

HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 一 国際調査報告 (条約第21条(3))

明 細 書

発明の名称：蒸気弁の計測方法及び蒸気弁の計測装置

技術分野

[0001] 本開示は、蒸気弁の計測方法及び蒸気弁の計測装置に関する。

本願は、2022年2月1日に日本国特許庁に出願された特願2022-014366号に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 例えば蒸気タービンを用いる発電システムでは、負荷変化に応じて蒸気タービンを駆動するために供給する蒸気量を調整したり、異常発生時に蒸気タービンへの蒸気供給を停止するための蒸気弁が用いられる。蒸気弁は、典型的には、開口部を有する弁座と、弁座の開口部に対向して設けられた弁体を弁座に接離する方向に移動させる弁棒と、弁棒を摺動自在に支持する円筒状の支持部材と、を備えて構成される（例えば特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2014-70513号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] このような構成を有する蒸気弁では、蒸気による弁体の回転やガタツキ等による摩耗が生じる。しかし、蒸気タービンの蒸気弁では、高温高压容器内に摩耗発生部分が収められていることが多く、蒸気タービンの運転を継続したまま、又は、蒸気弁の分解をせずに摩耗の進行状況を計測することが困難である。

[0005] 本開示の少なくとも一実施形態は、上述の事情に鑑みて、蒸気弁の摩耗の進行状況を比較的容易に確認できる蒸気弁の計測方法及び蒸気弁の計測装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0006] (1) 本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気弁の計測方法は、

蒸気が流れる蒸気流路、及び前記蒸気流路の途中に設けられ、開口部を有する弁座を有する弁本体と、

軸線が延びる軸線方向に延在し、前記軸線方向に進退可能な弁棒、前記弁棒の先端部のうち、前記弁棒の先端に設けられた子弁、及び前記弁棒の先端部のうち、前記先端よりも前記弁棒の基端側に位置する部分が挿入される貫通部を含み、前記弁座に当接されることで前記蒸気流路を閉じ、前記子弁が開いた際に前記蒸気が流入する貫通孔が形成された親弁を有する止め弁と、

前記弁棒を駆動するアクチュエータと、
を備える蒸気弁の計測方法であって、

前記親弁及び前記子弁の全閉状態から前記アクチュエータで前記弁棒を駆動して前記子弁を開く際の前記弁棒の加速度を測定するステップと、

測定した前記弁棒の加速度に基づいて前記子弁が全開となるタイミングを検出するステップと、

基準位置から前記子弁が全開となる位置までの前記弁棒の移動量を算出するステップと、
を備える。

[0007] (2) 本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気弁の計測装置は、

蒸気が流れる蒸気流路、及び前記蒸気流路の途中に設けられ、開口部を有する弁座を有する弁本体と、

軸線が延びる軸線方向に延在し、前記軸線方向に進退可能な弁棒、前記弁棒の先端部のうち、前記弁棒の先端に設けられた子弁、及び前記弁棒の先端部のうち、前記先端よりも前記弁棒の基端側に位置する部分が挿入される貫通部を含み、前記弁座に当接されることで前記蒸気流路を閉じ、前記子弁が開いた際に前記蒸気が流入する貫通孔が形成された親弁を有する止め弁と、

前記弁棒を駆動するアクチュエータと、
を備える蒸気弁の計測装置であって、

前記弁棒の加速度を測定するための加速度センサと、

前記加速度センサが測定した前記弁棒の加速度に基づいて前記子弁が全開となるタイミングを検出する第1検出部と、

基準位置から前記子弁が全開となる位置までの前記弁棒の移動量を算出する算出部と、

を備える。

発明の効果

[0008] 本開示の少なくとも一実施形態によれば、蒸気弁の摩耗の進行状況を比較的容易に確認できる蒸気弁の計測方法及び蒸気弁の計測装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0009] [図1]一実施形態に係る発電システムの概略構成図である。

[図2]一実施形態に係る蒸気弁の構成を、子弁及び親弁の両方が閉状態になった状態で示す断面図である。

[図3A]図2の領域Aの拡大図である。

[図3B]図3Aに示す蒸気弁において親弁が閉状態のまま子弁が先に開状態になった様子を示す模式図である。

[図4]幾つかの実施形態に係る制御装置の機能ブロック図である。

[図5]第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法における処理の手順を示すフローチャートである。

[図6]横軸に弁棒の移動量をとったときのひずみセンサによる弁棒ひずみの計測結果、及び、加速度センサによる弁棒加速度の計測結果を表すグラフである。

[図7]推定子弁ストロークの推移の一例を表すグラフである。

[図8]第2実施形態に係る蒸気弁の計測方法を実施するための装置構成を示す図である。

[図9]第2実施形態に係る蒸気弁の計測方法における処理の手順を示すフローチャートである。

[図10A]図2の領域Bの拡大図である。

[図10B]図2の領域Bの拡大図である。

[図11]第3実施形態に係る蒸気弁の計測方法を実施するための装置構成を示す図である。

[図12]第3実施形態に係る蒸気弁の計測方法における処理の手順を示すフローチャートである。

[図13]第4実施形態に係る蒸気弁の計測方法を実施するための装置構成を示す図である。

[図14]第4実施形態に係る蒸気弁の計測方法における処理の手順を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、添付図面を参照して本開示の幾つかの実施形態について説明する。ただし、実施形態として記載されている又は図面に示されている構成部品の寸法、材質、形状、その相対的配置等は、本開示の範囲をこれに限定する趣旨ではなく、単なる説明例にすぎない。

例えば、「ある方向に」、「ある方向に沿って」、「平行」、「直交」、「中心」、「同心」或いは「同軸」等の相対的或いは絶対的な配置を表す表現は、厳密にそのような配置を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の角度や距離をもって相対的に変位している状態も表すものとする。

例えば、「同一」、「等しい」及び「均質」等の物事が等しい状態であることを表す表現は、厳密に等しい状態を表すのみならず、公差、若しくは、同じ機能が得られる程度の差が存在している状態も表すものとする。

例えば、四角形状や円筒形状等の形状を表す表現は、幾何学的に厳密な意味での四角形状や円筒形状等の形状を表すのみならず、同じ効果が得られる範囲で、凹凸部や面取り部等を含む形状も表すものとする。

一方、一の構成要素を「備える」、「具える」、「具備する」、「含む」、又は、「有する」という表現は、他の構成要素の存在を除外する排他的な表現ではない。

[0011] (発電システムの全体構成)

本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気弁の計測方法及び蒸気弁の計測装置が適用される蒸気弁 14 が用いられた発電システム 1 について説明する。図 1 は一実施形態に係る発電システム 1 の概略構成図である。発電システム 1 は、蒸気タービン 10 と、ボイラ 11 と、発電機 26 とを備える。

[0012] 蒸気タービン 10 はボイラ 11 で生成された蒸気によって駆動されるタービンである。蒸気タービン 10 は第 1 蒸気供給配管 12 を介してボイラ 11 に接続されており、ボイラ 11 で燃料を燃焼することで生成された高圧の蒸気が供給されることで駆動される。第 1 蒸気供給配管 12 には、蒸気タービン 10 に供給される蒸気の流量を調整するための蒸気弁 14 が設けられる。蒸気弁 14 の構成は後に詳述するが、加減弁 43、及び、止め弁 45 を含んで構成される。

[0013] 本実施形態では、蒸気タービン 10 として多段式タービンが例示されており、蒸気タービン 10 は、蒸気の流路に対して上流側から高圧蒸気タービン 31、中圧蒸気タービン 32、及び、低圧蒸気タービン 33 を含む。高圧蒸気タービン 31 は第 1 蒸気供給配管 12 から供給された蒸気（ボイラ 11 で生成された高圧の蒸気）によって駆動される。高圧蒸気タービン 31 で仕事を終えた蒸気は、第 2 蒸気供給配管 16 を介して中圧蒸気タービン 32 に供給される。第 2 蒸気供給配管 16 には、再熱器 18 が設けられる。

[0014] 中圧蒸気タービン 32 は第 2 蒸気供給配管 16 から供給された蒸気（高圧蒸気タービン 31 で仕事を終えた蒸気）によって駆動される。中圧蒸気タービン 32 で仕事を終えた蒸気は、第 3 蒸気供給配管 25 を介して低圧蒸気タービン 33 に供給される。低圧蒸気タービン 33 は第 3 蒸気供給配管 25 から供給された蒸気（中圧蒸気タービン 32 で仕事を終えた蒸気）によって駆動される。

[0015] 蒸気タービン 10 を構成する各タービン（高圧蒸気タービン 31、中圧蒸気タービン 32、及び、低圧蒸気タービン 33）は共通の回転軸 35 を有する。回転軸 35 には発電機 26 が連結されており、各タービンが回転することで発電機 26 が駆動され、発電が行われる。

[0016] (第1実施形態に係る蒸気弁14の構成)

続いて蒸気弁14の一実施形態に係る構成について、図2乃至図4Bを参照して説明する。図2は一実施形態に係る蒸気弁14の構成を、子弁62及び親弁64の両方が閉状態になった状態で示す断面図であり、図3Aは図2の領域Aの拡大図であり、図3Bは図3Aに示す蒸気弁14において親弁64が閉状態のまま子弁62が先に開状態になった様子を示す模式図である。

[0017] 尚、図2乃至図3Bにおいて、O1は止め弁45を構成する弁棒61の軸線であり、O2は加減弁43を構成する弁棒55の軸線である。軸線O1、O2が延びる方向(以下、「軸線方向Z」という)は、例えば略鉛直方向である。

[0018] 図2に示すように、一実施形態に係る蒸気弁14は、弁本体41、加減弁43、止め弁45、及び、アクチュエータ46A、46Bを備える。弁本体41は、流路区画部47、及び、弁座48を有する。流路区画部47は、蒸気流路52を区画するとともに、加減弁43の一部(先端側)、及び、止め弁45の一部(先端側)を収容する。蒸気流路52は、入口部52A、及び、出口部52Bを有する。入口部52Aは、第1蒸気供給配管12の一方側を介してボイラ11に接続され、ボイラ11で生成された高圧の蒸気が導入される。出口部52Bは、第1蒸気供給配管12の他方側を介して、高圧蒸気タービン31に接続される。第1蒸気供給配管12を介したボイラ11から高圧蒸気タービン31への蒸気供給量は、第1蒸気供給配管12に設けられた蒸気弁14において、止め弁45が開いた状態において加減弁43の開度を制御することにより、調節可能である。

なお、一実施形態に係る蒸気弁14では、アクチュエータ46A、46Bは圧油によって駆動可能な油圧アクチュエータである。

[0019] 流路区画部47は、第1ガイド部材47A、及び、第2ガイド部材47Bを含む。第1ガイド部材47Aは、加減弁43を構成する弁棒55のうち、蒸気流路52に露出されていない部分の外周面を覆うように設けられる。第1ガイド部材47Aは、弁棒55を軸線方向Zに案内するガイドとして機能

する。第2ガイド部材47Bは、止め弁45を構成する棒状部61Bの外周面を覆うように設けられている。第2ガイド部材47Bは、弁棒61を軸線方向Zに案内するガイドとして機能する。

[0020] 弁座48は、蒸気流路52の途中に位置する流路区画部47に設けられる。弁座48は、軸線O1を中心とするリング形状を有しており、弁座48の軸線が軸線O1と一致するように構成される。弁座48は、蒸気流路52に露出された弁座面48aを有する。弁座面48aは、例えば、湾曲面である。弁座面48aには、止め弁45を構成する親弁64、及び、加減弁43を構成する加減弁本体56の先端56Aがそれぞれ当接可能である。

[0021] (加減弁43)

加減弁43は、蒸気の流れ方向において、止め弁45が配置された位置よりも上流側に配置される。加減弁43は、弁棒55、及び、加減弁本体56を有する。弁棒55は、軸線方向Zに延びており、先端側が蒸気流路52に配置される。弁棒55の軸線O1は、止め弁45の弁棒55の軸線O2と一致するように構成される。弁棒55は、軸線方向Zに移動可能である。

[0022] 加減弁本体56は、弁棒55の先端側に設けられる。加減弁本体56のうち、弁座48側に位置する部分は筒形状を有しており、弁座48の弁座面48aに当接可能な先端56Aを有する。このような構成を有する加減弁43は、アクチュエータ46Aによって弁棒55を軸線方向Zに沿って移動させることで、加減弁本体56の先端56Aと弁座48との間隔を制御することにより、蒸気タービン10の負荷に応じて、高圧蒸気タービン31に供給される高圧の蒸気の流量を調整する機能を有する。

[0023] (止め弁45)

止め弁45は、加減弁43の内側に配置される。止め弁45は、弁棒61、子弁62、及び親弁64を含んで構成される。

[0024] 弁棒61は、軸線方向Zに延在しており、先端部61A、及び、棒状部61Bを有する。先端部61Aは子弁62を固定するための子弁62と係合可能な形状を有する。棒状部61Bは軸線方向Zに沿って延在する。棒状部6

