

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7572471号
(P7572471)

(45)発行日 令和6年10月23日(2024.10.23)

(24)登録日 令和6年10月15日(2024.10.15)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 1 D	5/244(2006.01)	G 0 1 D	5/244	E	
G 0 1 D	5/245(2006.01)	G 0 1 D	5/245	W	

請求項の数 8 (全28頁)

(21)出願番号	特願2023-10486(P2023-10486)	(73)特許権者	000103792 オリエンタルモーター株式会社 東京都台東区小島2丁目21番11号
(22)出願日	令和5年1月26日(2023.1.26)	(74)代理人	110002310 弁理士法人あい特許事務所
(65)公開番号	特開2024-106245(P2024-106245 A)	(72)発明者	寶田 明彦 茨城県つくば市東光台5-8-3 オリ エンタルモーター株式会社内
(43)公開日	令和6年8月7日(2024.8.7)	(72)発明者	染谷 雅行 茨城県つくば市東光台5-8-3 オリ エンタルモーター株式会社内
審査請求日	令和6年8月28日(2024.8.28)	審査官	吉田 久
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 多回転角度検出装置およびそのためのセグメントカウンタ

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転軸線まわりに回転する回転体の多回転アブソリュート角度検出値を生成する多回転角度検出装置であって、

前記回転体の回転に応じて、前記回転体の1回転周期を区分したセグメントを前記回転体の1回転を越える角度領域でカウントしてカウント値を生成するセグメントカウンタと、

外部からの電源供給により動作し、前記回転体の1回転周期内のアブソリュート角度検出値を前記セグメントよりも高い分解能で生成する精密アブソリュート角度検出器と、

外部からの電源供給により動作し、前記セグメントカウンタのカウント値と、前記精密アブソリュート角度検出器のアブソリュート角度検出値とを統合して、前記回転体の多回
10

転アブソリュート角度検出値を生成する演算装置と、を含み、
前記セグメントカウンタは、一つの発電センサと、前記回転体とともに前記回転軸線まわりに回転する磁界発生源と、前記発電センサとは別のセンサ要素と、前記カウント値を記憶する不揮発性メモリと、を含み、

前記発電センサは、大パルクハウゼン効果を発現する磁性ワイヤと、前記磁性ワイヤに巻回されたコイルとを有し、前記磁界発生源の回転にともなう磁界の変化によりパルス電圧を発生し、

前記磁界発生源は、前記回転体の1回転あたり2周期以上の交番磁界を前記磁性ワイヤの軸方向に与え、

前記セグメントカウンタは、外部からの電源供給を受けることなく、前記発電センサが
20

発生するパルス電圧のエネルギーによって動作可能であり、前記発電センサがパルス電圧を発生すると、当該パルス電圧の極性（以下「今回のパルス電圧の極性」という。）、当該パルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態（以下「今回のセンサ要素状態」という。）、前回のパルス電圧の極性、当該前回のパルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態（以下「前回のセンサ要素状態」という。）、および当該前回のパルス電圧の発生により更新されて前記不揮発性メモリに保存されたカウント値（以下「前回のカウント値」という。）を用いて、前記回転体の回転方向および回転位置を識別して前記カウント値を更新して前記不揮発性メモリに保存し、

前記セグメントカウンタは、

前記今回のパルス電圧の極性と前記今回のセンサ要素状態との組み合わせによって前記回転体の回転方向を識別してカウント量の符号を決定し、

10

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが異なるときには前記カウント量の絶対値を 1 とし、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが同じであり、前記今回のセンサ要素状態と前記前回のセンサ要素状態とが同じときには前記カウント量の絶対値を 0 とし、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが同じであり、前記今回のセンサ要素状態と前記前回のセンサ要素状態とが異なるときには前記カウント量の絶対値を 2 とし、

前記カウント量の絶対値に前記決定された符号を付して得られる前記カウント量を前記前回のカウント値に加算することにより、前記カウント値を更新し、

20

前記演算装置は、外部からの電源供給を受けたときに、前記不揮発性メモリに記憶されている前記カウント値をそのまま用いて、前記セグメントカウンタの前記カウント値と前記精密アブソリュート角度検出器のアブソリュート角度検出値とを統合して、前記回転体の多回転アブソリュート角度検出値を生成する、多回転角度検出装置。

【請求項 2】

前記セグメントカウンタは、前記発電センサがパルス電圧を発生すると、前記パルス電圧の極性および当該パルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態を前記不揮発性メモリに保存する、請求項 1 に記載の多回転角度検出装置。

【請求項 3】

30

前記セグメントカウンタは、前記回転体の 1 回転周期を 4 以上に区分したセグメントをカウントする、請求項 1 に記載の多回転角度検出装置。

【請求項 4】

前記磁界発生源は、前記回転軸線上に中心を有する円周上に N 極および S 極を交互に配列した 2 つ以上の磁極対を含む、請求項 1 ~ 3 のいずれか一項に記載の多回転角度検出装置。

【請求項 5】

前記発電センサの前記磁性ワイヤは、前記回転軸線上に中心を有する円周の接線上にあり、前記磁性ワイヤの中心は前記接線の接点上にある、請求項 4 に記載の多回転角度検出装置。

40

【請求項 6】

前記発電センサは、前記磁性ワイヤの両端部にそれぞれ磁氣的に結合された第 1 磁束伝導片および第 2 磁束伝導片を有する、請求項 5 に記載の多回転角度検出装置。

【請求項 7】

前記センサ要素は、前記発電センサの中央部に対向する磁極の極性を検出する請求項 4 に記載の多回転角度検出装置。

【請求項 8】

回転軸線まわりに回転する回転体の回転に応じて、前記回転体の 1 回転周期を区分したセグメントを前記回転体の 1 回転を越える角度領域でカウントしてカウント値を生成するセグメントカウンタであって、

50

一つの発電センサと、前記回転体とともに前記回転軸線まわりに回転する磁界発生源と、前記発電センサとは別のセンサ要素と、前記カウント値を記憶する不揮発性メモリと、前記カウント値を更新するカウンタ回路と、を含み、

前記発電センサは、大バルクハウゼン効果を発現する磁性ワイヤと、前記磁性ワイヤに巻回されたコイルとを有し、前記磁界発生源の回転にともなう磁界の変化によりパルス電圧を発生し、

前記磁界発生源は、前記回転体の1回転あたり2周期以上の交番磁界を前記磁性ワイヤの軸方向に与え、

前記カウンタ回路は、前記発電センサがパルス電圧を発生すると、当該パルス電圧の極性（以下「今回のパルス電圧の極性」という。）、当該パルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態（以下「今回のセンサ要素状態」という。）、前回のパルス電圧の極性、当該前回のパルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態（以下「前回のセンサ要素状態」という。）、および当該前回のパルス電圧の発生により更新されて前記不揮発性メモリに保存されたカウント値（以下「前回のカウント値」という。）を用いて、前記回転体の回転方向および回転位置を識別して前記カウント値を更新して前記不揮発性メモリに保存し、

10

前記カウンタ回路は、

前記今回のパルス電圧の極性と前記今回のセンサ要素状態との組み合わせによって前記回転体の回転方向を識別してカウント量の符号を決定し、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが異なるときには前記カウント量の絶対値を1とし、

20

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが同じであり、前記今回のセンサ要素状態と前記前回のセンサ要素状態とが同じときには前記カウント量の絶対値を0とし、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが同じであり、前記今回のセンサ要素状態と前記前回のセンサ要素状態とが異なるときには前記カウント量の絶対値を2とし、

前記カウント量の絶対値に前記決定された符号を付して得られる前記カウント量を前記前回のカウント値に加算することにより、前記カウント値を更新する、セグメントカウンタ。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、発電センサを用いた多回転角度検出装置に関する。さらに詳しくは、この発明は、発電センサを用いたセグメントカウンタのカウント値と、1回転周期のアブソリュート角度を精密に検出する角度検出器から得られる角度検出値とを統合し、1回転を超える多回転アブソリュート角度を検出する装置に関する。さらに、この発明は、多回転角度検出装置のためのセグメントカウンタに関する。

【背景技術】

【0002】

40

大バルクハウゼン効果（大バルクハウゼンジャンプ）を有する磁性ワイヤは、ウィーガンドワイヤまたはパルスワイヤの名で知られている。この磁性ワイヤは、芯部とその芯部を取り囲むように設けられた表皮部とを備えている。芯部および表皮部の一方は弱い磁界でも磁化方向の反転が起きるソフト（軟磁性）層であり、芯部および表皮部の他方は強い磁界を与えないと磁化方向が反転しないハード（硬磁性）層である。このような磁性ワイヤにコイルを巻回することにより、発電センサを構成することができる。

【0003】

ハード層とソフト層とがワイヤの軸方向に沿って同じ向きに磁化されているときに、その磁化方向とは反対方向の外部磁界強度が増加して或る磁界強度に達すると、ソフト層の磁化方向が反転する。この磁化方向の反転は、磁性ワイヤの或る部分を開始位置としてワ

50

イヤ全体に伝播し、ソフト層の磁化方向が一斉に反転する。このとき、大バルクハウゼン効果が発現し、磁性ワイヤに巻かれたコイルにパルス信号が誘発される。上述の外部磁界強度がさらに増加し、或る磁界強度に達すると、ハード層の磁化方向が反転する。

【 0 0 0 4 】

この明細書では、ソフト層の磁化方向が反転するときの磁界強度を「動作磁界」といい、ハード層の磁化方向が反転するときの磁界強度を「安定化磁界」という。

【 0 0 0 5 】

コイルから得られる出力電圧は、入力磁界（外部磁界）の変化スピードにかかわらず一定であり、入力磁界に対するヒステリシス特性を持つためチャタリングがない、などの特徴を有する。そのため、コイルから生成されるパルス信号は、位置検出装置などに使用される。

10

【 0 0 0 6 】

発電センサに交番磁界が与えられた場合、1周期に対して正パルス信号1つおよび負パルス信号1つの計2つのパルス信号が発生する。磁界の発生源として磁石を使い、磁石と発電センサとの相対的な運動により発電センサに交番磁界が加わるようにし、発生するパルス信号をカウントすることで位置を検出できる。

【 0 0 0 7 】

コイルからの出力は電力を持つため、外部電力の供給を要しない発電型のセンサ（発電センサ）を構成できる。すなわち、外部電力の供給なしに、コイルの出力エネルギーにより、周辺回路も動作させることができる。

20

【 0 0 0 8 】

アブソリュートエンコーダ等の角度センサは、本質的に、1回転を超える角度の検出はできない。電源が供給されている状態においては移動量を積算すれば1回転以上の角度の検出ができるが、電源が遮断されると1回転以上の情報は失われる。

【 0 0 0 9 】

一方、発電センサを利用したセグメントカウンタは、外部電源が遮断された状態においても、コイルの出力エネルギーを利用できるので、カウントを継続でき、1回転以上の多回転の検出ができる。しかし、一般的に発電センサを使ったセグメントカウンタは、粗い角度しか検出できない。したがって、モータ制御に使う場合など、精密な角度検出が必要な場合は、セグメントカウンタのカウント値と、別に設けた精密アブソリュート角度検出器の角度検出値とを統合し、多回転に渡る精密角度検出値（多回転アブソリュート角度検出値）を利用する。

30

【 0 0 1 0 】

特許文献1および特許文献2は、セグメントカウンタのカウント値と、精密アブソリュート角度検出器の角度検出値とを統合する方法および装置を開示している。

【 0 0 1 1 】

特許文献1は、3つ発電センサを60度ずつの位相差の位置に配置したセグメントカウンタを用いている。

【 0 0 1 2 】

1つの発電センサの出力のみでは、運動の方向が変化した場合に運動方向を識別できない。そこで、複数の発電センサを用いて、各発電センサの出力の位相差を使えば運動方向を識別することができる。

