

# ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102012902081274A1

Publication Date

20140305

Applicant

BROVERO MARCO

Title

DISPOSITIVO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA DA UN MOTO ONDOSI  
PER MEZZO DI UNA STRUTTURA GALLEGGIANTE.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

**"Dispositivo per la produzione di energia da un moto ondoso per mezzo di una struttura galleggiante"**

Di: Marco BROVERO, nazionalità italiana, Regione  
Camporosso 2, SETTIME (ASTI)

Inventore designato: Marco BROVERO

Depositata il: 5 settembre 2012

\* \* \*

TESTO DELLA DESCRIZIONE

La presente invenzione si riferisce in generale ai sistemi che impiegano una struttura galleggiante per prelevare energia da un moto ondoso per trasformarla in un'altra energia facilmente utilizzabile in modo diretto, ad esempio un'energia meccanica, idraulica o pneumatica, oppure per ottenere un'energia elettrica utilizzabile in loco o destinata ad essere trasferita verso una rete di distribuzione.

E' noto che l'energia connessa con le onde, tipicamente del mare, comprende una quota di energia potenziale dovuta allo spostamento verticale delle particelle d'acqua che si trovano istantaneamente sopra o sotto al livello medio della superficie libera del mare in stato di quiete, e una quota di energia cinetica dovuta alla somma dei moti delle singole particelle della massa liquida che, muovendosi su

orbite circolari o ellittiche, a seconda del fatto che la profondità del fondale in un determinato punto sia maggiore o minore della metà della lunghezza d'onda, compongono il treno d'onda longitudinale.

Nell'onda completa l'energia cinetica è uguale all'energia potenziale media, mentre l'energia totale  $E_T$  è data dalla somma dell'energia potenziale  $E_p$  e dell'energia cinetica  $E_c$  dell'onda secondo la relazione:

$$E_T = E_p + E_c = (\rho \cdot g \cdot a^2 \cdot \lambda) / 2,$$

dove:

- $\rho$  è la densità del fluido interessato dal moto ondoso;
- $g$  è l'accelerazione di gravità;
- $H$  è l'altezza complessiva dell'onda rispetto al livello medio di riferimento della superficie libera del fluido in stato di quiete;
- $a = H/2$  è l'ampiezza dell'onda che corrisponde alla distanza tra la cresta, o la cavità, dell'onda e la superficie libera del fluido in stato di quiete;
- $\lambda$  è la lunghezza d'onda, pari alla distanza tra due creste, o due cavità, d'onda successive.

Nel caso di una struttura galleggiante posta in mare allo scopo di sfruttare il movimento provocato dal moto ondoso per ottenere energia, i movimenti applicati

alla struttura dalle onde marine determinano il suo spostamento rispetto a una posizione di equilibrio sulla superficie libera in assenza d'onda. Questi movimenti variano nel tempo e sono fra loro indipendenti per ampiezza, frequenza e intensità. In particolare, l'azione di un'onda provoca movimenti prevalentemente verticali di una struttura galleggiante, con fasi alterne di risalita e di discesa che avvengono rispettivamente quando il fronte d'onda si avvicina e quando il fronte d'onda si allontana.

Naturalmente, i movimenti di risalita o di discesa della struttura galleggiante si verificano se l'entità della forza di spinta esercitata dall'onda è tale da vincere l'equilibrio tra la forza peso totale e la spinta di galleggiamento o idrostatica della struttura galleggiante, la sua inerzia, le forze e i momenti resistenti dei dispositivi di trasformazione di energia associati alla struttura galleggiante, nonché gli attriti dei relativi dispositivi e meccanismi.

Sono noti nella tecnica vari dispositivi che si prefiggono lo scopo di ottenere energia a partire da un moto ondoso grazie all'impiego di una struttura galleggiante.

Ad esempio, US-2011/057448 descrive un dispositivo per convertire l'energia di un moto ondoso, che

comprende una serie di galleggianti disposti secondo una configurazione a matrice bidimensionale in modo da coprire una grande superficie di mare. I galleggianti adiacenti del dispositivo sono accoppiati mediante aste di collegamento articolate agli stessi galleggianti in corrispondenza di snodi posti a livello della linea di galleggiamento dei galleggianti. Il movimento relativo dei galleggianti provoca l'oscillazione delle leve di collegamento e, tramite appendici delle leve che si estendono oltre agli snodi all'interno dei galleggianti, tale oscillazione viene convertita in un movimento lineare alternativo mediante un sistema meccanico. In questo modo può essere ottenuta energia elettrica tramite un sistema ad induzione che comprende un motore e uno statore, oppure un induttore e un magnete. L'energia elettrica prodotta può essere trasferita a terra mediante un cavo sommerso, per permettere la sua distribuzione alla rete elettrica. Il fatto che le aste di collegamento ed i relativi snodi di articolazione ai galleggianti siano disposti a livello della linea di galleggiamento, dunque a contatto con l'acqua, espone tali elementi a problemi di funzionamento in vista dell'ossidazione provocata dall'acqua marina e della presenza di corpi estranei, per cui può risultare difficile garantire una tenuta

ermetica efficace dei giunti per tempi relativamente lunghi, con il rischio che possa penetrare acqua all'interno dei galleggianti riducendo la loro capacità di galleggiamento e pregiudicando il funzionamento dei sistemi di generazione di energia elettrica in essi contenuti.

US-2006/208494 e US-2007/200353 descrivono entrambi dispositivi per ottenere energia da un moto ondoso, i quali includono una serie di corpi galleggianti interconnessi da bracci oscillanti a seguito del movimento relativo dei galleggianti. Può essere prodotta energia elettrica per mezzo di un generatore associato ad almeno un galleggiante, oppure il movimento può essere utilizzato per l'azionamento di pompe per spostare fluidi. Anche in questo caso, le zone di snodo dei bracci rispetto ai galleggianti sono disposte sostanzialmente allo stesso livello della linea di galleggiamento dei galleggianti, quindi a contatto della superficie marina, con una conseguente difficoltà di garantire una tenuta ermetica efficace per lungo tempo, e il rischio che l'acqua di mare, penetrando all'interno dei galleggianti, possa pregiudicarne la galleggiabilità e compromettere il funzionamento degli organi interni preposti alla produzione di energia.

Più in particolare, l'invenzione riguarda un dispositivo per la produzione di energia da un moto ondoso, del tipo definito nel preambolo dell'annessa rivendicazione 1.

Un dispositivo del tipo qui sopra definito è noto da DE-10 2008 050238 che descrive un impianto di generazione di energia da un moto ondoso, includente una serie di camere galleggianti mobili una rispetto all'altra, disposte in modo da poter seguire il movimento della superficie del mare. Secondo una prima forma d'attuazione, le camere galleggianti sono collegate reciprocamente mediante elementi a barra che si estendono al disotto della superficie dell'acqua, con conseguenti problemi di mantenere efficace nel tempo la loro capacità di articolazione, e da unità di trasformazione di energia cinetica, realizzate tramite uno stantuffo a doppio effetto disposto al di sopra della superficie e mantenuto distanziato da essa da montanti che sporgono superiormente ai galleggianti. In ogni caso, la presenza di parti immerse che sporgono al di sotto dei galleggianti può comportare rischi per la fauna marina e costituire una parte facilmente soggetta all'effetto delle incrostazioni e delle alghe. Secondo un'altra forma d'attuazione di questo documento, le varie camere galleggianti sono collegate mediante

bracci articolati tramite giunti snodati alla parete delle varie camere galleggianti, in modo simile a quanto previsto in US-2011/057448. Allo scopo di ottenere la produzione di energia a seguito dell'oscillazione dei vari bracci di collegamento delle camere, ciascun braccio presenta una coppia di appendici che si estendono da parti opposte oltre i giunti snodati, i quali presentano un arpione d'estremità destinato ad impegnare le maglie di una catena di un dispositivo di produzione di energia, la quale catena è avvolta su una coppia di ruote libere dentate. Questa soluzione richiede che le ruote libere dentate inferiori dei dispositivi di produzione d'energia associati alle varie camere siano posizionati in prossimità della linea di galleggiamento dei galleggianti per motivi di posizione del centro di galleggiamento, e comporta quindi la necessità che una parte importante del dispositivo di produzione di energia si estenda verso l'alto rispetto alle camere galleggianti. A causa di tale disposizione, la parte emersa della struttura galleggiante, con i relativi organi di produzione di energia ad essi associati, presenta una superficie molto ampia esposta al vento tanto da svolgere l'effetto di una "vela", e risulta quindi poco adatta all'impiego in condizioni di vento



forte, spesso presenti in mare aperto, a meno di non utilizzare sistemi d'ancoraggio molto rigidi e complessi che potrebbero pregiudicare il corretto funzionamento del dispositivo influenzando sulla possibilità di movimento relativo dei vari galleggianti.

In particolare, i dispositivi per produrre energia da un moto ondoso qui sopra considerati presentano generalmente l'inconveniente di presentare una struttura relativamente complessa che comporta l'esposizione dei loro elementi all'azione del mare e del vento, che sono quindi sottoposti a condizioni gravose che potrebbero limitarne considerevolmente la durata e l'efficacia di funzionamento, a meno di ricorrere a manutenzioni molto frequenti e costose.

Allo scopo di risolvere gli inconvenienti dei dispositivi noti, forma oggetto dell'invenzione un dispositivo avente le caratteristiche definite nelle annesse rivendicazioni.

Grazie a tali caratteristiche, il dispositivo dell'invenzione presenta una struttura relativamente semplice e compatta, che consente, da una parte, di mantenere il più possibile distanziate le parti mobili dall'acqua marina, allo scopo di favorire il mantenimento di una tenuta ermetica dei galleggianti

per tempi lunghi, e d'isolare i meccanismi di produzione di energia posti all'interno degli stessi galleggianti rispetto all'ambiente esterno e, dall'altra parte, di ridurre al minimo le superfici sporgenti al di sopra dei galleggianti, esposte direttamente all'azione dei venti.

In particolare, grazie al fatto che ciascuno dei bracci articolati presenta una coppia di estremità opposte ognuna delle quali è connessa rigidamente in rotazione con un albero trasversale montato su di un galleggiante in modo girevole intorno al proprio asse, la struttura dei bracci di collegamento dei galleggianti è semplice e compatta e permette di convertire l'oscillazione dei bracci in un movimento di rotazione senza richiedere la presenza di elementi accessori o sporgenti rispetto all'asse degli alberi trasversali.

Il dispositivo dell'invenzione permette di produrre energia che può essere prelevata direttamente dalla stessa struttura galleggiante, oppure inviata ad una struttura fissa ad essa collegata, per una varietà di applicazioni, quali, ad esempio:

- l'erogazione di energia elettrica per impiego locale (stand-alone), come nel caso di piattaforme petrolifere, o in vista del suo trasferimento a una

rete di distribuzione, o per l'alimentazione di rigassificatori o di altri sistemi autonomi, oppure per ricaricare batterie elettriche di natanti (stazioni di ricarica flottanti);

- la produzione "in situ" d'idrogeno mediante impianti di scissione dell'acqua marina;
- l'azionamento d'impianti di desalinizzazione dell'acqua marina;
- il pompaggio d'acqua o di altri fluidi;
- l'estrazione offshore di idrocarburi.

