

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6843268号
(P6843268)

(45) 発行日 令和3年3月17日(2021.3.17)

(24) 登録日 令和3年2月25日(2021.2.25)

(51) Int.Cl.		F I	
GO4B	17/00	(2006.01)	GO4B 17/00 B
GO4C	3/04	(2006.01)	GO4C 3/04 B
GO4C	3/06	(2006.01)	GO4C 3/04 Z
GO4C	11/08	(2006.01)	GO4C 3/06 A
			GO4C 11/08

請求項の数 20 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2019-553304 (P2019-553304)
(86) (22) 出願日	平成30年3月16日 (2018.3.16)
(65) 公表番号	特表2020-512558 (P2020-512558A)
(43) 公表日	令和2年4月23日 (2020.4.23)
(86) 国際出願番号	PCT/EP2018/056726
(87) 国際公開番号	W02018/177779
(87) 国際公開日	平成30年10月4日 (2018.10.4)
審査請求日	令和1年11月7日 (2019.11.7)
(31) 優先権主張番号	17163248.2
(32) 優先日	平成29年3月28日 (2017.3.28)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)
(31) 優先権主張番号	17172489.1
(32) 優先日	平成29年5月23日 (2017.5.23)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁 (EP)

(73) 特許権者	506425538
	ザ・スウォッチ・グループ・リサーチ・アンド・ディベロップメント・リミテッド
	スイス国・2074・マリン・リュ・ドゥ・ソオ・3
(74) 代理人	100098394
	弁理士 山川 茂樹
(74) 代理人	100064621
	弁理士 山川 政樹
(72) 発明者	トンベ, リオネル
	スイス国・2022・ブヴェ・シュマン
	デ ヴィーニュ ペルデュ・25バー
審査官	清水 靖記

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 調整デバイスにより動作が強化される機械式ムーブメントを備えた計時器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

機械式ムーブメント(4)を備えた計時器(2、34、62、80)であって、

- 少なくとも1つの時間データアイテムの表示機構(12)と、
- その最小位置エネルギー状態に対応するニュートラル位置を中心に、一般的な振動軸に沿って振動するのに適した機械式共振器(6、6A)と、
- 前記表示機構の動作を計時するように配置された機械式振動子を前記機械式共振器とともに形成する、前記機械式共振器のメンテナンスデバイス(18)と、を備え、

前記計時器はさらに、前記機械式振動子の中間周波数を調整するためのデバイス(20、36)を備え、この調整デバイスは、前記機械式共振器の機械式制動デバイスを備え、

前記機械式制動デバイス(24、38、40、64)は、前記機械式振動子のための設定点周波数に応じてのみ選択された制動周波数において生成され、前記調整デバイスに関連付けられた補助振動子(22、42)によって決定された、周期的な制動パルス中に、前記機械式共振器に、散逸的な機械的な制動トルクを加えることができるように配置され、前記周期的な制動パルスがおのこの、前記設定点周波数の逆数に対応する設定点周期の半周期未満の持続時間を有し、前記機械式共振器および前記機械式制動デバイスで形成されたシステムは、前記機械式制動デバイスが、前記一般的な振動軸に沿った位置の範囲において、前記機械式共振器の任意の位置で、前記周期的な制動パルスを開始できるように構成され、前記範囲は、少なくとも、前記機械式振動子の使用可能な動作範囲のための前記機械式振動子が有しやすい振幅の範囲にわたって、前記機械式共振器の前記ニュートラ

ル位置からの2つの側面のうちの少なくとも第1の側面において延びていることを特徴とする、計時器。

【請求項2】

前記機械式振動子が、前記機械式共振器の前記ニュートラル位置から前記第1の側面に有しやすい振幅の前記範囲を組み込んだ前記機械式共振器の前記位置の範囲の第1の部分は、連続的または準連続的である一定の範囲を有し、この第1の部分は、前記振幅の範囲の最小振幅の前記側面において、少なくとも、この最小振幅のための前記周期的な制動パルスの1つの持続時間に実質的に対応する角度距離にわたって延びることを特徴とする、請求項1に記載の計時器。

【請求項3】

前記システムは、前記周期的な制動パルスが開始し得る前記機械式共振器の前記位置の範囲がまた、この機械式振動子の使用可能な動作範囲のために、この第2の側面において、少なくとも、前記機械式振動子が有しやすい振幅の範囲にわたって、前記機械式共振器の前記ニュートラル位置から、前記2つの側面のうちの第2の側面において延びるように構成されることを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の計時器。

【請求項4】

前記機械式振動子が、前記機械式共振器の前記ニュートラル位置から前記第2の側面に有しやすい振幅の前記範囲を組み込んだ前記機械式共振器の前記位置の範囲の第2の部分は、連続的または準連続的である一定の範囲を有し、この第2の部分は、前記機械式振動子が、前記ニュートラル位置から前記第2の側面に有しやすい振幅の範囲の最小振幅の前記側面において、少なくとも、この最小振幅のための前記周期的な制動パルスの1つの持続時間に実質的に対応する角度距離にわたって延びることを特徴とする、請求項3に記載の計時器。

【請求項5】

前記制動周波数は、正の整数Nで除された前記設定点周波数の2倍に等しい、すなわち $F_{FR} = 2 \cdot F_{OC} / N$ であり、ここで、 F_{FR} は、前記制動周波数であり、 F_{OC} は、前記設定点周波数であることを特徴とする、請求項1から請求項4のいずれかに記載の計時器。

【請求項6】

前記補助振動子が、この計時器に組み込まれることを特徴とする、請求項1から請求項5のいずれかに記載の計時器。

【請求項7】

前記機械式制動デバイスは、前記機械式共振器に、実質的に摩擦によって前記散逸的な機械的な制動トルクを加えることができ、前記周期的な制動パルスはおのこの、前記設定点周期の1/4未満の持続時間を本質的に有するように配置されることを特徴とする、請求項1から請求項6のいずれかに記載の計時器。

【請求項8】

前記機械式制動デバイスは、前記機械式共振器に、実質的に摩擦によって前記散逸的な機械的な制動トルクを加えることができ、前記周期的な制動パルスはおのこの、前記設定点周波数の逆数に対応する設定点周期の1/400から1/10までの間の持続時間を本質的に有するように配置されることを特徴とする、請求項1から請求項6のいずれかに記載の計時器。

【請求項9】

前記機械式制動デバイスは、前記機械式共振器に、実質的に摩擦によって前記散逸的な機械的な制動トルクを加えることができ、前記周期的な制動パルスはおのこの、前記設定点周波数の逆数に対応する設定点周期の1/400から1/50までの間の持続時間を本質的に有するように配置されることを特徴とする、請求項1から請求項6のいずれかに記載の計時器。

【請求項10】

前記システムは、前記機械式制動デバイス(24、38、40、64)が、前記機械式振動子の前記使用可能な動作範囲において、前記一般的な振動軸に沿って、前記機械式共

10

20

30

40

50

振器の任意の位置において、前記周期的な制動パルスの中の1つを開始できるように構成されることを特徴とする、請求項1から請求項9のいずれかに記載の計時器。

【請求項11】

前記機械式制動デバイスは、前記周期的な制動パルス中に、前記機械式共振器(6、6A)の振動部材(8、8A)に、前記散逸的な機械的な制動トルクを加えるように、前記調整デバイスによって前記制動周波数において作動するように配置される制動部材(41、41A、41B、90)を備えることを特徴とする、請求項10に記載の計時器。

【請求項12】

前記補助振動子(42)は、電気式からなり、前記機械式制動デバイスは、前記制動部材を作動させる電気機械式アクチュエータ(38、66、68、86)によって形成され、この電気機械式アクチュエータは、圧電素子または磁歪素子、または、前記制動部材を作動させるための電磁システムを備えることを特徴とする、請求項11に記載の計時器。

【請求項13】

前記散逸的な機械的な制動トルクおよび、前記周期的な制動パルスの前記持続時間は、前記機械的振動子の前記使用可能な動作範囲において、前記計時器の動作の、少なくとも任意の変動位相のほとんどにおいて、前記周期的な制動パルス中に、前記機械式共振器を瞬間的にロックしないように選択され、この変動位相は、前記機械式振動子が、前記周期的な制動パルスに同期される同期位相の前に、特に、前記調整デバイスの噛合後に発生しやすいことを特徴とする、請求項11または請求項12に記載の計時器。

【請求項14】

前記制動部材(41、41A、41B、90)と、前記振動部材の制動面(32、32A)との間の動的な乾燥摩擦によって本質的に、前記任意の変動位相の少なくともほとんどの場合、前記周期的な制動パルスが加えられるように、前記振動部材および前記制動部材が配置されることを特徴とする、請求項13に記載の計時器。

【請求項15】

前記機械式振動子の前記使用可能な動作範囲において、および、前記計時器の動作の同期位相において、前記散逸的な機械的な制動トルクおよび、前記周期的な制動パルスの前記持続時間は、前記周期的な制動パルス中に、前記機械式共振器を瞬間的にロックするように選択されることを特徴とする、請求項13または請求項14に記載の計時器。

【請求項16】

前記振動部材に加えられた前記散逸的な機械的な制動トルクは、前記周期的な制動パルス中、実質的に一定であることを特徴とする、請求項11から請求項15のいずれかに記載の計時器。

【請求項17】

前記調整デバイスは、前記制動周波数が、初期位相後、通常の動作位相において、複数の値、前記調整デバイスの動作の前記初期位相における第1の値、および、前記第1の値よりも小さな第2の値を連続的に採り入れ得るように配置されることを特徴とする、請求項1から請求項16のいずれかに記載の計時器。

【請求項18】

計時器によって備えられ、この計時器の計時器機構の動作を計時する機械式振動子の同期モジュールであって、この同期モジュールは、前記同期モジュールに組み込まれた補助振動子(22、42)に前記機械式振動子を同期させるために、前記計時器に組み込まれるように意図され、前記機械式振動子を形成する機械式共振器の機械式制動デバイス(24、38、40、64)を備え、この機械式制動デバイスは、前記機械式振動子のための設定点周波数に応じてのみ選択された制動周波数において生成され、前記補助振動子によって決定された、周期的な制動パルス中に、前記機械式共振器に、散逸的な機械的な制動トルクを加えることができるように配置され、前記周期的な制動パルスがおのこの、前記設定点周波数の逆数に対応する設定点周期の半周期未満の持続時間を有し、前記機械式制動デバイスは、一般的な振動軸に沿った位置の範囲において、前記機械式共振器の任意の位置において、前記周期的な制動パルスを開始できるように構成され、前記範囲は、前記

10

20

30

40

50

機械式振動子の使用可能な動作範囲のためのこれら 2 つの側面において前記機械式振動子が有しやすい振幅の少なくとも 2 つの範囲それぞれにわたって、前記機械式共振器のニュートラル位置からの少なくとも前記 2 つの側面において延びていることを特徴とする、同期モジュール。

【請求項 19】

前記機械式制動デバイスは、前記周期的な制動パルス中に、この振動部材に、前記散逸的な機械的な制動トルクを加えるために、前記機械式共振器(6、6A)の振動部材(8、8A)と瞬間的に接触することができるように、前記制動周波数において作動されるように配置された制動部材(41、41A、41B、90)を備えることを特徴とする、請求項 18 に記載の同期モジュール。

10

【請求項 20】

前記制動部材と、前記振動部材の制動面(32、32A)との間の動的な乾燥摩擦によって本質的に、前記同期モジュールの起動後に特に発生しやすい任意の変動位相の少なくともほとんどにおいて、前記周期的な制動パルスは、前記振動部材に加えられるように、前記制動部材が配置されることを特徴とする、請求項 19 に記載の同期モジュール。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、機械式ムーブメントを備えた計時器に関し、機械式ムーブメントの動作をペーシングする機械式振動子の動作における潜在的な時間ドリフトを修正するためのデバイスによって動作が強化される。このような時間ドリフトは、特に機械式振動子の平均固有振動周期が設定点周期に等しくない場合に発生する。この設定点周期は、修正デバイスに関連付けられている補助振動子によって決定される。

20

【0002】

特に、計時器は、一方では、

- 少なくとも 1 つの時間データアイテムの表示機構と、
- その最小位置エネルギー状態に対応するニュートラル位置を中心に、一般的な振動軸に沿って振動するのに適した機械式共振器と、
- 表示機構の動作をペーシングするように配置された機械式振動子とともに形を成す機械式共振器のメンテナンスデバイスであって、この機械式振動子の各振動は、振動周期を画定する、メンテナンスデバイスとを備えた機械式ムーブメントによって、

他方では、計時器の動作を高めるために、機械式振動子の中間周波数を調整するためのデバイスによって、形成される。

30

【背景技術】

【0003】

本発明の分野で定義される計時器は、いくつかの先行文献で提案されている。1977年に公開されたスイス国特許発明第597636号は、図3を参照してこのような計時器を提案している。ムーブメントには、てん輪 - ヒゲゼンマイと、従来のメンテナンスデバイスとによって形成された共振器が装備されており、従来のメンテナンスデバイスは、アセンブリと、ばねを備えた平行に運動学的に連結されたガンギ車とが装備されている。この計時器ムーブメントはさらに、その機械式振動子の周波数を調整するためのデバイスを備えている。この調整デバイスは、電子回路と、てん輪のフェローの下に配置された支持体に配置されたフラットコイルから、および、てん輪に取り付けられ、振動子が起動されたときに、ともにコイルを通過するように互いに近接して配置された 2 つの磁石から形成された磁気アセンブリと、を備えている。

