(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년07월09일
(11) 등록번호 10-0844904
(24) 등록일자 2008년07월02일

(51) Int. Cl.
H03F 3/20 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2006-0115133
(22) 출원일자 2006년11월21일
심사청구일자 2006년11월21일
(65) 공개번호 10-2008-0045890
(43) 공개일자 2008년05월26일
(56) 선행기술조사문헌
US20030117231 A1
KR1020070101723 A
KR1020060108863 A

전체 청구항 수 : 총 10 항

(73) 특허권자
한국과학기술원
대전 유성구 구성동 373-1
(72) 발명자
홍성철
대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 119-503번지
박창근
경남 진주시 평거동 737번지 한보타운 101동 303호
(74) 대리인
허진석

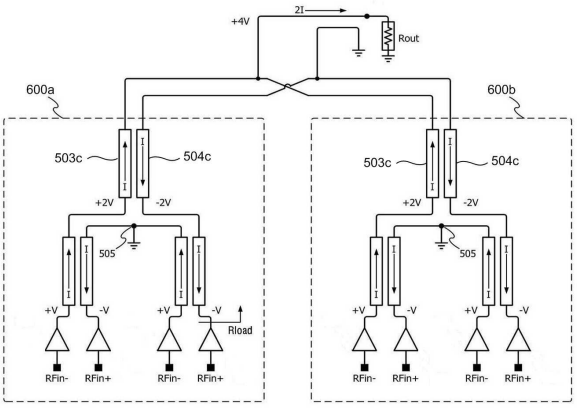
심사관 : 강성철

(54) 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기

(57) 요 약

본 발명은 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기에 관한 것으로서, 무선 통신 시스템에서 사용되는 다수개의 전력 증폭기에서 발생되는 전력을 전송선 변압기를 이용하여 결합함으로써 전력 손실을 최소화할 뿐만 아니라 큰 출력 전력으로 전력 증폭기의 효율을 향상시킬 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도7



특허청구의 범위

청구항 1

1차측과 2차측을 가지는 제1변압기, 제2변압기, 및 제3변압기를 포함하여 이루어지며,

상기 제1변압기 및 제2변압기는 각각 1차측과 2차측의 일단을 통해서 서로 상반된 위상의 고주파를 입력받고,

상기 제1변압기의 2차측 타단과 상기 제2변압기의 1차측 타단은 서로 연결되어 접지되며,

상기 제3변압기의 1차측 일단은 상기 제1변압기의 1차측 타단에 연결되고, 상기 제3변압기의 1차측 타단은 출력저항에 연결되며,

상기 제3변압기의 2차측 일단은 상기 제2변압기의 2차측 타단에 연결되고, 상기 제3변압기의 2차측 타단은 접지되는 것을 특징으로 하는 전력 증폭기.

청구항 2

제1항의 전력증폭기와 동일한 구조의 제1전력증폭기 및 제2전력증폭기가 결합되어 이루어지되,

상기 제1전력증폭기에 있는 제3변압기의 2차측의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3변압기의 2차측의 타단은 서로 연결되어 접지되며,

상기 제1전력증폭기에 있는 제3변압기의 1차측의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3변압기의 1차측의 타단은 서로 연결되어 상기 출력저항에 연결되는 것을 특징으로 하는 전력 증폭기.

청구항 3

제1항 또는 제 2항에 있어서, 상기 제1변압기 내지 제3변압기는 전송선 변압기로 이루어지거나 나선형 변압기로 이루어지는 것을 특징으로 하는 전력 증폭기.

청구항 4

제1항의 전력증폭기와 동일한 구조의 제1전력증폭기 및 제2전력증폭기가 추가 변압기를 매개로 결합되어 이루어지되,

상기 제1전력증폭기에 있는 제3변압기의 2차측의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3변압기의 1차측의 타단은 서로 연결되고,

상기 제1전력증폭기에 있는 제3변압기의 1차측의 타단은 상기 추가 변압기의 1차측의 일단에 연결되고, 상기 제2전력증폭기에 있는 제3변압기의 2차측의 타단은 상기 추가 변압기의 2차측의 일단에 연결되며,

상기 추가 변압기의 1차측의 타단은 상기 출력저항에 연결되고, 상기 추가 변압기의 2차측의 타단은 접지되는 것을 특징으로 하는 전력증폭기.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제1변압기 내지 제3변압기와 상기 추가 변압기가 전송선 변압기로 이루어지거나 나선형 변압기로 이루어지는 것을 특징으로 하는 전력 증폭기.

청구항 6

1차측과 2차측을 가지는 제1변압기, 제2변압기, 및 제3변압기와, 서로 다른 상반된 위상의 고주파를 출력하는 제1증폭단과 제2증폭단을 포함하여 이루어지며,

상기 제1증폭단은 상기 제1변압기 및 제2변압기의 1차측의 일단에 연결되고, 상기 제2증폭단은 상기 제1변압기 및 제2변압기의 2차측의 일단에 연결되며,

상기 제1변압기의 2차측의 타단과 상기 제2변압기의 1차측의 타단은 서로 연결되어 접지되며,

상기 제3변압기의 1차측 일단은 상기 제1변압기의 1차측 타단에 연결되고, 상기 제3변압기의 1차측 타단은 출력저항에 연결되며,

상기 제3변압기의 2차측 일단은 상기 제2변압기의 2차측 타단에 연결되고, 상기 제3변압기의 2차측 타단은 접지되는 것을 특징으로 하는 전력 증폭기.

청구항 7

제6항의 전력증폭기와 동일한 구조의 제1전력증폭기 및 제2전력증폭기가 결합되어 이루어지되,

상기 제1전력증폭기에 있는 제3변압기의 2차측의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3변압기의 2차측의 타단은 서로 연결되어 접지되며,

상기 제1전력증폭기에 있는 제3변압기의 1차측의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3변압기의 1차측의 타단은 서로 연결되어 상기 출력저항에 연결되는 것을 특징으로 하는 전력 증폭기.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서, 상기 제1변압기 내지 제3변압기는 전송선 변압기로 이루어지거나 나선형 변압기로 이루어지는 것을 특징으로 하는 전력 증폭기.

청구항 9

제6항의 전력증폭기와 동일한 구조의 제1전력증폭기 및 제2전력증폭기가 추가 변압기를 매개로 결합되어 이루어지되,

상기 제1전력증폭기에 있는 제3변압기의 2차측의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3변압기의 1차측의 타단은 서로 연결되고,

상기 제1전력증폭기에 있는 제3변압기의 1차측의 타단은 상기 추가 변압기의 1차측의 일단에 연결되고,

상기 제2전력증폭기에 있는 제3변압기의 2차측의 타단은 상기 추가 변압기의 2차측의 일단에 연결되며,

상기 추가 변압기의 1차측의 타단은 상기 출력저항에 연결되고, 상기 추가 변압기의 2차측의 타단은 접지되는 것을 특징으로 하는 전력증폭기.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 제1변압기 내지 제3변압기와 상기 추가 변압기가 전송선 변압기로 이루어지거나 나선형 변압기로 이루어지는 것을 특징으로 하는 전력 증폭기.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

<22> 본 발명은 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 무선 통신 시스템에서 사용되는 다수개의 전력 증폭기에서 발생되는 전력을 전송선 변압기를 이용하여 결합함으로써 전력 손실을 최소화할 뿐만 아니라 큰 출력전력으로 전력 증폭기의 효율을 향상시킬 수 있도록 한 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기에 관한 것이다.

