



MARINHA DO BRASIL

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA

CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE



Luis Octávio PICCOLI Cardoso



Sistema de Posicionamento Dinâmico

RIO DE JANEIRO

2013

Luis Octávio PICCOLI Cardoso

Sistema de Posicionamento Dinâmico

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de Náutica da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Orientador (a): 1º Ten (RM2-T) Priscila

Rio de Janeiro

2013

Luis Octávio PICCOLI Cardoso

Sistema de Posicionamento Dinâmico

Monografia apresentada como exigência para obtenção do título de Bacharel em Ciências Náuticas Náutica/Máquinas da Marinha Mercante, ministrado pelo Centro de Instrução Almirante Graça Aranha.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador (a): _____

Titulação (Mercante/Especialista/Mestre/Doutor, etc)

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais,
familiares, amigos, mestres , e à todos os
outros que contribuíram de alguma foram
para minha formação moral e intelectual.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a meus pais e familiares, que me apoiaram na decisão de seguir essa carreira tão gratificante. Agradeço também a todos os demais que contribuíram para minha formação e para a conclusão deste trabalho.

*“Eu sou o Senhor do meu destino, eu sou o
Capitão da minha alma”*

Nelson Mandela

RESUMO

Este trabalho abrange toda a parte de estrutura, funcionamento e aplicação do Sistema de Posicionamento Dinâmico para Navios Mercantes. Para melhor introduzir o assunto, aborda aspectos históricos da criação e evolução desse sistema, bem como as Classes do Sistema “DP”, e as forças que atuam sobre a embarcação.

Palavras-chave: Sistema de Posicionamento Dinâmico – Propulsores – Navios Mercantes

ABSTRACT

This work covers the whole structure and function, as well as the application of the Dynamic Positioning System in Merchant Ships. To a better introduction of the subject, it takes considerations of the creation's history and the evolution of this system and also of the "DP" Classes and the forces that actuate over the vessel.

Keywords: Dynamic Positioning System – propellers – Merchant Ships

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Cuss 1)
- Figura 2 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Graus de liberdade da embarcação)
- Figura 3 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Tabela de Classes DP determinadas pela IMO)
- Figura 4 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Sub-sistemas do Sistema DP)
- Figura 5 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Thrusters Azimutais)
- Figura 6 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Taut Wire)
- Figura 7 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (DP Shuttle Tanker utilizando o Artemis)
- Figura 8 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Aguilha Giroscópica)
- Figura 9 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Correta exposição do anenômetro)
- Figura 10 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Filtro de Kalman)
- Figura 11 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Embarcação de apoio offshore)
- Figura 12 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Manobra do JSMH)
- Figura 13 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Manobra do JSAH)
- Figura 14 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Modo de operação Minimum Power)
- Figura 15 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Modo Auto Track)
- Figura 16 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Modo Auto Sail)
- Figura 17 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx (Shuttle Tanker)

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	12
1 HISTÓRIA DO SISTEMA DP	13
2 O SISTEMA DP	14
2.1 Definição.....	14
2.2 Influências da natureza sobre as embarcações.....	15
2.3 Graus de liberdade da embarcação.....	15
2.4 Adventos do Sistema DP.....	16
2.5 Inconvenientes na utilização do Sistema DP.....	16
2.6 Regulamentação do DP.....	17
3 CLASSES DO SISTEMA DP	17
3.1 Classe 0.....	17
3.2 Classe 1.....	17
3.3 Classe 2.....	17
3.4 Classe 3.....	18
4 COMPONENTES E SUBSISTEMAS DO SISTEMA DP	18
4.1 Parte computadorizada do Sistema DP.....	18
4.2 Subsistema de potência.....	19
4.3 Subsistema de atuação.....	20
4.4 Sistemas Referenciais de Posição.....	20
4.4.1 GPS e DGPS.....	21
4.4.2 Taut Wire.....	21
4.4.3 HPR.....	22
4.4.4 Cyscam.....	22
4.4.5 Artemis.....	22
4.5 Sistema de sensoriamento.....	23
4.5.1 Agulha Giroscópica.....	23
4.5.2 VRU (Vertical Reference Unit).....	24
4.5.3 Anenômetro.....	24
4.5.4 Odômetro Doppler.....	25
4.6 Sistema de Estima ou observação da posição do navio.....	25

4.7 Sistema de controle.....	25
4.7.1 Controlador PID.....	25
4.7.2 Filtro Kalman.....	26
4.8 Sistema de alocação da força de empuxo.....	26
5 PRINCIPAIS APLICAÇÕES DO SISTEMA DP.....	27
6 MODOS OPERACIONAIS DO SISTEMA.....	28
6.1 Joystick Manual Heading.....	28
6.2 Joystick Automatic Heading.....	29
6.3 Auto Position.....	29
6.4 Minimum Power.....	30
6.5 Riser Follow.....	30
6.6 Autotrack.....	30
6.7 Auto Pilot.....	31
6.8 Auto Sail.....	31
6.9 ROV Follow.....	32
6.10 Shuttle Tanker Modes.....	32
7 DPO – DYNAMIC POSITIONING OPERATOR.....	33
7.1 O operador do Sistema DP.....	33
7.2 Qualificações do DPO.....	34
8 O USO DO SISTEMA DP EM SHUTTLE TANKERS.....	34

INTRODUÇÃO

No início da década de 70, o mundo descobriu que sua maior fonte de energia, o petróleo, não era um recurso renovável. Teve início a crise mundial do petróleo, que deixou temerosos até mesmo os líderes das maiores nações do mundo. Com a certeza de que suas reservas não tardariam a se tornar insuficientes, o homem foi buscar novas fontes de extração deste recurso. Descobriu-se que estavam nas profundezas do oceano as maiores jazidas petrolíferas do planeta, combustível fóssil em quantidades que nunca haviam nem sequer imaginado.

A maior parte deste petróleo fica em águas muito profundas, e é de difícil extração. O problema começava já na atividade de perfuração do poço, pois as plataformas tinham que buscar maneiras alternativas e pouco seguras para se manterem no mesmo lugar durante a operação. Tal empecilho se alastrou também para os outros segmentos da exploração. Embarcações de extração, produção, apoio offshore, e mesmo as que fariam o alívio das plataformas em alto mar, não tinham como ancorar em águas tão profundas.

A necessidade de aprimoramento da precisão na manobra de perfuração, da diminuição dos riscos na atividade de exploração do petróleo em geral, bem como do aumento do controle sobre os movimentos de embarcações sobre o efeito de forças adversas do mar causaram um boom na evolução da indústria naval. Dentre as melhorias implantadas aos navios nesse período, a mais significativa é o Sistema de Posicionamento Dinâmico (DP), que consiste num sistema que controla automaticamente a posição e o aproamento de uma embarcação por meio de propulsão ativa com especificações próprias.

