



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **42039** (13) **C2**

(51) 7 G01L3/24

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**(54) СПОСІБ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОТУЖНОСТІ**

(21) 97063201

(22) 14 12 1995

(24) 15 10 2001

(31) 94120664 1

(32) 27 12 1994

(33) EP

(86) PCT/EP95/04959, 14 12 1995

(46) 15 10 2001, Бюл. № 9, 2001 р

(72) Глогер Майнрад, DE

(73) СІМЕНС АКЦІОНГЕЗЕЛЬШАФТ, DE

(56) EP, 0115291 A1, 08 08 1984

JP, 61-205828 A, 12 09 1986

JP, 2028527 A, 30 01 90

EP, 0412780 A2, 13 02 91

GB, 2262345 A, 16 06 1993

EP, 0609726 A3, 10 08 94

(57) 1 Способ определения мощности, с которой происходит обмен механической энергией между одной из по меньшей мере двух неподвижных машин и пронизывающим ее вдоль направленной оси, вращающимся с определенной угловой скоростью вокруг оси валопроводом, причем энергия передается в валопроводе в направлении оси, **отличающийся** тем, что определяют калибровочный коэффициент валопровода и угол, на который скручен валопровод в машине, и из произведения полученной величины угла скручивания и калибровочного коэффициента определяют мощность

2 Способ по пункту 1, **отличающийся** тем, что к моменту времени отсчета определяют угловые положения двух меток вала, которые размещены на валопроводе рядом с машиной таким образом, что они заключают машину между собой, и определяют величину угла скручивания как разницу угловых положений указанных меток

3 Способ по пункту 2, **отличающийся** тем, что операции способа по пункту 2 циклически повторяют

4 Способ по пункту 3, **отличающийся** тем, что непрерывно определяют временную производную угла скручивания и величину угла скручивания определяют путем временного интегрирования временной производной

5 Способ по пункту 3, **отличающийся** тем, что непрерывно определяют временные производные угловых положений и угол скручивания определяют путем комбинации из образования разницы и временного интегрирования временных производных угловых положений

6 Способ по пункту 5, **отличающийся** тем, что временную производную каждого углового положения определяют путем измерения времени оборота соответствующей метки вала, заданного вращением валопровода

7 Способ по любому из пунктов 3-6, **отличающийся** тем, что величину угла скручивания получают путем определения среднего значения результатов следующих друг за другом измерений

8 Способ по любому из предыдущих пунктов, **отличающийся** тем, что для множества расположенных вдоль валопровода машин мощность определяют для каждой машины и валопровода

9 Устройство для определения мощности, с которой происходит обмен механической энергией между одной из по меньшей мере двух неподвижных машин и пронизывающим ее вдоль направленной оси, вращающимся с определенной угловой скоростью вокруг оси валопроводом, причем энергия передается в валопроводе в направлении оси, **отличающееся** тем, что оно содержит расположенные рядом с машиной по обе стороны от нее измерительные устройства для определения величины угла, на который скручен валопровод в машине, а также соединенное с измерительными устройствами вычислительное устройство для определения мощности как произведения величины угла скручивания и калибровочного коэффициента

10 Устройство по пункту 9, **отличающееся** тем, что измерительные устройства содержат размещенные на валопроводе метки вала, а также неподвижно размещенные рядом с валопроводом и соединенные с метками вала сенсорные датчики

11 Устройство по пункту 10, **отличающееся** тем, что вычислительное выполнено с возможностью определения нулевых положений меток вала при вращении валопровода без обмена механической энергией с машиной и с возможностью определения угловых положений меток вала относительно соответствующих нулевых положений при вращении валопровода в режиме обмена механической энергией с машиной

12 Устройство по пункту 10 или 11, **отличающееся** тем, что измерительные устройства установлены каждое в расположенном рядом с машиной корпусе подшипника, в котором на подшипнике установлен валопровод

13 Устройство по любому из пунктов 9-12, **отличающееся** тем, что вычислительное устройство

содержит компаратор сравнения полученного значения мощности с заданным номинальным значением, а также сигнальное устройство выдачи сообщения при отклонении мощности от номинального значения

14 Устройство по любому из пунктов 9-13, **отличающееся** тем, что машина является турбиной, в частности газовой турбиной или паровой турбиной или генератором