1 Bの基端部は、アクチュエータクロスヘッド49を介してアクチュエータ46 Bに接続されている。このように先端部61 A及び棒状部61 Bを有する弁棒61は一体に構成されており、軸線方向Zに進退可能である。

[0025] 図3 Aに示すように、子弁62は、当接部621を有する。一実施形態に係る蒸気弁14では、子弁62が弁棒61の先端部61 Aに対して固定されている。

[0026] 当接部621は、子弁62の外周部を構成している。当接部621は、斜め下方に延びており、軸線方向Zから見てリング状に構成される。子弁62が閉じた状態（図2及び図3 Aに示す状態）では、当接部621は、親弁64を構成する親弁本体71に形成された弁座面71 aに当接される。この状態では、高圧の蒸気が流れる蒸気流路52から貫通孔71 Bの入口71 B aが隔離された状態となるため、貫通孔71 Bには、高圧の蒸気が流れない。

[0027] 蒸気弁14では加減弁43による蒸気の流量調整を行う際には、加減弁43を開く前に、止め弁45が開かれる。このとき止め弁45では、図2及び図3 Aに示すように、子弁62及び親弁64がともに閉じられた状態から、図3 Bに示すように、親弁64に先駆けて子弁62が開かれる（親弁64は閉じたままである）。このとき、子弁62の当接部621は弁座面71 aから離れることにより、子弁62と親弁64との間に隙間が形成されるため、貫通孔71 Bの入口71 B aに高圧の蒸気が流入する。貫通孔71 Bの入口71 B aに流入した高圧の蒸気は、貫通孔71 Bの出口71 B bから蒸気流路52に導出される。これにより、親弁64の上下流側間の差圧が軽減され、続く親弁64の開動作が容易となる。

[0028] 親弁64は、弁棒61に挿入された状態で、子弁62と棒状部61 Bとの間に配置されている。親弁64は、親弁本体71を有する。親弁本体71は、縦断面視した状態において略V字形状を有する。親弁本体71は、貫通部71 Aと、弁座面71 aと、当接面71 bと、複数の貫通孔71 Bと、を有する。

[0029] 貫通部71 Aは、親弁本体71の中央部を軸線方向Zに貫通するように形

成されている。貫通部 7 1 A は、例えば円柱状の穴であり、内周面 7 1 c により区画されている。貫通部 7 1 A には、弁棒 6 1 の先端部 6 1 A が挿通されている。なお、貫通部 7 1 A には、不図示のブッシュが配置されていてもよい。

内周面 7 1 c は、弁棒 6 1 の先端部 6 1 A が軸線方向 Z に移動可能な状態で、弁棒 6 1 の外周面と接触している。

[0030] なお、弁棒 6 1 は、親弁本体 7 1 の内周面 7 1 c で外周面を覆われた領域において、弁棒 6 1 の先端側から基端側に向かうにつれて弁棒 6 1 の外径を拡径させる弁棒傾斜面 6 1 9 を有する。弁棒傾斜面 6 1 9 は、円錐状の傾斜面である。

親弁本体 7 1 は、図 3 B に示すように弁棒 6 1 の弁棒傾斜面 6 1 9 と当接可能な当接面 7 1 1 を有する。当接面 7 1 1 は、先端側から基端側に向かうにつれて当接面 7 1 1 の内径を拡径させるように形成された円錐面である。

[0031] 弁座面 7 1 a は、子弁 6 2 側（弁棒 6 1 の先端側）に配置された曲面である。弁座面 7 1 a のうち、複数の貫通孔 7 1 B の入口 7 1 B a よりも弁棒 6 0 の軸線 O 1 を中心とする径方向外側に位置する面には、子弁 6 2 が閉じられた際に（図 2 及び図 3 A を参照）、子弁 6 2 の当接部 6 2 1 が当接されるようになっている。

[0032] 当接面 7 1 b は、弁棒 6 1 の基端側に配置された曲面である。親弁 6 4 が全閉された状態において、当接面 7 1 b の外周部は、弁座 4 8 の弁座面 4 8 a に当接される。この状態では、弁座 4 8 の下流側には高圧の蒸気が流れない。一方、親弁 6 4 が開いた状態では、当接面 7 1 b と弁座面 4 8 a とが離間して、当接面 7 1 b と弁座面 4 8 a との間に隙間が形成されるため、弁座 4 8 の下流側には加減弁 4 3 の開度に応じた高圧の蒸気が流れる。

[0033] 複数の貫通孔 7 1 B は、弁座面 7 1 a から当接面 7 1 b に到達するように、親弁本体 7 1 を貫通して形成されている。複数の貫通孔 7 1 B は、親弁本体 7 1 の周方向に配置されている。貫通孔 7 1 B は、入口 7 1 B a と、出口 7 1 B b と、を有する。入口 7 1 B a は、当接部 6 2 B と弁座面 7 1 a との

当接位置よりも弁棒60の軸線O1を中心とする径方向内側に位置する弁座面71aに形成されている。図3Bに示すように親弁64に先行して子弁62が開いて、子弁62と親弁64との間に隙間が形成されると、入口71Baを介して、貫通孔71Bに高圧の蒸気が流入する。

[0034] 出口71Bbは、入口71Baの形成位置より軸線O1の径方向外側に位置する当接面71bに形成されている。出口71Bbは、弁座48の下流側に位置する蒸気流路52と連通している。本実施形態の貫通孔71Bは、入口71Baから出口71Bbに向かう方向に傾斜している。

[0035] (蒸気弁14の止め弁45の動作について)

一実施形態に係る蒸気弁14では、止め弁45は次のように動作する。

蒸気弁14では加減弁43による蒸気の流量調整を行う際には、加減弁43を開く前に、止め弁45が開かれる。

[0036] (全閉時)

図2及び図3Aに示すように止め弁45の全閉時には、弁棒61は、不図示の閉鎖バネの付勢力によって基端側に向かって付勢されている。そのため、弁棒61に固定された子弁62の当接部621が弁座面71aを基端側に向かって押圧する。これにより親弁64は、子弁62の当接部621と弁座48の弁座面48aとによって挟まれた状態となっている。よって、止め弁45の全閉時には、親弁64及び子弁62が閉じられた状態となっている。

子弁が閉じられた状態では、上述したように高圧の蒸気が流れる蒸気流路52から貫通孔71Bの入口71Baが隔離された状態となるため、貫通孔71Bには、高圧の蒸気が流れない。

[0037] 図3Aに示すように止め弁45の全閉時には、弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711とは、軸線方向Zに離間している。

[0038] (全閉状態から止め弁45が開き始めた場合)

図2及び図3Aに示した止め弁45の全閉状態からアクチュエータ46Bによって弁棒61が先端側に向かって駆動されて始めた状態では、親弁64を閉じたまま、図3Bに示すように親弁本体71の弁座面71aと子弁62

の当接部621とが離間する。そのため、弁座面71aと当接部621との隙間から貫通孔71Bの入口71Baに高圧の蒸気が流入する。上述したように、貫通孔71Bの入口71Baに流入した高圧の蒸気は、貫通孔71Bの出口71Bbから蒸气流路52に導出される。これにより、親弁64の上下流側間の差圧が軽減され、続く親弁64の開動作が容易となる。

[0039] (止め弁45が開き始めから全開状態に至るまで)

上述した止め弁45の開き始めの状態からさらにアクチュエータ46Bによって弁棒61が先端側に向かって駆動されると、図3Bに示すように弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711とが当接する。そのため、アクチュエータ46Bによって弁棒61が先端側に向かってさらに駆動されると、親弁本体71が先端側へ移動し、弁座48の弁座面48aから離れる。

アクチュエータ46Bによって第2弁棒162が先端側に向かってさらに駆動されると、止め弁45は全開状態となる。

[0040] (閉動作時)

止め弁45を閉じる場合、アクチュエータ46Bによって弁棒61が基端側に向かって駆動されると、親弁64及び子弁62は、弁棒61とともに基端側に向かって移動する。

そして、親弁本体71が弁座48の弁座面48aに当接することで親弁64が閉じられる。

親弁64が閉じられた後もアクチュエータ46Bによって弁棒61が基端側に向かって駆動されることで、弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711とが離間する。そして、図3Aに示すように親弁本体71の弁座面71aと子弁62の当接部621とが当接することで子弁62が閉じられる。

[0041] 後述する幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法が適用される蒸気弁14は、上述したように、弁本体41と、止め弁45と、弁棒61を駆動するアクチュエータ46Bと、を備える。弁本体41は、蒸気が流れる蒸气流路

52、及び蒸気流路52の途中に設けられ、開口部を有する弁座48を有する。止め弁45は、軸線O1、O2が延びる軸線方向Zに延在し、軸線方向Zに進退可能な弁棒61、弁棒61の先端部61Aのうち、弁棒61の先端に設けられた子弁62、及び弁棒61の先端部61Aのうち、先端よりも弁棒61の基端側に位置する部分が挿入される貫通部71Aを含み、弁座48に当接されることで蒸気流路52を閉じ、子弁62が開いた際に蒸気が流入する貫通孔71Bが形成された親弁64を有する。

(蒸気弁14の摩耗について)

一実施形態の蒸気弁14では、例えば止め弁45において、止め弁45の開閉を行う度に弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711とが当接と離間を繰り返す。そのため、止め弁45の開閉回数が増えるにつれて、弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711との摩耗が進行する。

しかし、例えば弁棒61の弁棒傾斜面619及び親弁本体71の当接面711は、高压容器である弁ケーシング(弁本体41)の内部に収容されているため、従来は、蒸気タービン10を停止して蒸気弁14を分解しなければ摩耗の進行状況を把握することができなかった。

[0042] ここで、例えば上述した弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711との摩耗が進行すると、止め弁45の全閉時における弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711との軸線方向Zの距離が増加する。そのため、弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711との摩耗が進行すると、図3Aに示すような止め弁45の全閉時から図3Bに示すような弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711とが当接して子弁62が全開となるまでの弁棒61の移動量が増加する。

[0043] そこで、幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、弁棒61の基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量を次のように算出することで、蒸気弁14の摩耗を把握するようにしている。

(第1実施形態)

図2では、第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法を実施するための装置構成を示している。

すなわち、第1実施形態に係る蒸気弁の計測装置100は、加速度センサ101と、ひずみセンサ103と、変位計105と、制御装置110とを備えている。

[0044] 加速度センサ101は、弁棒61の加速度を計測するための加速度センサである。加速度センサ101は、例えば弁ケーシング（弁本体41）から外部に突出している弁棒61の基端部61Cに取り付けられている。

[0045] ひずみセンサ103は、例えば弁棒61のひずみを計測するためのひずみゲージである。ひずみセンサ103は、例えば弁棒61の基端部61Cに取り付けられている。

[0046] 変位計105は、弁棒61の移動量（変位）を計測するための変位センサである。変位計105は、弁ケーシング（弁本体41）の外部に配置されており、例えば弁棒61の基端部61Cに取り付けられた変位計ターゲット105aまでの距離を測定する。

[0047] 制御装置110は、各種演算処理を実行するプロセッサ111と、プロセッサ111によって処理される各種データを非一時的または一時的に記憶するメモリ113とを備える。プロセッサ111は、CPU、GPU、MPU、DSP、これら以外の各種演算装置、又はこれらの組み合わせなどによって実現される。メモリ113は、ROM、RAM、フラッシュメモリ、またはこれらの組み合わせなどによって実現される。

[0048] 図4は、幾つかの実施形態に係る制御装置110の機能ブロック図である。

幾つかの実施形態に係る制御装置110は、機能ブロックとして、第1検出部121と、第2検出部122と、算出部123と、評価部124とを備えている。これらの各機能ブロックは、プロセッサ111がメモリ113に格納されているプログラムを実行することで実現される。

[0049] 図5は、第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法における処理の手順を示す

フローチャートである。なお、図5に示す処理は、プロセッサ111がメモリ113に格納されているプログラムを実行することで実行される。

[0050] なお、第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、弁棒61の基準位置を子弁62を開く際に子弁62の当接部621と弁座48の弁座面48aとが離間し始める子弁62の開き始めにおける弁棒61の位置とする。

第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、子弁62の開き始めのタイミングを弁棒61のひずみの測定結果から検出する。

第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、子弁62が全開となるタイミングを弁棒61の加速度の測定結果から検出する。

第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、変位計105によって弁棒61の移動量を測定する。

[0051] 制御装置110は、ひずみセンサ103による弁棒ひずみの計測を開始する（ステップS1）とともに、加速度センサ101による弁棒加速度の計測を開始する（ステップS2）。

また、制御装置110は、変位計105による変位計ターゲット105aまでの距離、すなわち弁棒61の移動量の測定を開始する（ステップS3）。

[0052] 図6は、横軸に弁棒61の移動量をとったときのひずみセンサ103による弁棒ひずみの計測結果、及び、加速度センサ101による弁棒加速度の計測結果を表すグラフである。

[0053] 制御装置110の第2検出部122は、変位計105による弁棒ひずみの計測結果に基づいて、子弁62の開き始めのタイミングを検出する（ステップS4）。

子弁62が開き始める直前には、子弁62に作用する高圧の蒸気の圧力に抗して子弁62を開こうとするため、弁棒61には、比較的大きな圧縮力が作用する。そのため、弁棒61には比較的大きな圧縮ひずみが発生する。