Capítulo 1

HISTÓRIA DO SISTEMA DP

Anteriormente à invenção do Sistema de Posicionamento Dinâmico, a tarefa de manter a embarcação “fixada” era totalmente manual e complicada. Cabia ao operador, observar os efeitos da natureza (vento, corrente e mar), e acionar individualmente todos os propulsores e demais componentes necessários para evitar a deriva da embarcação.

Devido ao surgimento da atividade de exploração de petróleo na área off-shore, o desenvolvimento de uma sistema que aumentasse a precisão e a segurança na operação dos navios e plataformas tornou-se ainda mais imprescindível, visto que nessas áreas as embarcações estariam sujeitas à efeitos mares, ventos e corrente mais significativos.

A fixação das plataformas em alto-mar era feita através de pesos e âncoras, que serviam ao propósito, porém limitavam o movimento das mesmas. Além disso, sua instalação e movimentação era muito cara.

O primeiro uso do Sistema DP foi realizado no projeto Mohole em 1957, que visava perfurar a camada Moho (parte mais externa da crosta terrestre). A embarcação utilizada foi a CUSS 1, que era equipada com um sistema de quatro thrusters, um sensor hidroacústico ao fundo do mar e mais quatro bóias que emitiam ondas de rádio para o radar da embarcação.

Em 1961, a CUSS 1 foi capaz de realizar uma perfuração à profundidade de 948 metros mantendo-se sobre o ponto de operação, utilizando um sistema conjugado de impelidores. Tal resultado comprovou a eficiência do DP, atraindo outras “gigantes” no ramo da exploração do petróleo a investir no seu desenvolvimento e aprimoramento. Neste mesmo ano, a Shell Oil Company lançou o navio de perfuração Eureka, e a Caldrill Offshore Company não ficou para trás, colocou em atividade o NS Caldrill 1, ambos sendo capazes de perfurar a uma profundidade maior do que 1300 metros.

Apenas em 1977, com o lançamento do SS Uncle John, o sistema foi batizado como Dynamic Positioning (DP). À partir desse marco, o número de embarcações que possuíam essa tecnologia instalada foi aumentando gradativamente. Em 1980 haviam 65 delas, e apenas 5 anos depois, o número já passava do dobro.



Figura 1 – “CUSS 1”

Capítulo II

O Sistema DP

2.1- Definição

O Sistema de Posicionamento Dinâmico caracteriza-se por ser um sistema computadorizado que tem a finalidade de manter a embarcação em uma mesma posição e estabelecer o aproamento automaticamente através de um conjugado de propulsores, impelidores e leme. Um computador central processa os dados obtidos por sensores como a agulha giroscópica, anemômetro e GPS, e compara com a posição e a direção da proa determinadas pelo operador, determinando assim o desvio e conseqüentemente a força aplicada pelos thrusters a fim de manter-se na posição pré-estabelecida.

A definição da International Maritime Organization (IMO) trata a embarcação de posicionamento dinâmico como aquela que mantém automaticamente sua posição (ponto fixo ou trajetória predefinida) exclusivamente por meio de propulsores.

2.2- Influências da natureza sobre as embarcações

Qualquer embarcação, enquanto flutuando, está sujeita às forças do meio marinho. Por ordem de influência e intensidade, estas são: Vento, corrente e ondas. O sistema DP analisa o desvio entre a posição real do navio e a posição requisitada pelo operador, e determina o esforço necessário que os propulsores devem exercer para que o desvio seja o menor possível.

2.3- Graus de liberdade da embarcação

O movimento realizado pelo navio devido a fatores externos possui seis graus de liberdade em torno de três eixos que passam pelo seu ponto de flutuação, um longitudinal, um transversal e um vertical. Os seis graus consistem basicamente em girar em torno dos eixos ou percorrê-los. Todos esses movimentos são respostas do navio à incidência de ondas no seu casco.

Pitch, conhecido como caturro, é o giro em torno do eixo transversal do navio com o movimento da proa para cima e para baixo. O Roll, ou balanço, tem características de giro sobre o eixo longitudinal, com movimentação alternada dos bordos, também para cima e para baixo. O Yaw, em português cabeceio, é em resumo, o giro da proa para os bordos. Estes três são os graus de liberdade de rotação.

Surge, ou avanço/recuo, é o movimento do navio como um todo sobre o eixo longitudinal. Sway, em português caimento, é a movimentação lateral do navio sobre o eixo transversal. Já o Heave, também chamado de arfagem, é o movimento do navio ao longo do eixo vertical, influenciado diretamente pelas ondas. Estes são os três graus de liberdade de translação.

O Sistema de Posicionamento Dinâmico tem a capacidade de compensar apenas três dos seis graus de liberdade, porém seus sensores detectam e calculam os demais simultaneamente.

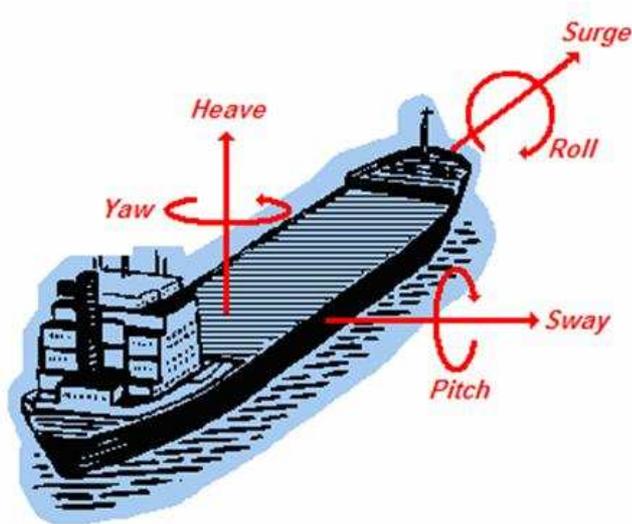


Figura 2: Graus de Liberdade da embarcação

2.4- Adventos do Sistema DP

- As embarcações são totalmente autopropulsadas, portanto não necessitam de rebocadores em nenhum estágio da operação;
- Realiza operações mais rapidamente;
- Evita o cruzamento de amarrações com outras embarcações;
- Pode locomover-se para outra posição com facilidade;
- Evita danificar amarrações e instalações localizadas no fundo do mar;
- Versatilidade e operacionalidade;
- Pode trabalhar com qualquer profundidade.

2.5- Inconvenientes do Sistema DP

- Alto custo de investimento e gastos durante a operação;
- Maior consumo de combustível;
- Pode perder a posição em correntes, ventos ou ondas muito fortes;
- Pode sair da posição em caso de falha de algum equipamento elétrico;
- Controle da posição depende de um operador;
- Necessidade de uma equipe maior para a manutenção.