40

【0004】

電子回路は、水晶共振器を備えるとともに基準周波数信号FRを生成する働きをする時間基準を備え、この基準周波数は、機械式振動子の周波数FGと比較される。振動子の周波数FGは、一対の磁石によってコイルにおいて生成された電気信号を介して検出される。調整回路は、磁気磁石コイルの結合およびコイルに接続された切り替え可能な負荷を介

50

して、瞬間的に制動トルクを誘導するのに適している。

【 0 0 0 5 】

てん輪 - ヒゲゼンマイを電子調整回路と結合するために、磁気コイル式電磁システムを使用することは、様々な問題を引き起こす。第 1 に、てん輪上の永久磁石の配置により、計時器ムーブメントに常に磁束が存在し、この磁束が空間的に周期的に変化する。このような磁束は、計時器ムーブメントの要素の様々な部位、特に強磁性材料で作られた部品のような磁性材料で作られた要素に有害な作用を及ぼす可能性がある。これは、計時器ムーブメントの適切な動作に影響を与え、旋回要素の摩耗を増加させる可能性がある。確かに、問題となっている磁気システムをある程度スクリーニングすることが想定され得るが、スクリーニングには、てん輪によって支えられる特定の要素が必要である。このようなスクリーニングは、機械式共振器のサイズおよびその重量を増加させる傾向がある。さらに、それはてん輪 - ヒゲゼンマイの美的構成の可能性を制限する。

10

【 0 0 0 6 】

当業者は、電気機械式であるそのてん輪 - ヒゲゼンマイの周波数を調整するためのデバイスが関連付けられた機械式計時器ムーブメントも認識している。より具体的には、調整は、てん輪 - ヒゲゼンマイと、調整デバイスとの間の機械的な相互作用を介して発生し、調整デバイスは、てん輪に配置された停止部と、可動フィンガを装備したアクチュエータとで形成されたシステムによって、振動しているてん輪に作用するように配置され、可動フィンガは、停止部の方向において、制動周波数で作動されるが、てん輪のフェローに触れることはない。このような計時器は、文献仏国特許発明第 2 1 6 2 4 0 4 号に記載されている。この文献で提案された概念によれば、機械式振動子が設定点周波数に対して時間ドリフトを示す場合、フィンガと停止部との間の相互作用によって、機械式振動子の周波数を、水晶共振器の周波数に同期させることが求められ、フィンガは、てん輪を瞬間的にロックすることができる、てん輪はその後、特定の時間間隔の間、その動きを停止される（てん輪がそのニュートラル位置に向かって戻ったとき、停止部は、その方向に移動したフィンガを支える）、または、てん輪がその終了角度位置のうちの 1 つの方向に回転している間、フィンガが停止部に到達したとき、振動振幅を制限する（振幅を画定する）ことができる。と想定されており、フィンガは、その後、振動を停止し、てん輪は、反対方向に直進移動し始める。

20

【 0 0 0 7 】

このような調整システムは、多くの欠点を有し、動作システムを形成できることが真に疑われ得る。停止部の振動運動に対するフィンガの周期的な作動、およびこの停止部に向かうフィンガの周期的な運動に対する停止部の振動に対する潜在的に大きな初期位相シフトは、多くの問題を引き起こす。フィンガと停止部との間の相互作用は、てん輪の単一の角度位置に限定され、この角度位置は、てん輪 - ヒゲゼンマイの軸に対するアクチュエータの角度位置と、アイドル時のてん輪における停止部の（そのニュートラル位置を画定する）角度位置とによって画定されることに留意されたい。実際、フィンガの運動は、停止部との接触によっててん輪を停止することを可能にすると想定されるが、フィンガは、てん輪のフェローと接触しないように配置される。さらに、フィンガと停止部との間の相互作用の時間は、てん輪 - ヒゲゼンマイの振動の振幅にも依存することに留意されたい。

30

40

【 0 0 0 8 】

求められている同期はありそうもないことに留意されたい。確かに、特に、周波数は、フィンガの前後運動を計時する設定点周波数よりも大きく、フィンガと、その 2 つの終了角度位置のうち的一方から戻るてん輪を瞬間的に保持する停止部との間の第 1 の相互作用（誤差を低減する修正）を伴うてん輪 - ヒゲゼンマイの場合、第 2 の相互作用は、フィンガの半周期運動中に、停止部がフィンガに触れずに、何度も振動した後、フィンガの振動方向を即座に反転させることによる、フィンガによるてん輪の停止となり、ここでは、停止部がフィンガに当接する一方、てん輪は、前記終了角度位置に向かって回転する（誤差を増加させる修正）。したがって、たとえば数百の振動周期などの長い時間間隔の間、未修正の時間ドリフトがあるだけでなく、フィンガと停止部との間のいくつかの相互作用

50

により、時間ドリフトは、減少するのではなく、増加する。さらに、上記の第2の相互作用中の停止部の、ひいては、てん輪 - ヒゲゼンマイの、振動の位相シフトは、フィンガと停止部（そのニュートラル位置にあるてん輪）との間の相対的な角度位置にしたがって大きくなる可能性があることに留意されたい。

【0009】

したがって、所望される同期が得られることは疑わしい。さらに、特に、てん輪 - ヒゲゼンマイの固有周波数は、設定点周波数に近いが等しくない場合、この時点でフィンガの反対側に位置する停止部によって、てん輪に向かう動きにフィンガがロックされるシナリオは、予見可能である。このような寄生相互作用は、機械式振動子および/またはアクチュエータに損傷を与える可能性がある。さらに、これは実際に、フィンガの接線範囲を制限する。最後に、停止部との相互作用位置でのフィンガの保持期間は比較的短くなければならないため、遅延を誘発する修正が制限される。結論として、文献仏国特許発明第2162404号で提案されている計時器の動作は、当業者には非常にありそうにないように見え、当業者は、このような教示を思いとどまる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】スイス国特許発明第597636号

【特許文献2】仏国特許発明第2162404号

【発明の概要】

【0011】

本発明の目的は、技術的背景において上述した技術的問題および欠点の解決策を見出すことである。

【0012】

本発明の範囲内で、機械式計時器ムーブメントの動作の精度を高める、すなわち、この機械式ムーブメントの毎日の時間ドリフトを低減することが一般的に求められている。特に、本発明は、動作が最初に最適に調整される機械式計時器ムーブメントのためのこのような目標を達成しようとするものである。実際、本発明の一般的な目的は、機械式ムーブメントの潜在的な時間ドリフトを阻止するためのデバイス、すなわち、このような機械式ムーブメントの動作を調整し、その精度を高めるデバイスを、すべてのために、自律的に機能できることを放棄することなく、この機械式ムーブメントがその特定の機能によって有することができる最高の可能な精度で、つまり、調整デバイスがない場合、または調整デバイスが非アクティブである場合に、見つけることである。

【0013】

この目的のために、本発明は、この技術分野において上記で定義された計時器に関し、調整デバイスは、機械式共振器の機械式制動デバイスによって形成される。機械式制動デバイスは、計時器ムーブメントの機械式振動子のための設定点周波数に応じてのみ選択された制動周波数において生成され、調整デバイスに関連付けられた補助振動子によって決定された、周期的な制動パルス中に、機械式共振器に機械的な制動トルクを加えるように配置される。機械式共振器および機械式制動デバイスで形成されたシステムは、機械式制動デバイスが、この機械式共振器の一般的な振動軸に沿った位置の範囲において、機械式共振器の任意の位置で、周期的な制動パルスを開始できるように構成されており、この機械式振動子の使用可能な動作範囲のための第1の側面において機械式振動子が有しやすい振幅の少なくとも1つの第1の範囲にわたって、機械式共振器のニュートラル位置からの2つの側面のうちの少なくとも第1の側面において延びている。

【0014】

一般的な代替実施形態では、機械式共振器および機械式制動デバイスで形成されるシステムは、周期的な制動パルスが開始し得る機械式共振器の位置の範囲が、この機械式振動子の使用可能な動作範囲のために、一般的な振動軸に沿って第2の側面において機械式振動子が有しやすい振幅の少なくとも1つの第2の範囲にわたって、機械式共振器のニュー

10

20

30

40

50

トラル位置から、2つの側面のうちの第2の側面において延びるようにも構成される。

【0015】

好ましい代替実施形態では、機械式振動子が、その機械式共振器のニュートラル位置から2つの側面に有しやすい振幅の第1および第2の範囲をそれぞれ組み込む、上記で特定した機械式共振器の位置範囲の2つの部分のおおのは、連続的または準連続的である一定の範囲を示す。

【0016】

一般的な代替実施形態では、機械式制動デバイスは、周期的な制動パルスがおおの、設定点周波数の逆数に対応する設定点周期の1/4未満の持続時間を本質的に有するように構成される。特定の代替実施形態では、周期的な制動パルスは、本質的に設定点周期の1/400から1/10までの間の持続時間を有する。好ましい代替実施形態では、周期的な制動パルスは、設定点周期の1/400から1/50までの間の持続時間を有する。

【0017】

好ましい実施形態では、補助振動子は、計時器に含まれる調整デバイスに組み込まれる。

【0018】

本発明の特徴により、驚くべきことに、計時器ムーブメントの機械式振動子は、以下の本発明の詳細な説明から明らかになるように、補助振動子上で効果的かつ迅速に同期される。調整デバイスは、閉ループのサーボ制御なしに、および、機械式振動子の動きの測定センサなしに、補助振動子（マスタ振動子）上で機械式振動子（スレーブ機械式振動子）を同期させるためのデバイスを形成する。したがって、調整デバイスは、開ループで機能し、以下で説明するように、機械式ムーブメントの自然な動作の進みと遅れとの両方を修正することができる。この結果は非常に注目値する。「マスタ振動子における同期」という用語は、本明細書では、スレーブ機械式振動子のマスタ振動子へのサーボ制御（開ループ、したがってフィードバックなし）を意味する。調整デバイスの動作は、マスタ振動子の基準周波数から導出される制動周波数が、スレーブ機械式振動子に強制され、それが時間データアイテム表示機構の動作をペーシングするようになっている。これは、本明細書では結合振動子のシナリオから、または強制的な振動子の標準的な場合からさえも構成されない。本発明において、機械的な制動パルスの制動周波数は、スレーブ機械式振動子の中間周波数を決定する。

【0019】

「機構の動作をペーシングする」という用語は、動作時にこの機構の可動部分の動きのペースを設定すること、特にそのホイール、したがって時間データアイテムの少なくとも1つの表示の回転速度を決定することを意味する。「制動周波数」という用語は、スレーブ機械式共振器に制動パルスが周期的に加えられる所与の周波数を示す。

【0020】

好ましい実施形態では、機械式共振器および機械式制動デバイスから形成されるシステムは、機械式制動デバイスが、スレーブ機械式振動子の使用可能な動作範囲において、実質的にいつでもこのスレーブ機械式振動子の固有振動周期で、機械的な制動パルスを開始できるように構成される。換言すれば、周期的な制動パルスの1つは、一般的な振動軸に沿った機械式共振器の任意の位置で実質的に開始し得る。

【0021】

原則として、振動子のエネルギーの一部がこれらの制動パルスによって散逸されるため、制動パルスは散逸性を有する。主な実施形態では、機械的な制動トルクは、実質的に摩擦によって、特に、振動軸に沿って特定の範囲（孤立していない）を示す機械式共振器の制動面に特定の圧力を加える機械式制動部材によって加えられる。

【0022】

特定の実施形態では、制動パルスは、機械式共振器に機械的な制動トルクを加え、周期的な制動パルス中にこの機械式共振器を瞬間的にロックしないように値が選択される。この場合、好ましくは、上記のシステムは、（ゼロまたは孤立ではなく、特定の有意な期間

10

20

30

40

50

を有する)特定の連続的または準連続的な時間間隔中に、制動パルスのおのおのによって生成される機械的な制動トルクを、機械式共振器に加えることができるように配置される。

【0023】

本発明はまた、計時器によって構成され、この計時器の計時器機構の動作をペーシングする機械式振動子の同期モジュールに関し、この同期モジュールは、同期モジュール内に組み込まれた補助振動子上の機械式振動子を同期させるために計時器に組み込まれることが意図されている。同期モジュールは、機械式振動子を形成する機械式共振器の機械式制動デバイスを備え、機械式振動子は、単に機械式振動子の設定点周波数に応じて選択され、補助振動子によって決定された制動周波数で生成される周期的な制動パルス中に、機械的制動トルクを機械式共振器に加えることができるように配置されている。機械式制動デバイスは、一般的な振動軸に沿った位置の範囲内の機械式共振器の任意の位置において、周期的な制動パルスを開始できるように構成され、この機械式振動子の使用可能な動作範囲のためにこれら2つの側面を機械式振動子が有しやすい振幅の少なくとも2つの範囲でそれぞれ、機械式共振器のニュートラル位置から2つの側面に延びている。

