



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(11) PI 1106727-6 B1



(22) Data do Depósito: 21/10/2011

(45) Data de Concessão: 11/02/2020

(54) Título: SISTEMA PARA INSPEÇÃO POR ULTRASSOM DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS E MÉTODO DE OPERAÇÃO E FUNCIONAMENTO DESTE SISTEMA

(51) Int.Cl.: G01N 29/04.

(73) Titular(es): PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS; ATIVA TECNOLOGIA E DESENVOLVIMENTO LTDA.

(72) Inventor(es): ROGÉRIO FLORIÃO SOARES; RAFAEL WAGNER FLORÊNCIO DOS SANTOS; ORLANDO DE BRITO CORREIA; NEI MARIANO DA FONSECA JÚNIOR; DANIEL ALMEIDA CAMERINI; RODRIGO CARVALHO FERREIRA.

(57) Resumo: SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS POR ULTRASOM E MÉTODO DE OPERAÇÃO E FUNCIONAMENTO DESTE SISTEMA - É relatado um sistema destinado à avaliação de falhas estruturais em estojos em fixam uma união flanges na extremidades de dois trechos de tubulações de transporte de fluidos localizadas no fundo do oceano por meio de ultrassom, e um método de operação e funcionamento deste sistem. O sistema da presente invenção compreende basicamente: um equipamento de detecção de falhas estruturais, um vaso hermético embarcado em um veículo de operação remota e uma central de controle na superfície comandada por um operador. Um método de oepração e funcionamento deste sistema também é relatado.

SISTEMA PARA INSPEÇÃO POR ULTRASSOM DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS E MÉTODO DE OPERAÇÃO E FUNCIONAMENTO DESTE SISTEMA

CAMPO DA INVENÇÃO

5 A presente invenção encontra seu campo de aplicação dentre os sistemas, equipamentos e métodos, destinados a avaliar a integridade estrutural de elementos de fixação entre flanges de união de tubulações. Mais particularmente para detectar e determinar a localização de falhas estruturais nestes elementos fixadores em uniões de tubulações
10 submarinas. Mais especificamente para detectar e determinar por ultrassom a localização de falhas nestes elementos fixadores, onde um equipamento é manipulado por meio de um veículo de operação remota (ROV) comandado de uma estação remota na superfície em um barco de apoio.

15 FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

A exploração de petróleo em alto mar tem sido feita a profundidades cada vez maiores devido à descoberta de novos campos ultraprofundos localizados bem afastados da costa.

De um poço produtor no fundo do oceano podem partir tubulações
20 de transporte para uma ou algumas unidades flutuantes de produção, as quais podem ser plataformas semi-submersíveis ou navios do tipo FPSO (Floating Production Storage and Offloading).

Essas tubulações, às vezes bem longas, são formadas por trechos de tubulação os quais possuem flanges nas extremidades de cada trecho.
25 Esses flanges permitem a interconexão entre os trechos de tubulação e a fixação destes flanges é realizada por meio de parafusos e porcas e, o parafuso que é inserido por dois furos coincidentes de dois flanges a serem conectados e, posteriormente fixados por porcas, chama-se estojo.

O ambiente marinho, devido às condições de salinidade, é propício a
30 fenômenos de degradação estrutural destes elementos metálicos, a qual é

causada, principalmente, por eletrólise. Associado a essa condição, falhas de projeto, seleção do material, fabricação e montagem, podem potencializar essa degradação. Com o tempo, esta degradação pode causar o rompimento de um ou mais estojos, provocando no flange uma
5 distribuição de forças desigual, que pode levar outros estojos a um colapso, separando os flanges e causando um derramamento de produto em escoamento com consequências graves em termos econômicos e ao meio ambiente.

Até então, na prática de identificação de estojos rompidos ou
10 comprometidos na união entre flanges, a metodologia de teste adotada envolve a descida até o local onde se encontra a união entre flanges de veículos operados remotamente (ROV), equipados com câmeras e braços robóticos.

Ao comando do operador do veículo, baseado em um barco de
15 apoio, é feito um toque com a extremidade do braço robótico em uma extremidade de um determinado estojo alvo de teste dentre os vários estojos que fixam os flanges em provável processo de degradação.

Com o auxílio das câmeras, é possível verificar que, se o estojo se move, o estojo está totalmente rompido ou tão degradado que, ao toque,
20 se rompe e então precisa ser substituído. Por outro lado, se o estojo não se move, significa que a degradação natural ainda não foi suficiente para romper o estojo, porém, permanece a necessidade de testá-lo em breve.

Este procedimento necessita ser realizado para todos os estojos que fixam todos os flanges das tubulações de transporte que sofrem, de uma
25 forma ou de outra, este tipo de degradação. Como a degradação não atinge igualmente todos os estojos, é possível que um estojo se rompa em um flange que acabou de ser testado, enquanto um flange a seguir passa pelo teste.

Deve ser levado em consideração que o toque mecânico, embora
30 não rompa um estojo imediatamente, pode contribuir para uma

desestabilização estrutural que pode levar ao rompimento espontâneo do estojo logo após ser testado. Desta forma, o procedimento acaba tendo que ser repetido desde o primeiro estojo do primeiro flange da tubulação de transporte e, conseqüentemente, não se pode prever o término da metodologia de teste.

A grande dificuldade deste tipo de metodologia de teste reside nos seguintes fatos:

- o toque mecânico é um “ensaio” fundamentalmente destrutivo;
- a metodologia só detecta se o estojo em teste está rompido, sem informação sobre o grau de degradação ao qual ele está submetido;
- não é possível fazer estimativas sobre a vida útil de um determinado estojo;
- não é possível determinar um período regular para efetuar as inspeções; e
- toda a aplicação da metodologia requer a dedicação de uma embarcação preparada para portar e operar um ROV durante 24 horas e pelo tempo que for necessário até que se certifique que todos os estojos de todos os flanges de todas as tubulações estão íntegros, gerando custos de operação extremamente altos diante dos resultados pouco conclusivos.

A técnica se ressentir de um sistema que possa cumprir uma metodologia de teste de estojos submetidos a um processo de degradação natural causada pelo ambiente que forneça uma estimativa do grau de degradação, não destrutiva, confiável, mais rápida e segura, com a conseqüente diminuição de todos os custos envolvidos.

TÉCNICA RELACIONADA

A técnica apresenta várias propostas de sistemas, equipamentos e métodos para avaliação de parafusos e objetos alongados sujeitos a falhas estruturais por meio de ensaios por ultrassom.

No entanto, esses equipamentos, se apresentam hábeis para testar estes artigos logo após sua fabricação, em ambientes secos, embora alguns realizem o teste "in situ", como será apresentado a seguir, exemplarmente, por meio de uma descrição resumida de alguns documentos existentes na técnica conhecida.

O documento JP 62225951 (Furumura Ichiro e outros), aqui inserido por referência, apresenta um equipamento de inspeção de deterioração para parafusos e correlatos o qual permite a inspeção de um parafuso sem desmontá-lo ou removê-lo. Compreende duas sondas ultra-sônicas eletromagnéticas para transmissão e recepção e um eletroímã de aplicação de um campo magnético de forma a definir um caminho de propagação de ondas ultra-sônicas. Na operação de inspeção, um pulso de corrente flui para uma sonda para a transmissão, enquanto uma corrente de excitação é fornecida a eletroímãs ligados a uma unidade de computação e controle de medição. Desta forma, um tempo de propagação e um nível de atenuação são medidos a partir de um sinal obtido a partir da sonda de recepção para fazer uma avaliação da deterioração do parafuso em teste.