40

【 0 0 1 3 】

発電センサがパルス電圧を出力するためには、磁性ワイヤのハード層およびソフト層の磁化方向が一致している状態から、ソフト層のみの磁化方向が反転することが必要である。ハード層およびソフト層の磁化方向が不一致の状態、ソフト層のみの磁化方向が反転したとしても、パルス信号は生じないか、あるいは生じたとしても非常に小さい。

【 0 0 1 4 】

一方向への回転が続くとき、動作磁界に達してパルス電圧が出力された後、次に再び動作磁界に達するよりも前に、安定化磁界に到達するタイミングが存在する。したがって、

50

動作磁界に達する角度位置で、必ず、パルス電圧が発生する。

【0015】

しかし、双方向に回転する場合、すなわち、回転方向が切り替わる場合には、動作磁界に達してもパルス電圧が出力されず、いわゆるパルス抜けが発生することがある。具体的には、動作磁界に達してパルス電圧が出力された後、安定化磁界に到達するよりも前に、回転方向が反転すると、再び動作磁界に到達しても、ハード層およびソフト層の磁化方向が不一致の状態であるので、パルス電圧は出力されない。

【0016】

位相差の異なる位置に複数の発電センサを配置し、それらの出力パルスの位相差を用いることによって、回転方向を識別することができる。しかし、2つの発電センサを用いても、それらの一方でパルス抜けが生じれば、回転方向を識別することができない。したがって、特許文献1に開示されているように、3つの発電センサを用いる必要がある。特許文献1では、さらに、セグメントカウンタのカウント値と精密位置検出器の検出値とを統合し、かつ原点位置のずれを補正するために、3つの発電センサを60度ずつの位相差の位置に配置している。

【0017】

ところが、複数の発電センサを用いると、位置検出器のサイズおよびコストの増加につながる。

【0018】

特許文献2は、一つの発電センサのパルス信号と、発電センサではない別のセンサ要素の出力信号とを信号処理することで回転方向を判別し、それに応じてカウント動作するセグメントカウンタを開示している。この場合でも、前述のパルス抜けが生じれば、セグメントカウンタのカウント値と精密位置検出器の検出値とを統合するとき不都合がある。そこで、特許文献2では、発電センサの磁性ワイヤの磁化状態をモニタし、その磁化状態に応じて、欠落したパルス電圧の分、セグメントカウンタの値を補正している。それにより、セグメントカウンタのカウント値と精密位置検出器の検出値との同期をとり、それらを統合している。

【0019】

特許文献2に開示されている磁化状態のモニタは、具体的には、発電センサのコイルに徐々に増加する電流を流して、コイルが発生する磁界を磁性ワイヤにかける。それによって、磁性ワイヤの磁化方向が反転するかしないかを、コイルの両端に発生する電圧を観測してモニタする。これにより、磁性ワイヤの磁化状態を調べることができる。

【0020】

しかし、特許文献2のような磁性ワイヤの磁化方向判別およびそれに基づくカウント値の補正のためには、複雑な信号処理が必要であり、それに応じて、装置の小型化やコスト削減が難しくなる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0021】

【文献】特許第6226811号

【文献】特許第5730809号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0022】

この発明の一実施形態は、装置の小型化および低コスト化に有利な多回転角度検出装置を提供する。

【0023】

より具体的には、この発明の一実施形態は、複数の発電センサを用いることなく構成されたセグメントカウンタのカウント値と、精密アブソリュート角度検出器の角度検出値とを、複雑な信号処理を要することなく統合して多回転アブソリュート角度検出値を生成で

10

20

30

40

50

きる多回転角度検出装置を提供する。

【0024】

また、この発明の一実施形態は、新規なアルゴリズムによりセグメントを計数するセグメントカウンタおよびそれを備える多回転角度検出装置を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0025】

この発明の一実施形態は、次のような特徴を有する回転角度検出装置およびセグメントカウンタを提供する。

【0026】

1. 回転軸線まわりに回転する回転体の多回転アブソリュート角度検出値を生成する多回転角度検出装置であって、

前記回転体の回転に応じて、前記回転体の1回転周期を区分したセグメントを前記回転体の1回転を越える角度領域でカウントしてカウント値を生成するセグメントカウンタと、

外部からの電源供給により動作し、前記回転体の1回転周期内のアブソリュート角度検出値を前記セグメントよりも高い分解能で生成する精密アブソリュート角度検出器と、

外部からの電源供給により動作し、前記セグメントカウンタのカウント値と、前記精密アブソリュート角度検出器のアブソリュート角度検出値とを統合して、前記回転体の多回転アブソリュート角度検出値を生成する演算装置と、を含み、

前記セグメントカウンタは、一つの発電センサと、前記回転体とともに前記回転軸線まわりに回転する磁界発生源と、前記発電センサとは別のセンサ要素と、前記カウント値を記憶する不揮発性メモリと、を含み、

前記発電センサは、大バルクハウゼン効果を発現する磁性ワイヤと、前記磁性ワイヤに巻回されたコイルとを有し、前記磁界発生源の回転にともなう磁界の変化によりパルス電圧を発生し、

前記磁界発生源は、前記回転体の1回転あたり2周期以上の交番磁界を前記磁性ワイヤの軸方向に与え、

前記セグメントカウンタは、外部からの電源供給を受けることなく、前記発電センサが発生するパルス電圧のエネルギーによって動作可能であり、前記発電センサがパルス電圧を発生すると、当該パルス電圧の極性（以下「今回のパルス電圧の極性」という。）、当該パルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態（以下「今回のセンサ要素状態」という。）、前回のパルス電圧の極性、当該前回のパルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態（以下「前回のセンサ要素状態」という。）、および当該前回のパルス電圧の発生により更新されて前記不揮発性メモリに保存されたカウント値（以下「前回のカウント値」という。）を用いて、前記回転体の回転方向および回転位置を識別して前記カウント値を更新して前記不揮発性メモリに保存し、

前記セグメントカウンタは、

前記今回のパルス電圧の極性と前記今回のセンサ要素状態との組み合わせによって前記回転体の回転方向を識別してカウント量の符号を決定し、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが異なるときには前記カウント量の絶対値を1とし、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが同じであり、前記今回のセンサ要素状態と前記前回のセンサ要素状態とが同じときには前記カウント量の絶対値を0とし、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが同じであり、前記今回のセンサ要素状態と前記前回のセンサ要素状態とが異なるときには前記カウント量の絶対値を2とし、

前記カウント量の絶対値に前記決定された符号を付して得られる前記カウント量を前記前回のカウント値に加算することにより、前記カウント値を更新し、

前記演算装置は、外部からの電源供給を受けたときに、前記不揮発性メモリに記憶されている前記カウント値をそのまま用いて、前記セグメントカウンタの前記カウント値と前

10

20

30

40

50

記精密アブソリュート角度検出器のアブソリュート角度検出値とを統合して、前記回転体の多回転アブソリュート角度検出値を生成する、多回転角度検出装置。

【0027】

この構成によれば、回転体とともに磁界発生源が回転軸線まわりに回転することにより、磁界発生源は1回転あたり2周期以上の交番磁界を磁性ワイヤの軸方向に与える。それにより、発電センサは、1回転あたり4個以上のパルス電圧を発生する。それにより、セグメントカウンタは、たとえば、1回転周期を4個以上に区分したセグメントを計数したカウント値を生成することができる。回転方向の反転によってパルス抜けが生じ、それに伴って、カウント誤差が生じて、1回転以上の角度範囲に渡って同じカウント値となるほどの誤差は生じない。このようにして、1回転あたり2周期以上の交番磁界が磁性ワイヤに与えられ、磁性ワイヤが1回転あたり4個以上のパルス電圧を生成することにより、任意の多回転アブソリュート角度において、セグメントカウンタのカウント値と精密アブソリュート角度検出器のアブソリュート角度検出値との組み合わせから、精密な多回転アブソリュート角度値を一意に求めることができる。すなわち、セグメントカウンタのカウント値が誤差を含む場合でも、そのカウント値に対して補正処理を行うことなく（すなわち、そのカウント値をそのまま用いて）、精密アブソリュート角度検出器の角度検出値と統合することができる。

10

【0028】

こうして、ただ一つの発電センサを用い、しかも磁性ワイヤの磁化方向判別処理やそれに基づく補正/同期処理を行うことなく、セグメントカウンタのカウント値と精密アブソリュート角度検出器の角度検出値とを統合して、精密な多回転アブソリュート角度検出値を生成できる。

20

【0029】

この実施形態では、セグメントカウンタは、発電センサが発生する全てのパルス電圧に応じてカウント動作を行い、かつパルス抜けを補償する新規なアルゴリズムに従って動作する。すなわち、セグメントカウンタは、今回のパルス電圧の極性と今回のセンサ要素状態との組み合わせによって回転体の回転方向を識別してカウント量の符号を決定する。

【0030】

回転体が一方向に回転するときには、パルス電圧の極性が交互に変化するので、パルス電圧の極性が反転すれば、セグメントを跨ぐ角変位があったことになる。そこで、セグメントカウンタは、今回のパルス電圧の極性と前回のパルス電圧の極性とが異なるときには前記カウント量の絶対値を1とする。

30

【0031】

回転方向が反転することによってパルス抜けが生じ、同じ極性のパルス電圧が連続し、かつセンサ要素状態も同じになる場合がある。この場合には、同じ角度位置に戻ったと見なせるのでカウント量を不変とするのが適切である。そこで、セグメントカウンタは、今回のパルス電圧の極性と前回のパルス電圧の極性とが同じであり、今回のセンサ要素状態と前回のセンサ要素状態とが同じときにはカウント量の絶対値を0とする。

【0032】

また、回転方向が反転することによってパルス抜けが生じ、同じ極性のパルス電圧が連続し、その一方でセンサ要素状態が変化する場合がある。この場合には、セグメントの境界を2回跨いで移動したと見なせる。そこで、セグメントカウンタは、今回のパルス電圧の極性と前回のパルス電圧の極性とが同じであり、今回のセンサ要素状態と前記前回のセンサ要素状態とが異なるときにはカウント量の絶対値を2とする。

40

【0033】

セグメントカウンタは、こうして求められたカウント量の絶対値に決定された符号を付してカウント量を求め、そのカウント量を前回のカウント値に加算することにより、カウント値を更新する。

【0034】

このようにして、発電センサが発生する全てのパルス電圧に応じてカウント動作を行い

50

、かつパルス抜けを補償することができる。パルス抜けの補償はパルス電圧が発生することによって行われるので、セグメントカウンタのカウント値には誤差が含まれる場合がある。その場合でも、セグメントカウンタのカウント値をそのまま用いてアブソリュート角度検出値と統合できることは前述のとおりである。

【0035】

2. 前記セグメントカウンタは、前記発電センサがパルス電圧を発生すると、前記パルス電圧の極性および当該パルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態を前記不揮発性メモリに保存する、項1に記載の多回転角度検出装置。

【0036】

これにより、セグメントカウンタは、不揮発性メモリから前回のパルス電圧の極性およびセンサ要素状態の情報を得て、前述のカウント動作を行うことができる。

10

【0037】

3. 前記セグメントカウンタは、前記回転体の1回転周期を4以上に区分したセグメントをカウントする、項1または2に記載の多回転角度検出装置。

【0038】

この構成により、セグメントカウンタは、1回転あたり、4以上のセグメントを計数できる。典型的には、磁界発生源が回転体の1回転あたり k 周期($k \geq 2$)の交番磁界を磁性ワイヤに与える場合のセグメント数は $2k$ である。

【0039】

4. 前記磁界発生源は、前記回転軸線上に中心を有する円周上にN極およびS極を交互に配列した2つ以上の磁極対を含む、項1～3のいずれか一項に記載の多回転角度検出装置。

