

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
ESCOLA DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE-EFOMM
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DE NÁUTICA

MARCOS VINICIUS LEITE LOPES E
YURI MACHADO MIRA

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO: Topologia e Aplicações

RIO DE JANEIRO

2017

MARCOS VINICIUS LEITE LOPES E
YURI MACHADO MIRA

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO: Topologia e Aplicações

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado 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: Prof. Eng. Hermann Regazzi Gerk

RIO DE JANEIRO

2017

MARCOS VINICIUS LEITE LOPES E
YURI MACHADO MIRA

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO: Topologia e Aplicações

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado 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.

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Prof. Eng. Hermann Regazzi Gerk

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedicamos este trabalho aos alunos da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante com a finalidade de agregar conhecimento aos alunos de uma forma simples, agradável e sucinta. Além disso dedicamos esse trabalho a todos que contribuíram de alguma forma para o planejamento e elaboração desse trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus pela paciência e dedicação que nos proporcionou, a nossa família pela base de tudo, pelo incentivo e pelo carinho aos finais de semana.

Gostaríamos de fazer um agradecimento especial ao mestre Hermann que nos acompanhou e orientou com toda sua sabedoria da melhor forma possível. Ao CIAGA que nos permitiu, durante nossos 3 anos de estudos, um aperfeiçoamento e evolução profissional. E todos aqueles não citados que de alguma forma contribuíram para o êxito dessa monografia.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”. (Martin Luther King)

RESUMO

O Sistema de Posicionamento Dinâmico encontrado em muitas embarcações melhorou de forma considerável a manobrabilidade facilitando operações que antes possuíam um risco muito elevado de serem realizadas. Esta monografia apresenta de uma forma sucinta o sistema em si, mostrando detalhes de seus modos de operação, sua função, as influências que a natureza faz sobre o sistema, os problemas que nele podem ocorrer, os problemas que são corrigidos por este sistema, suas vantagens e desvantagens, além de sua composição. Para tal, foram utilizadas pesquisas em livros, artigos em websites de companhias de navegação, apresentação de slides de cursos de DP, além das aulas ministradas pelos mestres.

Palavras-chave: Marinha Mercante. Sistema DP. Tecnologia. Manobrabilidade.

ABSTRACT

The Dynamic Positioning System found on many vessels greatly improved maneuverability by facilitating operations that already had a very high risk of being carried out. This monograph presents a succinct form in the system itself, showing details of its modes of operation, its function, as influences that are related to the system, problems that can occur, problems that are corrected by this system, its advantages and disadvantages, Besides its composition. For this, they were made in books, articles on navigation sites, presentation of slides of DP courses, besides the classes taught by the masters.

Keywords: Merchant Navy. DP system. Technology. Maneuverability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1:	Os seis graus de liberdade	13
Figura 2:	Visão Geral de um sistema de controle DP	16
Figura 3:	Estrutura do sistema	18
Figura 4:	Filtro Kalman	19
Figura 5:	Agulha Giroscópica	22
Figura 6:	Efeito do Balanço no movimento	23
Figura 7:	Efeito do Caturro no posicionamento	23
Figura 8:	Vertical Reference Unit	23
Figura 9:	Anemômetro	24
Figura 10:	Esquema dos sistemas de referência de posição	25
Figura 11:	Sistema de referência Hidro-acústico 1	26
Figura 12:	Esquema do fenômeno da cintilação ionosférica	27
Figura 13:	Sistema de referência Hidro-acústico 2	28
Figura 14:	Long Baseline – LBL	29
Figura 15:	Short Baseline – SBL	30
Figura 16:	Ultra Short Baseline – USBL	30
Figura 17:	Sistema de referência Taut Wire	31
Figura 18:	Sistema de referência Artemis	33
Figura 19:	Sistema Laser Cyscan	34
Figura 20:	Sistema Laser FanBeam	34
Figura 21:	Sistema DP Classe 1	36
Figura 22:	Sistema DP Classe 2	37
Figura 23:	Sistema DP Classe 3	38
Figura 24:	Manobra do JSMH	39
Figura 25:	Manobra do JSAH	40
Figura 26:	Auto Position	40
Figura 27:	Auto Area Position	41
Figura 28:	Auto track	42
Figura 29:	Auto sail	43
Figura 30:	Auto pilot	43
Figura 31:	Distância fixa	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
2	BREVE HISTORICO DO DP	12
3	O SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO	13
3.1	Definição	13
3.2	Graus de liberdade	13
3.3	Influências da natureza sobre as embarcações	14
3.4	Adventos do Sistema DP	14
3.5	Inconvenientes do Sistema DP	15
4	A COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO	16
5	CONTROLADORES	18
5.1	Controlador PID	18
5.2	Filtros Kalman	19
6	TIPOS DE THRUSTERS	20
6.1	Hélices e Lemes	20
7	SISTEMA DE SENSORIAMENTO	22
7.1	Giroscópios (Gyrocompass)	22
7.2	VRU (Vertical Reference Unit)	23
7.3	Anemômetro	24
7.4	Odômetro Doppler	24
8	SISTEMAS DE REFEÊNCIA DE POSIÇÃO	25
8.1	DGNSS	25
8.2	Cintilação Ionosférica	26
8.3	Sistemas Hidroacústicos	27
8.4	Taut wire	31
8.5	Darps	32
8.6	Artemis	32
8.7	Sistemas Laser	33
9	CLASSES E MODOS OPERACIONAIS	35
9.1	CLASSES DO DP (REDUNDÂNCIA)	35

9.1.1	classe 1 (redundância parcial)	35
9.1.2	classe 2 (redundância completa)	36
9.1.3	classe 3 (redundância e backup)	37
9.2	Modos operacionais do sistema DP	39
9.2.1	joystick manual heading (JSMH)	39
9.2.2	joystick auto heading (JSAH)	39
9.2.3	dynamic positioning ou auto position	40
9.2.4	dynamic positioning minimum power ou auto areaposition	41
9.2.5	auto track	41
9.2.6	auto sail	42
9.2.7	auto pilot	43
9.2.8	remotely operated vehicle follow (ROV Follow)	44
9.2.9	riser follow	44
9.2.10	shuttle tanker modes	45
9.2.11	dead reckoning control	45
10	CONSIDERAÇÕES FINAIS	46
	REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o sistema de posicionamento dinâmico é um dos assuntos mais debatidos e estudados no âmbito da marinha mercante, isso se dá ao fato do grande número de embarcações offshore que possuem o sistema DP, porém esse sistema só começou a ser pesquisado no início dos anos 70.

Antes do desenvolvimento do sistema DP as plataformas e embarcações tinham que buscar maneiras alternativas e pouco seguras para se manterem no mesmo lugar durante a operação em áreas onde não era possível usar amarrações ou ancoragens, seja por causa da viabilidade, ou da praticidade. O desenvolvimento do sistema veio para garantir uma maior praticidade, acurácia e segurança das operações de exploração de petróleo principalmente em águas ultra profundas

O Sistema de Posicionamento dinâmico tem como propósito básico o controle automático da posição e do aproamento do navio, para isso o sistema conta com uma combinação de um Sistema de Controle de Posição e de um Sistema de Controle de Aproamento. O Sistema de Controle de Posição usa os equipamentos de monitoramento de posição da embarcação, conhecido como (PME), e os comandos do operador como dados para operar os diversos propulsores e manter a posição da embarcação no local desejado. Já O Sistema de Controle de Aproamento usa a agulha giroscópica da embarcação para manter a direção da proa, em resposta às forças externas exercidas pelo ambiente. Após os sensores desses sistemas fornecerem as informações a um computador relativas à magnitude e direção dessas forças externas atuantes no navio, esse computador calcula o ângulo de leme e a força de cada um dos thrusters para manter a posição da embarcação no local desejado.

O objetivo deste Trabalho de Conclusão de Curso é trazer para todos os alunos da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante mercantes uma noção básica sobre o conceito, funcionamento e a operação do Sistema de Posicionamento Dinâmico de uma forma simples, facilitando o aprendizado e auxiliando na qualificação do profissional.

2 BREVE HISTORICO DO 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 um 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.

3 O SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

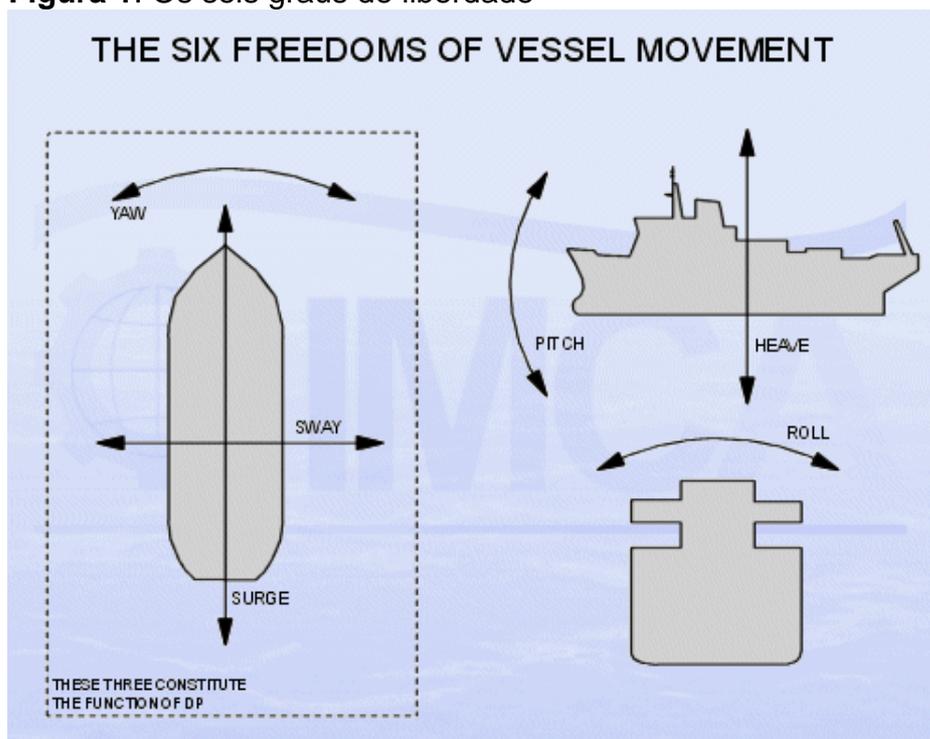
3.1 Definição

De acordo com a IMO (International Maritime Organization), o Sistema de Posicionamento Dinâmico caracteriza-se por ser um sistema computadorizado que tem a finalidade de manter a embarcação em uma mesma posição estabelecendo também o aproamento automaticamente, através de um conjugado de propulsores, impelidores, leme e um computador central que processa os dados obtidos por sensores, como a agulha giroscópica, anemômetro e referenciais como GPS, Cyscan, Fanbeam, e compara com a posição e a direção da proa determinadas pelo operador, calculando assim a força a ser aplicada pelos thrusters e propulsores e o ângulo do leme necessário para manter a embarcação na posição pré-estabelecida.

3.2 Graus de liberdade

Para operar o sistema é necessário conhecer os “Graus de Liberdade da Embarcação”, que são os abaixo definidos:

Figura 1: Os seis graus de liberdade



Fonte: The Dynamic Positioning Centre

- Pitch (caturro): Giro em torno do eixo transversal do navio com movimento da proa e da popa para cima e para baixo.
- Roll (balanço): Giro em torno do eixo longitudinal, com aproximação e afastamento do convés nos bordos da linha d'água.
- Heave (arfagem): Movimento no eixo vertical da embarcação, influenciado pelas ondas. A distância da quilha (keel) ao leito marítimo aumenta e diminui repetidamente.
- Surge (avanço e recuo): Movimento no eixo longitudinal, para avante e para a ré.
- Sway (abatimento): Movimento no eixo transversal, a embarcação se desloca lateralmente de um bordo para o outro.
- yaw (cabeceio): Giro em torno do eixo vertical, consiste na variação da proa.