子弁62が開き始めると、上述したように弁座面71aと当接部621との隙間から貫通孔71Bの入口71Baに高圧の蒸気が流入して貫通孔71

Bの出口71Bbから蒸气流路52に導出されるので、子弁62に作用する蒸気の圧力が低下する。そのため、弁棒61の圧縮ひずみは徐々に減少する。

したがって、図6で弁棒61のひずみを表すグラフ線g1において、弁棒61の圧縮ひずみが急に減少し始めた地点S1が子弁62の開き始めである。

[0054] 制御装置110の第1検出部121は、加速度センサ101による弁棒加速度の計測結果に基づいて、子弁62が全開となるタイミングを検出する（ステップS5）。

子弁62が全開となるタイミングでは、上述したように、図3Bに示すように弁棒61の弁棒傾斜面619と親弁本体71の当接面711とが当接する。そのため、図6で弁棒61の加速度を表すグラフ線g2において、比較的明瞭なピークP1が現れる。このピークP1が現れたところが子弁62が全開になったところである。

[0055] 制御装置110の算出部123は、図6で弁棒61のひずみを表すグラフ線g1における地点S1に対応する弁棒61のストローク量（位置）と、図6で弁棒61の加速度を表すグラフ線g2におけるピークP1に対応する弁棒61のストローク量（位置）との差を、基準位置（子弁62の開き始めの位置）から子弁62が全開となる位置までの弁棒の移動量（子弁ストローク）として算出する。

[0056] 図7は、上述のようにして算出した子弁ストローク（推定子弁ストローク）が蒸気タービン10の起動回数を追うごとにどのように変化するかを表した一例である。図7に示すように、推定子弁ストロークは、蒸気タービン10の起動回数を追うごとに漸増する。

[0057] 制御装置110の評価部124は、推定子弁ストロークから蒸気弁14の摩耗量の評価をする。具体的には、例えば、評価部124は、推定子弁ストロークが予め定められた閾値を超えるか否かを判断し、推定子弁ストロークが該閾値を超えると判断した場合には、推定子弁ストロークが該閾値を超え

たことを外部に報知するための報知信号を出力してもよい。

(第2実施形態)

図8は、第2実施形態に係る蒸気弁の計測方法を実施するための装置構成を示す図である。

第2実施形態に係る蒸気弁の計測装置100は、加速度センサ101と、変位計105と、制御装置110とを備えている。

なお、以下の説明では、第1実施形態に係る蒸気弁の計測装置100の構成と同様の構成については、第1実施形態に係る蒸気弁の計測装置100と同じ符号を付し、詳細な説明を省略することがある。

[0058] 第2実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、第1実施形態と同様に、弁棒61の基準位置を子弁62を開く際に子弁62の当接部621と弁座48の弁座面48aとが離間し始める子弁62の開き始めにおける弁棒61の位置とする。

第2実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、子弁62の開き始めのタイミングを弁棒61のひずみの測定結果ではなく、弁棒61の加速度の測定結果から検出する。

第2実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、第1実施形態と同様に、子弁62が全開となるタイミングを弁棒61の加速度の測定結果から検出する。

第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、第1実施形態と同様に、変位計105によって弁棒61の移動量を測定する。

[0059] 図9は、第2実施形態に係る蒸気弁の計測方法における処理の手順を示すフローチャートである。なお、図9に示す処理は、プロセッサ111がメモリ113に格納されているプログラムを実行することで実行される。

[0060] 制御装置110は、加速度センサ101による弁棒加速度の計測を開始する(ステップS2)。

また、制御装置110は、変位計105による変位計ターゲット105aまでの距離、すなわち弁棒61の移動量の測定を開始する(ステップS3)

。

[0061] 制御装置110の第2検出部122は、加速度センサ101による弁棒加速速度の計測結果に基づいて、子弁62の開き始めのタイミングを検出する（ステップS4）。

図10Aは、図2の領域Bの拡大図であり、止め弁45の全閉時における弁棒61の基端部61C及びアクチュエータクロスヘッド49の近傍を示した図である。

図10Bは、図2の領域Bの拡大図であり、止め弁45の全閉時からアクチュエータ46Bが駆動し始めた直後の弁棒61の基端部61C及びアクチュエータクロスヘッド49の近傍を示した図である。

図10A及び図10Bに示すように弁棒61の基端部61Cとアクチュエータクロスヘッド49との嵌合部分には、軸線方向Zに若干の隙間が存在している。そのため、止め弁45の全閉時からアクチュエータ46Bが駆動し始めると、弁棒61の基端部61Cにアクチュエータクロスヘッド49の先端側の面49aが衝突する。その際、弁棒61には衝突による衝撃が発生する。そのため、図6で弁棒61の加速度を表すグラフ線g2において、ピークP2が現れる。このピークP2が現れたところが子弁62の開き始めである。

[0062] 制御装置110の第1検出部121は、加速度センサ101による弁棒加速速度の計測結果に基づいて、子弁62が全開となるタイミングを検出する（ステップS5）。

[0063] 制御装置110の算出部123は、グラフ線g2におけるピークP2に対応する弁棒61のストローク量（位置）と、グラフ線g2におけるピークP1に対応する弁棒61のストローク量（位置）との差を、基準位置（子弁62の開き始めの位置）から子弁62が全開となる位置までの弁棒の移動量（子弁ストローク）として算出する（ステップS6）。

[0064] 制御装置110の評価部124は、上述したように、推定子弁ストロークから蒸気弁14の摩耗量の評価をする（ステップS6）。

（第3実施形態）

図 1 1 は、第 3 実施形態に係る蒸気弁の計測方法を実施するための装置構成を示す図である。

第 3 実施形態に係る蒸気弁の計測装置 1 0 0 は、加速度センサ 1 0 1 と、ひずみセンサ 1 0 3 と、制御装置 1 1 0 とを備えている。

なお、以下の説明では、第 1 実施形態に係る蒸気弁の計測装置 1 0 0 の構成と同様の構成については、第 1 実施形態に係る蒸気弁の計測装置 1 0 0 と同じ符号を付し、詳細な説明を省略することがある。

[0065] 第 3 実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、第 1 実施形態と同様に、弁棒 6 1 の基準位置を子弁 6 2 を開く際に子弁 6 2 の当接部 6 2 1 と弁座 4 8 の弁座面 4 8 a とが離間し始める子弁 6 2 の開き始めにおける弁棒 6 1 の位置とする。

第 3 実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、第 1 実施形態と同様に、子弁 6 2 の開き始めのタイミングを弁棒 6 1 のひずみの測定結果から検出する。

第 3 実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、第 1 実施形態と同様に、子弁 6 2 が全開となるタイミングを弁棒 6 1 の加速度の測定結果から検出する。

第 3 実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、変位計 1 0 5 によって弁棒 6 1 の移動量を測定するのではなく、予め取得された弁開速度情報（弁棒 6 1 の移動速度）と経過時間から弁棒 6 1 の移動量を算出する。すなわち、第 3 実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、例えば予め実測して得られた弁棒 6 1 の移動速度か、アクチュエータ 4 6 B の仕様とアクチュエータ 4 6 B への圧油の供給量とから推定されるアクチュエータ 4 6 B の駆動速度に基づいて予め求めておいた弁棒 6 1 の移動速度等、予め取得された弁開速度情報に基づいて弁棒 6 1 の移動量を算出する。

[0066] 図 1 2 は、第 3 実施形態に係る蒸気弁の計測方法における処理の手順を示すフローチャートである。なお、図 1 2 に示す処理は、プロセッサ 1 1 1 がメモリ 1 1 3 に格納されているプログラムを実行することで実行される。

[0067] 制御装置 1 1 0 は、ひずみセンサ 1 0 3 による弁棒ひずみの計測を開始する（ステップ S 1）とともに、加速度センサ 1 0 1 による弁棒加速度の計測

を開始する（ステップS2）。

また、制御装置110は、例えばメモリ113に格納されている弁開速度情報を読み込むとともにアクチュエータ46Bの駆動開始からの経過時間を計測する（ステップS7）。

[0068] 制御装置110の第2検出部122は、変位計105による弁棒ひずみの計測結果に基づいて、子弁62の開き始めのタイミングを検出する（ステップS4）。

[0069] 制御装置110の第1検出部121は、加速度センサ101による弁棒加速度の計測結果に基づいて、子弁62が全開となるタイミングを検出する（ステップS5）。

[0070] 制御装置110の算出部123は、図6で弁棒61のひずみを表すグラフ線g1における地点S1に対応する弁棒61のストローク量（位置）を、予め取得された弁開速度情報と、アクチュエータ46Bの駆動開始からグラフ線g1における地点S1を検出するまでの経過時間とから算出する。

制御装置110の算出部123は、図6で弁棒61の加速度を表すグラフ線g2におけるピークP1に対応する弁棒61のストローク量（位置）を、予め取得された弁開速度情報と、アクチュエータ46Bの駆動開始からグラフ線g2におけるピークP1を検出するまでの経過時間とから算出する。

そして、制御装置110の算出部123は、グラフ線g1における地点S1に対応する弁棒61のストローク量（位置）と、グラフ線g2におけるピークP1に対応する弁棒61のストローク量（位置）との差を、基準位置（子弁62の開き始めの位置）から子弁62が全開となる位置までの弁棒の移動量（子弁ストローク）として算出する（ステップS6）。

[0071] 制御装置110の評価部124は、上述したように、推定子弁ストロークから蒸気弁14の摩耗量の評価をする（ステップS6）。

（第4実施形態）

図13は、第4実施形態に係る蒸気弁の計測方法を実施するための装置構成を示す図である。

第1実施形態に係る蒸気弁の計測装置100は、加速度センサ101と、ひずみセンサ103と、圧力センサ107と、制御装置110とを備えている。

圧力センサ107は、アクチュエータ46Bへ供給される圧油の圧力（アクチュエータ油圧）を計測するための圧力センサである。

なお、以下の説明では、第1実施形態に係る蒸気弁の計測装置100の構成と同様の構成については、第1実施形態に係る蒸気弁の計測装置100と同じ符号を付し、詳細な説明を省略することがある。

[0072] 第4実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、弁棒61の基準位置を子弁62を開く際に子弁62の当接部621と弁座48の弁座面48aとが離間し始める子弁62の開き始めにおける弁棒61の位置とする。

第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、子弁62の開き始めのタイミングを弁棒61のひずみの測定結果ではなく、アクチュエータ46Bへ供給される圧油の圧力（アクチュエータ油圧）から検出する。

第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、子弁62が全開となるタイミングを弁棒61の加速度の測定結果から検出する。

第1実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、変位計105によって弁棒61の移動量を測定する。

[0073] 図14は、第4実施形態に係る蒸気弁の計測方法における処理の手順を示すフローチャートである。なお、図14に示す処理は、プロセッサ111がメモリ113に格納されているプログラムを実行することで実行される。

[0074] 制御装置110は、圧力センサ107によるアクチュエータ油圧の計測を開始する（ステップS8）とともに、加速度センサ101による弁棒加速度の計測を開始する（ステップS2）。

また、制御装置110は、変位計105による変位計ターゲット105aまでの距離、すなわち弁棒61の移動量の測定を開始する（ステップS3）。

[0075] 制御装置110の第2検出部122は、圧力センサ107によるアクチュ

エータ油圧の計測結果に基づいて、子弁62の開き始めのタイミングを検出する（ステップS4）。

子弁62が開き始める直前には、子弁62に作用する高圧の蒸気の圧力に抗して子弁62を開こうとするため、アクチュエータ油圧は上昇する。

子弁62が開き始めると、上述したように弁座面71aと当接部621との隙間から貫通孔71Bの入口71Baに高圧の蒸気が流入して貫通孔71Bの出口71Bbから蒸气流路52に導出されるので、子弁62に作用する蒸気の圧力が低下する。そのため、アクチュエータ油圧は徐々に減少する。すなわち、アクチュエータ油圧は、図6で弁棒61のひずみを表すグラフ線g1と同様の圧力変化を示す。

したがって、アクチュエータ油圧の計測結果を用いることで、図6で弁棒61のひずみを表すグラフ線g1における地点S1のように、アクチュエータ油圧が急に減少し始めた地点が子弁62の開き始めである。

[0076] 制御装置110の第1検出部121は、加速度センサ101による弁棒加速度的計測結果に基づいて、子弁62が全開となるタイミングを検出する（ステップS5）。

[0077] 制御装置110の算出部123は、上述したアクチュエータ油圧が急に減少し始めた地点に対応する弁棒61のストローク量（位置）と、図6で弁棒61の加速度を表すグラフ線g2におけるピークP1に対応する弁棒61のストローク量（位置）との差を、基準位置（子弁62の開き始めの位置）から子弁62が全開となる位置までの弁棒の移動量（子弁ストローク）として算出する（ステップS6）。

[0078] 制御装置110の評価部124は、上述したように、推定子弁ストロークから蒸気弁14の摩耗量の評価をする（ステップS6）。

[0079] 以上で述べたように、幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法は、親弁64及び子弁62の全閉状態からアクチュエータ46Bで弁棒61を駆動して子弁62を開く際の弁棒61の加速度を測定するステップS2と、測定した弁棒61の加速度に基づいて子弁62が全開となるタイミングを検出する

ステップS5と、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒の移動量を算出するステップS6と、を備える。

幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、弁棒61の加速度を検出することで、蒸気タービン10の運転を継続したまま、蒸気弁14を分解することなく子弁62が全開となるタイミングを検出できる。また、幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、弁棒61の加速度を検出することで、子弁62が全開となるタイミングを精度よく検出できる。これにより、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量の算出精度が向上し、蒸気弁14の摩耗の計測精度が向上する。