10

【0024】

同期モジュールの特定の実施形態では、機械式制動デバイスは、前記周期的な制動パルス中に、この振動部材に前記機械的な制動トルクを加えるために、機械式共振器の振動部材と瞬間的に接触できるように、制動周波数において作動されるように配置された制動部材を備えている。

20

【0025】

有利な代替実施形態では、本質的に、制動部材と、振動部材の制動面との間の動的な乾燥摩擦によって、特に同期モジュールの起動後に発生しやすい任意の変動位相の少なくともほとんどの場合、周期的な制動パルスは、振動部材に加えられるように、制動部材が配置される。

【0026】

以下、限定しない例によって、添付の図面を用いて、本発明が詳細に説明される。

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】本発明による計時器の一般的な実施形態を概略的に示す図である。

30

【図2】本発明による計時器の第1の特定の実施形態を示す図である。

【図3】第1の特定の実施形態に組み込まれた修正デバイスのアクチュエータの制御回路の電子回路図である。

【図4】本発明による計時器の第2の特定の実施形態を示す図である。

【図5】本発明による計時器の第3の特定の実施形態を示す図である。

【図6】ニュートラル位置を通過する前に、機械式共振器の振動の特定の半周期における機械式共振器への第1の制動パルスの適用と、第1の制動パルスが発生する時間間隔におけるてん輪の角速度とその角度位置を示す図である。

【図7】図6と同様の図であるが、機械式振動子とそのニュートラル位置を通過した後の機械式振動子の振動の特定の半周期における第2の制動パルスの適用に関する図である。

40

【図8A-C】図8Aは、振動周期中のてん輪-ヒゲゼンマイの角度位置を示す図である。図8Bは、てん輪-ヒゲゼンマイの角度位置にしたがう、一定の制動トルクの3つの値に対する固定持続期間の制動パルスについて取得された計時器ムーブメントの動作の変動を示す図である。図8Cは、対応する制動力を示す図である。

【図9】本発明による計時器における修正デバイスのインターロック後の初期位相において生じやすい3つの異なるシナリオのうちの1つを示す図である。

【図10】本発明による計時器における修正デバイスのインターロック後の初期位相において生じやすい3つの異なるシナリオのうちの1つを示す図である。

【図11】本発明による計時器における修正デバイスのインターロック後の初期位相において生じやすい3つの異なるシナリオのうちの1つを示す図である。

50

【図 1 2】本発明による計時器の修正デバイスのインターロック後に生じ、スレーブ機械式振動子の固有周波数が設定点周波数よりも大きいシナリオのために求められる同期をもたらす物理的プロセスの説明グラフを示す図である。

【図 1 3】図 1 2 のシナリオにおいて、各半周期において制動パルスが発生する代替実施形態のためのスレーブ機械式振動子の振動と、安定した同期位相における制動パルスとを表す図である。

【図 1 4】本発明による計時器の修正デバイスのインターロック後に生じ、スレーブ機械式振動子の固有周波数が設定点周波数よりも小さいシナリオのために求められる同期をもたらす物理的プロセスの説明グラフを示す図である。

【図 1 5】図 1 4 のシナリオにおいて、各半周期において制動パルスが発生する代替実施形態のためのスレーブ機械式振動子の振動と、安定した同期位相における制動パルスとを表す図である。

【図 1 6】図 1 2 のシナリオについて、機械式振動子の角度位置と、4 振動周期ごとに制動パルスが発生する修正デバイスの動作モードの対応する振動周期のグラフを示す図である。

【図 1 7】図 1 4 のシナリオについて、機械式振動子の角度位置と、4 振動周期ごとに制動パルスが発生する修正デバイスの動作モードの対応する振動周期のグラフを示す図である。

【図 1 8】図 1 6 の部分拡大図である。

【図 1 9】図 1 7 の部分拡大図である。

【図 2 0】上の 2 つの図と同様に、機械式振動子の周波数が、制動周波数に等しい特定のシナリオを表す図である。

【図 2 1】本発明による計時器の代替実施形態について、スレーブ機械式振動子の振動周期の進行のみならず、合計時間誤差の進行を示す図である。

【図 2 2】本発明による計時器のさらなる代替実施形態について、潜在的な時間ドリフトの修正のためのデバイスの噛合後の初期位相におけるスレーブ機械式振動子の振動のグラフを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

図 1 には、本発明による計時器 2 の一般的な実施形態が部分的に概略的に示されている。計時器 2 は、時間データアイテムの少なくとも 1 つの表示機構 1 2 を含む機械式計時器ムーブメント 4 を備え、この機構は、バレル 1 4 によって作動される歯車列 1 6 を備えている（この機構は、図 1 に部分的に表されている）。機械式ムーブメントはさらに、てん輪 8 およびヒゲゼンマイ 1 0 によって形成される機械式共振器 6 と、脱進機 1 8 によって形成されるこの機械式共振器を維持するためのデバイスとを備え、この維持デバイスは、この機械式共振器とともに、表示機構の動作をペーシングする機械式振動子を形成する。脱進機 1 8 は、従来、アンクルアセンブリおよびガンギ車を備え、ガンギ車は、歯車列 1 6 を介してバレルと運動学的に連結されている。機械式共振器は、その最小の位置エネルギー状態に対応するニュートラル位置（アイドル位置 / ゼロ角度位置）の周りで、たとえば、てん輪のフェローの外半径に対応する半径の円形軸に沿って振動するのに適している。てん輪の位置はその角度位置によって与えられるため、本明細書では円形軸の半径は重要ではないことが理解される。これは、たとえば、特定の実施形態では線形であり得る機械式共振器の動きの性質を示す一般的な振動軸を画定する。機械式共振器の各振動は、振動周期を画定する。

【0029】

計時器 2 はさらに、機械式ムーブメント 4 の機械式振動子の動作における潜在的な時間ドリフトを修正するためのデバイスを備え、この修正デバイス 2 0 は、この目的のために、機械式制動デバイス 2 4、および、以降マスタ振動子とも称される補助振動子 2 2 を備えている。マスタ振動子は、基準周波数を供給するために機械式制動デバイスの制御デバイス 2 6 に関連付けられる。計時器ムーブメントの動作を直接計時する主振動子が、上述

10

20

30

40

50

の機械式振動子である限り、マスタ振動子 22 は、補助振動子であり、したがって、主振動子がスレーブ振動子である。様々なタイプの補助振動子、特に水晶共振器を備えた振動子、または制御回路を備えた電子回路に全体的に組み込まれた振動子など、特に電子タイプのものが想定され得ることに留意されたい。一般に、補助振動子は、本来、または設計によって、計時器ムーブメントに配置されたような主機械式振動子よりも、より正確である。

【0030】

原則として、機械式制動デバイス 24 は、設定点周波数 / 周期にしたがって選択され、マスタ振動子 22 によって決定された制動周波数で、機械式共振パルスを機械式共振器 6 に周期的に加えることができるように配置されている。この機能は、てん輪のフェロー 30 の外部側面 32 と接触するのに適したパッドを備えた制動部材 28 によって図 1 に概略的に表されている。この制動部材は、機械式共振器 6 に瞬間的に制動トルクを加えることができるように可動（本明細書では、並進方向に）であり、その前後運動は、機械的な制動パルスを加えるために、制動部材が周期的に てん輪 と接触するような制動周波数において、周期的に作動する、制御デバイス 26 によって制御される。

10

【0031】

次に、機械式共振器 6 と機械式制動デバイス 24 から形成されるシステムは、機械式制動デバイスが、機械式共振器の任意の位置で、少なくとも特定の連続的または準連続的な位置範囲において、機械的な制動パルスを開始できるように構成され、これによって、この機械式共振器は、その一般的な振動軸に沿って通過するのに適切となる。図 1 に示されるシナリオは、機械式制動デバイスが、スレーブ機械式振動子の使用可能な動作範囲内の振動周期の実質的に任意の時間において、機械式共振器に機械的な制動パルスを加えることができるように、機械式共振器と機械式制動デバイスで構成されるシステムが形成された好ましい代替実施形態に対応する。実際、フェロー 30 の外部側面 32 は、ここでは連続的かつ円形であり、半径方向に移動する制動部材 28 のパッドが、てん輪の任意の角度位置で制動トルクを発揮できるようになっている。したがって、特に、制動パルスは、スレーブ機械式振動子が動作しているときに達成される 2 つの終了角度位置（機械式共振器のニュートラルポイントから両側のスレーブ機械式振動子それぞれの 2 つの振幅）の間の機械式共振器の任意の角度位置において開始し得る。

20

【0032】

最後に、周期的な機械的な制動パルスはおのこの、機械式共振器 6 および維持デバイス 12 によって形成されるスレーブ機械式振動子の振動に関して決定される設定点周期の 1 / 4 未満の持続時間を本質的に有する。

30

【0033】

有利な実施形態では、修正デバイス 20 の様々な要素は、機械式ムーブメント 4 の独立したモジュールを形成する。したがって、この同期モジュールは、ケーシングの前に行われる最終組み立てステップで腕時計ケースに取り付ける間に機械式ムーブメントとともに組み立てられ得るか、関連付けられ得る。特に、このようなモジュールは、計時器ムーブメントを囲むケーシングリングに取り付けられ得る。したがって、同期モジュールは、計時器ムーブメントが完全に組み立てられ調整されると、計時器ムーブメントに有利に関連付けられ得ることが理解され、このモジュールの組み立ておよび分解は、機械式ムーブメント自体に取り組みることなく可能である。

40

【0034】

このような計時器の注目すべき動作と、マスタ補助振動子上の主機械式振動子の同期がどのように得られるかを詳細に説明する前に、図 2 から図 5 を用いて、電気 / 電子式の補助振動子と、電気機械式の機械式制動デバイスとを有するいくつかの特定の実施形態が説明される。

【0035】

図 2 に示される第 1 の特定の実施形態によれば、計時器 34 は、機械式計時器ムーブメント（共振器 6 のみが示される）と、少なくとも 1 つの時間データアイテムを表示する機

50

構のための潜在的な時間ドリフトを修正するデバイス36とを備え、ここでは、共振器6によって形成された機械式振動子によって、動作がペーシングされる。修正デバイス36は、電気機械式アクチュエータ38、電子制御回路40およびクロック回路50から形成される電子回路、水晶共振器42、太陽電池44、および太陽電池によって供給される電気エネルギーを蓄える蓄電池46を備えている。アクチュエータ38は、電源回路39と、可動制動部材41とによって形成される。可動制動部材41は、機械的な制動パルス中に、一定の機械的な力を、機械式共振器6の振動部材に加えるように、電子制御回路40によって供給される制御信号に応じて作動される。この目的のために、アクチュエータ38は、回路39によって電力が供給される圧電素子を備え、制御信号にしたがって電圧がこの圧電素子に加えられる。圧電素子が瞬間的にオンされると、制動部材は、てん輪を制動するために、てん輪の制動面に接触する。

10

【0036】

図2に示す例では、電圧が加えられると、制動部材を形成するストリップ41が曲がり、その端部は、てん輪8のフェロー30の円形側面32に押し付けられる。したがって、このフェローは円形制動面を画定する。制動部材は、機械的な制動パルスを加えると、円形制動面に圧力を加えるように配置された制動パッドを画定する可動部分、ここではストリップ41の端部を備える。本発明の範囲内で、枢動(平衡)する振動部材、および、少なくとも1つの半径方向に移動可能な制動パッド用の円形制動面は、重要な利点を有する機械式制動システムを形成する。実際、好ましい代替実施形態では、振動部材および制動部材は、機械的な制動パルスが、制動部材と、振動部材の制動面との間の動的な乾燥摩擦によって加えられるように配置される。

20

【0037】

制動面は、てん輪のフェローの外部側面以外であり得ることに留意されたい。図示されていない代替実施形態では、円形制動面を画定するのは、てん輪の中央シャフトである。この場合、制動部材のパッドは、機械的な制動パルスを加えると、中央シャフトのこの表面に対して圧力を加えるように配置される。

【0038】

非限定的な例として、ヒゲゼンマイの定数 $k = 5.75 \times 10^{-7} \text{ Nm/rad}$ および慣性 $I = 9.1 \times 10^{-10} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$ 、および4 Hzに等しい設定点周波数 F_0 であるてん輪 - ヒゲゼンマイによって形成される計時器共振器の場合、約5分の毎日の誤差を有し、非同期動作が幾分不正確である計時器ムーブメントに関する第1の代替実施形態と、約30秒の毎日の誤差を有し、非同期動作がより正確であるさらなる計時器ムーブメントに関する第2の代替実施形態とを検討することが可能である。第1の代替実施形態では、制動トルクの値の範囲は、 $0.2 \mu\text{Nm}$ から $10 \mu\text{Nm}$ までの間であり、制動パルスの持続時間の値の範囲は、 5 ms から 20 ms までの間であり、周期的な制動パルスを加えるための制動周期に対する値の範囲は、 0.5 s から 3 s までの間である。第2の代替実施形態では、制動トルクの値の範囲は、 $0.1 \mu\text{Nm}$ から $5 \mu\text{Nm}$ までの間であり、周期的な制動パルスの持続時間の値の範囲は、 1 ms から 10 ms までの間であり、制動周期のための値の範囲は、 3 s から 60 s までの間、つまり、少なくとも1分間に1回である。

