(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [7]
H04B 10/02

(45) 공고일자 2002년08월19일
(11) 등록번호 10-0325573
(24) 등록일자 2002년02월07일

(21) 출원번호 10-1995-0021878
(22) 출원일자 1995년07월24일

(65) 공개번호 특1996-0006359
(43) 공개일자 1996년02월23일

(30) 우선권주장 08/280,639 1994년07월25일 미국(US)

(73) 특허권자 에이티 앤드 티 코포레이션
미국 뉴욕 10013-2412 뉴욕 애비뉴 오브 디 아메리카즈 32

(72) 발명자 마크하너
미합중국뉴저지07080웨스트필드에핑험플래이스156
로버트케이트몽고메리
미합중국뉴저지08853네사닉스테이션롱필드드라이브66

(74) 대리인 김창세
김원준
장성구

심사관 : 성백문

(54) 광학데이타신호를변조하기위해레이저에의해사용되는전기변조신호를발생하는방법및이에적합한이퀄라이저

요약

본 발명은 광학 데이터 신호를 변조하기 위해서 레이저가 이용하기 위한 전기 변조 신호를 발생하는 적응형 이퀄라이저(레이저 인터페이스라고도 함)에 관한 것으로서, 레이저는 광학 데이터 신호가 1차 데이터 신호 및 다수의 고조파 왜곡 결과물을 포함하게 하는 식의 비선형 변조 응답 패턴을 갖는다. 적응형 이퀄라이저는 먼저 고조파 왜곡 발생물들 줄의 하나의 주파수와 동일한 주파수를 가지는 보정 전기 신호를 발생하고(고조파 왜곡 결과물은 적응형 등화기의 동작에 의해서 무효화됨), 고조파 왜곡 발생물의 위상 및 진폭을 검출하고, 고조파 왜곡 발생물과 보정 전기 신호가 공액적으로 정합되게 보정 전기 신호를 검출된 위상에 따라서 위상 쉬프트시키고, 고조파 왜곡 발생물과 위상 쉬프트된 보정 전기 신호가 동일한 진폭을 갖게 위상 쉬프트된 보정 전기 신호를 검출된 진폭에 따라서 증폭하며, 위상 쉬프트되고 증폭된 보정 전기 신호를 전기 데이터 신호와 조합하여 전기 변조신호를 형성한다.

대표도

도 1

명세서

도면의 간단한 설명

제 1 도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 통신 시스템의 블럭도.

제 2 도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 레이저 인터페이스 및 레이저의 블럭도.

제 3 도는 본 발명의 바람직한 동작을 도시한 플로우챠트.

재 4A 도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 에러 신호 검출기 및 벡터 변조 제어기의 블럭도.

제 4B 도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 진폭/위상 검출기의 블럭도.

제 5 도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 제어 신호 발생기의 블럭도.

제 6 도 및 제 7 도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 위상 변조기 및 진폭 변조기를 각각 도시하는 회로도.

제 8 도는 본 발명의 제어 신호 발생기가 필요로 하는 위상 쉬프트를 나타내는 방식을 도시하는 도면.

* 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 *

102 : 통신 시스템 106 : 안테나

108 : 수신기

112 : 레이저 인터페이스(이퀄라이저)

116 : 레이저 216 : 에러 신호 검출기

220 : 벡터 변조 제어기 231, 234 : RF 진폭 변조기

406 : 비교기 414 : 혼합기

414 : 필터

430, 430A, 430B : 진폭/위상 검출기

432, 432A : 제어 신호 발생기 710 : 사전왜곡 스테이지

712 : 증폭기 스테이지

Q3, Q5, Q6, Q18, Q19, Q21; T8, T11, T12 : 트랜지스터

RE1, RE2, RE3, RE4 : 저항

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 전반적으로 전기 신호를 광학 신호로 변환하기 위한 것으로, 특히 이러한 전기 신호를 광학 신호로 변환함으로 인한 상호 변조 왜곡 효과(intermodulation distortion effects)를 적응적으로 등화(adaptively equalizing)(예컨대, 널링(nulling))하기 위한 이퀄라이저에 관한 것이다.

광섬유 케이블(fiber optic cable)과 같은 광학 통신 매체를 통한 데이터 전송은 전형적으로 먼저 데이터 신호를 변조 신호로 변환함으로써 달성된다. 데이터 신호 및 변조 신호 모두는 아날로그 RF(무선 주파수) 변조된 전기 신호이다. 변조 신호는 레이저에 인가되어 변조된 광학 신호로서 발생됨으로써, 광학 신호는 전기 데이터 신호를 광학적으로 나타내게 된다. 달리 말해서, 광학 신호는 변조신호에 의해 변조됨으로써, 그 광학 신호는 데이터 신호내에 포함된 정보를 포함한다. 이러한 광학 신호는 광학 통신 매체를 통해 적절한 목적지로 전송된다.

그러나, 아날로그 또는 디지털 RF 변조 신호가 인가될 때 레이저의 변조 응답(modulation response)은 선형적이지 않다. 이러한 비선형적인 변조 응답 특성은 전송된 신호상에 상호 변조 왜곡을 발생시킨다. 상호 변조 왜곡은 전송될 광학 신호의 품질(quality) 및 충실도(fidelity)를 열화시키고, 또한 신호를 전송하는데 사용되는 광섬유의 길이를 제한한다.

이러한 문제에 대한 종래의 해결책으로서는 레이저의 비선형적인 변조 응답패턴(laser's non-linearity modulation response pattern)을 보상하기 위해 동조식 하이브리드 회로(tuned hybrid circuit)를 사용하는 방법이 있다. 이러한 동조식 하이브리드 회로는 제 1 신호 및 제 2 신호를 발생시키는데, 제 1 신호는 제 1 주파수, 제 1 위상 및 제 1 진폭을 가지고 있고, 제 2 신호는 제 2 주파수, 제 2 위상 및 제 2 진폭을 가지고 있다.

조작자는 상호 변조 왜곡 결과물을 분석한 다음, (캐패시터 또는 저항과 같은) 적절한 수동 소자를 사용하여 동조식 하히브리드 회로를 구현하여 제 1 및 제 2 주파수, 위상 및 진폭의 값을 설정한다. 이상적으로는, 제 1 및 제 2 신호가 상호 변조 왜곡 결과물에 대해 진폭은 동일하되 위상은 반대로 되도록 조작자는 제 1 및 제 2 주파수, 위상 및 진폭을 설정하는 것이 좋다. 제 1 및 제 2 신호는 전기 변조 신호에 따라 레이저가 발생한 광학 신호내에 어떠한 상호 변조 왜곡 결과물이 포함되지 않도록 전기 변조 신호를 발생시키는데 이용된다.

이러한 종래의 해결책은 조작자가 에러를 발생시킬 수도 있다는 결점이 있었다. 상호 변조 왜곡 결과물은 조작자가 제 1 및 제 2 주파수, 위상 및 진폭을 정확하게 결정하고 설정하는 경우에만 제거될 수 있다.

또한, 이러한 종래의 해결책은 상호 변조 왜곡 결과물의 위상 변동 및/또는 진폭 변동을 자동적으로 보상할 수 없다는 결점이 있었다. 당업자들이 이해하고 있는 바로는, 레이저의 변조 응답 패턴은 시간에 따라 표류한다. 이러한 변조 응답 패턴의 표류는 레이저가 발생하는 상호 변조 왜곡 결과물의 위상 및/또는 진폭을 변동시킨다. 동조가 수동적으로 이루지므로, 종래의 동조식 하이브리드 회로는 상호 변조 왜곡 결과물의 위상 변동 및/또는 진폭 변동을 자동적으로 조정할 수 없다.

따라서, 인간이 개입하지 않고서도, 레이저의 비선형적인 변조 응답 패턴의 결과로 인해 생기는 상호 변조 왜곡 결과물을 자동적으로 무효화하고, 또한 레이저의 변조 응답 패턴이 표류함으로 인해 생기는 상호 변조 왜곡 결과물의 위상 변동 및/또는 진폭 변동을 자동적으로 보상하는 적응형 이퀄라이저(adaptive equalizer)가 필요하다.

본 발명은 광학 데이터 신호의 변조를 위해서 레이저가 이용하기 위한 전기 변조 신호를 발생하는 적응형 이퀄라이저(소위, 레이저 인터페이스라 칭함)에 관한 것이다. 레이저는 비선형 변조 응답 패턴을 가지고 있으므로, 광학 데이터 신호는 1차 데이터 신호 및 다수의 고조파 왜곡 결과물을 포함한다. 적응형 이퀄라이저는 고조파 왜곡 결과물들 중의 하나와 동일한 주파수를 가진 보정용 전기 신호를 발생시킴으로써 동작한다(고조파 왜곡 결과물은 적응형 이퀄라이저의 동작에 의해 무효화됨). 적응형 이퀄라이저는 고조파 왜곡 결과물의 위상 및 진폭을 검출한다. 이때, 적응형 이퀄라이저는 그 검출된 위상에 따라 보정용 전기 신호를 위상 쉬프트시켜, 보정용 전기 신호와 고조파 왜곡 결과물이 공액적으로 정합(conjugately matching)되도록 한다. 적응형 이퀄라이저는 검출된 진폭에 따라 위상 쉬프트된 보정용 전기 신호를 증폭하여 위상 쉬프트된 보정용 전기 신호와 고조파 왜곡 결과물의 진폭이 동일하게 되도록 한다. 다음, 위상 쉬프트되고 증폭된 보정용 전기 신호를 전기 데이터 신호와 조합하여 전기 변조 신호를 형성한다.

