

República Federativa do Brasil  
Ministério do Desenvolvimento, Indústria  
e do Comércio Exterior  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **MU8802277-3 U2**



\* B R M U 8 8 0 2 2 7 7 U 2 \*

(22) Data de Depósito: 26/06/2008  
(43) Data da Publicação: 23/02/2010  
(RPI 2042)

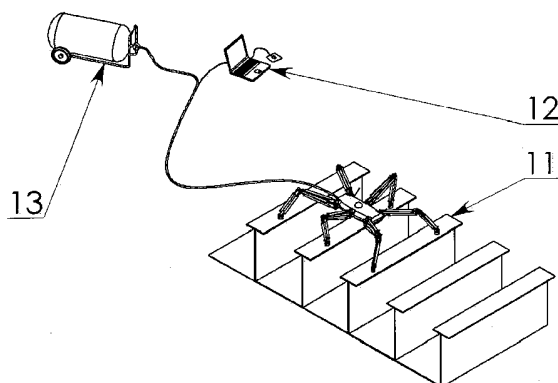
(51) *Int.Cl.:*  
B62D 57/032 (2010.01)  
B25J 3/00 (2010.01)  
B25J 17/02 (2010.01)  
B25J 9/20 (2010.01)

(54) Título: **ROBÔ ARTICULADO HEXÁPODE COM ACIONAMENTO PNEUMÁTICO**

(73) Titular(es): Giovani Geremia, Miguel Ignacio Serrano, Telmo Roberto Strohaecker

(72) Inventor(es): Giovani Geremia, Miguel Ignacio Serrano, Telmo Robert Strohaecker

(57) Resumo: Robô articulado hexápode com acionamento pneumático. Composto por três pares de membros, também chamados de patas ou braços em que cada braço tem três graus de liberdade principais, e mais três graus de liberdade componentes do pulso (ou mão). O controle das juntas principais se dá de forma a oferecer precisão de posicionamento suficiente de seus braços para que o robô ande por cima e por entre obstáculos diversos e mãos em que podem ser adaptados ímãs, ventosas ou garras, proporcionando assim a sua utilização em diversos relevos. O equipamento é ligado por um umbilical a um reservatório de pressão e a uma central de comando, que podem estar distantes do equipamento robótico aqui descrito, de onde o usuário pode comandar as movimentações do conjunto remotamente através de um computador. Construído com um módulo de baterias, válvulas e sensores isolados do meio externo, através de uma cápsula hermeticamente fechada no corpo do robô, com acionamento dos braços pneumático e com materiais aptos para resistir corrosão e evitar possíveis faíscas de cargas elétricas estáticas. Todas as características acima citadas fazem o robô totalmente adequado a aplicações em áreas classificadas (entre elas, com permanente risco de explosão), mantendo seu operador em ambiente seguro dos prováveis riscos em que o equipamento poderá ser exposto.





## ROBÔ ARTICULADO HEXÁPODE COM ACIONAMENTO PNEUMÁTICO

Refere-se a um robô articulado hexápode com acionamento pneumático (composto por três pares de membros, também aqui chamados de patas ou braços). Particularmente, o presente equipamento robótico visa a operação sob condições ambientais adversas e em regiões de difícil acesso para operadores humanos. Dessa forma, este robô é indicado para executar inspeções dentro de tanques de navios ou outros ambientes confinados que apresentem ambiente contaminado, risco de explosão, alagamento ou geometria irregular que dificultem ou impeçam o acesso de uma pessoa.

Este relatório descritivo refere-se a um modelo de utilidade (MU), que representa um avanço em relação ao estado da técnica existente e que é suscetível a utilização industrial.

