



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

(11) PI 1013043-8 B1



(22) Data do Depósito: 06/07/2010

(45) Data de Concessão: 07/01/2020

(54) Título: MÉTODO PARA CONTROLAR UM CABO INSTRUMENTADO REBOCADO EM ÁGUA, E, SISTEMA PARA EXECUTAR O MÉTODO

(51) Int.Cl.: G01V 1/38; G01V 1/20.

(52) CPC: G01V 1/3826; G01V 1/201; G01V 1/3835.

(30) Prioridade Unionista: 07/07/2009 NO 20092577.

(73) Titular(es): KONGSBERG SEATEX AS.

(72) Inventor(es): OLA ERIK FJELLSTAD; ARNE RINNAN.

(86) Pedido PCT: PCT NO2010000268 de 06/07/2010

(87) Publicação PCT: WO 2011/014071 de 03/02/2011

(85) Data do Início da Fase Nacional: 07/12/2011

(57) Resumo: "MÉTODO PARA CONTROLAR UM CABO INSTRUMENTADO REBOCADO EM ÁGUA, E, SISTEMA PARA EXECUTAR O MÉTODO" Sistema e método para controlar um cabo instrumentado (30) rebocado em água, tal como fitas sísmicas marinhas e/ou uma formação de cabos rebocados instrumentados (formação de fitas), a que pelo menos um cabo instrumentado (30), dispositivos de controle (10, 20) são arrançados para controlar os cabos instrumentados individuais (30), tanto em formato como posição em relação a outros cabos instrumentados (30) e então neutralizar as correntes cruzadas e/ou outras forças dinâmicas afetando uma formação de cabo rebocado atrás de uma embarcação de levantamento sísmicos (50). As asas (12, 23) dos dispositivos de controle (10, 20) são providas com meios de transmissão/recepção acústicos (14) e componentes eletrônicos para alcance acústico e a embarcação (50) e uma ou mais bóias (60) são providos com meios de transmissão/recepção acústicos (62) e componentes eletrônicos para alcance acústico e são providos com instrumentação para posição e velocidade absolutas.

MÉTODO PARA CONTROLAR UM CABO INSTRUMENTADO REBOCADO EM ÁGUA, E, SISTEMA PARA EXECUTAR O MÉTODO

[001] A invenção refere-se a um método para posicionar um cabo instrumentado rebocado em água, tal como uma fita sísmica marinha e/ou uma formação de cabos rebocados instrumentados (formação de fitas).

[002] A invenção também refere-se a um sistema para posicionar um cabo instrumentado rebocado em água, tal como uma fita sísmica e/ou uma formação de cabos rebocados instrumentados (formação de fitas).

FUNDAMENTOS

[003] Uma fita sísmica é uma estrutura semelhante a cabo alongado (tipicamente até diversos milhares de metros de comprimento), que inclui uma formação de cabos hidrofônicos e equipamento elétrico associado ao longo de seu comprimento e que é usado em levantamento sísmico marinha. A fim de realizar um levantamento sísmico 3D/4D, uma pluralidade de tais cabos instrumentados é rebocada atrás de uma embarcação de levantamento. Sinais acústicos são produzidos pelas fontes sísmicas e são direcionados para baixo através de água e para dentro do leito do mar embaixo, onde eles são refletidos de vários estratos. Os sinais refletidos são recebidos pelos cabos hidrofônicos e então digitalizados para construir uma representação dos estratos da terra na área sendo levantada.

[004] Os cabos instrumentados são tipicamente rebocados em uma constante profundidade de cerca de cinco a dez metros para promover remoção das indesejadas reflexões “fantasmas” da superfície da água. A fim de manter os cabos instrumentados em uma constante profundidade, dispositivos de controle conhecidos como “pássaros” são arranjados em cada cabo instrumentado em intervalos de 200 a 300 metros.

[005] Variações de profundidade de baixa frequência e movimento lateral são inevitáveis. A razão principal das variações de profundidade dos cabos são as longas ondas periódicas. Em geral, a situação de pior caso ocorre

quando rebocando na mesma direção que a onda. Os movimentos laterais de cabo são principalmente devidos aos componentes da corrente do mar perpendicular à direção de rebocagem. No caso de influências tanto de onda como corrente transversal, o risco de emaranhamento do cabo instrumentado é, portanto, aumentado.

[006] A tensão do cabo diminui proporcionalmente com a distância do ponto de rebocagem. Portanto, movimento lateral e vertical de baixa frequência tende a ter amplitudes mais elevadas mais próximo da parte traseira. Entretanto, as forças atuando perpendiculares aos cabos instrumentados são não uniformemente distribuídas através do comprimento do cabo e mudarão com o tempo à medida que a formação rebocada se move para a frente.

[007] Durante um levantamento sísmico, os cabos instrumentados são destinados a permanecer retos, paralelos entre si, igualmente afastados e na mesma profundidade. Entretanto, após estender os cabos instrumentados, é tipicamente necessário que a embarcação de separação V1 cruze em uma linha reta por pelo menos três comprimentos de cabo, antes de a distribuição de cabos aproximar-se deste arranjo ideal e o levantamento poder começar. Isto aumenta o tempo que leva para realizar um levantamento e, portanto, aumenta o custo do levantamento. Entretanto, por causa das correntes marítimas os cabos instrumentados deixam de precisamente seguir o trajeto da embarcação de levantamento sísmico, às vezes desviando-se deste trajeto em um ângulo, conhecido como ângulo de plumagem. Isto pode afetar adversamente a cobertura do levantamento, frequentemente requerendo que certas partes do levantamento sejam repetidas. Realmente em más circunstâncias, os cabos podem realmente tornar-se emaranhados, especialmente na extremidade dos cabos instrumentados, o que pode causar considerável avaria e considerável perda financeira.

[008] Diversas patentes cobrem dispositivos de controle para

cabos instrumentados, tais como fitas sísmicas marinhas.

[009] O WO 02/059650 A1 descreve um sistema que é caracterizado pelo fato de incluir uma unidade de comando e um número de unidades de controle, onde as unidades de controle são localizadas em pelo menos alguns dos cabos e são adaptadas para medir e informar sobre e suas posições, pelo fato de a unidade de comando incluir meio para receber informação de posição de cada unidade de controle individual e cálculo dos possíveis desvios de determinadas posições, e pelo fato de o sistema incluir meios para mudar a posição do cabo para reestabelecer as posições das unidades de controle.

[0010] O WO 2005/096018 descreve um método e um sistema que possibilitam espalhamento do levantamento sísmico enquanto conduzindo um levantamento sísmico. O método inclui coletar dados de entrada, incluindo dados de navegação para nodos de navegação, estados operacionais de sensores associados com elementos de controle de espalhamento, dados ambientais para dados de levantamento e projeto de levantamento. As posições das fontes e dos receptores são estimadas utilizando-se os dados de navegação, os estados operacionais e os dados ambientais. Trajetórias de rebocagem ótimas para as fontes e receptores são determinadas utilizando-se as estimativas de posição e uma parte dos dados de entrada que incluem pelo menos os dados de projeto de levantamento. Comandos de acionamento são calculados para pelo menos dois dos elementos de controle espalhados, empregando-se as trajetórias de rebocagem ótimas determinadas.

[0011] A US 6.691.038 B2 descreve um método e aparelho incluindo um sistema de controle ativo para uma formação de cabos sísmicos rebocados, que possibilita controle da posição de qualquer número de cabos sísmicos rebocados. As posições dos cabos são controladas horizontal e verticalmente empregando-se unidades de controle ativas, posicionadas dentro da formação sísmica. A posição dos três componentes (x, y, z) para

cada elemento de cabo, relativa à embarcação de separação V1 e relativa entre si, é controlada, rastreada e armazenada durante uma realização de aquisição de dados sísmicos. Os elementos de controle ativos podem ser localizados em posição desviadora, cabeça de cabo, ao longo do comprimento do cabo ou da parte traseira do cabo. O método possibilita manobra de uma formação sísmica quando a embarcação de reboque mantém o curso ou a própria embarcação manobra para auxiliar o reposicionamento da formação.

[0012] As US 6.932.017; US 7.162.967 B2 e US 7.722.597 B2 e US 7.193.520 B2 todas descrevem métodos e sistemas para controlar um dispositivo de posicionamento de cabo arranjado para ser conectado a um cabo instrumentado (fita sísmica marinha) e rebocado por uma embarcação de levantamento sísmico e que têm uma asa em um motor de asa para mudar a orientação da asa. O método inclui etapa para: - obter uma velocidade estimada do dispositivo de posicionamento de cabo, - para calcular uma mudança desejada de orientação da asa pela utilização da velocidade estimada do dispositivo de posicionamento de cabo e – para ativar o motor da asa para produzir a mudança desejada da orientação da asa.

[0013] Dentre outros, US 5.443.027, US 6.011.752, US 6.144.342, WO 03/008906 A2, US 6.671.223 B2, US 6.879.542 B2, US 6.459.653, US 5.619.474, US 6.016.286, US 6.525.992 outros dispositivos e métodos de controle para controlar cabos instrumentados são descritos.

[0014] A US 6.691.038 descreve um trajeto de separação ativo e sistema de posicionamento para formações sísmicas rebocadas.

[0015] A US 7.190.634 descreve um sistema de posicionamento de cabo submarino com base em GPS.

[0016] A US 7.376.045 descreve um sistema para determinar a posição das fitas sísmicas marinhas rebocadas.

[0017] A US 7.403.448 descreve um aparelho e método de

determinação de orientação do dispositivo de direção de fita.

[0018] Os dispositivos de controle de acordo com estas formas de realização são acompanhados com numerosas desvantagens. Como os dispositivos de controle (em algumas das publicações mencionadas acima) são suspensos sob o cabo instrumentado, eles produzem substancial ruído quando eles são rebocados através da água. Este ruído é misturado com os sinais refletidos, detectados pelos cabos hidrofônicos nos cabos instrumentados. Alguns dos dispositivos de controle incluem um par de asas ou lemes que são arrançados em uma estrutura rotativa abrangendo o cabo instrumentado para gerar uma força de levantamento em uma direção especificada. Isto é radiação de luminescência dispendioso e construção eletromecânica complexa, que é muito vulnerável em operações submarinhas. Alguns dos dispositivos de controle mencionados nas publicações acima são acionados por um par de asas ou lemes em uma manobra de “curva-inclinada”, de modo que o ângulo de balanço do dispositivo de controle é definido por uma força total desejada. Isto acrescenta complexidade à malha de controle local do sistema de controle total e resulta em propriedades de má estabilidade visto que o ângulo de balanço deve ser ajustado continuamente de acordo com mudanças da força total desejada, particularmente induzidas pelo controle de profundidade.

[0019] Além disso, soluções para realizar transferência sem fio/sem contato de energia e sinais/dados entre o corpo principal e as asas não são conhecidas, algo que resultará em um sistema mais robusto que é menos exposto a falhas funcionais ou falha mecânica.

[0020] Alguns dispositivos de controle que melhoram estas desvantagens são conhecidos pela patente Norueguesa 328856 e pedidos de patente NO 20083830 e NO 20063182 do requerente, e o pedido do requerente com o título “Control device and method for controlling the position of na instrumented cable towed in water”.

OBJETIVO

[0021] O principal objetivo da invenção é prover um método e um sistema que completa ou parcialmente supere as desvantagens das presentes soluções mencionadas acima. É também um objetivo prover um método que possa ser usado ou diversos tipos de dispositivos de controle para cabos instrumentados, porém particularmente para uso de dispositivos de controle incluindo três ou mais asas. É também um objetivo da presente invenção que o sistema e método faça o cabo instrumentado suportar melhor afecção de forças incontrolláveis do meio-ambiente em torno do cabo instrumentado. É ainda um objetivo do sistema e método reduzir a força requerida para controle. É ainda um objetivo do sistema e método reduzir a força requerida para controle. É ainda um objetivo da presente invenção que proveja oportunidades para destorcer/desemaranhar torções aplicadas ao cabo instrumentado. É um objetivo da presente invenção permitir operações de mudança de curso mais rápidas e acabamento mais curto das operações e inserções mais curtas após voltas de linha e outras operações a uma posição aproximadamente ideal. Um objetivo da invenção é prover um sistema e método que possa manusear diferentes situações/condições de falha que possam surgir, incluindo considerar a condição dos dispositivos de controle.

[0022] Um objetivo da presente invenção é que o sistema seja capaz de ajustar uma força de controle lateral do dispositivo de controle ou do cabo instrumentado sem perturbar o balanço local e as malhas de controle de profundidade do dispositivo de controle, que correm em paralelo.

A INVENÇÃO

[0023] Um sistema para posicionamento de um cabo instrumentado rebocado em água, tal como uma fita sísmica marinha e/ou uma formação de cabo rebocado instrumentado (formação de fitas) de acordo com a invenção inclui um ou mais dispositivos de controle arranjados para cabos instrumentados, uma central de controle/comando arranjada a bordo de uma

embarcação, preferivelmente uma embarcação de levantamento, dita central de controle/comando sendo arranjada para comunicação com o um ou mais cabos instrumentados e os dispositivos de controle separados arranjados ali. Isto é com frequência referido como um sistema STAP (STAP- “Seismic Towed Array Positioning”). Além disso, o sistema inclui bóias traseiras dispostas nos cabos instrumentados da formação de cabo e dispositivos defletores para espalhar os cabos instrumentados em uma formação de cabo. Além disso, a central de controle/comando é arranjada para comunicar-se com as bóias traseiras via o cabo instrumentado ou sem fio, e é arranjada para comunicar-se com a embarcação é opcionalmente dispositivo defletores.

