

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE – EFOMM**

**A IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA DE PONTA NA FROTA DA
MARINHA MERCANTE NACIONAL**

Por: Thaís Barros de Souza

Orientador

Prof. Salustiano

Rio de Janeiro

2011

**CENTRO DE INSTRUÇÃO
ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA
MARINHA MERCANTE – EFOMM**

**A IMPORTÂNCIA DA TECNOLOGIA DE PONTA NA FROTA DA
MARINHA MERCANTE NACIONAL**

Apresentação de monografia ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como condição prévia para a conclusão do Curso de Bacharel em Ciências Náuticas do Curso de Formação de Oficiais de náutica (FONQ) da Marinha Mercante.

Por: Thais Barros de Souza

CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA

CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE - EFOMM

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR (trabalho escrito): _____

NOTA - _____

BANCA EXAMINADORA (apresentação oral):

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

Prof. (nome e titulação)

NOTA: _____

DATA: _____

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalemnte a Deus, e ao meu pai Sr. Reinaldo Teixeira de Souza, pela confiança e apoio, sem os quais não estaria realizando essa conquista tão abençoada.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos aqueles estiveram ao meu lado durante a minha trajetória, tanto nos bons momentos quanto nos ruins.

RESUMO

A demanda crescente das atividades Offshore no Brasil relacionadas aos derivados de Petróleo , indústria do gás e as descobertas mais recentes relacionadas a exploração das camadas do Pré- Sal, provocou uma evolução na tecnologia para atender exigências específicas e suprir as limitações do meio ambiente marítimo, além das áreas de produção cada vez mais congestionadas. Em virtude disso, desenvolveu-se o sistema de posicionamento dinâmico, a fim de capacitar as embarcações a controlar o aproamento e movimentos horizontais que uma embarcação pode sofrer durante uma viagem ou operação principalmente, não só para mantê-la em posição estática.

O objetivo desse trabalho é elucidar o leitor sobre os aspectos relevantes e as aplicações do sistema de posicionamento dinâmico e sua importância no atual cenário marítimo nacional.

Palavras chaves: Tecnologia, segurança, controle e desenvolvimento.

ABSTRACT

The increasing demand of offshore activities in Brazil related to petroleum, gas industry and the latest discoveries related to exploitation of the pre-salt layer, sparked an evolution in technology to meet specific requirements and address the limitations of the marine environment, beyond the areas of production increasingly crowded. As a result, the dynamic positioning system was developed, in order to enable vessels to control the heading and horizontal movements that a vessel may suffer while a traveling or operating not only to keep it in a static position.

The aim of this study is to elucidate the reader on the relevant aspects and applications of dynamic positioning system and its importance in today shipping nationwide.

Keywords: Technology, security, control and development.

LISTA DE FIGURAS

Nº	TÍTULO	PÁGINA
1	CUSS I	16
2	Movimentos de Translação do navio	17
3	Movimentos de Rotação do navio	18
4	Movimentos Controlados pelo DP	18
5	Forças que atuam nas unidades flutuantes	19
6	Filtro Kalman	22
7	Modo Operacional JSMH	25
8	Modo Operacional JSAH	25
9	Modo Operacional DP	26
10	Modo Operacional “ <i>Minimum Power</i> ”	26
11	Modo Operacional ROV “ <i>Follow</i> ”	27
12	Modo Operacional “ <i>Auto Track</i> ”	28
13	Modo Operacional “ <i>Auto Pilot</i> ”	28
14	Modo Operacional “ <i>Auto Sail</i> ”	29
15	Modo Operacional “ <i>Auto Speed</i> ”	29
16	Modo Operacional “ <i>Shuttle Tanker Approach</i> ”	30
17	Modo Operacional “ <i>Shuttle Tanker Pickup</i> ”	30

Nº	TÍTULO	PÁGINA
18	Modo Operacional “ <i>Shuttle Tanker Loading</i> ”	31
19	Modo Operacional “ <i>Shuttle Tanker Fixed Loading</i> ”	31
20	Modo Operacional “ <i>Riser Follow</i> ”	32
21	Modo Operacional “ <i>Heading Control for Anchor Moored Vessels</i> ”	33
22	Sistemas Hidroacústicos	35
23	Satélites GPS	36
24	Sistema DGPS	37
25	Taut Wire	38
26	CyScan Fanbeam	39
27	Artemis	39
28	DARPS	40
29	Agulha Giroscópica	42
30	Indicador “ <i>Doppler Speed Log</i> ”	42
31	Anemômetro	43
32	<i>Vertical Reference Unit</i>	44
33	Sistema Simplex (Classe 1)	47
34	Sistema Duplex (Classe 2)	47

Nº	TÍTULO	PÁGINA
35	Sistema Triplex (Classe 3)	48
36	Veículo Operado Remotamente (ROV)	49
37	<i>Diving Support Vessel</i>	50
38	Navio Sonda	50
39	<i>Lifting Vessel</i>	51
40	<i>Dredger</i>	52
41	FPSO	52
42	<i>Shuttle Tanker</i>	53
43	<i>Cable Layer</i>	54
44	<i>Pipe Layer</i>	54
45	AHTS	55
46	<i>Passenger Ship</i>	56
47	<i>Tunnel Thruster</i>	58
48	<i>Thrusters Azimutais</i>	59

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	13
1 – Histórico	15
2 – O Sistema de Posicionamento Dinâmico e seus Princípios Básicos.....	17
2.1 – Graus de Liberdade de uma Embarcação.....	17
2.2 – Modelo Matemático	19
2.3 – Sistemas de Controle Especiais	20
2.3.1 – Controlador “PID”	21
2.3.2 – Filtros Kalman.....	21
3 – Modos Operacionais do Sistema de Posicionamento Dinâmico	24
3.1 – JSMH – <i>Joystick Manual Heading</i>	24
3.2 – JSAH – <i>Joystick Automatic Heading</i>	25
3.3 – DP – <i>Dynamic Positioning</i>	26
3.4 – <i>Minimum Power</i>	26
3.5 – <i>ROV Follow</i>	27
3.6 – <i>Auto Track</i>	27
3.7 – <i>Auto Pilot</i>	28
3.8 – <i>Auto Sail</i>	29
3.9 – <i>Auto Speed</i>	29
3.10 – <i>Shuttle Tanker Approach</i>	30
3.11 – <i>Shuttle Tanker Pickup</i>	30
3.12 – <i>Shuttle Tanker Loading</i>	31
3.13 – <i>Shuttle Tanker Fixed Loading</i>	31
3.14 – <i>Riser Follow</i>	32
3.15 – <i>Heading Control for Anchor Moored Vessels</i>	32
4 – Sistemas de Referência de Posição	34
4.1 – Sistemas Hidroacústicos	34
4.2 – Sistemas de Indicação de Posição por Satélites	35
4.2.1 – GPS.....	35
4.2.2 – DGPS.....	36
4.3 – Taut Wire	37

4.4 – FanBeam / CyScan	38
4.5 – Artemis	39
4.6 – DARPS	40
5 – Sistemas de Sensores.....	41
5.1- Giroscópios	41
5.2 – Sensores de Velocidade	42
5.3 – Sensores de Vento	42
5.4 - <i>Vertical Reference Unit</i>	43
6 – Classes dos Equipamentos DP	45
7 – Tipos de Embarcações DP	49
7.1 – <i>Diving Support Vessel</i>	49
7.2 – Navio Sonda (<i>Drilling Ship</i>)	50
7.3 – <i>Lifting Vessel</i>	51
7.4 – <i>Dredger</i>	51
7.5 – FPSO (<i>Floating Production Storage and Offloading</i>).....	52
7.6 – <i>Shuttle Tankers</i>	53
7.7 – <i>Cable Layer</i>	53
7.8 – <i>Pipe Layer</i>	54
7.9 – AHTS (<i>Anchor Handling Tug Supply</i>)	54
7.10 – <i>Passenger Ship</i>	55
8 – Sistemas de Propulsão	57
8.1 – Características	57
8.2 – Tipos de <i>Thrusters</i>	57
8.2.1 – Propulsores Fixos	57
8.2.2 - Azimutais.....	59
8.3 – <i>Thruster Modes</i>	59
8.3.1 – BIAS	60
8.3.2 – FIXED	60
8.3.3 – PULL/PUSH	60
9 – Vantagens do Sistema DP	61
CONCLUSÃO.....	62
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	63

INTRODUÇÃO

Com a expansão crescente das atividades *Offshore* de petróleo na costa brasileira e a necessidade de avanço na tecnologia para a exploração do pré-sal foi preciso o desenvolvimento de uma técnica para executar diversas operações marítimas além de aprimorar as existentes. Descrevemos aqui a técnica conhecida como posicionamento dinâmico.

A tecnologia dos sistemas DP é considerada recente, as primeiras sondas foram registradas no princípio dos anos 70. Os primeiros estudos desta técnica se deram por volta do século XVIII, no entanto, somente no século XIX ela foi aplicada no setor marítimo. O primeiro sistema de posicionamento dinâmico para embarcações foi criado nos Estados Unidos e hoje é aplicado e desenvolvido em vários países do mundo.

Os primeiros navios a utilizarem esta técnica foram embarcações de pesquisa geológica, notou-se que a adaptação do sistema era bastante eficaz e logo o sistema se disseminou através de diversos segmentos marítimos: como indústria do petróleo, atividades militares, transporte hidroviário, etc...

O objetivo desse sistema não pode ser lembrado apenas em manter a embarcação imóvel sobre um ponto fixo, mas que possibilite a manutenção da posição sobre um determinado local, num range que considere certos limites operacionais aceitáveis para os sistemas envolvidos na operação da unidade.

Com essa finalidade o sistema controlador do DP atua simultaneamente de dois métodos : método da posição e método da força .O primeiro mede o desvio da unidade em relação ao alvo e estima a força necessária para que sua posição seja restaurada.O segundo já mede os esforços resultantes das condições oceano -meteorológicas que agem naquele momento sobre a unidadee calcula a força, necessária para compensá-la de modo que a posição se mantenha.

A maioria dos sistemas DP é projetada para atuar conforme o método da posição primeiramente, porém todo sistema é capacitado de analisar segundo o princípio da força resultante para contrabalancear mudanças bruscas na alimentação dos controladores.

O “DP” é muito usado na indústria *Offshore* , em lugares como: Mar do Norte, Golfo Pérsico, Golfo do México, África Oriental, Bacia do Espírito Santo e na Bacia de Campos no Brasil. Hoje existem mais de 1000 navios com o sistema de posicionamento dinâmico.

CAPÍTULO I

HISTÓRICO

Antes do sistema de posicionamento dinâmico, só havia uma única forma de se manter a embarcação numa posição desejada, utilizando somente o sistema de propulsão, era manualmente. O operador acionava cada um dos propulsores individualmente à medida que o afastamento da posição desejada fosse se tornando significativo. Manter esta posição sob controle era uma tarefa exaustiva e bem trabalhosa, pois o operador necessitava acionar diversos comandos ao mesmo tempo enquanto observava o afastamento.

Por volta de 1960, surgiram os primeiros sistemas de posicionamento de embarcações no mar. Tinha-se a necessidade de métodos que proporcionassem controle para manter a posição e o rumo de uma embarcação em mar aberto, não só para atender às necessidades da indústria do petróleo e atividades como lançamento e reparo de cabos submarinos, mas também para auxiliar ao interesse científico do conhecimento do subsolo marinho

A evolução do sistema foi fazer com que os sistemas individuais de acionamento do sistema de propulsão fossem integrados em um só, desta forma o operador poderia controlar a embarcação somente com um sistema de comando, geralmente do tipo “*joystick*”.

