

(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2013-238434

(P2013-238434A)

(43) 公開日 平成25年11月28日(2013.11.28)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
GO1R 21/00 (2006.01)	GO1R 21/00 C	2GO17
GO1R 21/08 (2006.01)	GO1R 21/08	
GO1R 33/09 (2006.01)	GO1R 33/06 R	

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 22 頁)

(21) 出願番号 特願2012-110116 (P2012-110116)
 (22) 出願日 平成24年5月11日 (2012.5.11)

(71) 出願人 506122327
 公立大学法人大阪市立大学
 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号
 (74) 代理人 100118924
 弁理士 廣幸 正樹
 (72) 発明者 辻本 浩章
 大阪府大阪市住吉区杉本3丁目3番138号 公立大学法人大阪市立大学内
 Fターム(参考) 2G017 AA10 AD55 BA05

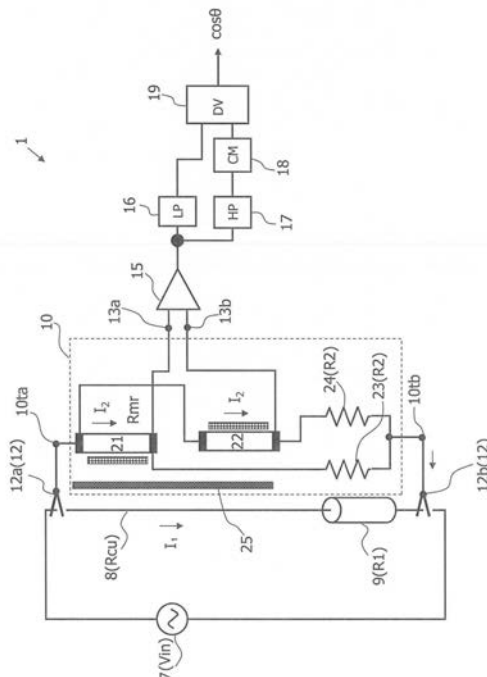
(54) 【発明の名称】 力率計測装置

(57) 【要約】

【課題】 小型であり、1つの素子で力率を計測できる力率計測装置が望まれている。

【解決手段】 前記電源に対して前記負荷と並列に連結するための一対の連結端(12)と、同一外部磁界によって電気抵抗の変化が異なる2つの磁性素子(21、22)と、前記2つの磁性素子の差動電圧を出力する一対の計測端子(13)と、前記一対の連結端(12)と接続される一対のセンサ端子(10t)を含む力率センサ部(10)と、前記計測端子(13)間の電圧を計測する電圧検出部(15)と、前記電圧検出部(15)の出力に接続されたローパスフィルタ(16)と、前記電圧検出部(15)の出力に接続されたハイパスフィルタ(17)と、前記ハイパスフィルタ(17)に接続された整流器(18)と、前記ローパスフィルタ(16)の出力と、前記整流器(18)の出力を除算する除算手段(19)を有することを特徴とする力率計測装置。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

電源に接続線を介して接続された負荷において消費される電力の力率を測定する力率計測装置であって、

前記電源に対して前記負荷と並列に連結するための一対の連結端と、
 同一外部磁界によって電気抵抗の変化が異なる 2 つの磁性素子と、
 前記 2 つの磁性素子の差動電圧を出力する一対の計測端子と、
 前記一対の連結端と接続される一対のセンサ端子を含む力率センサ部と、
 前記計測端子間の電圧を計測する電圧検出部と、
 前記電圧検出部の出力に接続されたローパスフィルタと、
 前記電圧検出部の出力に接続されたハイパスフィルタと、
 前記ハイパスフィルタに接続された整流器と、
 前記ローパスフィルタの出力と、前記整流器の出力を除算する除算手段
 を有することを特徴とする力率計測装置。

10

【請求項 2】

前記 2 つの磁性素子は、
 短冊状の磁性膜の両端に設けられた素子端子と、
 前記磁性膜の膜面に平行に磁界が印加されるバイアス手段を有し、
 前記バイアス手段は、それぞれの磁性素子に流れる電流方向に対して、一方の磁性素子の
 面内方向に印加する磁界方向と他方の磁性素子の面内方向に印加する磁界方向が異なるこ
 とを特徴とする請求項 1 に記載された力率計測装置。

20

【請求項 3】

前記 2 つの磁性素子は、
 短冊状の磁性膜の両端に設けられた素子端子と、
 前記磁性膜の表面に前記素子端子間方向に対して傾斜した複数の導体が形成されたバイア
 ス手段を有し、
 前記バイアス手段は、一方の磁性素子表面の導体の磁性素子に流れる電流方向に対する傾
 斜方向が、他方の磁性素子表面の導体の磁性素子に流れる電流方向に対する傾斜方向と異
 なることを特徴とする請求項 1 に記載された力率計測装置。

30

【請求項 4】

前記 2 つの磁性素子は、
 短冊状の磁性膜の両端に設けられた素子端子と、
 前記素子端子間方向に対して傾斜した磁化容易軸が誘導されたバイアス手段を有し、
 前記バイアス手段は、一方の磁性素子の磁性素子に流れる電流方向に対する磁化容易軸の
 傾斜方向が、他方の磁性素子の磁性素子に流れる電流方向に対する磁化容易軸の傾斜方向
 と異なる方向であることを特徴とする請求項 1 に記載された力率計測装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は誘導負荷を有する電気回路に置ける消費電力の力率を計測する装置に係るもの
 であり、特に磁性膜の磁気抵抗効果を利用した力率計測装置に関するものである。

40

【背景技術】

【0002】

交流電源を用いてリアクタンス成分を有する負荷を駆動する場合は、電圧と電流に位相
 差が生じる。この位相差によって、消費される電力は、有効電力と無効電力が生じる。無
 効電力の増大は、電源の有効利用にならないため、当然低減し、有効電力を増大させるこ
 とが望ましい。

【0003】

電源から供給される電力に対して有効電力の割合を力率と呼び、通常 \cos で表す。
 ここで は、電流 - 電圧の位相差である。有効電力をできるだけ大きくするためには、電

50

力消費回路における力率を計測し、力率が大きくなるように回路を調整する必要がある。特に、省エネという観点からは、力率の表示が現在の運転効率を直接表示することになり、力率を高めて効率的な運転を目指すとともに、力率の直接計測が望まれる。

【0004】

しかしながら、回路で消費される電力の力率は、無効電力を計測することで行われる場合が多い。これは、互いに90°位相のずれた電圧、電流信号の積を取ることで求める。この90°の位相シフトには、変圧器や積分回路といった要素が用いられていた。しかし、このような方法は、負荷変動の際には、無効電力の計算が複雑になるという課題があった。

【0005】

この課題を解決するために特許文献1では、交流回路の電圧および電流をサンプリングするサンプリング手段と、前記サンプリング手段によりサンプリングされた電圧データおよび電流データをサンプリングポイント毎に記憶するメモリ手段と、前記メモリ手段により記憶された電圧データおよび電流データから無効電力を演算する疑似無効電力演算手段とを備え、前記メモリ手段は前記電圧データおよび電流データを同位相で1周期分記憶し、前記疑似無効電力演算手段は前記メモリ手段により記憶された所定周期分の電圧データおよび電流データについて、各サンプリングポイントの電流データと90°位相がずれたサンプリングポイントの電圧データをそれぞれ循環的に乗算し、それらの乗算値の平均から無効電力を演算する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】特開2001-074788号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

省エネという観点や、電力が自動車などの移動体の駆動へ利用されると、さまざまな箇所での力率計測が必要になる。そのような需要に応えるためには、小型のセンサと簡便な計測部を有する力率計測装置が必要となる。

【0008】

特許文献1で開示された力率測定装置は、比較的簡単な構成で無効電力を演算することができるが、交流回路の電圧および電流をサンプリングするサンプリング手段が必要であり、計測装置特にセンサ部分の大きさは、小さくできない。また、回路結線後に電流のサンプリング手段を配置させようとする、接続線をクランプする必要があり、壁等の溝に埋め込み配設された接続線に対してサンプリング手段を配設するのは、容易ではないという課題が生じる。さらに、特許文献1の方法では、力率を直接測定できていないという課題がある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は上記のような課題に鑑み想到されたものであり、磁性膜の有する磁気抵抗効果を利用した力率計測装置である。より具体的に本発明の力率計測装置は、

