

**MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA
CURSO DE FORMAÇÃO DE OFICIAIS DA MARINHA MERCANTE**

RICARDO JOSÉ DE ARAÚJO VIEIRA JUNIOR

**SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO
PARA NAVIOS MERCANTES**

RIO DE JANEIRO

2014

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO PARA NAVIOS MERCANTES

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

Orientador: Capitão-de-Fragata Jales

Rio de Janeiro

2014

RICARDO JOSÉ DE ARAÚJO VIEIRA JUNIOR

SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO PARA NAVIOS MERCANTES

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

Data da Aprovação: ____/____/____

Orientador: Capitão-de-Fragata Jales

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais que sempre me apoiaram em todas as minhas decisões, aos meus amigos que durante esses três anos me apoiaram incondicionalmente como irmãos e ao CT Jales pela orientação e paciência.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha mãe, que hoje com certeza está orgulhosa de presenciar este momento.

RESUMO

Este trabalho foi organizado de forma a apresentar o panorama dos sistemas de posicionamento dinâmico (SPDs), sua definição, princípios básicos, composição, aplicações e funcionalidades (modos operacionais). E para melhor abordagem do assunto, há um levantamento histórico que mostra o princípio dessa tecnologia e os motivos da necessidade da sua implementação na marinha mercante.

Aqui também são apontados os modos como uma embarcação é influenciada pelo meio através dos fenômenos da natureza e seus movimentos. Para concluir, os modos de operação do Sistema DP são colocados à prova neste trabalho.

Palavras – chave: Sistema – Marinha - Operação

ABSTRACT

This work was organized in order to present the description of the sprouting of the dynamic positioning systems, its basic definition, principles, composition, applications and its functionalities (operational modes). And to best approach the subject, there is a historical survey shows the principle of this technology and the reasons for the necessity of its implementation in the merchant navy.

Are also observed the ways in which a vessel is influenced by the medium through the phenomena of nature and its movements. Finally, the operation ways of the DP system are tested in this work;

Keywords: System – Marine – Operation

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Páginas
1	Elementos de um SPD	10
2	Os seis graus de liberdade (IMCA, 2003)	16
3	Navio de perfuração – Drillship (Marinelog, 2006)	18
4	Plataforma de perfuração semi-submersível	19
5	Floating Production Storage Offloading - FPSO	19
6	Embarcação PSV - Platform Supply Vessel	20
7	Embarcação AHTS - Anchor Handling Tug Supply	20
8	Shuttle Tanker	20
9	Navio de estimulação de poços de petróleo	21
10	Embarcação DSV - Diver Support Vessel	21
11	Veículo de Operação Remota	22
12	Flotel	22
13	Embarcação empregada em pesquisa hidrográfica e oceanográfica (U.S. Navy's, 2000)	23
14	Navio cruzeiro	23
15	Console DP	26
16	JSMH DP	31

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
I – História e evolução do sistema DP	12
II – Métodos de se manter uma embarcação em posição	14
III – Princípios básicos de um sistema DP	16
IV Aplicações do Sistema de Posicionamento Dinâmico	18
V – Subsistemas que compõem um sistema DP	24
5.1 - Sistema de controle	24
5.2 - Sistema de potência	26
5.3 - Sistema de sensoriamento	26
5.4 - Sistema de referência de posição	28
5.5 - Sistema de alocação de força de empuxo	29
5.6 - Sistema de estima ou observação da posição do navio	30
VI – Modos de operação do sistema DP	31
6.1 - <i>Joystick Manual Heading (JSMH)</i>	31
6.2 - <i>Joystick Auto Heading (JSAH)</i>	32
6.3 - <i>Auto Area Position mode</i>	32
6.4 - <i>Auto Track mode</i>	32
6.5 - <i>Autopilot mode</i>	33
6.6 - <i>Follow target mode</i>	33
CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO	42

Introdução

O posicionamento dinâmico é um sistema hidrodinâmico, necessário para manter a embarcação numa mesma posição e aproamento automaticamente, respondendo às variações e condições ambientais, dentro dos limites especificados. A característica fundamental dos sistemas de posicionamento dinâmico (SPD) é a integração de um grande número de sub sistemas operando conjuntamente. Na ocorrência de falha de qualquer um deles, o sistema todo é comprometido, o que implica na perda de posição e aproamento por parte da embarcação. As conseqüências desta ocorrência são, em geral, gravíssimas, devido à possibilidade de choques entre embarcações e rompimentos de linhas e dutos, que podem levar a interrupções de operações de altíssimo custo, desastres ambientais e, até mesmo, perdas de vidas humanas.

