으로 필터링하는 사분의 일 파장판을 포함하는 광섬유 전류 센서.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 사분의 일 파장판은 센싱 광섬유로부터 반사되어 출력되는 상기 제 1 및 제 2 원 편광빔들을 각각 제 1 및

제 2 직선 편광빔들로 변환하는 광섬유 전류 센서.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 및 제 2 직선 편광빔들은 상기 제 2 광커플러, 상기 반파장판, 상기 위상 지연부, 그리고 상기 제 1 광커플러를 진행하면서 각각 직교하는 편광면을 가지는 2쌍의 직선 편광빔들로 필터링되는 광섬유 전류 센서.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 편광자는 상기 2쌍의 직선 편광빔들 중 평행한 편광면을 가지는 2개의 직선 편광빔을 선택하여 상기 광검출기로 출력하는 광섬유 전류 센서.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 평행한 편광면을 가지는 2개의 직선 편광빔은 상호 간섭되고 상기 간섭 광신호로 상기 광검출기에 제공되는 광섬유 전류 센서.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 광생성부와 상기 편광빔 처리부 사이에는 상기 입력광을 상기 편광빔 처리부로 전달하고, 상기 편광빔 처리부로부터 상기 간섭 광신호를 상기 광검출기로 전달하기 위한 제 3 광커플러를 더 포함하는 광섬유 전류 센서.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 신호 처리부는,

상기 전기적 신호를 상기 반송 주파수와 상기 반송 주파수의 제 2 고조파에 동기시켜 변조시키는 제 1 및 제 2 혼합기;

상기 제 1 및 제 2 혼합기의 출력을 각각 필터링하는 제 1 및 제 2 저역 필터;

상기 제 1 및 제 2 저역 필터의 출력을 각각 미분하는 제 1 및 제 2 미분기;

상기 제 1 및 제 2 미분기 각각의 출력을 상기 제 1 및 제 2 저역 필터 각각의 출력과 교차 곱셈 변조하는 제 3 및 제 4 혼합기;

상기 제 3 및 제 4 혼합기의 출력을 차동 증폭하는 차동 증폭기; 그리고

상기 차동 증폭기의 출력을 적분하는 적분기를 포함하는 광섬유 전류 센서.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 신호 처리부는,

상기 전기적 신호를 상기 반송 주파수와 상기 반송 주파수의 제 2 고조파에 동기시켜 변조시키는 제 1 및 제 2 혼합기;

상기 제 1 및 제 2 혼합기의 출력을 각각 필터링하는 제 1 및 제 2 저역 필터; 그리고

상기 제 1 및 제 2 저역 필터의 출력을 나누고 아크 탄젠트(Arc tangent) 값을 계산하여 출력하는 마이크로 프

로세서를 포함하는 광섬유 전류 센서.

청구항 12

전선에 흐르는 전류 센싱 방법에 있어서:

광원으로터 생성된 광을 반송 주파수로 변조하여 입력광을 생성하는 단계;

상기 입력광을 편광면이 직교하는 2개의 직선 편광빔들로 변환하는 단계;

상기 2개의 직선 편광빔들을 서로 반대 방향으로 회전하는 2개의 원 편광빔으로 변환하는 단계;

상기 2개의 원 편광빔을 상기 전선의 주위에 위치하는 센싱 광섬유에 입사시켜 페러데이 효과에 의하여 발생하는 위상차를 획득하는 단계;

상기 위상차를 측정하기 위하여 상기 2개의 원 편광빔을 평행한 편광면을 가지는 2개의 직선 편광빔들로 필터링하는 단계;

상기 평행한 편광면을 가지는 2개의 직선 편광빔들의 간섭에 의해서 생성되는 출력광을 전기적인 신호로 검출하는 단계; 그리고

상기 전기적인 신호를 처리하여 상기 전선에 흐르는 전류의 크기를 계산하는 단계를 포함하는 전류 센싱 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 측정 장치에 관한 것으로, 좀 더 구체적으로는 페러데이 효과에 의한 광위상차를 이용하는 광섬유 전류 센서 및 그것의 센싱 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 최근 산업의 고도 성장과 더불어 전력수요가 급격히 증가하고 있다. 증가하는 전력 수요에 대응하기 위하여 전력 설비들의 초고압화 및 대용량화가 활발히 이루어지고 있다. 전력 설비들의 초고압화 및 대용량화와 더불어 안정적인 전력 공급과 효율적인 전력 사용을 위한 기술들이 개발되고 있다.

