(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.[7]
H03F 3/20
H03G 3/30

(11) 공개번호 10-2004-0095289
(43) 공개일자 2004년11월12일

(21) 출원번호 10-2004-7014465
(22) 출원일자 2004년09월14일
번역문 제출일자 2004년09월14일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2002/002910
(87) 국제공개번호 WO 2003/079541
(86) 국제출원출원일자 2002년03월15일
(87) 국제공개일자 2003년09월25일

(71) 출원인 텔레호낙티에볼라게트 엘엠 에릭슨(피유비엘)
스웨덴 스톡홀롬 38 에스-164

(72) 발명자 코딤,월터
독일 90489 누른버그 페니트저스트라쎄 37

(74) 대리인 주성민
장수길

심사청구 : 없음

(54) 무선주파수 출력전력제어

요약

전력제어루프(12)를 포함하는 RF 전력증폭기회로(10)가 기재되어 있다. 전력제어루프(12)는 전력제어입력(34), 전력공급입력(36), 및 RF 전력증폭기(22)의 전력제어입력(34)과 전력공급입력(36) 사이에 접속된 적어도 하나의 궤환경로를 가지는 RF 전력증폭기(22)를 포함한다. 궤환경로는 제어루프파라미터들의 변화를 감소시키도록 구성된 제어단자(36)를 가지는 적어도 하나의 가변루프소자(18)를 포함한다.

대표도

도 1b

색인어

전력제어루프, 전력제어입력, 전력공급입력, RF 전력 증폭기, 가변루프소자

명세서

기술분야

본 발명은 무선주파수(radio frequency)(이하, 'RF'라 함) 출력전력제어 분야에 관한 것으로서, 특히 RF 전력증폭기를 포함하는 전력제어루프를 포함하는 RF 전력증폭기회로에 관한 것이다. 또한, RF 전력증폭기의 출력전력을 제어하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

무선통신장치 등의 최근의 RF 애플리케이션은, 예를 들어, 높은 전송품질을 확보하기 위해 또한 출력신호 변동을 각종 표준에서 정해진 제한 내에 유지하기 위해 효율적인 RF 출력전력 제어를 필요로 한다.

통상, RF 출력전력 제어는 RF 전력증폭기, 이 RF 전력증폭기의 출력전력을 검출하는 검출기장치 및 에러증폭기를 포함하는 전력제어루프를 포함한다. 이러한 RF 전력제어루프는 예를 들어 미국 특허 제5,378,996호에 개시되어 있다.

미국 특허 제5,378,996호에 개시된 전력증폭기는 제어입력, 신호입력, RF 전력출력 및 검출기출력을 가진다. 검출기출력에서의 검출기신호는 전력증폭기의 RF 출력전력과 검출기출력 사이에 접속된 검출기 다이오드 형태인 검출기장치에 의해 제공된다. 검출기출력은 에러증폭기의 부(negative)입력에 접속되어 있고, 에러증폭기의 출력은 전력증폭기의 제어입력에 접속되어 있다. 따라서, 전력증폭기, 검 출기 및 에러증폭기는 부궤환(negative feedback)으로 전력제어루프를 형성한다. 또한, 에러증폭기는 기준신호가 인가되는 정(positive)입력을 가진다.

미국 특허 제5,378,996호에 개시된 RF 출력전력 제어는 RF 출력전력의 측정에 기초한다. 그러나, 원칙적으로 RF 출력전력 제어는 RF 전력증폭기 전류의 측정, 즉 RF 전력증폭기의 전력소비 또는 전류소비에 기초할 수도 있다.

RF 전력증폭기 전류의 측정에 기초한 RF 출력전력 제어는 Ashok Bindra에 의한 'Smart biasing keeps R.F. power amplifier on track', electronic design, 2002년 1월 21일, p38,40에 기재되어 있다. 이 논문에서는, RF 전력증폭기의 출력전력을 조절하고 제어하는 모놀리식(monolithic) 제어기가 기재되어 있다.

이 모놀리식 제어기는 RF 전력증폭기의 게이트 바이어싱 전압을 실시간 모드로 보정하는 폐쇄 루프 방법의 일부이다. 공지의 모노리식 제어기를 포함하는 RF 전력증폭기 회로의 개략적인 블록도가 도 1a에 도시되어 있다. 도 1a에서 알 수 있는 바와 같이, RF 전력증폭기 회로(10)는 전력제어루프(12) 및 신호공급브랜치(branch)(14)를 포함한다. 전력제어루프(12)는 RF 전력증폭기(22), 저항(24)의 형태인 전류센싱소자, 비교기(16)의 형태인 검출기 및 필터(18)를 포함한다.

저항(24)은 RF 전력증폭기의 드레인 전류를 센싱하는데 사용된다. 드레인 전류는 외부기준전압과 함께 신호공급브랜치(14)로부터 비교기(16)로 공급되는 전압으로 변환된다. 비교기(16)의 출력신호는 필터(18)에 의해 필터링되고, 필터링된 신호는 RF 전력증폭기(22)의 게이트 바이어싱 전압을 제어하는데 사용된다.

RF 전력증폭기(22)의 효율 및 선형화에 영향을 주는 온도 편차(drift) 및 노 화(aging)에 대처하기 위해, 제어입력(14')이 전력제어루프(12) 외부에서 신호공급브랜치(14)와 비교기(16) 사이에 공급된다. 제어입력(14')에 공급되는 제어신호에 의해, 전력증폭기(22)의 출력전력 P_{OUT} 이 제어될 수 있다.

RF 전력증폭기 전류를 고려하는 RF 출력전력 제어방식과는 별도로, 전력제어방식을 견실하게(robust) 구현할 수 있는 RF 전력증폭기 회로를 필요로 한다. 또한, RF 전력증폭기 회로와 같은 RF 전력증폭기를 제어하는 방법이 필요하다.

발명의 상세한 설명

본 발명에 따르면, 전력제어입력 및 전력공급입력을 가지고, RF 전력증폭기의 전력제어입력과 전력공급입력 사이에 접속되어 제어입력을 가지고 제어루프파라미터들의 변화를 감소시키도록 구성된 적어도 하나의 가변루프소자를 포함하는 전력제어루프를 포함하는 RF 전력증폭기회로가 제공된다.

따라서, 가변루프소자의 제어입력은 RF 전력증폭기의 전류소비의 궤환신호특성을 고려함으로써 제어루프를 실제로 제어하게 한다. 이러한 제어루프의 제어는 정적상태를 얻음으로써 출력전력을 간접적으로 제어하는 것을 목적으로 하는 것이 바람직한 반면에, 종래기술의 해결방법은 이러한 정적상태를 변화시키는 것을 목적으로 한다. 가변루프소자는 지속적으로 또는 단계적으로 튜닝될 수 있는 소자일 수 있다. 궤환경로에 배열된 가변루프소자의 특성은, 루프제동인자 또는 자연루프주파수 등의 동적루프파라미터들의 변화가 감소되도록, 이상적으로는 완전히 보상되도록 제어될 수 있다.

따라서, 우선, 출력전력제어를 전력증폭기 전류의 궤환신호특성에 기초하고, 다음으로 궤환경로내에 하나 이상의 가변루프소자를 제공함으로써, 대부분이 이러한 궤환 메커니즘에 특유한 루프파라미터 변화를 감소시키는 것이 제안된다. 가변루프소자는, 예를 들어 제어루프파라미터들이 선형화 또는 정적으로 되도록 능동적으로 또는 수동적으로 제어될 수 있다.

감소된 제어루프파라미터 변화는 출력전력제어를 더욱 견실하게 한다. 또한, 특히 전력증폭기회로가 다중주파수대역에서 동작가능한 경우, 예를 들어 전력 시간 템플릿 보정에 필요한 보정시간이 크게 감소될 수 있다.

가변루프소자는, 전력증폭기회로에서 즉시 입수가능한 신호에 의해, 또한 바람직하게는 전력제어루프로 외부에서 공급되는 기준전력제어신호 또는 전력제어루프 내에서 생성되는 전력제어신호 등의 출력전력제어에 관련된 신호에 의해 직접 또는 신호변환 후에 제어될 수 있다. 추가적으로 또는 다른 방법으로는, 가변루프소자는 오프셋신호 등의 전용제어신호에 의해 제어될 수 있다. 바람직하게는, 가변루프소자는, 출력전력제어에 관련된 즉시 입수가능한 신호, 출력전력제어에 관련된 신호 및 전용제어신호에 의해 동시에 제어되도록 구성된다.