30

【0039】

図3は、計時器34の制御回路40の代替実施形態を示す図である。この制御回路は、一方はクロック回路50に接続され、他方では電気機械式アクチュエータ38に接続されている。クロック回路50は、水晶共振器42を維持し、これにより、特に 2^{15} Hz に等しい基準周波数でクロック信号 S_Q を生成する。水晶共振器およびクロック回路は、ともにマスタ振動子を形成する。クロック信号 S_Q は、2つのスプリッタ $DIV1$ および $DIV2$ に連続的に供給される(これら2つのスプリッタは、同じスプリッタの2つの段を形成することができる)。スプリッタ $DIV2$ は、周期的な信号 S_D を、カウンタ52に供給する。信号 S_D の周波数は、たとえば1 Hz、2 Hz、または4 Hzに等しい。カウンタ52は、Nにおけるカウンタであり、つまり、カウンタ52は、ループ内で、信号 S_D の連続したパルスの数Nをカウントし、この数Nに達するたびに、供給する信号 S_R を介

40

50

して、パルスを送る。各パルスが受信されると、タイマは直ちにスイッチ56を開いてオンにし、これによって、各制動パルスの持続時間を確定する持続時間 T_{imp} の間、電気機械式アクチュエータ38に電力を供給する。この持続時間は、本質的に $T_{0c}/4$ 未満(T_{0c} は機械式振動子の設定点周期)、好ましくはこの値よりも実質的に短い、特に1msから10msまでの間であるため、タイマは、スプリッタDIV1からタイミング信号を受信する。

【0040】

機械式振動子の設定点周波数 F_{0c} が4Hz($F_{0c}=4Hz$)に等しい例では、信号 S_D のパルスの周波数は8Hzに等しく、数 N は16に等しく、信号 S_R の制動周波数 F_{FR} は0.5Hzである。これは、8周期 T_{0c} ごとに、つまりその固有周波数 F_0 は、設定点周波数 F_{0c} に近い限り、機械式振動子の約8周期ごとに、1つの制動パルスがあることを意味する。代替実施形態では、カウンタ52は省略され、スプリッタDIV2は、タイマにパルスを送り、タイマを周期的に動作させる。この場合、好ましくは、信号 S_D のパルスの周波数は、設定点周波数 F_0 の2倍以下である。したがって、 $F_0=4Hz$ の場合、信号 S_D の周波数は、8Hz以下であり、これは、好ましくは、機械式振動子の半周期ごとに、多くとも1つの制動パルスがあるからである。

【0041】

図4を参照して、計時器62の第2の特定の実施形態を説明するが、これは、その制動デバイス64の配置によって、先行する第1のものとは異なる。この制動デバイスのアクチュエータは、それぞれ磁石コイル磁気システム70A、70Bによって作動されるストリップ41A、41Bによっておのおの形成される2つの制動モジュール66、68を備えている。2つの磁気システムのコイルは、電子回路40、50に電氣的に接続された2つの電源回路72A、72Bによってそれぞれ制御される。ストリップ41A、41Bはそれぞれ、てん輪8Aのフェロー30Aの外部側面32Aに押し付けるのに適した2つのパッドを画定する第1の制動部材および第2の制動部材を形成する。これら2つの制動パッドは、周期的な制動パルスを加えると、てん輪の回転軸に対して完全に対向する2つの半径方向の力をそれぞれ、逆方向に、てん輪のフェローに加えるように配置される。明らかに、制動パルス中に2つのパッドのおのおのによって加えられる力結合は、他方に実質的に等しい。したがって、てん輪の一般的な平面における力の合力は実質的にゼロであるため、制動パルス中に、てん輪シャフトに半径方向の力は加えられない。これにより、このてん輪シャフトの旋回、より一般的には、これらの旋回に関連付けられたベアリングにおける機械的な応力を回避する。このような配置は、てん輪シャフトにおいて、またはこのシャフトによって支えられたディスクにおいて、制動が実行される代替実施形態に有利に組み込まれ得る。

【0042】

次に、共振器6Aは、てん輪8Aが、てん輪をバランスさせるためのネジ76が収容されたキャビティ74を(てん輪の一般的な平面内に)有するフェロー30Aを備えているという点で、前述の実施形態のものとは異なる。したがって、外部側面32Aは、もはや連続的な円形面を画定するのではなく、4つの連続的な角度セクタを有する不連続な円形面を画定する。しかしながら、ストリップ41A、41Bは、図4に示すように、これら2つのキャビティがそれぞれ2つのストリップの端部に面して示されている場合でも、てん輪の任意の角度位置のために、制動パルスが留まることが可能な範囲を備えた接触面を有することに留意されたい。

【0043】

代替実施形態では、てん輪に加えられる制動力は、軸方向であると想定される。このような代替実施形態では、第2の実施形態、すなわち、互いに軸方向に面して配置され、この間で、てん輪のフェローが特に通過する2つの制動パッドを備えた型式の、機械式制動デバイスを想定することが有利である。したがって、アクチュエータは、制動パルスを加えると、2つのパッドが、反対方向の2つの実質的に揃った軸方向の力を、てん輪に加えるように配置される。制動パルス中に2つのパッドのおのおのによって加えられる力結合

も、本明細書では他方に実質的に等しい。

【0044】

第3の特定の実施形態による計時器80が図5に示されている。計時器式モータ86と、制動部材90とを備えたアクチュエータの選択によって本質的に第1の実施形態と異なり、制動部材90は、このモータのロータ88（永久磁石を有する）に取り付けられ、制御回路40によって提供された制御信号に応じて、制動パルス中に、モータコイルの電源82によって誘導された一定の回転をロータが実行する場合、共振器6のてん輪8のフェローに一定の力を加えることができる。

【0045】

様々な代替実施形態によれば、電気機械式アクチュエータは、圧電素子または磁歪素子、または、前記制動部材を作動させるための電磁システムを備えている。

10

【0046】

以下、図6および図7を参照して、本発明をもたらす開発の範囲内で強調され、本発明による計時器で実施される同期方法に関係する注目すべき物理現象を説明する。この現象を理解することにより、機械式ムーブメントの動作を調整する修正デバイスによって得られる同期をより良く理解することが可能になり、この結果が以下で詳しく説明される。

【0047】

図6と図7では、最初のグラフは、制動パルスP1、P2が、問題となっている機械式共振器にそれぞれ加えられ、この共振器によって形成される、機械式振動子によってペーシングされる機構の動作を修正する時間 t_{p1} を示している。後者の2つのグラフはそれぞれ、機械式共振器の振動部材（以下「てん輪」ともいう）の経時的な角速度（毎秒のラジアン $[\text{rad}/\text{s}]$ ）および角度位置（ラジアン $[\text{rad}]$ ）を示す。曲線90、92はそれぞれ、制動パルスの発生前に自由に振動（その固有周波数における振動）するてん輪の角速度および角度位置に対応する。制動パルスが表された後、制動パルスによる外乱のあるシナリオ、および外乱のないシナリオにおける共振器の振舞いにそれぞれ対応する速度曲線90a、90bが表される。同様に、位置曲線92a、92bはそれぞれ、制動パルスによる外乱のあるシナリオ、および外乱のないシナリオにおける共振器の振舞いに対応する。これら図において、制動パルスP1、P2が発生する時間 t_{p1} 、 t_{p2} は、これらのパルスの中点の時間位置に対応する。しかしながら、制動パルスの開始およびその持続時間は、時間に関して制動パルスを画定する2つのパラメータとみなされる。

20

30

【0048】

パルスP1、P2は、図6および図7においてバイナリ信号によって表されていることに留意されたい。しかしながら、以下の説明では、制御パルスではなく機械式共振器に加えられ機械的な制動パルスが考慮される。したがって、特定の実施形態では、特に機械式制御デバイスを有する機械式修正デバイスでは、機械的な制動パルスを加える前に、少なくとも部分的に制御パルスが発生する場合があることに留意されたい。このような場合、以下の説明では、制動パルスP1、P2は、共振器に加えられ機械的な制動パルスに対応し、以前の制御パルスには対応しない。

【0049】

さらに、制動パルスは、一定の力結合または非一定の力結合（たとえば、実質的にガウス曲線または正弦曲線）で加えられることに留意されたい。制動パルスという用語は、機械式共振器へ力結合を瞬間的に加えることを示し、機械式共振器は、その振動部材（てん輪）を制動する。すなわち、この振動部材の振動運動に対向する。可変の、ゼロではない結合の場合、パルスの持続時間は、一般に、機械式共振器を制動するための顕著な力結合を有するこのパルスの一部として画定される。制動パルスは、顕著な変動を示す場合があることに留意されたい。途切れがちな、短いパルスが連続することもあり得る。一定の結合の場合、各パルスの持続時間は、設定点1/2周期未満であり、好ましくは設定点周期の1/4よりも短い。各制動パルスは、図6および図7のように機械式共振器を停止させることなく制動をかけ得るか、制動パルス中に停止させ、この制動パルスの残りの間に、瞬間的にロックし得ることに留意されたい。

40

50

【 0 0 5 0 】

機械式振動子の自由な各振動周期 T_0 は、この機械式振動子の振動振幅を画定する 2 つの終了位置間でそれぞれ発生する第 2 の半周期 A_0^2 が続く第 1 の半周期 A_0^1 を画定し、各半周期は、同じ持続時間 $T_0 / 2$ を有し、中央時間において、機械式共振器のゼロ位置を經由する機械式共振器の通過を示す。振動の 2 つの連続した半周期は、てん輪がそれぞれ一方向の振動運動を維持し、その後、他方向の振動運動を維持する 2 つの $1 / 2$ 周期を画定する。換言すれば、半周期は、振動振幅を画定するその 2 つの終了位置の間の一方向または他方向のてん輪の振動に対応する。原則として、制動パルスが発生する振動周期の変動、したがって機械式振動子の周波数の孤立した変動が観察される。実際、時間変動は、制動パルスが発生する唯一の半周期に関連している。「中央時間」という用語は、半周期の中間点で実質的に発生する時間を示す。これは、特に機械式振動子が自由に振動する場合である。一方、調整パルスが発生する半周期の場合、この中央時間は、調整デバイスによって引き起こされる機械式振動子の外乱により、これらの半周期のおのおのの持続時間の中間点に正確に対応しなくなる。

10

【 0 0 5 1 】

次に、図 6 に示されたものに対応する、その振動周波数の第 1 の修正シナリオにおける機械式振動子の振舞いを説明する。第 1 の周期 T_0 後、次に、それぞれ新たな半周期 A_1 である新たな周期 T_2 が始まり、この間に、制動パルス P_1 が発生する。初期時間 t_{D1} において半周期 A_1 を開始すると、共振器 14 は、終了位置に対応する最大の正の角度位置を占める。次に、制動パルス P_1 は、共振器がそのニュートラル位置を通過する中央時間 t_{N1} の前に、したがって、外乱のない振動の対応する中央時間 t_{N0} の前に位置する時間 t_{P1} でも発生する。最後に、半周期 A_1 は、終了時間 t_{F1} で終了する。制動パルスは、半周期 A_1 の開始を示す時間 t_{D1} 後の時間間隔 T_{A1} の後にトリガされる。持続時間 T_{A1} は、 $1 / 2$ 半周期 $T_0 / 4$ から、制動パルス P_1 の持続時間を引いたものよりも短い。与えられた例では、この制動パルスの持続時間は、 $1 / 2$ 半周期 $T_0 / 4$ よりもかなり短い。

20

【 0 0 5 2 】

したがって、この第 1 の場合では、制動パルスは、半周期の開始と、この半周期での共振器のニュートラル位置を經由する共振器の通過との間に生成される。制動パルス P_1 の間、絶対値での角速度は減少する。これは、角速度の 2 つの曲線 90 a、90 b および角度位置の 2 つの曲線 92 a、92 b によって、図 6 に示すように、共振器の振動に負の時間位相シフト T_{C1} 、すなわち、外乱のない理論信号（破線で表示）に対する遅延をもたらす。したがって、半周期 A_1 の持続時間は、時間間隔 T_{C1} だけ増加する。したがって、半周期 A_1 を備える振動周期 T_1 は、値 T_0 に対して延長される。これは、機械式振動子の周波数の孤立した減少と、関連付けられた機構の瞬間的な減速をもたらし、この機械式振動子によって、その動作が計時される。