<23> 이와 같은 전력 결합기 및 전력 증폭기는 무선통신 시스템의 송신단에서 고주파 신호를 큰 출력 전력을 송신하는데 흔히 사용된다.

<24> 도 1은 일반적은 전력 증폭기를 나타낸 구성도이다.

<25> 여기에 도시된 바와 같이 전력 트랜지스터(101)로 구성되는 증폭단을 나타낸 것이고, 정합회로(102)는 출력단(103)에 연결되는 부하저항 값을 전력 트랜지스터(101)가 큰 전력을 발생하는데 알맞은 부하저항 값으로 변환시키게 된다.

<26> 일반적으로 무선 통신 시스템에서 출력단(103)에 연결 되는 부하저항 값은 50 Ω 이지만, Rload_optimum 값은

50 Ω 이 아니기 때문에 정합회로(102)가 필요로 한다.

<27> 만약 도 1에 나타낸 전력 증폭기 보다 더 큰 출력 전력을 얻기 위해서는 101 보다 더 큰 증폭단이 필요로 한다.

<28> 도 2는 여러개의 증폭단을 사용하여 큰 출력 전력을 내기 위한 일반적인 증폭기 구조를 나타낸 도면이다.

<29> 도 2의 201은 101을 여러개 사용함으로서 101 보다 더 큰 전력 트랜지스터로 구성되는 증폭단을 나타낸 것이다.

<30> 여기에 도시된 바와 같이 일반적인 전력 증폭기의 경우 각각의 증폭단(201)에서 발생하는 출력 전력은 전력 결합기 및 정합회로(202)에 의하여 결합 된다. 이때, 정합회로(202)에서 전력을 결합함에 있어, 전력의 손실을 최소화 하는 방향으로 설계되어야 한다.

<31> 일반적인 경우, 정합회로(202)는 인덕터나 캐패시터 등과 같은 수동소자의 조합으로 구성이 된다.

<32> 하지만, CMOS가 집적 되는 실리콘 기판 위에서 형성되는 이러한 수동소자들은 기생저항 성분이 커서, 전력 결합기 및 정합 회로(202)를 구성함에 있어 많은 전력 손실을 야기 하게 된다.

<33> 현재 기술 단계에서는 수 와트 급의 출력 전력을 내는 전력 증폭기를 실리콘 기판 위에서 형성 할 경우, 전력 결합기 및 정합 회로에서 발생하는 전력 손실은 전력 트랜지스터에서 발생하는 전력의 50 % 이상에 달한다.

<34> 따라서 현재 기술 단계에서는 실리콘 기판 위에서 모든 수동소자를 집적화 한 전력 증폭기의 상용화가 매우 어려운 문제점이 있다.

<35> 이러한 문제점을 극복하기 위하여, 현재 대부분의 전력 증폭기는 수동소자의 기생저항 성분이 적은 화합물 반도체를 이용하거나, 수동소자는 집적화 하지 않고, off-chip 상에서 구현 하는 방법을 사용하고 있다. 하지만, 이러한 해결 방법은 전력 증폭기의 제작 시 많은 비용이 필요하게 되는 문제점이 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

<36> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창작된 것으로서, 본 발명의 목적은 무선 통신 시스템에서 사용되는 다수개의 전력 증폭기에서 발생되는 전력을 전송선 변압기를 이용하여 결합함으로써 전력 손실을 최소화할 뿐만 아니라 큰 출력전력으로 전력 증폭기의 효율을 향상시킬 수 있도록 한 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기를 제공함에 있다.

발명의 구성 및 작용

<37> 상기와 같은 목적을 실현하기 위한 본 발명의 제1실시예에 따른 전력증폭기는, 1차측 전송선과 2차측 전송선을 가지는 제1전송선 변압기, 제2전송선 변압기, 및 제3전송선 변압기를 포함하여 이루어지며, 상기 제1전송선 변압기 및 제2전송선 변압기는 각각 상기 1차측 전송선과 2차측 전송선의 일단을 통해서 서로 상반된 위상의 고주파를 입력받고, 상기 제1전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단과 상기 제2변압기의 1차측 전송선의 타단은 서로 연결되어 접지되며, 상기 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 일단은 상기 제1전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단에 연결되고, 상기 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단은 출력저항에 연결되며, 상기 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 일단은 상기 제2전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단에 연결되고, 상기 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단은 접지되는 것을 특징으로 한다.

상기와 같은 목적을 실현하기 위한 본 발명의 제2실시예에 따른 전력증폭기는, 상기 제1실시예에 따른 전력증폭기와 동일한 구조의 제1전력증폭기 및 제2전력증폭기가 결합되어 이루어지되, 상기 제1전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단은 서로 연결되어 접지되며, 상기 제1전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단은 서로 연결되어 상기 출력저항에 연결되는 것을 특징으로 한다. 상기와 같은 목적을 실현하기 위한 본 발명의 제3실시예에 따른 전력증폭기는, 상기 제1실시예에 따른 전력증폭기와 동일한 구조의 제1전력증폭기 및 제2전력증폭기가 추가 전송선 변압기를 매개로 결합되어 이루어지되, 상기 제1전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단은 서로 연결되고, 상기 제1전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단은 상기 추가 전송선 변압기의 1차측 전송선의 일단에 연결되고, 상기 제2전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단은 상기 추가 전송선 변압기의 2차측 전송선의 일단에 연결되며, 상기 추가 전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단은 상기 출력저항에 연결되고, 상기 추가 전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단은 접지되는 것을 특징으로 한다. 상기와 같은 목적을 실현하기 위한 본 발명의 제4실시예에 따른 전

력증폭기는, 1차측 전송선과 2차측 전송선을 가지는 제1전송선 변압기, 제2전송선 변압기, 및 제3전송선 변압기와, 서로 다른 상반된 위상의 고주파를 출력하는 제1증폭단과 제2증폭단을 포함하여 이루어지며, 상기 제1증폭단은 상기 제1전송선 변압기 및 제2전송선 변압기의 1차측 전송선의 일단에 연결되고, 상기 제2증폭단은 상기 제1전송선 변압기 및 제2전송선 변압기의 2차측 전송선의 일단에 연결되며, 상기 제1전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단과 상기 제2전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단은 서로 연결되어 접지되며, 상기 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 일단은 상기 제1전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단에 연결되고, 상기 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단은 출력저항에 연결되며, 상기 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 일단은 상기 제2전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단에 연결되고, 상기 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단은 접지되는 것을 특징으로 한다. 상기와 같은 목적을 실현하기 위한 본 발명의 제5실시예에 따른 전력증폭기는, 상기 제4실시예에 따른 전력증폭기와 동일한 구조의 제1전력증폭기 및 제2전력증폭기가 결합되어 이루어지되, 상기 제1전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선의 타단은 서로 연결되어 접지되며, 상기 제1전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단과 상기 제2전력증폭기에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선의 타단은 서로 연결되어 상기 출력저항에 연결되는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 있어서, 전송선 변압기 대신에 나선형 변압기를 사용할 수도 있다.

<38> 삭제

<39> 삭제

<40> 삭제

<41> 삭제

<42> 삭제

<43> 삭제

<44> 삭제

<45> 이와 같이 이루어진 본 발명은 전력 증폭기에서 발생되는 전력을 전송선 변압기를 이용하여 결합함으로써 전력 손실을 최소화할 뿐만 아니라 큰 출력전력으로 전력 증폭기의 효율을 향상시킬 수 있게 된다.