가변루프소자는, 전용제어신호 및/또는 즉시 입수가능하지만 필요하다면 추가적으로 처리되는 제어신호가 공급될 수 있는 제어입력을 가진다. 이 제어입력은 예를 들어 가변루프소자를 지속적으로 또는 이산적으로 튜닝하게 한다. 특히, 제어입력은, 제어입력을 전력증폭기의 전력제어입력과 전력공급입력 사이에 (외부) 궤환경로의 소정의 노드에 접속시킴으로써, 추가의 (내부) 궤환경로(즉, 가변루프 소자에 대한 내부제어루프)를 생성하게 한다. 다른 방법으로는, 내부 궤환경로는, 가변루프소정의 제어입력을 외부 궤환경로 외부의 노드에 접속시킴으로써 생성될 수 있다. 예를 들어, 제어입력은 전력제어루프의 신호공급브랜치에 접속될 수 있다. 따라서, 내부 제어루프에 의해, 전력제어루프 또는 신호공급브랜치로부터 태핑된(tapped) 궤환신호는 가변루프소자의 제어입력에 직접 또는 신호변환 후에 공급될 수 있다.

가변루프소자의 제어입력은, 내부 궤환경로에 배열되고 필터회로, 멀티플라이어, 레벨시프터, 버퍼, 리미터, 룩업테이블 및 전압 또는 전류원중 적어도 하나를 포함할 수 있는 신호변환기에 접속될 수 있다. 바람직하게는, 신호변환기는 변환기 입력신호를 제어입력을 통해 가변루프소자에 접속된 변환기 출력신호로 변환한다.

변환기 입력신호는 즉시 입수가능한 제어신호 또는 제어신호부터 유도된 신호인 것이 바람직하다. 신호변환기는 예를 들어 전력제어신호 또는 전력제어신호로부터 유도된 신호로의 자신만의 제어단자를 가질 수 있다. 다른 방법으로는, 이러한 신호는 가변루프소장의 제어입력에 직접 접속될 수 있다. 디지털제어 인터페이스가 신호변환기의 제어단자에 또는 가변루프소자의 제어단자에 직접 접속될 수 있다. 디지털제어 인터페이스는 내부 궤환경로에 배열되는 것이 바람직하다.

바람직한 일 실시예에서는, 전력증폭기는 다중주파수대역에서 동작가능하다. 이러한 경우, 가변루프소자는 각각의 주파수대역에서 개별적으로 제어될 수 있다. 이러한 개별적인 제어는, 모든 주파수대역에 대해 동일한 루프파라미터들이 달성되 도록 수행되는 것이 바람직하다. 이러한 목적으로, 주파수대역 특유의 제어신호가 가변제어소자에 공급될 수 있다. 모든 주파수대역에 대해 동일한 루프파라미터들은, 한 주파수대역에 대해 계산된 보정값들이 잔여 주파수대역에 대해서도 (적당한 제어신호와 함께) 사용될 수 있기 때문에, 보정을 진척시킨다.

제어루프파라미터들의 변화는 복수의 메커니즘에 의해 야기된다. 출력전력제어가 전력증폭기회로의 궤환신호특성에 기초하는 경우, 전력증폭기상수의 변화는 루프파라미터 변화에 주요한 원인이 된다. 전력증폭기상수는 전력증폭기의 전류소비와 제어전압간의 관계를 나타낸다.

전력증폭기상수의 변화의 역효과가 감소되도록 가변루프소자의 특성이 변화하거나 및/또는 변화되도록 선택되는 경우, 이점이 있다. 물론, 루프파라미터 변화를 야기하는 추가적인 효과 또는 다른 효과가 감소되도록 가변루프소자의 특성이 변화하거나 또는 변화될 수 있다.

가변루프소자는, 루프파라미터 변화를 감소시킬 목적으로만 궤환경로에 배열된 전용 콤포넌트일 수 있다. 추가적으로 또는 다른 방법으로는, 궤환경로에 이미 존재하는 콤포넌트, 예를 들어 필터, 센싱소자 또는 검출기가 일차적인 목적에 더하여 루프파라미터 변화를 의도적으로 감소시키도록 구성될 수 있다.

바람직하게는, 가변루프소자는 전력제어루프의 루프필터 또는 로우패스필터 등의 가변필터에 의해 구성된다. 가변필터는 적어도 하나의 가변저항 및 가변커패시터를 포함할 수 있다. 또한, 능동필터의 경우, 전용제어루틴이 루프파라미터 변화를 감소시키도록 구현될 수 있다.

가변루프소자는 배리캡 다이오드에 의해 구성되거나 또는 포함할 수 있다. 이러한 배리캡 다이오드는 애노드단자와 캐소드단자 양단간의 전압에 의해 제어되는 가변정전용량을 제공한다. 따라서, 배리캡 다이오드는 루프제어신호에 의해, 더욱 바람직하게는 루프제어전압에 의해 제어될 수 있다. 추가적인 제어신호가 배리캡 다이오드의 양단자 모두 또는 한 단자에 인가되어 다른 제어파라미터를 추가시킬 수 있다.

필터 구성에 사용되는 경우, 배리캡 다이오드는 필터를 변화가능하게 한다. 그러나, 배리캡 다이오드는 루프검출기 등의 다른 가변루프소자와 함께 사용될 수 있다. 배리캡 다이오드 대신에 또는 더하여, 루프파라미터 변화가 감소되도록 루프검출기는 제어되는 가변이득을 가질 수 있다.

상술한 본 발명은 하드웨어 해결방법 또는 소프트웨어 해결방법으로써 구현될 수 있다. 소프트웨어 해결방법의 경우, 본 발명은 본 발명의 단계들을 수행하기 위한 프로그램코드 부분을 포함하는 컴퓨터프로그램제품의 형태로 구현될 수 있다. 이러한 컴퓨터프로그램제품은 컴퓨터판독가능 기록매체에 기록될 수 있다.

본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, 본 발명의 RF 전력증폭기는 무선통신용(예를 들어, 다중대역 이동전화) 이동단말기 등의 네트워크 콤포넌트 또는 이동통신 네트워크의 기지국의 드라이버단(driver stage)에 배열된다.

도면의 간단한 설명

본 발명의 다른 특징 및 이점들은 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예의 상세한 설명에 의해 명백해진다.

도 1a는 종래기술의 RF 전력증폭기 회로의 블록도.

도 1b는 본 발명에 따른 RF 전력증폭기 회로의 블록도.

도 2는 전력증폭기 상수와 전력증폭기 제어 전압간의 관계를 나타내는 도.

도 3은 정적(static)루프필터의 제1 구현례를 나타내는 도.

도 4는 정적루프필터의 제2 구현례를 나타내는 도.

도 5a 및 도 5b는 가변루프필터 형태인 가변루프의 본 발명에 따른 제1 실시예를 나타내는 도.

도 6은 가변루프필터 형태인 가변루프의 본 발명에 따른 제2 실시예를 나타내는 도.

도 7은 도 5 및 도 6에 도시된 2개의 실시예들의 가변정전용량들과 전력증폭기 제어 전압간의 관계를 나타내는 도.

도 8은 종래기술의 루프필터 커패시터 및 본 발명에 따른 가변루프필터 커패시터에 대해 전력증폭기 제어 전압에 의존하는 제동 인자의 변화를 나타내는 도.

도 9는 가변루프필터의 형태인 가변루프소자의 본 발명에 따른 제3 실시예를 나타내는 도.

도 10은 가변루프필터의 형태인 가변루프소자의 본 발명에 따른 제4 실시예를 나타내는 도.

도 11은 가변루프필터의 형태인 가변루프소자의 본 발명에 따른 제5 실시예를 나타내는 도.

도 12는 도 10 또는 도 11에 도시된 가변루프소자를 포함하는 RF 전력증폭기 회로의 블록도.

