

(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2012-211883
(P2012-211883A)

(43) 公開日 平成24年11月1日(2012.11.1)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 R 23/16 (2006.01)	GO 1 R 23/16 D	2 G O 2 8
GO 1 R 27/02 (2006.01)	GO 1 R 27/02 A	

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-78745 (P2011-78745)
(22) 出願日 平成23年3月31日 (2011. 3. 31)

(71) 出願人 000006507
横河電機株式会社
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号
(72) 発明者 中西 弘文
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内
(72) 発明者 岡田 修平
東京都武蔵野市中町2丁目9番32号 横河電機株式会社内
Fターム(参考) 2G028 CG08 CG20 DH11 GL06 GL09

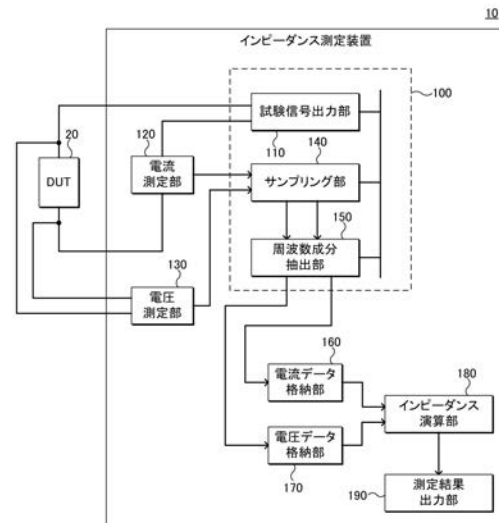
(54) 【発明の名称】 測定装置、信号測定方法

(57) 【要約】

【課題】複数の異なる周波数信号を重畳した試験信号を出力し、試験信号に対する測定信号から各周波数成分を抽出する際の処理負荷を軽減する。

【解決手段】試験信号を出力する試験信号出力部と、測定信号をサンプリングするサンプリング部と、サンプルデータから、周波数成分を抽出する周波数成分抽出部とを備え、試験信号出力部が出力する試験信号は、ナイキスト周波数以下である $f_1 \dots f_q$ の周波数信号と、ナイキスト周波数超である $f_{q+1} \dots f_n$ の周波数信号とを重畳した信号であり、かつ $f_{q+1} \dots f_n$ について折り返しで出現する周波数それぞれが、 $f_1 \dots f_q$ のいずれの周波数および折り返しで出現する他のいずれの周波数とも異なる信号であり、周波数成分抽出部は、折り返しで出現した周波数のそれぞれを、その周波数に基づいて $f_{q+1} \dots f_n$ のいずれかの周波数に対応付けて周波数成分を抽出する測定装置。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の異なる周波数信号を重畳した試験信号を出力する試験信号出力部と、
前記試験信号に対する測定信号をサンプリング周波数 f_s でサンプリングするサンプリング部と、

前記サンプリング部により得られたサンプルデータから、周波数成分を抽出する周波数成分抽出部とを備え、

前記試験信号出力部が出力する試験信号は、

前記サンプリング周波数 f_s のナイキスト周波数以下である $f_1 \dots f_q$ の周波数信号と、
ナイキスト周波数超である $f_{q+1} \dots f_n$ の周波数信号とを重畳した信号であり、かつ $f_{q+1} \dots f_n$ について折り返しで出現する周波数それぞれが、前記 $f_1 \dots f_q$ のいずれの周波数および折り返しで出現する他のいずれの周波数とも異なる信号であり、

前記周波数成分抽出部は、

折り返しで出現した周波数のそれぞれを、その周波数に基づいて $f_{q+1} \dots f_n$ のいずれかの周波数に対応付けて周波数成分を抽出すること、
を特徴とする測定装置。

【請求項 2】

前記測定信号は、電流信号と電圧信号であり、

抽出された周波数成分毎にインピーダンスを算出するインピーダンス演算部をさらに備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の測定装置。

【請求項 3】

複数の異なる周波数信号を重畳した試験信号を出力する試験信号出力ステップと、

前記試験信号に対する測定信号をサンプリング周波数 f_s でサンプリングするサンプリングステップと、

前記サンプリング部により得られたサンプルデータから、周波数成分を抽出する周波数成分抽出ステップとを含み、

試験信号出力ステップにおいて出力する試験信号は、

前記サンプリング周波数 f_s のナイキスト周波数以下である $f_1 \dots f_q$ の周波数信号と、
ナイキスト周波数超である $f_{q+1} \dots f_n$ の周波数信号とを重畳した信号であり、かつ $f_{q+1} \dots f_n$ について折り返しで出現する周波数それぞれが、前記 $f_1 \dots f_q$ のいずれの周波数および折り返しで出現する他のいずれの周波数とも異なる信号であり、

前記周波数成分抽出ステップは、

折り返しで出現した周波数のそれぞれを、その周波数に基づいて $f_{q+1} \dots f_n$ のいずれかの周波数に対応付けて周波数成分を抽出すること、
を特徴とする信号測定方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、測定装置に係り、特に、被測定物に交流信号を印加し、被測定物に生じる電位差と、被測定物に流れる電流とから被測定物のインピーダンスを測定するのに適した測定装置および信号測定方法に関する。