20

【0040】

たとえば、初期状態として、磁性ワイヤのソフト層およびハード層が磁性ワイヤの第1端部から第2端部に向かう方向に磁化されたセット状態(負パルス生成のためのセット状態)で、一つのS極が発電センサの中央部に対向し、そのS極の両側の一对のN極からの磁束がバランスしている状態を考える。この初期状態から、回転体とともに磁界発生源が少し回転すると、磁性ワイヤの第1端部から第2端部へ向かう磁束が増加することで、動作磁界に到達し、磁性ワイヤのソフト層の磁化方向が反転し、負のパルスが発生する。回転体とともに磁界発生源がさらに回転すると、磁性ワイヤの第1端部から第2端部に向かう磁束がさらに増加して安定化磁界に達し、ハード層の磁化方向も反転し、磁性ワイヤは正パルス生成のためのセット状態になる。磁界発生源がさらに回転すると、磁性ワイヤの第2端部から第1端部に向かう磁束が増加し、動作磁界に達して、磁性ワイヤのソフト層の磁化方向が反転し、正のパルスが発生する。磁界発生源がさらに回転すると、磁性ワイヤの第2端部から第1端部に向かう磁束がさらに増加して安定化磁界に達し、ハード層の磁化方向も反転し、磁性ワイヤは負パルス生成のためのセット状態となる。こうして、一つの磁極対が発電センサの検出領域を通過することで、2つのパルスが生成される。

30

【0041】

磁界発生源が、回転軸線を中心とする円周上にN極およびS極を交互に配列した k 個($k \geq 2$)の磁極対を含む場合、回転体の1回転あたり、 k 周期の交番磁界が磁性ワイヤに与えられ、それに応じて、 $2k$ 個のパルスが生成される。

40

【0042】

5. 前記発電センサの前記磁性ワイヤは、前記回転軸線上に中心を有する円周の接線上にあり、前記磁性ワイヤの中心は前記接線の接点上にある、項4に記載の多回転角度検出装置。

【0043】

この構成により、磁界発生源と磁性ワイヤを適切に磁気結合させることができ、回転体の回転に伴って磁性ワイヤに交番磁界を適切に与えることができる。

【0044】

6. 前記発電センサは、前記磁性ワイヤの両端部にそれぞれ磁氣的に結合された第1磁

50

束伝導片および第2磁束伝導片を有する、項5に記載の多回転角度検出装置。

【0045】

この構成では、磁性ワイヤの第1端部に第1磁束伝導片が磁気結合され、磁性ワイヤの第2端部に第2磁束伝導片が磁気結合されている。それにより、磁界発生源と磁性ワイヤとの磁気結合を強めることができ、磁性ワイヤの軸方向に強い磁界を印加して、良好なパルス電圧を発生させることができる。

【0046】

7. 前記センサ要素は、前記発電センサの中央部に対向する磁極の極性を検出する項4～6のいずれか一項に記載の多回転角度検出装置。

【0047】

この場合、前記セグメントの境界は、前記磁極対のN極およびS極のうちのいずれか一方が前記発電センサの中央部に対向する角度位置であってもよい。セグメントの境界とは、セグメントカウンタのカウント値が変化する境界である。

【0048】

8. 回転軸線まわりに回転する回転体の回転に応じて、前記回転体の1回転周期を区分したセグメントを前記回転体の1回転を越える角度領域でカウントしてカウント値を生成するセグメントカウンタであって、

一つの発電センサと、前記回転体とともに前記回転軸線まわりに回転する磁界発生源と、前記発電センサとは別のセンサ要素と、前記カウント値を記憶する不揮発性メモリと、前記カウント値を更新するカウンタ回路と、を含み、

前記発電センサは、大バルクハウゼン効果を発現する磁性ワイヤと、前記磁性ワイヤに巻回されたコイルとを有し、前記磁界発生源の回転にともなう磁界の変化によりパルス電圧を発生し、

前記磁界発生源は、前記回転体の1回転あたり2周期以上の交番磁界を前記磁性ワイヤの軸方向に与え、

前記カウンタ回路は、前記発電センサがパルス電圧を発生すると、当該パルス電圧の極性（以下「今回のパルス電圧の極性」という。）、当該パルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態（以下「今回のセンサ要素状態」という。）、前回のパルス電圧の極性、当該前回のパルス電圧が発生したときの前記センサ要素の出力状態（以下「前回のセンサ要素状態」という。）、および当該前回のパルス電圧の発生により更新されて前記不揮発性メモリに保存されたカウント値（以下「前回のカウント値」という。）を用いて、前記回転体の回転方向および回転位置を識別して前記カウント値を更新して前記不揮発性メモリに保存し、

前記カウンタ回路は、

前記今回のパルス電圧の極性と前記今回のセンサ要素状態との組み合わせによって前記回転体の回転方向を識別してカウント量の符号を決定し、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが異なるときには前記カウント量の絶対値を1とし、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが同じであり、前記今回のセンサ要素状態と前記前回のセンサ要素状態とが同じときには前記カウント量の絶対値を0とし、

前記今回のパルス電圧の極性と前記前回のパルス電圧の極性とが同じであり、前記今回のセンサ要素状態と前記前回のセンサ要素状態とが異なるときには前記カウント量の絶対値を2とし、

前記カウント量の絶対値に前記決定された符号を付して得られる前記カウント量を前記前回のカウント値に加算することにより、前記カウント値を更新する、セグメントカウンタ。

【発明の効果】

【0049】

この発明によれば、複数の発電センサを用いることなく構成されたセグメントカウンタ

10

20

30

40

50

のカウンタ値と、精密アブソリュート角度検出器の角度検出値とを、複雑な信号処理を要することなく統合して多回転アブソリュート角度検出値を生成できる。それにより、小型化および低コスト化に有利な多回転角度検出装置を提供できる。

【0050】

また、この発明によれば、新規なアルゴリズムによりセグメントを計数するセグメントカウンタおよびそれを備える多回転角度検出装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

【図1】図1は、この発明の一実施形態に係る多回転角度検出装置の構成例を説明するためのブロック図である。

【図2A - 2C】図2Aはセグメントカウンタの構造例を説明するための斜視図であり、図2Bはその平面図である。また、図2Cは、図2Bの矢印IIC方向に見た正面図である。

【図3A - 3C】図3A、図3Bおよび図3Cは、発電センサの作用を説明するための動作説明図である。

【図3D - 3F】図3D、図3Eおよび図3Fは、発電センサの作用を説明するための動作説明図である。

【図4】図4は、セグメントカウンタのカウント動作を説明するための図である。

【図5】図5は、セグメントカウンタのより詳細なカウント動作の例を説明するためのテーブルである。

【図6】図6は、パルス抜けによるカウンタ値への影響を説明するための図である。

【図7】図7は、セグメントカウンタのカウント値と精密アブソリュート角度検出器の角度検出値との関係を示す。

【図8】図8は、セグメントカウンタのカウント値と精密アブソリュート角度検出器の角度検出値との関係を示す。

【図9】図9は、セグメントカウンタのカウント値と精密アブソリュート角度検出器の角度検出値とを統合した精密多回転アブソリュート角度検出値を示す。

【図10】図10は、セグメントカウンタのカウント値に基づく回転数の演算例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0052】

以下では、この発明の実施の形態を、添付図面を参照して詳細に説明する。

【0053】

図1は、この発明の一実施形態に係る多回転角度検出装置の構成例を説明するためのブロック図である。多回転角度検出装置100は、回転軸線33まわりに回転する回転軸30（回転体の一例）の多回転アブソリュート角度を検出し、その検出値である多回転アブソリュート角度検出値を生成する装置である。多回転アブソリュート角度とは、1回転を越える、すなわち多回転に渡る角度領域内の絶対的な角度をいう。多回転角度検出装置100は、精密アブソリュート角度検出器1と、セグメントカウンタ2と、演算装置4とを含む。

【0054】

精密アブソリュート角度検出器1は、回転軸30の1回転周期内、すなわち、0度～360度の精密なアブソリュート角度検出値を、次に説明するセグメントカウンタ2よりも高い分解能で生成する角度センサである。精密アブソリュート角度検出器1は、たとえば光学式アブソリュートエンコーダで構成されている。精密アブソリュート角度検出器1は、たとえば、1回転周期内（0度～360度）の角度領域のアブソリュート角度検出値を、16ビット（65536段階）の分解能で生成するように構成されている。

【0055】

精密アブソリュート角度検出器1は、典型的には、外部電源からの電力供給を受けて動作する。具体的には、多回転角度検出装置100は、外部電源に接続可能な電源回路3を備えている。電源回路3は、外部電源に接続されているときに、精密アブソリュート角度

10

20

30

40

50

検出器 1 に電力を供給し、その電力を受けて、精密アブソリュート角度検出器 1 が動作する。精密アブソリュート角度検出器 1 は、たとえばシリアル通信によって、演算装置 4 に 16 ビットのアブソリュート角度検出値を入力する。

【 0 0 5 6 】

セグメントカウンタ 2 は、回転軸 30 の回転に応じて、回転軸 30 の 1 回転周期を区分（等分）したセグメントをカウントし、回転軸 30 の多回転に渡る（1 回転を越える）角度領域でのセグメント単位の角度値を表すカウント値を生成する。

【 0 0 5 7 】

セグメントカウンタ 2 は、一つ（ただ一つ）の発電センサ 20 と、回転軸 30 とともに回転軸線 33 まわりに回転する磁界発生源 50 と、発電センサ 20 とは別の（発電センサではない）センサ要素 MS と、カウンタ回路 8 と、カウント値を記憶する不揮発性メモリ 9 とを含む。不揮発性メモリ 9 は、F e R A M（ferroelectric random access memory）で構成されていてもよい。カウンタ回路 8 および不揮発性メモリ 9 は、この実施形態では、一つのカウンタメモリ IC（集積回路）10 に組み込まれている。セグメントカウンタ 2 は、さらに、信号評価回路 5 と、整流 / 電源回路 6 と、信号処理回路 7 とを含む。

【 0 0 5 8 】

発電センサ 20 は、磁界発生源 50 の回転に伴う磁界の変化に応じてパルス電圧を発生する。センサ要素 MS は、この実施形態では、磁界発生源 50 の回転に応じて、磁界発生源 50 の磁界を検出する磁気センサである。磁気センサの一例は、ホール IC である。信号評価回路 5 は、発電センサ 20 が発生するパルス電圧の極性を判別し、その極性判別の結果を表す信号（パルス極性 PP）を信号処理回路 7 に供給する。信号処理回路 7 は、信号評価回路 5 から受け取った極性判別の結果を表す信号をデジタルデータ（シリアル信号）に変換して、極性判別データ（パルス極性 PP）としてカウンタ回路 8 に供給する。また、信号処理回路 7 は、センサ要素 MS の出力信号をデジタルデータ（シリアル信号）に変換して、磁気検出データとしてカウンタ回路 8 に供給する。

【 0 0 5 9 】

整流 / 電源回路 6 は、発電センサ 20 が発生するパルス電圧を整流し、適切な電圧に変換して、センサ要素 MS、信号評価回路 5、信号処理回路 7 およびカウンタメモリ IC 10（カウンタ回路 8 および不揮発性メモリ 9）に供給する。したがって、センサ要素 MS、信号評価回路 5、信号処理回路 7 およびカウンタメモリ IC 10（カウンタ回路 8 および不揮発性メモリ 9）は、外部電源からの電力供給を受けることなく動作することができる。つまり、セグメントカウンタ 2 は、外部電源供給がないときでも、自己発電により生成される電力によって作動する。カウンタメモリ IC 10 は、電源回路 3 が外部電源に接続されているときには、電源回路 3 からの電力供給を受けて動作することができる。

