

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

配管に設けられた開閉装置の状態を検知する開閉検知部が検知した開閉情報に基づいて前記開閉装置の開閉状態を判定する開閉判定部と、

前記開閉状態に応じて、前記配管の振動を検知する振動検知部が検知した振動情報に基づいて配管の状態を分析する状態分析部とを有する、分析装置。

【請求項 2】

前記状態分析部は、前記振動情報を基準状態における振動情報と比較することにより配管の状態を分析する、請求項 1 の分析装置。

【請求項 3】

前記状態分析部は、前記開閉情報が前記開閉装置の開操作又は閉操作を示す場合における前記振動情報に基づいて配管の状態を分析する、請求項 1 又は 2 の分析装置。

【請求項 4】

前記分析部は、前記振動情報に含まれる前記配管の共振を示す共振情報に基づいて、前記配管の劣化状態を分析する、請求項 3 の分析装置。

【請求項 5】

前記分析部は、前記振動情報から共振周波数成分を除いた残留波形成分に基づいて配管の状態を分析する、請求項 3 又は 4 に記載の分析装置。

【請求項 6】

前記分析部は、前記開閉情報が前記開閉装置の開状態又は閉状態を示す場合の前記振動情報に基づいて配管の状態を分析する、請求項 1 から 5 のいずれか一項に記載の分析装置。

【請求項 7】

前記開閉判定部は、前記配管に設けられた複数の前記開閉装置の状態をそれぞれ検知する複数の前記開閉検知部が検知した開閉状態に基づいて複数の前記開閉装置の各々に対する開閉状態を判定し、

前記状態分析部は、複数の前記開閉装置の各々に対する開閉状態に応じて前記配管における状態の分析を行う分析対象位置を特定し、前記振動情報に基づいて前記分析対象位置に対する前記配管の状態を分析する、請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の分析装置。

【請求項 8】

前記状態分析部は、複数の前記振動検知部が検知した振動情報に基づいて配管の状態を分析する、請求項 1 から 7 のいずれか一項に記載の分析装置。

【請求項 9】

前記配管に設けられた開閉装置の状態を検知する開閉検知部と、

前記配管の振動を検知する振動検知部と、

請求項 1 から 8 のいずれか一項に記載の分析装置とを有する、分析システム。

【請求項 10】

配管に設けられた開閉装置の開閉状態を判定する工程と、

前記判定した前記開閉状態に応じて、前記配管の振動情報に基づき配管の状態を分析する工程とを有する、分析方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、分析装置、分析システム、及び分析方法に関する。

【背景技術】**【0002】**

水道管やガス管などの配管は、地中に埋設されたり、建物の床下、壁内、天井内に設置されたりする場合がある。そのような場合には、配管の劣化を判断することが困難である。また、配管からの流体の漏洩や配管の破裂が起きると、周囲への 2 次被害も発生し、多大な経済的損失が生じることがある。そのため、配管の劣化を診断する技術が望まれてい

10

20

30

40

50

る。

【 0 0 0 3 】

特許文献 1 には、振動生成器が生成する振動に対する振動応答を振動センサで受け取り、受け取った振動応答を以前の振動応答と比較して、振動パイプラインの構造的劣化を診断するシステムが開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 1 2 - 2 5 5 7 9 9 号 公 報

【 発明の概要 】

10

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

特許文献 1 に記載のシステムでは、振動生成器が必要であり、システムの構成が大掛かりになる。多くの場所に配管の診断システムを導入するためには、より簡易かつ正確に配管の状態を分析する手法が必要である。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記課題を解決するためになされたものであって、簡易かつ正確に配管の状態を分析する分析装置、分析システム及び分析方法を提供する。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

20

本発明の分析装置は、配管に設けられた開閉装置の状態を検知する開閉検知部が検知した開閉情報に基づいて開閉装置の開閉状態を判定する開閉判定部と、開閉状態に応じて、配管の振動を検知する振動検知部が検知した振動情報に基づいて配管の状態を分析する状態分析部とを有するものである。

【 0 0 0 8 】

また、本発明の分析システムは、配管に設けられた開閉装置の状態を検知する開閉検知部と、配管の振動を検知する振動検知部と、配管の開閉検知部が検知した開閉情報に基づいて開閉装置の開閉状態を判定する開閉判定部と、開閉状態に応じて、振動検知部が検知した振動情報に基づいて配管の状態を分析する状態分析部とを備える分析装置とを有するものである。

30

【 0 0 0 9 】

また、本発明の分析方法は、配管に設けられた開閉装置の開閉状態を判定する工程と、判定した開閉状態に応じて、配管の振動情報に基づき配管の状態を分析する工程とを有するものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 1 0 】

本発明によると、簡易かつ正確に配管の状態を分析する分析装置、分析システム及び分析方法を提供することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

40

【 図 1 】 本発明の第 1 の実施形態における分析装置の構成を示すブロック図である。

【 図 2 】 本発明の第 1 の実施形態における分析システムの構成を示すブロック図である。

【 図 3 】 本発明の第 1 の実施形態における装置の動作を示すフローチャートである。

【 図 4 】 本発明における分析対象となる配管の振動の様子を示す模式図である。

【 図 5 】 本発明の第 2 の実施形態における分析装置の構成を示すブロック図である。

【 図 6 】 本発明の第 2 の実施形態における分析システムの構成を示すブロック図である。

【 図 7 】 本発明の第 2 の実施形態における分析システムの変形例の構成を示すブロック図である。

【 図 8 】 本発明の第 3 の実施形態における分析装置の構成を示すブロック図である。

【 図 9 】 本発明の第 3 の実施形態における分析システムの構成を示すブロック図である。

50

【図 10】本発明の第 3 の実施形態における分析システムの変形例の構成を示すブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本発明の各実施形態について、添付の図面を参照して具体的に説明する。なお、本発明における分析装置は、ハードウェア及びソフトウェアの任意の組合せにより実現される。

(第 1 の実施形態)

まず、本発明の第 1 の実施形態について説明する。図 1 は本発明の第 1 の実施形態における分析装置の構成を示すものである。また、図 2 は、本発明の第 1 の実施形態における分析システムの構成を示すものである。

10

【0013】

図 1 に示すとおり、本発明の第 1 の実施形態における分析装置 100 は、配管 500 に設けられた開閉装置 501 の状態を検知する開閉検知部が検知した開閉情報に基づいて開閉装置 501 の開閉状態を判定する開閉判定部 101 と、開閉判定部 101 が判断した開閉装置 501 の開閉状態に応じて、配管 500 の振動を検知する振動検知部が検知した振動情報に基づいて配管 500 の状態を分析する状態分析部 102 とを有するものである。

【0014】

また、図 2 に示すとおり、本発明の第 1 の実施形態における分析システム 10 は、配管 500 に設けられた開閉装置 501 の状態を検知する開閉検知部 120 と、配管 500 の振動を検知する振動検知部 110 と、分析装置 100 とを有するものである。