<46> 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 설명한다. 또한 본 실시 예는 본 발명의 권리범위를 한정하는 것은 아니고, 단지 예시로 제시된 것이며 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 기술적 사상 내에서 많은 변형이 가능할 것이다.

<47> 도 3은 본 발명에 의한 전력 결합기의 기본 구성 요소인 전송선(301) 및 전송선에 흐르는 AC 신호 파형(302)을 나타낸 것이다.

<48> 삭제

<49> 여기에 도시된 바와 같이 point A 의 경우는 전압이 '1V'이지만, point B 에서는 전압이 '0V'이고, point C 에서는 전압이 '-1V'가 된다. 일반적으로, 수 MHz의 AC 신호는 파장의 길이가 매우 길어, 이와 같은 특성을 보기 위해서는 매우 전송선(301)이 필요하지만, 수 GHz의 AC 신호는 파장의 길이가 매우 짧아서, 수 mm 혹은 수백 um의 길이를 가지는 전송선(301)에서도 이와 같은 특성을 가진다.

<50> 이러한 전송선(301)은 나선형 인덕터와 같은 수동 소자에 비하여 전력 손실이 매우 적다.

<51> 따라서 본 발명에 의한 전력 결합기는 이와 같은 전송선(301)이 기본 구성 요소로 형성됨에 따라 전력 결합기의 전력 손실은 일반적인 정합 회로에 비하여 매우 낮게 된다.

<52> 도 4는 본 발명에 의한 전력 결합기에 적용되는 일반적인 전송선 변압기(300)를 나타낸 도면이다.

<53> 여기에서 '+' 부호 및 '-' 부호는 각각 AC 신호의 위상이 서로 반대인 것을 나타낸다.

<54> 도 4의 (A)에 도시된 바와 같이 전송선 변압기(300)는 1차측 전송선(401)과 2차측 전송선(402)으로 구성되며, 1차측 전송선(401)과 2차측 전송선(402)은 서로 매우 인접하게 위치하고 있어, 각 전송선(401, 402)에서 발생하는 자기장에 의하여 각각에 흐르는 전류의 흐름이 영향을 받도록 되어 있다.

<55> 이때 전송선이라 함은 고주파 신호를 전송하는 선로를 지칭 하는 것이며, 이러한 전송선(401, 402)을 이용한 변압기(300)의 동작 원리를 도 4의 (B)를 참조하여 설명하면 다음과 같다.

<56> 1차측 전송선(401)에 I1이라는 전류가 흐르게 되면, I1에 의하여 1차측 전송선(401) 주위에는 자기장이 형성된다. 이때, 2차측 전송선(402)에는 I1에 의하여 형성되는 자기장의 변화를 방해하는 방향으로 전류가 유도되어 I2와 같은 전류가 발생하게 된다. 이때, VA1은 A1에서의 전압, VA2는 A2에서의 전압, VB1은 B1에서의 전압, VB2는 B2에서의 전압이라고 한다면, 각 전압은 다음 수학식 1과 같은 관계가 성립한다.

수학식 1

<57> VA1-VB1 = VA2-VB2

<58> 삭제

<59> 어느 순간 VA1과 VB1은 교류 전압원(voltage source, 403)에 의하여 각각 +V 및 -V가 되는 시점을 가정할 수 있기 때문에 전송선 변압기(300)의 상기와 같은 기본 원리에 의하여, 각각의 전송선(401, 402)에 흐르는 전류는 서로 크기는 같고 방향만 반대인 특성을 가진다. 또한 VA1=+V, VB1=-V 그리고 VB2=0 이므로, 수학식 1에 의하여 VB2는 2V 임을 쉽게 알 수 있다.

<60> 이때, 교류 전압원(403)에서 발생한 전력을 계산해 본다면, 전력은 전류와 전압의 곱으로 나타나게 되고, 만약 교류 신호라면 여기에 0.5를 곱해 줌으로써 A1에서의 전력은 0.5 x I x V 이고 B1에서의 전력은 0.5 x I x V 이다. 따라서, 교류 전압원(403)에서는 0.5 x I x V + 0.5 x I x V = I x V의 전력이 생성되었음을 알 수 있다. A2에서는 전류는 I 이고 전압은 2V 이므로, Rout으로 전달되는 전력은 0.5 x I x 2V = I x V 가 되어 교류 전압원(403)에서 발생된 전력이 모두 Rload로 전달되었음을 알 수 있다. 이때, 옴의 법칙에 의하여, Rout=2V/I가 되고, Rload_a=V/I, Rload_b=V/I 된다.

<61> 따라서, 2Rload_a=2Rload_b=Rout 의 관계식을 만족하게 되어 전송선(401, 402)에 의하여 임피던스의 변환이 가능함을 알 수 있다. 따라서, A1 및 B1에서의 전압은 +/- V로 스윙 한다면, A2에서는 +/- 2V로 스윙하게 되어 일반적인 변압기의 특성인 전압 변환이 가능함을 알 수 있다.

<62> 이와 같이 일반적으로 전송선을 이용한 변압기를 전송선 변압기라고 하며, 본 발명에서는 이러한 전송선 변압기가 기본 구성 요소로 형성 된다.

<63> 도 5는 본 발명에 적용되는 전송선 변압기를 이용한 전력 결합기(500)의 기본 구조를 나타낸 회로 구성도이다.

<64> 여기에 도시된 바와 같이 전력 트랜지스터로 구성되는 두개의 증폭단(501, 502)을 통하여 입력 위상이 서로 반대인 RFin가 인가되면, 증폭단(501, 502)의 출력 역시 -V 및 +V와 같이 위상이 서로 반대가 된다. 따라서, 도 5는 도 4의 (B)에있는 교류 전압원(403)이 단지 두개의 증폭단(501, 502)으로 대체된 것에 불과하며 도 4의 (B)와 도 5는 동일한 회로도임을 알 수 있다.

<65> 이때, Rout의 값이 50 Ω이라면 Rload_a 및 Rload_b의 값은 모두 25 Ω이 된다. 따라서, 임피던스 변환 비(R)는 2가 된다. 이하 Rload_a 및 Rload_b의 값은 항상 동일하므로 Rload라고만 지칭 하도록 하겠다. 상기와 같이 50 Ω의 증폭기의 부하 저항 값은 Rload로 변환 되므로, 상기와 같은 전송선(503, 504)에 의한 전송선 변압기(534)는 정합회로의 역할을 한다고 볼 수 있다.

<66> 따라서, 전력 결합기(500)의 출력은 다음 수학식 2와 같은 특성을 가진다.

수학식 2

$$P_{OUT} \propto N \bullet \frac{V_{DD}^2}{R_{load}} = N \bullet R \bullet \frac{V_{DD}^2}{R_{out}}$$

<67>

<68> Pout : 출력 전력

<69> N : 증폭단의 개수

<70> VDD : 증폭단의 전원 전압

<71> Rload : 증폭단에서 보이는 부하 저항

<72> R : 임피던스 변환 비

<73> 위에서 전력 결합기(500)의 출력전력을 상대적인 크기로 용이하게 비교하기 위하여, 수학식 2의 N과 R의 곱인 N x R 값을 이용할 경우 이론적으로 N x R의 값이 클수록 큰 출력전력을 가짐을 수학식 2를 통해 알 수 있는 바와 같이 N=2 및 R=2이므로 N x R = 4가 된다.