【 0 0 6 0 】

カウンタメモリ IC 10 に内蔵されたカウンタ回路 8 は、信号処理回路 7 から供給される極性判別データ（パルス極性 PP）および磁気検出データ（MS）に基づいて、所定のカウンタロジックに従って、カウント動作を実行する。このカウント動作は、電源回路 3 からの外部電源の供給の有無にかかわらず実行される。そのカウント動作によって得られるカウント値は、不揮発性メモリ 9 に格納される。このカウント値は、電源供給がないときにも保存される（不揮発記憶）。カウンタメモリ IC 10 は、外部電源が供給されているときに、不揮発性メモリ 9 に記憶しているカウント値をシリアル通信によって演算装置 4 に供給することができる。

【 0 0 6 1 】

演算装置 4 は、電源回路 3 が外部電源に接続されているときに、電源回路 3 からの電力供給を受けて動作する。演算装置 4 は、外部電源が投入されると、精密アブソリュート角度検出器 1 に精密アブソリュート角度検出値をリクエストし、かつ不揮発性メモリ 9 にカウント値をリクエストする。精密アブソリュート角度検出器 1 は、シリアル通信によって、精密アブソリュート角度検出値を演算装置 4 に供給する。不揮発性メモリ 9 は、シリアル通信によって、カウント値を演算装置 4 に供給する。演算装置 4 は、精密アブソリュ

10

20

30

40

50

ト角度検出値およびカウント値を統合して多回転アブソリュート角度検出値を生成して出力する。演算装置 4 が出力する多回転アブソリュート角度検出値は、たとえば、上位のコントローラ（図示せず）に供給され、電動モータの回転制御等のために用いられる。

【0062】

演算装置 4 は、不揮発性メモリ 9 から供給されるカウント値をそのまま用いて精密アブソリュート角度検出値と統合する。すなわち、統合に際して使用されるカウント値は、電源遮断中にセグメントカウンタ 2 においてカウントされたままの値であり、演算装置 4 は、カウント値の誤差に関する補正処理、具体的には、カウント値の誤差を補正して精密アブソリュート角度検出値との同期をとるための同期処理などは行わない。

【0063】

図 2 A はセグメントカウンタ 2 の構造例を説明するための斜視図であり、図 2 B はその平面図である。また、図 2 C は、図 2 B の矢印 IIC 方向に見た正面図である。セグメントカウンタ 2 は、発電センサ 20 と、磁界発生源 50 と、センサ要素 MS（たとえば磁気センサ）とを含む。

【0064】

発電センサ 20 は、第 1 の支持体 31 に配置され、当該第 1 の支持体 31 に支持されている。この実施形態では、第 1 の支持体 31 に、センサ要素 MS も搭載されている。

【0065】

磁界発生源 50 は、第 2 の支持体 32 に固定されている。第 2 の支持体 32 は、第 1 の支持体 31 に対して相対移動する。具体的には、第 2 の支持体 32 は、回転軸 30 に結合（固定）されており、回転軸 30 とともに回転軸線 33 まわりに回転する。したがって、第 2 の支持体 32 は、回転体の一部であり得る。それに対して、第 1 の支持体 31 は、固定配置されていて、非回転状態に保持されている。それにより、磁界発生源 50 は、第 2 の支持体 32 とともに回転軸線 33 まわりに回転して、第 1 の支持体 31 に対して相対移動する。

【0066】

回転軸 30 は、典型的には、電動モータ（図示せず）の駆動軸からの駆動力によって回転される。電動モータが双方向に駆動される場合には、それに応じて、回転軸 30 は反時計回り方向 CCW および時計回り方向 CW の双方向に回転する。第 1 の支持体 31 は、回転軸線 33 に直交する平面に沿って配置されたプリント配線基板であってもよい。

【0067】

磁界発生源 50 は、回転軸線 33 を取り囲むリング状の 4 極着磁磁石 M で構成されている。着磁方向は、回転軸線 33 と平行である。4 極着磁磁石 M は、回転軸線 33 の一方向から見たときに、回転軸線 33 を中心とする円周上に N 極および S 極が交互に配列された k 個（k は 2 以上の整数。図示の例では k = 2）の磁極対（N 極と S 極との対）が配列された構成を有し、k 個の N 極 n_1, n_2, \dots, n_k および k 個の S 極 s_1, s_2, \dots, s_k を有している。各磁極 $n_1, n_2, \dots, n_k; s_1, s_2, \dots, s_k$ は、回転軸線 33 まわりの $360^\circ / 2k$ （この実施形態では 90° ）の角度領域に渡っている。したがって、回転軸 30 とともに第 2 の支持体 32 が回転し、それに応じて磁界発生源 50 が回転軸線 33 まわりに回転することにより、発電センサ 20 には k 周期（図示の例では 2 周期）の交番磁界が印加される。

【0068】

発電センサ 20 は、第 1 の支持体 31（プリント配線基板）の一方主面に実装されている。発電センサ 20 は、磁性ワイヤ FE と、磁性ワイヤ FE の両端部にそれぞれ磁氣的に結合された第 1 磁束伝導片 FL1 および第 2 磁束伝導片 FL2 とを備えている。第 1 磁束伝導片 FL1 と第 2 磁束伝導片 FL2 との間で、磁性ワイヤ FE にコイル SP（誘導コイル）が巻回されている。第 1 磁束伝導片 FL1 および第 2 磁束伝導片 FL2 は、実質的に同形同大の軟磁性体部品からなる。より詳細には、第 1 磁束伝導片 FL1 および第 2 磁束伝導片 FL2 は、磁性ワイヤ FE の軸中心位置 25（以下「軸中心位置 25」という。）において軸方向 x に直交する対称面 27（幾何学的配置を説明するための仮想的な平面）

10

20

30

40

50

に対して互いに対称に構成されている。

【0069】

磁性ワイヤFEは、大バルクハウゼン効果を発現するように構成されている。具体的には、磁性ワイヤFEは、芯部と、それを被覆する表皮部とを有している。芯部および表皮部の一方は、弱い磁界でも磁化方向の反転が起きるソフト(Soft)層(軟磁性層)であり、芯部および表皮部の他方は強い磁界を与えないと磁化方向が反転しないハード(Hard)層(硬磁性層)である。

【0070】

各磁束伝導片FL1, FL2は、検出領域SRに対向する磁束伝導端21, 22を有している。発電センサ20の磁性ワイヤFEは、回転軸線33上に中心を有する円周の接線上にあり、磁性ワイヤFEの軸中心位置25は、当該接線の接点上にある。発電センサ20は、回転軸線33まわりの360度/2k(この実施形態では90度)の角度領域に渡る一つの磁極n1, n2, ..., nk; s1, s2, ..., skの中央と磁性ワイヤFEの軸中心位置25とが整合するときに、2つの磁束伝導片FL1, FL2から伝導される磁気がバランスするように配置されている。コイルSPは、N極n1, n2, ..., nkからの磁束が第1磁束伝導片FL1から伝導される第1状態で負の電圧パルスを生成し、N極n1, n2, ..., nkからの磁束が第2磁束伝導片FL2から伝導される第2状態で正の電圧パルスを生成する。

10

【0071】

第1磁束伝導片FL1および第2磁束伝導片FL2は、この実施形態では、磁性ワイヤFEの両端部から軸方向xに直交する方向に互いに平行に延びる軸直交部41と、軸直交部41の先端部から軸方向xに沿って互いに接近する方向に延びる軸平行部42とを備えている。第1磁束伝導片FL1および第2磁束伝導片FL2の軸直交部41の基端部に、磁性ワイヤFEの両端部がそれぞれ固定されている。より具体的には、軸直交部41の基端部には、軸方向xに貫通する穴または溝が形成されたワイヤ配置部23が設けられている。磁性ワイヤFEの両端部は、ワイヤ配置部23において、第1磁束伝導片FL1および第2磁束伝導片FL2の軸直交部41をそれぞれ貫通して、軸直交部41に固定されている。たとえば、ワイヤ配置部23を構成する穴または溝に配置された樹脂(図示せず)によって、磁性ワイヤFEと第1磁束伝導片FL1および第2磁束伝導片FL2とが互いに結合されて固定されている。それにより、磁性ワイヤFEの両端部は、第1磁束伝導片FL1および第2磁束伝導片FL2にそれぞれ磁氣的に結合されている。

20

30

【0072】

発電センサ20は、軸平行部42に対して磁性ワイヤFEとは反対側を、磁界を検出するための検出領域SRとするように構成されている。

【0073】

軟磁性体部品からなる各磁束伝導片FL1, FL2は、略直方体形状の軸直交部41と、軸直交部41の検出領域SR側の端部である先端部に連設された略直方体形状の軸平行部42とを有し、軸直交部41と軸平行部42との結合部で直角に曲がったL字形状を有している。軸平行部42は、磁性ワイヤFEを覆うように、すなわち、磁性ワイヤFEと検出領域SRとの間を遮蔽するように、軸方向xに沿って延びている。互いに対称な形状を有する第1磁束伝導片FL1および第2磁束伝導片FL2は、磁性ワイヤFEの軸中央側に向かって延びており、それらの近接端42aは、磁性ワイヤFEの軸中心位置25の付近で間隔を空けて互いに対向している。近接端42aは、軸方向xに直交する平面をなしており、2つの近接端42aをそれぞれ形成する2つの平面は互いに平行であり、それらが軸方向xに対峙している。

40

【0074】

第1磁束伝導片FL1および第2磁束伝導片FL2の軸平行部42は、検出領域SRに対向する検出領域対向面を成す磁束伝導端21, 22を形成している。磁束伝導端21, 22(検出領域対向面)は、軸方向xに平行な平坦面である。この磁束伝導端21, 22(検出領域対向面)は、検出領域SRに磁極が配置されたときに、その磁極からの磁束を

50

第1磁束伝導片FL1および第2磁束伝導片FL2の内部へと導く。

【0075】

第1磁束伝導片FL1および第2磁束伝導片FL2の軸平行部42が第1の支持体31（プリント配線板）の一方の主面に形成された配線パターン（図示せず）に接合され、それによって、発電センサ20が第1の支持体31（プリント配線板）に面実装されている。発電センサ20は、回転軸線33を中心軸とする円周上の一つの点（接点）における接線に磁性ワイヤFEの軸方向xが沿うように配置されており、磁性ワイヤFEの軸中心位置25が当該接点に一致する配置となっている。発電センサ20の検出領域SRは、軸平行部42に対して磁性ワイヤFEとは反対側であり、この例では、第1の支持体31（プリント配線板）の他方の主面側の領域である。

10

【0076】

第2の支持体32は、この例では、回転軸線33を取り囲む円環状に構成されている。より具体的には、第2の支持体32は、円環状の板状体で構成されており、回転軸線33と直交する平面に沿って配置されており、第1の支持体31（プリント配線板）と平行になっている。第2の支持体32において、第1の支持体31（プリント配線板）の前記他方の主面に対向する面に、磁石Mが固定されている。磁石Mの磁極 $n_1, s_1, n_2, s_2, \dots, n_k, s_k$ は、この実施形態では、回転軸線33まわりの周方向に等間隔で配置されている。図示の具体例では、回転軸線33まわりに90度の角度間隔で4つの磁極 n_1, s_1, n_2, s_2 が配置され、それらが第1の支持体31（プリント配線板）に対向するように、磁石Mが第2の支持体32に固定されている。回転軸線33から磁極 $n_1, s_1, n_2, s_2, \dots, n_k, s_k$ の中心までの距離は、回転軸線33から磁性ワイヤFEの軸中心位置25までの距離に等しくてもよい。すなわち、回転軸線33に沿う平面視において、磁性ワイヤFEおよび磁極 $n_1, s_1, n_2, s_2, \dots, n_k, s_k$ は、回転軸線33を中心軸とする等しい半径の円周上に位置し、それによって、回転軸線33に平行な方向に対向可能な位置関係となってもよい。第2の支持体32は、軟磁性体で構成されたヨークであることが好ましい。

