



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

(11) PI 0909200-5 B1



(22) Data do Depósito: 26/03/2009

(45) Data de Concessão: 10/12/2019

(54) Título: SISTEMA E MÉTODO DE COMPENSAÇÃO ATIVA DE BALOUÇO.

(51) Int.Cl.: B63B 39/02.

(30) Prioridade Unionista: 26/03/2008 NL PCT/NL2008/000091.

(73) Titular(es): ITREC B.V..

(72) Inventor(es): JOOP ROODENBURG; CORNELIS JOHANNES EKELAAR.

(86) Pedido PCT: PCT NL2009000070 de 26/03/2009

(87) Publicação PCT: WO 2009/120066 de 01/10/2009

(85) Data do Início da Fase Nacional: 24/09/2010

(57) Resumo: SISTEMA E MÉTODO DE COMPENSAÇÃO ATIVA DE BALOUÇO Um sistema de compensação de balouço compreende um motor-gerador para interagir com uma carga e uma unidade de controle arranjada para controlar a operação do motor-gerador. A unidade de controle é arranjada para: - operar o motor-gerador para movimentação da carga em uma primeira parte de um ciclo de movimento de onda, e - operar o motorgerador para regenerar, em uma segunda parte do ciclo de movimento de onda, pelo menos uma parte da energia com a qual a carga foi movimentada na primeira parte do ciclo de movimento de onda. O sistema de compensação de balouço compreende um elemento de armazenamento elétrico para armazenar temporariamente pelo menos parte da energia regenerada para energizar o motor-gerador em um ciclo seguinte do movimento de onda.

“SISTEMA E MÉTODO DE COMPENSAÇÃO ATIVA DE BALOUÇO”

[001] A invenção refere-se a um sistema de compensação ativa de balouço e a um método de compensação ativa de balouço.

[002] Compensação de balouço tem sido conhecida há muitos anos. Muitas soluções têm sido providas, alguns das quais serão discutidas abaixo. Em geral, a compensação de balouço provê uma compensação de movimento de onda sobre uma carga. A carga pode estar submersa ou parcialmente submersa, estando, desse modo, sujeita ao movimento de onda. Alternativa ou adicionalmente, pode haver o caso de a carga ser suportada por uma plataforma flutuante (como um navio), que é submetida ao movimento de onda. Além disso, muitos outros casos podem ser imagináveis onde o movimento de balouço pode ser desejado, como uma situação onde a carga deve ser retirada ou colocada sobre uma plataforma flutuante, a plataforma flutuante estando submetida ao movimento de onda. Compensação de balouço pode ser provida para qualquer tipo de carga, por exemplo, uma carga a ser transportada por um guindaste ou outra instalação de içamento, construções submersas sob a água, como equipamentos para assentamento de tubulação, etc. É preciso entender que os exemplos acima são apenas para ilustração e não se destinam a limitar o âmbito do presente documento de alguma maneira.

[003] Sistemas de compensação de balouço podem ser subdivididos em sistemas de compensação ativa e passiva de balouço. Combinações de sistemas ativos e passivos também podem ser providas. Em um sistema de compensação passiva de balouço, é provido um meio compressível sob a forma de uma mola a gás, sistema hidráulico, etc., para prover uma compensação. Em um sistema de compensação ativa de balouço é provido um atuador para compensar ativamente os efeitos do movimento de onda. Muitas construções têm sido descritas na literatura. Em geral, em um sistema de compensação ativa de balouço, é usado um sistema hidráulico. Como exemplo, pode ser provido um cilindro hidráulico que se estende e comprime

de forma sincronizada com o movimento de onda interagindo, desse modo, com, por exemplo, um cabo suportando a carga. Em cada onda, deve ser suprida energia ao sistema hidráulico para exercer uma força sobre a carga. Parte da energia pode ser recuperada na outra parte do ciclo de movimento de balouço e, por exemplo, armazenada pela compressão de um gás. No ciclo seguinte, o gás comprimido pode ser aplicado para movimentar a carga ou pelo menos contribuir nesse sentido.

[004] Embora compensação ativa de balouço por pressão hidráulica/gás tenha sido amplamente utilizada em muitas configurações, uma desvantagem é que essa configuração leva a um sistema complexo e envolve um risco de vazamento de fluido hidráulico, resultando, por um lado, em um sistema relativamente complexo e caro, enquanto que, por outro lado, exige manutenção regular e segura para evitar vazamentos e riscos de poluição ambiental causada por eles.

[005] De modo a compensar, pelo menos parcialmente, as desvantagens acima mencionadas de sistemas de compensação ativa de balouço, os inventores criaram um sistema de compensação ativa de balouço compreendendo um motor-gerador para interagir com uma carga e uma unidade de controle arranjada para controlar a operação do motor-gerador, a unidade de controle arranjada para:

- operar o motor-gerador para movimentar a carga em uma primeira parte de um ciclo de movimento de onda, e

- operar o motor-gerador para regenerar, em uma segunda parte do ciclo de movimento de onda, pelo menos uma parte da energia com a qual a carga foi movimentada na primeira parte do ciclo de movimento de onda,

o sistema de compensação ativa de balouço compreendendo um elemento de armazenamento elétrico para armazenar temporariamente pelo menos parte da energia regenerada para alimentar o motor-gerador em

um ciclo seguinte de movimento de onda.

[006] O sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a invenção, compreende, portanto, uma combinação de um motor-gerador e um elemento de armazenamento elétrico. Em uma primeira parte do ciclo de movimento de onda, o motor-gerador atua como um motor e movimenta a carga. Em uma segunda parte do ciclo de movimento de onda, a energia é recuperada e o motor-gerador atua como um gerador, regenerando, desse modo, pelo menos parte da energia com que a carga foi movimentada na primeira parte do ciclo de movimento de onda. A energia regenerada é armazenada no elemento de armazenamento elétrico. A energia armazenada pode agora ser usada em uma primeira parte de um ciclo de movimento de onda seguinte para energizar o motor-gerador. Dentro do escopo da invenção, para o motor-gerador, podem ser usados um motor e um gerador separados, ambos interagindo com a carga, entretanto, em um modo de realização vantajoso, é feito uso de um tipo de motor que atua como um gerador, desse modo, um motor que, quando não está alimentado com energia elétrica, mas quando acionado mecanicamente por um movimento correspondente da carga, gera energia elétrica atuando, por conseguinte, como um gerador. Pode ser provido qualquer tipo de motor-gerador, como um exemplo, pode ser utilizado um motor trifásico assíncrono. O termo motor-gerador pode, em termos gerais, ser definido como um arranjo adaptado para converter energia elétrica em movimento e movimento em energia elétrica. Pode ser usado qualquer tipo de elemento de armazenamento elétrico, porém é preferível que um capacitor seja aplicado, uma vez que um capacitor pode prover uma perda de armazenamento baixa, melhorando, desse modo, a eficiência de energia do sistema de compensação de balouço. Preferencialmente, o capacitor compreende um super capacitor e, por conseguinte, um valor de capacitância elevado e, conseqüentemente, pode ser provida uma elevada capacidade de armazenamento de energia em um volume comparativamente pequeno. Além