【背景技術】

【0002】

電池等の被測定装置 (DUT: Device under test) の性能を測るため、インピーダンスを測定することが一般的に行なわれている。このようなインピーダンス測定では、図 4 に示すように、DUT 300 に対して、発振器 310 からある周波数の交流信号を印加し、電圧計 320 で DUT 300 の端子電圧を測定し、電流計 320 で DUT 300 に流れる電流を測定する。そして、測定された電圧値を電流値で割ることによりその周波数におけるインピーダンスを算出する。

【0003】

10

20

30

40

50

また、材料の特性評価、劣化診断等においては、複数の周波数についてインピーダンスを測定し、横軸を実部、縦軸を虚部とする複素平面上に各周波数における複素インピーダンスを表示する場合が多い。特に、虚部の極性を逆にしたものは、Cole-cole plotと呼ばれ、電気化学分野で多用されている。図5は、Cole-cole plotの一例を示す図である。

【0004】

複数の周波数についてインピーダンスを測定する場合、各周波数について個別に測定を実施すると多くの測定時間を要することとなる。このため、異なる複数の周波数信号を重畳した合成波形を入力し、測定信号のサンプリングデータに対してDFT (discrete Fourier transform) 演算を行なうことにより各周波数の信号成分を抽出して、周波数毎のインピーダンスを算出することが行なわれている。図6は、異なる複数の周波数信号を重畳してDUT300に印加する合成波形を生成する例を示しており、図6(a)に示す1Hzの信号と、図6(b)に示す10Hzの信号と、図6(c)に示す100Hzの信号とを重畳して、図6(d)に示す合成波形を生成している。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【特許文献1】特開2004-163344号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

20

複数の周波数信号を重畳した合成波形を用いることにより、それぞれの周波数信号を1つずつ掃引する測定法よりも測定時間を短縮することができる。しかしながら、測定信号のサンプリングデータの取得に際し、最も周波数の高い信号成分に対しても十分なサンプル点数を確保する必要から、最高周波数の少なくとも2倍、現実的には10倍程度のサンプリングレートが要求される。このため、高性能のAD変換器を用いなければならず、コスト上昇を招来する。

【0007】

また、最も周波数の高い信号成分に対して十分なサンプル点数を確保すると、他の周波数の信号成分に対しては過剰なサンプル点数でデータが取得され、結果として、DFT演算やデータ転送の負荷が大きくなり、DFT演算やデータ転送に長い時間を要することになっていた。

30

【0008】

そこで本発明は、複数の異なる周波数信号を重畳した試験信号を出力し、試験信号に対する測定信号から各周波数成分を抽出する際の処理負荷を軽減することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

上記課題を解決するため、本発明の測定装置は、複数の異なる周波数信号を重畳した試験信号を出力する試験信号出力部と、前記試験信号に対する測定信号をサンプリング周波数 f_s でサンプリングするサンプリング部と、前記サンプリング部により得られたサンプルデータから、周波数成分を抽出する周波数成分抽出部とを備え、前記試験信号出力部が出力する試験信号は、前記サンプリング周波数 f_s のナイキスト周波数以下である $f_1 \dots f_q$ の周波数信号と、ナイキスト周波数超である $f_{q+1} \dots f_n$ の周波数信号とを重畳した信号であり、かつ $f_{q+1} \dots f_n$ について折り返しで出現する周波数それぞれが、前記 $f_1 \dots f_q$ のいずれの周波数および折り返しで出現する他のいずれの周波数とも異なる信号であり、前記周波数成分抽出部は、折り返しで出現した周波数のそれぞれを、その周波数に基づいて $f_{q+1} \dots f_n$ のいずれかの周波数に対応付けて周波数成分を抽出することを特徴とする。

40

【0010】

ここで、前記測定信号は、電流信号と電圧信号であり、抽出された周波数成分毎にインピーダンスを算出するインピーダンス演算部をさらに備えるようにしてもよい。

【0011】

50

上記課題を解決するため、本発明の信号測定方法は、複数の異なる周波数信号を重畳した試験信号を出力する試験信号出力ステップと、前記試験信号に対する測定信号をサンプリング周波数 f_s でサンプリングするサンプリングステップと、前記サンプリング部により得られたサンプルデータから、周波数成分を抽出する周波数成分抽出ステップとを含み、試験信号出力ステップにおいて出力する試験信号は、前記サンプリング周波数 f_s のナイキスト周波数以下である $f_1 \dots f_q$ の周波数信号と、ナイキスト周波数超である $f_{q+1} \dots f_n$ の周波数信号とを重畳した信号であり、かつ $f_{q+1} \dots f_n$ について折り返しで出現する周波数それぞれが、前記 $f_1 \dots f_q$ のいずれの周波数および折り返しで出現する他のいずれの周波数とも異なる信号であり、前記周波数成分抽出ステップは、折り返しで出現した周波数のそれぞれを、その周波数に基づいて $f_{q+1} \dots f_n$ のいずれかの周波数に対応付けて周波数成分を抽出することを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0012】