Il dispositivo dell'invenzione permette di sfruttare efficacemente l'intero spettro dinamico di un moto ondoso, quindi tutti i movimenti delle onde in ampiezza, frequenza e intensità, per qualunque loro direzione di provenienza, poiché la sua struttura è in grado di adeguarsi automaticamente ad ogni condizione del mare, in modo indipendente dalla profondità del fondale e/o dall'altezza delle maree.

Inoltre, la struttura del dispositivo dell'invenzione è modulare, così da risultare facilmente componibile allo scopo di poter essere adattata a qualunque forma o estensione desiderate, e può dunque essere installata in qualunque sito, e trasferita facilmente.

Le parti immerse della struttura del dispositivo

consistono unicamente nella parte inferiore del guscio dei vari galleggianti, priva di sporgenze o di parti in movimento, e quindi tale da non comportare rischi né per la fauna né per la flora marina.

Ulteriori caratteristiche e vantaggi dell'invenzione risulteranno più evidenti dalla descrizione dettagliata che segue, riferita ai disegni allegati, forniti a titolo di esempio non limitativo, in cui:

- la figura 1 è una vista prospettica schematica di un dispositivo secondo l'invenzione con struttura reticolare a maglie quadrate o rettangolari, che può essere anche associato ad una struttura stazionaria, ad esempio fissata lungo un tratto costiero,
- la figura 2 è una vista schematica in elevazione laterale di una coppia di galleggianti adiacenti del dispositivo dell'invenzione, in condizione di mare calmo, collegati mediante un braccio articolato includente un'unica asta,
- la figura 3 è una vista in elevazione superiore, dalla parte della freccia III, dei galleggianti della figura 2,
- la figura 4 è una vista simile alla figura 2, che illustra lo spostamento relativo dei galleggianti in presenza di un moto ondoso,

- la figura 5 è una vista simile alla figura 2, che illustra una coppia di galleggianti adiacenti in cui, secondo una variante del dispositivo dell'invenzione, ciascun braccio articolato comprende una coppia di aste parallele,
- la figura 6 è una vista in elevazione superiore, dalla parte della freccia VI, dei galleggianti della figura 5,
- la figura 7 è una vista simile a quella della figura 5, che illustra lo spostamento relativo dei galleggianti di questa variante in presenza di un moto ondoso,
- la figura 8 è una vista ampliata in elevazione laterale di un dettaglio indicato dalla freccia VIII nella figura 5, che corrisponde ad un'estremità di uno dei bracci articolati del dispositivo dell'invenzione,
- la figura 9 è una vista in elevazione superiore del dettaglio della figura 8, dalla parte della freccia IX di tale figura,
- la figura 10 è una vista simile a quella della figura 8, che illustra una variante costruttiva dell'estremità di un braccio del dispositivo,
- la figura 11 è una vista in elevazione frontale sezionata dalla parte della linea XI-XI della figura 10,

- la figura 12 è una vista ampliata simile a quella della figura 5, di un braccio articolato di collegamento di due galleggianti,
- la figura 13 è una vista in elevazione superiore, dalla parte della freccia XIII, del braccio della figura 12,
- la figura 14 è una vista ampliata di un particolare indicato dalla freccia XIV nella figura 12,
- la figura 15 è una vista in elevazione laterale sezionata di una porzione di un galleggiante e di gruppo di trasmissione disposto a monte di un meccanismo di produzione di energia,
- la figura 16 è una vista in elevazione frontale dalla parte della freccia XVI del meccanismo illustrato nella figura 15, e
- le figure 17 a 22 sono viste in elevazione superiore che illustrano possibili configurazioni di un dispositivo di produzione di energia secondo l'invenzione.

Con riferimento ai disegni, un dispositivo secondo l'invenzione, adatto a generare energia, ad esempio energia meccanica, idraulica, pneumatica o elettrica a partire da un moto ondoso, è indicato nel suo insieme con 10.

Il principio alla base del funzionamento del

dispositivo 10 è quello secondo cui i movimenti di una struttura soggetta ad un moto ondoso, tipicamente della superficie marina, possono essere sfruttati nelle diverse fasi della perturbazione ondosa per essere convertiti in energia. L'energia prodotta, ad esempio energia elettrica, può essere resa disponibile per l'utilizzazione locale, ad esempio immagazzinata in batterie, oppure trasportata a riva mediante cablaggi per l'erogazione ad una rete di distribuzione.

Il dispositivo 10 dell'invenzione impiega almeno due galleggianti 12 collegati fra loro in modo mobile, preferibilmente una pluralità di galleggianti 12 connessi fra loro in modo da formare una serie lineare flessibile di galleggianti 12 oppure un reticolo flessibile di galleggianti 12. In quest'ultimo caso, il reticolo comprende una serie di maglie 18 in cui i vari galleggianti 12 costituiscono i nodi, mentre i lati delle maglie 18 sono definiti da bracci articolati, indicati in generale con 16, di collegamento dei galleggianti 12.

Questa configurazione "a reticolo" del dispositivo 10 consente di coprire un'ampia superficie libera di mare e, quindi, di ottimizzare il rapporto tra area occupata ed energia ottenibile.

Sia nel caso di una struttura di galleggianti 12

in serie lineare oppure di una struttura di galleggianti 12 disposti a reticolo, i galleggianti 12 essendo in entrambi i casi collegati fra loro tramite i bracci articolati 16, la struttura può essere posta in mare aperto ed essere ormeggiata al fondale mediante organi d'ormeggio 20 di tipo per sé noto per evitarne la deriva, oppure collegata ad una struttura stazionaria 22, ad esempio costituita da un molo o da un pontile connesso in corrispondenza di una porzione di costa, mediante una serie di bracci 16 dello stesso tipo di quelli che uniscono fra loro i vari galleggianti 12.

Nel caso dell'ancoraggio della struttura del dispositivo 10 al fondale, è preferibile ancorare almeno due galleggianti 12, tipicamente posti alle estremità opposte del reticolo, per evitare che la struttura possa subire movimenti di rotazione.

Grazie a tale struttura, ciascun galleggiante 12, pur essendo collegato con altri galleggianti 12 adiacenti, può muoversi in modo indipendente da essi per assecondare il movimento del moto ondoso ed adattarsi a qualunque frequenza e lunghezza d'onda del moto ondoso, allo scopo di sfruttare, in un arco di tempo ampio, perturbazioni ondose con qualunque caratteristica.



Le estremità opposte di ciascuno dei bracci 16 sono articolate rispetto ad ognuno dei due galleggianti 12 che ciascuno dei bracci articolati permette di collegare, in corrispondenza di un asse di articolazione che coincide con l'asse di un albero trasversale 26. Inoltre, le due opposte estremità di ogni braccio 16 sono connesse in rotazione con un relativo albero 26 che è montato su di un galleggiante 12 in modo da poter ruotare intorno al proprio asse. In questo modo, un'oscillazione di un'estremità di un braccio 16 rispetto al relativo galleggiante 12 comporta una corrispondente rotazione del relativo albero trasversale 26.

Inoltre, ogni albero 26 è sopportato da un montante 28 che si estende verso l'alto dalla superficie superiore del relativo galleggiante 12, per mantenerlo ad una distanza prefissata rispetto alla sua linea di galleggiamento, e quindi distanziato dalla superficie marina, almeno in assenza di moto ondoso.

A seguito della variazione della posizione relativa dei galleggianti 12, ovvero in conseguenza dei movimenti di risalita e di discesa che ciascun galleggiante 12 subisce rispetto ai galleggianti 12 adiacenti per l'azione del moto ondoso, le estremità opposte dei bracci 16 oscillano rispetto alla loro

posizione di riposo in assenza di moto ondoso, provocando una rotazione degli alberi 26 e quindi l'esecuzione di un lavoro che può essere utilizzato per la produzione di energia.

Ciascun braccio 16 può essere realizzato mediante una sola asta 24 (figure 1 a 4) oppure per mezzo di una pluralità di aste, ad esempio una coppia d'aste 30, fra loro parallele (figure 5 a 7), in quest'ultimo caso al fine di rendere il sistema più stabile e meglio bilanciato. Secondo una forma d'attuazione non illustrata, quando un braccio 16 è costituito da una pluralità di aste parallele 30, esse possono essere connesse in modo da formare una struttura "a traliccio".

I bracci articolati 16, indipendentemente dal fatto che essi siano costituiti da una o più aste, possono avere lunghezza fissa (come rappresentato con riferimento alle aste 24 nelle figure 2 a 4), oppure presentare una struttura deformabile con lunghezza variabile (figure 5 a 7 e 12, 13). Come illustrato nella figura 12, ogni asta 30 può essere realizzata mediante due elementi coassiali 30a e 30b, montati in modo da scorrere telescopicamente uno rispetto all'altro lungo la direzione assiale.

Nel caso di bracci 16 con lunghezza fissa, i

galleggianti 12 adiacenti della struttura a reticolo, a seguito del passaggio di un'onda, sono soggetti ad uno spostamento relativo nella direzione verticale. Poiché, come detto sopra, i vari galleggianti 12 subiscono uno spostamento nella direzione verticale rispetto alla loro posizione in stato di quiete, i bracci 16 oscillano e compiono un movimento angolare rispetto ai loro punti di articolazione coincidenti con le loro estremità. A seguito della lunghezza fissa dei bracci 16, allo spostamento verticale corrisponde anche uno spostamento trasversale dei galleggianti 12 per effetto del movimento dei bracci 16 intorno ad una delle loro estremità (vedere figura 4) che comporta una riduzione della distanza dei loro assi verticali, rispetto alla posizione del braccio perpendicolare a tali assi. A causa di ciò, la struttura a reticolo è soggetta a movimenti di contrazione ed espansione, principalmente nella direzione di propagazione del treno d'onde che investe la struttura del dispositivo 10. Queste contrazioni della struttura del dispositivo 10, e le conseguenti espansioni, possono dissipare una parte dell'energia prelevata dal moto ondoso, che sarebbe conveniente evitare.

Se i bracci articolati 16 sono costituiti da aste 30 con struttura telescopica, la loro lunghezza può

variare allo scopo di evitare, o almeno ridurre considerevolmente, i movimenti di contrazione e di estensione della struttura a reticolo del dispositivo 10, per la qual cosa questa struttura risulta preferita. Sotto l'azione di un moto ondoso, ogni singolo galleggiante risulta in una posizione di sostanziale equilibrio laterale, per cui l'energia delle onde non è in grado di determinare oscillazioni laterali di ciascun galleggiante 12 della struttura del dispositivo 10.

Grazie al fatto che i vari bracci 16 che convergono su ogni galleggiante 12 sono costituiti da più aste parallele 30, gli assi verticali dei vari galleggianti 12 dell'intera struttura del dispositivo 10 rimangono fra loro paralleli.

In particolare, l'inclinazione dell'asse di un galleggiante 12 rispetto alla verticale potrebbe comportare un disassamento delle aste 30 che compongono ciascun braccio 16, ed una conseguente torsione degli stessi bracci 16 rispetto al proprio asse generale.

Pertanto, la struttura dei vari bracci (sia nel caso in cui essi siano costituiti da una sola asta, sia quando essi sono costituiti da più aste parallele), è realizzata per opporsi ad una torsione intorno all'asse generale del relativo braccio, così da permettere che

il galleggiante 12 mantenga inalterata la sua condizione di equilibrio in cui il suo asse è orientato secondo la direzione sostanzialmente verticale.