이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 특징 및 장점과 본 발명의 여러 가지 구조 및 동작에 대해 상세하게 설명하고자 한다. 다만, 도면에서 유사한 부분에는 동일한 참조 번호를 붙였다.

1. 본 발명에 대한 개관

제 1 도는 통신 시스템(102)의 블럭도이다(본 발명에 관련된 통신 시스템(102)의 부분들만을 도시했음). 통신 시스템(102)은 이동 통신 터미널(셀룰러 전화 등)(도시하지 않음)에 의해 공중으로 전송(즉, 방송)된 전송 데이터 신호(104)를 수신하는 안테나(106)를 구비한다. 바람직하게는, 전송된 데이터 신호(104)는 RF(Radio Frequency : 무선 주파수) 반송파(carrier)에 의해 반송되는 디지털 데이터 또는 아날로그 데이터를 나타낸다.

수신기(108)는 잘 알려진 방식으로 전송된 데이터 신호(104)를 처리하여 바람직하게는 RF 전기 데이터 신호(110)를 발생한다. 전기 데이터 신호(110)는 전송된 데이터 신호(104)의 전기적 표시이다. 다시 말하면, 전기 데이터 신호(110)는 전송된 데이터 신호(104)에 삽입된 데이터를 포함한다.

레이저 인터페이스(112)(또는 소위 적응형 이퀄라이저라고 함)는 전기 데이터 신호를 바람직하게는 RF 전기 변조 신호(114)로 변환한다. 이러한 전기 변조 신호(114)는 잘 알려진 레이저(116)로 전송된다. 레이저(116)는 전기 변조 신호(114)를 잘 알려진 방식으로 이용하여 광학 데이터 신호(118)를 변조함으로써, 광학 데이터 신호(118)가 전기 데이터 신호(110)의 광학적 표현으로 되도록 한다. 다시 말하면, 광학 데이터 신호(118)는 전기 데이터 신호(110)에 삽입된 정보를 포함한다. 광학 데이터 신호(118)는 광섬유 케이블과 같은 광학 통신 매체(120)를 통해서 적절한 목적지로 전송된다.

본 발명은 무선(wireless) 통신 분야에 사용하는데 적합하다. 그러므로, 수신기(108)는 안테나(106)에 접속되는 것으로서 제 1 도에 도시되어 있다. 그러나, 당업자라면 당연히 알 수 있듯이, 본 발명 특히 레이저 인터페이스(112)는 비무선(non-wireless) 통신 분야에도 이용될 수 있다. 예를 들어, 레이저 인터페이스(112)는 데이터 신호가 소스 또는 송신기로부터 발생되는 경우에 이용될 수 있다.

당업자라면 알 수 있는 바와 같이, 레이저(116)의 변조 응답은 비선형적이다. 그 결과, 레이저(116)는 광학 데이터 신호(118)를 변조시키기 위해 전기 변조 신호(114)를 사용하는 경우 상호 변조 왜곡을 발생시킬 수도 있다. 이러한 상호 변조 왜곡 결과물은 광학 데이터 신호(118)에서 나타나서, 광학 데이터 신호(118)를 손상 및 왜곡시키는 동작을 한다.

본 발명에 따르면, 레이저 인터페이스(112)는 레이저(116)의 비선형 변조 응답 특성을 보상하기 위해서 전기 변조 신호(114)를 발생시킨다. 특히, 레이저 인터페이스(112)는 광학 데이터 신호(118)내에 포함된 상호 변조 왜곡 결과물을 식별 및 정량화하여, 여기서 보정 신호 또는 보정항(206 및 208)이라고 하는 다수의 신호를 발생시킨다. 이들 보정 신호(206 및 208)의 각각은 전기 변조 신호와 조합될 때 상호 변조 왜곡 결과물을 상쇄시키는데 필요한 주파수, 진폭 및 위상을 갖고 있다. 레이저 인터페이스(112)는 보정 신호(206 및 208)를 이용하여 전기 변조 신호(114)를 발생함

으로써, 레이저(116)는 전기 변조 신호(114)를 이용하여 광학데이터 신호(118)를 변조하는 경우에 상호 변조 왜곡 결과물을 발생하지 않게 된다.

본 발명에 따르면, 레이저 인터페이스(112)는 레이저(116)에 의해 발생된 상호 변조 왜곡 결과물의 상쇄(널링)를 자동적으로 수행한다. 또한, 어떠한 조작자의 개입도 필요하지 않다. 특히, 조작자가 수동적으로 보정 신호(206 및 208)의 주파수, 위상 및/또는 진폭을 결정 및 설정할 필요가 없다. 대신에, 보정 신호(206 및 208)가 자동적으로 발생된다.

또한, 레이저 인터페이스(112)는 레이저(116)의 변조 응답 패턴의 표류에 의해 야기되는 상호 변조 왜곡 결과물의 위상 변동 및/또는 진폭 변동에 대한 보상을 자동적으로 행한다. 특히, 레이저 인터페이스(112)는 보정 신호(206 및 208)의 위상 및/또는 진폭을 자동적으로 조정하여, 레이저(116)에 의해 발생된 상호 변조 왜곡 결과물의 위상 변동 및/또는 진폭 변동을 보상한다.

본 발명의 레이저 인터페이스(112)는 이하에서 상세하게 설명하겠다.

2. 레이저 인터페이스(적응형 이퀄라이저)

제 2 도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 레이저 인터페이스(112)의 블럭도이다. 또한, 제 2 도는 본 발명에 관련된 잘 알려진 레이저(116)를 블럭도 형태로 상세하게 도시한 것이다.

특히, 레이저(116)는 전기-광학 변환기(electrical-to-optical converter)(210)를 구비하는데, 이 변환기는 (레이저 인터페이스(112)에 의해 발생된) 전기 변조 신호(114)를 잘 알려진 방식으로 이용하여 광학 데이터 신호(118)를 변조함으로써, 그 광학 데이터 신호(118)가 전기 데이터 신호(110)의 광학적 표현으로 되도록 한다. 광학 데이터 신호(118)는 광학 통신 매체를 통해 적절한 목적지로 전송된다(제 1 도 참조). 광학 데이터 신호(118)는 또한 광학 검출기(212)에 제공된다.

광학 검출기(212)는 광학 데이터 신호(118)를 제 2 도에서 " 검출된 신호" 라고 하는 전기 신호(214)로 변환하기 위해 잘 알려진 방식으로 동작한다. 검출된 신호(214)는 광학 데이터 신호(118)내에 나타나는 상호 변조 왜곡 결과물을 포함하는 광학 데이터 신호(118)의 전기적 표현이다. 이와 같이, 광학 데이터 신호(118)내에 포함된 상호 변조 왜곡 결과물은 검출된 신호(214)에서 전기적으로 표현된다. 전기-광학 변환기(210) 및 광학 검출기의 구조 및 동작은 당업자에게 있어서는 명백할 것이다.

레이저 인터페이스(112)를 상세하게 논하기 전에, 레이저(116)애 의해 발생된 상호 변조 왜곡 결과물의 특성에 대해 생각해 보는 것이 유용하다. 당업자라면 알 수 있는 바와 같이, 레이저(116)에 의해 발생되는 광학 데이터 신호(118)는 1차 신호(primary signal) 및 다수의 고조파를 포함한다. 1차 신호는 전기 데이터 신호(110)의 " 순수한(pure)" 광학적 표현을 나타낸다. 예를 들어, 전기 데이터 신호(110)가 sin(wt)인 경우, 이 때의 광학 데이터 신호(118)의 1차 신호도 sin(wt)이다.

광학 데이터 신호(118)의 고조파는 상호 변조 왜곡 효과를 나타낸다. 이러한 고조파는 2차 고조파, 3차 고조파, 4차 고조파 등을 포함한다(그들 고조파는 간단히 제 2 고조파, 제 3 고조파 등으로 붙리움). 전기 데이터 신호(110)가 sin(wt)인 경우, 퓨리에 고조파 급수(Fourier harmonic series)로 설명되는 바와 같이 제 2 고조파는 sin(2wt)이고, 제 3 고조파는 sin(3wt) 등이다.

이하, 레이저 인터페이스(112)를 고려해 보면, 레이저 인터페이스(112)는 전기 데이터 신호(110)를 증폭하여 증폭된 데이터 신호(204)를 생성하는 선형 신호 증폭기(202)를 포함한다. 이러한 증폭은 안테나(106) 및/또는 수신기(108)에 의해 전기 데이터 신호(110)를 처리하기 전에 생기는 손실을 보상하는데 필요하다(제 1 도 참조). 선형 신호 증폭기(202)의 구조 및 동작은 당업자에게 있어서는 명백할 것이다.