20

【0015】

本実施形態における分析装置 100 及び分析システム 10 の各構成要素及び動作を説明するにあたり、本発明における分析対象について説明する。本発明の各実施形態において、分析装置 100 及び分析システム 10 は、配管 500 の状態を分析する。配管 500 には、少なくとも開閉装置 510 が設けられている。また、配管 500 には、配管 500 の内部に流体を流すために流体に圧力を印加するポンプ 502 が設けられている場合がある。

【0016】

配管 500 は液体や気体である流体が流れる管である。本発明における分析システムは、配管 500 として、建物内に設けられているものや地中に埋設されているもの等、任意の位置に設置された配管が分析対象とすることができる。配管 500 は、所定の長さの管が複数接続されて構成される事がある。この場合において、各々の管は接続部 503 により接続される。

30

【0017】

開閉装置 501 は、開閉することにより、配管 500 における流体の流れを制御する装置である。配管 500 が建物内に設けられている上水道管である場合には、開閉装置 501 は、例えば蛇口、水洗式の便器、その他の任意の種類の栓などがあるが、これら以外のものであってもよい。

【0018】

続いて、本実施形態における分析装置 100 及び分析システム 10 における各構成要素及び動作を説明する。まず、図 3 を用いて、本実施形態における分析装置 100 の動作を説明する。

40

【0019】

図 3 によると、最初に、開閉判定部 101 は、配管 500 に設けられた開閉装置 501 の状態を検知する開閉検知部が検知した開閉情報に基づいて、開閉装置 501 の開閉状態を判定する(ステップ S10)。この場合において、開閉判定部 101 は、一例として、開閉装置 501 の開閉操作の少なくとも一方が行われたことを判定する。また、開閉判定部 101 は、別の例として、開閉装置 501 がそれぞれ開けられている又は閉じられている状態であることを判定する。

【0020】

50

続いて、状態分析部 102 は、ステップ S10 で判定した開閉装置 501 の開閉状態に応じて、配管 500 の振動を検知する振動検知部が検知した振動情報に基づいて配管 500 の状態を分析する（ステップ S20）。状態分析部 102 は、配管 500 の状態の例として、配管 500 の劣化や、配管 500 からの流体漏洩の有無を分析する。

【0021】

次に、本実施形態における分析システム 10 の振動検知部 110 及び開閉検知部 120 について詳細を説明する。

【0022】

振動検知部 110 は、配管 500 の振動を検知する。振動検知部 110 としては、例えば公知の振動センサが用いられる。振動センサは、具体例として、加速度センサ、速度センサ、変位センサ等があげられる。この中でも、特に圧電型の加速度センサを用いることが検知感度等の点から好ましい。また、振動検知部 110 は、流体配管から離れて設置可能である非接触型振動検出手段でもよい。非接触型振動検知手段の一例として、レーザドップラー振動計等がある。

【0023】

開閉検知部 120 は、開閉装置 501 が開閉されることを検知する。すなわち、開閉装置 501 に対して開操作が行われて開閉装置 501 が開けられることと、開閉装置 501 に対して閉操作が行われて開閉装置 501 が閉じられることを検知する。開閉検知部 120 は、開閉装置 501 の開操作と閉操作を区別して検知してもよいし、区別せずにどちらかの操作が行われたことのみを検知してもよい。なお、開閉検知部 120 は、開閉装置 501 が開閉されることを検知することができる。例えば、開閉装置 501 が自動で開閉制御される場合、開閉検知部 120 は、その制御信号を検知することにより開閉装置 501 の開閉を検知することができる。また、別の例として、開閉検知部 120 は、開閉装置 501 の操作に伴う流体の流量の変化を検知することにより開閉装置 501 の開閉を検知することができる。

【0024】

なお、開閉検知部 120 及び振動検知部 110 は、分析装置 100 と任意の手段により通信する構成とすることができる。

【0025】

続いて、本実施形態における分析装置 100 の各構成要素の詳細を説明する。

【0026】

開閉判定部 101 は、開閉検知部 120 が検知した開閉情報に基づいて、開閉装置 501 の開閉状態を判定する。一例として、開閉判定部 101 は、開閉検知部 120 により検知した開閉情報から、開閉装置 501 の開操作又は閉操作が行われたことを判定する。この場合において、開閉判定部 101 は、開閉検知部 120 において開閉装置 501 の開閉操作を検知することにより、開閉装置 501 に開操作又は閉操作が行われたことを判定することができる。

【0027】

配管 500 に設けられた開閉装置 501 の開操作を行うと、配管 500 の内部にある流体が外部へ流れる。流体の通流が開始される。また、開閉装置 501 の閉操作を行うと、流体の外部への流れが停止する。いずれの場合においても、配管の内部における流体の流れが変化することにより、配管に振動が生じる。そして、開閉装置 501 の開操作又は閉操作により生じる振動は、配管 500 の状態を分析するためには十分な大きさの振動であることが多い。そのため、開閉装置 501 の開操作又は閉操作により生じる振動を用いることにより、特許文献 1 における振動発生器のような構成を要する事無く、配管の状態を分析することが可能となる。したがって、開閉判定部 101 は、開閉装置 501 の開操作又は閉操作が行われたことを判定する。

【0028】

また、別の例として、開閉判定部 101 は、開閉検知部 120 により検知した開閉情報から、開閉装置 501 が開状態又は閉状態である事を判定する。なお、開閉装置 501 開

10

20

30

40

50

状態又は閉状態であるとは、開閉装置 5 0 1 がそれぞれ開けられている又は閉じられており、開閉装置 5 0 1 の開閉操作が行われていない事を指すものとする。この場合において、開閉判定部 1 0 1 は、開閉検知部 1 2 0 において開閉装置 5 0 1 の開閉操作の検知がないことにより、開閉装置 5 0 1 が開状態又は閉状態であることを判定することができる。

【 0 0 2 9 】

配管 5 0 0 に設けられた開閉装置 5 0 1 が開状態又は閉状態、すなわち、開けられている又は閉じられている状態である場合、配管 5 0 0 の内部における流体の流れに関する状態は大きく変化しない事が多い。したがって、この場合に振動検知部 1 1 0 により検知される配管 5 0 0 の振動は、配管 5 0 0 における流体の流れに関する状態に応じて概ね一定の振動が生じることがある。

10

【 0 0 3 0 】

しかしながら、配管 5 0 0 に異常がある場合には、振動検知部 1 1 0 により検知される配管 5 0 0 の振動が変化する。例えば、配管 5 0 0 から流体の漏洩が生じている場合、開閉装置 5 0 1 が閉じている場合においても流体が漏洩するため、流体の漏洩に起因する振動が生じる。そのため、配管 5 0 0 に生じる振動は、流体の漏洩が生じている場合には、通常より振幅が大きなものとなる。すなわち、そのため、開閉装置 5 0 1 の開閉操作が行われる場合に限らず、開閉装置 5 0 1 は開状態または閉状態である場合の振動に基づいて、配管の状態を分析することができる。したがって、開閉判定部 1 0 1 は、開閉装置 5 0 1 が開状態又は閉状態である事を判定する。