O documento US 5,708,208 (Frank Bonitz), aqui inserido por referência, apresenta uma cabeça de teste para ensaio ultrassônico de para cabeça poligonal de parafusos embutidos em um soquete que torna possível testar até desde o fundo deste soquete poligonal com superação de imprecisões. A cabeça de teste compreende uma peça de acomodação tendo um lado afastado da superfície inferior, sendo esta peça de acomodação uma peça adaptadora formada por um material flexível com um contorno pretendido como o da superfície inferior e tendo um afastamento periférico da superfície exterior do soquete poligonal definindo um espaço entre eles; e pelo menos um transdutor ultrassônico construído em forma de anel e disposto sobre a face desta peça de acomodação afastada da superfície do fundo.

O documento US 4,818,470 (David L. Richardson e outros), aqui inserido por referência, apresenta um equipamento para examinar de forma remota os parafusos de fixação em separadores de vapor utilizados em reatores de água fervente. O teste é realizado enquanto o separador de vapor encontra-se mergulhado em um tanque. O equipamento compreende um objeto tubular alongado o qual possui em sua extremidade uma sapata, a qual tem uma parte plana voltada para cima, aberta em um lado com superfícies em forma de garfos para receber a parte inferior de parafusos de fixação. Na parte plana voltada para cima encontra-se um dispositivo piezoelétrico de forma a ficar em contato direto com a extremidade do parafuso. Acima, encontra-se uma garra que se prende ao corpo do parafuso de forma a fixar a extremidade deste à sapata e ao dispositivo piezoelétrico. O teste ultrassônico é realizado desde a extremidade mais baixa e radioativa do parafuso até a extremidade superior. O teste avalia ondas sonoras longitudinais, ondas sonoras refratadas e ondas sonoras de cisalhamento para verificar a ocorrência de corrosão intergranular por estresse.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

Trata a presente invenção de um sistema destinado à avaliação em tempo real de falhas estruturais por meio de ultrassom, em estojos que fixam uma união entre flanges na extremidade de dois trechos de tubulações de transporte de fluidos localizadas no fundo do oceano, e um método de operação e funcionamento deste sistema.

O sistema da presente invenção compreende basicamente: um equipamento de detecção de falhas estruturais, que é adaptado a uma união entre flanges de trechos de tubulação de transporte de fluidos que repousa sobre o solo submarino, equipamento este que é manipulado por meio de um veículo de operação remota; um vaso hermético embarcado no veículo de operação remota, o qual é ligado eletricamente ao equipamento de detecção, e serve para transformar os sinais analógicos

emitidos por este último em sinais digitais para, posteriormente, serem transmitidos para a superfície utilizando o umbilical do próprio veículo de operação remota; e uma central de controle na superfície comandada por um operador, tem as funções de controlar a operação tanto do veículo de
5 operação remota quanto do equipamento de detecção e processar dados recolhidos desde o equipamento de detecção.

O método de operação e funcionamento compreende basicamente três etapas principais: uma etapa de preparação onde é feita uma limpeza da região onde se localiza a união entre flanges que será alvo de teste e, a
10 seguir é feita a montagem do equipamento de detecção no veículo de operação remota; uma etapa de acoplamento e teste na qual o equipamento é acoplado em um dos estojos da união entre os flanges, o estojo é testado em sua integridade e, a seguir, desacoplado para testar o próximo estojo, até que terminem todos os estojos desta união entre
15 flanges; e uma etapa de desmobilização do equipamento na qual o equipamento é desligado do veículo de operação remota e submetido a procedimentos de limpeza e acondicionamento até o próximo alvo de teste.

BREVE DESCRIÇÃO DAS FIGURAS

20 A Figura 1 apresenta uma vista em perspectiva do equipamento da presente invenção adaptado sobre um estojo de uma união entre flanges e manipulado por um veículo de operação remota.

A Figura 2 apresenta uma vista em perspectiva do equipamento de detecção objeto da presente invenção.

25 A Figura 3 mostra em uma vista em perspectiva apenas o equipamento de detecção adaptado sobre um estojo de uma união entre flanges.

A Figura 4 mostra em uma vista em perspectiva e em corte longitudinal um dos vasos de ultrassom do equipamento objeto da
30 presente invenção.

A Figura 5 mostra uma representação esquemática do esquema de ligação entre cabeçotes de ultrassom, analisador de sinais de ultrassom e um veículo de operação remota.

DESCRIÇÃO DETALHADA DA INVENÇÃO

5 Para que a invenção possa ser mais bem compreendida e avaliada, sua descrição será feita com referência às figuras que acompanham este relatório e dele é parte integrante.

São objetivos da presente invenção um sistema destinado à avaliação de falhas estruturais em estojos (E) que fixam uma união entre
10 flanges (F) na extremidade de dois trechos de tubulações (T) de transporte de fluidos localizados no fundo do oceano por meio de ultrassom, e um método de operação e funcionamento deste sistema.

O sistema objeto da presente invenção será descrito a seguir com o auxílio da Figura 1, da Figura 2 e da Figura 3.

15 O sistema da presente invenção compreende como componentes principais: um equipamento de detecção (CT), um vaso hermético (GE) embarcado em um veículo de operação remota (V), que podem ser observados na Figura 1 em uma visão geral, e uma central de controle (CE) (não mostrada em qualquer Figura) na superfície, onde:

20 - o equipamento (CT) de detecção de falhas estruturais (Figura 2) por sua vez compreende:

- um corpo central (1) formado por um cilindro hidráulico (2) do tipo duplo com um primeiro atuador (2A) e um segundo atuador (2B);

25 - dois suportes de garra (3) para braço robótico (B) que servem para acoplamento do veículo de operação remota (V), os quais são fixos em cada uma de duas laterais opostas de um primeiro bloco de extremidade (4) e um segundo bloco de extremidade (4A) do cilindro hidráulico (2);

30 - um primeiro conector de distribuição (5) de fluido hidráulico é

- 5 fixado na parte superior de um bloco central (6) do cilindro hidráulico (2) e serve para receber por uma entrada e distribuir por duas saídas, um primeiro fluxo fluido hidráulico proveniente de um primeiro ramal de mangote de alimentação (7) (não mostrado nesta Figura) desde o veículo de operação remota (V);
- 10 - um segundo conector de distribuição (5A), é fixado na parte superior do bloco central (6) do cilindro hidráulico (2), serve para receber um segundo fluxo de fluido hidráulico proveniente de um segundo ramal de mangote de alimentação (7A) (não mostrado nesta Figura) desde o veículo de operação remota (V), fluxo de fluido hidráulico que é distribuído diretamente para o interior do bloco central (6);
- 15 - um primeiro mangote de distribuição (8), conectado a uma saída do conector de distribuição (5) serve para transportar fluido hidráulico por meio de um primeiro joelho (9) no primeiro bloco de extremidade (4) ao primeiro atuador (2A) do cilindro hidráulico (2);
- 20 - um segundo mangote de distribuição (10), conectado a uma outra saída do conector de distribuição (5) serve para transportar fluido hidráulico por meio de um segundo joelho (11) no segundo bloco de extremidade (4A) ao segundo atuador (2B) do cilindro hidráulico (2);
- 25 - uma primeira pinça de centralização (12) é fixada na parte inferior do primeiro bloco de extremidade (4) e serve para apoiar o equipamento a uma primeira extremidade de um estojo (E);
- 30 - uma segunda pinça de centralização (13) é fixada na parte inferior do segundo bloco de extremidade (4A) e serve para

apoiar o equipamento a uma segunda extremidade de um estojo (E);

