

INTRODUÇÃO

Durante o desenvolvimento da indústria de exploração de petróleo, duas possibilidades tornaram a extração de hidrocarbonetos possível: o desenvolvimento de campos a partir de plataformas com múltiplos poços e completação seca (ou seja, poços nos quais a colocação da árvore-de-natal – conjunto de válvulas instaladas que regula a produção – não é abaixo da lâmina de água) e produção com poços satélites e completação submarina.

São exemplos da primeira alternativa as plataformas fixas do tipo jaqueta, plataformas de pernas atirantadas ou “*Tension Leg Platforms*”, e plataformas cilíndricas verticais de grande calado ou “*Spar Buoy*”. Já para a segunda opção e utilização viável e necessária em lâminas d’água mais profundas, pode-se citar as plataformas semi-submersíveis e unidades flutuantes de produção, armazenamento e escoamento ou “*Floating, Production, Storage and Offloading* – F(P)SO”.

O grande diferencial destes sistemas, em especial as F(P)SOs é sua capacidade de armazenar e escoar sua produção através do modal marítimo, aqui definido pelos navios aliviadores dotados de Sistemas de Posicionamento Dinâmico.



Figura 1- Tipos de plataformas

CAPÍTULO 1

NAVIO ALIVIADOR

Os sistemas de produção do tipo F(P)SO têm recebido destaque especial na exploração de petróleo no mar, com aplicação crescente ao longo dos últimos anos em face das descobertas de campos de exploração em águas cada vez mais profundas.

Navios convencionais convertidos e novas construções são utilizados como unidades estacionárias de produção, e vêm se mostrando uma alternativa economicamente interessante recebendo especial atenção das companhias de petróleo. Esta demanda se deve ao aumento da lâmina de água de operação, maior capacidade requerida para o processamento de óleo e gás a bordo do sistema flutuante e operações em campos marginais ou em locais muito distantes das estações de recebimento e armazenagem em terra. É importante ressaltar que o aumento de lâminas d'água de operação em conjunto com um ambiente mais adverso como ocorre nas bacias petrolíferas de Campos e de Santos favorecem o uso de F(P)SOs. Além disso, a disponibilidade de navios petroleiros no mercado também tem contribuído para fortalecer o emprego de navios como unidades de produção de petróleo do tipo F(P)SO. Comparados a outros sistemas flutuantes de produção como semi-submersíveis, 'TLPs' e 'Spar Buoys', os F(P)SOs, além de produzir são fundamentalmente diferentes por armazenarem grandes quantidades de óleo e terem a capacidade de exportá-lo para outros navios.

Os sistemas flutuantes de produção que não possuem capacidade de armazenamento requerem o investimento em sistemas de escoamento usando oleodutos submarinos, o que se torna um aspecto relevante para locais em águas profundas ou a grandes distâncias do litoral. Atualmente, os estudos de viabilidade técnica e econômica consideram também alternativas nas quais o sistema flutuante de produção operará em conjunto com um navio-cisterna ("*Floating, Storage and Offloading – FSO*"), descartando a opção de escoamento do óleo por oleodutos submarinos. Em ambos cenários de operação, ao conceito de escoamento pelo modal marítimo pode ser aplicada a utilização de SPDs, embarcações estas conhecidas como NADPs – Navios Aliviadores Dinamicamente Posicionados (ou "*Dynamically Positioned Shuttle Tankers–DPSTs*"). A utilização dos NADPs vem se intensificando em

atendimento à demanda de escoamento da produção dos F(P)SOs. No Brasil, esse escoamento se dá aproximadamente 85% através deles.

O destino desta produção transportada pelos aliviadores são em geral os terminais aquaviários de São Sebastião, Angra dos Reis, São Francisco do Sul ou Tramandaí.

O primeiro navio aliviador dotado de sistema de posicionamento dinâmico a operar para a PETROBRAS foi o CAMPOS TRANSPORTER, o qual trabalhou até 2003 realizando o alívio da FPSO SEILLEAN. A experiência adquirida permitiu confirmar as vantagens do posicionamento dinâmico, culminando no projeto de substituição gradual da frota de aliviadores convencionais que operam na Bacia de Campos.

Aos poucos, os petroleiros convencionais vêm dando lugar a unidades mais modernas, seguras e eficientes, dotadas de casco duplo e posicionamento dinâmico, tanto afretados ao mercado quanto da subsidiária TRANSPETRO (antiga “Frota Nacional de Petroleiros – FRONAPE”), totalizando cerca de 20 NADPs até meados de 2012.

Esta iniciativa tem por objetivo o aperfeiçoamento do processo de escoamento de óleo, abrangendo desde a melhoria operacional e de segurança dos Terminais Oceânicos até o descongestionamento dos terminais marítimos, oleodutos submarinos e estações intermediárias que bombeiam o petróleo com destino às refinarias. O segundo navio a operar no contexto desse projeto foi o CATHERINE KNUTSEN em Maio de 2002. A este se seguiu o NORDIC SAVONITA, o NORDIC MARITA e então os navios da TRANSPETRO que foram escola para muitos operadores, os NADPs ATAÚLFO ALVES e CARTOLA, todos estes em 2002.