15 Устройство по любому из пунктов 9-14, **отличающееся** тем, что для множества машин, которые расположены друг за другом вдоль валопро-

вода, предусмотрены измерительные устройства для определения соответствующего угла, на который скручен валопровод в соответствующей машине, а вычислительное устройство выполнено с возможностью определения мощности, с которой происходит обмен механической энергией для каждой машины и валопровода

16 Устройство по пункту 15, **отличающееся** тем, что между каждыми двумя машинами предусмотрено только одно единственное измерительное устройство

Изобретение относится к способу и устройству для определения мощности, с которой происходит обмен механической энергией между неподвижной машиной и пересекающим ее вдоль направленной оси, вращающимся с угловой скоростью вокруг оси валопроводом, причем энергия в валопроводе передается в направлении оси

Изобретение при этом относится одновременно к определению мощности, которая отдается машиной к валопроводу и к определению мощности, которую машина принимает из валопровода

Способ и устройство для определения мощности, с которой происходит обмен механической энергией между неподвижной машиной и вращающимся валопроводом, являются известными в уровне техники в различных формах. В частности, является известным соответствующим применяемое устройство, в котором определение мощности сводится к моменту вращения, который является действующим во введенном в валопровод и скручивающем его образце для испытаний. Этот образец для испытаний может, например, быть соответственно суженной и снабженной подходящими сенсорными датчиками частью валопровода

Относительно уровня техники следует сослаться на EP-0 609 726 A2, GB 2 262 345 A, EP 0 412 780 A2, соответствующий Патенту США 5, 215,145, а также реферат из "Patent Abstract of Japan" том 11, № 35 (P-542) [2482]. Каждый из этих документов относится к способу измерения и устройству измерения для определения мощности, с которой механическая энергия протекает через вращающийся вал. Устройство охватывает множество размещенных на валу меток вала, множество неподвижных, приданных в соответствие каждой метке вала сенсорных датчиков, а также средства для оценки сигналов, которые выдаются сенсорными датчиками и из которых вычисляется мощность. В каждом случае вал между двумя метками вала выполнен просто и неструктурированно, то есть он является цилиндрическим. Метки вала также расположены друг от друга только на небольшом расстоянии. Эта конфигурация позволяет теоретически предсказывать появляющееся при данной мощности скручивание вала и дает возможность непосредственно и абсолютно измерять мощность с использованием таких предсказаний. Эти преимущества в связи с дальнейшими развитиями лишают устройство гибкости. Впрочем, каждое известное устройство и каждый известный

способ должны обходиться со сравнительно малым скручиванием вращающегося вала, что может приводить к значительному ухудшению точности предпринимаемого измерения

В качестве области применения для изобретения рассматривается, в частности, контроль состоящего из множества машин машинного агрегата, причем машины машинного агрегата расположены друг за другом вдоль общего, вращающегося валопровода. В качестве такого машинного агрегата может, например, рассматриваться одно-вальный турбоагрегат, содержащий, как правило, множество паровых турбин, при необходимости, газовую турбину, а также генератор. В связи с этим применением следует еще раз сослаться на EP 0 609 726 A2. В таком машинном агрегате является из разных соображений важным, тщательно согласовывать распределение подачи и отбора механической энергии на отдельных машинах, чтобы равномерно нагружать машины и избегать перегрузок. Перегрузка при этом может заключаться как в чрезмерной нагрузке, так и в незапланированном холостом ходе, последний критерий особенно справедлив для паровой турбины, которая при недостаточной нагрузке паром работает больше не как турбина, а как компрессор и может за счет этого подвергаться экстремальным температурным нагрузкам.

В соответствии с этим изобретение исходит из задачи создания способа, а также устройства для определения мощности, с которой происходит обмен механической энергией между неподвижной машиной и пересекающим ее вдоль направленной оси, вращающимся вокруг оси валопроводом, причем способ и устройство отличаются простотой и надежностью эксплуатации, а также должны быть пригодными в соответствующем исполнении для контроля более мощного машинного агрегата.