레이저 인터페이스(112)는 또한 제 2 고조파 보정항(206) 및 제 3 고조파 보정항(208)을 발생시키도록 동작하는 다수의 구성 요소를 포함한다. 증폭된 데이터 신호(204)는 제 2 고조파 보정항(206) 및 제 3 고조파 보정항(208)과 잘 알려진 방식으로 조합되어 전기 변조 신호(114)를 생성한다(예컨대, 증폭된 데이터 신호(204), 제 2 고조파 보정항(206) 및 제 3 고조파 보정항(208)의 전력 표현은 합산될 수 있음).

본 발명에 따르면, 제 2 고조파 보정항(206)은 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파와 동일한 주파수 및 진폭을 가지고 있다. 그러나, 제 2 고조파 보정항(206) 및 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파는 서로 공액적으로 정합된다(두 사인파의 공액 정합은 잘 알려져 있고 또한 문헌상에서 증명되고 있는 것으로서, 공액적으로 정합된 두 사인파간의 수학적 관계는 그들의 가산 시에 그들이 서로 상쇄되거나 널링되도록 한다.). 가장 간단한 경우에 있어서, 그들의 주파수 및 진폭은 동일하지만, 공액 위상(conjugate phase)(180° 의 위상차)을 갖는다. 당업자라면 알 수 있는 바와 같이, 진폭은 동일하나 위상이 반대인(즉, 180° 의 위상차를 가진) 2개의 벡터를 조합하면, 널 벡터(null vector)가 발생된다. 따라서, 제 2 고조파 보정항(206)은 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파 효과를 등화시키는 동작을 행한다. 다시 말하면, 제 2 고조파 보정항(206)은 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파를 상쇄(또는 널링)시키는 동작을 행한다. 구체적으로 말해서, 제 2 고조파 보정항(206)을 사용하여 전기 변조 신호(114)를 생성하는 것에 의해서, 전기 변조 신호(114)가 (바로 전의 선행하는 신호에 대해) 조정됨으로써, 레이저(116)는 전기 변조 신호(114)를 이용하여 광학 데이터 신호(118)를 변조할 때 제 2 고조파를 발생하지 않는다.

이와 마찬가지로, 제 3 고조파 보정항(208)은 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파와 동일한 주파수 및 진폭을 가지고 있으며, 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파와 공액적으로 정합된다. 따라서, 제 3 고조파 보정항(208)은 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파 효과를 등화시키는 동작을 행한다. 다시 말하면, 제 3 고조파 보정항(208)은 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파를 상쇄(또는, 널링)시키는 동작을 행한다. 구체적으로 말해서, 제 3 고조파 보정항(208)을 사용하여 전기 변조 신호(114)를 생성하는 것에 의해서, 전기 변조 신호(114)가 (바로 전의 선행하는 신호에 대해) 조정됨으로써, 레이저(116)는 전기 변조 신호(114)를 이용하여 광학 데이터 신호(118)를 변조할 때 제 3 고조파를 발생하지 않는다.

본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 레이저 인터페이스(112)는 광학 데이터 신호(118)의 제 2 및 제 3 고조파만을 상쇄시킨다. 이것은 제 2 및 제 3 고조파가 광학 데이터 신호(118)에 가장 큰 악영향을 미치는 상호 변조 왜곡 결과물을 발생시키기 때문이다. 그러나, 본 발명의 다른 실시예에 있어서는, 레이저 인터페이스(112)는 광학 데이터 신호(118)의 부가적인 고조파를 상쇄시킨다. 이러한 다른 실시예에 있어서는, 레이저 인터페이스(112)는 제 2 고조파 보정항(206) 및 제 3 고조파 보정항(208)이 아닌 보정항들을 발생시킨다. 이러한 부가적인 보정항들을 발생시키기 위한 레이저 인터페이스(112)의 변형은 본 명세서내의 기재 사항에 근거하여 당업자에게는 명백할 것이다.

이하, 제 2 고조파 보정항(206) 및 제 3 고조파 보정항(208)을 발생시키도록 동작하는 레이저 인터페이스(112)의 구성 요소를 레이저 인터페이스(112)의 동작을 설명하는 플로우챠트(302)를 도시한 제 3 도를 참조하여 기술한다.

상술한 바와 같이, 레이저 인터페이스(112)내의 선형 신호 증폭기(202)는 전기 데이터 신호(110)를 증폭하여 증폭된 데이터 신호(204)를 생성한다. 이 증폭된 데이터 신호(204)는 제 2 고조파 보정항(206) 및 제 3 고조파 보정항(208)과 조합되어 전기 변조 신호(114)를 생성한다. 이들 동작은 제 3 도에 단계(306 및 308)로서 각각 도시되어 있다.

단계(310)에서 나타내는 바와 같이, 제 1 전압 제어 발진기(Voltage Controlled Oscillator : VCO)(232)는 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파와 동일한 주파수를 가지는 신호(236)(여기서는 기준 목적용의 제 1 신호라고 함)를 발생시킨다. 이와 마찬가지로, 제 2 VCO(234)는 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파와 동일한 주파수를 가지는 신호(238)(여기서는 기준 목적용의 제 2 신호라고 함)를 발생시킨다. 제 1 및 제 2 VCO(232 및 234)는 주파수 동조 제어부(228)가 발생한 주파수 동조 제어 신호(230)에 따른 주파수의 제 1 및 제 2 신호(236 및 238)를 발생시킨다. 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 제 1 및 제 2 신호(236 및 238)는 보조 신호 발생기에 의해 발생될 수도 있다.

바람직하게는, 제 1 VCO(232)는 제 1 신호(236)가 진폭이 동일하고 위상차가 90° 인 2개의 평형 신호를 포함하도록 동작한다. 당업자에게는 명백하듯이, 평형신호는 180° 의 위상차를 가지는 2개의 동일한 신호(이들은 서로 역의 관계를 가짐)를 포함한다. 이와 마찬가지로, 제 2 VOC(234)는 제 2 신호(238)가 진폭이 동일하고 위상차가 90° 인 2개의 평형 신호를 포함하도록 동작한다. 제 1 및 제 2 VCO(232 및 234)는 본원에 참고로 인용되는 " A Modem Having a Phase Corrector and a Voltage Controlled Oscillator Implemented Using A Multi-Stage Ring Oscillator" 란 명칭의 미국 특허 출원(Atty. Docket No. Havens 3-1/1470.0560000)에 기재되어 있다.

제 3 도의 단계(312)에서 나타내는 바와 같이, 레이저 인터페이스(112)내의 에러 신호 검출기(216)는 레이저(116)내의 광학 검출기(212)에 의해 발생되는 검출된 신호(214)를 수신한다. 상술한 바와 같이, 검출 신호(214)는 광학 데이터 신호(118)의 전기적 표현이다. 본 발명의 다른 실시예에 있어서, 검출기(218)는 레이저(116)의 외부에 존재할 수 있다.

에러 신호 검출기(216)는 검출된 신호(214)내에 포함된 상호 변조 왜곡 결과물을 식별하여 정량화한다(단계(314)). 구체적으로 말해서, 에러 신호 검출기(216)는 (검출된 신호(214)에서 전기적으로 표현되는) 광학 데이터 신호(118)에 포함된 제 2 및 제 3 고조파의 바람직한 위상 및 진폭을 결정한다. 이러한 제 2 및 제 3 고조파의 위상 정보 및 진폭 정보는 벡터 변조 제어기(220)에 제공되는 에러신호(218)에 포함된다.

단계(316)에 나타낸 바와 같이, 벡터 변조 제어기(220)는 에러 신호(218)를 이용하여 위상 제어 신호(252 및 254) 및 진폭 제어 신호(256 및 258)를 발생한다. 위상 제어 신호(252)는 제 1 신호(236)가 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파와 공액적으로 정합되도록 제 1 신호(236)의 위상이 변형되어야만 되는 정도를 나타낸다. 위상 제어 신호(254)는 제 2 신호(238)가 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파와 공액적으로 정합되도록 제 2 신호(238)의 위상이 변형되어야 되는 정도를 나타낸다. 진폭 제어 신호(256)는 제 1 신호(236)가 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파와 동일한 진폭을 갖도록 제 1 신호(236)의 진폭이 변형되어야만 되는 정도를 나타낸다. 진폭 제어 신호(258)는 제 2 신호(238)가 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파와 동일한 진폭을 갖도록 제 2 신호(238)의 진폭이 변형되어야만 되는 정도를 나타낸다.

단계(318)에 나타낸 바와 같이, 위상 제어 신호(252)는 제 1 RF위상 변조기(240)에 제공된다. 제 1 RF 위상 변조기(240)는 위상 제어 신호(252)에 따라서 제 1 신호(236)로부터 위상 쉬프트된 제 1 신호(244)를 발생시키는데, 여기서 위상 쉬프트된 제 1 신호(244)는 광학 데이터 신호(118)의 적절한 왜곡 결과물(본 예의 경우 제 2 고조파)과 공액적으로 정합된다.