1.1 Composição de movimento e forças externas atuantes

Qualquer embarcação, quando em alto-mar, possui um movimento específico em resposta às forças que atuam sobre ele (ação direta de vento e ondas). Este movimento, para a finalidade de estudo, foi dividido ao longo de três eixos (x, y e z) e classificados como movimentos de rotação ou lineares, verticais ou horizontais. Tais componentes são conhecidos

como graus de liberdade da embarcação e são denominados Avanço ou recuo (*Surge*) que define a movimentação para frente e para trás, o caimento (*Sway*) é a movimentação lateral, o cabeceio (*Yaw*) é a rotação do navio no plano horizontal. Ainda há o caturro (*Pitch*), que caracteriza o movimento de subida e descida da proa e da popa, o balanço (*Roll*) que faz referência ao giro lateral do navio e por fim a arfagem (*Heave*).

Tais movimentos são de suma importância, pois como será visto posteriormente, o Sistema de Posicionamento Dinâmico atuará especificamente no controle dos movimentos lineares horizontais bem como na previsão dos efeitos dos agentes naturais que geram tais movimentos (vento e ondas).

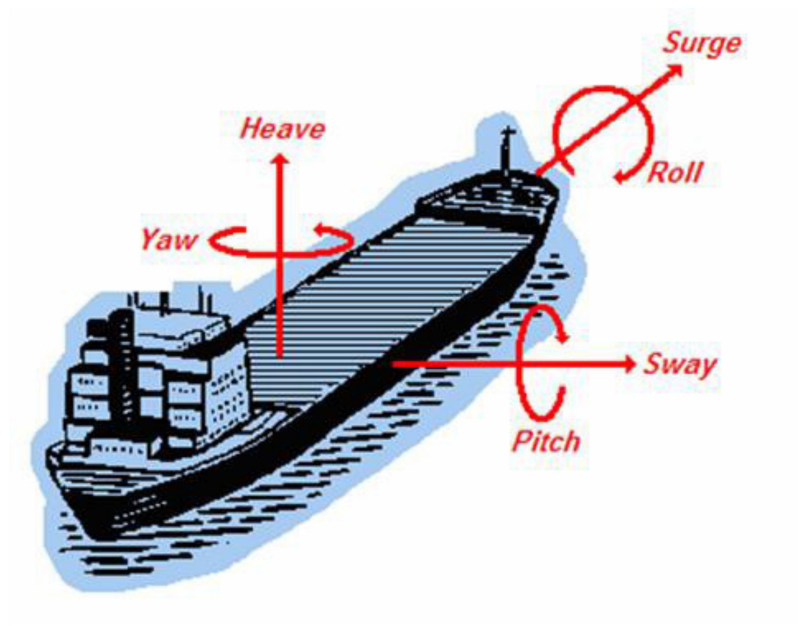


Figura 2- Graus de movimento de uma embarcação

1.2 Operação

A operação de alívio de plataformas do tipo FPSO, conhecida como offloading, é composta por duas etapas: aproximação e afastamento. Com duração média de 24 horas tal procedimento exige atenção constante e procedimentos específicos de segurança a fim de evitar vazamentos de petróleo quer por rompimento de equipamentos quer por colisão entre o

navio e o terminal de operação. Assim, acompanhada da crescente utilização deste tipo de embarcação na extração do petróleo brasileiro, houve a modernização dos equipamentos utilizados e a procura pela excelência em segurança na operação.

Basicamente, a operação consiste na transferência de petróleo através de um mangote e suas conexões que interligam a plataforma e o navio- tanque. Logicamente, a segurança deste procedimento é garantida através de cabos de segurança que amarrarão navio e plataforma (conhecidos como *Hawser*), sensores de controle de vazão e pressão na linha de abastecimento, sistema de distribuição de petróleo para os tanques do navio, válvulas de segurança e travamento, entre outros. Além disso o sucesso da ação depende de boas condições meteorológicas e o mantimento da posição do navio-tanque e distância entre navio e terminal de operação.

1.2.1 Evolução dos equipamentos utilizados

Os equipamentos utilizado nas operações de alívio de petróleo em lâminas d'água de grande profundidade têm sido aprimorados afim de reduzir a probabilidade de rompimento e consequente vazamento e danos ambientais.

Atualmente, a operação considerada mais segura e amplamente utilizada é conhecida como Sistema de Carregamento pela Proa (*Bow Loading System*) e ela fornece meios eficientes sem a necessidade de intervenção humana para a amarração do navio aliviador ao terminal de operação e para o carregamento ‘*offshore*’ e descarga de petróleo bruto e outros meios fluidos. A conexão de travamento da amarração, bem como o acoplamento nele existente são respectivamente compatíveis com o cabo de amarração ‘*hawser*’ e os mangotes de transferência de carga.