Относительно способа для решения задачи согласно изобретения указан способ определения мощности, с которой происходит обмен механической энергией между одной из по меньшей мере двух неподвижных машин и пронизывающим ее вдоль направленной оси, вращающимся с определенной угловой скоростью вокруг оси валопроводом, причем энергия передается в валопроводе в направлении оси, в котором, согласно изобретению, определяют калибровочный коэффициент валопровода и угол, на который скручен валопро-

вод в машине, и из произведения полученной величины скручивания и калибровочного коэффициента определяют мощность

При этом существенный признак изобретения заключается в том, что за исключением использования известных устройств измерения мощности, прибегают к так или иначе имеющимся и для указанной цели не обязательно подлежащим изменению компонентам машины или соответственно машинного агрегата. Согласно изобретения непосредственно используют скручивание валопровода, которое устанавливается путем получающейся в результате обмена механической энергией внутри машины и не требующей более подробного пояснения нагрузки валопровода. Изобретение использует с преимуществом тот факт, что сравнительно малая склонность обычного валопровода к скручиванию более чем компенсируется необходимой длиной валопровода, требующейся чтобы пересечь машину

Условием для измерения мощности является то, чтобы механическая энергия, обмен которой должен измеряться, течения в определенном направлении через валопровод и не разделялась на частичные потоки, которые оттекают в противоположных относительно друг друга направлениях. Если это имеет место, то согласно изобретению можно измерять только разность между частичными потоками, которая, конечно, также имеет определенное значение для работы машины и, при необходимости, может быть дополнена дополнительными измерениями, которые позволяют сделать высказывание об обмене мощности в целом, главной же областью применения изобретения является, конечно, машина, к которой энергия или притекает вдоль определенного направления или от которой энергия оттекает в определенном направлении. В турбоагрегате с несколькими турбинами и генератором, которые все сидят на одном единственном валопроводе, такое имеет место всегда, поскольку все турбины вводят механическую энергию в валопровод и только генератор принимает энергию из валопровода. Поэтому получается однозначное направление, в котором течет энергия. В машине, в которой подобное не имеет места, разумеется всегда остается возможность установления баланса энергии, из которого для каждой машины может быть сделано действительное высказывание относительно мощности, обмененной между ней и валопроводом

Для машины, которая находится на конце валопровода так, что выступающий из этой машины конец валопровода находится окончательно на холостом ходу, при заданном направлении вращения при применении изобретения можно также установить, принимает ли машина мощность от валопровода или отдает ему мощность. Для этого следует определить ориентацию данного скручиванием валопровода псевдоскаляра и поставить в отношение к ориентации псевдовектора, который получается за счет направления вращения валопровода. Отсюда можно определить направление, а именно то направление, которое дополняет ориентацию псевдовектора к имеющемуся псевдоскаляру. Соответственно этому это направление во всяком случае параллельно к оси, вокруг которой вращается валопровод. Если это направ-

ление указывает к вращающемуся вхолостую концу валопровода, то машина отбирает энергию из валопровода, если оно указывает от вращающегося вхолостую конца валопровода, то машина отдает энергию

Подлежащий учету согласно изобретению калибровочный коэффициент является более или менее сложной функцией модуля кручения материалов, из которых состоит валопровод внутри машины, геометрических параметров валопровода, а также угловой скорости, с которой вращается валопровод. Аналитическое определение калибровочного коэффициента может приводить к большим трудностям в случае имеющего сложную конструкцию и сложную форму валопровода, как это может иметь место, например, в активной турбине. Калибровочный коэффициент однако может, как правило, определяться без проблем в рамках пробного включения машины и валопровода, предпочтительно в виде функции рабочих параметров и для всех рабочих состояний, с которыми приходится считаться в нормальном режиме. Более поздние изменения скручивания валопровода можно затем производить как относительные измерения, что не препятствует их применимости для контроля безупречной работы машины и валопровода

Предпочтительно соответствующее изобретению определение мощности производят таким образом, что к моменту времени отсчета определяют угловые положения двух меток вала, которые соответственно позиционированы на валопроводе рядом с машиной и заключают машину между собой, и определяют угол, как разницу этих угловых положений. Измерение угловых положений может производиться простыми средствами, например, стробоскопически, оно требует только незначительных затрат и ни в коей мере не является сложным

С дальнейшим преимуществом определение мощности циклически повторяют и таким образом поставляют важное высказывание относительно оценки того, безупречно ли функционирует машина и валопровод