[0080] 幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測装置100は、弁棒61の加速度を測定するための加速度センサ101と、加速度センサ101が測定した弁棒61の加速度に基づいて子弁62が全開となるタイミングを検出する第1検出部121と、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量を算出する算出部123と、を備える。

幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測装置100では、弁棒61の加速度を測定することで、蒸気タービン10の運転を継続したまま、蒸気弁14を分解することなく子弁62が全開となるタイミングを検出できる。また、幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測装置100では、弁棒61の加速度を測定することで、子弁62が全開となるタイミングを精度よく検出できる。これにより、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量の算出精度が向上し、蒸気弁14の摩耗の計測精度が向上する。

[0081] 幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、上記基準位置は、子弁62が開き始めるときの弁棒61の位置である。

同様に、幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測装置100では、子弁62が開き始めるタイミングを検出する第2検出部122を備える。算出部123は、第2検出部122で検出した子弁62が開き始めるタイミングを基準位置として基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量を算出する。

基準位置を子弁62が開き始めるときの弁棒61の位置とすることで、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量の算出の際に参照する基準位置を比較的正確に特定できるようになるので、算出する基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量の精度が向上する。

[0082] 図5及び図12に示した幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、親弁64及び子弁62の全閉状態からアクチュエータ46Bで弁棒61を駆動して子弁62を開く際の弁棒61のひずみを測定するステップS1と、測定した弁棒61のひずみに基づいて子弁62が開き始めるタイミングを検出するステップS4とを備える。

子弁62を開く際に比較的大きな力を要するため、子弁62を開く際の弁棒61のひずみを比較的容易に計測できる。したがって、子弁62が開き始めるタイミングの検出が容易となる。また、子弁62を開く際の弁棒61のひずみを計測することで、子弁62が開き始めるタイミングの検出精度を向上できる。

[0083] 図9に示した蒸気弁の計測方法では、測定した弁棒61の加速度に基づいて子弁62が開き始めるタイミングを検出するステップS4を備える。

図9に示した蒸気弁の計測方法では、例えば同じ加速度センサ101での測定結果によって子弁62が開き始めるタイミングと子弁62が全開となるタイミングとを検出可能となるので、これらのタイミングを検出するための装置構成を簡素化できる。図9に示した蒸気弁の計測方法では、例えば弁棒61のひずみに基づいて子弁62が開き始めるタイミングを検出する場合と比べて、ひずみを測定する手間を省略できる。

[0084] 図14に示した蒸気弁の計測方法では、親弁64及び子弁62の全閉状態からアクチュエータ46Bで弁棒を駆動して子弁62を開く際のアクチュエータ46Bに供給される圧油の圧力を測定するステップS8と、測定した圧油の圧力に基づいて子弁62が開き始めるタイミングを検出するステップS4と、を備えている。

図14に示した蒸気弁の計測方法では、油圧アクチュエータであるアクチュエータ46Bに供給される圧油の圧力を測定することは比較器簡単なことであるので、比較的容易に子弁62が開き始めるタイミングを検出できる。また、図14に示した蒸気弁の計測方法では、例えば弁棒61のひずみに基づいて子弁62が開き始めるタイミングを検出する場合と比べて、ひずみを測定する手間を省略できる。

[0085] なお、幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、上記基準位置は、子弁62が開き始めるときの弁棒61の位置でなくてもよく、例えば親弁64及び子弁62が全閉状態の時の弁棒61の位置であってもよい。

これにより、基準位置の設定及び検出が容易となる。

[0086] 図5、図9、及び図14に示した幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、弁棒61の移動量を算出するステップS6では、変位計105で検出した弁棒61の位置の変化に基づいて基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量を算出する。

これにより、弁棒61の位置の検出精度が比較的高くなるので、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量の算出精度を向上できる。

[0087] 図12に示した蒸気弁の計測方法では、弁棒61の移動量を算出するステップS6では、弁棒61の既知の移動速度の情報（弁開速度情報）に基づいて基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量を算出する。

これにより、弁棒61の位置を検出するための変位計105を省略できる。

[0088] 本開示は上述した実施形態に限定されることはなく、上述した実施形態に変形を加えた形態や、これらの形態を適宜組み合わせた形態も含む。

例えば、上述した幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、図5、図9、図12、及び図14に示す各ステップは、プロセッサ111がメモリ113に格納されているプログラムを実行することで実行される。しかし、

幾つかの実施形態に係る蒸気弁の計測方法では、図5、図9、図12、及び図14に示す各ステップの少なくとも一部は、作業員が実施してもよい。

[0089] 上記各実施形態に記載の内容は、例えば以下のように把握される。

(1) 本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気弁の計測方法は、蒸気が流れる蒸気流路52、及び蒸気流路52の途中に設けられ、開口部を有する弁座48を有する弁本体41と、軸線O1、O2が延びる軸線方向Zに延在し、軸線方向Zに進退可能な弁棒61、弁棒61の先端部61Aのうち、弁棒61の先端に設けられた子弁62、及び弁棒61の先端部61Aのうち、先端よりも弁棒61の基端側に位置する部分が挿入される貫通部71Aを含み、弁座48に当接されることで蒸気流路52を閉じ、子弁62が開いた際に蒸気が流入する貫通孔71Bが形成された親弁64を有する止め弁45と、弁棒61を駆動するアクチュエータ46Bと、を備える蒸気弁14の計測方法である。本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気弁の計測方法は、親弁64及び子弁62の全閉状態からアクチュエータ46Bで弁棒61を駆動して子弁62を開く際の弁棒61の加速度を測定するステップS2と、測定した弁棒61の加速度に基づいて子弁62が全開となるタイミングを検出するステップS5と、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量を算出するステップS6と、を備える。

[0090] 上記(1)の方法によれば、弁棒61の加速度を検出することで、蒸気タービン10の運転を継続したまま、蒸気弁14を分解することなく子弁62が全開となるタイミングを検出できる。また、上記(1)の方法によれば、弁棒61の加速度を検出することで、子弁62が全開となるタイミングを精度よく検出できる。これにより、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量の算出精度が向上し、蒸気弁14の摩耗の計測精度が向上する。

[0091] (2) 幾つかの実施形態では、上記(1)の方法において、基準位置は、子弁62が開き始めるときの弁棒61の位置であるとよい。

[0092] 上記(2)の方法によれば、基準位置を子弁62が開き始めるときの弁棒

6 1 の位置とすることで、基準位置から子弁 6 2 が全開となる位置までの弁棒 6 1 の移動量の算出の際に参照する基準位置を比較的正確に特定できるようになるので、算出する基準位置から子弁 6 2 が全開となる位置までの弁棒 6 1 の移動量の精度が向上する。

[0093] (3) 幾つかの実施形態では、上記 (2) の方法において、親弁 6 4 及び子弁 6 2 の全閉状態からアクチュエータ 4 6 B で弁棒 6 1 を駆動して子弁 6 2 を開く際の弁棒 6 1 のひずみを測定するステップ S 1 と、測定した弁棒 6 1 のひずみに基づいて子弁 6 2 が開き始めるタイミングを検出するステップ S 4 とを備えるとよい。

[0094] 上記 (3) の方法によれば、子弁 6 2 を開く際に比較的大きな力を要するため、子弁 6 2 を開く際の弁棒 6 1 のひずみを比較的容易に計測できる。したがって、子弁 6 2 が開き始めるタイミングの検出が容易となる。また、子弁 6 2 を開く際の弁棒 6 1 のひずみを計測することで、子弁 6 2 が開き始めるタイミングの検出精度を向上できる。

[0095] (4) 幾つかの実施形態では、上記 (2) の方法において、測定した弁棒 6 1 の加速度に基づいて子弁 6 2 が開き始めるタイミングを検出するステップ S 4 を備えるとよい。

[0096] 上記 (4) の方法によれば、例えば同じ加速度センサ 1 0 1 での測定結果によって子弁 6 2 が開き始めるタイミングと子弁 6 2 が全開となるタイミングとを検出可能となるので、これらのタイミングを検出するための装置構成を簡素化できる。上記 (4) の方法によれば、例えば弁棒 6 1 のひずみに基づいて子弁 6 2 が開き始めるタイミングを検出する場合と比べて、ひずみを測定する手間を省略できる。

[0097] (5) 幾つかの実施形態では、上記 (2) の方法において、アクチュエータ 4 6 B は、油圧アクチュエータであるとよい。親弁 6 4 及び子弁 6 2 の全閉状態からアクチュエータ 4 6 B で弁棒 6 1 を駆動して子弁 6 2 を開く際の油圧アクチュエータ (アクチュエータ 4 6 B) に供給される圧油の圧力を測定するステップ S 8 と、測定した圧油の圧力に基づいて子弁 6 2 が開き始める

タイミングを検出するステップS 4 と、を備えていてもよい。

[0098] 上記（５）の方法によれば、油圧アクチュエータ（アクチュエータ４６Ｂ）に供給される圧油の圧力を測定することは比較器簡単なことであるので、比較的容易に子弁６２が開き始めるタイミングを検出できる。また、上記（５）の方法によれば、例えば弁棒６１のひずみに基づいて子弁６２が開き始めるタイミングを検出する場合と比べて、ひずみを測定する手間を省略できる。

[0099] （６）幾つかの実施形態では、上記（１）の方法において、基準位置は、親弁６４及び子弁６２が全閉状態の時の弁棒６１の位置であってもよい。

[0100] 上記（６）の方法によれば、基準位置の設定及び検出が容易となる。

[0101] （７）幾つかの実施形態では、上記（１）乃至（６）の何れかの方法において、弁棒６１の移動量を算出するステップS 6 では、変位計１０５で検出した弁棒６１の位置の変化に基づいて基準位置から子弁６２が全開となる位置までの弁棒６１の移動量を算出するとよい。

[0102] 上記（７）の方法によれば、弁棒６１の位置の検出精度が比較的高くなるので、基準位置から子弁６２が全開となる位置までの弁棒６１の移動量の算出精度を向上できる。

[0103] （８）幾つかの実施形態では、上記（１）乃至（６）の何れかの方法において、弁棒６１の移動量を算出するステップS 8 では、弁棒６１の既知の移動速度の情報（弁開速度情報）に基づいて基準位置から子弁６２が全開となる位置までの弁棒６１の移動量を算出してもよい。

[0104] 上記（８）の方法によれば、弁棒６１の位置を検出するための変位計１０５を省略できる。

[0105] （９）本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気弁の計測装置１００は、蒸気が流れる蒸気流路５２、及び蒸気流路５２の途中に設けられ、開口部を有する弁座４８を有する弁本体４１と、軸線Ｏ１、Ｏ２が延びる軸線方向Ｚに延在し、軸線方向Ｚに進退可能な弁棒６１、弁棒６１の先端部６１Ａのうち、弁棒６１の先端に設けられた子弁６２、及び弁棒６１の先端部６１Ａのう

ち、先端よりも弁棒61の基端側に位置する部分が挿入される貫通部71Aを含み、弁座48に当接されることで蒸気流路52を閉じ、子弁62が開いた際に蒸気が流入する貫通孔71Bが形成された親弁64を有する止め弁45と、弁棒61を駆動するアクチュエータ46Bと、を備える蒸気弁14の計測装置である。本開示の少なくとも一実施形態に係る蒸気弁の計測装置100は、弁棒61の加速度を測定するための加速度センサ101と、加速度センサ101が測定した弁棒61の加速度に基づいて子弁62が全開となるタイミングを検出する第1検出部121と、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量を算出する算出部123と、を備える。

[0106] 上記(9)の構成によれば、弁棒61の加速度を測定することで、蒸気タービン10の運転を継続したまま、蒸気弁14を分解することなく子弁62が全開となるタイミングを検出できる。また、上記(9)の構成によれば、弁棒61の加速度を測定することで、子弁62が全開となるタイミングを精度よく検出できる。これにより、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量の算出精度が向上し、蒸気弁14の摩耗の計測精度が向上する。

[0107] (10) 幾つかの実施形態では、上記(9)の構成において、子弁62が開き始めるタイミングを検出する第2検出部122を備えるとよい。算出部123は、第2検出部122で検出した子弁62が開き始めるタイミングを基準位置として基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量を算出するとよい。

[0108] 上記(10)の構成によれば、基準位置を子弁62が開き始めるときの弁棒61の位置とすることで、基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量の算出の際に参照する基準位置を比較的正確に特定できるようになるので、算出する基準位置から子弁62が全開となる位置までの弁棒61の移動量の精度が向上する。

符号の説明

[0109] 10 蒸気タービン

- 1 1 ボイラ
- 1 4 蒸気弁
- 4 1 弁本体
- 4 3 加減弁
- 4 5 止め弁
- 4 6 A, 4 6 B アクチュエータ
- 4 8 弁座
- 5 2 蒸気流路
- 6 1 弁棒
- 6 1 A 先端部
- 6 2 子弁
- 6 4 親弁
- 7 1 A 貫通部
- 7 1 B 貫通孔
- 1 0 0 計測装置
- 1 0 1 加速度センサ
- 1 0 3 ひずみセンサ
- 1 0 5 変位計
- 1 1 0 制御装置
- 1 2 1 第1検出部
- 1 2 2 第2検出部
- 1 2 3 算出部
- 1 2 4 評価部

