

(19) 日本国特許庁(JP)

再公表特許(A1)

(11) 国際公開番号

W02005/073738

発行日 平成19年9月13日 (2007. 9. 13)

(43) 国際公開日 平成17年8月11日 (2005. 8. 11)

(51) Int. Cl.

G01R 25/00 (2006.01)

F I

G01R 25/00

テーマコード (参考)

2G030

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 28 頁)

出願番号	特願2005-517444 (P2005-517444)	(71) 出願人	390005175
(21) 国際出願番号	PCT/JP2005/000933		株式会社アドバンテスト
(22) 国際出願日	平成17年1月19日 (2005. 1. 19)		東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号
(31) 優先権主張番号	特願2004-23378 (P2004-23378)	(74) 代理人	100097490
(32) 優先日	平成16年1月30日 (2004. 1. 30)		弁理士 細田 益稔
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	黒澤 誠
			東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号 株式
			会社アドバンテスト内
		(72) 発明者	中田 寿一
			東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号 株式
			会社アドバンテスト内
		F ターム (参考)	2G030 AA01 AD09 AF01 AG06
		最終頁に続く	

(54) 【発明の名称】 位相測定装置、方法、プログラムおよび記録媒体

(57) 【要約】

増幅器から出力される信号の歪みの位相を測定することを課題とする。入力周波数成分 $\omega 10$ 、 $\omega 20$ を有する入力信号を増幅器 20 に与えた場合の、増幅器 20 の出力を測定する位相測定装置 1 であって、増幅器 20 の出力を、 ωc によって直交変換する乗算器 34 a、34 b と、乗算器 34 a、34 b の出力における入力周波数成分 $\omega 10$ 、 $\omega 20$ の位相 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ および歪み成分の位相 $\theta 3$ 、 $\theta 4$ (3 次歪み)、 $\theta 5$ 、 $\theta 6$ (5 次歪み) を取得する位相取得部 40 と、位相取得部 40 の取得結果に基づき、 $\theta 1$ および $\theta 2$ が一致する一致時間 Δt を測定する一致時間

・位相測定部 50 と、位相取得部 40 の取得結果に基づき、一致時間 Δt における歪み成分の位相 $\theta 3 \sim \theta 6$ を測定する歪み成分位相測定部 60 とを備え、位相取得部 40 は、 $\theta 1$ および $\theta 2$ のいずれか一つ以上と、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ ($\theta 1$ 、 $\theta 2$ より高周波) または $\theta 4$ 、 $\theta 6$ ($\theta 1$ 、 $\theta 2$ より低周波) を取得する。

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

二つ以上の入力周波数成分を有する入力信号を測定対象回路に与えた場合の、前記測定対象回路の出力を測定する位相測定装置であって、

ローカル周波数に基づいて、前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得部と、

前記位相取得部の取得結果に基づき、前記入力周波数成分の位相が一致する一致時間を測定する一致時間測定手段と、

前記位相取得部の取得結果に基づき、前記一致時間における前記歪み成分の位相を測定する歪み成分位相測定手段と、

10

を備え、

前記歪み成分は、

前記入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分、および

前記入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分、

のいずれか一つ以上を有し、

前記位相取得部は、

前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の両方またはいずれか一方の位相と、

前記高周波歪み成分または前記低周波歪み成分の位相と、

を取得する、

20

位相測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の位相測定装置であって、

前記位相取得部は、

前記測定対象回路の出力を、ローカル周波数によって直交変換する直交変換手段と、

前記直交変換手段の出力における前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得手段と、

を有する位相測定装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載の位相測定装置であって、

30

前記位相取得部は、

前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の位相と、前記低周波歪み成分の位相と、

前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の位相と、前記高周波歪み成分の位相と、

を取得する、

位相測定装置。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の位相測定装置であって、

前記ローカル周波数を設定するローカル周波数設定手段を備え、

40

前記ローカル周波数設定手段は、

前記歪み成分の最低周波数と前記入力周波数成分の最高周波数との平均値、および

前記歪み成分の最高周波数と前記入力周波数成分の最低周波数との平均値、

の双方に前記ローカル周波数を設定する、

位相測定装置。

【請求項 5】

請求項 2 に記載の位相測定装置であって、

前記位相取得部は、

前記入力周波数成分の最低周波数成分および最高周波数成分の位相と、

前記入力周波数成分の最低周波数成分の位相と、前記低周波歪み成分の位相と、

50

前記入力周波数成分の最高周波数成分の位相と、前記高周波歪み成分の位相と、
を取得する、
位相測定装置。

【請求項 6】

請求項 5 に記載の位相測定装置であって、

前記ローカル周波数を設定するローカル周波数設定手段を備え、
前記ローカル周波数設定手段は、
前記入力周波数成分の最低周波数と最高周波数との平均値、および
前記歪み成分の最低周波数と前記入力周波数成分の最低周波数との平均値、および
前記歪み成分の最高周波数と前記入力周波数成分の最高周波数との平均値、
に前記ローカル周波数を設定する、
位相測定装置。

10

【請求項 7】

請求項 5 または 6 に記載の位相測定装置であって、

前記位相取得部が位相を取得する成分を変更する度に、該変更により変化した前記入力
周波数成分の最高周波数成分または最低周波数成分の位相変化量を取得する位相変化量取
得手段と、

前記位相変化量に基づき、前記歪み成分位相測定手段の測定結果を補正する歪み成分位
相補正手段と、
を備えた位相測定装置。

20

【請求項 8】

請求項 2 に記載の位相測定装置であって、

前記位相取得部は、

前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の位相と、

前記入力周波数成分の最低周波数成分の位相と、前記低周波歪み成分の内の一部分であ
る隣接低周波歪み成分との位相と、
を取得し、

前記歪み成分の最低周波数の位相を取得するまで、すでに位相を取得した前記低周波歪
み成分の位相およびそれよりも低い周波数の前記低周波歪み成分の位相を取得する、
位相測定装置。

30

【請求項 9】

請求項 2 に記載の位相測定装置であって、

前記位相取得部は、

前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の位相と、

前記入力周波数成分の最高周波数成分の位相と、前記高周波歪み成分の内の一部分であ
る隣接高周波歪み成分との位相と、
を取得し、

前記歪み成分の最高周波数の位相を取得するまで、すでに位相を取得した前記高周波歪
み成分の位相およびそれよりも高い周波数の前記高周波歪み成分の位相を取得する、
位相測定装置。

40

【請求項 10】

請求項 8 または 9 に記載の位相測定装置であって、

前記ローカル周波数を設定するローカル周波数設定手段を備え、

前記ローカル周波数設定手段は、

位相取得の際に、位相取得の対象となる信号の周波数の最高値と最低値との平均値に前
記ローカル周波数を設定する、
位相測定装置。

【請求項 11】

請求項 8 または 9 に記載の位相測定装置であって、

前記位相取得部が位相を取得する成分を変更する度に、該変更により変化した前記歪み

50

成分の位相変化量を取得する位相変化量取得手段と、

前記位相変化量に基づき、前記歪み成分位相測定手段の測定結果を補正する歪み成分位相補正手段と、

を備えた位相測定装置。

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載の位相測定装置であって、

前記位相取得部は、離散フーリエ変換を行う離散フーリエ変換手段を有する、位相測定装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 に記載の位相測定装置であって、

前記歪み成分の位相を角度、前記歪み成分の振幅を長さとするベクトルを表示する表示手段を備えた位相測定装置。

【請求項 1 4】

請求項 1 3 に記載の位相測定装置であって、

前記表示手段は、前記歪み成分の振幅の対数を長さとするベクトルを表示する、位相測定装置。

【請求項 1 5】

二つ以上の入力周波数成分を有する入力信号を測定対象回路に与えた場合の、前記測定対象回路の出力を測定する位相測定方法であって、

位相取得部が、ローカル周波数に基づいて、前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得工程と、

一致時間測定手段が、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記入力周波数成分の位相が一致する一致時間を測定する一致時間測定工程と、

歪み成分位相測定手段が、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記一致時間における前記歪み成分の位相を測定する歪み成分位相測定工程と、

を備え、

前記歪み成分は、

前記入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分、および

前記入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分、

のいずれか一つ以上を有し、

前記位相取得部は、

前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の両方またはいずれか一方の位相と、

前記高周波歪み成分または前記低周波歪み成分の位相と、

を取得する、

位相測定方法。

【請求項 1 6】

二つ以上の入力周波数成分を有する入力信号を測定対象回路に与えた場合の、前記測定対象回路の出力を測定する位相測定装置であって、ローカル周波数に基づいて、前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得部を有する位相測定装置における位相測定処理をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、

前記位相取得部の取得結果に基づき、前記入力周波数成分の位相が一致する一致時間を測定する一致時間測定処理と、

前記位相取得部の取得結果に基づき、前記一致時間における前記歪み成分の位相を測定する歪み成分位相測定処理と、

をコンピュータに実行させ、

前記歪み成分は、

前記入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分、および

前記入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分、

のいずれか一つ以上を有し、

10

20

30

40

50

前記位相取得部は、

前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の両方またはいずれか一方の位相と、

前記高周波歪み成分または前記低周波歪み成分の位相と、

を取得する、

プログラム。

【請求項 17】

二つ以上の入力周波数成分を有する入力信号を測定対象回路に与えた場合の、前記測定対象回路の出力を測定する位相測定装置であって、ローカル周波数に基づいて、前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得部を有する位相測定装置における位相測定処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能な記録媒体であって、

前記位相取得部の取得結果に基づき、前記入力周波数成分の位相が一致する一致時間を測定する一致時間測定処理と、

前記位相取得部の取得結果に基づき、前記一致時間における前記歪み成分の位相を測定する歪み成分位相測定処理と、

をコンピュータに実行させ、

前記歪み成分は、

前記入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分、および

前記入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分、

のいずれか一つ以上を有し、

前記位相取得部は、

前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の両方またはいずれか一方の位相と、

前記高周波歪み成分または前記低周波歪み成分の位相と、

を取得する、

プログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能な記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

本発明は、二つ以上の周波数成分を有する信号を非線形回路（測定対象回路）に与えた場合に、非線形回路から出力される信号の歪みの位相の測定に関する。

【背景技術】

従来より、増幅器に信号を与えて増幅させることが広く行われている。増幅器は線形回路であることが理想的である。しかし、完全な線形回路であるような増幅器を製造することは困難であるため、増幅器を一種の非線形回路として扱うことになる。すなわち、増幅器に信号を与えると、増幅された信号のみならず、歪み成分もまた出力されてしまう。

このような歪み成分を測定することが、例えば特許文献 1（特開 2001-285211 号公報（要約））に示すように行われている。

しかしながら、増幅器に二つ以上の周波数成分を有する信号を与えた場合に、増幅器から出力される歪み成分の位相を測定することは、従来、行われていない。

そこで、本発明は、二つ以上の周波数成分を有する信号を測定対象回路に与えた場合に、測定対象回路から出力される信号の歪みの位相を測定することを課題とする。

【発明の開示】

本発明の一態様による位相測定装置によれば、二つ以上の入力周波数成分を有する入力信号を測定対象回路に与えた場合の、前記測定対象回路の出力を測定する位相測定装置であって、ローカル周波数に基づいて、前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得部と、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記入力周波数成分の位相が一致する一致時間を測定する一致時間測定手段と、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記一致時間における前記歪み成分の位相を測定する歪み成分位相測定手段と、を備え、前記歪み成分は、前記入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分、および前記

入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分、のいずれか一つ以上を有し、前記位相取得部は、前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の両方またはいずれか一方の位相と、前記高周波歪み成分または前記低周波歪み成分の位相と、を取得するように構成される。

上記のように構成された発明によれば、二つ以上の入力周波数成分を有する入力信号を測定対象回路に与えた場合の、測定対象回路の出力を測定する位相測定装置が提供される。

位相取得部は、ローカル周波数に基づいて、前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する。一致時間測定手段は、位相取得部の取得結果に基づき、入力周波数成分の位相が一致する一致時間を測定する。歪み成分位相測定手段は、位相取得部の取得結果に基づき、一致時間における歪み成分の位相を測定する。歪み成分は、入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分、および入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分のいずれか一つ以上を有する。位相取得部は、入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の両方またはいずれか一方の位相と、高周波歪み成分または低周波歪み成分の位相とを取得する。

10

本発明においては、前記位相取得部は、前記測定対象回路の出力を、ローカル周波数によって直交変換する直交変換手段と、前記直交変換手段の出力における前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得手段と、を有することが好ましい。

