

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-199625
(P2008-199625A)

(43) 公開日 平成20年8月28日(2008.8.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H03F 1/07 (2006.01)	H03F 1/07	5J500
H03F 3/24 (2006.01)	H03F 3/24	

審査請求 有 請求項の数 13 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2008-32939 (P2008-32939)
 (22) 出願日 平成20年2月14日 (2008.2.14)
 (31) 優先権主張番号 10-2007-0015324
 (32) 優先日 平成19年2月14日 (2007.2.14)
 (33) 優先権主張国 韓国 (KR)

(71) 出願人 505282042
 ポステック・アカデミー・インダストリー
 ・ファウンデーション
 大韓民国、キュンサンブクド、ポハン
 シ、ナムグ、ヒョジャードン、サン 3
 1
 (74) 代理人 100058479
 弁理士 鈴江 武彦
 (74) 代理人 100108855
 弁理士 蔵田 昌俊
 (74) 代理人 100091351
 弁理士 河野 哲
 (74) 代理人 100088683
 弁理士 中村 誠

最終頁に続く

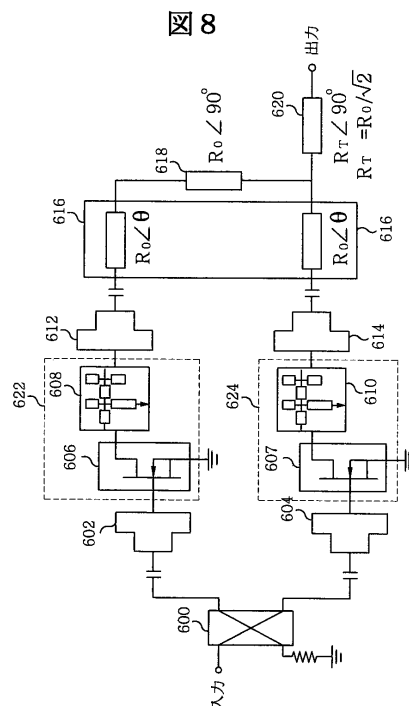
(54) 【発明の名称】 ハーモニック制御回路を用いた高効率ドハティ電力増幅器

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】従来の物性超高周波ドハティ増幅器及び他の高効率電力増幅器よりも効率特性を改善し、そのような高効率電力増幅器よりも線形的な特性を得ることができるハーモニック制御された高効率ドハティ電力増幅装置を提供する。

【解決手段】ドハティ電力増幅装置であって、ハーモニック制御されたドハティ増幅器と、前記ハーモニック制御されたドハティ増幅器の入力及び出力整合のための入力整合部及び出力整合部とを備え、前記ハーモニック制御されたドハティ増幅器は、並列に連結されているハーモニック制御されたキャリア増幅器及びハーモニック制御されたピーク増幅器と、前記ドハティ増幅器の出力整合部の前に配置されて前記ドハティ増幅器がスイッチング又は飽和動作を行うように高調波成分を制御するハーモニック制御回路とを備える。

【選択図】 図 8



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

ドハティ電力増幅装置であって、
ハーモニック制御されたドハティ増幅器と、
前記ハーモニック制御されたドハティ増幅器の入力及び出力整合のための入力整合部及び出力整合部とを備え、

前記ハーモニック制御されたドハティ増幅器は、並列に連結されているハーモニック制御されたキャリア増幅器及びハーモニック制御されたピーク増幅器と、前記ドハティ増幅器の出力整合部の前に配置されて前記ドハティ増幅器がスイッチング又は飽和動作を行うように高調波成分を制御するハーモニック制御回路と
を備えることを特徴とするドハティ電力増幅装置。

10

【請求項 2】

前記ハーモニック制御されたドハティ増幅器の出力に連結され、前記ピーク増幅器が動作しない時に前記ドハティ増幅器のロードインピーダンスの出力を調節するオフセットラインを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載のドハティ電力増幅装置。

【請求項 3】

ドハティ電力増幅動作のためにインピーダンスインバータとしての役割を果たす 1 / 4 波長の長さに変換させるクォータウェーブ伝送ラインを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載のドハティ電力増幅装置。

【請求項 4】

前記ドハティ電力増幅装置のロードインピーダンスを決定するための 1 / 4 波長の長さに変換させるクォータウェーブ伝送ラインを更に備えることを特徴とする請求項 1 に記載のドハティ電力増幅装置。

20

【請求項 5】

前記ドハティ増幅装置の結合方式は、ドハティ電力増幅動作を行うために 1 / 4 波長よりも短いか長い伝送ラインと、受動素子とからなる結合方式であることを特徴とする請求項 1 に記載のドハティ電力増幅装置。

【請求項 6】

ドハティ電力増幅動作を行うためのインピーダンスインバータとしての役割を含むことを特徴とする請求項 1 に記載のドハティ電力増幅装置。

30

【請求項 7】

低電力領域では前記ピーク増幅器がオフし、前記キャリア増幅器がオンし、高電力領域では前記ピーク増幅器及びキャリア増幅器がオンとなるように駆動されることを特徴とする請求項 1 に記載のドハティ電力増幅装置。

【請求項 8】

ハーモニック制御回路を用いた高効率ドハティ電力増幅装置であって、
並列に連結されている入 / 出力整合部をそれぞれ有するキャリア増幅器及び多数のピーク増幅器と、

前記キャリア増幅器と前記多数のピーク増幅器に同一の入力電力を印加する N-ウェイ電力分配器と、

前記キャリア増幅器及び前記多数のピーク増幅器の出力整合部にそれぞれ連結され、前記多数のピーク増幅器が動作しない時にロードインピーダンスの出力を調節するオフセットラインと、

ドハティ電力増幅動作のためにインピーダンスインバータとしての役割を果たし、前記オフセットラインを介して提供されるインピーダンス出力を 1 / 4 波長の長さに変換させる第 1 クォータウェーブ伝送ラインと、

前記ドハティ増幅器のロードインピーダンスを決定し、前記オフセットラインを介して提供されるインピーダンス出力を 1 / 4 波長の長さに変換させる第 2 クォータウェーブ伝送ラインとを含み、

前記キャリア増幅器及び前記ピーク増幅器の高調波成分を制御してスイッチング又は飽

40

50

和動作を行うようにするハーモニック制御回路を備えることを特徴とするドハティ電力増幅器。

【請求項 9】

ハーモニック制御回路を用いた高効率ドハティ電力増幅器であって、
並列に連結されている入/出力整合部をそれぞれ有するキャリア増幅器及び多数のピーク増幅器と、

前記キャリア増幅器と前記多数のピーク増幅器に同一の入力電力を印加する N-ステージ電力分配器と、

前記キャリア増幅器及び前記多数のピーク増幅器の出力整合部にそれぞれ連結され、前記多数のピーク増幅器が動作しない時にロードインピーダンスの出力を調節するオフセットラインと、

ドハティ電力増幅動作のためにインピーダンスインバータとしての役割を果たし、前記オフセットラインを介して提供されるインピーダンス出力を 1/4 波長の長さに変換させる第 1 クォータウェーブ伝送ラインと、