Кроме того, определение угла производят предпочтительно за счет того, что в основном непрерывно определяют временную производную угла и угол определяют путем временного интегрирования производной. Если угол, как упомянуто, должен определяться из угловых положений меток вала, то в равной мере предпочтительно производят в основном непрерывно определение временных производных угловых положений и определение угла за счет комбинации из образования разности и временного интегрирования производных угловых положений. При этом не имеет особого значения, образуют ли вначале разности временных производных и затем производят временное интегрирование или вначале интегрируют временные производные угловых положений сами по себе и затем образуют разность из интегралов

Определение временных производных угловых положений производят далее предпочтительно путем измерения получающегося в результате вращения валопровода времени оборота соответствующей метки вала. При этом используют то, что время оборота метки вала изменяется, если

вал скручивается во время оборота метки вала так, что это изменение является мерой для временного изменения скручивания валопровода и тем самым мерой для временной производной углового положения. Показание угла легко можно получить путем умножения с угловой скоростью валопровода. Если измерение такого рода циклически повторяют, то в результате получается равномерная по времени последовательность времен оборота, на которую модулировано обусловленное скручиванием валопровода временное изменение углового положения.

Принципиально и независимо от подробностей определения угла является предпочтительным усреднять угол по множеству следующих по времени друг за другом определений и таким образом создавать известную компенсацию для ошибок измерения. Это является, в частности, важным при использовании способа для контроля распределения подачи и отбора механической энергии в машинном агрегате с множеством машин, так как подобный контроль производят обычно в течение относительно больших пространств времени и относительно грубое разделение такого пространства времени, в частности, с тактом длиной в несколько секунд, является достаточным для обеспечения квазинепрерывного контроля.

Относительно устройства лежащая в основе изобретения задача решается устройством для определения мощности, с которой происходит обмен механической энергией между одной из по меньшей мере двух неподвижных машин и пронизывающим ее вдоль направленной оси, вращающимся с определенной угловой скоростью вокруг оси валопроводом, причем энергия передается в валопроводе в направлении оси, которое, согласно изобретению содержит расположенные рядом с машиной по обе стороны от нее измерительные устройства для определения величины угла, на который скручен валопровод в машине, а также соединенное с измерительными устройствами вычислительное устройство для определения мощности.

Для пояснения этого устройства следует вначале сослаться на пояснения относительно способа согласно изобретения.

Измерительные устройства содержат предпочтительно размещенные на валопроводе метки вала, а также размещенные неподвижно рядом с валопроводом и связанные с метками вала сенсорные датчики.

В качестве меток вала и сенсорных датчиков является возможным большое многообразие выполнений, важным является лишь то, чтобы метки вала и сенсорные датчики были выполнены так, что сенсорным датчиком было возможным к данному времени определение положения метки вала или чтобы сенсорный датчик выдавал сигнал, когда мимо него проходит метка вала. Как пример для первого случая следует указать на устройство с цветовой маркировкой в качестве метки вала и стробоскопом с камерой в качестве сенсорного датчика, для названного вторым выполнением следует назвать устройство с размещенным на валопроводе и вращающимся вместе с ним магнитом и катушкой индуктивности в качестве сенсорного датчика, альтернативно в ка-

честве метки вала может рассматриваться предусмотренное на валопроводе возвышение и в качестве сенсорного датчика датчик приближения. Вид и способ связи между сенсорным датчиком и вычислительным устройством не требует здесь никакого подробного пояснения, она должна ориентироваться на требования каждого отдельного случая.

Вычислительное устройство в заявленном устройстве предпочтительно является выполненным так, что во время вращения валопровода на холостом ходу, то есть без обмена механической энергией, им могут определяться нулевые положения меток вала и что затем, когда валопровод вращается при обмене механической энергией между собой и машиной, могут определяться угловые положения относительно нулевых положений. Эти относительные определения поставляют непосредственные высказывания о скручивании валопровода и непосредственно воспроизводят влияние, которое оказывает обмененная механическая энергия на состояние валопровода.

Предпочтительным местом для измерительного устройства является расположенный рядом с машиной корпус подшипника, в котором установлен валопровод в подшипнике. Это выполнение отличается особенно небольшими аппаратными затратами и поэтому является особенно выгодным.