[0024] Os dispositivos de controle arranjados para o(s) cabo(s) instrumentado(s) são preferivelmente um dispositivo de controle incluindo:

- um corpo principal provido com uma unidade processadora, acelerômetros, opcionalmente giro e bússola magnética, sensor de pressão e conexões indutivas para comunicação sem fio/sem contato e transferência de energia para as asas ou conexões mecânicas para comunicação e transferência de energia,

- asas, preferivelmente três asas, ditas asas sendo providas com uma unidade de processamento, conexão indutiva ou conexão mecânica para conexão com o corpo principal, sensor de efeito de Hall, baterias recarregáveis, componentes eletrônicos de carga inteligente, motor com sensor de momento; ou alojamento de engrenagem de transmissão e motor, preferivelmente três motores com alojamentos de engrenagem de transmissão, dito motor e alojamentos de engrenagem de transmissão providos com asas, dito motor e alojamentos de engrenagem de transmissão sendo providos com uma unidade processadora, conexão indutiva ou conexão mecânica para conexão ao corpo principal, sensor de efeito Hall, baterias recarregáveis, componentes eletrônicos de carga inteligente, motor com sensor de momento,

onde pelo menos um das asas do dispositivo de controle é

provido com elementos transmissor/receptor e componentes eletrônicos para variação acústica.

- software de dispositivo de controle local, executando na unidade processadora de corpo,
- software do controlador de asa local executando na unidade de processamento de asa.

[0025] Os dispositivos de controle como este são descritos, p. ex., na patente Noruega do requerente NO 328856 e pedido de patente 20083830, disponível ao público em 9 de julho de 2009, e o pedido de patente depositado ao mesmo tempo do requerente com o título “Control device and method for positioning of an instrumented cable towed in water”.

[0026] Isso significa que os dispositivos de controle são formados de um corpo principal e pelo menos três asas, chamadas asas inteligentes, ou pelo menos três alojamentos de motor e engrenagens motrizes providas com asas. O termo asa inteligente é usado para ilustrar que a asa, suprimento de energia (baterias), unidade processadora, motor com sensor de momento, componentes eletrônicos de carga inteligente e sensor de efeito de Hall são integrados na mesma unidade, dita asa sendo adaptada para ser separavelmente conectada ao corpo principal em uma maneira simples. A alternativa que inclui motor e alojamentos de engrenagem de transmissão é usada para ilustrar o suprimento de força (baterias), unidade processadora, motor com sensor de momento, componentes eletrônicos de carga inteligente e sensor de efeito de hall são integrados na mesma unidade, indicada como um alojamento de motor e engrenagem de transmissão, que novamente é provida com uma asa, ditos alojamentos de motor e engrenagem de transmissão e asa formando uma unidade separável que em uma maneira simples pode ser fixada a e separada do corpo principal.

[0027] O corpo principal é preferivelmente alongado e tubular substancialmente alongado e é provido em sua extremidade com meio de

conexão mecânica e elétrica a ser conectado em série entre duas seções adjacentes de um cabo instrumentado. Além disso, o corpo principal é, em locais adaptados, provido com meios de fixação e conexão para asas inteligentes ou alojamento de motor e engrenagem de transmissão provida com asas, dito corpo principal sendo adaptado às respectivas alternativas. O dispositivo de controle pode, além disso, se provido com conexão sem fio/sem contato ou mecânica para transferir comunicação e/ou energia, e comunicação sem fio/sem contato com unidades externas, p. ex., para calibração. Com asas inteligentes como descrito acima tendo seu próprio suprimento de bateria, e possível controlar as asas para neutras, mesmo embora o corpo principal seja sem função. As baterias das asas são carregadas continuamente durante operação normal e podem operar autonomamente por diversos dias sem suprimento de energia. As asas podem ser também energia de suprimento para o corpo principal se o suprimento de energia através dos cabos instrumentados for cortado.

[0028] Como mencionado acima, o dispositivo de controle e, portanto, o cabo instrumentado ou formação de cabo é controlado por meio de uma central de controle/comando a bordo de uma embarcação dita central de controle/comando é provida com software/algoritmo e/ou meio para isto. Além disso, a central de controle/comando inclui meio de comunicação para comunicação com os cabos instrumentados, dispositivos de controle, bóias traseiras, a embarcação e opcionalmente dispositivos defletores. Preferivelmente, a embarcação uma ou mais bóias traseiras (e opcionalmente um ou mais dispositivos defletores) são providos com meio para receber sinais/pulsos acústicos, que são transmitidos dos dispositivo de controle para uso em posicionamento variável e relativo e absoluto.

[0029] O controle de um cabo instrumentado ou formação de cabo pode ser dividido em controle local e global. O controle local é o realizado localmente em cada dispositivo de controle, enquanto o controle global é o

controle que é realizado através da central de controle/comando e pode ser considerado como um controle superior.

[0030] O controle local faz uso de medições do dispositivo de controle, tais como profundidade do sensor de pressão, ângulo de balanço e taxa de balanço pelos acelerômetros, opcionalmente giro de taxa e bússola magnética; deflexão de asa pelo sensor de efeito-Hall e pulsos de controle de motor; capacidade da bateria de componentes eletrônicos de carga inteligente; momento do motor; e distância aos dispositivos de controles adjacentes de um sistema de variação acústico.

[0031] Além disso, o controle local faz uso de estimação local da velocidade do dispositivo de controle através da água, com base em uma combinação de momento de motor da asa e medições de deflexão da asa.

[0032] Além disso, o controle local inclui um ou mais dos seguintes detalhes:

- controle de ângulo de balanço de malha fechada local, com base em ângulo de balanço e taxa de balanço estimados, onde a referência de ângulo balanço é determinada pela força lateral desejada das asas,
- regulação de profundidade de malha fechada local, com base em medições de um sensor de profundidade local (sensor de pressão no corpo principal) e uma referência de profundidade global,
- controle de força lateral local com base no princípio da pipa,
- programação de ganho do controlador de balanço e controle de profundidade, com base em informação sobre a velocidade através da água, preferivelmente estimada localmente com base nos sensores do próprio dispositivo de controle, alternativamente atualiza pela central de controle/comando da embarcação através do cabo instrumentado;
- controle de taxa de balanço de malha fechada local, com base na taxa de balanço estimada,

- algoritmo não torcido local com base em que, se momento comandado pela estática exceder um certo nível em relação a um certo período de tempo, o dispositivo de controle balança um certo número de graus na direção oposta, para reduzir o momento comandado estático,

- detecção local de instabilidade no ângulo de balanço e estabilização automática, que inclui que um de instabilidade em ângulo de balanço sucessivamente reduz as forças lateral e vertical até estabilidade no ângulo de balanço ser reestabelecida.

- detecção local de instabilidade em taxa de balanço e estabilização automática, que inclui que um de instabilidade de taxa de balanço primeiro reajusta todas as asas, em seguida ativa a taxa do controlador da taxa de balanço com taxa de referência igual a 0 e que o movimento de balanço é parado, e quando o movimento de balanço é parado, ativa o controlador do ângulo de balanço e com sucesso aumentando as forças lateral e vertical após também a estabilidade do ângulo de balanço ter sido alcançada,

- modo de economia de força local, incluindo reduzido controle lateral de energia e reduzido controle de profundidade de energia, que ocorre em casos em que falhas em suprimento de força através do cabo instrumentado surge ou o nível da bateria das asas é baixo,

- modo seco/úmido automático, por meio do qual o próprio dispositivo de controle detecta se é com base em ar ou água em uma combinação de desvio padrão em profundidade medida e profundidade medida absoluta, e/ou

- ditos modos que depende do número de asas que são operativas e estes modos determinam que operação é possível realizar.

[0033] Ditos modos de estado são, por exemplo: normal, reduzido, mínimo e desconectado. No modo normal o dispositivo de controle é totalmente operacional e todas as operações são disponíveis. Caso um

enrolamento não esteja operativo, o dispositivo de controle está em modo reduzido e neste modo todo o controle está disponível, exceto o controle de força lateral. Se duas asas estiverem inoperativas, o dispositivo de controle está em modo mínimo e neste modo todo o controle, exceto o controle de força lateral e o controle de profundidade de malha fechada local, está disponível. Se nenhuma asa estiver operativa, o dispositivo de controle está em modo desconectado, isto é, as asas não podem ser manipuladas.

[0034] O controle global faz uso de informação dos dispositivos de controle, do cabo instrumentado e informação de todas as bóias traseiras, embarcações e opcionalmente dispositivos defletores, dita informação sendo uma ou mais de: dados navegacionais da embarcação, bóias traseiras e/ou dispositivos refletores e informação sobre a variação acústica e ID; informação de um programa de levantamento, tal como posição e curso através de uma referência de terra e referência de profundidade e configuração desejada da formação de cabo (por exemplo, cabos instrumentados paralelos ou dispersão máxima); informação dos dispositivos de controle e cabo instrumentado, tais como:

- estado, incluindo condição dos dispositivos de controle, comunicação, energia,
- deflexão da asa,
- ângulo de balanço e taxa de balanço,
- velocidade localmente estimada através da água,
- profundidade,
- curso
- variação acústica e ID,
- momento do motor, e/ou
- momento de balanço e força vertical.

[0035] O controle global inclui um ou mais dos seguintes detalhes:

- ativação e coleta de variação acústica,

- posição relativa e determinação de velocidade dos dispositivos de controle em uma formação de cabo, com base nos resultados da variação acústica,
- posição absoluta e determinação da velocidade dos dispositivos de controle em uma formação de cabo,
- comandar as referências de força horizontal em todos os dispositivos de controle de todos os cabos instrumentados, incluindo comandos com base em Erro de Trajeto Cruzado de posição, onde o Erro de Trajeto Cruzado de posição é encontrado comparando-se a(s) posição(ões) absolutas com uma referência absoluta,
- ajustar as referências de força horizontal, que inclui ajuste com base na respectiva condição de dispositivo de controle (saúde), incluindo asa na saturação e/ou inclui ajuste para compensar por erros em dispositivos de controle adjacentes do mesmo cabo instrumentado, e/ou com base em velocidade de trajeto cruzado,
- controlar desdobramento e recuperação dos cabos instrumentados, o que é realizado pela central de controle/comando, o que pode ser provido com modos individuais para isto,
- calibração dos sensores de profundidade de dispositivo de controle com base em medições de pressão absoluta,
- sincronização de tempo incluindo sincronização dos relógios locais do dispositivo de controle em relação a uma referência global dada pela central de controle/comando,
- ignorar um algoritmo destorcido local, que envolve que o operador da embarcação manualmente pode ignorar o algoritmo não-torcido local automático quando requerido ou desejado na central de controle/comando,
- ignorar o modo seco/úmido, que envolve que um operador manualmente pode ignorar o modo úmido/seco automático quando necessário

ou desejado na central de controle/comando e/ou

- ignorar o modo de economia de energia, que inclui que um operador manualmente pode ignorar o modo de economia de energia local automático quando necessário ou desejado na central de controle/comando,

[0036] A ativação e coleta de variação acústica nos dispositivos de controle adjacentes, em linha (ao longo do mesmo cabo instrumentado) e cabos vizinhos (toda informação globalmente) é realizada pela central de controle/comando. A variação acústica é realizada por meio do meio acústico arranjado nas asas dos dispositivos de controle e em uma ou mais bóias traseiras, na embarcação e opcionalmente um ou mais dispositivos defletores. Isto é realizado configurando-se cada dispositivo de controle do(s) cabo(s) instrumentado(s) para transmitir em um dos canais y e configurar cada dispositivo de controle do(s) cabo(s) instrumentado(s) para receber nos canais y. Em seguida um cabo instrumentado é selecionado e seus dispositivos de controle são configurados para transmitir no canal 1, canal 2..., canal y, canal 1... sucessivamente ao longo do cabo instrumentado selecionado, enquanto que os dispositivos de todos os outros cabos instrumentados dentro de uma formação de cabo são comandados para receber sinais/pulsos. A Os dispositivos de controle reportam ID e distâncias para sinais/pulsos recebidos dentro de um dado período de tempo para a central de controle/comando sob interrogação, por meio do que os dispositivos de controle de diferentes cabos instrumentados preferivelmente transmitem simultaneamente para limitar o tempo que leva para reportar todas as distâncias medidas dentro da formação de cabo. Após todos os dispositivos de controle do cabo instrumentado selecionado terem completado a transmissão, os dispositivos de controle do cabo instrumentado a seguir são comandados para transmissão, enquanto que os controle de profundidade de malha fechada local do primeiro cabo instrumentado selecionado são comandados para receber.

[0037] Para determinar a posição e velocidade absolutas dos

dispositivos de controle de uma formação de cabo, a posição e velocidade absolutas de pelo menos dois locais da rede de posição relativa são necessárias, o que por exemplo é a embarcação e uma ou mais bóias traseiras. A embarcação e bóias são a este respeito como mencionado acima também providas com elementos transmissores/receptores da mesma maneira que os dispositivos de controle, para serem capazes de receber sinais/pulsos que são transmitidos dos dispositivos de controle, além de instrumentação para posição absoluta e velocidade, p. ex. GPS. A determinação da posição e velocidade absolutas dos dispositivos de controle dentro de uma formação de cabo é também realizada pela central de controle/comando e é com base nos resultados das posições e velocidades relativas e dados navegacionais das embarcações e bóias traseiras.

[0038] A estratégia de acoplamento dos dispositivos de controle não é com base em uma manobra de “curva-inclinada” de duas asas padrão, porém o levantamento comandado é provido através de uma combinação adequada de pelo menos três asas controladas localmente de acordo com ações de controle predefinidas dos dispositivos de controle, como descrito acima como controle local. As funções operações predefinidas correspondem a ações de comando da central de controle/comando. A transição entre as operações é controlada localmente nos dispositivos de controle até novos comandos terem sido emitidos pela central de controle/comando. O dispositivo de controle sempre retorna para uma operação/condição padrão (valor básico), p. ex., controle de profundidade em intervalo de tempo em caso de comunicação perdida.