前記ドハティ増幅器のロードインピーダンスを決定し、前記オフセットラインを介して提供されるインピーダンス出力を 1/4 波長の長さに変換させる第 2 クォータウェーブ伝送ラインと、

前記キャリア増幅器及び前記ピーク増幅器の高調波成分を制御してスイッチング又は飽和動作を行うようにするハーモニック制御回路と
を備えることを特徴とするドハティ電力増幅器。

【請求項 10】

前記ハーモニック制御回路は、

2 次、3 次又はそれ以上の高調波成分を制御し、ハーモニック制御を行うためのマイクロストリップライン又は受動素子を備えることを特徴とする請求項 1、8、9 の何れか 1 項に記載のドハティ電力増幅装置。

【請求項 11】

前記ドハティ電力増幅器は、

class D、class E、Class F、class G、class H、class I、class J、class S、class E/F series (class E/F₃、class E/F_{2,5}、class E/F_{odd}、class E/F_{2,odd})、class J/E、inverse class D、inverse Class F からなるグループより選択される増幅器であることを特徴とする請求項 1、8、9 の何れか 1 項に記載のドハティ電力増幅器。

【請求項 12】

キャリア及びピーク電力増幅器は、

前記スイッチング又は飽和動作を通じて相互間の非線形特性を相殺させることを特徴とする請求項 1、8、9 の何れか 1 項に記載のドハティ電力増幅装置。

【請求項 13】

前記ハーモニック制御回路は、

前記キャリア増幅器及びそれぞれの前記ピーク増幅器の出力整合部の前に配置されて前記キャリア増幅器及びそれぞれの前記ピーク増幅器がスイッチング又は飽和動作を行うようにすることを特徴とする請求項 8 又は 9 に記載のドハティ電力増幅装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、移動通信システムで用いられる高効率電力増幅装置に関し、特に超高周波ドハティ増幅器 (microwave Doherty amplifier) において、スイッチング (Switching) 及び飽和 (Saturation) 動作を行うようにして超高効率電力増幅を提供できるハーモニック制御回路を用いた高効率ドハティ電力増幅装置に関する。

10

20

30

40

50

【背景技術】

【0002】

一般に、ドハティ増幅器は、「クォータウェーブトランスフォーマ(quarter-wave transformer) ($\lambda/4$ ライン)」を用いてキャリア増幅器と、ピーク増幅器とを並列に連結した構造を有する。ドハティ増幅器は、電力レベルが増加することによって、ピーク増幅器が負荷に供給する電流の量が増加し、キャリア及びピーク増幅器のそれぞれの負荷インピーダンスを調節して効率を向上させる方式により駆動される。

【0003】

超高周波ドハティ増幅器は、1936年に「W. H. Doherty」により提案され、初期には高出力長波(LF: Low Frequency)真空管又は高出力中波(MF: Medium Frequency)真空管を用いた放送装置である振幅変調(AM: Amplitude Modulation)伝送器(transmitter)として用いられた。その後、真空管ではなく物性デバイスを用いてドハティ電力増幅器の実現のための様々な提案があり、実質的な実現のために多くの研究がなされた。

10

【0004】

このようなドハティ電力増幅器と呼ばれる非対称電力結合を通じた電力増幅器は、高効率及び高線形性を実現した。特に、移動通信基地局及び端末で用いるドハティ電力増幅器に対しては、多くの性能改善があった。そのような高周波帯域におけるドハティ電力増幅器は、入力電力分配器、キャリア/ピーク増幅器間の位相を同期化するための伝送ライン、互いに同一の値が出力されるようにそれぞれの増幅器の入/出力整合回路を構成して最大出力を出すように実現されたキャリア/ピーク増幅器、ピーク増幅器が動作しない時にインピーダンス出力を大きくして適切なロードモジュレーション現象が起こるようにするオフセットライン、そしてドハティ動作のためのクォータウェーブ伝送ラインで構成される。

20

【0005】

このような構成は、トランジスタの出力部に整合回路を配置し、その後ろにオフセットラインを配置させることで、実数部だけでなく、虚数部の整合も可能なようにして増幅器の出力を最大限に得ながら、ドハティ動作を可能にする改善された方式である(例えば、非特許文献1参照)。

【0006】

また、ドハティ電力増幅器をより一般化し、効率及び線形性を最適化できる構造であるN-ウェイドハティ電力増幅器についても研究された(例えば、非特許文献2参照)。

30

【0007】

一般のドハティ電力増幅器よりも更に低いパワーレベルから次第に高効率を達成するN-ステージドハティ電力増幅方式も研究された(例えば、非特許文献3参照)。

【0008】

一方、物性デバイスを用いてドハティ電力増幅器を実現した場合においても低いバイアスにより正常に最大出力を出せないという問題を解決するために包絡線トラックキング装置を用いてドハティ電力増幅器を実現した(例えば、非特許文献4及び非特許文献5参照)。

40

【0009】

しかしながら、このような研究結果では、更に向上した線形性及び最大出力を達成するために、ピーク及びキャリア電力増幅器の電流レベルを調節するための付加的な装置が必要になるという短所を有している。このような問題点を解決するために、入力電力分配を異ならせる非対称電力駆動を用いたドハティ電力増幅器の研究が行われた(例えば、非特許文献6及び非特許文献7参照)。

【0010】

前述したように、多くのドハティ電力増幅のための技術が開発されたが、移動通信基地局及び端末システムは次第に小型化し、価格を下げようとする努力を重ねるにつれ、電力増幅装置の観点から既存のドハティ及び高効率電力増幅装置よりも高い効率を要求するよ

50

うになった。

【非特許文献1】Y. Yang et al, 「Optimum Design for Linearity and Efficiency of Microwave Doherty Amplifier Using a New Load Matching Technique」、Microwave Journal、Vol 44、No. 12、pp. 20-36、Dec. 2002.

【非特許文献2】Y. Yang et al, 「A Fully Matched N-way Doherty Amplifier with Optimized Linearity」、IEEE Trans. Microwave Theory and Tech., Vol. 51、No. 3、pp. 986-993、March 2003.

【非特許文献3】N. Srirattana et al, 「Analysis and design of a high efficiency multistage Doherty power amplifier for WCDMA」、EuMC Digest 2003、Vol. 3、pp. 1337-1340、Oct. 2003.

【非特許文献4】Y. Yang et al, 「A Microwave Doherty Amplifier Employing Envelope Tracking Technique for High Efficiency and Linearity」、IEEE Microwave and Wireless Components Letters、Vol. 13、No. 9、Sep. 2003.

【非特許文献5】J. Cha et al, 「An Adaptive Bias Controlled Power Amplifier with a Load-Modulated Combining Scheme for High Efficiency and Linearity」、IEEE MTT-S Int. Microwave Sympo. Vol. 1、pp. 81-84、June 2003.

【非特許文献6】J. Kim et al, 「Optimum Operation of Asymmetrical-Cells-Based Linear Doherty Power Amplifiers-Uneven Power Drive and Power Matching」、IEEE Trans. Microwave Theory Tech., Vol. 53、No. 5、pp. 1802-1809、May、2005.