A Figura 1 apresenta um diagrama com os sub sistemas principais de um SPD, com a inter-relação entre eles. A seguir, serão descritos brevemente cada um dos sub sistemas apresentados.

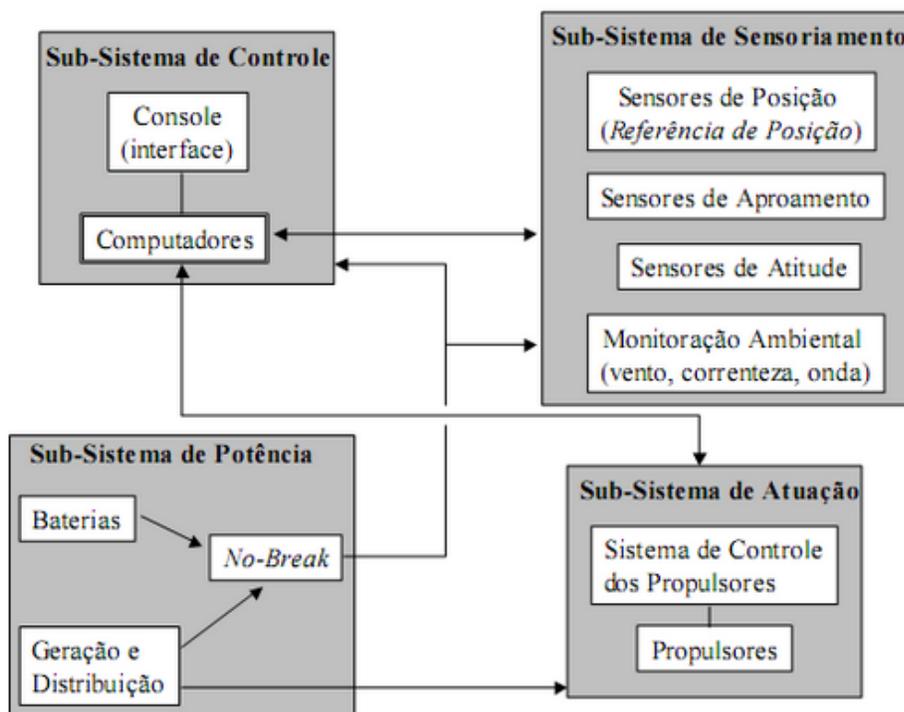


Figura 1. Elementos de um SPD

O 'sub sistema de potência' é responsável por fornecer energia aos *thrusters* e propulsores, a alguns sensores e aos elementos de controle. O SPD consome uma grande parte da energia produzida na embarcação, com variações abruptas de carga devidas a súbitas mudanças das

condições ambientais, como por exemplo rajadas de vento. Assim, esses sistemas devem ser flexíveis para evitar consumo desnecessário de combustível e permitir resposta rápida a variações de carga. Um *no-break* (conhecido como UPS - *Uninterruptible Power Supply*) associado a um banco de baterias é utilizado para estabilizar a energia fornecida aos componentes eletrônicos do SPD, eliminando flutuações e interrupções momentâneas e garantindo o funcionamento durante 30 minutos quando da ocorrência de interrupção prolongada (*black-out*).

O 'sub sistema de atuação' é responsável por fornecer as forças necessárias para o posicionamento da embarcação. É composto pelos diversos tipos de *thrusters* e propulsores e pelos sistemas de controle associados a cada um deles.

CAPÍTULO I

A HISTÓRIA E A EVOLUÇÃO DOS SISTEMAS DP

A exploração dos poços marítimos iniciou-se no final século XIX, sendo as primeiras instalações feitas na costa da Califórnia e no Mar Cáspio. Constituíam-se de estruturas fixas conectadas à costa, sobre as quais eram suportados os equipamentos para a perfuração e exploração dos poços. A profundidade alcançava, no máximo, 6m (Fäy, 1990).

O uso do primeiro sistema de posicionamento dinâmico ocorreu em 1957 com o Navio Sonda CUSS 1. O CUSS 1 possuía 4 propulsores e recebia um sinal de rádio de um transmissor colocado no fundo do mar, para manter a posição. Em 1961 o CUSS 1, utilizando o sistema DP fez perfurações em profundidade de 948m, mantendo posição dentro de um raio de 180m.