Esta tecnologia foi implementada no Brasil, em 2002, pela PETROBRAS e TRANSPETRO no navio aliviador CARTOLA. Em comparação aos navios aliviadores convencionais, as duas vantagens do sistema BLS são atribuídas ao tipo de acoplamento ou conexão que é feita entre o mangote de transferência e a tubulação de recebimento do navio. A operação de navios aliviadores convencionais apresenta dois problemas que impactam

diretamente a segurança das operações: a conexão por meio de flanges e parafusos ou estojos; e o dobramento excessivo do mangote. Mediante esta configuração de operação, é possível afirmar que a possibilidade de uma desconexão em emergência em função de dificuldades de posicionamento do navio ou condição ambiental adversa é nula. Além disso, os dobramentos excessivos do mangote levam a uma redução significativa de sua vida útil, ocorrendo desgaste sendo necessária a constante troca desta seção do mangote, principalmente devido a danos irreversíveis.

Outra possibilidade de acoplamento é a utilização do equipamento ‘*BLS Coupler*’ que possui uma capacidade de movimentação livre de momentos provida por uma articulação do tipo esfera, evitando esforços adicionais ao mangote de offloading’. Com estes fatores, se aumenta a vida útil e a durabilidade de serviço do mangote pois por meio de força hidráulica, o ‘BLS coupler’ quando tem o mangote conectado e travado nas três garras que o circulam, atua um pistão que empurra seu disco central contra o disco da válvula na extremidade do mangote. A partir de então, o óleo pode ser bombeado do F(P)SO para o navio aliviador pelo ‘BLS Coupler’ e então encaminhado pela tubulação de recebimento que conecta o BLS ao ‘*manifold*’ central do navio, o qual acessa os diversos tanques de carga.



Figura 3- BLS Coupler



Figura 4- BLS – Bow loading System

1.3 Necessidade do Sistema de Posicionamento Dinâmico

A constante exigência quanto à segurança das operações de transferência e o aumento da rigidez das legislações, como a configuração de crime nos casos de vazamento e acidentes ambientais, denota a importância e necessidade da utilização do Sistema de Posicionamento Dinâmico visto que, como apontado anteriormente, o mantimento de posição do navio-tanque e da posição entre ele e o terminal é um fator crucial no que tange à segurança. Assim, o uso do sistema permite através de um conjunto de computador, sensores, sistemas e propulsores não só preservar posição, mas também assegurar, através de alarmes, que, em caso de emergência (afastamento excessivo entre terminais por exemplo), os mangotes possam ser desconectados de forma segura e antecedente a um derramamento.

CAPÍTULO 2

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

O Sistema de Posicionamento Dinâmico, de acordo com FOSSEN [1], pode ser definido como um sistema que controla automaticamente a posição e o aproamento de uma embarcação exclusivamente por meio de propulsão ativa. Ampliando a definição acima, ele é um meio sem utilização de âncoras para manter automaticamente um navio em posição relativamente fixa em referência ao fundo do oceano e com determinado aproamento.

Este posicionamento é realizado através de propulsores ou ‘thrusters’, sendo controlados em função de informações obtidas por instrumentos de referência de localização absoluta e relativa, tais como: sensores hidroacústicos no fundo do mar, tendões de conexão, transmissores de ondas de rádio e microondas no próprio navio, canhões de laser, agulhas giroscópicas, sistemas de navegação por satélites etc..

Atualmente, embarcações em que a manutenção da posição é primordial para a execução das operações a que se destinam – tais como sondas para águas profundas, embarcações instaladoras de linhas submarinas e navios aliviadores oceânicos Modernos – possuem um notável número de propulsores para serem controlados. A operação de cada um destes propulsores individualmente controlando sua direção de atuação e o empuxo gerado através do avanço ou recuo no passo do hélice seria de extraordinária dificuldade. Sem margens às dúvidas, seriam observados grandes prejuízos às operações em função dos impactos principalmente à manutenção da posição propriamente dita, mas também à demanda de carga elétrica para os sistemas de geração de energia, aspecto fundamental para a segurança das instalações. Em suma, é devido ao significativo ganho de facilidade para o operador, esta gerada pelo comando sistematicamente automatizado da atuação dos diversos propulsores, que a utilização do sistema é tão difundida na indústria marítima.

2.1 Configuração Individual do Sistema

O Sistema de Posicionamento Dinâmico é desenvolvido especialmente para o navio em que será utilizado. Sua configuração prévia é também chamada de modelo e é uma descrição matemática da forma como o navio reage ou se move em função das forças que sobre ele atuam. Esta descrição hidrodinâmica é representativa de características específicas de cada navio, tais como massa, coeficientes de arraste, raios de giração etc. O critério de projeto para tal modelo, portanto, é uma descrição tão precisa quanto possível dos movimentos de resposta em reação a quaisquer forças externas. Desta forma, pode-se atribuir ao modelo as mesmas forças externas atuando sobre o navio. O modelo matemático em si nunca é uma representação 100% exata do navio real. No entanto, usando as técnicas de filtragem de Kalman, o modelo pode ser continuamente melhorado.

2.2 Computadores

Os computadores são uma peça chave no sistema DP. Possui seu modelo matemático específico que usa os dados recebidos dos sensores e de posicionamento para calcular quais thrusters devem ser acionados e o quanto de potência cada *thruster* deve utilizar.