É importante ressaltar que o sistema pode apenas controlar os movimentos Surge, Sway e Yaw, que de fato interferem na posição e no aproamento da embarcação, entretanto é de grande importância a análise de todos os seis graus de liberdade, para que haja um controle mais preciso do comportamento da embarcação, tendo em vista que os demais movimentos são naturalmente influenciados e interferem em alguns sensores de referência.

3.3 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.

3.4 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.

3.5 Inconvenientes do Sistema DP

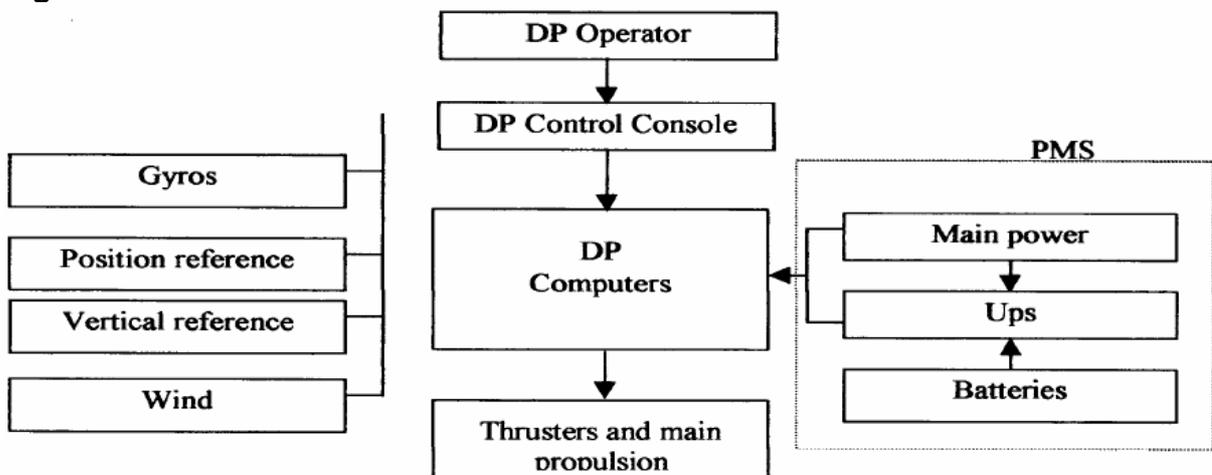
- Alto custo de investimento e gastos durante a operação;
- Maior consumo de combustível;
- Pode perder a posição em correntes, ventos ou ondas muito fortes;
- Pode sair da posição em caso de falha de algum equipamento elétrico;
- Controle da posição depende de um operador;
- Necessidade de uma equipe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

4 A COMPOSIÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

O sistema DP é composto por oito principais componentes tais como:

- Sistema de Propulsão (Thrusters);
- Computadores;
- Sistema de Geração de Energia (Power Supply);
- Equipamentos de Monitoramento da Posição (Position Measure Systems – PME's);
- PMS – Power Management System
- Sensores;
- Console de Interface entre o Operador e o
- Processador DP (Main Machine Interface “MMI”); e
- Operado

Figura 2: Visão Geral de um sistema de controle DP



Fonte: Conhecimento básico de offshore

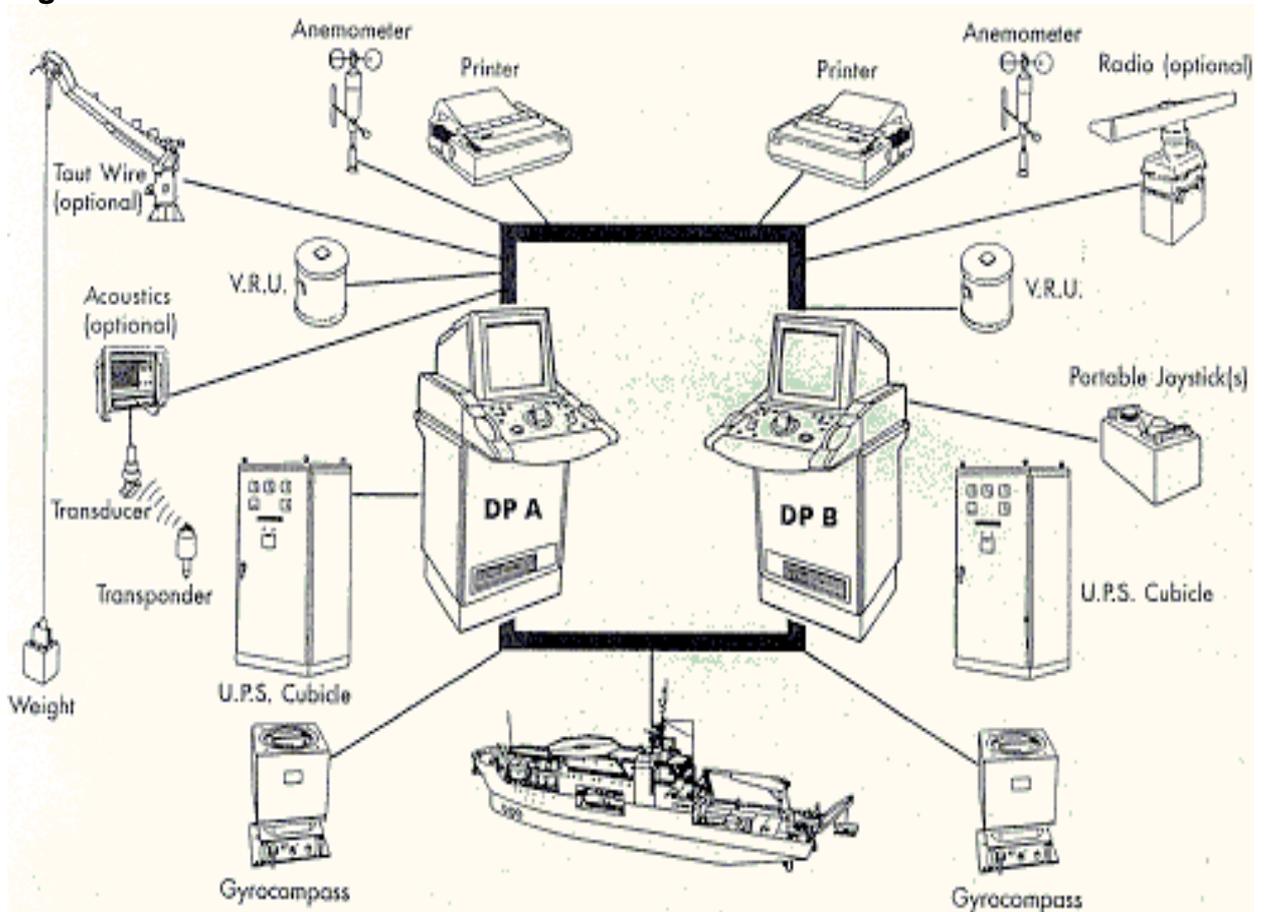
Observando o sistema DP como um todo, ele pode ser dividido em três grandes grupos, são eles segundo a monografia de Luiz Fernando Mota de Souza (2015):

- O sistema DP propriamente dito: que é o responsável pela determinação da posição instantânea da unidade e por compará-la com posição pré-estabelecida, além de comandar o sistema de propulsão a fim de corrigir os possíveis erros. Ele subdivide-se em outros 4 subsistemas, que são: o sistema de controle; o sistema de referência; o sistema de sensores e o sistema de UPS's.

- O sistema de propulsão: É o responsável por opor-se as forças naturais do meio ambiente, fazendo com que a embarcação mantenha-se sobre as especificações pré-estabelecidas pelo operador. Ele é composto por: Thrusters (bow and Stern) e máquinas principais.
- O sistema de geração e gerenciamento de energia: É o sistema responsável por fornece toda a energia elétrica necessária para todos os equipamentos do sistema DP. É composto por: motores; geradores e gerenciadores.

5 CONTROLADORES

Figura 3: Estrutura do Sistema



Fonte: GERK, Hermann Regazzi – Equipamentos Especiais

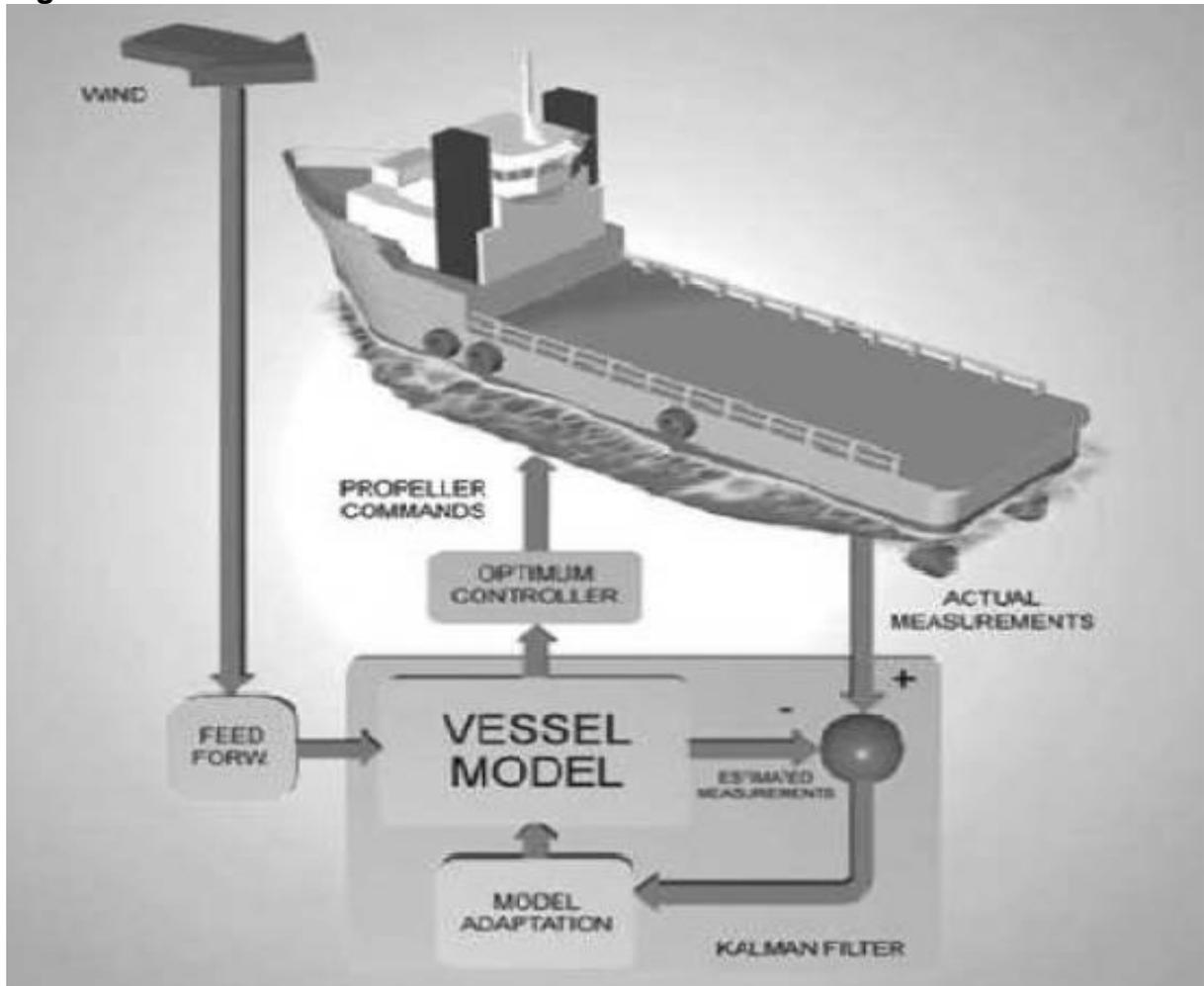
5.1 Controlador PID

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.

É o tipo mais difundido, presente em sistemas DP mais antigos. O Controlador avalia o erro total entre a posição medida e a desejada.

5.2 Filtros Kalman

Figura 4: Filtro Kalman



Fonte : Google Imagens

É um método matemático criado por Rudolf Kalman. Seu propósito é utilizar medições de grandezas realizadas ao longo do tempo (contaminadas com ruído e outras incertezas) e gerar resultados que tendam a se aproximar dos valores reais das grandezas medidas e valores associados. O filtro de Kalman apresenta diversas aplicações e é uma parte essencial do desenvolvimento de tecnologias espaciais e militares. 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.