【非特許文献7】J. Kim et al, 「Advanced Design Methods of Doherty Amplifier for Wide Bandwidth, High Efficiency Base Station Power Amplifiers」、35th European Microwave Conference、Paris、France、pp. 963-966、Oct., 2005.

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

そこで、本発明は上記事情に鑑みてなされたものであって、その目的は、従来の物性超高周波ドハティ増幅器及び他の高効率電力増幅器よりも効率特性を改善し、そのような高効率電力増幅器よりも線形的な特性を得ることができるハーモニック制御された高効率ドハティ電力増幅装置を提供することにある。

【0012】

本発明の他の目的は、ドハティ増幅装置を構成するそれぞれの電力増幅器において、スイッチング又は飽和動作を行うようにして超高効率電力増幅の機能を提供できるハーモニック制御回路を用いた高効率ドハティ電力増幅装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0013】

前記目的を達成するための本発明によるドハティ電力増幅装置は、ハーモニック制御されたドハティ増幅器と、前記ハーモニック制御されたドハティ増幅器の入力及び出力整合のための入力整合部及び出力整合部とを備え、前記ハーモニック制御されたドハティ増幅

10

20

30

40

50

器は、並列に連結されているハーモニック制御されたキャリア増幅器及びハーモニック制御されたピーク増幅器と、前記ドハティ増幅器の出力整合部の前に配置されて前記ドハティ増幅器がスイッチング又は飽和動作を行うように高調波成分を制御するハーモニック制御回路とを備えることを特徴とする。

【0014】

また、本発明によるハーモニック制御回路を用いた高効率ドハティ電力増幅器は、並列に連結されている入/出力整合部をそれぞれ有するキャリア増幅器及び多数のピーク増幅器と、前記キャリア増幅器と前記多数のピーク増幅器に同一の入力電力を印加するN-ウェイ電力分配器と、前記キャリア増幅器及び前記多数のピーク増幅器の出力整合部にそれぞれ連結され、前記多数のピーク増幅器が動作しない時にロードインピーダンスの出力を調節するオフセットラインと、ドハティ電力増幅動作のためにインピーダンスインバータとしての役割を果たし、前記オフセットラインを介して提供されるインピーダンス出力を1/4波長の長さに変換させる第1クォータウェーブ伝送ラインと、前記ドハティ増幅器のロードインピーダンスを決定し、前記オフセットラインを介して提供されるインピーダンス出力を1/4波長の長さに変換させる第2クォータウェーブ伝送ラインとを含み、前記キャリア増幅器及び前記ピーク増幅器の高調波成分を制御してスイッチング又は飽和動作を行うようにするハーモニック制御回路を備えることを特徴とする。

【0015】

更に、本発明によるハーモニック制御回路を用いた高効率ドハティ電力増幅器は、並列に連結されている入/出力整合部をそれぞれ有するキャリア増幅器及び多数のピーク増幅器と、前記キャリア増幅器と前記多数のピーク増幅器に同一の入力電力を印加するN-ステージ電力分配器と、前記キャリア増幅器及び前記多数のピーク増幅器の出力整合部にそれぞれ連結され、前記多数のピーク増幅器が動作しない時にロードインピーダンスの出力を調節するオフセットラインと、ドハティ電力増幅動作のためにインピーダンスインバータとしての役割を果たし、前記オフセットラインを介して提供されるインピーダンス出力を1/4波長の長さに変換させる第1クォータウェーブ伝送ラインと、前記ドハティ増幅器のロードインピーダンスを決定し、前記オフセットラインを介して提供されるインピーダンス出力を1/4波長の長さに変換させる第2クォータウェーブ伝送ラインと、前記キャリア増幅器及び前記ピーク増幅器の高調波成分を制御してスイッチング又は飽和動作を行うようにするハーモニック制御回路とを備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、既存の超高周波ドハティ増幅器及び高効率電力増幅器よりも効率が増加し得るほか、高効率化を図ると共に既存のスイッチング或いは飽和電力増幅器よりも線形的に動作できるという効果を奏する。従って、本発明を移動通信網又は次世代移動通信基地局用/端末用電力増幅器に応用することで、既存の電力増幅器よりも高効率化を図ることができ、線形的な特性を同時に達成できるので、価格競争力と信頼性を高めることができるという効果がある。

【0017】

更に、本発明は構造が簡単であり、かつ商用として用いられる構造に対して適用するのが容易であるので、実用性の側面において優れている。

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、添付の図面を参照して本発明の動作の原理を詳細に説明する。

【0019】

図1は、2-ウェイ方式のドハティ電力増幅装置を示す構成ブロック図であって、電力分配器100、キャリア電力増幅器102、ピーク電力増幅器104、オフセットライン106、第1クォータウェーブ伝送ライン108、第2クォータウェーブ伝送ライン110を備える。本発明においては、キャリア増幅器102はハーモニック制御されたキャリア増幅器(HCA: Harmonic-Controlled Carrier Amp

l i f i e r) であり、ピーク増幅器 104 はハーモニック制御されたピーク増幅器 (H P A : H a r m o n i c - C o n t r o l l e d P e a k i n g A m p l i f i e r) である。

【0020】

本発明においては、キャリア増幅器 102 とピーク増幅器 104 にハーモニック制御回路によるハーモニック制御を適用してスイッチング又は飽和動作を行うことで、既存の電力増幅器よりも高効率特性を有し、このような高効率電力増幅特性をドハティ電力増幅装置に結合することで、既存のドハティ或いは高効率電力増幅器よりも超高効率特性を行う。電力分配器 100 は、ハイブリッドカプラを用いることで、キャリア増幅器とピーク増幅器の位相を同期化させ、オフセットライン 106 は、ピーク増幅器 104 が動作しない時にロードインピーダンスの出力を大きくして、適切なロードモジュレーション現象が起きるようにする。

10

【0021】

スイッチング或いは飽和動作を起こす電力増幅器としては、class D、class E、Class F、class G、class H、class I、class J、class S、class E/F series (class E/F₃、class E/F_{2,5}、class E/F_{odd}、class E/F_{2,odd} など)、class J/E、inverse class D、inverse Class F などのような可能なあらゆる電力増幅器の種類に対してハーモニック制御回路方法が用いられるため、既存のドハティ電力増幅器に前記のような多様なタイプの電力増幅器でハーモニック制御方法を適用することが可能である。

20

【0022】

第 1 クォータウェーブ伝送ライン 108 は、インピーダンスインバータとしての役割を行ってドハティ動作を実現する。例えば、第 1 クォータウェーブ伝送ライン 108 は、 $R_0/2$ 、 $2R_0$ のように出力を逆に变化させる。第 2 クォータウェーブ伝送ライン 110 は、ロードインピーダンスを 500Ω から 250Ω のようにキャリア増幅器 102 及びピーク増幅器 104 が特性インピーダンス 500Ω に対して N-1 個のピーク増幅器 104 と 1 個のキャリア増幅器 102 とが並列に連結されてドハティ増幅器を構成するので、 R_0/N でドハティ増幅器のロードインピーダンスを構成しなければならない。例えば、図 1 では N = 2 である 2-ウェイの場合を例示するので、500Ω から 250Ω に变化させる第 2 クォータウェーブ伝送ライン 110 を構成しなければならず、この際の第 2 クォータウェーブ伝送ライン 110 の特性インピーダンスは、

