

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2007年2月8日 (08.02.2007)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2007/015462 A1

- (51) 国際特許分類:
H03F 1/07 (2006.01) H03F 3/68 (2006.01)
H03F 3/60 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2006/315153
- (22) 国際出願日: 2006年7月31日 (31.07.2006)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2005-222986 2005年8月1日 (01.08.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 堀口 健一 (HORIGUCHI, Kenichi) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 石坂 哲 (ISHIZAKA, Satoru) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 山内 和久 (YAMAUCHI, Kazuhisa) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内

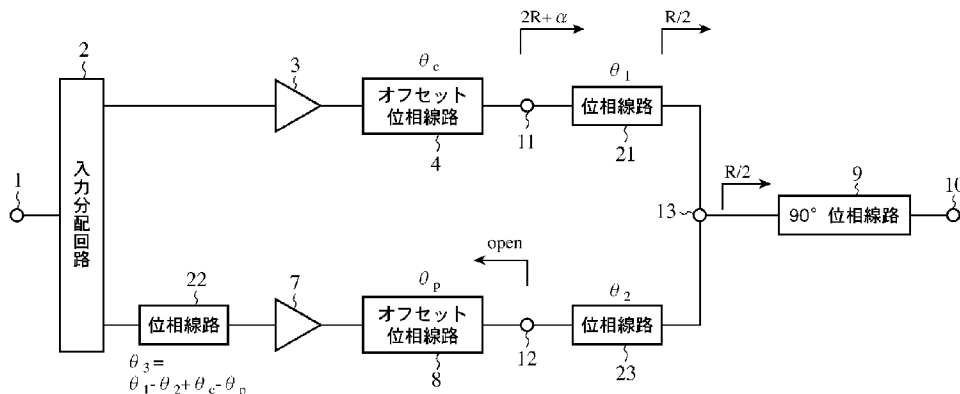
二丁目7番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 中山 正敏 (NAKAYAMA, Masatoshi) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).

- (74) 代理人: 田澤 博昭, 外 (TAZAWA, Hiroaki et al.); 〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目7番1号 大東ビル7階 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE,

[続葉有]

(54) Title: HIGHLY EFFICIENT AMPLIFIER

(54) 発明の名称: 高効率増幅器



- 2...INPUT DISTRIBUTION CIRCUIT
- 4...OFFSET PHASE LINE
- 21...PHASE LINE
- 22...PHASE LINE
- 8...OFFSET PHASE LINE
- 23...PHASE LINE
- 9...90° PHASE LINE

(57) Abstract: When an input signal level is small, an electrical length of a phase line (21) and an electrical length of a phase line (23) are set so that impedance viewing an output side from an impedance reference point (11) of an output side of a carrier amplifier (3) is $2R + \alpha$ (R is a load resistance and α is positive) and an electrical length of a phase line (22) is set to a difference between the electrical length of the phase line (21) and the electrical length of the phase line (23).

(57) 要約: 入力信号のレベルが小さい場合に、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11から出力側を見たインピーダンスが $2R + \alpha$ (R は負荷抵抗、 α は正)となるように、位相線路21の電気長と位相線路23の電気長が設定され、位相線路22の電気長が位相線路21の電気長と位相線路23の電気長との差に設定される。

WO 2007/015462 A1



IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される
各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

高効率増幅器

技術分野

[0001] この発明は放送用及び通信用に使用される高効率増幅器に関するものである。

背景技術

[0002] 放送用及び通信用のRF増幅器は、RF信号を高い効率で線形に増幅することが望まれている。しかしながら、一般に増幅器では効率を高くすることと線形性を高くすることは両立しない。増幅器の効率は入力信号の電力レベルの増加と共に高くなり、増幅器が飽和を迎えた辺りで最大効率を迎える特性を示す。近年、放送及び移動体通信等で使用されるPAPR (Peak to Average Power Ratio) の大きい変調波を入力信号として使用した場合には、飽和点近くの動作点では増幅器の飽和による信号波形のクリッピングが発生するため線形性は大きく劣化する。

[0003] このため、一般に放送用及び通信用のRF増幅器では飽和点から出力バックオフを大きくとった動作レベルにおいて使用され、飽和点からの出力バックオフを大きくとった動作レベルでの高効率化が重要となる。これに対し、飽和点からの出力バックオフを大きくとった動作レベルで効率を高める有力な手法としてドハティ増幅器が報告されている。

[0004] 例えば、図14は非特許文献1に示された従来の高効率増幅器としてのドハティ増幅器の構成と各部の電気長、入力信号のレベルが小さい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。図14に示すドハティ増幅器は、入力端子1、入力分配回路2、A級又はAB級バイアスされたキャリア増幅器3、オフセット位相線路4、90°位相線路5、位相線路6、B級又はC級バイアスされたピーク増幅器7、オフセット位相線路8、90°位相線路9及び出力端子10を備えている。

[0005] また、図14には、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12、入力分配回路2により分配された経路の出力合成点13が図示されている。ここで、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11は、キャリア増幅器3の出力側で負荷側を見た負荷インピーダンスが

最大になる点であり、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12は、ピーク増幅器7の出力側でオフセット位相線路8の出力側を見たインピーダンスが最大になる点である。

[0006] また、図15は上記非特許文献1に示された従来の高効率増幅器としてのドハティ増幅器の構成と各部の電気長、入力信号のレベルが大きい場合の各部から見たインピーダンスを示す図であり、図14と同符号は同一のものである。

[0007] キャリア増幅器3に接続されたオフセット位相線路4は、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11からキャリア増幅器3の出力側を見た出力インピーダンスが最大になるような電気長 θ_c を有する。同様に、ピーク増幅器7に接続されたオフセット位相線路8は、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12からピーク増幅器7の出力側を見た出力インピーダンスが最大になるような電気長 θ_p を有する。また、 90° 位相線路5及び 90° 位相線路9の電気長は 90° で、位相線路6の電気長は $90 + \theta_c - \theta_p$ である。

[0008] 入力端子1から入力したRF信号は、入力側分配回路2によってキャリア増幅器3側の経路とピーク増幅器7側の経路の2つに分配される。キャリア増幅器3側の経路では、入力側分配回路3からのRF信号がキャリア増幅器3に入力され、キャリア増幅器3からのRF信号は、オフセット位相線路4及び 90° 位相線路5を経て出力合成点13に出力される。また、ピーク増幅器7側の経路では、入力側分配回路2からのRF信号が位相線路6を経てピーク増幅器7に入力され、ピーク増幅器7からのRF信号はオフセット位相線路8を経て出力合成点13に出力される。出力合成点13では、キャリア増幅器3からのRF信号とピーク増幅器7からのRF出力信号が合成されて出力される。

[0009] 図14において、入力信号のレベルが小さい場合には、B級又はC級バイアスされたピーク増幅器7はオフ状態、即ちRF信号を増幅しない状態となり、オフセット位相線路8の作用により、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12から見たピーク増幅器7の出力インピーダンスは理想的には無限大(open)となる。従来のドハティ増幅器では、インピーダンス基準点12と出力合成点13は直結されて同一点と見なせるために、出力合成点13からピーク増幅器7側を見た出力インピーダンスは理想

的には無限大(open)となる。

- [0010] このとき、出力合成点13から90°位相線路9を見た負荷インピーダンスを $R/2$ (R はドハティ増幅器の負荷抵抗)とし、90°位相線路5の特性インピーダンスを R とすると、90°位相線路5によるインピーダンス変換作用によって、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11から出力側を見た負荷インピーダンスは $2R$ となり、キャリア増幅器3からのRF信号のみが出力合成点13から出力される。
- [0011] 一方、図15において、入力信号のレベルが大きい場合には、B級又はC級バイアスされたピーク増幅器7はオン状態、即ちRF信号を増幅する状態となるため、出力合成点13ではキャリア増幅器3及びピーク増幅器7からのRF信号が合成されて出力される。このとき、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11及びピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12から出力側を見た負荷インピーダンスは共に R となる。
- [0012] ここで、予めドハティ増幅器では、負荷インピーダンスが $2R$ のときにキャリア増幅器3では飽和電力は小さいが効率が高くなるように設計し、負荷インピーダンスが R のときにキャリア増幅器3及びピーク増幅器7では飽和電力が大きくなるように設計しておく、入力信号のレベルが小さい場合には、キャリア増幅器3が高効率動作し、入力信号のレベルが大きい場合には、キャリア増幅器3及びピーク増幅器7は飽和電力が大きくなるように動作させることが可能となる。
- [0013] 以上2つの作用により、即ち、入力信号のレベルに応じてピーク増幅器7の出力がキャリア増幅器3と合成されるという作用、及び入力信号のレベルに応じてキャリア増幅器3及びピーク増幅器7から出力側を見た負荷インピーダンスが変化するという作用により、飽和からの出力バックオフが大きい状態において高効率な動作を実現することが可能となる。
- [0014] 図16はドハティ増幅器の出力電力に対する効率特性を示している。理想的なドハティ増幅器では、図16に示すように、ドハティ増幅器としての飽和点aと出力バックオフ6dBの点bの2箇所において、効率最大点を迎えることが可能となる。図16において、bは入力信号のレベルが小さい場合に、キャリア増幅器3のみが動作したときの1回目の効率最大点であり、aは入力信号のレベルが大きい場合に、キャリア増幅器3