O sistema pode ser dividido entre básico, quando as unidades externas, como sensores, thrusters e sistemas de referência, são ligadas diretamente ao computador ou integrado se as unidades são ligadas ao computador através de uma rede de dados. Alguns sistemas possuem dois ou três computadores independentes. Se o sistema estiver composto de duas ou três vezes o número de sensores, sistemas de referências e painéis de controle eles são chamados de sistemas duplamente redundantes ou triplamente redundantes.

2.2.1 PID

O controlador PID (proporcional mais integral mais derivativo) combina as características de grande estabilidade e as eliminações do erro do computador, em um único controlador. Aplicado no sistema ele funciona basicamente avaliando o erro entre a posição

obtida e o *set-point* (valor determinado), e dividindo este no três graus de liberdade controlado pelo DP: avanço/recuo, cabeceio e caimento.

Qualquer erro obtido é processado e são aplicadas as forças necessárias para a compensação da posição, minimizando a força para o navio não passar da posição e para não permitir que a embarcação fique estável fora do *set-point*. Este é o sistema mais antigo, porém ainda é o mais disseminado.

2.2.2 Filtro de Kalman

O filtro de Kalman é um conjunto de algoritmos desenvolvido com finalidades militares e espaciais, usado posteriormente para fazer a estima do movimento do navio tendo como referência a posição oriunda de sinais de diversos tipos de sensores, e com uma excelente capacidade de filtrar e combinar os mesmos, trazendo assim uma alta precisão, além de estimar as forças de ondas e correntezas com esses dados. O comportamento do navio será descrito através de um modelo matemático linear, fazendo uso de processos probabilísticos para filtrar as incertezas de posição, reduzindo possíveis erros provenientes das medições de posição e rumo verdadeiro. A estimativa estatística das variáveis de estado (posição e velocidade) será para uma condição ótima, ou seja, a melhor estimativa será baseada em correção de cada medida individual. Esse filtro ainda possui um banco de dados onde são armazenados todos os processos feitos durante as operações e, no caso de falha total ou parcial dos sistemas de referência, este mantém a posição do navio por cerca de 8 minutos se baseando nos dados registrados anteriormente.

2.3 Sensores

Responsáveis por munir os sistemas de referência de posição de informações necessárias para compensação de dados e correta definição de posicionamento. O número de sensores de cada tipo é determinado pela classe DP da unidade flutuante. Os sensores utilizados no sistema DP são: agulhas giroscópicas, VRS, anemômetros e outros sensores que também medem as forças atuantes no navio.

a) Anemômetro

São sensores capazes de medir a velocidade e a direção do vento. Uma vez que o vento pode mudar de direção rapidamente, é importante que esses dados sejam precisamente medidos e fornecidos ao sistema DP. O sistema DP, por sua vez, irá compensar as mudanças aferidas antes que o navio comece a perder sua posição.

Os anemômetros são instalados em diferentes locais a bordo, sendo observadas quaisquer estruturas que possam causar sombra no aparelho e prejudicar seu funcionamento. Em certos casos particulares é interessante desabilitar os dados passados pelos anemômetros, como, por exemplo, em situação com operações de helicópteros na área ou enquanto operando próximo a uma estrutura de grande porte, que podem influenciar na medida correta do vento no local. No caso desse sistema ser desabilitado, o sistema DP continuará usando como referência os dados de velocidade e direção obtidos na última leitura e que ficaram registrados.



Figura 5- Anemômetro

b) Agulha giroscópica

As agulhas giroscópicas medem o aproamento do navio, que é utilizado para correções no cabeceio. Essa medida também é necessária para a obtenção da posição do navio, uma vez que as agulhas giroscópicas são posicionadas no centro do navio.

Devido a isso, as agulhas giroscópicas são os sensores mais importantes para o posicionamento. A maioria dos navios DP possui duas ou três agulhas giroscópicas, mais uma vez esse número dependendo da classe DP.



Figura 6- Agulha Giroscópica

c) VRS

Os sensores de movimentos verticais medem a movimentação do navio em relação ao caturro e ao balanço. Essas medidas são usadas para compensar a movimentação dos equipamentos de referência enquanto o navio estiver jogando ou caturrando. São forças de caráter oscilatório e são eliminadas pelo sistema já que não resultam em deslocamento no plano horizontal em relação a um ponto fixo.

Considerando-se um navio com 100 metros de comprimento e ondas de 3 metros de altura significativa, as chamadas forças atuantes podem chegar mesmo a 400 toneladas-força e, portanto, sendo muito superiores a qualquer capacidade de compensação aos desvios pelo

sistema de propulsão. Logo, estes filtros internos impedem que qualquer tentativa seja feita no sentido de compensá-las. Por outro lado, a natureza oscilatória dessas forças afeta grandemente os movimentos de joga (*roll*) e arfagem (*pitch*) da embarcação, os quais são medidos pelos sensores de movimentos verticais (“Vertical Reference Unit – VRU”).



Figura 7- VRS

2.4 Sistemas de Referência

Medidas constantes da posição do navio são essenciais para o posicionamento dinâmico. Aqui serão apresentados os sistemas de uso mais comum. Normalmente mais de um sistema de referência de posicionamento é usado simultaneamente. Isso aumenta a precisão e a confiabilidade da posição calculada. Um sistema com erro baixo será levado mais em consideração do que aquele visto como mais impreciso. Cada sistema de referência de posicionamento nos dá medidas de posição relativas específicas daquele sistema. O primeiro sistema selecionado se torna o sistema base. Informações de posição de quaisquer outros sistemas de referência são então calibrados de acordo com esse sistema base.