disso, um super capacitor pode prover uma resistência em série baixa, permitindo, conseqüentemente, um armazenamento de energia de baixa perda, pode permitir uma carga e descarga rápidas, pode prover alta eficiência, e pode prover uma vida útil longa. Também uma combinação de uma bateria e capacitor, tal como um super capacitor pode ser usado como elemento de armazenamento elétrico. Enquanto um capacitor pode fornecer uma alta saída de energia e uma bateria pode fornecer energia durante um período de tempo relativamente longo, uma combinação pode beneficiar de ambas características.

[007] De acordo com a invenção, pode ser provida uma unidade de controle para controlar o motor-gerador de modo a movimentar a carga em uma primeira parte do ciclo de movimento de onda e regenerar energia na segunda parte do ciclo de movimento de onda. A unidade de controle pode (compreendendo, por exemplo, um microcontrolador, microprocessador, ou qualquer outro dispositivo de lógica programável, por exemplo, sendo provido com instruções de programa adequadas para executar as ações como descritas), além disso, por exemplo, controlar um suprimento elétrico associado ao motor-gerador. A unidade de controle pode, desse modo, controlar o suprimento elétrico de modo a energizar o motor-gerador para movimentar a carga na primeira parte do ciclo e regenerar pelo menos parte da energia na segunda parte do ciclo.

[008] O elemento de armazenamento, como o super capacitor, pode ser conectado eletricamente de muitas maneiras. Uma configuração vantajosa é obtida quando o elemento de armazenamento é conectado eletricamente em paralelo a uma fonte de energia elétrica para energizar o motor-gerador. A fonte de energia pode, por exemplo, ser formada por uma tomada elétrica, um suprimento de tensão de uma instalação na qual o sistema de compensação ativa de balouço está incluído, etc. Desse modo, picos de tensão no suprimento elétrico da fonte de alimentação elétrica, em conformidade com

extração de energia elétrica na primeira parte do ciclo de movimento de onda e sua regeneração na segunda parte do ciclo de movimento de onda, podem ser reduzidos devido a um armazenamento temporário da fonte de energia elétrica pelo elemento de armazenamento, em particular, por um super capacitor.

[009] Em outro modo de realização vantajoso, pode ser provido um conversor conectado eletricamente entre o motor-gerador e o elemento de armazenamento. O conversor pode converter uma tensão de motor-gerador em uma tensão, respectivamente, de carga e descarga do elemento de armazenamento, e *vice-versa*. O conversor pode, desse modo, prover uma conversão de nível de tensão para levar em conta uma diferença no nível de tensão do motor-gerador ou outro elemento do suprimento elétrico, e o elemento de armazenamento. Em particular, ao se fazer uso de um capacitor, como um super capacitor, no elemento de armazenamento, o conversor pode prover a conversão para uma tensão de carga adequada do capacitor/super capacitor e uma descarga do mesmo, permitindo, eventualmente, que o (super) capacitor seja usado sobre uma ampla faixa de tensão e, conseqüentemente, sobre uma ampla faixa de carga/descarga. O conversor pode compreender qualquer conversor apropriado; em um modo de realização preferido pode ser aplicado um conversor de corrente bidirecional de corrente contínua-corrente contínua, como um conversor de comutação, de modo que, com isso, possa ser provida uma conversão de baixa perda.

[0010] Onde, neste documento, for feita referência a um capacitor ou super capacitor, deve ser entendido como incluindo uma pluralidade de capacitores/super capacitores conectados em série, em paralelo, ou qualquer combinação destes.

[0011] Quando o elemento de armazenamento compreende uma pluralidade de (super) capacitores, o conversor pode compreender uma rede de comutação para comutar os capacitores em combinações em série e/ou em

paralelo. Desse modo, pode ser provida uma conversão de baixa perda: como um exemplo, quanto menor a tensão provida ao conversor para carregar os capacitores, mais capacitores são colocados em paralelo, enquanto que, quanto maior a tensão provida ao conversor, mais capacitores são conectados em série. Desse modo, comutando-se os capacitores para estarem em configurações em série/paralelo, uma faixa de tensão de operação dos capacitores individuais pode ser adaptada à tensão provida para carga. Para a descarga, o mesmo princípio pode ser aplicado.

[0012] Em outro modo de realização, ao se aplicar um (super) capacitor como o elemento de armazenamento, o conversor pode compreender um indutor para formar um circuito de ressonância capacitor-indutor com o super capacitor. Para se obter resultados ótimos, uma frequência de ressonância do circuito de ressonância pode ser adaptada a uma frequência de ciclo do movimento de onda. Desse modo, pode ser provida uma conversão de baixa perda, em particular quando a frequência de ressonância tiver sido adaptada à frequência de ciclo do movimento de onda, uma vez que, desse modo, o ciclo de prover energia e armazenar energia regenerada pode ser sincronizado com o modo de ressonância do circuito de ressonância.

[0013] A unidade de controle pode compreender um dispositivo de medição de tensão para medir uma tensão da fonte de energia. A unidade de controle pode, desse modo, ser arranjada para comparar a tensão medida com um valor de tensão de limiar baixo e um limiar alto, para acionar o conversor de modo a carregar o elemento de armazenamento elétrico quando a tensão ultrapassar o valor de tensão de limiar alto de modo a descarregar o elemento de armazenamento elétrico quando a tensão estiver abaixo do valor de limiar baixo. Desse modo, um algoritmo de controle simples pode ser provido, como no caso de uma baixa tensão de suprimento, ou seja, no caso de uma corrente elevada consumida pelo motor, o elemento de armazenamento elétrico ser

descarregado, provendo, desse modo, energia para o acionamento do motor-gerador e, no caso de suprimento elétrico ser alto, indicando que a energia é regenerada pelo motor-gerador, o conversor ser operado para carregar o (super) capacitor, desse modo, armazenando energia regenerada.