Più sono i bracci 16 che convergono su di uno stesso galleggiante 12, maggiori sono i vincoli che tendono a mantenere verticale l'asse del relativo galleggiante 12, in modo tale che il suo asse non potrà inclinarsi rispetto alla verticale, se non di angoli molto piccoli e generalmente trascurabili ai fini dell'equilibrio complessivo della struttura galleggiante.

Nel caso delle aste 30 estensibili telescopicamente, esse comprendono un elemento tubolare 30a ed un elemento allungato 30b, una cui parte è montata coassialmente scorrevole all'interno dell'elemento tubolare 30a. Sebbene gli elementi 30a e 30b possano essere accoppiati in modo da poter ruotare liberamente intorno all'asse del relativo braccio 30, secondo una soluzione preferita essi sono provvisti di un dispositivo d'accoppiamento anti-rotazione, ad esempio costituito da un accoppiamento scanalato, allo scopo di permettere la variazione della lunghezza dell'asta 30 impedendo o limitando nel contempo la rotazione relativa dei due elementi 30a e 30b intorno all'asse dell'asta 30.

Preferibilmente, quando i bracci 16 comprendono una o più aste 30 estensibili telescopicamente, essi sono provvisti di mezzi di fine-corsa di sicurezza che costituiscono un limite per l'allungamento e per la contrazione delle aste 30. Tali mezzi di fine-corsa possono essere realizzati, per ciascuna asta 30, mediante un primo organo ammortizzante 40a, associato internamente alla cavità dell'elemento 30a in modo da costituire una battuta frontale ammortizzata per lo scorrimento dell'elemento 30b, così da limitare la contrazione della relativa asta 30, e di un secondo organo ammortizzante 40b interposto fra la parete dell'elemento 30a e la parte dell'elemento 30b montata scorrevole all'interno dell'elemento 30a, per realizzare una battuta ammortizzata per lo scorrimento dell'elemento allungato 30b dalla parte opposta al primo organo ammortizzante 40a, allo scopo di limitare l'estensione della relativa asta 30.

Possono essere previsti mezzi di regolazione (non illustrati) per regolare la massima estensione o contrazione dei bracci 30.

Per proteggere nei confronti dell'ambiente esterno la zona delle aste 30 soggetta a variazione della lunghezza, vengono preferibilmente utilizzati manicotti flessibili 44, tipicamente con forma "a soffietto", una

cui estremità è connessa a tenuta sull'elemento tubolare 30a, mentre l'estremità opposta è calzata su di un rilievo anulare 42 formato sull'elemento 30b, così da chiudere a tenuta la zona d'innesto telescopico di tali elementi.

Inoltre, allo scopo di ottimizzare lo sfruttamento dei movimenti relativi fra i galleggianti 12 al fine della produzione di energia, ciascun braccio 30 può comprendere internamente un generatore lineare di energia (indicato schematicamente con 45 nella figura 12), atto a produrre energia elettrica, idraulica o pneumatica (ad esempio del tipo pistone e cilindro o altri sistemi per sé noti), o meccanica (ad esempio del tipo pignone/cremagliera) in conseguenza dei movimenti di allungamento/contrazione delle aste 30 dei bracci 16. A questo scopo, può essere utilizzato un generatore lineare elettromagnetico per sé noto, ad esempio del tipo impiegato in ammortizzatori noti nel commercio con il nome "Power Generating Shock Adsorber" (descritti in WO-2012/015488 o in US-2011/024699). In alternativa, può essere impiegato un generatore lineare elettromagnetico ad esempio del tipo noto dal brevetto US-6 952 060. Un altro tipo di generatore di corrente elettrica lineare utilizzabile internamente alle aste 30, consiste nella cosiddetta "Torcia di Faraday" o

"Torcia Shake" che comprende un magnete scorrevole all'interno di un solenoide per generare una tensione elettrica alle estremità del solenoide per induzione elettromagnetica.

Per trasformare in energia il movimento di rotazione degli alberi 26, ciascun galleggiante 12 porta a bordo dispositivi e meccanismi dedicati alla produzione di tale energia a partire dall'oscillazione dei bracci 16.

In particolare, le estremità delle aste 24 o 30 di ogni braccio articolato 16 sono collegate in rotazione con il relativo albero 26 per mezzo di un manicotto 27 internamente scanalato, nelle cui scanalature s'impegnano scanalature corrispondenti formate sulla superficie esterna del relativo albero 26. In alternativa, possono essere impiegati altri mezzi di collegamento per sé noti, atti a garantire un collegamento rigido in rotazione delle estremità opposte delle aste 24 o 30, o di loro manicotti d'estremità, con i relativi alberi 26, così da permettere la trasmissione del moto d'oscillazione delle relative aste dei bracci 16 agli alberi 26.

Preferibilmente, i bracci 16 sono provvisti di un semi-giunto d'articolazione, indicato con 32 nelle figure 8 a 14, realizzato tramite una porzione a



forcella di ciascun elemento 30a e/o 30b, internamente alla quale è disposto un perno che attraversa una boccia cilindrica 30d fissata al manicotto 27 di collegamento dell'albero 26, montata in modo da poter ruotare liberamente rispetto a tale perno. L'asse del perno del semi-giunto d'articolazione 32 (e della relativa boccia 30d) è perpendicolare all'asse dell'albero 26. Convenientemente, inoltre, gli assi dei perni e delle relative bocce 30d dei semi-giunti d'articolazione 32, posizionati alle estremità delle aste 30, sono disposti su di uno stesso piano. In questo modo, le aste 30 possono subire almeno una ridotta oscillazione rispetto a un piano passante per l'asse del relativo albero 26, come indicato dalla freccia A della figura 9, per consentire ridotti disassamenti angolari a seguito di piccoli spostamenti laterali di aggiustamento dei vari galleggianti 12.

Quando un braccio 16 è realizzato mediante una sola asta 24, in corrispondenza delle sue estremità è convenientemente presente, in una posizione intermedia fra il semi-giunto 32 e il relativo albero 26, un giunto torsionale elastico 30e (figura 14) di tipo per sé noto, che comprende un elemento elastico anulare, tipicamente realizzato mediante una molla elicoidale ad anello, interposto operativamente fra due parti

adiacenti della porzione di un'asta 24 e disposto in una posizione prossima ad una sua estremità, per consentire una piccola rotazione torsionale di ciascuna asta 24 rispetto al proprio asse, e per annullare elasticamente tale piccola rotazione torsionale a seguito del richiamo elastico delle parti dell'asta 24 verso una condizione di riposo indeformata del giunto torsionale. Il giunto torsionale 30e (schematicamente illustrato nella figura 11) può quindi consentire piccoli movimenti d'oscillazione (indicati dalla freccia B di tale figura) degli assi verticali dei galleggianti 12 rispetto all'asse dell'asta 24.

Nel caso di bracci 16 formati da una o più aste, ogni asta 30, in una posizione prossima al manicotto 27 di collegamento con l'albero 26, presenta una coppia di flange trasversali accoppiate frontalmente mediante bulloni, che costituiscono insieme un giunto 34. Questo giunto 34 permette di rendere agevole e pratico il montaggio e l'installazione dei bracci articolati 16, e di facilitare le operazioni di manutenzione della struttura a reticolo galleggiante e l'eventuale variazione della sua configurazione, nonché di garantire un collegamento rigido e centrato assialmente delle due porzioni delle aste 30 che esso collega.

Convenientemente, ogni estremità di ciascun

braccio articolato 16 è avvolta da un rispettivo involucro di protezione 46 (figure 12 a 14) che racchiude un semi-giunto 32, e un giunto torsionale 30e oltre alle flange d'accoppiamento frontale che costituiscono il giunto 34.

Ogni albero trasversale 26 associato ad un galleggiante 12, è collegato con un dispositivo di produzione di energia di tipo convenzionale, ad esempio del tipo meccanico, elettromeccanico, elettrico, idraulico o pneumatico (non illustrato nelle figure). Fra ogni albero 26 ed il relativo dispositivo di produzione d'energia è interposto, ad esempio, un gruppo di trasmissione 29 che riceve in ingresso il movimento dell'albero 26, determinato dalle oscillazioni del relativo braccio articolato 16 e, tramite una catena cinematica, eroga una coppia motrice per mezzo di almeno un albero d'uscita 64.

Preferibilmente, il gruppo di trasmissione 29 comprende un settore dentato 50 (figure 15 e 16) calettato sullo stesso albero 26, il cui movimento d'oscillazione provoca la rotazione di una serie d'ingranaggi costituiti da una coppia di treni di ruote dentate disposti in parallelo e collegati ciascuno con un relativo albero d'uscita 64, in modo da realizzare una serie di salti cinematici per ottenere una

moltiplicazione desiderata della velocità in ingresso all'albero 26, in funzione della velocità d'uscita richiesta per l'impiego.

E' infatti noto che gli alternatori facilmente reperibili sul mercato, che potrebbero convenientemente equipaggiare ciascun galleggiante 12 per permettere l'ottenimento di energia elettrica, richiedono solitamente una velocità di rotazione in ingresso abbastanza elevata, ad esempio dell'ordine dei 200 rpm. Pertanto, il gruppo di trasmissione 29 ha la funzione di convertire un movimento alternato e solitamente lento del settore dentato 50, in un movimento di rotazione continuo e veloce dell'albero o degli alberi d'uscita 64.

Nell'esempio rappresentato nelle figure 15 e 16 che include quattro salti cinematici, ciascun treno di ruote dentate comprende un primo pignone 52 ingranante con la dentatura del settore 50 e solidale in rotazione con una prima ruota dentata 54 calettata su di uno stesso albero. La dentatura della ruota 54 ingrana con un secondo pignone 56 calettato su di un albero che porta una seconda ruota dentata 58 in modo da essere solidale in rotazione con essa. La dentatura della ruota 58 ingrana, a sua volta, con un terzo pignone 60 calettato su di uno stesso albero con una terza ruota

dentata 62 e quindi solidale in rotazione con essa. Infine, la dentatura della ruota 62 ingrana con una dentatura corrispondente del relativo albero d'uscita 64. Almeno un gruppo pignone/ruota dentata 52-54, 56-58, 60-62 è associato ad un dispositivo a ruota libera o giunto di sopravanzo, in modo tale da trasformare il movimento lento ed alternato dell'albero 26 in un moto con direzione di rotazione predeterminata per ottenere, a valle del dispositivo di trasmissione, due movimenti d'uscita controrotanti degli alberi 64.

Convenientemente, il dispositivo a ruota libera o giunto di sopravanzo di ciascun treno di ruote 52-62 è associato all'ultima coppia pignone/ruota dentata 60-62 poiché questa coppia presenta la maggiore velocità di rotazione e quindi la minore coppia motrice, per cui può essere utilizzato un dispositivo a ruota libera o giunto di sopravanzo di piccole dimensioni e di minore peso.

La struttura del dispositivo 10 può assumere una forma lineare, indicata con 10a nella figura 17, ovvero con una serie di un qualsiasi numero di galleggianti 12 allineati e collegati da bracci articolati 16 in modo che su ciascun galleggiante 12 convergono una coppia di bracci 16 diametralmente opposti. La forma lineare della struttura del dispositivo 10 consente una

facilità d'accesso ai vari galleggianti 12 nel caso d'interventi di manutenzione.