진폭 제어 신호(256)는 제 1 RF 진폭 변조기(248)에 제공된다. 제 1 RF 진폭 변조기(248)는 진폭 제어 신호(256)에 따라서 위상 쉬프트된 제 1 신호(244)로부터 제 2 고조파 보정항(206)을 발생시키는데, 여기서 제 2 고조파 보정항(206)의 진폭은 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파를 널링할 수 있는 정도의 것이다. 또한, 제 1 VCO(232)의 동작에 의해, 제 2 고조파 보정항(206)의 주파수는 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파를 널링할 수 있을 정도의 것으로 된다. 제 1 RF 위상 변조기(240)의 동작에 의해, 위상 쉬프트된 제 1 신호(244)는 광학 데이터 신호(118)의 제

2 고조파와 공액적으로 정합된다. 광학 데이터 신호(118)의 적절한 왜곡 결과물과 제 1 신호(244)의 공액 정합은 광학 데이터 신호(118)의 왜곡을 상쇄(또는 널링)시킬 것이다.

이와 마찬가지로, 제 2 위상 제어 신호(254)는 제 2 RF 위상 변조기(242)에 제공된다. 제 2 RF위상 변조기(242)는 위상 제어 신호(254)에 따라서 제 2 신호(238)로부터 위상 쉬프트된 제 2 신호(246)를 발생시키는데, 여기서 위상 쉬프트된 제 2 신호(246)는 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파와 공액적으로 정합된다.

진폭 제어 신호(258)는 제 2 RF 진폭 변조기(250)에 제공된다. 제 2 RF 진폭 변조기(250)는 진폭 제어 신호(258)에 따라서 위상 쉬프트된 제 2 신호(246)로부터 제 3 고조파 보정항(208)을 발생시키는데, 여기서 제 2 고조파 보정항(208)의 진폭은 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파를 널링할 수 있을 정도의 것이다. 또한, 제 2 VCO(234)의 동작에 의해, 제 3 고조파 보정항(208)의 주파수는 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파를 널링할 수 있을 정도의 것으로 된다. 제 2 RF 위상 변조기(242)의 동작에 의해, 위상 쉬프트된 제 2 신호(246)는 광학 데이터 신호(118)의 제 3 고조파와 공액적으로 정합된다. 광학 데이터 신호(118)의 적절한 왜곡 결과물과 제 2 신호(246)의 공역 정합은 광학 데이터 신호(118)의 왜곡을 상쇄(또는, 널링)시킬 수 있다.

제 2 고조파 보정항(206) 및 제 3 고조파 보정항(208)은 상술한 바와 같이 증폭된 데이터 신호(204)와 조합되어 전기 변조 신호(114)를 발생한다(단계(308)).

상술한 것에 근거하여 당업자라면 알 수 있는 바와 같이, 본 발명은 전기 변조 신호(114)를 이용하여 광학 데이터 신호(118)를 변조할 때 레이저(116)에 의해 발생된 상호 변조 왜곡 결과물을 (조작자의 개입 없이) 제거한다. 이러한 상호 변조 왜곡 결과물의 자동적인 제거는 공액적으로 정합됨으로써 상호 변조 왜곡 결과물의 정확한 상쇄를 위해 상호 변조 왜곡 결과물에 대해 적절한 주파수, 진폭 및 위상을 갖게 되는 보정항 신호들(즉, 제 2 고조파 보정항(206) 및 제 3 고조파 보정항(208))을 이용하여 전기 변조 신호(114)를 발생시키는 것에 의해서, 또한 (광학 데이터 신호(118)의 전기적 표현인) 검출된 신호(214)의 실시간 분석에 근거하여 상기한 보정항 신호들(206 및 208)을 자동적으로 또한 연속적으로 발생시키는 것에 의해서 달성된다. 또한, 보정항 신호들(206 및 208)이 검출된 신호(214)의 분석에 근거하여 연속적으로 또한 자동적으로 발생되기 때문에, 본 발명에 의하면 (레이저(116)의 변조 응답 패턴의 표류로 인해 생긴) 상호 변조 왜곡 결과물의 주파수, 진폭 및 위상의 변동이 자동적으로 조정된다.

3. 실시예의 상세한 설명

레이저 인터페이스(112)의 구성 요소는 이하에 보다 상세히 기술되어 있다.

3.1 에러 신호 검출기

제 4A 도는 에러 신호 검출기(216) 및 벡터 변조 제어기(220)의 블럭도이다. 이 섹션에서는 에러 신호 검출기(216)에 대해 고려하고, 다음 섹션에서는 벡터 변조 제어기(220)에 대해 고려한다.

에러 신호 검출기(216)는 널링되는 광학 데이터 신호(118)의 각 고조파에 대한 진폭/위상 검출기(430)를 포함한다. 그러므로, 바람직하게는 제 2 및 제 3 고조파가 널링되기 때문에, 에러 신호 검출기(216)는 2개의 진폭/위상 검출기(430A 및 430B)를 포함한다. 각각의 진폭/위상 검출기(430)는 (제 2 도에 도시한 레이저(116)내의 광학 검출기(212)에 의해 발생된) 검출된 신호(214)를 수신하여, 진폭 에러 신호(408) 및 위상 에러 신호(418)를 발생시킨다.

제 4B 도는 진폭/위상 검출기(430)의 보다 상세한 블럭도이다. 각각의 진폭/위상 검출기(430)는 해당 고조파를 제거하기에 적절한 주파수를 가지는 신호를 발생시키는 전압 제어 발진기(410)를 포함한다. 예를 들어, 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파에 관련된 진폭/위상 검출기(430A)내의 VCO(410)는 제 2 고조파의 주파수와 동일한 주파수를 가지는 신호를 발생시킨다.

VCO(410)는 그에 의해 발생된 신호가 전기 데이터 신호(110)와 동일한 위상을 갖도록 전기 데이터 신호(110)에 위상 고정된다(제 1 도 참조). 주파수 분주기(프리스케일러(prescaler)라고도 함)로서 잘 알려진 외부 기준 선택기(external reference selector)(224)는 기준 신호(222)로부터 조정된 기준 신호(223)를 발생시킨다. 이 기준 신호(222)는 전기 데이터 신호(110)와 동일한 위상을 가지고 있다.

VCO(410)에 의해 발생된 신호는 사인 성분 및 코사인 성분을 포함한다. 일반적으로, 검출된 신호(214)는 사인파(sine wave)로서 표현할 수도 있다.

VCO(410)에 의해 발생된 신호의 사인 성분은 잘 알려진 혼합기(402)내에서 검출된 신호(214)와 조합된다. 당업자에게는 혼합기(402)의 구조 및 동작이 명백할 것이다. 이 혼합기(402)의 출력은 해당 고조파의 크기에 비례하는 크기를 갖고 있는 DC 전압이다. 예를 들어, 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파에 관련된 진폭/위상 검출기(430A)내에 있는 혼합기(402)의 출력은 제 2 고조파의 크기와 거의 동일한 크기를 가지고 있는 DC 전압이다.

혼합기(402)로부터 출력된 DC 전압은 나머지 AC 성분을 DC 전압으로부터 필터링하기 위해 잘 알려진 방식으로 동작하는 잘 알려진 필터(404)에 인가된다. 필터(404)는 참 에러 신호(true error signal)로부터 과잉 노이즈 및 의사(spurious) RF 신호를 제거하도록 동작하는 스위치드(switched) 캐패시터 필터를 포함한다.

필터(404)로부터 출력되는 필터링된 DC 전압 출력은 전압 비교기(406)에 인가된다. 전압 비교기(406)는 이 필터링된 DC 전압을 기준 전압(Vref)과 비교하기위해 잘 알려진 방식으로 동작한다. 널리 공지된 방식으로 동작하는 전압 비교기(406)는 필터(404)로부터 출력되는 필터링된 DC 전압의 크기에 가장 인접한 이산수(discrete number)의 논리 레벨들(5 내지 10개의 이산 논리 레벨들이 바람직함) 중의 하나를 가지는 소위 진폭 에러 신호(amplitude error signal)(408)라고 하는 전압 신호를 출력한다. 비교기(406)는 변조 제어기(220)가 적절하게 작용할 수 있도록 하는 적절한 전압의 이산 에러 신호 레벨들을 제공하기 위한 잘 알려진 슬라이스 증폭기 및 레벨 비교기로서의 기능을 행한다.

VCO(410)에 의해 생성된 신호의 코사인 성분은 잘 알려진 혼합기(mixer)(412)에서 검출된 신호(214)와 조합된다. 당업자에게는 혼합기(412)의 구조 및 동작이 명백할 것이다. 이 혼합기(412)의 출력은 광학 신호(118)내의 고조파 왜곡항(harmonic distortion term)의 위상에 비례하는 크기를 가지는 DC 전압이다. 예를 들어, 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파에 관련된 진폭/위상 검출기(430A)내에 있는 혼합기(412)의 출력은 제 2 고조파의 위상에 비례하는 크기를 가지는 DC 전압이다.

혼합기(412)로부터 출력된 DC 전압은 나머지 AC 성분을 DC 전압으로부터 필터링하기 위해 잘 알려진 방식으로 동작하는 잘 알려진 필터(414)에 인가된다. 필터(414)는 과잉 잡음(excess noise) 및 의사(spurious) RF 신호를 참 에러 신호로부터 제거하도록 동작하는 스위치드 캐패시터 저역 통과 필터를 포함한다.