20

【0077】

第2の支持体32が回転軸30とともに回転軸線33まわりに回転することにより、磁極 $n_1, s_1, n_2, s_2, \dots, n_k, s_k$ は、回転軸線33を中心とし、検出領域SRを通る円周軌道55上を移動する。磁性ワイヤFEの軸方向xは、円周軌道55上の或る点（接点）を通る接線と平行であり、軸中心位置25は、当該接点において当該接線に立てた垂線（この例では、回転軸線33に平行な垂線）上にある。換言すれば、磁性ワイヤFEの軸中心位置25は、回転軸線33上に中心を有し、円周軌道55と等しい半径の円周上の或る点（接点）に位置し、磁性ワイヤFEは、当該接点における接線に沿っている。

30

【0078】

第1の支持体31および第2の支持体32の回転軸線33に沿う方向の距離は、第2の支持体32の回転によって、磁極 $n_1, s_1, n_2, s_2, \dots, n_k, s_k$ が発電センサ20の検出領域SRに進入可能な適切な値に定められる。

【0079】

第1の支持体31を構成するプリント配線板において、発電センサ20が実装されている主面には、さらに、たとえば磁気センサからなるセンサ要素MSが実装されている。センサ要素MSは、発電センサ20の中央部に対向する磁極の極性を検出できるように配置されている。センサ要素MSは、たとえば、ホールIC等の磁気センサからなり、N極を検知すると（発電センサ20の中央部にN極が対向すると）H信号を出力し、S極を検知すると（発電センサ20の中央部にS極が対向すると）L信号を出力する。それにより、センサ要素MSは、その近傍を通る磁極の極性を判別し、結果として、発電センサ20の中央部に対向する磁極の極性を識別する識別信号を出力する。この実施形態では、センサ要素MSは、発電センサ20に対して、回転軸線33まわりの位相差180度の位置、すなわち、回転軸線33に関して対称な位置で磁極を検出するように配置されている。kが偶数（たとえば2）であれば、センサ要素MSは、発電センサ20の中央部に対向する磁

40

50

極と同じ極性の磁極を検出する。kが奇数(たとえば3)のとき、センサ要素MSは、発電センサ20の中央部に対向する磁極と反対の極性の磁極を検出する。いずれの場合でも、センサ要素MSは、発電センサ20の中央部に対向する磁極の極性を検出できる。

【0080】

このような構成により、回転軸線33まわりの反時計回り方向CCWの回転によって、一つの磁極対 $n_1, s_1; n_2, s_2; \dots; n_k, s_k$ が円周軌道55に沿って検出領域SRを通過するたびに、一つの負パルスと一つの正パルスとが順に生成される。また、回転軸線33まわりの時計回り方向CWの回転によって、一つの磁極対 $n_1, s_1; n_2, s_2; \dots; n_k, s_k$ が円周軌道55に沿って検出領域SRを通過するたびに、一つの正パルスと一つの負パルスとが順に生成される。そして、これらのパルスと、第1磁束伝導片FL1と第2磁束伝導片FL2との間の円周軌道55上にある磁極の極性を表す識別信号を出力するセンサ要素MSとによって、回転位置および回転方向を識別することができる。

10

【0081】

図3A~図3Fに動作例を示す。回転軸30が回転軸線33まわりに反時計回り方向CCW(反時計回り方向)に回転する場合について考える。図3Aは、図2Bの状態を矢印ICに沿って見た動作説明図である。図3B~図3Fも同様の視点での動作説明図である。ただし、図3A~図3Fにおいては、説明のために、磁極を直線上に展開して示してある。

【0082】

図3A(図2B)の状態に至るときには、磁性ワイヤFEのハード層およびソフト層は、第2磁束伝導片FL2から第1磁束伝導片FL1に向かう方向に磁化された状態、すなわち、負パルス生成のためのセット状態(SET_N)である。このとき、第1磁束伝導片FL1がN極およびS極と対向する面積は、第2磁束伝導片FL2がN極およびS極と対向する面積とバランスがとれている。換言すれば、このような状態となるように、磁界発生源50、発電センサ20およびそれらの相対配置が設計されている。

20

【0083】

この状態から、回転軸30とともに磁界発生源50が反時計回り方向CCWに少し回転すると、図3Bに示すように、第1磁束伝導片FL1がN極と対向する面積の割合が増え、第2磁束伝導片FL2がN極と対向する割合が減る。それにより、磁性ワイヤFEには、第1磁束伝導片FL1から第2磁束伝導片FL2に向かう方向の磁界がかかる。その磁界の強さが動作磁界に達すると、ソフト層の磁化方向が反転して、負の電圧パルスが発生する。このとき、センサ要素MSは、S極を検出しているので(発電センサ20の中央部にS極が対向している)、L信号を生成する。

30

【0084】

さらに、回転軸30が反時計回り方向CCWに回転すると、第1磁束伝導片FL1から第2磁束伝導片FL2に向かう方向の磁界がさらに強くなって安定化磁界に達し、図3Cに示すように、磁性ワイヤFEのハード層の磁化方向も反転し、正パルス生成のためのセット状態(SET_P)となる。

【0085】

回転軸30がさらに回転し、図3Cの状態から反時計回り方向CCWに90度回転した図3Dの状態に至ると、極性が反転するが、前述の場合と同様な動作となる。すなわち、磁性ワイヤFEのハード層およびソフト層は、第1磁束伝導片FL1から第2磁束伝導片FL2に向かう方向に磁化された状態、すなわち、正パルス生成のためのセット状態(SET_P)である。このとき、第1磁束伝導片FL1がN極およびS極と対向する面積は、第2磁束伝導片FL2がN極およびS極と対向する面積とバランスがとれている。

40

【0086】

この状態から、回転軸30とともに磁界発生源50が反時計回り方向CCWに少し回転すると、図3Eに示すように、第1磁束伝導片FL1がN極と対向する面積の割合が減り、第2磁束伝導片FL2がN極と対向する割合が増える。それにより、磁性ワイヤFEには、第2磁束伝導片FL2から第1磁束伝導片FL1に向かう方向の磁界がかかる。その

50

磁界の強さが動作磁界に達すると、ソフト層の磁化方向が反転して、正の電圧パルスが発生する。このとき、センサ要素MSは、N極を検出している（発電センサ20の中央部にN極が対向している）、H信号を生成する。

【0087】

さらに、回転軸30が反時計回り方向CCWに回転すると、第2磁束伝導片FL2から第1磁束伝導片FL1に向かう方向の磁界がさらに強くなって安定化磁界に達し、図3Fに示すように、磁性ワイヤFEのハード層の磁化方向も反転し、負パルス生成のためのセット状態(SET_N)となる。この状態からさらに回転軸30が反時計回り方向CCWに回転すると、図3Aと同等の状態となる。

【0088】

こうして、一つの磁極対が発電センサ20の検出領域を通ることで、2つのパルスが生成される。磁界発生源50は、k個（この例では2個）の磁極対を有するので、1回転あたり、2k個（この例では4個）のパルスが生成される。

【0089】

図4は、セグメントカウンタ2の動作を説明するための図である。セグメントカウンタ2は、この実施形態では、回転軸線33まわりの角度領域を U_m 個（ U_m は4以上の整数）に分割したセグメントを計数し、その計数結果を表すカウント値を生成する。セグメントの区分は磁極 $n_1, s_1, n_2, s_2, \dots, n_k, s_k$ の配置に対応する。典型的には、複数の磁極 $n_1, s_1, n_2, s_2, \dots, n_k, s_k$ が回転軸線33まわりに等角度に区分した領域に形成（着磁）され、それに応じて、セグメントは回転軸線33まわりの角度領域を等分した領域となる。図4には、 $U_m = 4$ の例を示す。回転軸線33まわりに90度間隔で設定される4本の境界a, b, c, dによって、4つのセグメントが規定されている。境界a, b, c, dは、発電センサ20が発生する電圧パルスに応答してセグメントカウンタ2のカウント値が切り換わる境界である。具体的には、境界a, b, c, dはいずれかの磁極が発電センサ20の中央部に対向する角度位置に相当する。一例として、ここでは、各磁極が発電センサ20の中央部に対向する位置を跨いで、反時計回り方向CCWに移動するときカウントアップ、時計回り方向CWに移動するときカウントダウンする場合を説明する。

【0090】

磁極 n_1, s_1, n_2, s_2 は円周上に等間隔で設置されている場合、境界a、境界b、境界c、境界dの間隔は回転角で90度であり、境界aを基準角度0度とすると、境界bは角度90度、境界cは角度180度、境界dは角度270度となる

セグメントカウンタ2は、この実施形態では、回転角が境界a, b, c, dを跨いで反時計回り方向CCWに移動するときカウントアップし、回転角が境界a, b, c, dを跨いで時計回り方向CWに移動するときカウントダウンするように設計されている。これに合わせて、以下の説明では、回転軸線33まわりの角度値は、境界aを基準として、反時計回り方向CCWに向かって増加するものとする。

【0091】

磁界発生源50は、回転軸線33まわりに回転軸30が1回転する間にk周期（図示の例では $k = 2$ ）の交番磁界を発生するように構成されている。より具体的には、この実施形態では、2k個の磁極 $n_1, s_2, n_2, s_2, \dots, n_k, s_k$ が回転軸線33まわりに等角度間隔で配置されている。

【0092】

図中の記号の意味は、次のとおりである。「H」はセンサ要素MSがいずれかのN極 n_1, n_2, \dots, n_k を検出している状態、すなわち、いずれかのN極 n_1, n_2, \dots, n_k が発電センサ20の中央部に対向している状態を表す状態値である。「L」はセンサ要素MSがいずれかのS極 s_1, s_2, \dots, s_k を検出している状態、すなわち、いずれかのS極 s_1, s_2, \dots, s_k が発電センサ20の中央部に対向している状態を表す状態値である。これらの状態値は、センサ要素MSの出力に基づいて信号処理回路7が生成する磁気検出データに相当する。「P」は、発電センサ20の正パルスの発生を表すパルス極

10

20

30

40

50

性値である。「N」は、発電センサ20の負パルスの発生を表すパルス極性値である。これらのパルス極性値は、信号評価回路5の出力に基づいて信号処理回路7が生成する極性判別データに相当する。

【0093】

信号処理回路7からカウンタ回路8に供給される状態値は、これらの組み合わせによって表され、発電センサ20がパルスを発生するたびに更新され、不揮発性メモリ9に保存される。「HP」は、いずれかのN極 n_1, n_2, \dots, n_k が発電センサ20の中央部に対向している状態で正パルスが発生する状態を表す状態値である。「LN」は、いずれかのS極 s_1, s_2, \dots, s_k が発電センサ20の中央部に対向している状態で負パルスが発生する状態を表す状態値である。「HN」は、いずれかのN極が発電センサ20の中央部に対向している状態で負パルスが発生する状態を表す状態値である。「LP」は、いずれかのS極が発電センサ20の中央部に対向している状態で正パルスが発生する状態を表す状態値である。

10

【0094】

「SET_P」は、正パルス発生のための準備状態(セット状態)となる角度範囲を表す。「SET_N」は、負パルス発生のための準備状態(セット状態)となる角度範囲を表す。

【0095】

セグメントカウンタ2の基本的な動作は次のとおりである。

【0096】

回転軸30が反時計回り方向CCWに回転するとき、回転角0度、90度、180度および270度にそれぞれ相当する境界a, b, c, dの近傍で、図3A~図3Fに示した発電センサ20の動作によって、一つの正パルスまたは一つの負パルスが生成される。このとき、セット状態SET_P 状態値HP(正パルス生成) セット状態SET_N 状態値LN(負パルス生成) セット状態SET_Pのように循環的に変化する。セグメントカウンタ2は、状態値HPおよびLNでそれぞれ+1カウントアップする。すなわち、回転角が0度(境界a)、90度(境界b)、180度(境界c)および270度(境界d)を通過して増加するときに、それぞれ+1カウントアップする。