30

【 0 0 5 3 】

図 7 を参照して、その発振周波数の第 2 の修正シナリオにおける機械式振動子の振舞いを以下に説明する。第 1 の周期 T_0 後、次に、それぞれ半周期 A_2 である新たな振動周期 T_2 が始まり、この間に、制動パルス P_2 が発生する。初期時間 t_{D2} において半周期 A_2 が始まり、その後機械式共振器は、終了位置（最大の負の角度位置）にある。 $1 / 2$ 半周期に対応する $1 / 4$ 周期 ($T_0 / 4$) の後、共振器は、中央時間 t_{N2} においてニュートラル位置に到達する。次に、制動パルス P_2 は、共振器がそのニュートラル位置を通過する中央時間 t_{N2} の後に、半周期 A_2 に位置する時間 t_{P2} で発生する。最後に、制動パルス P_2 の後、この半周期 A_2 は、共振器が再び終了位置（周期 T_2 における最大の正の角度位置）を占める終了時間 t_{F2} において、したがって、外乱のない振動の対応する終了時間 t_{F0} の前でも発生する。制動パルスは、半周期 A_2 の初期時間 t_{D2} 後の時間間隔 T_{A2} の後にトリガされる。持続時間 T_{A2} は、 $1 / 2$ 半周期 $T_0 / 4$ よりも長く、半周期 $T_0 / 2$ から、制動パルス P_2 の持続時間を引いたものよりも短い。与えられた例では、この制動パルスの持続時間は、 $1 / 2$ 半周期よりもかなり短い。

40

【 0 0 5 4 】

50

したがって、問題となっている第2のシナリオでは、半周期において、共振器がニュートラル位置（ゼロ位置）を通過する中央時間と、この半周期が終了する終了時間との間に、制動パルスが生成される。制動パルスP2の間、絶対値での角速度は減少する。注目すべきことに、ここでは、角速度の2つの曲線90b、90cおよび角度位置の2つの曲線92b、92cによって、図7に示されるように、制動パルスは、共振器の振動において、正の時間位相シフト T_{C2} 、すなわち、（破線で示すように）外乱のない理論信号に対する先行をもたらす。したがって、半周期A2の持続時間は、時間間隔 T_{C2} だけ減少する。したがって、半周期A2を備える振動周期T2は、値T0よりも短い。これは、機械式振動子の周波数の孤立した増加と、関連付けられた機構の瞬間的な加速をもたらす、この機械式振動子によって、その動作が計時される。この現象は驚くべきことであり、明白ではない。これが、過去に当業者がこのことを無視していた理由である。実際、制動パルスにより、機構の加速を得ることは、原理的に驚くべきことであるが、これは実際には、この動作が機械式振動子により計時され、制動パルスがその共振器に加えられる場合である。

【0055】

機械式振動子について上述した物理現象は、本発明による計時器で実施される同期方法に含まれる。計時器の分野での一般的な教示とは異なり、制動パルスで機械式振動子の周波数を低下させるのみならず、制動パルスで機械式振動子の周波数を増加させることもできる。当業者は、制動パルスを用いて、機械式振動子の周波数を実際に低下のみさせることができ、必然的に、前記振動子に電力を供給するときに、駆動パルスを加えることによって、このような機械式振動子の周波数を増加のみさせることができると期待するであろう。計時器の分野で確立され、したがって当業者が最初に思い付くようになったこのような直観的なアイデアは、機械式振動子にとって不正確であることが判明している。したがって、以下で詳細に説明するように、マスタ振動子を画定する補助振動子によって、わずかに高すぎるまたは低すぎる周波数を瞬間的に有するか否かに関わらず、さらに非常に正確な機械式振動子を同期させることが可能である。したがって、単に制動パルスによって、高すぎる周波数または低すぎる周波数を修正することが可能である。要約すると、てん輪 - ヒゲゼンマイの振動の半周期中に制動結合を加えると、そのニュートラル位置を経由したてん輪 - ヒゲゼンマイの通過の前または後にそれぞれ、前記制動トルクが加えられるか否かによって、このてん輪 - ヒゲゼンマイの振動における負または正の位相シフトをもたらす。

【0056】

本発明によって計時器に組み込まれた修正デバイスの、結果として生じる同期方法を、以下に説明する。図8Aでは、250msの振動周期中に、300°の振幅で振動する計時器機械式共振器の角度位置（度）が示される。図8Bでは、連続的な振動周期内で制動パルスが加えられた時間にしたがって、すなわち、機械式共振器の角度位置にしたがって、機械式共振器の連続的な振動周期内で加えられた1ミリ秒（1ms）の制動パルスによって生成される毎日の誤差が示されている。ここでは、機械式振動子が、4Hzの固有周波数で自由に機能するという事実に基づく（外乱のないシナリオ）。各制動パルスによって加えられる3つの力結合（100nNm、300nNm、500nNm）に対して、それぞれ3つの曲線が与えられる。結果は、上記の物理現象、つまり、第1の1/4周期または第3の1/4周期に発生する制動パルスは、機械式振動子の周波数の低下に起因する遅延をもたらす一方、第2の1/4周期または第4の1/4周期に発生する制動パルスは、機械式振動子の周波数の増加に起因する先行をもたらすことを確認する。次に、所与の力結合について、共振器のニュートラル位置で発生する制動パルスの毎日の誤差がゼロに等しく、振動の終了位置に接近すると、この毎日の誤差は、（絶対値において）増加することが観察される。共振器の速度がゼロを通過し、動きの方向が変化するこの終了位置では、毎日の誤差の符号が突然反転する。最後に、図8Cでは、振動周期中に制動パルスが加えられた時間に応じて、上記の3つの力結合値に対して消費される制動力が与えられている。共振器の終了位置に接近すると速度が低下するため、制動力が低下する。したがって、もたらされる毎日の誤差は、終了位置に接近すると増加するが、必要な制動力（した

がって、振動子によって失われるエネルギー)は大幅に減少する。

【0057】

図8Bにおいてもたらされる誤差は、実際には、機械式振動子が、設定点周波数に対応しない固有周波数を有するシナリオの修正に対応し得る。したがって、振動子が、低すぎる固有振動数を有する場合、振動周期の第2または第4の1/4に発生する制動パルスにより、自由な(外乱のない)振動によって採り入れられる遅延の修正が可能になる場合があり、この修正は、振動周期内の制動パルスの時間に応じてほぼ実質的である。一方、振動子が、高すぎる固有周波数を有する場合、振動周期の第1または第3の1/4に発生する制動パルスにより、自由な振動によって採り入れられる先行の修正が可能になる場合があり、この修正は、振動周期内の制動パルスの時間に応じてほぼ実質的である。

10

【0058】

上記で与えられた教示により、補助振動子上の主機械式振動子(スレーブ振動子)の同期の、注目すべき現象を理解することが可能となり、正の整数Nで除された設定点周波数 F_{0C} を2倍にする、すなわち、 $F_{FR} = 2 \cdot F_{0C} / N$ にするために、有利に対応する制動周波数 F_{FR} で、スレーブ機械式共振器に、単に制動パルスを周期的に加えることにより、マスタ振動子を形成する。したがって、制動周波数は、マスタ振動子の設定点周波数に比例し、正の整数Nを与えられると、単にこの設定点周波数に依存する。設定点周波数は、基準周波数を乗じられた分数に等しいので、制動周波数は、基準周波数に比例し、この基準周波数によって決定される。この基準周波数は、本来、または設計によって、主機械式振動子よりもより正確である、補助振動子によって供給される。

20

【0059】

本発明によって計時器に組み込まれた修正デバイスによって得られた上述の同期は、図9から図22を活用してより詳細に説明される。

【0060】

図9には、先頭グラフにおいて、自由に振動し(曲線100)、制動により振動する(曲線102)スレーブ機械式共振器、特に計時器共振器のてん輪-ヒゲゼンマイの角度位置が示されている。自由振動の周波数は、設定点周波数 $F_{0C} = 4 \text{ Hz}$ よりも大きい。第1の機械的な制動パルス104(以下、「パルス」とも称される)は、本明細書では、終了位置を経由する通過と、ゼロを経由する通過との間の1/2半周期における振動周期ごとに1回発生する。システムは機械式共振器の角度位置を検出しないため、この選択は任意である。したがって、これは、とりわけ、以下で分析される可能性のある仮説にすぎない。したがって、機械式振動子の減速のシナリオが、ここで観察される。本明細書では、第1の制動パルスの制動トルクは、振動周期にわたって自由な振動子によって採り入れられる先行を補償するための最小の制動トルクよりも大きいように選択される。これにより、第2の制動パルスは、これらのパルスが発生する1/4周期内で第1よりもわずかに前に生じる。機械式振動子の瞬時周波数を与える曲線106は、実際、瞬時周波数が、第1のパルスから、設定点周波数を下回ることを示している。したがって、第2の制動パルスは、先行する終了位置により近く、後続のパルスでは、制動効果が増加するという具合である。したがって、変動位相では、振動子の瞬時周波数は漸進的に低下し、パルスは、振動の終了位置に漸進的に近づく。一定時間後、制動パルスは、機械式共振器の速度が方向

30

40

【0061】

この制動は、共振器の動きの方向に関わらず、共振器の動きに対向することを特徴とする。したがって、共振器は、制動パルス中にその振動の方向の反転で通過するとき、制動トルクは、この反転時に、符号を自動的に変える。これは、制動トルクに、第1の符号を有する第1の部分と、第1の符号と反対の第2の符号を有する第2の部分とを有する制動パルス104aを与える。したがって、このシナリオでは、信号の第1の部分は、終了位置の前に発生し、この終了位置の後に発生する第2の部分の効果に反する。第2の部分は、機械式振動子の瞬時周波数を低下させるが、第1の部分は、増加させる。その後、振動子の瞬時周波数が(ここでは制動周波数に対応する)設定点周波数に等しい値において、

50

最終的に比較的迅速に安定するために、修正は減少する。したがって、変動位相の後には、同期位相とも称される安定位相が続く。この場合、振動周波数は設定点周波数に実質的に等しく、制動パルスの第1および第2の部分は、実質的に一定の、画定された比率を有する。

【0062】

図10におけるグラフは、図9におけるグラフと同等である。主な違いは、自由な機械式振動子の固有周波数の値であり、これは、設定点周波数 $F_{0c} = 4 \text{ Hz}$ 未満である。第1のパルス104は、図9と同じ1/2半周期において発生する。予想通り、曲線110によって与えられる瞬時周波数の減少が観察される。したがって、制動を伴う振動108は、パルス104bが終了位置を經由して共振器の通過を包含し始めるまで、変動位相において瞬間的により多くの遅延を採る。終了位置の前に発生するパルスの第1の部分は、瞬時周波数を増加させるので、この時から、設定点周波数に達するまで瞬時周波数が増加し始める。この現象は、自動的である。実際、振動周期の持続時間は、 T_{0c} の持続時間よりも長い間、パルスの第1の部分は増加するが、第2の部分は減少し、その結果、瞬時周波数は増加し続け、設定点周期は、実質的に振動周期に等しい安定した状態になる。したがって、目的とされた同期が得られる。

【0063】

図11におけるグラフは、図10におけるグラフと同等である。主な違いは、第1の制動パルス114は、図10とは別の1/2半周期、すなわちゼロを經由する通過と、終了位置を經由する通過との間の1/2半周期において生じることである。上述したように、変動位相では、曲線112によって与えられる瞬時周波数における増加がここで観察される。本明細書では、第1の制動パルスの制動トルクは、振動周期にわたって自由な機械式振動子によって採られる遅延を補償するための最小の制動トルクよりも大きいように選択される。これにより、第2の制動パルスは、これらのパルスが発生する1/4周期内で第1よりもわずかに後に生じる。曲線112は、実際に、振動子の瞬時周波数が、第1のパルスから、設定点周波数を超えて増加することを示している。したがって、第2の制動パルスは、後続する終了位置により近く、後続のパルスでは制動効果が増加するという具合である。したがって、変動位相では、制動114を伴う振動の瞬時周波数が増加し、制動パルスは、振動の終了位置に漸進的に近づく。一定時間後、制動パルスは、機械式共振器の速度が方向を変える、終了位置を經由した通過を備えている。その時から、上記と同様の現象が観察される。制動パルス114aは、その後、2つの部分を有し、第2の部分は、瞬時周波数を低下させる。瞬時周波数におけるこの減少は、図9および図10を参照して与えられたものと同じ理由で、設定点値に等しい値になるまで続く。周波数における低下は、瞬時周波数が、設定点周波数に実質的に等しくなると、自動的に停止する。次に、同期位相における設定点周波数での機械式振動子の周波数の安定化が得られる。

