



УКРАЇНА

(19)

UA

34482 (із)
C2

.(51) 7G01H1/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І
НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) МОНИТОРНА СИСТЕМА ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ КОЛІЗАЛЫ (ІХ СТАНІВ ЧИСЛЕННИХ ЛОПАТОК НА РОБОЧОМУ КОЛЕСІ, ЯКЕ ОБЕРТАЄТЬСЯ

(21)96010196

(22)11.07.1994

(24)15.03 2001

(31)93111618.0

(32)20.07.1993

(33) EP

(86) PCT/EP94/02258.11.07.1994

(46) 15.03 2001, Бюл № 2, 2001 р.

(72) Бьорес Ханс-Йохен (DE), Глогер Майнрад (DE), Юнг Міхаель (DE)

(73) СІМЕНСАГ (OE)

(56) Патент США №4934192, 1990.

(57) 1 Мониторная система для отображения колебательных состояний множества лопаток на вращающемся рабочем колесе, содержащая неподвижное сенсорное устройство с, по меньшей мере, одним приданным рабочему колесу сенсором и связанным с ним датчиком импульсов, причем датчик импульсов служит для формирования сенсорного импульса, который маркирует момент времени, в котором лопатка проходит мимо сенсора, с приданным рабочему колесу маркерным датчиком для формирования маркерного импульса в момент нахождения рабочего колеса в определенном нулевом положении, устройство оценки с модулем приведения в соответствие, которое выполнено с возможностью подведения к нему сенсорных и маркерных импульсов, и которое служит для приведения в соответствие каждого сенсорного импульса с учетом маркерных импульсов той лопатки, которая его вызвала, а также для преобразования сенсорных импульсов каждой лопатки в колебательные данные, которые характеризуют колебательное состояние лопатки, устройство отображения со средством отображения для отображения колебательных данных, отличающаяся тем, что устройство оценки содержит накопительный модуль и оперативный накопитель, к которому имеет доступ накопительный модуль, выполненный с возможностью приема для каждой лопатки множества полученных последовательно во времени колебательных данных и выборки колебательных данных устройством отображения, причем накопительный модуль выполнен по типу сдвигового регистра с возможностью подведения к нему колебательных данных всех лопаток для запоминания в оперативном накопителе и перезапоминания или перезаписывания уже запомненных колебательных дан-

ных при подведении новых колебательных данных

2. Мониторная система по п 1, отличающаяся тем, что сенсорное устройство содержит два при данных рабочему колесу и расположенных на расстоянии друг от друга по периметру рабочего колеса сенсора, а устройство оценки выполнено с возможностью преобразования временной разницы между сенсорным импульсом от первого сенсора и сенсорным импульсом от второго сенсора в колебательные данные для каждой лопатки

3. Мониторная система по любому из пп.1 или 2, отличающаяся тем, что один или каждый сенсор является электромагнитным

4. Мониторная система по п 3, отличающаяся тем, что один или каждый сенсор является чувствительным к расстоянию и выполнен с возможностью формирования импульса при перемещении мимо него лопатки.

5. Мониторная система по любому из пп. 1-4, отличающаяся тем, что оперативный накопитель выполнен с возможностью запоминания всех колебательных данных промежутка времени, в котором рабочее колесо совершает, по меньшей мере, 100 оборотов

6. Мониторная система по любому из пп 1-5, отличающаяся тем, что устройство оценки содержит контрольный модуль для проверки запомненных в оперативном накопителе колебательных данных по, по меньшей мере, одному критерию контроля и для подачи соответствующего предупредительного сигнала на устройство отображения, если колебательные данные не соответствуют критерию контроля

7. Мониторная система по п 6, отличающаяся тем, что устройство отображения выполнено с возможностью выборки по предупредительному сигналу из оперативного накопителя множества колебательных данных, включая колебательные данные, которые не соответствуют критерию контроля, и отображения их вместе с предупреждением

8. Мониторная система по п.7, отличающаяся тем, что устройство отображения выполнено с возможностью опроса колебательных данных для промежутка времени больше десяти секунд, предположительно порядка 20 секунд

9. Мониторная система по любому из пп 1-8, отличающаяся тем, что она выполнена с возмож-

CM
O
σ'

CM CO

CO

O)

ностью отображения колебательных состояний лопаток на нескольких рабочих колесах в турбомашине или нескольких турбомашинах. 10.

Мониторная система по любому из пп 1-9, отличающаяся тем, что она выполнена с возможностью отображения колебательных состояний каждой лопатки на, по меньшей мере, одном рабочем колесе

11 Мониторная система по любому из пп. 1-10, отличающаяся тем, что оперативный накопитель выполнен с возможностью записи в номинальном режиме данных о колебаниях лопаток, полученных в интервале времени 20 се-

кунд, а также записи данных по предупредительному сигналу в критическом режиме о колебаниях лопаток, полученных в интервале времени 60 секунд

12 Мониторная система по любому из пп 1-М, отличающаяся тем, что она выполнена с возможностью запоминания для отображения во время эксплуатации турбомашины данных о колебаниях всех лопаток турбомашины

13 Мониторная система по любому из пп. 1-12, отличающаяся тем, что она соединена с паровой турбиной, в частности, с турбиной на насыщенном паре.