A partir dos sistemas de amarração, foram concebidos, na década de 90, os FPSO's (*Floating, Production, Storage and Offloading Systems*), que se constituem de navios petroleiros amarrados atuando na exploração de poços e no armazenamento e processamento do petróleo, bastante difundidos hoje em dia.

Entretanto, os sistemas amarrados são compostos por grandes massas flutuantes suportadas por linhas elásticas e excitadas por forças ambientais, cenário propício para a ocorrência de grandes movimentos oscilatórios, que devem ser considerados nos projetos e muitas vezes dificultam operações como, por exemplo, produção e lançamento de dutos. A capacidade de movimentação dos sistemas amarrados também é muito baixa, sendo que excursões maiores requerem a utilização de rebocadores de âncoras para reposicioná-los. A análise de viabilidade econômica deve ser enfatizada quando a profundidade ultrapassa o valor de 1000m aproximadamente, pois os custos das linhas e da operação de lançamento das mesmas podem se tornar muito altos.

No início da década de 60, tornava-se necessário desenvolver um sistema que permitisse a prospecção de petróleo em profundidades superiores a 1000m. Em 1961, nos Estados Unidos, instalaram-se quatro propulsores azimutais controlados manualmente no navio de perfuração "Cuss 1", consistindo na primeira tentativa de substituir o sistema de amarração composto por quatro linhas, até então utilizado neste navio. O controle da posição e aprofundamento era feito manualmente, utilizando-se as informações de posicionamento de um radar de superfície e de um sonar. Realizaram-se operações de prospecção em até 3500m de profundidade, obtendo-se, devido ao controle manual, precisão de posicionamento de 180m. No mesmo ano desenvolveu-se o navio "Eureka", o primeiro realmente equipado com sistema de posicionamento dinâmico, possuindo um controlador analógico que recebia as informações de um sensor de posição do tipo cabo tensionado (*taut wire*) e comandava os propulsores (Bray, 1998).

Outros navios foram convertidos, ao longo da década de 60, para atuarem com SPDs, como o norte americano "Cardrill" e o francês "Térébel". Comparados aos modernos SPDs, eram extremamente simples, com controladores analógicos e sem redundância. Foram, porém, pioneiros nesta nova técnica. As aplicações dos navios posicionados dinamicamente começaram a se diversificar, incluindo, além de

perfuração, suporte a mergulho e veículos submarinos, lançamento de dutos e cabos, pesquisa geofísica, etc.

Após a década de 70, o posicionamento dinâmico tornou-se uma técnica estabelecida, com aumento consistente em número (em 1980 eram 65; em 1997, alcançaram-se 400 embarcações equipadas) e em diversidade de operações.

Destaque especial deve ser dado ao fato de que, em 1986, desenvolveu-se, na Noruega, o primeiro sistema de posicionamento dinâmico combinado a sistema de amarração, também conhecido como SPD assistido (Aalbers et al., 1995). O FPSO “Petrojarl” era dotado de um sistema de amarração tipo *Turret*, bastante empregado até os dias de hoje. Este sistema é constituído por um eixo vertical inserido no casco do navio, na base do qual são acopladas as linhas de amarração, *risers*¹ e umbilicais.

Um sistema de rolamentos axiais possibilita que o casco gire em torno do *Turret* e, dessa forma, se alinhe com a resultante dos esforços ambientais. Para permitir a passagem do óleo para o navio, o aproamento deveria ser mantido próximo a um valor determinado, o que era conseguido por meio de um sistema de posicionamento dinâmico controlando o aproamento do FPSO.

Embora tenham sido desenvolvidos sistemas de transferência de óleo dos *risers* para o navio que independem do aproamento, chamados de tornéis (*swivel*), o conceito de SPD assistido continuou em uso, permitindo a minimização dos esforços nas linhas de amarração, a busca de aproamentos que melhorem o desempenho operacional, maior segurança de operação em condições ambientais extremas, maior regularidade de operação, amortecimento das oscilações de baixa frequência, etc... (Christensson; Omberg, 1992). Embora já existam muitos FPSO's dotados de SPD assistido, diversos aspectos da integração entre posicionamento dinâmico e sistemas de amarração ainda são temas de pesquisa e desenvolvimento.