[0014] Alternativamente, a unidade de controle pode compreender um dispositivo de medição de corrente para medir uma corrente, fornecida pela fonte de energia. A unidade de controle pode então ser arranjada para comparar a corrente medida com um ponto de ajuste da corrente, para direcionar o conversor de modo a descarregar o elemento de armazenamento elétrico quando a corrente medida exceder o ponto de ajuste da corrente e de modo a carregar o elemento de armazenamento elétrico quando o ponto de ajuste da corrente exceder a corrente medida. Um simples algoritmo de controle pode ser fornecido, e em caso de uma corrente de fornecimento alta, i.e., em caso de corrente alta tirada pelo motor, o elemento de armazenamento elétrico é descarregado, deste modo fornecendo energia para acionar o motor-gerador. No caso de a corrente de fornecimento de energia ser baixa, indicando que energia é regenerada pelo motor-gerador, o conversor é operado para carregar o (super) capacitor, assim armazenando energia regenerada.

[0015] Em um modo de realização vantajoso adicional, a unidade de controle pode ser arranjada para medir uma tensão de operação do elemento de armazenamento elétrico e para conectar um dissipador de energia elétrica quando a tensão de operação do elemento de armazenamento ultrapassar uma tensão de operação máxima, desse modo, evitando que o elemento de armazenamento seja sobrecarregado dissipando parte da energia armazenada no mesmo, no caso de uma tensão máxima ser ultrapassada. Em outro modo de realização, o excesso de energia pode ser retornado ao fornecimento de energia. Pode ser vantajoso usar a energia em outros lugares a bordo do navio.

[0016] Em um modo de realização adicional, a unidade de controle é

arranjada para comparar uma média de tempo da tensão do elemento de armazenamento com um ponto de ajuste de tensão de armazenamento predefinido. O ponto de ajuste de tensão de armazenamento predefinido representa a tensão de operação desejada do elemento de armazenamento. Pode ser esperado que a tensão de operação média do elemento de armazenamento irá diminuir, como em cada ciclo de movimento de onda de energia será dissipado em cabos e dentro do motor-gerador. Quando, neste caso, a unidade de controle pode modificar o ponto de ajuste de corrente, a unidade de controle pode acionar a fonte de energia para fornecer energia para compensar pelas perdas.

[0017] Em outro modo de realização da invenção, a unidade de controle compreende um dispositivo de medição para medir uma variável, representativo de um movimento da haste, que é para ser compensado. Esta variável pode ser, entre outras, uma variável relacionada à onda, uma variável relacionada à haste ou uma variável relacionada ao motor-gerador. Isto pode relacionar a qualquer parâmetro adequado, tal como uma profundidade da água como medida por um sensor adequado tal como um sensor de ultrassom, uma aceleração do cabo, carregamento, etc, como medido por um sensor de aceleração, um ângulo do cabo, etc, como medido por um medidor de ângulo, ou uma velocidade do ar como medida por um velocímetro de ar. A unidade de controle é arranjada para acionar o conversor de modo a carregar ou descarregar o elemento de armazenamento elétrico para fornecer ou para armazenar pelo menos parte da energia elétrica envolvida com a compensação da haste na base da variável medida. A unidade de controle pode também ser arranjada para acionar a fonte de energia para fornecer ou para receber pelo menos uma parte da energia elétrica envolvida com a compensação da haste. Assim, o elemento de armazenamento e/ou a fonte de energia podem rapidamente iniciar o fornecimento ou armazenamento de energia envolvida com a compensação motora da haste, resultando em uma melhor

compensação da haste ou baixas perdas de energia.

[0018] As mesmas vantagens, ou vantagens similares e modos de realização preferidos obtidos com o sistema de compensação de balouço de acordo com a invenção, também podem ser providos por um método de compensação de balouço de acordo com a invenção. O método de acordo com a invenção, provê um método de compensação ativa de balouço para compensar, pelo menos parcialmente, o efeito de um movimento de onda sobre uma carga, o método compreendendo:

- operar um motor-gerador que interage com a carga para movimentar a carga em uma primeira parte de um ciclo de movimento de onda, e

- operar o motor gerador para regenerar, em uma segunda parte do ciclo de movimento de onda, pelo menos uma parte da energia com a qual a carga foi movimentada na primeira parte do ciclo de movimento de onda,

onde pelo menos parte da energia regenerada é armazenada temporariamente em um elemento de armazenamento elétrico para energizar o motor-gerador em um ciclo seguinte do movimento de onda.

[0019] Outros efeitos característicos e vantagens da invenção se tornarão claros a partir dos desenhos anexos e da descrição correspondente, nos quais modos de realização não limitativos da invenção são apresentados, onde:

- a fig. 1 mostra uma configuração altamente esquemática de uma carga submersa proveniente de uma plataforma flutuante;

- a fig. 2 mostra uma instalação de balouço altamente esquemática tendo uma compensação;

- a fig. 3 mostra uma representação altamente esquemática de um movimento de onda;

- a fig. 4 mostra uma representação altamente esquemática de uma compensação de movimento de onda de acordo com um aspecto da

invenção;

a fig. 5 mostra outro modo de realização de uma compensação de balouço de acordo com a invenção,

a fig. 6 mostra ainda outro modo de realização de compensação de balouço de acordo com a invenção,

as figs. 7A-7C mostram configurações de capacitor de acordo com um aspecto da invenção; e

a fig. 8 mostra um circuito de ressonância de acordo com um aspecto da invenção,

a fig. 9 mostra um esboço funcional de uma unidade de controle de acordo com um aspecto da invenção;

a fig. 9b mostra outro esboço funcional da unidade de controle de acordo com um aspecto da invenção; e

a fig. 10 mostra uma esquemática da seção cruzada de uma embarcação com lastro de amortecimento de rolo sólido.

[0020] A Fig. 1 mostra uma vista altamente esquemática de uma carga parcialmente submersa L suportada por uma instalação de içamento LI, como um guindaste, a instalação de içamento LI posicionada sobre uma plataforma flutuante FP, como um navio. O movimento de onda resultará em forças verticais provendo, desse modo, um movimento periódico vertical da carga L, bem como da plataforma flutuante FP. Como resultado desse fato, as forças atuarão periodicamente sobre o cabo CA da instalação de içamento LI. A compensação de balouço é pretendida para compensar os movimentos de ciclo de onda para, desse modo, evitar possíveis danos da carga, sobrecarregar o cabo CA da instalação de içamento LI, etc. Embora na fig. 1 esteja mostrado um exemplo onde tanto a carga, quanto a plataforma que suporta a instalação de içamento LI, estão parcialmente submersas, sendo possível ainda que uma, dentre a carga e a instalação de içamento, seja montada de maneira fixa, como um exemplo, a instalação de içamento pode ser montada

sobre um cais, ou a carga ser colocada sobre o cais, enquanto a instalação de içamento é montada sobre uma plataforma flutuante. Muitas outras configurações são possíveis. Por exemplo, a carga fica submersa e é necessário que seja estabilizada, enquanto a plataforma flutuante, que suporta a instalação de içamento é submetida ao movimento de onda. O cabo CA é enrolado sobre um guincho WI. A atuação do guincho WI para enrolar o cabo CA levantará a carga L, e *vice-versa*.