6 TIPOS DE THRUSTERS

Neste capítulo serão brevemente expostos os principais tipos de equipamentos propulsores utilizados no sistema DP. Dentre eles, podem ser destacados os seguintes:

- Hélices e Lemes
- *Tunnel Thrusters*
- Propulsores Azimutais
- Cicloidais

6.1 HÉLICES E LEMES

- ➔ *Fixed Pitch Propeller*. Com o hélice de passo fixo, a propulsão é controlada variando a velocidade de rotação do hélice.
- ➔ *Controllable Pitch Propeller*. Com o hélice de passo controlável, a propulsão é controlada variando o passo do hélice, enquanto a velocidade de rotação continua a mesma. Pode ser usado o controle de passo e de velocidade para maior eficiência possível do sistema. Controlar o passo do hélice, ou seja, a angulação das suas pás, pode se tornar algo muito complexo e sujeito a falhas inesperadas. Esse tipo de hélice deve ser usado com extrema precaução e atenção para essas falhas não ocorrerem. O controle da angulação da pá permite que o hélice gere propulsão a vante e a ré, sem que o sentido da rotação do hélice seja alterado. Todavia, devido à efeitos de casco e formato das pás, a propulsão gerada no sentido contrário é reduzida de 40-60% em relação à propulsão gerada no sentido normal. Lemes proporcionam o direcionamento angular da propulsão gerada pelo hélice, permitindo o navio guinar para os bordos. Para esse conjunto de hélice e leme ser eficiente em velocidades baixas, o leme deve ser posicionado logo atrás do hélice, para receber a descarga de água gerada. Um leme central com hélices nos bordos é de nenhuma eficácia para operação precisa necessária pelo sistema DP. Os lemes não proporcionam propulsão eficiente lateralmente.
- ➔ *Tunnel thrusters*: Instalados em túneis, com pás projetadas para proporcionar a mesma intensidade de empuxo nos dois sentidos de rotação, normalmente dispostos nas extremidades dos navios para que o momento em relação ao Centro de Flutuação seja máximo e para evitar perda de potência em função

da interação do fluido com o túnel. Tem melhor desempenho no controle do aproamento (cabeceio) e do abatimento.

- ❖ PROPULSORES AZIMUTAIS: São capazes de girar 360° e controlar tanto a magnitude quanto a direção da descarga de água gerada por ele. São geralmente de dois tipos, os fixos e os retráteis. Eles são posicionados para que interfiram o mínimo possível entre si, e para que não toquem o fundo.
- ❖ CICLOIDAIS: Os propulsores cicloidais são a grande novidade no mundo marítimo, e chegaram impactando com sua maneira inovadora de geração de propulsão. Consiste de quatro ou mais pás giratórias fixadas perpendicularmente à uma estrutura rotativa. São instalados abaixo do casco e sujeitos a serem danificados em regiões rasas. O propulsor cicloidal tem seu eixo de rotação entrando verticalmente na água, ao contrário de um hélice comum por exemplo, cujo eixo é paralelo à embarcação. As pás são controladas para que exerçam propulsão para diversas direções, e não há necessidade de modificar a direção de todo o propulsor, apenas a angulação de ataque das pás.

7 SISTEMA DE SENSORIAMENTO

O sistema de sensoriamento é composto por um conjunto de sensores responsáveis por coletar dados das forças do ambiente como vento, corrente e onda sobre a embarcação e auxilia também na determinação da posição atual. Geralmente esses equipamentos possuem redundância, garantindo o bom funcionamento do sistema e uma alta confiabilidade de suas informações. Os sensores de uma embarcação para o uso no DP são:

- Agulha Giroscópica para rumo
- (VRU) / (MRU) / (VRS) para movimentos da embarcação, como balanço e caturro
- Anemômetro para direção e velocidade do vento
- Odômetro Doppler para velocidade da embarcação

7.1 Giroscópios (Gyrocompass)

Consiste de um conjunto de agulhas giroscópicas, mais de uma para que haja redundância, que tem como função principal auxiliar no controle do aproamento da embarcação, essas agulhas também são usadas para realizar comandos diversos que envolvem coordenadas de latitude e longitude. A agulha identifica o norte verdadeiro utilizando eletricidade e não deve ser utilizada assim que entrar em funcionamento devido a imprecisões que pode apresentar, porém após um período de tempo a agulha se alto calibra.

Figura 5: Agulha Giroscópica

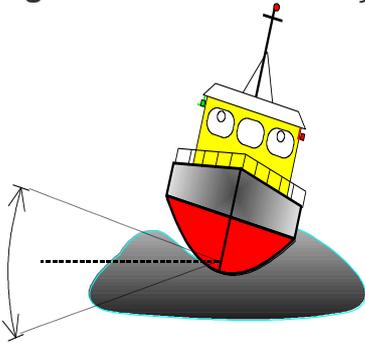


Fonte: Posicionamento dinâmico

7.2 VRU (Vertical Reference Unit)

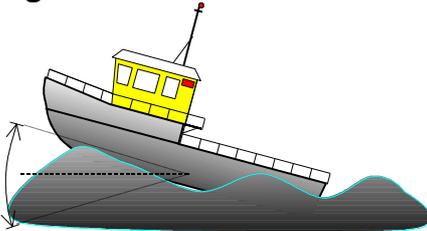
O VRU, também chamado de VRS (Vertical Reference Sensor) é um sistema vertical de referência que apesar de não controlar os movimentos verticais de caturro (pitch) e balanço (roll) da embarcação, mede através de sensores os valores desses movimentos afim de corrigir os sinais dos sistemas de referência de posição acústicos e DGPS distorcidos em função da movimentação de seus respectivos receptores. Sem essa compensação dos movimentos em torno dos eixos transversal e longitudinal a precisão desses sistemas de referência seria bem afetada e por isso é necessário que exista redundância do sistema.

Figura 6: Efeito do balanço no posicionamento



Fonte: Posicionamento dinâmico

Figura 7: Efeito do caturro no posicionamento



Fonte: Posicionamento dinâmico

Figura 8: Vertical reference unit

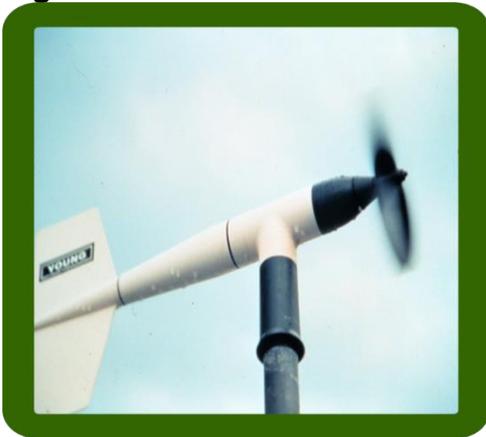


Fonte: Posicionamento dinâmico

7.3 Anemômetro

O anemômetro é um aparelho que mede a direção e velocidade do vento. Vento é o elemento que mais interfere no comportamento de uma embarcação. As informações da velocidade do vento e a direção são usadas para manter a posição através do acionamento e controle da força dos propulsores. As funções principais do anemômetro são prevenir a deriva de embarcações grandes que devem permanecer estacionárias, como uma plataforma ou um navio aliviador, e manter controle para casos de ventos fortes. O sistema é composto por dois sensores, um, semelhante a um ventilador, que dá a velocidade e um, semelhante a uma asa, que dá a direção do vento. Outra característica dos anemômetros é que deve ter diversos anemômetros na embarcação, não somente em função da redundância como também pelo posicionamento, o qual deve ser diferente para proporcionar uma média confiável e evitar fatores externos como zona de sombra ou barreiras.

Figura 9: Anemômetro



Fonte: Posicionamento Dinâmico

7.4 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. Geralmente opera em profundidades de 1 a 60 metros e não é afetada pela temperatura ou salinidade da água.

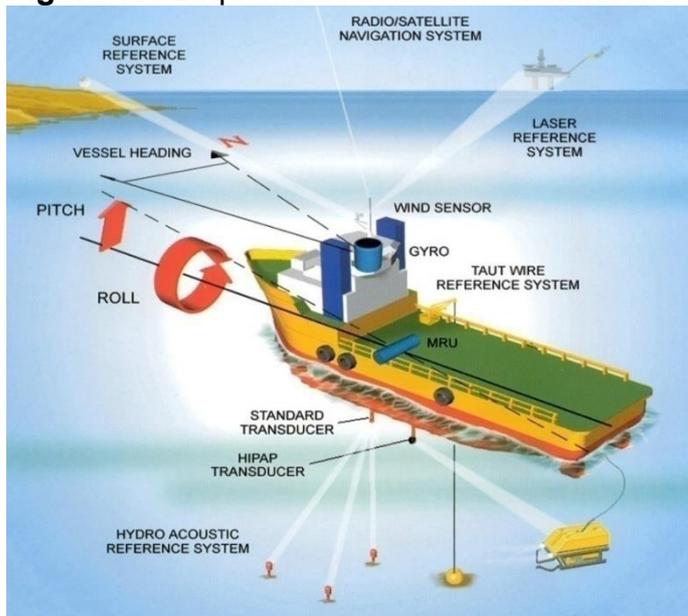
8 SISTEMAS DE REFERÊNCIA DE POSIÇÃO

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 operado. As Embarcações DP deverão possuir pelo menos três PME's independentes e a precisão dos PME's depende de suas funções e de outros PME's que estão sendo usados.

Os equipamentos medidores de posição(PME) são divididos em dois grupos do tipo absoluto (1) e do tipo relativo (2):

- 1) DGNSS, Hidroacústico e Taut Wire;
- 2) Fanbeam, Cyscan e Artemis.

Figura 10: Esquema dos sistemas de referência de posição



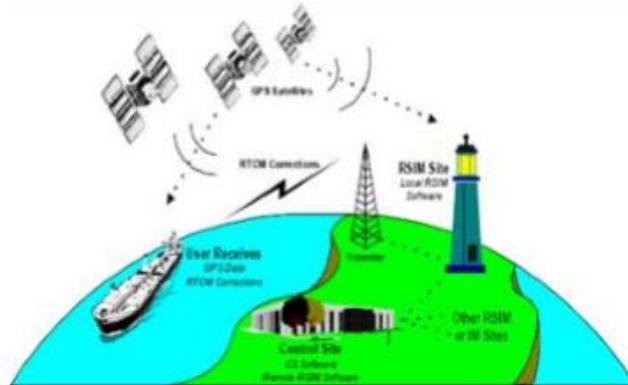
Fonte: Posicionamento Dinâmico

8.1 DGNSS

O uso do Global Navigation Satellite System (GNSS) tornou-se fundamental nas operações em que sistemas de referência independentes se fazem necessários. Em muitos casos, mais de um sistema baseado no GNSS é usado sendo assim capaz de corrigir possíveis erros dos sistemas. Os sistemas de GNSS mais conhecidos e utilizados no mundo são o GPS e DGPS (sistema americano), o Galileu (união europeia), glonass(russo) e o compass(chinês). São vantagens a disponibilidade que

raramente é afetada, acurácia, geração de dados independente de outros sistemas, várias técnicas para prevenir o erro como os sinais rádio e a alta precisão dos relógios atômicos empregados nos satélites.