本発明においては、位相取得部は、（１）入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の位相と、低周波歪み成分の位相と、（２）入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の位相と、高周波歪み成分の位相と、を取得するようにすることが好ましい。

20

本発明においては、ローカル周波数を設定するローカル周波数設定手段を備え、ローカル周波数設定手段は、（３）歪み成分の最低周波数と入力周波数成分の最高周波数との平均値、および、（４）歪み成分の最高周波数と入力周波数成分の最低周波数との平均値の双方にローカル周波数を設定するようにすることが好ましい。

本発明においては、位相取得部は、（５）入力周波数成分の最低周波数成分および最高周波数成分の位相と、（６）入力周波数成分の最低周波数成分の位相と、低周波歪み成分の位相と、（７）入力周波数成分の最高周波数成分の位相と、高周波歪み成分の位相と、を取得する、ようにすることが好ましい。

30

本発明においては、ローカル周波数を設定するローカル周波数設定手段を備え、ローカル周波数設定手段は、入力周波数成分の最低周波数と最高周波数との平均値、および（８）歪み成分の最低周波数と入力周波数成分の最低周波数との平均値、および（９）歪み成分の最高周波数と入力周波数成分の最高周波数との平均値、にローカル周波数を設定するようにすることが好ましい。

本発明においては、位相取得部が位相を取得する成分を変更する度に、該変更により変化した入力周波数成分の最高周波数成分または最低周波数成分の位相変化量を取得する位相変化量取得手段と、位相変化量に基づき、歪み成分位相測定手段の測定結果を補正する歪み成分位相補正手段とを備えるようにすることが好ましい。

本発明においては、位相取得部は、（１０）入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の位相と、（１１）入力周波数成分の最低周波数成分の位相と、低周波歪み成分の内的一部分である隣接低周波歪み成分との位相と、を取得し、歪み成分の最低周波数の位相を取得するまで、すでに位相を取得した低周波歪み成分の位相およびそれよりも低い周波数の低周波歪み成分の位相を取得するようにすることが好ましい。

40

本発明においては、位相取得部は、（１２）入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の位相と、（１３）入力周波数成分の最高周波数成分の位相と、高周波歪み成分の内的一部分である隣接高周波歪み成分との位相と、を取得し、歪み成分の最高周波数の位相を取得するまで、すでに位相を取得した高周波歪み成分の位相およびそれよりも高い周波数の高周波歪み成分の位相を取得するようにすることが好ましい。

本発明においては、ローカル周波数を設定するローカル周波数設定手段を備え、ローカ

50

ル周波数設定手段は、位相取得の際に、位相取得の対象となる信号の周波数の最高値と最低値との平均値にローカル周波数を設定するようにすることが好ましい。

本発明においては、位相取得部が位相を取得する成分を変更する度に、該変更により変化した歪み成分の位相変化量を取得する位相変化量取得手段と、位相変化量に基づき、歪み成分位相測定手段の測定結果を補正する歪み成分位相補正手段とを備えるようにすることが好ましい。

本発明においては、位相取得部は、離散フーリエ変換を行う離散フーリエ変換手段を有するようにすることが好ましい。

本発明においては、表示手段は、歪み成分の位相を角度、歪み成分の振幅を長さとするベクトルを表示する表示手段を備えるようにすることが好ましい。

10

本発明においては、表示手段は、歪み成分の振幅の対数を長さとするベクトルを表示するようにすることが好ましい。

本発明の他の態様による位相測定方法によれば、二つ以上の入力周波数成分を有する入力信号を測定対象回路に与えた場合の、前記測定対象回路の出力を測定する位相測定方法であって、位相取得部が、ローカル周波数に基づいて、前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得工程と、一致時間測定手段が、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記入力周波数成分の位相が一致する一致時間を測定する一致時間測定工程と、歪み成分位相測定手段が、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記一致時間における前記歪み成分の位相を測定する歪み成分位相測定工程と、を備え、前記歪み成分は、前記入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分、および前記入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分、のいずれか一つ以上を有し、前記位相取得部は、前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の両方またはいずれか一方の位相と、前記高周波歪み成分または前記低周波歪み成分の位相と、を取得するように構成される。

20

本発明のさらに他の態様によるプログラムによれば、二つ以上の入力周波数成分を有する入力信号を測定対象回路に与えた場合の、前記測定対象回路の出力を測定する位相測定装置であって、ローカル周波数に基づいて、前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得部を有する位相測定装置における位相測定処理をコンピュータに実行させるためのプログラムであって、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記入力周波数成分の位相が一致する一致時間を測定する一致時間測定処理と、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記一致時間における前記歪み成分の位相を測定する歪み成分位相測定処理と、をコンピュータに実行させ、前記歪み成分は、前記入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分、および前記入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分、のいずれか一つ以上を有し、前記位相取得部は、前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の両方またはいずれか一方の位相と、前記高周波歪み成分または前記低周波歪み成分の位相と、を取得するプログラムである。

30

本発明のさらに他の態様による記録媒体によれば、二つ以上の入力周波数成分を有する入力信号を測定対象回路に与えた場合の、前記測定対象回路の出力を測定する位相測定装置であって、ローカル周波数に基づいて、前記入力周波数成分および歪み成分の位相を取得する位相取得部を有する位相測定装置における位相測定処理をコンピュータに実行させるためのプログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能な記録媒体であって、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記入力周波数成分の位相が一致する一致時間を測定する一致時間測定処理と、前記位相取得部の取得結果に基づき、前記一致時間における前記歪み成分の位相を測定する歪み成分位相測定処理と、をコンピュータに実行させ、前記歪み成分は、前記入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分、および前記入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分、のいずれか一つ以上を有し、前記位相取得部は、前記入力周波数成分の最高周波数成分および最低周波数成分の両方またはいずれか一方の位相と、前記高周波歪み成分または前記低周波歪み成分の位相と、を取得する、プログラムを記録したコンピュータによって読み取り可能な記録媒体である。

40

【図面の簡単な説明】

- 第 1 図は、第一の実施形態にかかる増幅器測定システムの構成を示すブロック図である。
- 第 2 図は、増幅器 20 の動作を説明するための図であり、増幅器 20 に与えられる入力信号の周波数スペクトル（第 2 図（a））、増幅器 20 の出力の周波数スペクトル（第 2 図（b））、 $\omega_0 = (\omega_{10} + \omega_{20}) / 2 = 0$ とした場合の増幅器 20 の出力の周波数スペクトル（第 2 図（c））を示す図である。
- 第 3 図は、第一の実施形態にかかるローカル周波数 ω_c の設定法を示す図である。
- 第 4 図は、第一の実施形態にかかる位相取得部 40 の構成を示すブロック図である。
- 第 5 図は、第一の実施形態にかかる複素ベクトル s_1 および s_2 の初期状態（時間 $t = 0$ における状態）を示す図である。 10
- 第 6 図は、第一の実施形態にかかる複素ベクトル s_1 の位相 θ_1 および複素ベクトル s_2 の位相 θ_2 の時間 t との関係を表したものである。
- 第 7 図は、第一の実施形態にかかる複素ベクトル s_1 の位相 θ_1 、複素ベクトル s_2 の位相 θ_2 および複素ベクトル s_3 の位相 θ_3 の時間 t との関係を表したものである。
- 第 8 図は、第一の実施形態にかかる表示部 70 の表示態様を示す図である。
- 第 9 図は、第一の実施形態にかかる表示部 70 の表示態様の変形例を示す図である。
- 第 10 図は、第二の実施形態にかかる増幅器測定システムの構成を示すブロック図である。 20
- 第 11 図は、第二の実施形態にかかる一致時間・位相測定部 50 の構成を示す機能ブロック図である。
- 第 12 図は、第二の実施形態にかかるローカル周波数 ω_c の設定法を示す図である。
- 第 13 図は、第三の実施形態にかかる増幅器測定システムの構成を示すブロック図である。
- 第 14 図は、第四の実施形態にかかる増幅器測定システムの構成を示すブロック図である。
- 第 15 図は、ローカル周波数 ω_c の設定法を示す図である。
- 第 16 図は、ローカル周波数 ω_c の設定法を示す図である。
- 【発明を実施するための最良の形態】 30
- 以下、本発明の実施形態を図面を参照しながら説明する。
- 第一の実施形態
- 第 1 図は、第一の実施形態にかかる増幅器測定システムの構成を示すブロック図である。増幅器測定システムは、入力信号生成部 10、増幅器（測定対象回路）20、A/D 変換器 32、乗算器 34a、34b、ローカル周波数設定部 36、90 度移相器 38、位相取得部 40、一致時間・位相測定部 50、歪み成分位相測定部 60、表示部 70 を備える。
- 入力信号生成部 10 は、二つの入力周波数成分 ω_1 、 ω_2 を有する入力信号を生成する。入力信号生成部 10 は、第一発振器 12、第二発振器 14、加算器 16 を有する。第一発振器 12 は、周波数 ω_{10} の信号を生成する。第二発振器 14 は、周波数 ω_{20} の信号を生成する。加算器 16 は、周波数 ω_{10} の信号および周波数 ω_{20} の信号を加算して出力する。加算器 16 の出力が、入力信号である。入力信号は、増幅器 20 に与えられる。 40
- 増幅器（測定対象回路）20 は、与えられた入力信号を増幅して出力する。増幅器 20 の動作を第 2 図を参照して説明する。増幅器 20 に与えられる入力信号の周波数スペクトルは、第 2 図（a）に示すように、周波数 ω_{10} および周波数 ω_{20} の成分を有する。増幅器 20 は、入力信号を増幅して出力する。
- 増幅器 20 の出力の周波数スペクトルは、第 2 図（b）に示すようなものである。周波数 ω_{10} および周波数 ω_{20} の成分のレベルが上昇していることがわかる。しかし、増幅器 20 を完全な線形回路とすることは困難なため、増幅器 20 は非線形回路となってしまう。よって、周波数 ω_{10} および周波数 ω_{20} の成分の他に、周波数 ω_{30} および周波数 50

$\omega 40$ の成分（歪み成分という）が出力されてしまう。

ここで、周波数 $\omega 10$ および周波数 $\omega 20$ を平均した平均周波数 $\omega 0$ ($= (\omega 10 + \omega 20) / 2$) を 0 とした場合、増幅器 20 の出力の周波数スペクトルは第 2 図 (c) のようになる。すなわち、 $\omega 10$ が $\omega 1$ ($= \omega 10 - \omega 0$) に、 $\omega 20$ が $-\omega 1$ ($= \omega 20 - \omega 0$) に、 $\omega 30$ が $3\omega 1$ ($= \omega 30 - \omega 0$) に、 $\omega 40$ が $-3\omega 1$ ($= \omega 40 - \omega 0$) になる。なお、 $\omega 1 > -\omega 1$ なので、 $\omega 1$ が入力周波数成分の最高周波数成分、 $-\omega 1$ が入力周波数成分の最低周波数成分となる。

$3\omega 1$ および $-3\omega 1$ の成分を 3 次歪み成分という。歪み成分は 3 次に限らず、5 次 ($5\omega 1$ および $-5\omega 1$)、7 次 ($7\omega 1$ および $-7\omega 1$)、さらに高次の歪み成分が存在する。

位相測定装置 1 は、A/D 変換器 32、乗算器 34a、34b、ローカル周波数設定部 36、90 度移相器 38、位相取得部 40、一致時間・位相測定部 50、歪み成分位相測定部 60 および表示部 70 を備える。

A/D 変換器 32 は、増幅器 20 の出力をデジタル信号に変換する。なお、A/D 変換器 32 が対応可能な周波数帯域を BW とする。

乗算器 34a は、A/D 変換器 32 の出力に、ローカル周波数設定部 36 が出力した $\cos(\omega c \cdot t)$ を乗算して出力する。乗算器 34b は、A/D 変換器 32 の出力に、90 度移相器 38 が出力した $-\sin(\omega c \cdot t)$ を乗算して出力する。乗算器 34a、34b が、周波数 ωc によって、直交変換を行なうことになる。

ローカル周波数設定部 36 は、直交変換のためのローカル周波数 ωc を設定する。ローカル周波数 ωc の設定法を第 3 図に示す。第 3 図においては、周波数 $-5\omega 1 \sim 5\omega 1$ の信号の位相の測定を前提としている。よって、歪み成分の最高周波数は $5\omega 1$ 、最低周波数は $-5\omega 1$ となる。なお、 $\omega 1 - (-\omega 1) = 2\omega 1 = \omega sep$ とする。まず、第 3 図 (a) に示すように、ローカル周波数 $\omega c = \omega 0 - \omega sep$ とする。これは、 $\omega 0 = 0$ とすれば、 $\omega c = (\omega 1 + (-5\omega 1)) / 2 = -2\omega 1$ と同じことである。次に、第 3 図 (b) に示すように、ローカル周波数 $\omega c = \omega 0 + \omega sep$ とする。これは、 $\omega 0 = 0$ とすれば、 $\omega c = ((-\omega 1) + 5\omega 1) / 2 = 2\omega 1$ と同じことである。