[0021] A Fig. 2, altamente esquemática, mostra um exemplo de uma construção que pode ser empregada em um sistema de compensação de balouço convencional mostrando novamente a instalação de içamento LI com um cabo CA que suporta uma carga L. O cabo CA é guiado via uma roda de polia PW conectada a um cilindro hidráulico HC. Movendo-se descendentemente um pistão PI do cilindro hidráulico HC, a roda de polia que está conectada ao pistão, também é movida descendentemente. Desse modo, o comprimento de um laço do cabo CA guiado através da roda de polia PW é alterado, o que fará com que a carga seja respectivamente içada/abaixada, dependendo da direção de movimentação do pistão PI. O cilindro hidráulico HC pode ser acionado ativamente, obtendo-se, desse modo, um sistema de compensação ativa de balouço. Além disso, ou adicionalmente, é possível que se faça uso de uma mola a gás, por exemplo, formada por um volume encerrado com gás comprimido, que atua sobre um sistema hidráulico do qual o cilindro hidráulico HC faz parte.

[0022] Como ilustrado esquematicamente na fig. 3, um ciclo de movimento de onda resultará em um padrão periódico de forças ascendentes e descendentes sobre qualquer carga, a instalação de içamento, ou sobre ambas.

[0023] A fig. 4, altamente esquemática, mostra uma parte de um sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a invenção. Um motor-gerador M/G é acionado por um suprimento elétrico PS, como um inversor. O suprimento elétrico PS é energizado por uma linha de força PL

(como uma rede de energia elétrica) alimentada com energia elétrica por uma fonte de energia SRC, como um gerador. O suprimento elétrico PS é controlado por um controlador CON, que pode compreender qualquer meio de controle adequado, como um microcontrolador, microprocessador, circuitos eletrônicos de lógica, ou qualquer outro dispositivo de lógica programável. Uma conexão entre o controlador CON e o suprimento elétrico PS está indicada esquematicamente por uma linha interrompida. Qualquer tipo de conexão pode ser provido, como um barramento de dados em série ou em paralelo, uma linha de controle, uma fibra de vidro, ou qualquer conexão adequada. O motor-gerador M/G pode interagir com a carga, como mostrado nas figs. 1 e 2, de qualquer maneira. Em um modo de realização preferido, o motor-gerador M/G atua sobre o guincho WI sobre o qual o cabo CA é enrolado. O motor-gerador M/G pode, por exemplo, acionar o guincho WI, entretanto, muitas outras configurações são imagináveis. É possível, por exemplo, que o motor-gerador atue sobre o braço AR da instalação de içamento, por exemplo, içando e abaixando o braço, e/ou estendendo seu comprimento.

[0024] A Fig. 4 mostra, adicionalmente, um elemento de armazenamento de energia, neste exemplo, um capacitor, como um super capacitor. Embora na fig. 4 esteja mostrado apenas um único capacitor, o capacitor pode incluir uma combinação de uma pluralidade de (super) capacitores em conexão em série, conexão em paralelo, ou qualquer combinação apropriada das mesmas. Em uma primeira parte do ciclo de movimento de onda, a unidade de controle CON controla o suprimento elétrico PS para prover energia elétrica para o motor-gerador, fazendo, desse modo, com que o motor-gerador atue sobre a carga, provendo, desse modo, energia para a carga. Em uma segunda parte do ciclo de movimento de onda, a unidade de controle CON controla o suprimento elétrico de modo a fazer com que o motor-gerador regenere pelo menos parte da energia com a qual a

carga foi movimentada na primeira parte do ciclo de movimento de onda. O motor-gerador atua agora como um gerador. Efetivamente, na primeira parte do ciclo de movimento de onda, a energia é provida à carga para estabilização, enquanto que, na segunda parte da forma de onda, pelo menos parte da energia é regenerada pelo motor-gerador, a energia regenerada sendo armazenada, pelo menos em parte, no elemento de armazenamento elétrico. A energia armazenada desse modo pode agora ser usada em uma primeira parte de um ciclo de movimento de onda seguinte para energizar o motor-gerador. Dessa maneira, a utilização de um sistema hidráulico, incluindo suas desvantagens associadas, como a complexidade, risco de vazamento, necessidade de manutenção regular, etc., pode ser evitada, enquanto que, por outro lado, uma configuração compacta, de baixo custo, e/ou de baixa manutenção pode ser obtida. Além disso, o consumo de energia do sistema de compensação de balouço pode ser reduzido pela regeneração de energia.

[0025] A unidade de controle pode ser formada por uma unidade de controle separada, entretanto, também é possível que a unidade de controle faça parte de uma unidade de controle existente da instalação de içamento ou de qualquer outra instalação. É possível, por exemplo, que a unidade de controle seja provida com sensores para sensorear o movimento de onda, os sensores provendo, desse modo, um sinal apropriado para a unidade de controle que lhe permita controlar o motor-gerador de maneira adequada.

[0026] O suprimento elétrico pode compreender qualquer configuração adequada para energizar o motor-gerador: como um exemplo, o suprimento elétrico PS pode compreender um inversor. Muitas alternativas são possíveis: por exemplo, é imaginável que o suprimento elétrico compreenda uma pluralidade de comutadores para conectar eletricamente o motor-gerador à linha de força PL e/ou ao capacitor C para armazenar energia. Muitas implementações são possíveis, algumas das quais serão descritas abaixo.

[0027] A Fig. 5 mostra uma vista altamente esquemática de um possível modo de realização da compensação de balouço de acordo com um aspecto da invenção. Aqui, novamente, a unidade de controle CON controla o suprimento elétrico PS para acionar o motor-gerador. O suprimento elétrico PS é alimentado com energia elétrica via linha de força PL da fonte de energia SRC. Na fig. 5, o elemento de armazenamento elétrico, neste exemplo, o (super) capacitor, está conectado em paralelo à fonte de energia SRC. Desse modo, o (super) capacitor C, efetivamente, armazena temporariamente a fonte de energia SRC e a linha de força PL.