30

【数 1】

$$\sqrt{(50 \times 25)} \text{ } \Omega \text{ を有する。}$$

【0023】

このように、図 1 で提案する電力増幅装置は、ハーモニック制御回路を通じて実現しており、入出力が整合したキャリア増幅器 102 とピーク増幅器 104 とが並列に連結されている構造を有する。このとき、この 2 つの増幅器 102、104 は、オフセットライン 106 とクォータウェーブトランスフォーマ (/ 4 ライン) からなるドハティネットワークを介して出力端が構成されることを特徴とする。

40

【0024】

図 2 は、N-ウェイドハティ増幅器を実現した場合であって、N-ウェイ電力分配器 200、キャリア増幅器 204 とピーク電力増幅器 206 の位相同期を合わせるための伝送ライン 202、キャリア電力増幅器 204、ピーク電力増幅器 206、オフセットライン 208、クォータウェーブ伝送ライン 210、212 から構成される。ここで、本発明においては、キャリア及びピーク電力増幅器 204、206 は、スイッチング又は飽和動作を行う各種の高効率電力増幅器を備える。

【0025】

50

図3は、N-ステージドハティ電力増幅装置を実現した場合であって、N-ステージ電力分配器300、キャリア増幅器とピーク電力増幅器の位相同期を合わせるための伝送ライン302、ハーモニック制御されたキャリア電力増幅器304、ハーモニック制御されたピーク電力増幅器306、オフセットライン308、クォータウェーブ伝送ライン310、312から構成される。ここで、本発明においては、キャリア及びピーク電力増幅器304、306は、スイッチング或いは飽和動作を行う各種の電力増幅器を備える。

【0026】

本発明のドハティ電力増幅装置は、ハーモニック制御回路がキャリア増幅器及びピーク増幅器の出力端にそれぞれ連結され、前記ピーク増幅器が動作しない時にロードインピーダンスの出力を変化させるために、オフセットラインを連結する結合方式であり、ドハティ電力増幅動作のためにインピーダンスインバータとしての役割を果たす1/4波長の長さに変換させるクォータウェーブ伝送ラインと、ロードインピーダンスを決定するための1/4波長の長さに変換させるクォータウェーブ伝送ラインとを備える。

10

【0027】

図4は、本発明によるハーモニック制御回路を適用したハーモニック制御された電力増幅器を用いたドハティ電力増幅装置の動作の原理を説明する概念図である。

【0028】

図4に示すように、ハーモニック制御されたキャリア増幅器は、キャリア電流源 I_c として表現されたキャリア増幅器とハーモニック制御回路402とを含み、ハーモニック制御されたピーク増幅器はピーク電流源 I_p として表現されたピーク増幅器とハーモニック制御回路403とを含む。第1クォータウェーブ伝送ライン401は、キャリア電流源 I_c の下流でハーモニック制御回路402の出力に接続される。ハーモニック制御されたキャリア及びピーク増幅器は、Class F又はinverse Class Fのような飽和増幅器で構成されてハーモニック制御回路402、403を用いたハーモニック制御を通じて飽和動作を起こす。また、ハーモニック制御されたキャリア及びピーク増幅器は、ハーモニック制御回路402、403を用いたハーモニック制御を通じて基本周波数成分 f_0 では既存のドハティ動作を起こすと同時に、2倍、3倍の基本周波数成分（即ち、2次、3次の高調波成分）に対するインピーダンスを調節することで、高効率特性を得る。即ち、ハーモニック制御回路402、403は、高調波成分を制御し、第1クォータウェーブ伝送ライン401のようなマイクロストリップライン又は受動素子を介してハーモニック制御を行うことで、Class F飽和電力増幅器である場合に最大出力でサイン半波の電流波形と四角波の電圧波形を形成し、inverse Class F飽和電力増幅器である場合には最大出力で四角波の電流波形とサイン半波の電圧波形を形成する。更に、ドハティ増幅特性を得るために、ピーク電力増幅器のバイアスはキャリア電力増幅器のバイアスよりも低くなる。

20

30

【0029】

図5の(a)と(b)は、本発明の実施形態によるドハティ電力増幅装置の基本電流成分と、基本電圧成分を入力電圧に応じて示すグラフである。

【0030】

図5の(a)において、キャリア増幅器の基本電流 I_c は実線404で示されており、ピーク増幅器の基本電流 I_p は点線405で示されている。また、図5の(b)において、キャリア増幅器の基本電圧 V_c は実線406で示されており、ピーク増幅器の基本電圧 V_p は点線407で示されている。これを数式で表現すると、下記の<式1>、<式2>の通りとなる。

40

【数 2】

$$I_C = I_{1,\max} \left(\frac{v_{in}}{V_{\max}} \right), \quad 0 < v_{in} < V_{\max}$$

$$I_P = \begin{cases} 0, & 0 < v_{in} < V_{\text{turn on}} \\ I_{1,\max} \left(\frac{v_{in} - V_{\text{turn on}}}{V_{\max} - V_{\text{turn on}}} \right), & V_{\text{turn on}} < v_{in} < V_{\max} \end{cases} \quad \text{<式 1>}$$

10

【数 3】

$$V_C = \begin{cases} V_{1,\max} \left(\frac{v_{in}}{V_{\text{turn on}}} \right), & 0 < v_{in} < V_{\text{turn on}} \\ V_{1,\max}, & V_{\text{turn on}} < v_{in} < V_{\max} \end{cases}$$

<式 2>

$$V_P = \begin{cases} 0, & 0 < v_{in} < V_{\text{turn on}} \\ V_{1,\max} \left(\frac{v_{in}}{V_{\max}} \right), & V_{\text{turn on}} < v_{in} < V_{\max} \end{cases}$$

20

【0031】

図6の(a)と(b)は、本発明の実施形態によるドハティ電力増幅装置のロードインピーダンスと効率を入力電圧に応じてそれぞれ示すグラフである。

【0032】

図6の(a)において、図面符号408はキャリア増幅器のロードインピーダンスを表し、409はピーク増幅器のロードインピーダンス409を表し、ZLはドハティ増幅器のロードインピーダンスを表す。図6の(a)に示すように、キャリア増幅器のロードインピーダンスとピーク増幅器のロードインピーダンスは、入力電圧に対して変化することが分かる。ピーク増幅器が最初にターンオンされる入力電圧 $V_{\text{turn on}}$ と、最大入力電圧 V_{\max} レベルに対してドハティ増幅器は最大効率100%を示す。このような特性は、既存のドハティ増幅器と類似の動作を行いながら、高調波ハーモニック成分が制御されたスイッチング或いは飽和動作が同時に起こるようにハーモニック制御されたキャリアとピーク増幅器を用いることで、超高効率特性を達成することを表す。これに関連する数式は、<式3>のように表示することができる。

