



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0161804
(43) 공개일자 2022년12월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H03F 1/02 (2006.01) H03F 1/56 (2006.01)

H03F 3/21 (2006.01) H03F 3/60 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H03F 1/0288 (2013.01)

H03F 1/565 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0070008

(22) 출원일자 2021년05월31일

심사청구일자 2021년05월31일

(71) 출원인

한밭대학교 산학협력단

대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)

(72) 발명자

이동호

대전광역시 서구 둔산남로 127 목련아파트 201동 605호

김주성

대전광역시 유성구 지족북로 60 한화꿈에그린2블럭 202동 504호

장 레이먼드

대전광역시 유성구 동서대로 158-7 HB학사 A동 301호

(74) 대리인

이은철

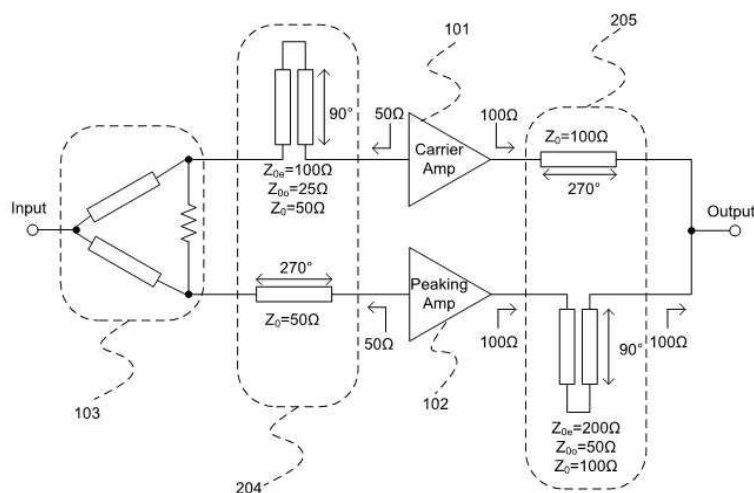
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기

(57) 요약

본 발명은 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에 관한 것으로, 쉬프만 위상 천이기를 도허티 증폭기에 적용하여 대역이 좁은 도허티 증폭기를 광대역 또는 다중 대역에서 사용할 수 있게 하는 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에 관한 것이다. 본 발명에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기는 입력 신호를 두 경로로 나누어 주는 전력 분배기, 상기 전력 분배기에서 나누어진 신호를 각각 증폭하는 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기, 입력단자 또는 출력단자에 90도 위상차 신호를 만들기 위한 쉬프만 위상 천이기를 포함하여, 하나의 도허티 증폭기로 쉽게 다중 대역/다중 모드로 활용할 수 있어 설계 난이도도 낮으며 활용도가 높은 효과가 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H03F 3/211 (2013.01)

H03F 3/602 (2013.01)

H03F 2200/192 (2013.01)

H03F 2200/204 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711106202
과제번호	2019R1F1A1048784
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	복소 유전율 측정 가능한 실리콘 기반의 광대역 유전율 분광학 시스템 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한밭대학교
연구기간	2019.06.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

입력 신호를 두 경로로 나누어 주는 전력 분배기,
상기 전력 분배기에서 나누어진 신호를 각각 증폭하는 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기,
입력단자 또는 출력단자에 90도 위상차 신호를 만들기 위한 쉬프트만 위상 천이기를 포함하는 것을 특징으로 하는
쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 전력 분배기는 월킨슨 전력 분배기, 90도 하이브리드, 브랜치라인 커플러 중 어느 하나인 것을 특징으로 하는
쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기는 차동 구조일 수 있으며, 차동 구조일 경우 트랜스포머나 발룬(balun)을 통해 싱글엔드(single-ended) 입출력 구조를 가질 수 있는 것을 특징으로 하는
쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 쉬프트만 위상 천이기는 타입-A, 타입-B, 타입-D, 타입-E, 타입-F 중 어느 하나로 변형된 쉬프트만 위상 천이기를 포함하는 것을 특징으로 하는
쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 쉬프트만 위상 천이기의 일부인 결합 선로(coupled lines)의 우모드 특성 임피던스(Z_{0o} , odd mode characteristic impedance)와 기모드 특성 임피던스(Z_{0e} , even mode characteristic impedance)는 동작 주파수와 대역폭에 따라 값이 가변되는 것을 특징으로 하는
쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 출력측 쉬프트만 위상 천이기와 출력단자 사이에는 임피던스 정합을 위해 전송선로, 인덕터, 커패시터, 저항으로 구성하는 네트워크를 포함하는 것을 특징으로 하는
쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 쉬프만 위상 천이기는 출력측 쉬프만 위상 천이기와 출력 단자 사이에 원하지 않는 출력 주파수 성분을 제거하기 위한 필터를 포함하는 것을 특징으로 하는

쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기는 적응형 바이어스 회로(adaptive bias circuit)를 적용하여 동작시키는 것을 특징으로 하는

쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기는 내부의 정합 회로에 따라 임의의 입력 임피던스와 임의의 출력 임피던스를 갖고, 상기 입력측 또는 출력측의 쉬프만 위상 천이기는 상기 임의의 입력 임피던스와 출력 임피던스에 따라 90도 위상차 신호를 생성하는 것을 특징으로 하는

쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 쉬프만 위상 천이기 내부의 전송선로는 인덕터와 커패시터로 구성된 등가회로인 것을 특징으로 하는

쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 쉬프만 위상 천이기 내부의 결합 선로는 트랜스포머인 것을 특징으로 하는 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 쉬프만 위상 천이기 내부의 전송선로는 길이를 줄이기 위해 전송선로의 일부를 인덕터와 커패시터로 구성된 것을 특징으로 하는

쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 쉬프만 위상 천이기 내부의 전송선로는 길이를 줄이기 위해 전송선로를 인덕터와 커패시터로 구성된 등가 회로로 대체한 것을 특징으로 하는

쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 쉬프만 위상 천이기 내부의 결합 선로의 간격을 늘리기 위해 결합 선로의 사이에 커패시터를 추가한 구성을 특징으로 하는

쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

청구항 15

제1항에 있어서,

상기 쉬프만 위상 천이기는 저주파 통과대역 필터 또는 고주파 통과대역 필터와 결합하여 동작 주파수 대역을 넓히는 것을 특징으로 하는

쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에 관한 것으로, 보다 상세하게는 쉬프만 위상 천이기를 도허티 증폭기에 적용하여 대역이 좁은 도허티 증폭기를 광대역 또는 다중 대역에서 사용할 수 있게 하는 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 종래, 도허티 증폭기는 공개특허 제2015-0043037호에 의하면, 도허티 증폭기는 상하 대칭인 캐리어 증폭기 및 피킹 증폭기를 포함할 수 있다. 읍셋 선로의 길이를 줄임으로써, 도허티 증폭기의 소형화가 달성되고, 도허티 증폭기의 효율이 향상될 수 있다.