90 度移相器 38 は、ローカル周波数設定部 36 の出力の位相を 90 度移動させてから出力する。

位相取得部 40 は、乗算器 34a、34b の出力における入力周波数成分 ($\pm\omega 1$) および歪み成分 ($+3\omega 1$ など) の位相を取得する。第 4 図は、位相取得部 40 の構成を示すブロック図である。位相取得部 40 は、周波数シフト部 44、複素 FFT (高速フーリエ変換) 部 46、位相決定部 48 を有する。

周波数シフト部 44 は、乗算器 34a、34b の出力の周波数を、 $\omega c - \omega 0$ だけ変えて、出力する。例えば、ローカル周波数 $\omega c = \omega 0 - \omega sep$ とした場合は (第 3 図 (a) 参照)、 $\omega c - \omega 0 = -\omega sep$ だけ周波数を変え、ローカル周波数 $\omega c = \omega 0 + \omega sep$ とした場合は (第 3 図 (b) 参照)、 $\omega c - \omega 0 = \omega sep$ だけ周波数を変える。

さらに、第 3 図 (b) を参照して説明すると、入力周波数成分 ($-\omega 1$) は、乗算器 34a、34b の出力においては、 ωc を原点として、周波数 $-1.5\omega sep$ として扱われる。入力周波数成分 ($+\omega 1$) は、乗算器 34a、34b の出力においては、 ωc を原点として、周波数 $-0.5\omega sep$ として扱われる。歪み成分 ($+3\omega 1$) は、乗算器 34a、34b の出力においては、 ωc を原点として、周波数 $0.5\omega sep$ として扱われる。

しかし、後述するように、第一の実施形態 (他の実施形態も同様) においては、入力周波数成分 ($-\omega 1$) の角速度と入力周波数成分 ($+\omega 1$) の角速度とは大きさが等しく (ただし正負の符号が異なる)、歪み成分 ($+3\omega 1$) の角速度は入力周波数成分 ($+\omega 1$) の角速度の 3 倍であるということにしなければならない。

そこで、原点を ωc ($= \omega 0 + \omega sep$) から $\omega 0$ に移動させる。これにより、乗算器 34a、34b の出力の周波数は、周波数シフト部 44 によって ωsep だけ大きくなる。例えば、入力周波数成分 ($-\omega 1$) は、周波数 $-1.5\omega sep + \omega sep = -0.5$

10

20

30

40

50

ω_{sep} となる。入力周波数成分 ($+\omega_1$) は、周波数 $-0.5\omega_{sep} + \omega_{sep} = 0.5\omega_{sep}$ となる。歪み成分 ($+3\omega_1$) は、周波数 $0.5\omega_{sep} + \omega_{sep} = 1.5\omega_{sep}$ となる。

これにより、入力周波数成分 ($-\omega_1$) の角速度と入力周波数成分 ($+\omega_1$) の角速度とは大きさが等しく (ただし正負の符号が異なる)、歪み成分 ($+3\omega_1$) の角速度は入力周波数成分 ($+\omega_1$) の角速度の3倍であるということにできる。

複素FFT (高速フーリエ変換) 部46は、周波数シフト部44の出力について複素高速フーリエ変換を行う。これにより、入力周波数成分 ($\pm\omega_1$) および歪み成分 ($+3\omega_1$ など) の複素ベクトルが得られる。なお、複素FFT部46は、離散フーリエ変換 (DFT) を行なうことが好ましい。すなわち、 $\pm\omega_1$ 、 $\pm3\omega_1$ 、 $\pm5\omega_1$ …、について離散フーリエ変換 (DFT) を行なう。 10

なお、離散フーリエ変換の演算ポイント数は任意のポイント数を選べるので、所望の周波数 $f = f_s / N \times k$ (f_s : A/D変換器32のサンプリング周波数、 N : DFT演算ポイント数、 k : 自然数) となるような N で演算することにより、サンプリング周波数を変えることなく近傍周波数成分のノイズを受けずに演算できる。

位相決定部48は、入力周波数成分 ($\pm\omega_1$) および歪み成分 ($+3\omega_1$ など) の複素ベクトルに基づき、各成分の位相を決定する。位相は $\tan^{-1}$ (複素ベクトルの虚部/複素ベクトルの実部) として求めることができる。入力周波数成分 $+\omega_1$ の位相を θ_1 、入力周波数成分 $-\omega_1$ の位相を θ_2 、歪み成分 $+3\omega_1$ の位相を θ_3 、歪み成分 $-3\omega_1$ の位相を θ_4 、歪み成分 $+5\omega_1$ の位相を θ_5 、歪み成分 $-5\omega_1$ の位相を θ_6 (第3図参照) とする。 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 …は、時間の関数である。以後、時間 t における位相を例えば $\theta_1(t)$ などと表記する。 20

なお、 θ_1 は、入力周波数成分の最高周波数成分の位相、 θ_2 は、入力周波数成分の最低周波数成分の位相となる。また、 θ_3 および θ_5 は、歪み成分のうち、入力周波数成分よりも高い周波数を有する高周波歪み成分の位相となる。さらに、 θ_4 および θ_6 は、歪み成分のうち、入力周波数成分よりも低い周波数を有する低周波歪み成分の位相となる。

位相決定部48は、まず、第3図(a)を参照して、 θ_1 、 θ_2 、 θ_4 および θ_6 を決定する (第1図の(1)参照)。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ω_c を、 $\omega_0 - \omega_{sep}$ とする。

このような場合、ローカル周波数 ω_c を中心として、 $-5\omega_1$ から $+\omega_1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域 BW は、 $BW > +\omega_1 - (-5\omega_1) = 6\omega_1 = 3\omega_{sep}$ であればよい。 30

次に、第3図(b)を参照して、 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 および θ_5 を決定する (第1図の(2)参照)。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ω_c を、 $\omega_0 + \omega_{sep}$ とする。

このような場合、ローカル周波数 ω_c を中心として、 $-\omega_1$ から $+5\omega_1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域 BW は、 $BW > +5\omega_1 - (-\omega_1) = 6\omega_1 = 3\omega_{sep}$ であればよい。

なお、 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_5 および θ_6 をまとめて計測する場合は、 $-5\omega_1$ から $+5\omega_1$ までの帯域を測定できる必要がある。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域 BW は、 $BW > +5\omega_1 - (-5\omega_1) = 10\omega_1 = 5\omega_{sep}$ となる。 40

よって、第一の実施形態のように、 θ_1 、 θ_2 、 θ_4 および θ_6 を決定し、その後、 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 および θ_5 を決定するようにすれば、 $BW > 3\omega_{sep}$ でよいので、 BW が一定とすれば、 ω_{sep} をより大きくとることができる。

第1図に戻り、一致時間・位相測定部50は、位相取得部40の取得結果に基づき、入力周波数成分 $+\omega_1$ の位相 θ_1 と、入力周波数成分 $-\omega_1$ の位相 θ_2 とが最初に一致する一致時間 Δt およびその時の位相 $\theta_1(\Delta t)$ ($=\theta_2(\Delta t)$) を測定する。

入力周波数成分 $+\omega_1$ の複素ベクトル s_1 および入力周波数成分 $-\omega_1$ の複素ベクトル s_2 は下記の式のように表される。

【数 1】

$$s_1 = A_1 \times e^{j(\omega_1 \times t + \theta_1(0))}$$

$$s_2 = A_2 \times e^{j(-\omega_1 \times t + \theta_2(0))}$$

上記の式から明らかなように、複素ベクトル s_1 および s_2 は、大きさこそ異なるものの、同じ大きさの回転速度で逆向きに回転している。複素ベクトル s_1 および s_2 の初期状態（時間 $t = 0$ における状態）を第 5 図に示す。第 5 図においては、縦軸に Im （虚部）10、横軸に Re （実部）をとっている。複素ベクトル s_1 の初期位相は $\theta_1(0)$ 、複素ベクトル s_2 の初期位相は $\theta_2(0)$ である。複素ベクトル s_1 および s_2 は、時間 Δt に位相が最初に一致する。そのときの、位相 $\theta_1(\Delta t)$ （ $= \theta_2(\Delta t)$ ）は、下記の式のように表される。

【数 2】

$$\frac{-\theta_1(0) + \theta_2(0)}{2} + \theta_1(0) = \theta_1(\Delta t)$$

20

時間 Δt に位相が $\theta_1(\Delta t)$ となった複素ベクトル s_1 および s_2 は、同じ大きさの回転速度で逆向きに回転しているため、複素ベクトル s_1 および s_2 が $1/2$ 回転し、 $\theta_1(\Delta t) + \pi$ で位相が一致する。そのときの時間は、 $\Delta t + \pi / \omega_1$ である。その後、さらに $\theta_1(\Delta t)$ で位相が一致する。そのときの時間は、 $\Delta t + 2\pi / \omega_1$ である。このようにして、時間 $\Delta t + n \cdot \pi / \omega_1$ で位相が一致し（ $n = 0, 1, 2, \dots$ ）、その時の複素ベクトル s_1 および s_2 の位相は $\theta_1(\Delta t)$ （ $n = 0, 2, 4 \dots$ ）あるいは $\theta_1(\Delta t) + \pi$ （ $n = 1, 3, 5 \dots$ ）である。

複素ベクトル s_1 の位相 θ_1 および複素ベクトル s_2 の位相 θ_2 の時間 t との関係を図 30 ラフに表したものが第 6 図である。ただし、図示の便宜上、 $\theta_1(0) = 0$ としてある。第 6 図からも明らかなように、時間 $\Delta t + n \cdot \pi / \omega_1$ で複素ベクトル s_1 および s_2 の位相が一致し（ $n = 0, 1, 2, \dots$ ）、その時の複素ベクトル s_1 および s_2 の位相は $\theta_1(\Delta t)$ （ $n = 0, 2, 4 \dots$ ）あるいは $\theta_1(\Delta t) + \pi$ （ $n = 1, 3, 5 \dots$ ）である。

歪み成分位相測定部 60 は、位相取得部 40 の取得結果に基づき、一致時間 Δt における歪み成分 $+3\omega_1$ の位相 $\theta_3(\Delta t)$ を測定する。一致時間 Δt は、一致時間・位相測定部 50 から取得する。なお、他の歪み成分（例えば、 $-3\omega_1$ 、 $\pm 5\omega_1$ ）の位相 θ_4 、 θ_5 、 θ_6 も同様に取得する。そこで、位相 $\theta_3(\Delta t)$ の測定法を例にとって、歪み位相の測定法を説明する。他の歪み位相の測定法も同様である。40

歪み成分 $+3\omega_1$ の複素ベクトル s_3 は下記の式のように表される。

【数 3】

$$s_3 = A_3 \times e^{j(3\omega_1 \times t + \theta_3(0))}$$

上記の式から明らかなように、複素ベクトル s_1 が 1 回転すると、複素ベクトル s_3 が 3 回転する。複素ベクトル s_1 が $1/2$ 回転すると、複素ベクトル s_3 が $3/2$ 回転する。

よって、複素ベクトル s_1 が位相 $\theta_1(\Delta t)$ から 1 回転すると、複素ベクトル s_3 が 50

3回転するので、複素ベクトル s_3 の位相は元に戻る。よって、複素ベクトル s_1 が位相 $\theta_1 (\Delta t)$ から n 回転すると ($n = 1, 2, \dots$)、複素ベクトル s_3 の位相は、一致時間 Δt における歪み成分 $+3\omega_1$ の位相 $\theta_3 (\Delta t)$ に戻る。

また、複素ベクトル s_1 が位相 $\theta_1 (\Delta t)$ から $1/2$ 回転すると、複素ベクトル s_3 が $3/2$ 回転するので、複素ベクトル s_3 の位相は π 進む。よって、複素ベクトル s_1 が位相 $\theta_1 (\Delta t) + \pi$ になると、複素ベクトル s_3 の位相は、 $\theta_3 (\Delta t) + \pi$ になる。