[0028] Desse modo, na primeira parte do ciclo de movimento de onda, o elemento de armazenamento de energia é, pelo menos parcialmente, descarregado, enquanto que, na segunda parte do ciclo de movimento de onda, a energia que é regenerada pelo motor-gerador é armazenada temporariamente pelo elemento de armazenamento de energia. Como consequência, na configuração de acordo com a fig. 5, muitos elementos de um motor de acionamento de guincho e de suprimento elétrico convencionais ainda poderão ser utilizados, enquanto picos e depressões da tensão de suprimento na linha de força podem ser suavizados pelo armazenamento temporário pelo elemento de armazenamento de energia, uma vez que, no caso em que a energia é consumida pelo motor-gerador, o que pode fazer com que a tensão na linha de força caia, a energia é extraída do elemento de armazenamento de energia, como o super capacitor, enquanto que, quando a energia é regenerada, fazendo com que a tensão na linha de força aumente, a energia é armazenada no elemento de armazenamento de energia. Desse modo, com a configuração de acordo com a fig. 5, um motor de acionamento de guincho existente pode ser relativamente adaptado de modo a prover a compensação de balouço, suprimindo, desse modo, a necessidade de sistemas hidráulicos adicionais de acordo com o estado da técnica.

[0029] Um exemplo adicional é mostrado na fig. 6, onde, novamente,

o motor-gerador é energizado por um suprimento elétrico PS provido com energia eletrônica via linha de força PL da fonte de energia SRC. O suprimento elétrico PS é controlado pela unidade de controle CON. Um conversor CONV é provido e conectado entre o suprimento elétrico PS e o elemento de armazenamento de energia, neste exemplo, um capacitor ou um super capacitor. O conversor CONV é controlado pela unidade de controle CON. O conversor, sob o controle da unidade de controle, converte uma tensão de motor-gerador ou uma tensão de suprimento elétrico em uma tensão de carga do elemento de armazenamento. Além disso, o conversor é arranjado para descarregar o elemento de armazenamento de energia e converter a tensão-corrente de descarga em uma tensão de suprimento elétrico da tensão de motor-gerador para energizar o motor-gerador. Desse modo, o elemento de armazenamento de energia pode ser usado sobre uma ampla faixa de tensão de operação, uma vez que é provida uma conversão em uma tensão de carga/descarga adequada pelo conversor CONV. Por conseguinte, uma grande quantidade de energia elétrica pode ser armazenada temporariamente pelo elemento de armazenamento de energia. O conversor pode compreender qualquer tipo de conversor, como exemplo, pode ser provido um conversor bidirecional de corrente contínua-corrente contínua, para permitir uma conversão de baixa perda.

[0030] As figs. 7A-7C retratam uma configuração em paralelo, uma configuração em paralelo/série e uma configuração em série, respectivamente, de (super) capacitores contidos no elemento de armazenamento de energia de acordo com um modo de realização da invenção. Um conversor, tendo uma rede de comutação, pode ser provido para conectar os (super) capacitores de modo a ficarem com as configurações de acordo com as figs. 7A - 7C. Por meio desta rede de comutação (não mostrada), uma ampla faixa de tensão de operação pode ser obtida: quando uma tensão de carga provida aos super capacitores baixa, os super capacitores podem ser conectados na configuração

de acordo com a fig. 7A, enquanto, quanto maior se torna a tensão de carga, primeiro, o conversor comuta para a configuração de acordo com a fig. 7B e, em seguida, para a configuração de acordo com a fig. 7C. Desse modo, uma faixa maior de tensão de carga pode ser operada pelos super capacitores. É preciso entender que, os modos de realização nas figs. 7A-7C, são apenas para fins ilustrativos: em uma implementação prática, pode ser feito uso de uma quantidade maior de super capacitores, provendo, desse modo, possibilidades para muitas conexões em série/paralelo e combinações das mesmas.

[0031] A Fig. 8 mostra, esquematicamente, um possível modo de realização adicional do conversor e do elemento de armazenamento de energia. Neste modo de realização, o conversor compreende um condutor para formar um circuito de ressonância com o (super) capacitor, a frequência de ressonância do circuito de ressonância adaptada a uma frequência de ciclo do movimento de onda para, desse modo, facilitar um ciclo de provisão e de regeneração de energia. A adaptação da frequência de ressonância à frequência de ciclo do movimento de onda pode ocorrer pela comutação de mais ou menos capacitores para o elemento de armazenamento de energia por meio de uma rede de comutação adequada (não mostrada) para, desse modo, alterar o valor de capacitância total.

[0032] Em um modo de realização adicional, a unidade de controle pode compreender um dispositivo de medição para medir uma tensão da linha de força PL ou da fonte de energia SRC. A tensão é, então, comparada pela unidade de controle, por meio de um comparador apropriado da mesma, com uma tensão de limiar baixo e um valor de tensão de limiar alto. O conversor (como o conversor na fig. 6) é, em seguida, acionado pela unidade de controle para carregar o elemento de armazenamento elétrico quando a tensão medida ultrapassar um valor de tensão de limiar alto – o que provê uma indicação de uma regeneração de energia – e, para descarregar o elemento de

armazenamento elétrico quando a medição estiver abaixo da tensão de limiar baixo, indicando, desse modo, que a energia é extraída da fonte de energia SRC para energizar o motor-gerador. Como consequência, o conversor pode, desse modo, reduzir os picos e depressões da tensão na linha de força provocados pela operação cíclica do motor-gerador.

[0033] Em um outro modo de realização, a unidade de controle pode compreender um dispositivo de medição de corrente para medir a corrente da fonte de energia SRC. Depois da comparação com um ponto de ajuste da corrente (o qual é discutido acima) a unidade de controle irá acionar então o conversor CONV de modo a descarregar o elemento de armazenamento elétrico quando a corrente medida exceder o ponto de ajuste da corrente e de modo a carregar o elemento de armazenamento elétrico quando o ponto de ajuste da corrente exceder a corrente medida. Uma corrente de fornecimento alto (i.e. maior que a média) irá indicar que a corrente alta é tirada pelo motor. Neste caso, será vantajoso se o elemento de armazenamento elétrico for descarregado e fornece energia para acionar o motor-gerador. No caso de a corrente de fornecimento de energia ser baixa (i.e. menor que a média), o conversor deve ser operado para carregar o (super) capacitor.

[0034] Na fig. 9 um exemplo de um esboço funcional tal como uma unidade de controle é mostrado. O dispositivo de medição de corrente CMD mede a corrente fornecida pela fonte de energia SRC. Seu valor é alimentado para a unidade de controle. Abaixo, o esboço funcional da unidade de controle será primeiramente discutido sem tomar conta a entrada 2 para o comparador COMP1, i.e., seu valor é considerado como zero. O valor da corrente medida da fonte de energia SRC é alimentado para COMP1. Sua saída é invertida e através de um sistema de integral proporcional (PI) PIS alimentada ao conversor. Isto pode acionar o conversor a acionar o armazenamento de energia para fornecer mais energia quando a fonte de energia é energia fornecida. Por sua vez, a fonte de energia irá então fornecer

menos energia. Desta forma, a energia fornecida pela fonte de energia pode ser minimizada. O sistema PI PIS irá permitir resposta rápida para as mudanças na corrente medida. Todos os atrasos de tempo neste laço são minimizados e a ação P do controlador dá uma resposta direta para o conversor. Esta parte da unidade de controle pode ser referida para o laço de controle de corrente rápida.