【 0 0 3 1 】

続いて、状態分析部 1 0 2 における配管 5 0 0 の状態分析について、図 4 を参照してその詳細を説明する。

20

【 0 0 3 2 】

最初に、図 4 (a) を参照して、配管 5 0 0 が正常な場合、例えば配管 5 0 0 が設置された直後の場合において配管に生じる振動について説明する。一例として、まず、開閉装置 5 0 1 が閉状態であり、ポンプ 5 0 2 にて配管 5 0 0 の内部を流れる流体が加圧されていることを想定する。この場合において、配管 5 0 0 には一定の小さな振動が生じるか、又は振動は生じない。続いて、開閉装置 5 0 1 に開操作が行われることを想定する。開閉装置 5 0 1 の開操作により、流体の流れが変化するため、配管 5 0 0 には、時間的に減衰する振動振幅の振動が生じる。配管が正常な場合、この振動は配管 5 0 0 に固有の共振周波数成分が主である。しかしながら、配管 5 0 0 が長期に渡り使用されることにより、配管 5 0 0 又は接続部 5 0 3 における薄肉化等の劣化や配管 5 0 0 からの漏洩が生じると、配管 5 0 0 に生じる振動が変化し、上記から相違するものとなる。状態分析部 1 0 2 は、配管 5 0 0 の劣化時等において生じる振動の相違を用いて、配管の状態を分析する。

30

【 0 0 3 3 】

なお、上記では、開閉装置 5 0 1 を閉状態から開操作を行う場合を想定したが、開閉装置 5 0 1 を開状態から閉操作を行う場合にも類似する振動が生じる。

【 0 0 3 4 】

状態分析部 1 0 2 は、開閉判定部 1 0 1 からの開閉装置 5 0 1 の開閉情報に応じて状態分析を行う。先に説明した通り、配管 5 0 0 に生じる振動は、開閉装置 5 0 1 が、開状態若しくは閉状態であるか、又は開操作若しくは閉操作が行われるかによって異なる。状態分析部 1 0 2 は、開閉装置 5 0 1 の開閉情報に応じて分析することにより、配管 5 0 0 に生じる振動の種類に応じた異なる種類の分析を行うことが可能となる。従って、状態分析部 1 0 2 は、開閉装置 5 0 1 からの開閉情報に応じないで配管 5 0 0 の状態を分析する場合と比較して、配管 5 0 0 の状態をより詳細に分析できる。

40

【 0 0 3 5 】

状態分析部 1 0 2 は、分析の一つとして、配管 5 0 0 の劣化の診断を行う。この場合において、配管 5 0 0 の劣化は、例えば腐食などによる配管 5 0 0 の薄肉化や、配管 5 0 0 の接続部 5 0 3 における緩みやガタツキ等の機械的欠陥等がある。

【 0 0 3 6 】

50

状態分析部 102 は、配管 500 の劣化の診断を行う場合、開閉判定部 101 により開閉装置 501 の開操作又は閉操作が行われたと判定された際の振動情報に基づいて配管の状態を分析することが好ましい。この場合において、状態分析部 102 は、振動検知部 110 により検知した振動情報のうち、特に図 4 に示す過渡振動応答成分に基づいて配管の状態を分析することができる。

【0037】

先に説明した通り、配管 500 にて生じる振動は、配管 500 が設置された時点からの使用期間に応じて変化する。例えば、配管 500 が設置された時点においては、配管 500 にて生じる振動は、配管に固有の共振周波数成分が主である。これに対し、配管 500 の薄肉化による劣化が生じると、配管 500 の剛性が変化し、図 4 (b) (1) に示すように、配管 500 に生じる振動の共振周波数が変化する。そして、配管 500 の腐食が進むと、配管 500 に生じる振動が減衰する時間が早くなる。その結果として、配管 500 に生じる振動の共振先鋭度が変化する。また、配管 500 の接続部 503 に機械的欠陥が生じた場合には、図 4 (b) (2) に示すように、それに起因して配管 500 に共振周波数成分と異なる成分の振動が生じる。状態分析部 102 は、振動検知部 110 の検知した振動情報から、上記の振動変化に関する分析を行う事により、配管の劣化を分析する。

【0038】

状態分析部 102 は、特に配管 500 の薄肉化による劣化の診断の一つの例として、振動検知部 110 の検知した振動情報から、配管 500 に固有の共振周波数 f 又は共振先鋭度 Q に基づいて分析を行う。この場合において、共振先鋭度 Q は以下の式 (1) のように定義される。

【0039】

$$Q = f / \Delta f \quad (1)$$

Δf : ピーク値の半値となる周波数幅

状態分析部 102 は、例えば、上述した共振周波数 f 又は共振先鋭度 Q が所定の閾値を超えている場合に劣化が生じていると判断する。この場合において、閾値は、配管 500 の材質や径などの情報から、薄肉化などの劣化が生じていると判断される共振周波数や共振先鋭度を予め求めておくことができる。

【0040】

劣化の診断に関する別の例として、状態分析部 102 は、上述した共振周波数 f 又は共振先鋭度 Q のそれぞれの基準状態からの変化である δf 又は δQ に基づいて劣化の診断を行うことができる。共振周波数 f の基準状態からの変化 δf と、共振先鋭度 Q の基準状態からの変化 δQ は、それぞれ以下の (2) 式又は (3) 式により求めることができる。この場合において、基準状態は、例えば配管 500 の設置時とすることができる。

【0041】

$$\delta f = \{ f(t) - f(0) \} / f(0) \quad (2)$$

$f(0)$: 基準状態の共振周波数

$f(t)$: 基準状態から t 時間経過後の共振周波数

$$\delta Q = \{ Q(t) - Q(0) \} / Q(0) \quad (3)$$

$Q(0)$: 基準状態の共振先鋭度

$Q(t)$: 基準状態から t 時間経過後の共振先鋭度

状態分析部 102 は、 δf 又は δQ が所定の閾値を超えた場合に、配管の劣化が生じていると判断することができる。また、状態分析部 102 は、 δf 又は δQ に基づいて、共振周波数 f 又は共振先鋭度 Q の変化率を求め、その変化率が所定の閾値以上に、配管の状態が急激に変化しているとして、配管の劣化が生じていると判断することができる。

【0042】

また、状態分析部 102 は、特に配管 500 における接続部 503 における機械的欠陥等の発生による劣化の診断の例として、振動検知部 110 の検知した振動情報から共振周波数成分を除去した残留振動に基づく分析を行う。

先に述べた通り、配管 500 の接続部 503 に機械的欠陥が生じた場合には、それに起因

10

20

30

40

50

して振動が生じる。したがって、状態分析部 102 は、振動検知部 110 の検知した振動情報から共振周波数成分を除去した残留振動成分を分析し、残留振動成分が有る場合に、配管 500 の接続部 503 に上述する機械的欠陥が生じていると判断することができる。

