(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2015-19454
(P2015-19454A)
(43)公開日　平成27年1月29日(2015.1.29)

(51)Int.Cl.		F I			テーマコード（参考）
H02M 7/48	(2007.01)	H02M	7/48	P	5H007
		H02M	7/48	E	

審査請求 未請求　請求項の数 1　ＯＬ　（全 6 頁）

(21)出願番号　特願2013-143701 (P2013-143701)
(22)出願日　平成25年7月9日 (2013.7.9)

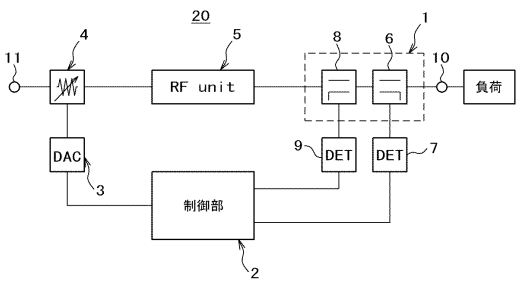
(71)出願人　000001122
株式会社日立国際電気
東京都千代田区外神田四丁目１４番１号
(74)代理人　110000350
ポレール特許業務法人
(72)発明者　那須　健二
東京都羽村市神明台二丁目１番１号　株式会社日立国際電気内

Ｆターム(参考)　5H007 BB11 CB02 CB09 CC01 DA06 DB02 DB12 DC03 DC05

(54)【発明の名称】高周波電源装置

(57)【要約】
【課題】負荷インピーダンスを簡易的に測定して、装置の出力レベル制御を高速化することが可能な高周波電源装置を提供する。
【解決手段】高周波信号を出力する高周波電源装置において、入力される信号の振幅レベル減衰する可変減衰器、該可変減衰器の減衰量を設定する設定手段、前記減衰された信号を所定の高周波信号に変調して出力するＲＦ回路、前記高周波信号の出力レベル及び反射レベルを検出する手段、前記出力レベル及び前記反射レベルに基づいて、高周波装置の出力側に接続された負荷と整合するように前記設定手段を制御する制御部を備えた高周波電源装置であって、前記制御部は、前記出力レベル及び前記反射レベルからＶＳＷＲを算出し、前記ＶＳＷＲ及び反射位相角による出力レベルをテーブルとして保有し、前記負荷の負荷インピーダンスに関わらず、安定した振幅レベルで高周波信号を出力する。
【選択図】図２

図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
高周波信号を出力する高周波電源装置において、入力される信号の振幅レベル減衰する可変減衰器、該可変減衰器の減衰量を設定する設定手段、前記減衰された信号を所定の高周波信号に変調して出力するＲＦ回路、前記高周波信号の出力レベル及び反射レベルを検出する手段、前記出力レベル及び前記反射レベルに基づいて、高周波装置の出力側に接続された負荷と整合するように前記設定手段を制御する制御部を備えた高周波電源装置であって、
前記制御部は、前記出力レベル及び前記反射レベルからＶＳＷＲを算出し、前記ＶＳＷＲ及び反射位相角による出力レベルをテーブルとして保有し、前記負荷の負荷インピーダンスに関わらず、安定した振幅レベルで高周波信号を出力することを特徴とする高周波電源装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、高周波電源装置に関わり、特に、負荷インピーダンスの変動に対して、高周波電源等の負荷インピーダンスを簡易的に測定し、出力レベルを高速に安定化する技術に関する。
【背景技術】
【０００２】
任意の出力レベルを持つ高周波電源装置において、負荷のインピーダンスが出力レベルを規定した負荷条件と異なる条件となる場合に、期待したレベルを出力できなくなる。ただし、アイソレータ等で負荷インピーダンスの変動を無効としている場合を除く。なお、ここでは、負荷のインピーダンスを５０［Ω］とする。
【０００３】
高周波電源装置において、任意の負荷インピーダンスに対して出力レベルを一定に保つためには、ＡＰＣ（Auto Power Control）によって、装置の出力レベルを測定し、測定値が期待するレベルになるよう装置出力を可変させることが考えられる。
装置出力を可変するには複数の方法があるが、ここでは電圧制御の可変アッテネータを用い、制御電圧をＤＡＣ（Digital to Analog Converter）に与えられるパラメータで設定する方法による。
【０００４】
また、例えば、特許文献１の記載のように、例えば、プラズマエッチング、プラズマＣＶＤを行うプラズマ処理装置等の負荷に電力を供給する高周波電源装置において、高周波電源装置に接続する負荷が、反射波電力が頻繁に発生するようなプラズマ放電負荷であり、反射波電力が発生して整合状態でない場合であっても、Ｅ級アンプのスイッチング素子での損失を小さくするために、最適のデューティサイクルを設定して、負荷インピーダンスに適したデューティサイクルの高周波信号を出力する技術もある。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００５】
【特許文献１】特開２００５－２０４４０５号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００６】
しかし、上述の方法において、負荷インピーダンスが既知でない任意の値を持っている場合には、測定された出力レベルから期待する出力レベルまでに、どれだけパラメータを変化させれば良いかが判明しない。そのため、パラメータ変化に対する実レベルの変化が過剰とならないよう制御幅を抑制し、パラメータを変化させる都度、出力レベルを測定して、段階的に出力レベルを整合する必要がある。