Кроме того, является предпочтительным вычислительное устройство, выполненное для сравнения определенной мощности с заданным номинальным значением и для выдачи сообщения в случае, когда мощность отклоняется от номинального значения. Само собой разумеется, что заданное номинальное значение может быть одним значением из нескольких, причем каждое из этих значений является номинальным значением, соответствующим определенному рабочему состоянию. Таким образом, отклонение, которое может указывать на неправильную работу машины, может обнаруживаться особенно просто.

Особенное значение имеет использование устройства в машине в виде турбины, например, газовой турбины или паровой турбины, или в виде генератора.

Особенное значение имеет использование устройства для множества машин, которые расположены друг за другом вдоль валопровода, в котором измерительные устройства для определения соответствующего угла, на который скручен валопровод, предусмотрены для каждой машины и в котором вычислительное устройство выполнено для определения мощности, с которой происходит обмен механической энергией, соответственно для каждой машины и валопровода. Такое устройство вносит существенный вклад в рабочий контроль агрегата из нескольких машин, так как оно особенно пригодно для контроля того, как распределены подача и отбор механической энергии по машинному агрегату. Таким устройством можно просто распознавать недопустимые нагрузки отдельных машин и приводить путем выдачи соответствующих сообщений к их быстрому устранению.

С дальнейшим преимуществом устройство выполнено таким образом, что соответственно между двумя машинами предусмотрено только одно единственное измерительное устройство, которое привлекается для определения мощности обеих машин

Примеры выполнения изобретения следуют из чертежа. При этом чертеж выполнен частично схематизированным и частично искаженным, чтобы особенно выделить некоторые признаки. На фигурах, в частности, показано

Фиг. 1 машина и валопровод вместе с устройством для определения мощности, с которой происходит обмен энергией между ними,

Фиг. 2 часть валопровода для пояснения определенных признаков,

Фиг. 3 валопровод с множеством машин, а также устройством, позволяющим сделать для каждой машины высказывание об обмененной между ней и валопроводом энергии

Фиг. 1 показывает не требующую здесь более подробной спецификации машину 1, которую пересекает вдоль оси 5 валопровод 6, причем машина 1 является неподвижной, а валопровод 6 вращается с угловой скоростью вокруг оси 5, и причем между машиной 1 и валопроводом 6 происходит обмен энергией

Валопровод 6 установлен в подшипниках 16, которые соответственно расположены попарно справа и слева рядом с машиной 1 и окружены соответствующим корпусом подшипника 11 или 12. Корпуса подшипников 11 и 12 показаны лишь схематически

Для определения мощности, с которой обменивается механическая энергия между машиной 1 и валопроводом 6, на валопроводе 6 размещены две метки вала 8, причем каждая метка вала 8 расположена в корпусе подшипника 11 или 12 и метки вала 8 заключают между собой машину 1. Каждый корпус подшипника 11 или 12 несет кроме того по одному неподвижному сенсорному датчику 9, который находится в связи с соответствующей меткой вала 8 и который может выдавать специфическое высказывание относительно углового положения метки вала 8 на вычислительное устройство 10

Если внутри машины 1 происходит обмен энергией между машиной 1 и валопроводом 6, то валопровод 6 скручивается, что приводит к смещению меток вала 8 друг относительно друга, определенному относительно расположения меток вала 8 в состоянии покоя или при холостом ходе валопровода 6. Это проявляется в появлении специфической разницы между угловыми положениями меток вала 8, которые сигнализируются сенсорными датчиками 9 вычислительного устройства 10. Вычислительное устройство 10, в котором намечены только важные в данном случае функциональные блоки, определяет в вычитателе 17 разность между сообщенными угловыми положениями и сравнивает в компараторе 18 эту разность с номинальным значением, которое или одно или вместе с другими номинальными значениями запомнено в накопителе 19 в соответствии с возможными рабочими состояниями валопровода 6 и машины 1 и дает результат этого сравнения к датчику сигнала 20, который выдает сообщение,