[0035] Uma vez que perdas de energia irão ocorrer nos cabos, conversores e motor-geradores, o nível de energia do armazenamento de energia irá diminuir ainda no caso de uma onda perfeita. Portanto, as fontes de energia devem compensar estas perdas. Isto pode ser realizado pelo “laço de controle de tensão lento”. Uma função tal como laço de controle de tensão lento pode ser para controlar a tensão dos capacitores em torno da tensão de operação desejada constante do elemento de armazenamento. Este ponto de ajuste de tensão de armazenamento predefinido (entrada 3 na fig. 9ª) é alimentado ao comparador COMP2 bem como uma média de tempo (entrada 4) da tensão do elemento de armazenamento. A média do tempo da tensão do elemento de armazenamento pode ser obtido pela passagem da tensão medida do elemento de armazenamento através de um filtro de passo baixo LPF. Contudo, COMP2 pode não reagir nos movimentos rápidos (tipo movimento da haste) mas pode reagir em mudanças com um tempo amplo constante, tal como perdas médias do sistema ou movimentos do guincho prolongados. A diferença do ponto de ajuste de tensão de armazenamento predefinido e a média do tempo da tensão do elemento de armazenamento é então alimentada, através de um bloqueio de controle P para o comparador COMP1 como o ponto de ajuste de corrente. O laço de controle de tensão lenta irá permitir que o armazenamento de energia seja provido com energia da fonte de energia, quando a tensão de operação do armazenamento de energia for abaixo do valor desejado.

[0036] Pode ser vantajoso levar em consideração a compensação da

haste esperada. Isto poderá render uma resposta mais rápida e contudo uma compensação mais efetiva, i.e. menos perda de energia. A compensação da haste esperada pode ser calculada com base nas medições de onda, forças de tração na carga, e/ou aceleração no acionamento dos eixos do motor-gerador. Também os movimentos do navio por si só podem ser usados para calcular uma compensação da haste desejada. Um valor representativo da compensação da haste esperado (entrada 3 na fig. 9b) pode ser alimentado para ainda outro comparador COMP3. Deste modo, por exemplo, quando é esperado que energia é necessitada pelo motor-gerador, a unidade de controle deve iniciar o acionamento do conversor para fornecer energia ao motor-gerador, em uma maneira mais rápida que sem tomar em consideração a compensação da haste esperada.

[0037] Em todos modos de realização acima, bem como em outras realizações possíveis, um dissipador de energia elétrica, tal como um resistor ou qualquer dispositivo de consumo de energia, deve ser conectado ao elemento de armazenamento elétrico para dissipação de energia, quando a tensão operacional do elemento de armazenamento elétrico exceder uma tensão de operação máxima. Então, operação segura do elemento de armazenamento elétrico deve ser provida para. Em outro modo de realização, operação segura é estabelecida pela retroalimentação do excesso de energia para a fonte de energia.

[0038] Desde que todos dispositivos elétricos descritos nos modos de realização acima tenham suas próprias características de operação para operação segura, pode ser entendido que vários sistemas de controle podem ser aplicados para medir as tensões de operação e correntes e para tomar ação quando operação segura está em perigo. Dispositivos podem, por exemplo, serem desconectados do sistema quando tensões estiverem muito altas. Estes sistemas de controle de segurança não foram mostrados na figura ou descritos para razões de clareza.

[0039] No contexto deste documento, o termo “compensação da haste” deve ser entendido como para compreender qualquer forma de compensação de movimento de onda, incluindo dentre outros compensação de movimento vertical, compensação de movimento horizontal e compensação de rolo.

[0040] Também deve ser entendido que uso de um super capacitor, possivelmente em combinação com um “laço de controle de tensão lento” e um “laço de controle de tensão rápido”, como descrito acima podem ser vantajosos para outros sistemas onde, em uma parte do ciclo, energia é requerida, enquanto em outra parte do ciclo, energia é produzida e armazenada.

[0041] Um exemplo de tal sistema é descrito no pedido de patente internacional PCT/NL2008/000221. Ele divulga um navio de casco único com uma grua pesada. Na figura 10 uma esquemática da seção cruzada do navio é mostrada. O navio 10 é provido com um mecanismo de amortecimento de rolo ativo. O mecanismo de amortecimento de rolo ativo compreende um lastro de amortecimento de rolo sólido 11 que é movível na direção transversa do casco (direção indicada pela seta A), um sensor detectando o movimento do rolo do casco, e um sistema de acionamento e controle 12 operável para causar e controlar movimentos do lastro de amortecimento em rolo sólido em resposta às direções do sensor para fornecer estabilização do rolo.

[0042] O sistema de controle e acionamento pode ser fornecido com um motor-gerador M/G e um armazenamento de energia C (tal como um super capacitor com um conversor) como descrito acima para acionar o mecanismo de amortecimento com rolo sólido. Os movimentos do lastro de amortecimento de rolo sólido podem ser descritos como um ciclo, como o lastro pode ser movido de bombordo a estibordo e vice-versa. No ciclo, energia pode ser produzida e armazenada em uma primeira parte do ciclo e pode ser requerida em outra parte.

[0043] Qualquer dos modos de realização mencionados de acordo com a invenção pode ser aplicado em mecanismo de amortecimento de rolo ativo, o motor/gerador M/G e o armazenamento de energia C. Em particular, um “laço de controle de tensão lento” e um “laço de controle de tensão rápido” podem ser aplicados ao controle de armazenamento de energia no armazenamento de energia e fornecendo energia de um dispositivo de energia para acionar o motor/gerador, o qual aciona o lastro de amortecimento de rolo sólido.

[0044] Deve ser entendido como acima, que modos de realização similares podem ser aplicados a outros tipos de navios, tais como navios perfuradores. Uma vez que navios perfuradores são usualmente posicionados em uma posição no oceano, eles devem experimentar rolamento do navio como um fator de distúrbio. Um sistema anti-rolamento que contraria o rolamento do navio de perfuração deve ser baseado no sistema de estabilização de rolo descrito acima e no pedido de patente internacional PCT/NL2008/000221. Também neste caso, qualquer uma das realizações da invenção pode ser aplicada para acionar um motor/gerador M/G e um armazenamento de energia C, que deve compreender um super capacitor, de modo a armazenar temporariamente energia no armazenamento de energia e para fornecer energia do armazenamento de energia para acionar o motor/gerador, que aciona o lastro de amortecimento de rolo sólido.