<74> 도 6은 본 발명의 제 1실시예에 따른 전력 증폭기를 설명하기 위한 회로도로서, 도 5에 도시된 전력결합기(500)와 동일한 구조를 가지는 제1전력결합기(500a)와 제2전력결합기(500b)의 출력이 제3전송선 변압기(534c)를 통해서 결합된 후에 최종적으로 출력되는 구성을 갖는다.

<75> 삭제

<76> 구체적으로, 제1 전송선 변압기(534a)에는 두개의 증폭단(501a, 502a)을 통해서 1차측 전송선(503a) 및 2차측 전송선(504a)의 일단으로 서로 상반된 위상의 고주파가 증폭되어 입력된다. 제2 전송선 변압기(534b)에도 마찬가지로 두개의 증폭단(501b, 502b)를 통하여 1차측 전송선(503b) 및 2차측 전송선(504b)의 일단으로 서로 상반된 위상의 고주파가 증폭되어 입력된다.

제1전송선 변압기(534a)의 2차측 전송선(504a)의 타단과 제2전송선 변압기(534b)의 1차측 전송선(503b)의 타단은 서로 연결되어 접지(505)된다. 이때 접지(505)는 차동 증폭단의 원리에 의하여 AC적으로 가상 접지(Virtual ground)를 의미한다. 따라서, AC적으로 접지와 동일한 효과를 보이는 전원전압이 접지(505)로 인가되어도 회로의 AC 동작에는 아무런 지장을 주지 않는다. 따라서 접지(505)에는 전력 증폭기의 전원전압의 입력부로 활용이 가능하다. 제3전송선 변압기(534c)의 1차측 전송선(503c)의 일단은 제1전송선 변압기(534a)의 1차측 전송선(503a)의 타단에 연결되고, 제3전송선 변압기(534c)의 1차측 전송선(503c) 타단은 출력저항(Rout)에 연결된다. 제3 전송선 변압기(534c)의 2차측 전송선(504c) 일단은 제2전송선 변압기(534b)의 2차측 전송선(504b)의 타단에 연결되고, 제3전송선 변압기(534c)의 2차측 전송선(504c)의 타단은 접지된다.

<77> 또한, 각 전력결합기(500a, 500b)의 증폭단(501a, 502a, 501b, 502b)의 RFin 위상을 각각 -, +, - 및 + 로 해준다면, 각 전력결합기(500a, 500b)의 출력단(601, 602)의 전압은 각각 +2V 및 -2V가 된다. 그리고 각 전력결합기(500a, 500b)의 출력단(601, 602)에서의 전압 및 전류는 또 다시 제3전송선 변압기(534c)의 입력이 되어 본 발명에 따른 전력증폭기(600)의 출력단(608)에서는 +4V의 전압이 나타나게 된다. 이때, 증폭단(501a, 502a, 501b, 502b)에서 나오는 전류의 크기가 1I라고 한다면, 각 전력결합기(500a, 500b)의 출력부(601, 602)에서 흐르는 전류의 크기도 1I가 되고, 제3전송선 변압기(524)에서 흐르는 전류의 크기 역시 1I가 된다. 따라서, 옴의 법칙에 의하여, 아래와 같은 수학식 3이 가능하다.

<78> 삭제

수학식 3

<79> 4V/I = Rout, 2V/I = Ra, V/I = Rload

<80> 따라서, Rout : Ra : Rload = 4 : 2 : 1 이 성립된다.

<81> 일반적으로 고주파 회로의 최종출력과 최종입력에 연결되는 부하저항은 50Ω 이므로, Rout 이 50 Ω일 경우 Ra 및 Rload 값은 각각 25 Ω 및 12.5 Ω이 된다. 따라서, N x R의 값은 N=4 이고 R=4가 되어 N x R = 16이 된다.

<82> 도 7은 본 발명의 제 2실시예에 따른 전력 증폭기를 설명하기 위한 회로도로서, 도 6에 도시된 전력증폭기(600)와 동일한 구조를 가지는 제1전력증폭기(600a)와 제2전력증폭기(600b)가 결합된 구조를 갖는다.

구체적으로, 제1전력증폭기(600a)에 있는 제3 전송선 변압기의 2차측 전송선(504c)의 타단과 제2전력증폭기(600b)에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선(504c)의 타단은 서로 연결되어 접지되며, 제1전력증폭기(600a)에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선(503c)의 타단과 제2전력증폭기(600b)에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선(503c)의 타단은 서로 연결되어 출력저항(Rout)에 연결된다.

<83> 삭제

<84> 삭제

<85> 삭제

<86> 이와 같은 제1전력증폭기(600a)에 있는 증폭단(501a, 502a, 501b, 502b)과 제2전력증폭기(600b)에 있는 증폭단(501a, 502a, 501b, 502b)의 RFin 위상을 각각 - 및 +로 하면, 각 증폭단(501a, 502a, 501b, 502b)의 출력 전압은 각각 +V 및 -V가 되고 출력저항(Rout)에 흘러들어 가는 전류는 2I가 되게 됨에 따라 출력저항(Rout)에서의 전압은 4V가 된다. 따라서, 이 경우 Rload 및 Rout는 다음 수학식 4와 같이 계산 가능하게 된다.

수학식 4

<87> $4V/2I = Rout,\ V/I = Rload$

<88> 따라서, Rout : Rload = 2 : 1 이 성립된다.

<89> 이와 같은 경우에는 N=8 이고, R=2이므로, N x R의 값은 16이 되어 도 6의 경우와 동일한 출력전력을 얻을 수 있다.

<90> 도 8은 본 발명의 제 3실시예에 의한 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기를 나타낸 회로 구성도로서, 도 7의 제1전력증폭기(600a)와 제2전력증폭기(600b)가 추가 변압기(504d)를 매개로 결합되는 구조를 갖는다.

<91> 삭제

<92> 구체적으로, 제1전력증폭기(600a)에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선(504c)의 타단과 제2전력증폭기(600b)에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선(503c)의 타단은 서로 연결되고, 제1전력증폭기(600a)에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선(503c)의 타단은 추가 전송선 변압기(534d)의 1차측 전송선(503d)의 일단에 연결되고, 제2전력증폭기(600b)에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선(504c)의 타단은 추가 전송선 변압기(534d)의 2차측 전송선(504d)의 일단에 연결된다. 그리고, 추가 전송선 변압기(534d)의 1차측 전송선(503d)의 타단은 출력저항(Rout)에 연결되고, 추가 전송선 변압기(534d)의 2차측 전송선(504d)의 타단은 접지된다.

<93> 이때, 증폭단(501a, 502a, 501b, 502b)의 RFin 위상을 각각 - 및 +로 해 준다면, 증폭단(501a, 502a, 501b, 502b)의 출력전압은 각각 +V 및 -V가 되고 제1전력증폭기(600a)의 출력단(803)과 제2전력증폭기(600b)의 출력단(804)에서의 전압은 각각 +4V 및 -4V가 되고, 흐르는 전류의 크기는 I가 됨에 따라 도 3에서 설명한 원리를 이용한다면 출력저항(Rout)에 걸리는 전압은 +8V가 되고 전류는 I가 된다.

<94> 따라서 앞서 설명한 방식을 그대로 이용한다면, R=8이 되고, N=8이 되어 N x R = 64가 된다.