2.4.1 Sistema de referência de posição absoluta

Os componentes do Sistema de referência de posição absoluta dedica-se a informar a posição da embarcação em cada instante da operação. Assim, o sistema pode avaliar se ela afastou-se ou está coerente com o set-point necessário. Entre estes componentes se pode citar:

a) DGPS (*Differential Global Positioning System*)

Combinando a localização conhecida dos satélites, medidas do intervalo entre a transmissão e o recebimento do sinal satélite são utilizadas para a determinação da posição do navio. Existem neste momento um total de vinte e sete satélites na órbita terrestre, sendo que destes são necessários apenas quatro para calcular sua posição corretamente.

Devido ao sistema pertencer aos norte-americanos, a informação obtida do GPS diretamente possui um erro considerável, de cerca de 20 metros. Entra em cena então o DGPS, que introduz então a correção desse erro comparando a informação dos satélites com estações de terra em posições fixas e conhecidas. GLONASS é o sistema utilizado pelos Russos em contrapartida ao GPS, que é um sistema americano. Embora no início este sistema utilizasse vinte e quatro satélites, hoje em dia apenas doze deles estão em funcionamento. Existem receptores que utilizam tanto o sistema DGPS quanto o sistema GLONASS, integrando os dois e disponibilizando dessa maneira um maior número de satélites para uso.

b) *Tautwire*

O *Tautwire* é um sistema mecânico local de referência de posição, que consiste num guincho para manter a tensão constante a bordo e um peso lançado no fundo do mar preso ao cabo. Pela medida do comprimento do cabo e o ângulo que ele faz, a posição do navio em relação ao peso é calculada. É o sistema mais antigo de referência para DP e até hoje ainda é o mais preciso para águas rasas, além de independer de alvos ou estações em terra. Em contrapartida, ela limita o movimento da embarcação em função do comprimento do cabo, além de criar uma catenária conforme o comprimento de cabo na água aumenta.

2.4.2 Sistema de referência de posição relativa

Os componentes do sistema de referência de posição relativa medem a distância entre o navio aliviador e a plataforma. Tais elementos são responsáveis por manter que equipamentos, como o mangote conectado ao *bls coupler*, não sofra tensões em excesso

devido ao afastamento entre os terminais. Os principais componentes utilizados em navio aliviador são:

a) Fanbeam e CyScan

O *Fanbeam* e o *CyScan* são sistemas locais relativos de referência de posição, usando raios laser para medir a marcação e a distância entre o emissor e o refletor. O refletor, por se tratar de uma peça portátil, muitas vezes é passado para outra embarcação por aquela que possui o sistema e posicionado para tornar mais preciso o cálculo da distância entre as embarcações, comparando esses dados com aqueles oriundos de outro sistema de referência.



Figura9- Fanbeam e Cyscam

b) Artemis

É um sistema de referência de posição local que usa micro-ondas de rádio na frequência de 9 GHz. O sistema é composto de duas estações, uma a bordo do navio e a outra num ponto fixo (em terra ou a bordo de outra unidade flutuante). O Artemis mede marcação e distância entre as duas estações com alta precisão, e para o correto funcionamento a antena e a estação fixa devem estar sintonizada na mesma frequência.

2.5 Propulsores

O grande atuador do sistema de posicionamento dinâmico é o sistema de propulsores. No sistema DP, os *thrusters* são definidos como o componente que gera forças que

compensam os movimentos do navio. Por essa definição, propulsores e lemes são *thrusters* da mesma maneira. O sistema DP calcula o uso otimizado dos *thrusters*, evitando o desperdício de força e energia. Os tipos de thrusters mais comuns são: Propulsores e lemes, thrusters azimutais e, thrusters de túnel (bow e stern). Os propulsores com lemes podem ter um ou dois hélices, passo fixo ou variável, passo constante ou controlável.

2.5.1 Propulsor Azimutal

Os propulsores azimutais geralmente são propulsores de túnel, com o passo variável e constante. Os azimutais de maior porte possuem passo fixo e controlável.

Tanto os menores quanto os maiores podem também ser fixos ou retráteis. Uma desvantagem é que eles são um apêndice no casco, estando sujeitos a avarias. Podem ser utilizados como o meio de propulsão principal da embarcação. Uma variação desse sistema são os *azipods*, que tem como característica ter o seu motor também submerso junto ao hélice, sendo bons contribuintes na manobrabilidade do navio.