O primeiro sistema DP foi utilizado em um projeto denominado Mohole em 1957. Esse projeto visava perfurar a camada Moho que se localizava na parte mais externa da Terra e para alcançar essa camada seria necessário realizar as operações em águas o mais profundas possível.

A embarcação que realizou essa operação foi o navio sonda CUSS I. Equipado com um sistema de posicionamento dinâmico, ele contava com quatro *thrusters*, um sensor hidroacústico no fundo do mar e quatro bóias emissoras de ondas de rádio que emitiam sinais para o radar da embarcação. A idéia de desenvolver um controle automático para o posicionamento dinâmico nasceu depois de 1961 com a empresa Shell, lançando a plataforma NS Eureka que possuía propulsores, *thrusters*, taut wire, beacons (equipamentos quer serão abordados mais profundamente à frente) e controle analógico, ou seja, equipamentos automatizados que comandavam os propulsores. Três anos depois, em 1964, foi lançado o NS Caldrill-1, que fez perfurações em profundidades de até 2000m de lamina d'água, possuindo

equipamentos similares ao NS Eureka. Neste mesmo ano, ainda surgiu o conceito de redundância, que tinha a intenção de evitar interrupções na operação em decorrência de falhas de componentes.

No ano de 1969, pode-se presenciar também o surgimento Glomar Challenger que utilizava um computador analógico e sem redundância, que foi um marco importante por ter sido consolidada a técnica utilizadas por Sistemas DP. Porém foi em 1977 que franceses e americanos batizaram o sistema utilizado como *Dynamic Positioning*(DP).

A partir de 1980 muitas implementações foram feitas em relação ao sistema DP que apresentamos até o momento: como em 1980 ,a criação do piloto automático; em 1991, o sistema de posicionamento por satélites GPS, substituindo o antigo Nav-Star; o desenvolvimento do sistema diferencial GPS (DGPS), cuja finalidade é determinar o erro da posição GPS em função de uma posição conhecida; em 1997, um controlador de posição para uma plataforma de perfuração tipo semi-submersível operando em águas profundas com sistema de ancoragem assistida por propulsores empregando a técnica de controle linear quadrática gaussiana; em 1998, o DP junto a uma técnica chamada “*backstepping*” foi adaptado com sucesso a um rebocador de apoio; em 2001, no Brasil, trabalhos desenvolvidos na área de controle marítimo através de uma equipe de professores que empregaram a técnica de modos deslizantes em sistemas de posicionamento de navios na Bacia de Campos.

A tecnologia foi tão bem aceita que atualmente diversas embarcações são equipadas com ela, até mesmo embarcações não relacionadas à indústria do petróleo, como algumas embarcações de resgate.



Figura 1 - "CUSS I"

CAPÍTULO II

O SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO E SEUS PRINCÍPIOS BÁSICOS

O sistema de posicionamento dinâmico calcula a diferença entre a posição medida e a posição desejada para o navio, em seguida calcula a força que os “*thrusters*” devem produzir para fazer com o valor destes desvios seja o menor possível.

Os cálculos matemáticos são baseados nas características hidrodinâmicas do navio, principalmente deslocamento e arrasto, *set points* de operação, unidades de referência e informações dos sensores, que serão abordados com mais profundidade nos próximos capítulos.

2.1- Graus de liberdade de uma embarcação

As forças produzidas pelo meio ambiente que atuam nas unidades flutuantes são: o vento, a corrente e as ondas. A união desses esforços resulta em seis tipos de movimentos, denominados graus de liberdade do navio. São eles:

- Movimentos de translação – *surge* (avanço), *sway* (deriva) e *heave* (arfagem).

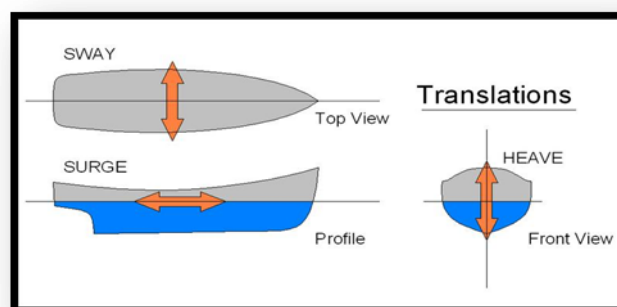
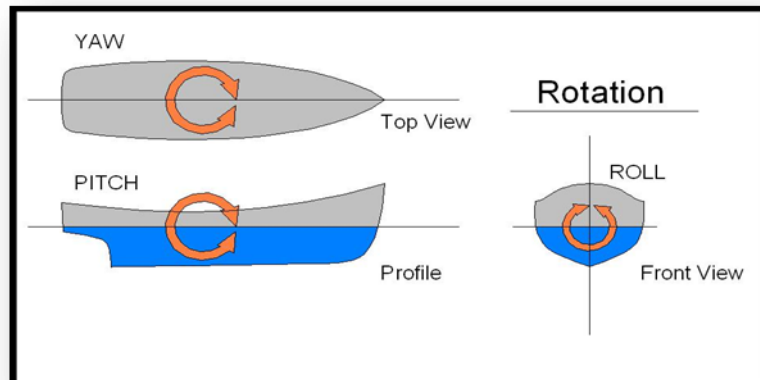


Fig 2- movimentos de translação do navio

- Movimentos de rotação – *pitch*(caturro), *roll*(balanço) e



yaw(aproamento).

Fig 3- movimentos de rotação do navio

O sistema DP controla diretamente três dos movimentos citados e todos eles se dão em relação ao plano horizontal:

- *Surge*: é o movimento longitudinal em torno de um eixo também longitudinal que passa pelo centro de flutuação do navio.
- *Sway*: trata-se do movimento trasnversal em torno de um eixo também transversal que passa pelo centro de flutuação.
- *Yaw*: movimento horizontal para bombordo e para boreste em torno de um eixo vertical que passa pelo centro de flutuação.



Fig 4 - Movimentos controlados pelo DP

Entretanto, vale ressaltar que os demais movimentos também afetam o posicionamento da embarcação, já que influem em alguns tipos de sensores, por este motivo são devidamente monitorados e se necessário corrigidos, salvo o movimento de arfagem, sobre o qual o sistema

nem controla, nem recebe informações, é apenas acompanhado e medido através de um display.

Sintetizando os conceitos vistos, podemos afirmar que de um modo genérico o sistema DP mede aproamento e distância em relação ao alvo pré-estabelecido, avalia o desvio em termos das coordenadas *surge*, *sway* e *yaw* e finalmente avalia a força necessária para restabelecer a posição sobre o “alvo”, com base nessa avaliação, comanda o sistema de propulsão para efetuar as correções devidamente necessárias.

2.2- Modelo matemático

Dentre os principais motivos da criação do DP estão os efeitos externos. Estas indesejáveis perturbações incluem principalmente o vento, a corrente e os trens de ondas. Existem também as forças resultantes da própria embarcação que deverão ser consideradas, mas não são tão influentes e permanentes como as forças do ambiente.

O modelo matemático é um detalhamento de como a embarcação reage ou se move em função dessas forças agindo sobre ela. Esse modelo é afetado pelas mesmas forças que influenciam a unidade flutuante, é uma simulação da realidade e foi desenvolvido através de ensaios e dados de projeto.

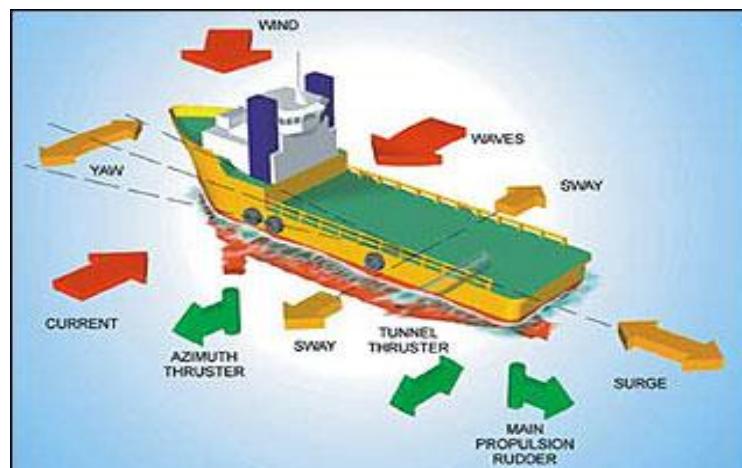


Fig 5 – Forças que atuam nas unidades flutuantes

É possível calcular as forças causadas pelo vento através da medição da velocidade e direção registradas nos anemômetros, dividindo-se em duas componentes: sinais de baixa ou

alta frequência, filtrados para suavizar ruídos ou erros. Já as forças devido aos *thrusters* podem ser calculadas através de suas características de performance (informações que o modelo disponibiliza) em função da rotação, *pitch* e *heading*.

Nos cálculos das forças devido às ondas e correntezas usam-se as estimativas dos efeitos provocados no casco por elas, já que não existem sensores com plena confiabilidade que disponibilizem as informações diretamente.

Devemos dar uma atenção especial às forças geradas pelas ondas, pois para estas existe um “filtro interno”, responsável por decompor o movimento em dois fatores: um de caráter oscilatório, responsável pelo movimento para cima e para baixo da embarcação denominado “forças de onda de primeira ordem”.

Esta componente é eliminada pelo sistema, pois não resulta em deslocamento no plano horizontal em relação a um ponto fixo, portanto os filtros impedem que o sistema tente compensar essas forças. Por outro lado, o movimento oscilatório das forças afeta de maneira significativa o “*roll*” e o “*pitch*”, esses movimentos são lidos pelas VRU’s e usados para compensar automaticamente o “*output*” de alguns sistemas de referência de posição.

O outro fator é a componente horizontal ou de baixa frequência, usada para estimar as correntes, basicamente o sistema considera como corrente o efeito de arraste produzido pelas ondas somado à correnteza propriamente dita. Considera-se a força causada pelos *thrusters* somada à velocidade da embarcação e descontando-se a força produzida pelo vento.

2.3 - Sistemas de Controle Especiais

O modelo matemático de uma embarcação é tão preciso quanto possível, porém não garante uma representação totalmente fiel da realidade, sendo necessária a criação de sistemas de controle especiais para considerar o erro entre as informações medidas pelos diversos sensores e o valor calculado. Após a determinação desse valor, eles enviam a ordem e grau de correção ao sistema de propulsão.

2.3.1- Controlador “PID”(Proporcional Integral Derivativo)

Presente em sistemas DP mais antigos é o tipo mais utilizado. Nesse tipo de sistema o erro total entre a posição medida e desejada é decomposto em três direções fundamentais pelo controlador, são elas: *Surge*, *Sway* e *Yaw*, multiplicando-se cada componente por “fatores de ganho” específicos obtêm-se uma “demanda de *thruster*” para cada direção, tais fatores são encontrados primeiramente a partir de cálculos onde a força restauradora é diretamente proporcional ao módulo do erro, denominados cálculos proporcionais e através de cálculos onde a força restauradora é proporcional á derivada do desvio, qual seja a velocidade, chamados de cálculos derivativos.

Sabe-se que o objetivo principal do sistema é manter a embarcação em estado estacionário, para isso a componente derivativa do controlador deve proceder para zerar a velocidade, essa componente permite reduzir a força total necessária aos *thrusters*, pois eles são acionados antecipadamente para começar a frear o movimento antes de passar por cima do alvo ,comandados em função da velocidade.