[0003] 전력 생산 설비인 발전 계통으로부터 배전 계통이나 수용가에 이르기까지 계측, 제어, 보호 기술의 고도화를 이루기 위해서 기존 전자식 센서 기술을 적용하기에는 한계가 있다. 그 이유는 고전압이나 대전력 환경에서는 각종 임펄스성 전압, 전류 그리고 기상 현상에 기인한 뇌서지 등이 정전 유도나 전자 유도에 의해서 각종 계측, 제어장치에 영향을 주기 때문이다.

[0004] 이러한 문제를 해결할 수 있는 기술로서 최근 각광을 받는 것이 광센서 기술이다. 광센서 기술은 광이 지나는 광대역, 저손실, 방폭성, 고절연성, 무유도성, 소형, 경량성, 보수용이성, 광 응용 기술과의 정합성 등의 장점을 전력기기에 적용하기에 적합한 기술로 평가되어 왔다.

[0005] 광전류 센서는 전류가 흐르는 전선의 자계를 검출하는 방식에 따라 자기변형 피복코팅 방식과, 페러데이 회전자 방식으로 나뉘어진다. 자기변형 피복코팅 방식은 자계 중의 자기변형 피복코팅 광섬유가 전파하는 광신호의 위상변화를 검출하여 자계를 검출하는 방식이다. 자기변형 피복코팅 방식은 높은 안정도를 갖는다는 장점을 가지고 있다. 그러나, 자기변형 피복코팅 방식은 외부 스트레스에 약하다는 단점이 있다.

[0006] 페러데이 회전자 방식은 광섬유 자체를 페러데이 회전자로 사용하는 자계 검출 방식이다. 페러데이 회전자 방식에는 이밖에 가넷(Garnet) 또는 납유리 등을 페러데이 회전자로 사용하는 방식이 있다. 페러데이 회전자 방식 중 가넷 또는 납유리 등을 페러데이 회전자로 사용하는 방식은 구조가 간단하고 설치가 용이하다는 장점이 있다. 그러나 가넷 또는 납유리 등을 페러데이 회전자로 사용하는 방식은 감도가 낮고, 외부환경(온도, 진동, 외란 자계 등)에 의해 상대적으로 많은 영향을 받는다.

[0007] 페러데이 회전자 방식 중 광섬유 자체를 페러데이 회전자로 사용하는 방식이 있다. 광섬유 자체를 페러데이 회전자로 사용하는 검출 방식에는 광강도 검출형과 광위상 검출형이 포함된다. 광강도 검출형은 감도가 낮고 외부 환경 변화에 크게 영향을 받는다. 위상 검출형의 광섬유 페러데이 회전자 방식은 감도가 높고 외부 환경의 영향

에 대해 우수하다. 하지만, 광섬유를 압전 진동자에 감은 광위상 변조기나 전기광학결정을 사용하는 광위상 변조기를 사용해 왔으므로 제조공정이 복잡하고 성능 재현성이 불량하다는 단점이 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명의 목적은 광위상 변조기를 사용하지 않고도 반도체 레이저 광원을 특정한 주파수의 전류로 변조함으로써, 감도가 높고 외부환경 변화에 대해 우수한 특성을 갖는 광섬유 전류센서를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 광섬유 전류 센서는, 생성된 광을 반송 주파수로 변조하여 입사광으로 제공하는 광생성부, 상기 입사광을 서로 반대 방향으로 회전하는 제 1 원 편광빔 및 제 2 원 편광빔으로 변환하는 편광빔 처리부, 상기 편광빔 처리부로부터 입사되는 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔이 왕복하여 진행하며, 상기 전류에 의한 페러데이 효과에 따라 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔 간의 위상차를 제공하는 센싱 광섬유, 상기 편광빔 처리부에 광학적으로 연결되며, 상기 센싱 광섬유의 종단에서 반사되는 상기 제 1 원 편광빔 및 상기 제 2 원 편광빔이 편광빔 처리부에 의하여 평행한 편광면을 가지는 직선 편광빔들로 필터링되면, 필터링된 상기 직선 편광빔들의 간섭 광신호를 수신하여 전기적 신호로 변환하는 광검출기, 그리고 상기 전기적 신호를 참조하여 상기 전선에 흐르는 전류의 크기를 계산하는 신호 처리부를 포함한다.