電源に接続線を介して接続された負荷において消費される電力の力率を測定する力率計測装置であって、

前記電源に対して前記負荷と並列に連結するための一对の連結端と、

同一外部磁界によって電気抵抗の変化が異なる2つの磁性素子と、

前記2つの磁性素子の差動電圧を出力する一对の計測端子と、

前記一对の連結端と接続される一对のセンサ端子を含む力率センサ部と、

前記計測端子間の電圧を計測する電圧検出部と、

前記電圧検出部の出力に接続されたローパスフィルタと、

前記電圧検出部の出力に接続されたハイパスフィルタと、

10

20

30

40

50

前記ハイパスフィルタに接続された整流器と、
前記ローパスフィルタの出力と、前記整流器の出力を除算する除算手段
を有することを特徴とする。

【発明の効果】

【0010】

本発明による力率計測装置は、非接触（原理）、設置が容易（超小型、薄型）、省エネ（計測時のエネルギー消費小）、といった磁性薄膜電力センサのメリットを生かし、誘導電動機の細部において、力率を直接計測できる。したがって、電力消費状況の可視化が可能になり、誘導電動機などのリアクタンス要素を有する回路に応用することにより、運転状況や負荷状況に応じた省エネ駆動制御が可能となる。

10

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】本発明の力率計測装置の構成を示す図である。

【図2】本発明の力率センサ部の拡大を示す図である。

【図3】本発明の第1の磁性素子の動作原理を示す図である。

【図4】本発明の第2の磁性素子の動作原理を示す図である。

【図5】他の第1の磁性素子の構造を示す図である。

【図6】他の第2の磁性素子の構造を示す図である。

【図7】バーバーポールタイプの磁性素子を用いた力率センサ部の構成を示す図である。

【図8】バーバーポールタイプの磁性素子を用いた力率計測装置の構成を示す図である。

20

【図9】他の構成の磁性素子を用いた力率計測装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下本発明に係る力率計測装置について図を参照しながら説明する。なお、以下の説明は本発明の一実施形態を例示するのであり、以下の実施形態に限定されるものではない。本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、以下の実施形態は変更することができる。

【0013】

（実施の形態1）

図1は本発明の力率計測装置の構成を示したものである。本発明の力率計測装置1は、連結端12と、力率センサ部10と、電圧検出部15と、ローパスフィルタ16と、ハイパスフィルタ17と、整流器18と、除算手段19を含む。また、本発明の力率計測装置1は、電源7に接続された負荷9（抵抗値は R_1 ）で消費される電力の力率を計測する。ここで、電源7は交流である。なお、電源7と負荷9の間は接続線8（抵抗値は R_{cu} ）で接続される。

30

【0014】

連結端12は、計測対象となる回路の電源7に対して負荷9と並列に、力率計測装置1の力率センサ部10を接続するための端子である。したがって、この連結端12は1対あり、それぞれ区別する場合は、連結端12a、12bとよぶ。

【0015】

図2には、力率センサ部10と連結端12だけを示す。力率センサ部10は、磁性膜の磁気抵抗効果を利用した素子を2つ組み合わせ、それぞれの差動出力を取り出す端子（計測端子13：それぞれ13a、13b）が設けられている。また、連結端12と接続されるセンサ端子10t（10ta、10tb）が設けられる。力率センサ部10の構成としては、第1の磁性素子21と第2の磁性素子22のそれぞれに、計測抵抗23および24（それぞれ抵抗値は R_2 ）が直列に接続されたものが、並列に接続されている。

40

【0016】

第1の磁性素子21は、短冊状に形成された磁性膜21jの両端に素子端子21aおよび21bが形成され、バイアス手段21cが配設されている。バイアス手段21cは、第1の磁性素子21の磁性膜21j中に形成される磁化を、素子端子21a、21b間に流れる電流 I_2 の向きに対して、動作点まで変える（回転させる）ための手段である。例え

50

ば、図2の第1の磁性素子21の場合は、矢印MFの方向に磁界を印加する永久磁石である。この矢印MFは磁性膜21jの面内方向に印加される。

【0017】

同様に第2の磁性素子22も、短冊状に形成された磁性膜22jの両端に素子端子22aおよび22bが形成され、バイアス手段22cが配設されている。ただし、第2の磁性素子22では、バイアス手段22cは、素子端子22a、22b間に流れる電流 I_2 に対して、バイアス手段21cとは逆方向にバイアスを印加する(矢印MF')。なお、後述するようにバイアス手段21c、22cは、このように永久磁石のように磁性膜21j、22jに磁界を印加する手段だけでなく、磁性膜の磁化と磁性膜を流れる電流の向きを変更できる構成であればよい。

10

【0018】

また、素子端子21a(22a)から素子端子21b(22b)に向かう方向を磁性素子21(22)の長手方向と呼ぶ。また、第1の磁性素子21と第2の磁性素子22は、接続線8の電流 I_1 方向(図1参照)に長手方向を揃えて配置される。接続線8の電流 I_1 の発生する磁界Hを磁性膜の面内に作用させるためである。また、それぞれの磁性素子21、22は、接続線8の表面から等距離に配置されるのが望ましい。接続線8を流れる電流 I_1 による磁界Hは、接続線8の中心からの距離で決まるからである。逆に、接続線8の断面が円形で、接続線8の中心からの距離が等しければ、第1の磁性素子21と第2の磁性素子22は、必ずしも1直線状に配置されていなくてもよい。

20

【0019】

第1の磁性素子21の一方端21aは、力率センサ部10のセンサ端子10taと接続される。そして、第1の磁性素子21の他方端21bは、第1の計測抵抗23と直列に接続される。第2の磁性素子22の一方端22aは、同じく力率センサ部10のセンサ端子10taと接続される。そして、第1の磁性素子21同様、第2の磁性素子22の他方端22bは、第2の計測抵抗24と直列に接続される。

【0020】

第1の計測抵抗23および第2の計測抵抗24は、また、力率センサ部10のセンサ端子10tbに接続される。すなわち、力率センサ部10の一方端10taと他方端10tbの間で、第1の磁性素子21と第1の計測抵抗23、第2の磁性素子22と第2の計測抵抗24がブリッジ回路を構成する。

30

【0021】

計測端子13は、第1の磁性素子21と第2の磁性素子22の一方の素子端子21b、22bに接続されている。ここで、第1の計測抵抗23と第2の計測抵抗24は、同一の抵抗値を有し、なおかつ、磁性素子21、22の素子端子(21aと21bおよび22aと22b)間の抵抗 R_{mr} と比較して十分大きな抵抗である。

【0022】

したがって、計測端子13a、13b間は、ブリッジ回路の差動出力となっている。また、計測抵抗23、24が磁性素子21、22の素子端子間の抵抗 R_{mr} より十分に大きいので、力率計測装置1の連結端12間に印加される電圧に係らず、一定の電流が流れるとみなせる。

40

【0023】

次に図3、図4を用いて磁性素子21、22を詳説する。図3(a)には、第1の磁性素子21だけを示す。第1の磁性素子21では、磁性膜21jの磁化容易軸は素子端子21a、21b間の軸21EA方向に形成されている。言い換えると、磁化容易軸は長手方向に誘導されている。この時の素子端子21a、21b間の抵抗 R_{mr} と、磁性膜21jの面内直角方向にかかる磁界Hとの関係を図3(b)に示す。

【0024】

図3(b)では、横軸が面内直角方向の磁界Hであり、縦軸は磁性膜21jの長手方向の抵抗値 R_{mr} ()である。なお、ここで、面内直角方向というのは、軸21EA方向に対して磁性膜21j面内方向であってかつ直角方向に、外部から磁界が印加されること

50

を意味する。磁気抵抗特性を表す曲線 MRC は、外部磁界ゼロの点を対称軸とした偶関数となる。

【0025】

第1の磁性素子21はバイアス手段21cによって、バイアス磁界MFが軸21EAに直角方向に印加されている。このバイアス磁界MFによって、磁性膜21jの磁化Mは軸21EAから角度 θ だけ傾く(図3(a)参照)。これを図3(b)で見ると、バイアス磁界MFの大きさHbaissが磁性膜21jに印加されているので、動作点が曲線MRCに沿って、Hbaiss分だけ変化する。なお、第1の磁性素子21に流される電流は、素子端子21a、21b間に印加されるので、ほぼ軸21EA(長手方向)に沿って流れる。

10

【0026】

この傾斜によって磁性膜21jの抵抗値は、 R_{m0} まで下がる。この点が第1の磁性素子21の動作点となる。言い換えると、動作点での抵抗値は R_{m0} である。