【0043】

状態分析部 102 は、分析の別の一つとして、配管 500 からの流体の漏洩の有無を分析する。この場合において、状態分析部 102 は、開閉判定部 101 により、開閉装置 501 が開状態又は閉状態であると判断された場合の振動情報に基づいて配管の状態を分析する事が好ましい。

【0044】

配管 500 に設けられた開閉装置 501 が開状態又は閉状態である場合、配管 500 の内部における流体の流れに関する状態は大きく変化しないことが多い。したがって、先に述べた通り、この場合において、配管 500 には一定の小さな振動が生じるか、又は振動は生じない。しかしながら、配管 500 から流体の漏洩が生じている場合、開閉装置 501 が閉じている場合においても流体が漏洩するため、図 4 (b) (3) に示すように、流体の漏洩に起因する振動が生じる。この場合において、振動検知部 110 は、流体の漏洩に起因する振動を検知するため、例えば通常より振幅の大きな振動を検知することとなる。したがって、開閉装置 501 が開状態又は閉状態である場合の振動を検知した振動の振幅が所定の閾値を超えているかを判断することにより、状態分析部 102 は、配管の漏洩の有無を分析することができる。なお、状態分析部 102 は、その他の指標により配管の漏洩有無を分析してもよい。

【0045】

なお、状態分析部 102 は、上記説明した分析と異なる分析を行ってもよい。また、状態分析部 102 は、複数種類の分析を適宜組み合わせを行ってもよいし、いずれか 1 種類の分析のみを行ってもよい。状態分析部 102 は、上記説明したとおり、配管 500 における漏洩の有無の分析及び配管 500 の劣化の分析の双方を行うと、配管 500 の状態を詳細に把握できて好ましい。

【0046】

以上の通り、本発明の第 1 の実施形態における分析装置 100 は、開閉判定部 101 にて判定した開閉装置 501 の開閉状態に応じて、状態分析部 102 が、振動検知部 110 により検知した振動情報に基づいて配管の状態を分析する。すなわち、本実施形態における分析装置 100 は、配管 500 に設けられた開閉装置 501 の開閉状態に応じて配管に生じる様々な種類の振動を用いて配管 500 の状態を分析することができる。そのため、本実施形態における分析装置 100 は、より正確に配管 500 の状態を分析することができる。また、本実施形態における分析装置 100 は、開閉装置 501 の開閉操作に伴う振動を用いることができるため、特許文献 1 における振動発生器のような構成を要することなく配管 500 の状態を分析することが可能となる。その結果、本発明の第 1 の実施形態における分析装置 100 は、単純な構成とすることができる。したがって、本実施形態における分析装置 100 は、簡易かつ正確に配管の劣化を分析することができる。

【0047】

また、本実施形態における分析システム 10 は、分析装置 100 と同様の効果を奏することができる。

【0048】

なお、本実施形態における分析装置 100 及び分析システム 10 には、各構成要素について種々の変更を加えることができる。例えば、本実施形態における分析装置 100 及び分析システム 10 は、開閉状態の判定及び配管の状態の分析を、常時行うことができるし、所定の間隔で定期的に行うことも出来る。また、分析装置 100 は、開閉判定部 101 で判定した開閉状態が所定の条件を満たす場合に限り、状態分析部 102 にて配管の状態を分析してもよい。このようにすることで、分析装置 100 は不要な分析を行う事がなくなり、結果的に分析システム 10 の全体での消費電力を低減することができる。また、状態分析部 102 は、特に配管 500 の劣化の診断を行う際に、配管 500 に生じる振動の

振幅ごとに共振周波数 f や共振先鋭度 Q を求め、それらの各々の基準状態からの変化に基づいて配管の状態を分析することができる。

(第2の実施形態)

続いて、本発明の第2の実施形態について説明する。図5は本発明の第2の実施形態における分析装置の構成を示すものである。また、図6は、本発明の第2の実施形態における分析システムの構成を示すものである。

【0049】

図5に示すとおり、本発明の第2の実施形態における分析装置200は、配管500に設けられた複数の開閉装置501-1・・・mの状態をそれぞれ検知する複数の開閉検知部120-1・・・nが検知した開閉状態に基づいて複数の開閉装置501-1・・・mの各々に対する開閉状態を判定する開閉判定部201と、複数の開閉装置501-1・・・mの各々に対する開閉状態に応じて配管500における状態の分析を行う分析対象位置を特定し、配管500の振動を検知する振動検知部110が検知した振動情報に基づいて分析対象位置に対する配管500の状態を分析する状態分析部202とを有するものである。

10

【0050】

また、図6に示すとおり、本発明の第2の実施形態における分析システム20は、配管500に設けられた複数の前記開閉装置501-1・・・mの状態をそれぞれ検知する複数の開閉検知部120-1・・・nと、配管の振動を検知する振動検知部110と、分析装置200とを有するものである。

20

【0051】

すなわち、本実施形態における分析システム20は、複数の開閉装置501-1・・・mに対応して複数の開閉検知部120-1・・・nを有する点が第1の実施形態における分析システム10と異なる。また、本実施形態における分析装置200は、開閉判定部201が、複数の開閉装置501-1・・・mの各々に対する開閉状態を判定する点が、第1の実施形態における分析装置100の開閉判定部101と異なる。更に、本実施形態における分析装置200は、状態分析部202が、配管500における状態の分析を行う分析対象位置を特定した上で、振動情報に基づいて配管500の状態を分析する点が、第1の実施形態における分析装置100の状態分析部102と異なる。本実施形態における分析装置200及び分析システム20は、それ以外の構成に関しては、第1の実施形態における分析装置100及び分析システム10とそれぞれ同様の構成を有している。つまり、本実施形態における分析装置200は、状態分析部202は、配管500における薄肉化又は接続部503の機械的欠陥等を含む劣化判定や漏洩判定を、第1の実施形態における分析装置100の状態分析部102と同様に行うことができる。

30

【0052】

本実施形態における分析装置200において、開閉判定部201は、配管500に設けられた複数の開閉装置501-1・・・mの状態をそれぞれ検知する複数の開閉検知部120-1・・・nが検知した開閉状態に基づいて、各々の開閉状態を判定する。すなわち、開閉判定部201は、開閉装置501-1・・・mのうち、開操作又は閉操作が行われたもの(又は、開状態又は閉状態であるもの)を判別することができる。そのため、状態分析部202は、複数の開閉装置501・・・各々の開操作又は閉操作に伴う振動に基づいて配管500の状態を分析する場合に、振動の発生個所を判別した上で配管500の状態を分析することができる。状態分析部202が振動情報に基づいて配管500の状態を分析するにあたり、分析が可能であるのは振動発生個所の近くにおける配管500状態である。つまり、状態分析部202は、分析対象位置を特定した上で配管500の状態を分析することができる。したがって、本実施形態における分析装置200は、第1の実施形態における分析装置100と比較して、配管500の状態をより正確に分析することができる。