Cada membro possui três graus de liberdade principais, movimentadas por atuadores pneumáticos, e mais três graus de liberdade componentes do pulso (ou mão) posicionáveis segundo os ângulos das juntas principais. O controle das juntas principais se dá através de um computador, o qual controla a vazão de ar lançada aos atuadores através de válvulas pneumáticas. Sensores de pressão e de ângulo, posicionados nas juntas, são utilizados para fechar a malha de controle de movimento para cada extremidade dando assim precisão de posicionamento suficiente para que o robô se locomova entre obstáculos. Nas extremidades podem ser adaptados ímãs, ventosas ou garras para evitar deslizamentos com a base de movimentação. O equipamento robótico aqui descrito é ligado por um tubo até um reservatório de pressão, o qual é utilizado como fonte de energia. Por meio de câmeras instaladas na presente invenção, o usuário pode visualizar remotamente o andamento da inspeção e, através de um comando a distância, o usuário indica o caminho do sistema robótico, velocidade de avanço e orientação das câmeras. A comunicação com o operador pode ser *wireless* ou através de fibra ótica.

O equipamento aqui descrito é apto para trabalhar em áreas classificadas com risco de explosão, onde a presença de um ser humano é indevida, desaconselhável ou insalubre. Devido aos braços articulados, tem capacidade de locomover-se sobre uma geometria com obstáculos na horizontal, diagonal ou vertical, podendo transportar equipamentos de inspeção diversos e câmeras. Pode-se adaptar também ao corpo do robô um veículo com sensores não-destrutivos (ultra-som, correntes parasitas, entre outras), em que o robô articulado seria o responsável por posicioná-lo em locais onde uma inspeção mais detalhada venha a ser necessária. O robô hexápode é adequado para inserções em locais com área permanentemente em risco de explosão, já que os atuadores utilizados nos membros são pneumáticos e o sistema elétrico do equipamento robótico se encontra embarcado dentro de uma cápsula hermeticamente fechada e à prova de explosão, localizada no corpo do robô. Este sistema elétrico está composto por um módulo de baterias, válvulas pneumáticas, microcomputador e sensores de pressão.

Com a crescente demanda de petróleo e derivados no mundo atual, existe um grande volume destes fluidos a serem transportados e armazenados até se transformarem em um produto final. Grande parte deste petróleo é oriundo do fundo do oceano e, neste caso, os navios petroleiros são objetos deste armazenamento e transporte. Porém esta função é de alto risco visto os acidentes que podem ocorrer, sendo as inspeções estruturais de tanques de navios petroleiros uma real necessidade. Para um funcionário entrar em um ambiente confinado como um tanque de navio, uma longa parada é necessária para que o ambiente seja purificado, e isso decorre de prejuízos financeiros às petroleiras. É objetivo da invenção é de substituir a presença humana em ambientes de risco como o exemplificado acima, sem perder confiabilidade na análise realizada, adicionando mais agilidade, rapidez e, sobretudo, segurança no processo. As câmeras embarcadas no robô permitem ao operador visualizar

remotamente o andamento da inspeção e, assim, comandar através de um controle remoto os movimentos do equipamento robótico, locomovendo-o para frente, para trás, para os lados ou rotando-o sobre seu eixo, sendo o microcomputador responsável pela coordenação dos movimentos das extremidades. O robô também é provido de sensores em suas extremidades e em seu corpo que permitem localizar os pontos de apoio, evitando que “pise em falso” e tombe.

A principal novidade do presente invento é a automação do processo de inspeção, sanando as dificuldades citadas: a realização de uma inspeção confiável e rápida, realizada em segurança. O controle do equipamento é simples, de modo que as atenções do operador estejam concentradas na inspeção ou na atividade objetivada, e não nos controles de movimentação e posicionamento do robô, pois este equipamento é responsável por localizar o obstáculo do fundo do tanque do navio e contorná-lo. Contudo, não fica restrito a esta aplicação, podendo-se adaptar a inúmeras situações que em que suas características alcançam, como por exemplo, a aplicação em áreas inundadas. O acionamento pneumático pode ser aplicado com diferentes modelos de atuadores, como cilindros ou músculos pneumáticos. Os materiais empregados no corpo e nos membros do robô são escolhidos para resistir corrosão e evitar faíscas devidas da carga elétrica estática e dão uma característica de baixo peso relativo ao conjunto, tornando sua instalação e funcionamento prático.

