

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
DEPARTAMENTO DE ENSINO DE NÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA
(APNT-2014)

Por:

ANTONIO SERGIO MESQUITA FELIX

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO
O SURGIMENTO, DESENVOLVIMENTO, BENEFÍCIOS, PROBLEMAS E
OPERACIONALIDADE.

Rio de Janeiro

2014

ANTONIO SERGIO MESQUITA FELIX

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO
O SURGIMENTO, DESENVOLVIMENTO, BENEFÍCIOS, PROBLEMAS E
OPERACIONALIDADE

Monografia apresentada ao Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como requisito parcial para aprovação do Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais Náuticas (APNT) e obtenção do título Capitão de Cabotagem.

Orientador: Professor Hermann Regazzi Gerk
Eng. Químico
Especialista em Mecânica dos
Fluidos

Rio de Janeiro

2014

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA - CIAGA
DEPARTAMENTO DE ENSINO DE NÁUTICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE NÁUTICA
(APNT-2014)

AVALIAÇÃO

PROFESSOR ORIENTADOR: Professor Hermann Regazzi Gerk
Eng. Químico - Especialista em Mecânica
dos Fluidos

BANCA EXAMINADORA

Professor - Orientador: Hermann Regazzi Gerk

DATA: ____/____/_____

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho à minha esposa e filhos a quem nunca medirei esforços em fazer tudo que é possível para lhes dar o melhor e sentirem orgulho de mim.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos mestres deste Centro pelos conhecimentos adquiridos durante o curso o que vai ser de grande valia para a continuidade de minha profissão que será melhor desempenhada com os conhecimentos aqui conquistados. Agradecimento especial ao amigo, Comandante Pedro Dottori, grande conhecedor deste tema e que durante os anos que permaneci embarcado sob seu comando, adquiri vasto conhecimento sobre esta matéria.



RESUMO

Este trabalho abordará de forma mais clara possível o tema “O surgimento do sistema de posicionamento dinâmico, seus benefícios, problemas e operacionalidade. Descrevendo um histórico do surgimento, desenvolvimento, operacionalidade, benefícios, sistema de referência, equipamentos, vantagens e limitações de alguns componentes. Sua aplicação no meio marítimo, importância, das classes de DP, modos de operação, subsistemas dentre outras características do Posicionamento Dinâmico. Interferências causadas pela cintilações, o que poderá ser feito para a prevenção e evitar a perda da posição, prevenindo acidentes.

Palavra chave: Posição. Sistemas Referenciais. Interferência. Operação

ABSTRACT

This paper will address the clearest possible manner the theme "The emergence of a dynamic positioning system, its benefits, problems and operational. Describing a history of the emergence, development, operation, benefits, reference system, equipment, advantages and limitations of some components. Its application in the marine environment, importance of DP classes, modes of operation, subsystems and other characteristics of Dynamic Positioning. Interference caused by scintillation, which can be done to prevent and avoid the loss of position, preventing accidents.

Key word: Position. System. Reference. Interference. Operation

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	CUSS 1	14
Figura 2	Graus de liberdade de uma embarcação	17
Figura 3	Elementos do Sistema de Posicionamento Dinâmico	17
Figura 4	Movimentos e forças de um Sistema de posição Dinâmica	19
Figura 5	Os seis movimentos de uma embarcação	19
Figura 6	Unidade de Sistema Taut Wire	20
Figura 7	Sistema Taut Wire	20
Figura 8	Short baseline	21
Figura 9	Sistema acústico LBL	21
Figura 10	Cyscan	22
Figura 11	Fan Beam	22
Figura 12	Sinal atélite	22
Figura 13	Sinal Radio para Correção GPS	22
Figura 14	Controles e sensores do Sistema DP	23
Figura 15	Diagrama de bloco do Sistema DP	23
Figura 16	Sistema Simplex (Classe 1)	27
Figura 17	Sistema Duplex (Classe 2)	28
Figura 18	Sistema Trimplex (Classe 3)	28
Figura 19	Panorama de operações do Sistema de Posição Dinâmica	33
Figura 20	Quadro - Principais Fabricantes de Sistema de Posic. Dinâmica	34
Figura 21	Modo operacional JSMH	35
Figura 22	Modo operacional JSAH	35
Figura 23	Modo operacional DP	35
Figura 24	Modo operacional Minimum Power	36
Figura 25	Modo operacional ROV "Follow"	36
Figura 26	Modo operacional " Auto track"	36
Figura 27	Modo operacional "Auto Pilot"	37
Figura 28	Modo operacional "Riser Follow"	37
Figura 29	Quadro - modo operacional do Sistema DP	38
Figura 30	Modos operacionais do Sistema DP	39
Figura 31	DGPS - Rede do usuário	41
Figura 32	DGPS	43
Figura 33	Satélite	43

Figura 34	Transponder na Quilha	45
Figura 35	Instalação de transponders	45
Figura 36	Sistema Hidroacústico	46
Figura 37	Sistema Darps	49
Figura 38	Cyscan	50
Figura 39	Fan Beam	50
Figura 40	Sistema Artemis	51
Figura 41	Quadro - Tabela das características da PME	51
Figura 42	Quadro - Tabela das vantagens e limitações da PME	52
Figura 43	Sistema de propulsão	56
Figura 44	Sistema de propulsão - Tunnel Thruster	56
Figura 45	Tela principal dos thruster	57
Figura 46	Thruster - propulsores Azimutais	58
Figura 47	Variação da cintilação	62
Figura 48	Representação atividade solar	62
Figura 49	Localidades com receptores SCINTMON no Brasil	63
Figura 50	Explosão Solar	64
Figura 51	Explosão Solar em setembro	65
Figura 52	Forças Básicas	67

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 O INÍCIO	14
3 DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS DO POSIC. DINÂMICO	16
3.1 DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA	16
3.2 FORÇAS QUE AFETAM A EMBARCAÇÃO CONTROL P/ SISTEMA	18
3.3 CONTROLE DA POSIÇÃO E APROAMENTO	20
3.3.1 Elementos Do Sistema DP	20
3.3.2 Sistema De Referência	20
3.3.2.1 <i>Taut Wire</i>	20
3.3.2.2 <i>Sistema Acústico</i>	21
3.3.2.3 <i>Sistema Laser</i>	21
3.3.2.4 DGPS	22
3.4 O PROCESSO DO CONTROLE DO SISTEMA	22
4 ELEMENTOS DO POSICIONAMENTO DINÂMICO	26
4.1 FUNCIONAMENTO	26
4.2 CLASSE DO FUNCIONAMENTO	26
4.3 SISTEMA DE CONTROLE E SEUS COMPONENTES	28
4.4 COMPUTADORES	30
4.5 SISTEMA DE CONTROLADORES	31
4.6 SISTEMA DE REFERÊNCIA DE POSIÇÃO	32
4.7 SENSORES	32
5 OPERAÇÃO DO SIST DE POSICIONAM. DINÂMICO	34
5.1 MODO DE CONTROLE DO SISTEMA	34
6 SISTEMA DE REFERÊNCIAS	40
6.1 SENSORES	40
6.1.1 - Sensor De Proa	40
6.1.2 - Sensor De Velocidade	40
6.1.3 - Sensor De Vento	40

6.1.4 - UNIDADE DE REFERÊNCIA VERTICAL - VRU	40
6.2 - EQUIPAMENTOS MEDIDORES DE POSIÇÃO	40
6.2.1 - DGPS	41
6.2.2 - Global Satellite System (GLONAS)	43
6.2.3 - Sistema Hidrostático	43
6.2.4 - Sistema Taut Wire	47
6.2.5 - DARPS	48
6.2.6 - FAN BEAM	49
6.2.7 - ARTEMIS	50
7 ESTADOS OPERACIONAIS DE UMA UNID MARÍTIMA	53
7.1 - ESTADO DE OPERAÇÃO NORMAL	54
7.2 - ESTADO DE OPERAÇÃO DEGRADADA	54
7.3 - ESTADO DE ALARME AMARELO	54
7.4 - ESTADO DE ALARME VERMELHO	54
7.5 - ESTADO DE ALARME VERMELHO PERMANENTE	55
8 SISTEMA DE PROPULSÃO	56
8.1 - SISTEMA DE PROPULSÃO	56
8.2 - ELEMENTOS FUNDAMENTAIS	56
8.3 - TIPOS DE PROPULSORES	57
8.3.1 - Propulsores Fixos	57
8.3.2 - Propulsores Azimutais	58
8.4 - DIAGRAMAS DE CAPABILIDADE	58
9 INTERFERÊNCIA DA CINTILAÇÃO	61
10 FORMAS DE OPERAR	66
10.1 - CONDIÇÕES AMBIENTAIS	66
10.2 - DEFINIR MOVIMENTAÇÃO	67
10.3 - INICIANDO OPERAÇÃO COM UM (UNIDADE MARÍTIMA)	67
10.4 - PERDA DE REFERENCIAL	68
11 VANTAG E DESVANT. NA INSTAL. DO SISTEMA DE DP	69

11.1 - VANTAGENS	69
11.2 - DESVANTAGENS	69
12 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
13 REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO	71
14 ANEXO 1 - CLASSESE DE DP	72
15 ANEXO 2 - DIAGRAMA DE CAPABILIDADE 1	73
16 ANEXO 3 - DIAGRAMA DE CAPABILIDADE 2	74

1 INTRODUÇÃO

Devido a complexidade da exploração do petróleo no mar tornou-se extremamente necessário desenvolvimento de tecnologias capazes de prover segurança às operações marítimas de apoio à exploração, perfuração e extração do petróleo.

A indústria naval evoluiu tecnologicamente, principalmente no ramo *offshore* e de plataformas. Desta feita os sistema de posicionamento dinâmico foi criado e vem sendo aprimorados juntamente com a evolução das tecnologias empregadas para sua aplicação.

A aplicação e constante desenvolvimento deste sistema está principalmente ligado a dois fatores primordiais neste campo: a necessidade de redução de riscos e a cada vez maior necessidade de precisão nas operações de pesquisa dos solos marinhos e perfuração e extração de petróleo. Sistema que também pode ser empregado na navegação através de pontos pré-determinados, utilizando as referências de satélites.

Este trabalho relatará diversos aspectos do sistema em questão, desde os movimentos de uma embarcação e as forças atuantes, os modos operacionais existentes, os principais sistemas de referência, os equipamentos que compõem o Sistema de Posicionamento Dinâmico ressaltando importancia do operador de DP.

Nos capítulos de I a X será apresentado o surgimento do Sistema de Posicionamento Dinâmico (SPD), suas aplicações, definição e Princípios do SPD, os Elementos do SPD, definição e princípios da operação, movimentos da embarcação controlada pelo sistema, controle da posição e aproamento da mesma, a operação do Sistema de Posicionamento Dinâmico, salientando os Sistemas de Referências utilizados, os Estados operacionais de uma UM, os Sistemas de Propulsão e as interferências causadas nos DGPS, pela Cintilação provenientes das explosões solares (IMCA). Será tratado a melhor forma de se operara em DP, a importância das forças ambientais, posicionamento da embarcação para aproximação final, condições de operação. Finalmente será realizada uma explanação das vantagens e desvantagens de instalação do sistema de Posição Dinâmica.

2 O INÍCIO

A idéia de desenvolver um controle automático para o DP, nasceu depois de 1961 com a empresa Shell, lançando o NS Eureka. Com equipamentos automatizados que comandavam os propulsores. Em 1964 foi lançado o NS Caldrill 1, com equipamento similar ao Eureka. Ambos os projetos foram um sucesso. Porém foi em 1977 que Franceses e Americanos batizaram o sistema utilizado como Dynamic Positioning(DP), após o lançamento do SS Uncle John.

O uso do primeiro sistema de posicionamento dinâmico ocorreu em 1957 com o Navio Sonda CUSS 1. Em 1961 o CUSS 1, utilizando o sistema DP, fez perfurações em profundidade de 948m, mantendo posição dentro de um raio de 180m.

Figura 1 - Cuss 1



Fonte: Wikipedia

Hoje o DP utiliza ainda o princípio básico do CUSS 1 de 1961, porém a explosão da tecnologia (modelos matemáticos avançados, unidades lógicas e inteligência artificial) propicia um sistema muito mais seguro e confiável. Hoje o DP é utilizado em operações com navios militares, navios de cruzeiro, navios tanques etc...

Com o avanço da automação e computadores, surgiu o sistema de posicionamento dinâmico que através de sensores e outros referenciais, consegue manter a embarcação nas posições e trajetórias desejadas.

Posicionamento Dinâmico é um sistema hidrodinâmico, necessário para manter a embarcação numa mesma posição e aproamento automaticamente, respondendo às variações de condições ambientais, dentro de limites especificados.

Atualmente, todos os impelidores e propulsores são integrados de forma que o operador consegue controlar uma embarcação apenas com um *joystick*, *localizado no console do DP*, com interface eletrônica entre o posicionamento da embarcação e as ordens para as máquinas.

Os referências evoluíram, propiciando melhor acuidade na posição da embarcação, paralelamente os propulsores também evoluíram, tornaram-se mais potentes, melhora controlabilidade atendendo aos comandos com mais rapidez, reduzindo a variação de posicionamento. Porém surgiram novos problemas que podem causar a perda de posição, forçando o operador a adotar medidas de segurança.

3 DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS DO POSICIONAMENTO DINÂMICO

3.1 DEFINIÇÃO E PRINCÍPIOS DA OPERAÇÃO DO SISTEMA

O significado genérico de “Sistema de Posicionamento Dinâmico” engloba uma série de equipamentos que interagem no sentido de possibilitar a manutenção da posição de uma embarcação ou sonda.

De acordo com a *International Maritime Organization* (IMO) o Sistema de Posicionamento Dinâmico caracteriza-se por ser um sistema computadorizado que tem a finalidade de manter a embarcação em uma mesma posição e 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 ângulo do leme necessário a fim de manter a embarcação na posição pré-estabelecida.

As embarcações possuem seis movimentos distintos nos seus eixos cartesianos, sendo três de rotação (*pitch*, *roll* e *yaw*) e três de translação (*surge*, *sway* e *heave*) Alguns autores denominam estes movimentos como "Grau de Liberdade da Embarcação". Esses movimentos são:

- **Pitch**. Conhecido como **caturo** em português, o *pitch* é o giro em torno do eixo transversal do navio com o movimento da proa e popa para cima e para baixo.

- **Roll**. O **balanço**. Tem característica de giro sobre o eixo longitudinal, os bordos se movimentam diminuindo o ângulo em relação ao mar de um bordo e de outro alternadamente.

- **Yaw**. **Cabeceio**. O *yaw*, é um movimento que consiste basicamente na variação da proa.

- **Surge**. O **avanço e recuo**. O *surge* é o movimento no eixo longitudinal, que movimenta a embarcação para avante e para ré.

- **Sway.** É o movimento no eixo transversal da embarcação, esta **se desloca lateralmente** de um bordo para outro.

- **Heave.** Movimento no eixo vertical. Podemos chamar de "**arfagem**", que é o movimento vertical da embarcação, influenciado pelas ondas.