[0003] 무선 주파수와 마이크로파 통신 시스템은 전력 증폭기의 선형성과 효율에 관해 항상 증가하는 요구에 직면해 있다. 전력 증폭기를 거친 진폭/위상 변조된 무선 주파수(Radio Frequency)신호는 시간에 따라 포락선이 가변하는 특성을 갖으며 증폭기의 비선형 특성으로 인하여 입력 신호에 대한 이득 저하와 입력 주파수 외의 상호 변조(Inter-Modulation)으로 인한 주파수 성분 등의 왜곡 성분이 발생된다. 이러한, 전력 증폭기의 비선형 특성은 인접 채널에 영향을 주게 시스템 전체 용량을 저하시키게 된다. 따라서 전력증폭기의 선형성은 증폭기의 중요한 파라미터중의 하나로 엄격히 제한되고 있다. 전력 증폭기의 선형성을 증가시키기 위하여 전력증폭기의 최대 출력 전력에서 Back-off시켜 사용하는 방법이 사용되고 있으며 Muti-Carrier 신호의 경우 포락선이 시간에 따라 변화하여 평균 출력 전력과 피크전력의 비(PAR: Peak to Average Ratio)는 대략 7~10 dB 정도로, 증폭기에서는 최대 출력 전력보다 7~10 dB 낮은 출력 전력에서 사용하게 된다.

[0004] 도 1은 일반적인 도허티 증폭기의 블록도를 나타낸 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 입력단에 전력 분배기(103, Wilkinson divider), 캐리어 증폭기(101, carrier amplifier, main amplifier), 피킹 증폭기(102, peaking amplifier, auxiliary amplifier), 입력 90도 위상 천이기(104, input 90° phase shifter), 출력 90도 위상 천이기(105, output 90° phase shifter)를 포함한다. 이러한 도허티 증폭기의 캐리어 증폭기는 클래스 AB 또는 클래스 B 모드에서 동작하고, 피킹 증폭기는 입력 전력에 따른 온/오프 특성을 얻기 위하여 클래스 B 또는 클래스 C 모드에서 동작한다. 피킹 증폭기는 입력 전력이 낮을 때 오프되고, 입력 전력이 높을 때는 구동된다. 여기서 도허티 증폭기는 저전력일 때 캐리어 증폭기에서 바라본 부하가 고 전력일 때보다 2배 증가되도록 하여 출력 전력을 증가시키도록 구성되어 저출력 전력일 때의 효율을 개선시킨다.

[0005] 최근 무선통신 시스템은 갈수록 새로운 대역(5G)이 추가되고, 기존 대역(3G, 4G)과 공존하여 사용하게 되므로 다중 대역 또는 광대역 부품의 요구가 증가하고 있으나 전력증폭기의 다중 대역 구현은 어려운 과제이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 상술한 문제를 해결하고자 고안한 것으로, 하나의 도허티 증폭기로 다중 대역/다중 모드로 활용할 수 있도록 하는 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기를 제공함에 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일측면에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기는 입력 신호를 두 경로로 나누

어 주는 전력 분배기, 상기 전력 분배기에서 나누어진 신호를 각각 증폭하는 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기, 입력단자 또는 출력단자에 90도 위상차 신호를 만들기 위한 쉬프트만 위상 천이기를 포함한다.

[0008] 바람직하게 전력 분배기는 월킨슨 전력 분배기, 90도 하이브리드, 브랜치라인 커플러 중 어느 하나이다. 또한 쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기의 출력 측에 위치하는 쉬프트만 위상 천이기는 입력에서 생성한 90도 위상차를 보상하여 캐리어 증폭기의 출력신호와 피킹 증폭기의 출력신호가 출력포트에서 동위상으로 더해지도록 해준다.

[0009] 또한 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기는 차동 구조일 수 있으며, 차동 구조일 경우 트랜스포머나 발룬(balun)을 통해 싱글엔드(single-ended) 입출력 구조를 가질 수 있다.

[0010] 쉬프트만 위상 천이기는 타입-A, 타입-B, 타입-D, 타입-E, 타입-F 중 어느 하나로 변형된 쉬프트만 위상 천이기를 포함하며, 쉬프트만 위상 천이기의 일부인 결합 선로(coupled lines)의 우모드 특성 임피던스(Z_{0o} , odd mode characteristic impedance)와 기모드 특성 임피던스(Z_{0e} , even mode characteristic impedance)는 동작 주파수와 대역폭에 따라 값이 가변된다.

[0011] 출력측 쉬프트만 위상 천이기와 출력단자 사이에는 임피던스 정합을 위해 전송선로, 인덕터, 커패시터, 저항으로 구성하는 네트워크를 포함한다.

[0012] 쉬프트만 위상 천이기는 출력측 쉬프트만 위상 천이기와 출력 단자 사이에 원하지 않는 출력 주파수 성분을 제거하기 위한 필터를 포함한다.

[0013] 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기는 적응형 바이어스 회로(adaptive bias circuit)를 적용하여 동작시키고, 내부의 정합 회로에 따라 임의의 입력 임피던스와 임의의 출력 임피던스를 갖고, 상기 입력측 또는 출력측의 쉬프트만 위상 천이기는 상기 임의의 입력 임피던스와 출력 임피던스에 따라 90도 위상차 신호를 생성한다.

[0014] 쉬프트만 위상 천이기 내부의 전송선로는 인덕터와 커패시터로 구성된 등가회로로 대체가능하고, 쉬프트만 위상 천이기 내부의 결합 선로는 트랜스포머로 대체할 수 있으며, 쉬프트만 위상 천이기 내부의 전송선로는 길이를 줄이기 위해 전송선로의 일부를 인덕터와 커패시터로 구성되어 길이가 짧은 전송선로로 대체할 수 있다.