40

【0053】

なお、本実施形態において、状態分析部202は、例えば開閉判定部201により開操

50

作又は閉操作が行われたと判定された開閉装置 501 - 1・・・m の設置位置から所定の距離にある範囲を、分析対象位置とすることができる。また、状態分析部 202 は、開閉判定部 201 により開操作又は閉操作が行われたと判定された開閉装置 501 - 1・・・m の設置位置から振動検知部 110 の設置位置までの間を、分析対象位置としてもよい。

【0054】

本実施形態における分析装置 200 及び分析システム 20 には、各構成要素について様々の変更を加えることができる。

【0055】

分析システム 20 において、複数の開閉検知部 120 - 1・・・n により検知対象となる開閉装置 501 - 1・・・m の数は任意とすることができる。すなわち、複数の開閉検知部 120 - 1・・・n は、分析対象となる配管 500 に備えられた開閉装置 501 - 1・・・m のすべての状態をそれぞれ検知することができるし、開閉装置 501 - 1・・・m の一部のものの状態をそれぞれ検知することもできる。また、複数の開閉検知部 120 - 1・・・n が開閉装置 501 - 1・・・m の一部の状態それぞれ検知する場合、検知対象となる開閉装置 501 - 1・・・m は、配管 500 に応じて適宜選択することができる。図 7 に示すとおり、複数の開閉検知部 120 - 1・・・n は、例えば配管 500 に分岐があるならば、開閉装置 501 - 1・・・m のうち、分岐のそれぞれにある少なくとも一つの状態を検知すると好ましい。また、複数の開閉検知部 120 - 1・・・n は、例えば配管 500 が建物内の上水道管である場合には、各階の配管 500 に備えられた少なくとも一つの開閉装置 501 に開閉検知部 120 を取り付けられることが好ましい。このようにすることで、検知部 120 - 1・・・n が開閉装置 501 - 1・・・m の一部の状態それぞれ検知する場合であっても、分析システム 20 は、より広い範囲について配管 500 の状態を分析することができる。

【0056】

また、複数の開閉検知部 120 - 1・・・n は、一部の開閉装置 501 の状態を検知対象とする場合、例えば流れる流量の大きな開閉装置 501 の状態を検知対象とすることができる。このようにすることで、分析装置 200 において、最大振幅の大きな振動情報に基づいて配管 500 の状態を分析することが容易になる。その結果、分析装置 200 は、配管 500 の状態をより正確に分析することができる。

【0057】

更に、状態分析部 202 は、任意の手順で配管 500 の状態を分析することができる。例えば、状態分析部 202 は、一つの分析対象位置に関して配管 500 の状態を分析し、配管 500 に劣化が生じていると判断した場合、当該分析対象位置の近隣の分析対象位置に関して配管 500 の状態を分析することができる。また、状態分析部 202 は、配管 500 に劣化が生じていると判断した分析対象位置の数に応じて、分析対象となる配管 500 全体の劣化の程度を判断することができる。このように、状態分析部 202 が種々の手順で配管 500 の状態を分析することで、分析装置 200 は、配管 500 の状態をより正確に分析することができる。

(第3の実施形態)

続いて、本発明の第3の実施形態について説明する。図8は本発明の第3の実施形態における分析装置の構成を示すものである。また、図9は、本発明の第3の実施形態における分析システムの構成を示すものである。

【0058】

図8に示すとおり、本発明の第3の実施形態における分析装置 300 は、配管 500 に設けられた開閉装置 501 の状態を検知する開閉検知部が検知した開閉情報に基づいて開閉装置 501 の開閉状態を判定する開閉判定部 301 と、開閉判定部 101 が判断した開閉装置 501 の開閉状態に応じて、配管 500 の振動を検知する複数の振動検知部 110 - 1・・・n が検知した振動情報に基づいて配管 500 の状態を分析する状態分析部 302 とを有するものである。

【0059】

また、図 9 に示すとおり、本発明の第 3 の実施形態における分析システム 30 は、配管 500 に設けられた開閉装置 501 の状態を検知する開閉検知部 120 と、配管 500 の振動を検知する複数の振動検知部 110 - 1・・・n と、分析装置 100 とを有するものである。

【0060】

すなわち、本実施形態における分析システム 30 は、複数の振動検知部 110 - 1・・・n を有する点が、第 1 の実施形態における分析システム 10 と異なる。また、本実施形態における分析装置 300 は、状態分析部 302 が、複数の振動検知部 110 - 1・・・n の各々が検知した複数の振動情報に基づいて配管の状態を分析する点が、第 1 の実施形態における分析装置 300 と異なる。それ以外の構成に関しては、本実施形態における分析装置 300 及び分析システム 30 は、第 1 の実施形態における分析装置 100 及び分析システム 10 とそれぞれ同様の構成を有している。つまり、本実施形態における分析装置 300 おいては、状態分析部 302 は、配管 500 における薄肉化又は接続部 503 の機械的欠陥等を含む劣化判定や漏洩判定を、第 1 の実施形態における分析装置 100 の状態分析部 102 と同様に行うことができる。

【0061】

本実施形態における分析装置 300 において、状態分析部 302 は、複数の振動検知部 110 - 1・・・n の各々が検知した複数の振動情報に基づいて配管の状態を分析する。複数の振動検知部 110 - 1・・・n の各々の振動検知位置は、予め知ることができる。そのため、状態分析部 302 は、振動の検出個所を判別した上で配管 500 の状態を分析することができる。すなわち、状態分析部 302 は、分析対象位置を特定した上で配管 500 の状態を分析することができる。したがって、本実施形態における分析装置 300 は、第 2 の実施形態における分析装置 200 と同様に、配管 500 の状態をより正確に分析することができる。

【0062】

本実施形態における分析装置 300 及び分析システム 30 には、各構成要素について様々の変更を加えることができる。

【0063】

分析システム 30 において、複数の振動検知部 110 - 1・・・n の数やその配置は任意とすることができる。一例として、例えば配管 500 に分岐があるならば、複数の振動検知部 110 - 1・・・n は、分岐のそれぞれについて振動を検知するよう配置されると好ましい。また、例えば配管 500 が建物内の上水道管である場合には、複数の振動検知部 110 - 1・・・n は、各階の配管 500 の振動を検知するよう配置されると好ましい。このようにすることで、分析システム 30 は、より広い範囲について配管 500 の状態を分析することができる。