[0010] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 전류 센싱 방법은, 광원으로부터 생성된 광을 반송 주파수로 변조하여 입력광을 생성하는 단계, 상기 입력광을 편광면이 직교하는 2개의 직선 편광빔들로 변환하는 단계, 상기 2개의 직선 편광빔들을 서로 반대 방향으로 회전하는 2개의 원 편광빔으로 변환하는 단계, 상기 2개의 원 편광빔을 상기 전선의 주위에 위치하는 센싱 광섬유에 입사시켜 페러데이 효과에 의하여 발생하는 위상차를 획득하는 단계, 상기 위상차를 측정하기 위하여 상기 2개의 원 편광빔을 평행한 편광면을 가지는 2개의 직선 편광빔들로 필터링하는 단계, 상기 평행한 편광면을 가지는 2개의 직선 편광빔들의 간섭에 의해서 생성되는 출력광을 전기적인 신호로 검출하는 단계, 그리고 상기 전기적인 신호를 처리하여 상기 전선에 흐르는 전류의 크기를 계산하는 단계를 포함한다.

발명의 효과

[0011] 이상에서 설명된 본 발명의 광섬유 전류 센서는 페러데이 효과에 의한 위상차에 따라 광섬유 전류센서의 감도가 변화하는 것을 방지할 수 있다. 그리고 본 발명의 광섬유 전류 센서는 온도 변화, 진동, 외란 자계 등의 외부환경 변화에 의한 영향을 차단하여, 고감도와 고정밀도의 측정을 가능케 한다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 광섬유 전류 센서를 보여주는 도면;
 도 2는 도 1의 신호 처리부의 제 1 실시 예를 보여주는 블록도;
 도 3은 도 1의 신호 처리부의 제 2 실시 예를 보여주는 블록도;
 도 4는 본 발명의 광섬유 전류 센서에 의한 센싱 방법을 보여주는 순서도.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 앞의 일반적인 설명 및 다음의 상세한 설명 모두 예시적이라는 것이 이해되어야 하며, 청구된 발명의 추가적인 설명이 제공되는 것으로 여겨져야 한다. 참조 부호들이 본 발명의 바람직한 실시 예들에 상세히 표시되어 있으며, 그것의 예들이 참조 도면들에 표시되어 있다. 가능한 어떤 경우에도, 동일한 참조 번호들이 동일한 또는 유사한 부분을 참조하기 위해서 설명 및 도면들에 사용된다.

[0014] 본 발명은 다른 실시 예들을 통해 또한, 구현되거나 적용될 수 있을 것이다. 게다가, 상세한 설명은 본 발명의 범위, 기술적 사상 그리고 다른 목적으로부터 상당히 벗어나지 않고 관점 및 응용에 따라 수정되거나 변경될 수 있다. 이하, 본 발명에 따른 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세히 설명한다.