請求の範囲

- [請求項1] 蒸気が流れる蒸気流路、及び前記蒸気流路の途中に設けられ、開口部を有する弁座を有する弁本体と、
- 軸線が延びる軸線方向に延在し、前記軸線方向に進退可能な弁棒、前記弁棒の先端部のうち、前記弁棒の先端に設けられた子弁、及び前記弁棒の先端部のうち、前記先端よりも前記弁棒の基端側に位置する部分が挿入される貫通部を含み、前記弁座に当接されることで前記蒸気流路を閉じ、前記子弁が開いた際に前記蒸気が流入する貫通孔が形成された親弁を有する止め弁と、
- 前記弁棒を駆動するアクチュエータと、
- を備える蒸気弁の計測方法であって、
- 前記親弁及び前記子弁の全閉状態から前記アクチュエータで前記弁棒を駆動して前記子弁を開く際の前記弁棒の加速度を測定するステップと、
- 測定した前記弁棒の加速度に基づいて前記子弁が全開となるタイミングを検出するステップと、
- 基準位置から前記子弁が全開となる位置までの前記弁棒の移動量を算出するステップと、
- を備える、
- 蒸気弁の計測方法。
- [請求項2] 前記基準位置は、前記子弁が開き始めるときの前記弁棒の位置である、
- 請求項1に記載の蒸気弁の計測方法。
- [請求項3] 前記親弁及び前記子弁の全閉状態から前記アクチュエータで前記弁棒を駆動して前記子弁を開く際の前記弁棒のひずみを測定するステップと、
- 測定した前記弁棒のひずみに基づいて前記子弁が開き始めるタイミングを検出するステップと、

を備える、

請求項 2 に記載の蒸気弁の計測方法。

[請求項4] 測定した前記弁棒の加速度に基づいて前記子弁が開き始めるタイミングを検出するステップ、

を備える、

請求項 2 に記載の蒸気弁の計測方法。

[請求項5] 前記アクチュエータは、油圧アクチュエータであり、

前記親弁及び前記子弁の全閉状態から前記アクチュエータで前記弁棒を駆動して前記子弁を開く際の前記油圧アクチュエータに供給される圧油の圧力を測定するステップと、

測定した前記圧油の圧力に基づいて前記子弁が開き始めるタイミングを検出するステップと、

を備える、

請求項 2 に記載の蒸気弁の計測方法。

[請求項6] 前記基準位置は、前記親弁及び前記子弁が全閉状態の時の前記弁棒の位置である、

請求項 1 に記載の蒸気弁の計測方法。

[請求項7] 前記弁棒の移動量を算出するステップでは、変位センサで検出した前記弁棒の位置の変化に基づいて前記基準位置から前記子弁が全開となる位置までの前記弁棒の移動量を算出する、

請求項 1 又は 2 に記載の蒸気弁の計測方法。

[請求項8] 前記弁棒の移動量を算出するステップでは、前記弁棒の既知の移動速度の情報に基づいて前記基準位置から前記子弁が全開となる位置までの前記弁棒の移動量を算出する、

請求項 1 又は 2 に記載の蒸気弁の計測方法。

[請求項9] 蒸気が流れる蒸気流路、及び前記蒸気流路の途中に設けられ、開口部を有する弁座を有する弁本体と、

軸線が延びる軸線方向に延在し、前記軸線方向に進退可能な弁棒、

前記弁棒の先端部のうち、前記弁棒の先端に設けられた子弁、及び前記弁棒の先端部のうち、前記先端よりも前記弁棒の基端側に位置する部分が挿入される貫通部を含み、前記弁座に当接されることで前記蒸気流路を閉じ、前記子弁が開いた際に前記蒸気が流入する貫通孔が形成された親弁を有する止め弁と、

前記弁棒を駆動するアクチュエータと、
を備える蒸気弁の計測装置であって、

前記弁棒の加速度を測定するための加速度センサと、

前記加速度センサが測定した前記弁棒の加速度に基づいて前記子弁が全開となるタイミングを検出する第1検出部と、

基準位置から前記子弁が全開となる位置までの前記弁棒の移動量を算出する算出部と、

を備える、

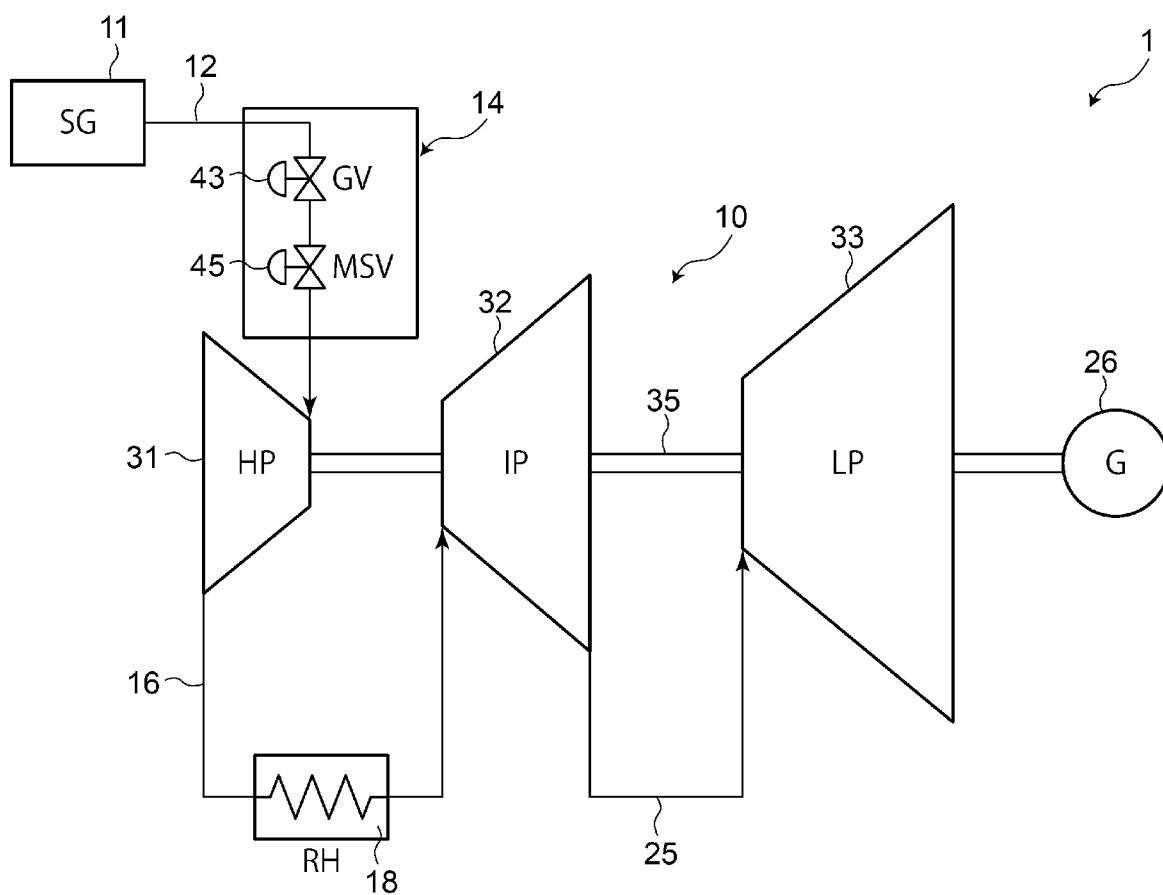
蒸気弁の計測装置。

[請求項10]

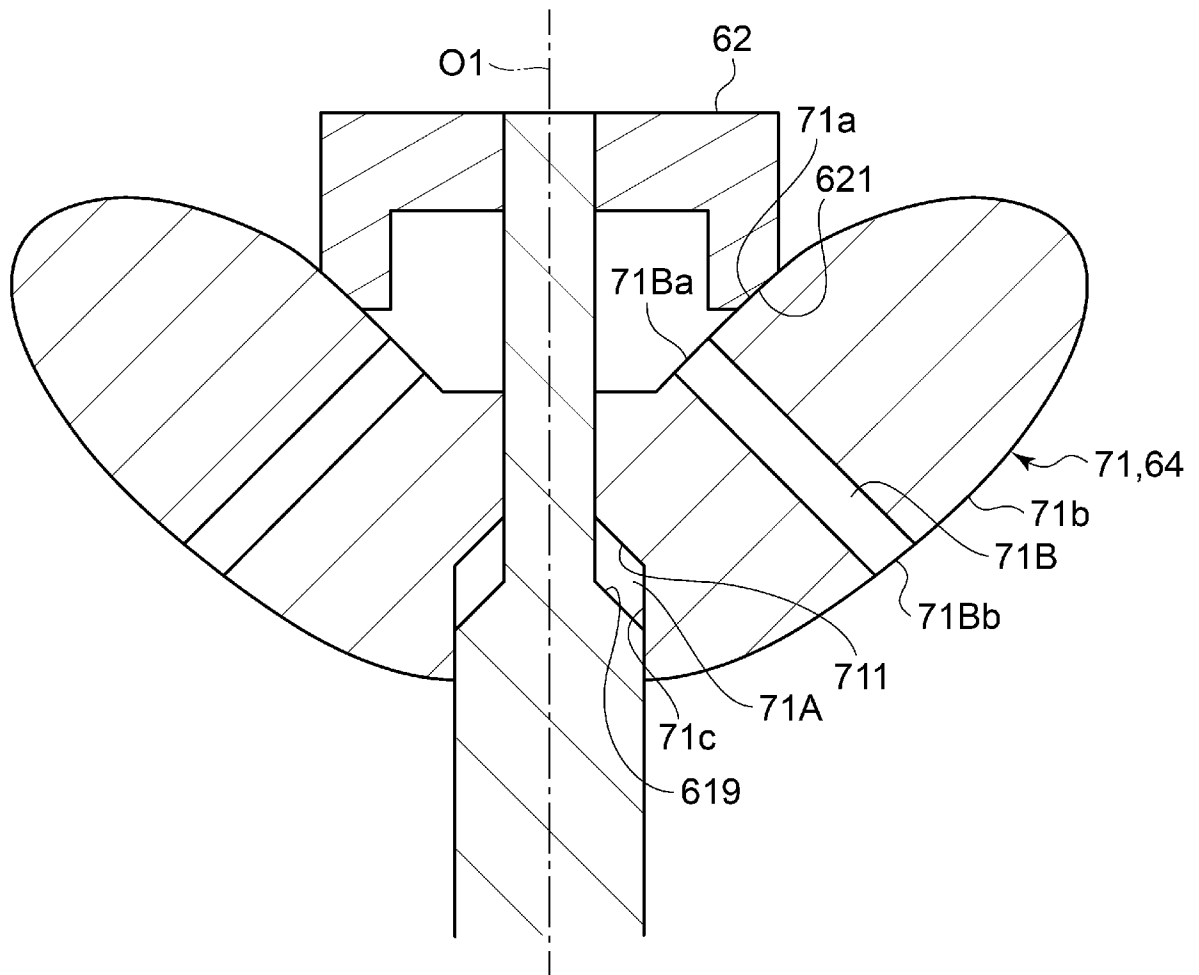
前記子弁が開き始めるタイミングを検出する第2検出部、
を備え、

前記算出部は、前記第2検出部で検出した前記子弁が開き始めるタイミングを前記基準位置として前記移動量を算出する、
請求項9に記載の蒸気弁の計測装置。

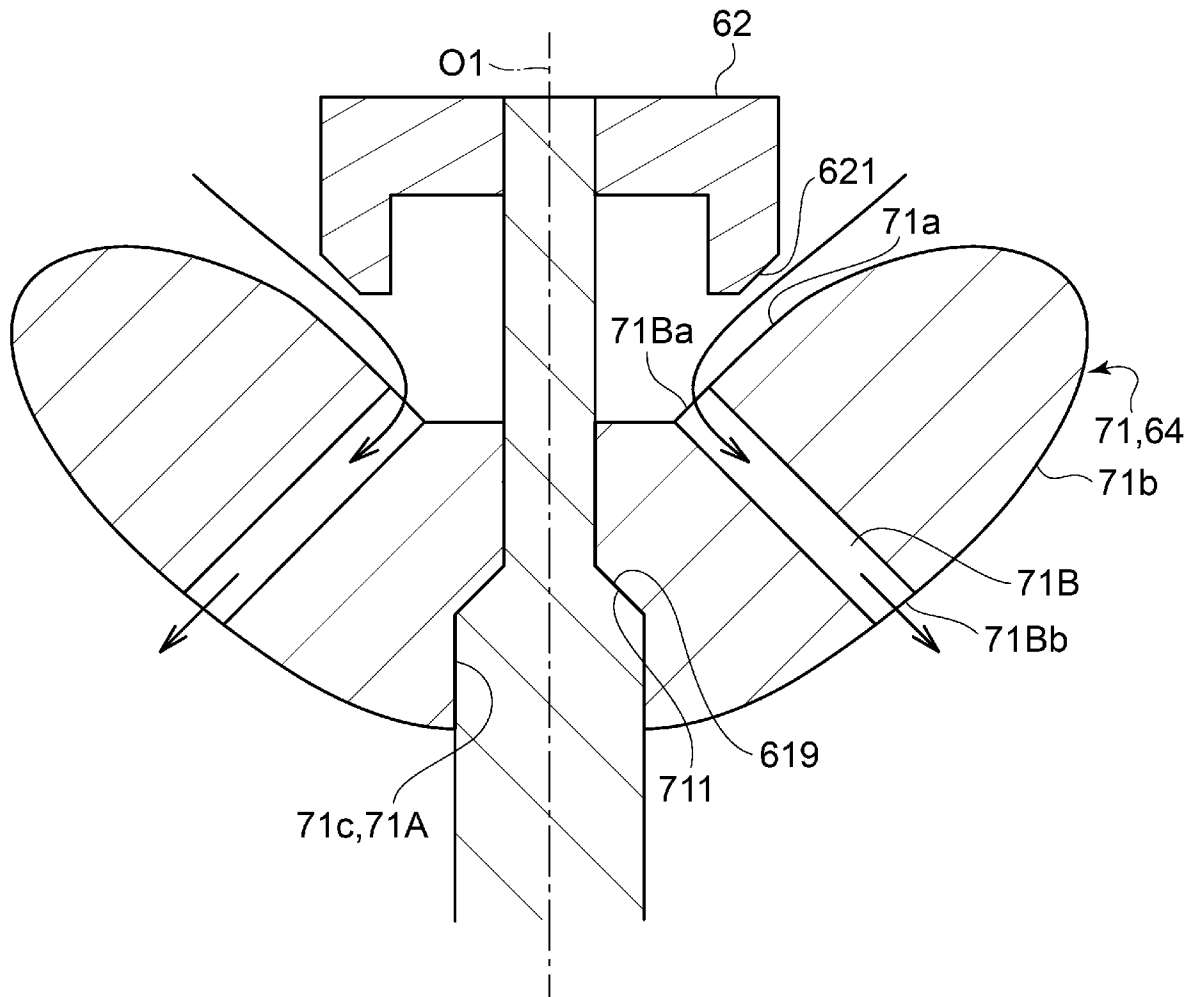
[図1]