In alternativa, la struttura del dispositivo 10 può assumere una configurazione a reticolo nella quale, in conseguenza della conformazione delle varie maglie del reticolo, su ciascun galleggiante 12 possono convergere uno o più bracci articolati 16. Se la struttura è del tipo reticolare, le maglie 18 del dispositivo 10 avranno una forma poligonale con tre o più lati. In particolare, possono essere realizzati moduli elementari di reticolo che possono essere replicati e combinati fra loro nei modi più vari per ottenere la forma della struttura 10 più adatta alle varie esigenze, ad esempio per adattarsi ad una forma particolare della costa oppure ad ostacoli presenti in mare.

Nel caso più generale, la struttura 10 sarà realizzata in modo da presentare un numero relativamente minore di moduli o di galleggianti 12 nella direzione parallela a quella del moto ondoso prevalente, e un numero relativamente maggiore di moduli o di galleggianti 12 nella direzione trasversale o perpendicolare a quella del moto ondoso prevalente.

Nel caso di una disposizione a reticolo 10 con maglie 18 quadrate o rettangolari (figura 1), su

ciascun galleggiante 12 convergono normalmente quattro bracci articolati 16 fra loro perpendicolari, tranne che sui galleggianti 12 perimetrali, o di contorno del reticolo, sui quali convergono solo tre bracci articolati, oppure sui galleggianti ai vertici del reticolo, sui quali convergono solo due bracci 16.

Naturalmente, le maglie 18 del reticolo 10 possono assumere una forma a parallogramma un po' differente da quella rettangolare o quadrata, ad esempio romboidale ovvero "schiacciata" lungo una direzione parallela a una diagonale delle maglie 18, nel qual caso i bracci 12 formeranno angoli ottusi e acuti.

In una disposizione reticolare con maglie 18 di forma esagonale regolare, indicata con 10b nella figura 18, su ogni galleggiante 12 convergono normalmente tre bracci articolati 16, ad eccezione dei galleggianti 12 perimetrali o di contorno del reticolo, sui quali convergono solo due bracci articolati 16.

Nel caso di maglie 18 di forma triangolare (figure 19 a 21), i galleggianti 12 possono essere disposti secondo una varietà di configurazioni facilmente adattabili a una qualunque forma desiderata. Possono essere utilizzate maglie 18 di forma triangolare equilatera, come nella disposizione 10c della figura 19, o isoscele, come nella configurazione 10d della

figura 20, o qualunque combinazione di tipo regolare o irregolare, come quella indicata con 10e nella figura 21, ottenuta collegando una serie di moduli 10d rispettivamente, ad esempio richiedente l'impiego di serie di bracci articolati 16 di lunghezza diversa.

La configurazione 10e, può essere a sua volta utilizzata come modulo-base per ottenere una serie di configurazioni complesse, ad esempio allo scopo di realizzare barriere frangiflutti per consentire, oltre che l'ottenimento di energia dalle onde, di proteggere infrastrutture costiere, natanti e/o varie strutture galleggianti, e di evitare o limitare l'erosione delle spiagge.

Per aumentare l'efficienza globale del dispositivo e permettere un migliore sfruttamento del moto ondoso e delle sue caratteristiche dinamiche, è inoltre possibile realizzare la struttura del dispositivo dell'invenzione in modo da comprendere galleggianti 12 con forme e/o dimensioni e/o massa differenti, a seconda del fatto che essi siano posti da una parte della struttura destinata ad essere investita per prima o per ultima da una perturbazione ondosa che la investe. Una tale disposizione a reticolo, indicata con 10f nella figura 22, è adatta a dispositivi secondo l'invenzione orientati in modo da ricevere un moto



ondoso proveniente prevalentemente da una stessa direzione W, come nel caso di strutture destinate ad essere disposte in prossimità di un tratto costiero dove il moto ondoso ha generalmente una direzione perpendicolare alla costa. In questo caso, è conveniente disporre galleggianti 12 di massa e dimensioni maggiori lungo un lato della struttura a reticolo esterno rispetto alla costa, mentre gli altri galleggianti 12 avranno massa e dimensioni minori man mano che sono destinati ad essere sottoposti ad un effetto dinamico decrescente delle onde, ovvero man mano che essi sono disposti più vicini alla costa.

Per sfruttare al meglio le perturbazioni ondose, possono anche essere previsti galleggianti 12 che, oltre ad avere dimensioni e/o massa differenti, possono presentare forma e profili differenziati sia nella loro parte emersa che nella loro parte immersa.

#### RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo per la produzione di energia da un moto ondoso, comprendente una struttura galleggiante che include una pluralità di galleggianti (12) collegati fra loro tramite mezzi di collegamento reciproco che comprendono, per ogni coppia di galleggianti (12) adiacenti, almeno un braccio (16) articolato da parti opposte a ciascun galleggiante (12) di detta coppia di galleggianti (12), in modo tale che detto braccio articolato (16) può oscillare rispetto ai relativi galleggianti (12) in conseguenza di un movimento ad essi applicato dal moto ondoso, essendo associati a detti galleggianti (12) mezzi per convertire il movimento d'oscillazione di ciascun braccio articolato (16) in un movimento di un meccanismo di generazione d'energia, ogni braccio articolato (16) essendo disposto al di sopra della linea di galleggiamento dei relativi galleggianti (12),  
caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti bracci articolati (16) presenta una coppia di estremità opposte ognuna delle quali è connessa rigidamente in rotazione con un albero trasversale (26) montato su di un galleggiante (12) in modo girevole intorno al proprio asse, ogni albero trasversale (26) costituendo un organo d'ingresso del moto per detto meccanismo di

generazione d'energia dei galleggianti (12).

2. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti bracci (16) comprende un'unica asta (24).

3. Dispositivo secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti bracci (16) comprende almeno due aste parallele (30).

4. Dispositivo secondo la rivendicazione 2 oppure 3, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti bracci (16) è deformabile in modo da consentire di variare la sua lunghezza, e comprende preferibilmente almeno una coppia di elementi coassiali (30a, 30b) collegati telescopicamente.

5. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti bracci (16) comprende mezzi ammortizzatori di fine corsa (40a, 40b) suscettibili di limitare l'estensione e la contrazione massime del braccio (16).

6. Dispositivo secondo la rivendicazione 4 oppure 5, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti bracci (16) comprende mezzi lineari di generazione di energia (45) a seguito della variazione della sua lunghezza.

7. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 2 a 6, caratterizzato dal fatto che ciascun braccio (16) è provvisto di un semi-giunto

d'articolazione (32) per permettere a ciascuna asta (30) di subire almeno una ridotta oscillazione rispetto a un piano passante per l'asse del relativo albero trasversale (26).

8. Dispositivo secondo la rivendicazione 7, caratterizzato dal fatto che ciascun semi-giunto d'articolazione (32) comprende un perno d'articolazione di una boccola (30d) il cui asse è perpendicolare all'asse del relativo albero trasversale (26), gli assi dei perni e delle relative boccole (30d) dei semi-giunti d'articolazione (32) disposti alle opposte estremità di ciascuna asta (30) essendo fra loro complanari.

9. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 8, caratterizzato dal fatto che detto albero trasversale (26) è sopportato da un montante (28) che si estende verso l'alto dalla superficie superiore del relativo galleggiante (12), per mantenere l'asse di ciascun albero trasversale (26) distanziato della linea di galleggiamento del relativo galleggiante (12), al di sopra di essa.

10. Dispositivo secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che detto albero trasversale (26) è connesso in rotazione con almeno un albero d'uscita (64) di detto meccanismo di generazione

d'energia tramite mezzi di trasmissione di coppia (50, 52, 54, 56, 58, 60, 62) che includono una pluralità di ruote dentate in cascata (54, 58, 62) ciascuna delle quali è fissata a un relativo pignone (52, 56, 60), e dal fatto che detti mezzi di trasmissione di coppia comprendono un settore dentato (50) la cui dentatura ingrana con almeno una ruota dentata (52, 54, 56, 58, 60, 62) allo scopo di moltiplicare la velocità trasmessa dall'albero trasversale (26) all'albero d'uscita (64) e di ottenere un rapporto di trasmissione desiderato.

11. Dispositivo secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che detti mezzi di trasmissione di coppia comprendono un dispositivo di ruota libera o giunto di sopravanzo associato ad almeno una delle ruote dentate (52, 54, 56, 58, 60, 62) collegate in rotazione con un rispettivo albero d'uscita (64), per trasmettere a ciascun albero d'uscita (64) una coppia unidirezionale.

12. Dispositivo secondo una qualsiasi delle rivendicazioni 1 a 11, caratterizzato dal fatto che detta pluralità di galleggianti (12) collegati fra loro include una serie di galleggianti (12) disposti secondo una configurazione lineare.

13. Dispositivo secondo una qualsiasi delle

rivendicazioni 1 a 12, caratterizzato dal fatto che detta pluralità di galleggianti (12) collegati fra loro include una struttura galleggiante conformata secondo un reticolo definito da una serie di maglie poligonali (18), in cui i nodi del reticolo corrispondono ai galleggianti (12) della struttura e i lati delle maglie (18) sono definiti dai suddetti bracci articolati (16) di collegamento dei galleggianti (12).

14. Dispositivo secondo la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che detta struttura galleggiante è posta in mare aperto ed è vincolata al fondale mediante mezzi d'ormeggio o d'ancoraggio (20).

15. Dispositivo secondo la rivendicazione 13, caratterizzato dal fatto che detta struttura galleggiante è connessa mediante bracci articolati (16) ad una struttura di ritegno stazionaria (22), fissata al fondale oppure ad una zona di tratto costiero.

Device for generating power from a wave motion by a  
floating structure

CLAIMS

1. Device for generating power from a wave motion, comprising a floating structure that includes a plurality of floats (12) connected with each other by mutual connection means that comprise, for each pair of adjacent floats (12), at least one arm (16) the opposite sides of which are articulated to each float (12) of said pair of floats (12), in such a manner that said articulated arm (16) can swing relative to the respective floats (12) as a result of a motion applied to them by the wave motion, conversion means being associated to said floats (12) to convert the swinging motion of each articulated arm (16) into a motion of a power generation mechanism, each articulated arm (16) being arranged above the waterline of the respective float (12),

characterized in that each of said articulated arms (16) has a pair of opposite ends each of which is rigidly connected in rotation with a transverse shaft (26) rotatably mounted about its own axis on a float (12), each transverse shaft (26) constituting an input member of the motion for said power generation mechanism of the floats (12).

2. Device according to claim 1, characterized in that each of said arms (16) comprises a single rod (24).

3. Device according to claim 1, characterized in that each of said arms (16) comprises at least two parallel rods (30).

4. Device according to claim 2 or 3, characterized in that each of said arms (16) is deformable so as to allow its length to be changed, and preferably comprises at least a pair of coaxial members (30a, 30b) connected telescopically.

5. Device according to claim 4, characterized in that each of said arms (16) comprises end-of-stroke dampening means (40a, 40b) intended to limit the maximum extension and contraction of the arm (16).

6. Device according to claim 4 or 5, characterized in that each of said arms (16) comprises linear power generation means (45) adapted to generate power as a result of the change of their length.