- [0015] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 광섬유 전류 센서를 보여주는 도면이다. 도 1을 참조하면, 전선(10)에 흐르는 전류의 크기를 측정하기 위한 광섬유 전류 센서(100)는 변조부(110), 광원(120), 광아이슬레이터(130), 광커플러(135), 편광빔 처리부(140), 센싱 광섬유(150), 반사부(160), 광검출기(170) 그리고 신호 처리부(180)를 포함한다. 편광빔 처리부(140)는 다시 편광자(141), 광커플러들(142, 145), 지연기들(143, 144, 146)을 포함한다.
- [0016] 변조부(110)는 광원(120)에서 생성되는 광을 변조하기 위한 변조 신호(OSC)를 생성한다. 변조에 의해서 광섬유를 통해서 진행하는 입력광(λ_s)의 주파수를 반송 주파수(Carrier frequency)라고 칭하기로 한다. 예를 들면, 변조부(110)는 발진기(Oscillator)를 통해서 특정 주파수의 발진 신호를 생성할 수 있다. 특정 주파수의 발진 신호(전류 또는 전압)는 반송 주파수(fc)를 갖는 변조 신호(OSC)로 조정된다. 반송 주파수(fc)를 갖는 변조 신호(OSC)는 광원(120)과 신호 처리부(180)에 제공된다.
- [0017] 광원(120)은 변조 신호(OSC)에 응답하여 반송 주파수(fc)에 대응하는 변조된 레이저 광을 생성한다. 광원(120)은, 예를 들면 반도체 레이저 다이오드(Semiconductor Laser Diode)로 구성될 수 있다. 이 경우, 변조 신호(OSC)는 반도체 레이저 다이오드의 이득을 변조하기 위한 변조 전압이나 변조 전류의 형태로 광원(120)에 제공될 수 있다. 광원(120)에서 생성된 반송 주파수(fc)를 갖는 입력광(λ_s)은 광섬유(Optical fiber)에 입사될 것이다.
- [0018] 광아이슬레이터(130)는 입력광(λ_s)에 대한 역반사 또는 광의 진행 방향과 역방향으로 진행하는 광을 차단 또는 억제한다. 광아이슬레이터(130)는, 예를 들면, 자성체가 갖는 큰 패러데이 회전각을 이용한다. 따라서, 입력광(λ_s)의 진행 방향과 역방향으로 진행하는 반사광이나 기타의 광들이 광원(120) 측으로 입사되는 것이 차단될 수 있다. 여기서, 변조부(110), 광원(120) 그리고 광아이슬레이터(130)는 입력광을 생성하는 광생성부로 명명될 수 있다.
- [0019] 광커플러(135)는 입력광(λ_s)의 광경로와 출력광(λ_r)의 광경로를 분기시킨다. 광커플러(135)는 입력광(λ_s)을 제공받아 편광빔 처리부(140)로 전달한다. 광커플러(135)는 편광빔 처리부(140)로부터 전달되는 간섭된 직선 편광빔(λ_r)을 광검출기(170)로 전달한다. 간섭된 직선 편광빔(λ_r)에는 전선(10)에 흐르는 전류의 크기에 대응하는 위상차 정보가 포함되어 있다.
- [0020] 편광빔 처리부(140)는 광원(120)으로부터 입사되는 입력광(λ_s)을 직교하는 편광면을 가지는 2개의 직선 편광빔들로 변환한다. 그리고 편광빔 처리부(140)는 직선 편광빔들을 다시 서로 반대 방향으로 회전하는 2개의 원 편광빔으로 변환하여 센싱 광섬유(150)에 전달한다.
- [0021] 편광빔 처리부(140)는 센싱 광섬유(150)에서 센싱의 결과에 따라 출력되는 2개의 원 편광빔들을 수신한다. 즉, 편광빔 처리부(140)는 센싱 광섬유(150)로부터 전선(10)에 흐르는 전류의 크기에 비례하는 위상차를 갖는 2개의 원 편광빔을 수신한다. 편광빔 처리부(140)는 수신된 위상차를 갖는 2개의 원 편광빔을 편광면이 평행한 2개의 직선 편광빔들로 변환한다. 평행한 편광면을 갖는 직선 편광빔들은 상호 간섭을 일으키고, 간섭된 직선 편광빔들은 광커플러(135)에 의해서 광검출기(170)에 제공된다. 앞서 기술한 바와 같이, 편광빔 처리부(140)는 편광자(141), 광커플러들(142, 145), 지연기들(143, 144, 146)을 포함한다.
- [0022] 편광자(Polarizer, 141)는 무편광 모드로 입사되는 입력광(λ_s)을 편광면이 단일 평면에 분포하는 직선 편광빔(Linear polarization beam)으로 필터링한다.
- [0023] 편광자(141)로부터 출력되는 직선 편광빔은 다시 광커플러(142)에 의해서 2개의 직선 편광빔들로 분기된다. 분기된 직선 편광빔 중 하나는 $\lambda/2$ 파장부(143)에 전달된다. $\lambda/2$ 파장부(143)는 직선 편광빔을 지연함과 동시에 편광면을 90° 회전시킨다. 반면, 분기된 직선 편광빔 중 다른 하나는 위상 지연부(144)에 전달된다. 위상 지연부(144)는 전달된 직선 편광빔에 대한 편광면의 회전 없이 위상만 지연한다.
- [0024] 결국, $\lambda/2$ 파장부(143)와 위상 지연부(144)는 하나의 직선 편광빔을 90° 회전된 편광면을 가지는 직선 편광빔과 편광면의 회전이 없이 위상만 지연된 직선 편광빔으로 분리시킨다. 편광면이 직교하는 직선 편광빔들은 광커플러(145)에 의해서 결합된다.
- [0025] 광커플러(145)는 상호 직교하는 편광면을 가지는 직선 편광빔들을 결합하여 $\lambda/4$ 파장부(146)에 제공한다. 그리고 $\lambda/4$ 파장부(146)는 상호 직교 편광면을 가지는 직선 편광빔들을 편광축이 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들로 변형시킨다. $\lambda/4$ 파장부(146)에 의해서 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들은 전선(10)의 주위를 감싸고 있는 센싱 광섬유(150)로 진행한다. 센싱 광섬유(150)의 종단에는 반사부(160)가 형성되어 있어 센싱 광섬유(150)에 입사된 원 편광빔들을 반사시킨다. 반사된 원 편광빔들 각각은 반사 이전과는 반대로 회전하

게 될 것이다.