本発明の目的は、負荷インピーダンスを簡易的に測定して、装置の出力レベル制御を高速化することが可能な高周波電源装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【０００７】

上記の目的を達成するために、本発明の高周波電源装置は、高周波信号を出力する高周波電源装置において、入力される信号の振幅レベル減衰する可変減衰器、該可変減衰器の減衰量を設定する設定手段、前記減衰された信号を所定の高周波信号に変調して出力するＲＦ回路、前記高周波信号の出力レベル及び反射レベルを検出する手段、前記出力レベル及び前記反射レベルに基づいて、高周波装置の出力側に接続された負荷と整合するように前記設定手段を制御する制御部を備えた高周波電源装置であって、前記制御部は、前記出力レベル及び前記反射レベルからＶＳＷＲを算出し、前記ＶＳＷＲ及び反射位相角による出力レベルをテーブルとして保有し、前記負荷の負荷インピーダンスに関わらず、安定した振幅レベルで高周波信号を出力するものである。

【発明の効果】

【０００８】

本発明によれば、任意の負荷インピーダンスに対して出力レベルを一定に保つことが可能な高周波電源装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【０００９】

【図１】高周波電源装置の反射位相角による出力レベル変動の一例を示すグラフである。

【図２】本発明の高周波電源装置の一実施例の構成を示すブロック図である。

【図３】パラメータ（Ｚ）での反射位相毎の出力レベルテーブルの一例を示す図である。

【図４】反射位相角毎の出力レベルを同一にするためのパラメータテーブルの一例を示す図である。

【図５】本発明の高周波電源装置におけるＶＳＷＲに対するテーブルの補正の一実施例について説明するための図である。

【図６】本発明の一実施例の高周波電源装置における高周波電源装置の同一出力レベルとなる反射位相角による出力レベル変動の一例を示すグラフである。

【発明を実施するための形態】

【００１０】

本発明は、負荷インピーダンスに関わらず安定したレベルで高周波電力を出力する高周波電源装置において、出力レベル及び反射レベルを検出する手段、出力レベル及び反射レベルからＶＳＷＲを算出する手段、並びに、ＶＳＷＲ及び反射位相角による出力レベルをテーブルとして保有する手段を有し、負荷インピーダンスに関わらず安定したレベルで高周波を出力する高周波電源装置である。

以下に本発明の一実施形態について、図面等を用いて説明する。

なお、以下の説明は、本発明の一実施形態を説明するためのものであり、本願発明の範囲を制限するものではない。従って、当業者であればこれらの各要素若しくは全要素をこれと均等なものに置換した実施形態を採用することが可能であり、これらの実施形態も本願発明の範囲に含まれる。