30

【数4】

$$\eta = \frac{P_{RF}}{P_{DC}} \times 100 [\%]$$

$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{I_{1,max} V_{1,max}}{I_{DC} V_{DC}} \left(\frac{v_{in}}{V_{turn\ on}} \right) \times 100, \quad 0 < v_{in} < V_{max}$$

$$\eta = \frac{P_{RF}}{P_{DC}} \times 100 [\%]$$

$$= \frac{\frac{1}{2} I_{1,max} V_{1,max} \left(\frac{v_{in}}{V_{max}} \right) \left(1 + \frac{v_{in} - V_{turn\ on}}{V_{max} - V_{turn\ on}} \right)}{I_{DC} V_{DC} \left(\frac{v_{in}}{V_{max}} + \frac{v_{in} - V_{turn\ on}}{V_{max} - V_{turn\ on}} \right)} \times 100, \quad V_{turn\ on} < v_{in} < V_{max} \quad \langle \text{式3} \rangle$$

where

$$I_{1,max} = \frac{1}{2} i_{peak} (\text{class F}), \quad \frac{2}{\pi} i'_{peak} (\text{class F}^{-1})$$

$$V_{1,max} = \frac{4}{\pi} V_{DC} (\text{class F}), \quad \frac{\pi}{2} V_{DC} (\text{class F}^{-1})$$

$$I_{DC} = \frac{1}{\pi} i_{peak} (\text{class F}), \quad \frac{1}{2} i'_{peak} (\text{class F}^{-1})$$

【0033】

Class F 飽和電力増幅器である場合に最大出力でサイン半波の電流波形と四角波の電圧波形を形成し、各波形に応じた基本電流成分、基本電圧成分、そしてDC電流成分は、<式3>の $I_{1,max}$ 、 $V_{1,max}$ 、 I_{DC} の通りである。この時の最大電流値は i_{peak} 値で表現され、印加されたDC電圧は V_{DC} である。これと同様に、inverse Class F 飽和電力増幅器である場合に最大出力で四角波の電流波形とサイン半波の電圧波形を形成し、各波形に応じた基本電流成分、基本電圧成分、そしてDC電流成分は、<数式3>の $I_{1,max}$ 、 $V_{1,max}$ 、 I_{DC} の通りである。また、この時の最大電流値は、 i'_{peak} 値で表現され、印加されたDC電圧は V_{DC} である。

【0034】

図7の(a)は、本発明で提案するハーモニック制御されたキャリア増幅器のロードインピーダンスの変化をロードラインの観点から示すグラフである。図7の(a)において、図面符号501は低電力領域におけるロードラインであり、502は高電力領域におけるロードラインである。図7の(a)に示すように、本発明のハーモニック制御された電力増幅器は、低電力領域ではハーモニック制御されたピーク増幅器がオフし、ハーモニック制御されたキャリア増幅器がオンし、高電力領域では前記ハーモニック制御されたピーク増幅器及びキャリア増幅器がオンとなるように駆動する。

【0035】

このとき、ロードライン501は、既存のドハティ増幅器のキャリア増幅器で現れるロードラインとは異なるように不完全な飽和状態となり、楕円形をなし、この際の効率特性は全般的に既存のドハティ増幅器の効率よりも優れる。ハーモニック制御されたピーク増幅器が最初にターンオンされる $V_{turn\ on}$ 電圧になると、完全な飽和状態になり、ロードライン501は「L」字状を形成し、ハーモニック制御されたキャリア増幅器は最大効率を達成する。そうして、変化したロードライン502は最大電力に達する高電力領域に対して形状は「L」字状をそのまま維持しながら、電流波形が更に大きくなる。

【0036】

図7の(b)は、本発明のハーモニック制御されたピーク増幅器のロードインピーダンス変化をロードラインの観点から示すグラフである。図7の(b)において、図面符号503は低電力領域におけるロードラインであり、504は高電力領域におけるロードラインである。

【0037】

ハーモニック制御されたピーク増幅器がターンオンされ始めながら、ロードインピーダンスが小さくなり始め、ロードライン503は高出力領域の全般にわたって上昇する。この時のハーモニック制御されたピーク増幅器の状態は、不完全な飽和状態となり、ロードライン503は楕円形を描きながら増加する。最高パワーを出力する瞬間において、ハーモニック制御されたピーク増幅器もハーモニック制御されたキャリア増幅器と同様に最大効率を達成し、ロードライン504は「L」字状となる。

10

【0038】

図8は、本発明の好適な一実施形態による2-ウェイ方式のハーモニック制御回路を用いたハーモニック制御されたドハティ電力増幅装置を示す構成ブロック図である。

【0039】

図8に示す本発明の一実施形態によるハーモニック制御されたドハティ電力増幅装置は、電力分配器600、ハーモニック制御されたキャリア増幅器(HCA)622、ハーモニック制御されたピーク増幅器(HPA)624、オフセットライン616、第1クォータウェーブ伝送ライン618、第2クォータウェーブ伝送ライン620を備える。

20

【0040】

ハーモニック制御されたキャリア増幅器622の入出力には、それぞれ入力及び出力整合回路602、612が連結され、ハーモニック制御されたピーク増幅器624の入出力には、それぞれ入力及び出力整合回路604及び614が連結される。

【0041】

ハーモニック制御されたキャリア増幅器622は、キャリア増幅器606とハーモニック制御回路608とを含み、ハーモニック制御されたピーク増幅器624は、ピーク増幅器607とハーモニック制御回路610とを含む。

【0042】

互いに並列に連結されているハーモニック制御されたキャリア増幅器622とハーモニック制御されたピーク増幅器624は、ドハティ増幅器を構成し、それぞれ同一の入力/出力整合回路を有している。

30

【0043】

ハーモニック制御されたキャリア及びピーク電力増幅器は、飽和高効率電力増幅器である *inverse class F* のスイッチング又は飽和増幅器で実現される。ハーモニック制御回路608、610は、ハーモニック制御されたキャリア及びピーク増幅器で四角波形の電流とサイン半波の波形の電圧が得られるようにして、電流と電圧波形とは可能であれば、重なる領域がないようにして高効率特性を得るように設計される。

【0044】

図9は、図8に示したハーモニック制御回路をインピーダンス成分で示すブロック図である。

40

【0045】

図4及び図9から分かるように、2次の高調波成分 $2f_0$ のインピーダンスをオープンにするために、 $\Gamma/4$ ラインと $\Gamma/12$ ラインの伝送線路を用いてそのノードでショートに見えるようにし、 $\Gamma/8$ ラインとチューニングラインを通じてパッケージされた素子の寄生成分を補償しながら、電流源でオープンが見えるように回路を構成し、3次の高調波成分 $3f_0$ のインピーダンスをショートにするために、 $\Gamma/12$ ラインの伝送線路を用いてそのノードでショートに見え、寄生成分が補償された伝送ラインが $\Gamma/6$ ラインとなるようにして電流源でショートとなるように設計されている。

【0046】

50

図10の(a)は、前記のように設計された方式でドハティ電力増幅装置が電力レベルに応じて適切な波形を有しながら動作するかを検証するためにシミュレーションした結果を示し、このとき、キャリア増幅器はOKI社の0.1W KGF1284 MESFETモデルを用いてシミュレーションを行った。

【0047】

図10の(a)から、点線で表示された低電力出力レベルに対しては完全に電流四角波と電圧サイン半波の形状が現れないことから不完全な飽和状態であることが確認でき、実線で表示された中間電力レベルと一点鎖線で表示された最大電力レベルで電流四角波と電圧サイン半波の類似の波形が現れることが分かる。