【0064】

更に、状態分析部 302 は、任意の手順で配管 500 の状態を分析することができる。例えば、状態分析部 302 は、複数の振動検知部 110 - 1・・・n の中の一つの振動情報に基づいて配管 500 の状態を分析し、配管 500 に劣化が生じていると判断した場合、当該振動検知部 110 の近隣の振動を検知する振動検知部 110 の振動情報に基づいて配管 500 の状態を分析することができる。また、状態分析部 302 は、配管 500 に劣化が生じていると判断した振動情報を検知した複数の振動検知部 110 - 1・・・n の数に応じて、分析対象となる配管 500 全体の劣化の程度を判断することができる。このように、状態分析部 302 が種々の手順で配管 500 の状態を分析することで、分析装置 300 は、配管 500 の状態をより正確に分析することができる。

【0065】

なお、本実施形態における分析装置 300 は、第 2 の実施形態における分析装置 200 と、互いに組み合わせることができる。また、本実施形態における分析システム 30 は、第 2 の実施形態における分析システム 20 と、互いに組み合わせることができる。

【0066】

10

20

30

40

50

すなわち、この場合における分析装置 300 は、配管 500 に設けられた複数の開閉装置 501 - 1・・・m の状態をそれぞれ検知する複数の開閉検知部 120 - 1・・・n が検知した開閉状態に基づいて複数の開閉装置 501 - 1・・・m の各々に対する開閉状態を判定する開閉判定部 301 と、複数の開閉装置 501 - 1・・・m の各々に対する開閉状態に応じて配管 500 における状態の分析を行う分析対象位置を特定し、配管 500 の振動を検知する複数の振動検知部 110 - 1・・・n が検知した振動情報に基づいて分析対象位置に対する配管 500 の状態を分析する状態分析部 302 とを有するものとなる。

【0067】

また、図 10 に示すとおり、この場合における分析システム 30 は、配管 500 に設けられた複数の前記開閉装置 501 - 1・・・m の状態をそれぞれ検知する複数の開閉検知部 120 - 1・・・n と、配管 500 の複数の地点の各々における振動を検知する複数の振動検知部 110 - ・・・n と、上記説明した分析装置 300 とを有するものとなる。

10

【0068】

この場合においても、分析装置 300 は、配管 500 の状態を分析する場合に、配管の状態を分析した場所を判別することができる。そのため、分析装置 300 は、配管 500 に劣化が生じていると判断する場合に、配管 500 にて劣化が生じている箇所を判別することができる。したがって、本実施形態における分析装置 300 及び分析システム 30 は、配管の状態をより正確に分析することができる。

【0069】

以上、本発明における各実施形態を説明したが、本発明はその趣旨を逸脱しない限りにおいて以上述べた各実施形態における構成以外の構成を採用することもできる。また、各実施形態における構成は、本発明の趣旨を逸脱しない限りにおいて、互いに組み合わせることが可能である。

20

(実施例 1)

本発明の第 1 の実施形態に示す分析システム 10 を使用して、流体配管の分析を行った。分析対象の配管 500 として、直径 20 mm、厚み 2 mm、長さ 3 m のステンレス製配管を 2 本作製した。この 2 本のステンレス配管を、接続部 503 にて接続した。接続部 503 として、長さ方向において、直径 26 mm、厚さ 2 mm、長さ 50 mm のステンレス製の接続部材を用いた。配管 500 の一端に、圧力印加用のポンプ 502 を接続し、また他端には開閉装置 501 を接続した。振動検知部 120 は、配管 500 の他端より 100 mm の位置に、配管 500 上に設置した。

30

【0070】

次に、設置直後の状態を基準状態とし、基準状態と 1 年間の経年後の流体配管に対して分析を行った。流体として水を使用し、ポンプ 502 により 1 MPa の圧力を流体配管に印加し、本発明の第 1 の実施形態における分析システム 10 を用いて漏えいの有無を分析した。振動検知部 110 として振動加速度センサを利用した。その後、開閉装置 501 を操作し、配管 500 に、過渡振動波形を発生させ、その場合における開閉装置 501 の開閉操作を開閉検知部 120 にて検知し、かつ当該振動を振動検知部 110 で検知し、これらに基づいて分析装置 100 において共振周波数の変化 δ 及び共振先鋭度の変化 δQ を算出した。更に、過渡振動波形から共振周波数成分を除去し、残留波形成分、すなわち配管 500 の接続部 503 における機械的欠陥の有無を分析した。その結果を表 1 に示す。

40

【0071】

本発明に示す分析システムにより、配管からの流体の漏洩有無、共振周波数変化 δf 、共振先鋭度変化 δQ 、及び接合部の機械的欠陥の有無のそれぞれについて、基準状態と一年後の状態の相違を確認することができた。すなわち、本発明に示す分析システムにより、配管の状態を高精度に分析できることが分かった。

【0072】

【表 1】

	漏洩有無	δf	δQ	機械的欠陥有無
基準状態	無	0	0	無
1年後	有	-0.1	-0.2	有

【0073】

(実施例2)

本実施例においては、流体として窒素ガスを利用し、それ以外は実施例1と同様の条件として、本発明の第1の実施形態における分析システム10により分析を行った。その結果を表2に示す。本発明に示す分析システムにより、本実施例においても配管からの流体の漏洩有無、共振周波数変化 δf 、共振先鋭度変化 δQ 、及び接合部の機械的欠陥の有無のそれぞれについて、基準状態と一年後の状態の相違を確認することができた。すなわち、本発明に示す分析システムにより、配管の状態を高精度に分析できることが分かった。

10

【0074】

【表 2】

	漏洩有無	δf	δQ	機械的欠陥有無
基準状態	無	0	0	無
1年後	有	-0.05	-0.12	有

20

【0075】

(実施例3)

本実施例においては、流体として石油を利用し、それ以外は実施例1と同様の条件として、本発明の第1の実施形態における分析システム10により分析を行った。その結果を表3に示す。本発明に示す分析システムにより、本実施例においても配管からの流体の漏洩有無、共振周波数変化 δf 、共振先鋭度変化 δQ 、及び接合部の機械的欠陥の有無のそれぞれについて、基準状態と一年後の状態の相違を確認することができた。すなわち、本発明に示す分析システムにより、配管の状態を高精度に分析できることが分かった。

30

【0076】

【表 3】

	漏洩有無	δf	δQ	機械的欠陥有無
基準状態	無	0	0	無
1年後	有	-0.15	-0.25	有

【0077】

(実施例4)

本実施例においては、振動検知部110として、振動加速度センサに変えてレーザドップラー振動計を利用した。それ以外は、実施例1と同様の構成及び条件として、本発明の第1の実施形態における分析システム10により分析を行った。その結果を表4に示す。表4に示すとおり、本実施例における結果は、実施例1における表1と同様であった。すなわち、本発明において、振動検知部10として用いられる具体的なセンサの種類に依存せず配管の状態を分析できることを確認した。

40

【0078】

【表 4】

	漏洩有無	δf	δQ	機械的欠陥有無
基準状態	無	0	0	無
1年後	有	-0.1	-0.2	有

【0079】

(付記)

(付記1)