[0039] Ações de controle predefinidas do circuito de controle local podem, por exemplo, ser:

- deflexão da asa – deflexão de asa constante,
- controle de controle de taxa-taxa constante
- cabo instrumentado destorcido – rotação de balanço

controlada (em revoluções/número de graus),

- momento zero,
- taxa zero,
- controle de balanço
- controle de controle de profundidade - profundidade

constante (combinado com controle de balanço),

- força lateral – controle de força lateral (combinado com balanço e, opcionalmente, controle de profundidade),
- força direcionalmente controlada – força direcionalmente controlada (combinadas com controle de balanço).

[0040] O controle de profundidade e controle de força lateral são exemplos de condições incluindo pontos de ajuste para controle de balanço do cabo instrumentado e do dispositivo de controle a um predefinido ângulo de balanço. Este ângulo de balanço de referência depende da distribuição da asa do dispositivo de controle e é escolhido para aumentar a estabilidade de controle do balanço em combinação com controle de profundidade e controle de força.

[0041] A fim de obter um controle automático combinado, as asas do dispositivo de controle devem operar dentro de limites estabelecidos pelo máximo ângulo de deflexão. No caso de controle automático, p. ex., com controle de profundidade combinado com controle de balanço, cada ação de controle tem a seguinte prioridade exemplar:

1. controle de balanço
2. controle de profundidade
3. controle de força

[0042] Puro controle de profundidade e controle de profundidade combinado com controle de força lateral, a bombordo ou a estibordo, tem diferentes referências de ângulo de balanço predefinidas para dispositivo de controle e cabo instrumentado. Estes ângulos de referência predefinidos são

escolhidos para otimizar a robustez do controle de balanço, que foi identificada como um fator chave no controle de cabos instrumentados pela utilização de dispositivo de controle.

[0043] Devido às limitações nos ângulos de deflexão de asa, as ações de controle local, que correm em paralelo, têm diferentes prioridades, como mencionado acima.

[0044] O dispositivo de controle pode, com base no acima mencionado, operar e realizar controle mesmo embora algumas das asas tenham mau funcionamento, isto é, que o sistema tenha um modo de operação funcionando mal. O dispositivo de controle pode operar com uma ou duas asas funcionando mal, exceto de:

- controle de força lateral que requer todas as três asas, e
- controle de profundidade de malha local, que requer pelo

menos duas asas.

[0045] O controle de profundidade pode ser conseguido com somente uma asa em operação pela utilização de comando de força direcionalmente controlada pela utilização de uma estratégia de controle de profundidade “bang-bang” em combinação com histerese.

[0046] As ações de controle local predefinidas são ativadas durante modo normal quando o dispositivo de controle está na água, chamado modo úmido. Na partida, o sistema está em um modo seco (sem controle automático) para assegurar operação segura no deck. O modo úmido é ativado pela central de controle/comando ou automaticamente quando o dispositivo de controle é abaixado dentro do mar. O modo seco/úmido predefinido pode, por exemplo, ser:

- modo seco – deflexão de asa constante (padrão igual a zero) e sem controle automático,
- modo úmido – qualquer ação comandada, porém retorna para zero (por exemplo, controle de profundidade) no intervalo de tempo.

[0047] Como mencionado acima, os dispositivos de controle são arranjados para retornar para padrão, p. ex., controle de profundidade em caso de mal funcionamento da asa. Em caso de perda de força, o dispositivo de controle será arranjado para continuar a operação como normal, até um baixo nível predefinido de capacidade de bateria compensadora ocorrer. Para esta finalidade, a energia armazenada nas baterias compensadoras do dispositivo de controle está sendo usada. Quando um predeterminado baixo nível para a capacidade de bateria compensadora ocorrer, o dispositivo de controle como um padrão prosseguirá para neutro, isto é, deflexão de asa zero e momento zero.

[0048] Um método para controlar um cabo instrumentado ou formação de cabos de acordo com a presente invenção pode ser resumido nas seguintes etapas:

- a) Adquirir estado e informação sobre os cabo(s) instrumentado(s) e dispositivo(s) de controle,
- b) Adquirir informação de navegação para bóia(s) traseiras, embarcação e opcionalmente dispositivo(s) defletor(es),
- c) configurar os dispositivo(s) de controle para transmitir e receber sinais/pulsos acústicos para variação acústica,
- d) calcular posições relativa e absoluta, velocidade do som e Erro de Trajeto Cruzado de posição e velocidade de trajeto cruzado com base na etapa c),
- e) calcular e definir pontos de endurecimentos/pontos de ajuste para dispositivos de controle com base em informação da etapa a)-d),
- f) Prover o(s) dispositivo(s) de controle com pontos de endurecimentos/ajuste, modos de estado, comandos de controle,
- g) Repetir as etapas a)-f) continuamente.

[0049] Detalhes do método são explicados em detalhes na seguinte descrição exemplo.

[0050] Por meio da presente invenção, um método e um sistema é conseguido que aumenta a robustez de conexão com cabos instrumentados de controle, por exemplo, pelo fato de que modo operativo reduzido ocorre na indicação de asas danificadas ou outros erros funcionais. Por meio do sistema, o controle de profundidade e/ou controle de balanço são mantidos em casos em que uma ou mais asas têm falha de função.

[0051] Além disso, a invenção possibilita os dispositivos de controle serem operados tanto como “curva-inclinada” e que o levantamento comandado tenha sido provido através de uma combinação adequada de pelo menos três asas controladas localmente de acordo com ações de controle predefinidas nos dispositivos de controle.

[0052] Utilizando-se a faixa de um ponto próximo do dispositivo de controle a ser controlado, um cálculo mais preciso de distâncias e, portanto, menores desvios das medições, o que resulta em um controle de demanda de energia mais preciso, robusto e de menos energia.

[0053] Outros detalhes vantajoso e aspectos vantajosos da invenção surgirão pela seguinte descrição exemplo.

EXEMPLOS

[0054] A invenção é a seguir descrita em mais detalhes com referências aos desenhos, em que

a Figura 1a-1b mostram dois diferentes dispositivos de controle para controlar cabos instrumentados,

a Figura 2 mostra um exemplo de um sistema de acordo com a presente invenção em operação,

a Figura 3 mostra um diagrama de blocos para controle local, e

a Figura 4 mostra um diagrama de blocos para controle global.

[0055] Com referência primeiro às Figuras 1a-b, que ilustram dispositivos de controle 10, 20 para conexão em série entre duas adjacentes seções de cabo instrumentado de um cabo multi-seccional, para controlar o

cabo instrumentado. A Figura 1a mostra uma forma de realização em que o dispositivo de controle 10 é formado de um corpo principal 11 e três asas similares 12, chamadas asas inteligentes, que são uniformemente distribuídas em torno do corpo principal 11 e é um chamado pássaro de três eixos geométricos 11, é substancialmente um recinto tubular aerodinamizado alongado, que em sua extremidades inclui meios de conexão 13a e 13b adaptados para conexão mecânica e elétrica em série em um cabo instrumentado sísmico multi-seccional do tipo sendo rebocado atrás de uma embarcação de levantamento sísmico. Os meios de conexão 13a-b são para esta finalidade adaptados para pontos de conexão correspondentes (não mostrados) em cada extremidade de cada seção de cabo, pontos de conexão estes sendo normalmente usados para conexão de duas seções de cabo adjacentes. As asas 12 são ainda separavelmente fixadas ao corpo principal 11.

[0056] Além disso, o corpo principal 11 é provido com uma unidade processadora, acelerômetros, opcionalmente giro de taxa e bússola magnética, sensor de pressão e três conectores indutivos para comunicação sem fio e transferência de energia.

[0057] As asas são providas com uma unidade processadora, conexão indutiva ou conexão mecânica para conexão ao corpo principal para comunicação e transferência de energia. sensor de efeito Hall, baterias compensadoras recarregáveis, componentes eletrônicos de carga inteligentes e motor com um sensor de momento.

[0058] Além disso, pelo menos uma das asas 12 é provida com um elemento transmissor/receptor 14 na forma de um transdutor, e componentes eletrônicos para variação acústica.

[0059] Agora com referência à Figura 1b, que mostra um segundo dispositivo de controle 20 e que é formado de um corpo principal 21 provido com motor separável e alojamentos de engrenagem de transmissão 22 são

arranjados para serem conectados à linha de energia e linha de força do cabo instrumentado através dos conectores do corpo principal 21. Em vez de arranjar o suprimento de força (baterias compensadoras), unidade processadora, motor tendo um sensor de momento, componentes eletrônicos de carga inteligentes e sensor de efeito de Hall em uma asa 23, como mencionado, os mesmos integrados no motor e alojamentos de engrenagens de transmissão 22. Também nesta forma de realização pelo menos uma das asas 23 é provida com um elemento transmissor/receptor 14 na forma de um transdutor e componentes eletrônicos para variação acústica.

[0060] Os dispositivos de controle 10,20 são providos com um software de dispositivo de controle local executando na unidade processadora no mesmo corpo principal 11, 21 e software de controlador de asa local executando na unidade processadora da asa 12 ou motor e alojamento de engrenagem de transmissão 22.

[0061] Agora com referência à Figura 2, que mostra um exemplo de um sistema de acordo com a presente invenção em uso durante condições operacionais ótimas, isto é, sem correntes cruzadas.

[0062] Um sistema para posicionamento de um cabo instrumentado rebocado em água, tal como uma fita sísmica marinha 30 e/ou uma formação de cabos rebocados instrumentados (formação de fitas), de acordo com a invenção inclui um ou mais de tais dispositivos de controle 10, 20 (na figura mostrada como dispositivos de controle 10) arranjos para um cabo instrumentado 30, uma central de controle/comando 40 arranjada a bordo de uma embarcação 50, que está controlando a operação, por exemplo, uma embarcação de levantamento, dita central de controle/comando 40 sendo arranjada para comunicar-se com o(s) cabo(s) instrumentado(s) 30 e os respectivos dispositivos de controle 10, 20 arranjos ali. Isto é com frequência referido como um sistema STAP (posicionamento de formação rebocada sísmica). Além disso, o sistema inclui bóias traseiras 60 arranjadas

para os cabos instrumentados 30 da formação de cabos, e dispositivos defletores 61 para espalhar os cabos instrumentados 30 em uma formação de cabos. Além disso, as bóias traseiras 60 e embarcação 50 são providas com meio 62 para receber sinais/pulsos acústicos transmitidos pelos dispositivos de controle 10, 20 para uso em posicionamento variável e relativo e absoluto, dito meio 62 é um transdutor e componentes eletrônicos para variação acústica e é provido com instrumentação para posicionamento e velocidade absolutos, por exemplo, GPS.

[0063] A seguinte descrição é principalmente direcionada para os dispositivos de controle da Figura 1a, porem deve ser evidente que os dispositivos de controle como mostrados na Figura 1b também podem ser usados, ou uma combinação destes dois.

[0064] O controle de um cabo instrumentado 30 ou formação de cabos pode ser dividido em controle local e global. O controle local é o controle que é realizado em cada dispositivo de controle 10, 20, enquanto que o controle global é o controle realizado através da central de controle/comando 40.

[0065] O controle local tipicamente utiliza medições do dispositivo de controle 10, 20, tais como profundidade do sensor de pressão arranjado no corpo principal 11, ângulo de balanço e taxa de balanço dos acelerômetros (não mostrados) e/ou giro de taxa e bússola magnética (não mostrados) arranjados no corpo principal 11, deflexão de asa pelo sensor de efeito de Hall (não mostrado) arranjado na asa 12 ou alojamento de motor e engrenagens de transmissão 22 e pulsos de controle de motor; capacidade da bateria por componentes eletrônicos de carga inteligente (não mostrados) dispostos dentro da asa 12 ou alojamento de motor e engrenagens de transmissão 22; momento do motor do motor (não mostrado) disposto dentro da asa 12 ou alojamento de motor e engrenagens de transmissão 22, distância aos dispositivos de controle adjacentes do sistema de variação acústica, isto é,

informação do meio acústico 14 (transdutor) dentro da asa 12, 23.

[0066] Além disso, o controle local utiliza estimativa local da velocidade do dispositivo de controle 10, 20 através da água com base em uma combinação de medições de momento de motor da asa e deflexão da asa.

[0067] Além disso, o controle local inclui um ou mais dos seguintes detalhes:

- controle de ângulo de balanço de malha fechada local,
- controle de profundidade de malha fechada local,
- controle de força lateral local,
- programação de ganho do controlador do ângulo de balanço e controle de profundidade,
- controle de taxa de balanço de malha fechada local, com base na taxa de balanço estimada,
- algoritmo destorcido local,
- detecção local da instabilidade do ângulo de balanço e estabilização automática,
- detecção local da instabilidade da taxa de balanço e estabilização automática,
- modo de economia de energia local,
- modo seco/úmido automático
- modos de estado.

[0068] O controlador do ângulo de balanço de malha fechada local é com base no ângulo de balanço estimado e taxa de balanço, onde a referência a ângulo de balanço é determinada pela força lateral desejada e modo de operação das asas 12, 23. Em controle lateral, uma asa 12, 23 aponta na direção oposta da força lateral desejada. Se uma falha surge em uma asa 12, 23, a asa é ajustada para apontar para baixo.

[0069] O controle de profundidade de malha fechada local é com base em medições do sensor de profundidade dos dispositivos de controle 10,20 e

uma referência de profundidade global dada pela central de controle/comando.

[0070] O controle de força lateral local é com base no princípio de dragão. Quando o dispositivo de controle 10, 20 provê uma força lateral em uma direção, o cabo instrumentado 30 atuará como uma força contrária. Se duas asas 12, 32 forem trazidas para o mesmo lado com força gerada desejada, os dispositivos de controle 10, 20 são escoados como um dragão e uma estabilidade máxima de balanço é conseguida. O ângulo de balanço é ajustado de acordo com o tamanho da força desejada; em deflexão completa, o ângulo de balanço é ajustado a 30 graus, isto é, uma asa 12, 23 está apontando em direção oposta da força lateral desejada. A força lateral é preferivelmente elevada ou abaixada para evitar desestabilização do balanço e profundidade. A força lateral pode também ser reduzida sem escalonamento em casos com (baixa) instabilidade de balanço.