本発明によれば、複数の異なる周波数信号を重畳した試験信号を出力し、試験信号に対する測定信号から各周波数成分を抽出する際の処理負荷を軽減することができる。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】本実施形態に係るインピーダンス測定装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】試験信号のスペクトラムとサンプリングデータのスペクトラムとを示す図である。

20

【図3】シミュレーションの結果を示す図である。

【図4】DUTのインピーダンスを測定する回路例を示す図である。

【図5】Cole-cole plotの一例を示す図である。

【図6】異なる複数の周波数信号を重畳してDUTに印加する合成波形を生成する例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0014】

本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。本実施形態では、本発明の測定装置をインピーダンス測定装置に適用した場合について説明する。図1は、本実施形態に係るインピーダンス測定装置10の構成例を示すブロック図である。

30

【0015】

インピーダンス測定装置10は、複数の異なる周波数信号を重畳した試験信号をDUT20に出力し、DUT20に流れる電流およびDUT20の端子電圧を測定する。そして、測定信号をサンプリングして、サンプリングデータからDFT演算によって各周波数成分を抽出する。このときのサンプリングレートは、試験信号に含まれる最高周波数よりも低い周波数とすることができる。このため、サンプルデータ数を減らすことができ、DFT演算やデータ転送の負荷を軽減することができる。そして、抽出された電流と電圧の周波数成分から各周波数におけるDUT20のインピーダンスを算出する。

【0016】

本図に示すように、インピーダンス測定装置10は、試験信号出力部110、電流測定部120、電圧測定部130、サンプリング部140、周波数成分抽出部150、電流データ格納部160、電圧データ格納部170、インピーダンス演算部180、測定結果出力部190を備えている。なお、試験信号出力部110と、サンプリング部140と、周波数成分抽出部150とで本発明の測定装置100として機能する。

40

【0017】

インピーダンス測定装置10は、CPU、メモリ、補助記憶装置、入出力装置等を備えたPC等の情報処理装置を用いて構成することができ、インピーダンス測定装置10が備える機能ブロックは、ソフトウェアによって実現してもよいし、ハードウェアによって実現してもよい。

【0018】

50

試験信号出力部 140 は、複数の異なる周波数信号を重畳した試験信号を生成して、DUT20 に出力する。複数の異なる周波数は、後述する条件を満たすように設定されている。

【0019】

電流測定部 120 は、試験信号を印加された DUT20 に流れる電流を測定する。電圧測定部 130 は、試験信号を印加された DUT20 の端子電圧を測定する。

【0020】

サンプリング部 140 は、電流測定部 120 および電圧測定部 130 の測定結果を示すアナログ信号を、サンプリング周波数 f_s でサンプリングする。上述のように、サンプリング周波数 f_s は、試験信号に含まれる最高周波数よりも低い周波数とすることができる。

10

【0021】

周波数成分抽出部 150 は、サンプリング部 140 で得られた測定電流のサンプルデータと、測定電圧のサンプルデータとに対して DFT 演算を施すことにより、所望の周波数成分を抽出する。そして、抽出された周波数成分を試験信号に含まれている周波数に対応付けて、試験信号に含まれているそれぞれの周波数における電流値および電圧値とする。

【0022】

なお、DFT (離散フーリエ変換: discrete Fourier transform) 演算では、対象とする区間を基本周波数の周期とすれば、波形 f_j における基本周波数の倍数成分 c_k ($k = 1, 2, 3$) を、[数1] にしたがって計算することができる。ここで、 $k = 1$ は基本周波数である。つまり、合波信号において、 $k = 1, 2, 3 \dots$ を順次計算することにより、基本周波数の倍数成分の振幅と位相とを抽出することができる。

20

【数1】

$$c_k = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} f_j e^{-ikx_j}$$

【0023】

電流データ格納部 160 は、周波数成分抽出部 150 により抽出された各周波数における電流値を格納し、電圧データ格納部 170 は、周波数成分抽出部 150 により抽出された各周波数における電圧値を格納する。

30

【0024】

インピーダンス演算部 180 は、電流データ格納部 160 に格納された周波数毎の電流値と、電圧データ格納部 170 に格納された周波数毎の電圧値とから周波数毎のインピーダンスを演算する。測定結果出力部 190 は、インピーダンス演算部 180 の演算結果を表示装置に表示したり、電子データとして出力したり、印刷出力する。

【0025】

次に、本実施形態の特徴部分である、試験信号として重畳する周波数信号と、サンプリング周波数 f_s との関係について説明する。

【0026】

40

一般に、サンプリング周波数 f_s の $1/2$ の周波数は、ナイキスト周波数と呼ばれ、ナイキスト周波数以下の周波数成分は、忠実に再現できるのに対し、ナイキスト周波数を超える周波数成分は、折り返し(エイリアシング)という現象が生じる。この結果、ナイキスト周波数を超える周波数成分 f について、DFT 演算の結果、[数2] に示すような $f_{image}(N)$ という周波数成分が抽出されることになる。ここで、 N は、任意の整数である。