Figura 2 – Graus de liberdade de uma embarcação

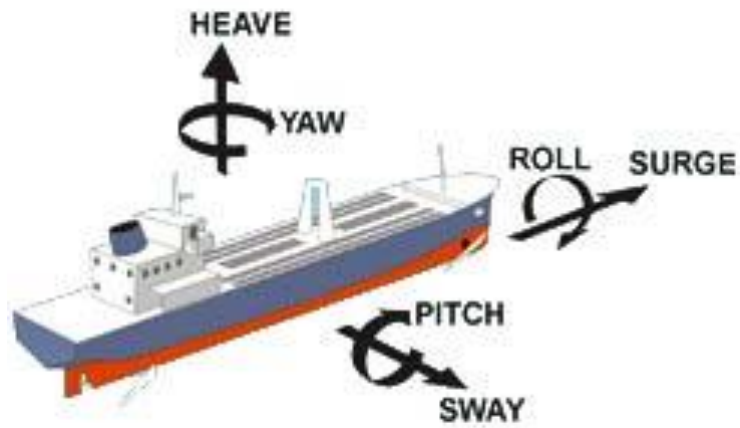
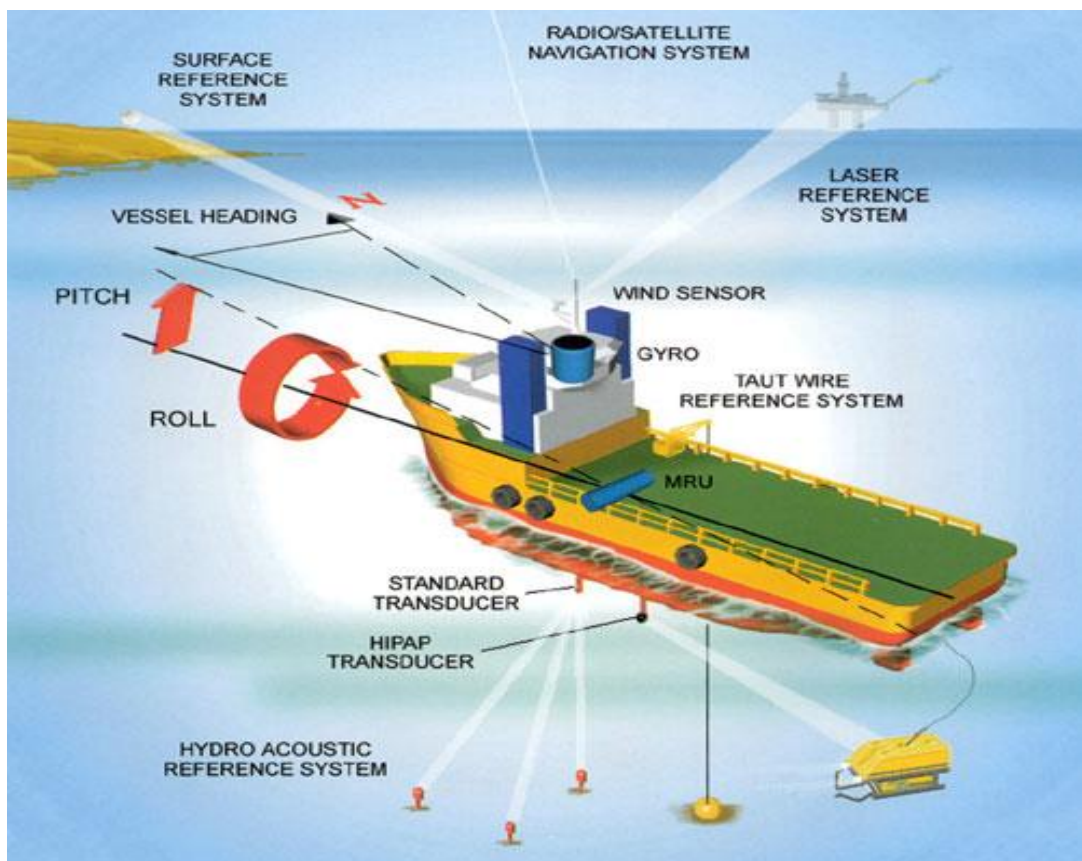


Figura 3 – Elementos do Sistema de Posicionamento Dinâmico



Fonte: Gerk, Hermann Regazy - Slide Curso Hidrodinâmica do Navio - DP

Consideramos três grandes grupos que integram o Sistema como um todo:

A) **Sistema DP Propriamente Dito:** Responsável por determinar a posição atual da embarcação ou sonda; compará-la com o objetivo pré-determinado; comandar o sistema de propulsão no sentido de efetuar as correções necessárias da posição.

O sistema DP subdivide-se em 4 outros subsistemas:

- Sistema de Controladores;
- Sistemas de Referência de Posição;
- Sistemas de Sensores; e
- Sistemas de UPS's

B) **Sistema de Propulsão:** Responsável por contrabalançar as forças ambientais, permitindo à embarcação manter-se sobre o objetivo. Consiste de:

- Thrusters - bow e stern
- Maquinas principais

C) **Sistema de Geração e Gerenciamento de Energia:** Provê a energia elétrica necessária para atuar todos os equipamentos envolvidos no posicionamento dinâmico. Consiste basicamente em:

- Motores;
- Geradores; e
- Gerenciadores

3.2 - FORÇAS QUE AFETAM A EMBARCAÇÃO CONTROLADA PELO SISTEMA

As forças ambientais que agem nas unidades flutuantes são:

- o vento,
- a correnteza e
- as ondas.

Os esforços resultantes da sua combinação acarretam 6 tipos de movimentos:

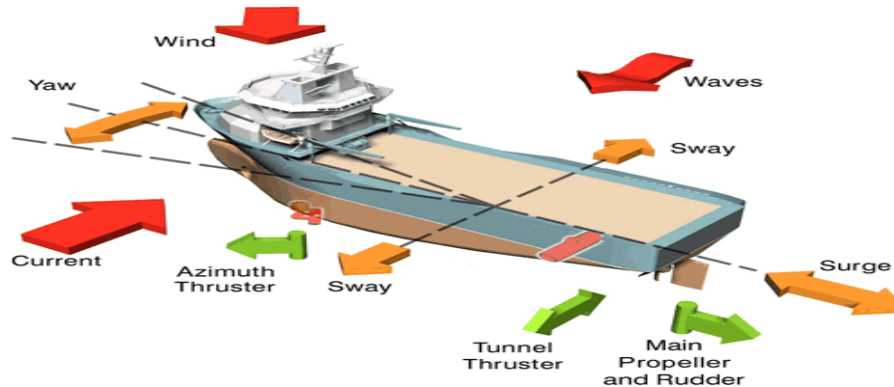
Translação - surge, sway e heave.

Rotação - pitch, roll e yaw.

O sistema DP controla diretamente apenas 3 deles, todos em relação ao plano horizontal:

SURGE ou avanço (X); SWAY ou lateral (Y) e YAW ou aproamento (N).

Figura 4 - Movimento e Forças de um Sistema DP



Fonte: Curso Sistema DP - Kongsberg

Entretanto, os demais movimentos são naturalmente afetados de modo secundário e também monitorados uma vez que influem em alguns tipos de sensores de referência de posição.

De modo genérico, um sistema DP:

- Mede o aproamento e distância em relação ao alvo pré-estabelecido.
- Avalia o desvio em termos das coordenadas X, Y e N.
- Avalia a força necessária para restabelecer a posição sobre o “alvo”, dividindo a resultante em termos de X, Y e N.
- Com base nessa avaliação, comanda o sistema de propulsão e leme para efetuar a correção necessária.

Figura 5 - Os seis movimentos de uma embarcação



3.3 - CONTROLE DE POSIÇÃO E APROAMENTO

Uma embarcação irá se mover sob a influência de forças ambientais.

O Aproxamento pode ser medido tendo como referência a agulha giroscópica e a posição medida pelos sistemas de referência e determinação de posição eletrônica. Aproxamento e posição podem ser mantidas pela ação dos impelidores.

Desde que há um vasto número de variáveis, um computador é necessário para aperfeiçoar as respostas dos impelidores e motores do navio.

3.3.1 Elementos do Sistema DP

- Sistema de Referência
 - DGPS
 - Taut Wire
 - Sistema Acústico
 - Sistema Laser
- Computador
- VRU
- Anemômetro
- Agulha Giroscópica
- UPS

3.3.2 Sistemas de Referência:

3.3.2.1 -Taut Wire

Figura 6 - Unidade Sistema Taut Wire

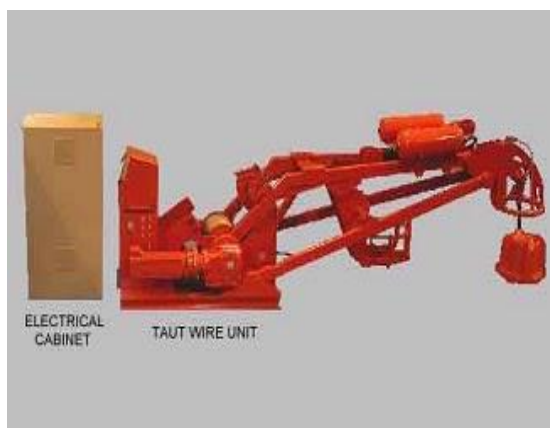
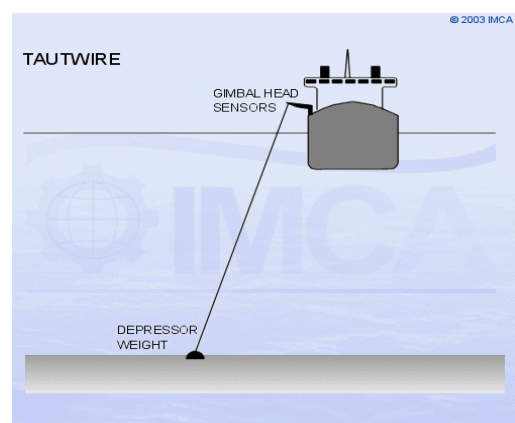


Figura 7 - Sistema Taut Wire



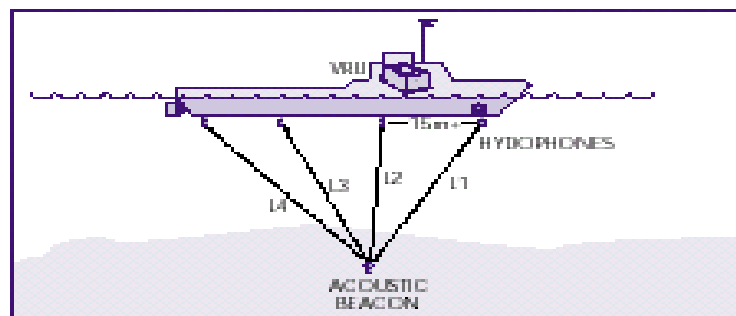
Fonte:Curso Sistema DP - Kongsberg

3.3.2.2 Sistema Acústico:

(High Precision Acoustic Positioning - HiPAP)

- SBL (Short Base Line)

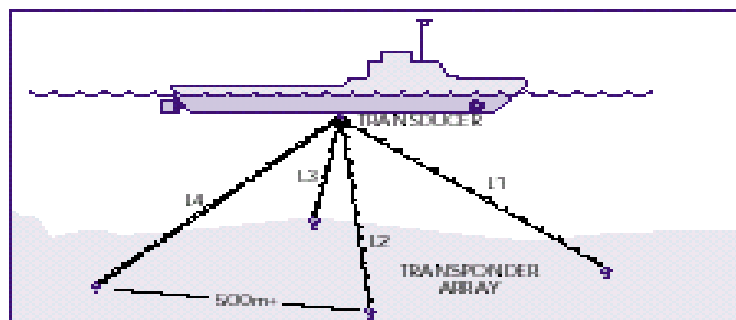
Figura 8 - Short Baseline - SBL



Fonte:Curso Sistema DP - Kongsberg

- SSBL
- LBL

Figura 9 - Long Baseline - LBL



Fonte: Curso Sistema DP - Kongsberg

3.3.2.3 Sistema Laser:

- Cyscan
- Fan Beam

Figura 10 - CYSCAN

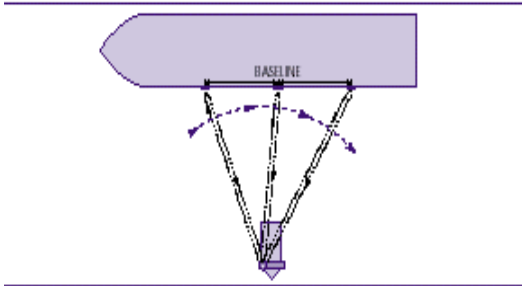
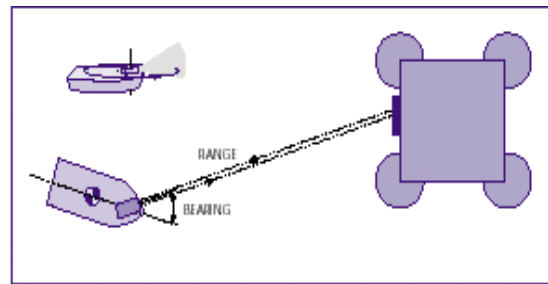


Figura 11 - Fan Beam



Fonte: Curso Sistema DP - Kongsberg

3.3.2.4 DGPS (Diferencial Global Position):

- DGPS

Figura 12 - Sinal de Satélite

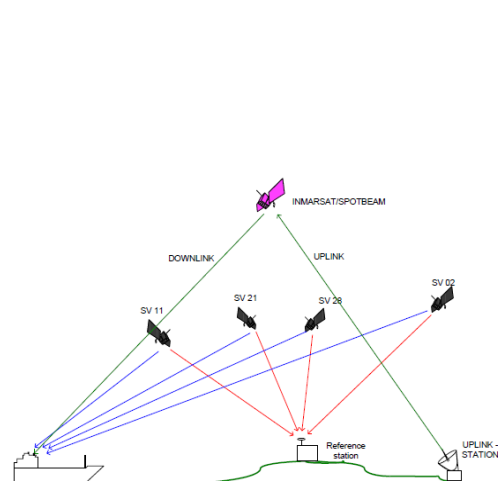
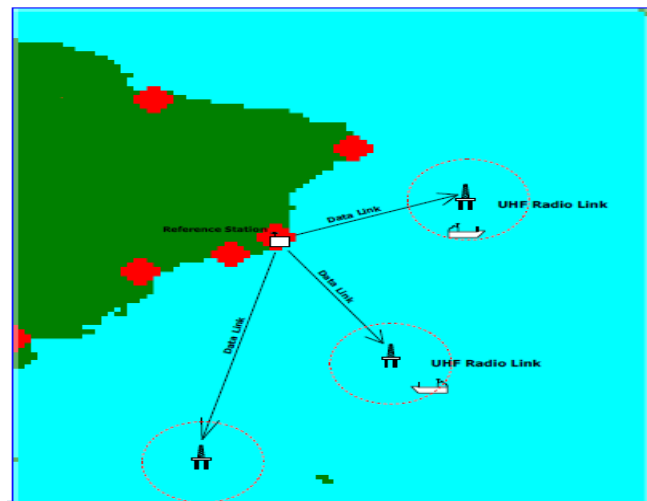


Figura 13 - Sinal rádio para correção do GPS



Fonte: Gerk, Hermann Regazi - Slide Curso de Cintilação Atmosférica

3.4 - O PROCESSO DE CONTROLE DO SISTEMA

O aspecto operacional envolve os seguintes subsistemas do DP:

1. Operação
2. Processo
3. Energia
4. Unidades de referência
5. Sensores
6. Thrusters
7. Operador

Figura 14 - Controles e Sensores do Sistema DP

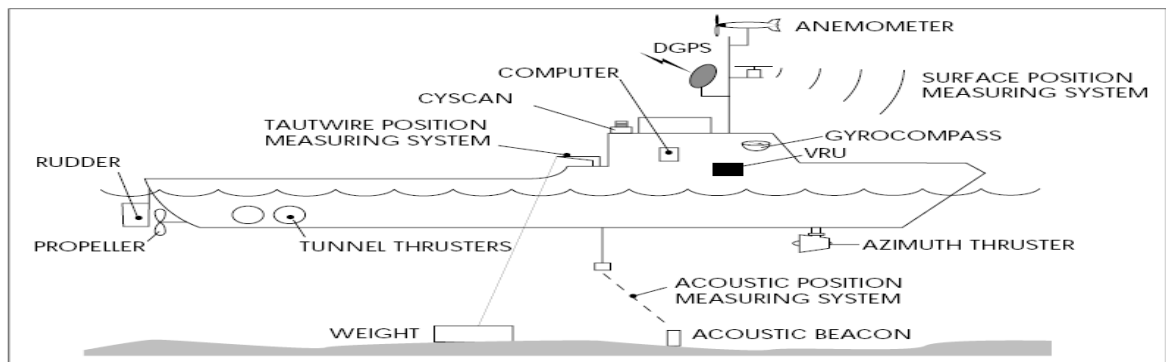
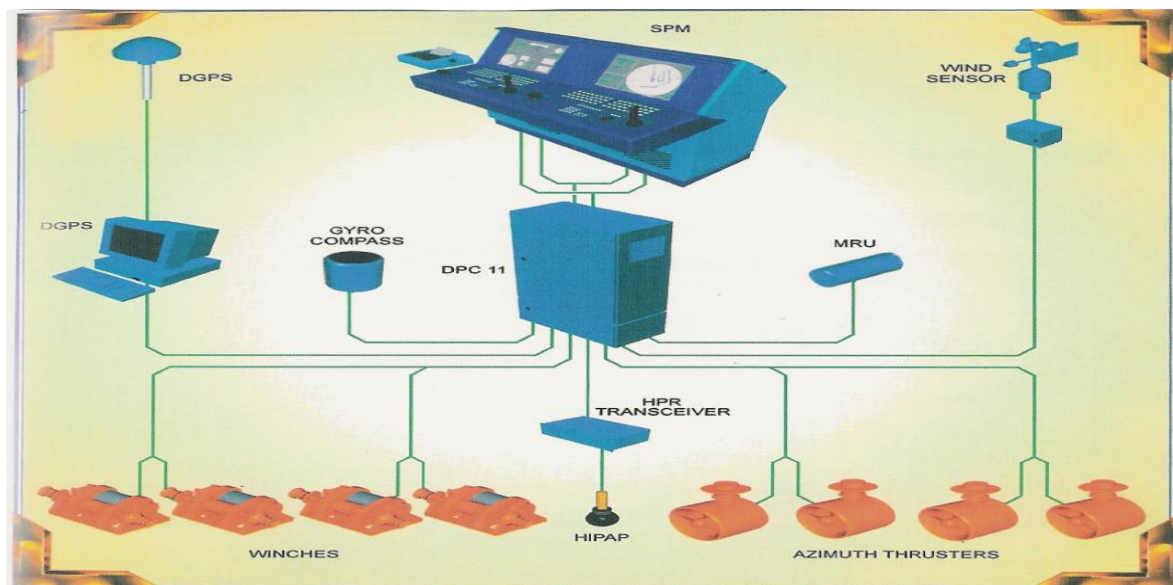


Figura 15 - Diagrama de Bloco do Sistema DP



Fonte: Gerk, Hermann Regazzi - Slides Curso DP

O sistema de sensoriamento é formado por equipamentos (sensores) responsáveis por analisar e verificar as informações necessárias para que a embarcação possa ser mantida em uma condição de referência de posição desejada. Os sinais de mais importância são, naturalmente, os que medem a posição e a proa da embarcação no plano horizontal. Há diversas tecnologias aplicadas para essa finalidade como agulha giroscópica, os sistemas de navegação satélite, sistemas de referência hidroacústicos, acelerômetros, radares por microondas, laser, etc. Ressalta-se que é necessário a redundância de sensores no sistema de posicionamento dinâmico, a fim de se obter maior confiabilidade e precisão.