及びピーク増幅器7が動作したときの2回目の効率最大点である。

- [0015] 非特許文献1:Youngoo Yang,Jeonghyeon Cha,Bumjae Shin,Bumman Kim,“A Fully Matched N-Way Doherty Amplifier With Optimized Linearity”,IEEE Trans.Microwave Theory Tech.,vol.3,pp.986-993,Mar.2003.
- [0016] 従来の高効率増幅器としてのドハティ増幅器では、キャリア増幅器3の出力側に90°位相線路5を使用することで、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11から出力側を見た負荷インピーダンスが小信号時には2R、大信号時にはRとなるような変換を実現している。このため、理想的なドハティ増幅器では、ドハティ増幅器としての飽和点と出力バックオフ6dBの点の2箇所において、効率最大点を迎えることが可能であるが、これは逆に言うと、原理的に従来ドハティ増幅器では、出力バックオフが6dBよりも大きい動作レベルで、効率最大点を迎えることが不可能であるということを意味しており、出力バックオフが6dBよりも大きい小信号領域での高効率化に限界があるという課題があった。
- [0017] この発明は、上記のような課題を解決するためになされたもので、出力バックオフが6dBよりも大きい小信号動作レベルにおいて効率を向上させることができる高効率増幅器を得ることを目的とする。

発明の開示

- [0018] この発明に係る高効率増幅器は、入力信号を第1及び第2の経路に分配する入力分配回路と、上記第1の経路に接続されたキャリア増幅器と、上記第2の経路に接続されたピーク増幅器と、上記第1及び第2の経路の出力合成点に接続されたインピーダンス変換回路と、上記キャリア増幅器の出力側のインピーダンス基準点と上記出力合成点の間に接続された第1の位相線路と、上記入力分配回路と上記ピーク増幅器の間に接続された第2の位相線路と、上記ピーク増幅器の出力側のインピーダンス基準点と上記出力合成点の間に接続された第3の位相線路とを備え、上記入力信号のレベルが小さい場合に、上記キャリア増幅器の出力側のインピーダンス基準点から出力側を見たインピーダンスが $2R + \alpha$ (Rは負荷抵抗、 α は正)となるように、上記第1の位相線路の電気長と上記第3の位相線路の電気長が設定され、上記第2の位相線路の電気長が上記第1の位相線路の電気長と上記第3の位相線路の電気長との

差に設定されるものである。

- [0019] この発明により、効率を最大にする出力バックオフを6dBより大きくすることができ、出力バックオフが6dBよりも大きい小信号動作レベルにおいて効率を向上させることができるという効果が得られる。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]この発明の実施の形態1による高効率増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが小さい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。
- [図2]この発明の実施の形態1による高効率増幅器の負荷変調の軌跡をスミスチャート上に描いた図である。
- [図3]この発明の実施の形態1による高効率増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが大きい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。
- [図4]この発明の実施の形態1による高効率増幅器の出力電力に対する効率特性を示す図である。
- [図5]この発明の実施の形態2による高効率増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが小さい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。
- [図6]この発明の実施の形態2による高効率増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが大きい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。
- [図7]この発明の実施の形態2による高効率増幅器の出力電力に対する効率特性を示す図である。
- [図8]この発明の実施の形態3による高効率増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが小さい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。
- [図9]この発明の実施の形態3による高効率増幅器のアイソレータの周波数特性を示す図である。
- [図10]この発明の実施の形態4による高効率増幅器におけるキャリア増幅器及びピーク増幅器の内部構成を示すブロック図である。
- [図11]この発明の実施の形態4による高効率増幅器における位相線路の電気長に対するキャリア増幅器及びピーク増幅器の効率特性を示す図である。
- [図12]この発明の実施の形態5による高効率増幅器の構成と各部の電気長を示す図

である。

[図13]この発明の実施の形態5による高効率増幅器の出力電力に対する効率特性を示す図である。

[図14]従来の高効率増幅器としてのドハティ増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが小さい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。

[図15]従来の高効率増幅器としてのドハティ増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが大きい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。

[図16]従来の高効率増幅器としてのドハティ増幅器の出力電力に対する効率特性を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

[0021] 以下、この発明をより詳細に説明するために、この発明を実施するための最良の形態について、添付の図面に従って説明する。

実施の形態1.

図1はこの発明の実施の形態1による高効率増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが小さい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。図1に示す高効率増幅器は、入力端子1、入力分配回路2、A級又はAB級バイアスされたキャリア増幅器3、オフセット位相線路4、位相線路21、位相線路22、B級又はC級バイアスされたピーク増幅器7、オフセット位相線路8、位相線路23、90°位相線路(インピーダンス変換回路)9及び出力端子10を備えている。また、図1には、従来の図14と同様に、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12、入力分配回路2により分配された経路の出力合成点13が図示されている。

[0022] 図1に示す高効率増幅器は、従来の図14に示すドハティ増幅器の90°位相線路5を位相線路21に置き換え、位相線路6を位相線路22に置き換え、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12と出力合成点13の間に位相線路23を追加したものであり、その他の構成は図14に示すものと同じである。オフセット位相線路4の電気長を θ_c 、オフセット位相線路8の電気長を θ_p 、位相線路21の電気長を θ_1 、位相線路22の電気長を θ_3 、位相線路23の電気長を θ_2 とする。

[0023] 即ち、図1に示す高効率増幅器では、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11と出力合成点13の間に電気長 θ_1 の位相線路21を接続し、入力分配回路2とピーク増幅器7の間に電気長 θ_3 の位相線路22を接続し、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12と出力合成点13の間に電気長 θ_2 の位相線路23を接続していることが特徴である。

[0024] 図1において、出力合成点13から90° 位相線路9を見たインピーダンスを $R_1 = R / 2$ (R は高効率増幅器の負荷抵抗)とし、位相線路21のインピーダンスを R とすると、入力信号のレベルが小さい場合に、効率を最大にする出力バックオフを6dBより大きくするために、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11から出力側を見たインピーダンスが $R_2 = 2R + \alpha$ (α は正)となるように、位相線路21の電気長 θ_1 と位相線路23の電気長 θ_2 を設定する。

[0025] 位相線路21は次の式(1)に示す電気長 θ_1 [deg]を有する位相線路で、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11と出力合成点13の間に接続される。

[数1]

$$\theta_1 = \tan^{-1} \left[- \left\{ \frac{R_2 \cdot (R_2 - R_1)}{R_1 \cdot R_2 - Z_0^2} \right\}^2 \right] \quad (90 < \theta_1 < 180) \quad (1)$$

ここで、 Z_0 は位相線路21, 23の特性インピーダンスを示す。

[0026] また、位相線路23は次の式(2)に示す電気長 θ_2 [deg]を有する位相線路であり、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12と出力合成点13の間に接続される。

[数2]

$$\theta_2 = \tan^{-1} \left[\left\{ \frac{(R_1 \cdot R_2 - Z_0^2) \cdot (R_2 - R_1)}{R_1^2 \cdot R_2} \right\}^2 \right] \quad (0 < \theta_2 < 90) \quad (2)$$

[0027] さらに、位相線路22は次の式(3)に示す電気長 θ_3 [deg]を有する位相線路であり、入力分配回路3とピーク増幅器7の間に接続される。

$$\theta_3 = \theta_1 - \theta_2 + \theta_c - \theta_p \quad (3)$$

[0028] 次に動作について説明する。

図1の入力信号のレベルが小さい場合は、B級又はC級バイアスされたピーク増幅器7はオフ状態、即ちRF信号を増幅しない状態となり、キャリア増幅器3からのRF信号のみが出力合成点13に出力される。このように、入力信号のレベルが小さい場合には、ピーク増幅器7がオフ状態となるため、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12から見たピーク増幅器7の出力インピーダンスは、理想的には無限大(open)となり、また、位相線路23の電気長 θ_2 は 90° 未満となるため、電気長 θ_2 を有する位相線路23は容量性の開放スタブとして作用する。

[0029] 従って、出力合成点13から位相線路23を見たインピーダンスは、抵抗成分が $R/2$ よりも小さく、容量性リアクタンスを有するインピーダンス $Z1$ に変換される。さらに、電気長 θ_1 を有する位相線路21によるインピーダンス変換作用により、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11から出力側を見た負荷インピーダンスは $2R$ よりも大きい実数抵抗 $2R + \alpha$ に変換される。

[0030] 図2は高効率増幅器の負荷変調の軌跡をスミスチャート上に描いた図である。従来型のドハティ増幅器では、図2の点線に示すように、負荷変調の軌跡は $R/2 \sim 2R$ となっているのに対し、この実施の形態1の高効率増幅器では、図2の実線に示すように、負荷変調の軌跡は $Z1 \sim 2R + \alpha$ となっている。

[0031] 図3はこの発明の実施の形態1による高効率増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが大きい場合の各部から見たインピーダンスを示す図であり、図1と同符号は同一のものである。図3において、入力信号のレベルが大きい場合には、B級又はC級バイアスされたピーク増幅器7はオン状態、即ちRF信号を増幅する状態となるため、出力合成点13ではキャリア増幅器3及びピーク増幅器7からのRF信号が合成されて出力される。このとき、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11及びピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12から出力側を見た負荷インピーダンスは共に R となる。

[0032] ここで、予め高効率増幅器では、負荷インピーダンスが $2R + \alpha$ のときに、キャリア増幅器3では飽和電力は小さいが効率が高くなるように設計し、負荷インピーダンスが

Rのときに、キャリア増幅器3及びピーク増幅器7では飽和電力が大きくなるように設計しておく、入力信号のレベルが小さい場合には、キャリア増幅器3が高効率動作し、入力信号のレベルが大きい場合には、キャリア増幅器3及びピーク増幅器7は飽和電力が大きくなるように動作させることが可能となる。