- uma primeira mola de retorno (14) é adaptada em torno do primeiro atuador (2A) e serve para manter um equilíbrio de forças quando este primeiro atuador (2A) for distendido ou contraído;

- uma segunda mola de retorno (15) é adaptada em torno do segundo atuador (2B) e serve para manter um equilíbrio de forças quando este segundo atuador (2B) for distendido ou contraído;

- um primeiro suporte guia (16), é fixado rigidamente na extremidade do primeiro atuador (2A) e possui, abaixo deste ponto de fixação uma primeira haste antigiro (16A) que transpassa tanto a parte inferior do primeiro bloco de extremidade (4) quanto à primeira pinça de centralização (12);

- um segundo suporte guia (17), é fixado rigidamente na extremidade do segundo atuador (2B) e possui, abaixo deste ponto de fixação uma segunda haste antigiro (17A) que transpassa tanto a parte inferior do segundo bloco de extremidade (4A) quanto à segunda pinça de centralização (13);

- um primeiro vaso de ultrassom (18), fixado por uma de suas extremidades no primeiro suporte guia (16) é destinado a conter no seu interior uma parte da eletrônica do equipamento;

- uma primeira mola de acoplamento (19), é fixada por suas extremidades e envolve externamente uma parte do primeiro vaso de ultrassom (18), serve para manter um equilíbrio de forças quando este primeiro vaso de ultrassom (18) for

distendido ou contraído;

- 5 - um segundo vaso de ultrassom (20), fixado por uma de suas extremidades no segundo suporte guia (17) é destinado a conter no seu interior uma parte da eletrônica do equipamento;
- 10 - uma segunda mola de acoplamento (21), é fixada por suas extremidades e envolve externamente uma parte do segundo vaso de ultrassom (20), serve para manter um equilíbrio de forças quando este segundo vaso de ultrassom (20) for distendido ou contraído;
- 15 - um conector passa cabos (22), serve para receber por uma entrada e distribuir por duas saídas cabos eletrônicos (CE) proveniente de uma mangueira central (23) (não mostrado nesta Figura) desde o veículo de operação remota (V);
- 20 - uma primeira mangueira passa cabos (24) é ligada por uma de suas extremidades a uma saída do conector passa cabos (22) e por sua outra extremidade é ligada ao primeiro vaso de ultrassom (18), serve para conduzir os cabos eletrônicos (CE) até este primeiro vaso de ultrassom (18);
- 25 - uma segunda mangueira passa cabos (25) é ligada por uma de suas extremidades a uma saída do conector passa cabos (22) e por sua outra extremidade é ligada ao segundo vaso de ultrassom (20), serve para conduzir os cabos eletrônicos (CE) até este segundo vaso de ultrassom (20);
- 30 - o vaso hermético (GE) embarcado no veículo de operação remota (V) (Figura 1), é ligado eletricamente por meio dos cabos eletrônicos (CE) que passam desde o mangote de alimentação (7), pelas mangueiras passa cabos (24 e 25) e pelo interior dos vasos de ultrassom (18, 20) até os cabeçotes de ultrassom (214), serve para transformar os sinais analógicos emitidos por estes últimos

em sinais digitais que são analisados por um analisador de sinais de ultrassom (AU) ("Epoch") em seu interior para, posteriormente, serem transmitidos para a superfície utilizando o umbilical do próprio veículo de operação remota (V).

- 5 - a central de controle (CE) (não mostrada em qualquer Figura) na superfície comandada por um operador, tem as funções de controlar a operação tanto do veículo de operação remota (V) quanto do equipamento (CT) de detecção, receber os sinais enviados pelos componentes do vaso hermético (GE) por meio de
- 10 um programa de inspeção instalado em um sistema microprocessado onde estes sinais são analisados e gravados em registro para interpretação imediata ou posterior.

A Figura 3 ilustra uma situação onde o equipamento (CT) de detecção encontra-se apoiado por meio de suas pinças de centralização (12, 13) sobre um estojo (E) que será alvo de teste, porém, com os vasos de ultrassom ainda desacoplados da extremidade deste estojo (E).

15

Ambos os vasos de ultrassom (18, 20) são idênticos, posicionados de forma oposta entre si, alinhados de acordo com o eixo longitudinal de um estojo (E).

20 Por serem idênticos, a título apenas de simplificar a descrição, a partir de agora e com o auxílio da Figura 4, serão referenciados os componentes do segundo vaso de ultrassom (20).

Pode ser observado que ele compreende:

- 25 - um membro externo (100) fixado ao segundo suporte guia (17), envolvido pela segunda mola e acoplamento (21) apresenta na extremidade à frente do suporte guia (17) uma guia de centro (110) destinada a centralizar a extremidade de um estojo (E) a ser examinado e uma tampa vazada (120) destinada a fixar a guia de centro (110) ao membro externo (100);
- 30 - um membro interno (200) deslizante em relação ao membro

externo, bicompartimentado, destinado a acondicionar componentes eletrônicos para inspeção por ultrassom e que, por sua vez compreende:

- 5 - um primeiro compartimento (210) que possui: um passador de cabos (211), o qual é conectado à segunda mangueira passa cabos (25), serve para introduzir no interior deste primeiro compartimento (210) os cabos eletrônicos (CE) provenientes do veículo de operação remota (V), os quais são conectados a conectores (212, 212A) instalados a uma primeira face (F1) de um flange de estanqueidade (213) e que atravessam este último;
- 10 - um segundo compartimento (220) que possui, ligados ao seu interior, uma placa de conectores (221) fixada à segunda face (F2) do flange de estanqueidade (213), apresenta em sua superfície oposta a este último flange uma pluralidade de conectores de cabeçotes (222) responsáveis pela continuidade da transmissão de dados, uma placa de cabeçotes (223) na qual encontram-se fixados uma pluralidade de cabeçotes de ultrassom (224), os quais são
- 15 ligados eletricamente aos conectores de cabeçotes (223) e uma lente de acoplamento (225), a qual serve para geração de estanqueidade para os componentes do segundo compartimento (220) e promover o acoplamento à superfície de um estojo (E) e conduzir os sinais de ultrassom que são
- 20 transmitidos, é fixada rigidamente à carcaça do segundo compartimento (220) e à placa de cabeçotes (223).
- 25

A Figura 5 mostra de uma maneira esquemática e a título de melhor compreensão, um esquema de ligação por meio dos cabos eletrônicos (CE) entre os cabeçotes de ultrassom (224) instalados no interior dos

30 vasos de ultrassom (18, 20), o analisador de sinais de ultrassom (AU)

("Epoch") localizado no interior do vaso hermético (GE) e o veículo de operação remota (V).

O membro interno (200) desliza em relação ao membro externo (100) sobre anéis elástico-poliméricos ("o-ring") (226) e, por meio da folga remanescente entre estes membros (100 e 200), pequenos desalinhamentos são corrigidos, promovendo uma acomodação exata entre a lente de acoplamento (225) e a superfície de um estojo (E).

Tanto a primeira mola de retorno (14) quanto à segunda mola de retorno (15) tem a função de desacoplar o equipamento do estojo em exame e, desacoplar em caráter de emergência no caso de perda de pressão nos mangotes de distribuição (8 e 10) causada por anomalia hidráulica do veículo de operação remota (V).