【数2】

$$f_{image}(N) = |f - Nf_s|$$

50

【 0 0 2 7 】

本実施形態では、ナイキスト周波数を超える周波数成分 f を、 $f_{\text{image}}(N)$ を抽出することにより間接的に抽出する。このため、試験信号に含まれる周波数信号を、サンプリング周波数 f_s のナイキスト周波数よりも高くすることができる。これは、本実施形態のインピーダンス測定装置 10 が、測定データから未知の周波数成分を抽出するのではなく、既知の周波数成分を抽出するものであることから実現できるものである。

【 0 0 2 8 】

ただし、得られた周波数成分と元の周波数成分とを対応付けることができるようにするために、試験信号に以下のような制約を設けるものとする。

【 0 0 2 9 】

すなわち、本実施形態において試験信号は、サンプリング周波数 f_s のナイキスト周波数以下である $f_1 \dots f_q$ の周波数信号と、ナイキスト周波数超である $f_{q+1} \dots f_n$ の周波数信号とを重畳した信号であり、かつ $f_{q+1} \dots f_n$ について折り返しで出現する周波数それぞれが、前記 $f_1 \dots f_q$ のいずれの周波数および折り返しで出現する他のいずれの周波数とも異なる周波数信号を重畳した信号とする。この条件を満たす限り、重畳する周波数信号の数の制限はない。

【 0 0 3 0 】

また、周波数成分抽出部 150 は、DFT 演算の結果得られた各周波数成分について、以下のような手順により、試験信号に含まれる周波数信号に対応付けるものとする。

【 0 0 3 1 】

すなわち、サンプリング周波数 f_s のナイキスト周波数以下である $f_1 \dots f_q$ の周波数と同じ周波数成分については、そのまま周波数 $f_1 \dots f_q$ に対応付け、それ以外の周波数成分については、得られた周波数成分を折り返しで出現させる $f_{q+1} \dots f_n$ いずれかの周波数に対応付ける。

【 0 0 3 2 】

例えば、サンプリング周波数 f_s を 100 Hz とし、試験信号として、1 Hz、10 Hz、103 Hz、1004 Hz の重畳信号を用いた場合について説明する。ここで、試験信号に含まれる 1 Hz、10 Hz、103 Hz、1004 Hz およびサンプリング周波数 f_s の 100 Hz は、上述の条件を満たしている。すなわち、ナイキスト周波数超の 103 Hz、1004 Hz について折り返しで出現する周波数は 3 Hz、4 Hz であり、ナイキスト周波数以下である 1 Hz と 10 Hz とも異なっている。

【 0 0 3 3 】

図 2 の上段は、試験信号の周波数スペクトラムを示したものであり、サンプリング周波数 f_s のナイキスト周波数以下に 1 Hz と 10 Hz が分布し、ナイキスト周波数超に 103 Hz と 1004 Hz とが分布している。

【 0 0 3 4 】

図 2 の下段は、測定信号のサンプリングデータの周波数スペクトラムを示したものである。ナイキスト周波数以下の 1 Hz と 10 Hz の成分は、そのまま 1 Hz と 10 Hz に表われ、ナイキスト周波数超の 103 Hz と 1004 Hz の成分は、折り返されて 3 Hz と 4 Hz とに表われている。なお、本例の場合、サンプリング区間は最低周波数 1 Hz の 1 周期分とすれば、10 Hz、3 Hz、4 Hz それぞれの信号の整数周期分となり、正確な DFT 演算が可能となる。

【 0 0 3 5 】

周波数成分抽出部 150 は、1 Hz、10 Hz の周波数成分は、そのまま 1 Hz、10 Hz の周波数成分とし、3 Hz、4 Hz の周波数成分を、103 Hz、1004 Hz に対応付けることで、試験信号に含まれる各周波数についての測定データを得ることができる。

【 0 0 3 6 】

このように、本実施形態では、サンプリング周波数 f_s を、試験信号に含まれる最高周波数よりも低い周波数とすることができる。このため、サンプルデータ数を減らすことが

10

20

30

40

50

でき、DFT演算やデータ転送の負荷を軽減することができるのに加え、演算時間も短縮される。また、高価なAD変換器や多量のメモリ容量が不要となるため、コスト削減を実現することができる。

【0037】

ここで、[数3]で表わされる重畳信号を用いたシミュレーション結果について説明する。

【数3】

$$I(t) = I_1 \sin(2\pi f_1 t) + I_2 \sin(2\pi f_2 t + \frac{\pi}{4}) + I_3 \sin(2\pi f_3 t + \frac{\pi}{2}) + I_4 \sin(2\pi f_4 t + \frac{3\pi}{4})$$

$$I_1 = I_2 = I_3 = I_4 = 1[A]$$

$$f_1 = 1[Hz], \quad f_2 = 10[Hz], \quad f_3 = 103[Hz], \quad f_4 = 1004[Hz]$$

10

【0038】

図3(a)は、重畳信号の波形を示しており、図3(b)は、100Hzのサンプリング周波数で重畳信号を1秒間サンプリングした結果を示している。また、図3(c)は、[数3]において、 $f_1 = 1Hz$ 、 $f_2 = 10Hz$ 、 $f_3 = 3Hz$ 、 $f_4 = 4Hz$ としたときの波形を示しており、図3(b)において、103Hz、1004Hzが3Hz、4Hzに折り返されて出現していることが分かる。