複素ベクトル s_1 の位相 θ_1 、複素ベクトル s_2 の位相 θ_2 および複素ベクトル s_3 の位相 θ_3 の時間 t との関係を図に表したものが第7図である。なお、第7図においては、 θ_1 および θ_2 は一点鎖線、 θ_3 は実線で図示している。第7図からも明らかなように、時間 $\Delta t + n \cdot \pi / \omega_1$ ($n = 0, 2, 4 \dots$) で複素ベクトル s_3 の位相が $\theta_3 (\Delta t)$ となり、時間 $\Delta t + n \cdot \pi / \omega_1$ ($n = 1, 3, 5 \dots$) で複素ベクトル s_3 の位相が $\theta_3 (\Delta t) + \pi$ となる。

このように、複素ベクトル s_1 および s_2 が一致する位相は $\theta_1 (\Delta t)$ あるいは $\theta_1 (\Delta t) + \pi$ といった一定の値をとる。しかも、複素ベクトル s_1 および s_2 が一致したときの複素ベクトル s_3 の位相もまた $\theta_3 (\Delta t)$ あるいは $\theta_3 (\Delta t) + \pi$ といった一定の値をとる。よって、入力周波数成分 $\pm \omega_1$ の位相を表す値として $\theta_1 (\Delta t)$ を、歪み成分 $+3\omega_1$ の位相を表す値として $\theta_3 (\Delta t)$ を測定することは有意義である。

なお、複素ベクトル s_1 および s_2 が一致する位相に対する、複素ベクトル s_1 および s_2 が一致したときの複素ベクトル s_3 の相対位相は、一定の値 $\theta_3 (\Delta t) - \theta_1 (\Delta t)$ をとる。

また、複素ベクトル s_1 および s_2 が一致したときの θ_4 、 θ_5 、 θ_6 、 $\dots$ もまた一定の値をとる。よって、複素ベクトル s_1 および s_2 が一致したときの θ_4 、 θ_5 、 θ_6 、 $\dots$ の相対位相は、一定の値 $\theta_n (\Delta t) - \theta_1 (\Delta t)$ をとる ($n = 4, 5, 6, \dots$)。

表示部70は、一致時間・位相測定部50の測定結果 $\theta_1 (\Delta t)$ および歪み成分位相測定部60の測定結果 $\theta_3 (\Delta t)$ 等を表示する。

第8図は、表示部70の表示態様を示す図である。表示部70は、入力周波数成分 $+\omega_1$ および歪み成分成分 $\pm 3\omega_1$ を表示する。ただし、入力周波数成分および歪み成分の位相を角度、入力周波数成分および歪み成分の振幅を長さとするベクトルを表示する。なお、入力周波数成分 $+\omega_1$ の角度は0度とする。また、歪み成分成分 $\pm 5\omega_1$ は、振幅が小さいので、ほとんど原点に重なってしまい、表示できない。

第9図は、表示部70の表示態様の変形例を示す図である。入力周波数成分および歪み成分の振幅の対数を長さとするベクトルを表示する点が、第8図に示す例と異なる。具体的には、振幅スケールを dBc に対数圧縮 (キャリアを基本信号の低周波成分とした) する (例えば、振幅のフルレンジを 5 dBc 、原点を -80 dBc とする)。これにより、歪み成分成分 $\pm 5\omega_1$ についても、表示できるようになる。

次に、第一の実施形態の動作を説明する。

まず、第一発振器12から出力された周波数 ω_{10} の信号と、第二発振器14から出力された周波数 ω_{20} の信号とが、加算器16により加算され、入力信号として増幅器20に与えられる。入力信号の周波数スペクトルは第2図(a)に示すようなものである。

入力信号は増幅器20により増幅される。ただし、増幅器20は非線形回路の一種であり、周波数 ω_{10} および周波数 ω_{20} の成分のみならず、歪み成分 (周波数 ω_{30} および周波数 ω_{40} の成分など) も出力されてしまう (第2図(b)参照)。

増幅器20の出力は位相測定装置1に与えられる。位相測定装置1は、増幅器20の出力を測定するためのものである。

まず、増幅器20の出力は、乗算器34a、34bにより、ローカル周波数 ω_c によって直交変換される。ローカル周波数設定部36が、ローカル周波数 ω_c を、 $\omega_0 - \omega_{\text{sep}}$ とする。ついで、ローカル周波数設定部36が、ローカル周波数 ω_c を、 $\omega_0 + \omega_{\text{sep}}$ とする。

乗算器34aおよび乗算器34bの出力は、複素FFT部46に与えられる。複素FFT部46は複素高速フーリエ変換を行い、入力周波数成分 ($\pm \omega_1$) および歪み成分 ($+$

10

20

30

40

50

3 ω 1 など) の複素ベクトルを得る。位相決定部 48 は、複素ベクトルを受け、各成分の位相を決定する。

位相決定部 48 の出力の内、入力周波数成分 + ω 1 の位相 θ 1 および入力周波数成分 - ω 1 の位相 θ 2 を受けて、一致時間・位相測定部 50 が、 θ 1 と θ 2 とが最初に一致する一致時間 Δt およびその時の位相 θ 1 (Δt) (= θ 2 (Δt)) を測定する (第 6 図参照)。

位相決定部 48 の出力の内、歪み成分 +3 ω 1 の位相 θ 3 などを受け、さらに、一致時間・位相測定部 50 から一致時間 Δt を受け、歪み成分位相測定部 60 が、一致時間 Δt における歪み成分 +3 ω 1 の位相 θ 3 (Δt) などを測定する (第 7 図参照)。

表示部 70 は、一致時間・位相測定部 50 の測定結果 θ 1 (Δt) および歪み成分位相測定部 60 の測定結果 θ 3 (Δt) などを表示する。 10

第一の実施形態によれば、入力周波数成分 $\pm\omega$ 1 の位相を表す値として有意義な θ 1 (Δt) を一致時間・位相測定部 50 により測定する。さらに、歪み成分 +3 ω 1 などの位相を表す値として有意義な θ 3 (Δt) などを歪み成分位相測定部 60 により測定する。さらに、 θ 1 (Δt) および θ 3 (Δt) などを表示部 70 により表示する。よって、増幅器 20 から出力される信号の歪みおよび入力周波数成分の位相を表す値として有意義な値を測定し、かつ表示することができる。

さらに、第一の実施形態によれば、A/D 変換器 32 が対応可能な周波数帯域 $BW > 3\omega_{sep}$ でよいので、 BW が一定とすれば、 θ 1、 θ 2、 θ 3、 θ 4、 θ 5 および θ 6 をまとめて計測する場合 ($BW > 5\omega_{sep}$) と比べて、 ω_{sep} をより大きくとることができる。 20

第二の実施形態

第二の実施形態は、ローカル周波数 ω_c の設定が三段階 ($\omega_c = \omega_0$ 、 $\omega_c = \omega_0 - 1.5\omega_{sep}$ 、 $\omega_c = \omega_0 + 1.5\omega_{sep}$) である点で、ローカル周波数 ω_c の設定が二段階 ($\omega_c = \omega_0 - \omega_{sep}$ 、 $\omega_c = \omega_0 + \omega_{sep}$) である第一の実施形態と異なる。

第 10 図は、第二の実施形態にかかる増幅器測定システムの構成を示すブロック図である。増幅器測定システムは、入力信号生成部 10、増幅器 (測定対象回路) 20、A/D 変換器 32、乗算器 34a、34b、ローカル周波数設定部 36、90 度移相器 38、位相取得部 40、一致時間・位相測定部 50、歪み成分位相測定部 60、表示部 70 を備える。以下、第一の実施形態と同様な部分は同じ番号を付して説明を省略する。 30

入力信号生成部 10、増幅器 (測定対象回路) 20、A/D 変換器 32、乗算器 34a、34b および 90 度移相器 38 は、第一の実施形態と同様であり説明を省略する。

ローカル周波数設定部 36 は、直交変換のためのローカル周波数 ω_c を設定する。ローカル周波数 ω_c の設定法を第 12 図に示す。第 12 図においては、周波数 $-5\omega_1 \sim 5\omega_1$ の信号の位相の測定を前提としている。なお、 $\omega_1 - (-\omega_1) = 2\omega_1 = \omega_{sep}$ とする。まず、第 12 図 (a) に示すように、ローカル周波数 $\omega_c = \omega_0$ とする。次に、第 12 図 (b) に示すように、ローカル周波数 $\omega_c = \omega_0 - 1.5\omega_{sep}$ とする。これは、 $\omega_0 = 0$ とすれば、 $\omega_c = (-\omega_1 + (-5\omega_1)) / 2 = -3\omega_1$ と同じことである。最後に、第 12 図 (c) に示すように、ローカル周波数 $\omega_c = \omega_0 + 1.5\omega_{sep}$ とする。これは、 $\omega_0 = 0$ とすれば、 $\omega_c = (\omega_1 + 5\omega_1) / 2 = 3\omega_1$ と同じことである。 40

位相取得部 40 は、乗算器 34a、34b の出力における入力周波数成分 ($\pm\omega_1$) および歪み成分 (+3 ω_1 など) の位相を取得する。位相取得部 40 の構成は、第一の実施形態と同様である (第 4 図参照)。位相取得部 40 は、周波数シフト部 44、複素 FFT (高速フーリエ変換) 部 46、位相決定部 48 を有する。周波数シフト部 44 および複素 FFT (高速フーリエ変換) 部 46 は、第一の実施形態と同様であり説明を省略する。

位相決定部 48 は、まず、第 12 図 (a) を参照して、 θ 1 および θ 2 を決定する。このとき、ローカル周波数設定部 36 が設定するローカル周波数 ω_c を、 ω_0 とする (第 10 図の (1) 参照)。

このような場合、ローカル周波数 ω_c を中心として、 $-\omega_1$ から $+\omega_1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > +\omega_1 - (-\omega_1) = 2\omega_1 = \omega_{sep}$ であればよい。

次に、第12図(b)を参照して、 θ_2 、 θ_4 および θ_6 を決定する(第10図の(2)参照)。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ω_c を、 $\omega_0 - 1.5\omega_{sep}$ とする。

このような場合、ローカル周波数 ω_c を中心として、 $-5\omega_1$ から $-\omega_1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > -5\omega_1 - (-\omega_1) = 4\omega_1 = 2\omega_{sep}$ であればよい。

最後に、第12図(c)を参照して、 θ_1 、 θ_3 および θ_5 を決定する(第10図の(3)参照)。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ω_c を、 $\omega_0 + 1.5\omega_{sep}$ とする。 10

このような場合、ローカル周波数 ω_c を中心として、 $+\omega_1$ から $+5\omega_1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > +5\omega_1 - \omega_1 = 4\omega_1 = 2\omega_{sep}$ であればよい。

なお、 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_5 および θ_6 をまとめて計測する場合は、 $-5\omega_1$ から $+5\omega_1$ までの帯域を測定できる必要がある。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > +5\omega_1 - (-5\omega_1) = 10\omega_1 = 5\omega_{sep}$ となる。

よって、第二の実施形態のように、 θ_1 および θ_2 を決定し、次に θ_2 、 θ_4 および θ_6 を決定し、最後に、 θ_1 、 θ_3 および θ_5 を決定するようにすれば、 $BW > 2\omega_{sep}$ 20
でよいので、BWが一定とすれば、 ω_{sep} をより大きくとることができる。

第1図に戻り、一致時間・位相測定部50は、位相取得部40の取得結果に基づき、入力周波数成分 $+\omega_1$ の位相 θ_1 と、入力周波数成分 $-\omega_1$ の位相 θ_2 とが最初に一致する一致時間 Δt およびその時の位相 $\theta_1(\Delta t)$ ($=\theta_2(\Delta t)$)を測定する。

第11図は、一致時間・位相測定部50の構成を示す機能ブロック図である。一致時間・位相測定部50は、一致位相測定部52、一致時間測定部54を有する。

一致位相測定部52は、ローカル周波数 $\omega_c = \omega_0$ とした場合の、入力周波数成分 $+\omega_1$ の位相 θ_1 と、入力周波数成分 $-\omega_1$ の位相 θ_2 とが一致したときの一致位相 $\theta_1(\Delta t)$ を測定する。

一致時間測定部54は、ローカル周波数 ω_c を $\omega_0 - 1.5\omega_{sep}$ としたときの θ_2 30
が $\theta_1(\Delta t)$ と一致する時刻 Δt_2 およびローカル周波数 ω_c を $\omega_0 + 1.5\omega_{sep}$ としたときの θ_1 が $\theta_1(\Delta t)$ と一致する時刻 Δt_3 を測定する。

歪み成分位相測定部60は、位相取得部40の取得結果に基づき、一致時間 Δt_2 、 Δt_3 における歪み成分 $+3\omega_1$ の位相 $\theta_3(\Delta t_3)$ などを測定する。一致時間 Δt_2 、 Δt_3 は、一致時間・位相測定部50から取得する。なお、他の歪み成分(例えば、 $-3\omega_1$ 、 $\pm 5\omega_1$)の位相 θ_4 、 θ_5 、 θ_6 も同様に取得する。