[0033] 以上2つの作用により、即ち、入力信号のレベルに応じてピーク増幅器7の出力がキャリア増幅器3の出力に合成されるという効果、及び入力信号のレベルに応じてキャリア増幅器3及びピーク増幅器7から出力側を見た負荷インピーダンスが変化するという作用により、この実施の形態1では、飽和点からの出力バックオフが大きい状態において高効率な動作を実現することが可能となる。

[0034] 図4は高効率増幅器の出力電力に対する効率特性を示す図である。ここでは、従来のドハティ増幅器とこの実施の形態1の高効率増幅器とを比較している。また、この実施の形態1では、入力信号のレベルが小信号から大信号に推移したときに、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11から出力側を見たインピーダンスが、実数抵抗 $2R + \alpha$ (α は正)から R へと推移するため、図4に示すように、ドハティ増幅器としての飽和点aに加えて、出力バックオフ6dBの点bよりも大きい出力バックオフ($6 + \beta$)dB (β は正)の点cにおいて効率最大点を迎えることが可能となる。

[0035] よって、この実施の形態1では、入力信号のレベルが小さい場合に、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11から出力側を見たインピーダンスを、従来のドハティ増幅器のインピーダンス $2R$ よりも大きくできるため、その分、1回目の効率最大点を従来のドハティ増幅器の出力バックオフ6dBの点bよりも出力バックオフの大きい小信号レベルの点cに設定することが可能となる。つまり、この実施の形態1では、出力バックオフが6dBよりも大きい小信号動作レベルでの高効率化がより効果的となり、高効率化を図ることができる。

[0036] この実施の形態1では、従来のドハティ増幅器と同様に、キャリア増幅器3の出力側にオフセット位相線路4を接続し、ピーク増幅器7の出力側にオフセット位相線路8を接続しているが、オフセット位相線路4及びオフセット位相線路8を削除しても良く、その場合に、上記式(3)は次の式(4)となる。

$$\theta_3 = \theta_1 - \theta_2 \quad (4)$$

[0037] このように、この実施の形態1では、入力分配回路2は入力信号を2つの経路(第1及び第2の経路)に分配し、一方の経路にキャリア増幅器3を接続し、他方の経路にピーク増幅器7を接続し、2つの経路の出力合成点13に90°位相線路(インピーダンス変換回路)9を接続し、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11と出力合成点13の間に位相線路(第1の位相線路)21を接続し、入力分配回路2とピーク増幅器7の間に位相線路(第2の位相線路)22を接続し、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12と出力合成点13の間に位相線路(第3の位相線路)23を接続し、入力信号のレベルが小さい場合に、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11から出力側を見たインピーダンスが $2R + \alpha$ となるように、位相線路21の電気長 θ_1 と位相線路23の電気長 θ_2 を設定し、位相線路22の電気長 θ_3 を位相線路21の電気長 θ_1 と位相線路23の電気長 θ_2 との差に設定する。

[0038] 以上のように、この実施の形態1によれば、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11と出力合成点13の間に電気長 θ_1 の位相線路21を接続し、入力分配回路2とピーク増幅器7の間に電気長 θ_3 の位相線路22を接続し、ピーク増幅器7の出力側のインピーダンス基準点12と出力合成点13の間に電気長 θ_2 の位相線路23を接続し、入力信号レベルが小さい場合に、キャリア増幅器3の出力側のインピーダンス基準点11から出力側を見たインピーダンスが $2R + \alpha$ となるように、位相線路21の電気長 θ_1 と位相線路23の電気長 θ_2 を設定し、位相線路22の電気長 θ_3 を位相線路21の電気長 θ_1 と位相線路23の電気長 θ_2 との差に設定することにより、効率を最大にする出力バックオフを6dBより大きくすることができ、出力バックオフが6dBよりも大きい小信号動作レベルにおいて効率を向上させることができるという効果が得られる。

[0039] 実施の形態2.

図5はこの発明の実施の形態2による高効率増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが小さい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。図5に示す高効率増幅器は、上記実施の形態1の図1に示す高効率増幅器に位相線路(第4の位相線路)24を追加したものであり、その他の構成は図1と同じである。

また、図6はこの発明の実施の形態2による高効率増幅器の構成と各部の電気長と

、入力信号のレベルが大きい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。図6に示す高効率増幅器は、上記実施の形態1の図3に示す高効率増幅器に位相線路24を追加したものであり、その他の構成は図3と同じである。

[0040] 位相線路24は次の式(5)に示す電気長 $\Delta\theta$ [deg]を有する位相線路であり、入力分配回路3とピーク増幅器6の間に接続される。

$$\Delta\theta = \theta_{CA} - \theta_{PA} \quad (5)$$

ここで、 θ_{CA} はキャリア増幅器3の電気長であり、 θ_{PA} はピーク増幅器7の電気長である。

[0041] 次に動作について説明する。

図6において、入力信号のレベルが大きい場合には、B級又はC級バイアスされたピーク増幅器7はオン状態、即ちRF信号を増幅する状態となるため、出力合成点13ではキャリア増幅器3及びピーク増幅器7からのRF信号が合成されて出力される。

[0042] このとき、この実施の形態2では、A級又はAB級バイアスされたキャリア増幅器3の電気長 θ_{CA} とB級又はC級バイアスされたピーク増幅器7の電気長 θ_{PA} との差 $\Delta\theta$ が、ピーク増幅器7の入力側に接続された位相線路24により補正されるので、キャリア増幅器3とピーク増幅器7からのRF信号が出力合成点13において同位相で合成することが可能となる。このため、入力信号レベルが大きい領域でのRF信号の合成効率が向上する。

[0043] 図7は高効率増幅器の出力電力に対する効率特性を示している。ここでは、従来のドハティ増幅器と上記実施の形態1の高効率増幅器とこの実施の形態2の高効率増幅器とを比較している。図7に示すように、この実施の形態2では、上記実施の形態1と比較して、入力信号のレベルが大きい領域でのRF信号の合成効率が向上し、結果として増幅器の高効率化を図ることが可能となる。

その他の動作については上記実施の形態1と同じである。

[0044] この実施の形態2では、従来のドハティ増幅器と同様に、キャリア増幅器3の出力側にオフセット位相線路4を接続し、ピーク増幅器7の出力側にオフセット位相線路8を接続しているが、オフセット位相線路4及びオフセット位相線路8を削除しても良い。

[0045] 以上のように、この実施の形態2によれば、上記実施の形態1と同様の効果が得ら

れると共に、ピーク増幅器7の入力側に接続された位相線路24により、キャリア増幅器3の電気長 θ_{CA} とピーク増幅器7の電気長 θ_{CA} との差を補正することにより、さらに効率を向上させることができるという効果が得られる。

[0046] 実施の形態3.

図8はこの発明の実施の形態3による高効率増幅器の構成と各部の電気長と、入力信号のレベルが小さい場合の各部から見たインピーダンスを示す図である。図8に示す高効率増幅器は、上記実施の形態1の図1に示す高効率増幅器における90°位相回路9の出力側に、特性インピーダンスRを有するアイソレータ31を追加したものであり、その他の構成は図1と同じである。

[0047] 次に動作について説明する。

図8において、90°位相回路9の出力側に接続された特性インピーダンスRを有するアイソレータ31により、出力合成点13から見た負荷インピーダンスが $R/2$ に確定される。このため、高効率増幅器は出力端子10以降の回路状態によらず、安定的に高効率な動作をすることが可能になる。

[0048] 図9はアイソレータ31の周波数特性を示す図である。アイソレータ31は、図9に示すように、RF信号の周波数 f_0 に対して、RF信号の高調波、例えば2倍の周波数 $2f_0$ を使用帯域外とする周波数特性を持っており、高調波の発生を抑圧することができる。

[0049] この実施の形態3では、従来のドハティ増幅器と同様に、キャリア増幅器3の出力側にオフセット位相線路4を接続し、ピーク増幅器7の出力側にオフセット位相線路8を接続しているが、オフセット位相線路4及びオフセット位相線路8を削除しても良い。

[0050] 以上のように、この実施の形態3によれば、上記実施の形態1と同様の効果が得られると共に、90°位相回路9の出力側に特性インピーダンスRを有するアイソレータ31を接続することにより、安定的に高効率な動作をすることができ、高調波の発生を抑圧することができるという効果が得られる。

[0051] 実施の形態4.

図10はこの発明の実施の形態4による高効率増幅器におけるキャリア増幅器3及びピーク増幅器7の内部構成を示すブロック図である。図10に示すキャリア増幅器3

及びピーク増幅器7は、入力端子41、基本波整合回路42、電源端子43、バイアス回路44、トランジスタ(増幅素子)45、位相線路(第5の位相線路)46、電源端子47、コンデンサ48、90°位相線路49、基本波整合回路50及び出力端子51を備えている。

[0052] 次に動作について説明する。

図10において、トランジスタ45の入力側には、電源端子43からのバイアス電圧がバイアス回路44を介して供給される。また、コンデンサ48及び90°位相線路49により、トランジスタ45の出力側のバイアス回路を構成し、電源端子47からのバイアス電圧は、位相線路49及び位相線路46を介して、トランジスタ45の出力側に供給される。入力端子41から入力されたRF信号は、基本波整合回路42を介してトランジスタ45で増幅され、位相線路46及び基本波整合回路50を介して出力端子51より出力される。

[0053] コンデンサ48はRF信号の周波数 f_0 で、十分に小さいインピーダンスとなるような容量を有するものとし、90°位相線路49と電源端子47の間にRF信号の周波数 f_0 で短絡点を形成している。90°位相線路49はRF信号の周波数 f_0 で電気長が90°の長さの短絡スタブとすると、RF信号の2倍の周波数 $2f_0$ では電気長が180°の長さとなり、位相線路46と90°位相線路49の間にRF信号の2倍の周波数 $2f_0$ における短絡点が形成される。