필터(414)로부터 출력되는 필터링된 DC 전압은 전압 비교기(416)에 인가된다. 전압 비교기(416)는 필터링된 DC 전압을 기준 전압(Vref')과 비교하기 위해 잘 알려진 방식으로 동작한다. 전압 비교기(416)는 필터(414)로부터 출력되는 필터링된 DC 전압의 크기에 가장 인접한 이산수의 논리 레벨들(5 내지 10개의 이산논리 레벨들이 바람직함) 중의 하나를 가지는 소위 진폭 에러 신호(418)라고 하는 전압 신호를 출력한다. 비교기(416)는 변조 제어기(220)가 적절한 기능을 행할 수 있도록 하는 적절한 전압의 이산 에러 신호 레벨들을 제공하기 위한 잘 알려진 슬라이스 증폭기 및 레벨 비교기로서의 기능을 행한다.

3.2 벡터 변조 제어기

제 4A 도를 다시 참조하면, 벡터 변조 제어기(220)는 널링되는 광학 데이터 신호(118)의 각각의 고조파에 대한 제어 신호 발생기(432)를 포함한다. 따라서, 바람직하게는 제 2 및 제 3 고조파가 널링되기 때문에, 벡터 변조 제어기(220)는 2개의 제어 신호 발생기(432A 및 432B)를 포함한다. 각각의 제어 신호 발생기(432)는 에러 신호 검출기(216)내에 있는 진폭/위상 검출기(430)로부터의 진폭 에러 신호(408) 및 위상 에러 신호(418)를 수신하여, 진폭 제어 신호(256) 및 위상 제어 신호(252)를 발생한다.

제 5 도는 제어 신호 발생기(432)의 블럭도이다. 각각의 제어 신호 발생기(432)는 각각의 진폭 에러 신호(408)를 수신하는 버퍼(502)를 포함한다. 버퍼(502)는 잘 알려진 샘플 및 홀드 증폭기(sample and hold amplifier)로서, 그의 입력(폭, 진폭 에러 신호(408))에 제공되는 전압을 저장하도록 동작한다.

저장된 진폭 에러 신호(408)는 VAGC 신호(506)(VAGC는 전압 증폭기의 이득제어를 나타냄)로서 버퍼(502)로부터 출력된다. 또한, 버퍼(502)는 위상이 반대인 것을 제외하고는 VAGC 신호(506)와 동일한 VAGCB 신호(508) (" B" 는 " 바(bar)" , 즉 " 역(inverse)" 을 나타냄)를 출력한다(VAGC 신호(506) 및 VAGCB 신호(508)는 180° 의 위상차를 가짐). VAGCB 신호(508)를 VAGC 신호(506)로부터 발생할 수 있는 방식은 당업자에게는 명백할 것이다. VAGC 신호(506) 및 VAGCB 신호(508)는 진폭 제어 신호(256 또는 258)를 집합적으로 나타낸다.

또한, 각각의 제어 신호 발생기(432)는 각각의 위상 에러 신호(418)를 수신하는 디지털 신호 프로세서(Digital Signal Processor : DSP)(504)를 포함한다. DSP(504)는 위상 에러 신호(418)를 분석하여, 각각의 보정항(206 또는 208)이 해당 고조파를 상쇄시키는데 필요한 위상 쉬프트를 결정한다. 예를 들어, 제 2 고조파에 관련된 제어 신호 발생기(432A)내에 있는 DSP(504)는 위상 에러 신호(418A)를 분석하여, 제 2 고조파 보정항(206)이 광학 데이터 신호(118)의 제 2 고조파를 상쇄시키는데 필요한 위상 쉬프트를 결정한다.

DSP(504)는 A 전압(510), B 디지털값(512) 및 C 디지털값(514)을 적절하게 출력하는 것에 의해 위상 쉬프트를 나타낸다. 제 8 도에 그레프로 나타낸 바와 같이, 요구되는 위상 쉬프트가 0° 내지 90° 인 경우, 이 때 B 디지털값(512)은 1로 설정되고 C 디지털값(514)은 1로 설정된다. 이와 마찬가지로, 요구되는 위상 쉬프트가 90° 내지 180° , 180° 내지 270° 또는 270° 내지 360° 인 경우, 이 때 B 및 C 디지털값(512 및 514)은 " 01" , " 10" 또는 " 00" 으로 각각 설정된다.

A 전압(510)은 소정 범위내의 정확한 위상 쉬프트를 결정한다. 예를 들어, 위상 쉬프트가 90° 내지 180° 의 범위내에 있도록 B 및 C 디지털값(512 및 514)을 " 01" 로 설정한 경우, A 전압(510)은(위상 쉬프트가 90° , 92° 등이던지 아니던지 간에) 상기 범위내의 정확한 위상 쉬프트를 나타낸다.

바람직하게는, DSP(504)는 A 전압(510), B 디지털값(512) 및 C 디지털값(514)을 발생하도록 다음과 같이 동작한다. DSP(504)는 집적 회로(IC)내의 위상 쉬프트 요소를 동작시키기 위한 제어 신호를 제공하는 프로그램가능한 디지털 논리요소로서 동작한다. DSP(504)는 입력 버퍼 증폭기 및 디지털 및 반송 출력을 가지는 4-비트 비교기로서의 기능을 행한다. 적절한 주파수에서의 위상 에러 신호(418)의 크기는 크기 비교기를 정확하게 동작시키는데 필요한 레벨로 입력 전압 범위를 조정하도록 버퍼링된다. 이 때, 비교기는 입력 위상 에러 신호(418)의 크기의 연속적인 근사값을 발생시켜, 디지털 래치 버퍼가 라인(512, 514, 518 및 520)에 접속될 수 있게 한다. 비교기로부터의 래치된 출력은 라인(512, 514, 518 및 520)에 디지털 출력 제어 신호를 제공한다. 반송 출력의 크기는 적절한 전압 레벨 제어 신호를 라인(510 및 516)상에 제공하도록 재차 버퍼링된다. DSP(504)는 모니터 탭(monitor tap)을 포함함으로써, 모든 제어 라인의 전압값은 모니터링될수 있고 DSP(504)도 DSP(504)에 대한 외부 스트로브 입력의 인가에 의해 리세트될 수 있다.

또한, DSP(504)는 A, B 및 C신호(510, 512 및 514)와 각각 동일하지만 위상이 반대인 AB, BB 및 CB 신호(516, 518 및 520)를 출력한다. AB, BB 및 CB 신호(515, 518 및 520)가 A, B 및 C 신호(510 및 512 및 514)로부터 발생될 수 있는 방식은 당업자에게 있어 명백할 것이다. A, B 및 C 신호(510, 512 및 514) 및 AB BB 및 CB 신호(516, 518 및 520)는 위상 제어 신호(252 또는 254)를 집합적으로 나타낸다.

3.3 위상 변조기

제 6 도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 제 1 RF 위상 변조기(240)의 회로도이다. 제 2 RF 위상 변조기(242)의 구조 및 동작은 제 1 RF 위상 변조기(240)의 구조 및 동작과 동일하다. 그러므로, 제 6 도에 도시한 회로도뿐만 아니라 이하의 설명은 제 2 RF 위상 변조기(242)에 동일하게 잘 적용된다.

벡터 변조 제어기(220)의 제어 신호 발생기(432A)내에 있는 DSP(504)에 의해 발생된 A, B 및 C 신호(510, 512 및 514) 및 AB, BB 및 CB 신호(516, 518 및 520)는 트랜지스터(Q3, Q5, Q6, Q21, Q19 및 Q18)의 베이스에 각각 인가된다. 제 1 VCO(232)에 의해 발생된 제 1 신호(236)는 트랜지스터(Q1)의 베이스에 인가된다. 위상이 반대인(180° 위상차를 가진) 것을 제외하고는 제 1 신호(236)와 동일한 제 1 신호 바(602)는 트랜지스터(Q2)의 베이스에 인가된다. 제 1 신호 바(602)가 제 1 신호(236)로부터 발생되는 방식은 당업자에게는 명백할 것이다.

제 1 신호(236) 및 제 1 신호바(602)는 제 1 VCO(232)에 의해 발생된 제 1 평형 신호를 나타낸다. 제 1 평형 신호와 크기는 동일하지만 위상차가 90° 인 제 1 VCO(232)에 의해 발생된 제 2 평형 신호는 V90 신호 및 V90B 신호로서 표현된다. V90 신호는 트랜지스터(Q23)의 베이스에 인가되고, V90B 신호는 트랜지스터(922)의 베이스에 인가된다.

제 1 RF 위상 변조기(240)는 A, B 및 C 신호(510, 512 및 514)가 나타내는 양만큼 제 1 신호(236)의 위상을 쉬프트시키도록 동작한다. 예를 들어, 상술한 바와 같이, B 및 C 디지털값(512 및 514)이 " 01" 과 동일한 경우, 이 때 제 1 신호(236)의 위상은 90° 에서 180° 로 쉬프트된다. A 전압(510)은 90° 내지 180° 의 범위내의 정확한 위상 쉬프트를 나타낸다.