O equipamento da presente invenção pode ser adaptado para realização de trabalhos desde águas rasas até águas ultraprofundas.

Tanto a primeira pinça de centralização (12) quanto à segunda pinça de centralização (13) podem ter suas dimensões aumentadas ou diminuídas de acordo com o afastamento dos estojos em relação à periferia da junção de flanges (F).

O equipamento possui dois vasos de ultrassom (18 e 20) para que um estojo (E) possa ser inspecionado por cada uma de suas duas extremidades simultaneamente.

A tampa vazada (120) e a guia de centro (110) fixadas ao membro externo (100) dos vasos de ultrassom (18 ou 20) podem apresentar diferentes diâmetros de acordo com diâmetros maiores ou menores de estojos com necessidade de inspeção.

Em cada vaso de ultrassom (18 ou 20), encontram-se afixados na placa de cabeçotes (223), pelo menos sete cabeçotes de ultrassom (217). A inspeção de um estojo (E) é realizada pelos quatorze cabeçotes de ultrassom (224) um de cada vez.

O conjunto de cabeçotes de ultrassom (217) também pode ser

operado sem a lente de acoplamento (225), desde que estes cabeçotes de ultrassom (217) suportem a pressão da lamina d'água .

A placa de cabeçotes (223) com o conjunto de cabeçotes (217) podem, também, trabalhar com um dispositivo acoplado de giro de 360
5 graus atuado por um motor hidráulico ou elétrico, para fazer uma varredura da superfície do estojo (E) e, desta forma, abrir a possibilidade de se reduzir o número de cabeçotes.

A seguir será apresentado o método de operação e funcionamento do sistema objeto da presente invenção que compreende as seguintes
10 etapas:

- uma etapa de preparação que compreende os seguintes passos:

- realizar um procedimento prévio de mergulho do veículo de
operação remota (V) equipado com ferramentas capazes de
escavar o solo submarino e limpar a superfície da junção
15 entre duas tubulações (T) na região de uma união entre
flanges (F) prestes a ter seus estojos (E) testados;

- conectar, quando de volta à superfície, um dos suportes de
garra (3) do equipamento (CT) ao braço robótico (B) do
veículo de operação remota (V);

- conectar o mangote de alimentação (7) de fluido hidráulico
do veículo de operação remota (V) ao conector de
distribuição (5) do equipamento (CT);

- conectar os cabos eletrônicos (CE) proveniente do veículo de
operação remota (V) ao conector passa cabos (22) do
25 equipamento (CT);

- testar as conexões antes de mergulhar;

- uma etapa de acoplamento e teste que compreende os seguintes
passos:

- ativar a energização elétrica e hidráulica do vaso hermético
30 (GE) e do equipamento (CT);

- mergulhar o veículo de operação remota (V) com o equipamento (CT) até o local onde está a união entre flanges (F) cujos estojos necessitam ser testados;
- 5 - pousar o veículo de operação remota (V) no solo submarino, em frente à união entre flanges (F) em posição ortogonal ao eixo longitudinal da tubulação (T) e com um afastamento que permita manobras do braço robótico (B) adequadas para o acoplamento do equipamento (CT);
- 10 - eleger o primeiro estojo (E) a ser testado na posição mais superior dos flanges (F) como estojo (E) "zero" e determinar que os estojos (E) seguintes estejam correlacionados posicionalmente em um padrão angular e de sentido horário;
- 15 - realizar manobra para aproximação do equipamento (CT) até o encaixe da primeira pinça de centralização (12) e da segunda pinça de centralização (13) nas extremidades do estojo (E) a ser testado;
- 20 - iniciar um procedimento de acoplamento ao acionar a função de alimentação de fluido hidráulico a partir do veículo de operação remota (V) por meio do primeiro ramal do mangote de alimentação (7) para o primeiro conector de distribuição (5), que distribui fluido através do primeiro mangote de distribuição (8) e do segundo mangote de distribuição (9) ao cilindro hidráulico (2), de modo que este último inicie o fechamento de seus dois atuadores (2A e 2B) com a
- 25 aproximação dos vasos de ultrassom (18, 20), ligados a estes últimos, das extremidades do estojo (E);
- monitorar o movimento de acoplamento, observar a introdução das extremidades do estojo (E) pela tampa vazada (120) e pela guia de centro (110) até que esta
- 30 extremidade encoste na lente (225) e, com a continuidade do

movimento, provoque o deslizamento dos membros internos (200) em relação aos membros externos (100) e a distensão das molas de acoplamento (19, 21) dos vasos de ultrassom (18, 20), quando então deve ser interrompida a ação;

5 - confirmar o correto acoplamento por visualização do sinal de ultrassom recebido na central de controle (CE) pelo operador do sistema;

10 - iniciar um procedimento de aquisição de dados ao anotar hora, número do estojo (E) e tirar uma foto por meio das câmeras do veículo de operação remota (V) para geração de relatório posterior;

15 - ativar o programa de inspeção instalado no sistema microprocessado de forma a chavear o funcionamento de cada um dos cabeçotes de ultrassom (217) de ambos os vasos de ultrassom (18, 20), captar os dados digitalizados pelo vaso hermético (GE), avaliar os sinais obtidos, onde a localização exata de uma falha é detectada pelo intervalo de tempo entre picos dos sinais de ultrassom recebidos por um ou pelos dois vasos de ultrassom (18, 20) e gravar em meio magnético;

20 - identificar o estojo por meio de uma marca especial no relatório caso seja detectada alguma falha estrutural em um determinado estojo (E) sob teste;

25 - iniciar um procedimento de desacoplamento ao interromper a função de alimentação de fluido hidráulico a partir do veículo de operação remota (V) por meio do primeiro ramal de mangote de alimentação (7) e iniciar a função de alimentação de fluido hidráulico a partir do veículo de operação remota (V) por meio do segundo ramal de mangote de alimentação (7A) para o segundo conector de distribuição

30

- (5A), que distribui fluido pelo interior do bloco central (6) do cilindro hidráulico (2) de modo que este último inicie a abertura de seus dois atuadores (2A e 2B) auxiliados pela força das molas de retorno (14, 15) com o afastamento dos vasos de ultrassom (18, 20) das extremidades do estojo (E);
- 5 - monitorar o movimento de desacoplamento, observar a saída das extremidades do estojo (E) pelas tampas vazadas (120) e pelas guias de centro (110), com o deslizamento dos membros internos (200) em relação aos membros externos (100) e a contração das molas de acoplamento (19, 21) dos vasos de ultrassom (18, 20) até que o equipamento (CT) esteja totalmente liberado;
- 10 - afastar o equipamento (CT) da união entre flanges (F) até que a primeira pinça de centralização (12) e da segunda pinça de centralização (13) se desencaixem das extremidades do estojo (E);
- 15 - dirigir o braço robótico (B) com o equipamento (CT) para o próximo estojo a ser examinado;
- repetir esta etapa de acoplamento e teste começando pelo procedimento de acoplamento, seguindo com o procedimento de aquisição de dados e o procedimento de desacoplamento, para cada um dos estojos (E) da união entre flanges (F) sob exame;
- 20 - uma etapa de desmobilização do equipamento que compreende os seguintes passos:
- 25 - subida do veículo de operação remota (V) desde o solo submarino até a superfície depois de todos os estojos (E) da união entre flanges (F) serem testados;.
- proceder à desconexão dos cabos eletrônicos (CE) provenientes do veículo de operação remota (V) do conector
- 30

passa cabos (22) do equipamento (CT);

- proceder à desconexão do primeiro ramal de mangote de alimentação (7) de fluido hidráulico e do segundo ramal de mangote de alimentação (7A) de fluido hidráulico do veículo de operação remota (V) do primeiro conector de distribuição (5) e do segundo conector de distribuição (5A) do equipamento (CT);

- proceder à desconexão do suporte de garra (3) do equipamento (CT) do braço robótico (B) do veículo de operação remota (V);

- lavar o equipamento (CT) com água doce, lubrificar e acondicionar em uma caixa de estocagem, limpar os conectores dos cabos eletrônicos (CE) e tampá-los com conectores cegos.