20

【0097】

回転軸30が時計回り方向CWに回転するとき、回転角0度、90度、180度および270度にそれぞれ相当する境界a, b, c, dの近傍で、図3A~図3Fとは磁極の運動方向を反転した発電センサ20の動作が生じる。それによって、一つの正パルスまたは一つの負パルスが生成される。このとき、セット状態SET_N 状態値HN(負パルス生成) セット状態SET_P 状態値LP(正パルス生成) セット状態SET_Nのように循環的に変化する。セグメントカウンタ2は、状態値HNおよびLPで-1カウントダウンする。すなわち、回転角が0度(境界a)、90度(境界b)、180度(境界c)および270度(境界d)を通過して減少するときに、それぞれ-1カウントダウンする。

30

【0098】

図5は、セグメントカウンタ2のより詳細なカウント動作の例を説明するためのテーブルである。カウンタメモリIC10に内蔵されたカウンタ回路8は、このテーブルに従うロジックにより、カウント動作を実行する。発電センサ20がパルスを発生すると、信号処理回路7からカウンタ回路8に入力される状態値が更新される。更新された状態値(NEW:今回値)と、直前の状態値(OLD:前回値)との組み合わせによって、カウント動作(Counter operation)が決定される。カウンタ回路8は、不揮発性メモリ9から直前の状態値(OLD)を読み出し、それをを用いてカウント動作を実行する。

40

【0099】

更新された状態値がHPのときは、直前の状態値がLN, HNのいずれかであれば(すなわち、パルスの極性が異なれば)、+1カウントアップ動作となる。更新された状態値がHNのときは、直前の状態値がLP, HPのいずれかであれば(すなわち、パルスの極

50

性が異なれば)、- 1 カウントダウン動作が行われる。

【 0 1 0 0 】

更新された状態値が L P のときは、直前の状態値が H N , L N のいずれかであれば (すなわち、パルスの極性が異なれば)、- 1 カウントダウン動作となる。更新された状態値が L N のときは、直前の状態値が H P , L P のいずれかであれば (すなわち、パルスの極性が異なれば)、+ 1 カウントアップ動作が行われる。

【 0 1 0 1 】

以上が基本的なカウント動作であり、これに加えて、後述するパルス抜けの影響を補償するための例外的なカウント動作が行われる。具体的には、更新された状態値が直前の状態値と等しいときには、カウント値は不変に保持される (カウント値の変化は「 0 」)。さらに、更新された状態値が H P のとき、直前の状態値が L P であれば (すなわち、パルス電圧の極性が同じでセンサ要素 M S が検出する磁極の極性が異なれば)、+ 2 カウント動作となる。更新された状態値が H N のとき、直前の状態値が L N であれば (すなわち、パルス電圧の極性が同じでセンサ要素 M S が検出する磁極の極性が異なれば) - 2 カウント動作となる。更新された状態値が L P のとき、直前の状態値が H P であれば (すなわち、パルス電圧の極性が同じでセンサ要素 M S が検出する磁極の極性が異なれば) - 2 カウント動作となる。更新された状態値が L N のとき、直前の状態値が H N であれば (すなわち、パルス電圧の極性が同じでセンサ要素 M S が検出する磁極の極性が異なれば)、+ 2 カウント動作となる。

【 0 1 0 2 】

このように、カウンタ回路 8 は、状態値に応じて、すなわち、センサ要素 M S の出力信号と発電センサ 2 0 が発生するパルス電圧とを用いて、回転軸 3 0 の回転方向および回転位置を識別してカウント値を更新し、そのカウント値を不揮発性メモリ 9 に書き込むように動作する。

【 0 1 0 3 】

カウンタ回路 8 の動作をまとめると、次のとおりである。

【 0 1 0 4 】

ステップ 1 (回転方向の識別) : 今回のパルス電圧の極性と今回のセンサ要素状態 (ここではセンサ要素 M S が検出する磁極の極性) との組み合わせによって回転方向を識別してカウント量の符号を決定する。たとえば、センサ要素 M S の状態値 H を「 + 1 」と表し、センサ要素 M S の状態値 L を「 - 1 」と表す。また、パルス極性値 P を「 + 1 」、パルス極性値 N を「 - 1 」と表す。すると、パルス極性値とセンサ要素状態値との積は、+ 1 または - 1 となり、これは、回転方向を表す回転方向値である。すなわち、状態値 H P および L N のときの回転方向値は「 + 1 」であり、反時計回り方向 C C W の回転方向を表す (図 4 参照)。また、状態値 H N および L P のときの回転方向値は「 - 1 」であり、時計回り方向 C W の回転方向を表す。これらの回転方向値の符号をカウント量の符号とする。なお、符号の付し方が上記の限りでないことは自明であり、2 つのセンサ要素状態値に異なる符号を付し、2 つのパルス極性値に異なる符号を付せば、センサ要素状態値とパルス極性値との積の符号は、回転方向を表す。

【 0 1 0 5 】

ステップ 2 (カウント量の絶対値) : 今回のパルス電圧の極性と前回のパルス電圧の極性とが異なるときにはカウント量の絶対値を 1 とする。今回のパルス電圧の極性と前回のパルス電圧の極性とが同じであり、今回のセンサ要素状態と前回のセンサ要素状態とが同じときにはカウント量の絶対値を 0 とする。今回のパルス電圧の極性と前回のパルス電圧の極性とが同じであり、今回のセンサ要素状態と前回のセンサ要素状態とが異なるときにはカウント量の絶対値を 2 とする。

【 0 1 0 6 】

ステップ 3 (カウント量) : 決定された符号 (ステップ 1) をカウント量の絶対値 (ステップ 2) に付してカウント量を求める。

【 0 1 0 7 】

10

20

30

40

50

ステップ4（カウント値更新）：求めたカウント量（ステップ3）を前回のカウント値に加算することにより、カウント値を更新する。

【0108】

ステップ1, 2の順序は入れ替えてもよく、またそれらを同時に行ってもよい。また、図5に示すテーブルを予め準備し、このテーブルを用いてカウント量を求める構成としてもよい。この場合、ステップ1, 2, 3は実質的に同時に行われることになる。

【0109】

図6は、パルス抜けによるカウント値への影響を説明するための図である。

【0110】

回転角が軌跡T1に沿って移動する場合を考える。回転角が境界aを跨いで反時計回り方向CCWに移動し、それによって、位置51で正パルスが発生すると、状態値HP（図3E参照）となる。発電センサ20の磁性ワイヤFEに安定化磁界が与えられる位置（図3F参照）に回転角が達する前に回転方向が反転すると、磁性ワイヤFEが負パルス発生準備状態（SET_N）にならないまま、回転角が時計回り方向CWに境界aを越えて、状態値HNとなるべき位置52に到達する。このとき、位置52で発生すべき負パルスが発生しない（パルス抜け）ので、状態値が更新されない。その後、さらに時計回り方向CWへの回転によって、磁性ワイヤFEは正パルス発生準備状態（SET_P）となる。その後、回転角が境界dに達する前に、位置53で回転方向が反時計回り方向CCWに反転し、境界aを再び越えると、位置51で再び正パルスが発生する。よって、状態値の変化はHP → HPであるので、カウント値は不変である（図5参照）。回転方向が反対の場合の挙動も同様である。このような挙動の間に、カウント値は±1の誤差を含み得る。

【0111】

次に、回転角が軌跡T2に沿って移動する場合を考える。すなわち、回転角が境界dを跨いで時計回り方向CWに移動し、それによって、位置61で正パルスが発生し、状態値LPとなる。発電センサ20の磁性ワイヤFEに安定化磁界が与えられる位置（図3F参照）に回転角が達する前に回転方向が反転すると、磁性ワイヤFEが負パルス発生準備状態（SET_N）にならないまま、回転角は、境界dを反時計回り方向CCWに越えて、状態値LNとなるべき位置62に到達する。このとき、位置62で発生すべき負パルスが発生しない（パルス抜け）ので、状態値が更新されない。その後、さらに反時計回り方向CCWへの回転によって、磁性ワイヤFEは正パルス発生準備状態（SET_P）となる。そして、そのまま回転角が境界aを跨いで反時計回り方向CCWに移動し、位置63で正パルスが発生し、状態値HPとなる。したがって、状態値がLP → LNと変化した後にLN → HPと変化すれば、カウント値は、+1 + 1 = +2の変化となるはずであるが、位置62でのパルス抜けのために状態値LNを経由せず、LP → HPと変化する。そこで、このときには、カウント値を+2（図5参照）することで、パルス抜けの影響を補償する。回転方向が反対の場合の挙動も同様である。このような挙動の間に、カウント値は±1の誤差を含み得る。

【0112】

1回転（360度）の角度範囲の正しいカウント値が、境界a, bの間の区間S0（0度～90度）では「0」、境界b, cの間の区間S1（90度～180度）では「1」、境界c, dの間の区間S2（180度～270度）では「2」、境界d, aの間の区間S3（270度～360度）では「3」とする。この場合、上記のようなカウント誤差を考慮すると、カウント値がそれぞれ「0」、「1」、「2」、「3」となる可能性のある角度範囲A0, A1, A2, A3は、図6に示すとおりである。これらの角度範囲A0, A1, A2, A3は、各区間S0, S1, S2, S3の角度範囲（90度）よりも広いが、図6に示すとおり、いずれも1回転（360度）未満である。したがって、複数の回転に渡って重複する領域が存在しないため、カウント値と角度検出値を使った1回転単位の回転数判別が可能である。

【0113】

図7は、セグメントカウンタ2のカウント値と精密アブソリュート角度検出器1の角度

10

20

30

40

50

検出値との関係を示す。横軸は回転軸 30 の回転角 (度) であり、縦軸は、多回転アブソリュート角度値であり、1 回転 (360 度) を 16 ビット (65536 段階) の分解能で表してある。ただし、セグメント数 $U_m = 2k = 4$ の場合を想定している。

【0114】

回転軸 30 の回転にともなって、精密アブソリュート角度検出器 1 の角度検出値は、参照符号 70 で示すように、0 ~ 65536 の間で鋸歯波状に変化する。

【0115】

一方、セグメントカウンタ 2 のカウント値は、回転軸 30 の回転にともなって、理想的には、参照符号 71 で示す階段状の変化を示す。たとえば、0 度を基準として 90 度 (= 360 度 / 4) ずつの間隔で中央値を有する各 90 度 (= 360 度 / 4) の範囲の角度区

10

【0116】

実際には、前述のとおり誤差を含むセグメントカウンタ 2 のカウント値は、各カウント値の両側の誤差区間 e_1, e_2 においても同じ値になる可能性がある。特許文献 2 においては、この誤差区間を解消するために、外部電源投入時に磁気判別を行って、セグメントカウンタのカウント値を補正し、精密アブソリュート角度検出器の角度検出値との同期をとっている。この実施形態では、このような補正および同期のための処理を行わず、誤差を含むセグメントカウンタ 2 のカウント値をそのまま用いて、セグメントカウンタ 2 の

20

【0117】

具体的に説明すると、図 7 に示すように、精密アブソリュート角度検出器 1 の角度検出値が或る値、たとえば 1 回転 (0 度 ~ 360 度) 以内の角度範囲において 210 度に相当する「38229」であるときのセグメントカウンタ 2 のカウント値を調べる。多回転に渡る角度範囲において、精密アブソリュート角度検出値の角度検出値が「38229」(210 度) となるのは、210 度を基準として、360 度間隔の多回転角度である。すなわち、... - 870 度, - 510 度, - 150 度, 210 度, 570 度, 930 度, ... である。これらの多回転角度において、セグメントカウンタ 2 のカウント値がとる可能性のある値は、カウント誤差を考慮すると、次の表 1 のとおりとなる。

30

【0118】

【表 1】

【表 1】

多回転角度	カウント値
.....
-870度	-11, -10または-9
-510度	-7, -6または-5
-150度	-3, -2または-1
210度	1, 2または3
570度	5, 6または7
930度	10, 11または12
.....