【0048】

10

図10の(b)は、シミュレーションを通じたピーク増幅器の電流及び電圧波形を示すグラフである。前述したように、低電力レベルに対してはほぼ動作せず、最大電力レベルとなるまで不完全な飽和状態が続き、電流四角波と電圧サイン半波の形状が現れず、最大電力レベルで電流四角波及び電圧サイン半波と類似の波形が現れることで、動作が正常に行われるか否かを確認できる。

【0049】

図11の(a)は、IM3(Inter-modulation3)レベルと、キャリア及びピーク増幅器のIM3レベル及び位相差とを平均出力に対して表した2トーンシミュレーション(two-tone simulation)グラフであって、2トーンシミュレーションを用いて本発明によるドハティ電力増幅装置が高効率inverse Class F電力増幅器よりも線形的に動作することを確認した。

20

【0050】

参考までに、IM3とは、2つ以上の周波数が非線形システム又は回路を通過するとき、入力になかった信号が混変調して出力されることを意味し、IMDとは、そのような混変調IM成分による歪みそのものを意味する。特に、IM3成分、即ち2トーンである2つの周波数 f_1 と f_2 の例えば、出力には様々なハイブリッド成分が混じっている信号が出力されるが、 $2 \cdot f_1$ 、 $3 \cdot f_2$ のような完全倍数性ハーモニックはフィルタによりろ過することができる。しかしながら、問題となるのは3次項、即ち $2 \cdot f_1 - f_2$ と $2 \cdot f_2 - f_1$ であるが、これは f_1 と f_2 信号が非常に近づいているため、フィルタによっても除去できず、大体線形性の指標を表すようになる。

30

【0051】

また、2トーンシミュレーションとは、主に計測器とテスト、ハーモニックバランスなどにおいて2つの周波数成分を用いて解析するか、測定する場合のことをいう。このような場合には、主にIMDとIP3を測定する場合に中心周波数を基準として「two-tone spacing」の一種であるオフセット周波数を有する2種類のトーンを導入して2つの信号間のIMD、即ち増幅器の線形性がどの程度であるかを解析するために用いられる。

【0052】

図11の(a)に示すように、IM3の観点からIM3レベルの分布は、高出力電力レベルで互いの大きさが類似し、この時のIM3の相互間の位相が反対(互いの位相差が 180°)となり、IM3が相殺されることを類推できる。このような相殺効果により、図11の(b)に示すように、IMD3が改善され既存の飽和高効率電力増幅器(図11の(b)には「Inverse-F Amplifier」と表示される)より本発明のハーモニック制御されたドハティ電力増幅器(図11の(b)には「Sat-Doherty Amplifier」と表示される)を適用することで、より線形的に動作することが分かる。また、前述した高効率特性の長所と共に、スイッチング或いは飽和電力増幅器よりも線形的に動作する。

40

【0053】

図12は、Freescal社の2つのMRF281素子を用いてinverse Class F種類の本発明のドハティ増幅器を実現し、高効率特性を調べるためにCW

50

信号に対する測定されたドレイン効率特性を示す。図12から分かるように、本発明のドハティ増幅器(図12には「Sat-Doherty Amplifier」と表示される)は、既存の高効率電力増幅器(図12には「Inverse-F Amplifier」と表示される)よりも全般的な出力電力に対して効率特性が改善され、既存のシステムで重要視される平均出力電力に対して、即ち、31dBmの出力電力に対して本発明のハーモニク制御されたドハティ増幅器は55%の効率を示すので、従来よりも25%以上改善された超高効率特性を示す。

【0054】

図13の(a)は、本発明のハーモニク制御されたドハティ増幅器にWCDMA信号を印加して線形性の尺度であるACLR(Adjacent Channel Leakage Ratio)を平均出力電力の観点から実験した結果を示すグラフである。

10

【0055】

ここで、ACLRとは、WCDMAのようなスペクトラムのある信号に対して周波数ドメイン上から任意のオフセットだけ離れている隣接チャンネルと自己チャンネルとのスペクトラム上において、マーカ・ツー・マーカ(marker to marker)により比較したことをいう。即ち、残りのチャンネルから自己チャンネルのマーカを差し引いた値を意味する。この時に発生した隣接チャンネルのスペクトラムは、増幅器の非線形特性により生成されるものであり、ACLRも増幅器の線形性を表す指標として用いられる。

【0056】

図13の(a)から分かるように、本発明のハーモニク制御された増幅器(図面上には「Sat-Doherty Amplifier」と表示される)は、従来の電力増幅器(図面上には「Inverse-F Amplifier」と表示される)よりも全般的な出力電力に対して線形性が遥かに改善されていることが分かる。

20

【0057】

図13の(b)は、本発明のハーモニク制御されたドハティ増幅器(図面上には「Sat-Doherty Amplifier」と表示される)にWCDMA信号を印加して平均出力電力の観点からドレイン効率を実験した結果を示すグラフである。図示するように、変調された信号に対しても、超高効率特性を確認することができる。

【0058】

一方、本発明の実施形態によるハーモニク制御回路を用いたハーモニク制御されたキャリア増幅器及びピーク増幅器内に備えられる素子はMOS系の素子だけでなく、BJT系の素子も適用が可能であり、それに関する連結関係及び動作は、本発明の技術分野において通常の知識を有する者であれば容易に分かるものであるため、具体的な説明は省略する。

30

【0059】

上述したように、本発明は従来の物性超高周波ドハティ増幅器及び他の高効率電力増幅器よりも効率特性を改善させ、線形的な特性を得るために簡単な構成のハーモニク制御回路を用いるドハティ増幅器を構成して性能的において側面で高性能を提供するものである。

【0060】

なお、本発明は、上記した実施の形態に限定されるものではなく、本発明に係る技術的思想の範囲から逸脱しない範囲内で様々な変更が可能であり、それらも本発明の技術的範囲に属する。

40

【図面の簡単な説明】

【0061】

【図1】2-ウェイ方式のドハティ電力増幅装置を示す構成ブロック図である。

【図2】N-ウェイ方式のドハティ電力増幅装置を示す構成ブロック図である。

【図3】N-ステージ方式のドハティ電力増幅装置を示す構成ブロック図である。

【図4】本発明の実施形態によるハーモニク制御されたドハティ電力増幅装置の動作原理を示す概念図である。

50

【図5】本発明の実施形態によるドハティ電力増幅装置の基本電流成分(a)と、基本電圧成分(b)を入力電圧に応じてそれぞれ示すグラフである。

【図6】本発明の実施形態によるドハティ電力増幅装置のロードインピーダンス(a)と効率(b)を入力電圧に応じてそれぞれ示すグラフである。

【図7】(a)は、本発明のハーモニック制御されたキャリア電力増幅器のロードインピーダンスをロードラインの観点から示すグラフであり、(b)は、本発明のハーモニック制御されたピーク電力増幅器のロードインピーダンスをロードラインの観点から示すグラフである。