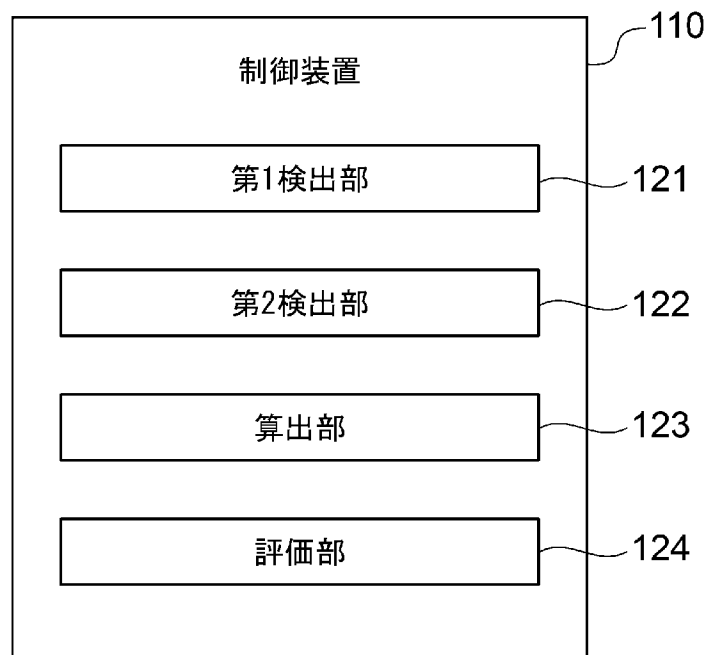
[図3A]



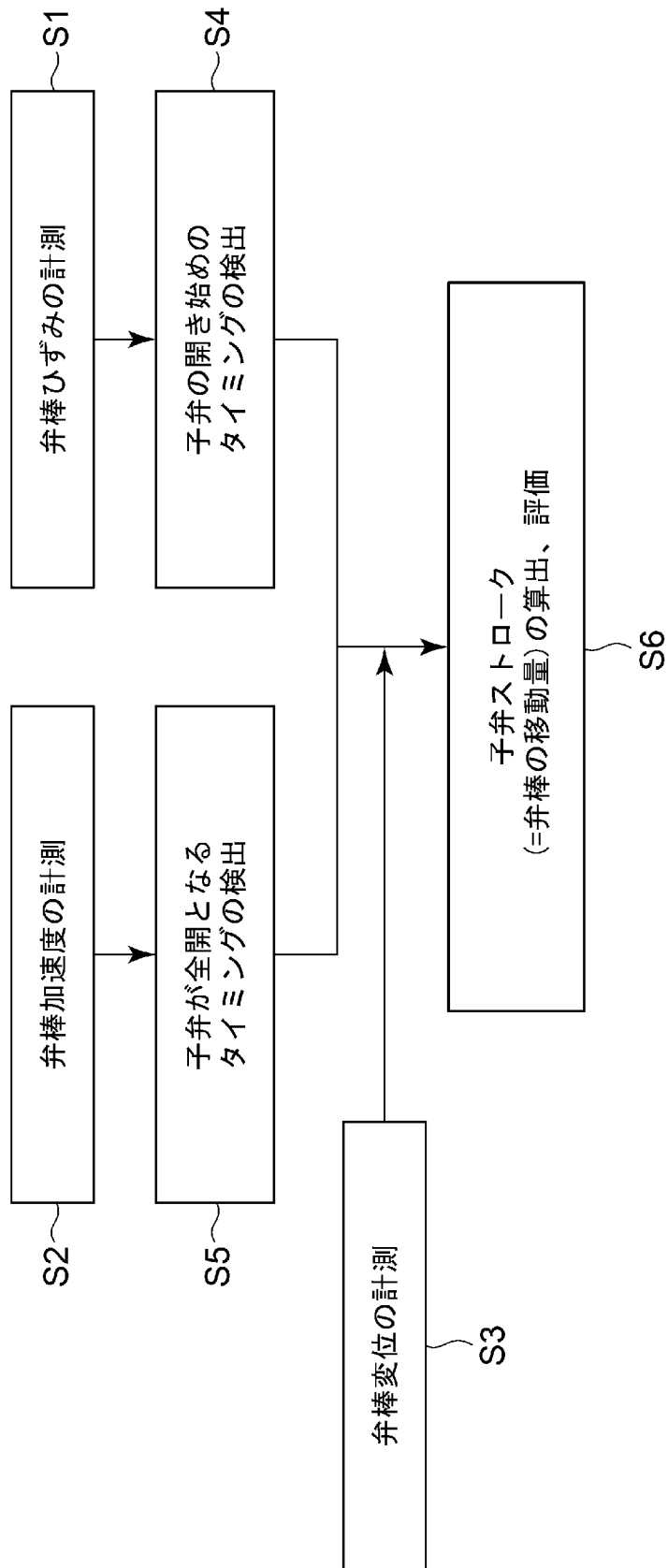
[図3B]



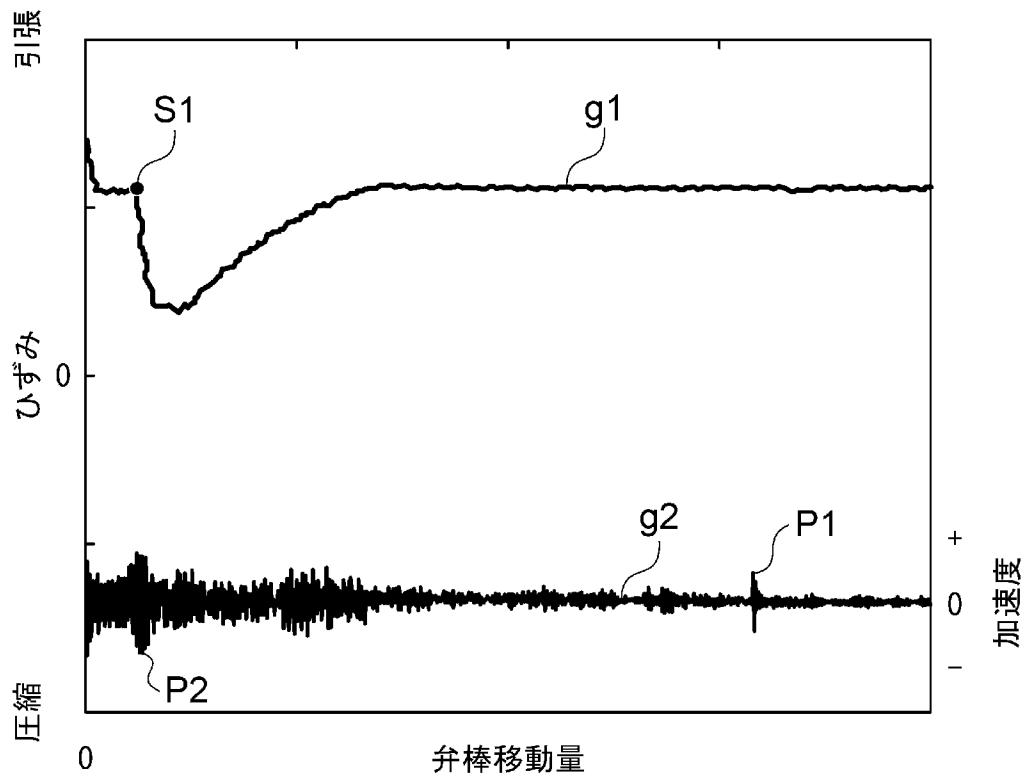
[図4]



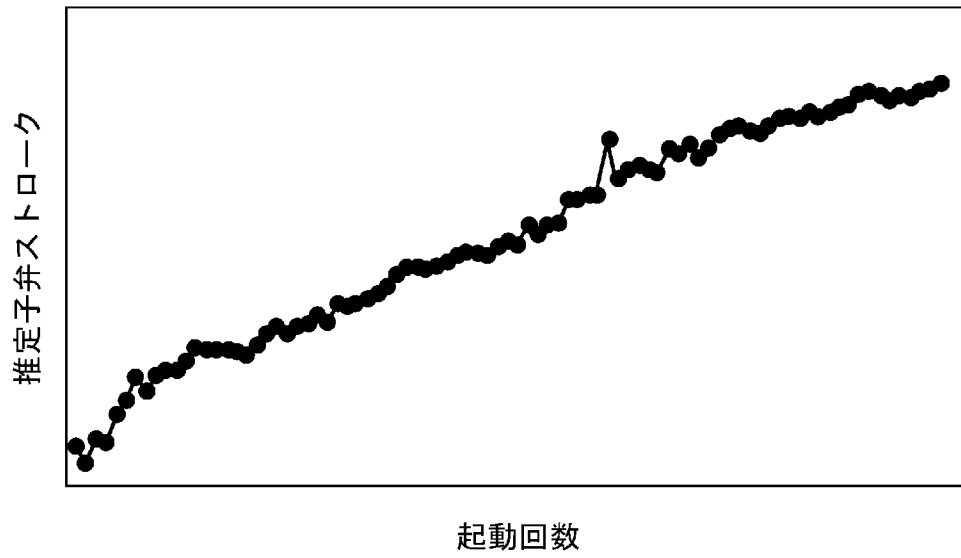
[図5]



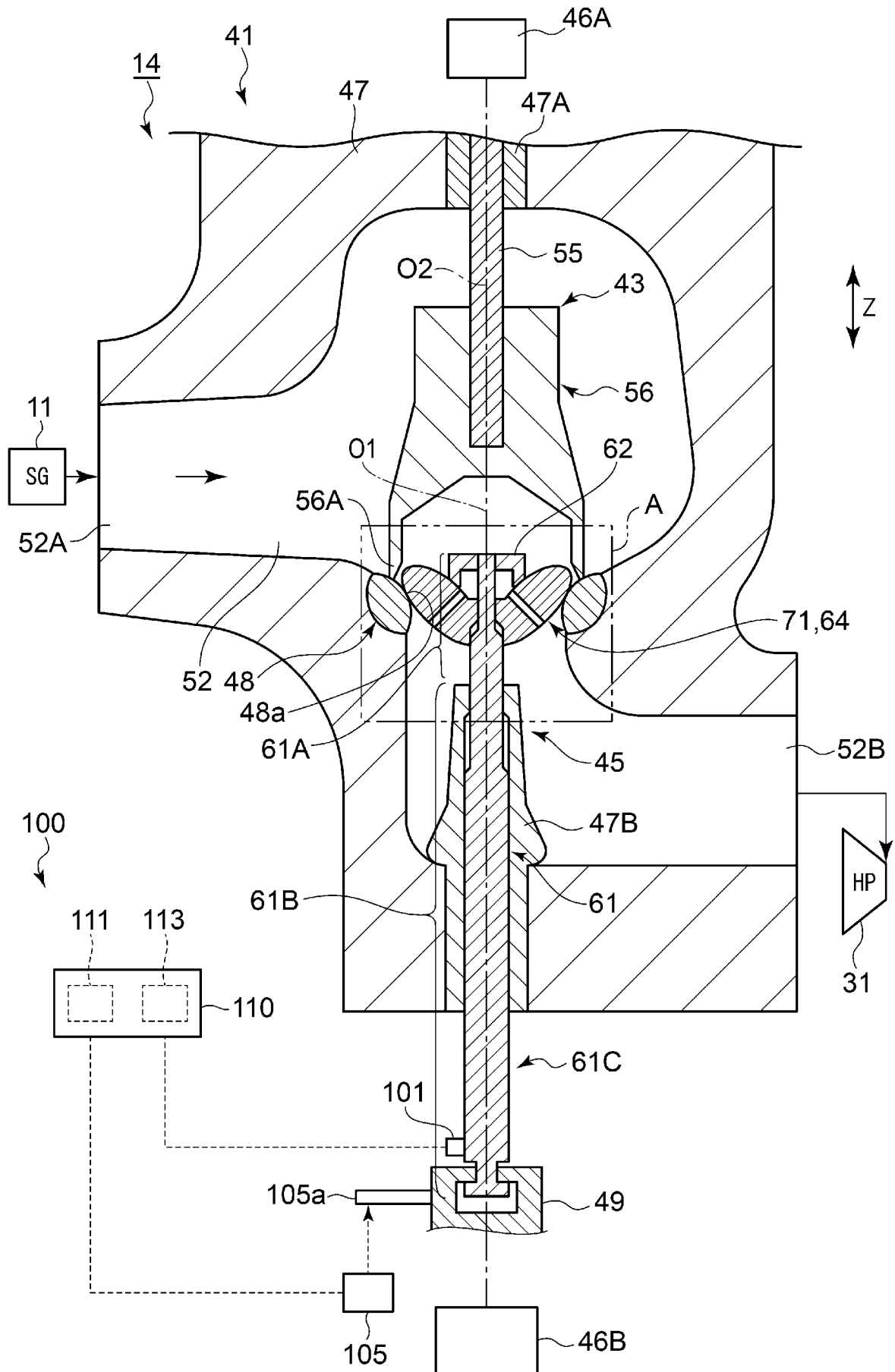
[図6]