【0064】

図12から図15を活用して、振動周期中に第1の制動パルスが発生する、任意の時点での、遷移位相における機械式振動子の振舞いのみならず、振動周波数が設定点周波数において安定化される同期位相に対応する最終シナリオが説明される。図12は、機械式共振器の位置の曲線S1を用いて振動周期を表している。ここで、問題になっているシナリオでは、自由な機械式振動子(制動パルスなし)の固有振動周波数 F_0 は、設定点周波数 F_{0c} よりも大きい ($F_0 > F_{0c}$)。振動周期は、通常、おのおの振動振幅に対応する2つの終了位置 ($t_{m-1}, A_{m-1}; t_m, A_m; t_{m+1}, A_{m+1}$) の間にある第2の半周期 A_2 が続く第1の半周期 A_1 を備えている。次に、第1の半周期では、中点の時間位置が、時間 t_1 において生じる制動パルス「Imp1」が示され、第2の半周期では、中点の時間位置が、時間 t_2 において生じるさらなる制動パルス「Imp2」が示される。パルスImp1およびImp2は $T_0/2$ の位相シフトを示し、所与の制動トルクプロファイルに対して、システムの2つの不安定な平衡をもたらす修正に対応するという特徴がある。これらのパルスはそれぞれ振動周期の第1および第3の1/4において発生するため、自由な機械式振動子の過度に高い固有周波数を正確に修正できる程度まで機械式振動子を(制動

パルスを加えるために選択された制動周波数で)制動する。パルス I_{mp1} 、 I_{mp2} は両方とも第1のパルスのものであり、おのおのは、他のパルスがない場合に、それ自体で考慮されることに留意されたい。パルス I_{mp1} 、 I_{mp2} の効果は同一であることに留意されたい。

【0065】

したがって、時間 t_1 または t_2 において第1のパルスが発生すると、理論的には、次の振動周期中に、このシナリオが繰り返され、振動周波数は、設定点周波数に等しくなる。このようなシナリオでは、2つの点に留意されたい。第1に、時間 t_1 または t_2 において、第1のパルスが正確に発生する可能性は比較的低いが可能である。第2に、このような特定のシナリオが発生した場合、それは長期間続くことができない。実際、計時器におけるてん輪 - ヒゲゼンマイの瞬時周波数は、様々な理由(振動振幅、温度、空間的方位の変化等)により、時間の経過とともにわずかに変化する。これらの理由は、精密な腕時計製造では、一般に、最小限に抑えることが求められている外乱を表すが、実際には、このような不安定な均衡は、あまり長く続かないという事実が残っている。制動トルクが高いほど、時間 t_1 、 t_2 は、それぞれに続くニュートラル位置を経由した機械式共振器の2つの通過時間に近くなることに留意されたい。さらに、固有振動周波数 F_0 と設定点周波数 F_{0c} との差が大きいほど、時間 t_1 、 t_2 はまた、それぞれに続くニュートラル位置を経由した機械式共振器の2つの通過時間に近くなることに留意されたい。

【0066】

次に、パルスを加えている間に、時間位置 t_1 または t_2 からわずかに逸脱したときに、何が起こるかを検討する。図12を参照して与えられた教示によれば、ゾーンZ1a内のパルス I_{mp1} の左(先行する時間位置)にパルスが発生した場合、後続する周期中に、先行する終了位置 A_{m-1} が漸進的に制動パルスに接近するように、修正が増える。一方、パルス I_{mp1} の右(後続する時間位置)で、ゼロ位置の左にパルスが発生した場合、後続する周期中にパルスは、修正のない、このゼロ位置に向かってドリフトするように修正が減少する。実際、パルスの効果が変化し、瞬時周波数が増加する。固有周波数はすでに高すぎるため、パルスは急速に終了位置 A_m にドリフトする。したがって、ゾーンZ1bにおいて、パルス I_{mp1} の右にパルスが生じると、後続するパルスは、後続する終了位置 A_m に漸進的に接近する。同じ振舞いは、第2の半周期A2でも観察される。ゾーンZ2aのパルス I_{mp2} の左にパルスが生じると、後続するパルスは、先行する終了位置 A_m に漸進的に接近するであろう。一方、ゾーンZ2bにおいてパルス I_{mp2} の右にパルスが生じると、後続するパルスは、後続する終了位置 A_{m+1} に漸進的に接近するであろう。この定式化は、相対的であり、実際には、制動パルスの印加周波数は、(制動周波数を与えられると)マスタ振動子によって設定され、変動するのは振動周期となり、制動パルスの印加時間に接近するのは、問題となっている終了位置になることに留意されたい。結論として、パルスが、 t_1 以外の時間において、第1の半周期A1で発生した場合、瞬時振動周波数は、後続する振動周期中に、変動位相において進み、この第1の半周期の2つの終了位置のうちの1つ(機械式共振器の動きの方向の反転位置)は、制動パルスに漸進的に接近するようになる。同じことは、第2の半周期A2にも当てはまる。

【0067】

図13は、上記の変動位相の後に発生する最終的な安定状態に対応する同期位相を示す。前述のように、制動パルス中に終了位置を経由した通過が生じると、この終了位置は、場合に応じて、終了位置の直前または直後に、これらの制動パルスが構成されているすべての制動パルス(力の結合と持続時間)に揃えられ、少なくとも完全に発生する制動パルスで、自由な機械式振動子の時間ドリフトを十分に修正できるようになる。したがって、同期位相では、第1の半周期A1において第1のパルスが発生すると、振動の終了位置 A_{m-1} は、パルス I_{mp1a} に揃えられるか、振動の終了位置 A_m は、パルス I_{mp1b} に揃えられる。実質的に一定の結合の場合、スレーブ主振動子の高すぎる固有周波数と、マスタ補助振動子によって設定された設定点周波数との差を正確に修正できるように、パルス I_{mp1a} 、 I_{mp1b} はおのおの第1の部分を持

10

20

30

40

50

続時間よりも短い。同様に、同期位相では、第1のパルスが、第2の半周期A2において発生するのであれば、振動の終了位置 A_m は、パルスImp2aに揃えられるか、または、振動の終了位置 A_{m+1} は、パルスImp2bに揃えられる。

【0068】

パルスImp1a、Imp1b、Imp2a、およびImp2bはそれぞれ、比較的安定した時間位置を占めることに留意されたい。確かに、これらのパルスの1つは、外乱により左または右にわずかにずれると、後続するパルスを、初期の相対時間位置に戻す効果を有する。その後、同期位相中に、機械式振動子の時間ドリフトが変化すると、振動はわずかな位相シフトを自動的に維持し、パルスImp1a、Imp1b、Imp2a、およびImp2bそれぞれの第1の部分と第2の部分との比は、制動パルスによってもたらされる修正を、周波数における新たな差に適應させる程度に変化する。本発明による計時器のこのような振舞いは、真に注目に値する。

【0069】

図14および図15は、図12および図13に類似しているが、振動子の固有周波数が、設定点周波数未満であるシナリオの場合である。その結果、制動パルスによって行われた修正の不安定な平衡シナリオに対応するパルスImp3およびImp4は、それぞれ、パルスが、振動周波数の増加をもたらす第2および第4の1/4周期(時間 t_3 および時間 t_4)に位置する。システムの振舞いは、先行する検討に由来するため、ここで再び詳細に説明する。変動位相(図14)において、ゾーンZ3aにおけるパルスImp3の左に、半周期A3においてパルスが生じると、先行する終了位置(t_{m-1} 、 A_{m-1})は、後続するパルスに漸進的に接近する。一方、ゾーンZ3bにおいて、パルスImp3の右にパルスが生じると、後続する終了位置(t_m 、 A_m)は、後続するパルスに漸進的に接近する。同様に、ゾーンZ4aにおいて、パルスImp4の左に、半周期A4においてパルスが生じると、先行する終了位置(t_m 、 A_m)は、後続するパルスに漸進的に接近する。最後に、ゾーンZ4bにおいて、パルスImp4の右にパルスが生じると、後続する終了位置(t_{m+1} 、 A_{m+1})は、遷移位相中、後続するパルスに漸進的に接近する。

【0070】

同期位相(図15)において、第1の半周期A3において第1のパルスが発生すると、振動の終了位置 A_{m-1} は、パルスImp3aに揃えられるか、振動の終了位置 A_m は、パルスImp3bに揃えられる。実質的に一定の結合の場合、パルスImp3a、Imp3bはおのおの、スレーブ主振動子の低すぎる固有周波数と、マスタ補助振動子によって設定された設定点周波数との差を正確に修正するために、持続時間がその第2の部分の持続時間よりも長い、第1の部分をも有する。同様に、同期位相において、第1のパルスは、第2の半周期A4で発生すると、振動の終了位置 A_m は、パルスImp4aに揃えられるか、振動の終了位置 A_{m+1} は、パルスImp4bに揃えられる。図12および図13を参照して上記で説明したシナリオの範囲内で行われるその他の検討は、図14および図15のシナリオと同様に適用される。結論として、自由な機械式振動子の固有周波数が高すぎるか低すぎるかに関わらず、振動周期内の第1の制動パルスが加えられる時間に関係なく、本発明による修正デバイスは効果的であり、機械式振動子の共振器に制動パルスが加えられる制動周波数を制御するマスタ補助振動子の基準周波数によって決定される設定点周波数において、機械式ムーブメントの動作をクロックする機械式振動子の周波数を迅速に同期させる。これは、機械式振動子の固有周波数が変化し、特定の期間では設定点周波数よりも高く、他の期間ではこの設定点周波数よりも低い場合でも、依然として正しい。

【0071】

上記で与えられた教示および本発明による計時器の特徴によって得られる同期は、制動パルスを加えるための制動周波数が設定点周波数に等しくないシナリオにも当てはまる。振動周期毎に1つのパルスを加える場合、不安定な位置(t_1 、Imp1、 t_2 、Imp2、 t_3 、Imp3、 t_4 、Imp4)で発生するパルスは、単一の振動周期中に時間ドリフトを補償する修正に対応する。他方、制動パルスが、複数の振動周期中の時間ドリフトを修正するのに十分な効果を有する場合、複数の振動周期に等しい時間間隔ごとに単一のパ

10

20

30

40

50

ルスを加えることが可能である。その後、振動周期ごとに1つのパルスが生成されるシナリオに関して同じ振舞いが観察される。パルスが発生する振動周期を考慮すると、上記のシナリオと同じ変動位相と、同じ同期位相とがある。さらに、これらの検討は、各制動パルス間に、整数の半周期がある場合にも正しい。奇数の半周期の場合、場合に応じて、図12から図15における半周期A1またはA3から、半周期A2またはA4へ、遷移が交互に行われる。半周期によってオフセットされた2つのパルスの効果は同じであるため、2つの連続する制動パルス間の偶数回の半周期に関して、同期が実行されることが理解される。結論として、すでに述べたように、図12から図15を参照して説明したシステムの振舞いは、制動周波数 F_{FR} が $2F_0/N$ に等しくなると観察され、 F_0 は、振動周波数の設定点周波数であり、 N は正の整数である。

10

【0072】

あまり関心はないが、同期は、設定点周波数の2倍($2F_0$)より大きい制動周波数 F_{FR} 、すなわち $N > 2$ の場合、 F_0 の N 倍に等しい値について得られることに留意されたい。 $F_{FR} = 4F_0$ である代替実施形態では、機械式共振器のニュートラルポイントにおいて、2パルス毎に1つが発生するため、同期位相において影響を与えずにシステム内のエネルギー損失のみが存在する。より高い制動周波数 F_{FR} の場合、終了位置で発生しない同期位相におけるパルスは、その対の効果と相殺する。したがって、これらは大きな実用的な意味はない理論的なシナリオであることが理解される。

【0073】

図16および図17は、設定点周波数の $1/4$ に等しい制動周波数 F_{FR} の代替実施形態のための同期位相を示し、したがって、4つの振動周期ごとに1つの制動パルスが発生する。図18および図19はそれぞれ、図16および図17の部分拡大図である。図16は、主振動子の固有周波数が、設定点周波数 $F_0 = 4\text{ Hz}$ よりも大きいシナリオに関し、図17は、主振動子の固有周波数が、この設定点周波数よりも大きいシナリオに関する。制動パルス $Imp1b$ または $Imp2a$ 、 $Imp3b$ または $Imp4a$ それぞれが発生する振動周期 $T1^*$ および $T2^*$ のみが、固有周期 $T0^*$ に対する変動を示すことが観察される。制動パルスは、対応する周期において単に位相シフトをもたらす。したがって、本明細書では、瞬時周期は、設定点周期の平均値に等しい平均値のあたりで振動する。図16から図19では、瞬時周期は、振動信号の立ち上がりエッジでゼロを經由する通過から、このような後続する通過まで測定されることに留意されたい。したがって、終了位置において発生する同期パルスは、振動周期に完全に含まれる。包括的であるために、図20は、固有周波数が、設定点周波数に等しい特定のシナリオを示している。この場合、振動周期 $T0^*$ はすべて等しいままであり、制動パルス $Imp5$ は、(一定の制動トルクの場合)同一の持続時間を有するこれらパルスの第1および第2の部分に属する自由振動の終了位置において正確に発生し、第1の部分の効果は、第2の部分の反対の効果によって相殺される。