すなわち、ローカル周波数 ω_c を $\omega_0 - 1.5\omega_{sep}$ としたときの θ_2 が $\theta_1(\Delta t)$ と一致する時刻 Δt_2 (この時刻において、 θ_2 が θ_1 と一致する)における歪み成分 $-3\omega_1$ 、 $-5\omega_1$ の位相 θ_4 、 θ_6 を測定する。さらに、ローカル周波数 ω_c を $\omega_0 + 1.5\omega_{sep}$ としたときの θ_1 が $\theta_1(\Delta t)$ と一致する時刻 Δt_3 (この時刻において、 θ_2 が θ_1 と一致する)における歪み成分 $+3\omega_1$ 、 $+5\omega_1$ の位相 θ_3 、 θ_5 を測定する。 40

歪み位相の測定法の詳細は第一の実施形態と同様であるため、説明を省略する。

表示部70は、一致時間・位相測定部50の測定結果 $\theta_1(\Delta t)$ および歪み成分位相測定部60の測定結果 $\theta_3(\Delta t_3)$ 等を表示する。表示部70の表示態様は第一の実施形態と同様である。

次に、第二の実施形態の動作を説明する。

まず、第一発振器12から出力された周波数 ω_{10} の信号と、第二発振器14から出力された周波数 ω_{20} の信号とが、加算器16により加算され、入力信号として増幅器20に与えられる。入力信号の周波数スペクトルは第2図(a)に示すようなものである。 50

入力信号は増幅器 20 により増幅される。ただし、増幅器 20 は非線形回路の一種であり、周波数 $\omega 10$ および周波数 $\omega 20$ の成分のみならず、歪み成分（周波数 $\omega 30$ および周波数 $\omega 40$ の成分など）も出力されてしまう（第 2 図（b）参照）。

増幅器 20 の出力は位相測定装置 1 に与えられる。位相測定装置 1 は、増幅器 20 の出力を測定するためのものである。

まず、増幅器 20 の出力は、乗算器 34 a、34 b により、ローカル周波数 ωc によって直交変換される。ローカル周波数設定部 36 が、ローカル周波数 ωc を、 $\omega 0$ とする。ついで、ローカル周波数設定部 36 が、ローカル周波数 ωc を、 $\omega 0 - 1.5 \omega sep$ とする。最後に、ローカル周波数設定部 36 が、ローカル周波数 ωc を、 $\omega 0 + 1.5 \omega sep$ とする。

10

乗算器 34 a および乗算器 34 b の出力は、複素 FFT 部 46 に与えられる。複素 FFT 部 46 は複素高速フーリエ変換を行い、入力周波数成分（ $\pm \omega 1$ ）および歪み成分（ $+3 \omega 1$ など）の複素ベクトルを得る。位相決定部 48 は、複素ベクトルを受け、各成分の位相を決定する。

位相決定部 48 の出力の内、入力周波数成分 $+\omega 1$ の位相 $\theta 1$ および入力周波数成分 $-\omega 1$ の位相 $\theta 2$ を受けて、一致時間・位相測定部 50 が、 $\theta 1$ と $\theta 2$ とが最初に一致する一致時間 Δt およびその時の位相 $\theta 1 (\Delta t)$ ($= \theta 2 (\Delta t)$) を測定する。

位相決定部 48 の出力の内、歪み成分 $+3 \omega 1$ の位相 $\theta 3$ などを受け、さらに、一致時間・位相測定部 50 から一致時間 $\Delta t 2$ 、 $\Delta t 3$ を受け、歪み成分位相測定部 60 が、一致時間 $\Delta t 2$ 、 $\Delta t 3$ における歪み成分 $+3 \omega 1$ の位相 $\theta 3 (\Delta t 3)$ など測定する。

20

表示部 70 は、一致時間・位相測定部 50 の測定結果 $\theta 1 (\Delta t)$ および歪み成分位相測定部 60 の測定結果 $\theta 3 (\Delta t 3)$ などを表示する。

第二の実施形態によれば、第一の実施形態と同様な効果を奏する。

さらに、第二の実施形態によれば、A/D 変換器 32 が対応可能な周波数帯域 $BW > 2 \omega sep$ でよいので、 BW が一定とすれば、 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 4$ 、 $\theta 5$ および $\theta 6$ をまとめて計測する場合（ $BW > 5 \omega sep$ ）と比べて、 ωsep をより大きくとることができる。

第三の実施形態

第三の実施形態は、第二の実施形態において、ローカル周波数設定部 36 がローカル周波数 ωc を $\omega 0$ から $\omega 0 - 1.5 \omega sep$ ($\omega 0 + 1.5 \omega sep$) に変更した場合に、 $\theta 1$ および $\theta 2$ が再現できるように、共通参照信号源 80、位相変化量取得部 90 および歪み成分位相補正部 92 を設けたものである。

30

第 13 図は、第三の実施形態にかかる増幅器測定システムの構成を示すブロック図である。増幅器測定システムは、入力信号生成部 10、増幅器（測定対象回路）20、A/D 変換器 32、乗算器 34 a、34 b、ローカル周波数設定部 36、90 度移相器 38、位相取得部 40、一致時間・位相測定部 50、歪み成分位相測定部 60、表示部 70、共通参照信号源 80、位相変化量取得部 90 および歪み成分位相補正部 92 を備える。以下、第二の実施形態と同様な部分は同じ番号を付して説明を省略する。

入力信号生成部 10、増幅器（測定対象回路）20、A/D 変換器 32、乗算器 34 a、34 b、ローカル周波数設定部 36、90 度移相器 38、位相取得部 40、一致時間・位相測定部 50、歪み成分位相測定部 60 および表示部 70 は、第二の実施形態と同様であり説明を省略する。ただし、一致時間・位相測定部 50 の一致時間測定部 54 については、後述する。

40

共通参照信号源 80 は、入力信号生成部 10 および A/D 変換器 32 に共通する共通参照信号を与える。入力信号生成部 10 は、共通参照信号に基づき、入力信号の生成タイミングを決定する。A/D 変換器 32 は、共通参照信号に基づき、サンプリングクロックおよびトリガ信号の生成タイミングを決定する。なお、トリガ信号の生成タイミングは、入力信号の一周期の整数倍と同じ周期となるようにする。

位相変化量取得部 90 は、位相取得部 40 が位相を取得する成分を変更する度に、その変更により変化した入力周波数成分の最高周波数成分 $\theta 1$ または最低周波数成分 $\theta 2$ の位

50

相変化量を取得する。

具体的には、位相取得部 40 が位相を取得する成分を θ_1 および θ_2 とした場合に、 $\theta_1(0)$ および $\theta_2(0)$ を位相取得部 40 から取得する。

そして、位相取得部 40 が位相を取得する成分を θ_2 、 θ_4 および θ_6 に変更した場合に、 $\theta_2(T_1)$ を位相取得部 40 から取得する。ただし、 T_1 は、 $\theta_2(T_1) = \theta_2(0)$ となるような値 ($T_1 = 2n\pi/\omega_1$ 、 n は正の整数) である。しかし、位相取得部 40 が位相を取得する成分を変更すると誤差が生じてしまい、 $\theta_2(T_1) = \theta_2(0)$ とならない。誤差を $\Delta\theta_2$ とすると、 $\theta_2(T_1) = \theta_2(0) + \Delta\theta_2$ となる。そこで、 $\Delta\theta_2 = \theta_2(T_1) - \theta_2(0)$ として $\Delta\theta_2$ を求め、一致時間測定部 54 および歪み成分位相補正部 92 に与える。

10

さらに、位相取得部 40 が位相を取得する成分を θ_1 、 θ_3 および θ_5 に変更した場合に、 $\theta_1(T_2)$ を位相取得部 40 から取得する。ただし、 T_2 は、 $\theta_1(T_2) = \theta_1(0)$ となるような値 ($T_2 = 2n\pi/\omega_1$ 、 n は正の整数) である。しかし、位相取得部 40 が位相を取得する成分を変更すると誤差が生じてしまい、 $\theta_1(T_2) = \theta_1(0)$ とならない。誤差を $\Delta\theta_1$ とすると、 $\theta_1(T_2) = \theta_1(0) + \Delta\theta_1$ となる。そこで、 $\Delta\theta_1 = \theta_1(T_2) - \theta_1(0)$ として $\Delta\theta_1$ を求め、一致時間測定部 54 および歪み成分位相補正部 92 に与える。

一致時間測定部 54 は、位相変化量取得部 90 から誤差 $\Delta\theta_1$ 、 $\Delta\theta_2$ を得て、ローカル周波数 ω_c を $\omega_0 - 1.5\omega_{sep}$ としたときの θ_2 およびローカル周波数 ω_c を $\omega_0 + 1.5\omega_{sep}$ としたときの θ_1 を補正する。すなわち、誤差 $\Delta\theta_2$ 、 $\Delta\theta_1$ を減じる

20

を測定する。
歪み成分位相補正部 92 は、位相決定部 48 から θ_4 および θ_6 、 θ_3 および θ_5 を受ける。そして、 θ_4 および θ_6 からは誤差 $\Delta\theta_2$ を減じ、 θ_3 および θ_5 からは誤差 $\Delta\theta_1$ を減じて、歪み成分位相測定部 60 に与える。

次に、第三の実施形態の動作を説明する。

まず、第一発振器 12 から出力された周波数 ω_{10} の信号と、第二発振器 14 から出力された周波数 ω_{20} の信号とが、加算器 16 により加算され、入力信号として増幅器 20 に与えられる。入力信号の周波数スペクトルは第 2 図 (a) に示すようなものである。

入力信号は増幅器 20 により増幅される。ただし、増幅器 20 は非線形回路の一種であり、周波数 ω_{10} および周波数 ω_{20} の成分のみならず、歪み成分 (周波数 ω_{30} および周波数 ω_{40} の成分など) も出力されてしまう (第 2 図 (b) 参照)。

30

増幅器 20 の出力は位相測定装置 1 に与えられる。位相測定装置 1 は、増幅器 20 の出力を測定するためのものである。

まず、増幅器 20 の出力は、乗算器 34a、34b により、ローカル周波数 ω_c によって直交変換される。ローカル周波数設定部 36 が、ローカル周波数 ω_c を、 ω_0 とする。ついで、ローカル周波数設定部 36 が、ローカル周波数 ω_c を、 $\omega_0 - 1.5\omega_{sep}$ とする。最後に、ローカル周波数設定部 36 が、ローカル周波数 ω_c を、 $\omega_0 + 1.5\omega_{sep}$ とする。

乗算器 34a および乗算器 34b の出力は、複素 FFT 部 46 に与えられる。複素 FFT 部 46 は複素高速フーリエ変換を行い、入力周波数成分 ($\pm\omega_1$) および歪み成分 ($\pm 3\omega_1$ など) の複素ベクトルを得る。位相決定部 48 は、複素ベクトルを受け、各成分の位相を決定する。

40

位相変化量取得部 90 は、位相決定部 48 から $\theta_1(0)$ 、 $\theta_2(0)$ 、 $\theta_2(T_1)$ および $\theta_1(T_2)$ を取得する。そして、誤差 $\Delta\theta_2 = \theta_2(T_1) - \theta_2(0)$ として $\Delta\theta_2$ を求め、誤差 $\Delta\theta_1 = \theta_1(T_2) - \theta_1(0)$ として $\Delta\theta_1$ を求める。誤差 $\Delta\theta_1$ 、 $\Delta\theta_2$ は一致時間測定部 54 に与えられる。

位相決定部 48 の出力の内、入力周波数成分 $\pm\omega_1$ の位相 θ_1 および入力周波数成分 $-\omega_1$ の位相 θ_2 を受けて、一致時間・位相測定部 50 が、 θ_1 と θ_2 とが最初に一致する一致時間 Δt およびその時の位相 $\theta_1(\Delta t)$ ($=\theta_2(\Delta t)$) を測定する。なお、一

50

致時間測定部 54 は、位相変化量取得部 90 から与えられた誤差 $\Delta \theta 1$ 、 $\Delta \theta 2$ により、ローカル周波数 ωc を $\omega 0 - 1.5 \omega sep$ としたときの $\theta 2$ およびローカル周波数 ωc を $\omega 0 + 1.5 \omega sep$ としたときの $\theta 1$ を補正する。すなわち、誤差 $\Delta \theta 2$ 、 $\Delta \theta 1$ を減じる。