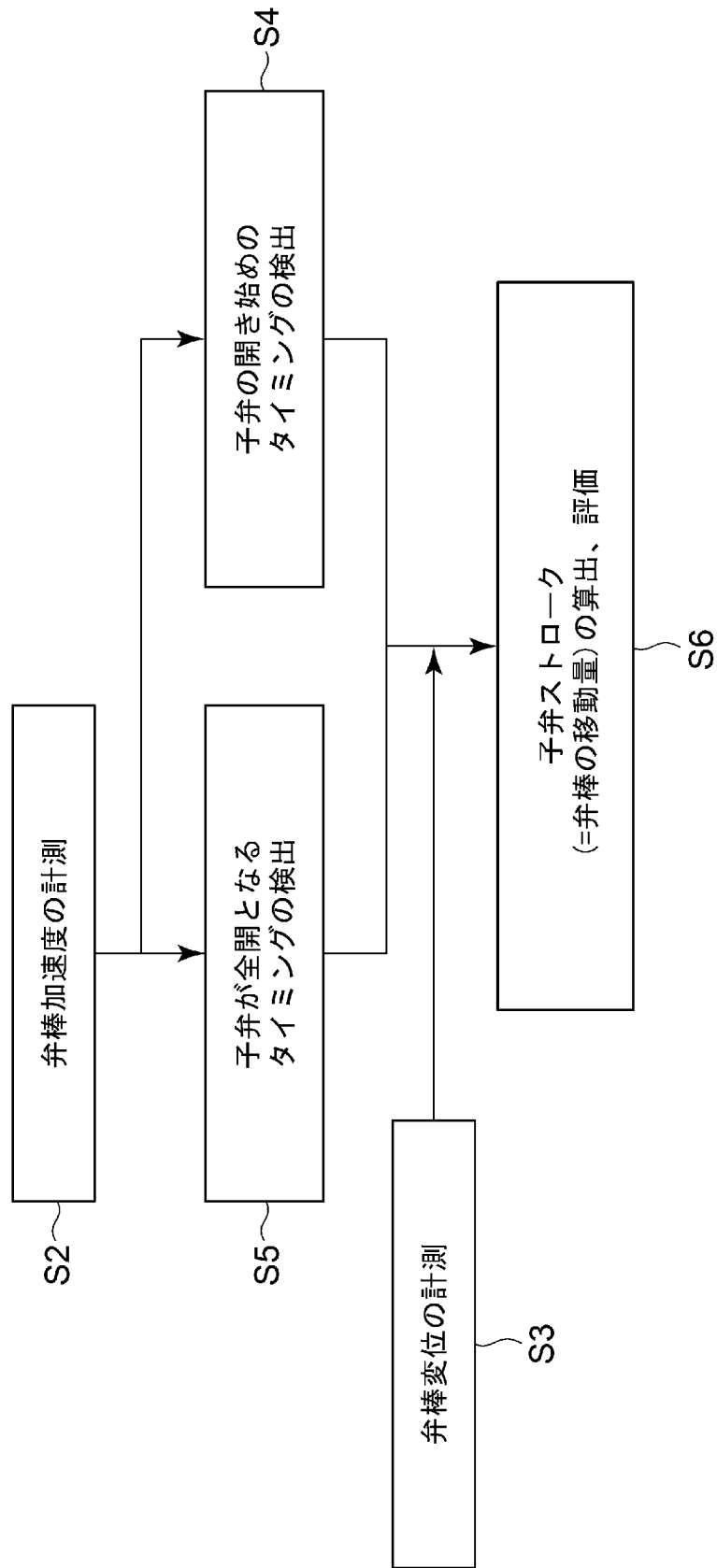
[図7]



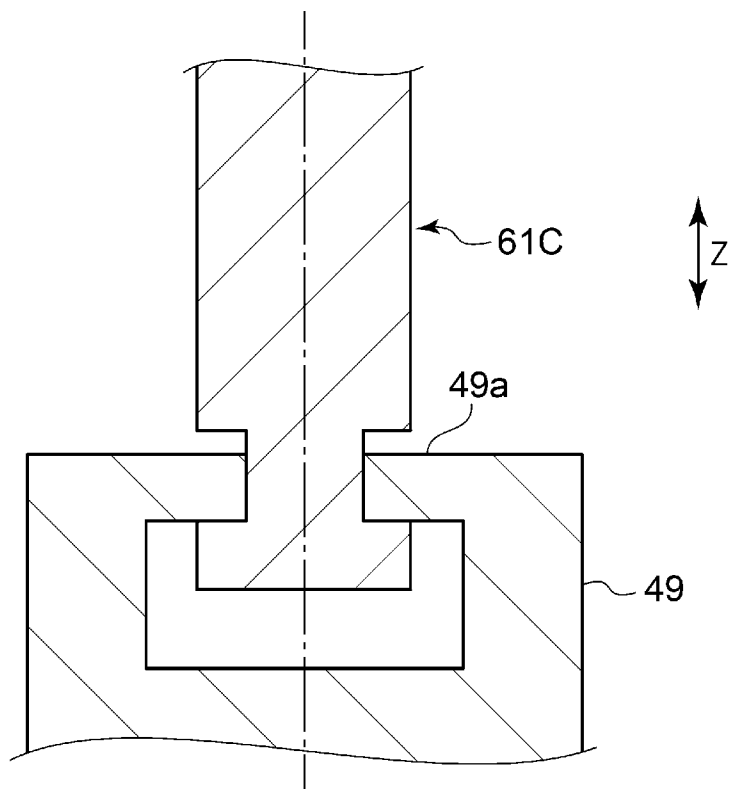
[図8]



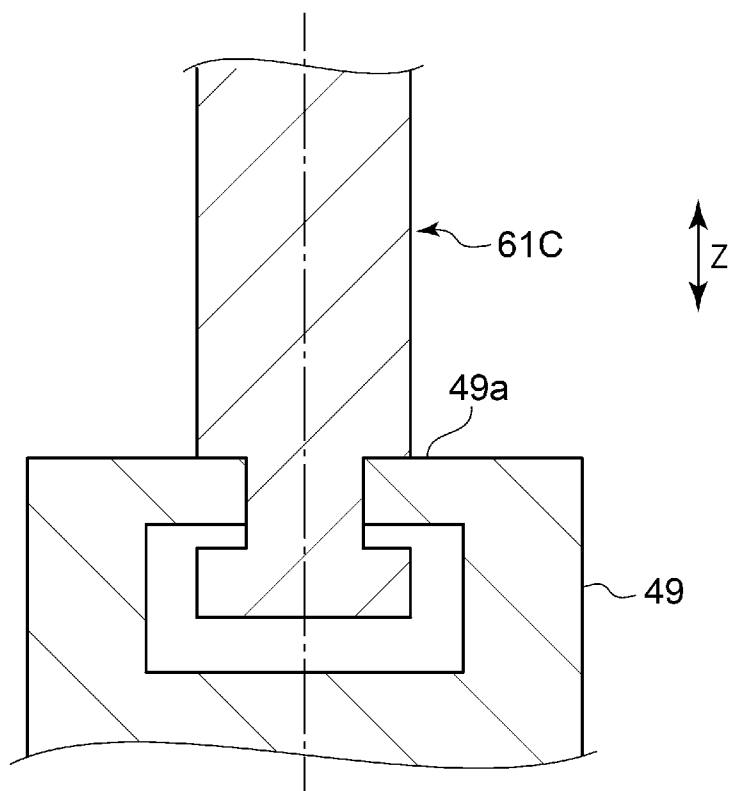
[図9]



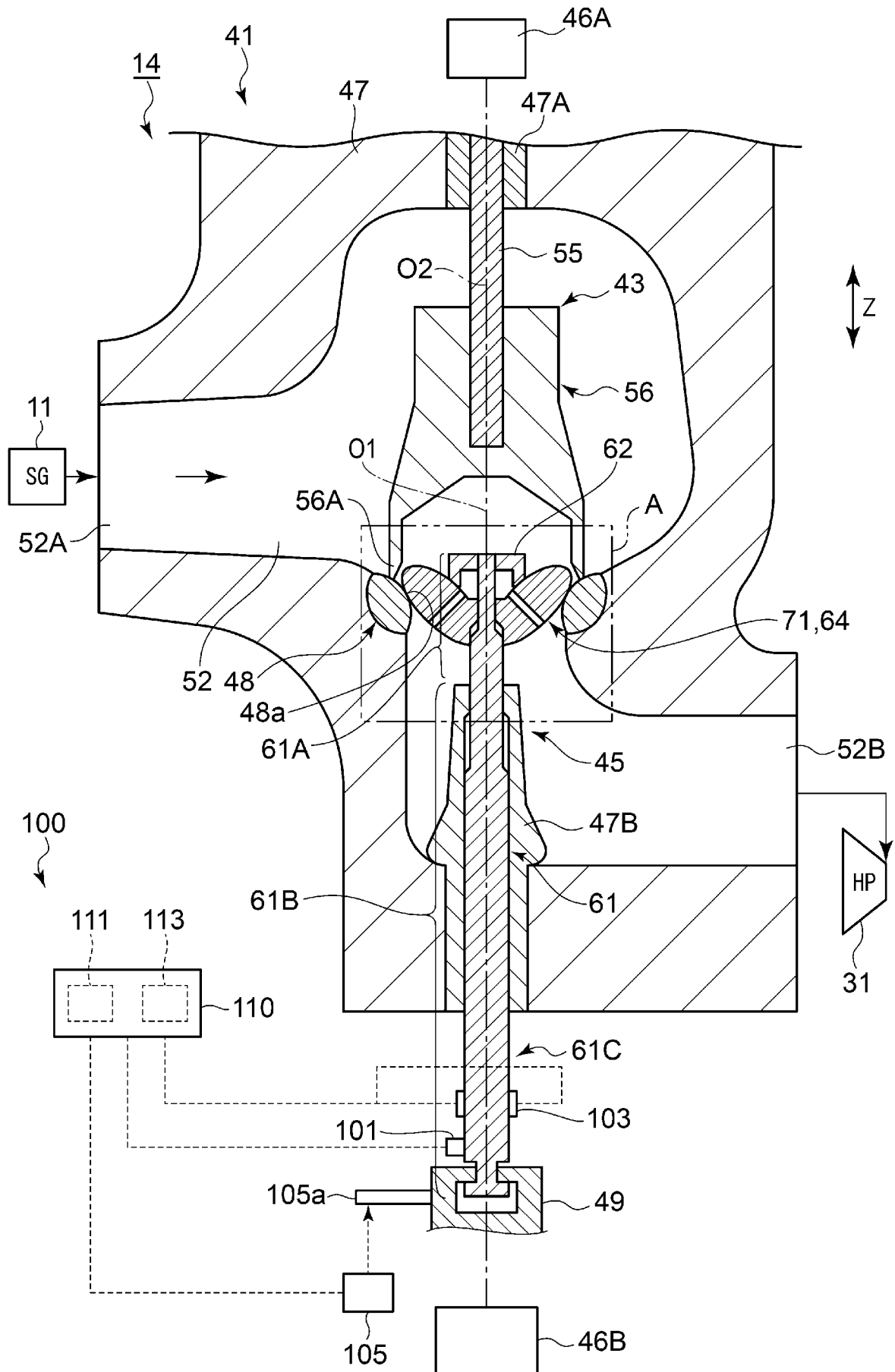
[図10A]