도 13은 가변루프필터의 형태인 가변루프소자가 실제로 배열된 예를 나타내는 도.

도 14는 도 13에 도시된 배열례에 대해 전력증폭기 출력전력과 전력증폭기 제어 전압간의 관계를 나타내는 도.

도 15a 및 도 15b는 종래기술의 전력증폭기 회로 및 본 발명에 따른 전력증폭기 회로의 전력증폭기 출력전력을 시간영역의 계단응답으로서 나타내는 도.

실시예

가변루프필터의 형태인 가변루프소자를 포함하는 RF 전력증폭기 회로에 대해서 본 발명을 예시적으로 설명한다. 그러나, 원칙적으로 전력제어루프의 다른 소자가 가변루프필터 대신에 또는 가변루프필터에 더하여 가변루프소자로서 기능하도록 변형될 수 있다는 것을 주의해야 한다. 또한, 본 발명을 가변루프 커패시터와 함께 예시적으로 설명하지만, 가변 저항 등의 다른 가변 소자 및 가변 검출기 게인 등의 다른 가변 파라미터가 가변루프소자를 구현하는데 사용될 수도 있다.

또한, 바람직한 실시예의 설명은 가변 커패시터의 온도 편차 또는 가변 커패시터의 정확한 바이어싱을 위한 필요조건을 고려하지 않는다. 실제 구현례에서, 온도 편차를 보상하는 수단 및 가변 커패시터를 정확하게 바이어싱하는 수단이 적절하게 제공될 수 있다.

도 1b는 본 발명에 따른 바람직한 RF 전력증폭기 회로(10)의 블록도를 나타낸다. 전력증폭기 회로(10)는 전력제어루프(12), 및 이 전력제어루프(12)에 접속 된 기준전압공급브랜치(14)를 포함한다.

전력제어루프(12)는 검출기 회로(16), 루프필터(18), 선택적인 로우 패스 필터(20), 전력증폭기(22) 및 전류센싱소자(24)를 포함한다. 도 1b를 참조하여 설명하는 바람직한 실시예에서, 검출기 회로(16)는 부입력(26) 및 정입력(28)을 가지는 에러 증폭기를 포함한다. 정입력(28)은 검출기 회로(16)의 정입력(28)에 연결된 제1 펄스파형정형(shaping) 필터(32), 이 제1 펄스파형정형필터(32)에 접속된 출력을 가지는 지수형(exponential)증폭기(30), 및 이 지수형증폭기(30)의 입력에 접속된 제2 펄스파형정형필터(28)를 포함하는 기준전압공급브랜치(14)에 접속되어 있다.

검출기 회로(16)의 출력은 루프파라미터 변화를 감소시키도록 구성된 제어입력(46)을 가지는 루프필터(18)에 접속되어 있다. 루프필터(18)는 로우패스필터(20)를 통해 전력증폭기(22)의 전력제어입력(34)에 접속되어 있다. 또한, 전력증폭기(22)는 전력공급입력(36), RF 전력출력(38) 및 RF 신호입력(도시하지 않음)을 더 포함한다. 전류센싱소자(24)는 전력증폭기(22)의 전력공급입력(36)과 전류공급(V_{bat}) 사이에 접속된 저항으로 구성된다.

도 1b에 도시된 전력증폭기 회로(10)의 기본적인 동작은 다음과 같다.

제2 펄스파형정형필터(28)로 공급되는 이산적(discrete) 제어전압 POWLEV*는 기준전압공급브랜치(14)에서 검출기 회로(16)의 정입력(28)으로 공급되는 연속적 전력증폭기 기준전압 POWLEV으로 변환된다. 검출기 회로(16)에서는, 전력증폭기 기준 전압 POWLEV는 전류센싱소자(24)에 의해 발생되는 궤환 신호와 비교된다. 비교 결과의 차이 신호는 검출기 회로(16)에 의해 증폭되고, 루프필터(18) 및 로우패스필터(20)를 거쳐 전력증폭기 제어 전압 PAREG의 형태로 전력증폭기(22)의 전력제어입력(34)으로 공급된다. 전력증폭기(22)는 전력증폭기 제어 전압 PAREG에 따라 RF 입력신호를 증폭하고, 이 증폭된 신호를 전력출력(38)을 통해 출력한다.

도 1b에서 알 수 있는 바와 같이, 전력제어루프(12)는 전력증폭기(22)의 전력제어입력(34)과 전력공급입력(36) 사이에 접속된 궤환경로를 포함한다. 이 궤환 경로는 전류센싱소자(24), 검출기회로(16), 루프필터(18) 및 로우패스필터(20)를 포함한다.

이 궤환경로를 전력증폭기(22)의 전력공급입력(36)에 접속시킴으로써, 전력증폭기(22)의 출력전력 제어는 전력증폭기(22)의 전류소비의 궤환신호특성에 기초한다. 출력전력 제어가 전력증폭기(22)의 전류소비의 궤환신호특성에 기초한다는 사실의 결과, 전력증폭기(22)의 제어전압 PAREG와 전류소비와의 관계를 나타내는 전력증폭기상수 K_{pa}는 전력제어루프(12)의 동적파라미터들에게 영향을 준다. 이는 전력제어루프(12)의 전달함수 H(s)로부터 명백해지며, 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 1

$$H(s) = \frac{Hf(s) \cdot Hlp(s) \cdot K\,\mathrm{detector} \cdot Kpa \cdot Ksense}{1 + Hf(s) \cdot Hlp(s) \cdot K\,\mathrm{detector} \cdot Kpa \cdot Ksense}$$

여기서, 루프필터(18)의 전달함수 Hf(s)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 2

$$Hf(s) = \frac{1}{sCc}$$

로우패스필터(20)의 전달함수 Hlp(s)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 3

$$Hlp(s) = \frac{1}{1 + s \cdot R_{lp} \cdot C_{lp}}$$

전류센싱소자(24)의 전달함수 K_{sense} 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 4

$$K_{sense} = R_{sense}$$

검출기회로(16)의 전달함수 $K_{detector}$ 는 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 5

$$K_{detector} = G_m$$

다음과 같이, 전력제어루프(12)의 2개의 구체적인 제어루프 파라미터들, 즉 루프제동인자 d 및 자연루프주파수 w_n 를 예시적으로 더 자세히 고려할 수 있다. 이러한 제어루프파라미터들은 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 6

$$d = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{C_c}{C_{lp} \cdot R_{lp} \cdot K_{pa} \cdot R_{sense} \cdot G_m}}$$

수학식 7

$$w_n = \sqrt{\frac{R_{sense} \cdot K_{pa} \cdot G_m}{C_{lp} \cdot R_{lp} \cdot C_c}}$$

[수학식 6] 및 [수학식 7]로부터, 전력제어루프(12)의 루프제동인자 d 및 루프대역폭 등의 동적 특성이 전력증폭기 상수 K_{pa} 의 변화에 강하게 의존한다는 것이 명백하다. 그러나, 전력증폭기상수 K_{pa} 는 전력증폭기 제어 전압 PAREG에 따라 매우 변화한다. 도 2는 전력증폭기 모델에 기초하여 도출된 전력증폭기 제어 전압 PAREG와 전력증폭기 상수 K_{pa} 간의 함수 관계를 나타내는 도인바, 이로부터 상술한 바가 명백하다.

실험 결과, 이동 통신용 글로벌 시스템(Global System for Mobile communications)(GSM 900)의 900 ㎒ 대역 통상적인 전력증폭기의 전력증폭기상수 K_{pa} 는 1.6 A/V 내지 0.96 A/V 사이에서 변화하고, 통상적인 3중대역 GSM900/GSM1800/GSM1900 전력증폭기의 전력증폭기상수 K_{pa} 는 3 A/V 내지 0.2 A/V 사이에서 변화하고, 2중대역 전력증폭기는 6 A/V 만큼 높을 수 있는 최대 전력증폭기상수 K_{pa} 를 가진다는 것을 알게 되었다.

상술한 바와 같이, 전력증폭기 제어전압 PAREG와 전력증폭기상수 K_{pa} 간의 관계는 매우 비선형적이다. 따라서, 루프제동인자 d 및 루프자연주파수 w_n 등의 통상적인 동적 제어루프파라미터들은 전력증폭기 제어전압 PAREG에 따라 매우 변화한 다.