【0027】

ここで、図3(a)の方向に磁界Hが印加されたとする。この外部磁界Hによって、磁化Mは軸21EA方向に回転させられ、電流 I_2 となす角が θ より小さくなる。図3(b)を参照して、電流 I_2 と磁化Mとなす角度が小さくなると、第1の磁性素子21の抵抗値は R_{mr} だけ増加する(+ R_{mr})。

【0028】

図4には、図3同様第2の磁性素子22だけを記載する。第2の磁性素子22では、バイアス手段22cの方向が図3の第1の磁性素子21のバイアス手段21cと電流 I_2 に対して方向が異なる。まず、バイアス磁界MF'によって磁化Mは軸22EA方向から角度 θ だけ傾斜する。ただし、バイアス磁界MF'はバイアス磁界MFと方向が異なるので、磁化Mの傾斜方向も図3の場合と逆となる。

20

【0029】

そして、図3同様の方向から外部磁界Hが印加されたとする。磁化Mはもともと外部磁界Hの印加方向に傾斜していたので、外部磁界Hによって軸22EAから離れる方向に傾斜する。図4(b)でこれを見ると、バイアス磁界Hbaissと同じ方向に印加された外部磁界Hによって第2の磁性素子22の抵抗 R_{mr} は R_{mr} だけ小さくなる(- R_{mr})。

30

【0030】

すなわち、これら2つの磁性素子21、22は、同一方向からの外部磁界Hに対して、抵抗の変化が異なる磁性素子であるといえる。これは言い換えると、異なるバイアス手段を有しているといってもよい。

【0031】

再び図2を参照して、2つの磁性素子21、22は、すでに説明したように、計測抵抗23、24と共に、ブリッジ回路を形成し、計測端子13a、13bは2つの磁性素子21、22の抵抗変化を電圧変化として、差分出力する端子である。磁性素子21、22は、図3、図4で説明したように外部磁界Hによって抵抗値が(+ R_{mr})、(- R_{mr})だけ変化する。

40

【0032】

計測抵抗23、24の抵抗値は、磁性素子21、22の抵抗値より十分大きく、また計測抵抗23、24は同じ大きさの抵抗であるので、磁性素子21、22には同じ電流 I_2 が流れるとみなせる。すると、計測端子13a、13b間の出力電圧は、 $2 \times R_{mr} \times I_2$ となる。

【0033】

再度図3を参照して、出力の詳細について式を用いて説明を行う。まず、磁性素子が1つの場合(第1の磁性素子21)について説明する。

【0034】

力率センサ部10は、測定対象である回路の接続線8に近接して配置される。そして接

50

続線 8 に流れる電流によって発生する磁界 H を受ける。接続線 8 に流れる電流を I_1 とすると、磁性膜に印加される磁界 H は、比例定数を k として、(1) 式のように表される。

$$H = k I_1 \cdots (1)$$

【0035】

図 3 (b) に示すように、第 1 の磁性素子 21 の電気抵抗の変化 R_{mr} は、外部からの印加磁界 H に比例するので、比例定数を k とし、(1) 式を考慮すると、(2) 式のように表される。

$$R_{mr} = k H = k (k I_1) \cdots (2)$$

【0036】

磁性膜 21j に磁界が印加されていない時の電気抵抗を R_{m0} とすると、磁界 H が印加された時の磁性膜全体の電気抵抗 R_m は、(3) 式のように表される。

$$R_m = R_{m0} + R_{mr} = R_{m0} + k^2 I_1 \cdots (3)$$

【0037】

つまり、電流 I_1 が流れる接続線 8 に近接配置された力率センサ部 10 の磁性膜 21j は、(3) 式のような電気抵抗特性を有する。この磁性素子 21 の素子端子 21a、21b 間に電流 I_2 が流れると、素子端子 21a、21b 間の電圧 V_{mr^+} は(4) 式のように表される。

$$V_{mr^+} = R_m I_2 = (R_{m0} + R_{mr}) I_2 = (R_{m0} + k^2 I_1) I_2 \cdots (4)$$

【0038】

次に電源 7 (図 1 参照) の電圧 V_{in} は、振幅 V_1 、角周波数 ω とすると、(5) 式のように表される。また、被測定回路で負荷 9 はリアクタンスであるので、負荷 9 を流れる電流 I_1 は、電源電圧 V_{in} とは位相のズレが生じる。この位相のズレを ϕ とする。一方、力率センサ部 10 の第 1 の磁性素子 21 は、通常の抵抗なので電源電圧 V_{in} と同位相である。したがって、電流 I_1 および I_2 は、(6) 式、(7) 式のように表される。

【0039】

そこで、(4) 式に(6) 式および(7) 式を代入すると(8) 式のように変形される。

【0040】

10

20

【数 1】

$$V_{in} = V_1 \sin \omega t \quad \dots (5)$$

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \quad \dots (6)$$

$$I_2 = \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t \quad \dots (7)$$

$$V_{mr}^+ = (R_{m0} + \alpha \beta I_1) I_2 \quad 10$$

$$= \left(R_{m0} + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \right) \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t$$

$$= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t$$

$$= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \{ \cos \theta - \cos(2\omega t - \theta) \}$$

$$= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos(2\omega t - \theta) + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos \theta \quad 20$$

$$\dots (8)$$

【0041】

図2で説明したように磁性素子21および22は、差動増幅するように接続されており、同一磁界に対しては、それぞれ出力が異なる。すなわち、外部磁界Hに対する第1の磁性素子21の電気抵抗の変化分が(2)式で示す R_{mr} と表されるとすると、第2の磁性素子22の場合の外部磁界Hに対する電気抵抗の変化分は、 $(-R_{mr})$ となる。すると第2の磁性素子22の場合の出力 V_{mr}^- は(9)式のように表される。

【0042】

30

【数 2】

$$V_{mr}^- = (R_{m0} - \alpha \beta I_1) I_2$$

$$= \left(R_{m0} - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \right) \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t$$

$$= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \sin(\omega t - \theta) \frac{V_1}{R_2} \sin \omega t$$

$$= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \{ \cos \theta + \cos(2\omega t - \theta) \} \quad 40$$

$$= \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos(2\omega t - \theta) - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos \theta$$

$$\dots (9)$$

【0043】

力率センサ部10の出力は、差動出力 $(V_{mr}^+ - V_{mr}^-)$ であるので、(8)式および(9)式より、(10)式のように表される。

【0044】

50

【数 3】

$$\begin{aligned}
 V_{mr}^+ - V_{mr}^- &= (R_{m0} + \alpha \beta I_1) I_2 - (R_{m0} - \alpha \beta I_1) I_2 \\
 &= \left\{ \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos(2\omega t - \theta) + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos \theta \right\} \\
 &\quad - \left\{ \frac{R_{m0} V_1}{R_2} \sin \omega t + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos(2\omega t - \theta) - \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \frac{1}{2} \cos \theta \right\} \\
 &= -\alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \cos(2\omega t - \theta) + \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \cos \theta \quad \dots (10)
 \end{aligned}$$

$$A = \alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \cos \theta = \frac{\alpha \beta}{R_2} I_1 V_1 \cos \theta \quad \dots (11)$$

$$\begin{aligned}
 B &= -\alpha \beta \frac{V_1}{R_1} \frac{V_1}{R_2} \cos(2\omega t - \theta) = -\frac{\alpha \beta}{R_2} I_1 V_1 \cos(2\omega t - \theta) \\
 &= k(t) * I_1 V_1 \quad \dots (12)
 \end{aligned}$$

【0045】

ここで、(10)式の右項を(11)式のようにAとし、左項を(12)式のようにBとすると、Aは、磁性素子21、22の差分出力の直流成分であり、Bは差分出力の交流成分である。またAは、負荷9の消費電力 $I_1 V_1$ に \cos が乗算された値に比例する。すなわち、Aは、負荷9で消費される電力の有効電力に比例する。また、Bは、負荷9で消費する消費電力の皮相電力に比例する。

【0046】

すなわち、図2を参照して、計測端子13a、13bの端子間には、直流成分として負荷9の有効電力に比例した電圧が得られ、交流成分として負荷9の皮相電力に比例した電圧を得ることができる。

【0047】

よく知られているように、皮相電力は、複素数で表され、その実数成分を有効電力、虚数成分を無効電力と定義される。そして、力率は、皮相電力に対する有効電力の割合と定義される。したがって、力率(\cos)は、(13)式に示すように、有効電力/皮相電力、すなわち、A/Bで表される。

【0048】

【数 4】

$$\frac{A}{B} = \frac{\frac{\alpha \beta}{R_2} I_1 V_1 \cos \theta}{k(t) * I_1 V_1} = K * \cos \theta \quad \dots (13)$$