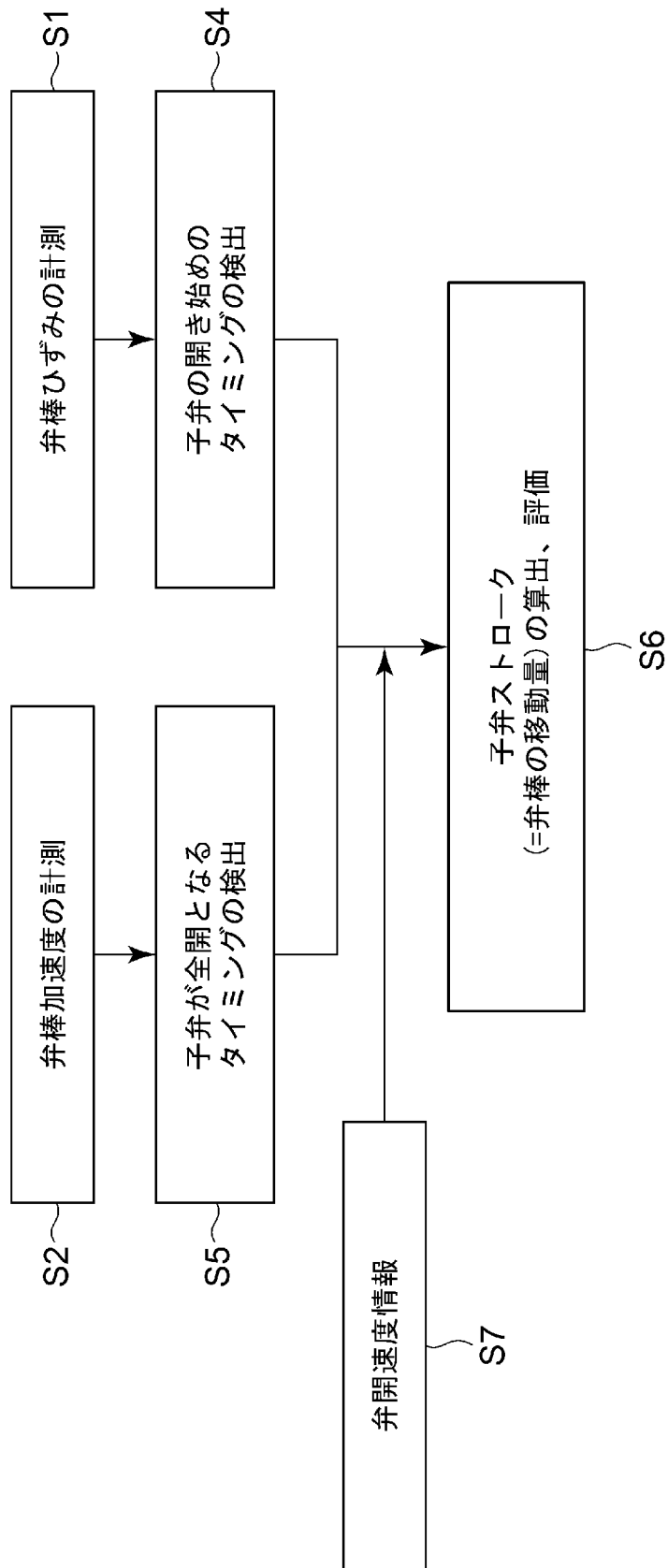
[図10B]



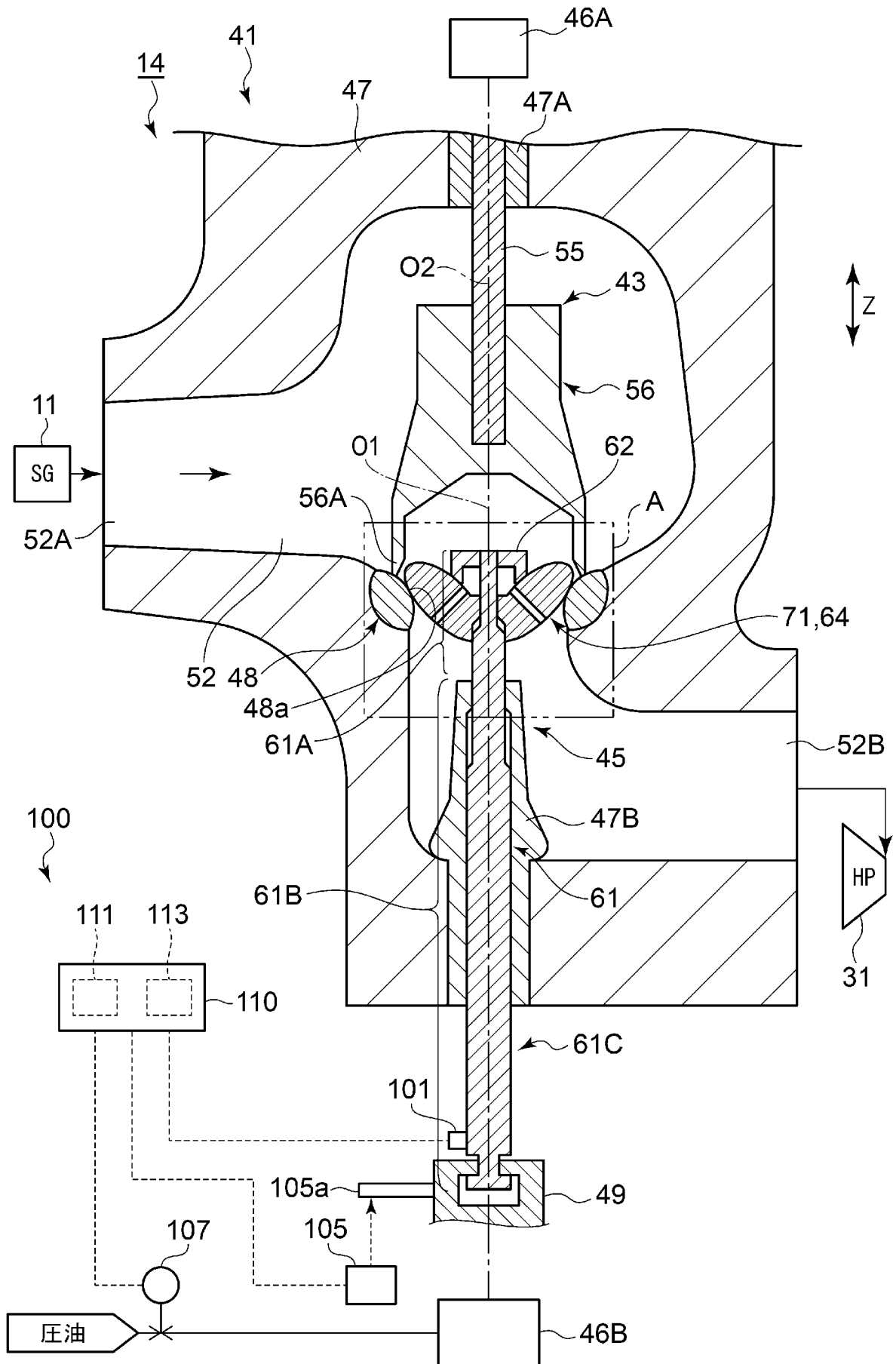
[図11]



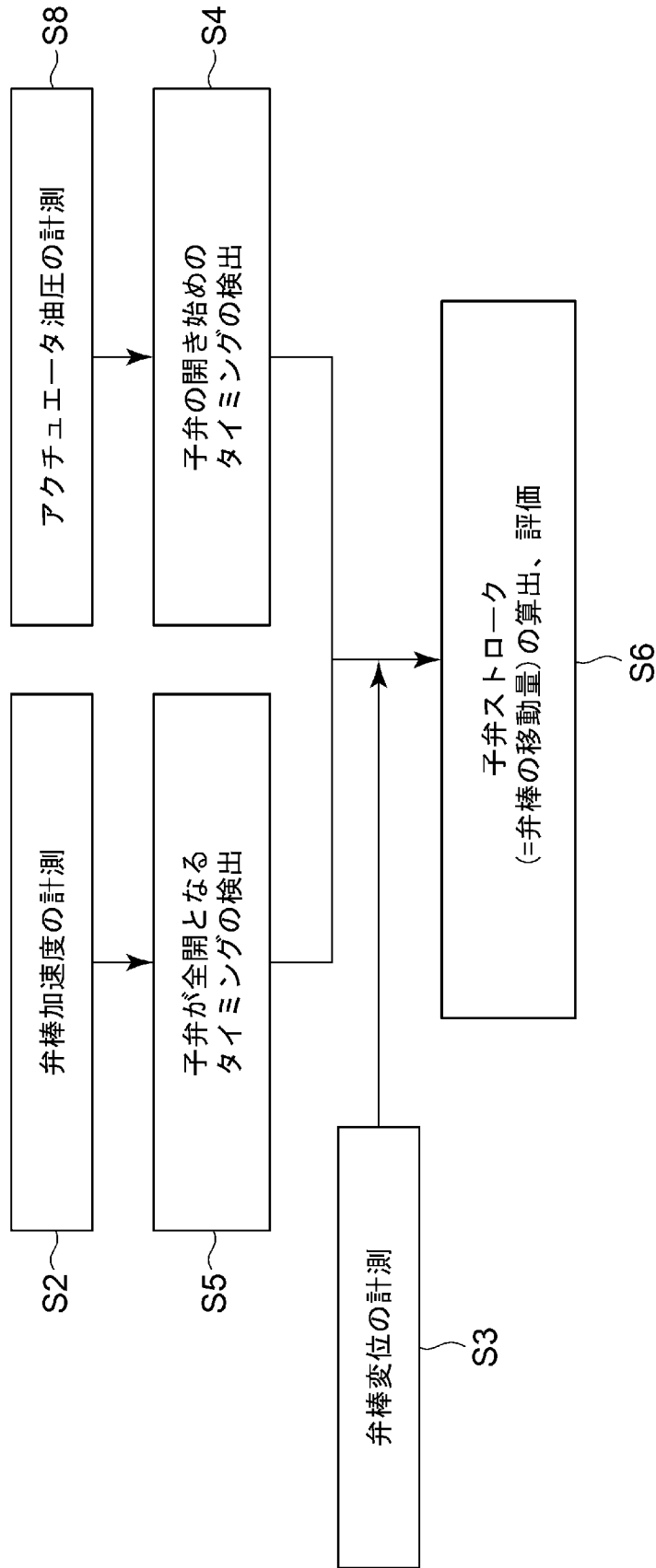
[図12]



[図13]



[図14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/045769

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>F16K 1/44</i> (2006.01)i; <i>F16K 37/00</i> (2006.01)i; <i>F01D 17/10</i> (2006.01)i FI: F16K37/00 D; F16K1/44 D; F01D17/10 G		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) F16K1/44; F16K37/00; F01D17/10		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2020/138307 A1 (MITSUBISHI HITACHI POWER SYSTEMS LTD.) 02 July 2020 (2020-07-02) entire text, all drawings	1-10
A	JP 58-25502 A (HITACHI, LTD.) 15 February 1983 (1983-02-15) p. 3, upper left column, p. 9 to lower right column, p. 6, fig. 4	1-10
A	JP 2016-205584 A (TGK CO., LTD.) 08 December 2016 (2016-12-08) entire text, all drawings	1-10
A	JP 2017-160890 A (KABUSHIKI KAISHA TOSHIBA) 14 September 2017 (2017-09-14) entire text, all drawings	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 21 February 2023		Date of mailing of the international search report 28 February 2023
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/045769

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2020/138307	A1	02 July 2020	US	2022/0082169	A1	
				entire text, all drawings			
				CN	113227542	A	
JP	58-25502	A	15 February 1983	US	4523286	A	
				column 4, p. 65 to column 6, p. 7, fig. 4			
JP	2016-205584	A	08 December 2016	US	2016/0313037	A1	
				entire text, all drawings			
				CN	106090384	A	
JP	2017-160890	A	14 September 2017	(Family: none)			

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） F16K 1/44(2006.01)i; F16K 37/00(2006.01)i; F01D 17/10(2006.01)i FI: F16K37/00 D; F16K1/44 D; F01D17/10 G		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） F16K1/44; F16K37/00; F01D17/10 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2023年 日本国実用新案登録公報 1996-2023年 日本国登録実用新案公報 1994-2023年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	WO 2020/138307 A1（三菱日立パワーシステムズ株式会社）02.07.2020（2020-07-02） 全文、全図	1-10
A	JP 58-25502 A（株式会社日立製作所）15.02.1983（1983-02-15） 第3ページ左上欄第9ページ-右下欄第6ページ，第4図	1-10
A	JP 2016-205584 A（株式会社テージーケー）08.12.2016（2016-12-08） 全文、全図	1-10
A	JP 2017-160890 A（株式会社東芝）14.09.2017（2017-09-14） 全文、全図	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
21.02.2023	28.02.2023	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 古▲瀬▼ 裕介 30 1140 電話番号 03-3581-1101 内線 3358	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/045769

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2020/138307	A1	02.07.2020	US	2022/0082169	A1	
				全文, 全図			
				CN	113227542	A	
JP	58-25502	A	15.02.1983	US	4523286	A	
				第4欄第65ページ-第6欄第7 ページ, FIG. 4			
JP	2016-205584	A	08.12.2016	US	2016/0313037	A1	
				全文, 全図			
				CN	106090384	A	
JP	2017-160890	A	14.09.2017	(ファミリーなし)			