[0015] 또한 쉬프트만 위상 천이기 내부의 전송선로는 길이를 줄이기 위해 전송선로를 인덕터와 커패시터로 구성된 등가회로로 대체하고, 쉬프트만 위상 천이기 내부의 결합 선로의 간격을 늘리기 위해 결합 선로의 사이에 커패시터를 추가한다.

[0016] 쉬프트만 위상 천이기는 저주파 통과대역 필터 또는 고주파 통과대역 필터와 결합하여 동작 주파수 대역을 넓힌다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따르면, 하나의 도허티 증폭기로 쉽게 다중 대역/다중 모드로 활용할 수 있어 설계 난이도도 낮으며 활용도가 높은 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 일반적인 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 타입-B 쉬프트만 위상 천이기를 사용한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 타입-C 쉬프트만 위상 천이기를 사용한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기의 출력측에 임피던스 변환을 위한 전송선로(506)가 추가된 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에서 쉬프트만 위상 천이기의 전송선로를 인덕터와 커패시터로 이루어진 등가의 파이 네트워크(π network)로, 결합 선로를 트랜스포머와 커패시터로 이루어진 등가의 회로(604, 605)로 대체한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에서 쉬프트만 위상 천

이기의 결합 선로의 간격을 띄우고 커패시터로 보상(704, 705)한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다. PCB 제조상의 기술 한계로 좁은 간격을 못 만들 수 있기 때문에, 거리를 띄우고 커패시터로 보상하는 것은 유용하다.

도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에서 대역폭을 추가적으로 확장하기 위해 쉬프만 위상 천이기의 결합 선로에 저주파 통과대역 필터를 결합(804, 805)한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에서 대역폭을 추가적으로 확장하기 위해 쉬프만 위상 천이기의 결합 선로에 고주파 통과대역 필터를 결합(904, 905)한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다.

도 10은 일반적인 DPA의 블록다이어그램이고,

도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 3대역 DPA의 블록다이어그램을 나타낸 도면이다.

도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기의 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명의 실시예에서 제시되는 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있다. 또한, 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0020] 한편, 본 발명에서 제1 및/또는 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소들과 구별하는 목적으로만, 예컨대 본 발명의 개념에 따른 권리 범위로부터 벗어나지 않는 범위 내에서, 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소는 제1 구성요소로도 명명될 수 있다.
- [0021] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명의 실시예를 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 혹은 구성에 대한 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 설명을 생략하였다.
- [0022] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 전력 분배기(103, Wilkinson divider), 캐리어 증폭기(101, carrier amplifier, main amplifier), 피킹 증폭기(102, peaking amplifier, auxiliary amplifier), 입력 쉬프만 위상 천이기(204, input Schiffman 90° phase shifter), 출력 쉬프만 위상 천이기(205, output Schiffman 90° phase shifter)를 포함한다.
- [0023] 전력 분배기는 입력신호를 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기의 두 경로로 나누어 주는 구성이다. 이러한 전력 분배기는 윌킨슨 전력 분배기, 90도 하이브리드, 브랜치라인 커플러 중 어느 하나로 구성할 수 있다. 이때, 90도 하이브리드 또는 브랜치라인 커플러로 전력 분배기를 적용하는 경우에는 입력 90도 위상차 신호를 만들 수 있어서 입력 측의 쉬프만 위상 천이기를 생략할 수 있다.
- [0024] 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기는 전력 분배기에서 나누어진 신호를 각각 증폭하는 구성이다. 앞에서 설명한 바와 같이, 도허티 증폭기의 캐리어 증폭기는 클래스 AB 또는 클래스 B 모드에서 동작하고, 피킹 증폭기는 입력 전력에 따른 온/오프 특성을 얻기 위하여 클래스 B 또는 클래스 C 모드에서 동작한다. 피킹 증폭기는 입력 전력이 낮을 때 오프되고, 입력 전력이 높을 때는 구동된다. 여기서 도허티 증폭기는 저전력일 때 캐리어 증폭기에서 바라본 부하가 고 전력일 때보다 2배 증가되도록 하여 출력 전력을 증가시키도록 구성되어 저출력 전력일 때의 효율을 개선시킨다.
- [0025] 쉬프만 위상 천이기는 입력 쉬프만 위상 천이기(204, input Schiffman 90° phase shifter)와 출력 쉬프만 위상 천이기(205, output Schiffman 90° phase shifter)를 포함하여 입력단자 또는 출력단자에 90도 위상차 신호를 만들기 위한 구성이다. 앞에서 언급한 바와 같이, 전력 분배기가 90도 하이브리드 또는 브랜치라인 커플러로 전력 분배기를 적용하는 경우에는 입력 90도 위상차 신호를 만들 수 있어서 입력 측의 입력 쉬프만 위상 천

이기(204)를 생략할 수 있다.