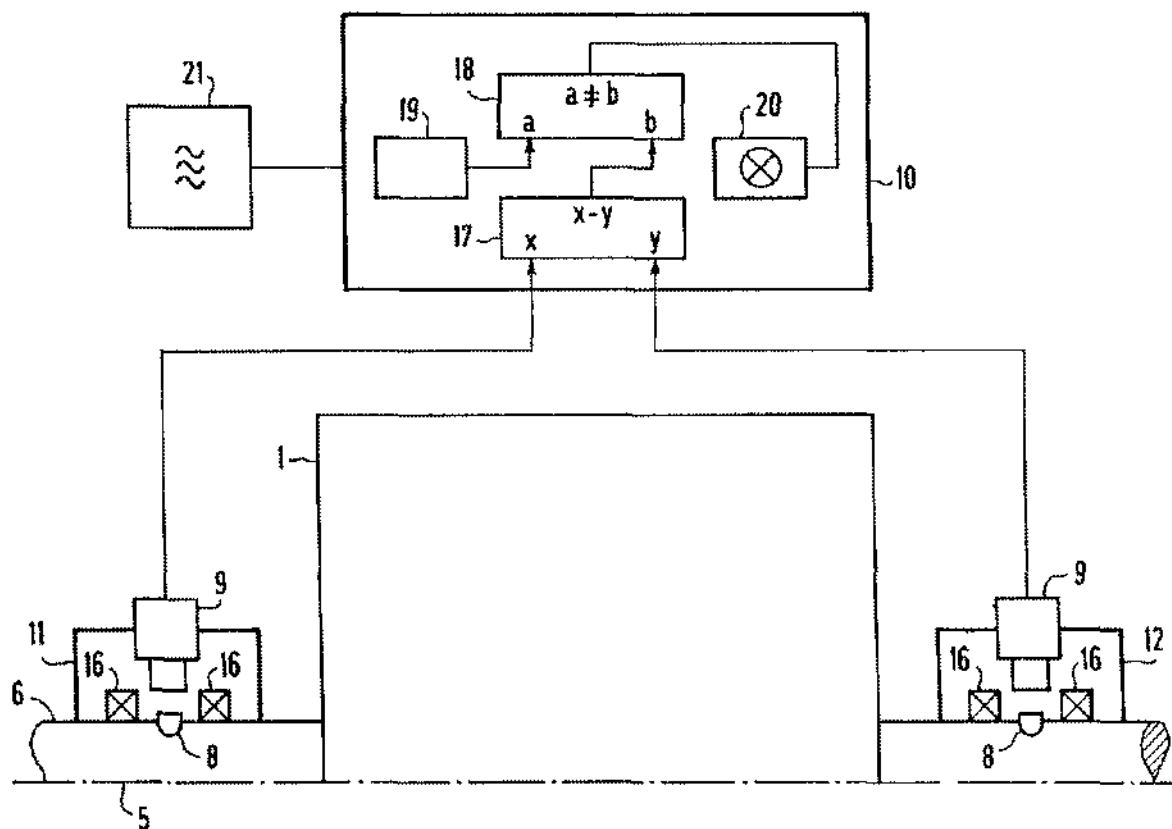
если имеется отклонение между разностью и номинальным значением. Вычислительное устройство 10 имеет далее датчик тактовых импульсов 21, который может использоваться как для проведения циклически повторяющихся измерений угловых положений, так и для измерения времен оборота меток вала, которые должны изменяться, если вследствие изменяющихся рабочих условий изменяется скручивание валопровода 6 между метками вала 8. Подробности выполнения меток вала 8, сенсорных датчиков 9, вычислительного устройства 10, а также соединений между ними имеют в данной связи только второстепенное значение, для меток вала 8 и сенсорных датчиков 9 могут приниматься во внимание многочисленные типы, вычислительное устройство 10 может быть соответственно запрограммированным компьютером. Из уровня техники следует большое многообразие соответствующих указаний так, что здесь можно отказаться от дальнейших пояснений