7. Device according to any one of claims 2 to 6, characterized in that each arm (16) is provided with an half-joint of articulation (32) to allow each rod (30) to undergo at least a small swinging with respect to a plane passing through the axis of the respective transverse shaft (26).

8. Device according to claim 7, characterized in that



each half-joint of articulation (32) comprises a pin for the articulation of a bush (30d) the axis of which is perpendicular to the axis of the respective transverse shaft (26), the axes of the pins and of the respective bushes (30d) of the half-joints of articulation (32) that are arranged at the opposite ends of each rod (30), being coplanar with each other.

9. Device according to any one of claims 1 to 8, characterized in that said transverse shaft (26) is supported by an upright (28) that extends upwards from the upper surface of the respective float (12), in order to keep the axis of each transverse shaft (26) spaced above the waterline of the respective float (12).

10. Device according to claim 9, characterized in that said transverse shaft (26) is connected in rotation with at least one output shaft (64) of said power generation mechanism by torque transmission means (50, 52, 54, 56, 58, 60, 62), said torque transmission means including a plurality of gear wheels arranged according to a cascade arrangement (54, 58, 62), each of which is fixed to a respective pinion gear (52, 56, 60), and in that said torque transmission means comprise a sector gear (50) the toothing of which meshes with at least one gear wheel (52, 54, 56, 58, 60, 62) with the aim of

multiplying the speed transmitted from the transverse shaft (26) to the output shaft (64), so as to get a wished gear ratio.

11. Device according to claim 10, characterized in that said torque transmission means comprise a freewheel or overrunning clutch device associated with at least one of the gear wheels (52, 54, 56, 58, 60, 62) connected in rotation with a respective output shaft (64), in order to transmit to each output shaft (64) a unidirectional torque.

12. Device according to any one of claims 1 to 11, characterized in that said plurality of floats (12) connected with each other, includes a series of floats (12) arranged according to a linear configuration.

13. Device according to any one of claims 1 to 12, characterized in that said plurality of floats (12) connected with each other, includes a grid-shaped floating structure defined by a series of polygonal meshes (18), wherein the nodes of the grid correspond to the floats (12) of the structure and the sides of the meshes (18) are defined by the aforesaid articulated arms (16) connecting the floats (12).

14. Device according to claim 13, characterized in that said floating structure is arranged in the open sea and it is constrained to the depth by mooring or

anchorage means (20).

15. Device according to claim 13, characterized in that said floating structure is connected by articulated arms (16) to a holding stationary structure (22) fixed to the depth or to a stretch of coast.