【0039】

図3(d)は、サンプリングデータに対して[数4]に示すDFT演算を行ない、演算結果を元の周波数に対応付けて複素平面上にプロットした図である。本図から、 $f_1 = 1Hz$ 、 $f_2 = 10Hz$ 、 $f_3 = 103Hz$ 、 $f_4 = 1004Hz$ の各周波数について、振幅情報、位相データとも正確に抽出されていることが分かる。

20

【数4】

$$i^*(k) = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} i(n) \cdot e^{-j \cdot 2\pi f_k n \Delta t}$$

$$k = 1 \sim 4, \quad N = 100,$$

$$f_1 = 1, f_2 = 10, f_3 = 3, f_4 = 4$$

30

【0040】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本発明は、本実施形態に限られず、種々の態様をとることができる。例えば、試験信号出力部110からの出力信号は、電圧信号だけでなく、電流信号としてもよい。また、電圧測定部130、電流測定部120の信号をフィードバックすることにより、所望の信号をDUT20に印加するようにしてもよい。

【0041】

また、本発明の測定装置100は、電池、コンデンサ等の電子部品、人間の体脂肪、生物の細胞等のインピーダンス測定のみならず、コンクリート、鉄鋼の強度診断等に広く適用することができる。

40

【符号の説明】

【0042】

10 ... インピーダンス測定装置

20 ... DUT

100 ... 測定装置

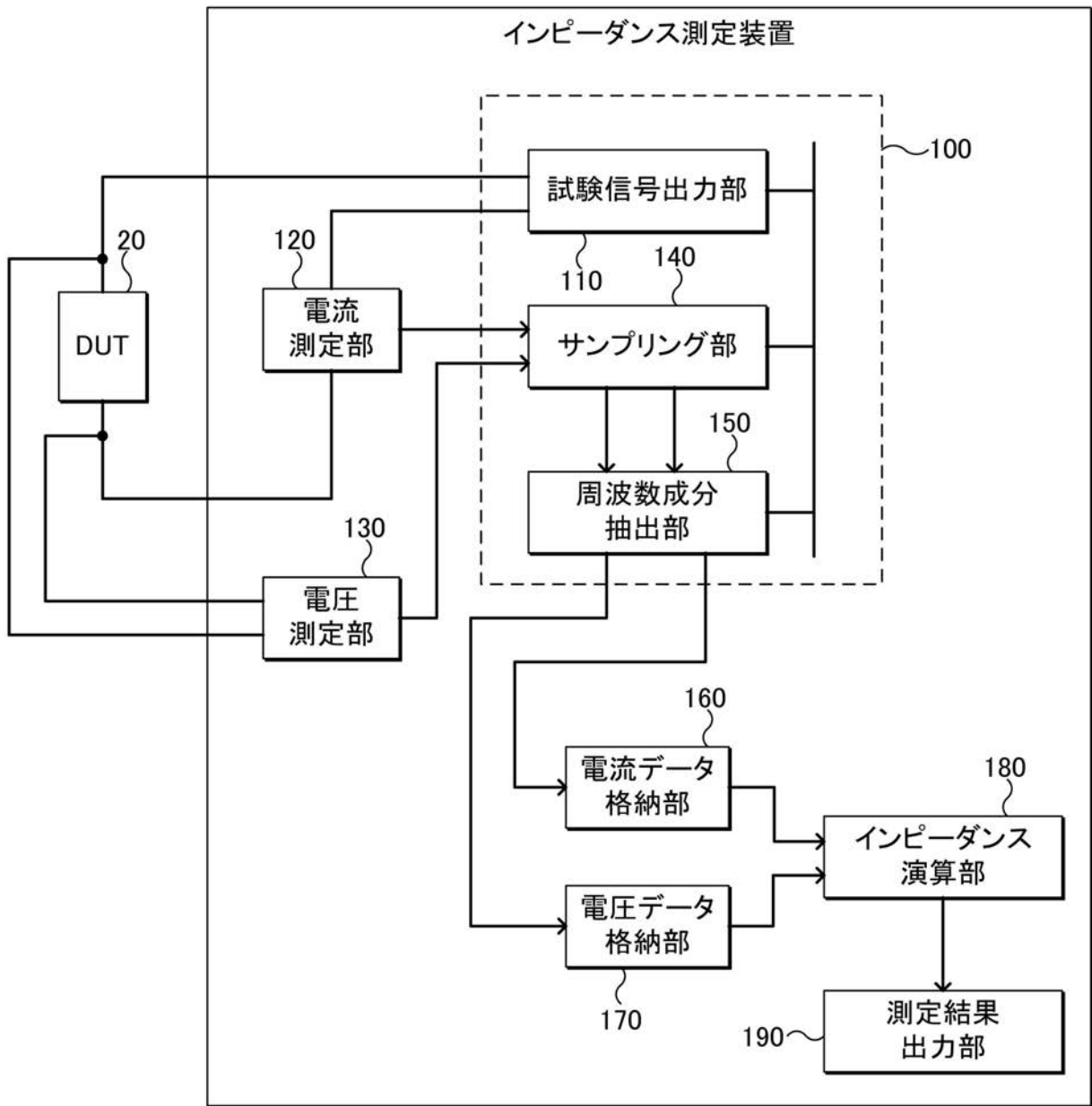
110 ... 試験信号出力部

120 ... 電流測定部

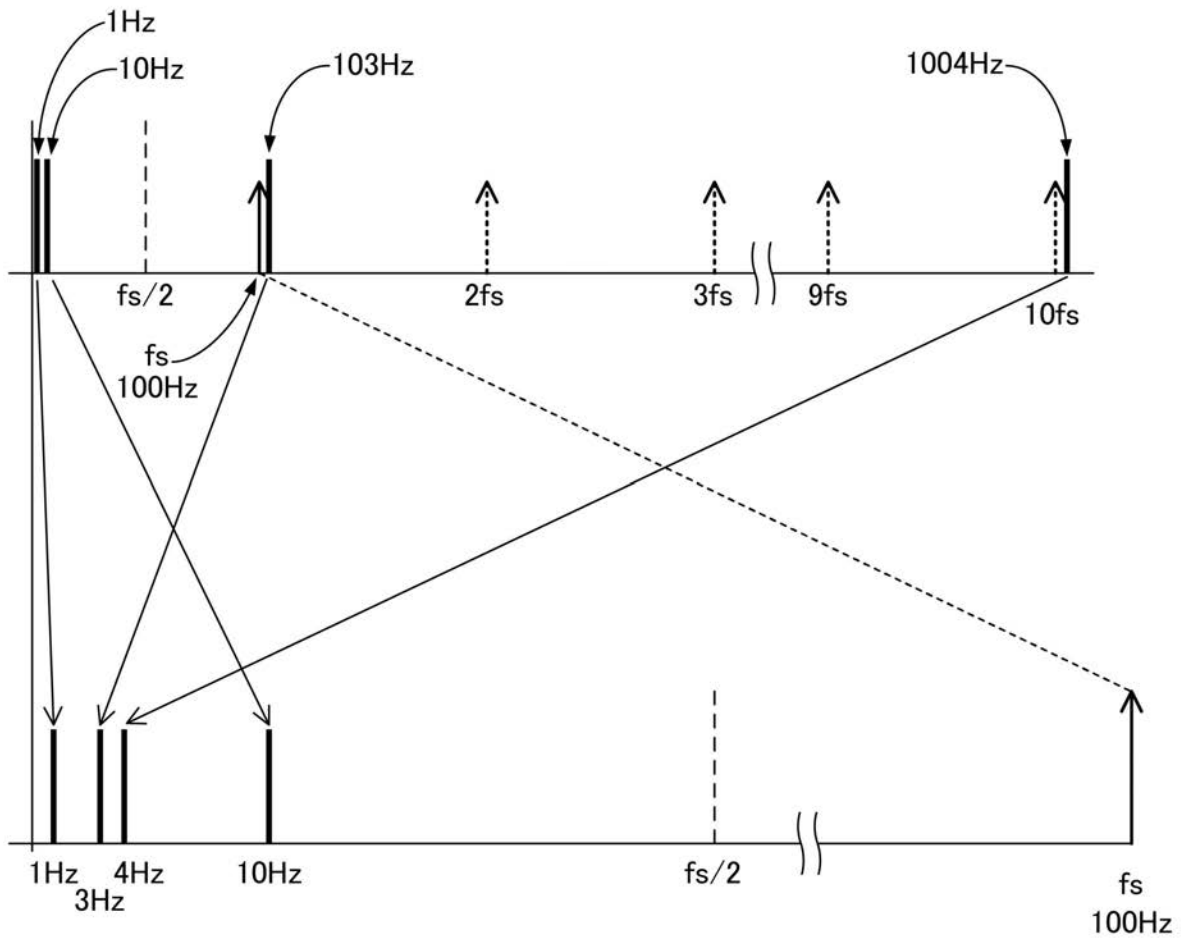
50

- 1 3 0 ... 電圧測定部
- 1 4 0 ... サンプリング部
- 1 4 0 ... 試験信号出力部
- 1 5 0 ... 周波数成分抽出部
- 1 6 0 ... 電流データ格納部
- 1 7 0 ... 電圧データ格納部
- 1 8 0 ... インピーダンス演算部
- 1 9 0 ... 測定結果出力部
- 3 0 0 ... D U T
- 3 1 0 ... 発振器
- 3 2 0 ... 電圧計
- 3 2 0 ... 電流計