Também há sensores para as medições das condições ambientais. A tomada de medida do vento é feita por anemômetros (direção e velocidade), o sistema de controle utiliza esses dados para estimar as forças de baixa frequência devido aos ventos e contrabalançá-las, diretamente, através dos propulsores. Essa compensação direta, nos sistemas comercialmente disponíveis, é realizada apenas para ação do vento. Para corrente e ondas ainda é necessário que o navio saia de uma posição desejada em função da ação dessas forças, para que a compensação seja feita. Isso ocorre devido a falta de tecnologia de confiança deste sistema de sensoriamento para se efetuar as medições de ondas e correntes.

O sistema de estima ou observação é responsável por filtrar os erros de posição e reconstruir os estados não medidos do sistema. A técnica dos observadores de estado consiste em desenvolver um modelo matemático para o sistema analisar e comparar a estimativa da saída com a saída medida, a diferença entre os dois sinais presentes resulta em um resíduo que é utilizado para correção da posição.

Modelo Matemático - Os algoritmos de controle trabalham com um modelo matemático que corresponde a uma descrição hidrodinâmica e aerodinâmica da embarcação com base em suas características físicas tais como massa, volume, formato, calado e forças de arrasto (“*drag forces*”), além dos “Diagramas de Capabilidade”. Desenvolvido a partir de dados e ensaios de projeto, o modelo matemático é afetado pelas mesmas forças que atuam sobre a embarcação, ou seja, é uma simulação da realidade.

O modelo matemático não é, contudo uma representação 100% fidedigna da realidade, ou seja, da embarcação sujeita às forças ambientais. Assim sendo, sistemas de controle especiais foram criados para levar em conta a diferença ou erro entre o calculado e o efetivamente medido pelos diversos sensores e emitir a ordem e grau de correção ao Sistema de Propulsão.

Quanto ao sistema de controle, ele é definido como uma unidade lógica computacional que determina a ação de controle necessária para manter o navio em uma referência de posição ou trajetória desejada.

Alocação de empuxo é o sistema constituído de um algoritmo responsável pela distribuição das forças de comando pelos propulsores, de forma a minimizar a potência, otimizando o consumo do combustível, evitando a saturação dos propulsores e compensando as forças em caso de falha de algum propulsor.

O sistema de potência é o responsável por fornecer energia aos propulsores. Para a realização desta tarefa há diferentes tipos de equipamentos, destacando-se aqueles com características diesel-elétricas e os motores diesel (propulsor principal).

4 ELEMENTOS DO POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP)

4.1 - FUNCIONAMENTO

Um sistema DP consiste de componentes e sistemas que agem em conjunto com a finalidade de se obter a capacidade para atender o que é requisitado pelo tipo de operação que será realizada por uma determinada embarcação. Estes componentes e sistemas devem oferecer segurança e confiabilidade, considerando a possibilidade de falhas que ocasionem perda no funcionamento do sistema DP.

Em face desta associação da classe do sistema DP com o tipo de operação e até mesmo com o clima local, a IMO por meio da resolução 645 do Guia para Navios com Sistema de Posicionamento Dinâmico, dividiu os equipamentos deste sistema em três classes e definindo o conceito de redundância como sendo a capacidade de um componente ou sistema manter ou restaurar suas funções, quando uma ou mais falhas ocorrem. Esta redundância pode ser alcançada com a instalação dupla dos componentes, sistemas ou meios alternativos de realizar determinada tarefa.

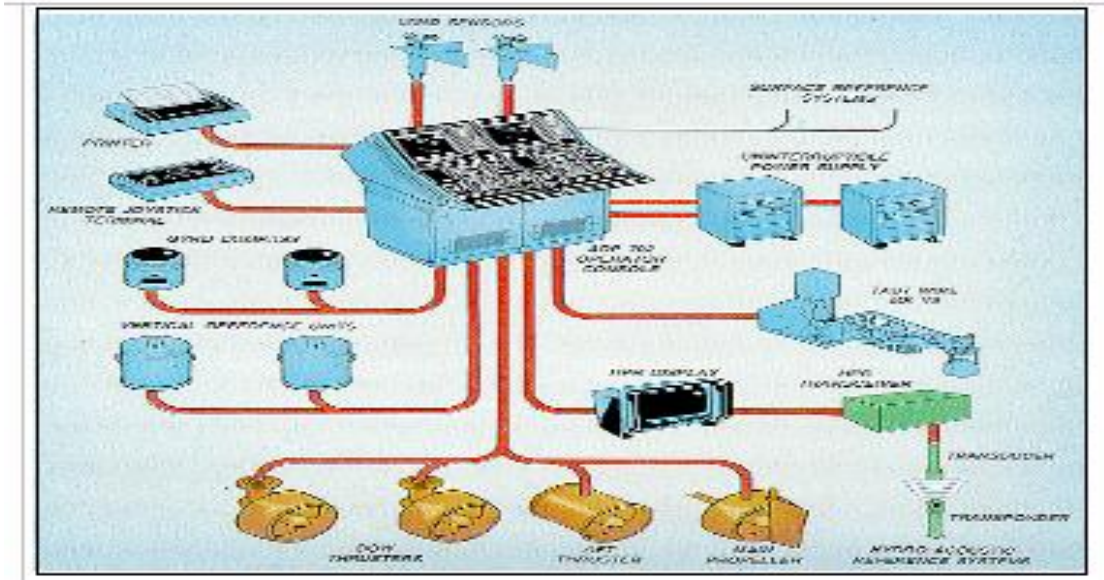
4.2 - CLASSES DO EQUIPAMENTO

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

Classe 2 - Uma perda da posição não deve ocorrer no evento de uma única falha ("*Single Failure*") em nenhum componente ou sistema ativo, como: cabos canos, válvulas manuais, etc. Os componentes estáticos não são considerados em termos de falha pressupondo-se que estejam adequadamente protegidos contra danos de origem externa. Os critérios para uma "*Single Failure*" incluem:

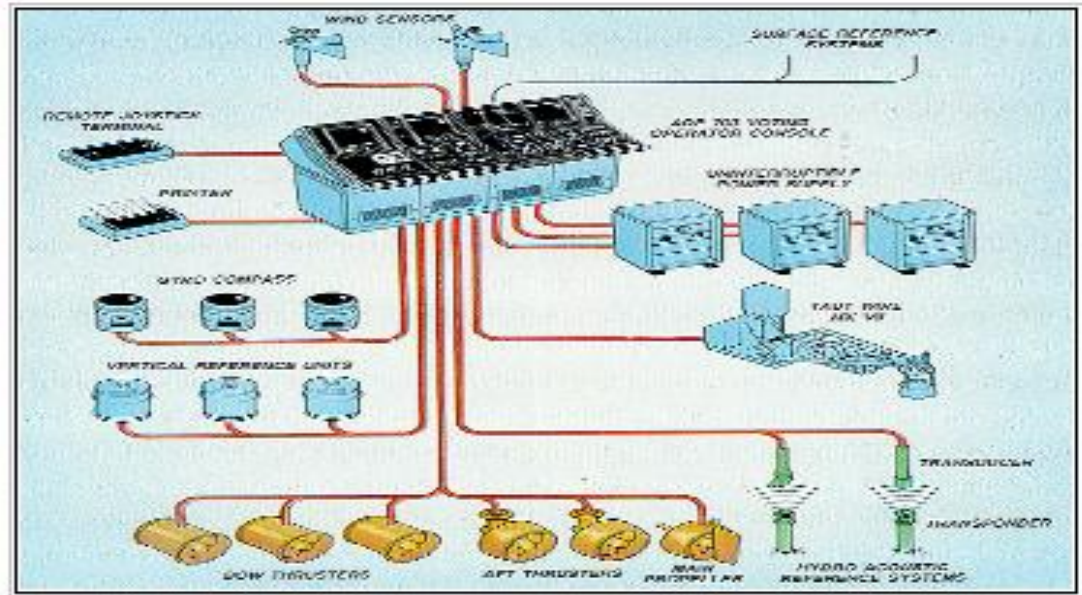
- Alguns componentes ou sistemas ativos (geradores, propulsores, painéis de distribuição de energia, válvulas de controle remoto, etc.);
- Alguns componentes estáticos (cabos, tubulações, válvulas manuais, etc.) que não foram propriamente documentados com respeito à proteção e à confiabilidade.

Figura 17 - Sistema Duplex (Classe2)



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

Figura 18 - Sistema Triplex (Classe 3)



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

4.3 – SISTEMA DE CONTROLE E SEUS COMPONENTES

Em 1994, o Comitê de Segurança Marítima da IMO aprovou, através da Resolução 645, "*The Guidelines for Vessels with Dynamic Positioning Systems*"

(Guia para Embarcações com Sistema de Posicionamento Dinâmico). Este guia tem o propósito de padronizar os sistemas DP a bordo das embarcações que utilizam esta técnica. A aplicação do conteúdo deste guia não é de caráter obrigatório.

Com base na referida resolução (IMO 1994)

- O sistema de controle do DP e seus componentes devem ser arranjados em uma estação de controle de onde o operador tenha uma boa visão dos limites exteriores e da área circunvizinha da embarcação;
- A estação de controle do DP deve mostrar, por meio de monitores, as informações do sistema de geração de energia, do sistema de propulsão e do sistema de controle do DP a fim de ser possível verificar que estes sistemas estão operando corretamente. A informação necessária para a operação segura do sistema DP deve ser visível durante todo o tempo. Outras informações devem estar disponíveis quando solicitadas pelo operador;
- Os monitores e a estação de controle do DP, em especial, devem ser baseados em princípios ergonômicos. O sistema de controle do DP deve ter uma estrutura para facilitar a seleção da modalidade de controle, isto é, manual, "joystick" ou controle automático dos propulsores, e a modalidade em uso deve ser claramente indicada;
- Para as classes 2 e 3, os controles do operador devem ser projetados de modo que nenhum ato inadvertido no painel do operador possa conduzir a condição crítica;
- Alarmes e avisos de falha nos sistemas conectados ao sistema de controle DP devem ser audíveis e visuais. Um registro permanente de ocorrências e de mudanças de status deve ser fornecido junto com todas as explicações claras (através de impressora conectada ao sistema);
- O sistema de controle do DP deve prevenir que as falhas sejam transferidas de um sistema para outro. Os componentes redundantes devem ser arranjados de modo que a falha de um componente deva ser isolada, e o outro componente ativado; e
- Deve ser possível controlar os propulsores manualmente, por "joysticks" individuais e/ou por um "joystick" comum, no evento da falha do sistema de controle do DP.

4.4 – COMPUTADORES

- Para a classe 1, o sistema de controle do DP não necessita ser redundante;
- Para a classe 2, o sistema de controle deve ser constituído ao menos de dois computadores independentes. As facilidades comuns, tais como rotinas de auto- checagem, arranjos de transferência de dados, e interfaces não devem ser capazes de causar uma falha em ambos os sistemas;
- Para a classe 3, o sistema de controle deve ser formado de ao menos dois computadores independentes com facilidade de auto-checagem e alinhamento. As facilidades comuns tais como rotinas de auto-checagem, arranjos de transferências de dados e interfaces não devem ser capazes de causar uma falha em ambos os sistemas. Além disso, um sistema alternativo de controle do DP em local diferente ou isolado dos demais por divisórias A.60. Um alarme deve ser iniciado se qualquer computador falhar ou não estiver pronto para assumir o controle;
- Para as classes 2 e 3, o sistema de controle do DP deve incluir uma função no "*software*", conhecida como 'análise de consequência'. Esta função verifica continuamente a condição da embarcação, analisando se a mesma conseguirá manter sua posição mesmo na ocorrência de um falha significativa. Esta análise deve verificar se os propulsores em operação restantes após a falha ainda fornecerão a energia requisitada pelo sistema DP em face de uma falha. Para que as operações de longa duração terminem com segurança, a análise de consequência deve incluir uma função que simule a potência e a energia restante após uma falha de grande risco, baseada na entrada manual de dados das condições ambientais;
- Sistemas computadorizados redundantes devem permitir a transferência automática de controle após detecção de uma falha em um dos sistemas computadorizados. A transferência automática de controle de um sistema para outro deve ser suave e dentro das limitações aceitáveis da operação;
- Para a classe 3, o sistema alternativo de controle do DP deve estar em um compartimento separado da estação principal de controle principal por divisórias A.60. Durante a operação DP este sistema de controle alternativo deve ser alimentado continuamente pela entrada de dados dos sensores, dos sistemas de referência de posição, dos propulsores, etc., e deve estar pronto para entrar em

operação a qualquer momento. A troca do controle do sistema de controle principal para o sistema de controle alternativo não devendo ser afetada pela falha do sistema de controle principal do DP; e

Uma fonte de alimentação ininterrupta deve ser fornecida para cada sistema computadorizado do DP com a finalidade de assegurar que qualquer falha de geração de energia não afete mais de um computador. A capacidade da bateria deve fornecer para a operação **um mínimo de trinta minutos** de energia em consequência da falha do sistema de alimentação principal.

4.5 - SISTEMA DE CONTROLADORES

O coração de um Sistema DP utilizado em sondas e embarcações é constituído por no mínimo 02 computadores (sistema dual), em comunicação e verificação mútua permanente de forma a obedecer ao princípio da redundância. A evolução dos Controladores DP está diretamente relacionada ao desenvolvimento de “*hardwares*” e “*softwares*” cada vez mais poderosos.

O Sistema DP Propriamente Dito inclui as *interfaces* com os Sistemas de Referência de Posição e Sensores Auxiliares, responsáveis pela digitalização dos dados que vão alimentar os Controladores.

Funções Principais dos Controladores:

1. Processar as informações dos sensores p/ se obter a posição e aproamento atual.
2. Comparar a posição e o aproamento com os valores comandados para se gerar sinais de erro.
3. Transformar as forças comandadas em sinais de comando para os *thrusters*.
4. Calcular as forças e momento de comandos nos três eixos.
5. Calcular as forças de oposição ao vento para que o sistema possa reagir antecipadamente.

Os dois tipos principais de controladores são:

- Controladores PID
- Filtros Kalman

Principal diferença entre PID e filtro Kalman:

O controlador PID somente corrige o desvio após o mesmo ter acontecido.

O filtro Kalman pode prever com antecipação e aplicar as correções antes do desvio ter acontecido.

4.6 - SISTEMA DE REFERÊNCIA DE POSIÇÃO

- Os sistemas de referência de posição devem ser selecionados levando-se em consideração os requisitos operacionais no que diz respeito às limitações que podem ocorrer no momento do uso e o desempenho previsto quando em funcionamento;

- Para as classes 2 e 3, ao menos três sistemas de referência de posição devem ser instalados e estarem disponíveis simultaneamente durante a operação para uso do sistema de controle DP;

- Quando dois ou mais sistemas de referência de posição são exigidos, eles não devem ser todos do mesmo tipo, mas baseados em princípios diferentes e apropriados para as condições da operação;

- Os sistemas de referência de posição devem fornecer dados com exatidão adequada para a operação DP pretendida;

- O desempenho dos sistemas de referência de posição deve ser monitorado e avisos emitidos quando os dados fornecidos pelos sistemas de referência de posição forem incorretos ou substancialmente degradados; e

- Para a classe 3, ao menos um dos sistemas de referência de posição deve ser conectado diretamente ao sistema alternativo de controle do DP e ser separado dos outros sistemas de referência de posição por divisórias A.60.

4.7 – SENSORES

- Os sensores da embarcação devem medir o aproamento, os movimentos da embarcação e a velocidade e direção do vento;

- Quando um sistema de controle do DP, classe 2 ou 3, é inteiramente dependente dos sinais corretos dos sensores, então estes sinais devem ser

baseados em três sistemas que servem à mesma finalidade (por exemplo, a embarcação deve ter ao menos três agulhas girocópicas instaladas);

- Sensores com a mesma finalidade conectados a sistemas redundantes devem ser arranjados independentemente de modo que a falha de um não afete os outros; e

- Para a classe 3, deve se ter todos os sensores também conectados ao sistema alternativo de controle do DP, sendo que estes sensores devem ser separados dos demais sensores que servem o sistema de controle principal. Esta separação deve ser feita por divisórias da classe A.60.

Figura 19 – Panorama de operações do Sistema de DP










5 OPERAÇÃO DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO (DP)

5.1- MODO DE CONTROLE DO SISTEMA

Antes de fazer a apresentação dos modos operacionais do DP, é necessário citar que esta técnica não se limita a um único dispositivo, isto é, diversos centros de pesquisas em diferentes países têm explorado e evoluído o sistema DP o que resulta em sistemas com alguns diferenciais. Contudo o princípio básico da origem do sistema se mantém o mesmo independente do fabricante. O primeiro fabricante de sistemas de controle DP foi a empresa americana **Honeywell**, ficando isolada no mercado até o final da década de 70. A partir desta data outras empresas surgiram em vários países conforme mostra o quadro abaixo.