[0071] A programação de ganho do controlador de balanço e controle de profundidade é com base em informação sobre a velocidade do dispositivo de controle 10, 20 através da água, preferivelmente estimada localmente com base nos próprios sensores do dispositivo de controle, alternativamente atualizada pela central de controle/comando 40 na embarcação via o cabo instrumentado. A força da asa é quadrática proporcional à velocidade através da água e controle ótimo deve ser adaptado para esta dependência. É uma grande vantagem que os próprios dispositivos de controle 10, 20 possam estimar a velocidade localmente porque esta pode variar ao longo do cabo instrumentado 30. A velocidade localmente estimada pode também ser usada para melhorar a estimativa de posição e velocidade do inteiro cabo instrumentado 30 na central de controle/comando 40.

[0072] Controle de taxa de balanço de malha fechada local com base em uma taxa de balanço estimada.

[0073] O algoritmo destorcido local é com base no fato de que, se o

momento comandado estático exceder um certo nível durante um certo período de tempo, o dispositivo de controle 10, 20 balança 360 graus na direção oposta para reduzir o momento comandado estático. O dispositivo de controle 10, 20 pode também ser ajustado para balançar nas etapas de, p. ex., 120 graus, até o momento comandado estático ter alcançado um apropriado baixo nível.

[0074] A detecção local da instabilidade no ângulo de balanço e a estabilização automática resultam em que a instabilidade do ângulo de balanço, sucessivamente reduz as forças lateral e vertical até a estabilidade no ângulo de balanço ter sido reestabelecida. A instabilidade no ângulo de balanço é determinada pelo ângulo de balanço estimado, isto é, se a diferença entre o ângulo de balanço estimado e a referência de ângulo de balanço exceder um certo limite.

[0075] A detecção local da instabilidade na taxa de balanço e estabilização automática resulta em estabilidade na taxa de balanço, inicialmente reajusta todas as asas 12, 23, em seguida ativa o controlador de balanço com taxa de referência similar a zero. Como o movimento de balanço parou, o controlador do ângulo de balanço é ativado e força lateral e vertical é aumentada com sucesso após também a estabilidade do ângulo de balanço ter sido alcançada. A instabilidade na taxa de balanço é determinada pela taxa de balanço estimada, isto é, se o valor absoluto da taxa de balanço exceder um certo limite.

[0076] O modo de economia de energia local é ativado em caso de mal funcionamento do suprimento de energia através do cabo instrumentado ou baixo nível de bateria nas asas 12, 23. No modo de economia de energia, duas asas 12, 23 são mantidas em constante deflexão de asa, enquanto que a terceira asa 12,23 controla o ângulo de balanço, de modo que a força total seja controlada em uma direção desejada, isto é, força lateral e vertical combinadas. A histerese é preferivelmente usada para evitar mudança

frequente da deflexão das duas asas 12, 23, que são para ser mantidas em posição.

[0077] O modo seco/úmido automático funciona de modo que o próprio dispositivo de controle 10, 20 detecte se está com base em ar ou água em uma combinação de desvio padrão de profundidade medida e profundidade medida absoluta, isto é, quando o próprio dispositivo de controle 10, 20 está no ar, todo controle automático é terminado.

[0078] Além disso, o dispositivo de controle 10, 20 inclui diferentes modos de estado que são dependentes do número de asas 12, 23 que são operativas e estes modos determinam que operações é possível realizar. Os modos de estado são, por exemplo: normal, reduzido, mínimo, desconectado. No modo normal, o dispositivo de controle 10, 20 é totalmente operativo e todas as operações são disponíveis. Se uma asa 12, 23 estiver inoperativa, o dispositivo de controle 10, 20 está no modo reduzido e neste modo todo controle exceto o controle de força lateral é disponível. Se duas asas 12, 23 estiverem inoperativas, o dispositivo de controle 10, 20 está em modo mínimo e neste modo está todo controle está disponível, exceto o controle de força lateral e controle de profundidade de malha fechada local. No modo desconectado, todas as operações automáticas do dispositivo de controle 10, 20 são desligadas.

[0079] A tabela abaixo resume/mostra os diferentes modos de estado e as operações permitidas durante os diferentes modos de estado. Os diferentes modos de estado serão com base no número de asas operativas 12, 20. Isto baseia-se no fato de que o dispositivo de controle 10, 20 terá diferentes propriedades relacionadas com o número de asas operativas 12, 23.

Tabela 1		
Modo de estado	# asas operativas	Operações permitidas
Normal		• controle ângulo rolo malha fechada local • controle de profundidade malha fechada local • controle força lateral local

		• Programação ganho de controlador de ângulo e controlador profundidade de ângulo • Algoritmo destorcido local • Detecção local de instabilidade no ângulo e estabilização automática de ângulo balanço • Detecção local de instabilidade da taxa e estabilização automática de balanço • Modo de economia de energia local • modo seco/úmido automático
Reduzido	2	• Todas operações quanto a três asas, exceto controle de força lateral local, • Controle de profundidade incluindo controle balanço requer pontos de asa operacionais para baixo,
Mínimo	1	• Todas operações quanto a três asas, exceto controle de força lateral local e controle de profundidade de malha fechada local • Controle de balanço é realizado de maneira que os pontos de força líquida ascendente ou descendente dependam do desvio da profundidade, com histerese
Desconectado	0	Sem operações automáticas/As asas não podem ser manipuladas

[0080] Se o estado para um dispositivo de controle 10, 20 indicar que um mal funcionamento ocorreu em uma ou mais asas 12, 23, o sistema e o método da presente invenção automaticamente alinhar-se-ão de acordo com os diferentes modos da Tabela 1. Como mostrado na Tabela 1, o sistema inclui, por exemplo, quatro diferentes modos com base no número de asas operativas 12, 23. Todas as operações podem ser permitidas no modo normal. Somente em duas asas operativas 12, 23 o sistema introduzirá um modo reduzido onde operações como controle de profundidade, incluindo controle de balanço, são permitidas, enquanto que uma das asas 12, 23, que está inoperante, é ajustada para apontar para baixo. Se duas asas 12, 23 funcionarem mal, de modo que somente uma asa 12, 23 seja operativa, somente o controle de balanço é permitido. Se as asas 12, 23 que funcionam mal proverem uma força resultante, o controle de balanço pode ser realizado de uma maneira que esta força simultaneamente seja usada para controle de profundidade. Isto é conseguido pelo fato de que a força líquida apontar para cima ou para baixo, dependente do desvio de profundidade e com uma apropriada histerese.

[0081] Em uma situação em que um dispositivo de controle 12, 20 é total ou parcialmente inoperativo, resulta em que um dispositivo de controle vizinho 10, 20 é arranjado para compensar as deficiências do dispositivo de controle 10, 20 em questão. Isto é feito pelo fato de que os dispositivos de controle vizinhos 10, 20 sobre controle comparado para dadas referências para controle, de modo que o controle médio se torna tão ótimo quanto possível.

[0082] A estratégia de controle nos dispositivos de controle não é com base em uma manobra “curva inclinada”, porém o levantamento comandado é provido através de uma combinação adequada de pelo menos três asas 12, 23 controladas localmente de acordo com ações de controle predefinidas para o dispositivo de controle 10, 20, como mostrado na Figura 3. A Figura 3 mostra como a transição entre ações/estados estão sendo controladas localmente no dispositivo de controle 10, 20, com base nas ações comandadas pela central de controle/comando 40, condições de estabilidade de ação de controle e uma função de intervalo de tempo.

[0083] O dispositivo de controle 10, 20 sempre retorna para um estado padrão/valor básico, preferivelmente controle de profundidade, no caso de intervalo de tempo em conexão com perda de comunicação.

[0084] No caso de falha de força, o dispositivo de controle 10, 20 será arranjado para continuar a operação normal até um baixo nível de capacidade de bateria compensadora ocorrer. A energia armazenada nas baterias compensadoras do dispositivo de controle 10, 20 é usada para esta finalidade. Quando um baixo nível de capacidade de bateria compensadora ocorre, o dispositivo de controle 10, 20 por padrão entrará no estado neutro, isto é, deflexão de asa zero e momento zero.

[0085] Os modos de estado são com base nos comandos de controle e as condições de cabo dadas pela central de controle/comando 40 a bordo da embarcação de levantamento 50, que está controlando a operação.

[0086] Referência é agora feita à Figura 4, que mostra um esquema de bloco do controle global. Como mencionado acima,, o controle global é controlado pela central de controle/comando 40. A central de controle/comando 40 inclui meio de comunicação para comunicar-se com os cabos instrumentados 30 e os dispositivos de controle 10, 20 arranjados ali, e comunicação com as bóias traseiras 60 e embarcação 50, opcionalmente dispositivos defletores 61. A comunicação pelas bóias traseiras 60 pode ser feita via a linha de comunicação do cabo instrumentado 30 ou via, por exemplo, comunicação de rádio dispositivos refletos com a central de controle/comando 40. A comunicação com a embarcação 50 é realizada dispositivos refletos entre a central de controle/comando 40 e os sistemas de embarcação. Além disso, os meios de comunicação são arranjados para sincronização e regulação absoluta para comunicação dos e para os cabos instrumentados 30/dispositivos de controle 10, 20.

[0087] A central de controle/comando 40 inclui ainda uma unidade operadora 41 para ajustar e monitorar o sistema, incluindo controle manual do sistema. Além disso, o sistema preferivelmente inclui um programa de levantamento 42, que inclui informação sobre a posição e direcionamento através de uma referência de terra, referência de profundidade e configuração desejada da formação de cabo (por exemplo, cabos instrumentados paralelos ou dispersão máxima), como uma unidade integrada na central de controle/comando 40 ou como uma unidade externa conectada nela.

[0088] A central de controle/comando 40 é assim arranjada para ser provida com uma ou mais das seguintes informações:

- dados navegacionais da embarcação 50, bóias traseiras 60 e/ou dispositivos defletores 61.
- informação da programação de levantamento 42, tais como posição e direcionamento acima de uma referência de terra, incluindo referência de profundidade, configuração desejada da formação de cabo (por

exemplo cabos instrumentados paralelos de dispersão máxima),

- informação dos dispositivos controladores 10, 20 e cabo instrumentado 30, tais como:

- Estado, incluindo saúde dos dispositivos controladores 10, 20, comunicação, energia,
- Deflexões de asa,
- Ângulo de balanço, taxa de balanço
- Velocidade estimada local através da água,
- Profundidade,
- Direcionamento
- Faixa acústica e ID,
- Momento do motor,
- Momento de balanço e força vertical e lateral.

[0089] A central de controle/comando 40 é provida com software/algoritmo e/ou meios, tais como um controlador global 43 arranjado para:

- Ativar e coletar faixa acústica,
- Determinação da posição e velocidade relativas dos dispositivos de controle 10, 20 em uma formação de cabo,
- Determinação de posição e velocidade absolutas dos dispositivos de controle 10, 20 em uma formação de cabo,
- Referências de força horizontal de comando para todos dispositivos de controle 10, 20 em todos os cabos instrumentados 30,
- Referência de força horizontal de ajuste,
- Controle de extensão de e recuperação de cabos instrumentados 30,
- Sensores de profundidade de calibração dos dispositivos de controle 10, 20,
- Sincronização de tempo, regulação absoluta,

- Anulação do algoritmo distorcido local,
- Anulação do modo seco/úmido,
- Anulação de modo de economia de energia.

[0090] Ativação e coleta da variação acústica para dispositivos de controle vizinhos 10, 20, em linha (ao longo do mesmo cabo instrumentado 30) e cabos adjacentes 30 (toda informação globalmente) é realizada por meio do transdutor 14 das asas 12 dos dispositivos de controle 10, 20. Isto é realizado pelo seguinte método:

c1) Configurar cada dispositivo de controle 10, 20 do(s) cabo(s) instrumentado(s) 30 para transmitir em um dos canais y e configurar cada dispositivo de controle 10, 20 do um ou mais cabo(s) instrumentado(s) 30 para receber em todos os canais y,

c2) Escolher um cabo instrumentado 30 e configurar os dispositivos de controle 10, 20 do cabo instrumentado selecionado 30 para transmitir no canal 1, canal 2..., canal y, canal 1, sucessivamente ao longo do cabo instrumentado selecionado 30,

c3) Comandar todos os dispositivos de controle 10, 20 do cabo instrumentado selecionado 30 para transmitir pulsos/sinais no tempo $T_0 + X_1 S$ através de uma mensagem de difusão simultaneamente para todos os dispositivos de controle 10, 20,

c4) Comandar todos os dispositivos de controle 10, 20 em todos os outros cabos instrumentados 30 de uma formação de cabo, para receber sinais/pulsos com ID após tempo $T_0 + X_1 S$,

c5) Reportar ID e distâncias para sinais/pulsos recebidos dentro de $T_0 + X_1 S$, onde $X_2 > X_1$, para a central de controle/comando 40 sob solicitação, por meio do que os dispositivos de controle 10, 20 de diferentes cabos instrumentados 30 preferivelmente transmitem simultaneamente para limitar o tempo necessário para reportar todas as distâncias medidas na formação de cabo,

c6) Após todos os dispositivos de controle 10, 20 do cabo instrumentado selecionado 30 terem completado a transmissão, comandar os dispositivos de controle 10, 20 de um próximo cabo instrumentado escolhido 30 para transmissão, enquanto que os dispositivos de controle 10, 20 do primeiro cabo instrumentado selecionado 30, que esteve transmitindo, é comandado para receber,

c7) Repetir as etapas c1)-c6) para todos os cabos instrumentados 30 em uma formação de cabo,

A determinação de posição e velocidade relativas dos dispositivos de controle 10, 20 em uma formação de cabo é com base nos resultados da variação acústica acima. Isto é realizado pelo seguinte método:

d1) Calcular as posições relativas e velocidades de som com base em informação da variação,

d2) Calcular a posição absoluta em um filtro Kalman, disposto no controlador global 43, com base em informação da etapa d1) e as posições absoluta e relativa de pelo menos dois nodos dentro da rede, preferivelmente a embarcação 50 e uma ou mais bóias traseiras 60,

d3) Calcular Erro de Trajeto Cruzado comparando a(s) posição(ões) absolutas com uma referência absoluta, estabelecida na central de controle/comando 40,

d4) Calcular a velocidade de Trajeto Cruzado pelo filtro Kalman.