- [0026] 또한 쉬프트만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기의 출력 측에 위치하는 쉬프트만 위상 천이기는 입력에서 생성한 90도 위상차를 보상하여 캐리어 증폭기의 출력신호와 피킹 증폭기의 출력신호가 출력포트에서 동위상으로 더해지도록 해준다.
- [0027] 본 실시예에 따른 쉬프트만 위상 천이기는 타입-A, 타입-B, 타입-D, 타입-E, 타입-F 중 어느 하나로 변형된 쉬프트만 위상 천이기를 포함한다. 이러한 쉬프트만 위상 천이기의 타입별 설명은 생략하기로 한다.
- [0028] 또한 본 실시예에 따른 쉬프트만 위상 천이기의 일부인 결합 선로(coupled lines)의 우모드 특성 임피던스(Z_{0o} , odd mode characteristic impedance)와 기모드 특성 임피던스(Z_{0e} , even mode characteristic impedance)는 동작 주파수와 대역폭에 따라 값을 바꿀 수 있다.
- [0029] 출력측 쉬프트만 위상 천이기와 출력단자 사이에는 임피던스 정합을 위한 네트워크가 들어갈 수 있다. 임피던스 정합 네트워크는 전송선로, 인덕터, 커패시터, 저항 등으로 구성할 수 있다.
- [0030] 쉬프트만 위상 천이기는 출력측 쉬프트만 위상 천이기와 출력 단자 사이에 원하지 않는 출력 주파수 성분을 제거하기 위한 필터를 포함한다. 여기서, 필터를 설명하면 다음과 같다.
- [0031] 도허티 증폭기는 캐리어 앰프에서 바라본 부하의 임피던스가 입력 전력에 따라 변화하도록 하는 로드 변조(load modulation) 방법을 사용하고 있다. 낮은 출력 전력에서는 피킹 앰프는 오프되고 캐리어 앰프의 부하가 2배 증가하여 캐리어 앰프의 출력 전력이 2배 증가되게 된다. 따라서 피킹 앰프가 오프되어 출력전력이 감소되는 부분을 로드 변조를 통하여 보상하게 된다. 그러나, 캐리어 앰프와 피킹 앰프의 평형(Balanced)구조와 비교해 볼 때, 도허티 증폭기는 동일한 출력 전력의 캐리어 앰프가 구동하는 출력은 2배 증가되므로 효율은 증가하지만, 더 많은 상호 변조(Inter-Modulation)성분을 생성하기도 한다. 또한 입력전력이 높아지면서 피킹 앰프가 구동되면 피킹 앰프는 클래스 B 혹은 클래스 C급으로 동작시키기 때문에 입력전력이 높아지면서 상호 변조 성분은 더욱 증가되어 도허티 앰프의 선형성은 더욱 악화될 수 있는데 필터 구성으로 출력측 쉬프트만 위상 천이기와 출력단자 사이에 원하지 않는 출력 주파수 성분을 제거한다.
- [0032] 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기는 적응형 바이어스 회로(adaptive bias circuit)를 적용하여 동작시킴으로써, 낮은 입력 전력에서도 고정된 바이어스 회로보다 높은 효율을 얻을 수 있도록 설계 및 구현하였다. 적응형 바이어스 회로는 선형성이 좋은 A급 증폭기에 신호의 크기가 천천히 변하는 포락선이 들어갈 때 전체 PAE(Power Added Efficiency)를 높일 수 있는 방법으로 기존의 A급 고정 bias 증폭 방식에서 RF 입력 신호의 크기의 변함에 따라 바이어스를 가변시키는 방식이다. 본 실시예에 따른 적응형 바이어스 회로는 세가지 방법에 의해 조절이 가능하다. 첫째는 출력 바이어스를 조절하는 것이고, 둘째는 입력 바이어스를 조절하는 것이며, 마지막 셋째는 입력과 출력 바이어스를 동시에 조절하는 것이다.
- [0033] 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기는 내부의 정합 회로에 따라 임의의 입력 임피던스와 임의의 출력 임피던스를 갖고, 상기 입력측 또는 출력측의 쉬프트만 위상 천이기는 상기 임의의 입력 임피던스와 출력 임피던스에 따라 90도 위상차 신호를 생성한다. 즉, 캐리어 증폭기와 피킹 증폭기는 내부의 정합 회로에 따라 임의의 입력 임피던스와 임의의 출력 임피던스를 갖을 수 있으며, 입력측과 출력측의 쉬프트만 위상 천이기 또한 증폭기의 입력, 출력 임피던스에 맞추어 제작할 수 있다.
- [0034] 쉬프트만 위상 천이기 내부의 전송선로는 인덕터와 커패시터로 구성된 등가회로로 대체할 수 있다.
- [0035] 또한 쉬프트만 위상 천이기 내부의 결합 선로는 트랜스포머로 대체할 수 있다.
- [0036] 또한 쉬프트만 위상 천이기 내부의 전송선로는 길이를 줄이기 위해서 전송선로의 일부를 인덕터와 커패시터로 대체한 길이가 짧은 전송선로로 대체할 수 있다.
- [0037] 또한 쉬프트만 위상 천이기 내부의 결합 선로는 간격을 늘리기 위해서 결합 선로 사이에 커패시터를 추가할 수 있다.
- [0038] 도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 타입-B 쉬프트만 위상 천이기를 사용한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 타입-B 쉬프트만 위상 천이기를 사용한 도허티 증폭기의 블록도를 나타낸 것으로, 입력 타입-B 쉬프트만 90도 위상 천이기(304)와 출력 타입-B 쉬프트만 90도 위상 천이기(305)를 적용한 도허티 증폭기이다.