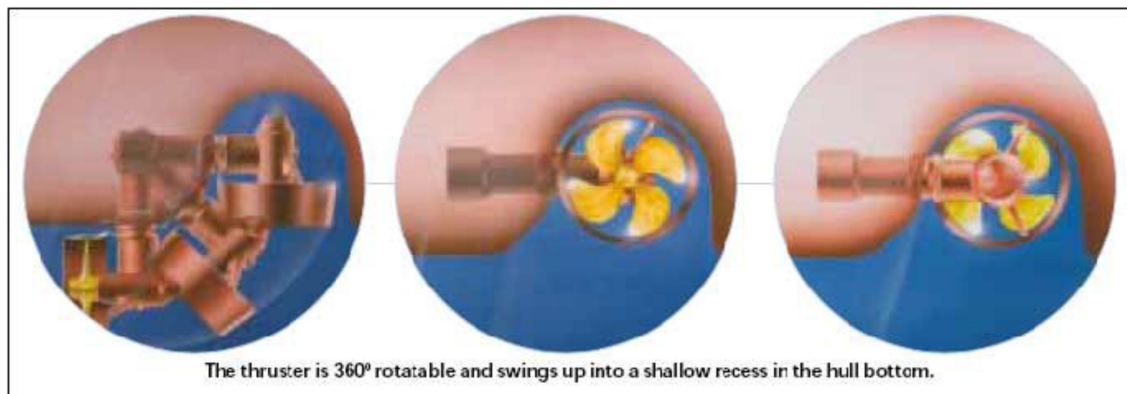


Figura 10- Propulsores Azimutais

2.5.2 Thruster de Túnel

Este tipo de propulsor dedica-se basicamente para a manobra de baixa velocidade, governo de emergência e manutenção de posição. São instalados no sentido transversal da embarcação, na proa ou na popa. Tipicamente, nas configurações dos navios DP, são colocados dois desses propulsores uma ao lado do outro, e sempre o mais a ré ou o mais a

vante possível, para obter máximo momento de força para o giro.



Figura 11- Thruster de túnel

2.6 Fonte Geradora de Energia

A necessidade de energia elétrica é muito maior em um navio DP em comparação com um navio convencional. Nestes navios todos os *thrusters*, bombas e sistemas auxiliares são alimentados por energia elétrica. Toda a força elétrica gerada alimenta um barramento de força que a distribui para os demais sistemas. Para prover redundância nesse sistema, deve haver no mínimo dois quadros de distribuição e um quadro de emergência. Sistemas de gerenciamento de energia tem intenção de garantir que quedas bruscas de energia ou blecautes sejam evitados. Levando em consideração os aspectos de operações seguras e de redundância, o monitoramento do uso de energia deve ser constante. Devido a razões de segurança, a operação DP não deve ser executada quando a demanda de energia for superior a 80% da energia disponível, ou quando qualquer equipamento de propulsão estiver, individualmente, excedendo sua capacidade em 80%. O próprio sistema de gerenciamento alerta quando tais limites são alcançados e/ou ultrapassados. Isso se deve ao fato de, no caso de uma emergência, os propulsores terem capacidade reserva de força para alterar a sua manobra e, por exemplo, se afastar de uma plataforma.

2.6.1 UPS

Um sistema simples de gerenciamento de energia é uma forma de prevenção de blecautes, garantindo que o sistema DP e todos os seus componentes devem ser alimentados

por uma fonte ininterrupta de energia, chamada UPS (Uninterrupted Power Supply), que deve ter a capacidade de fornecer um mínimo de 30 minutos de alimentação independente, com baterias. Uma vantagem trazida por essa tecnologia é a preservação de dados coletados que, por ventura, venham a se perder por uma queda de energia.

2.7 Classes do Sistema

Um sistema DP consiste em componentes e subsistemas que atuam juntos para alcançar o seu objetivo de maneira suficientemente confiável. A confiabilidade necessária é determinada de acordo com a consequência da perda da capacidade de manter a posição ou trajetória. Quanto mais grave for a consequência em caso de acidente, mais confiável e redundante o sistema deve ser.

Redundância de componentes e sistemas significa ter imediatamente disponível a capacidade de continuar a operação em DP, após a ocorrência de falhas. A transferência para o equipamento ou sistema redundante deve ser, na medida do possível, automática e a intervenção do operador deve ser a mínima possível. Quanto mais redundante, mais seguro, sendo este o fator diferenciador entre as classes DP. Segundo a IMO, as classes DP e seus requisitos mínimos são as seguintes:

a) DP Classe 1: Esta classe introduz uma redundância parcial, mas pode existir a perda de posição por falha de um dos componentes ativos.

b) DP Classe 2: Traz redundância completa, com prevenção de perda de posição por falha singular de equipamento. Contudo, o sistema pode deixar de ser efetivo numa falha de componente estático, ou seja, um cabo ou válvula manual;

c) DP Classe 3: A mais segura das classes DP, esta por sua vez traz redundância para todo e qualquer equipamento componente do sistema DP. Além disso, ainda há como medida de segurança o uso de computadores independentes com sistema back-up instalados em outro compartimento, separado por uma anteparo entanque, para se restabelecer o controle da embarcação no caso de incêndio ou alagamento do compartimento principal.