Изобретение относится к мониторингной системе для отображения колебательных состояний множества лопаток на вращающемся рабочем колесе.

Изобретение относится, в частности, к представлению колебательных состояний лопаток, которые возникают во время регулярной работы турбомашины и. в зависимости от компоновки, при определенных рабочих состояниях или при каждом рабочем состоянии влекут за собой значительные нагрузки лопаток.

Соображения относительно компоновки лопаток, в частности, лопаток для паровых турбин низкого давления, находятся в работе "Advanced LP Turbine Bladting - A Reliable and Highly Efficient Design" авторов M. Gloger, K.H. Neumann, D. Bergmann и H. Temuhlen, представленной в 1992 на международной конференции "1992 International Joint Power Generation Conference", Atlanta, Georgia/USA и опубликованной в печатном виде ASME Power Division В этой работе представлена также мониторингная система для представления колебательных состояний множества лопаток типа, названного во вводной части описания.

Дальнейшие рассуждения относительно отображения колебательных состояний лопаток в турбомашинах находятся в работе "Berührungslose Schaufelschwingungstechnik" M. Gloger, включенной в отчет конференции Konferenzbericht von der VGB-Fachtagung Dampfturbinen und Dampfturbinenbetrieb 1990, 13. Dezember 1990, Essen, стр. 4.1-4.11. Таким образом, настоящее описание включено в содержание этой работы.

Системы для обнаружения колебаний на лопатках турбины следуют из EP 0327865A2. Согласно этому документу из полученных подходящими сенсорами данных относительно колебаний лопатки турбины получают высказывания о накапливающейся вследствие колебаний усталости материала лопаток турбины.

Патент США 4 604 699 относится к системе для приема, оценки и представления данных, однако, не в связи с применением в энергетике, а в связи с наблюдением землетрясений.

За прототип заявляемого изобретения принята мониторингная система для отображения колебательных состояний множества лопаток на вращающемся рабочем колесе, содержащая неподвижное сенсорное устройство с, по меньшей

мере, одним приданным рабочему колесу сенсором и связанным с ним датчиком импульсов, причем датчик импульсов служит для формирования сенсорного импульса, который маркирует момент времени, в котором лопатка проходит мимо сенсора, с приданным рабочему колесу маркерным датчиком для формирования маркерного импульса 8 момент нахождения рабочего колеса в определенном нулевой позиции, устройство оценки с модулем приведения в соответствие, которое выполнено с возможностью подведения к нему сенсорных и маркерных импульсов, и которое служит для приведения в соответствие каждого сенсорного импульса с учетом маркерных импульсов той лопатки, которая его вызвала, а также для преобразования сенсорных импульсов каждого отображения колебательных данных (Патент США № 4 934 192, МПК⁶: G01H 11/00, 1990).

Согласно этому патенту, прежде всего, обнаруживают аксиальные колебания лопатки турбины, то есть колебания перпендикулярно к плоскости, в которой обращается размещенная на вращающемся рабочем колесе лопатка турбины, с помощью двух расположенных аксиально друг за другом сенсоров; обнаружение тангенциальных колебаний, то есть колебаний в плоскости, в которой вращается лопатка турбины, является возможным дополнительно. Полученные с помощью сенсоров измерительные значения оценивают, по выбору чертят в виде диаграммы и проверяют, есть ли повод для тревоги.

Недостатком этого изобретения, как и всех предшествующих мониторингных систем типа, упомянутого во вводной части описания и описанного в цитированных документах уровня техники, есть то, что оно является пригодным для проверки от случая к случаю лопаток в таких турбомашинах, как турбины и турбокомпрессоры, однако, не является пригодным для постоянного контроля турбомашины во время ее регулярной работы. В соответствии с этим эта мониторингная система не может использоваться для обнаружения повышенной нагрузки лопаток, которая может появляться при определенных рабочих состояниях, и вследствие комплексной, существенной для выполнения колебаний геометрии лопаток и структур, которые несут лопатки, едва ли является предсказуемой с достаточной точностью. В частности, тогда, когда время от времени появляются условия работы, ко-

которые отличаются от условий работы, для которых были рассчитаны лопатки, никогда нельзя исключить, что на лопатках возникают колебания с повышенными, при известных условиях опасными амплитудами.

В основу изобретения поставлена задача расширения эксплуатационных характеристик и повышения точности диагностических данных мониторинговой системы для отображения колебательных состояний множества лопаток на вращающемся рабочем колесе путем оснащения устройства оценки оперативным накопителем и накопительным модулем с расширенной возможностью приема параметров, характеризующих состояние каждой лопатки, и выборки этих параметров устройством отображения, что обеспечивает сосредоточение в накопительном модуле и запоминание в оперативном накопителе в единицу времени большого числа сенсорных и маркерных импульсов, несущих информацию о колебательном состоянии лопаток, и возможность восприятия устройством отображения предупредительного сигнала а случае выявления колебательных данных, не удовлетворяющих условиям контроля, и тем самым позволяет с большей точностью распознавать повышенные нагрузки лопаток до того, как они могут выйти из строя.