【0049】

上記の説明をまとめると、計測端子13aと13b間には、直流成分として負荷9の有効電力に比例した電圧(A)が生じ、交流成分として負荷9の皮相電力に比例した電圧(B)が生じている。そして、AとBを除算した結果の電圧が力率に比例した電圧として得られる。

【0050】

そこで、再度図1を参照して、計測端子13aと13bの出力は、電圧検出部(アンプ)15によって検出され、ローパスフィルタ16によって直流成分(A:有効電圧に相当

）が抽出される。一方、ハイパスフィルタ 17 によって交流成分（ B ：皮相電力に相当）が抽出され、整流器 18 によって直流電圧に変換される。この操作で、（13）式の比例定数 K は、電源角周波数 に依存しない定数とみなせる。これらは除算手段 19 によって、 A/B が求められる。結果は、力率（ \cos ）に比例した電圧が得られる。

【0051】

以上のように、図 1 で示した構成を有する力率計測装置 1 によって、誘導性の負荷 9 で消費される電力の力率が求めることができる。

【0052】

（実施の形態 2）

図 5 には、磁性素子のパリエーションについて説明する。上記の説明のように、本発明の力率計測装置 1 は、同一の外部磁界 H に対して、異なる電気抵抗の変化率を有する一対の磁性素子の差分出力から直流電圧（有効電力に比例）と交流電圧（皮相電力に比例）を求め、除算することで力率に比例した電圧を得ることができる。

10

【0053】

磁性素子の磁性膜自体は、図 3（b）、図 4（b）でも示したように、外部から作用される磁界に対しては偶関数であり、そのままでは印加磁界に比例した抵抗値を得ることはできない。そこで、磁性素子 21、22 では、永久磁石のような磁界発生源をバイアス手段 21c、22c として磁性膜 21j、22j の近傍に配置することによって、バイアス磁界を生成し、動作点を得た。しかし、磁石のような磁界発生源を用いなくとも、動作点を得る方法がある。

20

【0054】

図 5 には、第 1 の磁性素子 21 の他の形態（第 1 の磁性素子 31）を示す。なお、磁性膜 31j の上に、縞模様の導体 35 が形成されている。また、磁性膜 31j は、長手方向に磁化容易軸 31EA が誘導されているとする。導体 35 は、磁性膜 31j の電気抵抗と比べて十分に低い材料のものを使用するのが好ましい。具体的には銅若しくはアルミニウム、銀、金といった良導電性材料が好適に用いられる。導体 35 は、長手方向に対して一定方向に傾斜し、複数個形成される。

【0055】

このような磁性素子 31 の動作について図 3 と対応させながら説明する。素子端子 31a および 31b 間には、電流 I_2 が流される。素子端子 31a から入力された電流 I_2 は、縞模様の導体 35 から導体 35 へ流れる際には、磁性膜 31j 上を流れなければならない。導電部分は磁性膜 31j しかないからである。

30

【0056】

磁性膜 31j は、導体 35 より抵抗が高いため、電流 I_2 は導体 35 間の最短距離を流れる。これは磁性膜 31j の長手方向から見ると、傾斜した方向に電流が流れることとなる。ここで、磁性膜 31j の磁化容易軸 31EA は第 1 の磁性素子 31 の長手方向に誘導されているので、磁化 M と電流 I_2 の向きに傾斜ができる。

【0057】

ここで、磁性膜 31j に対して紙面上から下方向に磁界 H が印加されると、磁化 M はそれにつれて回転する（実線白矢印）。すると、回転した磁化 M と電流 I_2 のなす角度が小さくなるので、磁性膜 31j の抵抗は高くなる。すなわち、図 3 の場合同様、 $+R_{mr}$ の電気抵抗の変化を示す。

40

【0058】

図 6 には、縞模様の導体 35 が図 5 の場合とは、逆向きに形成されている場合を示す。電流 I_2 の向きと磁化容易軸 32EA の向きおよび外部から印加される磁界 H の向きは、図 5 の場合と同様である。図 6 の場合は、紙面上から下方向に印加される磁界 H によって、磁化 M （実線矢印）は、電流 I_2 から離れる方向に回転する。これは図 4 の場合同様、電気抵抗は減少する方向に変化する。すなわち、図 4 の場合同様、 $(-R_{mr})$ の電気抵抗の変化を示す。

【0059】

50

このように、予め外部から印加磁界がない状態で、電流 I_2 の流れる方向と、磁化 M の方向に角度をつけておくと、見かけ上バイアス磁界をかけたのと同じ状態になる。すなわち、このような磁性膜 31j (または 32j) と導体 35 の構成によってバイアス手段 31c (若しくは 32c) を形成することができる。

【0060】

なお、図5および図6では、電流 I_2 の流れる方向が磁化容易軸 31EA、32EA の方向と変わるような構成としたが、例えば予め磁化容易軸 31EA、32EA を磁性膜 31j (または 32j) の長手方向に対して角度をつけて誘導しておいてもよい(実施形態3参照)。

【0061】

図7には、図5および図6を組み合わせた磁性素子 30 を示す。また、磁性素子 30 を含む力率センサ部を符号 51 で示す。磁性素子 30 は、力率センサ部 10 のセンサ端子 51ta と接続される素子端子 30a と第1の計測抵抗 23 と接続される素子端子 30b および第2の計測抵抗 24 と接続される素子端子 30b' を有する。

【0062】

素子端子 30a はセンタータップと言っても良い。磁性素子 30 は、素子端子 30a から素子端子 30b に向かう方向(これを「b方向」と呼ぶ)と 30b' に向かう方向(これを「b'方向」と呼ぶ)けて配置された縞模様の導体 35 の形成方向が異なる。したがって、磁性膜 30j 上で流れる電流 I_2 の向きは、b方向と b'方向では異なる方向に電流が流れている。

【0063】

このような磁性素子 30 に対して外部磁界 H が作用し、図7のように磁化 M が回転したとすると、b方向に向かう電流 I_2 からは、磁化 M と電流の向きが同じ方向になるので、図3同様電気抵抗は増加する(+ R_{mr})。一方、b'方向に流れる電流 I_2 からみると、磁化 M と電流の向きが離れる方向になるので、図4同様電気抵抗は減少する(- R_{mr})。

【0064】

また、b方向および b'方向にはそれぞれ、十分大きな計測抵抗 23、24 が直列に接続されており、それぞれの計測抵抗 23、24 は、力率センサ部 10 の端子 10tb に接続されている。従って、図7に示した磁性素子 30 を含む力率センサ部 51 は、図2に示した場合と同様に、ブリッジ回路を形成しており、測定端子 13a、13b 間には、b方向と b'方向の差分出力が現れる。

【0065】

図8には、この力率センサ部 51 を有する力率計測装置 2 の構成を示す。計測端子 13a、13b を出力とし、電圧検出部 15、ローパスフィルタ 16、ハイパスフィルタ 17、整流器 18、除算手段 19 は実施の形態1の場合と同じである。本実施の形態で示した力率センサ部 51 は、バイアス手段に永久磁石等の磁界発生源を必要としないので、小型かつ薄膜化が可能となる。また、磁性素子 30 は b方向と b'方向に磁性素子 31 と 32 を同時形成したものであるが、それぞれ別々に形成して導線で連結してもよい。

【0066】

(実施の形態3)

図9に本実施の形態に関わる力率計測装置 3 の構成を示す。実施の形態1および2と同じ部分は同じ符号を用い、また説明も省略する。本実施の形態に係る力率計測装置 3 では、磁性素子 41、42 に特徴がある。磁性素子 41 および 42 は、長手方向に対して、磁化容易軸 41EA、42EA が傾斜して誘導されている。さらに、磁性素子 41 および 42 の磁化容易軸がそれぞれ磁性膜に流れる電流 I_2 に対して異なる方向に向けて誘導されている。

【0067】

このような構成にすることによって、被測定回路に流れる電流 I_1 によって生成される磁界 H の影響を受け、磁性素子 41、42 の磁化 M は、 M_1 および M_2 のように回転する

10

20

30

40

50

。磁性素子 4 1、4 2 に流れる電流 I_2 の向きは、素子端子間 (4 1 a、4 1 b 間および 4 2 a、4 2 b 間：長手方向) にあるので、磁性素子 4 1、4 2 において、電流の向きと磁化の向きの関係は、それぞれ接近する向きと離れる向きというように異なる向きとなる。

【0068】

これは、実施の形態 1 および 2 の場合同様、それぞれの磁性素子 4 1、4 2 において、電気抵抗は増加 (+ R_{mr}) と減少 (- R_{mr}) となる。その後の信号処理に関しても、実施の形態 1 および 2 と同様であり、力率 \cos に比例する電圧を得ることができる。