Os procedimentos de monitoração visual e fotografias são realizados pelas câmeras de vídeo existentes no próprio veículo de operação remota (V).

Embora a presente invenção tenha sido descrita em sua forma de realização preferida, o conceito principal que norteia a presente invenção, que é um sistema destinado à avaliação de falhas estruturais em estojos (E) que fixam uma união entre flanges (F) na extremidade de dois trechos de tubulações (T) de transporte de fluidos localizadas no fundo do oceano por meio de ultrassom, e um método de operação e funcionamento deste sistema, se mantém preservado quanto ao seu caráter inovador, onde aqueles usualmente versados na técnica poderão vislumbrar e praticar variações, modificações, alterações, adaptações e equivalentes, cabíveis e compatíveis ao meio de trabalho em questão, sem, contudo se afastar da abrangência do espírito e escopo da presente invenção, que estão representados pelas reivindicações que se seguem.

Reivindicações

1- SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS

SUBMARINOS POR ULTRASSOM, destinado à avaliação de falhas estruturais em estojos (E) que fixam uma união entre flanges (F) na extremidade de dois trechos de tubulações (T) de transporte de fluidos caracterizado por compreender como componentes principais: um equipamento de detecção (CT), um vaso hermético (GE) embarcado em um veículo de operação remota (V) e uma central de controle (GE) na superfície, onde:

- o equipamento (CT) de detecção de falhas estruturais por sua vez compreende:
 - um corpo central (1) formado por um cilindro hidráulico (2) do tipo duplo com um primeiro atuador (2A) e um segundo atuador (2B);
 - dois suportes de garra (3) para braço robótico (B) que servem para acoplamento do veículo de operação remota (V), os quais são fixos em cada uma de duas laterais opostas de um primeiro bloco de extremidade (4) e um segundo bloco de extremidade (4A) do cilindro hidráulico (2);
 - um primeiro conector de distribuição (5) de fluido hidráulico é fixado na parte superior de um bloco central (6) do cilindro hidráulico (2) e serve para receber por uma entrada e distribuir por duas saídas, um primeiro fluxo fluido hidráulico proveniente de um primeiro ramal de mangote de alimentação (7) desde o veículo de operação remota (V);
 - um segundo conector de distribuição (5A), é fixado na parte superior do bloco central (6) do cilindro hidráulico (2), serve para receber um segundo fluxo de fluido hidráulico proveniente de um segundo ramal de mangote de alimentação (7A) desde o veículo

de operação remota (V), fluxo de fluido hidráulico que é distribuído diretamente para o interior do bloco central (6);

- um primeiro mangote de distribuição (8), conectado a uma saída do conector de distribuição (5) serve para transportar fluido hidráulico por meio de um primeiro joelho (9) no primeiro bloco de extremidade (4) ao primeiro atuador (2A) do cilindro hidráulico (2);

- um segundo mangote de distribuição (10), conectado a uma outra saída do conector de distribuição (5) serve para transportar fluido hidráulico por meio de um segundo joelho (11) no segundo bloco de extremidade (4A) ao segundo atuador (2B) do cilindro hidráulico (2);

- uma primeira pinça de centralização (12) é fixada na parte inferior do primeiro bloco de extremidade (4) e serve para apoiar o equipamento a uma primeira extremidade de um estojo (E);

- uma segunda pinça de centralização (13) é fixada na parte inferior do segundo bloco de extremidade (4A) e serve para apoiar o equipamento a uma segunda extremidade de um estojo (E);

- uma primeira mola de retorno (14) é adaptada em torno do primeiro atuador (2A) e serve para manter um equilíbrio de forças quando este primeiro atuador (2A) for distendido ou contraído;

- uma segunda mola de retorno (15) é adaptada em torno do segundo atuador (2B) e serve para manter um equilíbrio de forças quando este segundo atuador (2B) for distendido ou contraído;

- um primeiro suporte guia (16), é fixado rigidamente na extremidade do primeiro atuador (2A) e possui, abaixo deste ponto de fixação uma primeira haste antigiro (16A) que

transpassa tanto a parte inferior do primeiro bloco de extremidade (4) quanto à primeira pinça de centralização (12);

- um segundo suporte guia (17), é fixado rigidamente na extremidade do segundo atuador (2B) e possui, abaixo deste ponto de fixação uma segunda haste antigiro (17A) que transpassa tanto a parte inferior do segundo bloco de extremidade (4A) quanto à segunda pinça de centralização (13);
- um primeiro vaso de ultrassom (18), fixado por uma de suas extremidades no primeiro suporte guia (16) é destinado a conter no seu interior uma parte da eletrônica do equipamento;
- uma primeira mola de acoplamento (19), é fixada por suas extremidades e envolve externamente uma parte do primeiro vaso de ultrassom (18), serve para manter um equilíbrio de forças quando este primeiro vaso de ultrassom (18) for distendido ou contraído;
- um segundo vaso de ultrassom (20), fixado por uma de suas extremidades no segundo suporte guia (17) é destinado a conter no seu interior uma parte da eletrônica do equipamento;
- uma segunda mola de acoplamento (21), é fixada por suas extremidades e envolve externamente uma parte do segundo vaso de ultrassom (20), serve para manter um equilíbrio de forças quando este segundo vaso de ultrassom (20) for distendido ou contraído;
- um conector passa cabos (22), serve para receber por uma entrada e distribuir por duas saídas cabos eletrônicos (CE) proveniente de uma mangueira central (23) desde o veículo de operação remota (V);
- uma primeira mangueira passa cabos (24) é ligada por uma de suas extremidades a uma saída do conector passa cabos (22) e por sua outra extremidade é ligada ao primeiro vaso de

- ultrassom (18), serve para conduzir os cabos eletrônicos (CE) até este primeiro vaso de ultrassom (18);
- uma segunda mangueira passa cabos (25) é ligada por uma de suas extremidades a uma saída do conector passa cabos (22) e por sua outra extremidade é ligada ao segundo vaso de ultrassom (20), serve para conduzir os cabos eletrônicos (CE) até este segundo vaso de ultrassom (20);
 - o vaso hermético, (GE) embarcado no veículo de operação remota (V), é ligado eletricamente por meio dos cabos eletrônicos (CE) que passam desde o mangote de alimentação (7), pelas mangueiras passa cabos (24 e 25) e pelo interior dos vasos de ultrassom (18, 20) até os cabeçotes de ultrassom (214), serve para transformar os sinais analógicos emitidos por estes últimos em sinais digitais que são analisados por um analisador de sinais de ultrassom (AU) ("Epoch") em seu interior para, posteriormente, serem transmitidos para a superfície utilizando o umbilical do próprio veículo de operação remota (V).
 - a central de controle (CE) na superfície comandada por um operador, tem as funções de controlar a operação tanto do veículo de operação remota (V) quanto do equipamento (CT) de detecção, receber os sinais enviados pelos componentes do vaso hermético (GE) por meio de um programa de inspeção instalado em um sistema microprocessado onde estes sinais são analisados e gravados em registro para interpretação imediata ou posterior.

2- SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS POR ULTRASSOM, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por os vasos de ultrassom (18, 20) compreenderem:

- um membro externo (100) fixado ao segundo suporte guia (17), envolvido pela segunda mola e acoplamento (21) apresenta na extremidade à frente do suporte guia (17) uma guia de centro (110) destinada a centralizar a extremidade de um estojo (E) a ser examinado e uma tampa vazada (120) destinada a fixar a guia de centro (110) ao membro externo (100);
- um membro interno (200) deslizante em relação ao membro externo, bicompartimentado, destinado a acondicionar componentes eletrônicos para inspeção por ultrassom e que, por sua vez compreende:
 - um primeiro compartimento (210) que possui: um passador de cabos (211), o qual é conectado à segunda mangueira passa cabos (25), serve para introduzir no interior deste primeiro compartimento (210) os cabos eletrônicos (CE) provenientes do veículo de operação remota (V), os quais são conectados a conectores (212, 212A) instalados a uma primeira face (F1) de um flange de estanqueidade (213) e que atravessam este último;
 - um segundo compartimento (220) que possui, ligados ao seu interior, uma placa de conectores (221) fixada à segunda face (F2) do flange de estanqueidade (213), apresenta em sua superfície oposta a este último flange uma pluralidade de conectores de cabeçotes (222) responsáveis pela continuidade da transmissão de dados, uma placa de cabeçotes (223) na qual encontram-se fixados uma pluralidade de cabeçotes de ultrassom (224), os quais são ligados eletricamente aos conectores de cabeçotes (223) e uma lente de acoplamento (225), a qual serve para geração de estanqueidade para os componentes do segundo compartimento (220) e promover o acoplamento à superfície de um estojo (E) e conduzir os sinais de ultrassom que são transmitidos, é fixada rigidamente à carcaça do segundo compartimento (220) e à placa de cabeçotes (223).

- 3- SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS POR ULTRASSOM**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o membro interno (200) deslizar em relação ao membro externo (100) sobre anéis elástico-poliméricos (226) e, por meio da folga remanescente entre estes membros (100 e 200), pequenos desalinhamentos serem corrigidos e promover uma acomodação exata entre a lente de acoplamento (225) e a superfície de um estojo (E).
- 4- SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS POR ULTRASSOM**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por tanto a primeira mola de retorno (14) quanto à segunda mola de retorno (15) terem a função de desacoplar o equipamento do estojo em exame e, desacoplar em caráter de emergência no caso de perda de pressão nos mangotes de distribuição (8 e 10) causada por anomalia hidráulica do veículo de operação remota (V).
- 5- SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS POR ULTRASSOM**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por tanto a primeira pinça de centralização (12) quanto à segunda pinça de centralização (13) poderem ter suas dimensões aumentadas ou diminuídas de acordo com o afastamento dos estojos em relação à periferia da junção de flanges (F).
- 6- SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS POR ULTRASSOM**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o equipamento possuir dois vasos de ultrassom (18 e 20) para que um estojo (E) possa ser inspecionado por cada uma de suas duas extremidades simultaneamente.
- 7- SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS POR ULTRASSOM**, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por o conjunto de cabeçotes de ultrassom (217) poder ser operado sem a lente de acoplamento (225), desde que estes cabeçotes de ultrassom (217) suportem a pressão da lâmina d'água.

8- SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS POR ULTRASSOM, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por a placa de cabeçotes (223) com o conjunto de cabeçotes (217) poderem trabalhar com um dispositivo acoplado de giro de 360 graus atuado por um motor hidráulico ou elétrico, para fazer uma varredura da superfície do estojo (E).

9- SISTEMA PARA INSPEÇÃO DE FALHAS EM ACOPLAMENTOS SUBMARINOS POR ULTRASSOM, de acordo com as reivindicações 1 e 2, caracterizado por a tampa vazada (120) e a guia de centro (110) fixadas ao membro externo (100) dos vasos de ultrassom (18 ou 20) poderem apresentar diferentes diâmetros de acordo com diâmetros maiores ou menores de estojos com necessidade de inspeção.

10- MÉTODO DE OPERAÇÃO E FUNCIONAMENTO, do sistema para inspeção de falhas em acoplamentos submarinos por ultrassom caracterizado por compreender as seguintes etapas:

- uma etapa de preparação que compreende os seguintes passos:
 - realizar um procedimento prévio de mergulho do veículo de operação remota (V) equipado com ferramentas capazes de escavar o solo submarino e limpar a superfície da junção entre duas tubulações (T) na região de uma união entre flanges (F) prestes a ter seus estojos (E) testados;
 - conectar, quando de volta à superfície, um dos suportes de garra (3) do equipamento (CT) ao braço robótico (B) do veículo de operação remota (V);
 - conectar o mangote de alimentação (7) de fluido hidráulico do veículo de operação remota (V) ao conector de distribuição (5) do equipamento (CT);
 - conectar os cabos eletrônicos (CE) proveniente do veículo de operação remota (V) ao conector passa cabos (22) do equipamento (CT);

- testar as conexões antes de mergulhar;
- uma etapa de acoplamento e teste que compreende os seguintes passos:
 - ativar a energização elétrica e hidráulica do vaso hermética (GE) e do equipamento (CT);
 - mergulhar o veículo de operação remota (V) com o equipamento (CT) até o local onde está a união entre flanges (F) cujos estojos necessitam ser testados;
 - pousar o veículo de operação remota (V) no solo submarino, em frente à união entre flanges (F) em posição ortogonal ao eixo longitudinal da tubulação (T) e com um afastamento que permita manobras do braço robótico (B) adequadas para o acoplamento do equipamento (CT);
 - eleger o primeiro estojo (E) a ser testado na posição mais superior dos flanges (F) como estojo (E) "zero" e determinar que os estojos (E) seguintes estejam correlacionados posicionalmente em um padrão angular e de sentido horário;
 - realizar manobra para aproximação do equipamento (CT) até o encaixe da primeira pinça de centralização (12) e da segunda pinça de centralização (13) nas extremidades do estojo (E) a ser testado;
 - iniciar um procedimento de acoplamento ao acionar a função de alimentação de fluido hidráulico a partir do veículo de operação remota (V) por meio do primeiro ramal do mangote de alimentação (7) para o primeiro conector de distribuição (5), que distribui fluido através do primeiro mangote de distribuição (8) e do segundo mangote de distribuição (9) ao cilindro hidráulico (2), de modo que este último inicie o fechamento de seus dois atuadores (2A e 2B) com a aproximação dos vasos