配管に設けられた開閉装置の状態を検知する開閉検知部が検知した開閉情報に基づいて 10
前記開閉装置の開閉状態を判定する開閉判定部と、

前記開閉状態に応じて、前記配管の振動を検知する振動検知部が検知した振動情報に基づいて配管の状態を分析する状態分析部とを有する、分析装置。

(付記2)

前記状態分析部は、前記振動情報を基準状態における振動情報と比較することにより配管の状態を分析する、付記1の分析装置。

(付記3)

前記状態分析部は、前記開閉情報が前記開閉装置の開操作又は閉操作を示す場合における前記振動情報に基づいて配管の状態を分析する、付記1又は2の分析装置。

(付記4)

前記分析部は、前記振動情報に含まれる前記配管の共振を示す共振情報に基づいて、前記配管の劣化状態を分析する、付記3の分析装置。

(付記5)

前記共振情報は、前記配管の共振周波数である、付記3の分析装置。

(付記6)

前記共振情報は、前記配管の共振先鋭度である、付記3の分析装置。

(付記7)

前記分析部は、前記振動情報から共振周波数成分を除いた残留波形成分に基づいて配管の状態を分析する、付記3から6のいずれか一項に記載の分析装置。

(付記8)

前記分析部は、前記開閉情報が前記開閉装置の開状態又は閉状態を示す場合の前記振動情報に基づいて配管の状態を分析する、付記1から7のいずれか一項に記載の分析装置。

(付記9)

前記分析部は、前記振動情報の振幅に基づいて、前記配管からの流体漏洩の有無を特定する、付記8の分析装置。

(付記10)

前記開閉判定部は、前記配管に設けられた複数の前記開閉装置の状態をそれぞれ検知する複数の前記開閉検知部が検知した開閉状態に基づいて複数の前記開閉装置の各々に対する開閉状態を判定し、

前記状態分析部は、複数の前記開閉装置の各々に対する開閉状態に応じて前記配管における状態の分析を行う分析対象位置を特定し、前記振動情報に基づいて前記分析対象位置に対する前記配管の状態を分析する、付記1から9のいずれか一項に記載の分析装置。

(付記11)

前記状態分析部は、複数の前記振動検知部が検知した振動情報に基づいて配管の状態を分析する、付記1から10のいずれか一項に記載の分析装置。

(付記12)

前記配管に設けられた開閉装置の状態を検知する開閉検知部と、

前記配管の振動を検知する振動検知部と、

付記1から9のいずれか一項に記載の分析装置とを有する、分析システム。

(付記13)

10

20

30

40

50

前記配管に設けられた複数の前記開閉装置の状態をそれぞれ検知する複数の開閉検知部と、

前記配管の振動を検知する振動検知部と、

付記 10 の分析装置とを有する、分析システム。

(付記 14)

前記配管に設けられた開閉装置の状態を検知する開閉検知部と、

前記配管の振動を検知する複数の振動検知部と、

付記 11 の分析装置とを有する、分析システム。

(付記 15)

配管に設けられた開閉装置の開閉状態を判定する工程と、

10

前記判定した前記開閉状態に応じて、前記配管の振動情報に基づき配管の状態を分析する工程とを有する、分析方法。

(付記 16)

コンピュータに、

配管に設けられた開閉装置の開閉状態を判定する機能と、

前記判定した前記開閉状態に応じて、前記配管の振動情報に基づき配管の状態を分析する機能とを持たせる、プログラム。

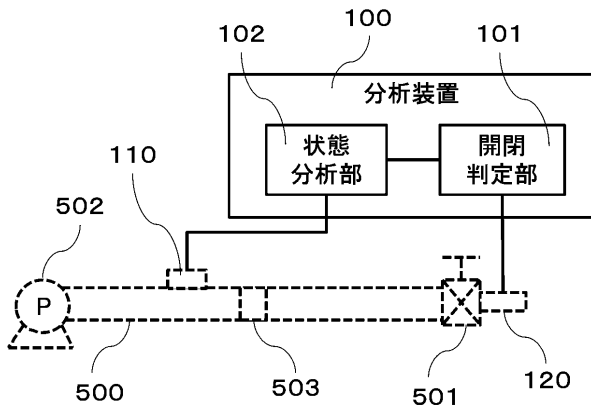
【符号の説明】

【0080】

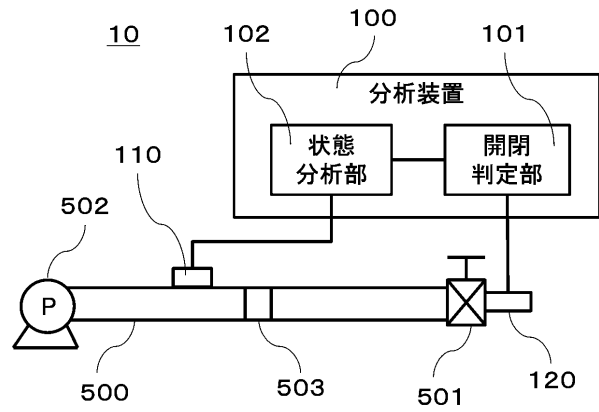
10、20、30	分析システム
100、200、300	分析装置
101、201、301	開閉判定部
102、202、302	状態分析部
110	振動検知部
120	開閉検知部
500	配管
501	開閉装置
502	ポンプ
503	接続部