[0054] 位相線路46の電気長 θ_0 の長さを変えると、トランジスタ45から見た2倍の周波数 $2f_0$ における短絡点までの距離が変わるため、トランジスタ45から出力側を見た2倍の周波数 $2f_0$ におけるインピーダンス $Z_L(2f_0)$ が変化する。一般に増幅器の効率は2倍の周波数におけるインピーダンスに対する依存性があるため、位相線路46の電気長 θ_0 を最適化することにより、RF信号の2倍の周波数 $2f_0$ の高調波の発生を抑圧し、キャリア増幅器3及びピーク増幅器7の効率を最大化することが可能である。

[0055] 図11は位相線路46の電気長 θ_0 に対するキャリア増幅器3及びピーク増幅器7の効率特性を示す図であり、位相線路46の電気長 θ_0 を最適の値 θ_{OPT} にすることにより、RF信号の2倍の周波数 $2f_0$ の高調波の発生を抑圧し、キャリア増幅器3及びピーク増幅器7の効率 E_{max} を得ることができる。

- [0056] このように、キャリア増幅器3及びピーク増幅器7の効率を最大化することで、高効率増幅器全体としての効率を最大化することができ、出力バックオフが大きい小信号レベルにおいても効率を向上させることが可能となる。
- [0057] 以上のように、この実施の形態4によれば、上記実施の形態1と同様の効果が得られると共に、キャリア増幅器3及びピーク増幅器7のトランジスタ45のバイアス電圧を、RF信号の周波数 f_0 で電気長が 90° の長さの短絡スタブとなる 90° 位相線路49と位相線路46を介して供給し、位相線路46の電気長 θ_0 を、RF信号の2倍の周波数 $2f_0$ の高調波を削減し、キャリア増幅器3及びピーク増幅器7の効率を最大化する値に設定することにより、出力バックオフが大きい小信号レベルにおいても効率を向上させることができるという効果が得られる。
- [0058] 実施の形態5.
- 図12はこの発明の実施の形態5による高効率増幅器の構成と各部の電気長を示す図である。図12に示す高効率増幅器は、上記実施の形態1の図1に示す高効率増幅器において、キャリア増幅器3に接続されたゲート電圧発生回路61及びドレイン電圧発生回路62、ピーク増幅器7に接続されたゲート電圧発生回路63及びドレイン電圧発生回路64を追加したものであり、その他の構成は図1と同じである。
- [0059] 図12において、キャリア増幅器3及びピーク増幅器7では、同じバイアス電圧を供給した場合に同じ飽和電力を有するトランジスタ(図示せず)を使用しているものとする。また、ドレイン電圧発生回路62がキャリア増幅器3のトランジスタに供給するバイアス電圧 V_{d1} は、ドレイン電圧発生回路64がピーク増幅器7のトランジスタに供給するバイアス電圧 V_{d2} よりも小さく設定されている。そのため、キャリア増幅器3の飽和電力はピーク増幅器7の飽和電力よりも小さくなり、上記実施の形態1よりも大きな出力バックオフ点で効率最大点を迎えることが可能となる。
- [0060] 図13は高効率増幅器の出力電力に対する効率特性を示す図である。ここでは、上記実施の形態1の高効率増幅器とこの実施の形態5の高効率増幅器とを比較している。図13に示すように、ドハティ増幅器としての飽和点aに加えて、出力バックオフ $(6 + \beta)$ dBの点cよりも大きい出力バックオフ $(6 + \beta + \gamma)$ dB (β, γ は正)の点dにおいて効率最大点を迎えることが可能となる。

[0061] 以上のように、この実施の形態5によれば、キャリア増幅器3のトランジスタのドレインに供給するバイアス電圧 V_{d1} を、ピーク増幅器7のトランジスタのドレインに供給するバイアス電圧 V_{d2} よりも小さく設定することにより、上記実施の形態1よりも、効率を最大にする出力バックオフを6dBより大きくすることができ、出力バックオフが6dBよりも大きい小信号動作レベルにおいて効率をさらに向上させることができるという効果が得られる。

産業上の利用可能性

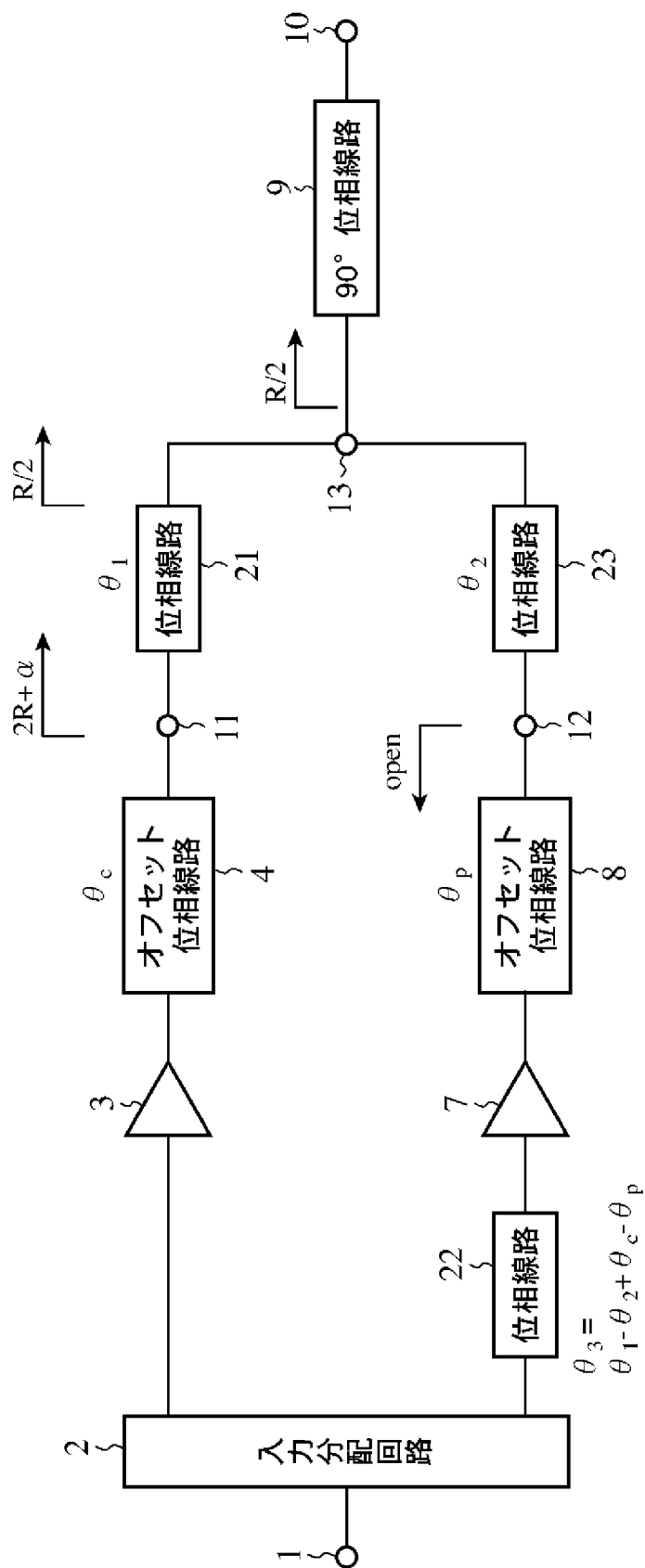
[0062] 以上のように、この発明に係る高効率増幅器は、例えば効率を最大にする出力バックオフを6dBより大きくし、出力バックオフが6dBよりも大きい小信号動作レベルにおいて効率を向上させるものに適している。

請求の範囲

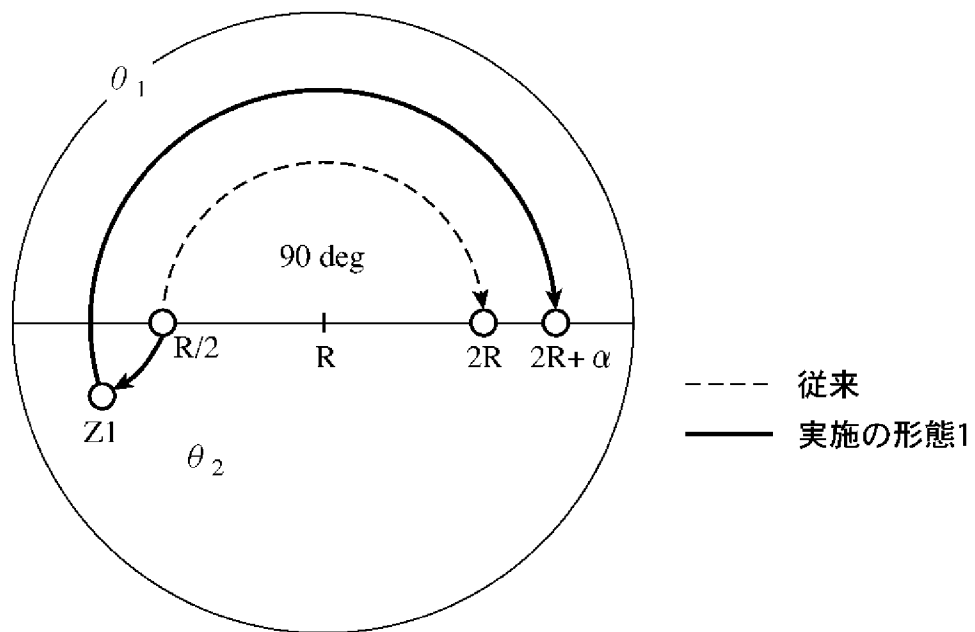
- [1] 入力信号を第1及び第2の経路に分配する入力分配回路と、
上記第1の経路に接続されたキャリア増幅器と、
上記第2の経路に接続されたピーク増幅器と、
上記第1及び第2の経路の出力合成点に接続されたインピーダンス変換回路と、
上記キャリア増幅器の出力側のインピーダンス基準点と上記出力合成点の間に接続された第1の位相線路と、
上記入力分配回路と上記ピーク増幅器の間に接続された第2の位相線路と、
上記ピーク増幅器の出力側のインピーダンス基準点と上記出力合成点の間に接続された第3の位相線路とを備え、
上記入力信号のレベルが小さい場合に、上記キャリア増幅器の出力側のインピーダンス基準点から出力側を見たインピーダンスが $2R + \alpha$ (R は負荷抵抗、 α は正)となるように、上記第1の位相線路の電気長と上記第3の位相線路の電気長が設定され、上記第2の位相線路の電気長が上記第1の位相線路の電気長と上記第3の位相線路の電気長との差に設定されることを特徴とする高効率増幅器。
- [2] 上記入力分配回路と上記キャリア増幅器の間に接続された第4の位相線路を備え、
上記第4の位相線路の電気長が上記キャリア増幅器の電気長と上記ピーク増幅器の電気長との差に設定されることを特徴とする請求項1記載の高効率増幅器。
- [3] 上記インピーダンス変換回路の出力に接続され特性インピーダンス R を有するアイソレータを備えたことを特徴とする請求項1記載の高効率増幅器。
- [4] 上記キャリア増幅器及び上記ピーク増幅器は、内部の増幅素子のバイアス電圧が、上記入力信号の周波数で電気長が 90° の長さの短絡スタブとなる 90° 位相線路と第5の位相線路を介して供給され、
上記第5の位相線路の電気長が、上記入力信号の2倍の周波数の高調波の発生を抑圧し、効率を最大にする値に設定されることを特徴とする請求項1記載の高効率増幅器。
- [5] 上記キャリア増幅器の内部の増幅素子の出力側に供給されるバイアス電圧が、上