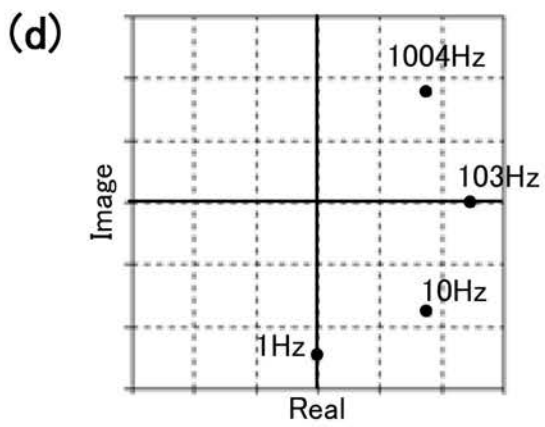
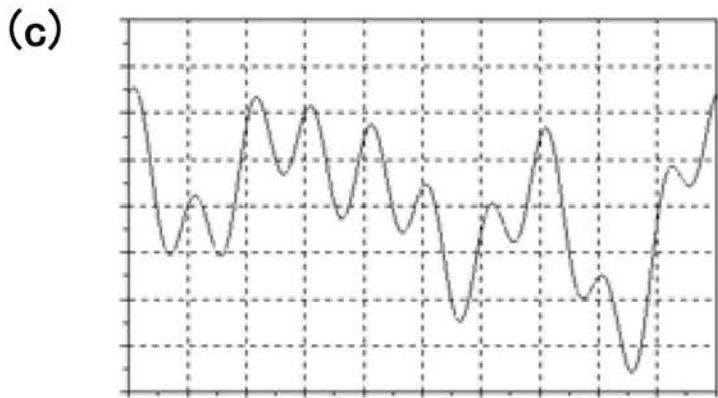
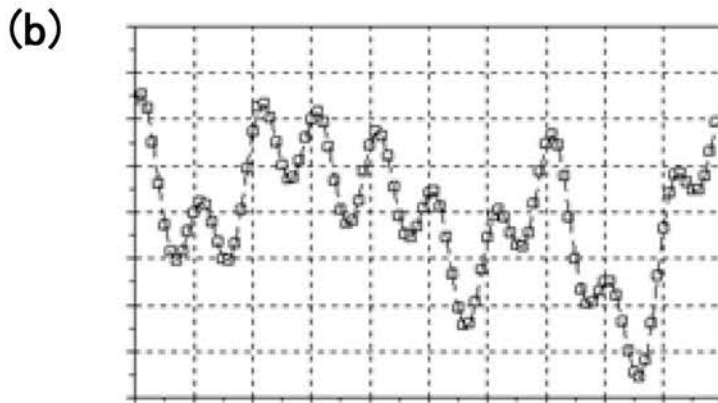
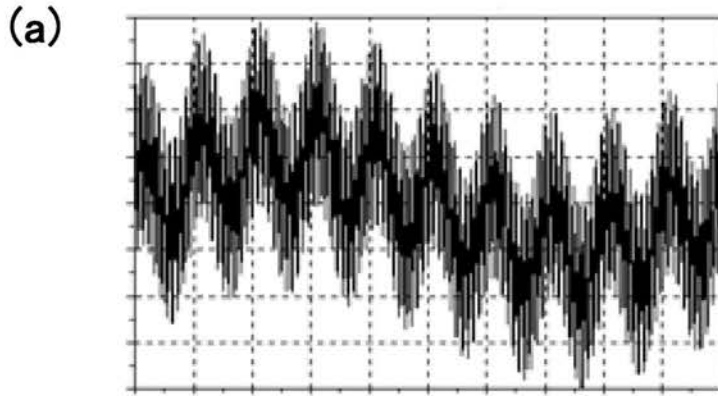
【図1】