- de ultrassom (18, 20), ligados a estes últimos, das extremidades do estojo (E);
- monitorar o movimento de acoplamento, observar a introdução das extremidades do estojo (E) pela tampa vazada (120) e pela guia de centro (110) até que esta extremidade encoste na lente (225) e, com a continuidade do movimento, provoque o deslizamento dos membros internos (200) em relação aos membros externos (100) e a distensão das molas de acoplamento (19, 21) dos vasos de ultrassom (18, 20), quando então deve ser interrompida a ação;
 - confirmar o correto acoplamento por visualização do sinal de ultrassom recebido na central de controle (CE) pelo operador do sistema;
 - iniciar um procedimento de aquisição de dados ao anotar hora, número do estojo (E) e tirar uma foto por meio das câmeras do veículo de operação remota (V) para geração de relatório posterior;
 - ativar o programa de inspeção instalado no sistema microprocessado de forma a chavear o funcionamento de cada um dos cabeçotes de ultrassom (217) de ambos os vasos de ultrassom (18, 20), captar os dados digitalizados pelo vaso hermetico (GE), avaliar os sinais obtidos, onde a localização exata de uma falha é detectada pelo intervalo de tempo entre picos dos sinais de ultrassom recebidos por um ou pelos dois vasos de ultrassom (18, 20) e gravar em meio magnético;
 - identificar o estojo por meio de uma marca especial no relatório caso seja detectada alguma falha estrutural em um determinado estojo (E) sob teste;
 - iniciar um procedimento de desacoplamento ao interromper a função de alimentação de fluido hidráulico a partir do veículo

de operação remota (V) por meio do primeiro ramal de mangote de alimentação (7) e iniciar a função de alimentação de fluido hidráulico a partir do veículo de operação remota (V) por meio do segundo ramal de mangote de alimentação (7A) para o segundo conector de distribuição (5A), que distribui fluido pelo interior do bloco central (6) do cilindro hidráulico (2) de modo que este último inicie a abertura de seus dois atuadores (2A e 2B) auxiliados pela força das molas de retorno (14, 15) com o afastamento dos vasos de ultrassom (18, 20) das extremidades do estojo (E);

- monitorar o movimento de desacoplamento, observar a saída das extremidades do estojo (E) pelas tampas vazadas (120) e pelas guias de centro (110), com o deslizamento dos membros internos (200) em relação aos membros externos (100) e a contração das molas de acoplamento (19, 21) dos vasos de ultrassom (18, 20) até que o equipamento (CT) esteja totalmente liberado;
- afastar o equipamento (CT) da união entre flanges (F) até que a primeira pinça de centralização (12) e da segunda pinça de centralização (13) se desencaixem das extremidades do estojo (E);
- dirigir o braço robótico (B) com o equipamento (CT) para o próximo estojo a ser examinado;
- repetir esta etapa de acoplamento e teste começando pelo procedimento de acoplamento, seguindo com o procedimento de aquisição de dados e o procedimento de desacoplamento, para cada um dos estojos (E) da união entre flanges (F) sob exame;
- uma etapa de desmobilização do equipamento que compreende os seguintes passos:

- subida do veículo de operação remota (V) desde o solo submarino até a superfície depois de todos os estojos (E) da união entre flanges (F) serem testados;
- proceder à desconexão dos cabos eletrônicos (CE) provenientes do veículo de operação remota (V) do conector passa cabos (22) do equipamento (CT);
- proceder à desconexão do primeiro ramal de mangote de alimentação (7) de fluido hidráulico e do segundo ramal de mangote de alimentação (7A) de fluido hidráulico do veículo de operação remota (V) do primeiro conector de distribuição (5) e do segundo conector de distribuição (5A) do equipamento (CT);
- proceder à desconexão do suporte de garra (3) do equipamento (CT) do braço robótico (B) do veículo de operação remota (V);
- lavar o equipamento (CT) com água doce, lubrificar e acondicionar em uma caixa de estocagem, limpar os conectores dos cabos eletrônicos (CE) e tampá-los com conectores cegos.