이러한 제어루프 파라미터들의 변화는 전력제어루프 설계를 매우 어렵게 한다. 한편, 전력제어루프 설계는 펄스 파형정형이 전력제어루프 파라미터들과는 상관없게 하기 위해 루프 대역폭이 펄스파형정형필터(28, 32)의 대역폭보다 넓도록 해야 한다. 한편, 루프 대역폭은 노이즈를 감소시키기 위해 가능한 한 작아야 한다(제동인자는 일정함). 또한, 일정한 제어루프 파라미터들은 보정 관점에서 이점이 있다. 전력제어루프 설계는 상술한 모든 특성들간에 타협점을 찾는 것을 목적으로 한다. 그러나, 제어루프 파라미터들의 변화는 가능한 한 매우 감소시키는 것을 필요로 한다.

도 1b를 참조하여 설명한 본 발명의 바람직한 실시예에 따르면, 제어입력을 가지는 가변루프소자가 전력증폭기상수 K_{pa} 의 변화로부터 발생하는 루프 파라미터 변화를 감소시키기 위해 제공된다. 물론, 추가적인 파라미터의 변화 또는 전력증폭기상수 K_{pa} 와는 관계없는 다른 파라미터의 변화가 제어루프 파라미터를 선형화하기 위해 본 발명에 따

라 보상될 수도 있다.

원칙적으로, [수학식 6] 및 [수학식 7]의 전력증폭기상수 K_{pa} 의 변화는, [수학식 6] 및 [수학식 7]에서 하나 이상의 다른 파라미터를 변화하게 함으로써 또한 이러한 하나 이상의 다른 파라미터를 적당히 변화시킴으로써 보상될 수 있다. 이는 기본적으로 가변전류센싱소자(24), 가변검출기회로(16), 가변루프필터(18) 및/또는 가변로우패스필터(20)의 형태인 가변루프소자가 제공될 수 있음을 의미한다. 추가적으로 또는 다른 방법으로는, 전용 가변루프소자가 전력제어루프(12) 내에 설치될 수 있다.

[수학식 6] 및 [수학식 7]로부터 명백한 바와 같이, 루프필터(18)의 정전용량 C_c 및 검출기 회로(16)의 게인 G_m 은 전력증폭기상수 K_{pa} 를 변화시킴으로써 도출되는 제어루프 파라미터들의 변화를 보상하기 위해 특히 이점있게 사용될 수 있는 파라미터들이다. 다음, 전력제어루프(12)의 선형화를 가변정전용량 C_c 와 함께 예시적으로 설명한다.

한편으로는 도 2에 나타낸 제어 전압 PAREG과 전력증폭기상수 K_{pa} 간의 관계, 및 한편으로는 [수학식 6] 및 [수학식 7]의 각각의 파라미터에 대한 통상적인 값들과는 별도로, 제동인자 d 및 자연 루프 주파수 w_n 는 다음 표에서 나타낸 바와 같이 변화할 수 있다.

[표 1]

Gm	0.008 S	0.008 S
Cc	100 pF	100 pF
Rlp	56 Ω	56 Ω
Clp	1nF	1nF
Rsense	0.05 Ω	0.05 Ω
Kpa	2.84 A/V (PAREG=1.7V)	0.03 A/V (PAREG=2.5V)
d	**2.0**	**22.3**
wn	**4.501 x 10^6rad/s**	**4.401 x 10^6rad**

제동인자 d 및 자연루프주파수 w_n 의 상기 변화는, 전력증폭기상수 K_{pa} 의 변화 와 동일한 비율로 변화할 수 있는 가변정전용량 C_c 를 가지는 가변루프필터를 설치함으로써 전력증폭기상수 K_{pa} 의 변화에 덜 의존적이 된다. 그러나, 가변루프필터의 실현을 논의하기 전에, (정적) 실현의 가능한 구현례를 도 3 및 도 4를 참조하여 설명한다.

제1 변형례에 따르면, 검출기 회로는 혼합 신호 ASIC의 일부포서 증폭기의 형태로 실현되는 반면에, 수동 루프필터는 도 3에 도시된 바와 같이 PI 루프필터를 형성하는 이산(discrete) 커패시터 C 및 이산 저항 R'로 구성된다. 도 3으로부터 명백한 바와 같이, 이산 커패시터 C는 한 단자가 그라운드에 접속되어 있다.

도 3에 도시된 루프필터의 전달함수 Hf(s)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 8

$$Hf(s) = \frac{1+sR'C}{sC}$$

[수학식 8]은 기본적으로 [수학식 2]에 대응하고, 따라서 [수학식 6] 및 [수학식 7]은 다시 쓸 수 있다.

제2 변형례에 따르면, 도 4에 도시된 바와 같이 검출기회로 및 루프필터는 증폭기단(amplifier stage)(40) 및 드라이버단(driver stage)(42)으로 실현될 수 있다. 증폭기단(40) 및 드라이버단(42)은 둘 다 혼합 신호 ASIC의 일부인 반면에, 루프필터 커패시터 c는 이산 콤포넌트가 된다. 결합형 증폭기단(40) 및 드라이버단(42)의 전달함수 F(s)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 9

$$Hf(s) = G_m \times \frac{1}{sC}$$

도 4에 도시된 구현례는 도 3에 도시된 구현례와 비교하여 루프필터에 대해 외부 저항이 없기 때문에 이점이 있다.

도 5a에서는, 본 발명에 따른 가변루프필터(18)의 제1 변형례가 도시되어 있다. 도 5a로부터 명백한 바와 같이, 가변루프필터(18)는 저항(R') 및 배리캡(varicap) 다이오드의 형태인 가변루프커패시터 C_{var} 를 포함한다. 도 5a에 도시된 루프커패시터 C_{var} 는 도 3에 도시된 루프 커패시터 C와 동등하지만, 루프커패시터 C_{var} 의 정전용량은 변화가능하고 기본적으로 전력증폭기 제어 전압 PAREG에 의해 제어되며, 즉 전력증폭기상수 K_{pa} 의 변화와 거의 동일한 비율로 변화한다.

가변루프필터(18)는, 일단이 가변루프커패시터 C_{var} 의 캐소드에 접속되고 다른 단이 저항 R'이 접속된 공통노드에 접속된 제어입력(46)을 가진다. 또한, 외부 저항 R'은 이 공통노드에 접속되어 있고, 검출기(16)로부터 가변루프필터(18)의 제어입력(46)으로 제어신호를 공급한다. 따라서, 가변루프커패시터 C_{var} 를 포함하는 내부 제어루프가 형성된다. 제어루프(12)의 내부 제어신호는 저항 R'을 통해 태핑되어(tapped) 가변루프커패시터 C_{var} 에 접속된 제어입력(46)으로 공급된다.

원칙적으로, 도 5a에 도시된 2개의 병렬 저항 R', R'은 하나의 저항 R로 결 합될 수 있다. 도 5a의 가변루프필터(18)의 대응하는 동등한 회로는 도 5b에 도시되어 있다.

도 5a 및 도 5b에 도시된 루프필터(18)는 가변 커패시터 C_{var} 에 기인한 가변 'I' 부분을 가지는 수동형 PI 루프필터를 구성한다. 루프필터(18)의 전달함수 Hf(s)는 C_{var} 양단간의 전압 U_{var} 의 함수가 된다. 이러한 방법으로 전력증폭기상수 K_{pa} 의 변화에 의해 야기된 제어루프 파라미터들의 변화를 감소시킬 수 있다.

도 6은 도 5a 및 도 5b에 도시된 것과 동일한 PI 루프필터 구성례를 나타내지만, 루프커패시터 C_{var} 의 애노드와 dc 블록을 그라운드로 제공하는 추가적인 커패시터 C_o 사이에 접속된 루프커패시터 C_{var} 에 대한 (추가적인) 제어 단자를 가지는 구성례를 나타낸다. 제어전압 U_{offset} 의 형태인 제어신호가 가변루프필터(18)의 제어입력(46)에 인가될 수 있다. U_{offset} 이 존재함으로써, C_{var_offset} 의 값은 전력증폭기 제어전압 PAREG와 제어전압 U_{offset} 간의 차이에 의해 결정된다. 따라서, 제어전압 U_{offset} 은 제어루프파라미터들의 변화를 좀 더 감소시키기 위해 루프커패시터 C_{var} 를 튜닝하게 한다.