<95> 삭제

<96> 따라서 본 발명에 의한 전송선 변압기를 이용한 전력 결합기를 통해 위와 같은 방식으로 확장하여 출력 전력을

결합함으로써 더 큰 출력 전력을 얻을 수 있는 것이 가능하게 된다.

<97> 도 9는 본 발명의 제 4실시예에 따른 전력 증폭기(610)를 설명하기 위한 회로도로서, 4개의 증폭단을 사용하는 도 6과 달리 2개의 증폭단을 사용하여, 각 증폭단(501, 502)의 출력이 제1전송선 변압기(534a)와 제2전송선 변압기(534b)에 분배되어 입력되는 구성을 취한다.

즉, 제1증폭단(501)은 제1 전송선 변압기(534a) 및 제2전송선 변압기(534b)의 1차측 전송선(503a, 503b)의 일단에 연결되고, 제2증폭단(502)은 제1전송선 변압기(534a) 및 제2전송선 변압기(534b)의 2차측 전송선(504a, 504b)의 일단에 연결된다.

<98> 삭제

<99> 이때 증폭단(501, 502)의 RFin 입력 파형이 서로 위상이 반대라고 한다면, 증폭단(501, 502)의 출력 파형 역시 서로 위상이 반대가 된다. 만약 증폭단(501, 502)의 출력 전압이 각각 +V 및 -V라고, 각각 흐르는 전류의 크기가 2I라고 한다면, 이때 각 전송선에 흐르는 전류의 크기는 I가 되어 출력저항(Rout)으로 흘러 들어가는 전류의 크기도 I가 되고, 전압은 +4V가 된다.

<100> 이 경우 임피던스 변환비 R을 구하기 위해 다음 수학식 5를 사용한다.

수학식 5

<101> $4V/I = Rout,\ V/2I = Rload$

<102> 따라서, Rout : Rload = 8 : 1이 성립된다.

<103> 이와 같이 수학식 5로부터, R은 8이 되어 Rout 이 50 Ω이고 한다면, Rload는 6.25 Ω이 된다. 또한 증폭단의 개수 N은 2가 된다. 따라서, N x R의 값은 16이 된다.

<104> 도 10은 본 발명의 제 5실시예에 따른 전력 증폭기를 설명하기 위한 회로 구성도로서, 도 9에 도시된 전력증폭기(610)와 동일한 구조를 가지는 제1전력증폭기(610a)와 제2전력증폭기(610b)가 결합된 구조를 갖는다.

구체적으로, 제1전력증폭기(610a)에 있는 제3 전송선 변압기의 2차측 전송선(504c)의 타단과 제2전력증폭기(610b)에 있는 제3전송선 변압기의 2차측 전송선(504c)의 타단은 서로 연결되어 접지되며, 제1전력증폭기(610a)에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선(503c)의 타단과 제2전력증폭기(610b)에 있는 제3전송선 변압기의 1차측 전송선(503c)의 타단은 서로 연결되어 출력저항(Rout)에 연결된다.

<105> 삭제

<106> 이때 각 전송선 및 Rout에 흐르는 전류 및 각 지점의 전압을 살펴볼 때 N 및 R을 구하기 위하여 다음과 같은 수학식 6에 의해 가능하다.

수학식 6

<107> $4V/2I = Rout,\ V/2I = Rload$

<108> 따라서, Rout : Rload = 4 : 1이 성립된다.

<109> 이와 같이 수학식 6으로부터, R은 4가 되며, 증폭단의 개수가 4개이므로 N=4가 된다. 따라서, N x R의 값은 16이 된다.

<110> 위와 같이 변형된 도 9와 도 10의 전력 결합기에서도 AC적인 가상 접지(505)가 형성되고, 증폭기의 전원 전압의 입력부로 활용 가능하다.

<111> 한편, 도 10의 경우에도 도 8에서와 같이 제1전력증폭기(610a)와 제2전력증폭기(610b)를 추가 전송선 변압기(534d)를 매개로 하여 결합시킬 수 있다.

<112> 도 11은 도 10에 의한 전력 증폭기를 실제 레이아웃한 집적 회로의 사진으로써 RFCMOS 0.18 ㎛ 공정을 이용하여 레이아웃한 사진이다.

<113> 참조번호 1101은 본 발명에 의한 전력 결합기를 나타내고 있다. 이때, 전력 결합기를 형성하고 있는 전송선은 재질이 알루미늄으로 되어 있으며, 두께는 약 2.5 ㎛ 이고 폭은 20 ㎛으로 형성 하였다.

<114> 도 12는 도 11에 의한 전력 증폭기의 컴퓨터 모사 결과를 나타낸 그래프이다.

<115> 여기에 도시된 컴퓨터 모사 결과는 회로의 동작 주파수는 1.8GHz 이고 입력 전력은 일정한 값으로 고정 하였으며, 회로의 전원 전압의 크기를 0.5 V부터 3.3 V 까지 변화 시키면서 효율과 출력 전력을 살펴 본 것이다. 도 11에서와 같이 최고 출력 전력은 약 34.5 dBm으로 나왔고, 이때 효율은 48 %의 값을 얻었다. 이러한 결과는 1.8 GHz 동작 주파수에서 와트 급 출력 전력을 가지는 증폭기의 효율로서 매우 높은 값이다.

<116> 이와 같이 본 발명에 의한 전력 증폭기는 각 증폭단에서 발생하는 출력 전력을 효율적으로 결합함을 알 수 있다.

<117> 한편, 도 13은 도 6에 의한 전력 증폭기에서 전력 결합기를 이루는 전송선 변압기를 나선형 변압기로 변형한 회로 구성도이다.

<118> 여기에서는 전송선 변압기와 일반적인 나선형 변압기의 기본 동작 원리는 동일하기 때문에 전송선 변압기를 이용한 본 발명에 의한 전력 결합기에서 전송선 변압기는 나선형 변압기로 대체 가능하다.

<119> 즉, 도 13의 (B)에 도시된 나선형 변압기(1301, 1302) 각각의 감은 비 (turn-ratio)가 1:1이라면, 앞서 기술한 전송선 변압기를 이용한 전력 결합기와 동일한 특성을 가지게 되고, 앞서 기술한 바와 같이 N 값 및 R 값의 계산도 동일해 진다. 하지만, 만약 나선형 변압기의 감은 비가 1:1이 아니고, 1:N 혹은 N:1이 된다면, 다음 수학식 7에서 보인 나선형 변압기의 감은 비에 따른 1차측과 2차측의 전류 비 그리고 전압 비의 계산식에 의하여, 각 나선형 변압기의 1차측 혹은 2차측에 흐르는 전류 및 전압의 크기를 해석 가능해지고, 이에 따라, Rout 값에 따른 Rload 값의 계산이 가능해 진다.

<120> 따라서 나선형 변압기를 사용하는 경우도 앞서 기술한 방식을 이용하여 쉽게 N 값과 R 값을 알 수 있게 된다.

수학식 7

$$N = \frac{V2}{V1} = \frac{I1}{I2}$$

<121>

<122> N : 나선형 변압기의 감은 비,

<123> V1 : 변압기의 1 차 측의 두 포트의 전압차이,

<124> I1 : 변압기의 1 차 측에 흐르는 전류의 크기,

<125> V2 : 변압기의 2 차 측의 두 포트의 전압차이,

<126> I2 : 변압기의 2 차 측에 흐르는 전류의 크기.