20

30

【0074】

図21は、設定点周波数 $F_0 = 3\text{ Hz}$ の振動周期の変化と、機械式振動子の3つの振動周期ごとに発生する、1日あたり550秒、すなわち、1日あたり約9分の毎日の誤差を示す時間表示機構の動作を計時する適切な制動パルスとを示している。この誤差は非常に顕著であるが、機械式制動デバイスは、このような誤差を修正できるように構成されている。本明細書では、制動効果は比較的顕著である必要があり、瞬時周期の大きな変動があるが、平均周期は、本発明による計時器における修正デバイスの噛合後の設定点周期と、短い変動位相とに、実質的に等しい。修正デバイスが動作していないとき、予想されるように、総時間誤差は、時間に応じて線形的に増加するのに対し、修正デバイスの噛合後に、この誤差は、急速に安定化されることが観察される。したがって、時間が、このような修正デバイスの噛合と、変動位相と後に設定された場合、(「累積誤差」とも称される)合計誤差は、低いままであるため、計時器はその後、この計時器に組み込まれ、制動デバイスに関連付けられているマスタ振動子の精度に対応する精度で時間を示す。

40

【0075】

50

図 2 2 は、本発明による修正デバイスの噛合後のスレーブ機械式振動子の振幅の進行を示す。変動位相では、第 1 のパルスがゼロ位置（ニュートラル位置）の近くで生じるシナリオにおいて、振幅における比較的明白な減少が観察される。図 8 C のグラフに見られるように、特にこの変動位相の第 1 の部分で発生する様々な制動パルスは、比較的大きなエネルギー損失をもたらす。その後、エネルギー損失は比較的急速に減少し、最終的に同期位相における所与の修正に対して最小になる。そのため、パルスが機械式共振器の終了位置を経由した通過を含むと、振幅が増加し、同期位相の開始時に増加し続けるが、散逸した制動エネルギーは、その後、機械式振動子の振幅変動に対する比較的大きな時定数が仮定されると、その最小値で安定化することが観察される。したがって、本発明によるピースはさらに、選択される制動パルスによって、振動子によって散逸されるエネルギーが最小である同期位相で安定化するという利点を有する。実際、振動子は、その振幅の安定化の後、選択される制動パルスの振幅における最小の可能な減少を示す。これは、主振動子を維持しているゼンマイが解放されると、機械式ムーブメントの動作を実行するための最小振動振幅が、正確な運転を保証しながら可能な限り最新に達成されるため、利点である。したがって、本発明による同期を生成する機械式ムーブメントの動作を修正するデバイスは、パワーリザーブのための最小化された影響を有する。

10

【 0 0 7 6 】

制動周波数によって生成される外乱、特に計時器ムーブメントのエネルギー損失を最小化するために、短いパルス持続時間、さらには非常に短いパルス持続時間が、好ましくは選択される。したがって、一般的な代替実施形態では、制動パルスはおのおの、設定点周期の $1 / 400$ から $1 / 10$ までの間の持続時間を有する。好ましい代替実施形態では、制動パルスはおのおの、前記設定点周期の $1 / 400$ から $1 / 50$ までの間の持続時間を有する。後者の場合、 5 Hz に等しい設定点周波数の場合、パルスの持続時間は、 0.5 ミリ秒から 4 ミリ秒までの間である。

20

【 0 0 7 7 】

図 1 から図 5 を参照して、制動デバイスは、機械式共振器によって形成される機械式振動子の使用可能な動作範囲内の振動周期の実質的にいつでも、機械的な制動パルスを機械式共振器に加えることを可能にする円形制動面を有する機械式共振器を備えた計時器が説明されている。これは好ましい代替実施形態である。計時器ムーブメントは一般に、有利な連続的な外部面を備えた円形フェローを有するてん輪を有するので、上記の好ましい代替実施形態は、その機械式振動子の修正を必要とせずこのようなムーブメントに容易に実施され得る。この好ましい代替実施形態により、変動位相の持続時間を最小化し、最適な時間内に所望の同期を実行することを可能にすると理解される。

30

【 0 0 7 8 】

しかしながら、一定期間後、機械式共振器と機械式制動デバイスで形成されるシステムとの安定した同期がすでに得られている場合があり、このシステムは、機械式制動デバイスが、機械式共振器の任意の位置で、この共振器の位置の連続的または準連続的範囲のみ周期的な制動パルスを開始できるように構成され、この範囲は、機械式共振器のニュートラル位置の両側面のうちの第 1 の側面において、その使用可能な動作範囲に対する機械式振動子の振幅の範囲によって定義される。有利なことに、この位置の範囲は、最小振幅の側面において、最小振幅のために、動的な乾燥摩擦によって制動パルスを可能とするように、制動パルスの持続時間に実質的に対応する角度距離まで増加される。位置が、振動周期毎に単に一度だけではなく、すべての半周期において機能できるように、このシステムは、機械式制動デバイスが、その使用可能な動作範囲に対する機械式振動子の振幅の範囲内において、前記ニュートラル位置の 2 つの側面のうちの第 2 の側面の機械式共振器の任意の位置において、周期的な制動パルスを開始できるように構成される必要がある。有利には、位置の範囲はまた、最小振幅の側面において、少なくとも制動パルスの持続時間に実質的に対応する角度距離だけ増加する。

40

【 0 0 7 9 】

したがって、第 1 の一般的な代替実施形態では、機械式共振器の位置の上述した連続的

50

または準連続的範囲は、そのニュートラル位置から2つの側面の第1の側面において、少なくとも、スレーブ機械式振動子が、この機械式振動子の使用可能な動作範囲のためにこの第1の側面において有しやすい振幅の範囲にわたって、そしてさらに有利には、振幅の範囲の最小振幅の側面において、少なくとも、制動パルスの持続時間に実質的に対応する角度距離にわたって延びる。第2の一般的な代替実施形態では、第1の連続的または準連続的範囲である第1の一般的な代替実施形態において上記で定義された連続的または準連続的範囲に加えて、上述のシステムは、スレーブ機械式振動子が、前記使用可能な動作範囲のためにこの第2の側面を有することが適切な振幅の範囲にわたって延びるこの機械式共振器の少なくとも第2の連続的または準連続的範囲におけるそのニュートラル位置からの2つの側面のうちの第2の側面において、さらに有利なことに、少なくとも前記第1の角度距離にわたる振幅の範囲の最小振幅の側面において、制動デバイスが、機械式共振器の任意の位置において周期的な制動パルスを開始できるように構成されている。

10

【0080】

強化された代替形態において、修正デバイスは、初期位相に続く通常の動作位相において、制動周波数が、複数の値、好ましくは、修正デバイスの動作の初期位相における第1の値と、第1の値よりも小さい第2の値とを採ることができるように配置されている。特に、初期位相の期間は、おそらく同期位相がすでに開始されている間に、通常の動作位相が発生するように選択される。より一般的には、初期位相は、修正デバイスの噛合に続く少なくとも第1の制動パルス、および好ましくは、ほとんどの変動位相を含む。制動パルスの周波数を増加させることによって、変動位相の持続時間が短縮される。さらに、この代替実施形態は、一方では、初期位相中に制動効率を最適化して、物理的プロセスを実行して同期をもたらし、他方では、制動エネルギー、したがって、修正デバイスが非アクティブ化されておらず、機械式ムーブメントが動作している間に維持する同期位相中における主振動子のためのエネルギー損失を最小限に抑えることを可能にする。第1の制動パルスは、共振器のニュートラル位置の近くで発生する場合があります。ここでは、主振動子の発振のためにもたらされる時間位相シフトに対する制動効果が小さくなる。一方、同期が確立されると、制動効果が最大になるこの振動の終了位置の近くで制動パルスが生じる。

20

【0081】

したがって、同期位相では、シナリオは堅牢であり、比較的低い制動周波数で同期の維持がすでに得られている。したがって、制動周波数は、特に計時器が外乱や衝撃を受けやすい場合に、十分な堅牢性で同期を維持しながら、同期位相において低下され得る。選択された制動周波数は、特に周囲磁場の値、計時器における温度、または加速度計による衝撃の検出のように、適切なセンサによって測定され得るスレーブ機械式振動の外部の様々なパラメータによっても変化し得ることに留意されたい。

30

【0082】

最後に、本発明の範囲内で、2つの周期的な制動パルスのカテゴリは、機械式共振器に加えらる機械的な力結合の強度および周期的な制動パルスの持続時間に関して区別され得る。第1のカテゴリに関しては、機械式振動子の使用可能な動作範囲について、少なくとも上述された変動位相のほとんどにおける周期的な制動パルス中に、機械式共振器を瞬時的にロックしないように、制動トルクと制動パルスの持続時間が選択される。この場合、システムは、各制動パルス中、少なくとも任意の変動位相のほとんどにおいて、機械的な制動トルクが機械式共振器に加えらるよう配置される。

40

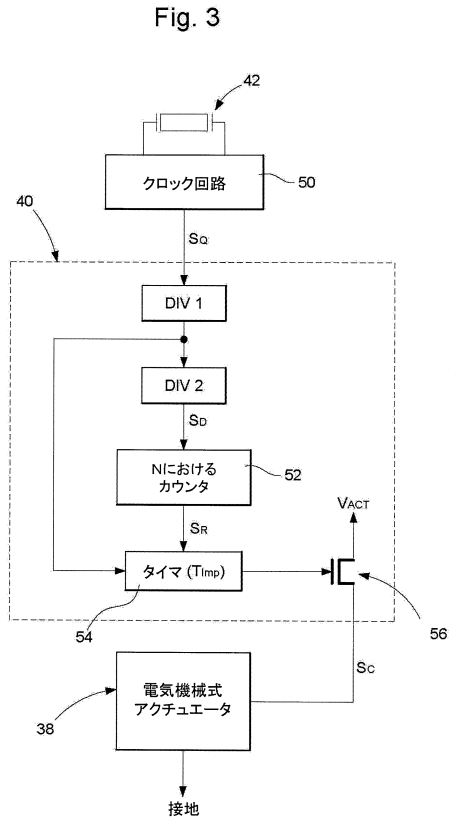
【0083】

有利な代替実施形態では、振動部材および制動部材は、少なくとも任意の変動位相のほとんどにおいて、本質的には制動部材と、振動部材の制動面との間の動的な乾燥摩擦によって周期的な制動パルスが加えられるように配置される。第2のカテゴリに関しては、機械式振動子の使用可能な動作範囲について、および上述した同期位相において、少なくともその端部において、周期的な制動パルス中に機械式共振器をロックするように、機械的な制動トルクと、周期的な制動パルスの持続時間が選択される。