Figura 20- Quadro - Principais Fabricantes de Sistema de Posicionamento Dinâmico

SYMMETRY 	Brasil
KONGSBERG (Ex-Simrad) 	Noruega
COVERTEAM (Ex-Alstom) 	França
MARINE TECHNOLOGIES 	Estados Unidos
L3 COMMUNICATIONS (Ex-Nautronix) 	Estados Unidos
TRANSAS (Transport and Safety at Sea) 	Estados Unidos
ROLLS-ROYCE 	Inglaterra
KAWASAKI	Japão

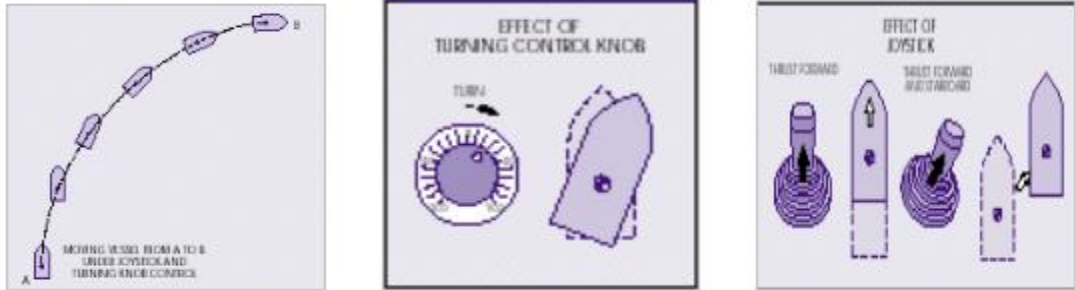
Basicamente, o que pode diferenciar um sistema de outro são a inclusão ou exclusão de algumas funções e/ou equipamentos.

A seguir será apresentado os modos operacionais do sistema DP do fabricante Coverteam (ex Alstom):

- “Joystick Manual Heading” (JSMH) - O navio é controlado por um joystick para se movimentar nos planos transversal e longitudinal, enquanto que o giro da embarcação é feito através de um botão de proa ou rotação do Joystick. O controle

da manobra da embarcação, neste modo, é totalmente manual. Pode se dizer que o Joystick é uma redundância do DP 1.

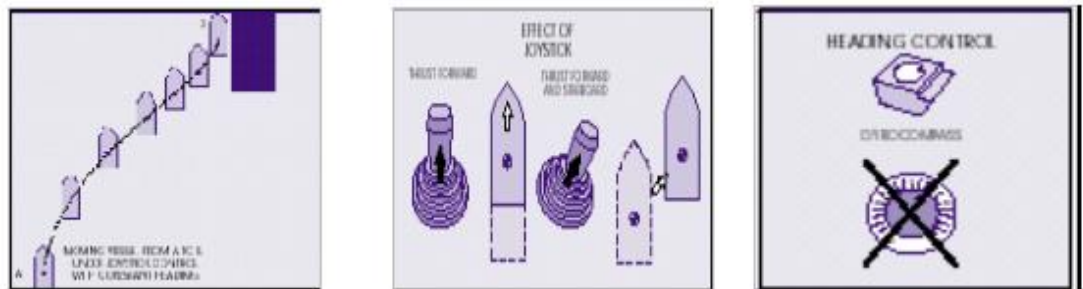
Figura 21 - Modo operacional JSMH



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

- “Joystick Auto Heading”(JSAH)- O rumo da embarcação é automaticamente controlado. O joystick controla os movimentos transversais (BE/BB) e longitudinais (AV/AR). Este modo pode ser aplicado em manobras fechadas;

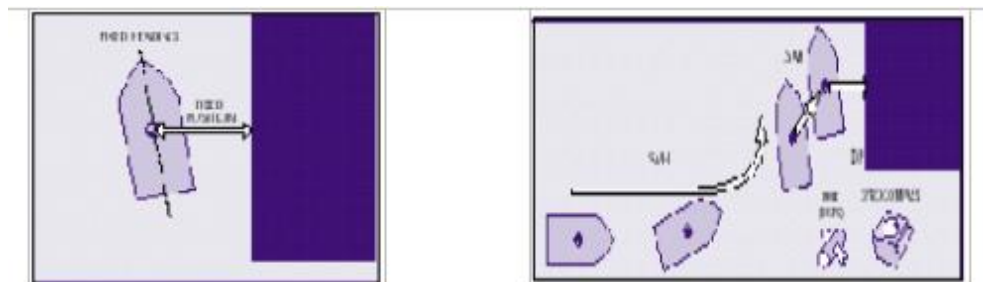
Figura 22- Modo Operacional JSAH



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

- “Dynamic Positioning” (DP)- O rumo e posição são mantidos automaticamente. Neste modo a embarcação com um rumo fixo estabiliza uma posição em relação a um alvo estacionário;

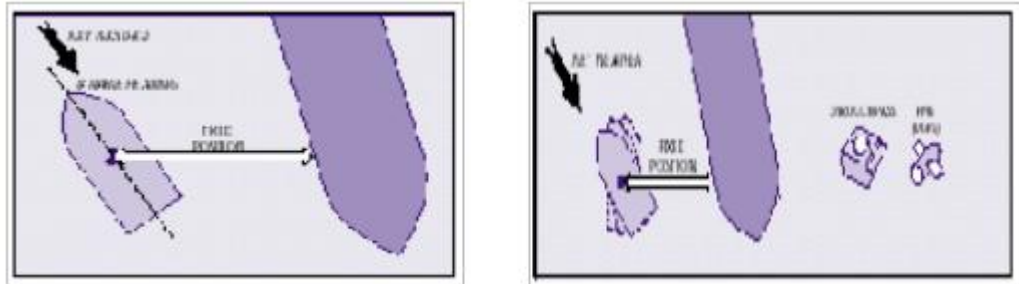
Figura 23 - Modo Operacional DP



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

- “Dynamic Positioning Minimum Power”- Mantém o rumo e posição do navio, enquanto controla o posicionamento dinâmico da embarcação usando o mínimo de força;

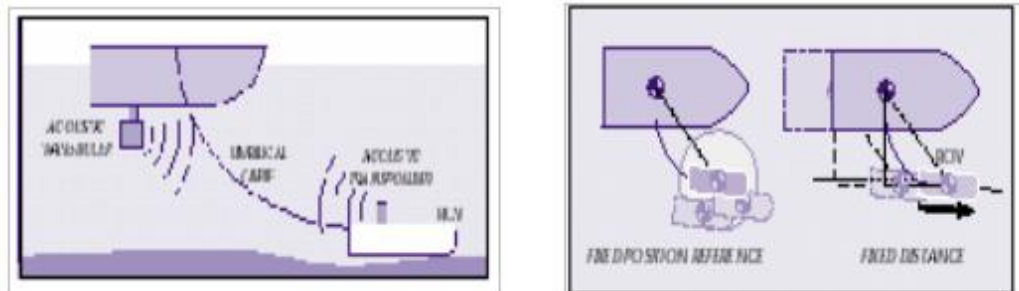
Figura 24 - Modo Operacional Minimum Power



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

- “ROV follow”- A posição da embarcação é mantida em relação a um alvo móvel chamado *Remotely Operated Vehicle* (ROV) ou até que o ROV ultrapasse uma área delimitada;

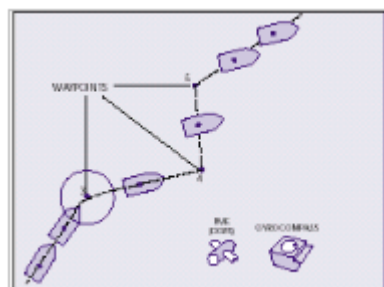
Figura 25 - Modo Operacional ROV "Follow"



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

- “Auto track”- A posição da embarcação automaticamente se altera ao longo de uma rota, realizada em baixa velocidade, entre dois ou mais *waypoints*, enquanto o rumo é controlado automaticamente;

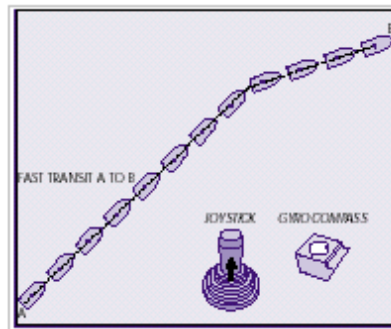
Figura 26- Modo operacional “ Auto Track”



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

- “Auto Pilot”- Normalmente utiliza o propulsor principal e o leme para se mover em um rumo fixo. *Auto pilot* é usado como um modo transiente. O modo admite o uso de *thruster* azimutal no lugar do propulsor principal e leme;

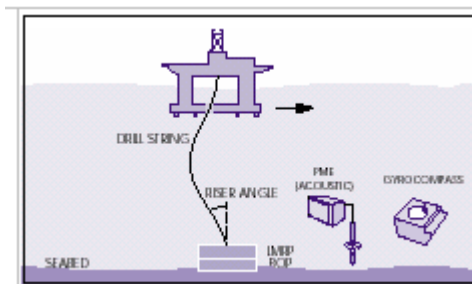
Figura 27- Modo Operacional “Auto Pilot



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

- “Riser Follow” - Este modo 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;

Figura 28- Modo Operacional ‘Riser Follow’



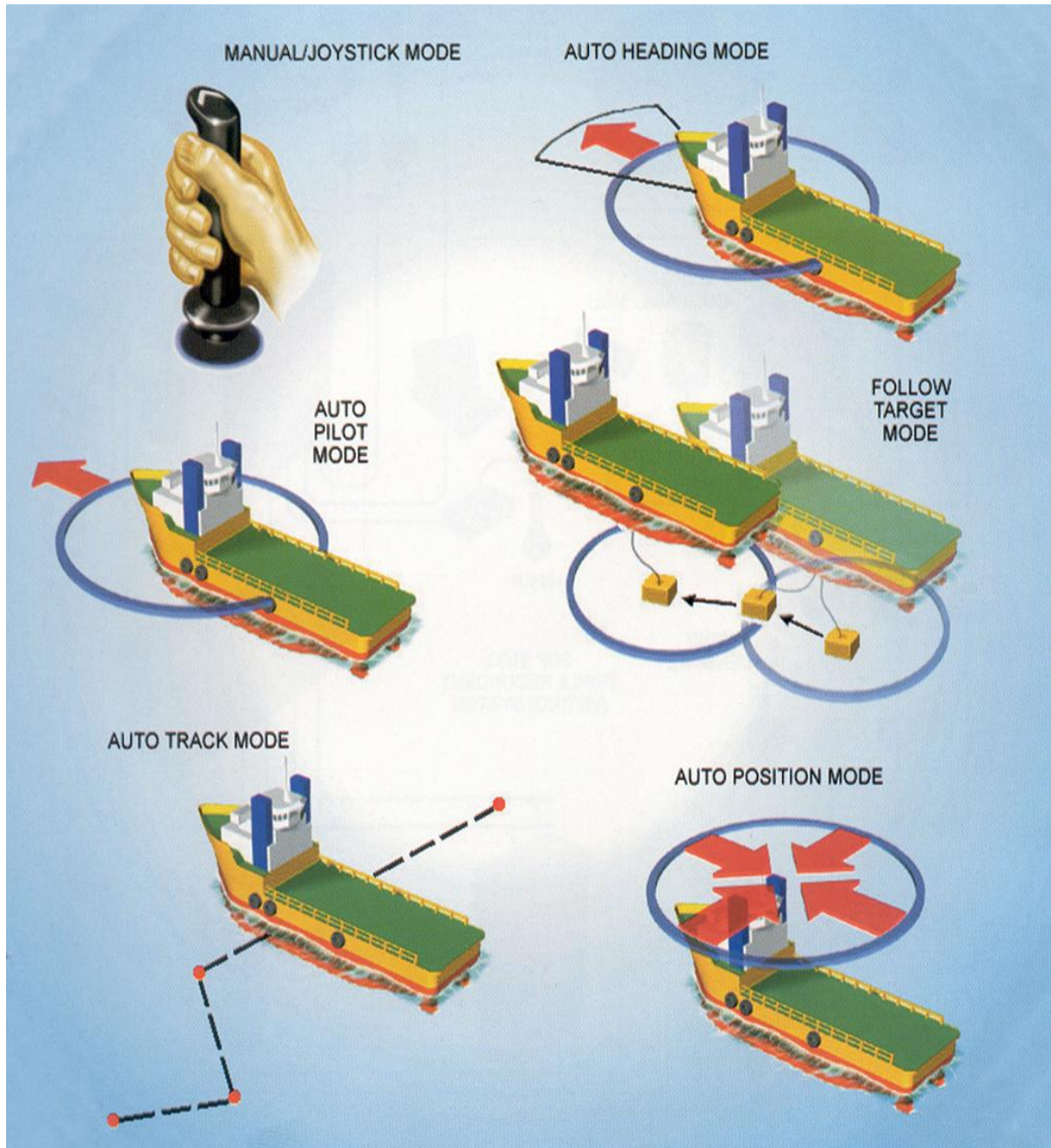
Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

- “Model Control” ou “Dead Reckoning Control” - É modo que, automaticamente, é acionado em caso de falha integral de todos os sistemas de referência. Permitindo que a embarcação seja controlada por um período de tempo com base nas condições predominantes no momento da falha. Este sistema atua até que o sistema DP passa a ser controlado manualmente por um operador, observa-se que este modo é usado por um período de um a dez minutos, dependendo das condições ambientais e externas do momento.

Figura 29 - Quadro – Modos Operacionais do Sistema DP:

Modo Operacional	Facilidades
Joystick Manual Heading (JSMH)	A embarcação é controlada através do Joystick, manualmente, os movimentos longitudinal (surge) e transversal (sway), e a proa controlada pelo centro de rotação do joystick ou botação de rotação.
Joystick Auto Heading (JSAH)	A proa da embarcação é automaticamente controlada pelo centro de rotação. Através do Joystick é controlado, manualmente, os movimentos longitudinal e transversal.
DP	A proa da embarcação e a posição são mantidos automaticamente pelo sistema. Este modo é usado para manter uma posição e proa fixos em relação a um alvo parado.
Min Power	Mantém a proa da embarcação na direção do tempo predominante, mantendo o controle de DP.
Auto Track	Mantém a posição da embarcação e a proa, automaticamente, ao longo do traçado, a baixa velocidade, entre dois ou mais pontos (way points), previamente determinados com a proa controlada automaticamente.
ROV Follow	A posição da embarcação é mantida em relação a um alvo em movimento, como um ROV, ou mantendo a posição até o ROV se movimentar.
Auto Sail	Possibilita movimento a vante ao longo do traçado com a proa controlada automaticamente para manter a embarcação no traçado, usando propulsores principais e alertas somente. Usado como uma forma de navegar.
Auto Pilot	Possibilita movimento a vante durante um curso previamente determinado com proa fixa. Usado como uma forma de navegar.
Auto Speed	Mantém a zero ou constantemente baixa a velocidade a vante / ré ou bombordo / boreste, usando o Doppler Log Signal (odômetro), com controle da proa automático..
Simulation	Um modo offline propicia simulações de entrada /saída de dados para treinamento ou teste em todas formas de manobras (propicia controle manual em todos os thrusters!).

Figura 30 - Modos Operacionais do Sistema



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

6 SISTEMAS DE REFERÊNCIAS

6.1- SENSORES

6.1.1- Sensores de Proa

Agulha Giroscópica- É usada para controle do rumo e proa da embarcação. Não é um equipamento de total precisão podendo apresentar alguns erros.

6.1.2- Sensor de Velocidade

“Doppler Log”- É conhecido como odômetro de efeito *doppler* este equipamento indica o segmento do navio para vante ou para ré em relação ao fundo e a tendência de giro da proa da popa, para um bordo ou para outro. Ele é, particularmente, útil nas manobras de atracação e desatracação uma vez que fornece informações precisas.

6.1.3- Sensor de Vento

Anemômetro- Este equipamento mede a direção e velocidade do vento. Os dados registrados pelo anemômetro são usados para ampliar o controle de posição do sistema, modificando a ação dos “*thrusters*”. O anemômetro pode ser conjugado ou independente, isto é, podemos ter um dispositivo que efetua a conferência da velocidade do vento enquanto outro confere a direção. Para melhor funcionamento, o anemômetro deve ser instalado longe de estruturas como mastros. Ressalta-se que o agente externo que mais afeta a estabilização da embarcação é o vento.

6.1.4 - Vertical Reference Unit (VRU)

Embora o sistema DP não controle a ação dos movimentos de caturro (pitch), balanço (roll) e arfagem (heave). Os efeitos de caturro e balanço são medidos através de uma VRU (Unidade de Referência Vertical) para que se tenha precisão na compensação dos equipamentos medidores de posição. 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.