도 6에 도시된 루프필터(18)의 전달함수 Hf(s)는 전력증폭기 제어전압 PAREG와 제어전압 U_{offset} 간의 전압차 U_{cvar} 의 함수로서, 다음과 같이 쓸 수 있다.

수학식 10

$$Hf(s, Ucvar) = \frac{1 + sRCi}{sCi}$$

수학식 11

$$Ci(uc\,\mathrm{var}) = \frac{Co * C\,\mathrm{var}\_offset(Uc\,\mathrm{var})}{Co + C\,\mathrm{var}\_offset(Uc\,\mathrm{var})}$$

가변루프필터(18)의 제어입력(46)에 인가된 제어전압 U_{offset} 의 결과, 전력증폭기 제어전압 PAREG에 대한 C_{var_offset} 의 곡선은 x축을 따라 이동된다. 이러한 튜닝은 C_{var_offset} 의 특성을 전력증폭기상수 K_{pa} 의 특성에 매칭시키는데 매우 유용하다.

C_{var} 및 C_{var_offset} 의 특성은 도 7에 도시되어 있다. 도 7로부터 명백한 바와 같이, C_{var_offset} 은 C_{var} 를 이동시킨 것과 동일하다.

도 8에는, 고정 정전용량 C를 가지는 루프필터에 대한 제동인자 d와 튜닝된 가변루프필터 정전용량 C_{var_offset} 을 가지는 도 6에 도시된 가변루프필터(18)에 대한 제동인자 d를 비교한 것이 도시되어 있다. 가변루프필터(18)를 사용하면, 제동인자 d를 약 2의 인자만큼 감소시킨다. 이는 다음 표로부터 명백하다.

[표 2]

	Cc=Cvar_offset	Cc=const
Kpa	2.84 A/V (PAREG=1.7V)	
D	1.6	2.0
Wn	5.601 x 10^6rad/s	4.501 x 10^6rad/s
Kpa	0.03 A/V (PAREG=2.5V)	
D	10.5	22.3
Wn	0.852 x 10^6rad/s	0.401 x 10^6rad/s
d_ratio	6.6	11.2
wn_ratio	0.152	0.089

다른 구현례는 전력증폭기상수 K_{pa} 의 특성을 더 잘 매칭시키는 정전용량 특성을 가지는 배리캡 다이오드를 사용함으로써, 또한 제어전압 U_{offset} 을 능동적으로 제어함으로써 달성될 수 있다.

전력증폭기상수 K_{pa} 가 주파수에 따라 변화하기 때문에, 전력증폭기상수 K_{pa} 의 특성은 서로 다른 주파수대역에 대해 서로 다르다. 따라서, 제어전압 U_{offset} 은 각각의 주파수대역을 개별적으로 튜닝하여 모든 주파수대역에 대해 동일한 제어루프파라미터를 달성하는데 사용될 수 있다. 제어루프파라미터가 동일한 경우, 다중 주파수대역 이동전화에 대한 전력 시간 템플릿 보정은, 한 주파수대역에 대해 계산된 보정값이 잔여 주파수대역에 대해서도 사용될 수 있기 때문에(적당한 제어전압 U_{offset} 이 사용된다면) 촉진된다. 따라서, 보정시간은 3중 대역 이동전화에 대해 50 % 이상 감소될 수 있다.

예를 들어, 필터링을 하기 위한 목적으로, 추가적인 저항 R_c 이 도 9에 도시 된 가변루프필터(18)에 추가될 수 있다. 저항 R_c 은 제어단자(46)에 접속되고, 수정된 제어전압 $U_{offset*}$ 이 저항 R_c 에 인가되어야 한다.

도 10에 도시된 바와 같이, 제어신호 $U_{offset*}$ 은 배리캡 다이오드의 C_{var_offset} 의 특성을 전력증폭기상수 K_{pa} 의 특성에 더 잘 적응시키도록 하는 신호변환기(50)에 의해 공급된다. 신호변환기(50)는 제어신호 $U_{offset**}$ 를 수신하기 위한 제어단자(52), 및 저항에 접속된 출력단자(54)를 포함한다. 원칙적으로, 도 10에 도시된 저항 R_c 은 생략될 수 있고, 신호변환기(50)의 출력단자(54)는 제어입력(46)에 직접 접속될 수 있다.

신호변환기(50)는 $U_{offset*} = f_{converter}(U_{offset**})$ 의 관계에 따라 제어신호 $U_{offset**}$ 를 제어신호 $U_{offset*}$ 로 선형적으로 또는 비선형적으로 변환시킨다. 신호변환기(50)는 필터회로, 멀티플라이어, 레벨시프터, 버퍼, 리미터, 룩업테이블 또는 전압/전류원을 포함할 수도 있다.

일단이 그라운드에 접속된 C_{var_offset} 를 가지는 가변루프필터(18)의 대체예는 도 11에 도시되어 있다.

원칙적으로, 가변루프필터(18)의 제어입력(46)은 전력증폭기 제어전압 PAREG, 또는 전력증폭기 기준전압 POWLEV 또는 POWLEV* 등의 다른 전력제어신호에 직접 또는 간접으로 접속될 수 있다. 이와 관련하여, 도 12는 PAREG 신호에 접속 된 신호변환기(50)의 제어단자(52)를 가지고 내부제어루프(12')를 형성하는 전력제어루프(12)의 블록도를 예시적으로 나타낸다. 다른방법으로는, 가변루프필터(18) 또는 다른 가변루프소자(예를 들어, 전류센싱소자(24) 또는 검출기(16))의 제어입력(46)이 펄스파형정형필터(28)와 검출기(16) 사이에 또는 검출기(16)와 루프필터(18) 사이에 배열된 노드에 접속될 수 있다. 물론, U_{offset} , $U_{offset*}$, $U_{offset**}$ 가 아날로그/디지털 변환기 등의 디지털제어 인터페이스로부터 직접 공급될 수도 있다.

도 13은 이동전화 보드(board) 상에서 행해지는 실체 측정에 사용되는 가변루프필터를 가지는 회로를 나타낸다. 도 13의 회로는 정적루프필터를 가지는 도 4의 회로에 기초한다.

도 13으로 되돌아가, 저항 R_d 이 배리캡 다이오드 C_{var} 에 대해 dc 경로를 제공하는데 사용된다. 커패시터 C_{dc} 가 신호 $U_{offset**}$ 에 대해 dc 디커플링(decoupling)을 제공하는데 사용된다. 신호 $U_{offset**}$ 은 외부의 가변전압원에 의해 공급된다. 도 14는 도 13의 회로에 대해 측정된 전력제어전압 POWLEV에 대한 전력증폭기 출력전력을 나타낸다. 도 14로부터 도 13에 도시된 루프필터 배열이 도 4에 도시된 수정되지 않은 회로와 비교하여 출력전력에서 오버샷(overshot)을 감소시킨다는 것이 명백하다.

도 15a 및 도 15b는 도 4 및 도 13에 도시된 수정되지 않은 회로 및 수정된 회로의 시간영역의 계단응답에 대한 출력 전력을 각각 나타낸다. 최대출력 오버샷은 약 75 % 이상 감소될 수 있다는 것이 분명하다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.
전력제어입력(34) 및 전력공급입력(36)을 가지는 RF 전력증폭기(22); 및

상기 RF 전력증폭기(22)의 상기 전력제어입력(34)과 상기 전력공급입력(36) 사이에 접속되고 적어도 하나의 가변루프소자(16, 18, 20, 24)- 상기 적어도 하나의 가변루프소자(18)는 제어루프파라미터들(d, w_n)의 변화를 감소시키도록 구성되는 제어입력(46)을 가짐 -를 가지는 전력제어루프(12)를 포함하는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기회로(10).