2.6- Regulamentações do Sistema DP

As normas que regem tudo à cerca do sistema de posicionamento dinâmico são criadas por órgãos competentes, como a IMO (International Maritime Organization) e o IMCA (International Maritime Contractors Association). Dentre as principais “guidelines” vigentes no momento, está a MSC- circ645, criada e votada no comitê sobre os assuntos de segurança da marítima da IMO.

O objetivo das normas aprovadas pelo MSC-IMO é designar critérios, equipamentos necessários, requisitos operacionais, além de testes e documentação para reduzir riscos para os trabalhadores, para o navio, demais estruturas no ambiente de operação, e também para o meio ambiente, enquanto operando com o sistema DP.

Capítulo III

Classes do Sistema de Posicionamento Dinâmico

A confiabilidade de operação do sistema DP depende da sua capacidade de manter a posição desejada mesmo com falhas por parte do sistema ou de seus componentes. Para classificar essa capacidade do DP criou-se o conceito de Redundância.

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.

Quem define as classes do sistema DP é a IMO, estipulando requisitos mínimos para possam se enquadrar corretamente, dependendo do risco e precisão necessários na operação realizada pela embarcação.

3.1- Classe 0

Neste grupo não há redundância de componentes nem sistemas. Possui controle automático de aproamento e manual de posição.

3.2- Classe 1

Esta classe introduz a redundância parcial, porém ainda pode ocorrer perda da posição devido à falha de componentes ativos. Tanto o controle do apromaneto quanto o de posição são automáticos.

3.3- Classe 2

Possui redundância completa, e controles de aproamento e posição automáticos. Garante o funcionamento pleno do sistema em casos de falha no componente ativo ou de alguns dos subsistemas, mas está sujeito à falhas no caso de falhas em componentes estáticos (cabos, tubulações, etc).

3.4- Classe 3

Além de ser um sistema totalmente automático, possui tripla redundância e impelidores e geradores de energia próprios. Há um centro de controle remoto extra para o caso de um acidente, que fica localizado em um compartimento estanque à água e resistente ao fogo.

IMO	NMD	Class notation						
Equipment class	Consequence	DNV		Lloyds	ABS	BV	GL	KR
	NMD CLASS 0			DP (CM)	DPS-0	DYNAPOS SAM		
		DYNPOS AUTS	A dynamic positioning system without redundancy.					
CLASS 1	NMD CLASS 1	DYNPOS AUT	A dynamic positioning system, with an independent joystick back-up and a positioning reference back-up.	DP (AM)	DPS-1	DYNAPOS AM/AT	DP 1	DPS(1)
CLASS 2	NMD CLASS 2	DYNPOS AUTR	A dynamic positioning system with redundancy in technical design and with an independent joystick back-up.	DP (AA)	DPS-2	DYNAPOS AM/AT R	DP 2	DPS(2)
CLASS 3	NMD CLASS 3	DYNPOS AUTRO	A dynamic positioning system with redundancy in technical design and with an independent joystick back-up. Plus a back-up DP-control system in an emergency DP-control centre designed with	DP (AAA)	DPS-3	DYNAPOS AM/AT RS	DP 3	DPS(3)

Figura 3: Tabela de Classes DP determinadas pela IMO

Capítulo IV

Componentes e subsistemas do Sistema DP

4.1- Parte computadorizada do sistema DP

Os computadores são a parte central do sistema. Utilizam dados recebidos dos diversos sensores para calcular, através de um programa específico, qual a força que deve ser utilizada por cada um dos propulsores a fim de compensar os efeitos do mar e do vento. O modelo utilizado para o cálculo é particular de cada embarcação, levando em conta sua massa, volume, forma e calado.

O sistema pode ser o básico ou o integrado. O primeiro é aquele no qual as unidades externas, como sensores, thrusters e sistemas de referência, são ligados diretamente ao computador. Já o segundo tem seus componentes ligados 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.

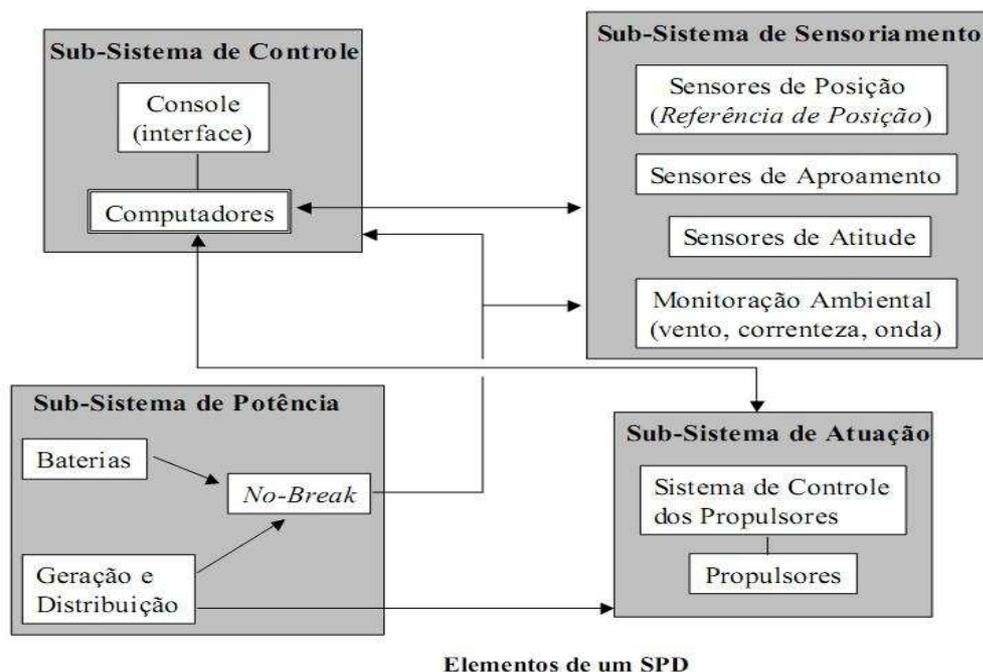


Figura 4: Sub-sistemas do Sistema DP

4.2- Subsistema de Potência

Uma embarcação que utiliza o DP tem um consumo de energia muito maior do que uma embarcação convencional, em geral, por causa do uso dos propulsores. A maior parte das fontes ligadas ao sistema são diesel-elétricas ou diesel, e tem de possuir uma alta flexibilidade, para fornecer apenas a energia requisitada no momento, evitando esforços demasiados e desgaste exagerado de combustível.

Como o Sistema DP tem que ficar em atividade durante toda a operação, não pode haver uma mínima chance de haver falta de energia. Dessa forma foi criado um modo simples de gerenciamento de energia, que é uma forma de prevenção de blecautes e garante com que o sistema DP e todos os seus componentes sejam alimentados por uma fonte ininterrupta de energia, chamada U.P.S (*Uninterrupted Power Supply*). O UPS deve possuir baterias independentes com autonomia para alimentar o sistema por pelo menos 30 minutos (tempo requerido pelas Sociedades Classificadoras).