また、各図の説明において、同一の機能を有する構成要素には同一の参照番号を付し、重複を避け、できるだけ説明を省略する。

【００１１】

図１は、高周波電源装置の反射位相角による出力レベル変動の一例を示すグラフである。横軸は反射位相角（単位：［°］）、縦軸は出力レベル（単位：［ｄＢｍ］）である。

図２は、本発明の高周波電源装置の一実施例の構成を示すブロック図である。２０は高周波電源装置、１１は所定の周波数の信号を入力するための入力端子、１０は所定の周波数の電力を出力するための出力端子、１は方向性結合器、６は出力信号方向性結合器、７は出力信号検波器、８は反射波信号方向性結合器、９は反射波信号検波器、２は制御部、３はＤＡＣ（Digital to Analog Converter）、４は可変減衰器、５はＲＦ（Radio Frequ

ency）回路である。

【００１２】

図２の高周波電源装置２０において、図示しない信号発生器から、低周波数（例えば、周波数４００［Ｈｚ］）の正弦波信号が、入力端子１１を介して可変減衰器４に入力される。

可変減衰器４は、入力された低周波信号をＤＡＣ３から入力される信号に基づいて減衰して、減衰された低周波信号をＲＦ回路５に出力する。

ＲＦ回路５は、入力された低周波信号を所定のＲＦ周波数（例えば、周波数２０［ＭＨｚ］）に変調して、変調された高周波信号を、方向性結合器１を介して高周波電源装置２０から出力する。

【００１３】

即ち、方向性結合器１は、入力された高周波信号を、出力端子１０を介して高周波電源装置２０の出力信号として出力と共に、その出力信号方向性結合器６が、ＲＦ回路５から出力された高周波信号の一部を分波して出力信号検波器７に出力する。

また、出力端子１０には図示しない負荷が接続されている場合には、この負荷から高周波電源装置２０に反射波信号が出力される。方向性結合器１は、入力された反射波信号を、出力端子１０を介してＲＦ回路５に反射波信号として出力する。また同時に、反射波信号方向性結合器８は、負荷から出力された反射波信号の一部を分波して反射波信号検波器９に出力する。

【００１４】

出力信号検波器７は、出力信号方向性結合器６から出力された高周波信号を検波して、出力側結合出力Ｐｆを検出し、制御部２に出力する。また、反射波信号検波器９は、反射波信号方向性結合器８から出力された高周波信号を検波して、反射側結合出力Ｐｒを検出し、制御部２に出力する。

制御部２は、出力側結合出力Ｐｆ及び反射側結合出力Ｐｒから、負荷インピーダンスを簡易的に測定することにより、パラメータの変化量を算出し、制御部２は、算出されたパラメータの変化量を新たなパラメータとしてＤＡＣ３に与え、ＤＡＣ３を設定する。

ＤＡＣ３は、与えられたパラメータに対応する電圧を可変減衰器４に出力する。

可変減衰器４は、ＤＡＣ３から与えられた電圧に基づいて、入力端子１１から入力された信号の振幅レベルを減衰して、減衰された低周波信号をＲＦ回路５に出力する。

この結果、高周波電源装置２０から出力される高周波信号の出力レベルが負荷と迅速に整合される。

【００１５】

次に、制御部２の動作について、図面によって、詳細に説明する。

図１に示すように、負荷の反射位相に対する出力レベルをグラフ化した場合に、位相毎に異なる特性が得られる。即ち、負荷インピーダンスが５０［Ω］の時に、Ｘ［ｄＢｍ］の出力レベルとなるパラメータ（Ｚ）のまま、負荷インピーダンスが変化すると、出力レベルは、Ｘ＋α［ｄＢｍ］となる。

高周波電源装置２０の出力を安定化するためには、パラメータを＋α［ｄＢｍ］に相当するだけ可変すれば良いが、＋α［ｄＢｍ］の値は負荷インピーダンスにより変化する。これはパラメータの変化量に対する出力レベルの変化が、負荷インピーダンスにより異なることを示している。