Analisado o panorama histórico do surgimento dos sistemas de posicionamento dinâmico e a rápida diversificação de suas aplicações, descrevem-se agora, no presente trabalho, em um maior nível de detalhamento, a composição e funcionalidades de tais sub sistemas.

¹ Linhas que servem ao transporte de hidrocarbonetos do poço até o FPSO ou plataforma, e têm a função de controle das válvulas junto ao poço.

CAPÍTULO II

Métodos de se manter uma embarcação em posição

Abaixo podemos analisar uma tabela comparativa entre as três formas conhecidas de se manter uma embarcação e plataformas em uma determinada posição: fixação ao fundo do mar, sistemas de ancoragem e o posicionamento dinâmico.

Comparação ente as opções de manutenção da posição nas operações marítimas		
Plataformas Fixas	Ancoragem	Posicionamento Dinâmico
<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nenhum sistema complexo com <i>thrusters</i>, geradores extras e controladores. • Nenhuma chance de sair da posição por falhas de sistemas ou <i>black-out</i>. • Nenhum perigo subaquático oferecido pelos <i>thrusters</i>. 	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nenhum sistema complexo com <i>thrusters</i>, geradores extras e controladores. • Nenhuma chance de sair da posição por falhas de sistemas ou <i>black-out</i>. • Nenhum perigo subaquático oferecido pelos <i>thrusters</i>. 	<p>Vantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A Manobrabilidade é ótima, é muito fácil mudar de posição. • Não há a necessidade de embarcações de manuseio de âncoras. • Não depende da profundidade do local. • Rápido posicionamento. • Não limitado por solo oceânico obstruído por <i>pipelines</i>.
<p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma vez posicionada, não se tem manobrabilidade. • Limitada a profundidades menores ou iguais a 150m. 	<p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Uma vez posicionada, não se tem manobrabilidade. • Embarcações de manuseio de âncoras são necessárias. • Menos satisfatória em águas profundas. • O tempo necessário para a ancoragem pode levar dias. 	<p>Desvantagens:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Sistemas complexos com <i>thrusters</i>, geradores extras e controladores. • Alto custo de instalação. • Altas despesas com combustíveis. • Chance de sair da posição por falhas de sistemas ou <i>black-out</i>. • Perigos subaquáticos oferecidos pelos

	<ul style="list-style-type: none"> • Limitada por solo oceânico obstruído por <i>pipelines</i>. 	<p><i>thrusters</i> aos mergulhadores e ROVs.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alta manutenção dos sistemas mecânicos.
--	--	---

Analisando-se a tabela acima, pode-se constatar que o posicionamento não será sempre a solução mais econômica.

Entretanto, embora as embarcações que usam sistemas de ancoragem tenham inúmeras vantagens (principalmente menor custo de manutenção e operação, além de menores taxas diárias), o DP é cada vez mais a melhor opção para determinados cenários *offshore* tais como águas ultra profundas (além da tecnologia atual para ancoragem) e em áreas congestionadas nas quais o fundo do mar, desordenado, com tubulações, cabeças de poços e outros equipamentos espalhados em grandes extensões, apresenta um elevado risco para se usar sistemas de ancoragem.

CAPÍTULO III

PRINCÍPIOS BÁSICOS DE UM SISTEMA DP

Segundo BALBI (2005) a função principal do sistema é permitir que a embarcação mantenha a posição e o aproamento comandados. Uma variedade de sub funções (modos operacionais) adicionais estão disponíveis dependendo do equipamento.

As embarcações possuem movimento em seis direções distintas, sendo três rotações e três translações. Esses movimentos são conhecidos como ‘graus de liberdade’: *pitch*, *roll*, *heave*, *surge*, *sway* e *yaw* e são ilustrados na figura 2.