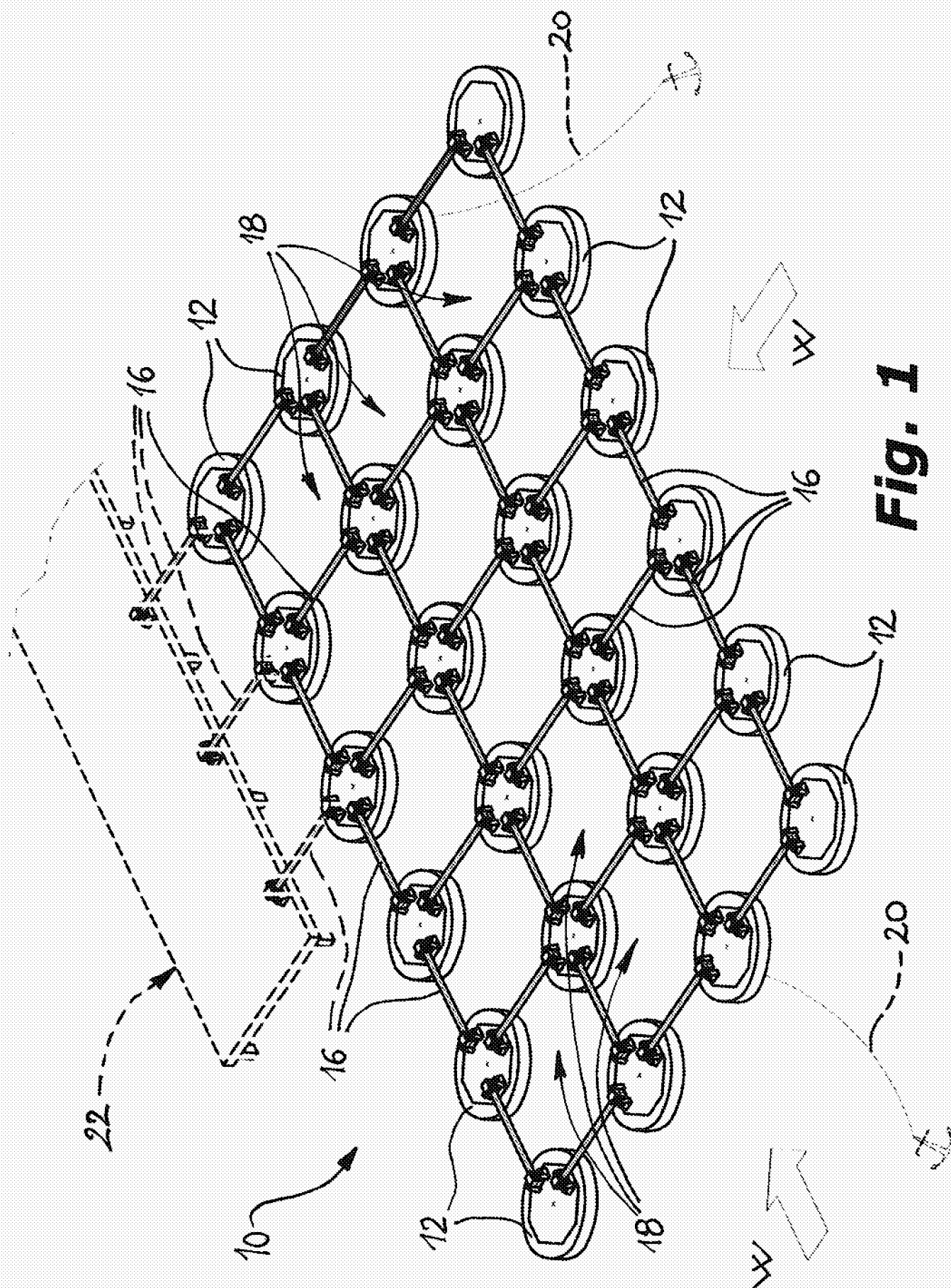
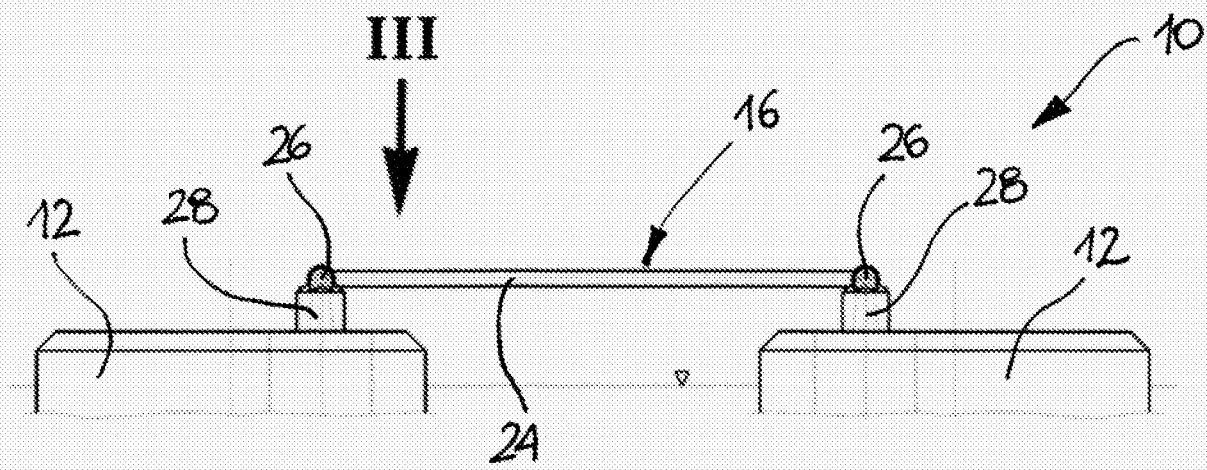
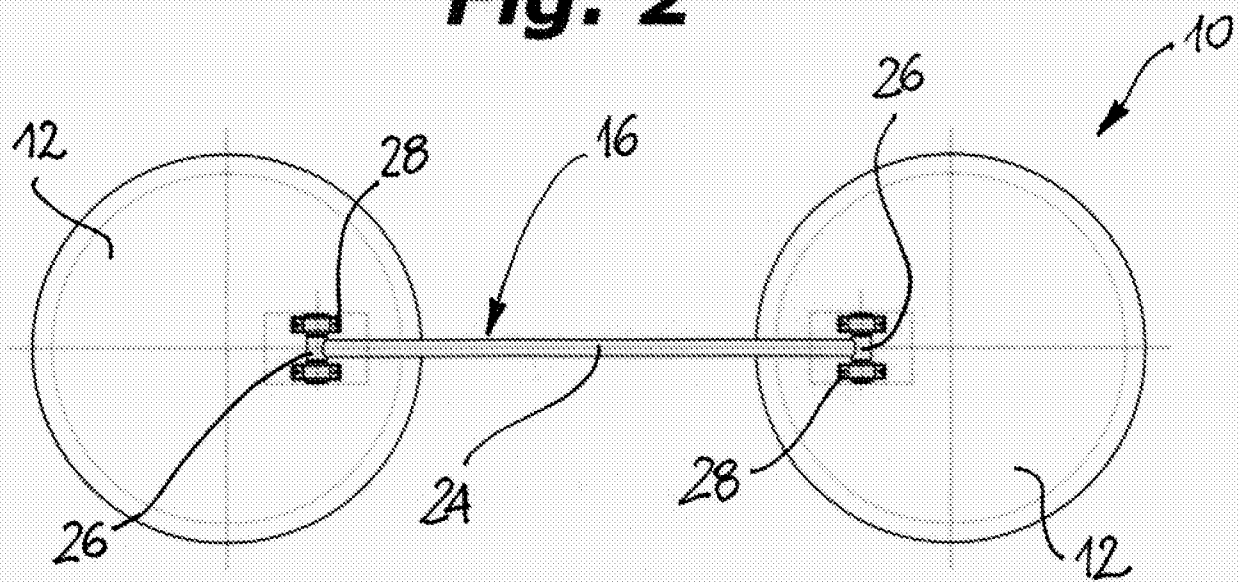
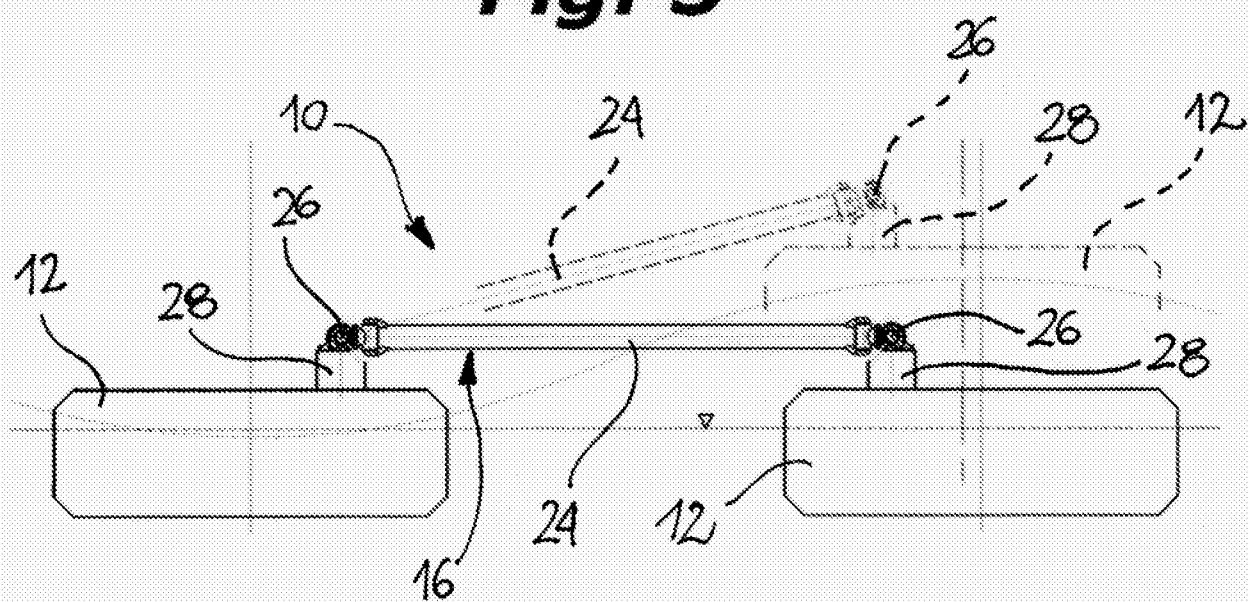
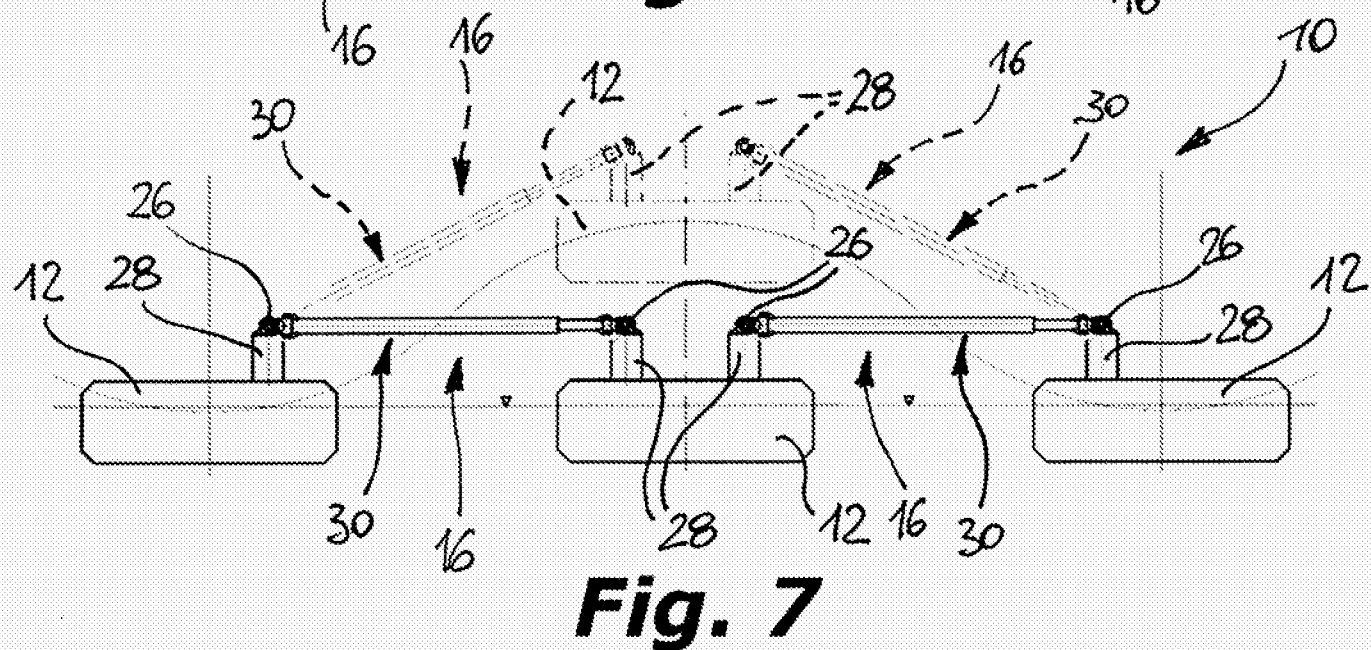
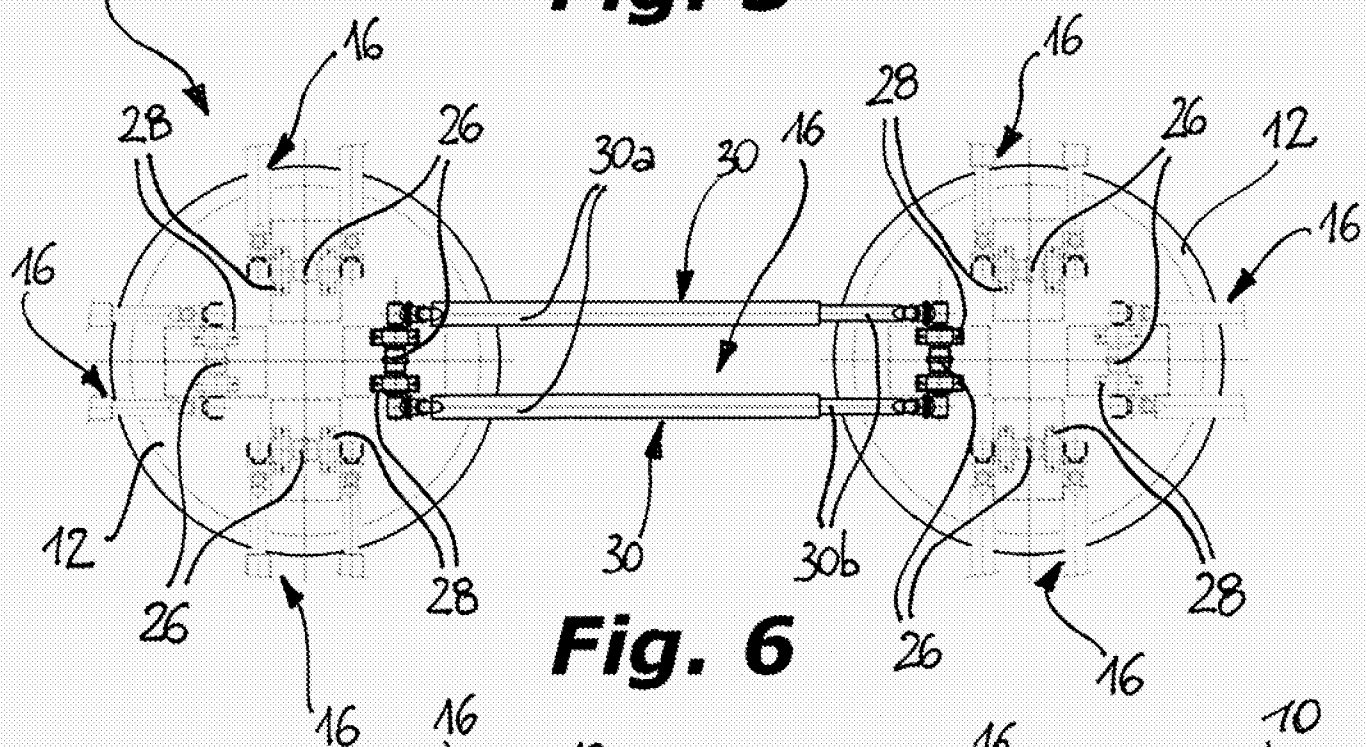
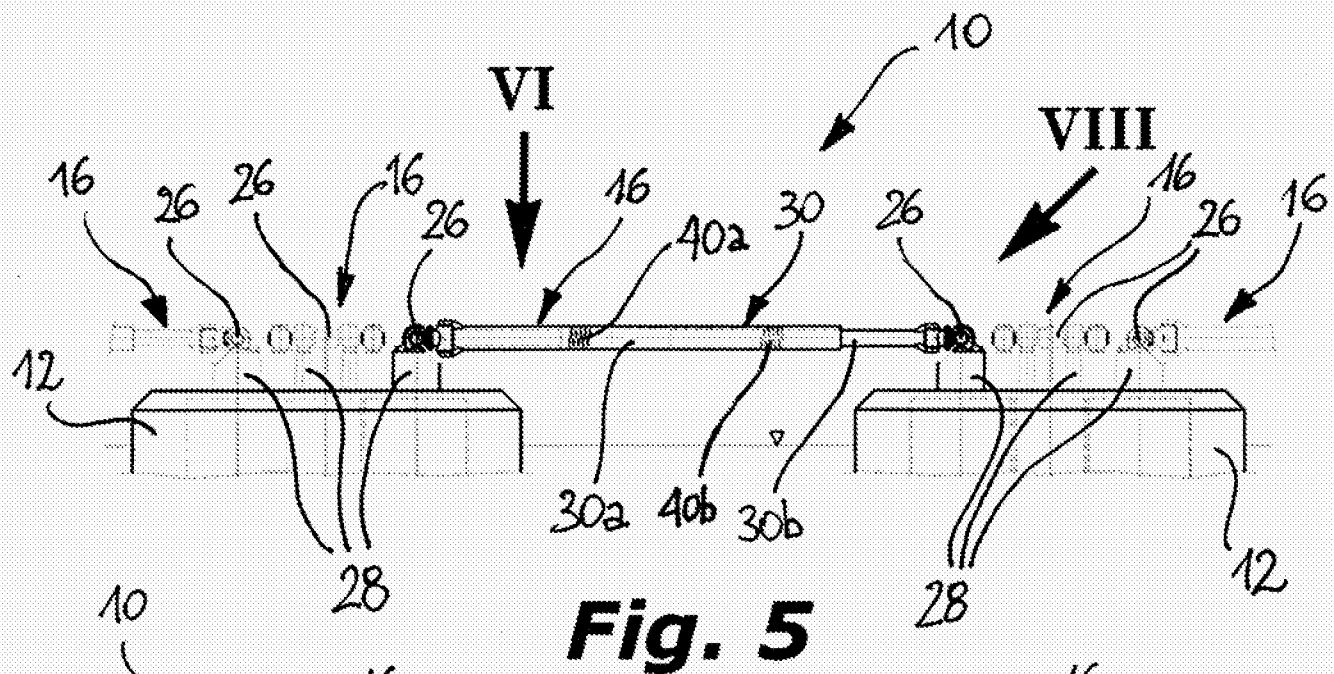
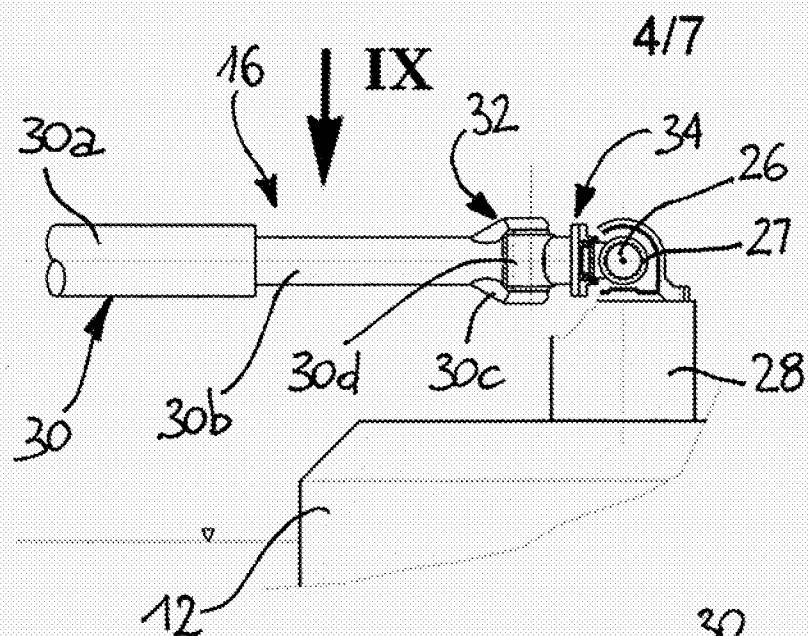