Поставленная задача достигается за счет того, что в мониторинговой *системе* для отображения колебательных состояний множества лопаток на вращающемся рабочем колесе, содержащей неподвижное сенсорное устройство с, по меньшей мере, одним приданным рабочему колесу сенсором и связанным с ним датчиком импульсов, причем датчик импульсов служит для формирования сенсорного импульса, который маркирует момент времени, в котором лопатка проходит мимо сенсора, с приданным рабочему колесу маркерным датчиком для формирования маркерного импульса в момент нахождения рабочего колеса в определенном нулевом положении, устройство оценки с модулем приведения в соответствие, которое выполнено с возможностью подведения к нему сенсорных и маркерных импульсов, и которое служит для приведения в соответствие каждого сенсорного импульса с учетом маркерных импульсов той лопатки, которая его вызвала, а также для преобразования сенсорных импульсов каждой лопатки в колебательные данные, которые характеризуют колебательное состояние лопатки, устройство отображения со средством отображения для отображения колебательных данных, согласно изобретению, устройство оценки содержит накопительный модуль и оперативный накопитель, к которому имеет доступ накопительный модуль, выполненный с возможностью приема для каждой лопатки множества полученных последовательно во времени колебательных данных и выборки колебательных данных устройством отображения, причем накопительный модуль выполнен по типу сдвигового регистра с возможностью подведения к нему колебательных данных всех лопаток для запоминания в оперативном накопителе и перезапоминания или перезаписывания уже запомненных колебательных **данных при подведении новых колебательных данных**.

При этом сенсорное устройство содержит два приданных рабочему колесу и расположенных на расстоянии друг от друга по периметру рабочего колеса сенсора, а устройство оценки выполнено с возможностью преобразования временной разницы между сенсорным импульсом от первого сенсора и сенсорным импульсом от второго сенсора в колебательные данные для каждой лопатки.

В мониторинговой системе один или каждый сенсор может быть электромагнитным, чувствительным к расстоянию, и *выполнен* с возможностью формирования импульса при перемещении мимо него лопатки, а оперативный накопитель может быть выполнен с возможностью запоминания всех колебательных данных промежутка времени, в котором рабочее колесо совершает, по меньшей мере, 100 оборотов.

Устройство оценки содержит контрольный модуль для проверки запомненных в оперативном накопителе колебательных данных по, по меньшей мере, одному критерию контроля и для подачи соответствующего предупредительного сигнала на устройство отображения, если колебательные данные не удовлетворяют критерию контроля, при этом устройство отображения выполнено с возможностью выборки по предупредительному сигналу из оперативного накопителя множества колебательных данных, включая колебательные *данные*, которые не удовлетворяют критерию контроля, и отображения их вместе с предупреждением.

Устройство отображения может быть выполнено с возможностью опроса колебательных данных для промежутка времени больше десяти секунд, предпочтительно порядка 20 секунд, а сама мониторинговая система может быть выполнена с возможностью отображения колебательных состояний лопаток на нескольких рабочих колесах в турбомашине или нескольких турбомашинах.

Кроме того, мониторинговая система может быть выполнена с возможностью отображения колебательных состояний каждой лопатки на, по меньшей мере, одном рабочем колесе.

Оперативный накопитель может быть выполнен с возможностью записи в номинальном режиме данных о колебаниях лопаток, полученных в интервале времени 20 секунд, а также записи данных по предупредительному сигналу в критическом режиме о колебаниях лопаток, полученных в интервале времени 60 секунд.

Мониторинговая система может быть также выполнена с возможностью запоминания для отображения во время эксплуатации турбомшины данных о колебаниях всех лопаток турбомшины, и соединенной с паровой турбиной, в частности, с турбиной на насыщенном паре.

Вышеуказанный технический результат достигается за счет введения в состав заявляемой мониторинговой системы, в частности, в устройство оценки, взаимодействующих между собой накопительного модуля и оперативного накопителя, особенностью которых является возможность приема большого количества колебательных данных для каждой лопатки турбины с целью дальнейшей их обработки на предмет своевременного выявления повышенных нагрузок на лопатки и предотвращения поломки последних. Благодаря расширен-

ной возможности накопления данных о состоянии лопаток, поступающих в единицу времени, естественно, повышается точность диагностики. Следующий отличительный признак изобретения - вы-Оорха колебательных данных устройством отображения обеспечивает возможность отображения результатов обработки колебательных данных в виде определенных сигналов для дальнейшего анализа в рамках системы диагностики для раннего распознавания повреждений Т о взаимодействии упомянутых накопительного модуля, оперативного накопителя и устройства отображения с основными конструктивными элементами мониторинной системы позволяет обрабатывать в единицу времени большое количество данных, и вы-рабатывать предупредительные сигналы колебательного состояния лопаток, что существенно повышает точность диагностики турбомашин по отношению к существующему уровню техники.

Относительно различных составных частей мониторинной системы поясняется следующее.