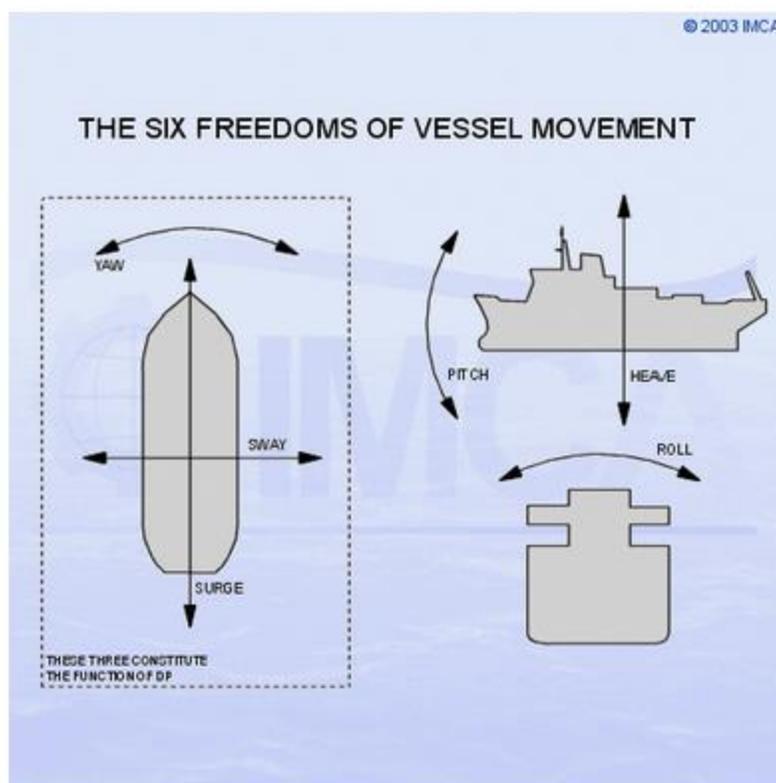


Figura 2. Os seis graus de liberdade (IMCA, 2003)

Um sistema de posicionamento dinâmico é capaz de controlar automaticamente o *surge*, *sway* e *yaw*.

O *surge* e o *sway* compreendem a posição da embarcação, enquanto o *yaw* é definido pelo aproamento. Ambos são controlados por valores inseridos pelo operador através de *setpoints*, isto é, posição e aproamento desejados.

A posição é obtida através de um ou mais sistemas de referência de posição e a informação sobre o aproamento é obtida através de um ou mais girocompassos.

A diferença entre a posição e o aproamento desejados e a posição ou aproamento ‘reais’, continuamente monitorados, deve ser calculada em tempo real, a fim de se obter a defasagem ou *offset*² da posição e do aproamento. O sistema DP, como um todo opera no sentido de minimizar esses *offsets* emitindo ordens ao sistema de propulsão, comandando a correção necessária para restabelecer o posicionamento e o aproamento desejados.

A embarcação deve ter condições de controlar a posição e o aproamento dentro de limites aceitáveis nas mais variadas condições ambientais. Estas condições devem ser medidas diretamente através de sensores permitindo aos computadores do sistema DP calcular e aplicar a força necessária para compensar de maneira imediata essas mudanças.

² Discrepâncias entre os valores medidos da posição e do aproamento e os valores desejados.

CAPÍTULO IV

APLICAÇÕES DOS SISTEMAS DP

Seguem algumas atividades e as respectivas embarcações e plataformas nas quais o sistema de posicionamento dinâmico tem sido aplicado. As atividades listadas abaixo não esgotam o uso do sistema. São elas:

- Plataformas, FPSO, Drillships:



Figura 3. Navio de perfuração – *Drillship* (Marinelog, 2006)



Figura 4. Plataforma de perfuração semi-submersível



Figura 5. *Floating Production Storage Offloading* - FPSO

- Apoio a plataformas (PSV);



Figura 6. Embarcação PSV - *Platform Supply Vessel*

- Manuseio de âncoras (AHTS);



Figura 7. Embarcação AHTS - *Anchor Handling Tug Supply*

- Navios-tanque aliviadores (*shuttle tankers*);



Figura 8. Shuttle Tanker

- Estimulação de poços de petróleo;



Figura 9. Navio de estimulação de poços de petróleo

- Operação de mergulho saturado;



Figura 10. Embarcação DSV - *Diver Support Vessel*

- Operação com veículo de operação remota (ROV);



Figura 11. Veículo de Operação Remota

- Serviços de acomodação (flotel);



Figura 12. Flotel

- Pesquisa hidrográfica e oceanográfica;



Figura 13. Embarcação empregada em pesquisa hidrográfica e oceanográfica (U.S. Navy's, 2000)

- Navios de cruzeiros;



Figura 14. Navio cruzeiro

CAPÍTULO V

SUB SISTEMAS QUE COMPOEM UM SPD

5.1 - Sub Sistema de Controle

O sub sistema de controle é composto pelos computadores e pelo console de interface, conhecido como *man-machine interface* (MMI). Toda a ‘inteligência’ dos SPDs está contida no programa computacional executado neste sub sistema, que realiza a lógica de controle responsável pelo posicionamento da embarcação.