Что должно пониматься под скручиванием, следует самым отчетливым образом из Фиг. 2. Там показана часть валопровода 6, о котором предполагается, что он вращается в направлении против часовой стрелки вокруг направленной оси 5. Предположим, что механическая энергия течет вдоль заданного осью 5 направления через валопровод 6. Между обоими концами представленной части валопровода 6, на котором нанесены метки вала 8 в виде радиальных стрелок, механическая энергия течет из валопровода 6 (в не представленную) машину 1, 2, 3, 4. Это приводит к тому, что вал 6 скручивается, что выражается в том, что передняя метка вала 8 относительно ее (показанного штриховой линией) положения покоя поворачивается налево. Между положением покоя и действительным положением лежит угол 7, который является мерой для обмена энергией между валопроводом 6 и машиной 1, 2, 3, 4, в данном случае для оттока механической энергии из валопровода 6. Дело в том, что этот угол 7 является пропорциональным моменту вращения, который воздействует на валопровод 6, и который, будучи помноженным на угловую скорость, с которой вращается валопровод 6, дает значение мощности, с которой обменивается энергия. Измерение угла 7 может в принципе производиться всеми мыслимыми методами, однако предпочтительно, поскольку это является легко реализуемым, можно измерять угловые положения обеих меток вала 8 относительно любой, установленной точки отсчета и затем образовывать угол 7 как разницу этих угловых положений. Подробности относительно этого уже были пояснены так, что дальнейшие пояснения не являются здесь обязательными

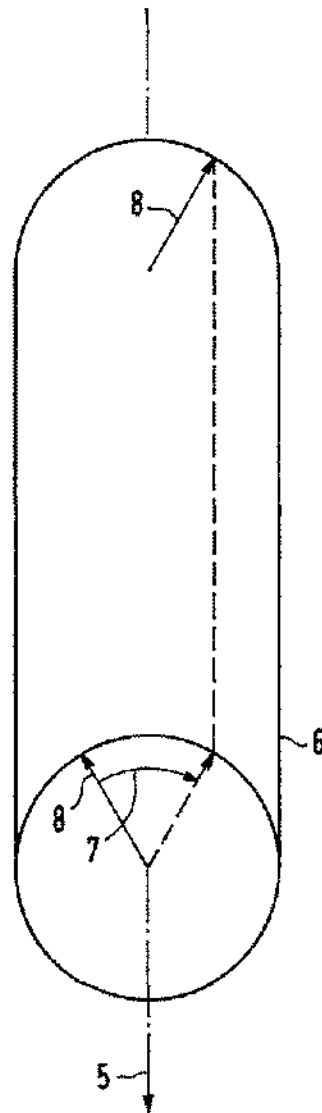
Фиг. 3 показывает машинный агрегат с газовой турбиной 1, паровой турбиной высокого давления 2, паровой турбиной низкого давления 3 и генератором 4, все четыре машины 1, 2, 3, 4 расположены на общем валопроводе 6. При этом не имеет существенного значения, является ли этот валопровод 6 одной единственной проходящей деталью или состоит из нескольких связанных друг с другом деталей. Между соответственно двумя машинами 1 и 2, 2 и 3 или соответственно 3 и 4 находится соответственно один единственный

подшипник 12, 13, 14, также между каждым концом валопровода 6 и соответствующей машиной 1 или 4 предусмотрен один подшипник 11 или 15. Каждый подшипник снабжен измерительными устройствами 8, 9, в частности, соответственно меткой вала 8 и сенсорным датчиком 9. С этими пятью оборудованными корпусами подшипников 11 - 15 является возможным определить для каждой машины 1, 2, 3, 4 обмененную между ней и валоп-

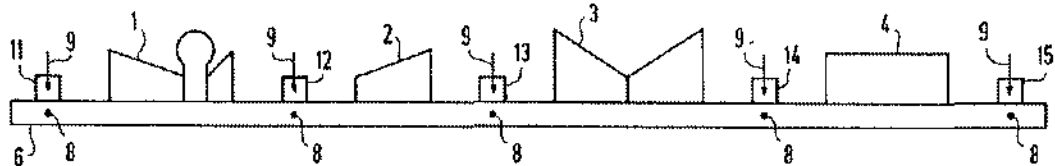
роводом 6 мощность и таким образом прийти к высказыванию, каким образом распределены подвод механической энергии к валопроводу 6, а также отвод механической энергии от валопровода 6 по машинному агрегату 1, 2, 3, 4. Таким образом можно обеспечивать, что каждая из машин 1, 2, 3, 4 эксплуатируется благоприятным для нее образом и можно надежно распознавать возможно появляющиеся критические рабочие состояния.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

3/3

Тираж 50 экз

Відкрите акціонерне товариство «Патент»

Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101

(03122) 3-72-89 (03122) 2-57-03