Mesmo assim, é possível ainda ocorrer um caso de “*offset* estável” causado por forças que não podem ser medidas, apenas estimadas no modelo matemático. Para solucionar esse problema o sistema possui uma Componente Integral, cuja função é criar um histórico dessas forças ao longo do tempo e inserí-las no cálculo primário da força necessária aos *thrusters*.

2.3.2-Filtros Kalman

O filtro Kalman é uma fórmula matemática que usa vetores ativos e notação do tempo de domínio, é aplicado nos mais modernos sistemas DP por ser mais preciso, estável e econômico em relação ao uso de *thrusters* comparando-se com os controladores “PID”.

O sistema compara os valores medidos com certos dados previstos num determinado ciclo são eles: posição, velocidade e forças atuantes na embarcação, dados adquiridos através de sensores durante um estudo das condições predominantes do local durante um período de tempo pré-estabelecido. O erro associado a essa comparação é incorporado na previsão do próximo ciclo até que estas se tornem cada vez mais precisas, desde que mantidas as mesmas

condições externas, fato que na prática não ocorre. Mas dessa maneira é possível reduzir bastante as oscilações da unidade em torno do “alvo”.

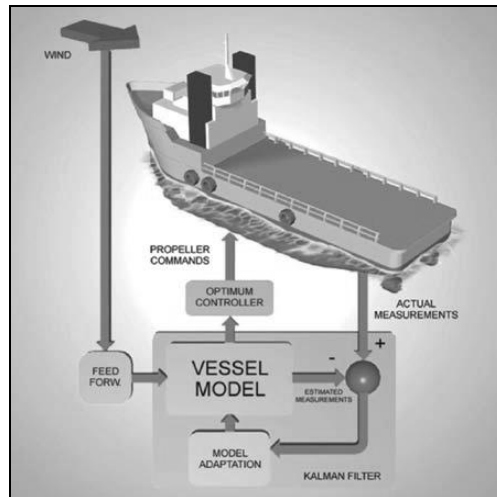


Fig 6 – Filtro Kalman

Nos filtros kalman assim como nos “controladores PID” o erro total é também separado em três componentes, porém passam por etapas diferentes. O controlador Kalman estima a posição, velocidade e força da embarcação através de duas formas concomitantes: calculando a aceleração, a velocidade e a posição correspondente, a partir do conhecimento das forças aplicadas à embarcação e usando a relação posição x velocidade fornecida pelos sensores de referência para estimar as forças desconhecidas (ondas e correntezas), que agem na unidade.

Combinando os resultados obtidos de posição, velocidade e força o sistema estima precisamente os “fatores de ganho” que devidamente aplicados aos elementos do desvio total, fornecerão as “demandas de *thrusters*” necessárias.

A utilização do filtro de Kalman possui vantagens significativas como: a redução efetiva de “ruídos”, ótima combinação de dados oriundos de diversos sistemas de referência de posição, economia de combustível e menor desgaste de thrusters além da possibilidade de manutenção da posição mesmo em caso de interrupção nas transmissões de

informações dos sensores de referência por vários minutos, essa característica é muito importante no sistema DP e é conhecida como “*dead reckoning*”.

CAPÍTULO III

MODOS OPERACIONAIS DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

Para cada tipo de operação que o sistema trabalhe existe um modo operacional melhor configurado para atender aqueles requisitos e necessidades de determinado serviço. A embarcação só pode estar operando segundo o comando de um modo por vez. Os modos operacionais são escolhidos pelo operador usando o display ou os controles específicos no próprio console. É importante ressaltar que é necessário que embarcação possua o mínimo de equipamentos necessários à operação deste módulo, pois antes do módulo ser devidamente escolhido, o sistema verifica a existência dos equipamentos, assim como se estes já foram habilitados e selecionados.

Em sistemas mais modernos, o controlador dotado de Filtros Kalman, possibilita estabelecer diversos modos operacionais e, por conseguinte até mesmo atribuir ordens a um “piloto automático”. Lembrando que a nomenclatura depende da origem do fabricante, apresentamos a seguir os seguintes modos operacionais:

3.1 – JSMH – *Joystick Manual Heading*

Este modo é utilizado para que a embarcação seja totalmente manobrada pelo manual. A embarcação é controlada pelo *joystick* nos movimentos para avante/ré e para bombordo/bereste, o giro no centro de rotação é controlado pelo botão de proa (*turn control knob*), uma maçaneta que controla o aproamento no modo JSMH.

A manete controla a direção do empuxo aplicado a unidade pela direção para qual estiver apontando. Controla-se a quantidade de empuxo através da intensidade que a manete é acionada para frente ou para trás, e o empuxo pode tanto mover a embarcação quanto mantê-la estacionária sob as forças naturais.

O *Heading* é controlado pelo botão de controle de giro, que gira a embarcação em torno do seu centro de rotação usando os propulsores escolhidos. Utiliza-se bastante em casos onde as condições do tempo não estão muito favoráveis, para se ter um controle maior do

sistema por parte do operador que pode alterá-lo quase que instantaneamente ao ver alguma modificação necessária. Em contrapartida, é necessário que operador fique operando o sistema intensamente até o fim das operações

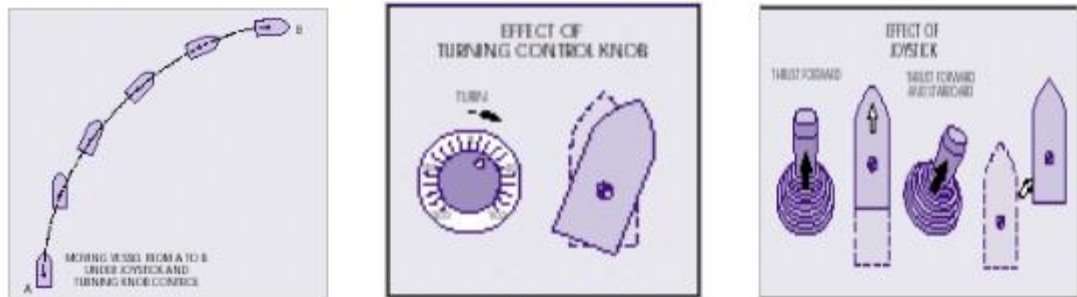


Fig 7- Modo Operacional JSMH

3.2 – JSAH – *Joystick Automatic Heading*

É o modo usado para manobras próximas, onde a proa da embarcação é automaticamente controlada pelo sistema. O *joystick* controla: AV/AR e BB/BE movimentos

Assim como no JSMH, no *joystick auto heading* todos os propulsores selecionados são controlados por apenas uma manete. Neste modo, a sensibilidade do operador é responsável por controlar o valor e a direção do empuxo.

O *heading* da embarcação é mantido em certo valor ajustado usando-se o sinal vindo da agulha giroscópica. O botão de controle de giro é desabilitado neste modo.

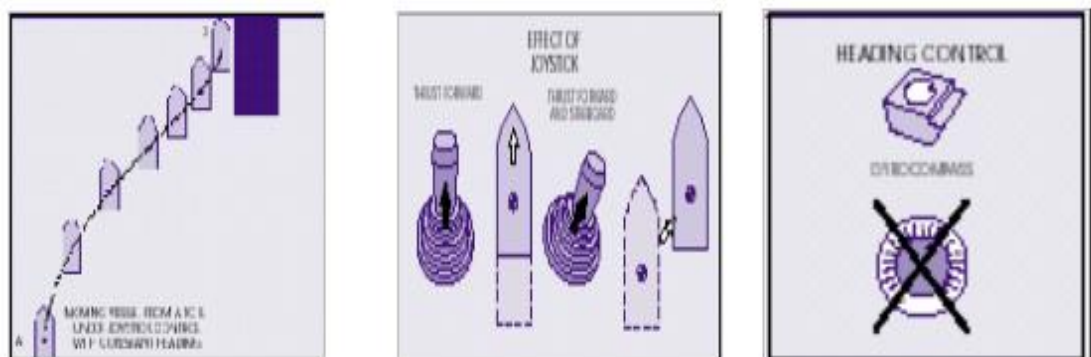


Fig 8- Modo Operacional JSAH

3.3 – *Dynamic positioning (DP)*

Este modo é usado para manter uma posição fixa em relação a um alvo estacionário. Tanto a proa e a posição são automaticamente mantidas.

Nesse modo, a posição da embarcação é controlada por um PME, enquanto que a agulha giroscópica é a responsável por controlar o *heading*. Quando o modo DP é selecionado, a posição e o *heading* atuais da embarcação são considerados como referência. É o sistema mais utilizado, até mesmo vê-se o nome do sistema em si no nome do modo de operação

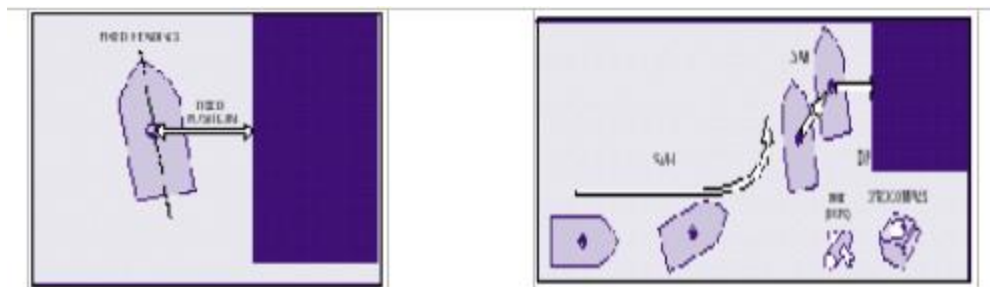


Fig 9- Modo Operacional DP

3.4 – *Minimum Power*

Mantém a posição da embarcação relativa a um ponto de referência fixo, usando o mínimo possível de força/*thruster* (minimizando o empuxo para BB/BE) contra as forças naturais sobre a embarcação. Esta opção é selecionada em casos onde as condições ambientais estão bastante favoráveis.

A demanda de empuxo dos propulsores é minimizada através do aproamento , controlado de forma a alinhar-se com o tempo prevalecente e assim, minimizar a demanda de empuxo dos propulsores.

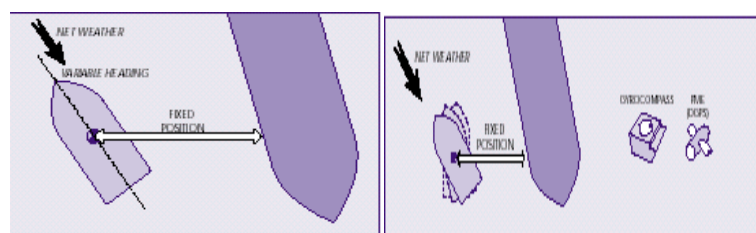


Fig 10- Modo Operacional “*Minimum Power*”

3.5 - ROV Follow

ROV (Remotely Operated Vehicle) é um robô operador de uma unidade marítima por uma pessoa qualificada, para fazer inspeções e pequenos reparos nos poços e embarcações.