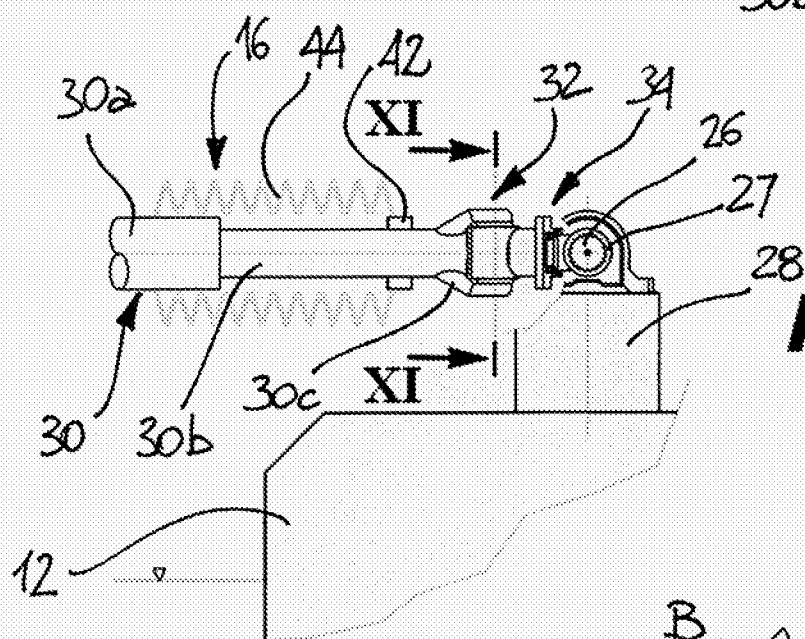
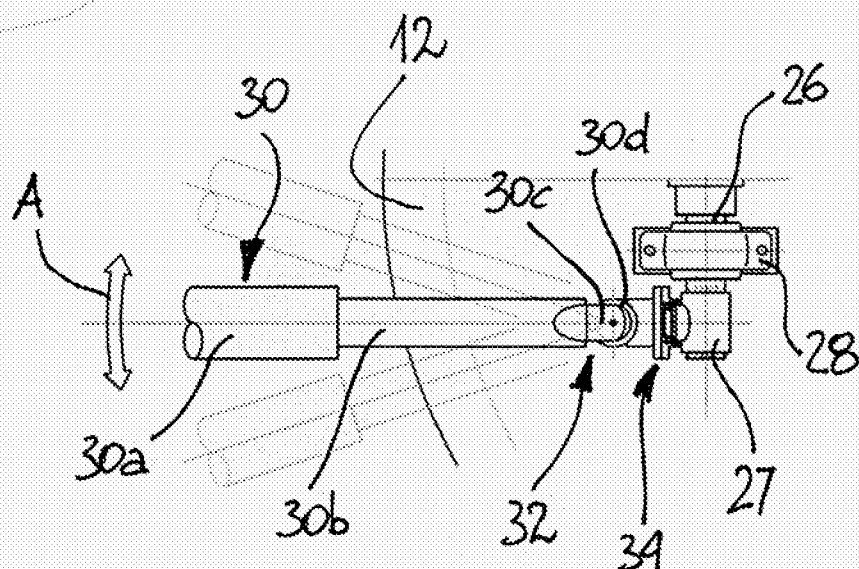
Fig. 1

**Fig. 2****Fig. 3****Fig. 4**

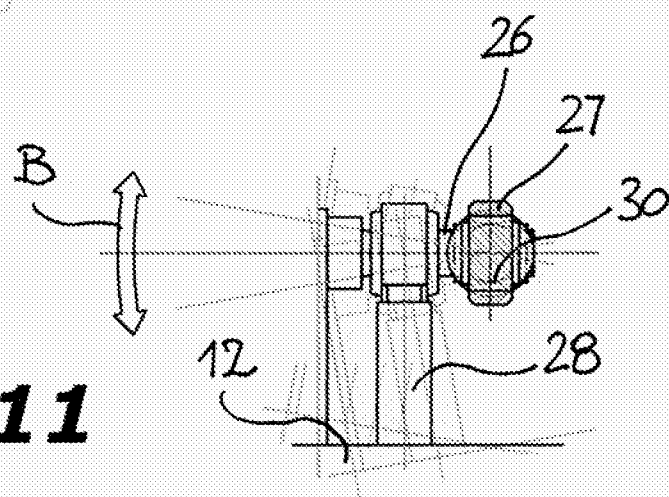




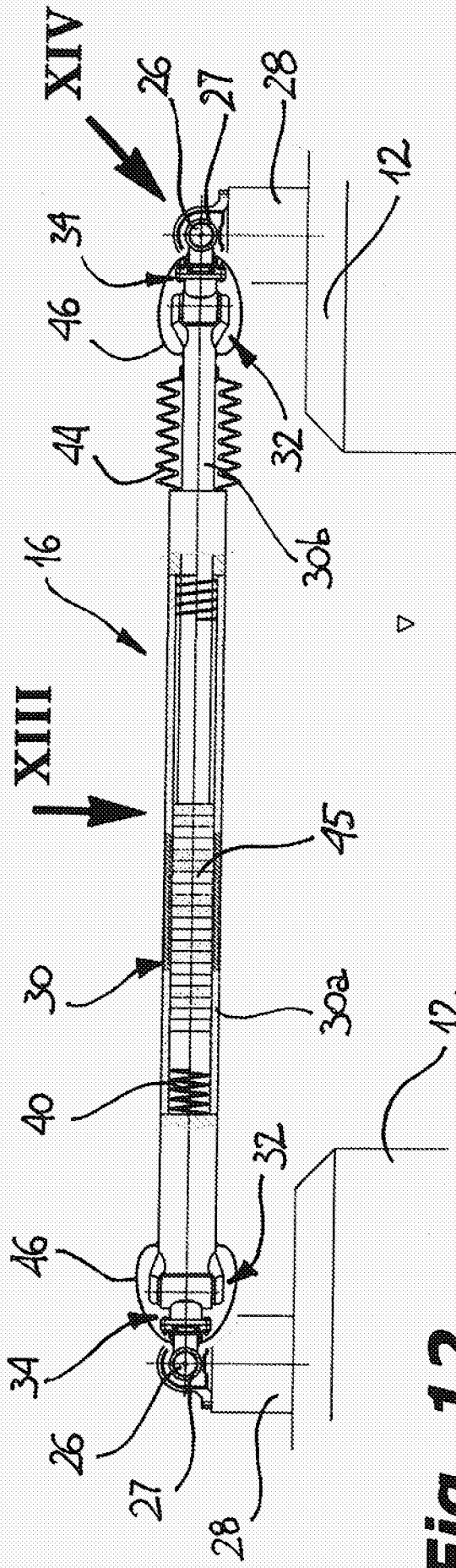
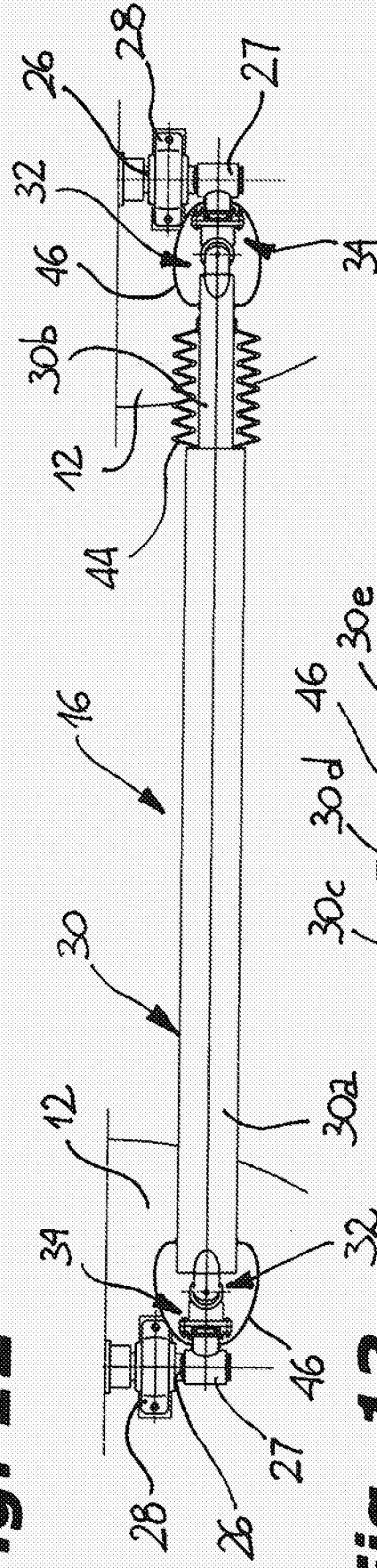
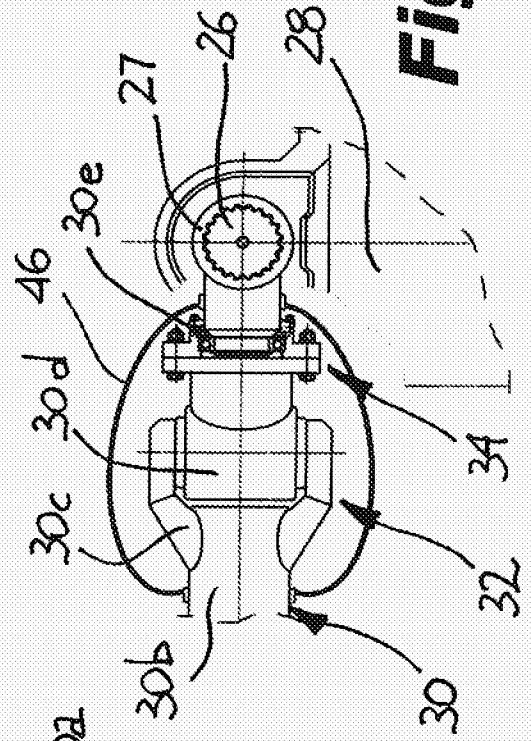
**Fig. 8**