記ピーク増幅器の内部の増幅素子の出力側に供給されるバイアス電圧よりも小さく設定されることを特徴とする請求項1記載の高効率増幅器。

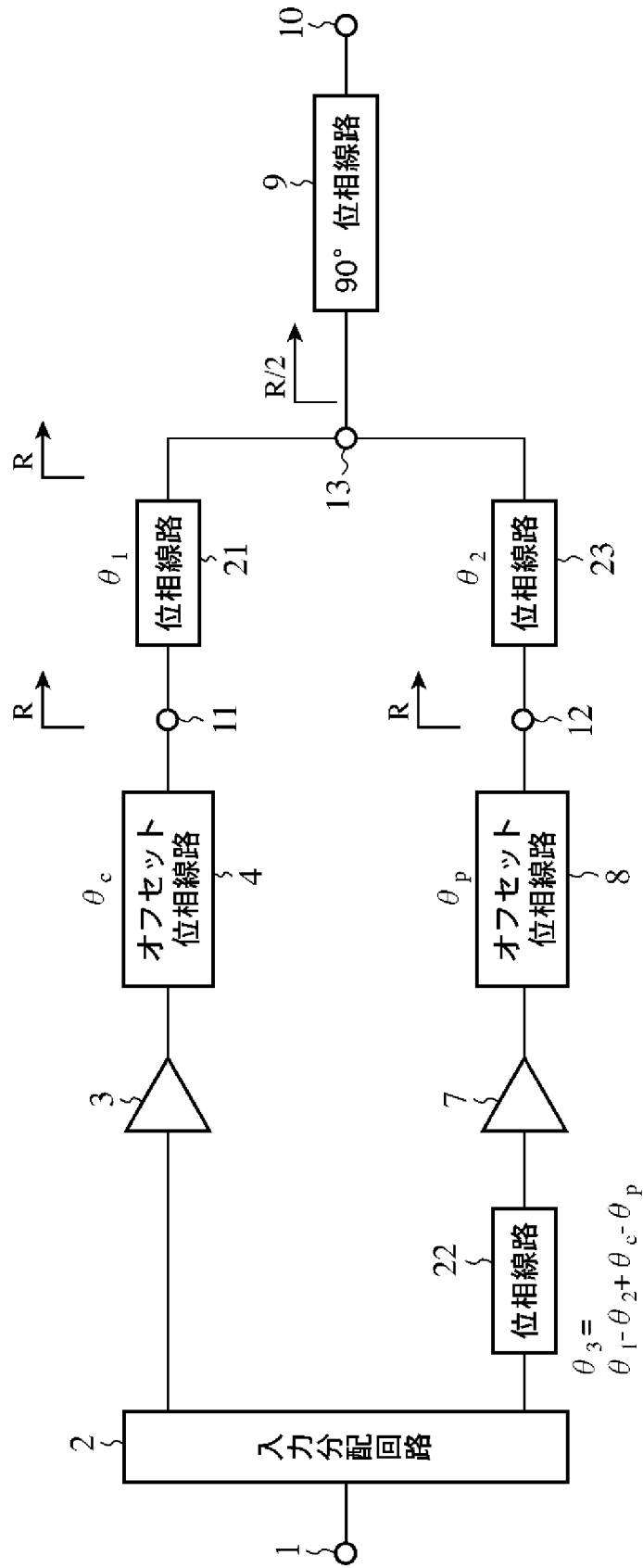
[図1]



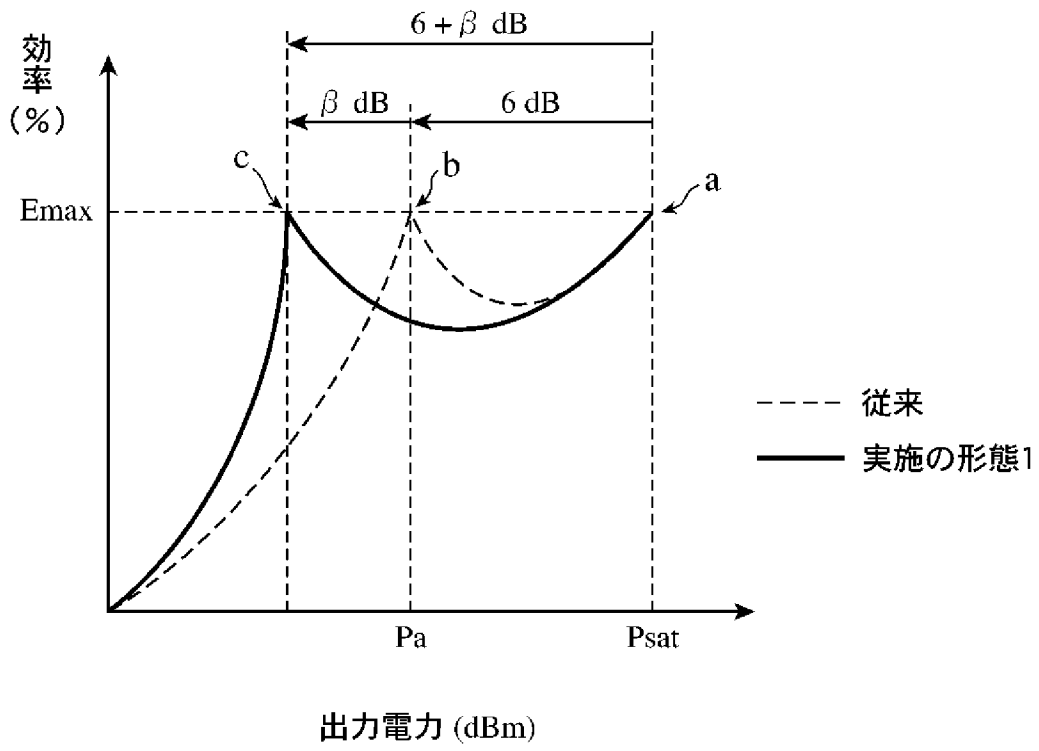
[図2]



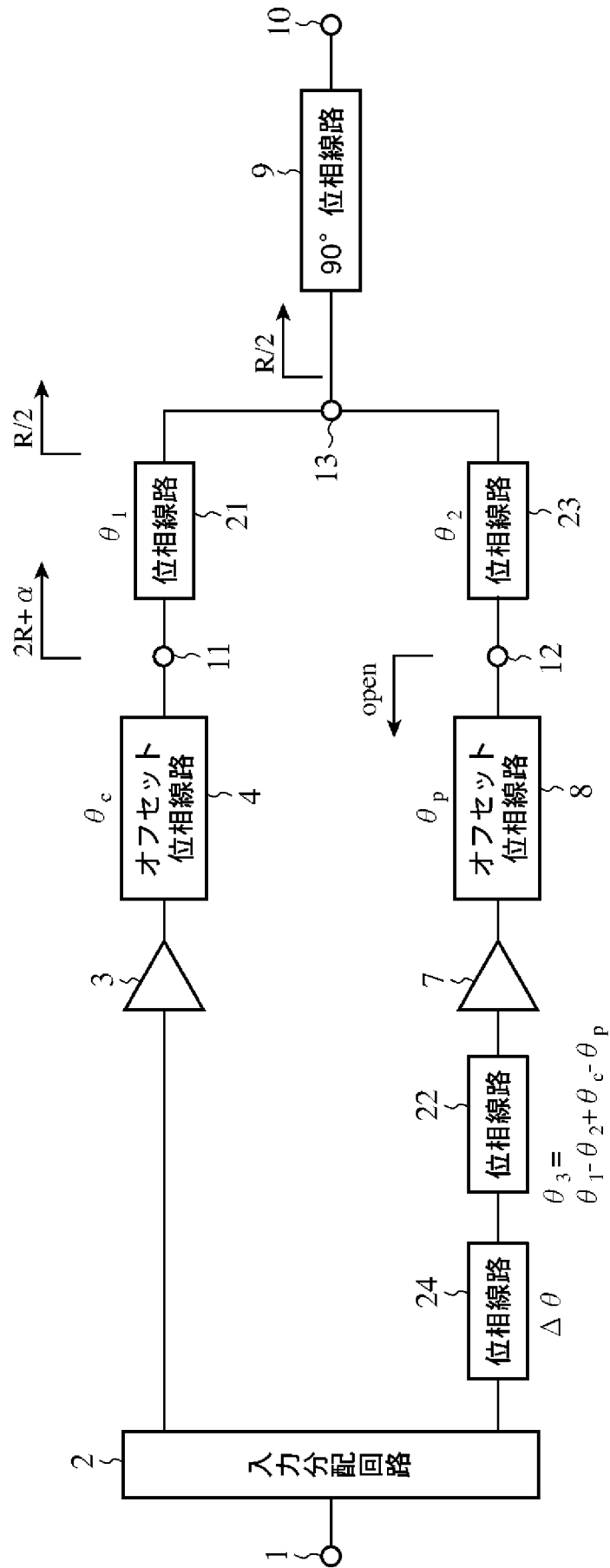
[図3]