- [0039] 도 4는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 타입-C 쉬프만 위상 천이기를 사용한 도허티 증폭기를 나타낸 도면으로, 이러한 도 4에 도시된 바와 같이, 입력 타입-C 쉬프만 90도 위상 천이기(404)와 출력 타입-C 쉬프만 90도 위상 천이기(405)를 적용한 도허티 증폭기이다.
- [0040] 도 5은 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기의 출력측에 임피던스 변환(25Ω에서 50Ω으로 변환)을 위한 전송선로가 추가된 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 출력측 쉬프만 위상 천이기와 출력단자 사이에는 임피던스 정합을 위해 전송선로, 인덕터, 커패시터, 저항으로 구성하는 네트워크를 포함한다.
- [0041] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에서 쉬프만 위상 천이기의 전송선로를 인덕터와 커패시터로 이루어진 등가의 파이 네트워크(π network)로, 결합 선로를 트랜스포머와 커패시터로 이루어진 등가의 회로(604, 605)로 대체한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다. 파장 길이에 비례한 길이가 필요한 전송선로와 결합선로를 집중소자(lumped element)인 인덕터, 커패시터, 트랜스포머로 교체하면 크기를 줄일 수 있다. 특히 저주파에서는 파장이 길기 때문에, 예를 들어 1GHz 주파수의 파장은 30cm이며, $\lambda/4$ 은 7.5cm가 되어 핸드폰 크기 정도가 되어 버린다.
- [0042] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에서 쉬프만 위상 천이기의 결합 선로의 간격을 띄우고 커패시터로 보상(704, 705)한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다. PCB(Printed Circuit Board) 제조상의 기술 한계로 좁은 간격을 못 만들 수 있기 때문에, 거리를 띄우고 커패시터로 보상하는 것은 유용하다. 일반적인 PCB의 금속 선로의 최소 간격은 100 μ m이며, 이보다 작은 간격은 제조 후에 정확한 간격을 보장할 수 없어서 사용할 수 없다.
- [0043] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에서 대역폭을 추가적으로 확장하기 위해 쉬프만 위상 천이기의 결합 선로에 저주파 통과대역 필터를 결합(804, 805)한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다. 필터를 추가하면 추가적인 위상 변위를 만들 수 있어서 90도 위상차 대역폭을 확장하거나, 위상 변화 범위(phase variation)를 줄일 수 있다. 쉬프만 위상 천이기와 독립적으로 추가할 수 도 있으나, 자연스럽게 하나의 블록으로 결합하여 구성할 수 있다.
- [0044] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기에서 대역폭을 추가적으로 확장하기 위해 쉬프만 위상 천이기의 결합 선로에 고주파 통과대역 필터를 결합(904, 905)한 도허티 증폭기를 나타낸 도면이다. 필터를 추가하면 추가적인 위상 변위를 만들 수 있어서 90도 위상차 대역폭을 확장하거나, 위상 변화 범위(phase variation)를 줄일 수 있다. 쉬프만 위상 천이기와 독립적으로 추가할 수도 있으나, 자연스럽게 하나의 블록으로 결합하여 구성할 수 있다.
- [0045] 다음으로 본 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기가 있는 3대역 도허티 전력 증폭기(Tri-Band Doherty Power Amplifier, TB-DPA)에 대해 설명하기로 한다.
- [0046] 제안된 TB-DPA는 캐리어 및 피킹 증폭기를 Qorvo사의 2개 GaN SiC HEMT 트랜지스터로 구현하였다. 90도 위상 교차를 위한 쉬프만(schiffman) 위상 천이기의 작동 주파수는 저대역의 경우 1.0GHz, 중대역의 경우 1.7GHz, 최신 다중 대역 셀룰러 핸드셋 작동을 위한 고대역의 경우 2.5GHz로 선택된다. TB-DPA는 저 대역, 중대역 및 고대역에서 50.7 %, 50.7 % 및 36.3 %의 피크 드레인 효율(Drain efficiency)과 41.3 %, 44.7 % 및 30.2 %의 6dB 출력 전력 백-오프 드레인 효율(6dB back-off drain efficiency)을 각기 달성하였다.
- [0047] 도 10은 일반적인 DPA의 블록다이어그램이고, 도 11은 본 실시예에 따른 3대역 DPA의 블록다이어그램을 나타낸 도면이다.
- [0048] 새로운 무선 이동 통신 표준의 출시와 결합된 높은 데이터 속도에 대한 끊임없는 요구로 인해 차세대 송수신기는 정교하고 고효율의 변조 방식을 사용하여 다양한 다중 표준/기술로 효율적인 작동을 가능하게 한다. 도허티 전력증폭기(DPA)는 송신기에서 이러한 엄격한 요구 사항을 보관하기 위한 잘 알려진 솔루션이다. DPA 작동 기술은 도 10과 같이 반송파 증폭기의 출력에서 $\lambda/4$ 임피던스 인버터를 사용하여 부하 임피던스를 변조하는 것이다. 그러나 임피던스 트랜스포머로 인해 DPA의 작동 대역폭이 제한된다.
- [0049] 본 실시예에서 쉬프만 위상 천이기를 사용하여 저대역(LB), 중대역(MB), LTE 주파수 대역의 고대역(HB)의 일부를 나타내는 1.0GHz, 1.7GHz 및 2.5GHz에서 90도 위상을 달성하는 트라이 밴드 도허티 전력 증폭기(TB-DPA)를 제시한다.
- [0050] 도 10에는 기존 도허티 전력 증폭기를 나타낸 것으로, 클래스 AB로 바이어스된 반송파 전력 증폭기(PA), 클래스

C로 바이어스된 피킹(PA), 임피던스 반전 네트워크(IIN, Impedance Inversion Network), 위상 보상 네트워크(PCN, Phase Compensation Network) 및 입력 전력을 위한 윌킨슨 전력 분배기(WPD, Wilkinson Power Divider)로 구성된다. IIN은 출력에서 90도 위상을 나타내므로 입력에서 PCN이 필요하다. 입력과 출력이 각각 두 경로의 100Ω으로 정합되므로 하나의 50Ω 부하에 대한 추가 임피던스 변환이 필요하지 않다.

[0051] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 3대역 DPA의 블록다이어그램을 나타낸 도면이다. 도 11에는 제안된 3대역 DPA를 나타낸다. 기존 DPA의 PCN 및 IIN은 쉬프만 위상 천이기로 대체되어 1.0GHz, 1.7GHz 및 2.5GHz에서 90 위상 편이를 제공한다. 광대역 DPA의 경우 800 MHz ~ 2.7 GHz에서 최대 위상 오류 $\pm 10^\circ$ 가 허용되었다. 광대역을 위한 쉬프만 위상 천이기는 도 11에서와 같이 인접한 포트가 상호 연결된 하나의 결합 선로와 하나의 전송선로로 구성된다.

[0052] 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 쉬프만 위상 천이기를 이용한 다중 대역 도허티 증폭기의 시뮬레이션 결과를 나타낸 도면이다. 도 12의 (a)는 쉬프만 위상 천이기의 주파수에 따른 위상 특성, (B)는 저대역 밴드(LB)에서의 증폭기 이득과 효율, (C)는 중대역 밴드(MB)에서의 증폭기 이득과 효율, (D)는 고대역 밴드(HB)에서의 증폭기 이득과 효율이다.

[0053] 대역폭과 90° 위상 교차 주파수는 쉬프만 위상 천이기의 일부인 결합 선로(coupled lines)의 우모드 특성 임피던스(Z_{0o} , odd mode characteristic impedance)와 기모드 특성 임피던스(Z_{0e} , even mode characteristic impedance)에 의해 제어될 수 있다. 도 12 (a)와 같이, 쉬프만 위상 천이기를 1.0GHz, 1.7GHz 및 2.5GHz에서 90° 를 교차하도록 설계한다. 시뮬레이션된 피크 드레인 효율은 LB, MB 및 HB 중심 주파수에서 각각 41.3 %, 44.7 % 및 30.2 %의 50.7 %, 50.7 % 및 36.3 % 및 6dB 백-오프 전력 효율이며 대역폭은 각각 0.8-1.1 GHz, 1.4-1.8 GHz 및 2.4-2.7 GHz이다. LB, MB 및 HB에서 13.8dB, 13.1dB 및 10.5dB의 평탄 이득과 각각 약 32dBm, 30dBm 및 28dBm의 해당 출력 전력을 제공한다.

[0054] TB-DPA에는 20V의 공급 전압이 사용된다. 배터리 3.7V 공급을 20V로 높이면서 신호의 포락선(envelope)에 따라 공급전압을 가변시키는 포락선 추적 기술(envelope tracking technique)을 적용한 부스트 컨버터(boost converter)를 모바일용 TB-DPA에 적용할 수 있다. 본 실시예에 따른 설계는 기존에 대역별로 존재하던 전력증폭기를 하나의 TB-DPA로 통합할 수 있어 광대역 및 다중 대역 셀룰러 작업에 적합하며, 전력증폭기가 차지하는 면적을 크게 줄여서 단말기 소형화에 기여할 수 있다.