【0084】

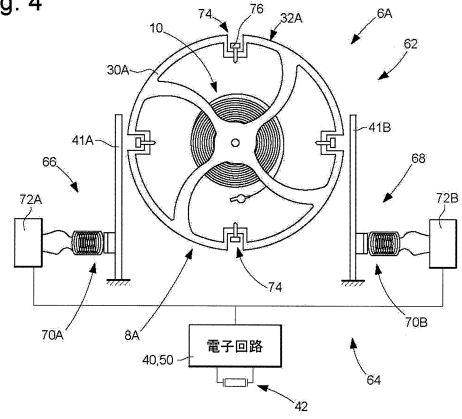
50

【図3】



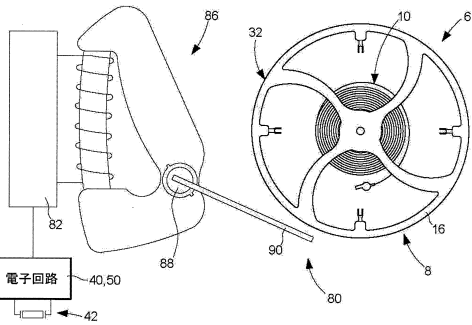
【図4】

Fig. 4



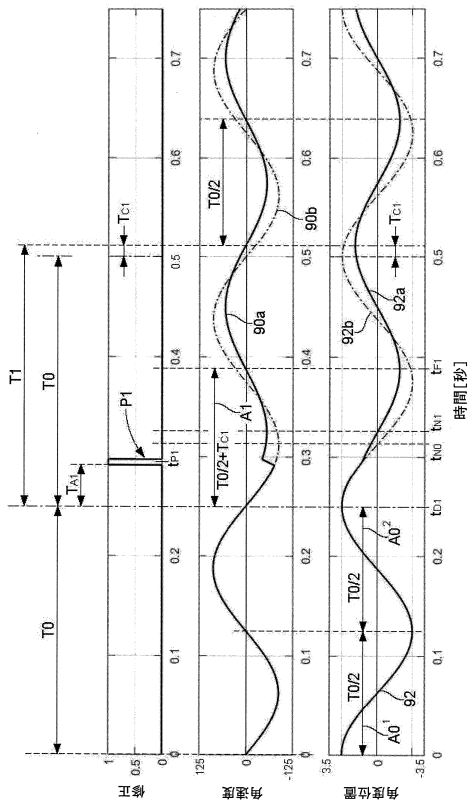
【図5】

Fig. 5



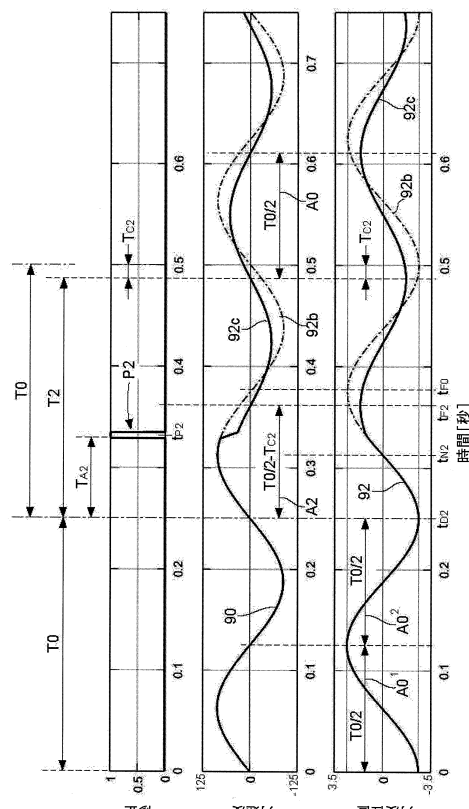
【図6】

Fig. 6



【図7】

Fig. 7



【 図 8 A - 8 C 】

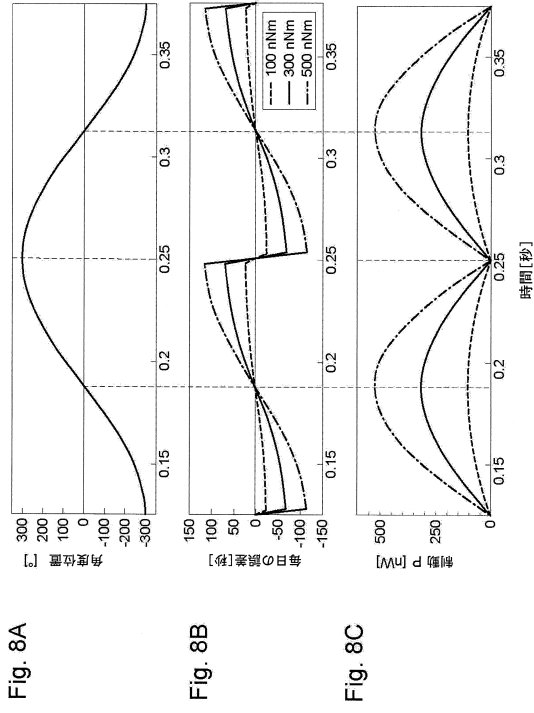


Fig. 8A

Fig. 8B

Fig. 8C

【 図 9 】

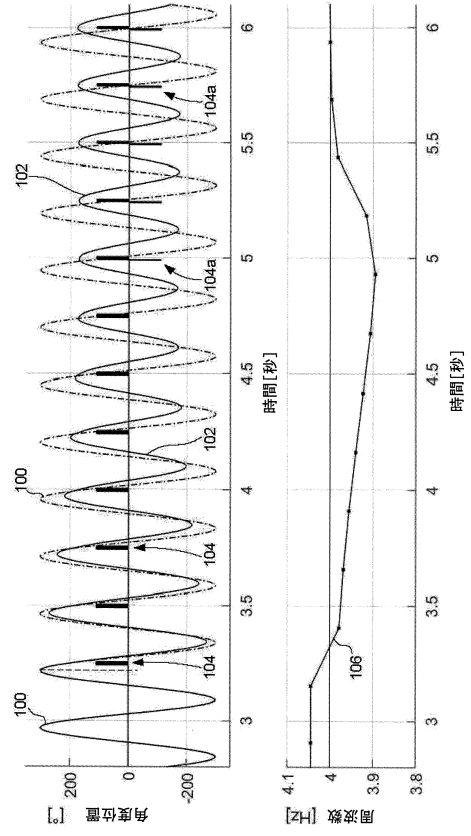


Fig. 9

【 図 1 0 】

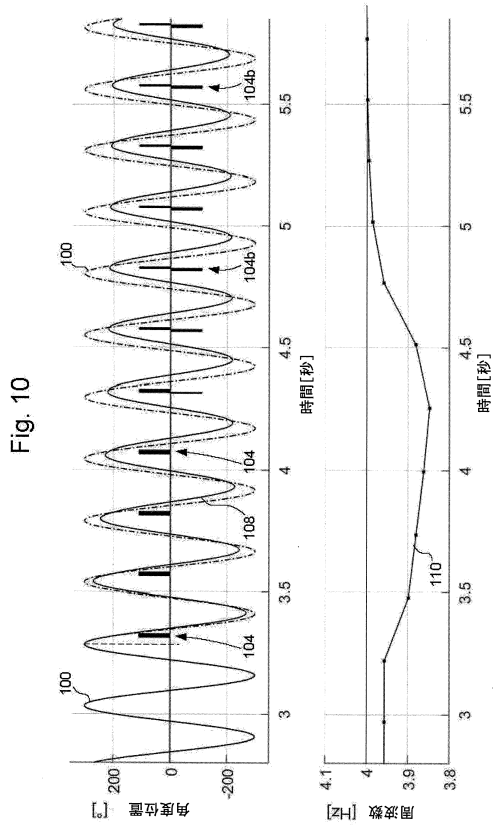


Fig. 10

【 図 1 1 】

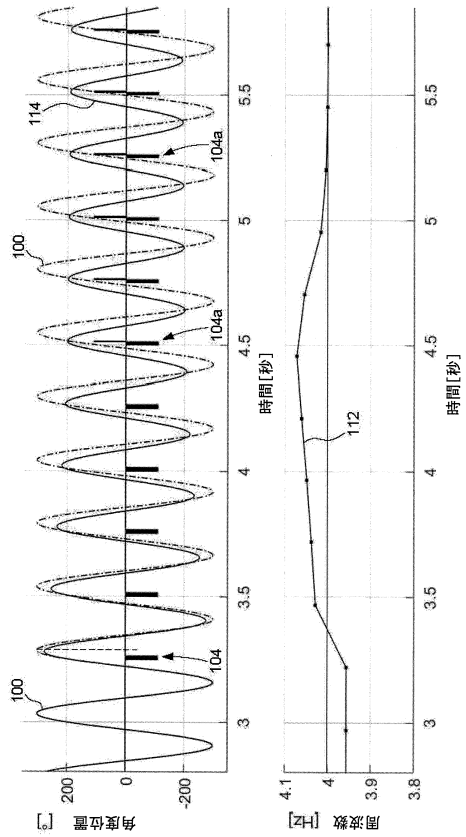
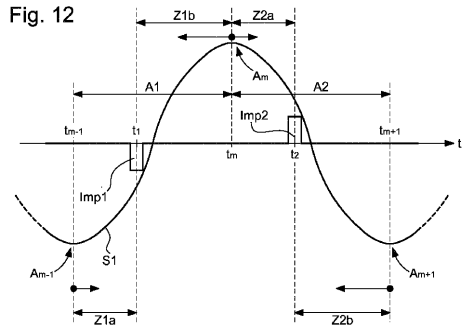
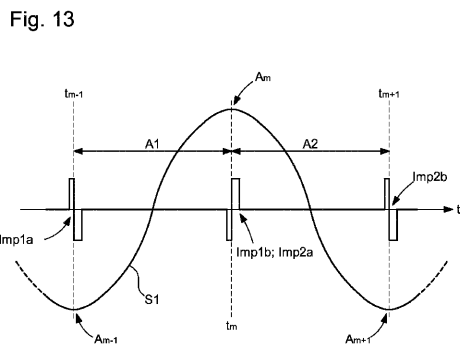


Fig. 11

【 図 1 2 】



【 図 1 3 】



【 図 1 6 】

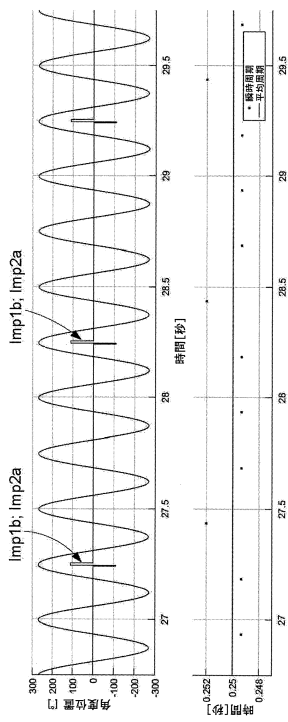
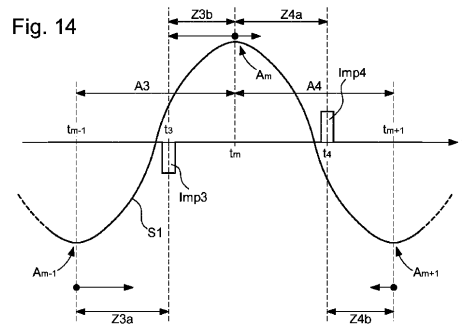
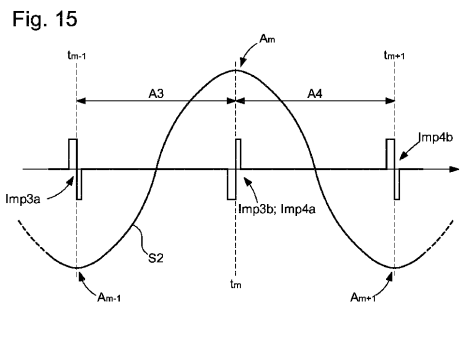


Fig. 16

【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 7 】

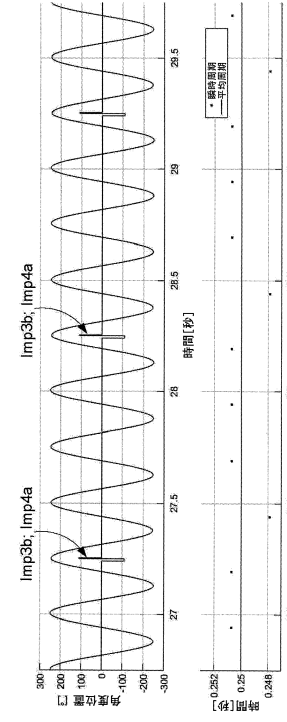
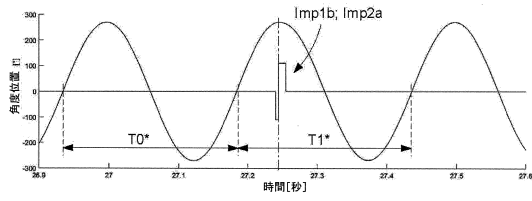


Fig. 17

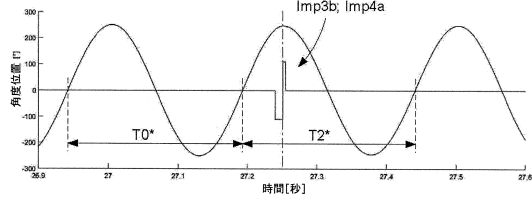
【 図 1 8 】

Fig. 18



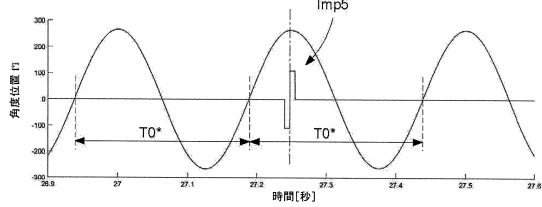
【 図 1 9 】

Fig. 19



【 図 2 0 】

Fig. 20



【 図 2 2 】

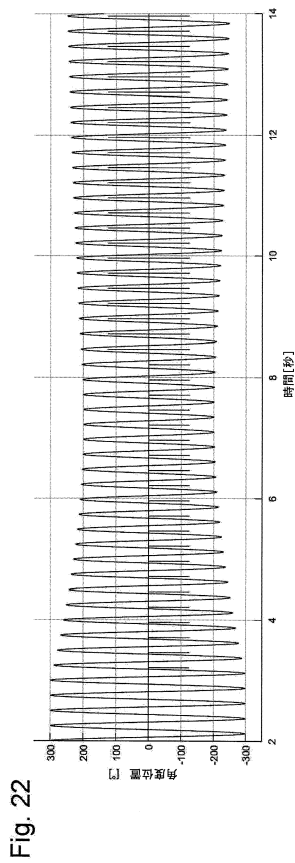


Fig. 22

【 図 2 1 】

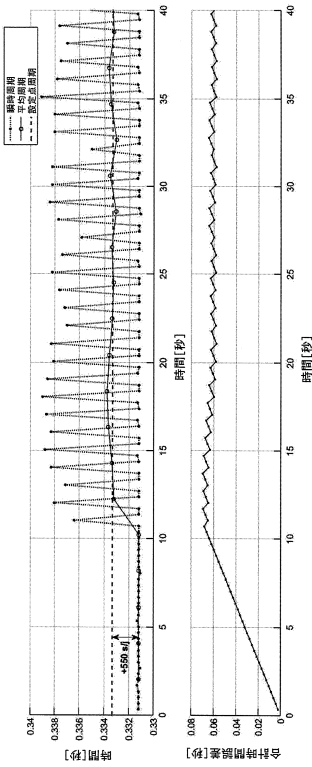


Fig. 21

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第01/048565(WO,A1)
特開2017-037065(JP,A)
英国特許出願公開第01378826(GB,A)
国際公開第01/048566(WO,A1)
特開平09-138286(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G04B	1/00	-	99/00
G04C	1/00	-	99/00