- [0026] 센싱 광섬유(150)를 진행하는 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들은 페러데이 효과에 의해서 전선에 흐르는 전류의 크기에 비례하는 위상차를 가진다. 즉, 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들은 반사부(175)에 의해서 반사되기 이전에 센싱 광섬유(150)를 진행하면서 위상차를 얻는다. 그리고, 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들은 반사부(175)에 의해서 반사된 후에도 센싱 광섬유(150)를 진행하면서 위상차를 얻는다.
- [0027] 센싱 광섬유(150)로부터 출력되는 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들은 전선(10)에 흐르는 전류의 크기에 비례하는 위상차(Phase difference)를 가지게 된다. 따라서, 본 발명의 광섬유 전류 센서(100)는 이 위상차(Phase difference)를 검출하여 전류의 크기를 측정할 수 있다. 센싱 광섬유(150)로부터 출력되는 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들은 $\lambda/4$ 파장부(146)를 통과하면서 2개의 직교하는 직선 편광빔들로 변환된다. 하지만, 직교하는 직선 편광빔들이 센싱 광섬유(150)를 진행하면서 생긴 위상차는 유지될 것이다.
- [0028] 직교하는 직선 편광빔들은 이어서 광커플러(145)를 통해서 2개의 광경로로 분기된다. $\lambda/2$ 파장부(143)를 통과하는 직교하는 직선 편광빔들은 편광면이 각각 90° 회전한다. 반면, 위상 지연부(144)를 통과하는 직교하는 직선 편광빔들은 편광면의 회전없이 위상만 지연된다.
- [0029] 결국, $\lambda/2$ 파장부(143)와 위상 지연부(144)로부터 광커플러(142)에 전달되는 2쌍의 직선 편광빔들이 존재한다. 광커플러(142)에 의해 2쌍의 직선 편광빔들은 결합된다. 광커플러(142)에 의해 결합된 2쌍의 직선 편광빔들은 편광자(141)를 통과한다. 편광자(141)를 통과하는 2쌍의 직선 편광빔들 중에서 편광자의 투과축과 평행한 2개의 직선 편광빔만이 투과될 것이다.
- [0030] 편광자(141)를 투과한 2개의 직선 편광빔들은 상호 간섭을 일으킨다. 왜냐하면, 편광자(141)를 투과한 2개의 직선 편광빔들은 평행한 편광면을 가졌기 때문이다. 간섭된 2개의 직선 편광빔들은 다시 광커플러(135)에 의해 분기된다. 광커플러(135)에 의해 분기된 2개의 직선 편광빔들 중 광아이솔레이터(130) 측으로 전달되는 직선 편광빔들은 차단된다. 하지만, 광검출기(170)로 전달되는 간섭된 2개의 직선 편광빔들은 광검출기(170)에 의해서 전기적 신호인 검출 신호(DTC)로 전환된다.
- [0031] 신호 처리부(180)는 검출 신호(DTC)를 처리하여 전선(10)에 흐르는 전류의 크기에 대응하는 출력으로 변환한다. 전기적 신호에 해당하는 검출 신호(DTC)로부터 전선(10)에 흐르는 전류의 크기를 구하는 신호 처리부(180)의 상세한 구성은 후술하는 도 2 및 도 3에서 설명하기로 한다.
- [0032] 이상에서 설명된 본 발명의 실시 예에 따른 광섬유 전류 센서(100)는 광위상 변조기를 추가하지 않고도 입사시킨 상호 직교하는 편광면을 가지는 광들의 위상차를 검출할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시 예에 따른 광섬유 전류 센서(100)는 제조 공정이 간단하고, 성능 재현성의 양호하다.
- [0033] 도 2는 도 1의 신호 처리부(180)의 제 1 실시 예를 보여주는 블록도이다. 도 2를 참조하면, 제 1 실시 예에 따른 신호 처리부(180a)는 혼합기들(210, 215, 240, 245), 제 1 및 제 2 저역 필터(220, 225), 제 1 및 제 2 미분기(230, 235), 차동 증폭기(250) 그리고 적분기(260)를 포함한다.
- [0034] 먼저, 광검출기(170)에 의해서 제공되는 검출 신호(DCT)는 간섭된 2개의 직선 편광빔들에 의해서 생성되는 광전류와 같은 전기적 신호로 제공된다. 따라서, 검출 신호(DCT)는 반송 주파수(fc)에 해당하는 기본파와 반송 주파수(fc)의 정수 배의 주파수를 갖는 고조파(Harmonics) 성분을 포함한다.
- [0035] 검출 신호(DCT)는 두 갈래로 분기된다. 분기된 하나의 검출 신호(DCT)는 제 1 혼합기(210)에 제공되어 변조 신호(OSC)와 믹싱된다. 분기된 다른 하나의 검출 신호(DCT)는 제 2 혼합기(215)에 제공되어 변조 신호(OSC)와 믹싱된다. 제 1 혼합기(210)에 의해서 변조 신호(OSC)와 검출 신호(DCT)의 기본파가 곱셈 변조된다. 제 2 혼합기(215)에 의해서는 변조 신호(OSC)의 제 2 고조파와 검출 신호(DCT)가 곱셈 변조된다.
- [0036] 제 1 및 제 2 혼합기(210, 215)의 출력은 다시 제 1 및 제 2 저역 필터(220, 225)에 각각 제공된다. 제 1 및 제 2 저역 필터(220, 225) 각각에 의해서 필터링된 신호는 상호 직각 위상을 가지게 된다. 즉, 제 1 및 제 2 저역 필터(220, 225)의 출력 각각은 어느 하나의 성분이 최대일 때, 다른 하나의 성분은 최소가 된다. 제 1 및 제 2 저역 필터(220, 225)의 출력은 다시 제 1 및 제 2 미분기(230, 235)로 전달된다. 그리고 제 1 및 제 2 미분기(230, 235)의 출력과 제 1 및 제 2 저역 필터(220, 225)에 의해서 필터링된 신호는 제 3 및 제 4 혼합기(240, 245)에 의해서 교차 믹싱된다. 제 3 및 제 4 혼합기(240, 245)의 출력은 차동 증폭기(250)에 제공되고, 차동 증폭기(250)에 의해서 증폭된 신호는 적분기(260)에 의해서 적분된다. 적분기(260)의 출력은 페러데이 효과에 의해서 발생한 직교 광신호들의 위상차에 대응하는 값으로 제공된다. 적분기(260)의 출력을 이용하여 전선(10)에