[0055] TB-DPA(Tri-Band DPA)는 쉬프만(schiffman) 위상 천이기와 Qorvo사의 GaN SiC HEMT 트랜지스터를 사용하여 설계되었다. 시뮬레이션 결과는 우수한 성능을 보여 주며 3 대역은 LTE 주파수 스펙트럼의 일부 LB, MB 및 HB를 포함한다.

[0056] 본 발명에 따르면, 하나의 도허티 증폭기로 쉽게 다중 대역/다중 모드로 활용할 수 있어 설계 난이도도 낮으며 활용도가 높은 효과가 있다.

[0057] 무선통신시스템은 갈수록 새로운 대역(5G)이 추가되고, 기존 대역(3G, 4G)과 공존하여 사용하게 되므로 다중 대역 또는 광대역 부품의 요구가 증가하고 있으나 전력증폭기의 다중 대역 구현은 어려운 과제이다. 본 발명에서는 하나의 도허티 증폭기로 쉽게 다중 대역/다중 모드로 활용할 수 있어 설계 난이도도 낮으며 활용도가 높을 것으로 기대한다.

[0058] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 당업자에게 명백할 것이다.

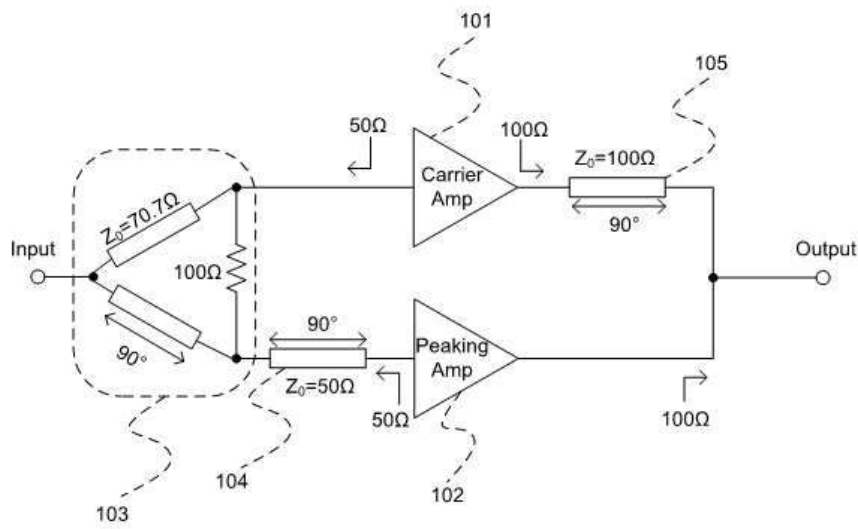
부호의 설명

- [0059] 101 : 캐리어 증폭기 (carrier amplifier, main amplifier)
102 : 피킹 증폭기 (peaking amplifier, auxiliary amplifier)
103 : 윌킨슨 분배기 (Wilkinson divider)
104 : 입력 90도 위상 천이기 (input 90° phase shifter)

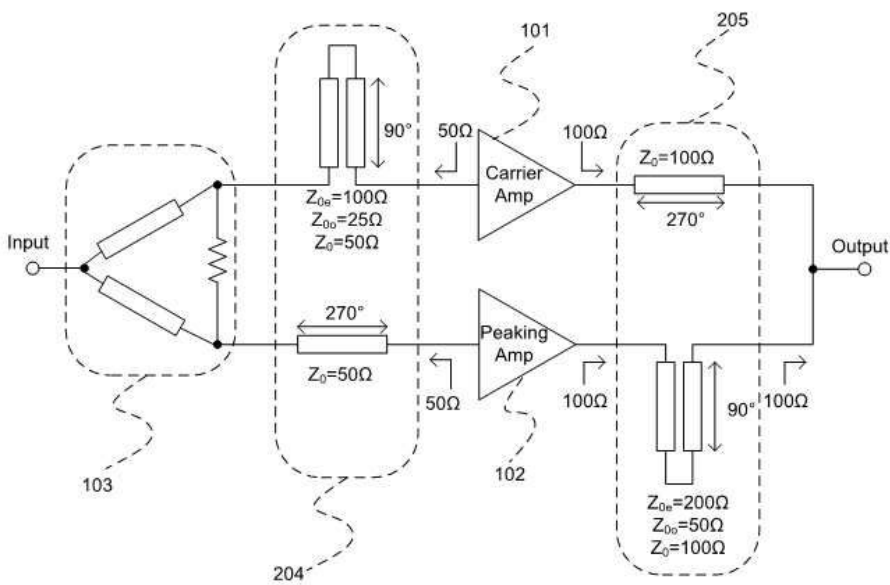
- 105 : 출력 90도 위상 천이기 (output 90° phase shifter)
- 204 : 입력 쉬프만 90도 위상 천이기 (input Schiffman 90° phase shifter)
- 205 : 출력 쉬프만 90도 위상 천이기 (output Schiffman 90° phase shifter)
- 304 : 입력 타입-B 쉬프만 90도 위상 천이기 (input type-B Schiffman 90° phase shifter)
- 305 : 출력 타입-B 쉬프만 90도 위상 천이기 (output type-B Schiffman 90° phase shifter)
- 404 : 입력 타입-C 쉬프만 90도 위상 천이기 (input type-C Schiffman 90° phase shifter)
- 405 : 출력 타입-C 쉬프만 90도 위상 천이기 (output type-C Schiffman 90° phase shifter)
- 504 : 50Ω 정합 입력 쉬프만 90도 위상 천이기 (input Schiffman 90° phase shifter)
- 505 : 50Ω 정합 출력 쉬프만 90도 위상 천이기 (output Schiffman 90° phase shifter)
- 506 : 25Ω을 50Ω으로 변환하는 $\lambda/4$ 전송선로(임피던스 변환기)
- 604 : 집중소자로 구성된 입력 쉬프만 90도 위상 천이기 (input Schiffman 90° phase shifter)
- 605 : 집중소자로 구성된 출력 쉬프만 90도 위상 천이기 (output Schiffman 90° phase shifter)
- 704 : 결합 선로의 간격을 넓히고 커패시터로 보상한 입력 쉬프만 90도 위상 천이기 (input Schiffman 90° phase shifter)
- 705 : 결합 선로의 간격을 넓히고 커패시터로 보상한 출력 쉬프만 90도 위상 천이기 (output Schiffman 90° phase shifter)
- 804 : 저주파 통과대역 필터(low pass filter)와 결합한 입력 쉬프만 90도 위상 천이기 (input Schiffman 90° phase shifter)
- 805 : 저주파 통과대역 필터(low pass filter)와 결합한 출력 쉬프만 90도 위상 천이기 (output Schiffman 90° phase shifter)
- 904 : 고주파 통과대역 필터(high pass filter)와 결합한 입력 쉬프만 90도 위상 천이기 (input Schiffman 90° phase shifter)
- 905 : 고주파 통과대역 필터(high pass filter)와 결합한 출력 쉬프만 90도 위상 천이기 (output Schiffman 90° phase shifter)