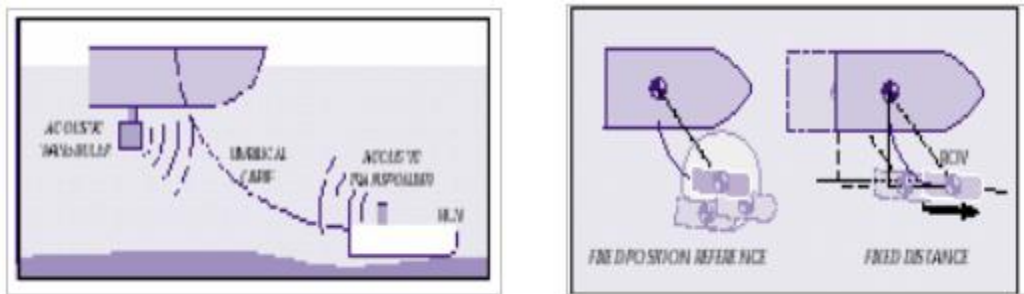


Fig 11 - Modo Operacional ROV "Follow"

O objetivo do *ROV follow* é manter a posição relativa da embarcação a um ROV (veículo sub aquático) conectado a embarcação através de um umbilical. A separação relativa entre a embarcação e o ROV é medida com um transdutor acústico na embarcação e um balizador no ROV. A posição da embarcação é controlada por um PME e o aproamento é controlado por uma agulha giroscópica. Podemos encontrar esse modo operacional de duas maneiras:

- a) ROV Posição Fixa: a embarcação é mantida numa posição fixa e o ROV move-se dentro de uma área definida. Caso o ROV saia dessa área, a embarcação seguirá o movimento gerando assim uma nova área para o ROV.
- b) ROV Distância Fixa: a embarcação e o ROV movem-se juntos mantendo um horizonte fixo. A distancia é controlada, tendo com referência o centro de rotação da embarcação e do ROV. Este modo é usado para o acompanhar as linhas submarinas.

3.6 – Auto Track

A posição da embarcação é automaticamente mantida ao longo de uma rota definida por dois ou mais pontos chamados *waypoints*, a uma baixa velocidade e com controle

aproamento automático. A velocidade e o aproamento da embarcação entre os *waypoints* poderão ser ajustados de forma independente.

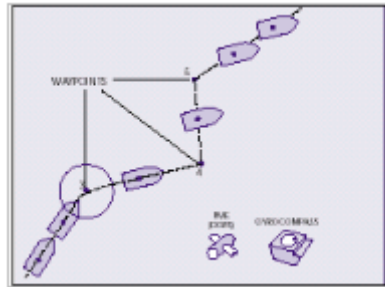


Fig 12- Modo operacional “Auto Track”

3.7 – Auto Pilot

Este modo é utilizado apenas em distâncias maiores a serem percorridas. É um modo de navegação rápida com o objetivo de mover a embarcação num aproamento constante. O aproamento é controlado pela agulha giroscópica e o empuxo pelo operador através da manete, que só informa o valor de empuxo à frente, não fazendo nenhum efeito o seu movimento lateral. O botão de controle de giro fica desabilitado neste modo.

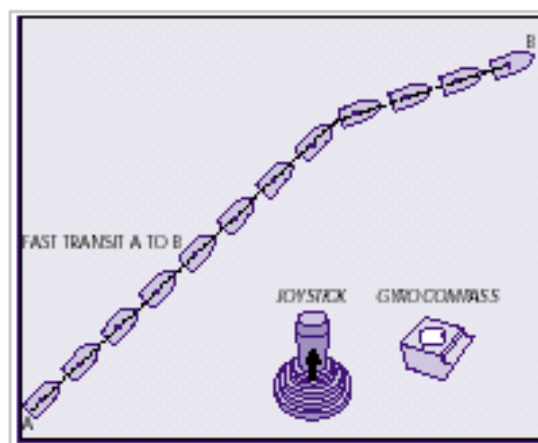


Fig 13- Modo Operacional “Auto Pilot”

3.8- Auto Sail

Assim como o *auto track*, o *auto sail* controla a embarcação ao longo de uma rota definida por *waypoints*, entretanto as velocidades podem ultrapassar dois nós. O sistema de controle controla a embarcação monitorando a sua posição em relação a rota e a reposiciona, se necessário, através do ajuste de seu aproamento. A posição da embarcação é controlada pelos PME's e o empuxo é controlado pelo operador através da manete.

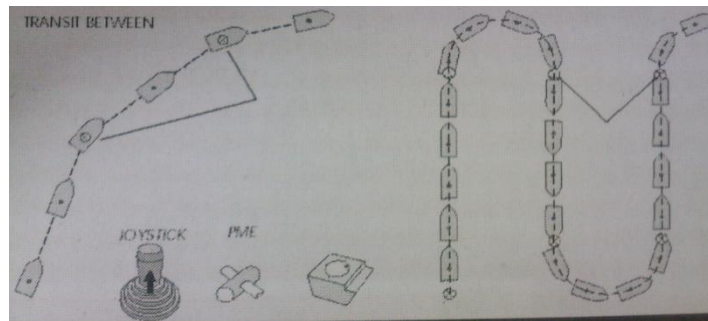


Fig 14- Modo operacional "Auto Sail"

3.9- Auto Speed

Mantém a embarcação a uma velocidade constante no sentido proa/popa e bombordo/boreste. A velocidade e a direção do movimento são controlados através da manete e o monitoramento da velocidade é através de um *Doppler log*. O aproamento da embarcação é mantido em certo valor ajustado, usando-se o sinal vindo da agulha giroscópica.

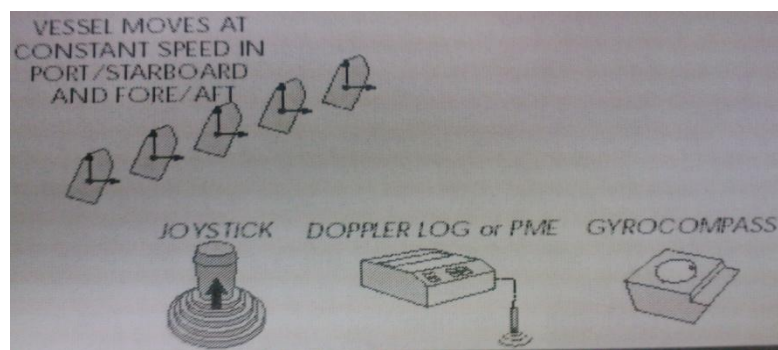


Fig 15- Modo operacional *auto speed*

3.10-Shuttle Tanker Approach

O navio é movimentado para uma posição em que tanto o modo *pick up* quando o *loading* podem ser usados, e o aproamento alinha-se com a base de alívio, e o centro de rotação desloca-se virtualmente para o ponto de alívio. Depois do *offloading*, este modo pode ser usado para mover o navio para fora da área de alívio.

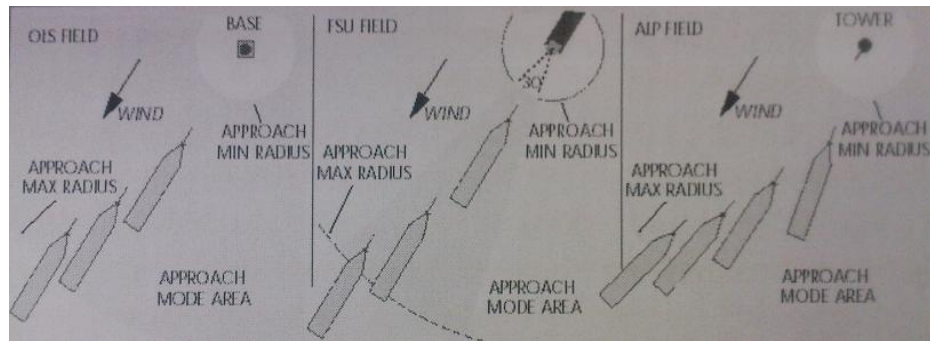


Fig 16- Modo operacional *Shuttle Tanker Approach*.

3.11-Shuttle Tanker Pickup

A proa do navio aliviador é posicionada num determinado ponto para facilitar o reconhecimento da mangueira de alívio. O modo permite ainda, que o navio se posicione numa coordenada sem que haja necessidade do aproamento está apontando para a base de alívio, e permite também, o aproamento fixo em situações de tempo calmo ou a critério do operador.

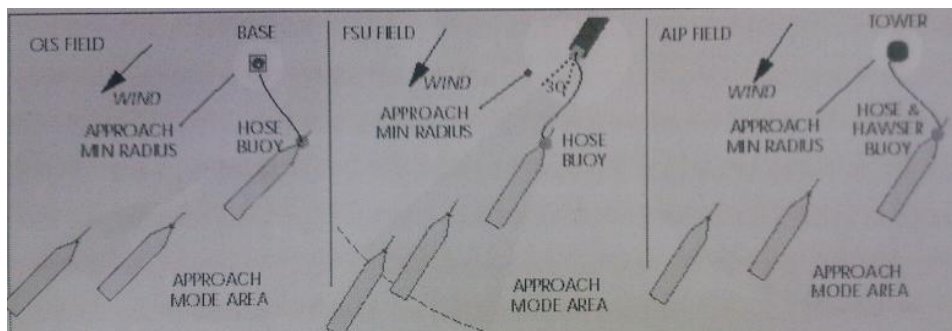


Fig 17- Modo operacional *Shuttle Tanker Pickup*.

3.12-Shuttle Tanker Loading

Neste modo o navio aliviador é posicionado em um determinado ponto para facilitar o alívio, e a sua movimentação é feita num arco, mantendo o aproamento alinhado com a base de alívio. Em um FPSO o arco é limitado. Como opção, o aproamento fixo pode ser habilitado em situações de tempo calmo ou a critério do operador.

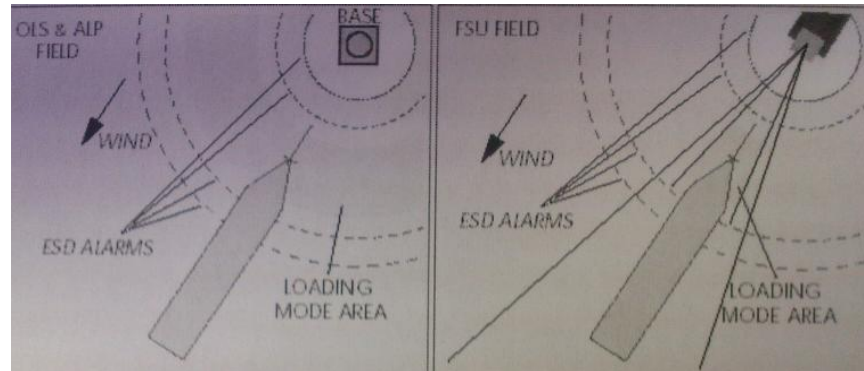


Fig 18-Modo operacional *shuttle tanker loading*.

3.13-Shuttle tanker fixed loading

Permite ao navio aliviador se posicionar fora da posição determinada pelo seu aproamento. Este modo é usado em campos ALP e OLS de forma a evitar que o navio derive em direção a outras estruturas. O aproamento fixo também pode ser habilitado em situações de tempo calmo ou a critério do operador.