청구항 2.
제1항에 있어서, 상기 가변루프소자(18)의 상기 제어입력(46)은,

상기 전력제어루프(12) 또는 상기 전력제어루프(12)의 신호공급브랜치(14)에 접속되어, 상기 가변루프소자(18)을 포함하는 내부제어루프(12')를 형성하는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기회로.

청구항 3.
제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 가변루프소자는,

가변필터(18) 또는 가변전류센싱소자(24)인 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기회로.

청구항 4.
제3항에 있어서, 상기 가변필터(18)는,

적어도 하나의 가변저항 및 가변커패시터(C_{var})를 포함하는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기회로.

청구항 5.
제1항 내지 제4항중 어느 한 항에 있어서, 상기 가변루프소자(18)는,

배리캡 다이오드를 포함하는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기회로.

청구항 6.
제1항 내지 제5항중 어느 한 항에 있어서, 상기 가변루프소자는,

가변특성을 가지는 검출기(16)인 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기회로.

청구항 7.
제1항 내지 제6항중 어느 한 항에 있어서,

상기 가변루프소자(18)의 상기 제어입력(46)에 접속된 신호변환기(50)를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기회로.

청구항 8.
제1항 내지 제7항중 어느 한 항에 있어서,

상기 가변루프소자(18)의 상기 제어입력(46) 또는 상기 신호변환기(50)의 제어단자(52)는 디지털제어 인터페이스에 접속된 것을 특징으로 RF 전력증폭기회로.

청구항 9.
제7항 또는 제8항에 있어서,

적어도 하나의 신호변환기(50) 및 상기 디지털제어 인터페이스는 상기 내부 제어루프(12') 내에 배열된 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기회로.

청구항 10.
제1항 내지 제9항중 어느 한 항에 기재된 상기 RF 전력증폭기회로(10)를 포함하는 것을 특징으로 하는 무선통신네트워크의 콤포넌트.

청구항 11.
RF 전력증폭기(22)의 전류소비의 궤환신호특성을 고려하기 위한 전력제어루프(12)를 사용하는 RF 전력증폭기(10)의 출력전력의 제어방법에 있어서,

제어 입력(46)을 가지는 적어도 하나의 루프소자(18)에 가변특성을 제공하는 단계; 및

제어루프파라미터들(d, w_n)의 변화를 감소시키도록 상기 가변루프소자(18)의 상기 제어입력(46)에 제어신호를 인가함으로써 상기 루프소자(18)의 특성을 변화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기의 출력전력의 제어방법.

청구항 12.
제11항에 있어서, 상기 루프소자(18)의 특성은,

전력증폭기상수(K_{pa})의 변화로부터 도출되는 상기 제어루프파라미터들(d, w_n)의 변화를 감소시키도록 변화되는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기의 출력전력의 제어방법.

청구항 13.
제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 전력제어루프(12) 또는 상기 전력제어루프(12)의 신호공급브랜치(14)로부터 태핑된 궤환신호는 상기 루프소자(18)의 상기 제어입력(46)으로 직접 또는 신호변환 후에 공급되는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기의 출력전력의 제어방법.

청구항 14.
제11항 내지 제13항중 어느 한 항에 있어서, 상기 루프소자(18)의 특성은,

상기 RF 전력증폭기(10)에 대한 전력제어신호(POWLEV, PAREG) 또는 상기 RF 전력증폭기(10)로부터 유도된 신호에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기의 출력전력의 제어방법.

청구항 15.
제11항 내지 제14항중 어느 한 항에 있어서,

상기 루프소자(18)의 특성은 전용제어신호에 의해 제어되는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기의 출력전력의 제어방법.

청구항 16.
제11항 내지 제15항중 어느 한 항에 있어서,

상기 RF 전력증폭기(22)는 다중주파수대역에서 동작가능하고, 상기 루프소자(18)의 특성은 각각의 주파수대역에서 개별적으로 제어되는 것을 특징으로 하는 RF 전력증폭기의 출력전력의 제어방법.

청구항 17.
제11항 내지 제16항에 기재된 단계들을 수행하기 위한 프로그램코드부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터프로그램제품.

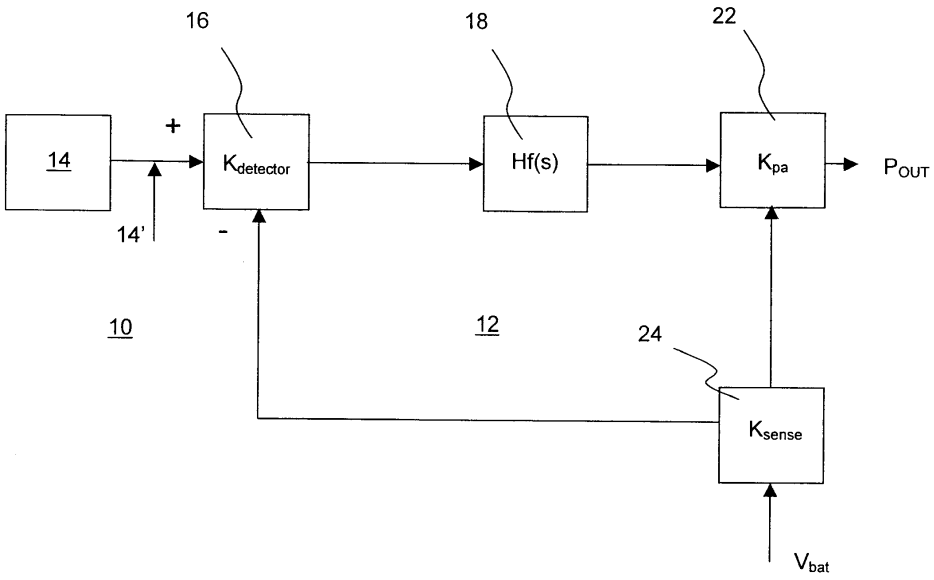
청구항 18.
제17항에 있어서,

컴퓨터판독가능 기록매체에 기록되는 것을 특징으로 하는 컴퓨터프로그램제품.