а) под датчиком импульсов, которому в сенсорном устройстве придан сенсор, следует понимать любое устройство, необходимое для работы сенсора и для соединения сенсора с другими устройствами; без намерения ограничения в качестве примеров следует назвать усилитель, формирователь импульсов, электроакустический преобразователь и тому подобное. Существенной функцией датчика импульсов является предоставление выдаваемого сенсором сигнала в пригодном для дальнейшей обработки виде, форме и интенсивности.

б) Под маркерным датчиком следует понимать любое устройство, которое в значительной степени, независимо от колебательных состояний лопаток, выдает последовательные импульсы, а именно - последовательность маркерных импульсов, которая является синхронной, или, по меньшей мере, синхронизируемой с вращением рабочего колеса, и которая соответственно из временного положения сенсорного импульса относительно маркерных импульсов позволяет сделать обратное заключение о том, какой лопаткой был вызван сенсорный импульс. Кроме того, при этом делается ссылка на цитированный уровень техники.

в) Относительно функции преобразования сенсорных импульсов в колебательные данные путем модуля приведения в соответствие следует заметить, что это преобразование может означать любую необходимую трансформацию сенсорных импульсов, сюда относится любое известное само по себе и необходимое в зависимости от выполнения мониторинной системы аналогово-цифровое преобразование, усиление и/или формирование импульсов. Сами сенсорные импульсы, само собой разумеется, уже представляют собой сигналы, которые характеризуют колебательное состояние лопатки, и таким образом, при необходимости после аналогово-цифрового преобразования могут рассматриваться как колебательные данные. Однако, могут также приниматься во внимание комплексные формы преобразования, в частности, такие преобразования, которые требуют арифметических операций с при необходимости предварительно обработанными сенсорными импульсами.

При этом следует сослаться на ниже описанный пример выполнения.

д) Также представление колебательных данных устройством отображения может быть связанным в зависимости от требования с вычислительными операциями над колебательными данными, выведенными из оперативного накопителя; однако ни в коем случае не требуется, чтобы колебательные данные запоминались в непосредственно доступной для отображения форме и поэтому больше не требовали бы никакой переработки перед их фактическим представлением. Соответствующие меры в любом случае следует понимать, как включенные в процесс отображения. С "отображением" связана также предварительная обработка колебательных данных для дальнейшего анализа, в частности, в рамках системы диагностики для раннего распознавания повреждений. Такая предварительная обработка может, в частности, заключаться в выборе колебательных данных по определенным критериям и в создании сигналов, которые символизируют определенные высказывания относительно колебательных данных.

В соответствующей изобретению мониторинной системе производится обработка сенсорных импульсов и маркерных импульсов, которая особенно приспособлена к большому числу появляющихся в единицу времени таких сенсорных импульсов и маркерных импульсов, как они возникают при эксплуатационном контроле обычной турбомашин, как, например, паровой турбины низкого давления на электростанции. Рабочее колесо паровой турбины низкого давления на электростанции имеет обычно между 50 и 100 лопаток и при регулярной работе вращается со скоростью 1500, 1800, 3000 или 3600 оборотов в минуту, в зависимости от частоты сети электропитания, в которую электростанция подает энергию, и в зависимости от того, имеет ли включенный после паровой турбины генератор четыре или два вращающихся магнитных полюса. От каждого сенсора рабочего колеса соответственно получаются сенсорные импульсы с частотами порядка многих килогерц, что требует как очень быстрой обработки, так и особого вида и способа запоминания и оценки сенсорных импульсов или соответственно получаемых из этих сенсорных импульсов, характеризующих колебательные состояния лопаток, колебательных данных.

Мониторной системой получают колебательные данные относительно колебательных состояний лопаток за счет оценки временной последовательности импульсов, причем каждый импульс имеет временной ход, который в основном соответствует заданному стандарту. В соответствии с этим подходящим и предпочтительным является формировать их при известных обстоятельствах комплексных во временном прохождении импульсов, которые непосредственно снимаются с сенсора, сенсорные импульсы, которые соответствуют заранее выбираемому стандарту. Стандартами, которые при этом имеются в виду, являются, например, TTL- и ЭСЛ-стандарты. Дальнейшая оценка сенсорных импульсов должна направляться, в частности, на их присваивание к отдельным лопаткам, которое определяют из временной связи с маркерными импульсами, и ар-

менные корреляции среди приданных лопатке турбины сенсорных импульсов. Из этих корреляций можно делать заключение о колебательном состоянии лопатки, колебательное состояние лопатки модулировано на соответствующие сенсорные импульсы по типу фазово-импульсной модуляции. Согласно этому для определения величин, которые непосредственно характеризуют колебательное состояние и в значительной степени независимы от вращающегося движения лопатки и обусловленного тем самым вида сенсорных импульсов, могут приниматься во внимание все возможные способы демодуляции сигнала, на который модулирована информация по типу фазово-импульсной модуляции.