발명의 효과

<127> 상기한 바와 같은 본 발명은 무선 통신 시스템에서 사용되는 다수개의 전력 증폭기에서 발생되는 전력을 전송선 변압기를 이용하여 결합함으로써 전력 손실을 최소화할 뿐만 아니라 큰 출력전력으로 전력 증폭기의 효율을 향상시킬 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

<1> 도 1은 일반적인 전력 증폭기를 나타낸 구성도이다.

<2> 도 2는 여러 개의 증폭단을 사용하여 큰 출력 전력을 내기 위한 일반적인 증폭기를 나타낸 구성도이다.

<3> 도 3은 본 발명에 의한 전력 결합기의 기본 구성 요소인 전송선 및 전송선에 흐르는 신호 파형을 나타낸 도면이다.

<4> 도 4는 본 발명에 의한 전력 결합기에 적용되는 일반적인 전송선 변압기를 나타낸 회로 구성도이다.

<5> 도 5는 본 발명에 적용되는 전송선 변압기를 이용한 전력 결합기의 기본 구조를 나타낸 회로 구성도이다.

<6> 도 6은 본 발명의 제 1실시예에 의한 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기를 나타낸 회로 구성도이다.

<7> 도 7은 본 발명의 제 2실시예에 의한 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기를 나타낸 회로 구성도이다.

<8> 도 8은 본 발명의 제 3실시예에 의한 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기를 나타낸 회로 구성도이다.

<9> 도 9는 본 발명의 제 4실시예에 의한 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기를 나타낸 회로 구성도이다.

<10> 도 10은 본 발명의 제 5실시예에 의한 전력 결합기를 이용한 전력 증폭기를 나타낸 회로 구성도이다.

<11> 도 11은 도 10에 의한 전력 증폭기를 실제 레이아웃한 집적 회로의 사진이다.

<12> 도 12는 도 11에 의한 전력 증폭기의 컴퓨터 모사 결과를 나타낸 그래프이다.

<13> 도 13은 도 6에 의한 전력 증폭기에서 전력 결합기를 이루는 전송선 변압기를 나선형 변압기로 변형한 회로 구성도이다.