호르는 전류의 크기를 계산할 수 있을 것이다.

- [0037] 도 3은 도 1의 신호 처리부(180)의 제 2 실시 예를 보여주는 블록도이다. 도 3을 참조하면, 제 2 실시 예에 따른 신호 처리부(180b)는 혼합기들(310, 315), 제 1 및 제 2 저역 필터(320, 325) 그리고 마이크로 프로세서(330)를 포함한다.
- [0038] 광검출기(170)에 의해서 제공되는 검출 신호(DCT)는 간섭된 2개의 직선 편광빔들에 의해서 생성되는 광전류와 같은 전기적 신호로 제공된다. 따라서, 검출 신호(DCT)는 반송 주파수(fc)에 해당하는 기본파와 반송 주파수(fc)의 정수 배의 주파수를 갖는 고조파(Harmonics) 성분을 포함한다.
- [0039] 검출 신호(DCT)는 두 갈래로 분기된다. 분기된 하나의 검출 신호(DCT)는 제 1 혼합기(310)에 제공되어 변조 신호(OSC)와 믹싱된다. 분기된 다른 하나의 검출 신호(DCT)는 제 2 혼합기(315)에 제공되어 변조 신호(OSC)와 믹싱된다. 제 1 혼합기(310)에 의해서 변조 신호(OSC)와 검출 신호(DCT)의 기본파가 곱셈 변조된다. 제 2 혼합기(315)에 의해서는 변조 신호(OSC)의 제 2 고조파와 검출 신호(DCT)가 곱셈 변조된다.
- [0040] 제 1 및 제 2 혼합기(310, 315)의 출력은 다시 제 1 및 제 2 저역 필터(320, 325)에 각각 제공된다. 제 1 및 제 2 저역 필터(320, 325) 각각에 의해서 필터링된 신호는 상호 직각 위상을 가지게 된다. 즉, 제 1 및 제 2 저역 필터(320, 325)의 출력 각각은 어느 하나의 성분이 최대일 때, 다른 하나의 성분은 최소가 된다. 제 1 및 제 2 저역 필터(320, 325)의 출력들 각각은 마이크로 프로세서(330)에 입력된다.
- [0041] 마이크로 프로세서(330)는 제 1 및 제 2 저역 필터(320, 325)의 출력들 각각의 위상차의 크기를 수치화하는 연산을 수행할 수 있다. 예를 들면, 마이크로 프로세서(330)는 각각의 신호들의 크기를 나누어 탄젠트(Tangent) 값을 얻을 수 있다. 마이크로 프로세서(330)는 탄젠트 값에 대한 아크 탄젠트(Arc tangent) 값을 취함으로써 제 1 및 제 2 저역 필터(320, 325)의 출력들에 대한 상호 위상차를 수치적으로 맵핑할 수 있다. 마이크로 프로세서(330)의 출력은 전선(10)에 흐르는 전류의 크기에 대응하게 된다.
- [0042] 도 4는 본 발명의 광섬유 전류 센서의 센싱 방법을 보여주는 순서도이다. 도 4를 참조하면, 본 발명의 전류 센싱 절차는 광원에 의해서 입사광을 생성하는 것으로부터 시작된다.
- [0043] 단계 S110에서, 변조부(110)에서 생성된 변조 신호(OSC)에 의해서 광원(120)은 반송 주파수(fc)를 갖는 입사광을 출력한다.
- [0044] 단계 S120에서, 무편광 빔인 입사광은 편광면이 직교하는 2개의 직선 편광빔들로 분리된다. 즉, 입사광은 편광자(141)에 의해서 편광빔으로 변환된다. 그리고 입사광은 광커플러(142), $\lambda/2$ 파장부(143) 및 위상 지연부(144), 광커플러(145)에 의해서 편광면이 직교하는 2개의 직선 편광빔들로 변환된다.
- [0045] 단계 S130에서, 편광면이 직교하는 2개의 직선 편광빔들은 $\lambda/4$ 파장부(146)을 통과하면서 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들로 변환된다. 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들은 센싱 광섬유(150)로 입사된다.
- [0046] 단계 S140에서, 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들은 종단면에 반사부(160)가 형성되는 센싱 광섬유(150)에 입사되고, 반사부(160)에 의해서 반사된다. 반사에 의해서 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들 각각의 회전 방향은 역전된다. 반사 이전에, 센싱 광섬유(150)를 진행하는 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들 각각은 위상차를 가지게 된다. 왜냐하면, 전선(10)에 흐르는 전류에 의해서 발생하는 페러데이 효과 때문이다. 또한, 반사 이후에도 센싱 광섬유(150)를 진행하는 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들은 페러데이 효과에 의한 위상차를 추가적으로 갖게 된다. 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들의 위상차는 전선(10)에 흐르는 전류의 크기에 비례한다.
- [0047] 단계 S150에서, 반사된 서로 반대 방향으로 회전하는 원 편광빔들이 다시 편광빔 처리부(140)로 전달되면, 원 편광빔들은 위상 지연에 의해서 각각 상호 직교하는 편광면을 가지는 2쌍의 직선 편광빔들로 변환된다.
- [0048] 단계 S160에서, 2쌍의 직선 편광빔들은 편광자(141)에 의해서 평행한 편광면을 가지는 직선 편광빔들로 필터링된다.
- [0049] 단계 S170에서, 평행한 편광면을 가지는 직선 편광빔들은 상호 간섭을 일으키고, 간섭된 평행한 편광면을 가지는 직선 편광빔들은 광검출기(170)에 의해서 전기적 신호로 변환된다.
- [0050] 단계 S180에서, 광검출기(170)로부터 제공되는 전기적 신호는 복조되어 센싱 광섬유(150)에서 발생한 위상차에 대응하는 값으로 출력된다. 위상차의 크기를 참조하여 전선(10)에 흐르는 전류의 크기가 결정될 수 있다.