【図8】本発明の一実施形態による2-ウェイ方式のinverse Class Fタイプにハーモニック制御されたドハティ電力増幅装置を示す構成ブロック図である。

10

【図9】図8のinverse Class Fタイプにハーモニック制御された電力増幅器を実現するためのハーモニック制御回路の構造を示すブロック図である。

【図10】(a)は、本発明の一実施形態によるハーモニック制御されたキャリア電力増幅器の電流及び電圧成分の波形を電力レベルによって比較したシミュレーショングラフであり、(b)は、本発明の一実施形態によるハーモニック制御されたピーク電力増幅器の電流及び電圧成分の波形を電力レベルによって比較したシミュレーショングラフである。

【図11】(a)は、本発明の一実施形態によるハーモニック制御されたキャリア及びハーモニック制御されたピーク電力増幅器のIM3レベルと、それぞれのIM3位相差を平均出力に対して考察した2トーンシミュレーショングラフであり、(b)は、本発明の一実施形態によるハーモニック制御されたドハティ電力増幅器と従来の電力増幅器であるinverse-F電力増幅器のIMD3レベルを平均出力に対して考察した2トーンシミュレーショングラフである。

20

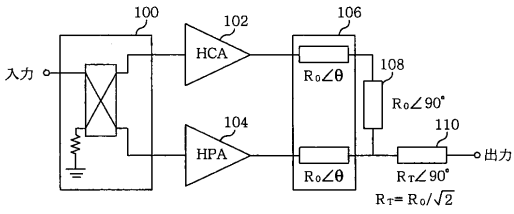
【図12】本発明の一実施形態によるハーモニック制御されたドハティ電力増幅器と従来の電力増幅器であるinverse-F電力増幅器のドレイン効率を平均出力に対して考察した実験グラフである。

【図13】(a)は、本発明の一実施形態によるハーモニック制御されたドハティ電力増幅器と従来の電力増幅器であるinverse-F電力増幅器のWCDMA信号に対するACLRを平均出力に対して考察した実験グラフであり、(b)は、本発明の一実施形態によるハーモニック制御されたドハティ電力増幅器と従来の電力増幅器であるinverse-F電力増幅器のWCDMA信号に対するドレイン効率を平均出力に対して考察した