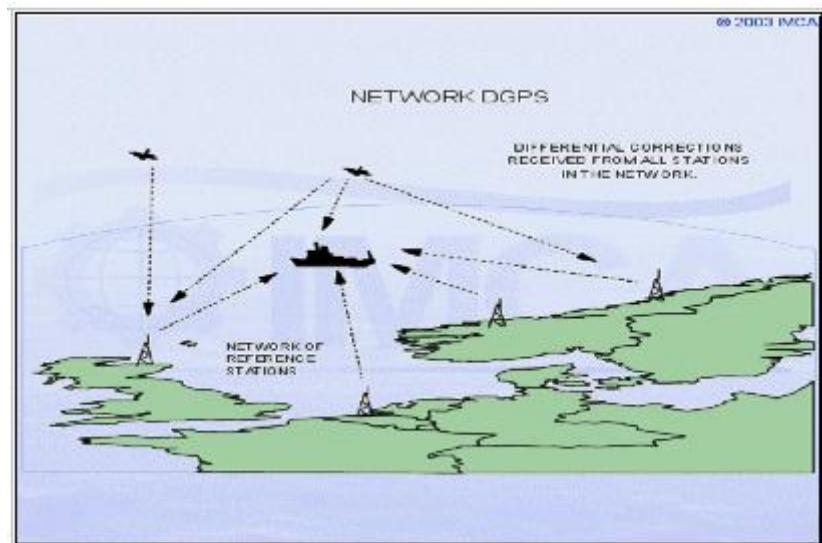
6.2 - MEDIDORES DE POSIÇÃO(PME - POSITION MEASURING EQUIPMENT)

O sistema DP depende de uma referência de posição para atender a demanda da embarcação em manter suas coordenadas, seja estacionada ou em movimento. Para isso, tem-se diversos tipos de medidores de posição cuja escolha é relativa ao tipo de operação ou tarefa realizada pela embarcação, também se considera as vantagens e desvantagens de cada sistema. É possível que o sistema DP opere com somente um PME, portanto para que haja maior segurança usam-se dois ou mais equipamentos. Observa-se também que o sistema de referência de posição é independente dos equipamentos intrínsecos à navegação da embarcação.

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

- 1 - DGPS, GLONASS, Hidroacústico e Taut Wire;
- 2 - DARPS, Fanbeam, Cyscan e Artemis.

Figura 31– DGPS Rede do Usuário



6.2.1- Differential Global Positioning System (DGPS)

Antes de apresentar o DGPS, é necessário que seja feita menção ao *Global Positioning System* (GPS). Este sistema americano é formado por satélites que circundam a Terra completando duas voltas completas ao dia em seis órbitas que contem quatro satélites em cada uma. O funcionamento do GPS ocorre a partir de um sinal de rádio emitido pelos satélites que viaja na velocidade da luz e quando é captado pelo receptor do GPS fornece o tempo decorrido entre a emissão e a

recepção. Este tempo multiplicado pela velocidade da luz fornece a distância do usuário ao satélite que emitiu o sinal. Como a posição do satélite para aquele instante é conhecida e tabulada no equipamento receptor é possível traçar um arco de distância cujo centro é no satélite. Feito isto para mais de um satélite podemos determinar a posição do usuário. O receptor GPS deve receber sinal de pelo menos três satélites, para calcular uma posição 2D (latitude e longitude), isto ocorre porque um dos satélites ocupa-se do controle e correção da hora, como a unidade de tempo utilizada nos cálculos é nano segundos, qualquer erro na hora acarretará considerável erro de posição. Já com quatro ou mais satélites visíveis, o receptor pode determinar a posição 3D (latitude, longitude e altitude). Uma vez que a posição do usuário foi determinada, a unidade de GPS pode calcular outras informações, como: velocidade, rumo, distância de viagem, distância ao destino, tempo de viagem e outras mais.

Embora o GPS seja bastante funcional, ele não tem precisão recomendada para o sistema de posicionamento dinâmico. Por essa razão este sistema não deve ser aplicado ao DP como referência de posição. Uma vez que erros de posição da ordem de 15 a 25 metros comprometem a precisão e a segurança de uma operação.

O modo encontrado para contornar essa imprecisão foi a utilização de correções diferenciais de uma ou mais estações de referência, reduzindo, significativamente, as fontes principais de erro. Este princípio chama-se DGPS, e constitui-se numa ferramenta bastante funcional para tomada de posição.

As operações que envolvem DP requerem precisão de um metro ou menos. O "Diferencial GPS" (DGPS) implementa a qualidade da posição obtida pelo uso da técnica do diferencial. Seu princípio básico de funcionamento consiste em compensar erros do sistema através de correções. **As estações de referência utilizam um receptor GPS fixo, colocado em um ponto com coordenadas absolutamente precisas e que recebe os mesmos sinais do usuário. O receptor da Estação de Referência compara as posições retiradas do GPS e a posição real da estação. A diferença entre as duas posições indica o erro de cada satélite e transmite essa informação para o receptor usuário que recebe o sinal GPS e o sinal diferencial enviado pela Estação de Referência. Este dois sinais são processados e o resultado é o sinal DGPS que não passa de um sinal GPS depurado quase que integralmente de erros. E é este sinal que o sistema de controle DP admite como referência de posição.**

Figura 32 - DGPS



Figura 33 - Satélite



Fonte: Curso de Posição Dinâmica - Kongsberg

6.2.2- Global Navigation Satellite System (GLONASS)

É um sistema russo equivalente ao GPS criado pelos americanos. Os princípios e a prática na determinação da posição com GLONASS são idênticos àqueles do GPS, usando a medida do tempo e os dados emitidos pelos satélites.

A disponibilidade limitada de satélites do sistema GLONASS impossibilita o uso deste sistema como uma referência contínua de posição para o sistema DP. Entretanto, pode-se combinar a recepção de sinais GPS e GLONASS. O uso em conjunto dos dois sistemas aumenta o número de satélites que pode ser usados dentro da área de operação do usuário. Também é possível combinar sinal DGPS com sinal GLONASS esta prática é muito utilizada no setor de "offshore" no campo petrolífero da Bacia de Campos, RJ.

6.2.3- Sistema Hidroacústico

Como não havia tecnologia para utilização da onda magnética, em meio líquido foi necessário utilizar outro sistema de referência que é o hidroacústico. Este sistema funciona com "*transponders*" situados no fundo do mar que emitem um pulso de resposta a uma determinada frequência, quando são interrogados por um pulso acústico, em outra frequência, emitido por um "*transducer*" (transdutor) que fica localizado no fundo da embarcação na parte exterior.

Principais equipamentos que compõe o sistema acústico são:

- Beacons - geralmente não são equipamentos "inteligentes" (microprocessadores), sendo utilizados em sistemas mais antigos. Lançados no fundo do mar transmitem pulsos acústicos com duração de milissegundos a uma

freqüência fixa, espaçados de 1 a 3 segundos. Uma vez ativados transmitirão até o esgotamento das baterias (pelo menos 100 dias).

- Transponders - transmissores “inteligentes” (microprocessadores) que emitem um pulso a uma determinada freqüência de resposta (geralmente pré-selecionada dentre um “*range*” especificado) toda vez que são interrogados por um pulso acústico com outra freqüência pelo equipamento de superfície (*transducer*). Utilizados em sistemas mais modernos, atualmente muitos deles já incorporam capacidade de efetuar medições (temperatura da água, profundidade, tensão nas baterias etc.), executar comandos (mudanças de freqüência e potência) e transmitir os resultados.

- Hidrofonos - localizados no casco da embarcação, são receptores de sinais acústicos provenientes dos *beacons* e responsáveis pela sua transformação em pulsos elétricos enviados ao processador.

- Transducers - equipamentos capazes de transmitir e receber sinais acústicos, podendo se relacionar com *beacons* ou *transponders*.

- Processador - interface com o Controlador e o Operador DP, está diretamente ligado aos *transducers*/hidrofonos dos quais recebem e processam os sinais elétricos correspondentes à troca de informações acústicas com os *transponders/beacons*, além de gerar os pulsos de interrogação nos sistemas mais modernos.

Considerando um par emissor/receptor, a distância entre eles pode ser determinada pelo tempo de propagação do pulso multiplicado pela velocidade do som na água, a qual deve levar em consideração temperatura e salinidade do meio além das correntezas intermediárias. Isso é feito inicialmente a partir de tabelas, gráficos e experiência de campo, porém somente a calibração do sistema possibilitará levar em conta na prática todas as variáveis envolvidas naquela locação específica.

Considerando-se um par emissor/receptor, a distância e a marcação entre o “*transponder*” e o “*transducer*” podem ser determinadas.

O desempenho deste sistema pode ser prejudicado por perturbações na água, especialmente pelo ruído dos “*thrusters*” da embarcação e por interferência acústica de “*transponders*” de outras unidades próximas que afetam o “*transducer*”. Para

evitar tal problema, procura-se colocá-lo distante de hélices e o mais fundo possível. Os sistemas hidroacústicos modernos conseguem obter precisão de posicionamento equivalente à do sistema DGPS. O sistema também se apresenta como um ótimo tomador de posição, especialmente em sondas e perfuração.

A frequência de trabalho do sistema hidroacústico fica entre 19 e 32 kHz, esta faixa é ideal para transmissão acústica de sinais em meio aquoso conciliando distância e precisão.

Figura 34 - Transponder na quilha



Figura 35 - Instalação de transponder

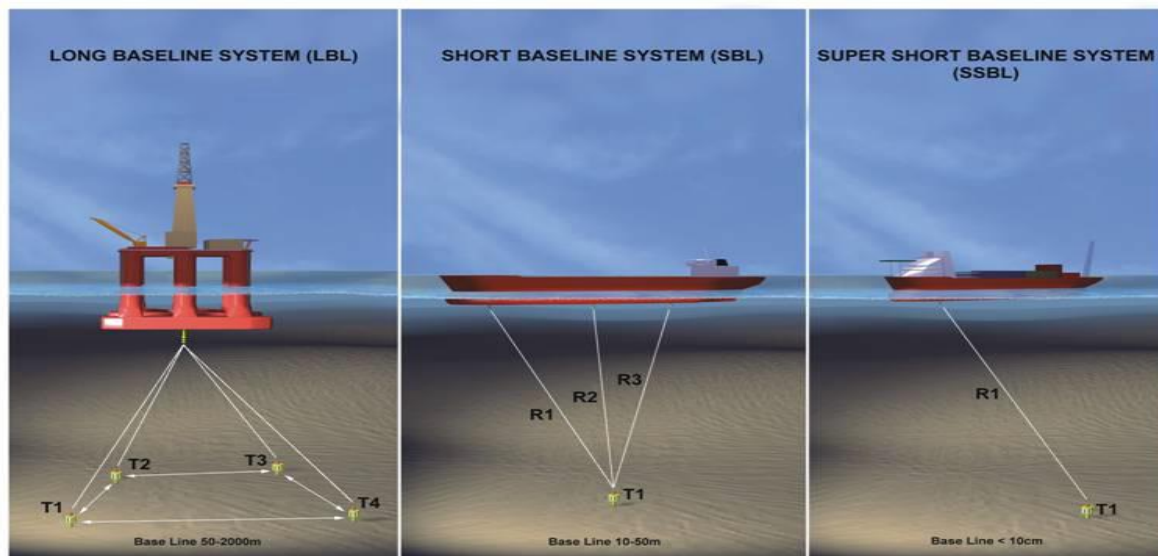


Fonte: Curso de Posição Dinâmica - Kongsberg

Os sistemas hidroacústicos são classificados segundo sua geometria e modo operacional. Há três tipos básicos e diferentes combinações entre eles:

- 1- Long Baseline System (LBL);
- 2- Short Baseline System (SBL);
- 3- Ultra or Super Short Baseline System (USBL ou SSBL).

Figura 36 - Sistema Hidroacústico



Fo

Fonte: Imca 2000

Basicamente a determinação da posição da embarcação usa a triangulação assim como o GPS o que muda entre esses 3 tipos é o tamanho do lado da base ou a distância que tem cada elemento de seus iguais, chamada *BaseLine*.

Nos dois tipos, em que a base fica no casco, o movimento da embarcação pode simular uma movimentação que não houve, necessitando assim de uma compensação. O que não ocorre em *long baseline* onde a base fica no fundo do mar.

"*Baseline*" pode ser traduzida como linha de base e refere-se a distância entre um conjunto "*transponders*" ou "*transducers*".

1- LBL

Este sistema consiste de 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 do 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*".

2- SLBL

Este sistema utiliza um único "*transponder*" e um conjunto de "*transducers*" montados na quilha da embarcação. SLBL 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, 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.

3- USBL

Este sistema foi introduzido na técnica de DP em 1993. Seu princípio de tomada 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, também, 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 a tomada de posição fixa ou em deslocamento. O sistema trabalha com frequência entre 19 e 36 kHz, operando em águas de até 2.500 metros de profundidade.

6.2.4 - Taut Wire

O sistema "*Taut Wire*" tradicional funciona da seguinte forma: um peso, tipo de uma poita, é colocado no fundo do mar, mantendo-se conectado a um cabo que vai até a embarcação. 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 que compensa os 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-determinada associada ao sistema embarcação, cabo e peso.

Este sistema é aplicado em águas cuja profundidade é de até 300 metros. Primeiramente, porque ele perde sua precisão acima desta profundidade em função da (catenária) assumida pelo cabo, informando, assim, medidas de ângulos falsos. E em segundo lugar, porque as embarcações de DP que operam em águas rasas apresentam melhores resultados com o sistema "*Taut Wire*" em relação ao sistema hidroacústico que também é utilizada em águas de pouca profundidade.

O sistema "*Taut Wire*" pode variar com relação ao tipo de lançamento do peso e com relação ao ponto de fixação do cabo, pois ele pode ser fixado a um peso localizado no fundo mar ou a um ponto acima da superfície do mar.

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.

6.2.5 – DARPS (Differential Absolute and Relative Positioning System)

O DARPS é um sistema de referência de posição relativo baseado no sistema GPS.

Algumas operações DP requerem posicionamento relativo entre duas embarcações. Temos como exemplo deste sistema, as operações feitas por navios petroleiros (aliviadores) que devem se manter em posição relativa a uma unidade (FPSO).

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). Já a embarcação "*master*" recebe os dados vindos da unidade "*slave*", os dados do seu próprio GPS e seu rumo, em seguida todos 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*".

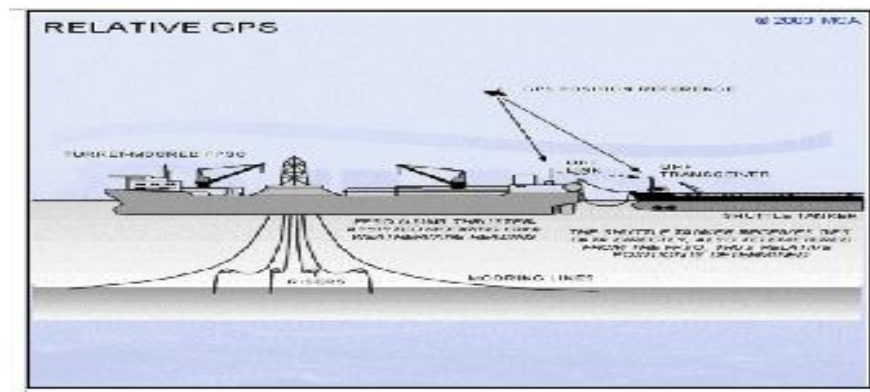
O cálculo do vetor relativo é independente da correção diferencial do GPS, já que erros inerentes ao posicionamento GPS das embarcações são mutuamente anulados. Para o cálculo da posição absoluta, são utilizadas as correções

diferenciais recebidas de uma Estação de Referência. O DARPS, também, pode fornecer posição relativa a um "transponder" ou a um ponto de referência fixo.

As principais funções deste sistema são:

- Fornecer a posição absoluta da embarcação e informações de velocidade com controle de qualidade integrado;
- Fornecer 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 "offset" da antena;
- Possibilidade de se conectar o sistema a outros equipamentos; e
- Possibilidade de integração com o sistema DP, sendo utilizado como um Sistema de Referência de Posição dedicado a vários tipos de operação

Figura 37 - Sistema DARPS



Fonte: Curso de posicionamento Dinâmico - Kongsberg

6.2.6 - Syscan / Fanbeam

É um sistema de localização e rastreamento por laser, visando o posicionamento automático. Ele foi projetado para auxiliar nas operações de embarcações DP próximas de outras unidades flutuantes como: plataformas fixas, plataformas semi- submersíveis em DP ou ancoradas. Trata-se, então, de um sistema de referência relativo.

O sistema Fanbeam completa o uso do sistema DGPS e pode também trabalhar como sistema principal quando os sinais GPS se tornam ineficazes. É um sistema bastante usado por navios sísmicos para posicionar sensores flutuantes que são rebocados e também por navios (PSV).

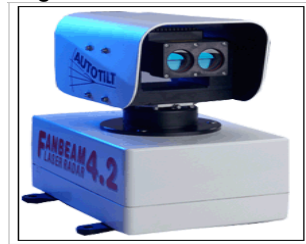
O Fanbeam básico consiste em uma unidade de laser montada em um dispositivo mecânico que pode girar 360° com uma velocidade e até 50° por segundo. Este sistema laser pode medir a uma distância de 2.000 metros com uma exatidão de aproximadamente 10 centímetros usando uma amplitude vertical de 20° através de um luz pulsada produzida por um diodo laser semiconductor em combinação com um sistema óptico especial.