4.3- Subsistema de Atuação

É a parte responsável por transformar a energia elétrica em fornecida pelos geradores em energia cinética. Recebe informações diretas do sistema de controle para distribuir a potência corretamente entre os propulsores.

Normalmente são utilizados três tipos de thrusters no Sistema DP: propulsores principais com um ou dois hélices (*main propellers*), *tunnel thrusters* e *thrusters* azimutais. O hélice pode ser de passo controlado com motor operando em uma velocidade de rotação constante ou de passo fixo com o motor variando sua rotação a fim de proporcionar diferentes empuxos.

Os thrusters azimutais ficam instalados abaixo do casco, podendo ser fixos ou retráteis. Sua capacidade de girar 360° lhes confere a possibilidade de direcionar sua descarga em qualquer direção. Devido à sua grande versatilidade são frequentemente utilizados no lugar dos propulsores convencionais como meio de propulsão principal.



Figura 5: Thrusters Azimutais

4.4- Sistemas Referenciais de Posição

Uma peça fundamental para o bom funcionamento do Sistema DP é a obtenção de uma posição confiável da embarcação. Quanto mais precisa for a posição dada pelos indicadores, mais fácil será manter o navio no ponto indicado pelo operador.

4.4.1- GPS e DGPS

O GPS fornece a posição através da triangulação de, no mínimo três satélites que informam altura, latitude e longitude. A medição da distância é feita utilizando o tempo de recepção do sinal radio emitido. Possui um estrutura composta de 24 satélites em órbita e mais 3 reservas, porém admite um erro na faixa de 25 metros, o que é muito para a utilização nas operações DP.

O DGPS veio para diminuir o erro do GPS, tornando seu emprego no DP possível. Trata de um receptor localizado em um ponto fixo de terra com coordenadas bem conhecidas. Este receptor fica constantemente avaliando sua posição segundo o sistema GPS, e por saber sua latitude e longitude corretas, consegue estimar um erro médio dos satélites que estão sendo usados como parâmetros na região. Quando um receptor DGPS necessita, ele envia seu sinal GPS para a estação de terra, que corrige o sinal segundo o erro que havia estimado, e reenvia uma nova posição para o receptor, diminuindo muito o erro na posição encontrada.

4.4.2- Taut wire

Consiste numa poita presa em cabos tensionados por guinchos hidráulicos (compensadores) posicionados nos bordos da embarcação. Possui sensores eletromecânicos que compensam o pitch e o roll. Também é dotado de dois inclinômetros que medem o ângulo dos cabos com o eixo x e y, permitindo calcular o offset (afastamento) da unidade. O Taut wire pode operar em laminais d'água de até 500 metros de profundidade.

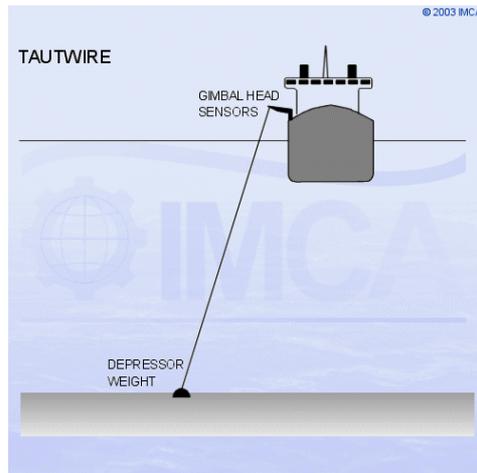


Figura 6: Sistema Taut wire

4.4.3- HPR (Hydro Acoustic Position Reference System)

Um transponder é posicionado no fundo do oceano, numa posição conhecida. Instala-se na embarcação um transdutor no casco da embarcação, que interroga o transponder, tendo como resposta sua posição em relação ao mesmo. Essa medida de distancia é feita através do tempo de recepção do sinal, da velocidade do som na água, e do ângulo de incidência.

4.4.4- Cyscam

Esse sistema funciona através da leitura óptica realizada por um laser infravermelho. É composto de uma unidade portadora do DP e uma estação refletora, sendo ela uma plataforma, um ponto de terra, ou mesmo uma FPSO. A primeira unidade emite um laser, que é refletida pelo ponto fixo, sendo possível assim, calcular a distancia entre ambos.

O Cyscam foi desenvolvido para facilitar na operação utilizando o DP, quando em áreas próximas à outras embarcações. As suas medidas alcançam a distancia de até 2000 metros, com uma precisão de 10 centímetros.

4.4.5- Artemis

Consiste em radares que operam na faixa de frequência de microondas. Seu funcionamento envolve duas estações, sendo uma a embarcação DP (móvel) e a outra

um ponto fixo. Cada uma possui uma unidade de controle de dados e uma antena. As antenas se rastreiam de modo a ficarem face a face e iniciarem uma comunicação. À partir deste momento é possível se determinar a marcação e as distâncias relativas das estações.

É muito utilizada por embarcações mercantes que fazem operações de alívio (shuttle tankers), pois possuem um bom rendimento independentemente das condições meteorológicas, e são eficazes até mesmo em grandes distâncias.

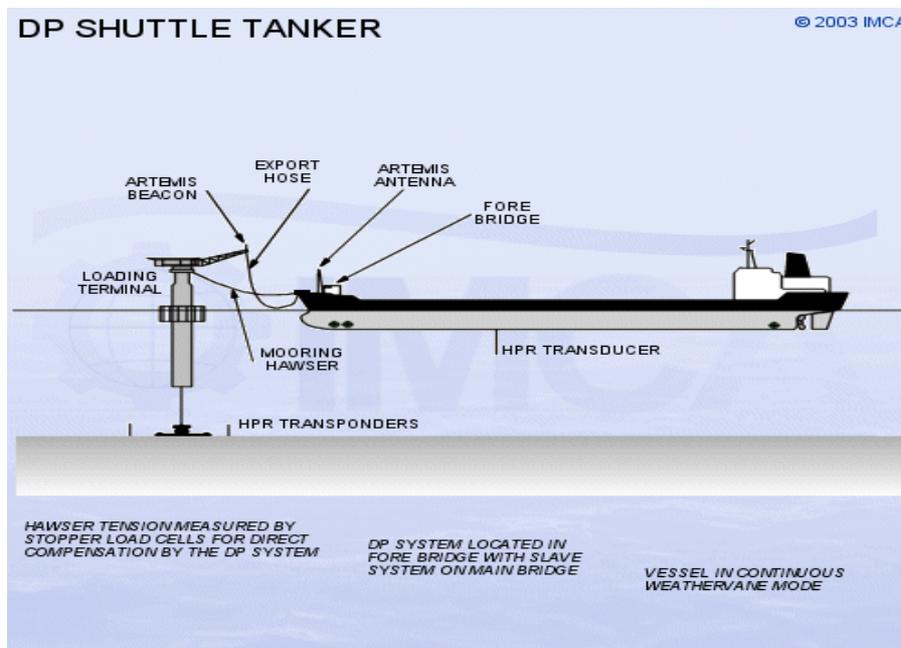


Figura 7: DP Shuttle Tanker utilizando o Artemis

4.5- Sistema de Sensoriamento

Consiste nos sensores responsáveis por estimar as influências do ambiente sobre a embarcação, bem como sua posição. Na grande maioria das vezes, esses equipamentos possuem redundância, garantindo um bom funcionamento e uma alta confiabilidade de suas informações.