[0091] Para determinação da posição e velocidade absolutas dos dispositivos de controle 10, 20 em uma formação de cabo, é necessária a posição e velocidade absolutas em dois ou mais pontos conhecidos da rede de posição relativa, p. ex., a embarcação 50 e uma ou mais bóias 60. A embarcação 50 e as bóias traseiras 50 são para esta finalidade preferivelmente providas com elementos transmissor/receptor 62 (transdutores) da mesma maneira que os dispositivos de controle 10, 20 para ser capaz de receber

sinais/pulsos transmitidos dos dispositivos de controle 10, 20 além da instrumentação para posicionamento absoluto e velocidade, tal como GPS.

[0092] Por outro lado, não é necessário que a embarcação 50 e a uma ou mais bóias traseiras 60 sejam providas com elementos transmissores/receptores 62, porém em vez disso pode, por exemplo, a distância da embarcação 50 ao primeiro dispositivo de controle 10, 20 de um cabo instrumentado 30 ser considerada ser constante e a distância do último dispositivo de controle 10, 20 de um cabo instrumentado 30 para a bóia traseira 60 pode ser considerada ser constante. Desta maneira, é possível calcular as duas posições fixas requeridas que são necessárias para calcular as posições relativas para a inteira formação de cabo.

[0093] Comandar referências de força horizontal para todos os dispositivos de controle 10, 20 de todos os cabos instrumentados 30 são comandos com base em Erro de Trajeto Cruzado de posição. O Erro de Trajeto Cruzado de posição é encontrado comparando-se a(s) posição(ões) absoluta(s) com uma referência absoluta.

[0094] O ajuste das referências de força horizontal para velocidade de trajeto cruzado inclui na introdução de princípio de um termo derivativo do controlador de força lateral, isto é, controle PD. A vantagem disto é que menos força lateral é usada se o cabo instrumentado 30 estiver se movendo no direcionamento correto, em comparação com uma posição de referência, e virada da posição do cabo instrumentado 30 é então evitada. A velocidade de trajeto cruzado é encontrada por meio do filtro Kalman do controlador global 43.

[0095] O ajuste das referências de força horizontal inclui mais ajustamento com base no estado (saúde) do respectivo dispositivo de controle 10, 20, incluindo as asas 12, 23 em saturação. Se um dispositivo de controle 10, 20 estiver usando uma grande parte de sua deflexão de asa para controle de balanço ou profundidade, uma força lateral comandada demasiado grande

pode desestabilizar o sistema.

[0096] Além disso, o ajuste das referências de força horizontal inclui ajustamento para compensar erros nos dispositivos de controle adjacentes 10, 20 do mesmo cabo instrumentado 30.

[0097] O controle da extensão e recuperação dos cabos instrumentados 30 inclui que o controlador global 43 seja provido com seus próprios modos para isto, de modo que a extensão e recuperação possam ser realizadas em uma maneira segura, para evitar avaria dos cabos 30, dispositivos de controle 10, 20, embarcação 50 e outro equipamento.

[0098] A calibração dos sensores de profundidade do dispositivo de controle 10, 20 é com base em medições de pressão absoluta. A pressão da água muda com a pressão do ar e haverá necessidade de ajustar a pressão da água medida com a variação de pressão do ar. A pressão normal do ar com frequência varia entre 950 – 1050 mbar, que corresponde a uma variação de profundidade em água de $\pm 0,5$ metros.

[0099] A sincronização de tempo inclui sincronização dos relógios locais nos dispositivos de controle 10, 20 em relação a uma referência global dada pela central de controle/comando 40/controlador global 43.

[00100] A anulação do algoritmo destorcido local inclui a capacidade de um operador da embarcação 50 manualmente anular o algoritmo destorcido local automático na central de controle/comando 40 quando necessário ou desejado.

[00101] A anulação do modo seco/úmido inclui a capacidade de um operador da embarcação 50 manualmente anular o modo seco/úmido automático na central de controle/comando 40, quando necessário ou desejado.

[00102] Anular o modo de economia de energia inclui a capacidade de um operador da embarcação 50 manualmente anular o modo de economia de energia local automático na central de controle/comando 40, quando

necessário ou desejado.

[00103] A Tabela 2 mostra exemplos de comandos de controlador que podem ser estabelecidos pela central de controle/comando 40.

Tabela 2

Comandos de controle	Descrição
Controle de profundidade	Estado padrão. Referência de profundidade da central de controle/comando. Controle de balanço implícito. Referências de balanço são zero quando todas as asas estão intactas
Controle força lateral	Referência de força lateral da central de controle/comando. Balanço implícito e controle de profundidade opcional. Referência de controle maximamente ± 30 graus. Comando/comando central comando com intervalo.
Controle de taxa	Todas as asas têm a mesma deflexão de asa variável. Comando controlador com intervalo.
Destorcimento/enrolamento do cabo instrumentado	Estado automático ativo no caso de torcimento/emaranhamento de cabo. A função pode ser conectada/desconectada da central de controle/comando
Deflexão de asa constante	Uma ou mais das asas são trazidas para um ângulo constante específico.
Controle balanço	Mantém constante o ângulo de balanço. Referência de balanço é zero quando todas as asas estão intactas.

[00104] Diferentes comandos de controle podem ser deflexão de asa constante, controle de balanço, controle de profundidade, controle de força lateral, controle de taxa e destorcimento/desemaranhamento do cabo instrumentado 30. A deflexão de asa constante é grudada no deck antes de os dispositivos de controle 10, 20 serem dispostos para testar que todas as asas 12, 23 são funcionais. Controle de balanço puro é geralmente usado durante recuperação do cabo instrumentado 30. O controle de profundidade é estado padrão, que é o que é usualmente usado durante operações de levantamento, onde for desejável manter a formação de cabo a uns certos metros sob a superfície para evitar perturbação das ondas de superfície e similar às medições. Em controle de profundidade os dispositivos de controle 10, 20 recebem uma referência de profundidade da central de controle/comando 40 sob a qual eles estão operando.

[00105] Em controle de força lateral, os dispositivos de controle 10,20 são providos com uma referência de força lateral da central de

controle/comando 40, sob a qual eles estão operando.

[00106] Em controle de taxa os dispositivos de controle 10, 20 são providos com uma referência de taxa e todas as asas 12, 23 obtêm a mesma deflexão variável determinada pelo controlador de taxa de malha fechada local.

[00107] Durante destorcimento/desemaranhamento de um cabo instrumentado 30, este é um comando que é usado para destorcer/desemaranhar seções de cabo que se emaranharam ou torceram. Este é um cenário comum durante operações de levantamento. Esta é vantajosamente uma condição ativa automática, que pode ser ajustada/reajustada pela central de controle/comando 40. Por meio deste comando, uma seção de cabo entre dois dispositivos de controle 10, 20, que se tornou torcida, pode ser destorcida de volta para sua condição original. Isto evita desnecessária tensão no cabo 30 e dispositivos de controle 10, 20, e menos ganho dos dispositivos de controle 10, 20 é necessário para controlar o cabo 30 para a posição desejada visto que as forças internas do cabo 30, devidas à torção, não têm influência. Este comando pode também ser realizado manualmente por um operador a bordo da embarcação 50.

[00108] Referência é novamente feita à Figura 3, que também mostra prioridade de controle dos dispositivos de controle 10, 20. Os pontos de ajuste para ângulo de balanço, profundidade e força lateral são definidos/estabelecidos pela central de controle/comando 40 com intervalo de tempo e modo operativo. Foi verificado que a estabilidade do balanço é essencial, tanto para controle de profundidade como controle de força lateral. Por essa razão, o controle de balanço tem a mais elevada prioridade no controle local. Além disso, o controle de profundidade é mais importante do que o controle de força lateral. Deste modo, o controle de profundidade tem a segunda mais elevada prioridade no controle local e controle de força lateral a mais baixa prioridade. Quando as asas 12, 23 têm deflexão de asa limitada, os

dispositivos de controle 10, 20 são arranjos com uma prioridade como esta:

1. Controle balanço
2. Controle de profundidade
3. Controle de força

[00109] Isto significa que a estabilidade de balanço é assegurada antes de o controle de profundidade ou controle lateral ser realizado.

[00110] Um método para controlar um cabo instrumentado ou formação de cabo de acordo com a presente invenção pode ser resumido pelas seguintes etapas:

- a) Adquirir estado e informação sobre o(s) cabo(s) instrumentado(s) e dispositivos(s) de controle,
- b) Adquirir informação navegacional para bóia(s) traseira(s), embarcação e, opcionalmente, dispositivo(s) defletor(es),
- c) Configurar o(s) dispositivo(s) de controle para transmitir e receber sinais/pulsos acústicos para variação acústica,
- d) Calcular posições relativas e absolutas, velocidades de som e Erro de Trajeto Cruzado e Velocidade de trajeto cruzado com base na etapa c),
- e) Calcular e definir ajustes/pontos de ajuste para dispositivo(s) de controle com base em informação das etapas a)-d),
- f) Prover o(s) dispositivo(s) de controle com ajustes/pontos de ajuste, modos de estado, comandos de controle,
- g) Repetir as etapas a) – f).

[00111] A etapa a) inclui coletar informação sobre o estado de erro mecânico e componente eletrônico para o(s) cabo(s) instrumentado(s) 30 e dispositivos de controle 10, 20, isto é, a saúde dos dispositivos de controle 10, 20 (número de asas operativas 12, 23, condição de energia e comunicação), deflexão de asa, ângulo de balanço, taxa de balanço, momento do motor e profundidade. É também incluída detecção local de instabilidade no ângulo de

balanço e detecção local de instabilidade na taxa de balanço e estimativa da taxa de balanço.

[00112] A etapa b) inclui coleta de informação navegacional de bóias traseiras 60, embarcação 50 e, opcionalmente, dispositivos defletores 61.

[00113] A etapa c) inclui as etapas c1)-c7) descritas acima, enquanto que a etapa d) inclui as etapas d1)-d4) descritas acima.

[00114] A etapa e) inclui calcular e definir ajustes/pontos de ajuste para dispositivos de controle 10, 20, com base em informação das etapas a)-d), definindo o modo de estado, prioridade de controle e/ou comandos de controle, incluindo valores/ajustes de referência de ajuste para controle local.

[00115] Além disso, a etapa e) inclui um ou mais dos seguintes detalhes:

- comandar referências de força horizontal para todos os dispositivos de controle 10, 20 em todos os cabos instrumentados 30, com base em Erro de Trajeto Cruzado,

- ajustar referências de força horizontal com base na velocidade de trajeto cruzado e/ou na condição (saúde) do dispositivo de controle, incluindo assas 12, 23 na saturação,

- ajustar referências de força horizontal para compensar erros nos dispositivos de controle vizinhos 10, 20 do mesmo cabo instrumentado 30,

- calibrar sensores de profundidade dos dispositivos de controle 10, 20,

- controlar extensão e recuperação dos cabos instrumentados 30,

- sincronizar os relógios locais dos dispositivos de controle 10, 20 em relação a uma referência global dada pela central de controle/comando 40 e/ou

- manualmente anular o algoritmo de destorcimento

automático, anular o modo seco/úmido local automático e/ou o modo de economia de energia local automático.

[00116] A Etapa e) inclui comandos de controle, tais como deflexão de asa constante, controle de balanço puro, controle de profundidade, controle de força lateral, controle de taxa e destorcimento/desemaranhamento do cabo instrumentado 30.

[00117] A Etapa f) inclui arranjar os dispositivos de controle 10, 20 para um ou mais dos seguintes detalhes para controle local dos dispositivos de controle 10, 20:

- controle da taxa de balanço de malha fechada local, com base no ângulo de balanço e taxa de rolo estimados, onde a referência de ângulo de balanço é determinada pela força lateral desejada e modo operacional das asas;

- controle de profundidade de malha fechada local, com base nas medições de um sensor de profundidade local (o sensor de pressão no corpo principal) e uma referência de profundidade global,

- controle da força lateral local com base no princípio da pipa,

- programação de ganho do controlador de balanço e controle de profundidade, com base na informação sobre a velocidade através da água, preferivelmente localmente estimada, com base nos próprios sensores do dispositivo de controle e/ou atualizar pela central de controle/comando da embarcação via o cabo instrumentado,

- controle de taxa de balanço de malha fechada local, com base em taxa de balanço estimada,

- algoritmo de destorcimento local, com base no fato de que se o momento comandado estático exceder um certo nível durante um certo período de tempo, os dispositivos de controle balançam um certo número de graus em direção oposta para reduzir o momento comandado estático,

- detecção local da instabilidade no ângulo de balanço e estabilização automática, que inclui que um de instabilidade em ângulo de balanço sucessivamente reduz as forças lateral e vertical até a estabilidade no ângulo de balanço ter sido reestabelecida,

- detecção local de instabilidade na taxa de balanço e estabilização automática, que inclui que um da instabilidade na taxa de balanço inicialmente reajusta todas as asas, em seguida ativa o controlador do ângulo de balanço com referência a taxa igual a 0 e quando o movimento do rolo é parado, ativa o controlador do ângulo de balanço e sucessivamente aumentando as forças lateral e vertical após o que também a estabilidade do ângulo de balanço foi conseguida,

- modo de economia de energia local, incluindo controle lateral de energia reduzida e controle de profundidade de energia reduzida, o que ocorrer no caso de falha de força através do cabo instrumentado ou nível de bateria baixo nas asas,

- modo seco/úmido automático, que inclui que o próprio dispositivo de controle detecta se é com base no ar ou água em uma combinação de desvio padrão de profundidade medida e profundidade medida absoluta, e/ou

- diferentes modos de estado que são dependentes do número de asas 12,23, que são operativos, e estes modos determinam que operações é possível realizar.