Figura 11: Sistema de Referência Hidro-acústico

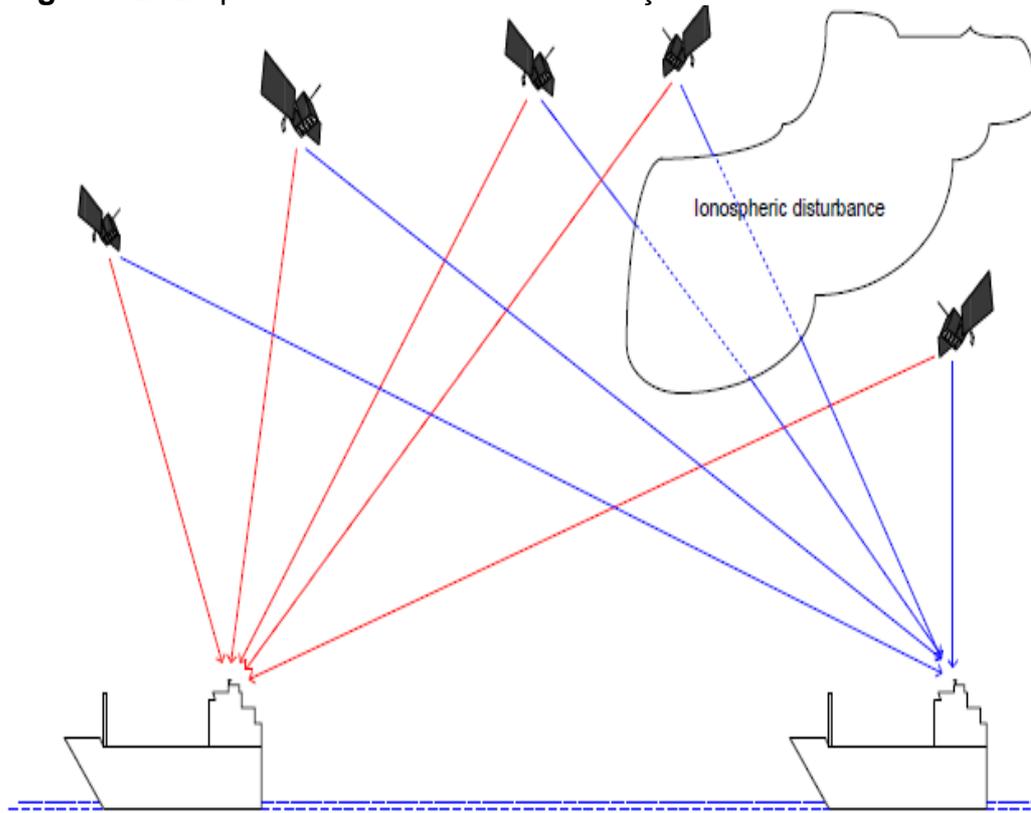


Fonte: www.google.com.br/imagens

8.2 CINTILAÇÃO IONOSFÉRICA

É uma flutuação ou variação rápida de amplitude e fase dos sinais de ondas de rádio (utilizadas pelos satélites), e ocorre quando estes sinais encontram em sua trajetória irregularidades ionosféricas ou bolhas de plasma. Os efeitos da cintilação são mais pronunciados nas altas latitudes no horário próximo à meia-noite local, e na região equatorial logo após o pôr-do-sol local. Elas tendem a se mover para o alto e ao longo das linhas do campo magnético, atingindo cerca de 20 graus de latitude norte e latitude sul, afetando consideravelmente a exploração de petróleo nas bacias de Santos e Campos, localizadas no Brasil. No caso das unidades com sistema de Posicionamento Dinâmico, devido a esta ocorrência, o sistema perde as informações do DGNS, resultando num erro de aproximadamente 15 metros; em condições normais o erro é de aproximadamente 18 centímetros. Durante períodos de ocorrência de cintilação ionosférica, muito cuidado deve ser tomado e se devem realizar operações críticas pois, ainda que os sistemas acústicos estejam inicialmente operando a contento, uma falha súbita tal como ruído ou interferência poderá derrubar o sistema acústico e o DGNS ao mesmo tempo. É ideal habilitar outro sistema de referência, como Cyscan, Fanbeam, para aumentar a redundância durante a operação em ocorrências de cintilação ionosférica.

Figura 12: Esquema do fenômeno da cintilação ionosférica



Fonte: A influência das atividades solares nas plataformas semissubmersíveis de posicionamento dinâmico

8.3 Sistemas hidro acústicos

Sistemas acústicos proporcionam posicionamento através de equipamentos colocados na água, que funcionam propagando ondas sonoras pela água do mesmo modo que as ondas de rádio são usadas na superfície pelos outros sistemas. Existem basicamente três tipos de sistemas e os outros são uma combinação de dois outros, são eles:

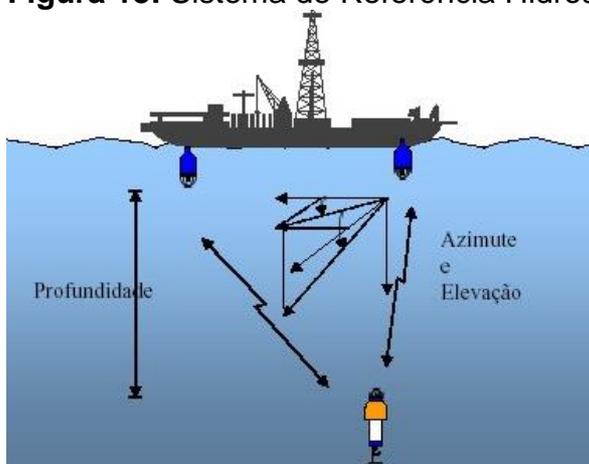
- Long Base Line (LBL)
- Short Base Line (SBL)
- ❖ *Ultra or Super Short Baseline System (USBL ou SSBL)*

Esses sistemas são muito precisos e “independentes”, os sistemas hidro acústicos não dependem de condições climáticas favoráveis ou estações costeiras. Dependem apenas dos componentes do sistema. A sua precisão é da ordem de menos que 1% da lâmina d’água. Antes de mostrar as características dos três tipos de sistemas é de suma importância saber a composição e o princípio de funcionamento de todos os seus itens para um melhor entendimento.

Composição e princípio de funcionamento:

- ❖ Beacons – São lançados no fundo do mar e transmitem pulsos acústicos a uma frequência fixa, espaçada de 1 a 3 segundos. Funcionam até o esgotamento de suas baterias, por cerca de três meses.
- ❖ Transdutor - Equipamento instalado no fundo da embarcação que tem o objetivo de enviar e receber o sinal acústico de posicionamento. Pode ser do tipo hydrophone, trabalhando apenas no modo de escuta ou transdutor convencional, emitindo e recebendo os sinais acústicos
- ❖ Transponders – São transmissores “inteligentes” (microprocessadores) que emitem um pulso a uma determinada frequência de resposta, toda vez que são interrogados por um pulso acústico com outra frequência, pelo equipamento de superfície (Transducer).
- ❖ Transducers – Equipamentos capazes de transmitir e receber sinais acústicos, podendo se comunicar com os beacons ou os transponders.
- ❖ Hidrofones – Equipamentos localizados no casco da embarcação. São receptores dos sinais vindos dos beacons, convertendo-os em pulsos elétricos e remetendo-os ao Processador.
- ❖ Processador – É a “interface” com o Controlador e o Operador DP. Está diretamente ligado aos Transducers/Hidrofones, dos quais recebe e processa os sinais elétricos correspondentes para a troca de informações acústicas com os Transponders/Beacons, além de gerar os pulsos de interrogação nos sistemas mais modernos.

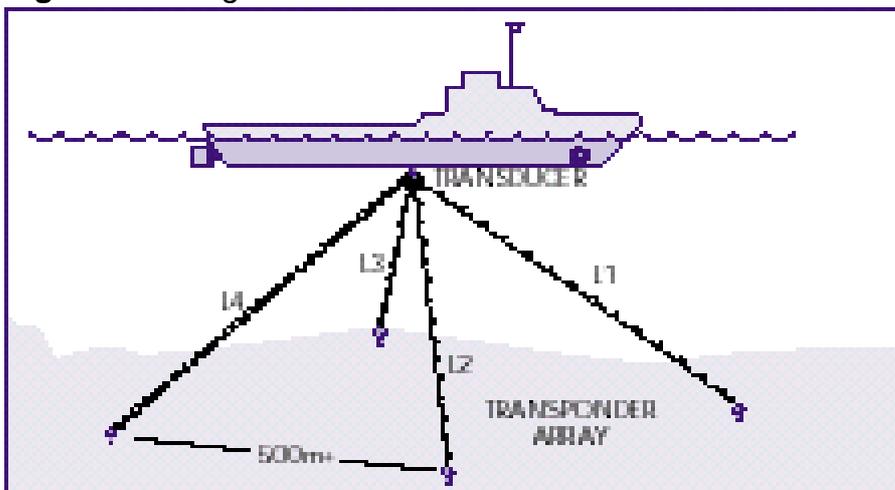
Figura 13: Sistema de Referência Hidroacústico



Fonte: Conhecimento básico de offshore

- ❖ **Long Baseline System (LBL):** Este sistema consiste de um único transdutor localizado na quilha da embarcação e um conjunto de pelo menos três *transponders*, que ficam a uma distância um do outro de pelo menos 500 metros. Somente faz medições de distância, não opera com medições de angulação. Os *transponders* posicionados no fundo do mar tem sua posição determinada precisamente. A distância do transdutor para cada *transponder* é medida pelo tempo que um sinal sonoro do transdutor demora para ir ao *transponder* e voltar para ele. Um sinal único é emitido e cada *transponder* manda sua resposta com uma frequência diferente. Uma das grandes vantagens do LBL é não necessitar do uso do VRU para compensações angulares visto que este sistema não utiliza medições de ângulo. Uma das maiores desvantagens é alto custo de implantação e calibração do esquema de *transponders* no fundo do mar.

Figura 14: Long Baseline – LBL

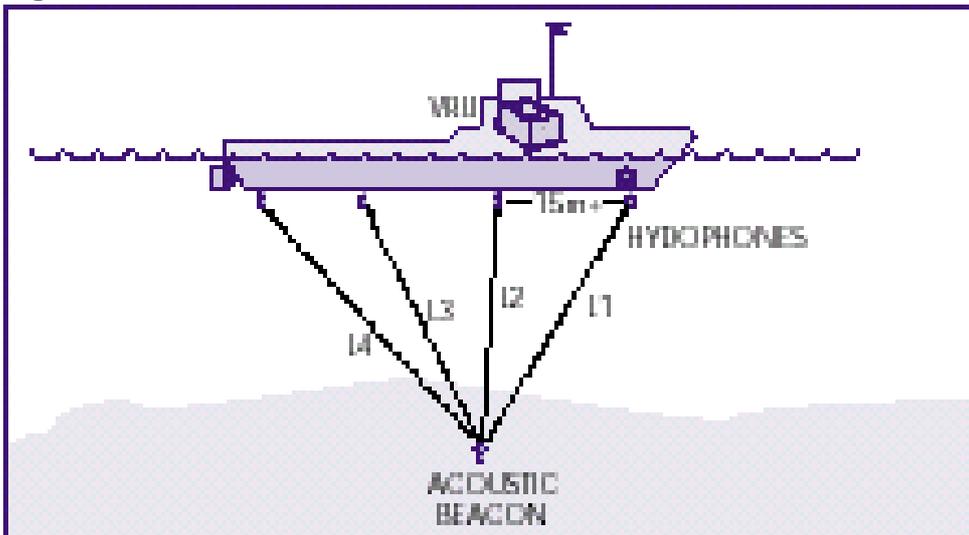


Fonte: Posicionamento dinâmico

- ❖ **Short Baseline System (SBL):** Este sistema utiliza um único *transponder* e um conjunto de transdutores montados na quilha da embarcação. O *transponder* que fica no fundo do mar é chamado de *acoustic beacon* pois transmite uma série de pulsos, ao invés de responder. Similarmente, os transdutores são chamados de *hydrophones* pois só precisam escutar os sinais que foram transmitidos. Os transdutores são separados ao longo da parte mais baixa do casco da embarcação. É um sistema que mede distância assim como o LBL, mas precisa de compensação dos movimentos da embarcação, oferecido pelo VRU. O

transponder no fundo emite pulsos curtos com período e frequência conhecidos. O tempo em que o pulso demora para chegar em três ou mais transdutores é medido. A distância mínima entre os transdutores é de 15 metros. SBL pode ser usado em profundidades até 1000 metros.