A Patente norte-americana US 5551525 “*Climber Robot*” trata de um robô capaz de escalar e atravessar superfícies planas horizontais, diagonais e verticais, inclusive transições entre estas superfícies, utilizado para inspeção de pontes, aeronaves e outras estruturas. É composto de um braço com uma articulação central e dois pulsos articulados, um em cada extremidade; suas articulações são movimentadas por pares de músculos pneumáticos e sua fixação na superfície se dá por ventosas de fixação. É um equipamento

versátil, porém necessita de uma superfície lisa e limpa para se movimentar, e não é provido de um “corpo” onde possam ser montados cabeçotes de inspeção, câmeras ou outros instrumentos de observação ou análise.

A Patente WO 2007/095662 A1 “*Robot Arm*” descreve um braço robótico  
5 fixo a uma base, com três graus de liberdade movimentados por músculos pneumáticos. Tem movimentação comparável com o presente invento, porém por ser fixo a uma base, sua aplicação fica limitada.

A Patente norte-americana US 2001/0054518 A1 “*Single actuator per leg robotic hexapod*” descreve um robô móvel com no mínimo seis pernas, movimentadas por um  
10 único atuador por perna. As pernas são montadas em um corpo, que terá movimento relativo com a movimentação delas. As pernas possuem apenas um grau de liberdade cada e não têm controle de posicionamento de suas pernas.

A Patente CN1931652 “*Variable-structure leg wheel type machine insect*” descreve a estrutura de um robô inseto. Este equipamento tem um corpo pivotado que permite  
15 que seu corpo varie sua largura, e quatro pernas providas de rodas em sua extremidade, com capacidade de modificação de configuração conforme a movimentação necessária. É um equipamento muito versátil quanto a sua movimentação, porém está sempre em contato com suas quatro pernas no solo, necessitando uma superfície contínua e plana. Também seu acionamento dado por motores elétricos.

20 A patente norte-americana US5040626 “*Walking robots having double acting fluid driven twistor pairs as combined joints and motors and method of locomotion*” descreve um robô inseto, composto por seis pernas com três graus de liberdade cada, cujas juntas são movimentadas por um atuador chamado *twistor-pairs*. Como um resultado de seqüências controladas de variação de pressão em cada um destes atuadores, este robô se

movimenta de diversas formas, deixando sempre três pernas em contato com o solo, tornando a movimentação estável.

Todos os inventos citados acima têm semelhanças com certas características da presente invenção, apresentando cada um aplicações, funcionamento ou movimentação relacionáveis, porém em nenhum deles se obtém o conjunto de variáveis necessárias para 5 comparar com o equipamento descrito neste relatório. Em nenhuma das patentes pesquisadas, se obteve um equipamento que apresentasse características próprias para áreas com potencial explosivo, com acionamento pneumático, contendo seis braços com três graus de liberdade controláveis e três ajustáveis cada, com pulsos adaptáveis a garras próprias para pisos 10 ferromagnéticos ou para ventosas, podendo locomover-se por superfícies com obstáculos na horizontal, diagonal ou vertical, o que torna este equipamento único e exclusivo.

A figura 1 apresenta a visão lateral do robô articulado hexápode.

A figura 2 apresenta a visão frontal do robô articulado hexápode.

A figura 3 apresenta a visão superior do robô articulado hexápode.

15 A figura 4 apresenta a visão isométrica do robô articulado hexápode.

A figura 5 apresenta uma visão geral do robô, posicionado em uma superfície irregular, e a iteração do mesmo com o operador e o reservatório pneumático.

Conforme pode ser observado na figura 1, o robô articulado hexápode descrito neste relatório é composto por um corpo (1), contendo em seu interior equipamento 20 eletrônico, como baterias, válvulas, microcomputador, sensores, entre outros. Este corpo (1) isola seu interior do meio exterior, impedindo que gases explosivos entrem em contato com os equipamentos eletrônicos de controle. Ao corpo chega o umbilical (8) com o fornecimento pneumático e sinais de comando do operador. Dele saem ombros (5) com dois graus de liberdade cada. Nestes ombros, são interligados os braços (2), que em sua extremidade oposta

estão articulados aos antebraços (3) pelos cotovelos (7). Por fim, as mãos (4), que fazem o contato do robô com o solo por articulações com três graus de liberdade. Também acoplados ao corpo encontram-se sensores (10) que auxiliam na identificação de obstáculos e na orientação do equipamento.