Os mais importantes para o sistema são os que coletam dados relativos à posição da embarcação no plano horizontal, e de fatores que têm maior influência sobre os graus de liberdade compensados pelo SDP.

4.5.1- Agulha Giroscópica

As agulhas giroscópicas medem o aproamento do navio, sendo fundamentais para o governo da embarcação, e também para compensar o seu cabeceio. Dependendo da classe de DP utilizado, um navio chega a ter até 3 agulhas dessa, sempre posicionadas próximas à meio navio, e com repetidoras no passadiço.



Figura 8: Agulha Giroscópica

4.5.2- VRU (Vertical Reference Unit)

Os sensores de movimentos verticais são fundamentais para que o sistema aplique as correções devidas às informações recebidas dos sistemas de referência de posição em relação ao offset do centro de gravidade da embarcação.

Em geral, os ângulos de caturro (pitch) e balanço (roll), são medidos por inclinômetros, podendo ser empregados também em unidades conhecidas como VRU, enquanto o movimento de arfagem (heave) é medido por acelerômetros verticais auxiliados por algoritmo de integração, filtragem e correção devido à inclinação do sensor. As unidades responsáveis pela monitoração destes ângulos são chamadas de MRU (Motion Reference Unit – Unidade de referência de movimento).

4.5.3- Anenômetro

São equipamentos utilizados para medição do vento, presentes em todos os Sistemas DP, pois o controlador utiliza suas informações para estimar a força exercida pelo vento e contrabalançá-las diretamente pelos propulsores.

É composto por dois sensores, um, semelhante a um ventilador, que dá a velocidade e um, semelhante a uma asa, que dá a direção. Por ser facilmente afetado ao ficar à sombra de objetos, deve ser instalado com no mínimo dez metros de distancias de mastros e outros objetos.

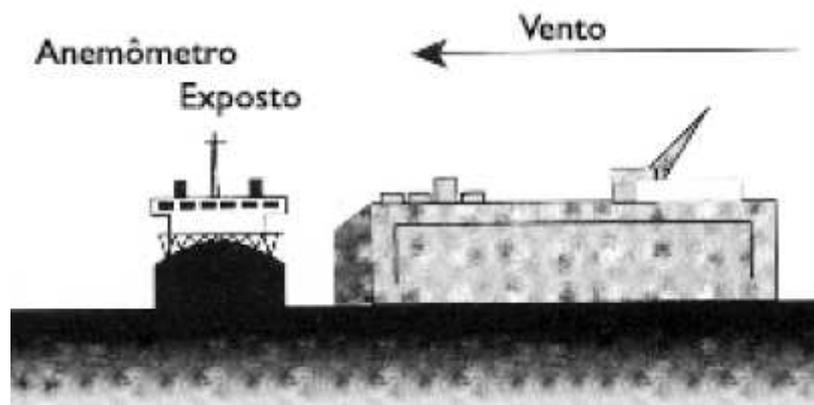


Figura 9: Correta exposição do anemômetro

4.5.4- Odômetro Doppler

O odômetro de efeito Doppler mede a velocidade do navio em relação ao fundo analisando o desvio de frequência resultante do movimento relativo entre um transmissor e um receptor de energia acústica. É muito necessário na manobra do navio, pois é o único que consegue medir velocidades muito pequenas.

4.6- Sistema de Estima ou observação da posição do navio

Compara os dados obtidos e os estimados através de modelos matemáticos, obtendo resultados que posteriormente, serão submetidos à análise. É responsável por filtrar o desvio da embarcação e reconstruir estados não medidos do sistema.

4.7- Sistema de Controle

O sistema de controle é a parte lógica que determina a força com que os thrusters devem reagir aos fatores externos causadores do desvio do navio, para que este se posicione na condição determinada pelo operador. Este sistema deve estar apto a manter o controle em eventuais falhas nos sensores, no *hardware* ou mudança das forças externas.

4.7.1- Controlador PID

O sistema controlador proporcional integral derivativo (PID) combina as características de grande estabilidade do controlador derivativo e as eliminações do erro do controlador proporcional mais integral, em um único controlador. Este sistema somente corrige o erro, após o mesmo já ter ocorrido.

4.7.2- Filtro de Kalman

O filtro de Kalman é frequentemente usado para estimar o movimento do navio tendo como referência apenas a posição oriunda de sinais de diversos tipos de sensores. O comportamento do navio será descrito através de um modelo matemático linear, fazendo uso de processos probabilísticos para filtrar as incertezas de posição. Em linhas gerais, este componente prevê os desvios e pode melhor corrigi-los antes mesmo que ocorram.

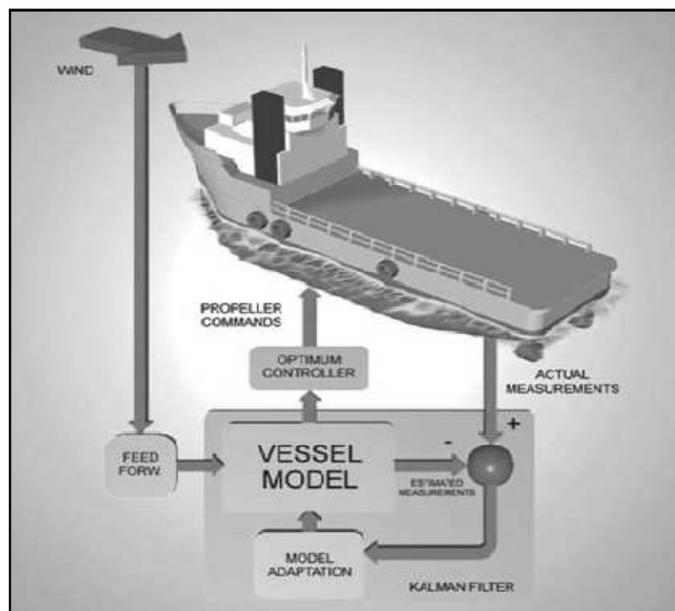


Figura 10: Filtro de Kalman

4.8- Sistema de alocação da força de empuxo

É um algoritmo instalado no subsistema de controle responsável por fazer com que o conjunto de propulsores mantenha a embarcação em uma determinada posição no maior tempo possível com o menor consumo de energia possível. O subsistema não só gera uma economia no combustível, mas também evita a saturação dos propulsores e compensa as forças em caso de mal funcionamento de algum dos thrusters.