Figura 15: Short Baseline – SBL

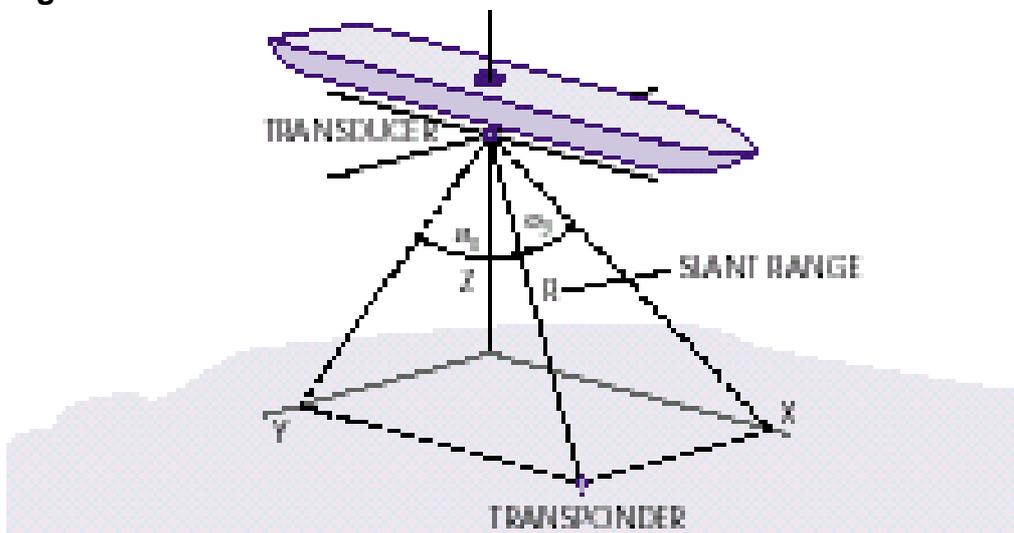


Fonte: Posicionamento dinâmico

❖ **Ultra or Super Short Baseline System (USBL ou SSBL)**

Seu princípio de tomada de posição é semelhante a um SBL, a diferença está na disposição dos transdutores ao longo da quilha, ficando muito próximos uns dos outros, devido ao seu tamanho bastante reduzido. Está técnica também faz uso de um VRU para a correção dos movimentos da embarcação.

Figura 16: Ultra Short Base Line – USBL

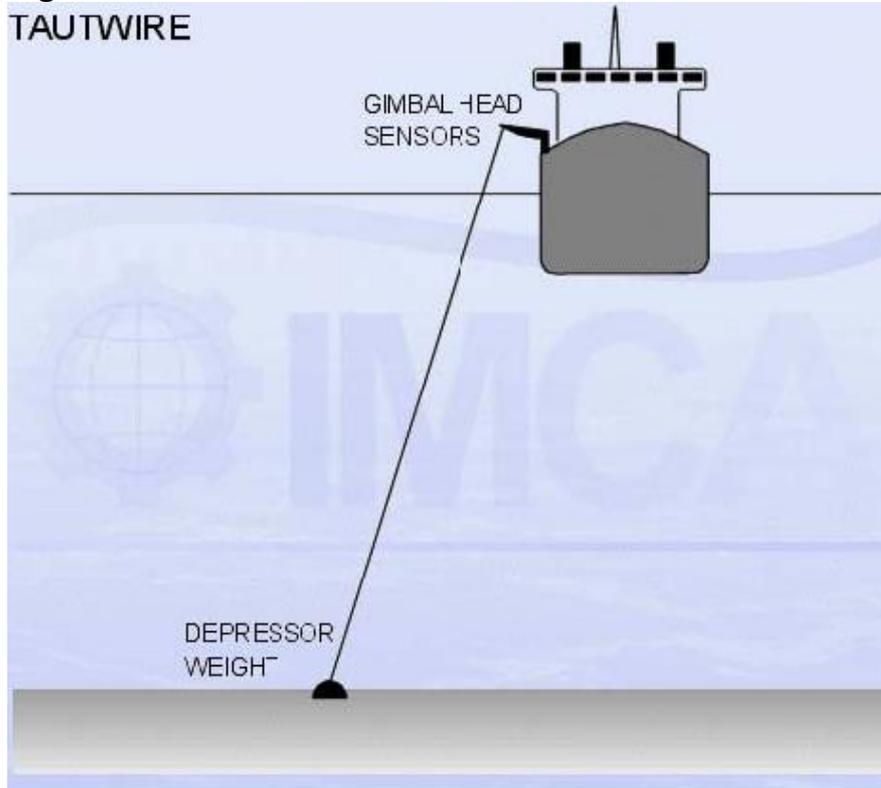


Fonte: Posicionamento dinâmico

8.4 Taut wire

Este sistema mede a variação da posição de um ponto fixo na embarcação relativo a um ponto fixo no fundo do mar. Os dois pontos são unidos por um cabo que 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 que compensa os movimentos de *roll* e *pitch* da embarcação, enquanto sensores eletromecânicos 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 de água e à posição do peso colocado no fundo do mar, fornecem o afastamento da embarcação em relação à uma posição pré-determinada associada ao sistema: embarcação, cabo e peso. Este sistema é excelente para manter a embarcação em posição por longos períodos de operação, sendo também vantajoso por ter uma instalação simples e rápida.

Figura 17: Sistema de Referência Taut Wire



Fonte: Posicionamento dinâmico

8.5 Darps

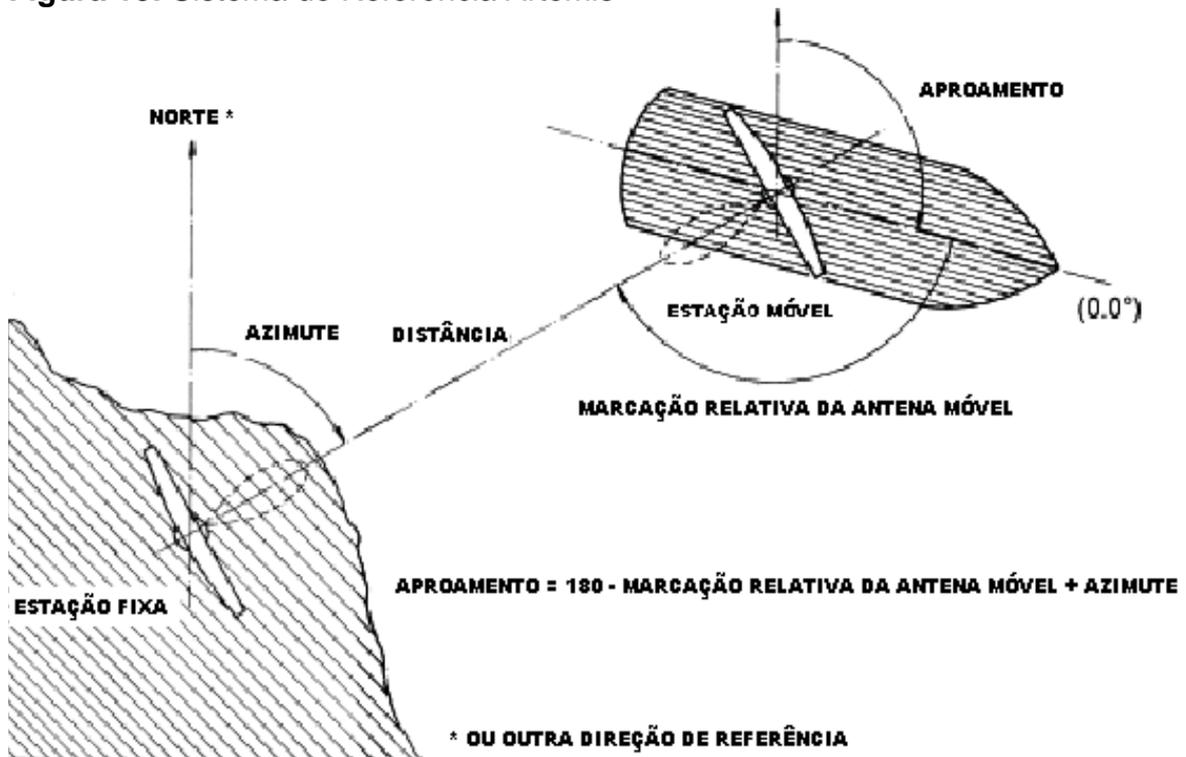
O DARPS é um sistema de referência de posição relativo baseado no sistema GPS usado em algumas operações DP que requerem posicionamento relativo entre duas embarcações, como por exemplo, uma operação entre um navio petroleiro aliviador e uma unidade FPSO. Este sistema utiliza, simultaneamente, dados recebidos do GPS da embarcação *máster* e da embarcação *slave*, o aliviador e a FPSO, no caso do exemplo anterior, sucessivamente, assim ele calcula a distância e a marcação entre as unidades. A embarcação *slave* envia os seguintes dados para a unidade *máster*: posição GPS, aproamento, desvio da antena e identidade.

As principais funções deste sistema consistem em: Fornecer a posição absoluta da embarcação e informações de velocidade com controle de qualidade integrado; fornece a posição relativa entre embarcações, a um *transponder* ou a um ponto de referência fixo; usar as informações do caturro, balanço e aproamento para compensar o desvio da antena; possibilidade de se conectar o sistema a outros equipamentos; e a possibilidade de integração com o sistema DP, sendo utilizado como um sistema de referência dedicado a vários tipos de operação.

8.6 Artemis

O Artemis é um sistema de micro-ondas que envolve duas estações, sendo uma a embarcação DP (móvel) e a outra um ponto fixo. As antenas das estações se alinham e mantem a posição enquanto as informações são trocadas entre elas por meio de micro-ondas. O alinhamento das antenas é mantido enquanto a estação móvel se desloca em relação à fixa. As informações passadas entre as estações proporcionam distância e marcação relativas entre elas, para que a posição da embarcação possa ser calculada. A distância é determinada calculando o intervalo de tempo entre a emissão e recepção do sinal. A marcação é transmitida pela estação fixa em relação ao Norte ou a outro ponto de referência que a antena esteja apontada. Este sistema tem um alcance de 10 metros até 30 km e uma cobertura de 360° ao redor da estação fixa. É muito utilizada por embarcações mercantes que fazem operações de alívio (*shuttle tankers*), pois possuem um bom rendimento independentemente das condições meteorológicas, no entanto, requer áreas sem obstruções e instalações compatíveis ao sistema.

Figura 18: Sistema de Referência Artemis

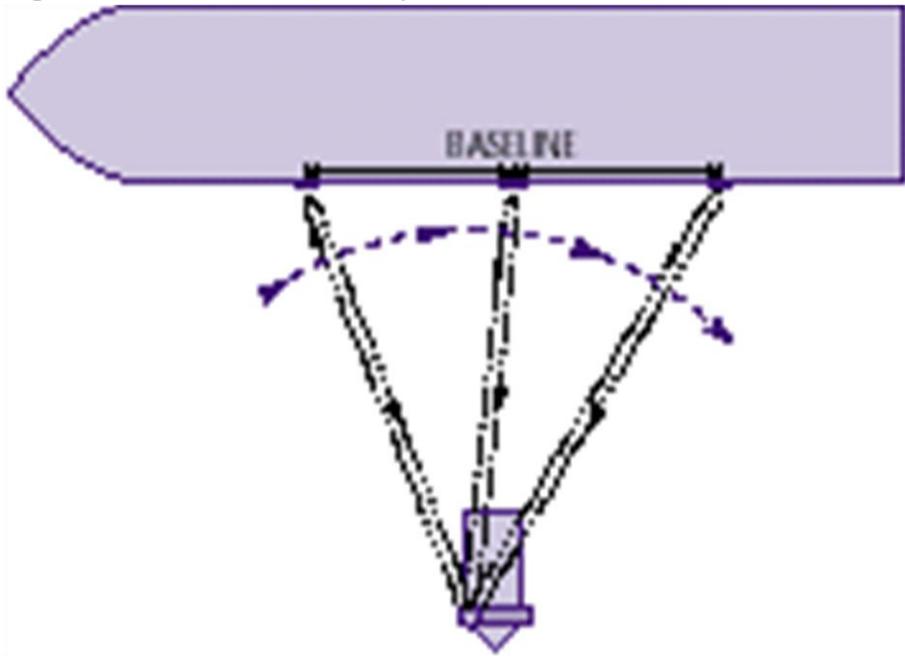


Fonte: Posicionamento Dinâmico

8.7 SISTEMAS LASER

- ❖ **Cyscan:** É um sistema de curto alcance e alta precisão que fornece um posicionamento e rastreamento através de lasers. Consiste de um rotor laser montado numa plataforma estabilizada e de três ou mais refletores que são posicionados na estrutura da embarcação a ser apoiada. Os alvos refletivos são fixados em espaçamento fixo em uma linha base. As embarcações podem ser identificadas pelo espaçamento dos alvos a elas fixadas. O Cyscan foi desenvolvido para facilitar as operações que envolve DP em áreas próximas à outras embarcações. O sistema possui um alcance de 250 m e precisão de marcação e distância de 0,01° e 20 cm, respectivamente. A unidade de laser pode ser montada em qualquer parte da embarcação, sendo comum ficar acima do passadiço. Pode ser facilmente retirada e reposicionada. Este sistema não é afetado por objetos que venham a entrar no caminho ou sol incidindo diretamente sobre ele.