【0069】

以上のように本発明の力率計測装置 3 は、被測定回路中の誘導負荷 9 での消費電力の力率を電圧値として計測することができる。これは、誘導モータといった、運転状態で力率が変化する負荷の電力制御に大変有効である。

【産業上の利用可能性】

【0070】

本発明は、家庭電気製品分野、自動車分野、産業機器分野など誘導負荷 (リアクタンス) を制御する局面において広く利用することができる。

【符号の説明】

【0071】

- | | | |
|----------------------|---------------------|----|
| 1、2、3 | 力率計測装置 | 20 |
| 7 | 電源 | |
| 8 | 接続線 (抵抗) | |
| 9 | 負荷 | |
| 10 | 力率センサ部 | |
| 10 t (10 t a、10 t b) | センサ端子 | |
| 12 (12 a、12 b) | 連結端 | |
| 13 (13 a、13 b) | 計測端子 | |
| 15 | 電圧検出部 | |
| 16 | ローパスフィルタ | |
| 17 | ハイパスフィルタ | 30 |
| 18 | 整流器 | |
| 19 | 除算手段 | |
| 21 | 第 1 の磁性素子 | |
| 21 a、21 b | (第 1 の磁性素子の) 素子端子 | |
| 21 c | (第 1 の磁性素子の) バイアス手段 | |
| 21 j | (第 1 の磁性素子の) 磁性膜 | |
| 21 E A | (第 1 の磁性素子の) 磁化容易軸 | |
| 22 | 第 2 の磁性素子 | |
| 22 a、22 b | (第 2 の磁性素子の) 素子端子 | |
| 22 c | (第 2 の磁性素子の) バイアス手段 | 40 |
| 22 j | (第 2 の磁性素子の) 磁性膜 | |
| 22 E A | (第 2 の磁性素子の) 磁化容易軸 | |
| 23 | 第 1 の計測抵抗 | |
| 24 | 第 2 の計測抵抗 | |
| 25 | 絶縁層 | |
| 31 | 第 1 の磁性素子 | |
| 31 a、31 b | (第 1 の磁性素子の) 素子端子 | |
| 31 j | (第 1 の磁性素子の) 磁性膜 | |
| 31 E A | (第 1 の磁性素子の) 磁化容易軸 | 50 |