Оперативный накопитель или другой, в частности, приданный устройству отображения накопитель, имеет предпочтительно такие параметры, что он при регулярной работе, то есть когда рабочее колесо обычно вращается с упомянутыми 1500, 1800, 3000 или 3600 оборотами в минуту, для временного промежутка больше 10 секунд, предпочтительно, порядка 20 секунд, может запоминать еще появляющиеся колебательные данные. Особенно предпочтительным является накопитель всех колебательных данных, появляющихся во временной промежуток до одной минуты, причем выполнение такого накопителя, вероятно, может быть сделано зависимым от определенного критерия, например, предупредительного сигнала, который должен выдаваться связанным с мониторной системой контрольным модулем. При регулярной работе в качестве достаточного рассматривается запоминание колебательных данных на протяжении временного промежутка порядка 20 секунд, причем в критическом рабочем состоянии предпочтительной является возможность для запоминания на протяжении более длинного временного промежутка, в частности, до одной минуты.

Предпочтительно сенсорное устройство содержит два приданных рабочему колесу и расположенных на расстоянии друг от друга по периметру рабочего колеса сенсора, и для каждой лопатки каждая дата колебаний вычисляется из временной разницы между приданным сенсорным сигналом от первого сенсора и приданным сенсорным сигналом от второго сенсора. Таким образом, реализуется так называемое двухсенсорное измерительное устройство. Двухсенсорное измерительное устройство поставяет в качестве даты колебаний временную разницу, которая является суммой из постоянной составляющей, которая задана числом оборотов и диаметром рабочего колеса с лопатками и соответствует тангенциальному расстоянию между сенсорами, и значением, которое может только тогда отличаться от нуля, когда лопатка выполняет колебание. Разумеется, что не любое возможное колебание лопатки поставяет обнаруживаемый двухсенсорным измерительным устройством сигнал; однако, колебания лопатки, которые происходят в направлении обращения рабочего колеса, являются обнаруживаемыми, по меньшей мере, тогда, когда их соответствующая частота не соответствует частоте вращений рабочего колеса или целочисленному кратному этой частоте вращения. Определяемое

двухсенсорным измерительным методом, выше определенное значение примерно соответствует пути, пройденному вершиной колеблющейся лопатки во вращающейся вместе с рабочим колесом системе отсчета между первым сенсором и вторым сенсором. От подробного отображения оценки сенсорных импульсов в рамках двухсенсорного измерительного метода здесь отказываются и делается ссылка на уже упомянутую работу "Berührungslöse Schaufelerschwingungsmesstechnik".

В качестве сенсоров предпочтительно используются электромагнитные сенсоры. Такие электромагнитные сенсоры могут, например, встраиваться в корпусе турбомшины таким образом, что вершины всех лопаток на рабочем колесе одна за другой приближаются к сенсору до небольшого расстояния и снова удаляются, когда рабочее колесо вращается. Лопатка, вершина которой таким образом находится вблизи сенсора, изменяет магнитное поле, которое исходит от магнита в сенсоре и индуцирует таким образом электрический импульс в относящейся к сенсору катушке. Такой электрический импульс является естественно биполярным, так как в этом импульсе появляются одна за другой обе возможные электрические полярности. "Прохождение через ноль" импульса, то есть момент времени, в который меняется его полярность, является предпочтительным критерием для вызывания нормированного сенсорного импульса во включенном после сенсора датчике импульсов.

Оперативный накопитель предпочтительно имеет такие большие параметры, что он может запоминать все колебательные данные временного промежутка, в котором рабочее колесо выполняет, по меньшей мере, 100 оборотов. Таким образом обеспечивается, что имеющееся в распоряжении в оперативном накопителе множество данных всегда дает ясную и полную картину колебательных состояний контролируемых лопаток.

Мониторная система имеет предпочтительно дополненное контрольным модулем устройство оценки, причем контрольный модуль проверяет запомненные в оперативном накопителе колебательные данные, по меньшей мере, по одному критерию контроля и поставяет устройство отображения соответствующий предупредительный сигнал, когда он находит колебательные данные, которые не удовлетворяют критерию контроля. Такой контрольный модуль служит, в частности, для того, чтобы распознать повышенные нагрузки лопаток за счет колебаний и делать это предпочтительно настолько своевременно, чтобы рабочее состояние лопаток могло быть изменено до того, как появляется ущерб. С особым преимуществом критерий контроля контрольного модуля сформулирован таким образом, что предупредительный сигнал генерируется уже до того, как появляются колебательные состояния, которые могут оказывать отрицательное воздействие на срок службы лопаток. Для случая, когда перед возможностью изменения опасного колебательного состояния должна бы появляться нагрузка, которая оказывает отрицательное воздействие на срок службы лопатки, для каждой лопатки может быть определена и представлена потеря срока службы, при необходимости, с дополнительными предупрежде-

ниями, если накопленные в течение времени потери срока службы суммируются в значение, которое опасно приближается к вообще предполагаемому сроку службы лопатки.