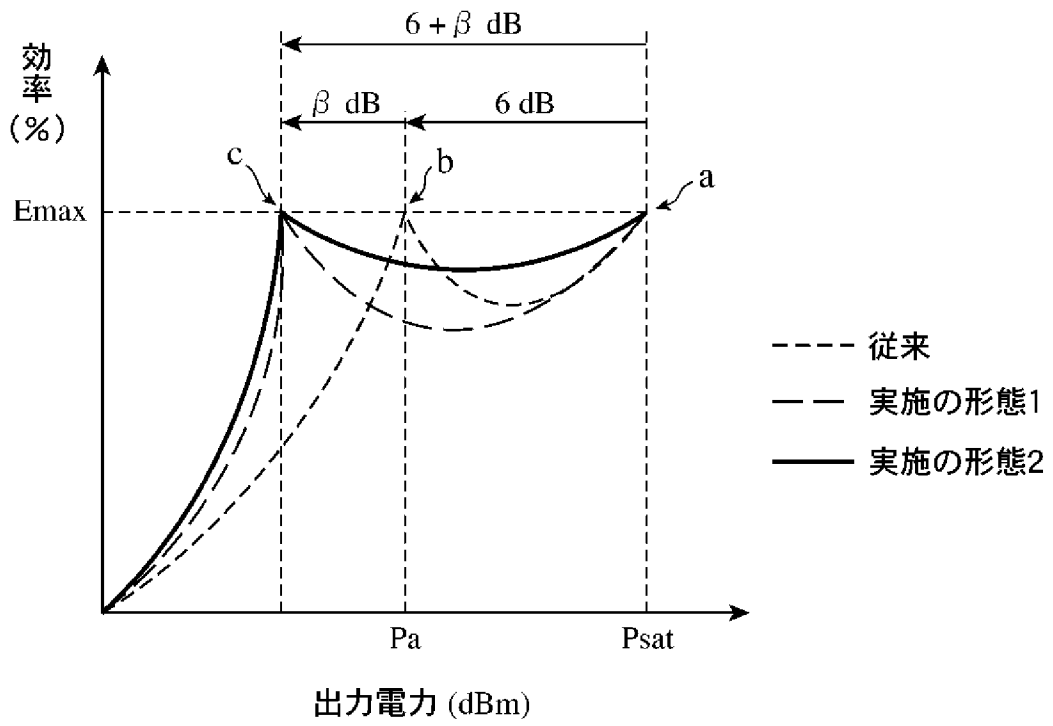
[図4]



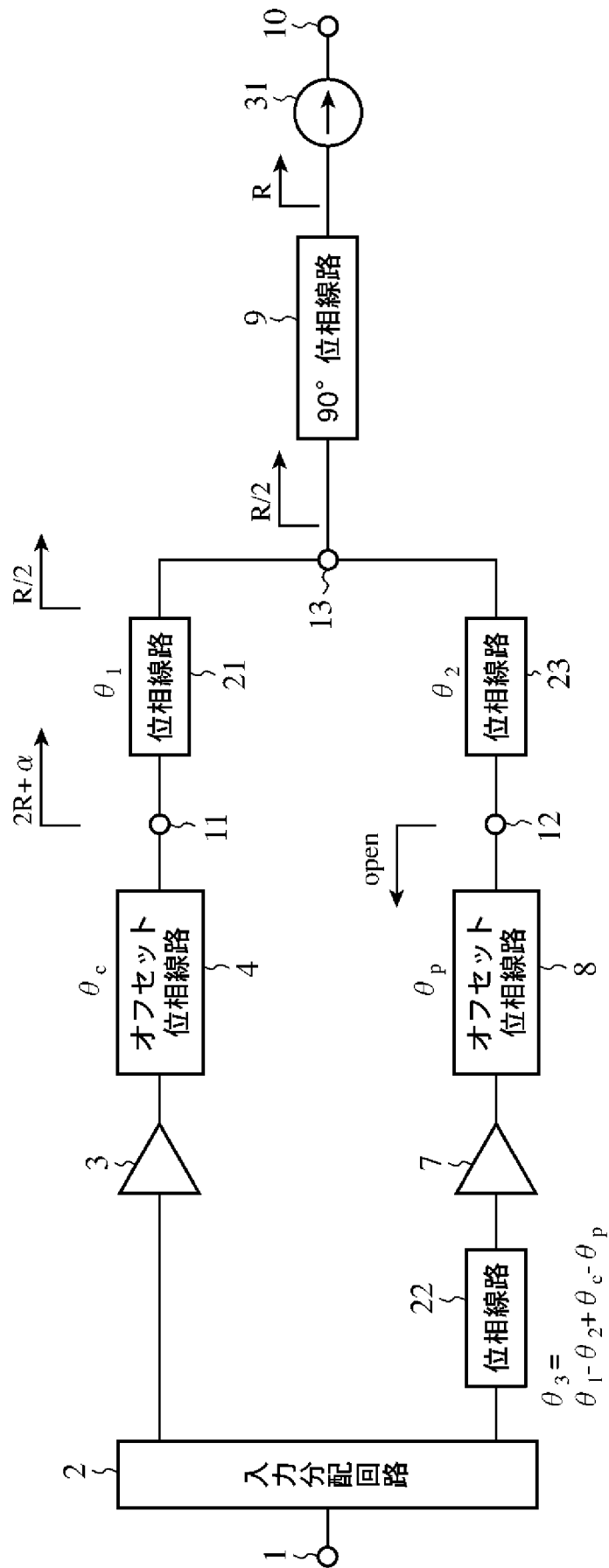
[図5]



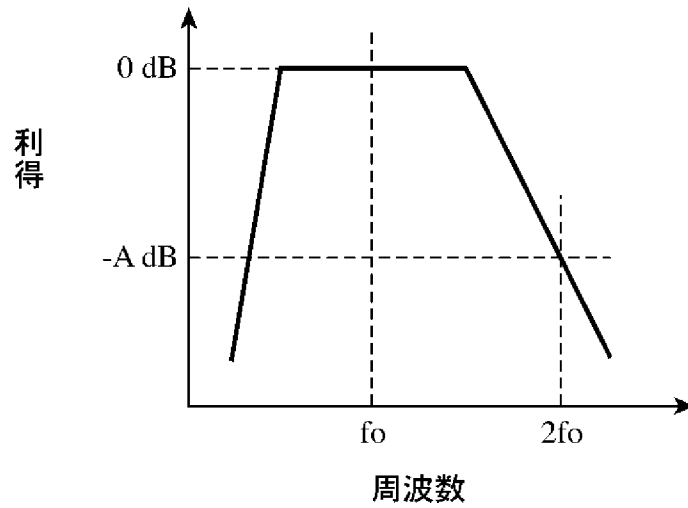
[図7]



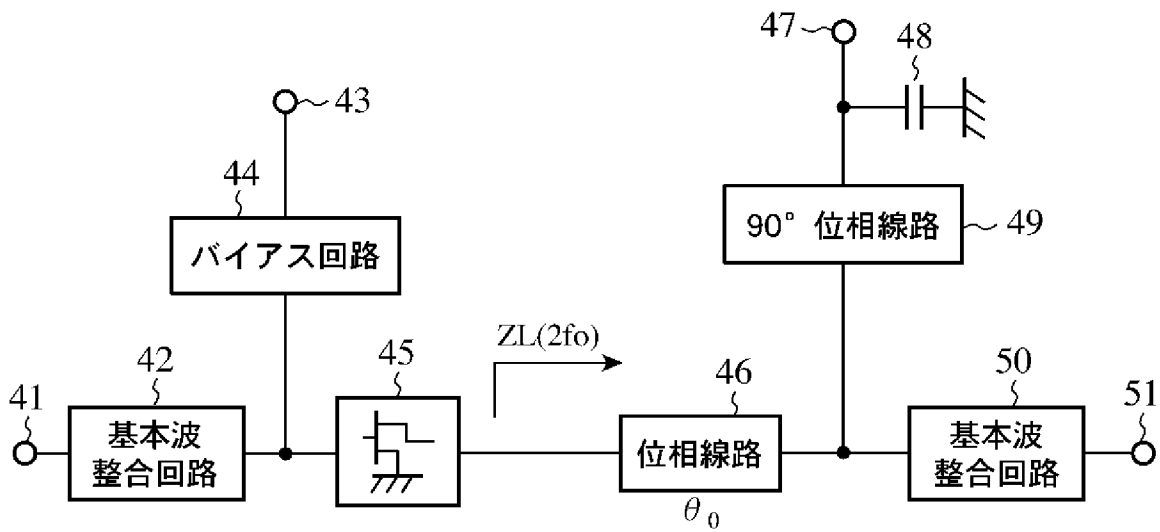
[図8]