[00118] A etapa c) ou f) inclui ainda prover/configurar os dispositivos de controle 10, 20 com uma ou mais das seguintes ações de controle predefinidas:

- deflexão da asa – deflexão de asa constante,
- controle de taxa, controle de taxa de balanço constante,
- cabo destorcido ou instrumentado, rotação de balanço controlada (n revoluções/número de graus),

- momento zero,
- taxa zero,
- controle balanço,
- controle de profundidade – controle de profundidade constante (combinado com controle de balanço),
- força lateral - controle de força lateral (combinado com controle de balanço e profundidade),
- força direcionalmente controlada – força direcionalmente controlada (combinada com taxa de balanço),

[00119] Além disso, o método inclui que as ações de controle/comandos de controle são subordinadas à seguinte prioridade:

1. controle de balanço
2. controle de profundidade
3. controle de força

[00120] A etapa a), b) ou e) inclui coletar mais informação de um programa de levantamento 42, tal como posição e direcionamento através uma referência de terra, e referência de profundidade, configuração desejada da formação de cabo (p. ex., cabos instrumentados paralelos ou dispersão máxima).

Modificações

[00121] Mesmo embora a descrição acima seja com base em elementos de transmissor/receptor acústicos dispostos nas asas dos dispositivos de controle, eles podem alternativamente ser arranjados com ou integrados no corpo principal dos dispositivos de controle ou motor e alojamento de engrenagem de transmissão.

[00122] O método pode incluir possibilidades de parâmetros de calibração de profundidade de sintonia fina, enquanto que o dispositivo de controle é arranjado no cabo instrumentado, onde novas constantes de calibração são calculadas de antigas constantes de calibração, e medição da

profundidade nas estimativas de superfície e profundidade em condição submersa. Estas estimativas podem ter origem em outros sensores de profundidade, de distribuição de força vertical ao longo do cabo instrumentado ou de uma análise QC de dados sísmicos a caminho.

REIVINDICAÇÕES

1. Método para controlar um cabo instrumentado (30) rebocado em água, tal como uma fita sísmica marinha, ou uma formação de cabo rebocado instrumentado, a qual dispositivos de controle (10, 20) de cabo(s) instrumentado(s) (30) são arranjos para controlar os cabos instrumentados individuais (30), tanto em formato como posição, em relação a outros cabos instrumentados (30) e por aquelas correntes cruzadas e outras forças dinâmicas de neutralização que afetem uma formação de cabo rebocado atrás de uma embarcação de levantamento sísmico (50) e a que as bóias traseiras (60) de cabo(s) instrumentado(s) (30) e dispositivo(s) defletor(es) (61) são dispostos, uma central de controle e comando (40) sendo disposta na embarcação (50) para controlar o cabo instrumentado (30) ou formação de cabo, cuja central de controle/comando (40) é arranjada para comunicar com um ou mais cabo(s) instrumentado(s) (30) e a embarcação (50) inclui uma unidade de operação (41), caracterizado pelo fato de incluir as seguintes etapas:

a) adquirir estado e informação sobre o(s) cabo(s) instrumentado(s) e dispositivo(s) de controle (10, 20);

b) adquirir informação navegacional para bóia(s) traseira(s) (60), embarcação (50) e opcionalmente dispositivo(s) defletor(es) (61), cuja(s) bóia(s) traseira(s) (60) e dispositivo(s) defletor(es) (61) é (são) provido(s) com meio transmissor e receptor acústico (62) e componentes eletrônicos para variação acústica;

c) configurar dispositivo(s) de controle (10, 20), cujo(s) dispositivo(s) de controle (10, 20) inclui pelo menos duas asas (12, 23) providas com um elemento receptor e transmissor acústico (14) e componentes eletrônicos para medição de distâncias entre dispositivos de controle (10, 20) em cabos rebocados paralelos para transmitir e receber sinais ou pulsos acústicos para variação acústica, incluindo

c1) configurar cada dispositivo de controle (10, 20) do(s) cabo(s) instrumentado(s) (30) para transmitir por meio do elemento receptor e transmissor acústico (14) das pelo menos duas asas (12, 23) em um dos canais y e configurar cada dispositivo de controle (10, 20) do(s) cabo(s) instrumentado(s) (30) para receber, por meio do elemento receptor e transmissor acústico (14) das pelo menos duas asas (12, 23), em todos os canais y,

c2) escolher um cabo instrumentado (30) e configurar o(s) dispositivo(s) de controle (10, 20) no cabo instrumentado selecionado (30) para transmitir, por meio do elemento receptor e transmissor acústico (14) das pelo menos duas asas (12, 23), no canal 1, canal 2..., canal y, canal 1..., sucessivamente ao longo do cabo instrumentado selecionado (30),

c3) comandar todos os dispositivos de controle (10, 20) no cabo instrumentado selecionado (30) para transmitir pulsos ou sinais, por meio do elemento receptor e transmissor acústico (14) das pelo menos duas asas (12, 23), no tempo $T_0 + X_1$ segundos, em que T_0 e X_1 são valores de tempo positivos, através de uma mensagem de difusão simultaneamente para todos os dispositivos de controle (10, 20) para prover múltiplas medidas por variação por interrogação,

c4) comandar todos os dispositivos de controle (10, 20) em todos os outros cabos instrumentados (30) em uma formação de cabo para receber, por meio do elemento receptor e transmissor acústico (14) das asas (12, 23), sinais ou pulsos com ID após o tempo $T_0 + X_1$ segundos,

c5) reportar ID e faixas para sinais ou pulsos com ID recebida após o tempo $T_0 + X_2$ segundos, em que X_2 é um valor de tempo positivo, onde $X_2 > X_1$, para a central de controle e comando (40) sob demanda, onde os dispositivos de controle (10, 20) de diferentes cabos instrumentados preferivelmente transmitem, por meio do elemento receptor e transmissor acústico (14) das asas (12, 23), simultaneamente para limitar o

tempo que leva para reportar todas as distâncias medidas na formação de cabo,

c6) após todos os dispositivos de controle (10, 20) do cabo instrumentado selecionado (30) terem terminado a transmissão, os dispositivos de controle (10, 20) de um próximo cabo instrumentado selecionado (20) serem comandados para transmissão, enquanto os dispositivos de controle (10, 20) do primeiro cabo instrumentado selecionado (30), que esteve transmitindo, são comandados para receber,

c7) repetir as etapas c1) – c6) para todos os cabos instrumentados (30) em uma formação de cabo para variação acústica completa dos cabos instrumentados (30) na formação de cabo;

d) calcular as posições relativa e absoluta, velocidades de som entre as posições conhecidas e Erro de Trajeto Cruzado de posição e velocidade de Trajeto Cruzado com base na etapa c);

e) calcular e definir ajustes para os dispositivos de controle (10, 20), com base em informação das etapas a) – d);

f) prover os dispositivos de controle (10, 20) com ajustes, modos de estado, comandos de controle para prover um controle de demanda de energia mais preciso, robusto e de menos energia da formação de cabo;

g) repetir as etapas a) – f) continuamente.

2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a etapa d) incluir as seguintes etapas:

d1) calcular as posições relativas e velocidades de som com base em informação de variação da etapa c),

d2) calcular a posição absoluta em um filtro Kalman, disposto na central de controle e comando (40), com base em informação da etapa d1), e as posições absoluta e relativa de pelo menos dois nodos da rede, preferivelmente a embarcação (50) e uma ou mais bóias traseiras (60),

d3) calcular o Erro de Trajeto Cruzado comparando a(s)

posição(ões) absoluta(s) com uma referência absoluta, estabelecida na central de controle e comando (40);

d4) calcular a velocidade de trajeto cruzado do filtro Kalman.

3. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a etapa e) incluir calcular e definir ajustes para os dispositivos de controle (10, 20), com base em informação da etapa a) – d), pela definição do modo de estado, prioridade de controle e/ou comandos de controle, e valores de referência de ajustes ou ajustes para controle local.

4. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a etapa e) incluir uma ou mais das seguintes etapas:

- comandar as referências de força horizontal para todos os dispositivos de controle (10, 20) de todos os cabos instrumentados (30), com base no Erro de Trajeto Cruzado da posição,

- ajustar das referências de força horizontal, com base na velocidade-Trajeto-Cruzado e/ou na condição, saúde, dos dispositivos de controle, incluindo asas (12, 23) em saturação,

- ajustar referências de força horizontal para compensar erros nos dispositivos de controle vizinhos (10, 20) do mesmo cabo instrumentado (30),

- calibrar os sensores de profundidade dos dispositivos de controle (10, 20),

- controlar a extensão e recuperação dos cabos instrumentados (30),

- sincronizar os blocos locais dos dispositivos de controle (10, 20) em relação a uma referência global dada pela central de controle e comando (40),

- manualmente anular o algoritmo de destorcido local automático, anular o modo seco/úmido local automático e/ou o modo de economia de energia local automático.

5. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a etapa e) incluir comandos de controle como deflexão de asa constante, controle de balanço puro, controle de profundidade, controle de força lateral, controle de taxa e destorcimento/desemaranhamento do cabo instrumentado (30).

6. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a etapa f) incluir arranjar os dispositivos de controle (10, 20) para um ou mais dos seguintes detalhes para controle local dos dispositivos de controle (10, 20):

- controle de ângulo de balanço de malha fechada com base em ângulo de balanço e taxa de balanço, onde a referência a ângulo de balanço é determinada pela força lateral desejada e modo de operação de asa,

- controle de profundidade de malha fechada local com base em medições de um sensor de profundidade local e uma referência de profundidade global,

- controle de força lateral local com base no princípio de dragão,

- programação de ganho do controlador de balanço e controle de profundidade com base em informação sobre a velocidade através da água, preferivelmente estimada localmente com base em medições de sensores do dispositivo de controle e/ou atualização pela central de controle e comando sobre a embarcação via o cabo instrumentado,

- taxa de balanço de malha fechada local, com base em taxa de balanço estimada,

- algoritmo destorcido local, com base em que se o momento comandado estático exceder um certo nível durante um certo período de tempo, o dispositivo de controle balança em um certo número de graus na direção oposta para reduzir o momento comandado estático,

- detecção local da instabilidade no ângulo de balanço e

estabilização automática, que inclui que um de instabilidade no ângulo de balanço sucessivamente reduz as forças lateral e vertical até a estabilidade do ângulo de balanço ter sido reestabelecida,

- detecção local da instabilidade na taxa de balanço e estabilização automática, que inclui que um de instabilidade em taxa de balanço primeiro está reajustando todas as asas, em seguida ativa o controlador de taxa de balanço com taxa de referência igual a 0, e quando o movimento do balanço parou, ativar o controlador do ângulo de balanço e sucessivamente aumentar as forças lateral e vertical após também a estabilidade do ângulo de balanço ter sido alcançada,

- modo de economia de energia local, incluindo controle lateral de energia reduzida e controle de profundidade de energia reduzida, que ocorrer no caso de falha de energia através do cabo instrumentado ou nível de bateria baixo nas asas;

- modo seco/úmido automático, que inclui que o próprio dispositivo de controle detecte se é com base em ar ou água em uma combinação de desvio padrão de profundidade medida e profundidade absoluta,

- diferentes modos de estado, que são dependentes do número de asas (12, 23), que são operativas e estes modos determinam que operações são possíveis realizar.

7. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de a etapa c) ou f) incluir as etapas de configurar os dispositivos de controle (10, 20) localmente com uma ou mais das seguintes ações de controle predefinidas:

- deflexão de asa – deflexão de asa constante,
- controle de taxa – controle de taxa de balanço constante,
- destorcimento do cabo instrumentado – rotação de balanço controlado (n rotações/número de graus),

- momento zero,
- taxa zero,
- controle de balanço,
- controle de profundidade – controle de profundidade constante (combinado com controle de balanço),
- força lateral - controle de força lateral (combinado com controle de balanço e profundidade),
- força direcionalmente controlada – força direcionalmente controlada (combinada com controlador de balanço).

8. Método de acordo com a reivindicação 5 e 7, caracterizado pelo fato de as ações de controle ou comandos de controle serem submetidas à seguinte prioridade:

- 1 - controle de balanço
- 2 - controle de profundidade
- 3 - controle de força.

9. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de as etapas a), b) ou e) incluírem adquirir informação de um programa de levantamento (42), tal como posição e direcionamento através de uma referência de terra, e referência de profundidade, configuração desejada da formação de cabo.

10. Método de acordo com a reivindicação 6, caracterizado pelo fato de os modos de estado serem:

- modo normal onde o dispositivo de controle (10, 20) é totalmente operacional e todas as operações ou ações de controle serem disponíveis,
- modo reduzido se uma das asas (12, 23) do dispositivo de controle (10, 20) for inoperativo, em que todos os controles, exceto o controle de força lateral, são disponíveis,
- modo mínimo se duas das asas (12, 23) do dispositivo de

controle (10, 20) forem inoperantes, em cujo controle de todos os modos, exceto controle de força lateral e controle de profundidade de malha fechada local, é disponível, e

- modo desconectado em que o dispositivo de controle (10, 20) é desligado.

11. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de incluir sintonização fina de parâmetros de calibração de profundidade, enquanto o dispositivo de controle (10, 20) é arranjado no cabo instrumentado (30), onde novas constantes de calibração são calculadas com base em antigas constantes de calibração, e medições de profundidade na superfície e estimativas de erro de profundidade em condição submersa.

12. Método de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de as estimativas de erro de profundidade serem encontrados em outros sensores de profundidade, em distribuição de força vertical ao longo do cabo instrumentado (30) ou em uma análise QC de dados sísmicos em trânsito.

13. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a etapa e) inclui dados navegacionais da embarcação e calcula dados de correção para um bússola magnética de cada dispositivo de controle (10, 20) e a etapa f) inclui prover bússola magnética de cada dispositivo de controle (10, 20) com ajuste corrigido para precisão melhorada.