Реакция устройства отображения на предупредительный сигнал от контрольного модуля происходит предпочтительно таким образом, что из оперативного накопителя выбирают множество колебательных данных под влиянием колебательных данных, которые не удовлетворяют критерию контроля, и представляют предпочтительно вместе с предупреждением. При необходимости, возможной является дополнительная оценка предупредительного сигнала и вызывающих его колебательных данных, прежде всего в связи с возможным использованием срока службы или, соответственно, равнозначно выражено приращением усталости лопатки, к которой относятся колебания. Подобная оценка может производиться как в устройстве оценки, так и в устройстве отображения.

Выборка колебательных данных устройством отображения осуществляется предпочтительно для временного промежутка более, чем десять секунд, в частности, порядка 20 секунд. Таким образом, в распоряжении устройства отображения на каждый предупредительный сигнал для отображения и, при необходимости, дальнейшего анализа имеется большое количество данных, включая, по меньшей мере, значительные части "предыстории" и "конечного рекорда" вызывающего предупредительный сигнал колебательного состояния, что может поддерживать и углублять исследование колебательного состояния.

В качестве критериев контроля используются многообразные, в частности, также комплексные критерии. Так, могут исследоваться, прежде всего, многочисленные, следующие во времени друг за другом, колебательные данные в комбинированной форме, например, в форме среднего значения таким образом, что нагрузка лопаток за счет колебаний усредняется на протяжении множества, предпочтительно большого числа оборотов рабочего колеса. Для проверки, имеет ли место опасное колебательное состояние, такое среднее значение может сравниваться с подходящим граничным значением. Для получения высказываний, которые относятся ко всему рабочему колесу или к большим сегментам рабочего колеса, могут совместно оцениваться колебательные данные всех лопаток или колебательные данные определенного множества лопаток. Само собой разумеется, что возможной является также проверка колебательных данных для каждой отдельной лопатки; производится она или нет, может, быть при необходимости, сделано зависимым от критериев контроля. Если в распоряжении имеются соответствующие сенсорные устройства, например, сенсорное устройство с двухсенсорной измерительной системы, кроме обнаружения колебательного состояния одной отдельной лопатки возможным является также обнаружение так называемого системного колебания, то есть колебания всей системы из рабочего колеса и лопаток. Также и для этого могут формулироваться подходящие критерии контроля. Приданные критериям контроля предупредительные сигналы и предуп-

реждения могут быть сформулированы в соответствии с их значением; предупреждение в зависимости от значения соответствующего критерия контроля может иметь характер между простой констатацией и обязательным требованием сразу же прекратить ведущее к колебаниям рабочее состояние.

Мониторная система с особым преимуществом выполнена для отображения колебательных состояний лопаток на нескольких рабочих колесах в одной турбомашине или в нескольких турбомашинах; в таком выполнении мониторная система позволяет производить полный контроль установки с турбомашинной, которая содержит лопатки, которые могли бы подвергаться опасности за счет колебаний. Такая мониторная система позволяет также предпочтительным образом представлять колебательные состояния каждой лопатки на рабочем колесе или, соответственно, на рабочих колесах.

Мониторная система любого выполнения является особенно пригодной для диагностики турбомашин, причем во время работы турбомашин колебательные данные от всех лопаток турбомашин имеются в распоряжении для представления в оперативном накопителе. Особое значение это имеет для паровой турбины, в частности, паровой турбины на насыщенном паре. В подобных паровых турбинах на насыщенном паре, которые, в частности, применяются в турбоагрегатах в качестве турбин низкого давления, лопатки являются относительно длинными и достигают в конечных каскадах длин порядка одного метра и больше. Для таких лопаток демпфирующие колебания навесные детали, как, например, лопаточный бандаж, больше не принимаются во внимание, так что на этих лопатках возникают колебания преимущественным образом и в большом объеме. Специально контроль таких лопаток имеет в рамках диагностики, которая предпочтительно относится ко всему турбоагрегату и всем установкам, которые соединены с турбоагрегатом, особое значение.

Примеры выполнения мониторной системы поясняются ниже с помощью чертежей. На них изображены.

Фигура 1 - рабочее колесо турбины с лопатками турбины и сенсорным устройством, а также устройство оценки с устройством отображения;

Фигура 2 - устройство оценки с устройством отображения для мониторной системы в рамках особой формы выполнения.

Фигура 1 - показывает часть турбомашин 1, в частности, рабочее колесо 2, на котором закреплены лопатки 3 (символически показанные радиальными штрихами). Рабочее колесо 2 установлено с возможностью вращения с лопатками 3 вокруг оси 4 в направлении изогнутой стрелки. Для обнаружения колебательных состояний лопаток 3 турбомашин 1 снабжена сенсорным устройством, содержащим первый сенсор 5 и второй сенсор 6 (оба сенсора символически показаны черными точками), а также приданный этим сенсорам 5, 6 усилитель 7 и датчик импульсов 8. Когда рабочее колесо 2 вращается представленным образом, то каждая лопатка перемещается вначале мимо первого сенсора 5 и затем мимо второго