3 2 第 2 の磁性素子

3 2 a、3 2 b (第 2 の磁性素子の)素子端子

3 2 j (第 2 の磁性素子の)磁性膜

3 2 E A (第 2 の磁性素子の)磁化容易軸

4 1 第 1 の磁性素子

4 1 a、4 1 b (第 1 の磁性素子の)素子端子

4 1 j (第 1 の磁性素子の)磁性膜

4 1 E A (第 1 の磁性素子の)磁化容易軸

4 2 第 2 の磁性素子

4 2 a、4 2 b (第 2 の磁性素子の)素子端子

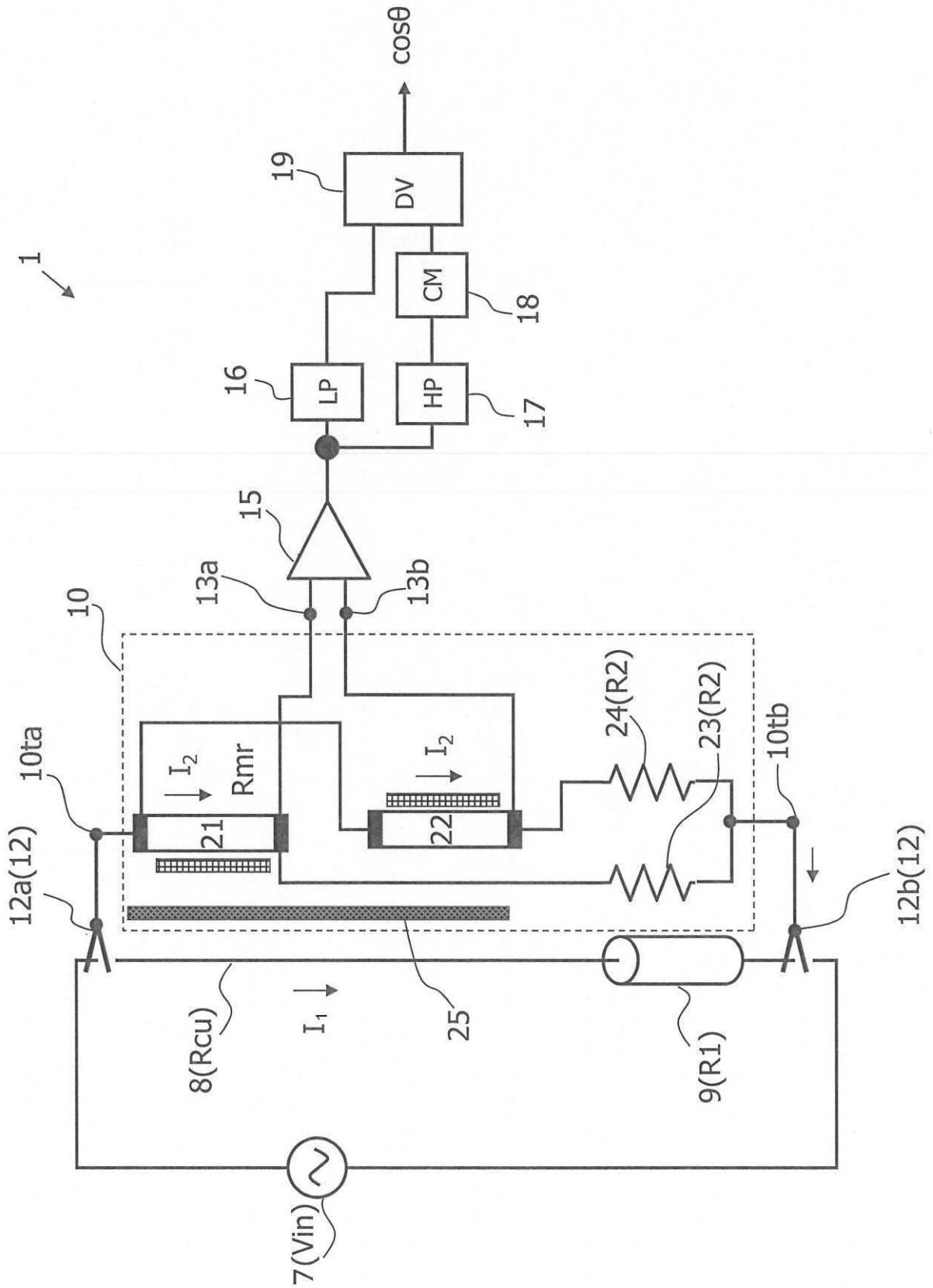
4 2 j (第 2 の磁性素子の)磁性膜

4 2 E A (第 2 の磁性素子の)磁化容易軸

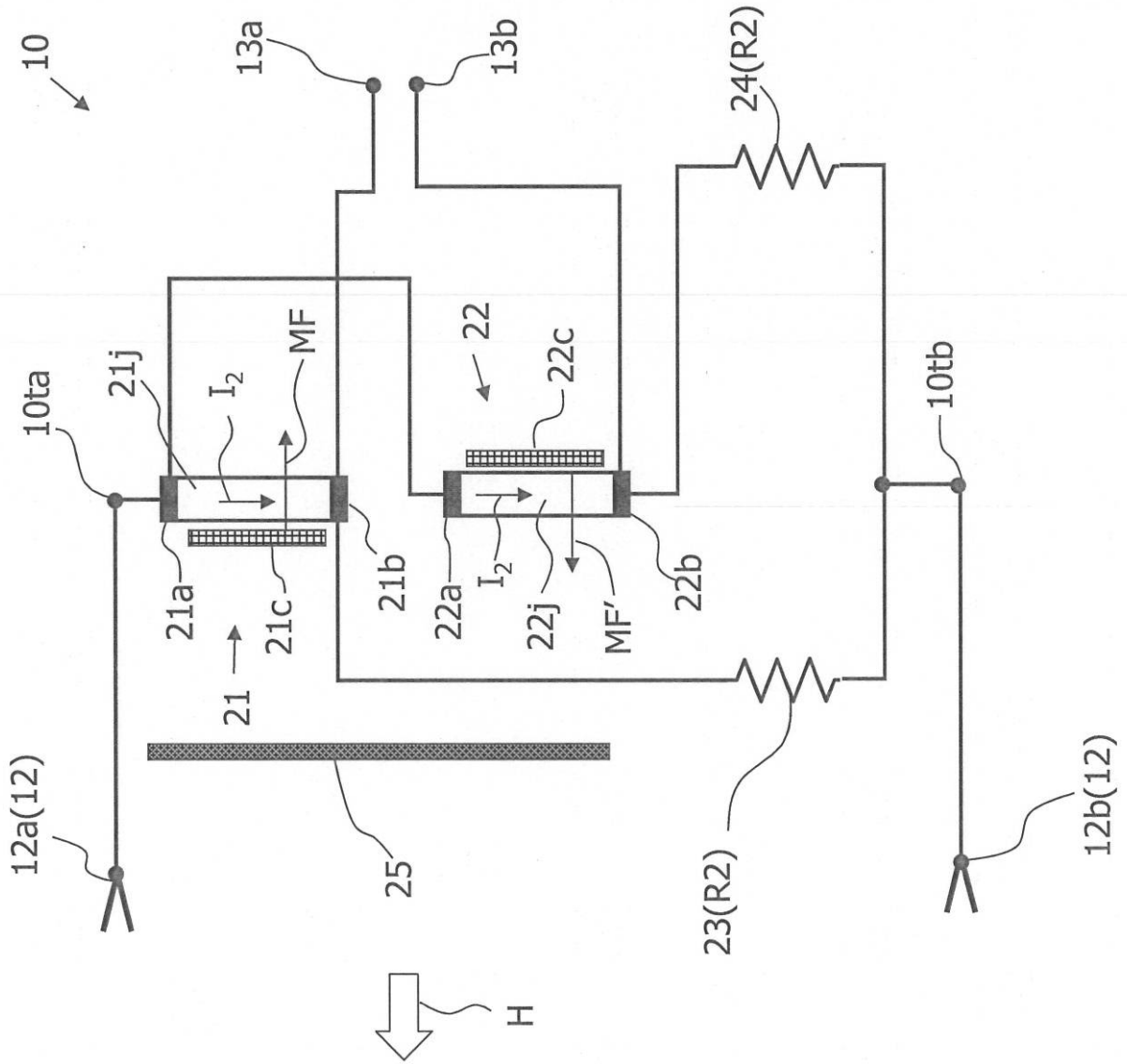