도면

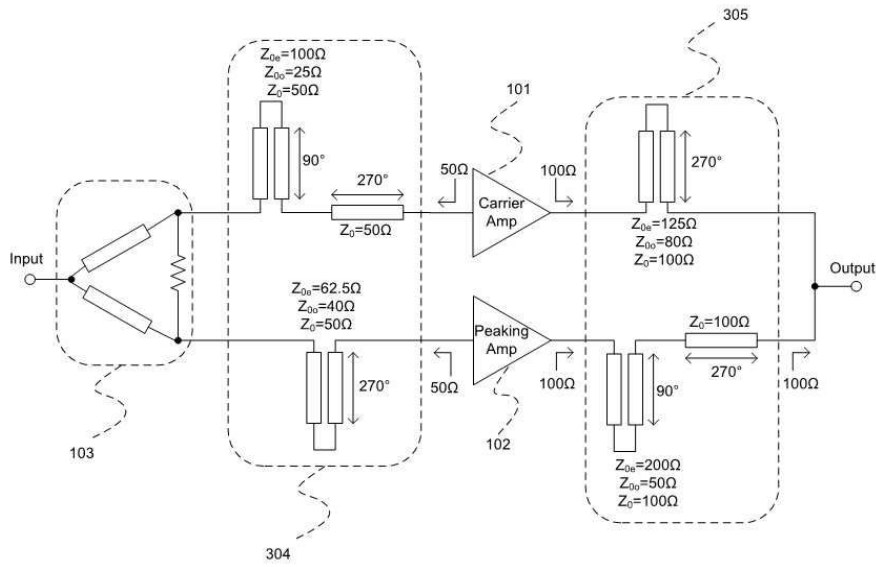
도면1



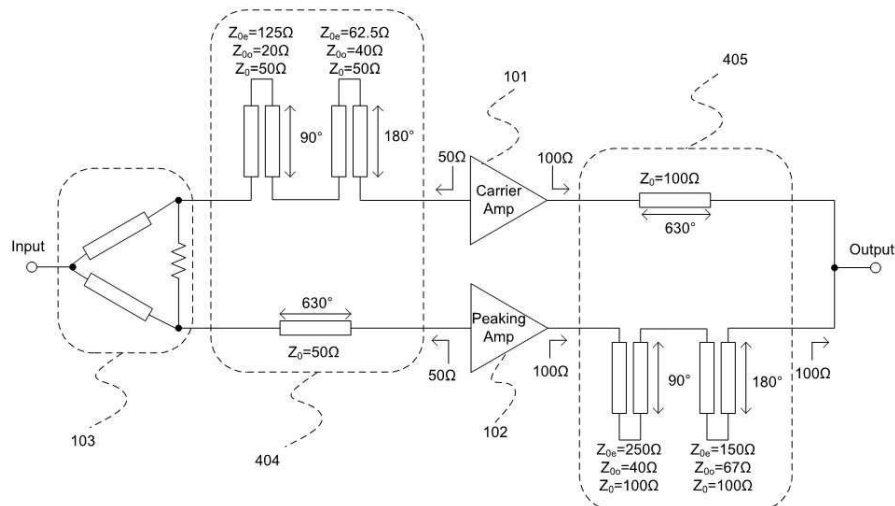
도면2



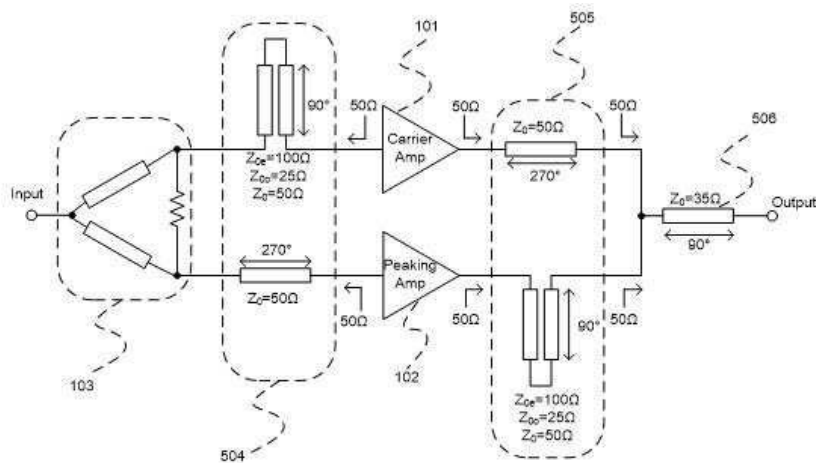
도면3



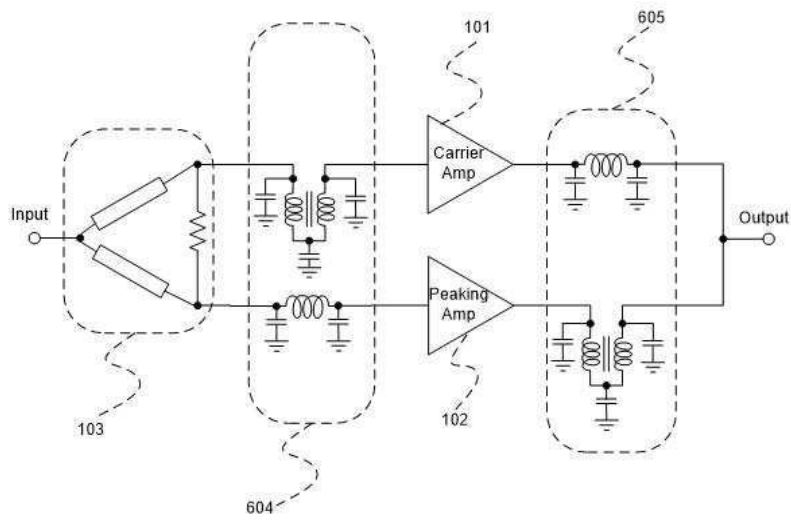
도면4



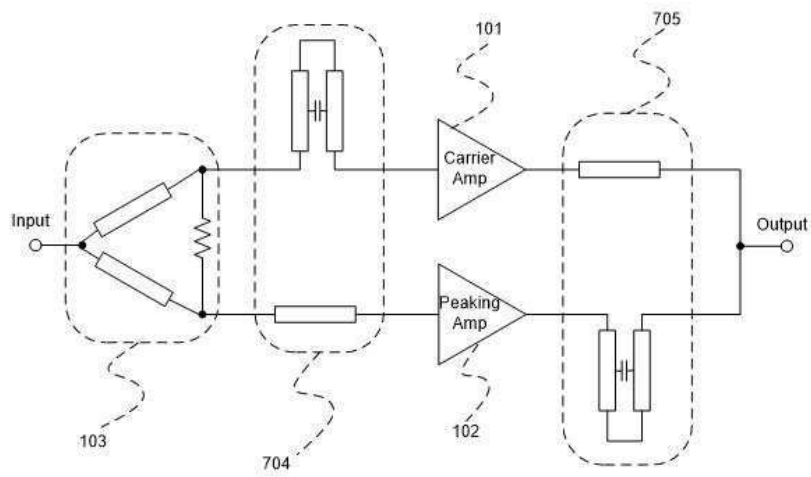