Os pulsos são refletidos em prismas refletores a bordo das embarcações ou plataformas as quais se quer manter posicionamento relativo constante. O tempo de transmissão e recepção dos pulsos é calculado em função da velocidade da luz, obtendo-se assim a distância do alvo. Quando o pulso retorna um decodificador óptico calcula a marcação do alvo.

Figura 38 - Cyscan



Figura 39 - Fan Beam



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

6.2.7 - Artemis

Neste sistema de referência de posição relativo, a posição é obtida por meio de comunicação nas ondas de rádio de nove gigahertz ou microondas. O sistema envolve duas estações; uma localizada a bordo da própria embarcação DP e outra em algum ponto fixo de terra, em outra embarcação, em plataformas fixas, plataformas semi- submersíveis DP ou ancoradas.

A referência da posição é fornecida na forma de marcação e distância. A estação a bordo da embarcação DP é conhecida como estação "móvel", enquanto a outra unidade é conhecida como estação "fixa". Cada estação consiste em uma unidade de dados de controle e uma antena.

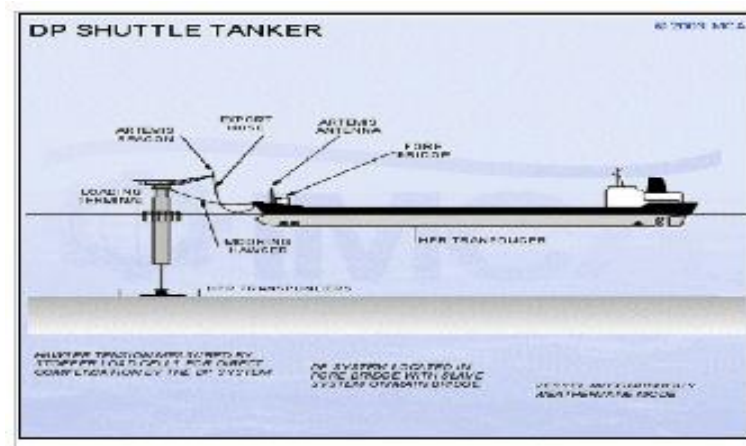
As duas antenas automaticamente se rastreiam de maneira que fiquem voltadas face-a-face quando a comunicação ficar estabelecida. A estação "móvel" transmite um sinal, que é recebido pela estação "fixa" e retransmitido uma resposta.

A passagem do tempo entre a transmissão da estação e a recepção da resposta é proporcional à distância entre as antenas. A marcação é obtida na

estação "fixa" e é retransmitida codificada para a estação "móvel" como parte da resposta.

O sistema Artemis opera em linha de visada de até trinta quilômetros, porém uma distância mais realista para as operações DP é de 5.000 metros. No Brasil, este sistema é bastante usado na operação de transferência de petróleo entre unidades FPSO e aliviadores.

Figura 40- Sistema Artemis



Fonte: CPD - Kongsberg

Figura 41 - Quadro - Tabela das características do PME

Tipo PME	Range (alcance)	Max Depth (Profundidade Maxima)	Accuracy (Precisão)	Geographical Range (Alcance Geográfico)
Taut Wire	25% de profundidade na água	500m	2% de profundidade na água	Global
Rádio	30Km	N/A	~1m	Limitado a disponibilidade da bóia
GPS	Ilimitado	N/A	~3m	Global
Hidroacústico	5x a profundidade da água	4000m	1~2% de profundidade da água	Global
Laser	250m	N/A	<0.5m	Necessita fixar o alvo

Figura 42 - Quadro - Tabela das vantagens e limitações do PME

	Laser radar	DGPS	Taut Wire	Acústico
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> -Alta precisão (10/20 cm); -Sistema pode ser usado em lugares onde DGPS pode sofrer interferências; -Fácil operação. 	<ul style="list-style-type: none"> -Sistema Global com exceção das zonas polares; -Não necessita equipamentos externos; -Disponível em todo tipo de tempo. 	<ul style="list-style-type: none"> -Independente de plataformas ou alvo em terra; -Disponível em todo tipo de tempo; -Montagem e operação rápida e simples. 	<ul style="list-style-type: none"> -Sem ligação física com o fundo do mar; -Transponder podem ficar na ultima posição para uma relocação; - Alta precisão
Limitações	<ul style="list-style-type: none"> -Alcance limitado (2000 a 3000 m); -Necessidade de um equipamento externo; -Pode sofrer interferências do tempo (chuva forte), fumaças. 	<ul style="list-style-type: none"> -DGPS pode ser interrompido quando operando com plataformas e NS; -Perda de sinal quando das tempestades Solares (Cintilação Ionosférica). 	<ul style="list-style-type: none"> -Limitação devido à máxima profundidade (500m); -Movimento restrito da embarcação devido o ângulo do cabo (arame); -Pode sofrer perda de precisão devido a formação de catenária. 	<ul style="list-style-type: none"> -Sofre interferências de qualquer sinal acústico; -Perda de precisão quando a profundidade do mar aumenta.

7 ESTADOS OPERACIONAIS DE UMA UNIDADE MARÍTIMA DP

Este capítulo pretende examinar tópicos sobre os estados de operação normal e degradado e o estado de alarme amarelo, vermelho e vermelho direto em unidades marítimas.

Em linhas gerais todas as sondas DP sempre trabalharam com algum tipo de alarme, intimamente ligado à ameaça de perda de posição, acionado pelo Operador DP e dirigido diretamente ao Sondador.

Os mais usuais são:

- Alarme Amarelo: Indicativo de que a sonda atingiu um determinado *offset* (*perda de posição*) crítico, devendo-se paralisar as operações normais e iniciar-se os preparativos para uma eventual desconexão no fundo.
- Alarme Vermelho: Indicativo de que é necessário efetuar imediatamente a desconexão de emergência, em função de alto *offset* e da impossibilidade de corrigi-lo nas condições atuais.

Ao longo do tempo, porém, constatou-se que a simples existência desses 2 alarmes não era suficiente. A razão básica é que eles sinalizam apenas a conseqüência de uma deficiência no sistema DP, seja por falha ou excesso de solicitação, traduzindo-se numa ameaça de perda de posição (elevado e crescente *offset*). Normalmente o tempo para realizar-se uma desconexão segura, fruto de uma análise criteriosa da situação, é insuficiente. Vários incidentes e elevados prejuízos já aconteceram por desconexões de emergência mal realizadas.

Buscou-se então criar métodos que possibilitassem a detecção correta e a tempo da possível necessidade de desconexão de emergência, focalizando as causas primárias de alguma deterioração do sistema DP, uma vez que “elevado *offset*” seria um indicativo de que o estágio da ameaça de perda de posicionamento já se encontraria bastante avançado

Segundo a conceituação criada pelo DP-PS, teremos então:

7.1 ESTADO DE OPERAÇÃO NORMAL

Durante o qual não há qualquer ameaça de perda da capacidade operacional segura da Unidade. Assim sendo, não há qualquer indício de *offset* ou ângulo da *ball joint* inferior anormais para aquele determinado sistema. Todo tipo de operação pode ser realizado uma vez que não há risco aparente de perda de posição.

7.2 ESTADO DE OPERAÇÃO DEGRADADO

No qual foi detectada a possibilidade de perda da capacidade operacional segura da Unidade, embora ainda não tenham sido observados *offset* ou *deflexão angular da ball point* anormais. Normalmente não existe risco iminente de perda de posicionamento. Todavia algum tipo de falha, mau funcionamento ou alta solicitação em algum equipamento ou subsistema DP (no sentido mais amplo), está causando uma “*degradação*” na capacidade operacional segura da sonda, normalmente associada à *perda de redundância*. O Capitão, Superintendente, Pusher e Fiscal devem ser imediatamente informados a fim de que providências adequadas sejam tomadas, dentre as quais não iniciar operações consideradas críticas. (Objeto do trabalho “*Degraded Status Criteria and Emergency Disconnection Guidelines*”). *O início do Estado de Operação Degradado coincide com o início das ameaças de desconexão de emergência.*

7.3 - ESTADO DE ALARME AMARELO

No qual a capacidade operacional segura da Unidade está comprometida uma vez que foram detectados *offset* ou *deflexão da ball joint* inferior anormais para aquele sistema realizando uma determinada operação. O Sondador deve ser imediatamente avisado pelo Operador DP de forma a interromper as operações e iniciar tão logo possível os preparativos para uma desconexão de emergência segura, a qual poderá ou não ocorrer conforme a evolução da situação.

7.4 - ESTADO DE ALARME VERMELHO

Durante o qual a Unidade perdeu sua capacidade operacional segura e a perda de posicionamento é iminente, com a ocorrência de *offset* e ângulo da *ball joint* muito elevados e irreversíveis. Alertado pelo Operador DP, o Sondador deve iniciar imediatamente a seqüência para a “DE”.

7.5 - ESTADO DE ALARME VERMELHO DIRETO

No qual a capacidade operacional segura da Unidade foi subitamente perdida a partir do estado de operação normal, mesmo que não tenha sido detectado *offset* ou deflexão angular anormais. A desconexão de emergência deve ser imediatamente efetuada em função da iminente perda de posicionamento, causada por um mau funcionamento incontrolável de equipamento ou sistema ativo, falha múltipla de equipamentos vitais, tempestade súbita ou falha humana grosseira.

8 SISTEMA DE PROPULSÃO

8.1 – SISTEMA DE PROPULSÃO

É o sistema responsável por transformar a energia elétrica fornecida pelo Sistema de Geração em energia mecânica na forma de *Empuxo*, cuja intensidade e direção é determinada pelo Controlador DP objetivando contrabalançar a resultante das Forças Ambientais atuando sobre a embarcação e manter sua posição no objetivo pré-estabelecido (locação) dentro de uma “área de passeio” tolerável.

O Sistema de Propulsão vem a ser o “executor braçal” do Sistema DP como um todo, e através dele são controlados 3 dos 6 movimentos possíveis de uma embarcação: *Surge* (X), *Sway* (Y) e *Yaw* (N). Logo, seu perfeito estado de funcionamento bem como o conhecimento de seus limites operacionais é de vital importância para o Posicionamento Dinâmico.

8.2 – ELEMENTOS FUNDAMENTAIS

Os elementos fundamentais desse Sistema são:

Thrusters - *Propellers*

Figura 43 - Sistema de Propulsão

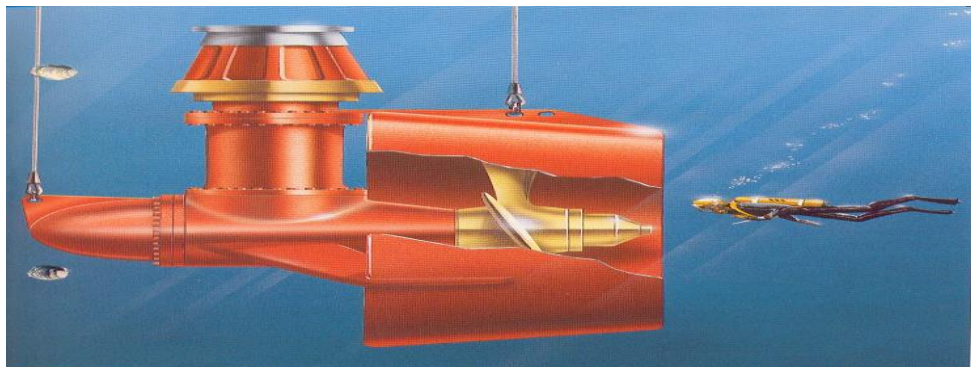


Figura 44 - Sistema de Propulsão (Tunnel Thruster)



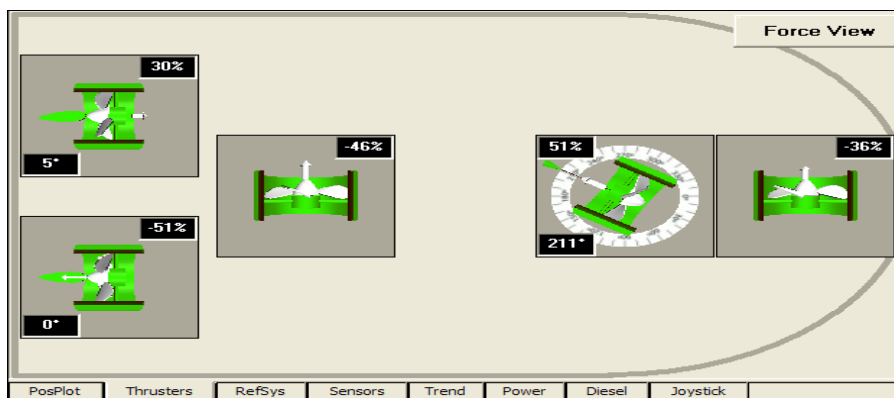
Thruster é a denominação genérica de *propulsores* de vários tipos que podem estar dispostos de várias formas ao longo do casco do navio ou semi-submersível (“*thrust*” = empuxo). No caso específico de propulsores situados na popa das embarcações, responsáveis fundamentalmente pelos deslocamentos longitudinais, denominam-se *Propellers*.

8.3 – TIPOS DE PROPULSORES

Configuração:

A classificação mais comum quanto aos propulsores refere-se à sua configuração, a qual vai definir a *direção do empuxo fornecido*.

Figura 45 - Tela Principal dos Thrusters



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

8.3.1 – Propulsores Fixos:

São aqueles nos quais a direção do empuxo é constante em relação ao eixo longitudinal da embarcação. Os mais conhecidos são:

- “*Tunnel Thrusters*”: são instalados dentro de dutos que atravessam o casco da embarcação na direção BB/BE. Utilizados principalmente em navios, destinam-se basicamente a controlar o “*heading*” e o “*sway*” da Unidade e para isso são distribuídos em conjuntos de 2 ou 3 nas proximidades tanto da proa (*bow thrusters*) quanto da popa (*stern thrusters*) da embarcação, o mais perto possível dessas extremidades não somente para aumentar o *momento* (maior braço de alavanca em relação ao centro de gravidade) mas também porque *quanto mais longo o “tunnel” menor a eficiência hidrodinâmica do propulsor*. As pás dos hélices desse tipo de *thruster* são simétricas de modo a proporcionar o mesmo empuxo nos 2 sentidos.

- “*Ducted Thrusters*”: localizam-se externamente ao casco, “pendurados” sob o mesmo, com aspecto semelhante aos azimutais embora *não pivotados* em relação a seus eixos de sustentação. Geralmente são retráteis e utilizados em navios. O termo “*ducted*” refere-se à espécie de *carenagem* ou *duto* que envolve o hélice como forma de melhorar a eficiência hidrodinâmica, aumentando o empuxo efetivo, além de servir como proteção contra cabos ou outros objetos que possam enroscar-se e danificar o *thruster*.

- “*Propellers*” : já definidos anteriormente, são também característicos de navios e controlam o movimento de “*surge*” quando em DP. Além disso, são responsáveis pelo deslocamento quando em navegação.

8.3.2 – Propulsores Azimutais:

São aqueles nos quais a direção do empuxo é variável em 360° graças à ação de mecanismos rotacionais em seus eixos de sustentação, perpendiculares aos eixos de rotação.

Figura 46 - Thruster - Propulsores Azimutal



Fonte: Curso de Posicionamento Dinâmico - Kongsberg

8.4 – DIAGRAMAS DE “CAPABILIDADE”

Num determinado projeto de embarcação DP existirão várias configurações possíveis de propulsores, a escolha recaindo naquela que melhor atender ao escopo e local de trabalho desejados para a Unidade.

Entretanto, para uma dada potência de *thrusters* e *propellers* haverá limites de *forças ambientais* além dos quais o equilíbrio de forças e momentos não será mantido, e a partir daí a Unidade perderá o posicionamento. Esses limites, portanto devem ser bem conhecidos de forma a interromper adequadamente as operações, sem riscos para a embarcação e o ponto de aproximação (plataforma, outra

embarcação, etc), o equipamento e as pessoas. Em outras palavras, é fundamental determinar os limites de degradação por excesso de solicitação aos propulsores.

As ferramentas que utilizamos para isso são denominadas “*Diagramas de Capabilidade*” (“*Stationkeeping Capability Charts*”) ou “*Rosetas de Potência*” (“*DP Holding Capability Rosettes*”).

Esses diagramas possibilitam obter a *Demanda Total de Potência Requerida ao Sistema de Propulsão sob determinadas condições ambientais atuando em direções específicas, com aproamento da Unidade variando de 0° a 360°*. São construídos a partir de modelos matemáticos os quais, considerando as características físicas e hidrodinâmicas da embarcação, coeficientes de arrasto (“*drag forces*”) e a configuração de *thrusters/propellers*, permitem simular as condições reais de forças atuantes (vento, ondas e correnteza) e determinar as reações do Sistema de Propulsão no intuito de manter o posicionamento desejado da Unidade.

Esses modelos são alimentados com informações do projeto da embarcação e permitem visualizar situações onde a *demanda de potência nos propulsores supera os limites operacionais pré-estabelecidos em função de um percentual da potência total instalada (critério de degradação)* ou mesmo impossibilitam a manutenção da posição, sinalizando “*aproamentos proibidos*” para as condições ambientais específicas introduzidas na simulação.