5 A figura 2 e a figura 3 reforçam a observação dos componentes descritos acima. Pode se identificar a câmera (9), a qual transmite a visão desde o robô e a transmite através do umbilical (8) até o computador do operador. Observam-se, também, os atuadores pneumáticos que fazem a movimentação das articulações: Cada braço tem um par de atuadores que fazem a movimentação vertical do ombro (6.1), um par de atuadores que faz a  
10 movimentação horizontal do ombro (6.2) e um par de atuadores que faz a movimentação do cotovelo (6.3).

A figura 4 ilustra uma visualização isométrica do equipamento, onde podem ser observados os seis braços e seus demais componentes.

A figura 5 oferece uma visão global da presente invenção sobre uma  
15 superfície irregular (11) interagindo com o computador do operador (12) e o cilindro ou compressor pneumático (13) onde é armazenada a energia pneumática para movimentar o equipamento. Esta figura permite ao leitor localizar o equipamento no local de inspeção.

### REIVINDICAÇÕES

- 1) Robô hexápode – composto por três pares de membros, também aqui chamados de patas ou braços – acionados por fluido pneumático;
- 2) Cada braço do robô hexápode, conforme reivindicação 1, composto por três graus de liberdade principais, sendo dois no ombro e um no cotovelo, e mais três graus de liberdade no pulso (ou mão);
- 3) Corpo do robô hexápode, conforme reivindicação 1, hermeticamente fechado, isolando os componentes internos de seu corpo do meio externo;
- 4) Robô hexápode adequado para funcionamento em ambiente explosivo, conforme reivindicações 1 e 3, providos de fluido de acionamento adequado para a áreas explosivas e componentes isolados do meio externo;
- 5) Robô hexápode, conforme reivindicações 1, 2, 3 e 4, com comunicação via fibra ótica ou *wireless*, e abastecimento pneumático através de um umbilical, permitindo ao operador o controle do robô a distância e protegendo assim ao operador dos ambientes insalubres e perigosos no qual o robô está apto a funcionar;
- 6) Robô hexápode, conforme reivindicação 1, provido de câmeras e apto a transportar equipamentos de análise visual ou por sensores não destrutivos para inspeção, além de veículos propícios para operação específica, tornando-o utilizável à processos de inspeção;
- 7) Pulso do robô hexápode, conforme reivindicação 2, apto a adaptações de garras pneumáticas ou mecânicas, responsáveis pela estabilidade e segurança na movimentação do equipamento;
- 8) Robô hexápode, conforme reivindicação 7, apto à movimentar-se na horizontal, diagonal ou vertical, e capaz de conhecer e contornar obstáculos;