Capítulo V

Principais Aplicações do Sistema DP

O Sistema DP sem dúvida revolucionou a forma como procedem diversas operações no âmbito da exploração de óleo e gás, e também na Marinha mercante como um todo. Dentre os principais usos deste aparato, podemos destacar:

- Perfuração de campos petrolíferos, produção e processamento;
- Estimulação de poços de petróleo;
- Navios tanques aliviadores (“*shuttle tankers*”);
- Embarcações “*Supply*” (*Platform Supply Vessel* - PSV);
- Manuseio de âncoras (*Anchor Handling Tug Supply* - AHTS);
- Suporte a mergulho (*Diving Support Vessel* - DSV) e operações com ROV;
- Lançamento de linhas (tubulações rígidas e flexíveis);
- Lançamento e reparo de cabos submarinos;
- Serviços de acomodação (flotel);
- Levantamento hidrográfico e pesquisa oceanográfica;
- Plataforma para lançamento de foguetes;
- Mineração subaquática;

- Navios de passageiros;
- Unidades de resgate.



Figura 11: Embarcação de apoio offshore

Capítulo VI

Modos operacionais do Sistema DP

O modo operacional do sistema DP varia de acordo com a função para a qual a embarcação é designada. Tal fator torna-se ainda mais presente nos dias de hoje, uma vez que os navios estão sendo construídos cada vez mais para tarefas muito específicas.

6.1- Joystick Manual Heading

Neste modo o usuário aplica ao *joystick* força na direção em que deseja-se que o navio se movimente. O empuxo é controlado pela intensidade com que o *joystick* é acionado e pode tanto mover a embarcação quanto mantê-la estacionária sob as forças ambientais. O aproamento é controlado pelo botão de controle de giro que faz com que a embarcação gire em torno do seu centro de rotação usando os propulsores.

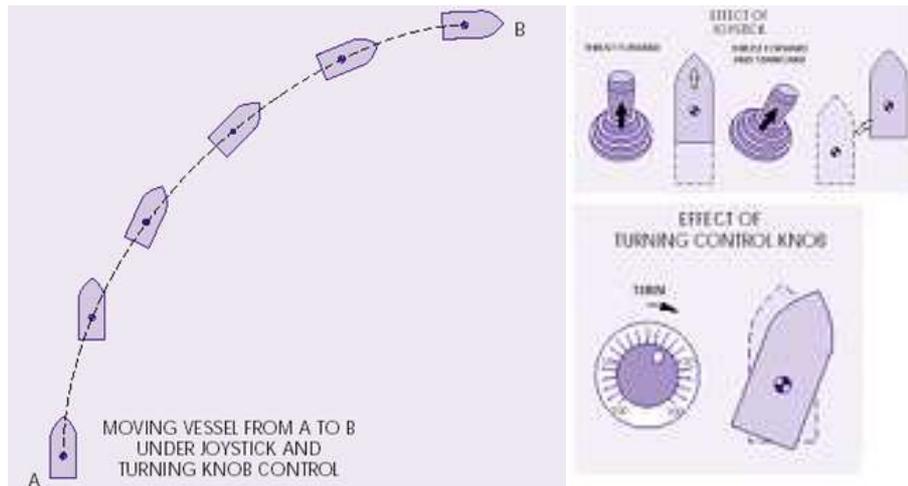


Figura 12: Manobra do JSMH

6.2- Joystick Automatic Heading

Esse modo de operação é muito utilizado em manobras de aproximação de plataformas onde a referência visual também é importante. O modo de posição automática controla o aproamento e a posição.

No controle de aproamento, o operador dispõe das funções que permite estabelecer o rumo da proa de acordo como rumo atual, inserir um valor desejado e o controle da proa com utilização mínima de energia. Também é possível estabelecer a velocidade de giro e o alarme de aproamento.

No controle de posição o sistema irá manter a embarcação na posição desejada, e o controlador pode estabelecer que o navio seja mantido na posição atual, na posição estipulada, na posição marcada ou na posição que a embarcação se encontrava anteriormente. Assim como no controle da proa, o operador pode estabelecer a velocidade da embarcação e o alarme de posição.

6.3- Auto Position

Este modo mantém o aproamento, e a posição do navio em relação a um ponto fixo de referência. Um PME é utilizado para controlar a posição da embarcação, e a agulha giroscópica é o que garante a direção da sua proa. Este modo considera como objetivo, manter os aspectos que a embarcação possuía quando o mesmo foi acionado, ou seja,

deve-se primeiro atingir a posição e o aproamento adequados para depois dar o “set” no sistema.

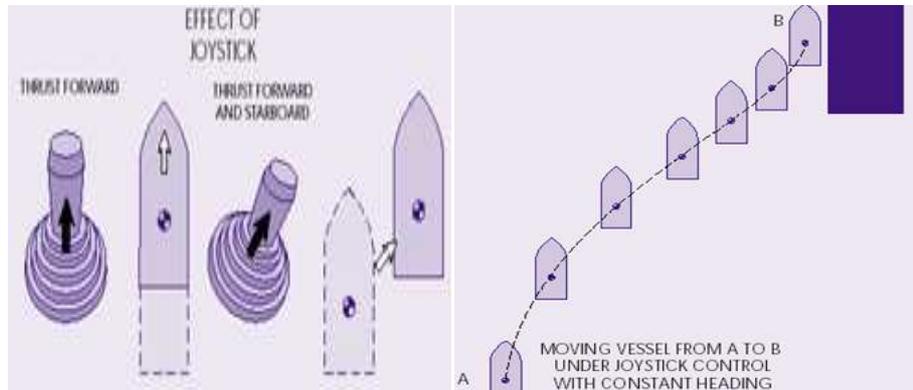


Figura 13: Manobra do JSAH

6.4- Minimum Power

Este modo mantém a posição da embarcação relativa a um ponto de referência fixo, enquanto são minimizadas as demandas de empuxo para bombordo e boreste resultante das forças ambientais sobre a embarcação. O aproamento é controlado de forma a alinhar-se com as condições meteorológicas e de mar prevalentes, minimizando a necessidade de empuxo dos propulsores.