5.1.1 - Computadores

Os processadores que operam o *software* de controle do sistema DP são geralmente conhecidos como controladores ou computadores DP. É fundamental que o operador DP conheça o número de computadores operando em sua embarcação, seu método de operação e o seu nível de redundância.

Os computadores podem ser instalados em configurações simples, duplas ou triplas, dependendo do nível de redundância requerido. Os sistemas modernos comunicam-se através de uma *Ethernet* - uma rede onde todas as estações compartilham do mesmo meio de transmissão, um ou mais cabos coaxiais; ou de uma rede local (LAN – *Local Area Network*), que pode incorporar muitas outras funções de controle da embarcação além do DP.

Em todas as embarcações DP os computadores de controle do sistema são dedicados especificamente para esse fim, sem nenhuma outra função adicional. Um sistema de configuração simples ou *simplex* não fornece nenhuma redundância. Um sistema duplo ou *duplex* fornece além de redundância, a função de troca automática se o sistema em operação falhar. Um sistema triplo ou *triplex* possui além de dois computadores do sistema *duplex*, um computador extra que poderá ficar ou não em compartimento separado dos demais, a depender do tipo de redundância e grau de imunidade a falhas requerido. Um sistema *triplex* possibilita ainda a opção de ‘voto’, qual seja, os três controladores calculam constantemente o posicionamento, porém o *output* (valor de saída) passa por uma espécie de ‘filtragem’ em que vence a maioria. Dessa forma valores espúrios ocasionalmente fornecidos por alguns dos três controladores são desconsiderados, aumentando a confiabilidade geral do sistema.

O nível de redundância depende da classe do equipamento selecionada para a embarcação. Embarcações com posicionamento dinâmico são classificadas de acordo com o seu sistema de controle e redundância. Vejamos as classes:

Classe 0

- Controle automático do aproamento; e
- Controle manual de posição.

Classe 1

- Controle automático do aproamento;
- Controle automático de posição; e
- Sem redundância.

Classe 2

- Controle automático do aproamento;
- Controle automático de posição; e
- Redundância completa (geradores e propulsores)

Classe 3

- Controle automático do aproamento;
- Controle automático de posição; e
- Tripla redundância (propulsores, geradores, sistemas de proteção contra incêndio e alagamento).

Nas embarcações Classe 1, a perda de posição pode acontecer no caso de ocorrência de falha simples (única, singela). Nas embarcações Classe 2, a perda de posição não deve acontecer a partir de falha simples de um componente ativo ou sub sistema (geradores, quadros ou painéis de distribuição de energia, *thrusters*, válvulas controladas remotamente, etc.). Mas podem ocorrer a partir de falha de um componente estático como cabos, tubulações, redes, válvulas de controle manual, etc. Já na Classe 3, a perda de posição não deve acontecer a partir de falha simples, incluindo a completa queima de uma antepara ou alagamento de um compartimento estanque.

5.1.2 - Consoles de Controle (MMI - *Man Machine Interface*)

O console de controle de um SPD (figura 21) possui facilidades que permitem ao operador enviar e receber dados. É no console de controle que ficam localizadas as teclas de entrada de dados, interruptores, indicadores, alarmes e monitores.



Figura 15. Console DP

5.2 - Sub Sistema de Potência (Geração e Distribuição de Energia)

O sistema de potência ou sistema de geradores é responsável por fornecer energia para todo o sistema DP, sendo que a grande maioria é destinada aos *thrusters*. Existem diferentes tipos de equipamentos que trabalham com o fornecimento de energia, destacando-se os com características diesel-elétricas e os motores a diesel, todos devem ser flexíveis de modo a fornecer a quantidade de energia requerida e evitar o consumo desnecessário.

Como outros subsistemas, o sistema de potência também possui um *back-up*, que entram em funcionamento em caso de falha nos geradores, o U.P.S. (*Uninterruptible Power Supplies*). O U.P.S. é uma fonte de alimentação permanente. Suas baterias fornecem energia ao SDP por, no mínimo, trinta minutos, tempo requerido pelas Sociedades Classificadoras.

5.3 – Subsistema de sensoriamento.