CAPÍTULO 3

MODOS DE OPERAÇÃO DO SISTEMA

Em função de diferentes tipos de operações oceânicas em que se deseja controlar o posicionamento e o aproamento da embarcação, foram criados Modos Operacionais específicos para a atuação do SPD. Os modos operacionais diferem entre si basicamente pelas estratégias de controle dos movimentos lineares e angulares da embarcação no plano horizontal, estratégias as quais podem sofrer maior ou menor influência do operador do sistema. Os Sistemas de Posicionamento Dinâmico mais modernos permitem estabelecer diferentes níveis de automação entre os diversos modos operacionais, a partir dos quais é possível contar com uma espécie de piloto automático: independentemente de tratar-se de modificação do posicionamento da embarcação ou de seu aproamento. É possível observar que, além naturalmente dos custos de cada equipamento e facilidades do SPD, entre os critérios de escolha adotados por armadores de embarcações dinamicamente posicionadas são considerados ainda: a facilidade de utilização pelos operadores do SPD, a uniformidade de aplicação para a frota, a confiabilidade e segurança dos sistemas, bem como sua capacidade de integração e controle dos subsistemas fornecidos por outros fabricantes.

No caso específico de aliviadores dinamicamente posicionados dedicados às operações em terminais de operação foram necessárias adaptações dos tradicionais modos operacionais com o objetivo de adequá-los a estes cenários operacionais específicos de *offloading*, provendo estratégias de posicionamento bastante similares, mas também atendendo a demandas peculiares dos trabalhos desempenhados. Entre estas especificidades, é fundamental apontar como principal fator motivador a natureza dos riscos das operações de alívio em que duas embarcações de grande porte devem permanecer próximas durante ao menos 24 horas, devendo ser evitada qualquer perda de controle que acarrete em colisão direta.

Ainda em virtude da ocorrência de falhas e para que não haja interrupção das operações de transferência de carga ‘offshore’ há ainda modos operacionais não-automáticos ou simplesmente manuais. Nestes modos chamados manuais, apesar de não se controlar isoladamente a atuação de cada componente do sistema de propulsão, é possível uma atuação

direta do operador do sistema com o intuito de garantir a continuidade da operação de forma segura. Desta maneira, os seguintes modos operacionais desenvolvidos especificamente para a operação de alívio – manuais e automáticos – são detalhados abaixo.

a) Modo Manual com Tração Constante no Cabo de Amarração (“*TAUT HAWSER FULLY MANUAL MODE*”)

Atualmente, em função do nível de confiabilidade dos SRPs disponíveis no mercado, este modo operacional está praticamente em desuso, restringindo-se a operações de alívio esporádicas em regiões remotas, onde o sistema flutuante de produção não possui qualquer preparação específica para ‘offshore loading’. No modo ‘Taut Hawser Fully Manual’ o controle do posicionamento e aproamento do navio aliviador é integralmente exercido pelos controles manuais no console analógico de cada um dos ‘thrusters’ e de forma isolada. A posição da embarcação é monitorada pelas telas dos SRPs e a demanda de potência é controlada através dos mímicos do sistema de gerenciamento de energia. Dada a variedade de parâmetros a serem monitorados, bem como a quantidade de equipamentos a serem comandados, a utilização deste modo operacional requer experiência e conhecimento das condições ambientais da região por parte do operador da embarcação. Ainda assim, operações de alívio possuem duração de ao menos 24 horas e, mesmo havendo revezamento por turnos, há grande exposição das embarcações em função de erro humano nas manobras, principalmente em função da referida complexidade.

b) Modo Manual com Controle por Alavanca e Tração Constante no Cabo de Amarração (“*TAUT HAWSER JOYSTICK MODE*”)

A evolução deste modo operacional em relação ao ‘Taut Hawser Fully Manual’ consiste basicamente da possibilidade de controle do navio aliviador através de ‘joystick’ único do console do SPD, ainda de forma totalmente manual.

Assim, a posição pode ser continuamente monitorada via SPD, utilizando os SRPs absolutos ou relativos, e a demanda de potência dos ‘thrusters’ é controlada pelo SPD, evitando sobrecargas ao sistema de geração de energia com o auxílio do sistema de

gerenciamento. Já este modo operacional é mais comumente utilizado em função de indisponibilidades operacionais nos sistemas de referência de posição por parte do TO.

c) Modo de Aproximação Automática com Minimização de Demanda de Potência (“*APPROACH MINIMUM POWER MODE*” ou “*APPROACH WEATHER VANING MODE*”)

É essencialmente utilizado ao início e ao fim de todas as operações de ‘*offloading*’ para permitir aproximações e afastamentos do navio aliviador em relação ao terminal de operação da maneira mais segura, ou seja, com a menor demanda de potência possível. É, portanto, uma mescla dos tradicionais modos operacionais ‘*Auto-Track*’ e ‘*Auto-Position Minimum Power*’ – a nomenclatura naval ‘*weather vaning*’ indicando claramente que a menos potência será demandada pelo sistema de propulsão se o alinhamento do navio aliviador estiver de acordo com a resultante das forças provocadas pelos agentes ambientais.