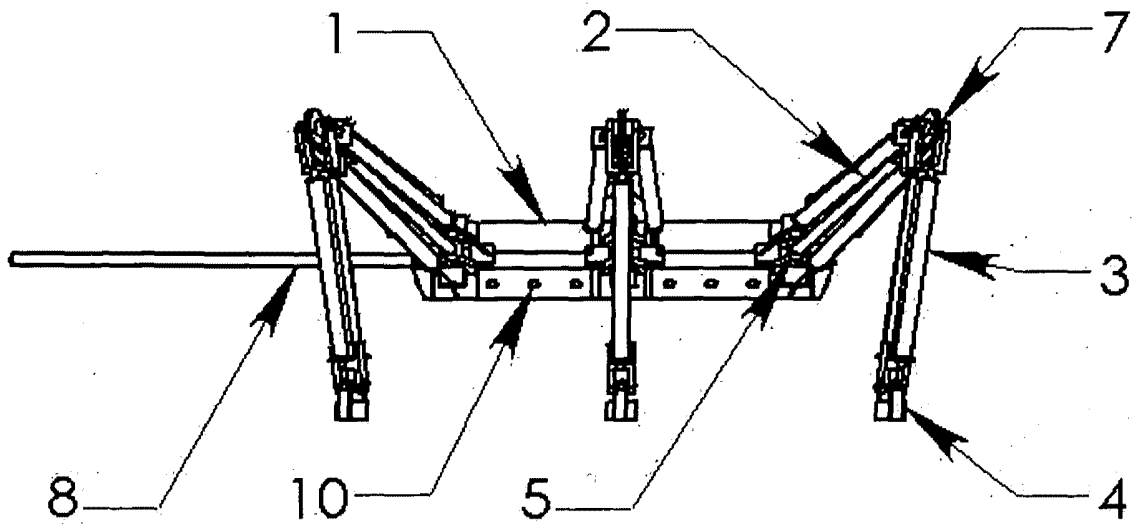


Fig. 1

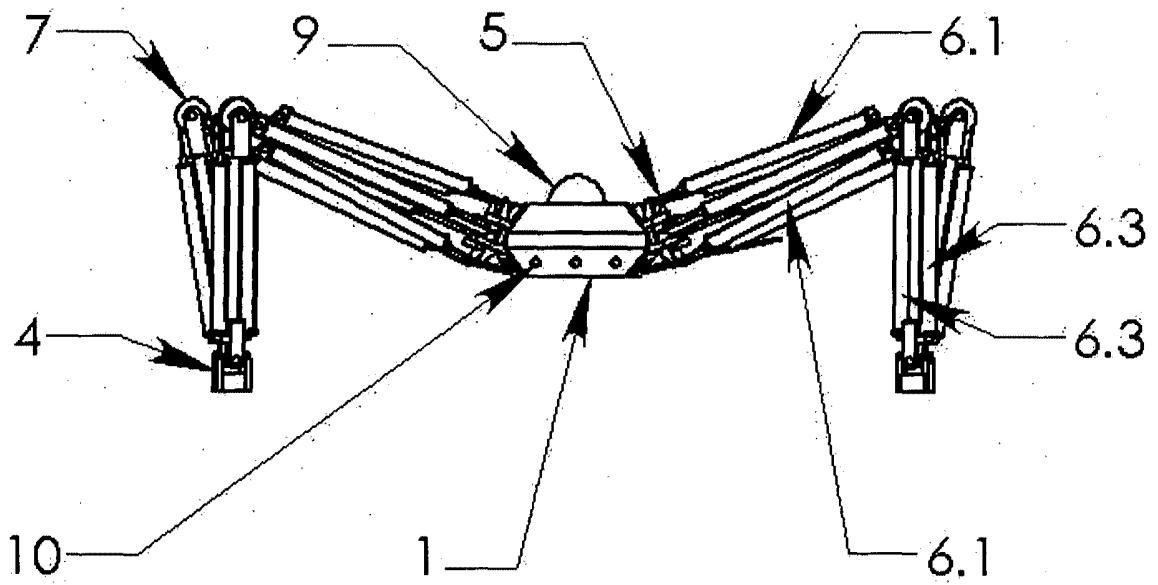


Fig. 2

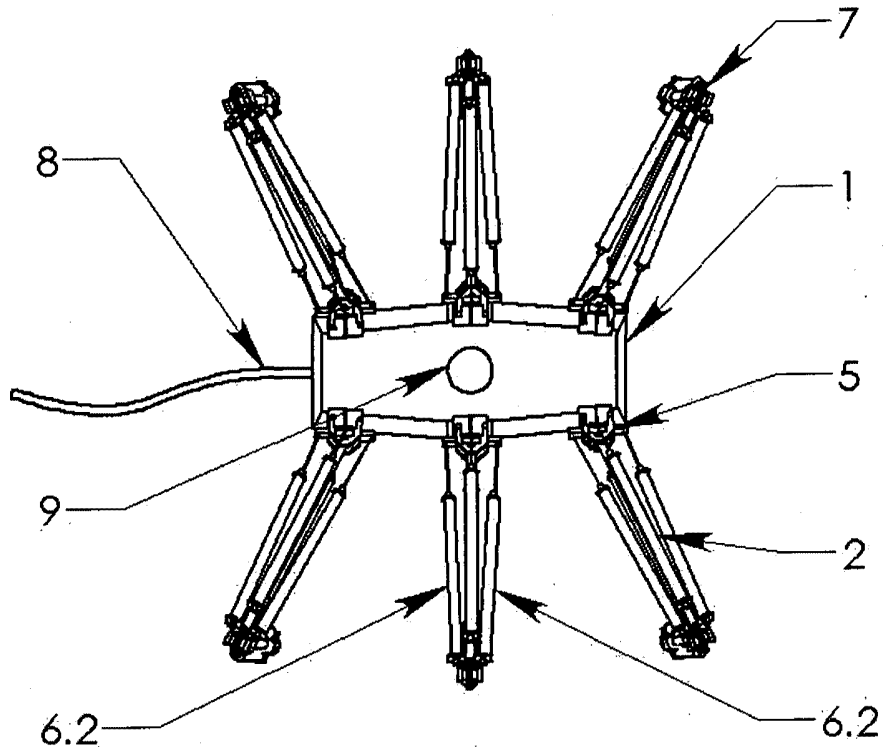


Fig. 3

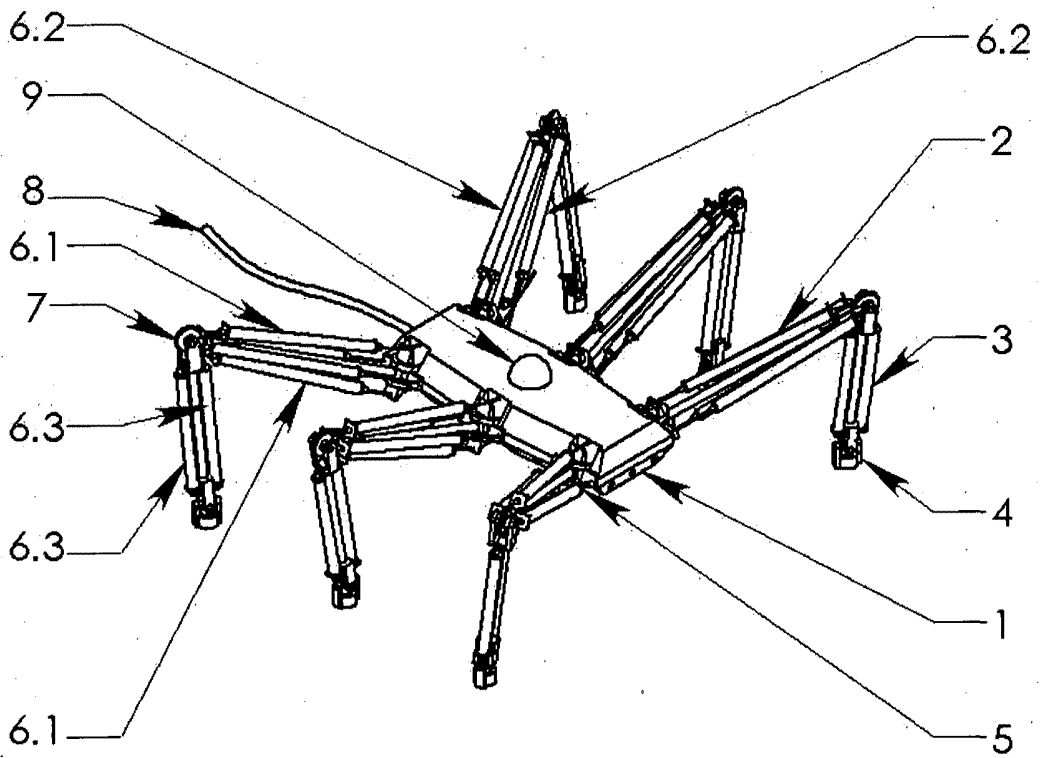


Fig. 4

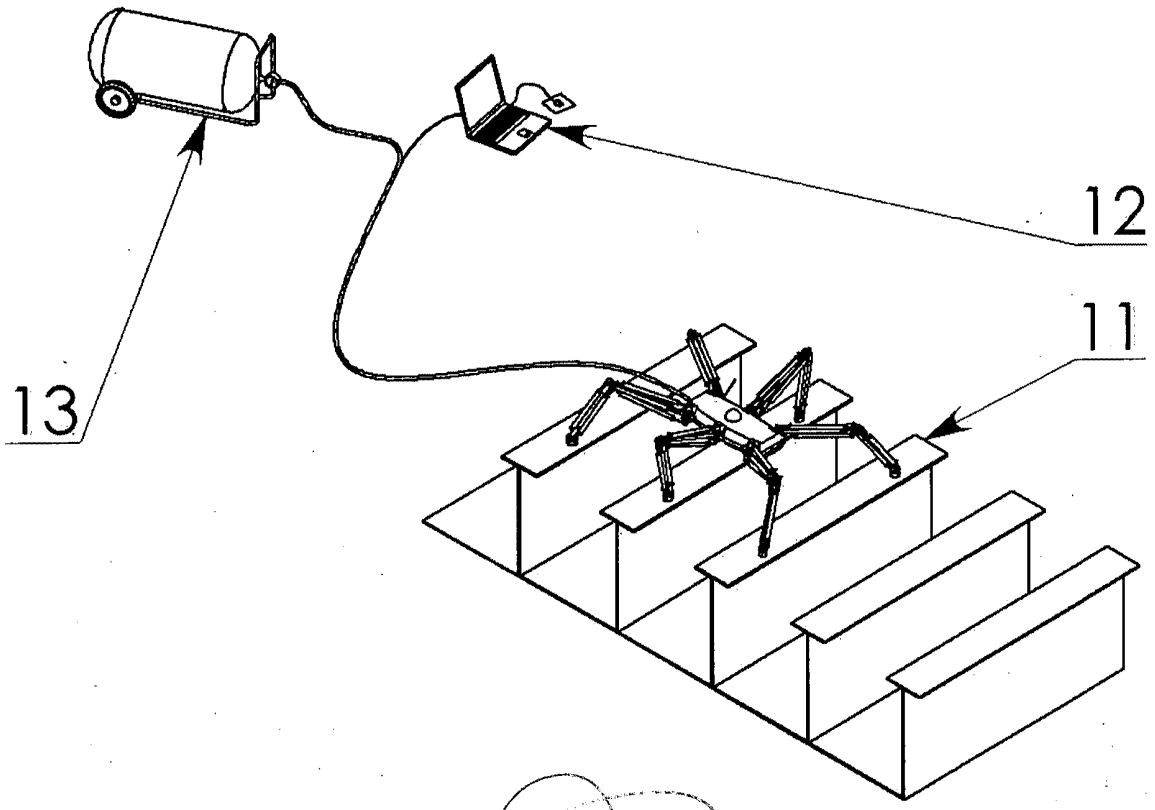


Fig. 5

### Resumo

“Robô articulado hexápode com acionamento pneumático”, composto por três pares de membros, também chamados de patas ou braços em que cada braço tem três graus de liberdade principais, e mais três graus de liberdade componentes do pulso (ou

5 mão). O controle das juntas principais se dá de forma a oferecer precisão de posicionamento suficiente de seus braços para que o robô ande por cima e por entre obstáculos diversos, e mãos em que podem ser adaptados ímãs, ventosas ou garras, proporcionando assim a sua utilização em diversos relevos. O equipamento é ligado por um umbilical a um reservatório de pressão e a uma central de comando, que podem estar

10 distantes do equipamento robótico aqui descrito, de onde o usuário pode comandar as movimentações do conjunto remotamente através de um computador. Construído com um módulo de baterias, válvulas e sensores isolados do meio externo, através de uma cápsula hermeticamente fechada no corpo do robô, com acionamento dos braços pneumático e com materiais aptos para resistir corrosão e evitar possíveis faíscas de cargas elétricas estáticas.

15 Todas as características acima citadas fazem o robô totalmente adequado a aplicações em áreas classificadas (entre elas, com permanente risco de explosão), mantendo seu operador em ambiente seguro dos prováveis riscos em que o equipamento poderá ser exposto.