[0045] Deve ser entendido que em modos de realização e aplicações da invenção como descrito acima, pode ser possível que um motor interaja com a carga não é energia gerada ou regenerada e que uma fonte de energia fornece energia para o armazenamento de energia. Quando o motor requiere energia, o armazenamento de energia pode fornecer pelo menos uma parte da energia requerida pelo motor para interagir com a carga. Ainda, a energia requerida pelo motor é fornecida completamente pela fonte de energia, por exemplo em uma maneira contínua durante o ciclo inteiro. Em parte do ciclo,

quando o motor não requiere energia, a energia provida pela fonte de energia é armazenada no armazenamento de energia. em parte do ciclo, quando o motor requer energia, a energia é fornecida por pelo menos parte pelo armazenamento de energia.

[0046] Todavia, um sistema de compensação da haste ativo deve ser provido compreendendo um motor para interagir com a carga;

uma unidade de controle que é arranjada para controlar a operação do motor, a unidade de controle sendo arranjada para operar o motor para acionar a carga em uma primeira parte de um ciclo de movimento de onda; e

um elemento de armazenamento elétrico arranjado e eletricamente conectado ao motor para armazenar temporariamente energia de uma energizar o motor em um ciclo seguinte do movimento de onda.

[0047] Este sistema de compensação deve também ser aplicado para compensar por movimentos de rolo, i.e., um sistema anti-rolamento como é descrito acima e no pedido de patente internacional PCT/NL2008/000221. Modos de realização da invenção, como são descritos nas reivindicações 2 a 16, podem também ser aplicados a este sistema anti-rolamento ou de compensação de haste ativo.

REIVINDICAÇÕES

1. Sistema de compensação ativa de balouço caracterizado pelo fato de compreender um motor-gerador (M/G) para interagir com uma carga e uma unidade de controle (CON) arranjada para controlar a operação do motor-gerador, a unidade de controle (CON) arranjada para:

- operar o motor-gerador (M/G) para movimentar a carga em uma primeira parte de um ciclo de movimento de onda, e

- operar o motor-gerador (M/G) para regenerar em uma segunda parte do ciclo de movimento de onda, pelo menos uma parte da energia com a qual a carga foi movimentada na primeira parte do ciclo de movimento de onda,

o sistema de compensação ativa de balouço compreendendo um elemento de armazenamento elétrico (C) para armazenar temporariamente pelo menos parte da energia regenerada para energizar o motor-gerador (M/G) em um ciclo seguinte do movimento de onda.

2. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o elemento de armazenamento elétrico (C) compreende um capacitor, como um super capacitor.

3. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que o elemento de armazenamento elétrico (C) compreende uma bateria ou uma combinação de uma bateria e um capacitor, como um super capacitor.

4. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 3, caracterizado pelo fato de que o elemento de armazenamento (C) é conectado eletricamente em paralelo a uma fonte de energia elétrica (SRC) para energizar o motor-gerador.

5. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que um conversor (CONV) é eletricamente conectado entre o motor-gerador e o elemento de

armazenamento, o conversor para converter uma tensão de motor-gerador em uma tensão de carga/descarga, respectivamente, do elemento de armazenamento, e *vice-versa*.

6. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o conversor compreende um conversor bidirecional de corrente contínua-corrente contínua.

7. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o elemento de armazenamento compreende uma pluralidade de capacitores e no qual o conversor compreende uma rede de comutação para comutar os capacitores em combinações em série e/ou em paralelo.

8. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a reivindicação 5, caracterizado pelo fato de que o elemento de armazenamento compreende o super capacitor e no qual o conversor compreende um indutor para formar um circuito de ressonância indutor-capacitor com o super capacitor, uma frequência de ressonância do circuito de ressonância sendo adaptada a uma frequência de ciclo do movimento de onda.

9. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com qualquer uma das reivindicações 5 a 8, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle compreende um dispositivo de medição para medir uma tensão da fonte de energia, a unidade de controle (CON) arranjada para comparar a tensão com um valor de tensão de limiar baixo e de limiar alto, para acionar o conversor para carregar o elemento de armazenamento elétrico quando a tensão ultrapassar o valor de tensão de limiar alto, e para descarregar o elemento de armazenamento elétrico, quando a tensão estiver abaixo da tensão de limiar baixo.

10. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 9, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle compreende um dispositivo de medição de corrente para

medir uma corrente de uma fonte de energia, a unidade de controle (CON) sendo arranjada para comparar a corrente medida com um ponto de ajuste da corrente, para direcionar o conversor de modo que descarregue o elemento de armazenamento elétrico quando a corrente medida exceder o ponto de ajuste da corrente e de modo a carregar o elemento de armazenamento elétrico o ponto de ajuste da corrente exceder a corrente medida.

11. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 10, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle é arranjada para medir uma tensão de operação do elemento de armazenamento elétrico e para conectar um dissipador de energia elétrica quando a tensão de operação do elemento de armazenamento ultrapassar uma tensão máxima de operação.

12. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com qualquer uma das reivindicações 3 a 9, caracterizado pelo fato de que a fonte de energia compreende uma unidade de controle de fornecimento e em que a unidade de controle é arranjada para medir uma tensão operacional do elemento de armazenamento elétrico e para operar a unidade de controle de fornecimento para fornecer energia elétrica para a fonte de energia elétrica quando a tensão operacional do elemento de armazenamento elétrico exceder uma tensão de operação máxima.

13. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle é arranjada para comparar uma média de tempo da tensão do elemento de armazenamento com um ponto de ajuste de tensão armazenada pré-definido, e para modificar o ponto de ajuste da corrente na base da comparação.

14. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 13, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (CON) compreende um dispositivo de medição para medir um variável, representativo de um movimento de balouço a ser compensado, a

unidade de controle sendo arranjada para direcionar o conversor de modo a carregar ou descarregar o elemento de armazenamento elétrico para fornecer ou para armazenar temporariamente pelo menos uma parte da energia elétrica envolvida com a compensação do balouço na base da variável medida.

15. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com a reivindicação 14, caracterizado pelo fato de que a unidade de controle (CON) é arranjada para direcionar a fonte de energia a fornecer ou a receber pelo menos parte da energia elétrica envolvida com a compensação do balouço.

16. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com qualquer uma das reivindicações 14 ou 15, caracterizado pelo fato de que a variável é uma variável de onda, uma variável de balouço ou uma variável de motor-gerador.