5 1、5 2 力率センサ部

5 1 t (5 1 t a、5 1 t b)、5 2 t (5 2 t a、5 2 t b) センサ端子

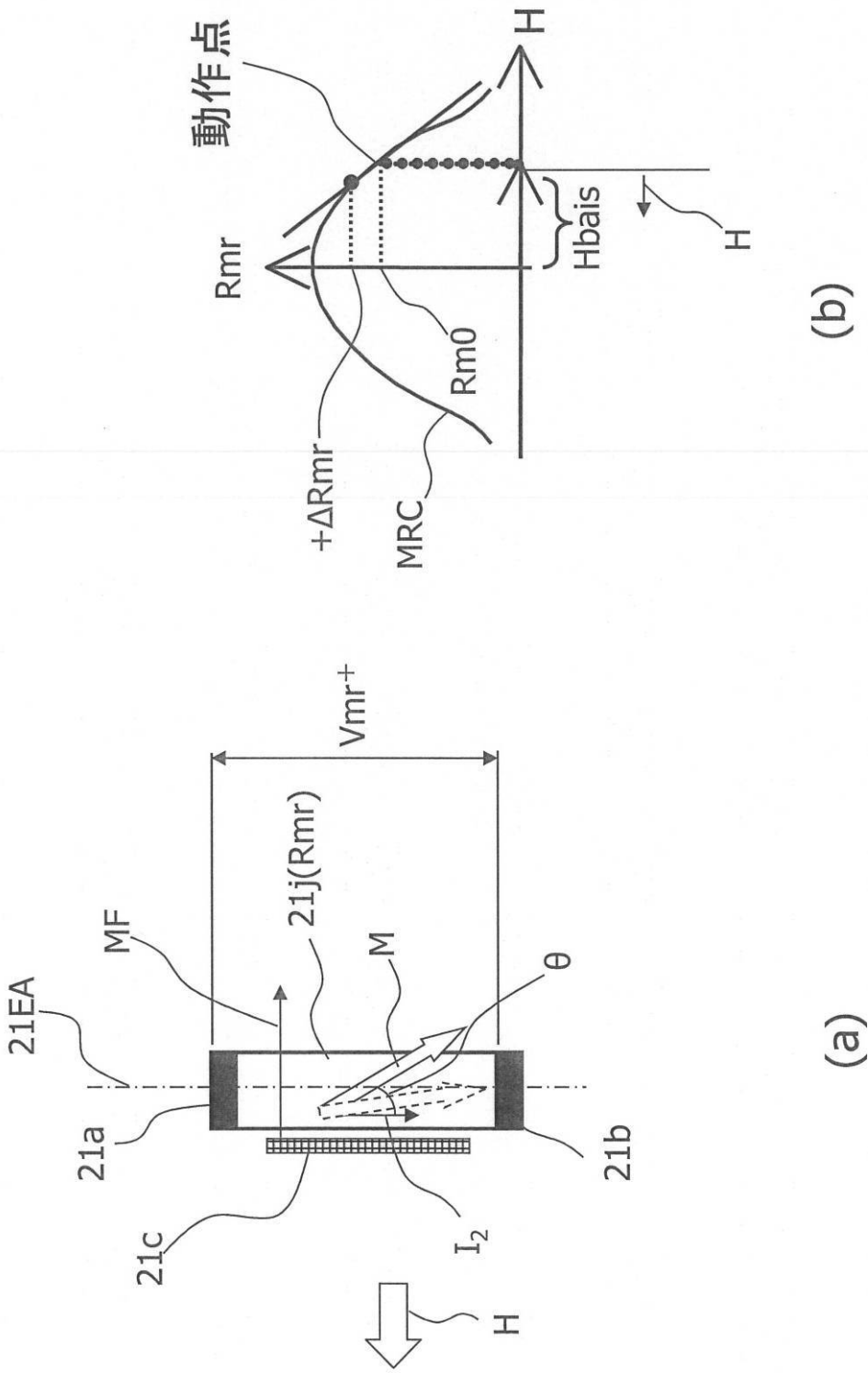
【図 1】



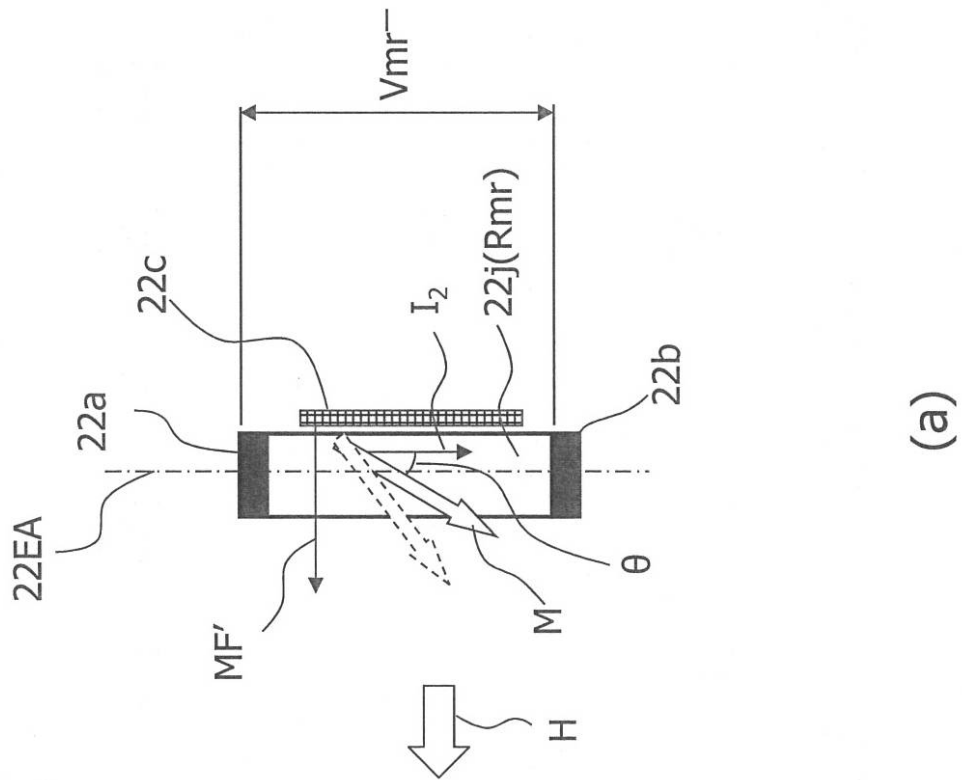
【 図 2 】



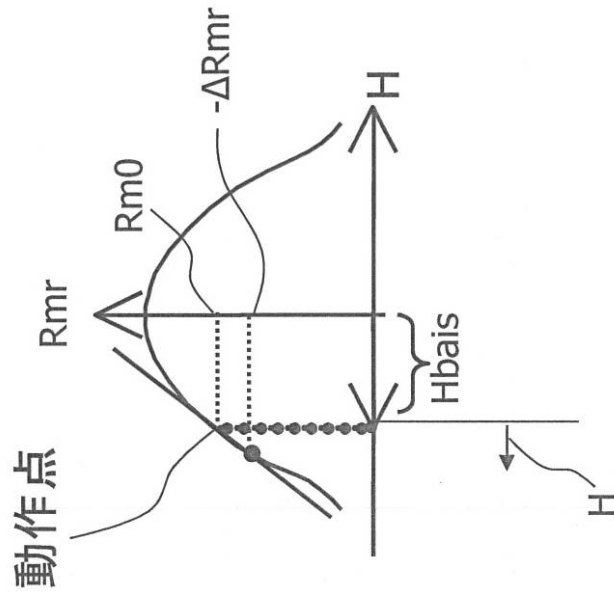
【 図 3 】



【 図 4 】

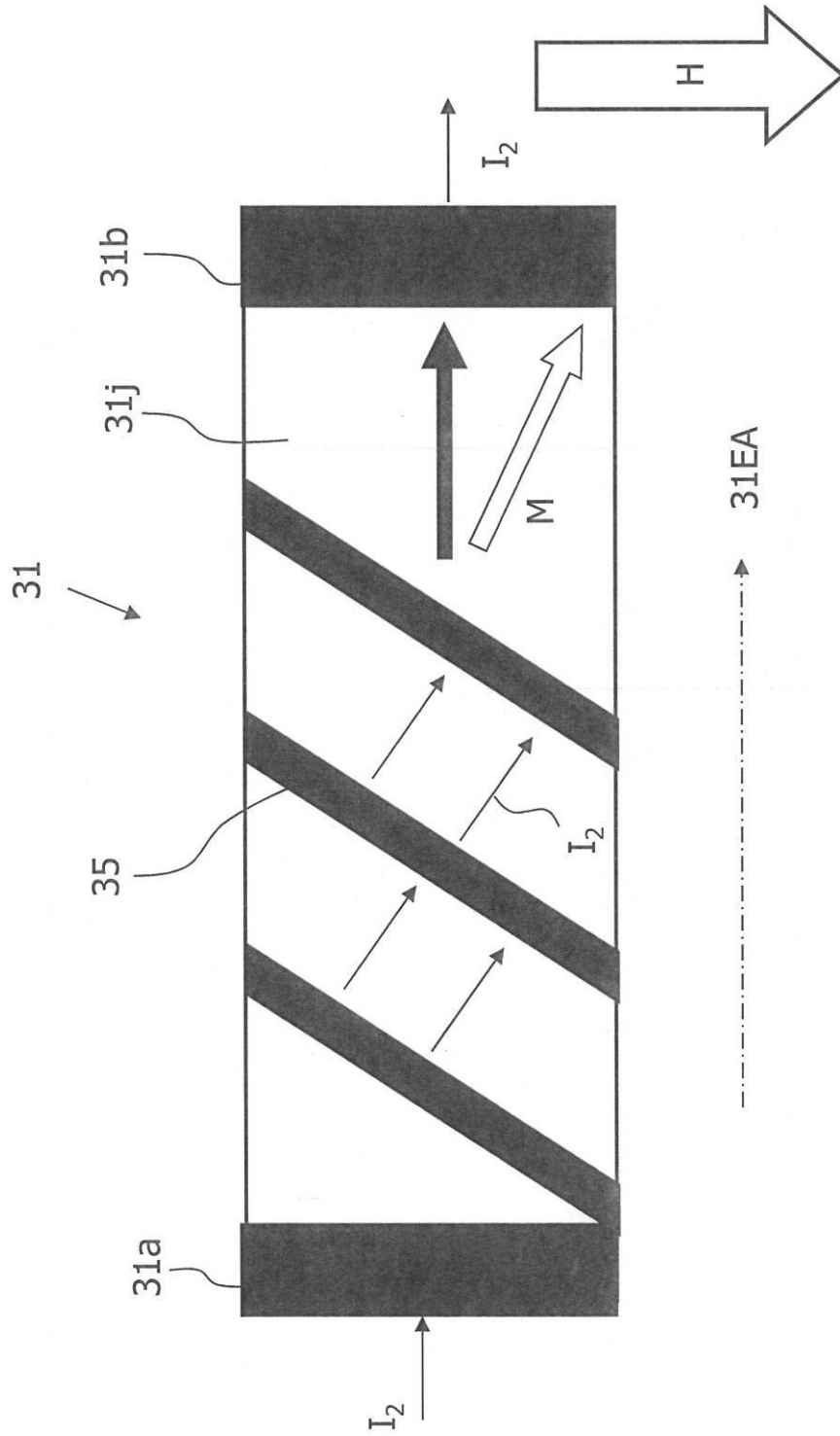


(a)

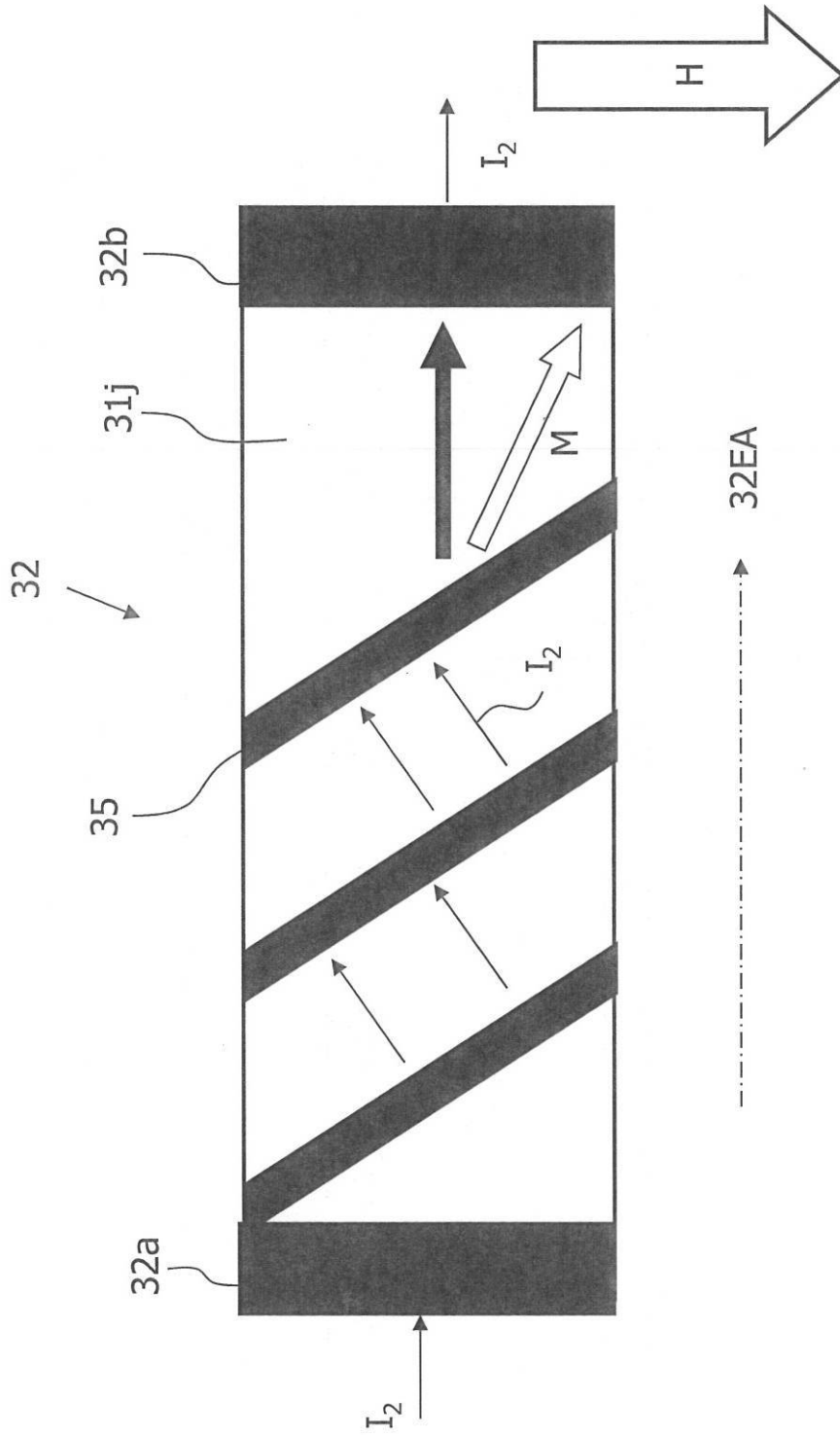


(b)