**Fig. 10**



**Fig. 11**

**Fig. 12****Fig. 13****Fig. 14**



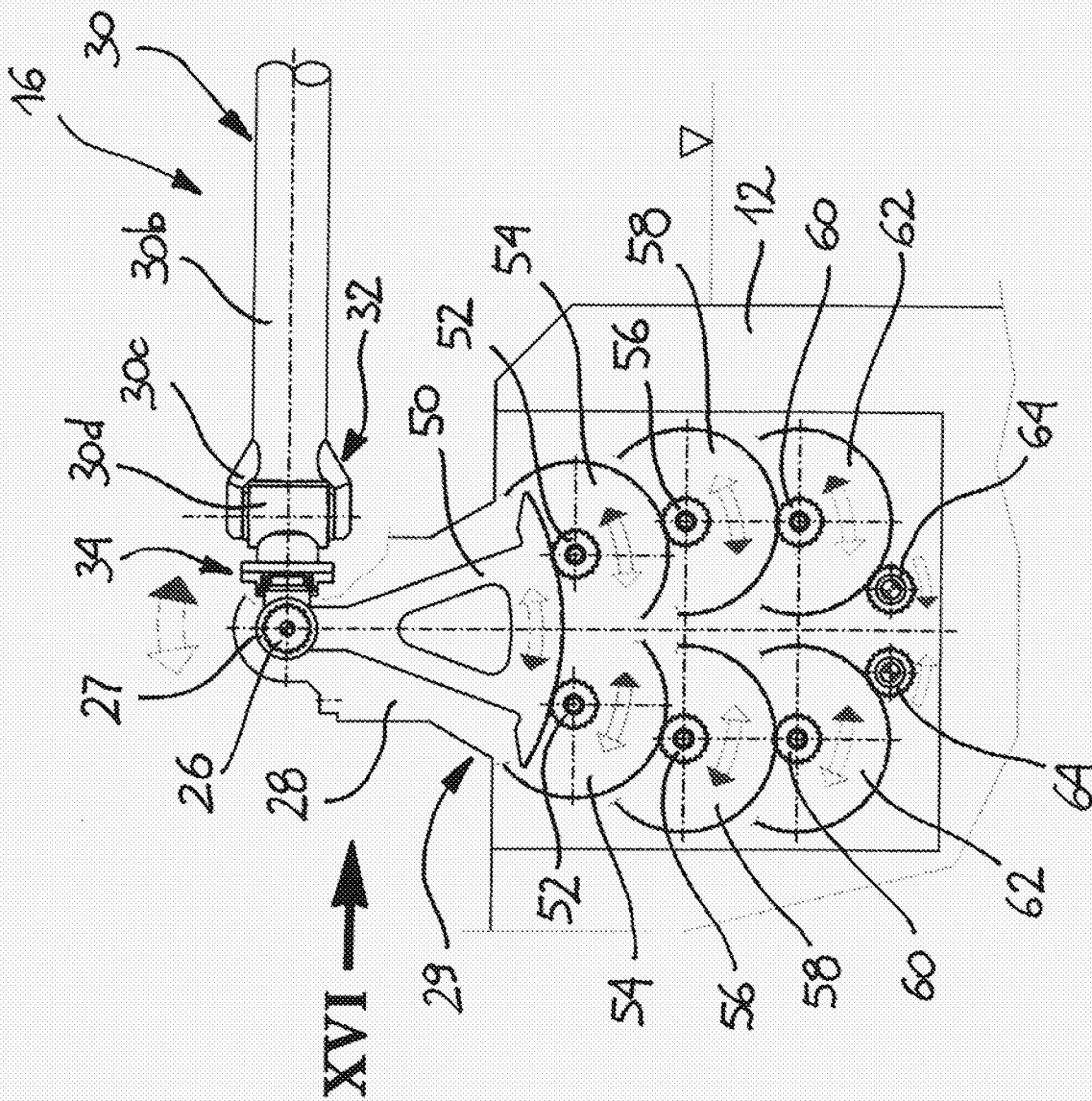


Fig. 15

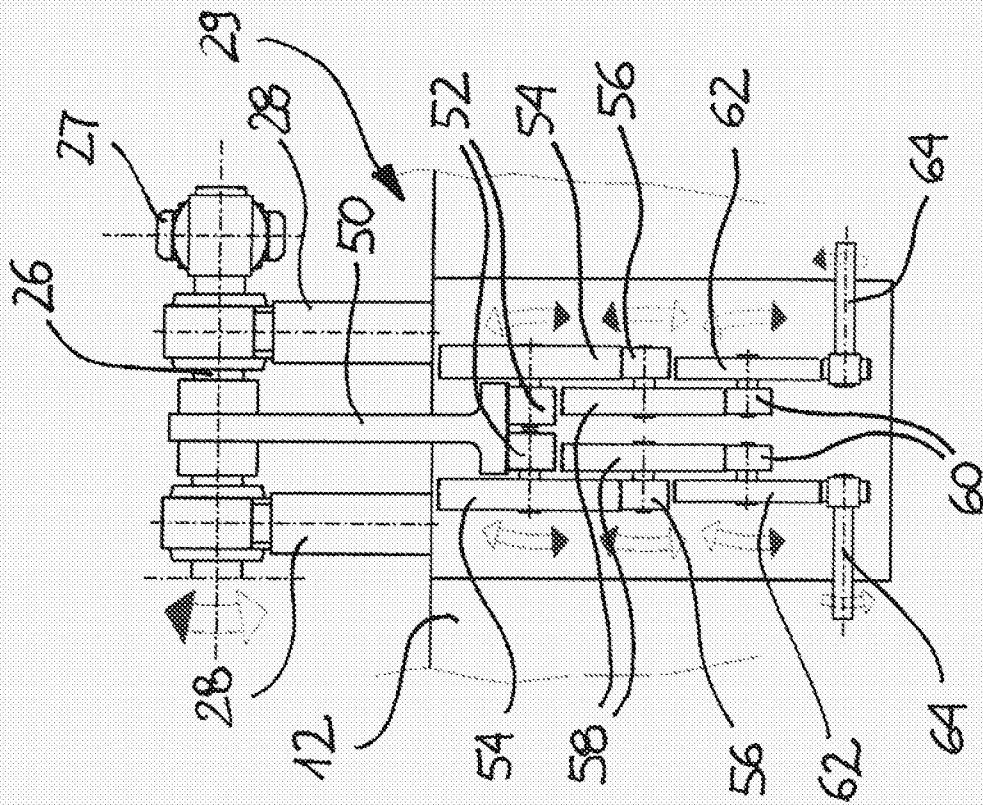
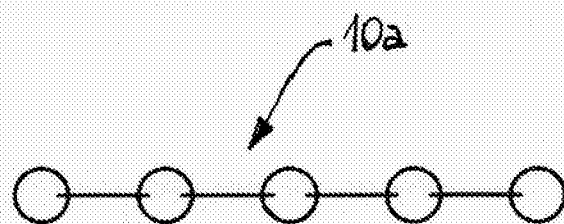
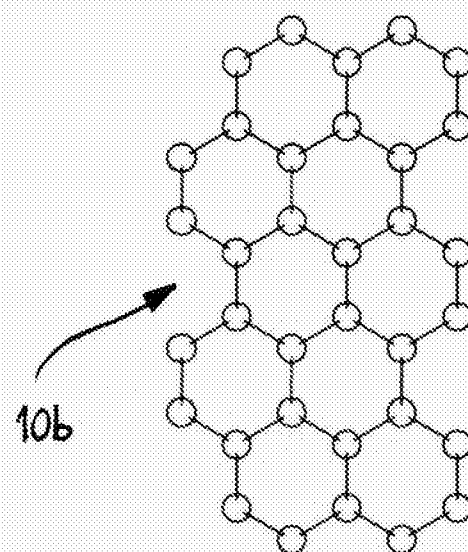
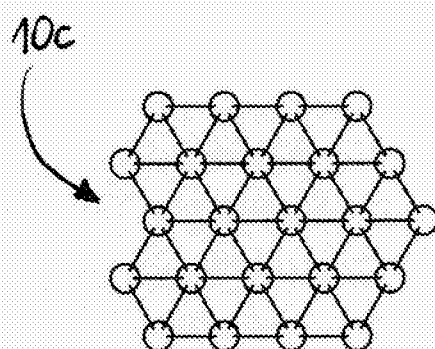
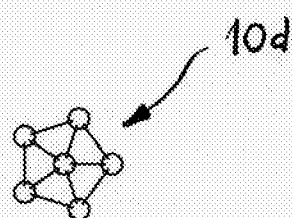
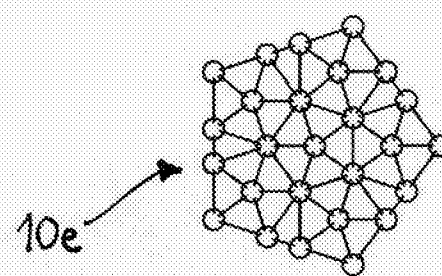
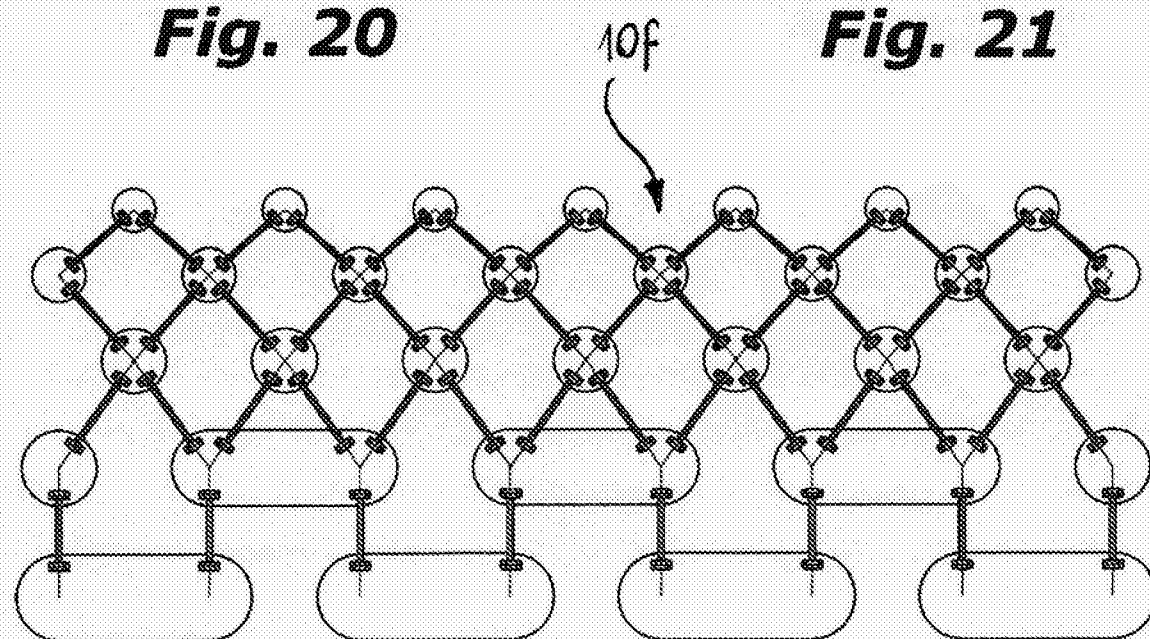


Fig. 16

**Fig. 17****Fig. 18****Fig. 19****Fig. 20****Fig. 21**

$w$   $\uparrow$

**Fig. 22**

$\uparrow$   $w$