сенсора 6. При полном обороте рабочего колеса 2 таким образом для каждой лопатки 3 получаются два сенсорных сигнала. Чтобы сделать возможным придание в соответствие сенсорных сигналов лопаткам 3, рабочее колесо 2 далее содержит маркер 9, который всегда остается в значительной степени не подверженным влиянию колебаний лопаток 3 или всей системы из лопаток 3 и рабочего колеса 2 и наблюдается маркерным датчиком 10. Всегда, когда маркер 9 находится на заранее заданном месте, маркерный датчик 10 выдает маркерный импульс. Временное положение сенсорных импульсов относительно маркерных импульсов позволяет производить желаемое придание в соответствие сенсорных импульсов к отдельным лопаткам 3. Датчик импульсов 8, а также маркерный датчик 10 поставляют свои сенсорные или маркерные импульсы на устройство 11 оценки. В этом устройстве оценки 11 сенсорные импульсы и маркерные импульсы вначале обрабатывают таким образом, что сенсорные импульсы придаются в соответствие тем лопаткам 3, от которых они происходят, и затем приданные таким образом в соответствие сенсорные импульсы преобразуются в колебательные данные, которые характеризуют колебательные состояния лопаток 3. Эти колебательные данные запоминаются в оперативном накопителе 12 в устройстве оценки 11 и имеются там в распоряжении для отображения устройством отображения 13, которое имеет доступ к оперативному накопителю 12. Представление колебательных данных может производиться на средстве отображения 14 (экране электроннолучевой трубки) и/или на средстве отображения 15 (печатающем устройстве). Вид и способ отображения колебательных состояний не подлежит никаким ограничениям. Представленное на фигуре 1 устройство с первым сенсором 5 и вторым сенсором 6 позволяет реализацию известного из цитированного уровня техники двухсенсорного измерительного метода, который является особенно успешным для обнаружения колебательных состояний.

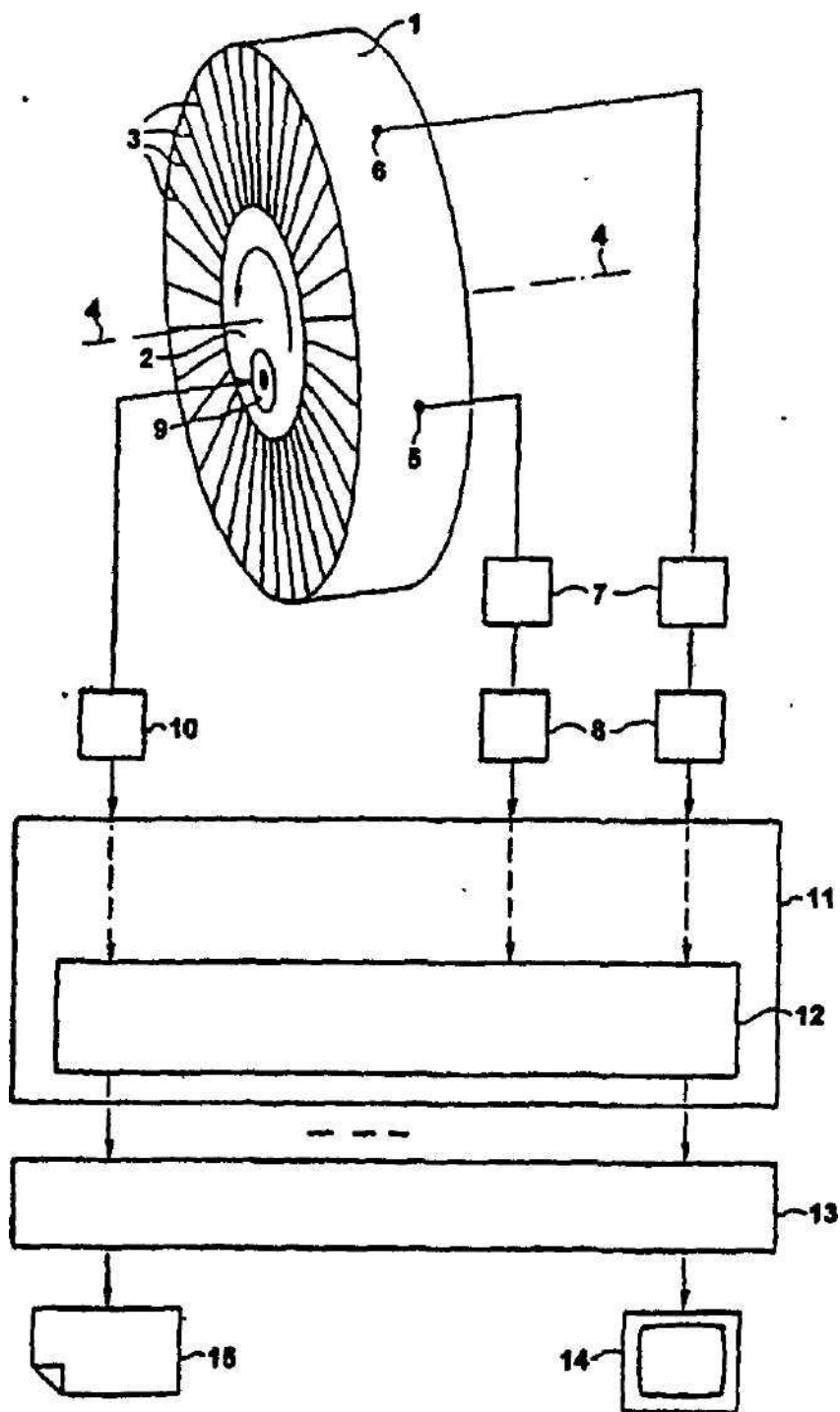
Подробности обработки сенсорных импульсов и маркерных импульсов следуют из примера выполнения согласно фигуры 2. На этой фигуре главное внимание уделено представлению структур особенно предпочтительной формы выполнения устройства оценки 11, а также устройства отображения 12. К устройству оценки 11 подводят от маркерного датчика 10, а также многочисленных датчиков импульсов 8 маркерные импульсы или, соответственно, сенсорные импульсы. Кроме того, эскизно показан аналоговый датчик 16, через который к устройству оценки 10 могут подводиться дальнейшие аналоговые измерительные данные о турбомашине, к которой подключено устройство оценки 10. Устройство оценки 10 выполнено модульным и содержит модуль 17 приведения в соответствие, к которому датчики импульсов 8 поставляют сенсорные импульсы, маркерный датчик 10 - маркерные импульсы и аналоговый датчик 16 - аналоговые измерительные данные. В модуле 17 приведения в соответствие прежде всего, производится придание в соответствие всех входящих импульсов и измерительных данных к отдельным лопаткам; затем эти импульсы и данные преобразуют в колебательные данные, которые приспособлены для дальнейшей, предпочтительно, цифровой обработки. Это преобразование включает, в частностиTM, для каждой лопатки демодуляцию соответствующей последовательности сенсорных импульсов, модулированной колебаниями лопатки по типу фазово-импульсной модуляции. Модуль 17 приведения в соответствие предоставляет колебательные данные к накопительному модулю 18, который имеет доступ к оперативному накопителю 12 и запоминает колебательные данные в этом оперативном накопителе 12. Запоминание происходит таким образом, что оперативный накопитель 12 *работает как* сдвиговый регистр; вследствие естественной конечной накопительной емкости оперативного накопителя 12 при поступлении нового комплекта колебательных данных самый старый комплект колебательных данных стирается и переписывается вторым по старости комплектом и так *далее, пока*, наконец, место самого последнего запомненного комплекта колебательных данных будет иметься в распоряжении для запоминания нового комплекта.