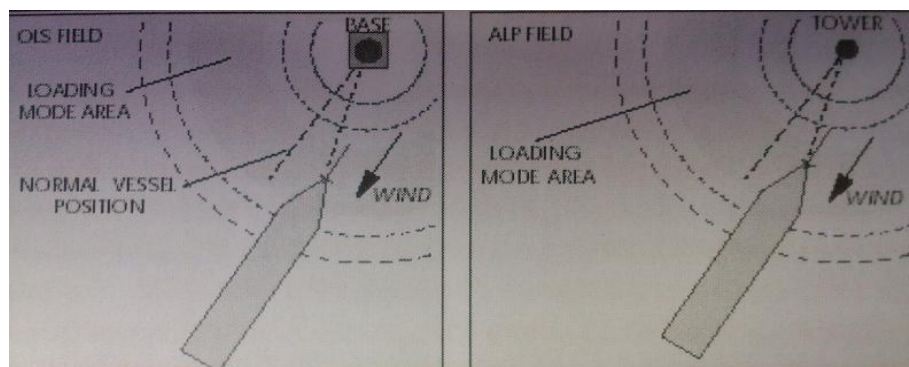


Fig 19- Modo operacional *shuttle tanker fixed loading*.

3.14- *Riser follow*

É usado em embarcações que realizam atividades de perfuração. O sistema se encarrega de controlar a posição da unidade flutuante para manter o ângulo conhecido como “*Riser Angle*” formado entre um cabo que vai da embarcação até um peso alocado no solo marinho;

Controla a posição de modo a manter o ângulo de inclinação do *riser* próximo de zero. O sistema recebe informações de inclinação, sinais de posição do módulo de perfuração e calcula a posição, na qual o ângulo do *riser* será zero. Para evitar constantes movimentações, é admitido um pequeno ângulo de reação. Quando esse ângulo é ultrapassado, a embarcação se move com o objetivo de zerá-lo e um novo círculo é desenhado em torno dele.

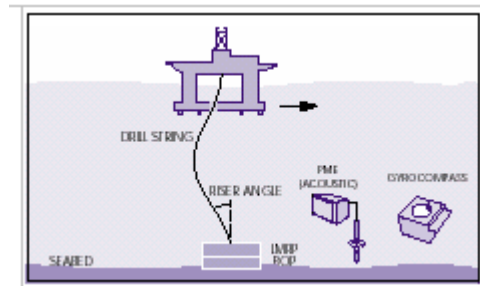


Fig 20- Modo Operacional ‘Riser Follow’

3.15 - *Heading control for anchor moored vessels*

Este modo é usado para aumentar a vida útil da amarração de embarcações ancoradas por meio do uso dos *thrusters*, controlando o aproamento e reduzindo a tensão das amarras. Existem três métodos possíveis para a atuação deste modo:

-*Auto assist*: o sistema controla os *thrusters* para compensar os esforços na amarração.

-*Damped assist*: funciona como o *auto assist* acrescido do controle do movimento proa/popa.

-*Manual assist*: com a manete, o operado, controla o movimento proa/popa e o botão de giro controla a rotação.

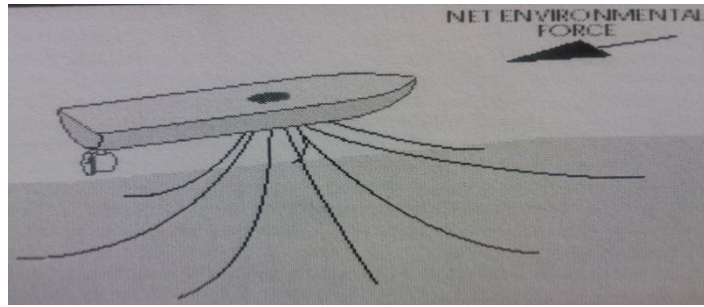


Fig 21- Modo operacional *heading control for anchor moored vessels.*

CAPÍTULO IV

SISTEMAS DE REFERÊNCIA DE POSIÇÃO

4.1-Sistemas Hidroacústicos

São usados para calcular a posição tridimensional de um transdutor armado na embarcação em relação a um transponder (sensor) no fundo do mar. Transmite-se através do transdutor um pulso interrogador, que é recebido pelo transponder, quando provocado responde com um pulso de frequência diferente. O sistema mede o tempo entre a interrogação e a resposta e usa a velocidade do som na água, juntamente com ângulo de incidência no sinal de resposta do transdutor e, utilizando triângulos, calcula a posição relativa da embarcação.

Um sistema de referência de posição hidroacústica depende não só de cada sensor individual (Beacons, Transponders, Hidrofonos , Transducers e Processador) como também do arranjo entre eles, o qual vai determinar a triangulação responsável pelo posicionamento. A classificação mais comum usa o conceito de “base line”, referente ao distanciamento entre sensores.

- Long Baseline System (LBL); Este sistema consiste em um único "transducer" localizado na quilha da embarcação e de um "array" de pelo menos três "transponders", que ficam a uma distância um do outro de pelo menos 500 metros. É um sistema de medida por alcance sem medida angular. Os "transponders" são colocados no fundo mar com bastante precisão e o sistema trabalha com frequência de aproximadamente 10 KHz, podendo operar em águas de até 4.000 metros de profundidade.

A precisão deste sistema depende da profundidade local, ele também se destaca como o mais preciso entre os três possíveis sistemas hidroacústicos, além disso, esta técnica dispensa o uso de VRU(*Vertical Reference Unit*), para compensação de ângulo do movimento da embarcação. O sistema tem como principal desvantagem o alto custo para a manutenção dos "transponders".

- *Short Baseline System* (SBL); Este sistema utiliza um único "transponder" e um "array" de "transducers" montados na quilha da embarcação. SBL é um sistema de alcance,

como o LBL, porém necessita de compensação fornecida por VRU. A distância mínima entre os "transducers" deve ser de 15 metros, e o uso deste sistema deve ser em águas de até 1.000 metros de profundidade. Este sistema foi muito utilizado, até o final dos anos setenta, nas primeiras embarcações DP, especialmente em navios destinados a sondagem de perfurações

- *Ultra or Super Short Baseline System*(USBL ou SSBL); Seu princípio de determinação de posição é semelhante a um SBL, a diferença está na disposição dos "transducers" ao longo da quilha, ficando muitos próximos uns dos outros, já que o tamanho destes equipamentos é bastante reduzido. A distância entre eles é da ordem de centímetros.

Esta técnica necessita de um VRU para a correção dos movimentos da embarcação, exigindo bastante cuidado na sua calibragem. USBL é o equipamento do sistema acústico mais utilizado, sendo destinado à tomada de posição fixa ou em deslocamento.

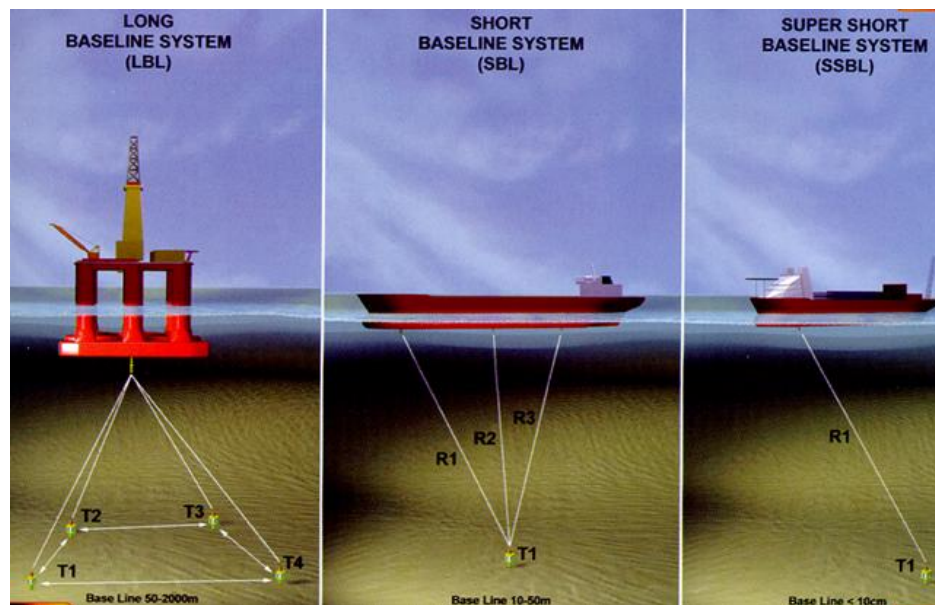


Fig 22 –Sistemas Hidroacústicos

4.2- Sistemas de Indicação de Posição por Satélites

4.2.1-GPS

O sistema de posicionamento global (GPS) é um sistema de rádio-navegação baseado em satélites, desenvolvido e operado pelo Departamento de Defesa dos EUA. Permite que

usuários em terra, mar e ar determinem suas posições tridimensionais (latitude, longitude e altitude), velocidade e hora, 24 horas por dia, em qualquer ponto da superfície terrestre. O receptor mede o intervalo de tempo entre a transmissão do sinal pelo satélite e sua recepção a bordo.

A base do sistema é a trilateração por satélites, para trilaterar, o GPS mede-se a distância entre as antenas dos satélites e a antena do receptor o receptor mede a distância entre ele mesmo e 3 (três) satélites no espaço. Usando tais distâncias como raios de três esferas, cada uma delas tendo um satélite como centro, a posição do receptor será o ponto comum de interseção das 3 esferas. Para medir o tempo de viagem o GPS precisa de relógios muito precisos. Uma vez conhecida a distância, é necessário saber onde estão os satélites no espaço, como o sinal GPS atravessa a atmosfera terrestre, ele sofre alguma perturbação durante essa viagem.

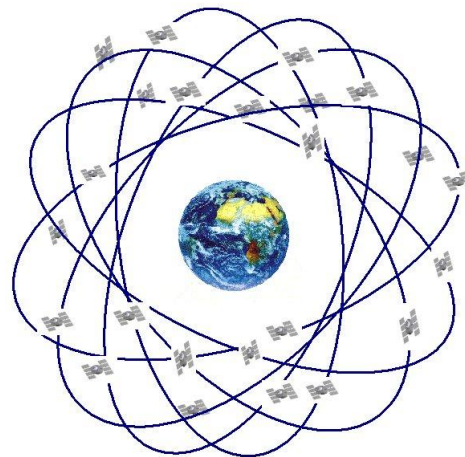


Fig 23-Satélites GPS

4.2.2- DGPS

A posição obtida pelo GPS não é suficientemente exata para o uso do DP. A posição é, então, aprimorada com o uso de uma estação de referência em terra que irá comparar a posição dela mesma, já conhecida, com a posição fornecida para ela pelo GPS.

No DGPS (*Differential GPS*), um receptor GPS é estacionado numa estação de referência onde são calculadas correções de coordenadas ou de pseudodistâncias, que são

transmitidas para os usuários da estação a ser posicionada. Este método foi desenvolvido visando reduzir os efeitos da SA (Disponibilidade Seletiva) imposta ao GPS no modo absoluto.

O sinal do DGPS pode ser transmitido por satélites de comunicação “links” via rádio ou internet. Tais correções só podem ser feitas se a embarcação estiver a, no máximo, duzentas milhas náuticas da estação de referência.