位相決定部 48 の出力の内、歪み成分 $+3\omega 1$ の位相 $\theta 3$ などを歪み成分位相補正部 92 が受ける。歪み成分位相補正部 92 には、位相変化量取得部 90 から誤差 $\Delta \theta 1$ 、 $\Delta \theta 2$ が与えられる。歪み成分位相補正部 92 は、 $\theta 4$ および $\theta 6$ からは誤差 $\Delta \theta 2$ を減じ、 $\theta 3$ および $\theta 5$ からは誤差 $\Delta \theta 1$ を減じて、歪み成分位相測定部 60 に与える。

さらに、歪み成分位相測定部 60 が、一致時間・位相測定部 50 から一致時間 Δt を受け、一致時間 Δt における歪み成分 $+3\omega 1$ の位相 $\theta 3$ (Δt) などを測定する。

10

表示部 70 は、一致時間・位相測定部 50 の測定結果 $\theta 1$ (Δt) および歪み成分位相測定部 60 の測定結果 $\theta 3$ (Δt) などを表示する。

第三の実施形態によれば、第二の実施形態と同様な効果を奏する。

さらに、第三の実施形態によれば、共通参照信号源 80 により、位相取得部 40 が位相を取得する成分を変更する度に、その変更により変化した入力周波数成分の最高周波数成分 $\theta 1$ または最低周波数成分 $\theta 2$ の位相変化量 (誤差 $\Delta \theta 1$ 、 $\Delta \theta 2$) を少なくすることができる。

さらに、位相変化量取得部 90 により、位相取得部 40 が位相を取得する成分を変更する度に、その変更により変化した入力周波数成分の最高周波数成分 $\theta 1$ または最低周波数成分 $\theta 2$ の位相変化量 (誤差 $\Delta \theta 1$ 、 $\Delta \theta 2$) を取得できる。取得された誤差 $\Delta \theta 1$ 、 $\Delta \theta 2$ は、一致時間測定部 54 および歪み成分位相補正部 92 により用いられ、ローカル周波数 ωc を $\omega 0 - 1.5 \omega sep$ としたときの $\theta 2$ 、 $\theta 4$ 、 $\theta 6$ およびローカル周波数 ωc を $\omega 0 + 1.5 \omega sep$ としたときの $\theta 1$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ を補正できる。よって、誤差 $\Delta \theta 1$ 、 $\Delta \theta 2$ により歪み成分の位相の測定に誤差を生じない。

20

第四の実施形態

第四の実施形態は、第三の実施形態を、7 次以上の歪みの位相を測定できるように改良したものである。

第 14 図は、第四の実施形態にかかる増幅器測定システムの構成を示すブロック図である。増幅器測定システムは、入力信号生成部 10、増幅器 (測定対象回路) 20、A/D 変換器 32、乗算器 34a、34b、ローカル周波数設定部 36、90 度移相器 38、位相取得部 40、一致時間・位相測定部 50、歪み成分位相測定部 60、表示部 70、共通参照信号源 80、位相変化量取得部 90 および歪み成分位相補正部 92 を備える。以下、第三の実施形態と同様な部分は同じ番号を付して説明を省略する。

30

入力信号生成部 10、増幅器 (測定対象回路) 20、A/D 変換器 32 および乗算器 34a、34b は、第三の実施形態と同様であり説明を省略する。

ローカル周波数設定部 36 は、直交変換のためのローカル周波数 ωc を設定する。ローカル周波数 ωc の設定法を第 15 図および第 16 図に示す。なお、 $\omega 1 - (-\omega 1) = 2\omega 1 = \omega sep$ とする。

まず、第 15 図 (a) に示すように、ローカル周波数 $\omega c = \omega 0$ とする。次に、第 15 図 (b) に示すように、ローカル周波数 $\omega c = \omega 0 - 1.5 \omega sep$ とする。これは、 $\omega 0 = 0$ とすれば、 $\omega c = (-\omega 1 + (-5\omega 1)) / 2 = -3\omega 1$ と同じことである。そして、第 15 図 (c) に示すように、ローカル周波数 $\omega c = \omega 0 - 2.5 \omega sep$ とする。これは、 $\omega 0 = 0$ とすれば、 $\omega c = ((-3\omega 1) + (-7\omega 1)) / 2 = -5\omega 1$ と同じことである。

40

さらに、第 16 図 (a) に示すように、ローカル周波数 $\omega c = \omega 0 + 1.5 \omega sep$ とする。これは、 $\omega 0 = 0$ とすれば、 $\omega c = (\omega 1 + 5\omega 1) / 2 = 3\omega 1$ と同じことである。最後に、第 16 図 (b) に示すように、ローカル周波数 $\omega c = \omega 0 + 2.5 \omega sep$ とする。これは、 $\omega 0 = 0$ とすれば、 $\omega c = (3\omega 1 + 7\omega 1) / 2 = 5\omega 1$ と同じことである。

なお、ローカル周波数 ωc は、位相決定部 48 が位相取得の対象とする信号の周波数の

50

最高値と最低値との平均となる。例えば、第16図(b)を参照すると、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ および $\theta 7$ を取得することとなる。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ωc は、位相決定部48が位相取得の対象とする信号の周波数の最高値 $7\omega 1$ と最低値 $3\omega 1$ との平均 $5\omega 1$ となる。

位相取得部40は、乗算器34a、34bの出力における入力周波数成分($\pm\omega 1$)および歪み成分($+3\omega 1$ など)の位相を取得する。位相取得部40の構成は、第一の実施形態と同様である(第4図参照)。位相取得部40は、周波数シフト部44、複素FFT(高速フーリエ変換)部46、位相決定部48を有する。周波数シフト部44および複素FFT(高速フーリエ変換)部46は、第一の実施形態と同様であり説明を省略する。

位相決定部48は、まず、第15図(a)を参照して、 $\theta 1$ および $\theta 2$ を決定する。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ωc を、 $\omega 0$ とする。 10

このような場合、ローカル周波数 ωc を中心として、 $-\omega 1$ から $+\omega 1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > +\omega 1 - (-\omega 1) = 2\omega 1 = \omega sep$ であればよい。

次に、第15図(b)を参照して、 $\theta 2$ 、 $\theta 4$ および $\theta 6$ を決定する。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ωc を、 $\omega 0 - 1.5\omega sep$ とする。

このような場合、ローカル周波数 ωc を中心として、 $-5\omega 1$ から $-\omega 1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > -5\omega 1 - (-\omega 1) = 4\omega 1 = 2\omega sep$ であればよい。

そして、第15図(c)を参照して、 $\theta 4$ 、 $\theta 6$ および $\theta 8$ を決定する。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ωc を、 $\omega 0 - 2.5\omega sep$ とする。 20

このような場合、ローカル周波数 ωc を中心として、 $-7\omega 1$ から $-3\omega 1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > -7\omega 1 - (-3\omega 1) = 4\omega 1 = 2\omega sep$ であればよい。

さらに、第16図(a)を参照して、 $\theta 1$ 、 $\theta 3$ および $\theta 5$ を決定する。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ωc を、 $\omega 0 + 1.5\omega sep$ とする。

このような場合、ローカル周波数 ωc を中心として、 $+\omega 1$ から $+5\omega 1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > +5\omega 1 - \omega 1 = 4\omega 1 = 2\omega sep$ であればよい。 30

最後に、第16図(b)を参照して、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ および $\theta 7$ を決定する。このとき、ローカル周波数設定部36が設定するローカル周波数 ωc を、 $\omega 0 + 2.5\omega sep$ とする。

このような場合、ローカル周波数 ωc を中心として、 $+3\omega 1$ から $+7\omega 1$ までの帯域を測定できればよい。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > +7\omega 1 - 3\omega 1 = 4\omega 1 = 2\omega sep$ であればよい。

なお、 $\theta 1$ 、 $\theta 2$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 4$ 、 $\theta 5$ 、 $\theta 6$ 、 $\theta 7$ および $\theta 8$ をまとめて計測する場合は、 $-7\omega 1$ から $+7\omega 1$ までの帯域を測定できる必要がある。よって、A/D変換器32が対応可能な周波数帯域BWは、 $BW > +7\omega 1 - (-7\omega 1) = 14\omega 1 = 7\omega sep$ となる。 40

よって、第四の実施形態のように、 $\theta 1$ および $\theta 2$ を決定し、 $\theta 2$ 、 $\theta 4$ 、 $\theta 6$ を決定し、 $\theta 4$ 、 $\theta 6$ 、 $\theta 8$ を決定し、 $\theta 1$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ を決定し、最後に、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ 、 $\theta 7$ を決定するようにすれば、 $BW > 2\omega sep$ でよいので、BWが一定とすれば、 ωsep をより大きくとることができる。

90度移相器38、位相取得部40、一致時間・位相測定部50、歪み成分位相測定部60、表示部70および共通参照信号源80は、第三の実施形態と同様であり説明を省略する。ただし、一致時間・位相測定部50の一致時間測定部54については、後述する。

位相変化量取得部90は、位相取得部40が位相を取得する成分を $\theta 2$ 、 $\theta 4$ 、 $\theta 6$ に、あるいは $\theta 1$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ に変更するときに、その変更により変化した入力周波数成分 50

の最高周波数成分 θ_1 または最低周波数成分 θ_2 の位相変化量を取得する。これは、第三の実施形態と同様である。

さらに、位相変化量取得部 90 は、位相取得部 40 が位相を取得する成分を θ_4 、 θ_6 、 θ_8 に変更するとき、その変更により変化した歪み成分の位相 θ_4 の位相変化量を取得する。

具体的には、位相取得部 40 が位相を取得する成分を θ_2 、 θ_4 、 θ_6 とした場合に、 θ_4 (T_1) を位相取得部 40 から取得する。

そして、位相取得部 40 が位相を取得する成分を θ_4 、 θ_6 および θ_8 に変更した場合に、 θ_4 (T_3) を位相取得部 40 から取得する。ただし、 T_3 は、 θ_4 (T_1) = θ_4 (T_3) となるような値である。しかし、位相取得部 40 が位相を取得する成分を変更すると誤差が生じてしまい、 θ_4 (T_1) = θ_4 (T_3) とならない。誤差を $\Delta\theta_4$ とすると、 θ_4 (T_3) = θ_4 (T_1) + $\Delta\theta_4$ となる。そこで、 $\Delta\theta_4 = \theta_4$ (T_3) - θ_4 (T_1) として $\Delta\theta_4$ を求め、一致時間測定部 54 および歪み成分位相補正部 92 に与える。

しかも、位相変化量取得部 90 は、位相取得部 40 が位相を取得する成分を θ_3 、 θ_5 、 θ_7 に変更するとき、その変更により変化した歪み成分の位相 θ_3 の位相変化量を取得する。

具体的には、位相取得部 40 が位相を取得する成分を θ_1 、 θ_3 、 θ_5 とした場合に、 θ_3 (T_2) を位相取得部 40 から取得する。

そして、位相取得部 40 が位相を取得する成分を θ_3 、 θ_5 および θ_7 に変更した場合に、 θ_3 (T_4) を位相取得部 40 から取得する。ただし、 T_4 は、 θ_3 (T_4) = θ_3 (T_2) となるような値である。しかし、位相取得部 40 が位相を取得する成分を変更すると誤差が生じてしまい、 θ_3 (T_4) = θ_3 (T_2) とならない。誤差を $\Delta\theta_3$ とすると、 θ_3 (T_4) = θ_3 (T_2) + $\Delta\theta_3$ となる。そこで、 $\Delta\theta_3 = \theta_3$ (T_4) - θ_3 (T_2) として $\Delta\theta_3$ を求め、一致時間測定部 54 および歪み成分位相補正部 92 に与える。

一致時間測定部 54 は、位相変化量取得部 90 から誤差 $\Delta\theta_1$ 、 $\Delta\theta_2$ を得て、ローカル周波数 ω_c を $\omega_0 - 1.5\omega_{sep}$ としたときの θ_2 およびローカル周波数 ω_c を $\omega_0 + 1.5\omega_{sep}$ としたときの θ_1 を補正する。すなわち、誤差 $\Delta\theta_2$ 、 $\Delta\theta_1$ を減じる。そして、誤差 $\Delta\theta_2$ 、 $\Delta\theta_1$ を減じた θ_2 、 θ_1 が、 θ_1 (Δt) と一致する時刻 Δt を測定する。