40

50

図 8 には、正の回転角範囲におけるセグメントカウンタ 2 のカウント値の変化を示す。ただし、ここでは、セグメントカウンタ 2 のカウント値は、セグメント数（ここでは 4）で除した値（回転数 N に換算した値）を示す。線 7 0 は、図 7 と同様に、精密アブソリュート角度検出器 1 の角度検出値を表す。階段状の線 7 1 は、図 7 の線 7 1 に相当する。線 7 1 - 1 は、- 1 の誤差（セグメント数「4」で除した場合の誤差は - 0.25）を含むカウント値の変化を示し、線 7 1 + 1 は、+ 1 の誤差（セグメント数「4」で除した場合の誤差は + 0.25）を含むカウント値の変化を示す。この図 8 から、表 1 のとおりの結論が得られる。

【0119】

このように、誤差を考慮しても、セグメントカウンタ 2 の各カウント値がとり得る範囲が 360 度に満たないので、異なる多回転角度において同じカウント値が重複しない。そのため、セグメントカウンタ 2 のカウント値と精密アブソリュート角度検出器 1 が検出する角度検出値との組み合わせによって、多回転アブソリュート角度検出値を一意に決定することができる。したがって、セグメントカウンタ 2 のカウント誤差を補正して、そのカウント値と精密アブソリュート角度検出器 1 が検出する角度検出値とを同期させるための処理を行うことなく、それらを統合して、図 9 に示すように、多回転アブソリュート角度検出値を生成できる。

【0120】

演算装置 4 は、セグメントカウンタ 2 のカウント値 m および精密アブソリュート角度検出器 1 の角度検出値 θ を用い、たとえば、次のような演算を行って、それらを統合し、多回転アブソリュート角度検出値 mt を演算する。前述の図 9 は、演算結果を示している。次式において、N は、回転軸 30 の基準点（回転位置原点）からの回転数（回転量）を表す。U は 1 回転あたりの角度検出量（たとえば U = 65536（16 ビット分））を表し、精密アブソリュート角度検出器 1 の分解能に相当する。U_m（たとえば U_m = 2k = 4）は、1 回転あたりのセグメント数であり、セグメントカウンタ 2 の 1 回転あたりのカウント数に相当する。

【0121】

【数 1】

【数 1】

$$\theta mt = N \times U_{\theta} + \theta$$

$$N = INT(m/U_m - \theta/U_{\theta} + 1/2)$$

上式のとおり、回転数 N は、カウント値 m をセグメント数 U_m で除して回転数に換算し、そこから角度検出値 θ に相当する回転量 (θ/U_{θ}) を減じたうえで、四捨五入して求めることができる。上式の例では、1/2 を加えて整数化関数 INT（小数部を切り捨てて整数化する関数）で処理することで四捨五入演算が行われている。

【0122】

こうして求められた回転数 N に 1 回転あたりの角度検出量 U_θ を乗じることによって、セグメントカウンタ 2 のカウント値 m に対する多回転角度検出値を求めることができる。これに 1 回転以内の精密な角度検出値 θ を加えることで、精密な多回転アブソリュート角度を表す多回転アブソリュート角度検出値 mt を求めることができる。

【0123】

演算装置 4 における上記のような演算の一部または全部を実行するために、必要に応じて、予め準備されたテーブルが用いられてもよい。

【0124】

回転数 N の実際の演算では、小数点以下の値の取扱いを避けるために、上式と同等の次式を用いるのが便利である。

10

20

30

40

50

【 0 1 2 5 】

【数 2】

【数 2】

$$N = \text{INT} \left\{ \left(\frac{mU_{\theta}}{U_m} - \theta + \frac{U_{\theta}}{2} \right) / U_{\theta} \right\}$$

すなわち、カウント値 m に 1 回転あたりの角度検出量 U_{θ} を乗じ、これをセグメント数 U_m で除した換算値 mU_{θ} / U_m を用いる。この換算値 mU_{θ} / U_m は、カウント値 m を精密角度検出値の値に換算した数値である。換算値 mU_{θ} / U_m は、回転角に応じて、図 8 の線 $71, 71 - 1, 71 + 1$ のように階段状に変化する。図 8 に示す換算値 mU_{θ} / U_m (線 $71, 71 - 1, 71 + 1$) から精密角度検出値 (図 8 の線 70) を減じて $mU_{\theta} / U_m - U_{\theta} / 2$ を求め、さらに $U_{\theta} / 2$ を加算すると、図 10 に示すように、各段において鋸歯状の変化を示す階段状の線が得られる。線 $80, 80 - 1, 80 + 1$ は、図 8 の線 $71, 71 - 1, 71 + 1$ にそれぞれ対応しており、 $mU_{\theta} / U_m - U_{\theta} / 2 + U_{\theta} / 2$ に相当する。これを U_{θ} で除して、整数化関数 INT で整数化することにより、図 10 に線 85 で示すように、上記式の回転数 N を得ることができる。

10

【 0 1 2 6 】

以上のように、この実施形態では、セグメントカウンタ 2 は、ただ一つの発電センサ 20 とセンサ要素 MS とを有し、発電センサ 20 の磁気ワイヤに 1 回転あたり 2 周期以上の交番磁界が印加される構成を有する。このような構成のセグメントカウンタ 2 のカウント値を、誤差を含んだまま取り扱って、精密アブソリュート角度検出器 1 が生成する角度検出値と適切に統合でき、それによって、精密な多回転アブソリュート角度検出値を得ることができる。したがって、複数の発電センサ 20 を用いる必要がなく、発電センサ 20 の磁性ワイヤ FE の磁化方向の判別や、それに基づく複雑な補正処理または同期処理も必要としない。したがって、構成を簡単にすることができるので、小型で低コストでありながら、高分解能の多回転精密アブソリュート角度検出装置を提供できる。

20

【 0 1 2 7 】

この発明の第 2 の実施形態について説明する。

30

【 0 1 2 8 】

磁界発生源は、回転軸線を中心とする円周上に、同じ極性の磁極を発電センサに向けて配列された k 個 ($k \geq 2$) の磁石を含む構成としてもよい。この場合にも、1 回転あたり k 周期の交番磁界を磁性ワイヤに印加できる。この場合にも、発電センサの磁性ワイヤは、前記円周の接線に平行に配置されることが好ましい。また、発電センサは、磁性ワイヤの第 1 端部および第 2 端部にそれぞれ磁気的に結合された第 1 磁束伝導片および第 2 磁束伝導片を有することが好ましい。磁界発生源の回転に伴って、磁極が、第 1 磁束伝導片および第 2 磁束伝導片に順に接近する。発電センサは、磁界発生源の磁極からの磁束が第 1 磁束伝導片から伝導される第 1 状態で負のパルス電圧を生成し、磁界発生源からの磁束が第 2 磁束伝導片から伝導される第 2 状態で正のパルス電圧を生成する。これらのパルス電圧を前述のセグメントカウンタで計数することにより、1 回転あたり $2k$ 個のセグメントを計数できる。この場合、典型的には、 k 個の磁石の同じ極性の磁極が通る円周軌道には、他の極性の磁極は配置されていない。したがって、回転体の一方向への回転にともなって、同じ極性の磁極が発電センサに順に対向する。

40

【 0 1 2 9 】

たとえば、磁性ワイヤのソフト層およびハード層が第 2 磁束伝導片から第 1 磁束伝導片に向かう方向に磁化されたセット状態 (負パルス生成のためのセット状態) で、回転体とともに磁界発生源が回転し、磁極が第 1 磁束伝導片に接近する場合を考える。その磁極からの磁束が第 1 磁束伝導片から伝導されることで、磁性ワイヤのソフト層の磁化方向が反

50

転し、負のパルスが発生する。その磁極が第1磁束伝導片にさらに接近すると、ハード層の磁化方向も反転し、磁性ワイヤは正パルス生成のためのセット状態になる。磁界発生源がさらに回転して、当該磁極が第2磁束伝導片に接近すると、その磁極からの磁束が第2磁束伝導片から伝導される。それにより、磁性ワイヤのソフト層の磁化方向が反転し、正のパルスが発生する。その磁極が第2磁束伝導片にさらに接近すると、ハード層の磁化方向も反転し、磁性ワイヤは負パルス生成のためのセット状態となる。こうして、一つの磁極が発電センサの検出領域を通過することで、2つのパルスが生成される。

【0130】

この構成を採用する場合、センサ要素は、磁界発生源の磁極が発電センサの中央部に対向する位置に存在するかしないかを検出することが好ましい。セグメントの境界は、磁極が発電センサの中央部に対向する角度位置となる。磁界発生源の磁極が発電センサの中央部に対向するかどうかをセンサ要素によって検出することにより、前述の実施形態の場合と同様に、センサ要素および発電センサの出力に基づいて、回転位置および回転方向の識別が可能になる。

10

【0131】

以上、この発明の2つの実施形態について説明してきたが、以下に例示するとおり、この発明は、さらに他の形態で実施することができる。

【0132】

前述の実施形態では、L形の磁束伝導片FL1, FL2を有する発電センサ20を用いる例を示したが、磁束伝導片は、他の形態を有していてもよい。たとえば、磁性ワイヤFEから検出領域に向けて直線状に伸びるI形の磁束伝導片を用いてもよい。また、磁性ワイヤの両端にコイルの大きさ程度の筒状の磁束伝導片を有する構成としてもよい。

20

【0133】

前述の実施形態では、磁界発生源50が2個の磁極対(図2A参照)または2個の同極磁石(第2の実施形態)を有する場合について主として説明したが、3個以上の磁極対または3個以上の同極磁石を有する構成とし、6個以上のセグメントを有するセグメントカウンタを備えてもよい。

【0134】

また、精密アブソリュート角度検出器1は必ずしも単一の検出器を意味するものではなく、1回転内のアブソリュート角度を得る機能を有するものであればよい。たとえば、1回転以下の検出範囲を持つ複数の検出器で精密アブソリュート角度検出器1を構成してもよい。例として、32周期/回転の検出器の検出信号と、31周期/回転の検出器の検出信号とから、演算で1周期/回転の角度も求めるものでもよい。また、そのときの演算も、演算装置4で行ってもよい。

30

【0135】

その他、特許請求の範囲に記載された事項の範囲で種々の設計変更を施すことが可能である。

【符号の説明】

【0136】

- 1 : 精密アブソリュート角度検出器
- 2 : セグメントカウンタ
- 3 : 電源回路
- 4 : 演算装置
- 5 : 信号評価回路
- 6 : 整流/電源回路
- 7 : 信号処理回路
- 8 : カウンタ回路
- 9 : 不揮発性メモリ
- 10 : カウンタメモリIC
- 20 : 発電センサ