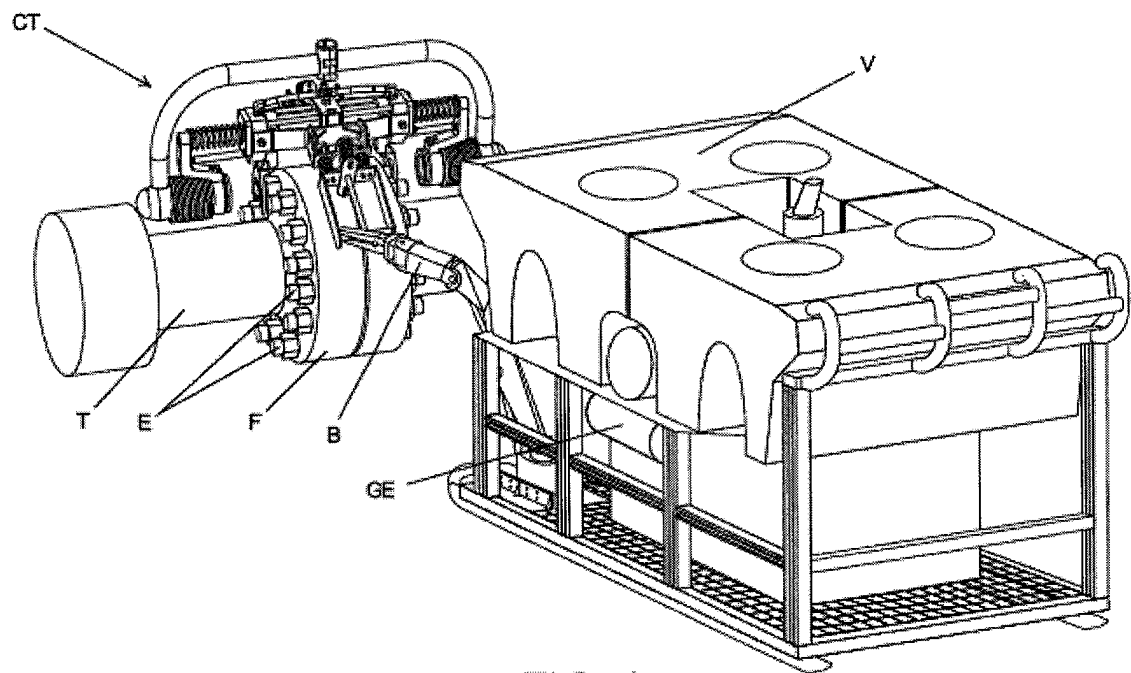


FIG. 1

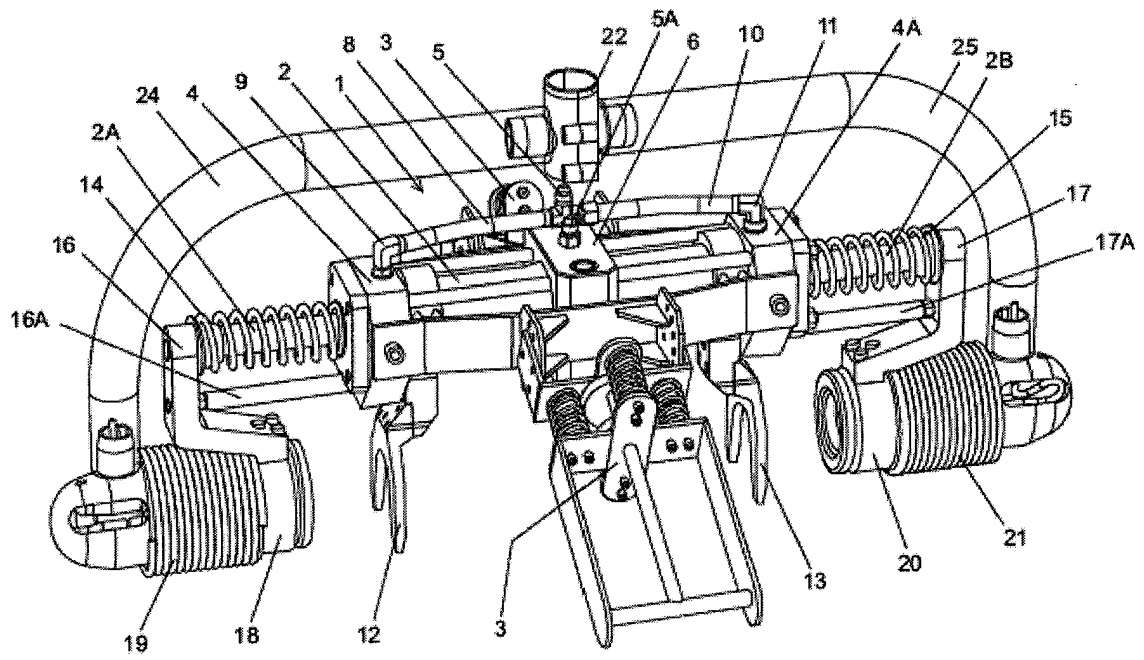


FIG. 2

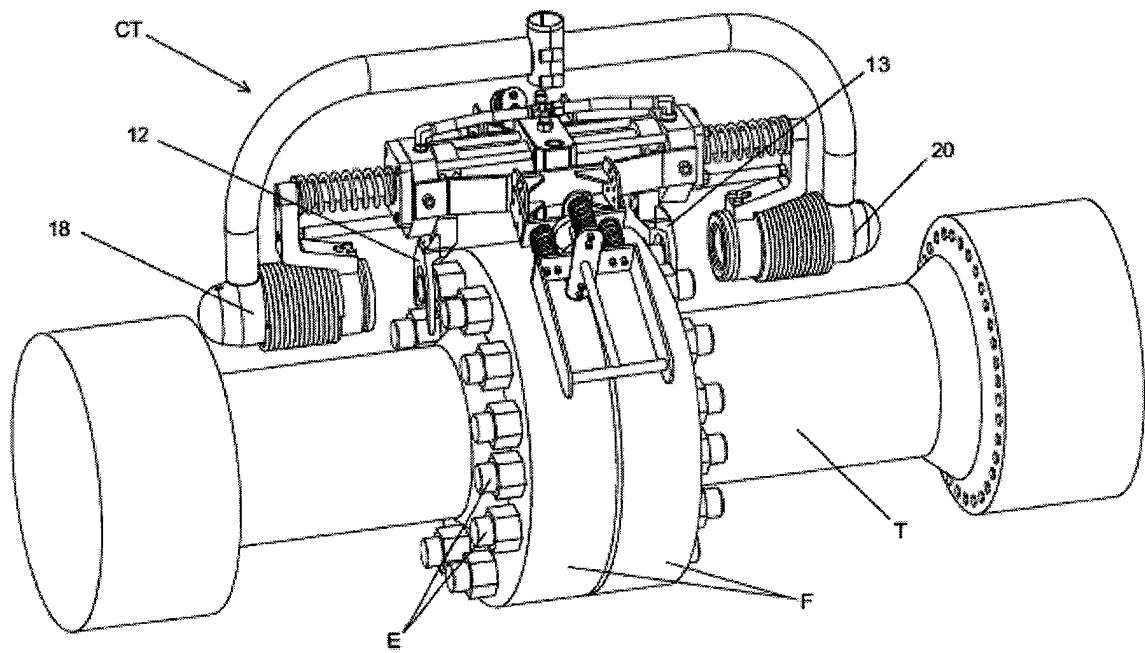


FIG. 3

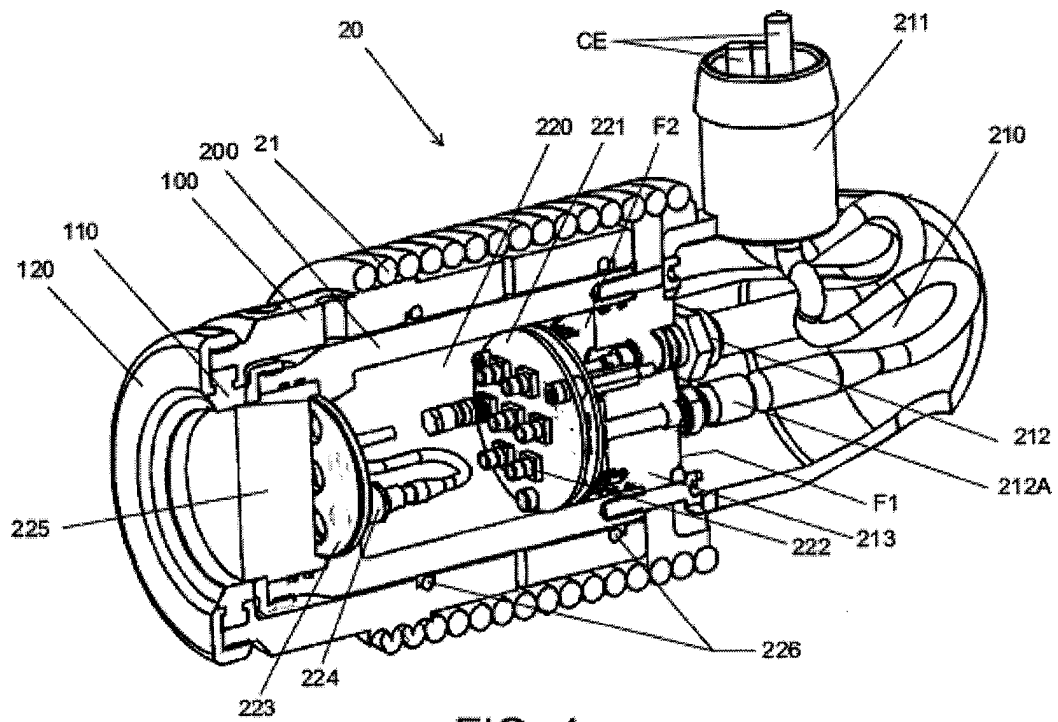


FIG. 4

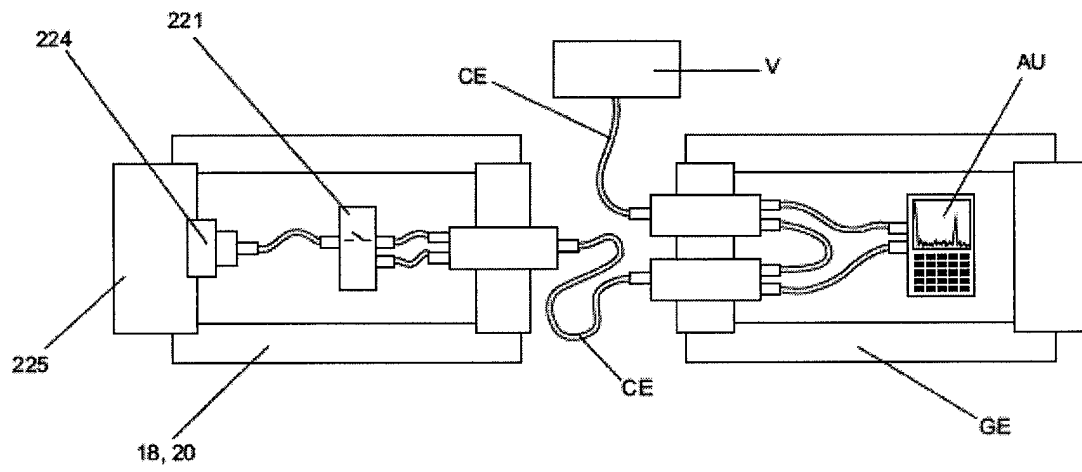


FIG. 5