<14> 삭제

<15> 삭제

<16> 삭제

<17> 삭제

<18> 삭제

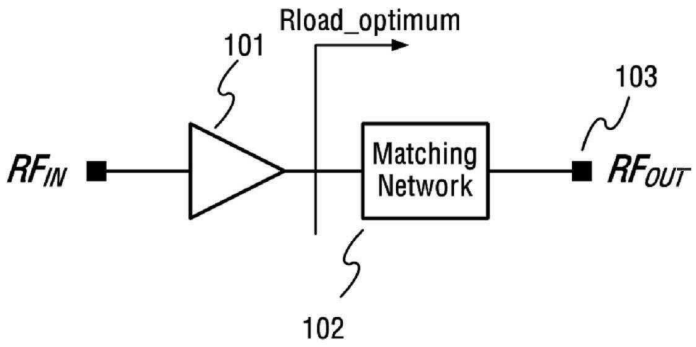
<19> 삭제

<20> 삭제

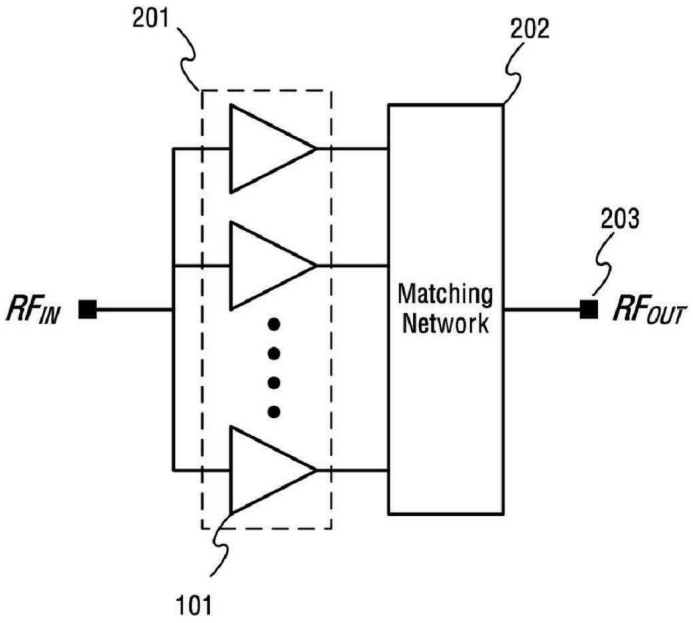
<21> 삭제

도면

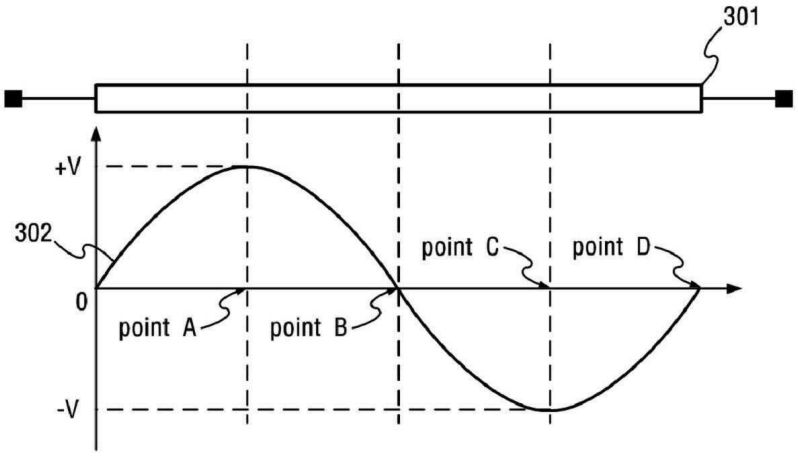
도면1


Rload_optimum
101
103
RFIN
Matching
Network
RFOUT
102

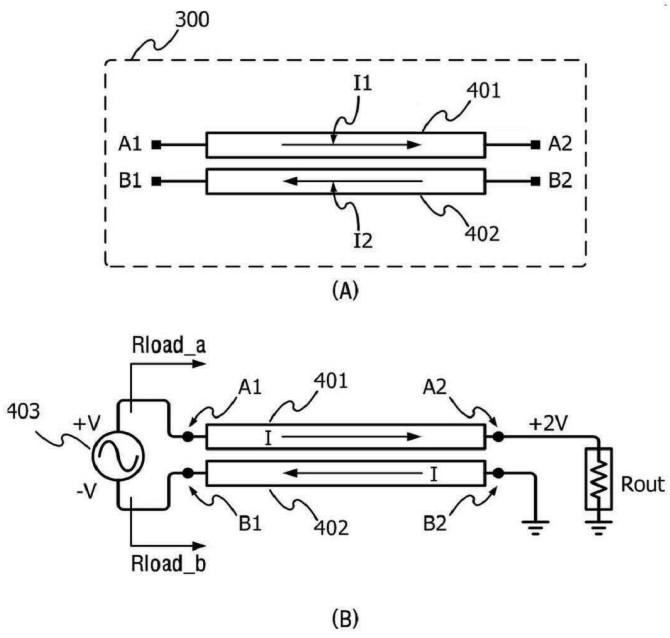
도면2


201
202
203
RFIN
Matching
Network
RFOUT
101

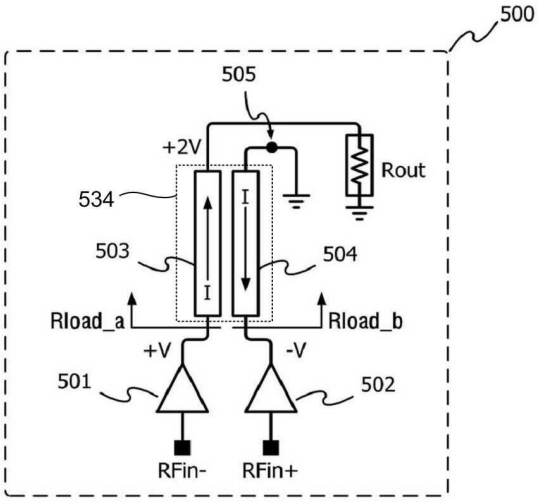
도면3


301
+V
302
0
-V
point A
point B
point C
point D

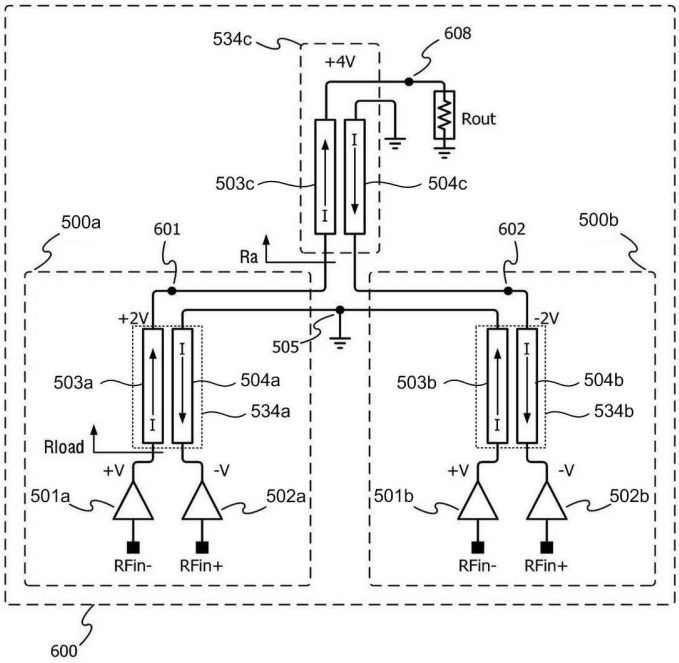
도면4


300
I1
401
A1
A2
B1
B2
I2
402
(A)
Rload_a
403
+V
-V
A1
401
A2
+2V
I
I
Rout
B1
402
B2
Rload_b
(B)

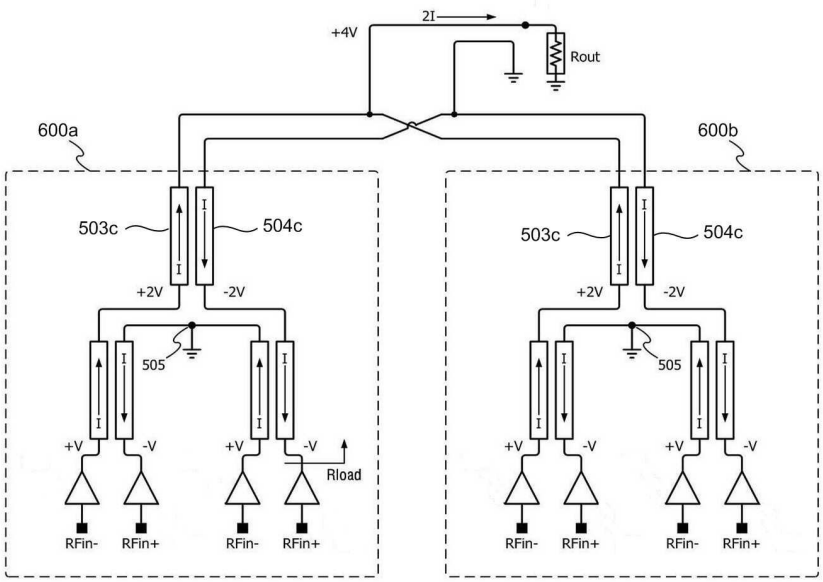
도면5


500
505
+2V
Rout
534
503
504
I
Rload_a
Rload_b
+V
-V
501
502
RFin-
RFin+

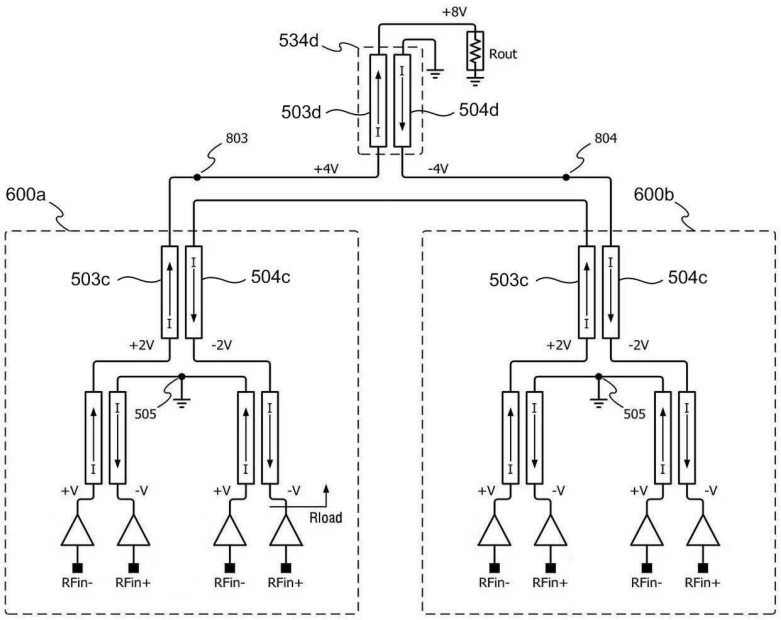
도면6


534c
608
+4V
Rout
503c
504c
500a
601
Ra
602
500b
+2V
-2V
505
503a
504a
534a
503b
504b
534b
Rload
+V
-V
501a
502a
501b
502b
RFin-
RFin+
600