14. Sistema para executar o método como definido nas reivindicações 1 a 13, e os dispositivos de controle (10, 20) incluem:

- um corpo principal (11, 21) provido com uma unidade processadora, e um ou mais de: acelerômetros, giro de taxa, bússola magnética, sensor de pressão, e

- três ou mais asas (12), providas com uma unidade processadora, conexão ao corpo principal (11), sensor de efeito de Hall, baterias recarregáveis, componentes eletrônicos de carga inteligentes, motor

com sensor de momento, ou

- três ou mais alojamentos de motor e engrenagens de transmissão (22), cujos alojamentos de motor e engrenagens de transmissão (22) sendo providos com asas (23), cujas alojamentos de motor e engrenagens de transmissão (22) são providas uma unidade processadora, conexão com o corpo principal (21), sensor de efeito de hall, baterias recarregáveis, componentes eletrônicos de carga inteligentes, motor com sensor de momento;

caracterizado pelo fato de que:

- os dispositivos de controle (10, 20) são providos com um elemento receptor e transmissor acústico (14) e componentes eletrônicos para variação acústica em pelo menos das asas (12, 23),

- a embarcação (50) e uma ou mais das bóias traseiras (60) são providos com meio transmissor e receptor acústico (62) e componentes eletrônicos para variação acústica e providos com instrumentação para posição e velocidade absolutas,

em que o elemento transmissor e receptor acústico (14, 62) em pelo menos duas asas (12, 23) são arranjos para medição de distâncias entre dispositivos de controle adjacentes (10, 20) sobre cabos rebocados paralelos (30),

- a central de controle e comando (40) é provida de meios ou arranjos para:

- adquirir estado e informação sobre cabos(s) instrumentado(s) (30) e dispositivo(s) de controle (10, 20), e informação navegacional para bóia(s) traseira(s), embarcação (50) e opcionalmente dispositivo(s) defletor(es) (61);

- configurar os dispositivos de controle (10, 20) para transmitir e receber por meio do elemento transmissor e receptor (14) nas pelo menos duas asas (12, 23), sinais ou pulsos acústicos para variação acústica,

- calcular posições relativa e absoluta, velocidades do som e Erro de Trajeto Cruzado e velocidade de trajeto cruzado com base na informação adquirida,

- calcular e definir ajustes para o(s) dispositivo(s) de controle (10, 20) com base na informação adquirida e valores calculados e prover os dispositivos de controle (10, 20) com ajustes, modos de estado, comandos de controle para prover um controle de demanda de energia mais preciso, robusto e de menos energia da formação de cabo.

15. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que um ou mais elementos transmissores e receptores acústicos (14) são arranjados no corpo principal (11, 21) ou no alojamento de engrenagem de acionamento e motor (22).

16. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que o corpo principal (11, 21) e asas (12, 23) são providos com conexões indutivas para comunicação sem fio e sem contato e transferência de energia para as asas (12, 23) do corpo principal (11, 21) e vice versa, ou conexões mecânicas para comunicação e transferência de energia entre o corpo principal (11, 21) e as asas (12, 23).

17. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que os dispositivos de controle (10, 20) são providos com instruções de controle local que executam na unidade de processador do corpo principal (11, 21), e instruções de controle de asa local que executam na unidade processadora nas asas (12, 23).

18. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de as instruções de controle locais do dispositivo de controle serem dispostos com um ou mais dos seguintes detalhes:

- controle de ângulo de balanço fechado local, com base em ângulo de balanço estimado e taxa de balanço, onde a referência a ângulo de balanço é determinada por força lateral desejada e modo operacional das asas,

- controle de profundidade de malha fechada local, com base em medições de um sensor de profundidade local e uma referência de profundidade global,
- controle de força lateral local com base no princípio de dragão,
- programação de ganho do controlador de balanço e controle de profundidade com base em informação sobre a velocidade através da água, preferivelmente estimado localmente com base em sensores do dispositivo de controle e/ou atualizações da central de controle/comando da embarcação via o cabo instrumentado,
- controle de taxa de balanço de malha fechada local, com base em taxa de balanço estimada,
- algoritmo destorcido local com base em que, se o momento comandado estático exceder um certo nível em relação a um certo período de tempo, o dispositivo de controle balança um certo grau na direção oposta e reduz o momento comandado estático,
- detecção local de instabilidade do ângulo de balanço e estabilização automática, incluindo que um de instabilidade em ângulo de balanço sucessivamente está reduzindo as forças lateral e vertical até estabilidade no ângulo de balanço ter sido reestabelecida,
- detecção local de instabilidade em taxa de balanço e estabilização automática, que inclui que instabilidade em taxa de balanço reajusta todas as asas, em seguida ativa o controlador da taxa de balanço com referência igual a 0, e quando o movimento de balanço tiver sido parado, ativa o controlador de ângulo de balanço e sucessivamente aumenta as forças lateral e vertical após também estabilidade no ângulo de balanço ter sido obtida,
- modo de economia de energia local, incluindo controle lateral de energia reduzida e controle de profundidade de energia reduzida, o

que ocorre no caso de falha de força através do cabo instrumentado ou baixo nível de bateria das asas,

- modo seco/úmido automático, por meio do qual o próprio dispositivo de controle (10, 20) detecta se é com base no ar ou água em uma combinação de desvio padrão de profundidade medida e profundidade medida absoluta,

- modos de estado diferentes, que são dependentes do número de asas operativas (12, 23) e estes modos determinam as operações que são possíveis realizar.

19. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de o controle de força lateral local do dispositivo de controle (10, 20) ser provido com um termo derivativo para ajuste das referências de força horizontal para Velocidade de trajeto cruzado.

20. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de a central de controle/comando (40) ser provida com um filtro Kalman para posicionamento absoluto.

21. Sistema de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 a 17, caracterizado pelo fato de a central de controle e comando (40) ser provida com instruções e/ou provida com meios, tal como um controlador global (43) arranjado para um ou mais dos seguintes detalhes:

- ativação e coleta de variação acústica,
- determinação de posição e velocidade relativas dos dispositivos de controle (10, 20) em uma formação de cabos,
- determinação de posição e velocidade absolutas dos dispositivos de controle (10, 20) em uma formação de cabo,
- comandar as referências de força horizontal para todos os dispositivos de controle (10, 20) de todos os cabos instrumentados (30),
- ajustar as referências de força horizontal,
- controlar e estender e recuperação dos cabos instrumentados

(30),

- calibrar os sensores de profundidade dos dispositivos de controle (10, 20),

- comunicação, sincronização de tempo e regulação absoluta com o um ou mais cabo(s) instrumentado(s) (30),

- anulação do algoritmo destorcido local,

- anulação do modo seco/úmido,

- anulação do modo de economia de energia.

22. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de a central de controle e comando (40) ser arranjada para comunicação com uma unidade de operação (41) para ajustar e monitorar o sistema, e controle manual do sistema e/ou uma programação de levantamento (42) para adquirir informação sobre a posição e direcionamento através de uma referência de terra, referência de profundidade e configuração desejada da formação de cabos.

23. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de o dispositivo de controle (10, 20) ser arranjado para prover o software de dispositivo de controle local com medições, como profundidade do sensor de pressão, ângulo de balanço e taxa de balanço dos acelerômetros, opcionalmente giro de taxa e bússola magnética, deflexão de asa pelo sensor de efeito de hall e pulsos de controle de motor; capacidade da bateria de componentes eletrônicos de carga inteligentes; momento de motor; e distância para os dispositivos de controle vizinhos da variação acústica.

24. Sistema de acordo com a reivindicação 17, caracterizado pelo fato de as instruções de controle locais do dispositivo de controle fazer uso de estimativa local da velocidade do dispositivo de controle (10, 20) através da água, com base em uma combinação de momento de motor de asa e medições de deflexão de asa.

25. Sistema de acordo com a reivindicação 14, caracterizado

pelo fato de a central de controle e comando (40) é provida com informação dos dispositivos de controle (10, 20), dos um ou mais cabo(s) instrumentado(s) (30), e informação de bóias traseiras (60), embarcação (50) e opcionalmente dispositivos defletores (61), informação esta sendo uma ou mais de:

- dados navegacionais da embarcação (50), bóias traseiras (60) e/ou dispositivos defletores (61), e informação sobre a sonorização acústica e ID,

- informação dos dispositivos de controle (10, 20) e cabo(s) instrumentado(s) (30), tais como:

- estado, incluindo condição dos dispositivos de controle (30), comunicação, energia,

- deflexão de asa,
 - ângulo de balanço e taxa de balanço,
 - velocidade localmente estimada através da água,
 - profundidade,
 - direcionamento,
 - variação acústica e ID,
 - momento do motor,
 - momento do balanço e força vertical e lateral.