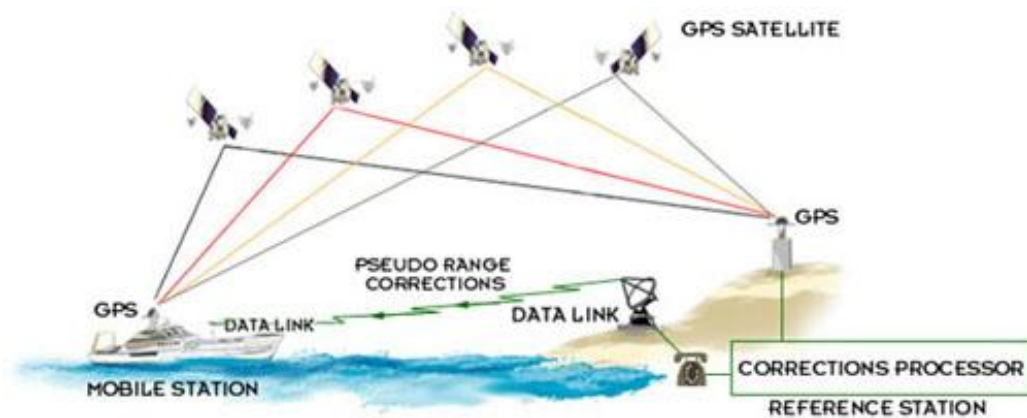


Fig 24-Sistema DGPS

4.3-Taut Wire

É o mais antigo sistema de referência de posição usado para o posicionamento dinâmico e é ainda, bastante preciso para águas rasas. O sistema "Taut Wire" funciona da seguinte maneira: uma poita (cerca de 500 kg), é colocado no fundo do mar, permanecendo conectado a um cabo que vai até a unidade flutuante. Este cabo fica sob tensão por meio de um sistema de compensação de movimentos interligado a um guincho hidráulico. Para que as informações do sistema sejam mais precisas, é integrado a ele um dispositivo compensador dos movimentos de "roll" e "pitch" da embarcação, enquanto sensores eletro mecânicos fazem a leitura dos movimentos transversais e longitudinais da embarcação. As diferenças de voltagem nos dois planos são interpretadas pelo sistema DP como ângulos os quais, associados à lamina d'água e à posição do peso colocado no fundo do mar, fornecem o afastamento da embarcação em relação à uma posição pré- estabelecida associada ao sistema embarcação, cabo e peso.

Além da lâmina d'água restrita, existe uma limitação física em termos de ângulo máximo de operação para Taut Wire, da ordem de 30° o que corresponde a um *offset* ou afastamento da sonda de 60%.



Fig 25- Taut Wire

4.4-Fanbeam/CyScan

Os sistemas ditos a laser são os sistemas de referência de posição baseados em um sistema óptico por laser infravermelho. Existem dois sistemas principais com base a laser que são bastante conhecidos, e são eles: o cyscan e o fanbeam. Eles trabalham, basicamente, da mesma maneira. O sistema envolve duas estações: uma localizada na embarcação de posicionamento dinâmico e outra em alguma posição fixa que são chamados refletores. A unidade com o sistema de posicionamento emite o laser infravermelho e o refletor, que está na unidade de terra, plataforma, FPSO, etc., reflete este sinal, medindo aquela distância.

O sistema consiste também de uma unidade emissora de raios laser montada numa plataforma estabilizada que pode girar 360° com velocidade de até 50° por segundo. Os pulsos são refletidos em prismas refletores a bordo das unidades às quais se deseja manter posicionamento relativo constante.



Fig 26- CyScan , Fanbeam

4.5- Artemis

É o sistema mais usado dos sistemas *rangebearing*, pois trata-se de um equipamento portátil , fácil de instalar e operar. A posição é obtida por meio de comunicação nas ondas de rádio de nove gigahertz ou microondas envolvendo duas estações uma no próprio navio DP e outra em terra. Cada estação consiste em uma unidade de dados de controle e uma antena, as duas antenas se rastreiam de modo a ficarem face a face quando a comunicação for estabelecida. A estação móvel transmite um sinal que é recebido pela estação fixa e retransmitido como resposta, sendo a referência de posição dada em marcação e distância da estação considerada fixa.

No Brasil, este sistema é bastante usado na operação de transferência de petróleo entre unidades FPSO e aliviadores.

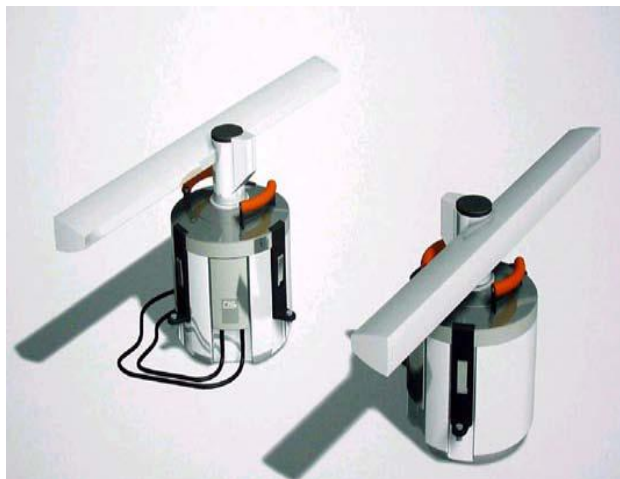


Fig 27-Artemis

4.6-DARPS (*Differential Absolute and Relative Positioning System*)

É um sistema de referência de posição relativo baseado no sistema GPS. Normalmente é utilizado em navios aliviadores nas operações de carregamento de óleo das FPSO, pois devem manter uma posição relativa um do outro. O DARPS, também, pode fornecer posição relativa a um "transponder" ou a um ponto de referência fixo.

Este sistema utiliza, simultaneamente, dados recebidos do GPS da embarcação "master"(aliviador) e da embarcação "slave"(FPSO), assim ele calcula a distância e a marcação entre as duas unidades. A embarcação "slave" envia os seguintes dados para a unidade "master": posição GPS, aproamento, "Offset" (desvio) da antena e identidade. Estas informações são transmitidas através de um rádio transmissor que utiliza a frequência UHF(*Ultra High Frequency*). Assim que a embarcação "master" recebe os dados vindos da unidade "slave" , eles são integrados ao sistema DP cuja função é manter a unidade "master" em uma marcação e distância pré- determinada em relação a embarcação "slave" .

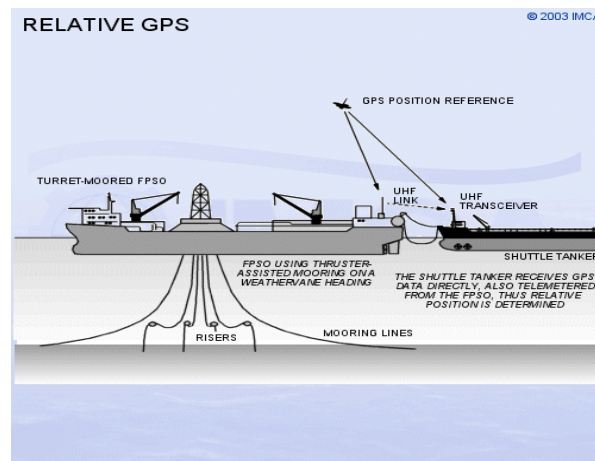


Fig 28-DARPS

CAPÍTULO V

SISTEMAS DE SENSORES

Os sensores são equipamentos importantíssimos para o posicionamento dinâmico de uma embarcação. Os dados oriundos deles não só enriquecem o Controlador DP, como também são responsáveis pela orientação dos Sistemas de Referência de Posição. São responsáveis pela medida das variáveis do sistema envolvidos, capazes de captar, em tempo real, as circunstâncias no momento em que estão acontecendo. Tratando-se de um sistema DP de classe dois ou, três podemos considerá-lo inteiramente dependente dos sinais corretos dos sensores, estes sinais devem ser fundamentados em três sistemas que servem à mesma finalidade e devem ser arranjados independentemente de modo que a falha de um não afete os outros.

5.1- Giroscópios

A agulha giroscópica é usada para controlar o aproamento e para desempenhar transformações de coordenadas, ou seja, mudanças de rumo da embarcação. É essencialmente, um giroscópio busca-meridiano, cujo eixo de rotação permanece alinhado com os meridianos da terra, e que é capaz de oscilar em torno de seu eixo vertical e de medir o ângulo entre a proa do navio e o eixo de rotação do giroscópio, isto é, o rumo verdadeiro do navio.

Existem várias fontes de possíveis erros em uma leitura de uma agulha giroscópica. O mais comum é o erro de latitude, que é o erro da componente vertical da taxa de rotação da Terra naquela determinada latitude. Devem existir no mínimo dois giroscópios na embarcação, cada um conectado de forma independente a um dos controladores DP de forma a providenciar a redundância necessária.



Fig 29 - Agulha giroscópica

5.2-Sensores de Velocidade

O “*Doppler Log*” é um instrumento de alta precisão, indicador do seguimento do navio em relação ao fundo e da tendência de giro da proa e da popa para um dos bordos. É de grande utilidade em manobras de atracação e desatracação.



Fig 30 - Indicador *Doppler speed log*

5.3- Sensores de Vento

Conhecendo-se as forças predominantes sobre uma embarcação: corrente, ondas e vento, este último é o único que pode ser medido diretamente com certo grau de precisão. O sensor de vento usado atualmente é o conhecido anemômetro. Trata-se de um equipamento que mede simultaneamente tanto a direção como a velocidade do vento. Os dados registrados pelo anemômetro são usados para ampliar o controle de posição do sistema, alterando a demanda de “*thrusters*”.

São instrumentos simples. A direção do vento é indicada por uma pequena pá que se alinha com o mesmo, e em cuja base de pivotamento existe um potenciômetro circular que origina variações de voltagem proporcionais ao ângulo. A velocidade é medida através de três ou quatro pequenas cuias que, ao girar, movimentam o eixo de um pequeno gerador de corrente contínua cuja intensidade é proporcional a essa velocidade.

Entretanto é importante que existam diversos anemômetros de modo a proporcionar uma média confiável e evitar que fatores externos alterem todos simultaneamente. Cuidados têm que ser tomados na instalação de anemômetros para prevenir sombra, em relação ao vento, de alguma parte da estrutura da embarcação e mastros. Um anemômetro deve estar no mínimo a 10 metros de diâmetro de algum mastro.



Fig 31 – Anemômetro

5.4-Vertical Reference Unit (VRU)

Esse sensor é responsável por fornecer os valores de “*pitch*” e “*roll*” da embarcação com a intenção de corrigir os sinais dos Sistemas de Referência de Posição Acústicos e DGPS, alterados devido à movimentação de seus receptores. Já a ação da arfagem é estimada com base na aceleração vertical da embarcação, este cálculo não é significativo para a operacionalidade do sistema DP.

Os VRU's também necessitam de redundância e devem estar posicionados o mais próximo possível do centro da embarcação para eliminar fatores indesejáveis. As informações da VRU também são úteis para o controle de lastro no caso de semi-submersíveis.



Fig 32- Vertical Reference Unit

CAPÍTULO VI

CLASSES DOS EQUIPAMENTOS DP

Os sistemas de posicionamento dinâmico são classificados com base na redundância dos equipamentos. Conceituando-se redundância como a capacidade do próprio sistema ou componentes manter ou restaurar suas funções, quando falhas ocorrerem. A IMO por meio da resolução 645 do guia para navios com sistema de posicionamento dinâmico, dividiu os equipamentos em três classes, chamadas de DP classe 1 , DP classe 2 e DP classe 3 .

O sistema de DP requer certa confiabilidade para concretizar suas operações com segurança. A fim de evitar conseqüências indesejáveis por falta de requisitos necessários para que as operações sejam precisas e confiáveis.

A grandeza da conseqüência da perda da capacidade de manter a posição ou trajetória define a confiabilidade que o sistema deve possuir, portanto para cada classe a pior falha deve ser definida e apresentada.