さらに、一致時間測定部 54 は、位相変化量取得部 90 から誤差 $\Delta\theta_3$ 、 $\Delta\theta_4$ を得て、ローカル周波数 ω_c を $\omega_0 - 2.5\omega_{sep}$ としたときの θ_4 およびローカル周波数 ω_c を $\omega_0 + 2.5\omega_{sep}$ としたときの θ_3 を補正する。すなわち、誤差 $\Delta\theta_4$ 、 $\Delta\theta_3$ を減じる。また、一致時間測定部 54 は、歪み成分位相測定部 60 から、一致時間 Δt における位相 θ_4 、 θ_3 を取得する。

そして、一致時間測定部 54 は、一致時間 Δt における位相 θ_4 に、ローカル周波数 ω_c を $\omega_0 - 2.5\omega_{sep}$ としたときの θ_4 から誤差 $\Delta\theta_4$ を減じた値が一致する時刻 Δt を測定する。さらに、一致時間測定部 54 は、一致時間 Δt における位相 θ_3 に、ローカル周波数 ω_c を $\omega_0 + 2.5\omega_{sep}$ としたときの θ_3 から誤差 $\Delta\theta_3$ を減じた値が一致する時刻 Δt を測定する。

歪み成分位相補正部 92 は、位相決定部 48 から θ_4 および θ_6 、 θ_3 および θ_5 を受ける。そして、 θ_4 および θ_6 からは誤差 $\Delta\theta_2$ を減じ、 θ_3 および θ_5 からは誤差 $\Delta\theta_1$ を減じて、歪み成分位相測定部 60 に与える。

さらに、歪み成分位相補正部 92 は、位相決定部 48 から θ_4 、 θ_6 、 θ_8 および θ_3 、 θ_5 、 θ_7 を受ける。そして、 θ_4 、 θ_6 および θ_8 からは誤差 $\Delta\theta_4$ を減じ、 θ_3 、 θ_5 および θ_7 からは誤差 $\Delta\theta_3$ を減じて、歪み成分位相測定部 60 に与える。

歪み成分位相測定部 60 は、位相取得部 40 の取得結果に基づき、一致時間 Δt における歪み成分の位相 θ_4 、 θ_6 、 θ_8 および θ_3 、 θ_5 、 θ_7 を測定する。

次に、第四の実施形態の動作を説明する。

まず、第一発振器 12 から出力された周波数 $\omega 10$ の信号と、第二発振器 14 から出力された周波数 $\omega 20$ の信号とが、加算器 16 により加算され、入力信号として増幅器 20 に与えられる。入力信号の周波数スペクトルは第 2 図 (a) に示すようなものである。

入力信号は増幅器 20 により増幅される。ただし、増幅器 20 は非線形回路の一種であり、周波数 $\omega 10$ および周波数 $\omega 20$ の成分のみならず、歪み成分 (周波数 $\omega 30$ および周波数 $\omega 40$ の成分など) も出力されてしまう (第 2 図 (b) 参照)。

増幅器 20 の出力は位相測定装置 1 に与えられる。位相測定装置 1 は、増幅器 20 の出力を測定するためのものである。

まず、増幅器 20 の出力は、乗算器 34 a、34 b により、ローカル周波数 ωc によって直交変換される。ローカル周波数設定部 36 が、ローカル周波数 ωc を、 $\omega 0$ とする。10
ついで、ローカル周波数設定部 36 が、ローカル周波数 ωc を、 $\omega 0 - 1.5 \omega sep$ 、
ついで $\omega 0 - 2.5 \omega sep$ とする。そして、ローカル周波数設定部 36 が、ローカル周波数 ωc を、 $\omega 0 + 1.5 \omega sep$ とし、最後に $\omega 0 + 2.5 \omega sep$ とする。

乗算器 34 a および乗算器 34 b の出力は、複素 FFT 部 46 に与えられる。複素 FFT 部 46 は複素高速フーリエ変換を行い、入力周波数成分 ($\pm \omega 1$) および歪み成分 ($+3 \omega 1$ など) の複素ベクトルを得る。位相決定部 48 は、複素ベクトルを受け、各成分の位相を決定する。

位相変化量取得部 90 は、位相決定部 48 から $\theta 1(0)$ 、 $\theta 2(0)$ 、 $\theta 2(T1)$ および $\theta 1(T2)$ を取得する。そして、誤差 $\Delta \theta 2 = \theta 2(T1) - \theta 2(0)$ として $\Delta \theta 2$ を求め、誤差 $\Delta \theta 1 = \theta 1(T2) - \theta 1(0)$ として $\Delta \theta 1$ を求める。誤差 $\Delta \theta$ 20
 $\theta 1$ 、 $\Delta \theta 2$ は一致時間測定部 54 に与えられる。

あるいは、位相変化量取得部 90 は、誤差 $\Delta \theta 3$ 、 $\Delta \theta 4$ を求めて、一致時間測定部 54 に与える。

位相決定部 48 の出力の内、入力周波数成分 $+\omega 1$ の位相 $\theta 1$ および入力周波数成分 $-\omega 1$ の位相 $\theta 2$ を受けて、一致時間・位相測定部 50 が、 $\theta 1$ と $\theta 2$ とが最初に一致する一致時間 Δt およびその時の位相 $\theta 1(\Delta t)$ ($= \theta 2(\Delta t)$) を測定する。

なお、一致時間測定部 54 は、位相変化量取得部 90 から与えられた誤差 $\Delta \theta 1$ 、 $\Delta \theta 2$ により、ローカル周波数 ωc を $\omega 0 - 1.5 \omega sep$ としたときの $\theta 2$ およびローカル周波数 ωc を $\omega 0 + 1.5 \omega sep$ としたときの $\theta 1$ を補正する。すなわち、誤差 $\Delta \theta 2$ 、 $\Delta \theta 1$ を減じる。30

そして、一致時間測定部 54 は、一致時間 Δt における位相 $\theta 4$ に、ローカル周波数 ωc を $\omega 0 - 2.5 \omega sep$ としたときの $\theta 4$ から誤差 $\Delta \theta 4$ を減じた値が一致する時刻 Δt を測定する。さらに、一致時間測定部 54 は、一致時間 Δt における位相 $\theta 3$ に、ローカル周波数 ωc を $\omega 0 + 2.5 \omega sep$ としたときの $\theta 3$ から誤差 $\Delta \theta 3$ を減じた値が一致する時刻 Δt を測定する。

位相決定部 48 の出力の内、歪み成分 $+3 \omega 1$ の位相 $\theta 3$ などを歪み成分位相補正部 92 が受ける。歪み成分位相補正部 92 には、位相変化量取得部 90 から誤差 $\Delta \theta 1$ 、 $\Delta \theta 2$ が与えられる。歪み成分位相補正部 92 は、 $\theta 4$ および $\theta 6$ からは誤差 $\Delta \theta 2$ を減じ ($\theta 2$ 、 $\theta 4$ 、 $\theta 6$ を測定する場合)、 $\theta 3$ および $\theta 5$ からは誤差 $\Delta \theta 1$ を減じて ($\theta 1$ 、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ を測定する場合)、歪み成分位相測定部 60 に与える。あるいは、歪み成分位相補正部 92 は、 $\theta 4$ 、 $\theta 6$ および $\theta 8$ からは誤差 $\Delta \theta 4$ を減じ ($\theta 4$ 、 $\theta 6$ および $\theta 8$ を測定する場合)、 $\theta 3$ 、 $\theta 5$ および $\theta 7$ からは誤差 $\Delta \theta 3$ を減じて ($\theta 3$ 、 $\theta 5$ および $\theta 7$ を測定する場合)、歪み成分位相測定部 60 に与える。40

さらに、歪み成分位相測定部 60 が、一致時間・位相測定部 50 から一致時間 Δt を受け、一致時間 Δt における歪み成分 $+3 \omega 1$ の位相 $\theta 3(\Delta t)$ などを測定する。

表示部 70 は、一致時間・位相測定部 50 の測定結果 $\theta 1(\Delta t)$ および歪み成分位相測定部 60 の測定結果 $\theta 3(\Delta t)$ などを表示する。

第四の実施形態によれば、第三の実施形態と同様な効果を奏する。

さらに、第四の実施形態によれば、7 次歪みの位相 ($\theta 7$ 、 $\theta 8$) を計測することも可能である。なお、第四の実施形態によれば、7 次以上の歪み (例えば、9 次、11 次など 50

）の位相の計測も同様に行える。以下に、９次歪み成分および１１次歪み成分の位相の計測を例にとって説明する。

９次歪みの高周波歪み成分の位相 θ_9 、１１次歪みの高周波歪み成分の位相 θ_{11} とする。７次歪みの高周波歪み成分の位相 θ_7 は、 θ_3 、 θ_5 および θ_7 の測定結果に基づき決定される（第１６図（b）参照）。これと同様に、位相 θ_9 は、 θ_5 、 θ_7 および θ_9 の測定結果に基づき決定され、位相 θ_{11} は、 θ_7 、 θ_9 および θ_{11} の測定結果に基づき決定される。

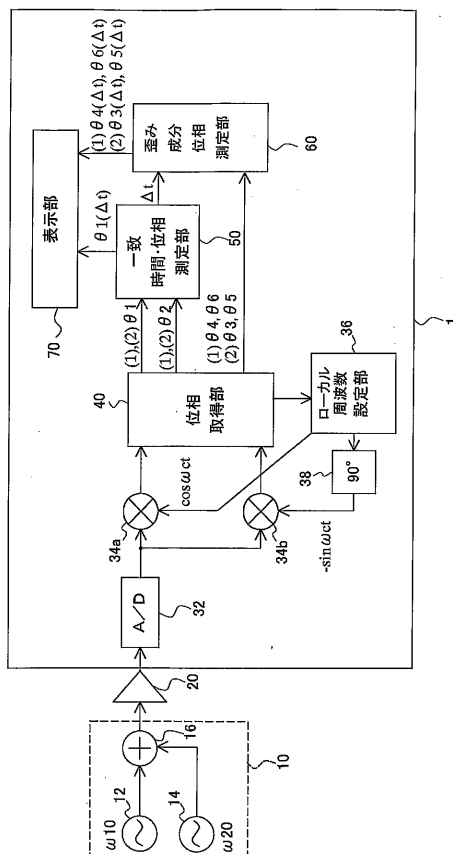
また、９次歪みの低周波歪み成分の位相 θ_{10} 、１１次歪みの低周波歪み成分の位相 θ_{12} とする。７次歪みの低周波歪み成分の位相 θ_8 は、 θ_4 、 θ_6 および θ_8 の測定結果に基づき決定される（第１５図（c）参照）。これと同様に、位相 θ_{10} は、 θ_6 、 θ_8 および θ_{10} の測定結果に基づき決定され、位相 θ_{12} は、 θ_8 、 θ_{10} および θ_{12} の測定結果に基づき決定される。

また、上記の実施形態は、以下のようにして実現できる。ＣＰＵ、ハードディスク、メディア（フロッピー（登録商標）ディスク、ＣＤ－ＲＯＭなど）読み取り装置を備えたコンピュータのメディア読み取り装置に、上記の各部分（例えば一致時間・位相測定部５０および歪み成分位相測定部６０）を実現するプログラムを記録したメディアを読み取らせて、ハードディスクにインストールする。このような方法でも、上記の実施形態を実現できる。

10

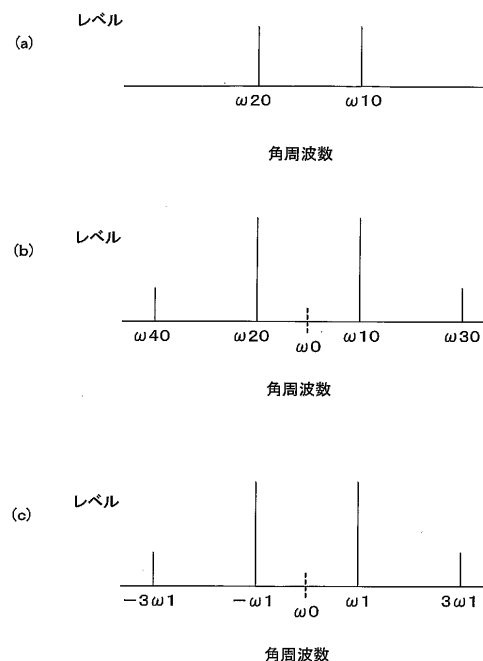
【図１】

第１図



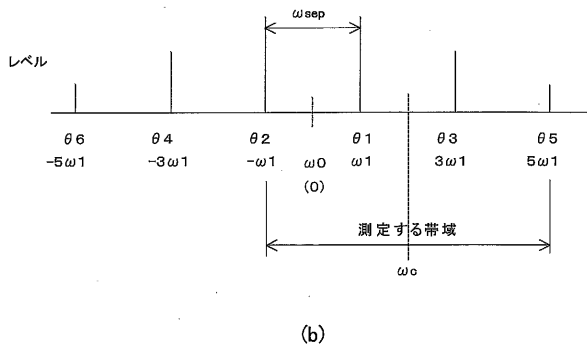
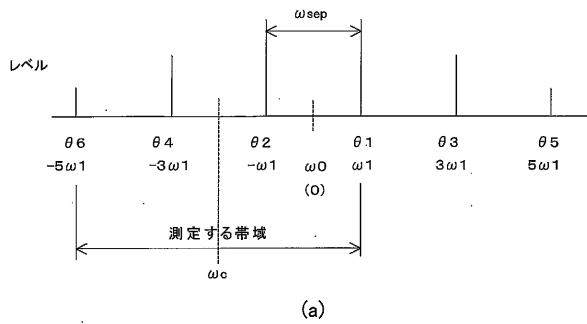
【図２】