Este modo faz uso exclusivamente dos sistemas de posição relativa, o que limita sua utilização quando muito próximo do sistema flutuante de produção.

d) Modo Absoluto de Posicionamento Dinâmico com Aproamento Fixo (“*AUTOPOSITION MODE – FIXED HEADING*”)

Este modo operacional possui as mesmas estratégias de posicionamento e controle do aproamento que o tradicional modo ‘*Auto-Position*’. Mesmo operando nas proximidades do F(P)SO, este modo é utilizado em função de em alguns cenários de operação não haver nas estações de ‘*offloading*’ da unidade de produção sistemas de referência de posição relativa, ou seja, que permitam a verificação por parâmetros locais pelo SPD do navio aliviador.

É uma ocorrência corriqueira também, por exemplo, a indisponibilidade operacional do ARTEMIS ou até danos que impossibilitem a utilização dos prismas do FANBEAM. Uma simplificação grosseira assumida pelo ‘*Absolute Auto-Position*’ é que o centro de rotação dos movimentos do navio aliviador no plano horizontal é o centro do navio. Dadas as características aqui indicadas, sua utilização é recomendada para simples navegação,

manobras em áreas parcialmente congestionadas, condição de espera (*'stand-by'*) e operações em terminais marítimos do tipo monobóia.

e) Modo Pendular de Posicionamento Dinâmico (“*TANDEM MODE*”)

O *'Tandem Mode'* é considerado o modo operacional padrão de *'offloading'*. Sua configuração básica tem as seguintes características: cabo de amarração *'hawser'* conectado; distância entre o navio aliviador e o terminal variando entre 90 e 170 metros; movimento do navio alinhando com a resultante das condições ambientais (*'weather vaning'*); o sistema mantendo o posicionamento relativo. As medições de posicionamento são feitas simultaneamente pelos sistemas absolutos e relativos. Apesar disto, o controle do posicionamento do navio aliviador é feito através do sistema absoluto, utilizando-se separadamente das medições dos sistemas relativos para corrigir os desvios em relação a uma área de referência, normalmente localizada na proa da embarcação onde é conectado o cabo de amarração *'hawser'*. Esta área de referência é denominada na lógica do sistema como Retângulo de Tolerância, permitindo que o sistema corrija a posição caso a área de referência seja ultrapassada.

O modo *'Tandem'* faz também um melhor processamento dos sinais de referência de posição – diferente ponderação entre as informações medidas pelos sistemas absolutos e relativos. Tal diferenciação associada à atuação dos filtros Kalman permite ao sistema controlar de forma mais suave o afastamento e o aproamento relativo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do Sistema de Posicionamento Dinâmico em Navios Aliviadores é imprescindível no que tange à segurança da operação de '*offloading*' e da extração de petróleo em lâminas d'água de grande profundidade como no caso dos campos de exploração brasileiros.

Com a perspectiva de exploração do pré-sal e seu conjunto de campos petrolíferos situados a profundidades que variam de 1.000 a 2.000 metros de lâmina d'água a utilização de Navios Aliviadores será indiscutivelmente necessária como citado anteriormente neste trabalho, a grande profundidade inviabiliza economicamente a utilização de amarração para manter a posição. É necessário considerar também a crescente cobrança por segurança através das resoluções e convenções da Organização Marítima Internacional- IMO, assim a implementação deste tipo de sistema torna-se necessária e a comprovação destas melhorias são evidenciadas através de comparação dos dados de acidentes e incidentes entre Navios Aliviadores Dinamicamente Posicionados e Convencionais. Tal implementação já está sendo considerada no cenário brasileiro através da renovação e ampliação de navios aliviadores dinamicamente posicionados na frota da PETROBRAS.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] FOSSEN, T. I., *Guidance and Control of Ocean Vehicles*, 4 ed. Inglaterra, John Willey and Sons LTD, 1994.
- [2] LOBO, Paulo Roberto Valgas e SOARES, Carlos Alberto – Meteorologia e Oceanografia – Usuário Navegante – Rio de Janeiro – DHN
- [3] TAFFAREL, Gabriel e AMADO, Jorge. NAVIO ALIVIADOR 130.000 TPB: SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP) Agosto. 2011. Disponível em: http://www.oceanica.ufrj.br/deno/prod_academic/relatorios/atuais/GabrielT_JAmado/relat1/index.htm. Acesso em 06 de julho de 2014.
- [4] WIERMANN, André Quetzal. O Sistema de Posicionamento Dinâmico(DP) Brasileiro. Ago 2011. Disponível em: http://www.onip.org.br/arquivos/ws_platec/2_QUETZAL.pdf?PHPSESSID=8d924aed367f77f8b2c00672c811a351. Acesso em 07 de julho de 2014.
- [5] PORTAL MARÍTIMO.FELIPE MARQUES-Posicionamento dinâmico(online).Mar 2011. <http://portalmaritimo.com/2011/03/16/posicionamento-dinamico/>. Acesso em 07 de julho de 2014.
- [6] HOLVIK, J., “Basics of Dynamic Positioning”. In: Operations Sessions of the Dynamic Positioning Conference, Houston, Estados Unidos da América, 1998.
- [7] TANNURI, E. A., “Desenvolvimento de Metodologia de Projeto de Sistema de Posicionamento Dinâmico Aplicado a Operações em Alto-Mar”, Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- [8] IMCA The International Marine Contractors Association, Quantified Frequency of Shuttle Tanker Collision During Off take Operations, IMCA Report M150, 1999.