20

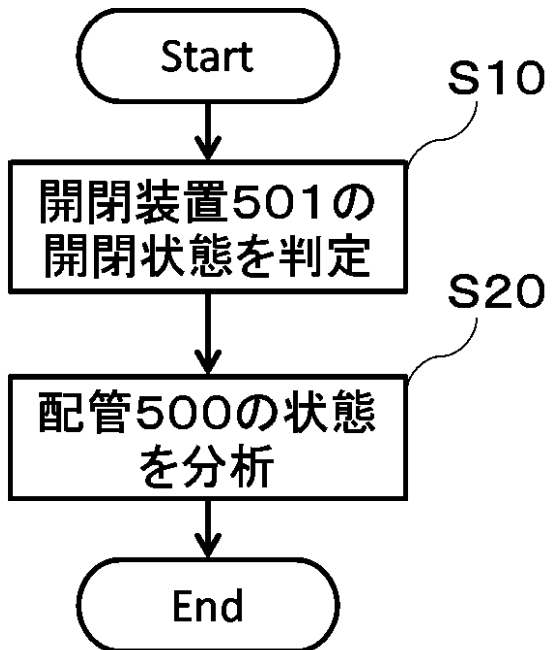
【図 1】



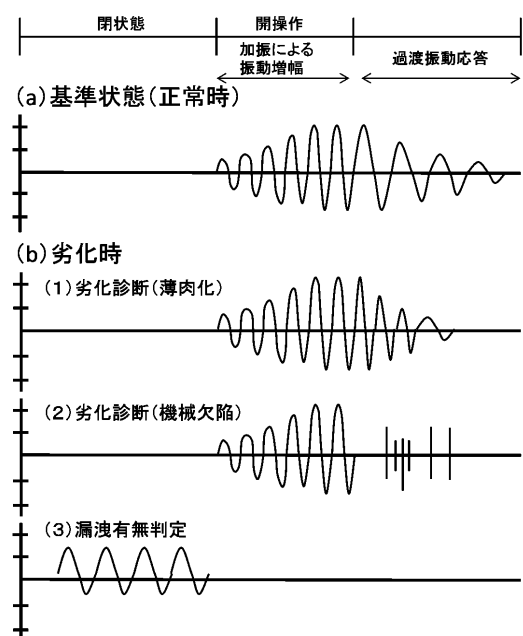
【図 2】



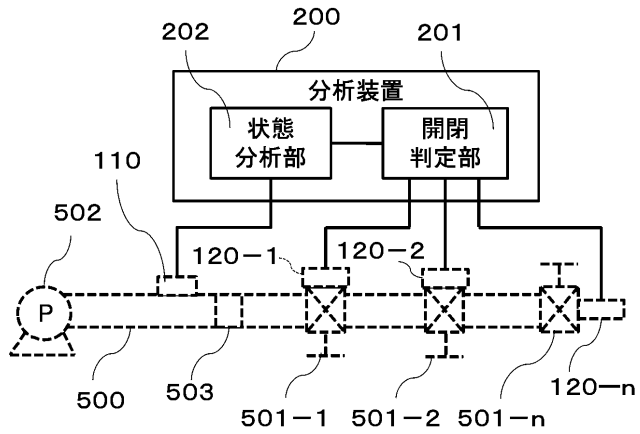
【図 3】



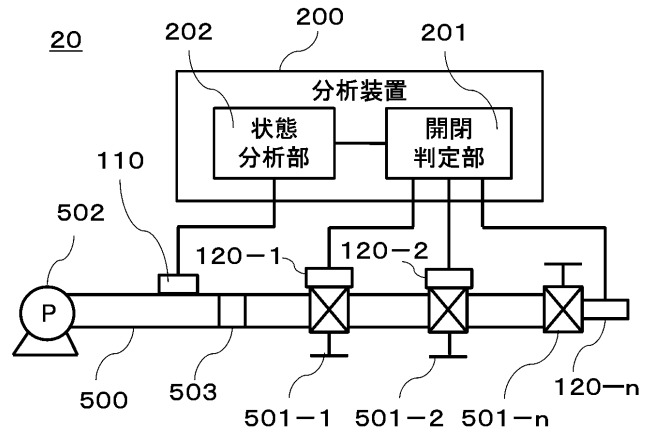
【図 4】



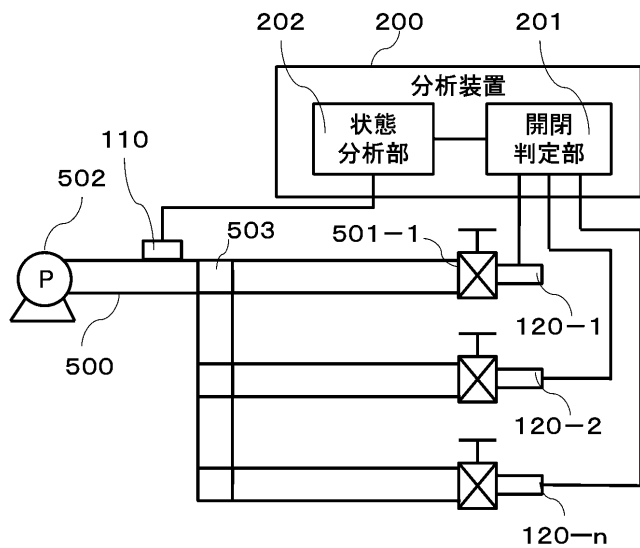
【図 5】



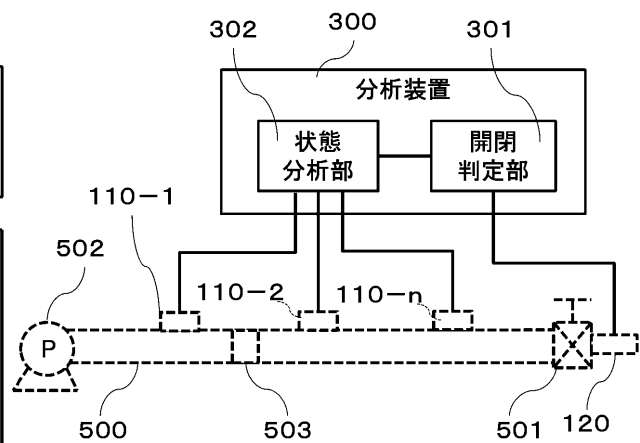
【図 6】



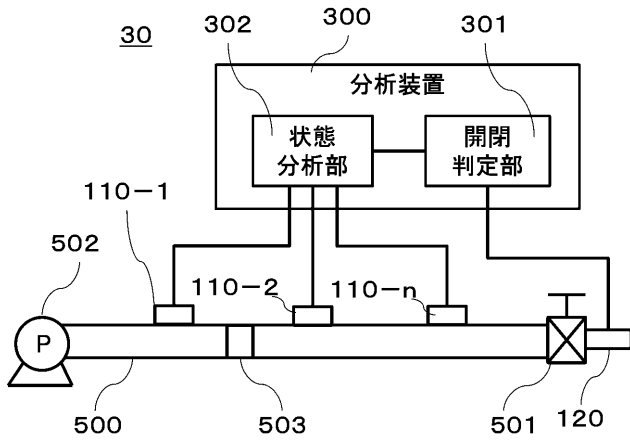
【図 7】



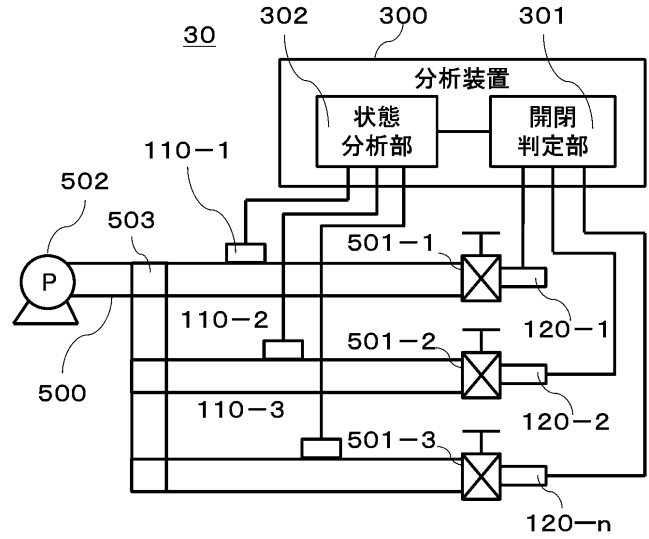
【図 8】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 木下 翔平

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

日本電気株式会社内

F ターム(参考) 2G064 AA04 AB02 AB11 AB22