Figura 19: Sistema Laser Cyscan



Fonte: www.google.com.br/imagens

- ❖ **Fanbeam:** É um sistema alternativo de posicionamento de curto alcance e alta precisão que utiliza lasers. Consiste de uma unidade laser que emite um feixe luminoso vertical e pode girar 360° e um refletor, que fornecem distância e marcação. Em relação ao alvos, faixas refletoras podem ser usadas para distâncias de 100m e prismas refletores quando a distância ultrapassar 100m. É inferior ao Cyscan, pois suas leituras podem sofrer interferências do sol e de outros objetos que obstruam sua trajetória

Figura 20: Sistema Laser FanBeam



Fonte: www.google.com.br/imagens

9 CLASSES, MODOS OPERACIONAIS

9.1 Classes do DP (redundância)

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

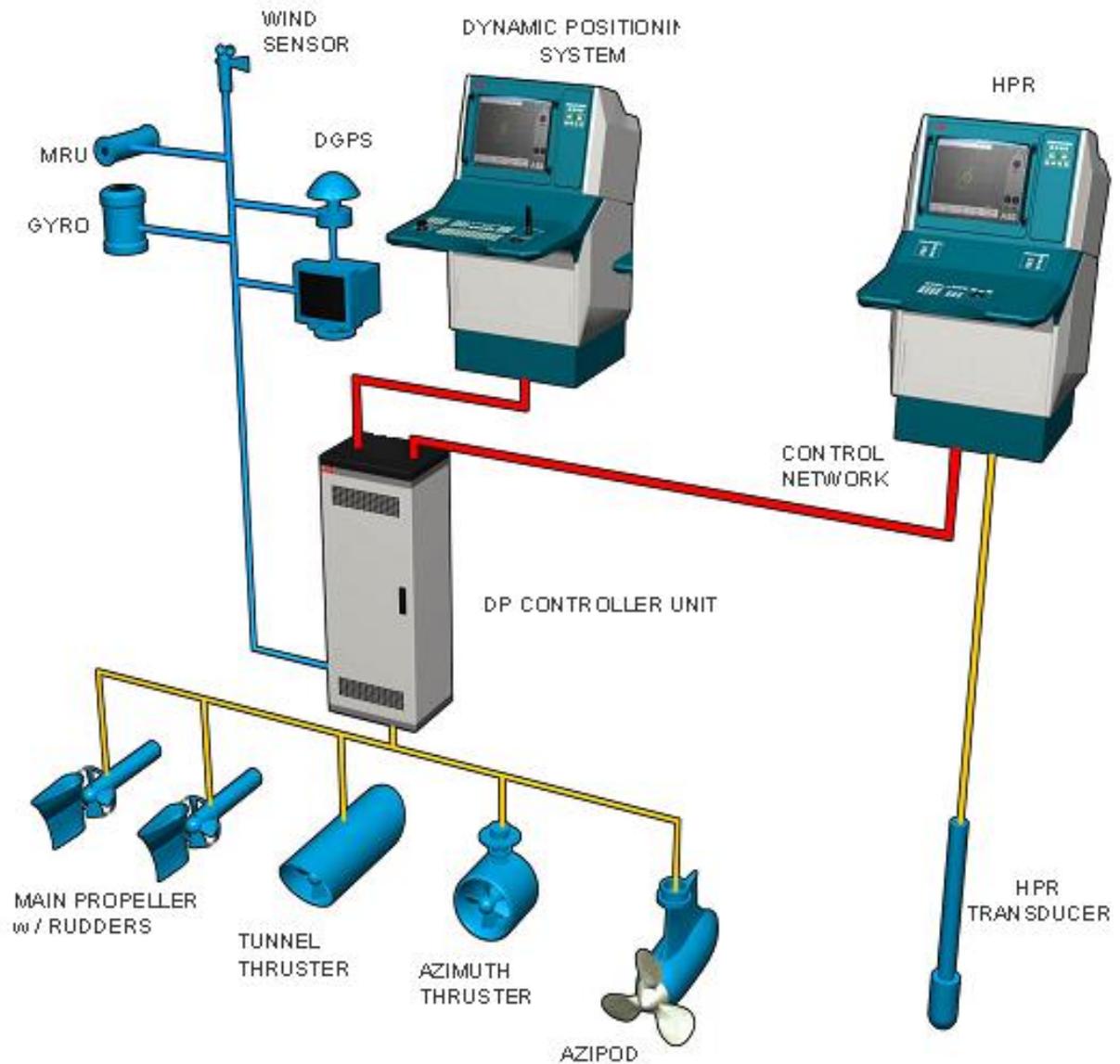
Embarcações de posicionamento dinâmico são classificadas de acordo com o seu sistema de controle e redundância. A redundância de componentes e sistema significa ter imediatamente disponível a capacidade de continuar a operação em DP, *após a ocorrência de falhas*.

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. Falhas em um sistema não devem, de maneira nenhuma, ser transferidas para o sistema redundante.

9.1.1 classe 1 (redundância parcial)

- A sua perda de posição pode ocorrer devido uma falha de equipamento;
- O controle da posição e o aproamento pode ser feito manualmente ou automaticamente;
- Navio não redundante.

Figura 21: Sistema DP classe 1

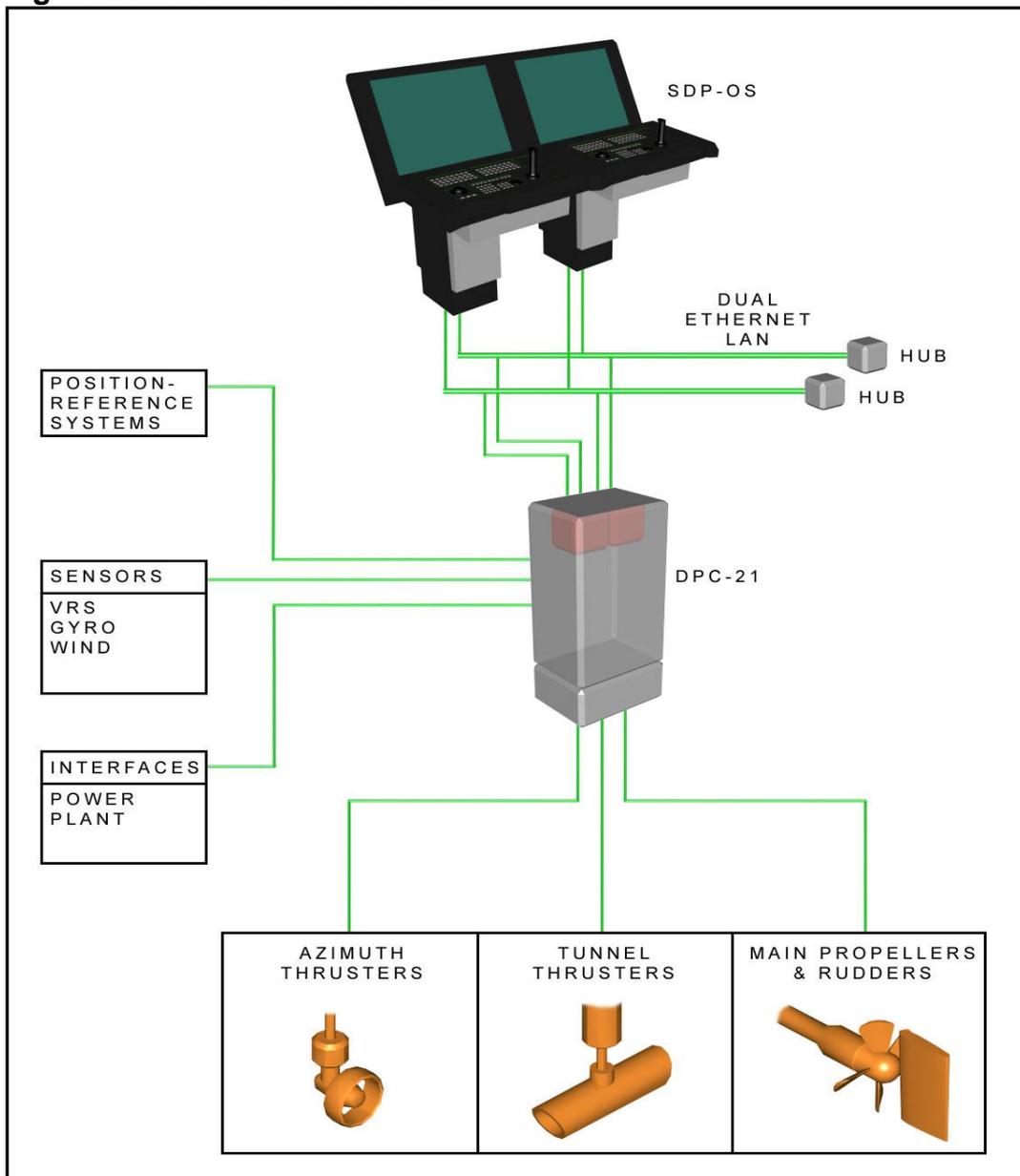


Fonte: GERK, Hermann Regazzi –Equipamentos Especiais

9.1.2 classe 2 (redundância completa)

Possui redundância de equipamentos. Perda de posição não deve ocorrer devido a falha simples de um componente ativo ou de sistemas de geradores, propulsores, painéis de controle remoto de válvulas etc. Pode ocorrer devido a falha de componentes estáticos como cabos, tubulações, válvulas manuais etc.