С оперативным накопителем 12 взаимодействует уже упомянутое устройство отображения 13, которое в основном имеет любой доступ к оперативному накопителю 12 и может по заданию выбирать из него колебательные данные и представлять на средстве отображения 14 и 15. Кроме того, оперативный накопитель 12 общается с контрольным модулем 19, который проверяет запомненные колебательные данные по одному критерию контроля или несколькими критериям контроля и предоставляет устройству отображения 13 предупредительные сигналы, если определены колебательные данные, которые не удовлетворяют критерию контроля. Таким образом, с помощью контрольного модуля 19 становится возможным постоянный контроль лопаток относительно колебаний, в частности, опасных колебаний, и освоен метод представления колебательных состояний лопаток для постоянной диагностики. Дальнейшая обработка предупредительных сигналов подлежит устройству отображения 13; по предупредительному сигналу могут, прежде всего, представляться определенные контрольные модулем 19 колебательные состояния и при необходимости получаться соответствующие предупреждения.

Модуль 17 приведения в соответствие является со своей стороны структурированным и содержит сортировочный подмодуль 20, который предпринимает уже упомянутое приведение в соответствие сенсорных импульсов с лопатками, и вычислительный подмодуль 21, который нагружается данными из сортировочного подмодуля 20 и обеспечивает всевозможные необходимые преобразования сенсорных импульсов и подготовку в приспособленной к дальнейшей обработке форме. Следует упомянуть, что такое расположение сортировочного подмодуля 20 и вычислительного подмодуля не является ни в коей мере обязательным и может быть реализовано без всяких проблем в обратной последовательности. В этой связи следует еще раз указать на то, что форматы и значения колебательных данных, которые создаются в устройстве оценки 11 и обрабатываются и ставятся в распоряжение устройства отобра-

жения 13, ни в коей мере не должны быть доступными для непосредственной интерпретации того, кто работает с мониторной системой, предварительное преобразование колебательных данных в непосредственно доступную для человеческого понимания форму может в зависимости от выполнения мониторной системы в конце концов оставаться предоставленной устройству отображения 13

Мониторная система позволяет производить диагностику турбомашин с учетом колебательных состояний лопаток в турбомашине. Она может вносить важный вклад с учетом постоянного контроля турбомашин и своевременного распознавания возможных отрицательных воздействий, за счет чего может достигаться значительный выигрыш в надежности работы и повышенная гибкость в эксплуатации



МИ

Фиг. 1

16-

20

L-4-17

21

1Г

•18

12

19

-ИЗ



Фиг. 2

Тираж 50 экз.

Відкрите акціонерне товариство «Патент»
Україна, 88000, м. Ужгород, вул. Гагаріна, 101
(03122) 3-72-89 (03122) 2-57-03