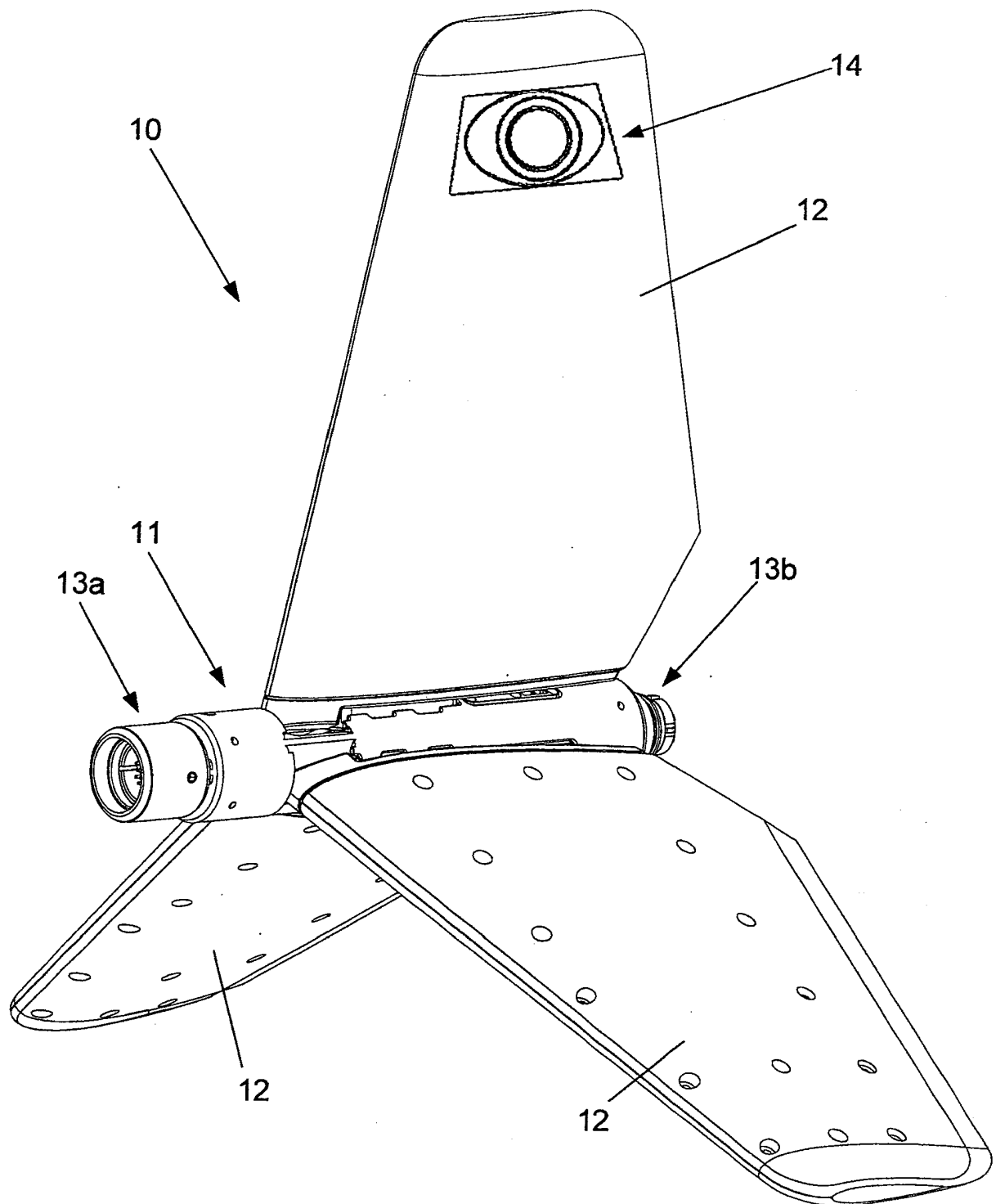


Fig. 1a

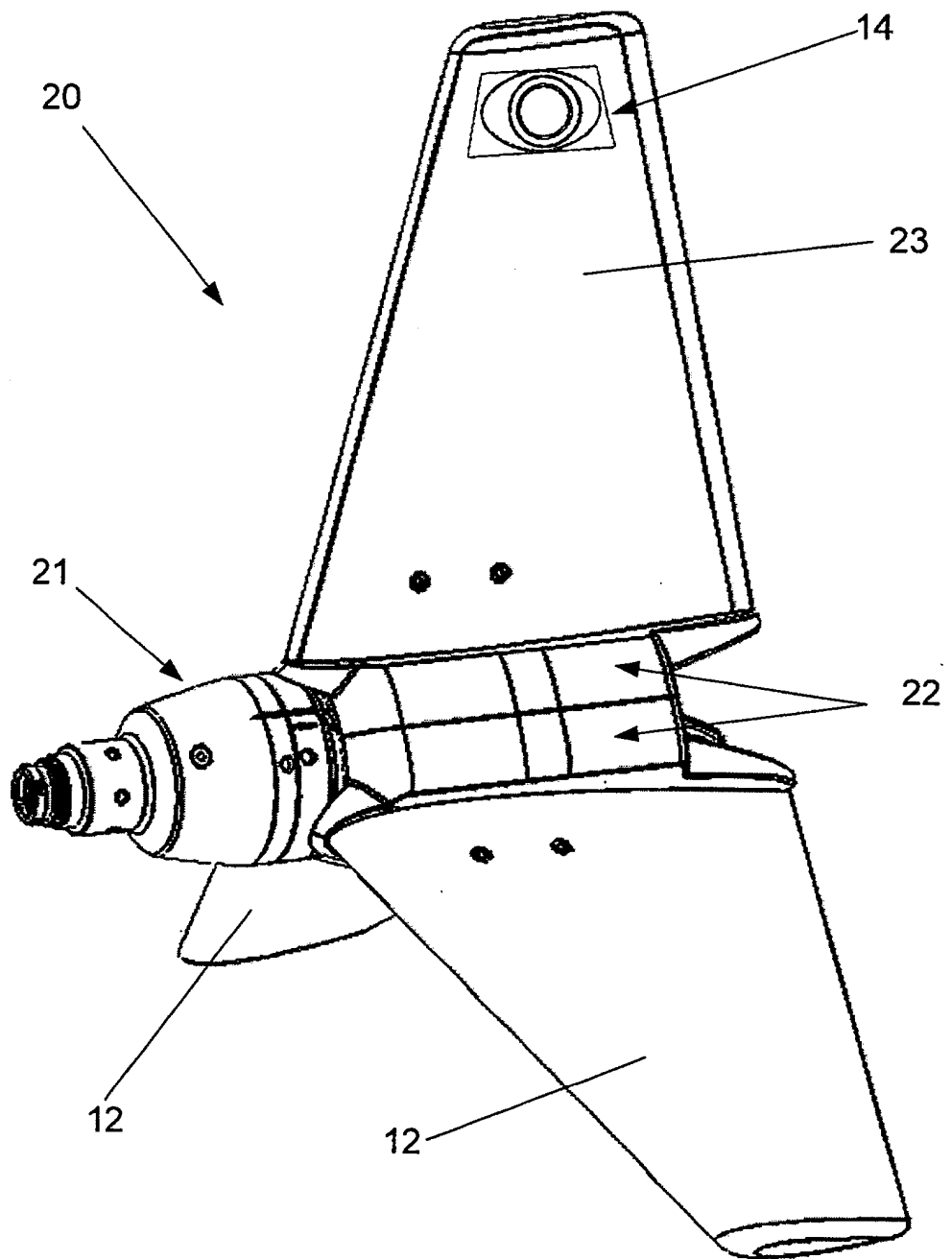


Fig. 1b

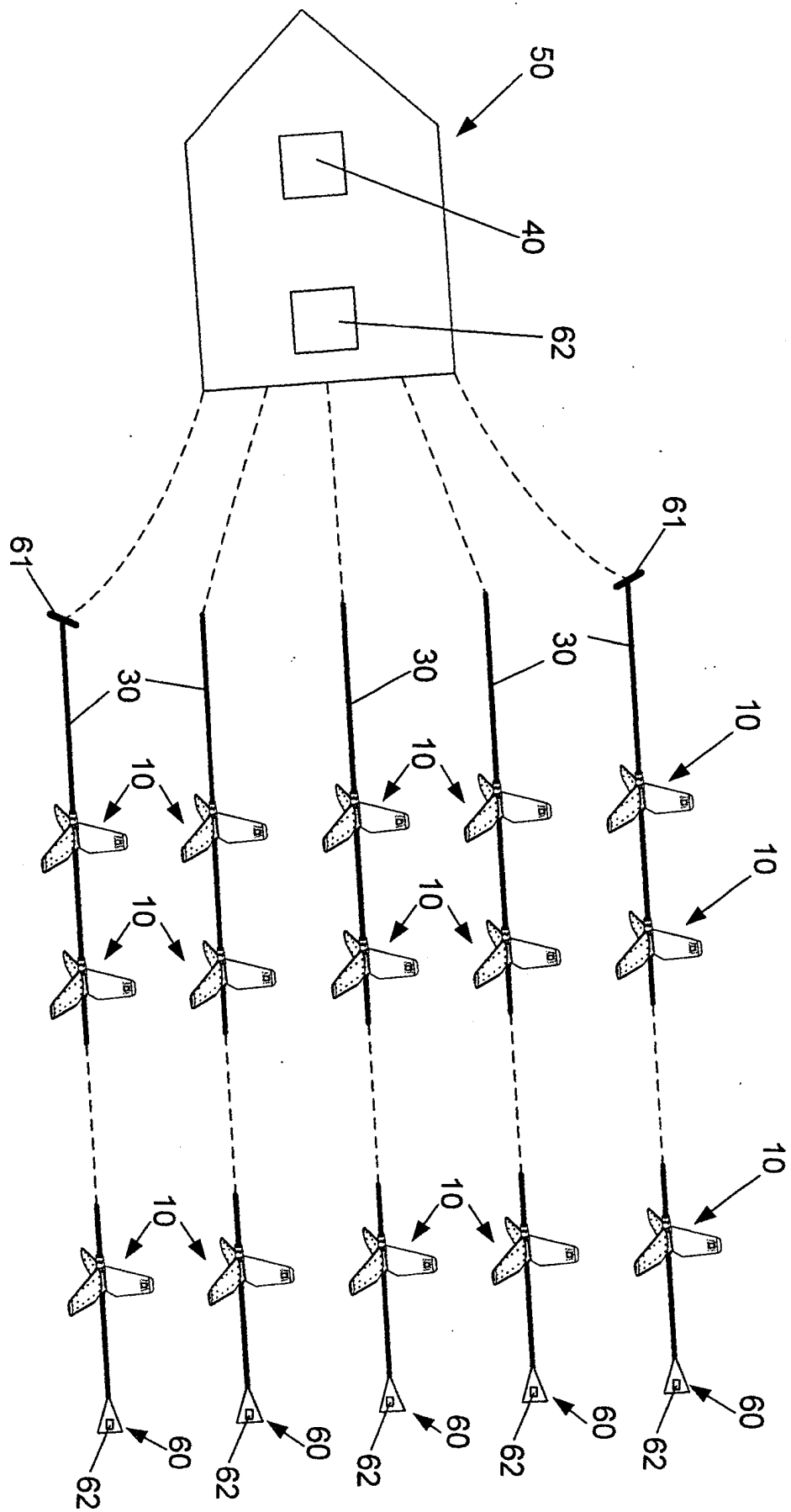


Fig. 2

Comando da central
de controle/comando

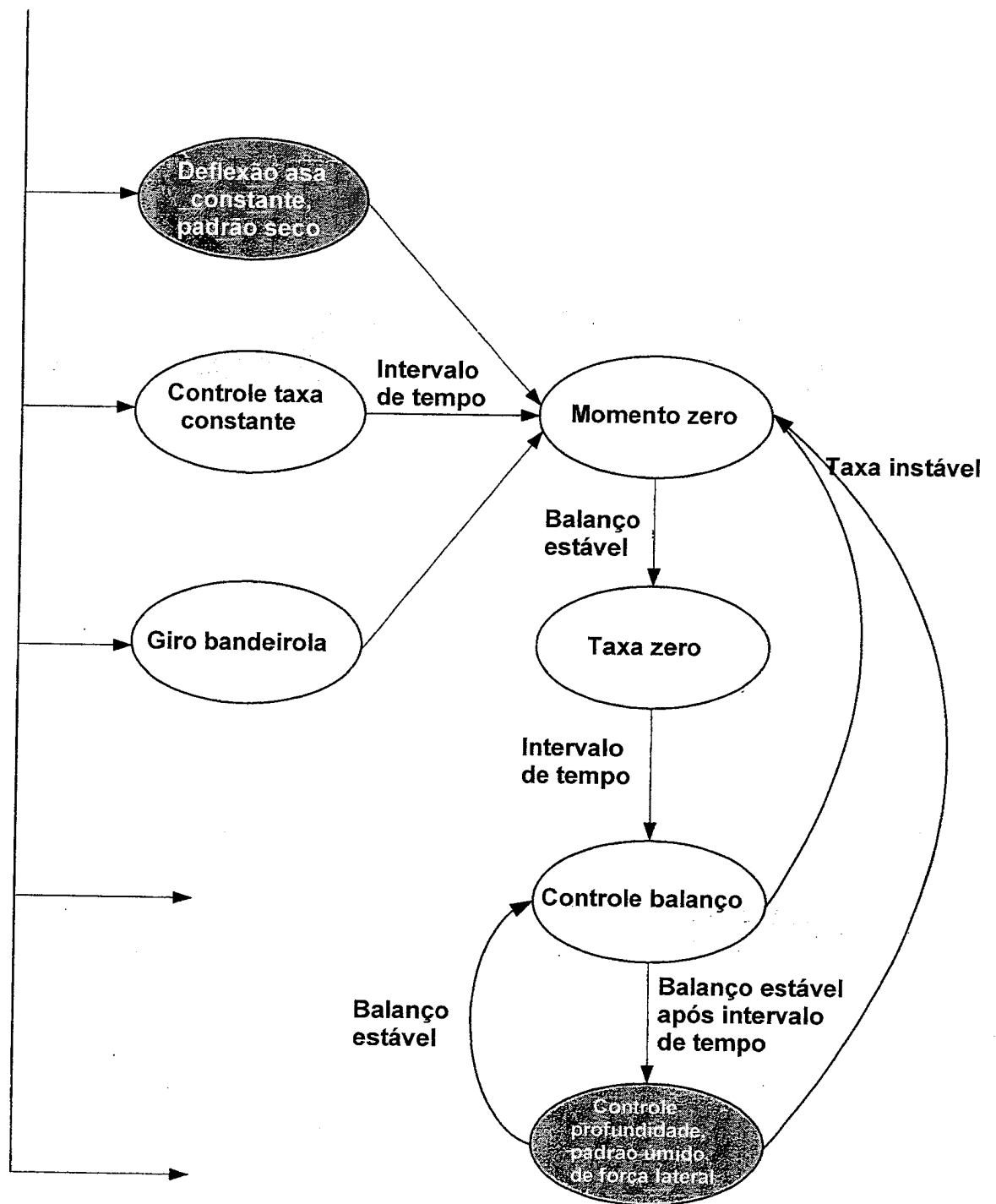


Fig. 3

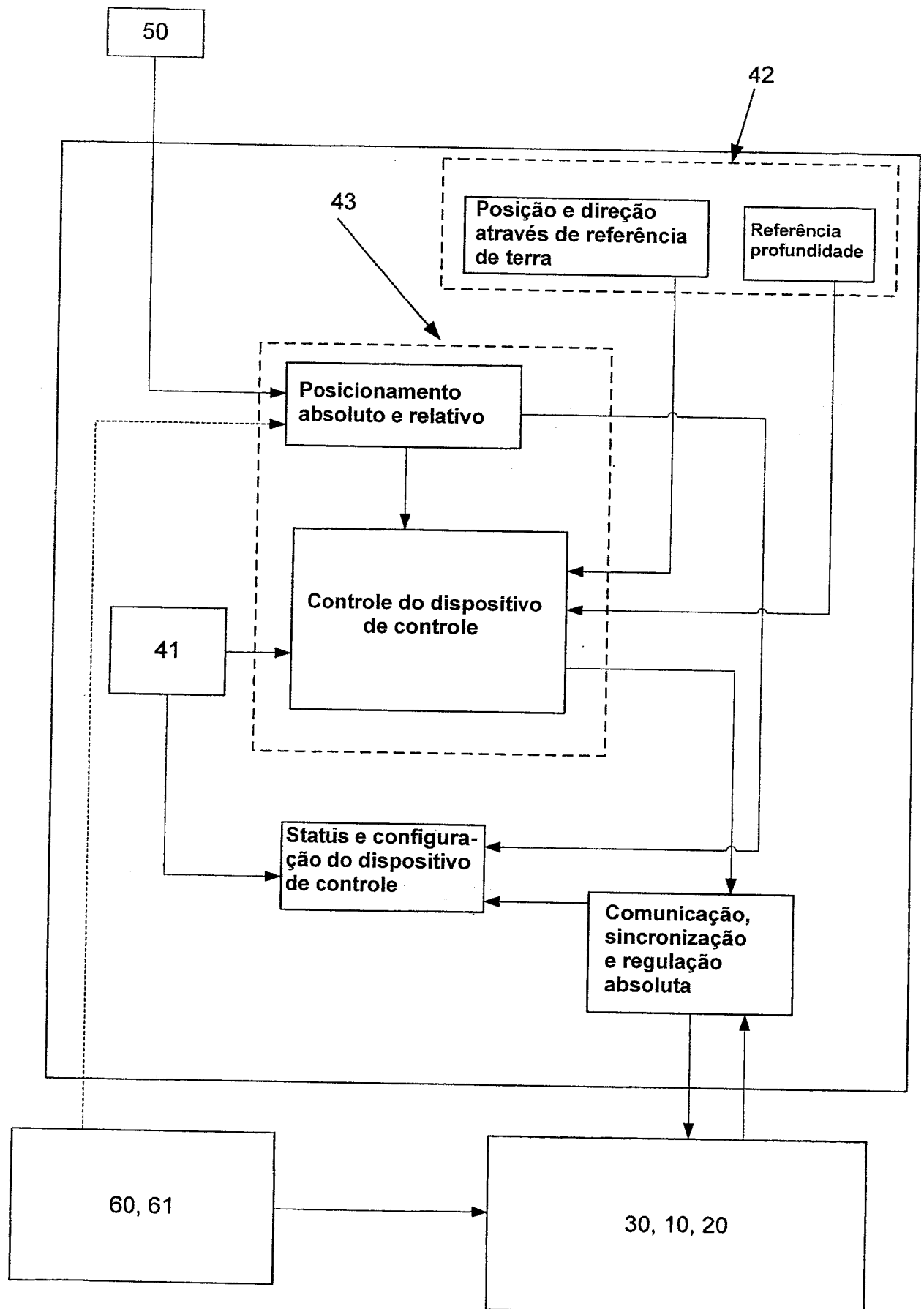


Fig. 4