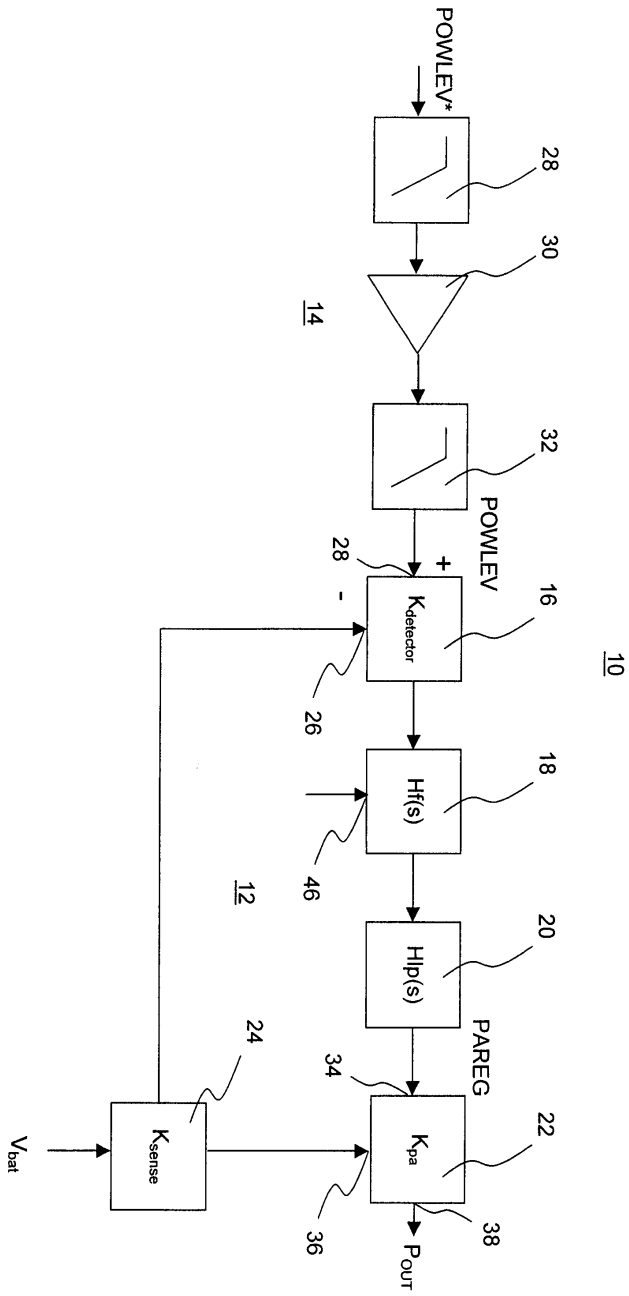
도면

도면1a

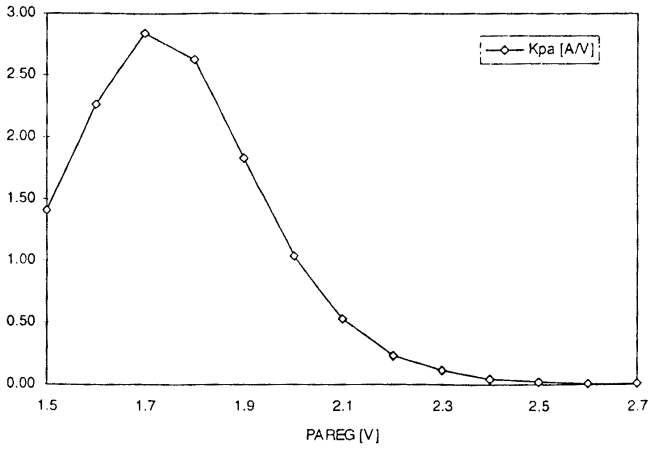
(종래 기술)



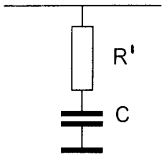
도면1b


POWLEV*
28
30
14
32
POWLEV
28
+
-
16
$K_{detector}$
10
26
18
Hf(s)
46
12
20
Hlp(s)
PAREG
24
34
22
K_{sense}
K_{pa}
V_{bat}
36
38
P_{OUT}

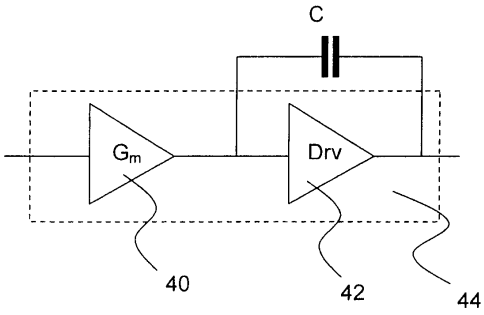
도면2


3.00
2.50
2.00
1.50
1.00
0.50
0.00
Kpa [A/V]
1.5
1.7
1.9
2.1
2.3
2.5
2.7
PAREG [V]