そこで、負荷インピーダンスを簡易的に測定することにより、パラメータの変化量を算出し、算出したパラメータの変化量に相当するだけ可変する。

パラメータの変化量を算出するには、制御部２は、次の（１）～（６）の手順を実行する。

【００１６】

なお、高周波電源装置２０は、図２に示すように、その出力端に方向性結合器１を設け、出力側結合出力Ｐｆ及び反射側結合出力Ｐｒを検出可能な構成である。

なお、図３は、パラメータ（Ｚ）での反射位相毎の出力レベルテーブルの一例を示す図

である。図３では、反射位相角（単位：［°］）毎にＶＳＷＲ＝３と、ＶＳＷＲ＝２．５について示す。また、図４は、反射位相角毎の出力レベルを同一にするためのパラメータテーブルの一例を示す図である。図５は、本発明の高周波電源装置におけるＶＳＷＲに対するテーブルの補正の一実施例について説明するための図である。図５（ａ）は補正前を示し、図５（ｂ）は補正後を示す。図３と図４は、反射位相角（単位：［°］）毎にＶＳＷＲ＝３及びＶＳＷＲ＝２について示す。また、図５は、反射位相角（単位：［°］）毎にＶＳＷＲ＝３、ＶＳＷＲ＝２．５、及びＶＳＷＲ＝２について示す。

また、図６は、本発明の一実施例の高周波電源装置における高周波電源装置の同一出力レベルとなる反射位相角による出力レベル変動の一例を示すグラフである。図６は、図１と同様に、横軸は反射位相角（単位：［°］）、縦軸は出力レベル（単位：［ｄＢｍ］）を示す。

【００１７】

手順（１）

事前に任意のＶＳＷＲ（電圧定在波比：Voltage Standing Wave Ratio）値において、負荷の反射位相角毎に固定したパラメータに対する出力レベルを測定しテーブル化する（反射位相毎の出力テーブル：図３参照。）。さらに所要の出力レベルとなるパラメータとの差分をテーブル化する（反射位相毎の出力レベルを同一にするためのパラメータテーブル：図４参照。）。

反射位相毎の出力テーブル（出力テーブルと略称する）及び反射位相毎の出力レベルを同一にするためのパラメータテーブル（差分テーブルと略称する）の２つのテーブルを制御部２に保存する。即ち、反射位相角毎に同一レベルを出力するためのパラメータを算出しておく。

ＶＳＷＲ及び反射位相角は、細かいほどパラメータ算出の精度向上が期待されるが、現実的には実行上問題があるため、必要な範囲、精度から代表点を測定し、測定ポイント間は近似式で規定する。

【００１８】

手順（２）

高周波電源装置２０の出力端子１０に、負荷として５０［Ω］を接続し、Ｘ［ｄＢｍ］となるパラメータで出力を行い、出力信号検波器７及び反射波信号検波器９が検波した出力側結合出力Ｐｆ及び反射側結合出力Ｐｒを取得する。ここで出力側結合出力Ｐｆ及び反射側結合出力Ｐｒの結合度は、事前に既知の値としておき、それぞれ出力レベル、反射レベルに相対する値とする。

【００１９】

手順（３）

出力側結合出力Ｐｆ及び反射側結合出力Ｐｒから、反射係数Γは、

Γ＝√（Ｐｒ／Ｐｆ）　　・・・式（１）

となり、

ＶＳＷＲは、

ＶＳＷＲ＝（－Γ－１）／（Γ－１）　　・・・式（２）

により求められる。

【００２０】

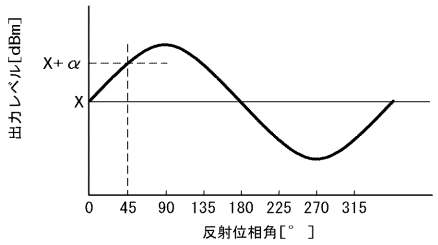
手順（４）

上記式（１）及び式（２）で求められたＶＳＷＲの値と図３の出力テーブルを比較し、反射位相角による出力レベルのテーブルにオフセットを行う。例えば、ＶＳＷＲが２．５であった場合に、反射位相角毎の出力レベルは、図３の「Ｑ～Ｘ」のように期待される。