도면5



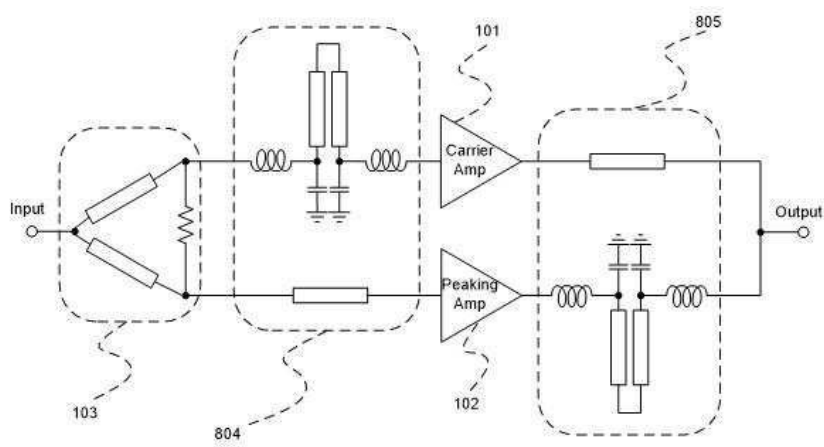
도면6



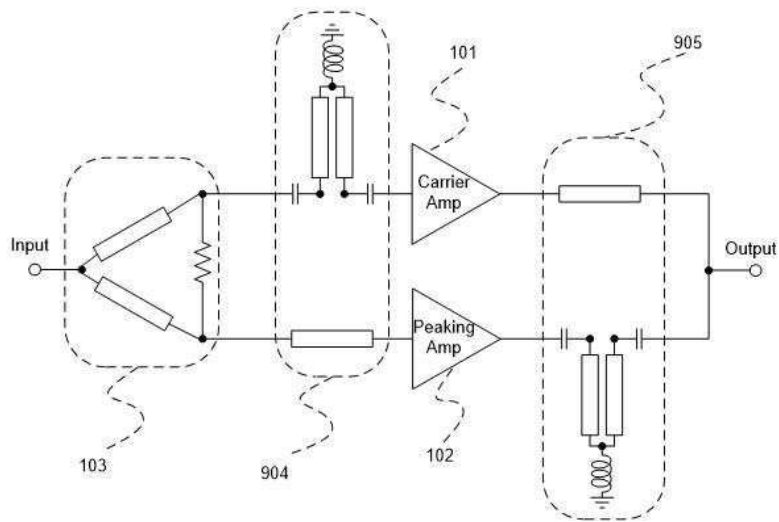
도면7



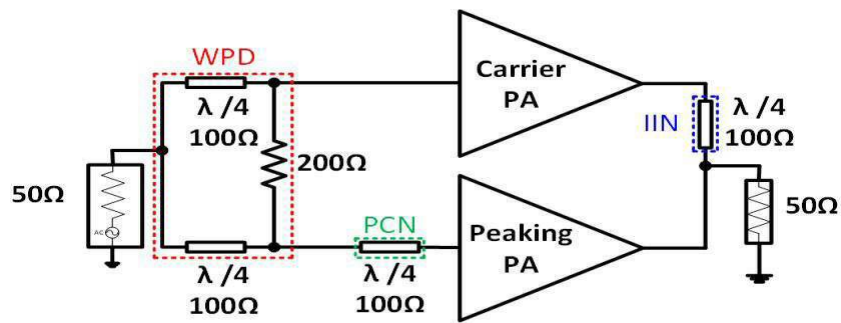
도면8



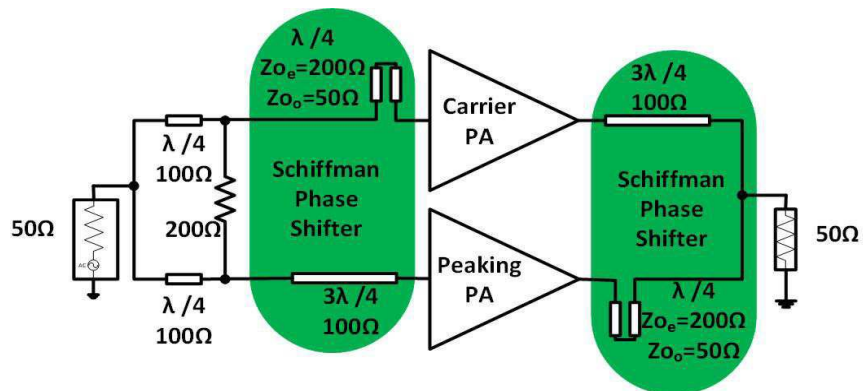
도면9



도면10



도면11



도면12