DP classe 1- Nesta classe, o sistema pode sofrer perda de posição na ocorrência de uma única falha ("*Single Failure*")

- possui controle automático de aproamento;
- controle automático de posição;
- não tem redundância completa;

DP classe 2 - A perda de posição não deve acontecer a partir de uma falha simples de um componente ativo ou de algum dos sistemas (geradores, quadros ou painéis de distribuição de energia, "*thrusters*", sistemas de referência, etc.), porém podem ocorrer a partir de uma falha de um componente estático como cabos, tubulações, redes, válvulas de controle manual etc.;

- possui controle automático de aproamento;
- controle automático de posição;

- redundância completa, garantindo o funcionamento pleno do sistema em caso de falha em um componente ativo ou de algum dos subsistemas, incluindo thrusters e geradores de energia.

DP classe 3 - A perda de posição não deve acontecer a partir de uma falha simples. Considera-se falha simples os mesmos critérios da classe 2, acrescentando-se: Todos os componentes em um compartimento a prova de água, sendo esta água proveniente de fogo ou alagamento; Todos os componentes em um compartimento à prova de fogo, sendo este fogo originado de incêndio; E assume-se que também seja passível de falha qualquer componente normalmente estático. O mesmo também apresenta

- controles automáticos de aproamento;
- de posição;
- tripla redundância inclusive impelidores e geradores de energia;
- Possui uma estação de controle reserva em outro compartimento estanque em caso de alagamento ou qualquer outro incidente no compartimento onde se localiza a primeira e também um sistema de proteção contra fogo.

Enquanto a IMO se absteve da decisão sobre que tipo de classe DP se aplica para cada tipo de operação, deixando que cada armador decidisse, a Diretoria Marítima Norueguesa (NMD) especificou qual tipo de classe DP deve ser utilizada de acordo com o risco da operação. No NMD *Guidelines*:

- Classe 1 - Perdas de posição podem causar poluição, avarias menores, sem causar danos pessoais.
- Classe 2 - Perdas de posição podem causar poluições maiores, avarias maiores e acidentes e danos pessoais
- Classe 3 - Perdas de posição podem causar poluições severas, avarias severas e acidentes fatais.

Em sumo os equipamentos Classe 1 referem-se a embarcações DP sem redundância, já os da Classe 2 tratam-se de navios DP com redundância completa dos sistemas e equipamentos, e por último os equipamentos da Classe 3 dá capacidade a embarcação DP de

resistir a perda total de todos os sistemas em qualquer compartimento afetado por incêndio ou alagamento.

Quando uma embarcação DP é atrelada a uma classe de equipamento, assume-se a capacidade da embarcação de realizar todos os tipos de operações DP características aquela classe e abaixo dela .

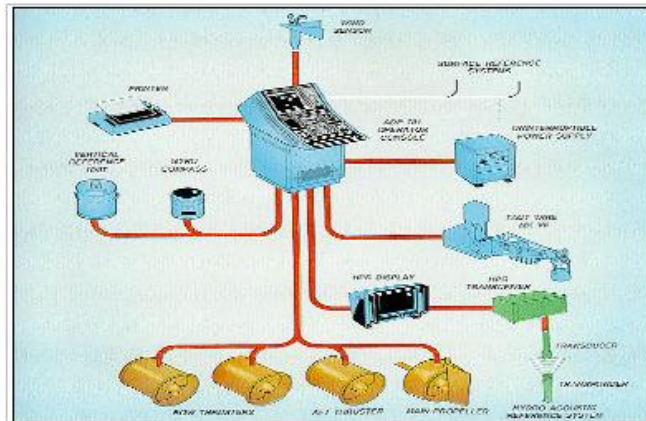


Fig 33 - Sistema Simplex (Classe 1)

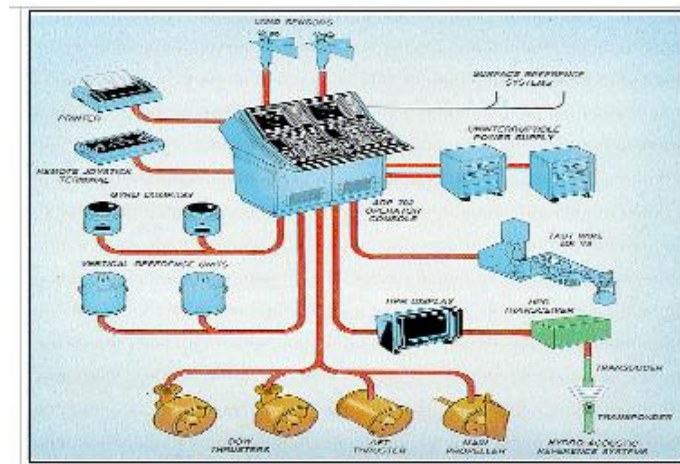


Fig 34 - Sistema Duplex (Classe 2)

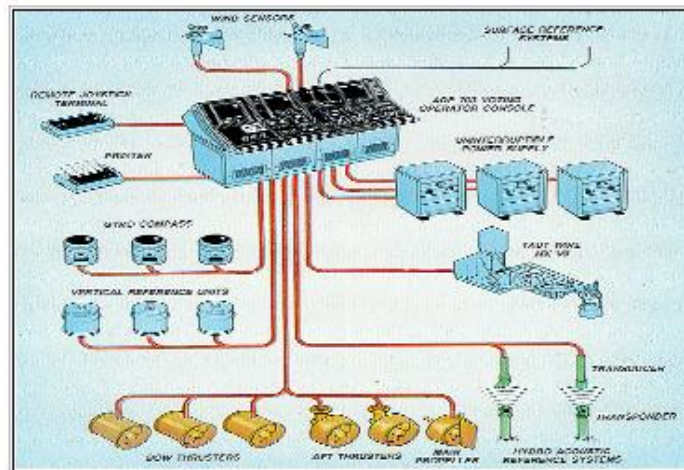


Fig 35 - Sistema Triplex (Classe 3)

CAPÍTULO VII

TIPOS DE EMBARCAÇÃO DP

Devido a alta confiabilidade e rapidez nas operações, esse sistema tornou-se crucial no meio marítimo e pode ser encontrado em diversos tipos de embarcações. Segue o detalhamento de algumas embarcações que adotaram esse sistema:

7.1 Diving Support Vessel

São os navios que dão suporte a mergulhadores, esse tipo de unidade é dotado de alto grau de segurança, pois lida com vidas humanas. Normalmente essas embarcações carregam dois R.O.Vs., sendo um deles usado para monitorar o trabalho.



Fig 36 - Veículo Operado Remotamente (ROV)

Esse tipo de navio opera através de um sino submarino lançado com mergulhadores em seu interior, por uma abertura no casco a meio navio, que permanece conectado ao navio por um cabo. Os mergulhadores saem do sino quando atingem o fundo do mar e, pelo fato de não conseguirem se afastar muito do sino, o *Diving Support Vessel* precisa ficar bem próximo das unidades flutuantes. Eis a necessidade de estas embarcações precisarem de grande estabilidade em seu posicionamento.



Fig 37 - Diving Support Vessel

7.2- Navios Sonda (*Drilling Ship*)

São utilizados na perfuração de poços de petróleo em águas profundas. Esse tipo de navio necessita manter o mínimo de variação possível em sua posição, entretanto não pode usar amarras por operar em águas profundas. Os navios sonda usam em conjunto com o sistema DP alguns sistemas de referência de grande precisão, já que qualquer alteração significativa relacionada à variação de sua posição em relação ao fundo e ao seu giro pode trazer conseqüências graves ao meio ambiente, pois essas unidades geralmente estão acopladas a algum poço submarino, através de uma coluna de tubos praticamente rígida. Esse tipo de operação necessita de um sistema classe três devido à complexidade e geralmente usa-se o modo “*Riser Follow*” para perfurar de maneira que o ângulo do “*riser*” seja mantido dentro de limites restritos.



Fig 38 -Navio Sonda

7.3- *Lifting Vessel*

Esse tipo de embarcação opera nas proximidades de outras estruturas sem estabelecer contato com elas. Recomenda-se o uso alternativo de âncoras ou rebocadores já que os danos no caso de falhas podem ter um altíssimo custo. Não existe um modo de operação específico para esse tipo de unidade, quando operando devem ser incluídos sistemas de referência de posição especiais para medir com precisão a sua distância. Também requer o uso de estruturas como DARP's, Laser ou Artemis.



Fig 39 -Lifting Vessel

7.4- *Dredger*

É a embarcação usada nas operações de dragagem, esse tipo de operação não requer necessariamente altos níveis de redundância. O sistema tem duas funções principais: proteger o “*draghead*” de danos e o “*track*” e a velocidade da dragagem. O módulo operacional utilizado é o “*Track Follow*” ; responsável por controlar precisamente o “*track*” do navio, suportado pelo “*Auto Slowdown*”; que monitora a força da dragagem. Essas unidades usam propulsor principal e controlam os afastamentos laterais através de “*tunnel Thruster*” ou azimutal.



Fig 40 -Dredger

7.5- FPSO (*Floating Production Storage and Offloading*)

Este tipo de embarcação normalmente decorre de um navio petroleiro adaptado e transformado em uma plataforma de produção, preparando o óleo que sai do poço para o transporte. Após separada a água do gás temos o petróleo armazenado nos tanques da própria unidade, sendo transferido posteriormente para um navio aliviador de tempos em tempos e o gás comprimido enviado para terra através de gasodutos ou reinjetado de volta no poço .

Os FPSO's eliminam os gastos do lançamento de tubulações de longa distância, da unidade de produção até um terminal em terra.É prático e economicamente satisfatório já que uma vez esgotado o poço , o FPSO pode ser rebocado para uma novo local.Também lucrativo em poços menores, onde a quantidade de óleo a ser extraída não justificaria a instalação de uma unidade fixa de produção.Seu posicionamento sobre os poços é feito através do sistema DP e através de cabos e âncoras.

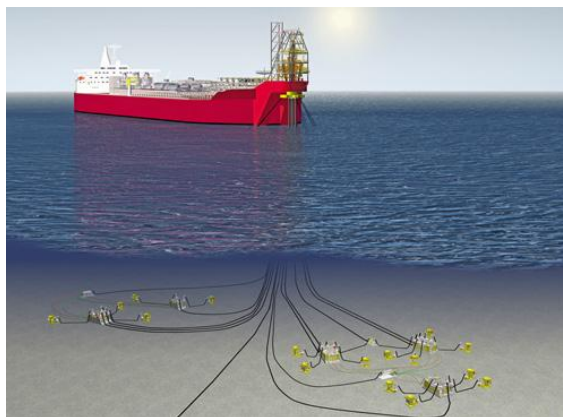


Fig 41 –FPSO

7.6- Shuttle Tankers

Essas unidades têm como objetivo o transporte do petróleo entre as plataformas de produção e prospecção e um terminal marítimo. São equipados com sistemas de abastecimento e descarga compatíveis com os das unidades de prospecção. Essas embarcações são dotadas de tecnologias que as permitem manter sua posição sob qualquer circunstância ambiental.

A maior preocupação em relação a esse navio é evitar a necessidade de uma desconexão de emergência entre o petroleiro e o campo onde está sendo feito a descarga “FPSO”. Os *Shuttle Tanker* são dotados de DP classe três, proporcionando máxima redundância para assegurar que o óleo cru, potencialmente inflamável, seja manuseado de forma segura em um ambiente hostil de operação. Usualmente são dotados também de sistemas de referência de posição para máxima precisão do posicionamento, tais como ARTEMIS, FANBEAM, DGPS, etc.