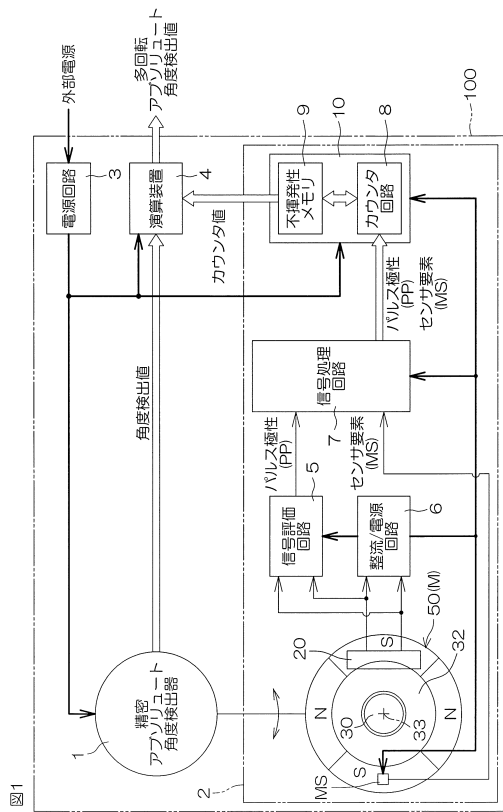
40

50

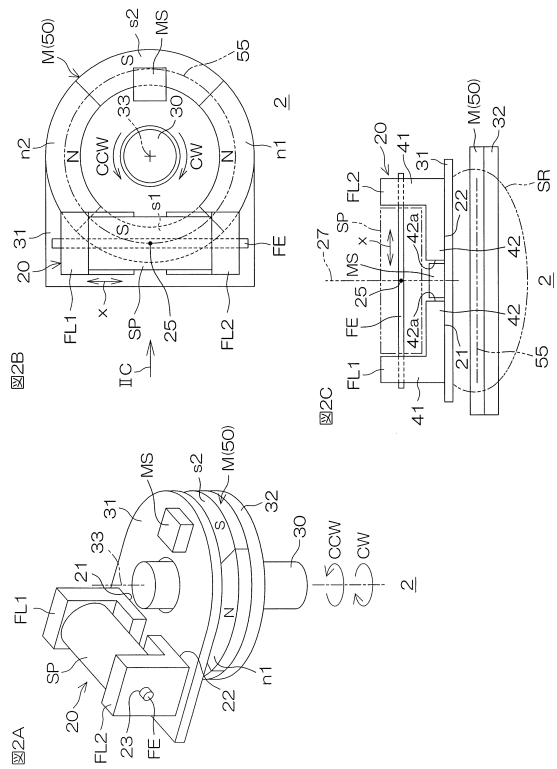
- 3 3 : 回転軸線
- 5 0 : 磁界発生源
- 1 0 0 : 多回転角度検出装置
- F E : 磁性ワイヤ
- F L 1 : 第1磁束伝導片
- F L 2 : 第2磁束伝導片
- M : 磁石
- M S : センサ要素
- S P : コイル
- S R : 検出領域
- a , b , c , d : 境界
- n 1 , n 2 : N極
- s 1 , s 2 : S極

【図面】

【図1】



【図2A - 2C】



10

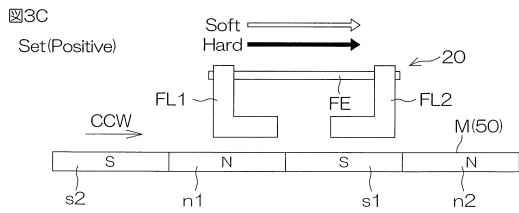
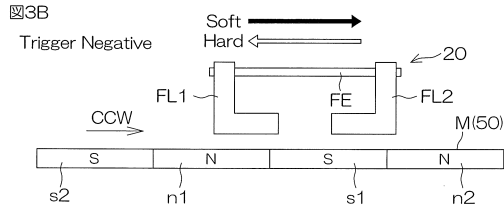
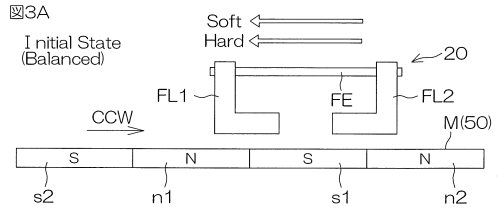
20

30

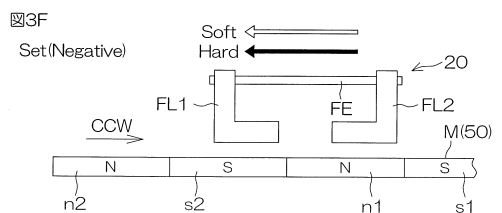
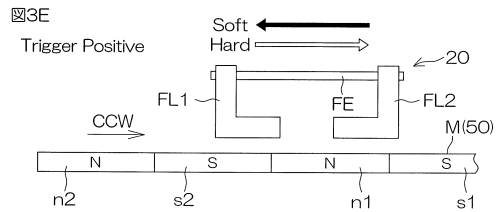
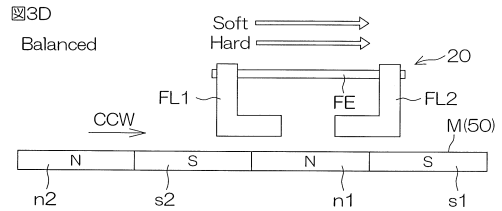
40

50

【 3 A - 3 C 】



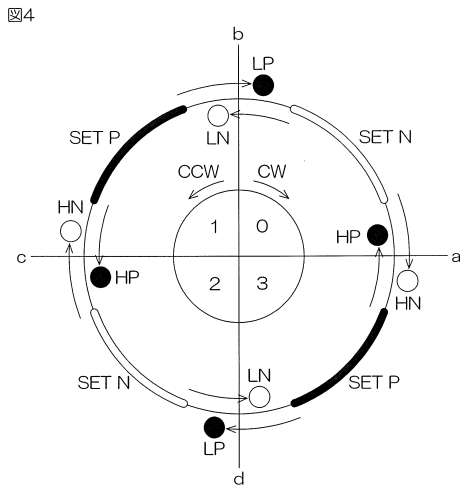
【 3 D - 3 F 】



10

20

【 4 】



【 5 】

5

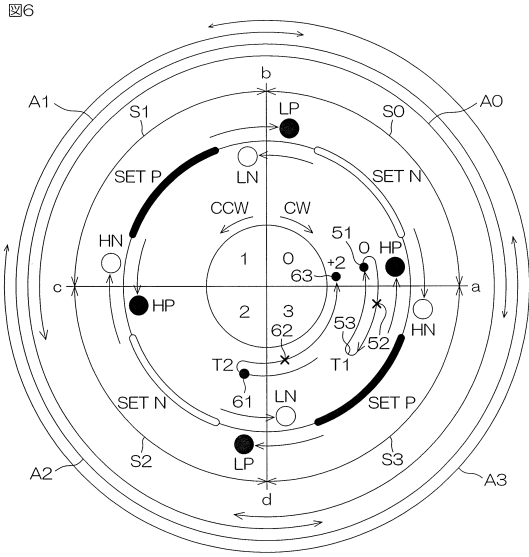
NEW	OLD	Counter operation
HP	HP	0
	HN	+1
	LP	+2
HN	LN	+1
	HP	-1
	LP	-2
LP	LN	-2
	HN	-1
	HP	0
LN	LN	-1
	HP	+1
	HN	+2

30

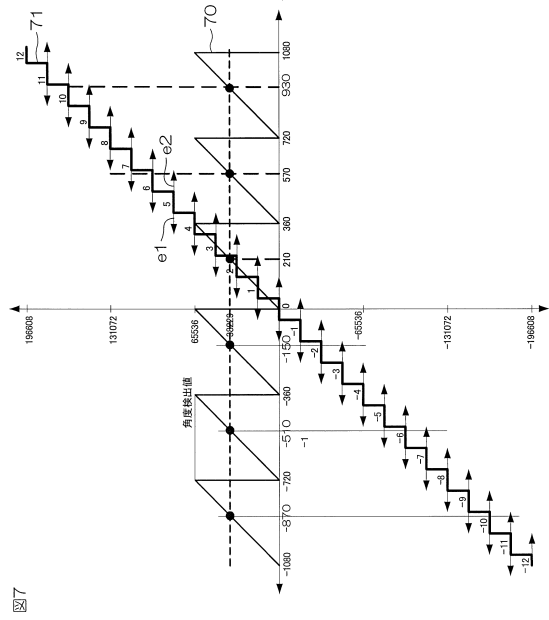
40

50

【 図 6 】



【 図 7 】



10

20

【 図 8 】

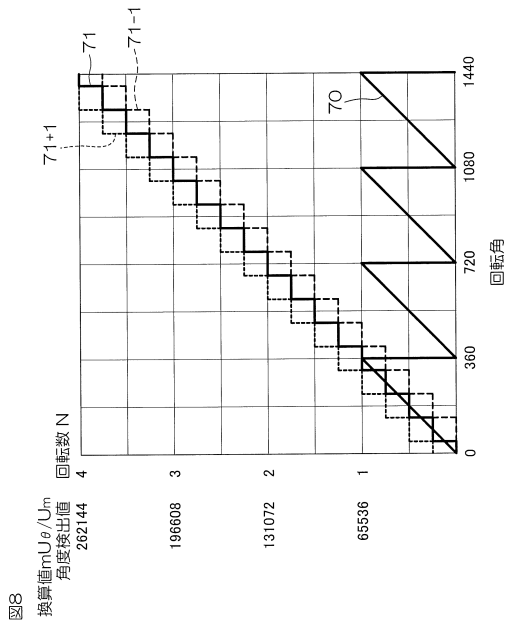


図8

換算値 mU_{θ}/U_m
角度検出値

【 図 9 】

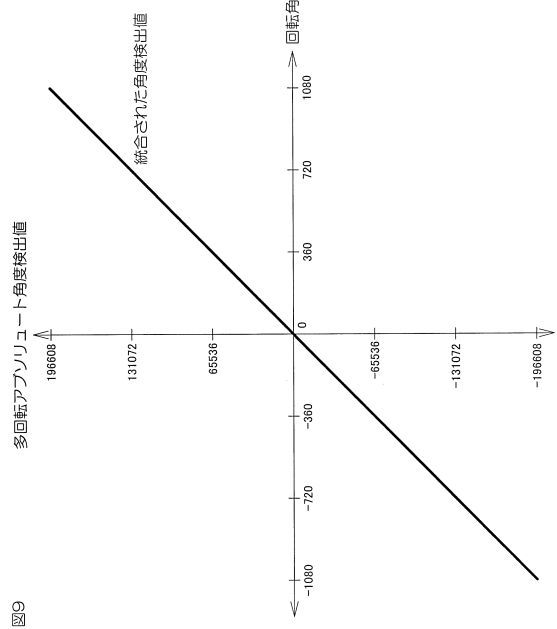


図9

多回転アritmetic角度検出値

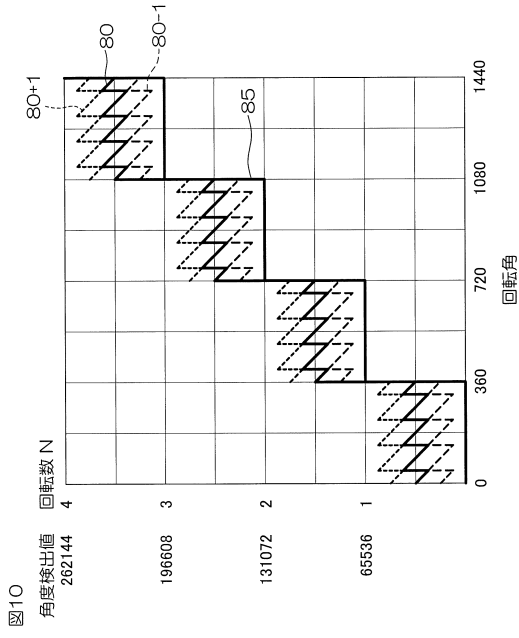
統合された角度検出値

30

40

50

【 100 】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2009-31290(JP,A)
特開2021-21682(JP,A)
米国特許出願公開第2010/0213927(US,A1)
特開2020-79000(JP,A)
特開2019-215310(JP,A)
特開2016-191702(JP,A)
特開2016-5918(JP,A)

- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
G01D 5/12 - 5/38
G01B 7/00 - 7/34
B62D 5/00 - 6/10
H02K 11/00 - 11/40、
29/00 - 29/14
H02P 6/00 - 6/34