제 1 RF 변조기(240)는, 제 1 RF 변조기의 위상이 상술한 바와 같이 쉬프트된 후의 제 1 신호(236)를 나타내는 평형 출력 전압 신호(VO/VOB)를 발생한다. 평형 출력 전압 신호(VO/VOB)의 주파수는 제 1 신호(236)의 주파수와 동일하다. 신호들(VO 및 VOB)은 180° 의 위상차를 가진다. 평형 출력 전압 신호(VO/VOB)는 위상 쉬프트된 제 1 신호(244)로서 제 1 RF 진폭 변조기(248)에 제공된다(바꿔 말하면, 평형 출력 전압 신호(VO/VOB)와 위상 쉬프트된 제 1 신호(244)는 동일함). 특히, 위상 쉬프트된 제 1 신호(704)는 VO와 동일하고, 위상 쉬프트된 제 1 신호(바)(702)는 VOB와 동일하다(제 7 도 참조).

제 1 RF 위상 변조기(240)는 다음과 같이 출력 전압 신호(VO)를 발생시키도록 동작한다. 제 1 RF 위상 변조기(240)는 0° 내지 360° 의 위상 쉬프트를 제공한다. 실제 위상 쉬프트는 제 1 VCO(232)에 의해 발생된 제 1 및 제 2 신호와 등가인 기본 벡터 신호들의 선형 조합을 취함으로써 달성된다. VCO(232)의 제 1 평형 신호와 제 2 평형 신호간의 위상차는 90° 이다. 그러므로, 2개의 평형 신호는 직교하고, 출력(VO/VOB)의 위상은 제어 신호(510, 512, 514, 516, 518 및 520)를 조정하여 두 평형화된 벡터들의 선형 조합을 취하는 것에 의해 전체 360° 의 사이클에 걸쳐 계속해서 변할 수 있다. 또한, VCO(232)의 제 1 및 제 2 평형 신호가 동일한 진폭을 가질 경우, 이 때 출력 평형 신호(VO/VOB)는 전체 360° 의 위상 공간에 걸쳐 일정한 진폭을 가질 수 있다. 상기한 설명은 또한 제 2 RF 변조기(242)의 동작을 설명하는 것이다. 또한, 제 1 RF 위상 변조기(240)에 관련된 상세 설명은 본 발명에 포함된 기술에 근거해 볼 때 당업자에게는 명백할 것이다.

3.4 진폭 변조기

제 7 도는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 제 1 RF 진폭 변조기의 회로도이다. 제 2 RF 진폭 변조기(250)의 구조 및 동작은 제 1 RF 진폭 변조기(248)의 구조 및 동작과 동일하다. 그러므로, 제 7 도에 도시한 회로도뿐만 아니라 이하의 설명은 제 2 RF 진폭 변조기(250)와 동일하게 잘 적용된다.

제 1 RF 진폭 변조기(248)는 사전왜곡 스테이지(predistortion stage)(710) 및 증폭기 스테이지(712)를 포함한다. 에러 신호 검출기(216)의 제어 신호 발생기(432A)내에 있는 버퍼(502)로부터의 VAGC 신호(506) 및 VAGCE 신호(508)는 사전왜곡 스테이지(710)의 트랜지스터(T2 및 T5)의 베이스에 각기 인가된다. 위상 쉬프트된 제 1 신호(244) 및 위상 쉬프트된 제 1 신호(바)(702)는 증폭기 스테이지(712)의 트랜지스터(T13 및 T9)의 베이스에 각기 인가된다.

사전왜곡 스테이지(710)는 증폭기 스테이지(712)의 이득이 선형적으로 제어될 수 있도록 잘 알려진 방식으로 동작한다. 특히, 사전왜곡 스테이지(710)는 트랜지스터(T7 및 T12)의 베이스에 인가되는 이득 제어 전압(714) 및 트랜지스터(T8 및 T11)의 베이스에 인가되는 이득 제어 전압(바)(716)을 발생하도록 동작한다. 이 평형 이득 제어 전압(714/716)을 발생하는 방식은 다음과 같다. 전압(VAGC 및 VAGCB)은 평형 전압(VAGC')을 나타낸다. 이 평형 전압(VAGC')은 에미터 결합쌍(emitter coupled pair)을 나타내는 트랜지스터(T2 및 T5)의 베이스에 인가된다. 대부분의 경우, 저항(RE1)은 트랜지스터(T2 및 T5)의 동작을 선형화하는데 이용된다. 이 에미터 결합쌍은 전압(VAGC')을 트랜지스터(T2 및 T5)의 콜렉터에 제공되는 차동 전류(differential current)로 변환한다. 그 다음, 이 전류는 트랜지스터(T1 및 T4) 양단간에 로그 차동 전압(differential logarithmic voltage)을 발생한다. 이 전압은 그 다음 에미티 결합쌍을 각기 나타내는 트랜지스터(T7, T8 및 T12)의 베이스에 인가된다. 당업자라면 명백한 바와 같이, 로그 전압이 에미터결합쌍의 베이스에 상기한 형태로 인가되면, 증폭기 스테이지(712)의 이득은 VAGC' 에 대해 선형화된다.

증폭기 스테이지(712)는 위상 쉬프트된 제 1 신호(244)를 증폭하여 신호(118)의 제 2 고조파 제거에 적절한 진폭을 갖는 출력 전압 신호(Vout)를 발생하는 식으로 동작한다. 출력 전압 신호(Vout)는 제 2 고조파로서 적절한 주파수를 가지며, 신호(118)의 제 2 고주파 제거에 적절한 위상의 신호를 갖는다. 출력 전압신호(Vout)는 전기 변조 신호(114)를 발생시키는데 이용되는 제 2 고주파 보정항(206)을 나타낸다(제 2도 참조).

증폭기 스테이지(712)는 전압 이득이 VAGC ' 전압에 따라 변하는 가변 이득스테이지로서의 기능을 행한다. VAGC ' 전압(506-508)이 증가되는 경우, 트랜지스터(T8 및 T11)의 콜렉터에는 트랜지스터(T7 및 T12)에 비해 보다 많은 전류가 흐른다. 따라서, 증폭기의 이득이 감소하는데, 이는 트랜지스터(T9 및 T13)의 새로운 많은 콜렉터 전류가 VCC에 대한 단락(short)에 의해서 로딩되는(loaded) 트랜지스터(T8 및 T11) 쪽으로 흐르도록 배향되기 때문이다(부하(RE2 및 RE3)로부터 제거되도록 배향되기 때문이다.). 트랜지스터(T7 및 T8, T11 및 T12)는 전류를 부하(RE2 및 RE3) 쪽으로 흐르도록 하고 또한 그들 부하로부터 제거되도록 하여 증폭기 스테이지(712)의 전압 이득을 조정하는 조정 스위치(steering switch)로서 사용된다. 이들 설명은 제 2 RF 진폭 변조기(250)에도 적용된다.

당업자라면 명백한 바와 같이, 증폭기 스테이지(712)의 이득은 0(VAGC(506)의 크기가 큰 경우)에서 2 *RE2*(위상 쉬프트된 제 1 신호(244)의 진폭)/RE4(VAGC(506)의 크기가 작은 경우)까지의 범위내에 속한다. 바람직하게는, 부하(RE2 및 RE3)는 각기 100Ω 이고, 부하(RE4)는 25Ω 이다. 그러나, 이들 값들은 구현 방식에 따라 달라진다.

소망하는 증폭/감쇄(amplification/attenuation)를 달성하기 위해 필요하다면 RF 진폭 변조기(248)를 다른 진폭 변조기와 종속 접속(cascade)시킬 수도 있다. 레이저 인터페이스(112)가 종속 접속된 RF 진폭 변조기들을 포함할 수 있도록 변형하는 방식은 본 발명에 포함된 설명에 근거해 볼 때 당업자에게는 명백할 것이다.

지금까지 본 발명의 여러 가지 실시예에 대해 기술하였지만, 이는 본 발명을 제한하고자 하는 것이 아니라 단지 설명예에 불과하다. 그러므로, 본 발명의 사상 및 범주는 상술한 예시적 실시예들의 어떤 것에 의해서도 제한되는 것이 아니라 첨부된 특허청구범위에 의해서만 규정된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

광학 데이터 신호를 변조하기 위해서 레이저가 이용하기 위한 전기 변조 신호를 발생하는 전기 변조 발생 방법으로서, 상기 레이저는 상기 광학 데이터신호가 1차 데이터 신호 및 다수의 고조파 왜곡 결과물을 포함하게 하는 식의 비선형 변조 응답 패턴을 가지는 것인, 전기 변조 발생 방법에 있어서,

(1) 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나의 주파수와 동일한 주파수를 가지는 보정 전기 신호를 발생하는 단계와,

(2) 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나의 위상 및 진폭을 검출하는 단계와,

(3) 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 보정 전기 신호가 공액적으로 정합되게 상기 보정 전기 신호를 상기 검출된 위상에 따라서 위상 쉬프트시키는 단계와,

(4) 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 위상 쉬프트된 보정 전기신호가 동일한 진폭을 갖게 상기 위상 쉬프트된 보정 전기 신호를 상기 검출된 진폭에 따라서 증폭하는 단계와,

(5) 상기 위상 쉬프트되고 증폭된 보정 전기 신호를 전기 데이터 신호와 조합하여 상기 전기 변조 신호를 형성하는 단계

를 포함하는 전기 변조 신호 발생 방법.

청구항 2.