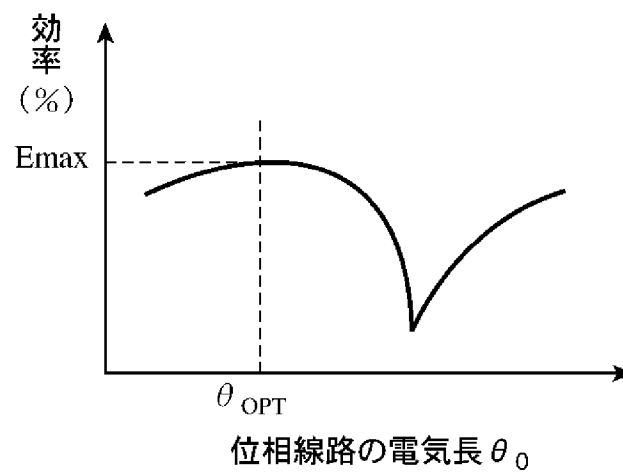
[図9]



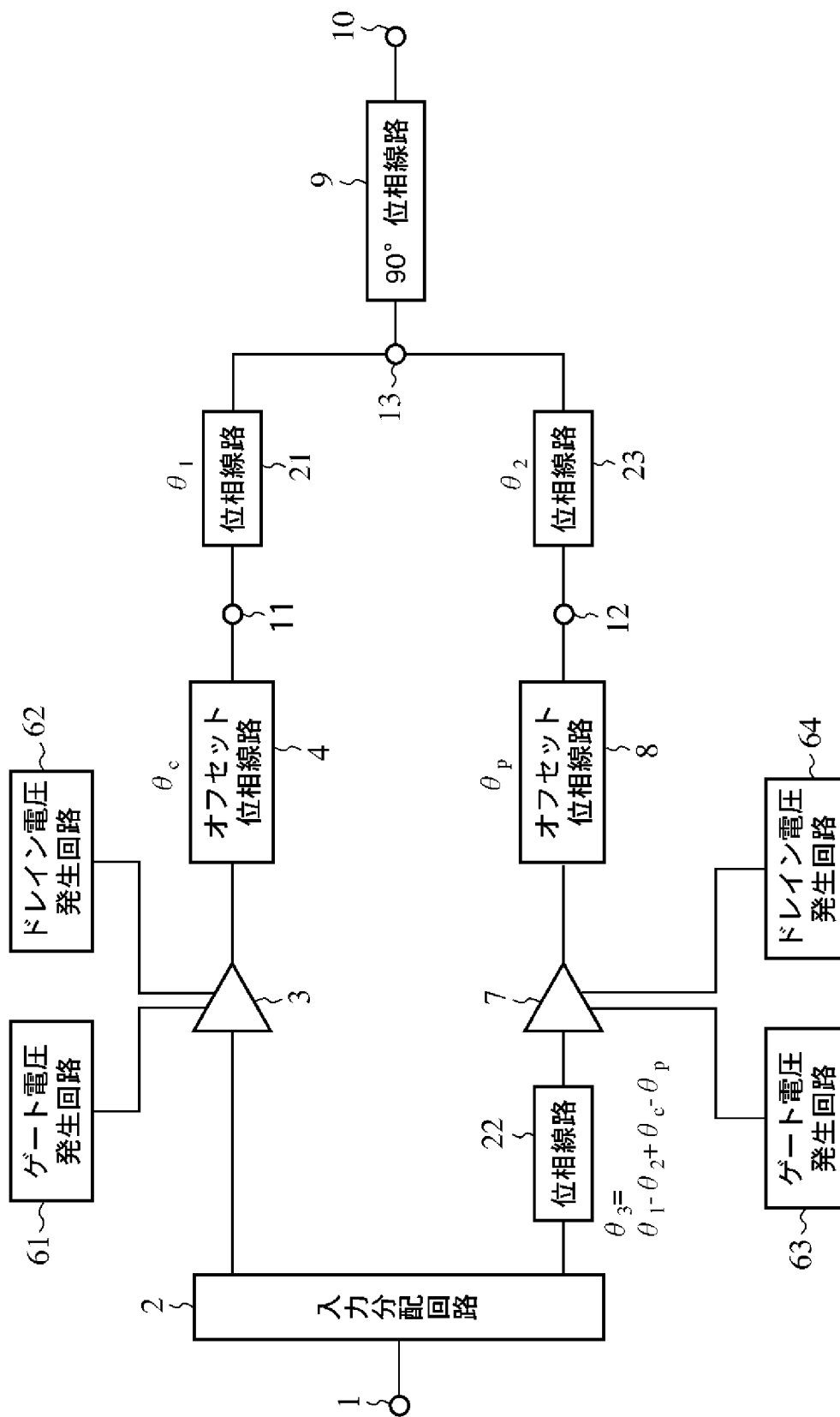
[図10]



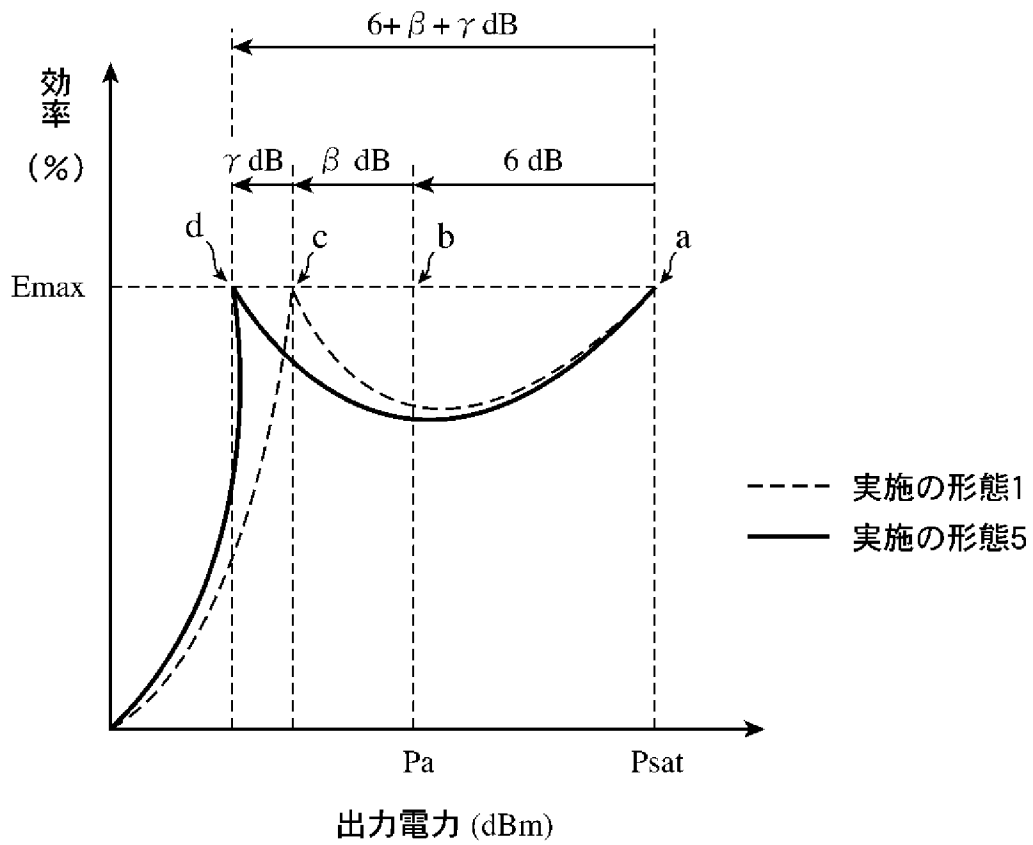
[図11]