[0051] 본 발명의 전류 센싱 방법에 따르면, 센싱 광섬유를 진행하는 서로 다른 방향으로 회전하는 원 편광빔들의 위상차를 측정하여 전류의 크기를 결정할 수 있다. 따라서, 본 발명에 따른 전류 센싱 방법에 따르면, 페르데이 효과에 의하여 발생하는 자계의 영향을 측정하기 위한 위상 변조기를 사용할 필요가 없다. 즉, 본 발명에 따른 전류 센싱 방법은 간단하고 용이한 제조 및 설정이 가능한 전류 센서를 제공할 수 있다.

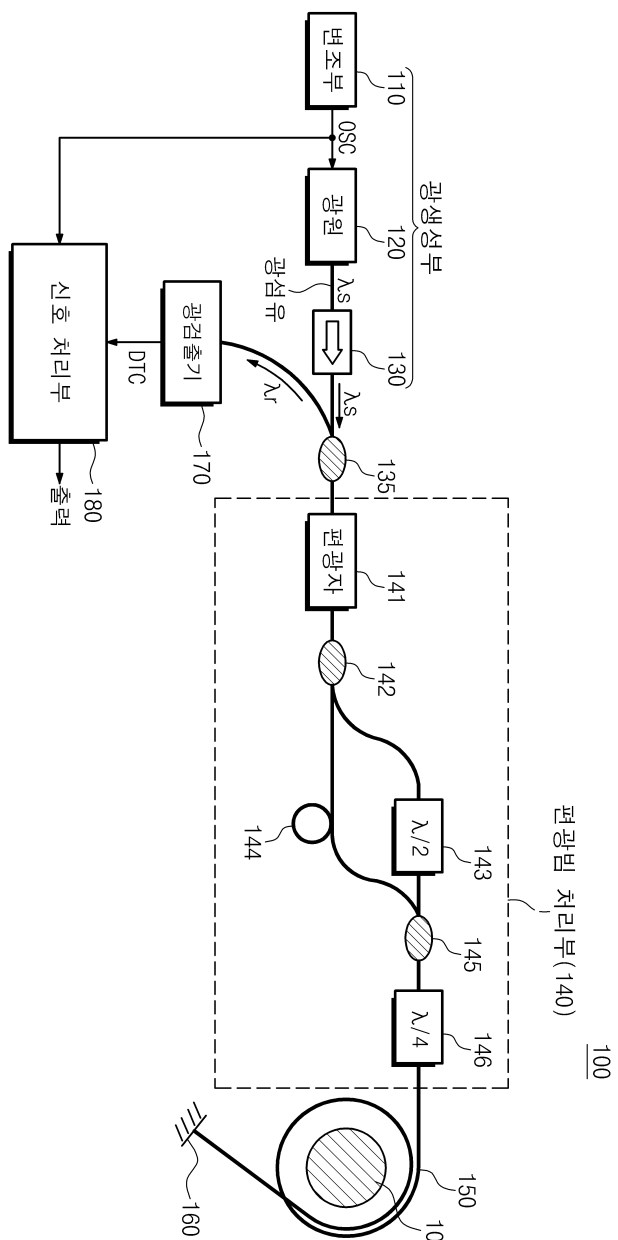
[0052] 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 최적 실시 예가 개시되었다. 여기서 특정한 용어들이 사용되었으나, 이는 단지 본 발명을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 특허청구범위에 기재된 본 발명의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