O conhecimento da demanda de potência requerida pelos *thrusters* é utilizada também com outros objetivos:

- Gerenciamento de Energia,
- Testes de Carga do SGE, e
- Situações de “alerta ambiental”

Podem em alguns casos requererem, notadamente em semi-submersíveis, o que se denomina “*Bias Mode*” ou “*Thruster Biasing*”. Trata-se de comandar a contraposição de *thrusters*, ou seja, orientar pares de propulsores de forma a produzir o mesmo empuxo, na mesma direção, porém com sentidos contrários de tal modo que a resultante seja nula e a sonda não saia de posição.

Dessa forma consegue-se gerar uma “*carga fictícia*” no SGE que possibilite testes de potência e/ou resistência do mesmo. Além disso, em condições operacionais “amenas” em relação a meio ambiente e/ou trabalho de sonda essa

manobra pode ser utilizada para *evitar manter os grupos moto-geradores abaixo da faixa ideal de operação*, o que se reflete negativamente em termos de durabilidade e parâmetros de carga, *quando não se deseja simplesmente desligar um dos motores por determinadas razões*.

Dentre elas podem figurar: pequenos intervalos de baixa carga, acarretando comando automático de “*bias*” pelo PMS; e condições oceano-meteorológicas instáveis que podem repentinamente passar de calmaria a tempestade. Nesses casos, a utilização de “*thruster biasing*” possibilita reduzir em muito o tempo de resposta dos Sistemas de Geração e Propulsão (basta reduzir um pouco o *pitch* de um dos *thrusters* que o contraposto se encarregará de quase imediatamente mover a embarcação na direção desejada para uma brusca inversão de *heading*, por exemplo).

Não é comum, porém utilizar este artifício por longo tempo em função de incrementar o consumo de combustível e o desgaste dos *thrusters*. E nem todas as Unidades o utilizam.

Os modelos matemáticos utilizados para construir os Diagramas de Capabilidade são alimentados com informações do projeto da embarcação e permitem visualizar situações onde a *demanda de potência nos propulsores supera os limites operacionais pré-estabelecidos em função de um percentual da potência total instalada (critério de degradação)* ou mesmo impossibilitam a manutenção da posição, sinalizando “*aproamentos proibidos*” para as condições ambientais específicas introduzidas na simulação.

9 INTERFERÊNCIAS DA CINTILAÇÃO

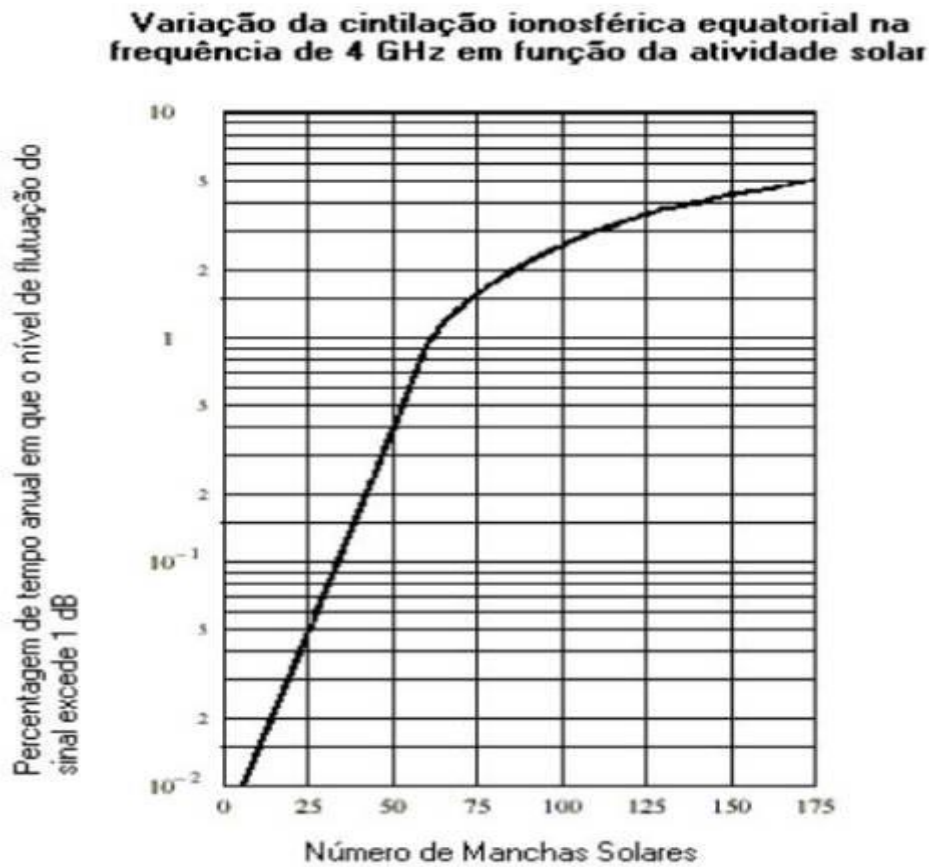
Desde 2010 e em 2011 mais intensamente, estamos passando por um período onde nossos equipamentos de DP e até mesmos os GPSs de nossos automóveis vêm tendo um comportamento bem estranho em certos dias, muitas vezes até mesmo ficando cegos ou com informações conflitantes e o mesmo se repete a bordo dos navios e plataformas.

Tradicionalmente a ionosfera era usada como um “espelho” para sinais de rádio em ondas curtas (HF), permitindo comunicações a longa distância. Com o uso de frequências mais altas, a ionosfera deixa de comportar-se como espelho e assemelha-se a uma “janela” em que irregularidades no “vidro” podem distorcer o sinal que a atravessa. À medida que frequências mais altas são utilizadas o efeito reduz-se, sendo virtualmente sem importância para valores acima de 10 GHz.

Cintilação ionosférica constitui-se na rápida flutuação da fase e da intensidade de um sinal de rádio que tenha atravessado a ionosfera terrestre. O fenômeno é similar ao piscar das estrelas observado no céu noturno, provocado por variações na densidade atmosférica devido a turbulência, só que neste caso as flutuações são causadas por variações em pequena escala (ou irregularidades) na densidade do plasma ionosférico (densidade de elétrons) ao longo do caminho de propagação seguido pelo sinal. Essas irregularidades agem como lentes convergentes ou divergentes, focando ou desfocando as ondas de rádio.

As irregularidades na densidade de elétrons da ionosfera são função da localização (latitude e longitude), data, horário, nível de atividade solar, e nível de atividade geomagnética. Os efeitos da cintilação são mais pronunciados nas altas latitudes (região de aurora, acima de 70°) no horário próximo à meia-noite local, e na região equatorial ($\pm 20^\circ$ ao longo do equador magnético) logo após o por-do-sol local (vide figura a seguir).

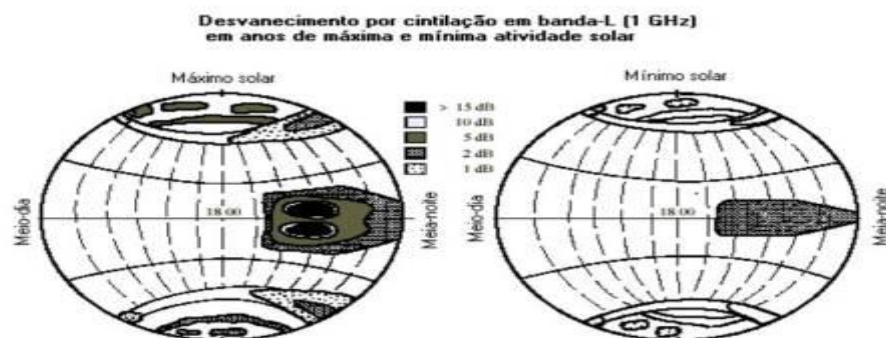
Figura 47 - Variação da Cintilação



Fonte: IMCA

Já as variações temporais dos sinais devidos à cintilação ionosférica podem ser estimadas a partir das figuras a seguir, que estão baseadas em observações efetuadas em diversas estações terrenas.

Figura 48 - Representação Atividade Solar



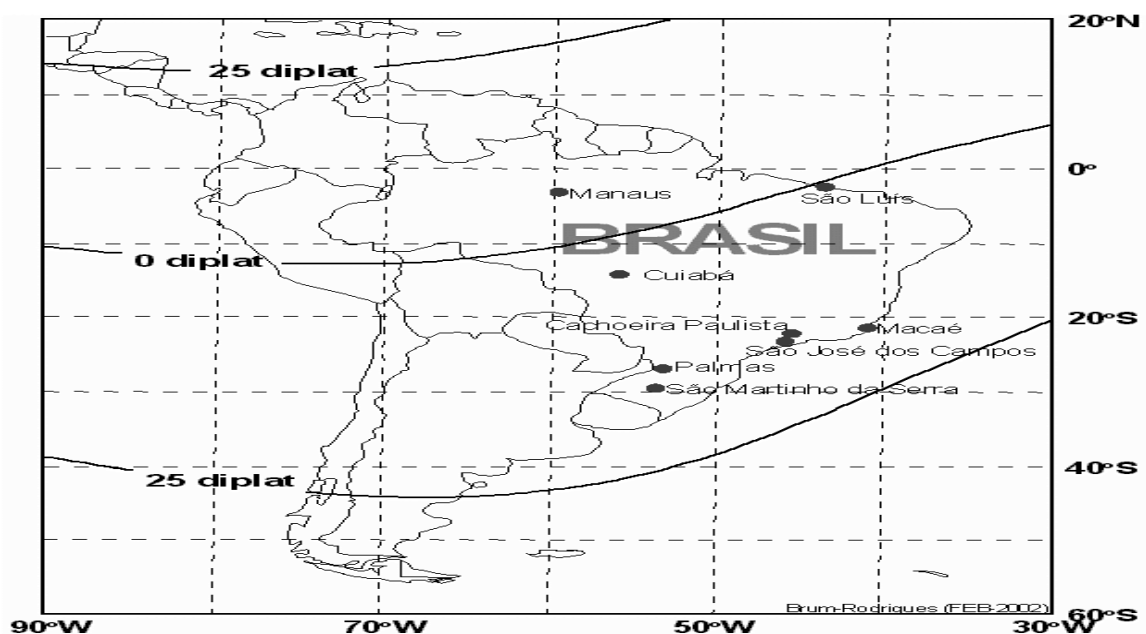
Fonte: IMCA

A Cintilação Ionosférica é um fenômeno que ocorre devido a atividade solar que acaba afetando as ondas de rádio, especialmente nos locais de baixa latitude, como é o nosso caso aqui no Brasil.

As ERUPÇÕES SOLARES - altera o - CAMPO MAGNÉTICO - que causa a ocorrência de - TEMPESTADES GEOMAGNÉTICAS - que implicam em - TEMPESTADES IONOSFÉRICA - causando - CINTILAÇÃO IONOSFÉRICA.

Para analisar as cintilações de gps no brasil, é utilizada uma rede de 12 monitores de cintilação (BANDA L1 EM 1.575 ghz)

Figura 49 - Localidades com receptores SCINTMON no Brasil



Fonte: IMPE - **IV GEGE**

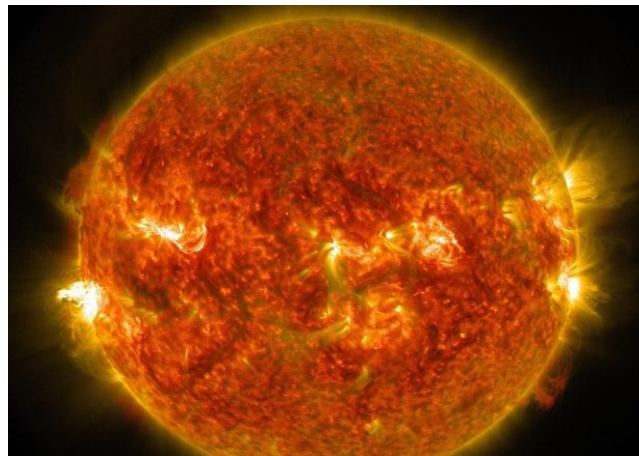
No caso das unidades com sistema de Posicionamento Dinâmico, devido a esta ocorrência, o sistema perde as informações do DGPS (Differential Global Positioning System), o que faz com que percamos mais uma referência para o sistema de DP e deixando sua precisão com um erro de até 15 metros, uma vez que o DGPS reduz esse erro a até 18 centímetros.

Ao perder o DGPS, automaticamente a unidade fica em “Degraded State” e isso tem ocorrido com frequência em nossas águas aproximadamente das 20 horas até à 1 da manhã.

E que providências deverão ser tomadas para evitar a perda de posição nesta situação?

Sempre habilitarmos outro sistema de referência, como Syscan, Fambeam, para que atuem, automaticamente, enviando as informações necessárias para manutenção da posição, em caso de perda de sinal do DGPS.

Figura 50 - Explosões Solar



Explosão solar ocorrida em agosto e captada pelo Observatório das Dinâmicas Solares da Nasa (agência espacial americana) mostra as explosões de radiação no lado esquerdo do sol. A radiação não consegue passar pela atmosfera da Terra a ponto de afetar os humanos, mas quando se trata de explosões intensas, elas podem perturbar a camada em que operam sinais de [GPS](#) e comunicação.

Recentemente se observou que uma tempestade solar forte estaria a caminho da terra, mas tudo indicava que a maior parte de sua energia se desviaria do planeta e não deve causar grandes problemas. O fenômeno consiste na ejeção de grande quantidade de partículas eletricamente carregadas - próton e elétrons -, que saem do sol com grande energia e seguem em direção dos planetas.

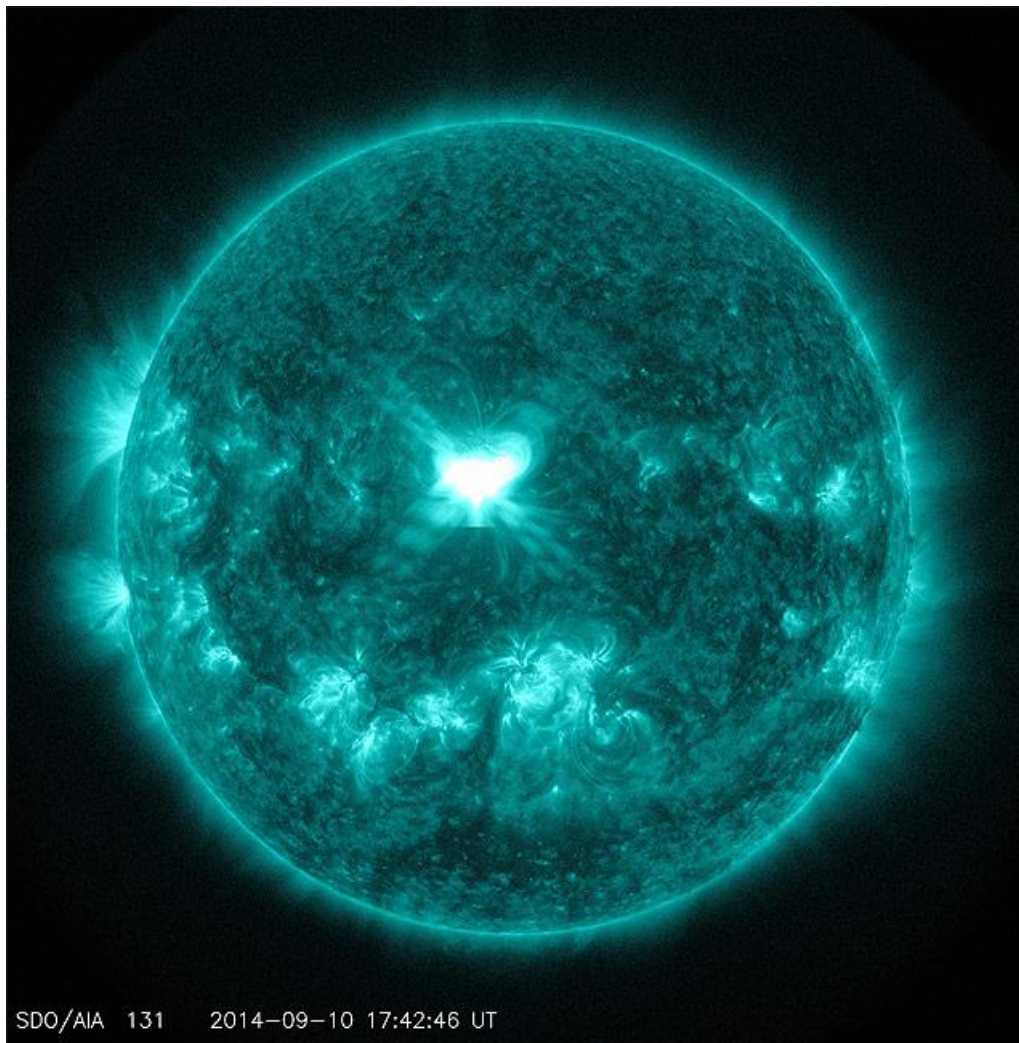
Tempestades solares são comuns, em geral durante picos na atividade solar e não causam danos diretos aos seres vivos na terra, pela proteção conferida pela atmosfera.