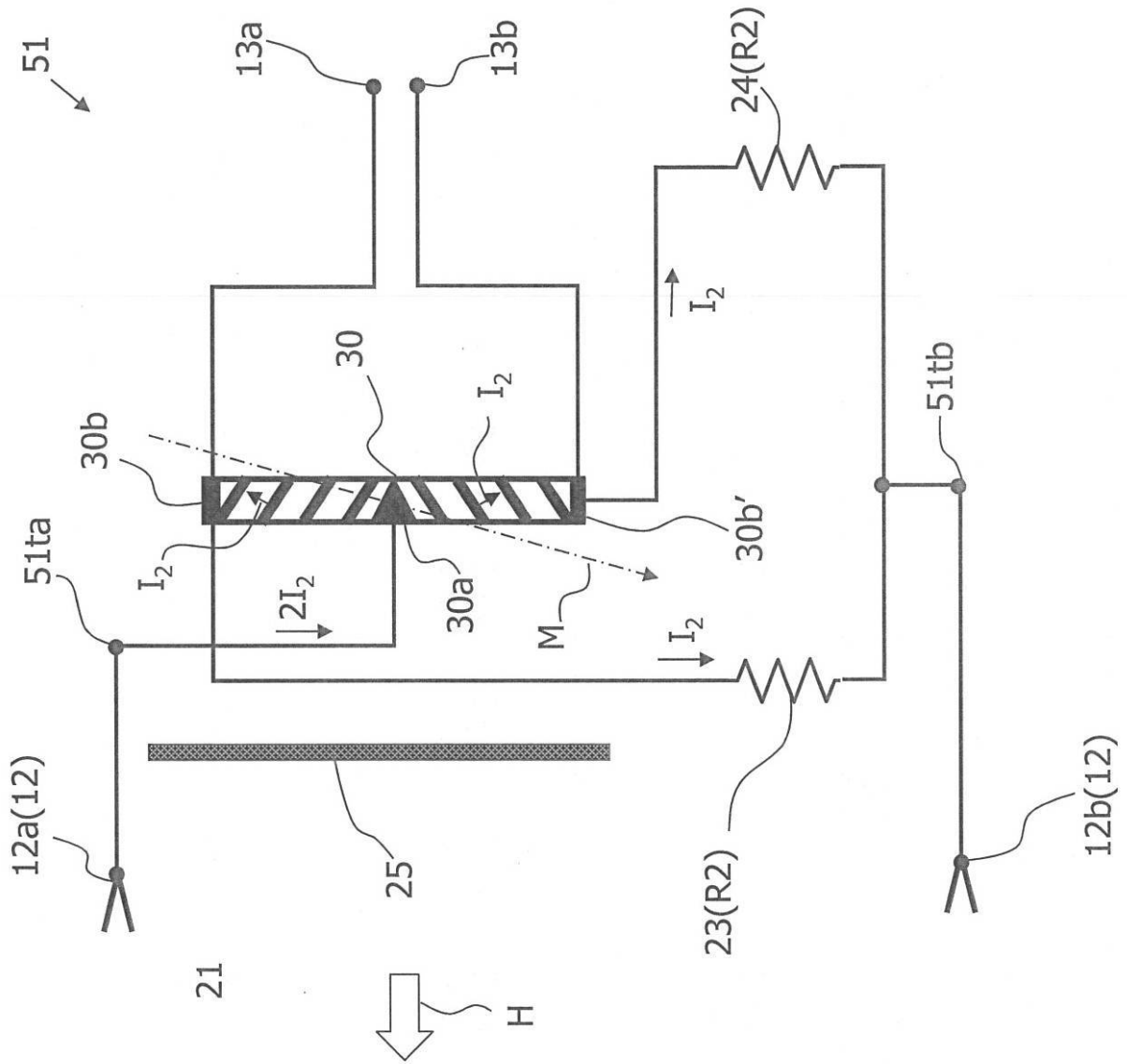
【図5】



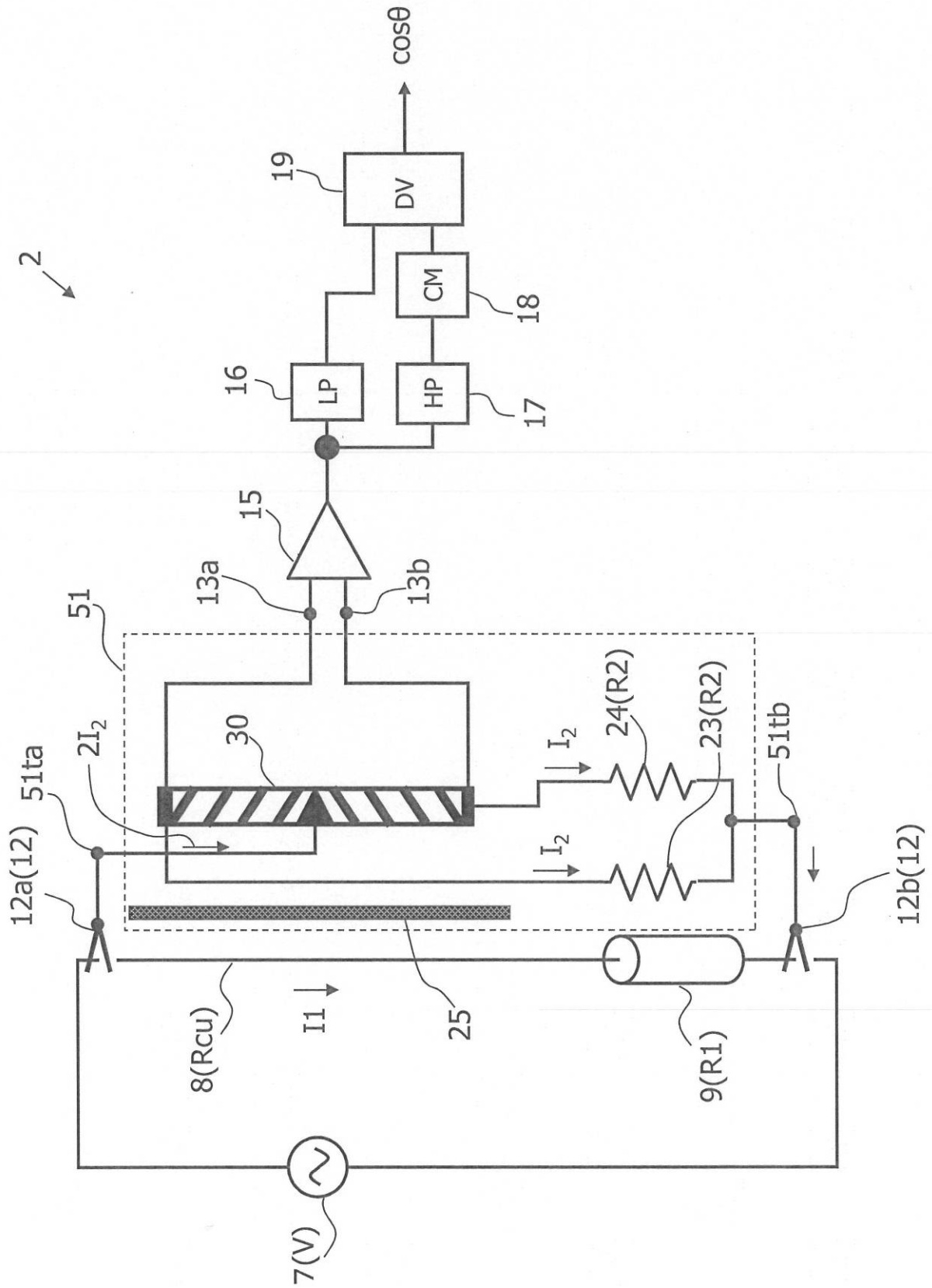
【 図 6 】



【 図 7 】



【 8 】



【図9】