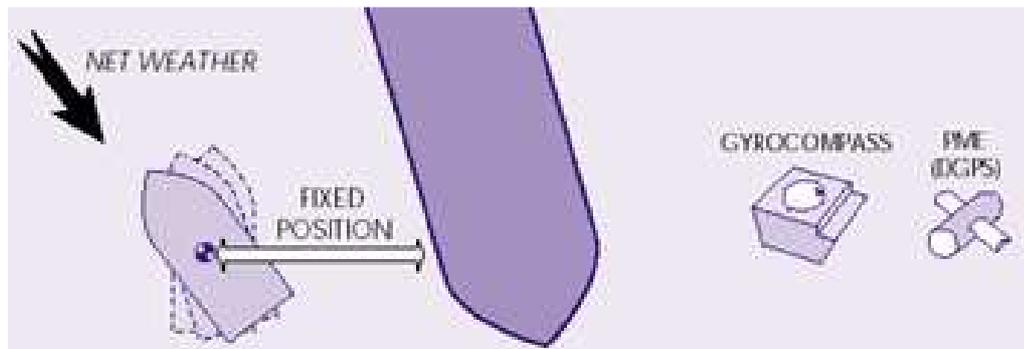


Figura 14: Modo de operação Minimum Power

6.5- Riser Follow

Usado em unidades de perfuração, ele visa o controle da posição de modo a manter um ângulo de inclinação do *riser* o menor possível. O sistema recebe informações de inclinação e sinais de posição do módulo de perfuração e calcula a posição na qual o ângulo do *riser* será zero. Vale lembrar que este modo admite um pequeno ângulo de reação que é tomado pelo sistema como referência.

6.6- Autotrack

Neste modo, as posições são previamente programadas utilizando “waypoints” (pontos de guinada), mantendo o navio na derrota estabelecida. Também corrige o abatimento e caimento sofrido pela embarcação. Pode ser utilizado tanto nas baixas, quanto nas altas velocidades, porém se fazendo de estratégias de controle diferentes para cada caso.

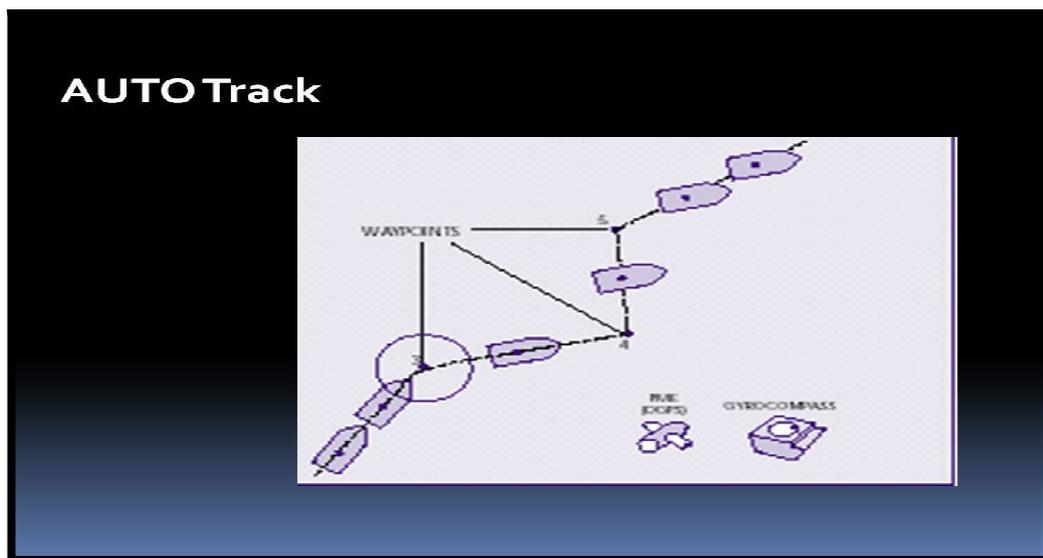


Figura 15: Modo Auto Track

6.7- Auto Pilot

O modo de piloto automático faz com que a embarcação siga em uma rota pré-estabelecida automaticamente, com precisão nos rumos. Pode ser utilizada pra substituir o piloto automático convencional dos navios, sendo uma ótima alternativa para pequenas pernadas. Não é utilizado para grandes travessias por possuir um consumo muito alto de combustível.

6.8- Auto Sail

Esse modo controla a embarcação ao longo de uma rota determinada por dois ou mais waypoints, cabendo ao PME manter a posição, e ao operador controlar o empuxo por meio de um joystick. O sistema também se encarrega do aproamento automático do navio no caso de desvio da rota selecionada.

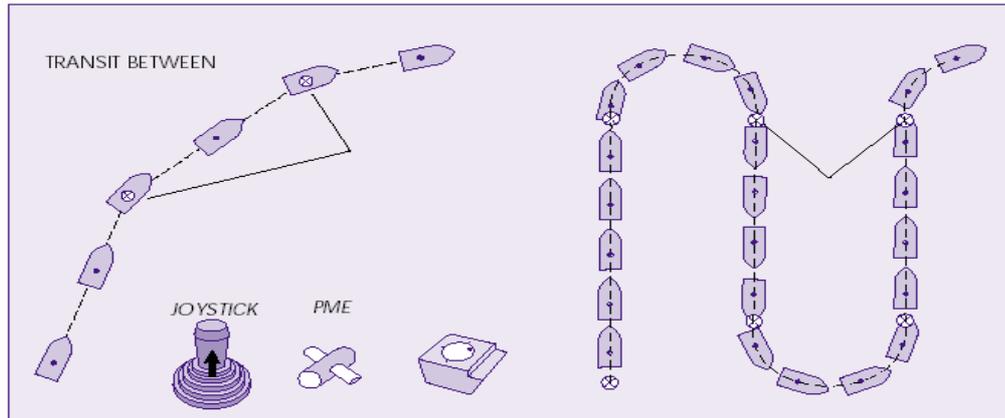


Figura 16: Modo Auto Sail

6.9- ROV Follow

Este modo consiste no fato de a embarcação permanecer em posição fixa, não em relação ao fundo, mas sim em relação à um ponto móvel (normalmente um ROV). É o mais complexo dos sistemas de posicionamento dinâmico, e tem papel fundamental nas novas investidas de prospecção de petróleo.

Quando o ROV está em movimento, o operador seleciona um círculo de segurança, e a embarcação DP só irá se movimentar, caso o aparelho submerso ultrapasse essa delimitação.

6.10- Shuttle Tanker Modes

Com o fim de proporcionar uma maior segurança nas operações de alívio às plataformas, ocorreu o desenvolvimento de modos de operação específicos para os Shuttle Tankers e seus sistemas DP.

O Approach Mode, é o modo em que o navio entra com segurança no perímetro do ponto de descarga, alinhando-se à plataforma para depois poder recolher as mangueiras.

O Pickup mode, tem como função facilitar a aproximação com a monobóia ou da plataforma FPSO, permitindo que a mangueira de alívio seja passada com uma maior segurança.

O Loading Modea ssegura que o navio se movimente em um arco de forma que sua proa esteja sempre apontada para a origem das mangueiras, além de monitorar a

distância entre as embarcações, para evitar que haja um super esticamento das mangueiras.

Por fim, há o Fixed Loading mode o navio tem sua deriva controlada, geralmente quando há a presença de outras estruturas nas proximidades. Ao término da operação, o Approach mode também pode ser utilizado para garantir um afastamento seguro.