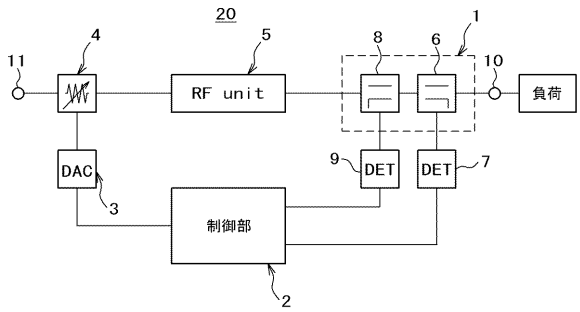
同様に、差分テーブルにも「Ｚ＋ｑ～Ｚ＋Ｘ」を算出し設定する。検出された出力側結合出力Ｐｆの値から出力レベルを算出し、オフセットされた出力レベルのテーブルと比較し、該当する反射位相角を抽出する（図５参照。）。図５は、算出されたＶＳＷＲが２．５（ＶＳＷＲ＝２．５）であった場合、ＶＳＷＲが２と３（ＶＳＷＲ＝２、及びＶＳＷＲ＝３）の値から必要なパラメータ補正量を算出し、新たなテーブルとする。

【００２１】
手順（５）
検出された出力レベルの値が反射位相角特性の最大点、または最小点以外であった場合には、該当する反射位相角が２箇所抽出される。例えば、出力レベルＲ［ｄＢｍ］が得られたとすると、該当する反射位相角は、４５［°］及び１３５［°］の２箇所となる。即ち、Ｒ［ｄＢｍ］とＴ［ｄＢｍ］は、同値となる。
このように、同一パラメータで、同一レベルが出力されることから、２箇所の反射位相角によるパラメータの変化量に差はないとすることができる（図６参照。）。
【００２２】
手順（６）
抽出された反射位相角に対するパラメータの差分を選択し、あらたなパラメータとして、ＤＡＣ３が設定される。ＤＡＣ３は、与えられたパラメータに対応する電圧により可変減衰器４を制御し、出力レベルが変更される。
【００２３】
上述の実施例によれば、負荷インピーダンスによる出力レベル変動に対する補正量を事前に算出できる。このため、出力レベル安定の高速化が実現できる。また、負荷インピーダンスの検出を簡易的な反射係数のみとしたため、ＦＦＴ（高速フーリエ変換：Fast Fourier Transform）等の高速処理を必要とせず、回路の簡素化が実現できる。
【符号の説明】
【００２４】
１：方向性結合器、　２：制御部、　３：ＤＡＣ（Digital to Analog Converter）、４：可変減衰器、　５：ＲＦ（Radio Frequency）回路、　６：出力信号方向性結合器、　７：出力信号検波器、　８：反射波信号方向性結合器、　９：反射波信号検波器、１０：出力端子、　１１：入力端子、　２０：高周波電源装置。

【図１】
図１



【図２】
図２



【図３】
図３

反射位相角[°]	0	45	90	135	180	225	270	315
VSWR:3	A	B	C	D	E	F	G	H
VSWR:2	I	J	K	L	M	N	O	P

【図４】
図４

反射位相角[°]	0	45	90	135	180	225	270	315
VSWR:3	Z+a	Z+b	Z+c	Z+d	Z+e	Z+f	Z+g	Z+h
VSWR:2	Z+i	Z+j	Z+k	Z+l	Z+m	Z+n	Z+o	Z+p

【図５】
図５

(a)

反射位相角[°]	0	45	90	135	180	225	270	315
VSWR:3	A	B	C	D	E	F	G	H
VSWR:2.5	Q	R	S	T	U	V	W	X
VSWR:2	I	J	K	L	M	N	O	P

(b)

反射位相角[°]	0	45	90	135	180	225	270	315
VSWR:3	Z+a	Z+b	Z+c	Z+d	Z+e	Z+f	Z+g	Z+h
VSWR:2.5	Z+q	Z+r	Z+s	Z+t	Z+u	Z+v	Z+w	Z+x
VSWR:2	Z+i	Z+j	Z+k	Z+l	Z+m	Z+n	Z+o	Z+p

【図６】
図６