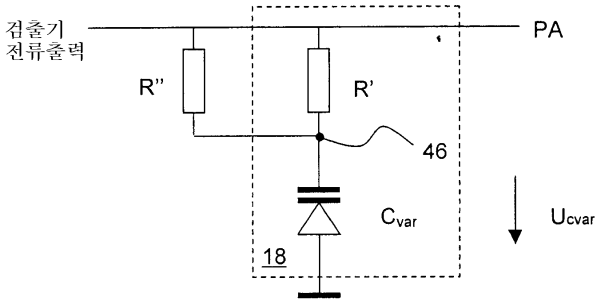
도면3



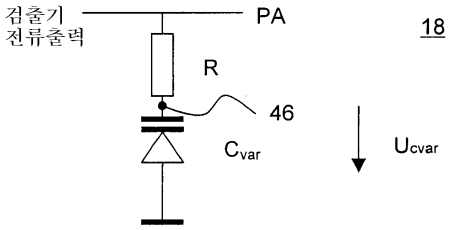
도면4



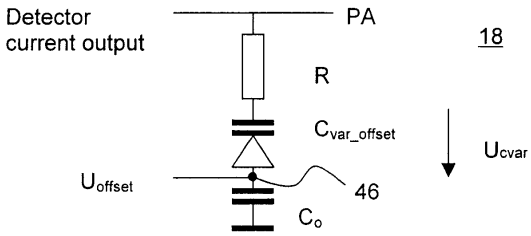
도면5a



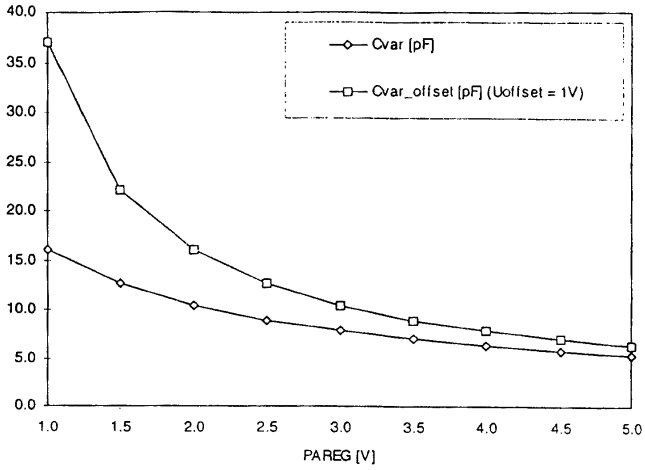
도면5b



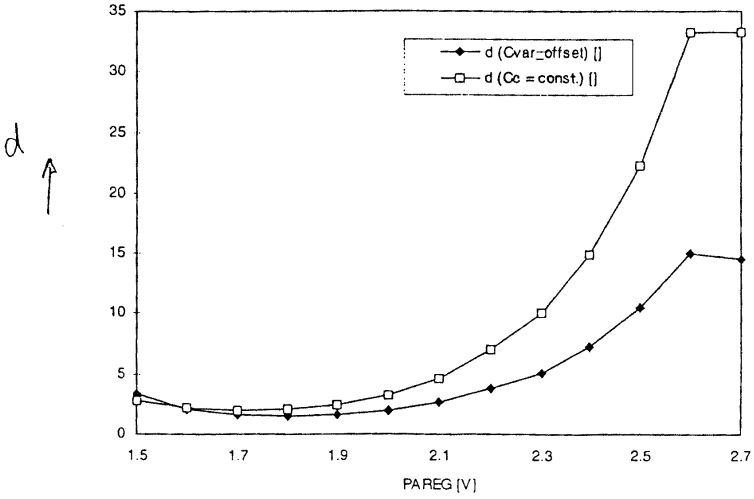
도면6



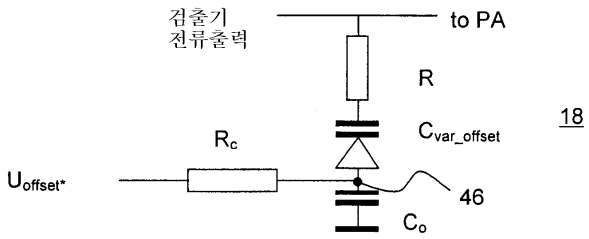
도면7



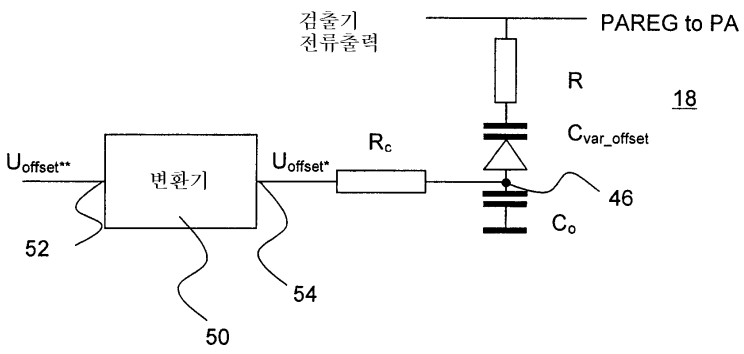
도면8



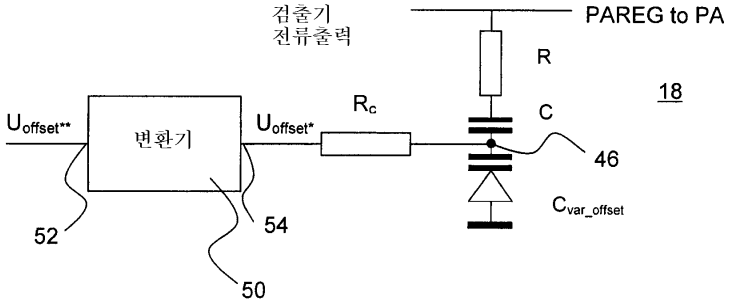
도면9



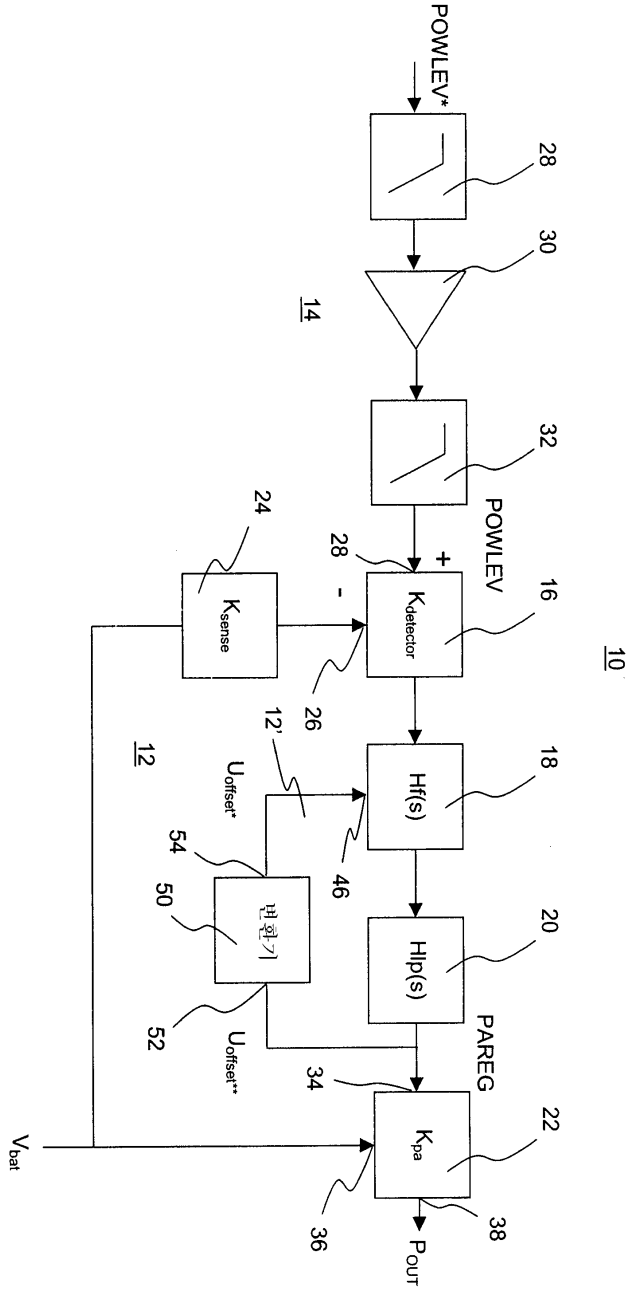
도면10



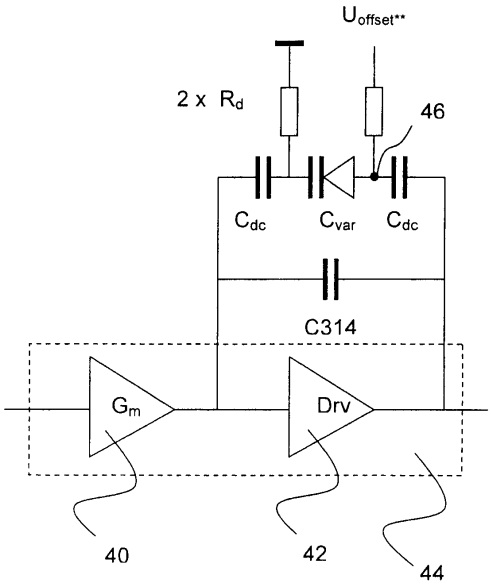
도면11


검출기
전류출력
PAREG to PA
R
C
18
46
C_{var_offset}
$U_{offset**}$
변환기
$U_{offset*}$
R_c
52
54
50

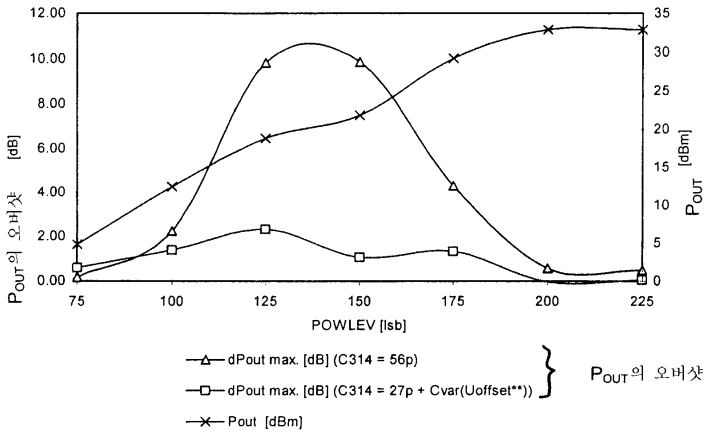
도면12


POWLEV*
28
30
14
32
POWLEV
24
28
+
-
16
K_{sense}
$K_{detector}$
10
26
12'
12
$U_{offset*}$
18
Hf(s)
54
46
50
변환기
20
Hlp(s)
52
$U_{offset**}$
PAREG
34
22
V_{bat}
K_{pa}
36
38
P_{OUT}

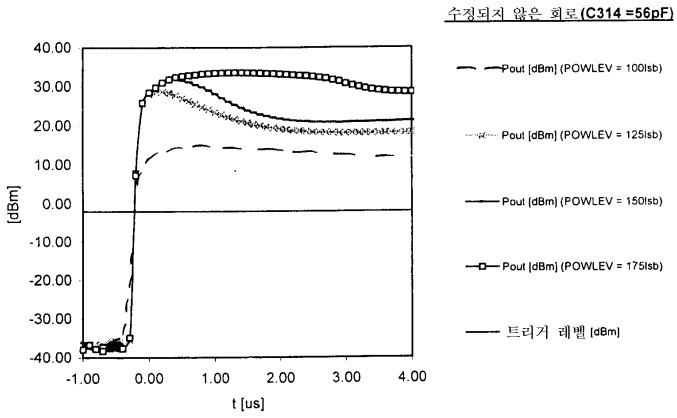
도면13



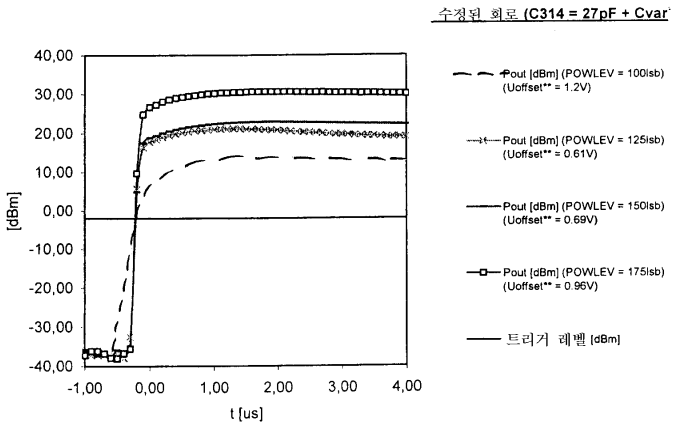
도면14



도면15a



도면15b


수정된 회로 (C314 = 27pF + Cvar
40,00
30,00
20,00
10,00
0,00
-10,00
-20,00
-30,00
-40,00
[dBm]
-1,00
0,00
1,00
2,00
3,00
4,00
t [us]
Pout [dBm] (POWLEV = 100lsb) (Uoffset** = 1.2V)
Pout [dBm] (POWLEV = 125lsb) (Uoffset** = 0.61V)
Pout [dBm] (POWLEV = 150lsb) (Uoffset** = 0.69V)
Pout [dBm] (POWLEV = 175lsb) (Uoffset** = 0.96V)
트리거 레벨 [dBm]