Capítulo VII

DPO – Dynamic Positioning Operator

Como o Sistema de Posicionamento Dinâmico normalmente está presente em operações complexas que envolvem cargas muito valiosas e que causam grandes prejuízos ambientais em caso de acidentes (petróleo e gás natural), necessita que seu operador seja um profissional preparado. O fato de ser manuseado por marítimos competentes e qualificados minimiza o risco de haver prejuízos financeiros para o armador, aumenta a segurança da tripulação como um todo, e também previne catástrofes ambientais.

7.1- O operador do Sistema DP

O operador é o elemento humano do sistema. É a pessoa responsável e capacitada que decide como o sistema deve operar e o que fazer. O operador controla todos os dados e informações recebidas pela unidade de controle e com isso, determina as melhores condições de funcionamento, minimizando o esforço da embarcação em manter seu posicionamento.

É o elemento mais vulnerável e sujeito a erros de todo o sistema. Principalmente quando opera por longos períodos, o DPO tem seu nível de atenção prejudicado. Deve estar sempre atento à operação e avaliando o modo mais favorável a situação, observando sempre a segurança. Deve sempre prever uma situação de falha e estar pronto para agir caso ela aconteça realmente.

7.2- Qualificações do DPO

O DPO começa sua qualificação com o curso básico de posicionamento dinâmico, onde ele é apresentado ao sistema e seus componentes e demais informações relevantes, como a falha de equipamentos. A duração deste curso é de apenas duas semanas. Para a realização do curso é necessária uma experiência de 30 dias de embarque.

O DP Operator Log Book registra a experiência dos profissionais que trabalham com esse equipamento. Além da duração dos embarques, é anotado o tipo de sistema usado, sua classe DP e o tipo de serviço que a embarcação realizava. Tal registro foi desenvolvido com base nos Log Books de aviadores e mergulhadores.

Quando terminado o curso de DP, completando um período de 6 meses à bordo de um navio com sistema DP Classe 1 operante, o Operador recebe um Certificado Restrito (limited). Para obtenção de um certificado Pleno (Full DP) o operador deve possuir seis meses em embarcação DP classe 2 ou 3, ou mais de seis meses em embarcação classe 1, sendo desses pelo menos dois meses em classe 2 ou 3.

Capítulo VIII

O uso do sistema DP em Shuttle tankers

Plataformas FPSOs têm necessidade de serem descarregadas (ou aliviadas) por petroleiros denominados Shuttle Tankers. Estas embarcações são especializadas em fazer a aproximação, o alívio e também transitar em meio às diversas plataformas localizadas no polos de extração de óleo e gás. Utilizam sistemas DP próprios, criados especialmente para o tipo de operação que realizam diariamente.

No Brasil, o número de embarcações Shuttle Tankers cresce rapidamente, seguindo o "boom" do setor de óleo e gás e o lançamento de novas FPSO. Sem dúvida, os petroleiros aliviadores empregam papel fundamental na Marinha Mercante e no desenvolvimento energético do país, visto que é inviável a movimentação constante das plataformas no trajeto porto - poço de exploração.

O Approach Mode e o Pickup Mode, explicitados anteriormente neste trabalho, são dois exemplos de sistemas que foram desenvolvidos com o intuito de tornar mais

segura, rápida e fácil a manobra de alívio das FPSO realizada pelos petroleiros. O maior investidor na tecnologia utilizada pelos aliviadores, é a Petrobras, visto que é a maior empresa produtora de petróleo do mundo, e tem necessidade ímpar de que estas embarcações realizem sua operação de maneira cada vez mais rentável.



Figura 17: Shuttle Tanker

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho serviu para me proporcionar um aprofundamento em um assunto extremamente importante e relevante na Marinha Mercante moderna. Fruto de pesquisa, e fonte de muito aprendizado, sem dúvida desempenhou um papel fundamental no meu processo de formação.

Estudar, entender e dominar o Sistema de Posicionamento Dinâmico é imprescindível para o setor marítimo atual. Espero que meu trabalho possa servir como objeto de consulta e informação para os futuros alunos da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante.

Durante o todo o curso, meu foco foi mantido nas matérias que se mostravam mais relevantes para uma vida segura e competente a bordo. O Sistema de Posicionamento Dinâmico está, sem dúvida, incluído nesse contexto, e esta foi a chave que me encorajou a adotá-lo como tema do meu trabalho de conclusão da formação de oficial de náutica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

KONGSBERG, “Introduction to the Dynamic Positioning System”

KONGSBERG, Dynamic Positioning (DP) Basic Operator Course. Training Manual

WIERMANN, André Quetzal. O Sistema de Posicionamento Dinâmico(DP) Brasileiro. Ago 2011.

<http://gcaptain.com/history/>

<http://www.oceanica.ufrj.br/>

<http://www.imca-int.com/>

ALSTOM. Dynamic positioning system induction course

<http://www.nautinst.org/>

FOLHA DE AVALIAÇÃO ESCRITA (FAE)

Nome:	Nº
Turma:	Data: ____/____/____
Tema:	Nota final:
Orientador (a):	Rubrica do Orientador (a):

CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO		NOTA
Elementos pré e pós-textuais	Capa até o sumário; referências; apêndice; anexo e índice.	1,0
Clareza	Texto fácil de entender, ordenação das ideias, adequação da linguagem, coesão, coerência. <i>Evitar: períodos longos ou muito curtos, linguagem rebuscada, conectores mal empregados, palavras que geram a ambigüidade.</i>	1,0
Concisão	Precisão/exatidão. <i>Evitar: frases feitas e chavões, usar palavras a mais do que o necessário, adjetivação abundante, redundância, pleonismo, excesso de orações subordinadas desenvolvidas.</i>	1,0
Originalidade	Boa disposição das palavras, apresentação do texto, agradável leitura e precisão vocabular. <i>Evitar: gírias, frases prontas, cacofonia, eco, colisão aliteração e abreviação.</i>	1,0
Correção	Norma culta: concordância, regência, colocação pronominal, seleção vocabular, ortografia, pontuação, acentuação, emprego de maiúsculas e minúsculas, crase. <i>Evitar: estrangeirismo, barbarismo, cacografia, cruzamento léxico.</i>	1,0
Adequação	O texto tem origem no indivíduo, criatividade, capacidade crítica. <i>Evitar: plágio.</i>	1,0
Partes do Texto	Introdução: apresentação do trabalho.	0,5
	Desenvolvimento: argumentos fortes, nenhuma informação poderá ser subentendida. Tipo de texto: Dissertativo-argumentativo.	2,0
	Considerações Finais: confirmação da tese apresentada, apontando eventuais perspectivas.	0,5
Pesquisa	Aprofundamento (obras de autores renomados), material empregado, método, aplicabilidade de dados, fatos e comprimento do prazo determinado.	1,0
Total		10,0