Mas elas afetam o campo magnético do planeta e podem causar flutuações na rede de energia. Transmissões por satélite, rádio e GPS, também podem ter problemas quando a tempestade chegar no planeta, o que aconteceu no dia 12/09/2014, sexta

feira, mas não deverá haver consequências graves, segundo Tom Berger, diretor do centro de Meteorologia Espacial Boulder, Colorado.

A foto abaixo mostra o momento da explosão solar acontecida no mês de setembro de 2014.

Foto 51 - Explosão solar em setembro



fonte: Nasa

10 FORMAS DE OPERAR

10.1 - CONDIÇÕES AMBIENTAIS

- O primeiro passo de uma operação em DP de uma embarcação de apoio marítimo (EAM) é decifrar o que as forças ambientais nos dizem. Saber de onde vem e qual a velocidade da corrente marítima, a velocidade e direção do vento, tamanho e direção das ondas (análise visual). As demais informações serão obtidas realizando o teste de deriva.

Não se pode esquecer que a relação de força do vento e força da corrente é na proporção de 30 knt de vento para 1 knt de corrente. Ou seja, a cada 1 knt de corrente, serão necessários 30 kts de vento para atuar com a mesma força na embarcação. Porém existe uma variável. Algumas embarcações apresentam formatos que acabam se transformando em verdadeiros velames e, assim sendo, a força do vento para se igualar à força da corrente marinha é menor. Normalmente estes formatos estão na proa, o que nos obriga na maioria das vezes a operarmos de popa para o vento, evitando, assim, que a força do vento atue fortemente na proa.

Há situações em que o vento, apesar de forte, vem do lado oposto ao lado da operação, neste caso, a UM atuando como anteparo, fornece uma sombra que permite que a operação seja realizada.

Ao ser passado do comando manual para o console do DP no modo JSMH (manual pelo joystick), será o início do procedimento para operação em DP. Com a embarcação tendo o movimento de proa bem estabilizado passa-se o comando do movimento de proa para o automático (JSAH). Estabilizando os movimentos longitudinal (surge) e transversal (sway), manobrando com joystick, transfere-se o comando total da embarcação para o sistema DP. Desta forma será evitado sobrecarregar as máquinas principais e especialmente os thrusters e não será utilizado a opção "present position", que sempre ao ser utilizada obrigatoriamente causa grandes esforços nas máquinas.

Figura 52 - Forças Básicas



Após o conhecimento destas variáveis, defini-se se vai-se operar em DP e em caso positivo determinar, bordo de operação (em relação à UM que se irá operar), aproamento e posição de operação.

Operadores de DP em UM utilizam estas informações para posicionar a UM de forma que sofra o menor impacto possível das forças ambientais para melhor otimizar suas operações.

10.2 DEFINIR MOVIMENTAÇÃO

- Conhecendo os dados ambientais defini-se, então, qual a melhor forma de aproximação na UM.

Sabe-se que navega-se melhor de proa e, como segunda opção, de popa. Navegar de bordo (través) nunca será a melhor opção. Portanto, deve-se sempre posicionar a embarcação, em relação à UM, para efetuar a aproximação inicial de proa ou de popa, conforme o caso, efetuando esta aproximação contra as forças ambientais ou a resultante destas forças. Sem esquecer as determinações contratuais quanto a distância, velocidade de aproximação, números de referenciais, obrigatoriedade de realização de check list e outros informes solicitados pela UM.

10.3 - OPERAÇÃO

- Após a embarcação ser posicionada de acordo com as necessidades operacionais e de segurança, inicia-se, efetivamente a operação (seja ela qual for) com a UM.

Confere-se os sistemas de referência, habilita-se, quando disponível, sistema de referência relativo (Cyscan, por exemplo), como secundário, para prevenção de possível perda de sinal do sistema de referência principal. Quando a opção **baias** estiver disponível (somente em embarcações com propulsão azimutal) e as condições de mar não for tão favorável, pode-se ativá-la. Salienta-se que não é indicado a navegação de aproximação com **baias** acionado. Este sistema consiste em manter os propulsores azimutais operando em diagonal fixo. Esta forma de operar propicia maior estabilização à embarcação, tendo-se a idéia que a popa esta "mais presa". Também utilizamos esta opção quando o consumo de energia é menor que o solicitado pelo sistema. A opção **baias** aumenta consideravelmente a demanda de energia, além, é claro, do consumo de combustível. A partir deste ponto deverá ser mantida a constante vigilância no painel do DP.

10.4 - PERDA DE DIFERENCIAL

- Como já explicado anteriormente são utilizados como sistemas de referência, atualmente, o DGPS e o Syscan, por exemplo. A utilização do DGPS pode ser afetada pelas atividades solares e causar a perda de sinal devido o fenômeno da cintilação, sempre a partir das 20:00 h, na área tropical, como mencionado, na faixa formada pelas latitudes 20°N e 20°S.

Que procedimento deverá ser adotado para evitar a perda de posição e conseqüentemente ter o risco de acidente?

Deve ser habilitado outro sistema de referência, por exemplo o Cyscan, como secundário quando o sistema de DP oferecer esta opção. Deste modo as informações do referencial acionado, automaticamente serão recebidas pelo computador do sistema de DP, permanecendo a embarcação na posição antes determinada pelo operador. Caso o sistema de DP não tenha esta opção, pode-se ainda, mudar para o modo manual, permanecendo com a proa controlada automaticamente (JSAH - Joystick Auto Heading), pois a informação para manutenção da proa continua controlada automaticamente sendo esta fornecida pela gyro, enquanto que o controle dos movimentos longitudinal (surge) e transversal (sway) no joystick, a partir deste momento fica no manual.

11 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Este ítem pretende examinar as condições favoráveis e desfavoráveis para implantação e instalação do Sistema de Posicionamento Dinâmico.

11.1 – VANTAGENS

- Não é necessária a presença de rebocadores para mudança de locação;
- A Embarcação é totalmente manobrável;
- Rápidas respostas às variações climáticas e exigências operacionais;
- Versatilidade e Operacionalidade
- Segurança aumentada

11.2 – DESVANTAGENS

- Ocorrendo falha nos equipamento de comunicação e de controle com as máquinas principais ocasionará perda de posição.
- Custo mais elevado do que outras embarcações ou unidades marítimas;
- Alto consumo de combustível;
- Ameaça aos ROV's e Mergulhadores;
- Exige mais pessoal para Manutenção e Operação

12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Motivados pelo acréscimo de demanda de petróleo, foi necessário explorar em águas mais distantes da costa, conseqüentemente mais profundas, sob condições mais inóspitas, o que determinou a evolução dos equipamentos de DP e do pessoal envolvido.

Nessas condições, o sistema de Posicionamento Dinâmico se tornou não apenas uma ferramenta imprescindível, mas também o meio que torna possível vislumbrar um futuro de novas e desafiadoras conquistas.

Pretendeu-se com este trabalho, contribuir com as mais diversas fontes de informações hoje difundidas em diversas mídias, para que os profissionais que laboram nessa área possam se beneficiar das informações aqui apresentadas. Procurou-se usar linguagem clara e enfocando pontos importantes e vitais para o conhecimento técnico sobre o referido tema.

Muitos foram os trabalhos já publicados sobre o início do uso do Posicionamento Dinâmico, na década de 60, com o primeiro navio realmente equipado com SPD. Nos dias atuais, com a construção de unidades marítimas com modernas instalações de controle de posição e propulsão, nota-se a crescente necessidade do treinamento de mão-de-obra especializada para absorver e aprimorar a tecnologia necessária às operações de tais equipamentos.

Tendo o Brasil, dois centros de formação de marítimos, com uma qualificação reconhecida excelência, dispõem, também, de centros de simulação, que permite a capacitação de pessoal para as variadas situações encontradas no dia-a-dia da vida marinha.

Isso mostra o contínuo avanço de novas Tecnologias na Marinha Mercante, principalmente no ramo Offshore, onde o papel dos operadores de DP situa-se na vanguarda desse processo.

13 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

1. ALSTON. **Dynamic Position System: Induction Course**
2. KONGSBERG SIMRAD A.S.. **Operator manual Kongsberg Simrad SDP.**
3. NAUTINST. Dynamic positioning (online). Abril. 2008. Disponível em: <http://www.nautinst.org>. Acesso em 26 de julho 2014.
4. RAPPINI, Sandro G. [et al] **Fundamentos de posicionamento dinâmico**. Rio de Janeiro: BR Petrobrás, E&P-BC / GEMPO / GSC / DP-PS, 1996. 103p. il.
5. THE INTERNATIONAL MARINE CONTRACTORS ASSOCIATION - IMCA. **The role of computers in dp loss of position incidents**. Disponível em: <<http://www.imca-int.com/core/imca/news/press/0305.html>>. Acesso em: 30 julho 2014.
6. THRUST MASTER OF TEXAS. THRUSTMASTER`S Portable Dynamic Positioning System (online). Nov. 2007. Disponível em: <http://www.thrustmastertexas.com>. Acesso em 27 de julho 2014

14 ANEXO I

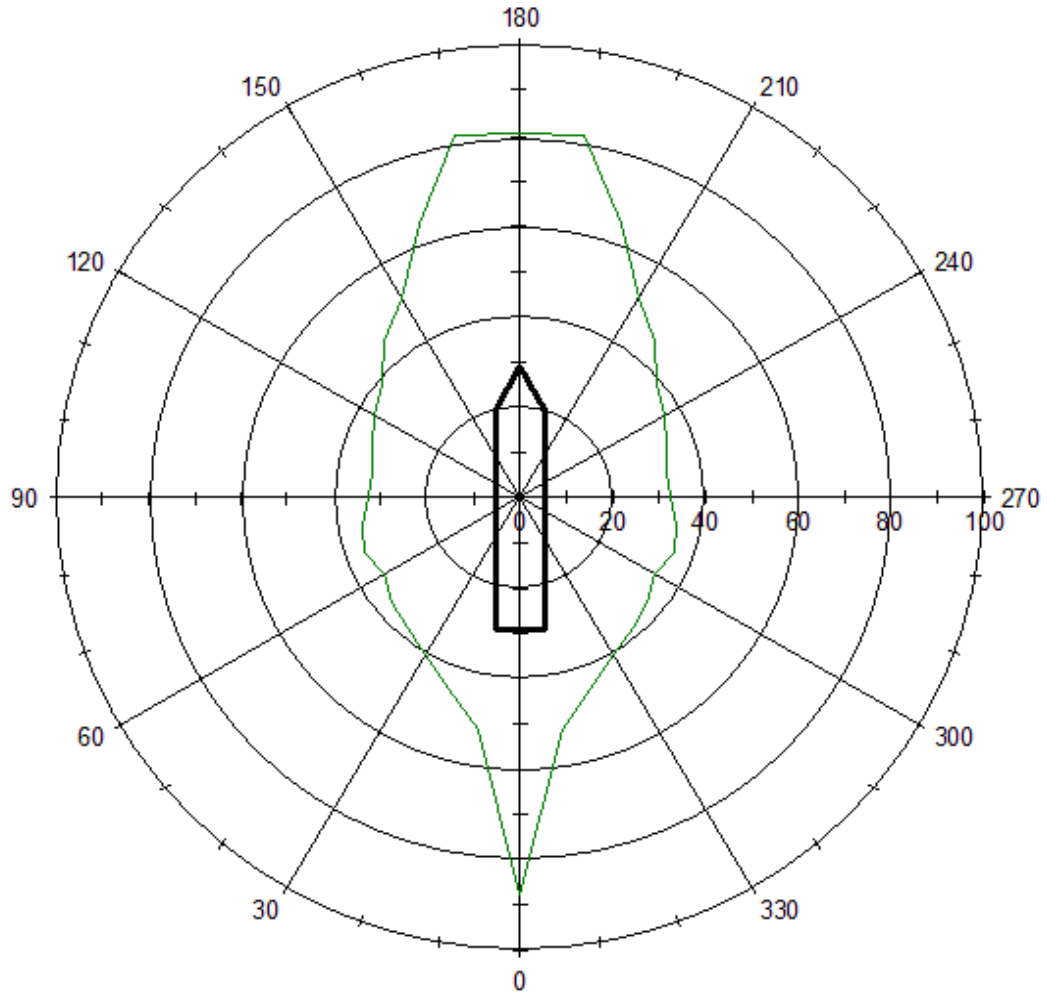
DP CLASSES

IMO	NMD	DNV		Lloyds	ABS	BV	GL
Equipment class	Consequence class	Class notation		Class notation	Class notation	Class notation	Class notation
	NMD CLASS 0			DP (CM)	DPS-0	DYNAP OS SAM	
		DYNP OS	A dynamic positioning system				
CLASS 1	NMD CLASS 1	DYNP OS AUT	A dynamic positioning system, with an independent joystick back-up and a positioning reference back-up.	DP (AM)	DPS-1	DYNAP OS AM/AT	DP 1
CLASS 2	NMD CLASS 2	DYNP OS AUTR	A dynamic positioning system with redundancy in technical design	DP (AA)	DPS-2	DYNAP OS AM/AT R	DP 2
CLASS 3	NMD CLASS 3	DYNP OS AUTR O	A dynamic positioning system with redundancy in technical design and with an independent joystick back-up.	DP (AAA)	DPS-3	DYNAP OS AM/AT RS	DP 3

15 ANEXO II

Case 1: 0 knot of current, all thrusters online

Computer Generated Theoretical Capability Plots

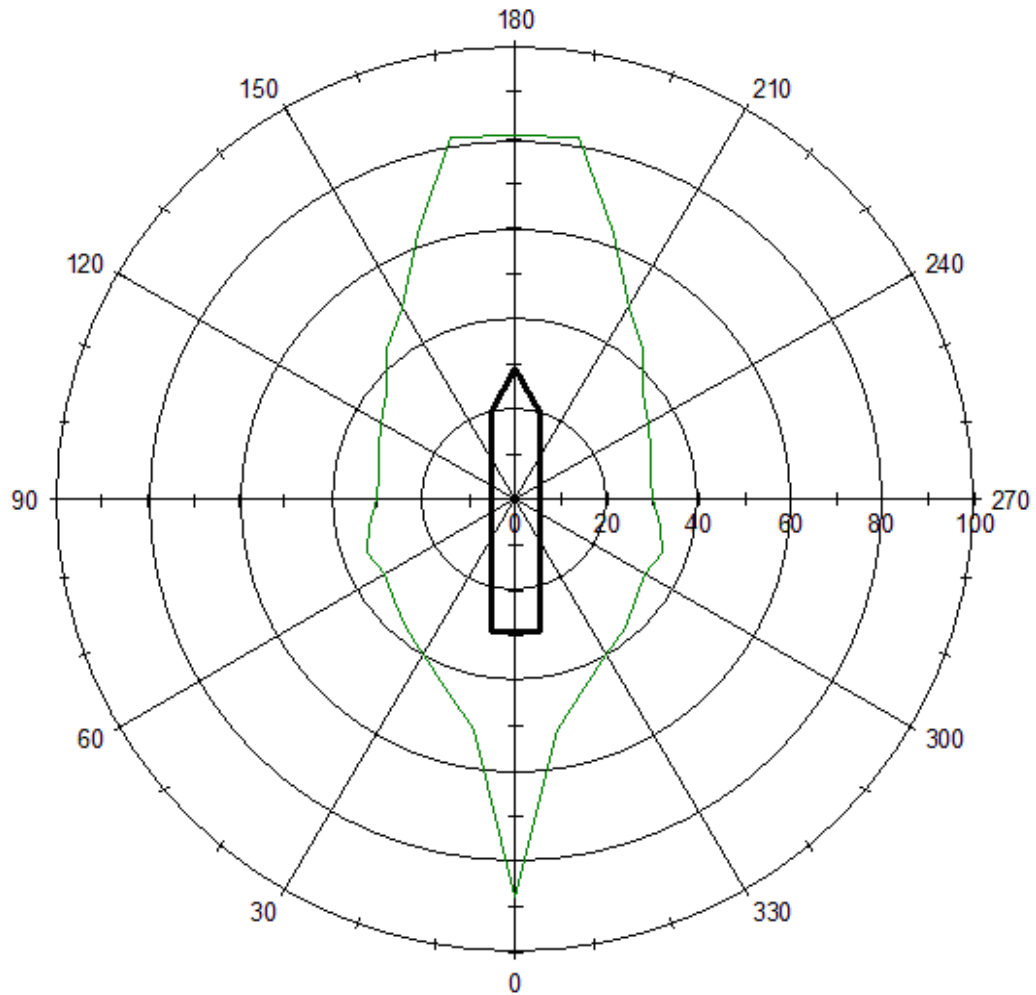


Bow Tunnel	Aft Tunnel	Port Main	Stbd Main
Online	Online	Online	Online
Maximum thruster utilization is 100%			
Worst case is the environmental forces on the beam:			
Current [knots]			
Wind speed [m/s]			
Wave height [m]			
Peak period [s]			

16 ANEXO III

Case 2: 1 knot of current, all thrusters online

Computer Generated Theoretical Capability Plots



Bow Tunnel	Aft Tunnel	Port Main	Stbd Main
Online	Online	Online	Online
Maximum thruster utilization is 100%			
Worst case is the environmental forces on the beam:			
Current [knots]			1
Wind speed [Knots]			30.0
Wave height [m]			2.5
Peak period [s]			16.6