30

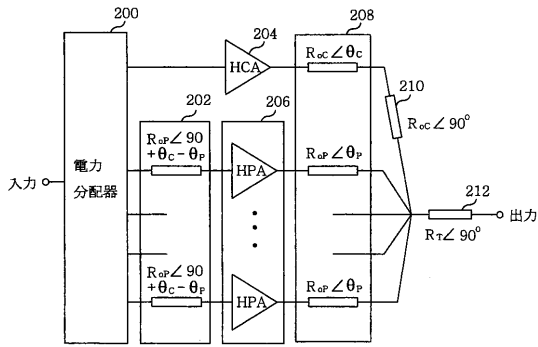
【 図 1 】

図 1



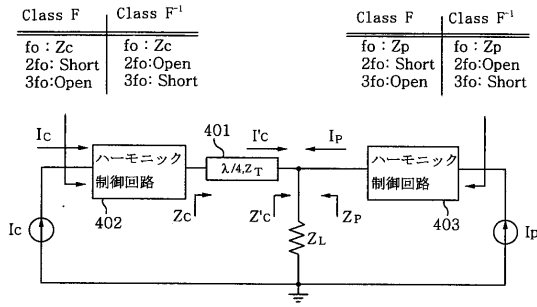
【 図 2 】

図 2



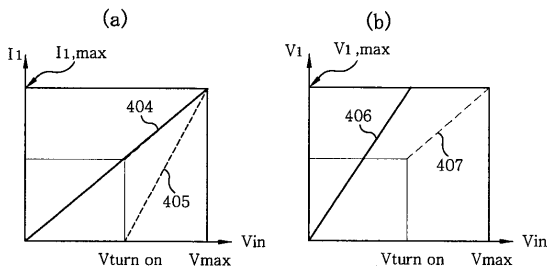
【 図 4 】

図 4



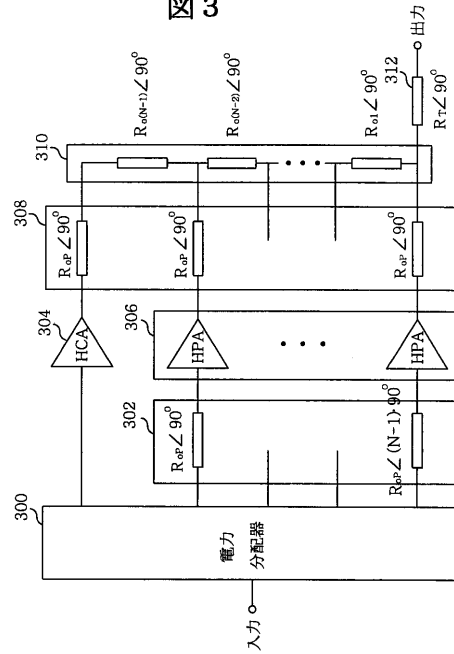
【 図 5 】

図 5



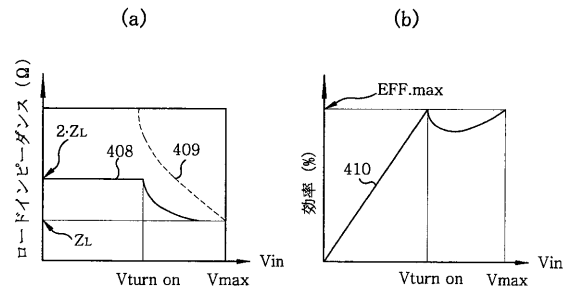
【 図 3 】

図 3

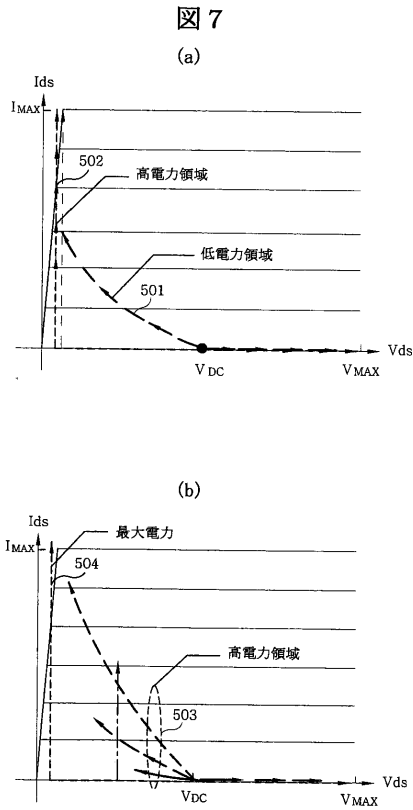


【 図 6 】

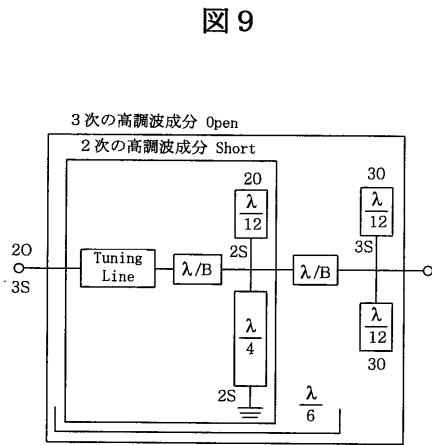
図 6



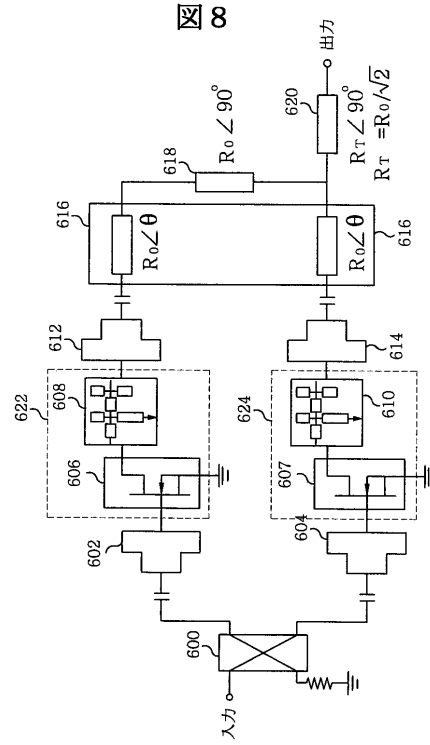
【 図 7 】



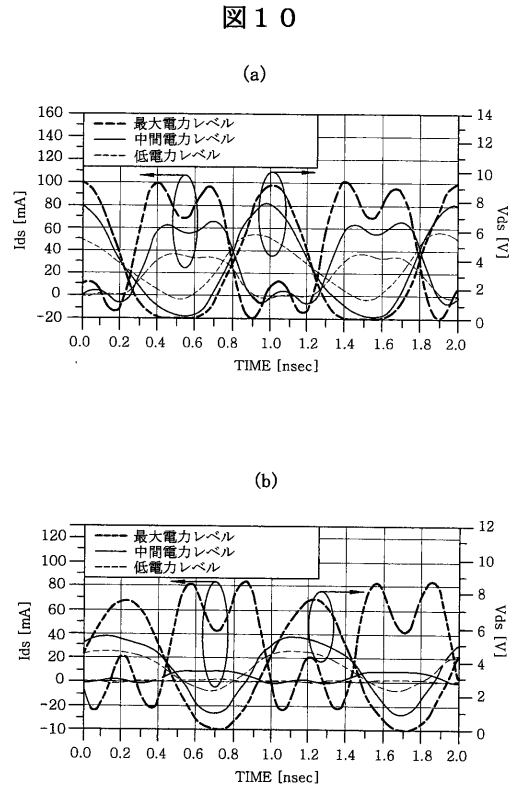
【 図 9 】



【 図 8 】



【 図 10 】



【 図 1 1 】

【 図 1 2 】

図 1 1

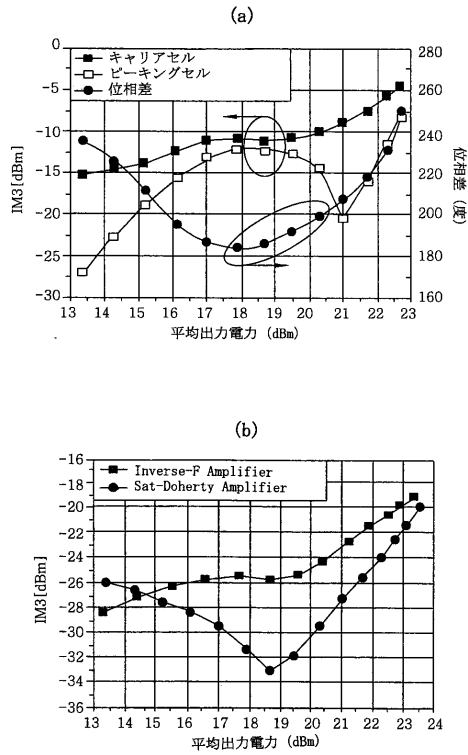
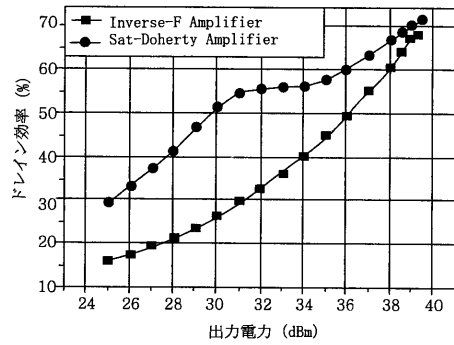
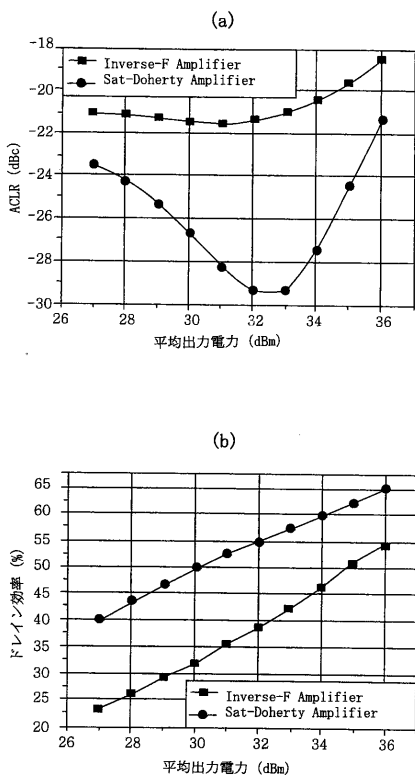


図 1 2



【 図 1 3 】

図 1 3



フロントページの続き

- (74)代理人 100075672
弁理士 峰 隆司
- (74)代理人 100109830
弁理士 福原 淑弘
- (74)代理人 100095441
弁理士 白根 俊郎
- (74)代理人 100084618
弁理士 村松 貞男
- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100092196
弁理士 橋本 良郎
- (74)代理人 100100952
弁理士 風間 鉄也
- (72)発明者 ブンマン・キム
大韓民国、キュンサンブク - ド、ポハン - シ、ナム - グ、ヒョジャ - ドン、サン 31、ポストエック、エルジー・リサーチ・ビルディング 210
- (72)発明者 ジャンホン・キム
大韓民国、キュンサンブク - ド、ポハン - シ、ナム - グ、ヒョジャ - ドン、サン 31、ポストエック、エルジー・リサーチ・ビルディング 210
- (72)発明者 ユン・ユン・ウォ
大韓民国、キュンサンブク - ド、ポハン - シ、ナム - グ、ヒョジャ - ドン、サン 31、ポストエック、エルジー・リサーチ・ビルディング 210
- (72)発明者 ジュンフワン・モン
大韓民国、キュンサンブク - ド、ポハン - シ、ナム - グ、ヒョジャ - ドン、サン 31、ポストエック、エルジー・リサーチ・ビルディング 210
- Fターム(参考) 5J500 AA01 AA04 AA21 AA41 AA67 AC36 AF15 AH11 AH25 AH29
AK13 AK68 AS14 AT02 AT06 CK03 CK06 LV08