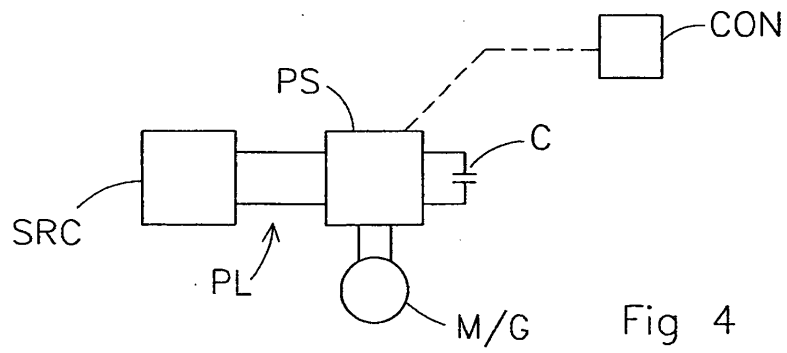
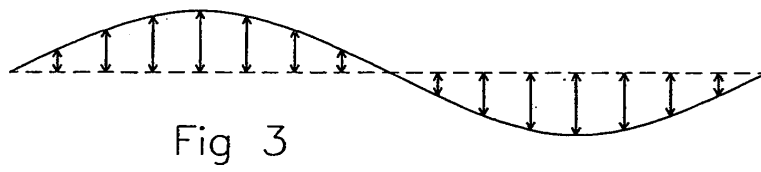
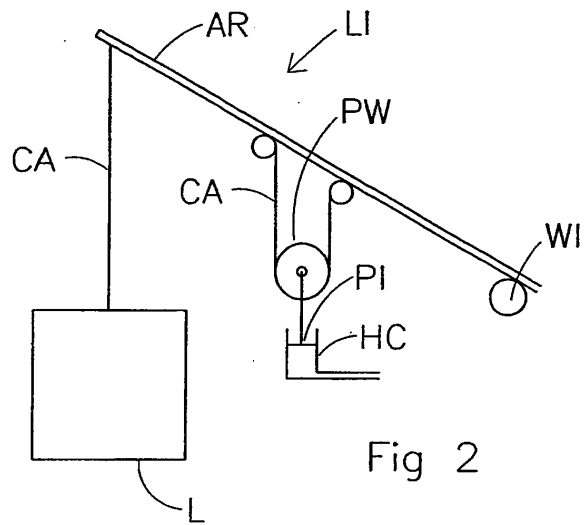
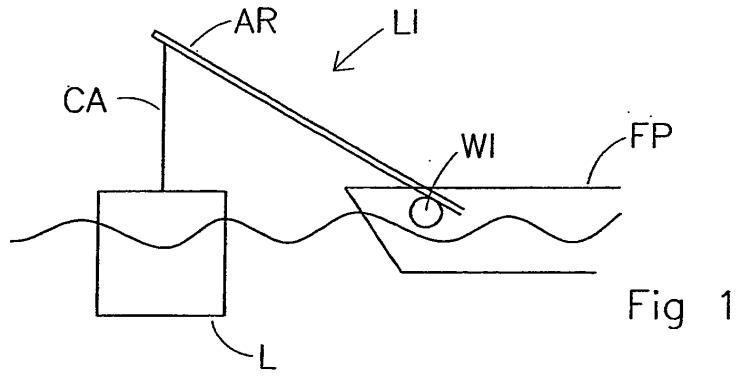
17. Sistema de compensação ativa de balouço de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 16, caracterizado pelo fato de que carregar compreende um lastro de amortecimento de rolo sólido o qual é movível em uma direção transversa de um casco.

18. Método de compensação ativa de balouço para compensar, pelo menos parcialmente, para um efeito de um movimento de onda sobre uma carga, caracterizado pelo fato de compreender:

- operar um motor-gerador (M/G) que interage com a carga para movimentar a carga em uma primeira parte de um ciclo de movimento de onda, e

- operar o motor-gerador (M/G) para regenerar em uma segunda parte do ciclo de movimento de onda pelo menos uma parte da energia com a qual a carga foi movimentada na primeira parte do ciclo de movimento de onda,

no qual pelo menos parte da energia regenerada é armazenada temporariamente em um elemento de armazenamento elétrico (C) para energizar o motor-gerador (M/G) em um ciclo seguinte do movimento de onda.



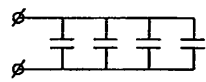
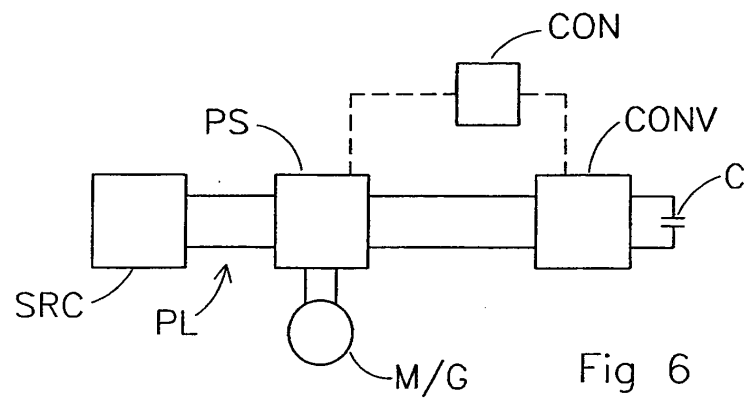
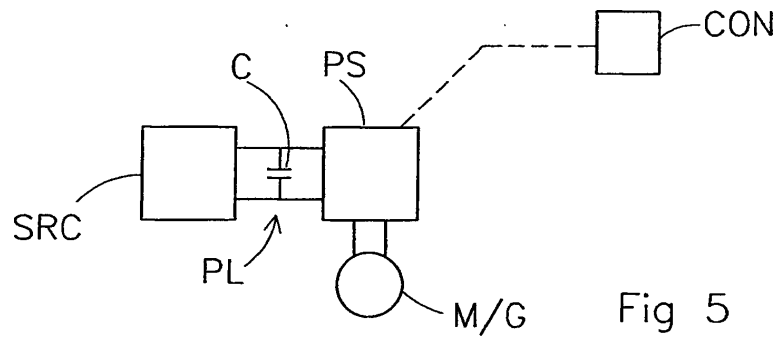


Fig 7a

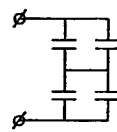


Fig 7b

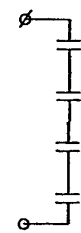


Fig 7c

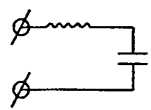


Fig 8