[0053] 10 : 전선
 100 : 광섬유 전류 센서
 110 : 변조부
 120 : 광원
 130 : 광아이솔레이터
 135, 142, 145 : 광커플러
 140: 편광빔 처리부
 141 : 편광자
 143 : $\lambda/2$ 파장부
 144 : 위상 지연기
 146 : $\lambda/4$ 파장부
 150 : 센싱 광섬유
 160 : 반사부
 170 : 광검출기
 180 : 신호 처리부
 210, 215, 240, 245, 310, 315 : 혼합기
 220, 225, 320, 325: 저역 필터
 230, 235 : 미분기
 250 : 차동 증폭기
 260 : 적분기
 330 : 마이크로 프로세서

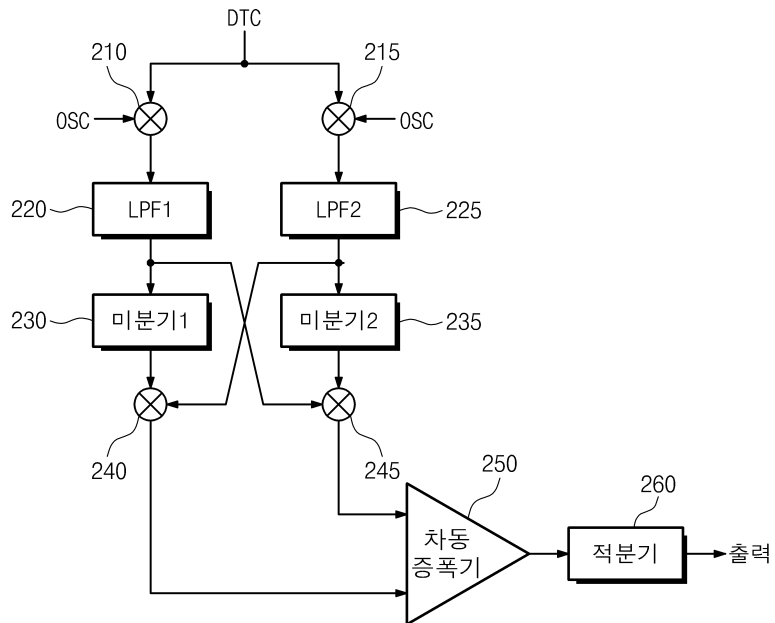
도면

도면1



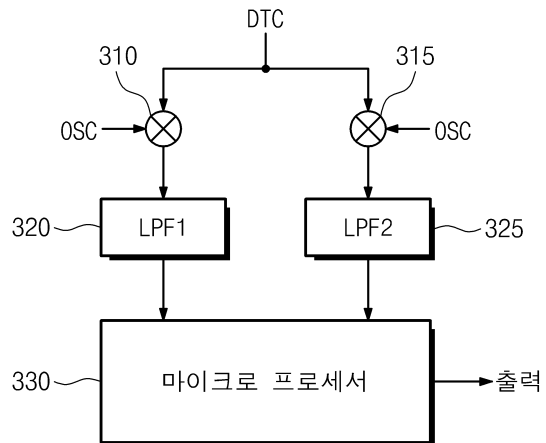
도면2

180a



도면3

180b



도면4