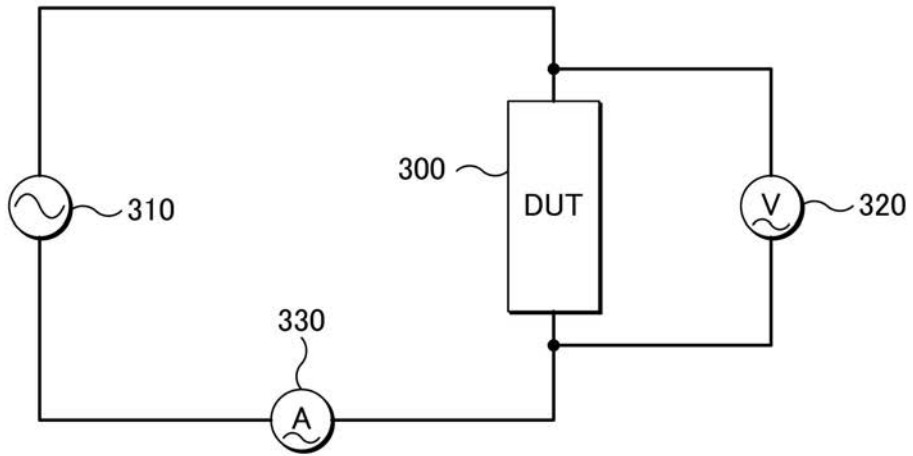
【 図 2 】



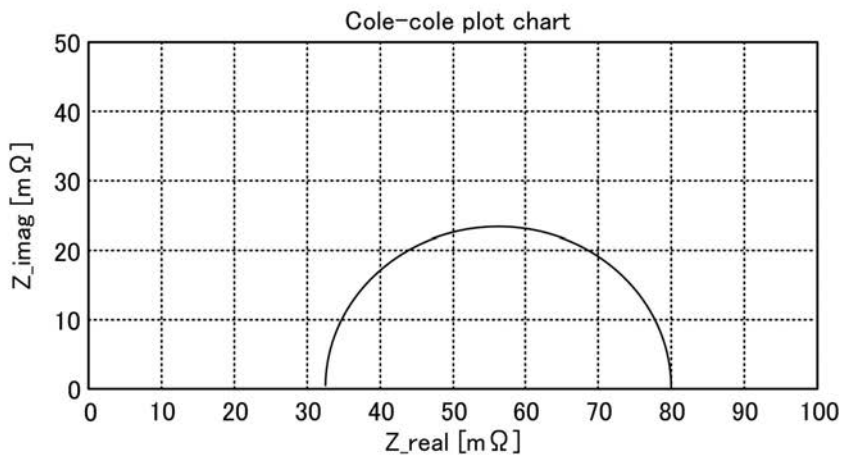
【 図 3 】



【 図 4 】

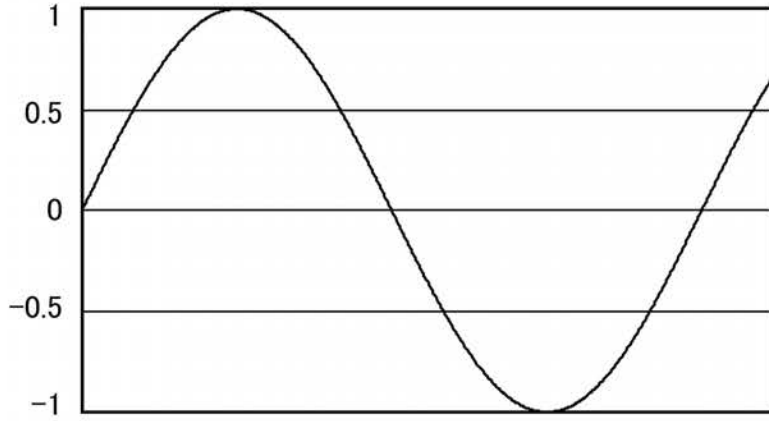


【 図 5 】

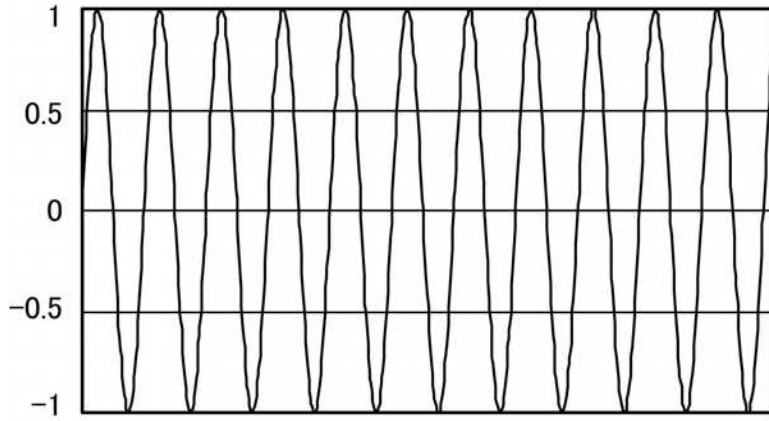


【 図 6 】

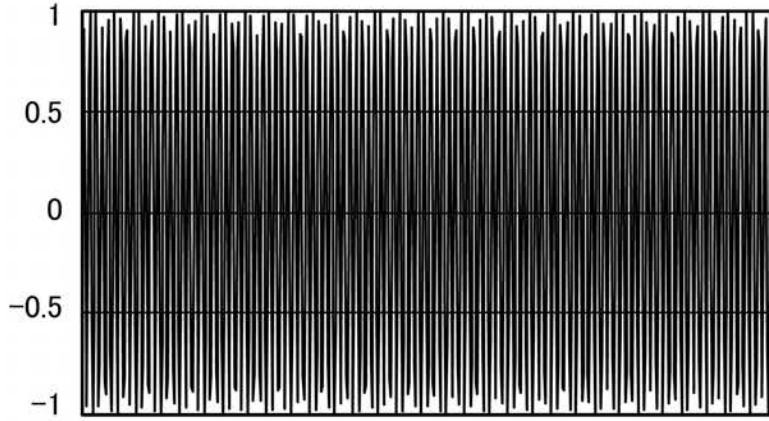
(a)



(b)



(c)



(d)