Figura 22: Sistema DP classe 2



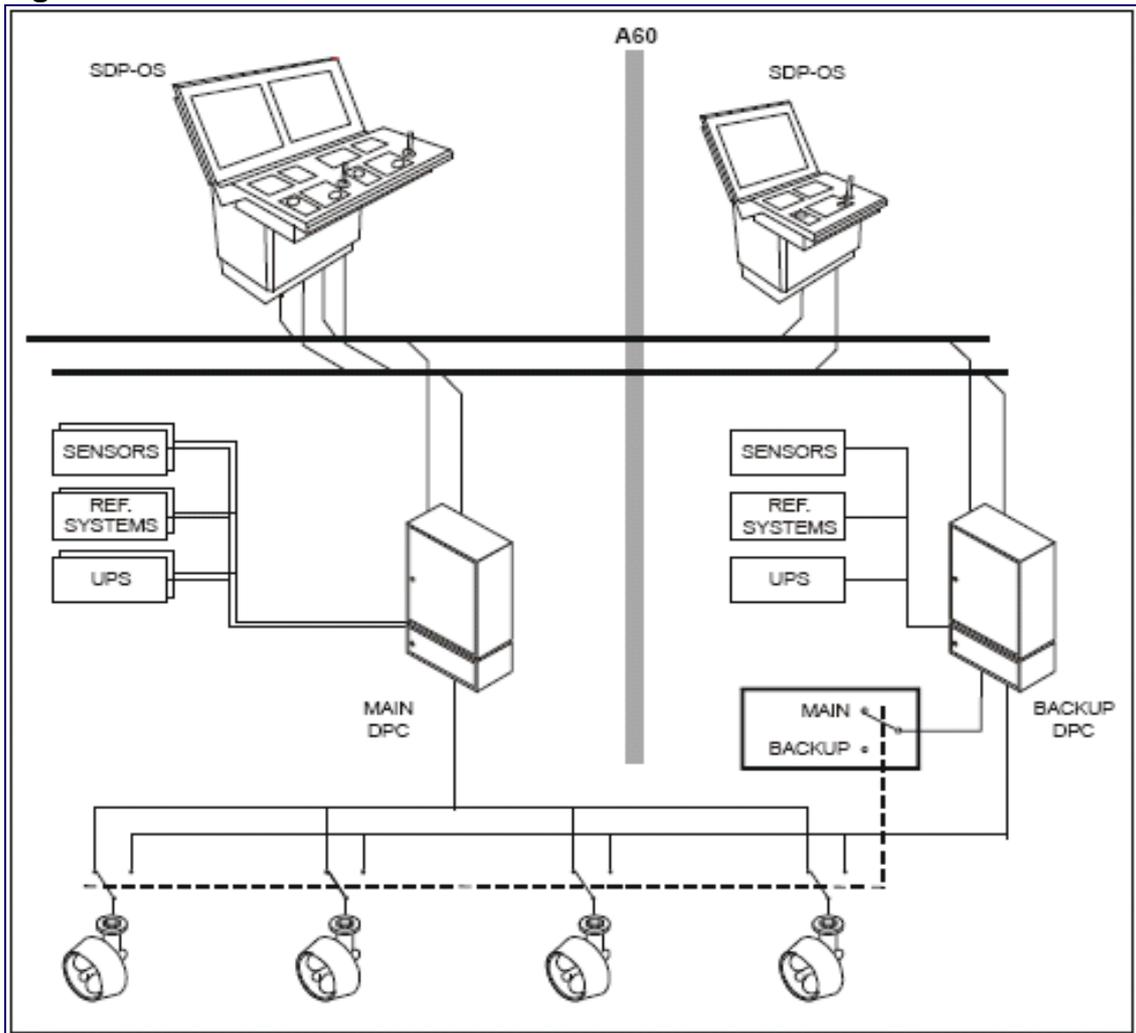
Fonte: GERK, Hermann Regazzi –Equipamentos Especiais

9.1.3 classe 3 (redundância e *backup*)

- Qualquer componente ou sistema, tais como: geradores, propulsores, chaves, válvulas de controle à distância e etc.;
- Qualquer componente que se encontre em um compartimento ou subdivisão estanque e a prova de fogo;
- Navio com redundância e back up;
- Dois sistemas independentes mais 1 sistema back up;

- Tem um compartimento estanque e a prova de fogo (sistema separado por uma anteparada classe A60). Para essa classe a perda da posição não pode ocorrer devido a uma falha nos componentes ativos ou sistemas, mas pode ocorrer devido a falhas em quaisquer componentes estáticos, tais como: cabos, dutos, válvulas manuais e etc.

Figura 23: Sistema DP classe 3



Fonte: GERK, Hermann Regazzi –Equipamentos Especiais

O *back up* do sistema de controle do DP classe 3 deve:

- Estar em um compartimento estanque e a prova de fogo separado A60;
- Durante uma operação, deve ser atualizado como os computadores principais e estar pronto para ser colocado em operação em uma emergência;
- Não é afetado por falhas ocorridas nos computadores principais.

A transferência para o computador “back up” deve ser feita manualmente. Sendo que o comando deve estar situado dentro do compartimento especial.

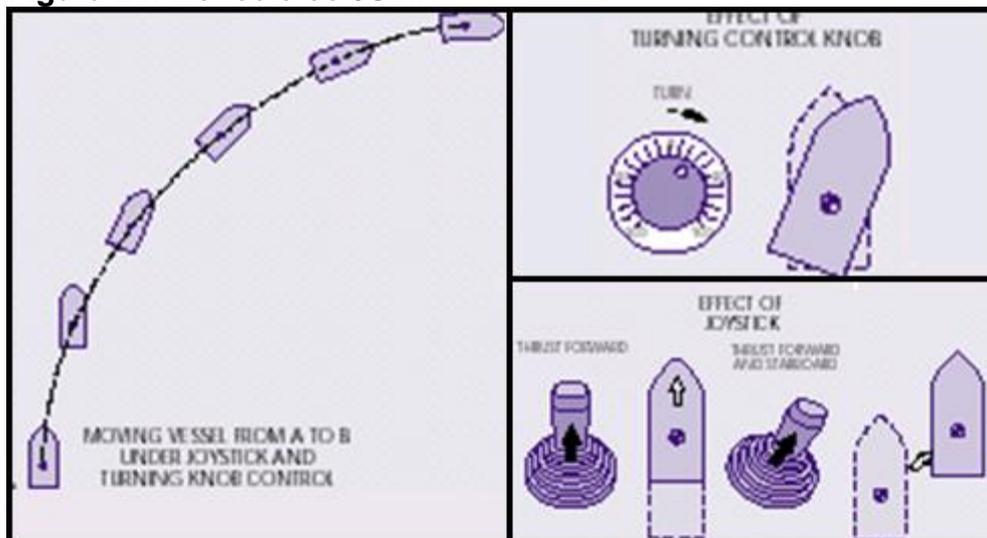
9.2 Modos operacionais do sistema DP

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.

9.2.1 joystick manual heading (JSMH)

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 24: Manobra do JSMH



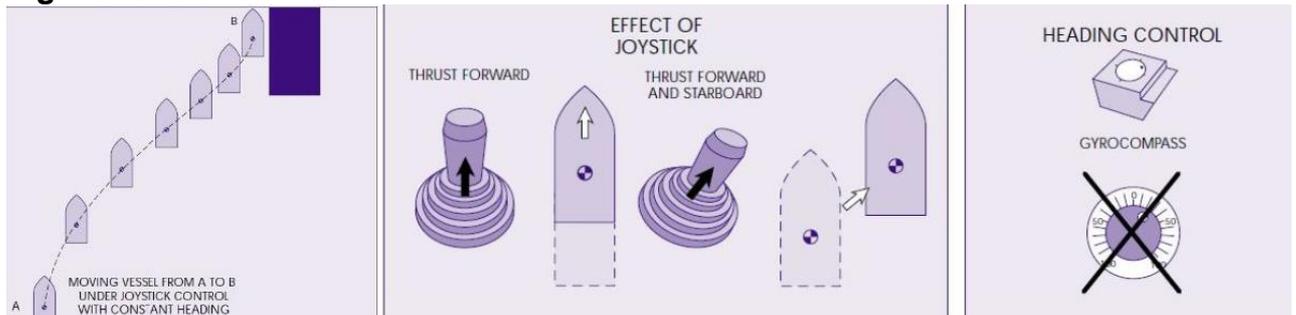
Fonte: Hipap Commissioning, check and Verification manual – Kongsberg

9.2.2 joystick auto heading (JSAH)

A embarcação é controlada por um *joystick* (manete) nos sentidos de proa/popa e bombordo/boreste, e girado no próprio eixo por um botão giratório. Esse modo é

usado para controle manual total da embarcação pelo operador. O *joystick* indica a direção da propulsão de acordo com a direção que aponta, e a magnitude é dada pela quantidade em que o *joystick* é colocado para frente ou para trás. O modo manual pode tanto mover a embarcação como mantê-la parada resistindo às forças do ambiente.

Figura 25: Manobra JSAH

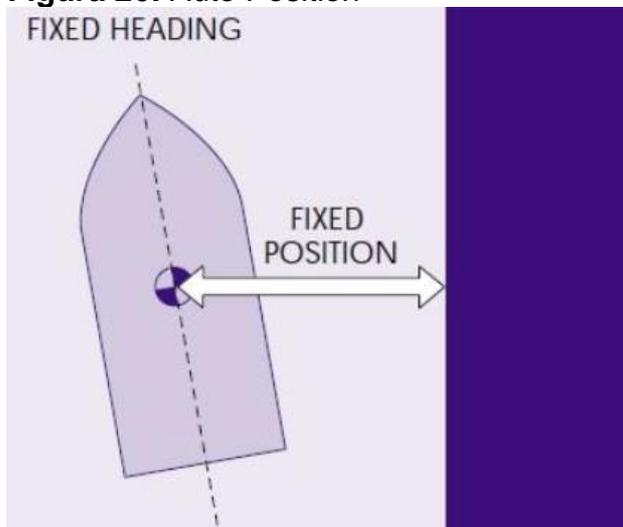


Fonte: Hipap Comissioning, check and Verification manual – Kongsberg

9.2.3 dynamic positioning ou 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 26: Auto Position

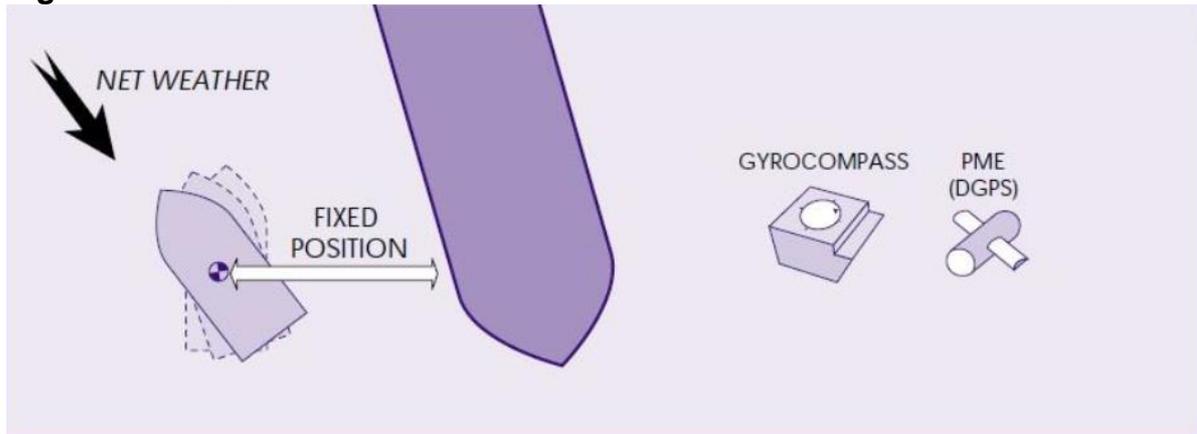


Fonte: Hipap Comissioning, check and Verification manual – Kongsberg

9.2.4 dynamic positioning minimum power ou auto area position

Neste modo, mantém a direção da proa nas condições meteorológicas que se encontra, enquanto controla o DP. Direcionando a proa para a direção do vento, este modo mantém a posição com esforço mínimo dos propulsores.

Figura 27: Auto Área Position

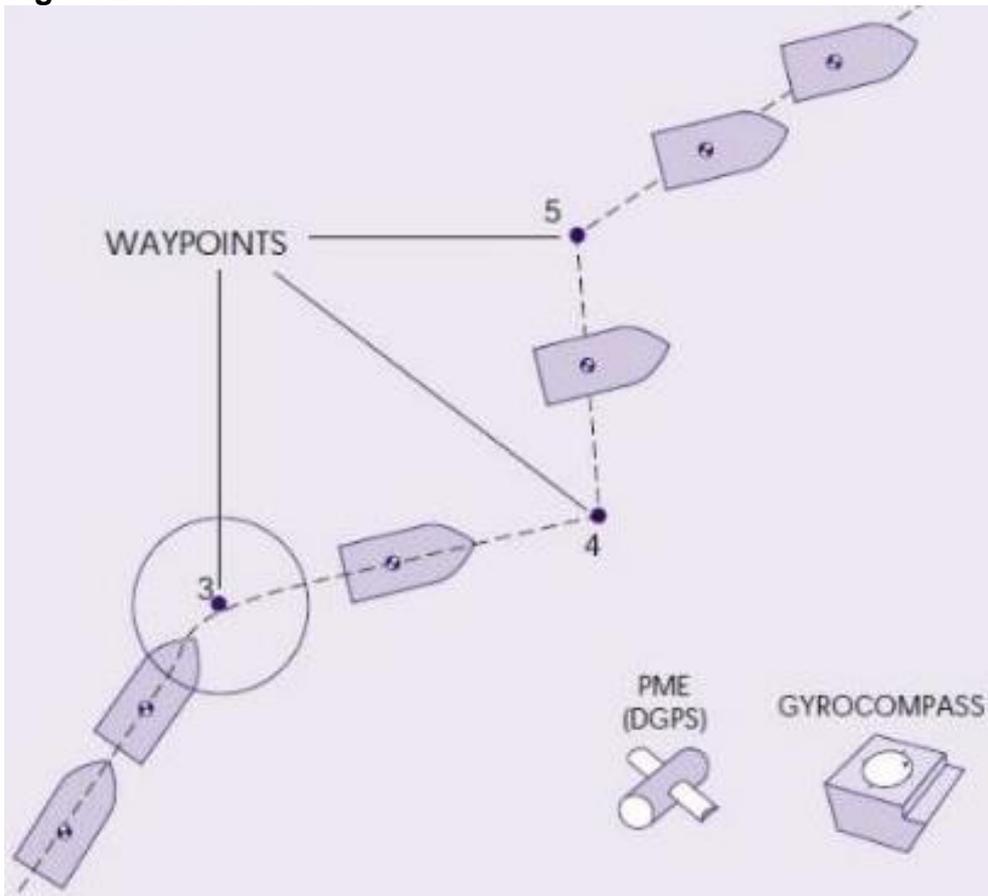


Fonte: Hipap Comissioning, check and Verification manual – Kongsberg

9.2.5 auto track

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.