제 1 항에 있어서,

상기 단계(2)는,

상기 광학 데이터 신호를 그 광학 데이터 신호의 전기적인 표현인 제 1 전기 신호로 변환하는 단계와,

상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 동일한 주파수를 가지는 제 2 전기신호를 발생하는 단계와,

상기 제 1 전기 신호를 상기 제 2 전기 신호와 혼합하여 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 보정 전기 신호 간의 진폭차에 비례하는 크기를 가진 제 1 전압 신호 및 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 보정 전기 신호간의 위상차에 비례하는 크기를 가진 제 2 전압 신호를 발생하는 단계

를 포함하는 전기 변조 신호 발생 방법.

청구항 3.

제 2 항에 있어서,

상기 단계(2)와 단계(3) 사이에서 수행되는 다음의 단계들 즉,

상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나의 진폭과 동일하게 상기 보정 전기 신호의 진폭을 설정하는데 필요한 상기 보정 전기 신호의 증폭을 나타내는 진폭 제어 신호를 상기 제 1 전압 신호로부터 발생하는 단계와,

상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 보정 전기 신호를 공액적으로 정합시키는데 필요한 상기 보정 전기 신호의 위상 쉬프트를 나타내는 위상 제어 신호를 상기 제 2 전압 신호로부터 발생하는 단계

를 더 포함하는 전기 변조 신호 발생 방법.

청구항 4.

제 3 항에 있어서,

상기 단계(3)는 상기 위상 제어 신호에 따라서 상기 보정 전기 신호를 위상 쉬프트하는 단계를 포함하는 전기 변조 신호 발생 방법.

청구항 5.

제 3 항에 있어서,

상기 단계(4)는 상기 진폭 제어 신호에 따라서 상기 위상 쉬프트된 보정 전기 신호를 증폭하는 단계를 포함하는 전기 변조 신호 발생 방법.

청구항 6.

광학 데이터 신호를 변조하기 위해서 레이저가 이용하기 위한 전기 변조 신호를 발생하는 적응형 이퀄라이저로서, 상기 레이저는 상기 광학 데이터 신호가 1차 데이터 신호 및 다수의 고조파 왜곡 결과물을 포함하게 하는 식의 비선형 변조 응답 패턴을 가지는 것인, 적응형 이퀄라이저에 있어서,

(1) 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나의 주파수와 동일한 주파수를 가지는 보정 전기 신호를 발생하는 전압 제어 발진기와,

(2) 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나의 위상 및 진폭을 검출하는 에러 신호 검출기와,

(3) 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 보정 전기 신호가 공액적으로 정합되게 상기 보정 전기 신호를 상기 검출된 위상에 따라서 위상 쉬프트시키는 위상 변조기와,

(4) 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 위상 쉬프트된 보정 전기 신호가 동일한 진폭을 갖게 상기 위상 쉬프트된 보정 전기 신호를 상기 검출된 진폭에 따라서 증폭하는 진폭 변조기와,

(5) 상기 위상 쉬프트되고 증폭된 보정 전기 신호를 전기 데이터 신호와 조합하여 상기 전기 변조 신호를 형성하는 수단

을 포함하는 적응형 이퀄라이저.

청구항 7.

제 6 항에 있어서,

상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나는 상기 광학 데이터 신호의 제 2 고조파 왜곡 발생물인 적응형 이퀄라이저.

청구항 8.

제 6 항에 있어서,

상기 레이저는 상기 광학 데이터 신호를 그 광학 데이터 신호의 전기적인 표현인 제 1 전기 신호로 변환하는 광학 검출기를 포함하고,

상기 에러 신호 검출기는,

상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 동일한 주파수를 가지는 제 2 전기신호를 발생하는 제 2 전압 제어 발진기와,

상기 제 1 전기 신호를 상기 제 2 전기 신호와 혼합하여 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 보정 전기 신호 간의 진폭차에 비례하는 크기를 가지는 제 1 전압 신호 및 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 보정 전기 신호 간의 위상차에 비례하는 크기를 가지는 제 2 전압 신호를 발생하는 혼합기

를 포함하는 적응형 이퀄라이저.

청구항 9.

제 8 항에 있어서,

상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나의 진폭과 동일하게 상기 보정 전기 신호의 진폭을 설정하는데 필요한 상기 보정 전기 신호의 증폭을 나타내는 진폭 제어 신호를 상기 제 1 전압 신호로부터 발생하고, 또한 상기 고조파 왜곡 발생물들 중의 하나와 상기 보정 전기 신호를 공액적으로 정합시키는데 필요한 상기 보정 전기 신호의 위상 쉬프트를 나타내는 위상 제어 신호를 상기 제 2 전압 신호로부터 발생하는 벡터 변조 제어기를 포함하는 적응형 이퀄라이저.

청구항 10.

제 9 항에 있어서,

상기 위상 변조기는 상기 위상 제어 신호에 따라서 상기 보정 전기 신호를 위상 쉬프트하는 수단을 포함하는 적응형 이퀄라이저.

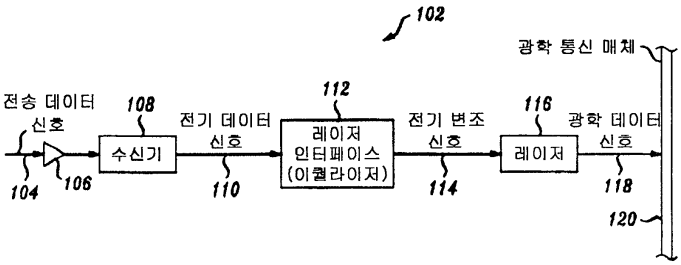
청구항 11.

제 9 항에 있어서,

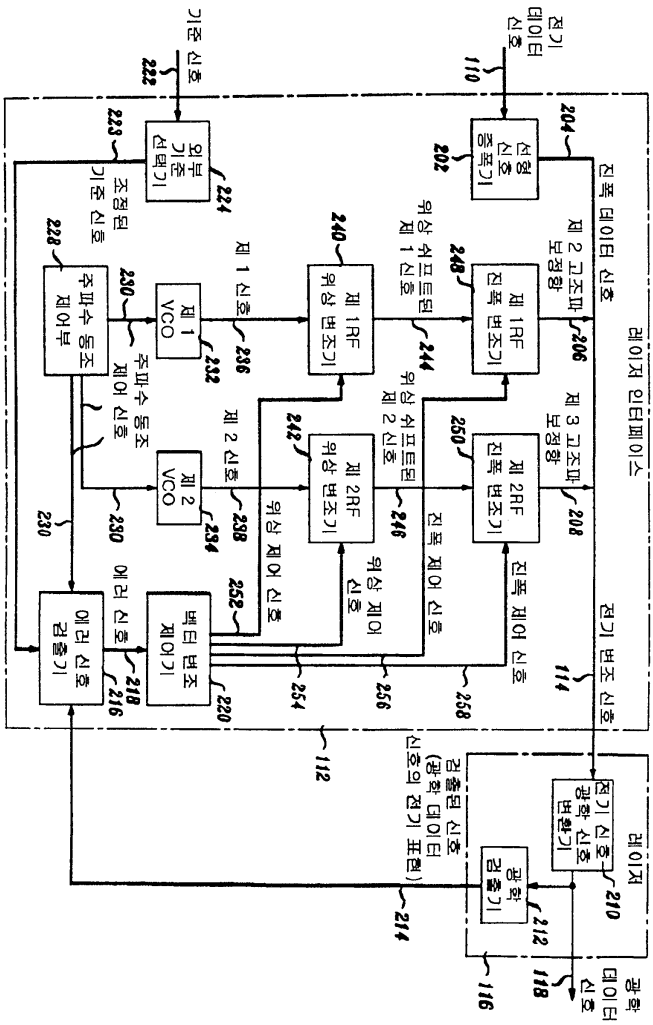
상기 진폭 변조기는 상기 진폭 제어 신호에 따라서 상기 위상 쉬프트된 보정 전기 신호를 증폭하는 수단을 포함하는 적응형 이퀄라이저.