第２図



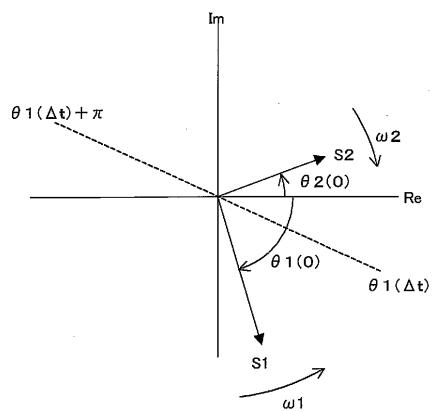
【図 3】

第 3 図



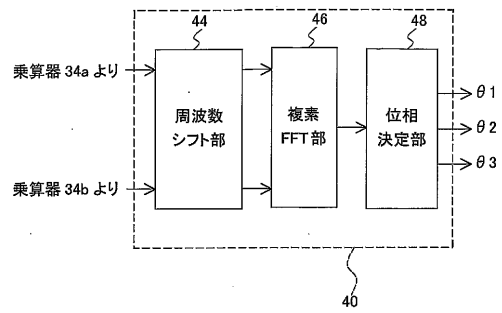
【図 5】

第 5 図



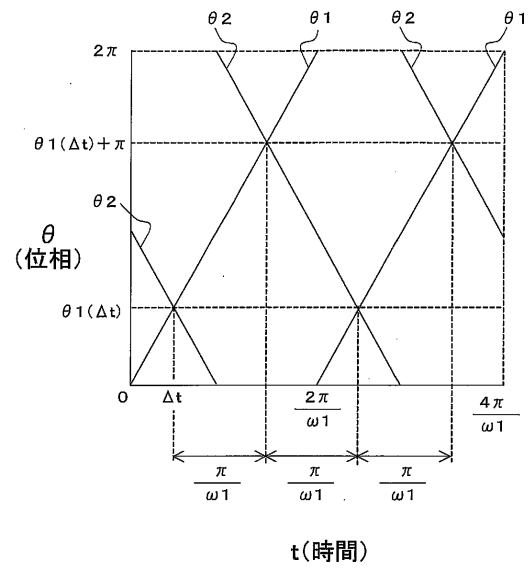
【図 4】

第 4 図



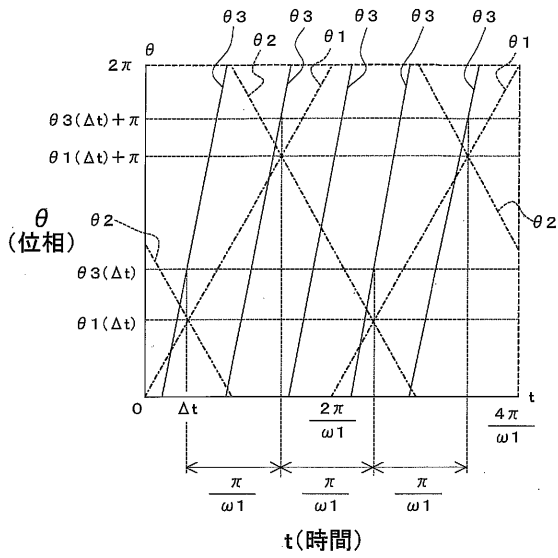
【図 6】

第 6 図



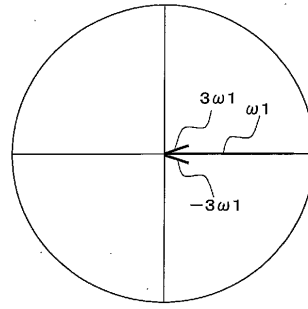
【図 7】

第 7 図



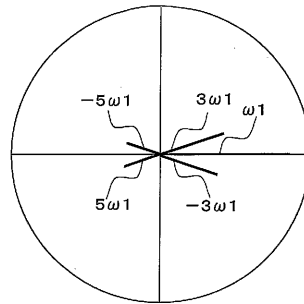
【図 8】

第 8 図



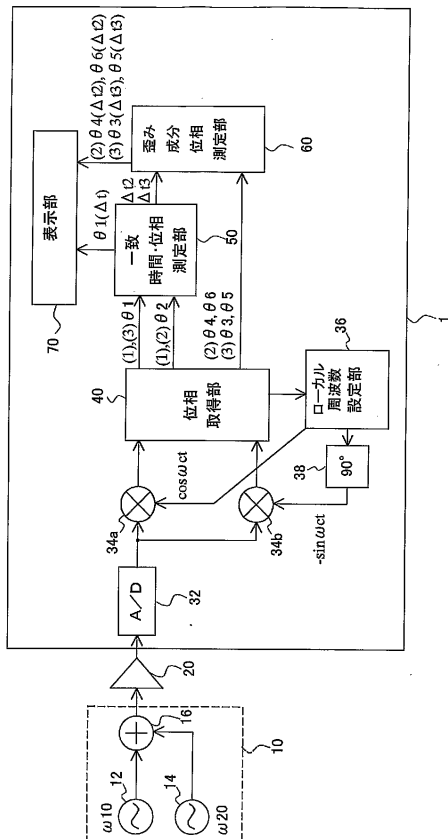
【図 9】

第 9 図



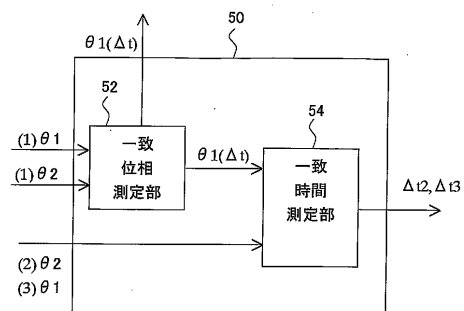
【図 10】

第 10 図



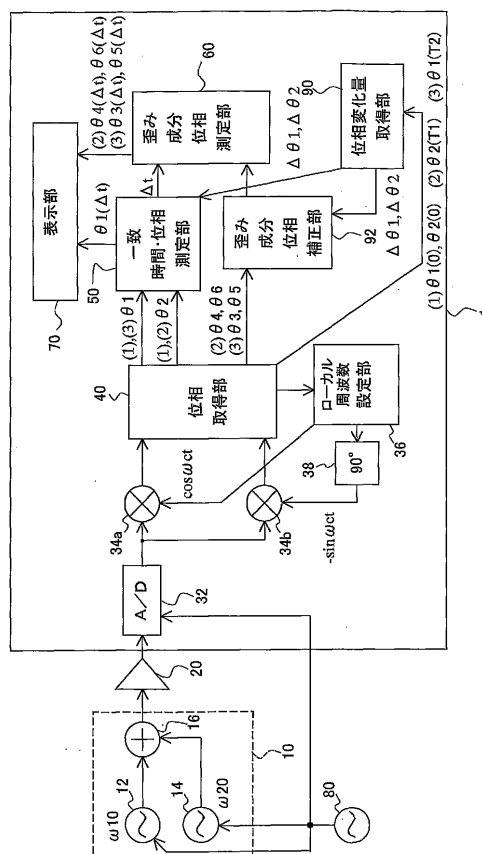
【図 11】

第 11 図



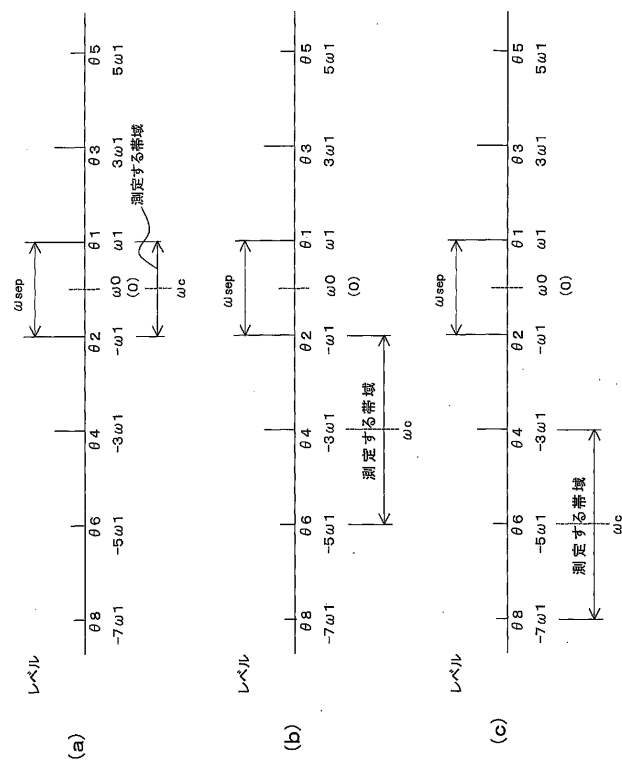
【图 1 3】

第 13 図



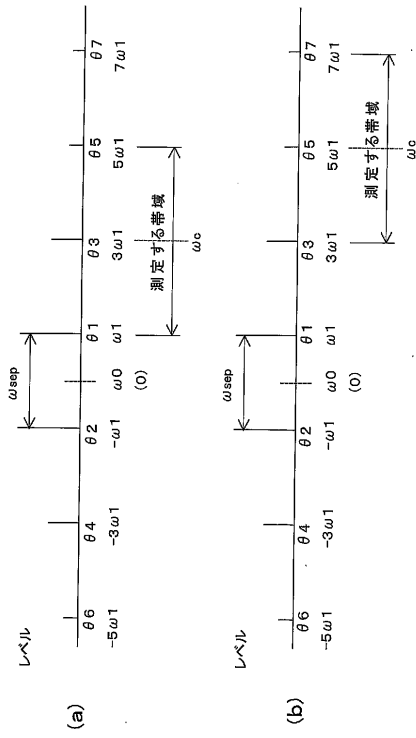
【 図 1 5 】

第 15 図



【図 16】

第 16 図



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/JP2005/000933
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl ⁷ G01R25/00, G01R23/20 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) Int.Cl ⁷ G01R25/00, G01R23/20 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 1996-2005 Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005 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.
A	JP 2002-228694 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 14 August, 2002 (14.08.02), Full text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 2000-314753 A (Mitsubishi Electric Corp.), 14 November, 2000 (14.11.00), Full text; all drawings (Family: none)	1-17
A	JP 7-229944 A (Mitsubishi Electric Corp.), 29 August, 1995 (29.08.95), Full text; all drawings (Family: none)	1-17
☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "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) "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 "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 "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 "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 "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 29 March, 2005 (29.03.05)		Date of mailing of the international search report 12 April, 2005 (12.04.05)
Name and mailing address of the ISA/ Japanese Patent Office		Authorized officer
Facsimile No.		Telephone No.

国際調査報告		国際出願番号: PCT/JP2005/000933	
A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))			
Int. Cl ⁷ G01R 25/00 , G01R 23/20			
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 ⁷ G01R 25/00 , G01R 23/20			
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 1971-2005年 日本国実用新案登録公報 1996-2005年 日本国登録実用新案公報 1994-2005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	
A	JP 2002-228694 A (松下電器産業株式会社) 2002. 08. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17	
A	JP 2000-314753 A (三菱電機株式会社) 2000. 11. 14, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17	
A	JP 7-229944 A (三菱電機株式会社) 1995. 08. 29, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-17	
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ 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 29. 03. 2005		国際調査報告の発送日 12. 4. 2005	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁 (ISA/JP) 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) 下中 義之	25 8203 電話番号 03-3581-1101 内線 3258

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), 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, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(注) この公表は、国際事務局(W I P O)により国際公開された公報を基に作成したものである。なおこの公表に係る日本語特許出願(日本語実用新案登録出願)の国際公開の効果は、特許法第184条の10第1項(実用新案法第48条の13第2項)により生ずるものであり、本掲載とは関係ありません。