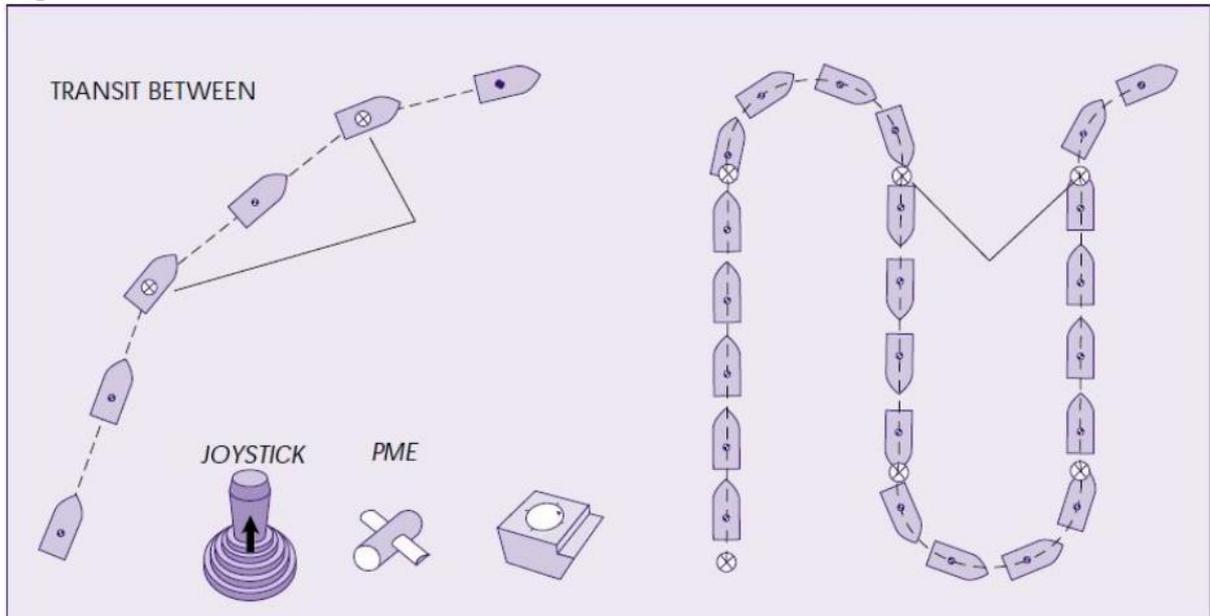
Figura 28: Auto track



Fonte: Hipap Comissioning, check and Verification manual – Kongsberg

9.2.6 auto sail

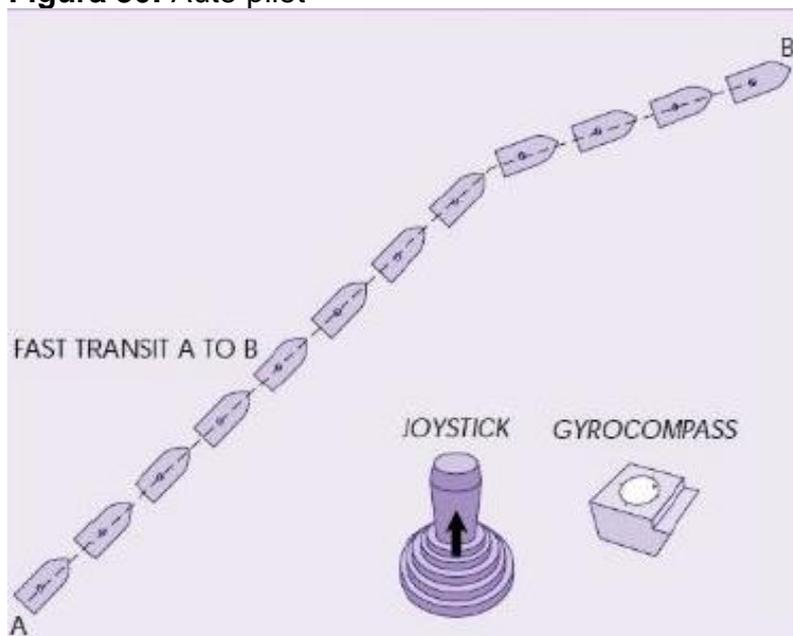
Esse modo controla a embarcação ao longo de uma rota determinada por dois ou mais waypoints, cabendo ao PME manter a posição, e ao operador controlar o empuxo por meio de um joystick. O sistema também se encarrega do aproamento automático do navio no caso de desvio da rota selecionada.

Figura 29: Auto sail

Fonte: Hipap Comissioning, check and Verification manual – Kongsberg

9.2.7 auto pilot

Normalmente utiliza o propulsor principal e o leme da embarcação para deslocá-la ao longo de um curso predeterminado em velocidade maior, comandada pelo operador através do *joystick*. Propulsores azimutais também podem ser utilizados.

Figura 30: Auto pilot

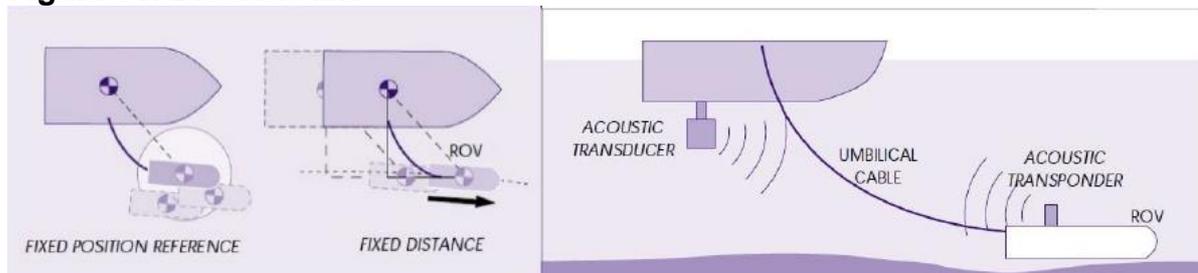
Fonte: Hipap Comissioning, check and Verification manual – Kongsberg

9.2.8 remotely operated vehicle follow (ROV Follow)

O propósito deste modo é manter a embarcação posicionada em relação à um veículo de controle remoto (ROV) que geralmente é ligado à embarcação por cabos umbilicais que provem dados para operação do veículo. Este modo de operação tem duas formas possíveis:

- Posição de referência fixa: A embarcação fica fixa e o ROV circula em uma área definida. Caso ultrapasse essa área definida, a embarcação é deslocada para uma posição em que o ROV permaneça no centro da área novamente. Desta forma, a embarcação se movimenta pouco e é muito útil para áreas limitadas. Um PME e a agulha giroscópica controlam posição e proa, enquanto um sistema acústico posiciona o ROV em relação à embarcação.
- Distância fixa: A embarcação e o ROV se movimentam juntos mantendo uma distância horizontal entre eles. Neste modo a distância relativa entre os dois é calculada por um PME acústico. Utilizado para quando o ROV está seguindo uma tubulação ou linha de cabos.

Figura 31: Distância fixa



Fonte: Hipap Commissioning, check and Verification manual – Kongsberg

9.2.9 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.

9.2.10 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 Mode assegura 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.

9.2.11 dead reckoning control

É modo que é acionado automaticamente em caso de falha integral de todos os sistemas de referência. Permite que a embarcação seja controlada por um período de tempo com base nas condições predominantes no momento da falha. Pode ser observado que este sistema atua até que o sistema DP passe a ser controlado manualmente por um operador.

10 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A exploração do subsolo marítimo tem exigido o desenvolvimento de tecnologias e equipamentos para atender as complexidades de exploração nos campos offshore, como já dito neste trabalho anteriormente, em detrimento disso, as embarcações de apoio, as unidades de perfuração, exploração e produção começaram a ser dotadas de tecnologias cada vez mais sofisticadas, assim surgiu o sistema de posicionamento dinâmico.

O Sistema de Posicionamento Dinâmico atualmente é considerado por muitos uma tecnologia indispensável nas operações offshore devido a segurança, precisão e velocidade nas operações, proporcionando assim um desenvolvimento da indústria em geral, diminuindo os riscos à vida humana e ao meio ambiente e elevando os lucros empresariais. Em razão disso, é importante debater sobre a necessidade dos centros de treinamento e instrução de aquaviários marítimos, dentre os quais dá-se ênfase aos Oficiais de Náutica, abordarem o tema com maior detalhamento e a possibilidade do Departamento de Portos e Costa torna mandatório o estudo do Sistema de Posicionamento Dinâmico para a obtenção do Certificado referente ao item II/1 da Convenção STCW.

Em suma, o trabalho apresentado tem objetivo de oferecer o conhecimento de conceitos, aplicações e topologia do sistema de posicionamento dinâmico de forma simples e sucinta aos alunos em formação da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante para dentro das possibilidades suprir a falta de conhecimento dentro da grade curricular do Curso de Formação de Oficiais da Marinha Mercante.

REFERÊNCIAS

- FÉLIX, S. M. A. **Sistema de Posicionamento Dinâmico: O Surgimento, Desenvolvimento, Benefícios, Problemas e Operacionalidade**. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, 2014.
- FERREIRA, L. R. L. **Conhecimento básico em offshore**. Slide da disciplina de conhecimento básico em offshore, 2017.
- KONGSBERG. **Hipap Commissioning, check and Verification manual**. Kongsberg Maritime, 2010.
- KONGSBERG. **High Precision Acoustic Positioning Hull Units**. Instruction Manual, 2000.
- LEAL, Lucas T. de M. **Sistemas e equipamentos do posicionamento dinâmico**. Rio de Janeiro: Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante, 2015. 40p.
- LONGO, Larissa P. **Sistema de Posicionamento Dinâmico: Conceitos e Aplicações**. 37 f. Rio de Janeiro: Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante, 2015. 37p.
- MIGUENS, A. P. **Navegação eletrônica e em condições especiais**. Niterói: Diretoria de Hidrografia e Navegação, 2000.
- NANJARA, Erick M. **Sistema de Posicionamento Dinâmico nas Embarcações Mercantes: Topologia e Operação**. Rio de Janeiro: Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante, 2015. 45p.
- PARENTE. **Posicionamento dinâmico**. Slide da disciplina de Navegação eletrônica, 2017.
- SILVA, R. A. S. **Evolução da Navegação com o Sistema de Posicionamento Dinâmico**. Rio de Janeiro: Centro de Instrução Almirante Graça Aranha, 2012.
- SOUZA, Luiz F. M. **Sistema de Posicionamento Dinâmico em Operações Offshore**. Rio de Janeiro: Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante, 2015. 44p.

THE DYNAMIC POSITIONING CENTRE. **Princípios de funcionamento do posicionamento dinâmico.**