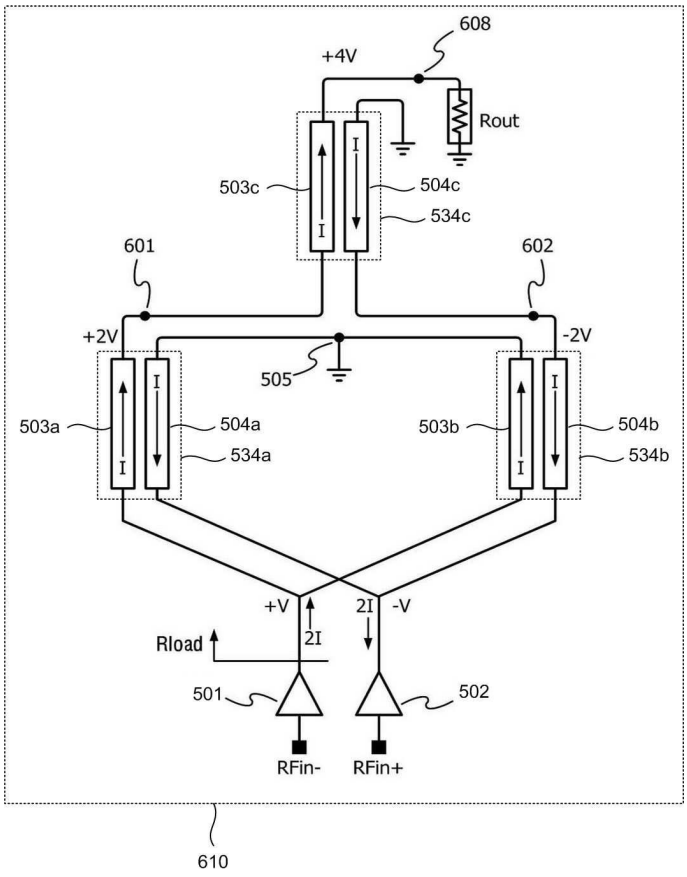
도면7


2I
+4V
Rout
600a
600b
503c
504c
+2V
-2V
505
+V
-V
Rload
RFin-
RFin+

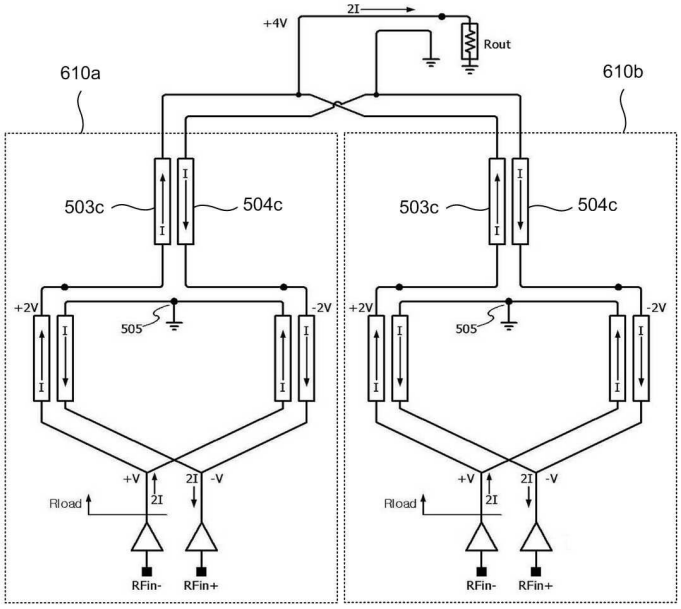
도면8


+8V
534d
Rout
503d
504d
803
804
+4V
-4V
600a
600b
503c
504c
+2V
-2V
505
+V
-V
Rload
RFin-
RFin+

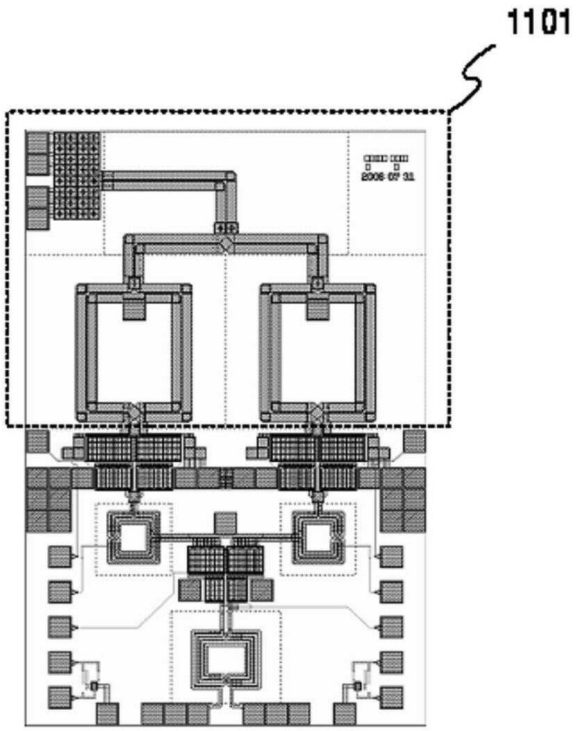
도면9


608
+4V
Rout
503c
504c
534c
601
602
+2V
-2V
505
503a
504a
534a
503b
504b
534b
+V
2I
-V
2I
Rload
501
502
RFin-
RFin+
610

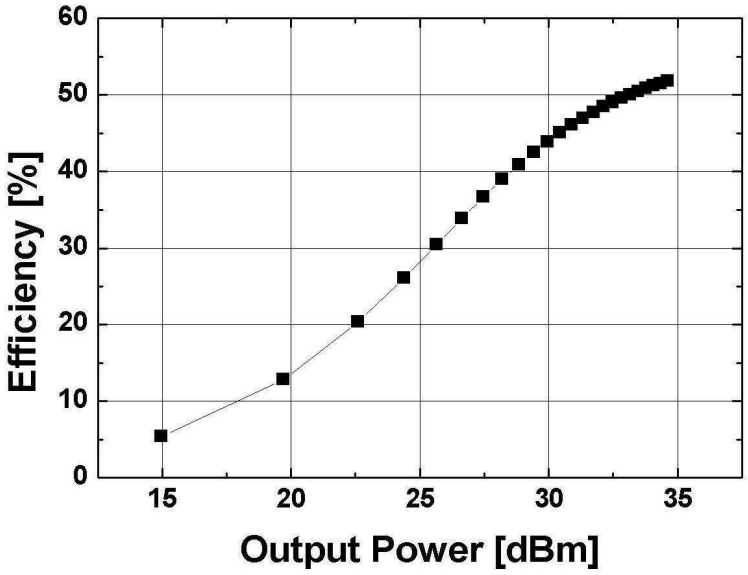
도면10


2I
+4V
Rout
610a
610b
503c
504c
503c
504c
+2V
-2V
505
505
+V
2I
-V
Rload
RFin-
RFin+

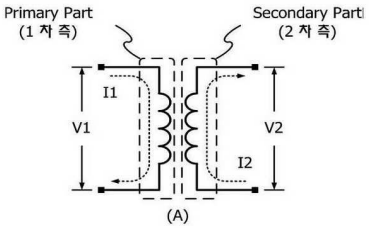
도면11


1101

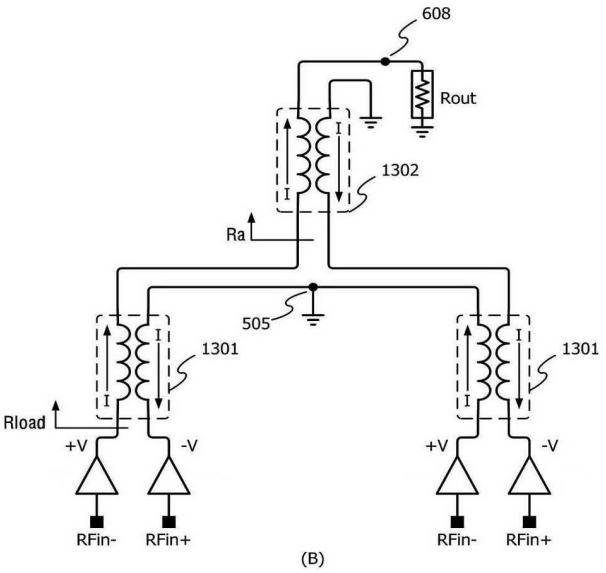
도면12


Efficiency [%]
0
10
20
30
40
50
60
15
20
25
30
35
Output Power [dBm]

도면13


Primary Part
(1 차 측)
Secondary Part
(2 차 측)
I1
V1
V2
I2

(A)


608
Rout
1302
Ra
505
1301
1301
Rload
+V
-V
+V
-V
RFin-
RFin+
RFin-
RFin+

(B)