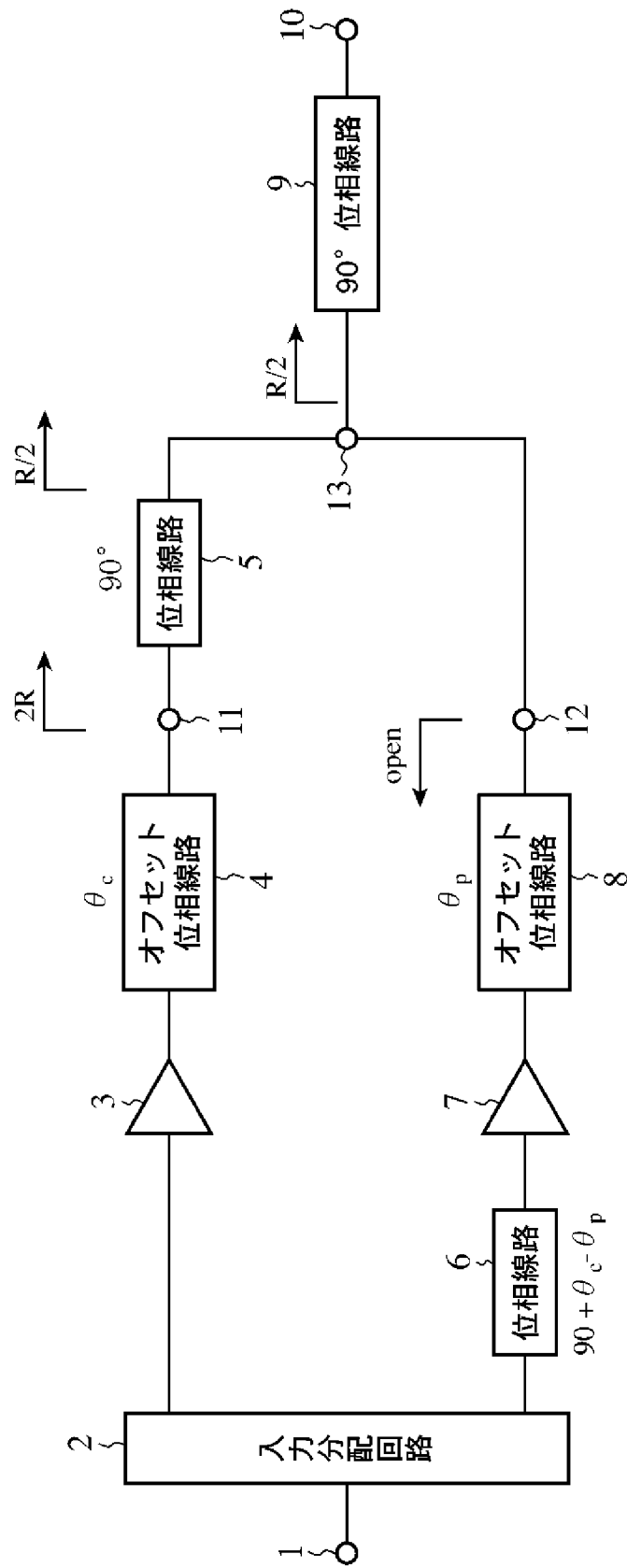
[図12]



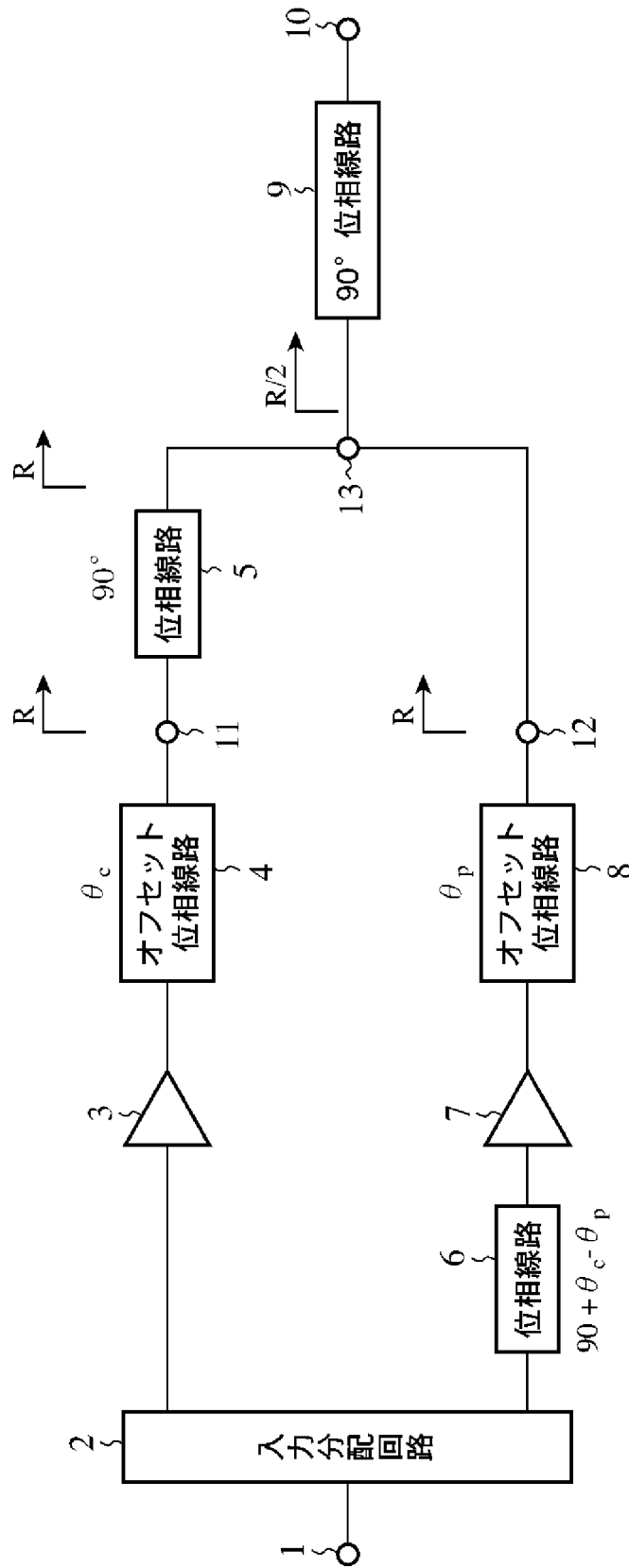
[図13]



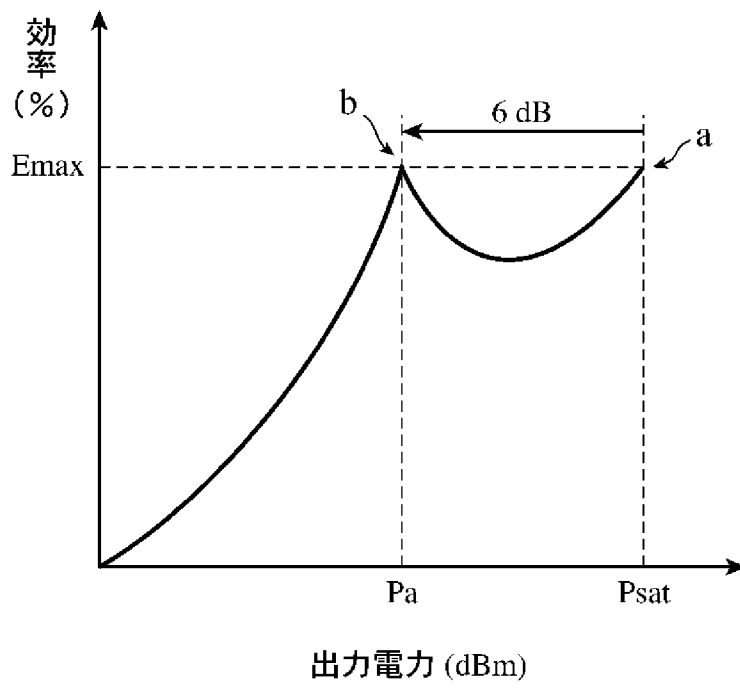
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/315153

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H03F1/07(2006.01) i, H03F3/60(2006.01) i, H03F3/68(2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03F1/07, H03F3/60, H03F3/68, H03F1/02

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2006
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2006	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2006

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Koji ISHII et al., "Doherty Zofukuki ni Okeru	1, 2
Y	Peak Zofukuki no Saitekika Kento", 2005 Nen	3, 5
A	The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Sogo Taikai Koen Ronbunshu C-2-7, 2005.03.07, full text, Fig. 2	4
Y	JP 2004-503161 A (Telefon AB. LM Ericsson), 29 January, 2004 (29.01.04), Par. No. [0071] & WO 2002/005421 A1 & AU 6648501 A & EP 1310039 A1 & BR 112266 A & US 6940349 B2	3

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
24 October, 2006 (24.10.06)

Date of mailing of the international search report
31 October, 2006 (31.10.06)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2006/315153

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2000-196387 A (NEC Corp.), 14 July, 2000 (14.07.00), Par. No. [0002]; Fig. 7 & JP 3259703 B2 & US 6388530 B1	5
A	JP 2003-188651 A (NTT Docomo Inc.), 04 July, 2003 (04.07.03), Par. Nos. [0006], [0021], [0024]; Fig. 1 (Family: none)	1-5
A	Kiyotake GOTO et al., "F-Kyu Oyobi Gyaku F-Kyu Zofukuki o Gosei shita Doherty Zofukuki no Sekkei·Shisaku", 2005 Nen The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Sogo Taikai Koen Ronbunshu C-2-8, 2005.03.07, full text, Fig. 1	4

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H03F1/07(2006.01)i, H03F3/60(2006.01)i, H03F3/68(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC)) Int.Cl. H03F1/07, H03F3/60, H03F3/68, H03F1/02			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2006年 日本国実用新案登録公報 1996-2006年 日本国登録実用新案公報 1994-2006年			
国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号	
X Y A	石井 康二 他2名, ”ドハティ増幅器におけるピーク増幅器の最適化検討”, 2005年電子情報通信学会総合大会講演論文集C-2-7, 2005.03.07, 全文及び図2	1、2 3、5 4	
Y	JP 2004-503161 A (テレフォンアクチーボラゲツト エル エム エリクソン) 2004.01.29, 【0071】 & WO 2002/005421 A1 & AU 6648501 A	3	
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す) 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 24.10.2006		国際調査報告の発送日 31.10.2006	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/J P) 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官 (権限のある職員) 伏本 正典	5W 3782 電話番号 03-3581-1101 内線 3574

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
	& EP 1310039 A1 & BR 112266 A & US 6940349 B2	
Y	JP 2000-196387 A (日本電気株式会社) 2000.07.14, 【0002】及び図7 & JP 3259703 B2 & US 6388530 B1	5
A	JP 2003-188651 A (株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ) 2003.07.04, 【0006】、【0021】、【0024】及び図1 (ファミリーなし)	1-5
A	後藤 清毅、他5名, ” F級及び逆F級増幅器を合成した Doherty 増幅器の設計・試作”, 2005年電子情報通信学会総合大会講演論文 集C-2-8, 2005.03.07, 全文及び図1	4