도면

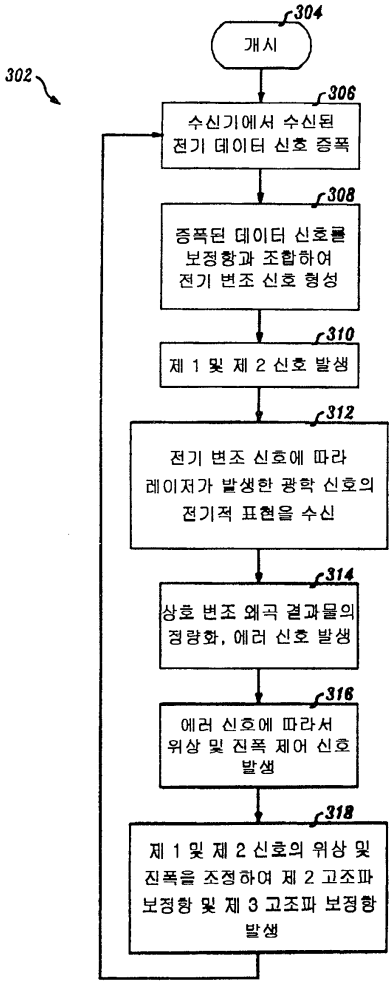
도면 1



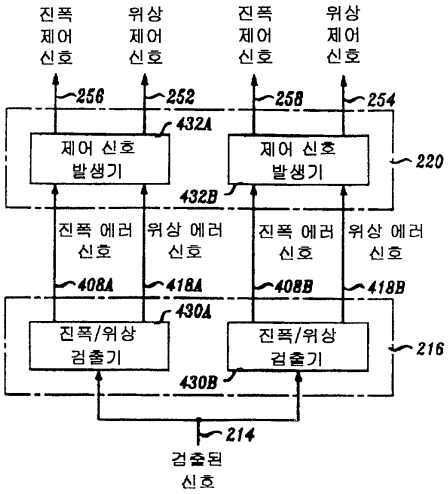
도면 2


전기 데이터 신호
110
기준 신호
222
선형 신호 증폭기
202
외부 기준 선택기
224
조정된 기준 신호
223
204
진폭 데이터 신호
레이저 인터페이스
제 2 고조파 보정항
206
제 1RF 진폭 변조기
248
위상 쉬프트된 제 1 신호
240
제 1RF 위상 변조기
244
제 1 신호
236
제 1 VCO
232
주파수 동조 제어 신호
230
주파수 동조 제어부
228
제 3 고조파 보정항
208
제 2RF 진폭 변조기
250
위상 쉬프트된 제 2 신호
242
제 2RF 위상 변조기
246
제 2 신호
238
제 2 VCO
234
위상 제어 신호
252
벡터 변조 제어기
220
진폭 제어 신호
258
256
254
에러 신호
230
에러 신호 검출기
218
216
전기 변조 신호
114
112
검출된 신호 (광학 데이터 신호의 전기 표현)
214
전기 신호 광학 신호 변환기
210
광학 검출기
212
118
116
레이저
광학 데이터 신호

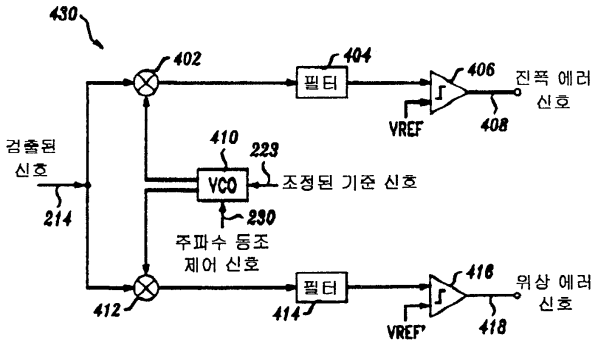
도면 3


302
304
개시
306
수신기에서 수신된 전기 데이터 신호 증폭
308
증폭된 데이터 신호를 보정항과 조합하여 전기 변조 신호 형성
310
제 1 및 제 2 신호 발생
312
전기 변조 신호에 따라 레이저가 발생한 광학 신호의 전기적 표현을 수신
314
상호 변조 왜곡 결과물의 정량화, 에러 신호 발생
316
에러 신호에 따라서 위상 및 진폭 제어 신호 발생
318
제 1 및 제 2 신호의 위상 및 진폭을 조정하여 제 2 고조파 보정항 및 제 3 고조파 보정항 발생

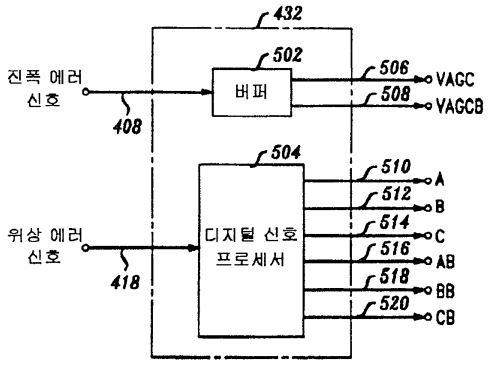
도면 4a



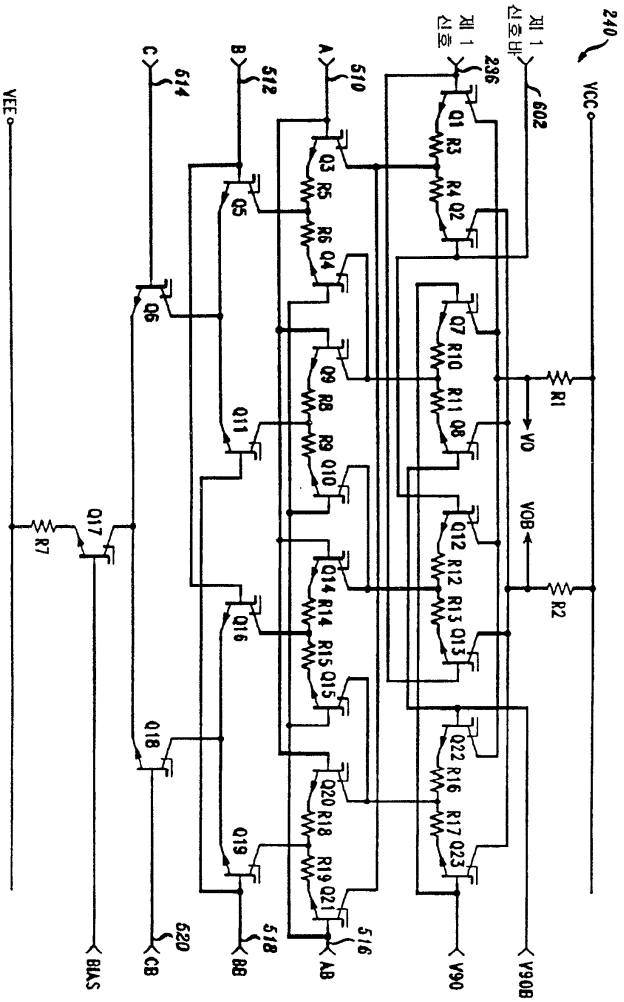
도면 4b



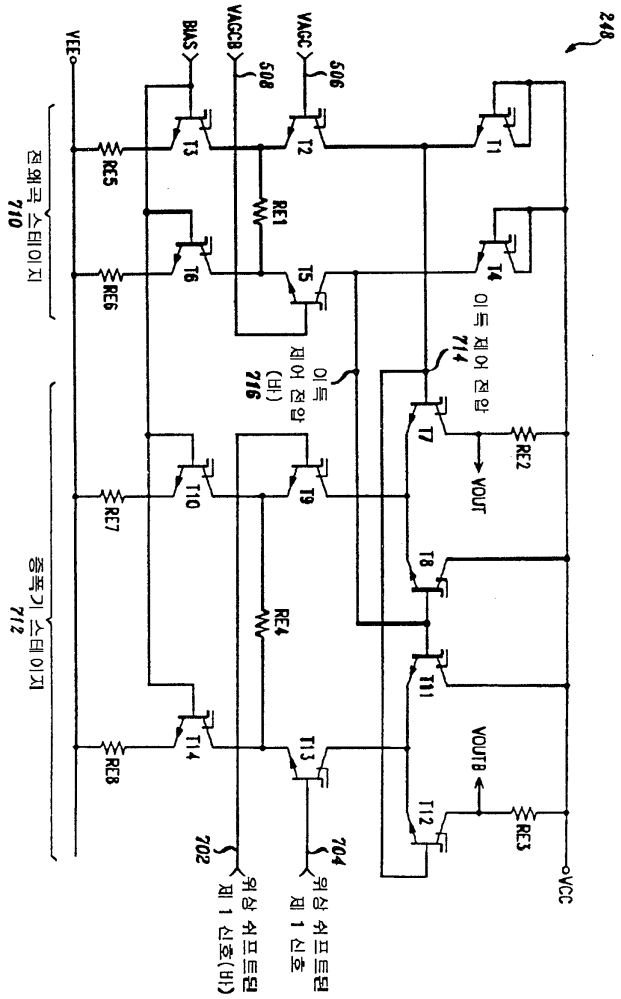
도면 5



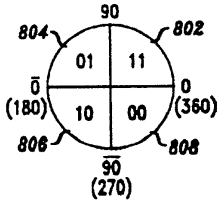
도면 6


240
VCC
제 1 신호
제 1 신호바
236
602
A
510
B
512
C
514
VEE
Q1
R3
R4
Q2
Q3
R5
R6
Q4
Q5
Q6
Q7
R10
R11
Q8
Q9
R8
R9
Q10
Q11
R1
VO
VOB
R2
Q12
R12
R13
Q13
Q14
R14
R15
Q15
Q16
Q17
R7
Q18
Q19
Q20
R18
R19
Q21
Q22
R16
R17
Q23
516
518
520
AB
BB
CB
BIAS
V90
V90B

도면 7


248
VEE
BIAS
VAGCB
508
VAGC
506
T1
T2
T3
T4
T5
T6
T7
T8
T9
T10
T11
T12
T13
T14
RE1
RE2
RE3
RE4
RE5
RE6
RE7
RE8
VOUT
VOUTB
VCC
전왜곡 스테이지
710
증폭기 스테이지
712
이득 제어 전압
714
이득 제어 전압 (바)
716
702
704
위상 쉬프트된 제 1 신호(바)
위상 쉬프트된 제 1 신호

도면 8


90
804
802
01
11
0̄
(180)
0
(360)
10
00
806
808
90̄
(270)