Fig 42 –Shuttle Tanker

7.7- Cable Layer

Esse tipo de embarcação não só controla a tensão nos cabos para assentá-los precisamente como também é usado no reparo dos mesmos. Ele utiliza um propulsor principal e *thrusters* tipo túnel para afastamento lateral. Quando rebocando um arado, a unidade mede a tensão do cabo de reboque do arado, sendo esta maior que a definida previamente, o navio tem autonomia para reduzi-la a zero, protegendo o reboque e o cabo.



Fig 43 - Cable Layer

7.8- Pipe Layer

Tipo de navio utilizado para realizar instalações submarinas de oleodutos, mantendo-os sob uma tensão estável para assentá-los de forma precisa. Demanda um sistema DP classe dois ou classe três, pois os custos podem ser elevados caso as linhas sejam danificadas. A rota da embarcação pode não coincidir com a posição da tubulação em águas profundas, nesse caso uma compensação automática é feita em função da mudança de direção e também de profundidade.



Fig 44 -Pipe Layer

7.9-AHTS (Anchor Handling Tug Supply)

Com o objetivo de operar reboques e ancoragem de plataformas, esse tipo de navio possui uma estrutura complexa dotada de equipamentos especializados como: guinchos de reboque, guinchos e manuseio (com ou sem coroa de barbotin), pelicanos hidráulicos, guias hidráulicas (“fairleads”), paiol de amarra (“chain locker”), limitadores no guarda cabo (“horse bar”), entre outros.

O reboque de plataformas é a operação mais simples, trata-se de conectar o cabo de reboque à uma engrenagem de reboque e esta à cabresteira da embarcação rebocada no momento.

Um pouco mais complexas, as operações de manuseio de âncora abrangem a relação entre duas unidades autônomas, rebocador e plataforma. O posicionamento de âncoras no fundo do mar satisfaz a um planejamento previamente elaborado, levando em consideração as limitações provocadas por linhas de produção (“*bundles*”), cabeças de poços, etc.. Manusear uma âncora é posicioná-la no fundo do mar, recuperá-la para inspeção ou fazer seu reposicionamento ou retirada definitiva.

Para altas profundidades já são adotados sistemas compostos de “âncoras verticais” e cabos de kevlar. O manuseio nestas profundidades exige muito da unidade flutuante, demandando que esta mantenha sua posição, por isso utiliza-se o Sistema de Posicionamento Dinâmico.



Fig 45 –AHTS

7.10- Passenger Ship

Embarcações que utilizam o sistema DP para manobras em locais restritos e para amarração. Devido à alta capacidade de manobra que o posicionamento dinâmico proporciona grandes linhas de cruzeiros adotaram esse sistema, já que é comum incluir em suas rotas portos pouco equipados.



Fig 46 – Passenger Ship

CAPÍTULO VIII

SISTEMAS DE PROPULSÃO

8.1- Características

É o sistema cuja responsabilidade é converter a energia elétrica fornecida pelo Sistema de Geração de Energia em energia mecânica na de Empuxo, a intensidade e direção são estipuladas pelo controlador DP com o intuito de contrabalancear a resultante das Forças Ambientais agindo sobre a unidade flutuante, mantendo sua locação dentro de uma área pré-definida.

Esses propulsores transmitem a ação tomada pelo computador após seus cálculos em resposta ao meio e através deles é possível controlar três dos seis movimentos possíveis de uma embarcação: *Surge, Sway e Yaw*.

O sistema possui dois elementos fundamentais:

-*thrusters*: denominação genérica de propulsores de diversos tipos, podem se apresentar dispostos de várias formas ao longo do casco do navio ou semi-submersível.

-*Propellers*: propulsores situados especificamente na popa das embarcações, responsáveis pelos deslocamentos longitudinais.

8.2- Tipos de *Thrusters*

Geralmente classificamos os propulsores de acordo com sua configuração, fator que define a direção do empuxo fornecido. Eles se dividem basicamente em dois tipos: propulsores fixos e azimutais.

8.2.1- Propulsores Fixos

Definimos como aqueles cuja direção do empuxo é constante em relação ao eixo longitudinal do navio. Entre os diversos tipos encontrados no mercado atualmente destacamos três tipos mais comuns:

-*Tunnel Thrusters*: são aqueles cujas pás dos hélices são simétricas de modo a proporcionar o mesmo empuxo nos dois sentidos, são usados principalmente nos navios destinados a manter o “*heading*” e o “*sway*” das embarcações sob controle. A instalação é feita no interior de dutos que atravessam o casco do navio na direção das laterais (Bombordo e Boreste). A distribuição é feita em grupos de dois ou três próximos da proa (*Bow Thrusters*) e da popa (*Stern Thrusters*), o mais perto possível dessas extremidades para aumentar o momento em relação ao centro de gravidade e também para não aumentar demasiadamente o “*tunnel*”, fato que diminui a eficiência hidrodinâmica do propulsor.



Fig 47–Tunnel Thrusters

- *Ducted Thrusters/ Nozzle Thrusters*: O termo “*ducted*” foi adotado por causa da carenagem, trata-se de um duto ao redor do hélice para melhorar a eficiência hidrodinâmica, pois aumenta o empuxo efetivo além de proteger o propulsor contra cabos e outros objetos que possam comprometer o funcionamento do *thruster*. Esse tipo de propulsor na maioria das vezes é retrátil e apresenta um aspecto parecido com os azimutais, pois se localizam na parte exterior do casco, porém não são pivoteados em relação a seus eixos de sustentação.

-*Propellers*

Já mencionados previamente, esse tipo é responsável pelo deslocamento do navio enquanto navega, entretanto quando em DP controlam o movimento de “*surge*” da embarcação.

8.2.2-Azimutais

O grande diferencial dos propulsores azimutais é que eles são capazes de variar a direção do empuxo em 360°, como os componentes submersos podem ser direcionados, toda a potência de acionamento pode ser também aplicada nas manobras e posicionamento dinâmico do navio. Esse tipo de propulsor dispensa o uso de lemes e normalmente são equipados com tubo “Kort®”, eles podem ser fixos ou retráteis.

Capacidade máxima de manobra, grande eficiência, operação econômica, economia de espaço, manutenção simples, estas são apenas algumas das peculiaridades deste conceito de propulsão robusto e seguro, demonstradas mundialmente em navios de toda espécie.



Fig 48 – Thrusters Azimutais

8.3-Thruster Modes

Quando um *thruster mode* é selecionado é possível reduzir o desgaste dos *thrusters* ou controlar melhor a embarcação, além disso, serve para fazer diferentes *thrusters* operarem juntos em posições fixas ou em áreas restritas. Geralmente são empregados em *thrusters* azimutais e propulsores principais (principal método de propulsão do navio), entretanto os *thrusters* do tipo “*tunnel*” serão incluídos somente se o controle dos movimentos laterais for importante. Existem três tipos de *thruster mode*: Bias, Fixed e Pull

8.3.1- BIAS MODE

Em movimentos para vante ou para ré, incluem-se os propulsores principais. Para movimentos laterais, os *tunnel thrusters* podem ser incluídos e para os azimutais normalmente, os *thrusters* são colocados em posições opostas.

8.3.2-FIXED MODE

Ajusta-se para qualquer ângulo previamente estipulado e só é usado em *thrusters* azimutais.

8.3.3-PUSH/PULL

Neste modo, um propulsor opera avante e o outro tem a possibilidade de operar a ré. O leme do propulsor que está operando avante no momento é utilizado para criar uma força lateral e é habilitado a operar em todo o setor de trabalho. O Push/ Pull mode é aplicável somente em propulsores principais e lemes.

CAPÍTULO IX

VANTAGENS DO SISTEMA DP

O sistema DP não é o único disponível para manter a posição das unidades flutuantes, quando comparado com os demais sistemas se destaca por seu grande número de vantagens, principalmente neste momento de expansão das atividades *offshore* e exploração das camadas do pré-sal, onde é necessário economia de tempo e recursos.

Quando relacionado com o sistema de ancoragem e plataformas auto-elevatórias, oferece o diferencial de poder trabalhar em águas profundas e congestionadas sem dificuldade, importante nesse momento do país que passa pela fase de exploração das camadas do pré-sal que apresentam essa característica.

Distinto do DP as plataformas auto-eleváveis têm restrições que limitam o seu uso, não podem ser usadas em profundidades maiores ou iguais a 150 m, além disso, as plataformas uma vez posicionadas não possuem manobrabilidade.

Comparando-se com o sistema de ancoragem, as vantagens são nítidas, a ancoragem pode demorar até dias e requer embarcação de manuseio de âncoras, já o sistema DP dispensa totalmente o uso de rebocadores. Assim como as plataformas, o sistema de ancoragem não possui manobrabilidade uma vez posicionado.

Podemos ainda continuar ressaltando boas razões para a utilização do Sistema de Posicionamento Dinâmico. Esse sistema possui resposta rápida às mudanças do tempo, característica importante para que não haja interrupções nas operações, evitando o desperdício de tempo.

Apesar de ter um custo de instalação elevado, o DP torna as operações mais econômicas já que dispensa o uso dos rebocadores como citado anteriormente, devido a sua alta capacidade de manobra e autonomia gerada pelos *thrusters*. Destaca-se também sua versatilidade nas operações e o fato de não se limitar por solo oceânico obstruído por tubulações e *pipe lines*.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste estudo foram vistos todos os aspectos técnicos de um Sistema de Posicionamento Dinâmico, a alta tecnologia envolvida no desenvolvimento desse sistema e nos sistemas que o auxiliam na manutenção da posição e do aproamento, os vários tipos de embarcações que o utilizam bem como os variados tipos de operações que dele podem se beneficiar.

Através deste trabalho, concluí-se que o desenvolvimento e a implementação do sistema de posicionamento dinâmico se mostraram de extrema importância devido aos avanços realizados não só, mas também, no meio marítimo com a exploração de uma das principais fontes de energia da atualidade, o petróleo, entre outros.

Rematamos então que o problema, que se mostrava muito grande, que era o de manter embarcações, num meio instável, em uma posição constante está praticamente solucionado. Com os progressos no ramo tecnológico voltados para as operações marítimas foi possível realizar o complexo sistema abordado aqui neste trabalho com exatidão e apuro.

Por fim afirmamos que este sistema necessita ser constantemente supervisionado, pois a máquina nunca pode substituir o conhecimento do oficial, que deve sempre ter total controle da embarcação e precisa deter o conhecimento e experiência necessários para que, no caso de pane no sistema, seja hábil a tomar a decisão correta na hora necessária.

BIBLIOGRAFIA

- Fundação de Estudos do Mar – FEMAR. **Glossário de Terminologia Offshore**. 1ª Edição, 1994.
- KONGSBERG SIMRAD A.S. **Operator manual Kongsberg Simrad SDP**. London, 2005
- RAPPINI, Sandro G. [et al] **Fundamentos de posicionamento dinâmico**. Rio de Janeiro: BR Petrobrás, E&P-BC / GEMPO / GSC / DP-PS, 1996. 103p. il.
- TANNURI, Eduardo Aoun. “**Desenvolvimento de Metodologia de Projeto de Sistema de Dinâmico Aplicado a Operações em Alto-mar**”. São Paulo, 2002, Tese de Doutorado, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.
- WIKIPEDIA. *Dynamic positioning (online)*. Jun. 2011. Disponível em: <http://www.wikipedia.com>. Acesso em 25 de junho. 2011.