Composto por sensores responsáveis por coletar dados que auxiliam na determinação da posição atual e da grandeza das forças que atuam sobre o navio. Geralmente esses equipamentos possuem redundância, garantindo o bom funcionamento do sistema e maior confiabilidade.

Os mais importantes são aqueles que coletam dados relativos à posição da embarcação em um plano horizontal e de fatores que possuem maiores influências sobre estes graus de liberdade.

5.3.1 – Agulha giroscópica.

A agulha giroscópica é o instrumento usado para medir o ângulo formado entre a proa da embarcação e o norte verdadeiro. É diretamente ligada ao aproamento, enviando sua variação ao computador. Baseia-se em um giroscópio, sendo muito mais precisa que a agulha magnética, que é influenciada pelos ferros de bordo do navio.

5.3.2 – Vertical Reference Unit (VRU).

Os sensores de referência vertical (“Vertical Reference Unit”) medem os movimentos caturro (“pitch”), balanço (“roll”) e arfagem (“heave”). Embora o Sistema de Posicionamento Dinâmico não controle esses movimentos, as informações são enviadas para o computador para que se tenha precisão na compensação dos equipamentos medidores de posição.

5.3.3 – Anemômetro.

O anemômetro é um medidor utilizado para a obtenção da direção e da intensidade (velocidade em nós) do vento. As informações são analisadas de maneira que o computador estime a sua força exercida sobre a embarcação e atue com os *thrusters* para contrabalanceá-la.

É composto por: dois sensores, um, semelhante a um ventilador, que dá a velocidade e outro, semelhante a uma asa, que dá a direção. O anemômetro é facilmente afetado por setores de sombra, por isso devem ser instalados, no mínimo, a dez metros de distância de algum mastro.

5.3.4 – Odômetro de efeito Doppler.

O “Doppler Log”, ou odômetro de efeito Doppler indica o seguimento do navio em relação ao fundo e é muito útil em manobras de atracação e desatracação devido a sua precisão.

5.4 - Sistema de referência de posição.

Este subsistema possui varias ferramentas para a determinação da posição, em modo relativo ou absoluto. Cada equipamento possui métodos diferentes de operação, mas todos com grande confiabilidade, a fim de que a posição e informações recebidas pelo sistema de controle sejam as mais próximas do real possível.

1. - GPS/DGPS

O sistema de posicionamento global (GPS) é um sistema de rádio-navegação baseado em satélites, desenvolvido e operado pelo Departamento de Defesa dos EUA. Permite que usuários em terra, mar e ar determinem suas posições tridimensionais (latitude, longitude e altitude), velocidade e hora, 24 horas por dia, em qualquer ponto da superfície terrestre.

No DGPS (*Differential GPS*), um receptor GPS é estacionado numa estação de referência onde são calculadas correções de coordenadas ou de pseudodistâncias, que são transmitidas para os usuários da estação a ser posicionada. Este método foi desenvolvido visando reduzir o erro apresentado pelo GPS.

2. - Sistema hidroacústico

É composto por um transdutor no casco do navio que interroga um *transponder* posicionado no fundo do mar através de ondas sonoras. Este sensor “escuta” a interrogação e emite uma resposta para o transdutor, que calcula a sua posição em relação ao sensor através do tempo de resposta, da velocidade do som na água e do ângulo de incidência.

3. - Taut-wire

O sistema utiliza um cabo preso em uma poita que é mantido sob tensão constante por um sistema de compensadores interligados a um guincho hidráulico. Um sensor eletromecânico mede os ângulos de inclinação no em relação aos eixos longitudinal e transversal. As diferenças de voltagem em dois planos são interpretadas pelo sistema de posicionamento dinâmico como ângulos, os quais associados à lâmina d'água e à posição da poita em relação à locação indicam o afastamento da embarcação do ponto estipulado.

4. - CYSCAN

O CYSCAN é um sistema baseado em leitura óptica por laser infravermelho. Uma estação é posicionada na embarcação e outra instalada em um ponto fixo como uma plataforma, terra ou FPSO, que são chamados de refletores. A unidade ligada ao SDP emite um laser que é refletido pelos refletores de volta para a unidade emissora, que calcula a distância em relação ao ponto fixo.

5. – Artemis

Sistema de referência em que 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 estação a bordo da embarcação DP é conhecida como estação "móvel", enquanto a outra unidade é conhecida como estação "fixa". A posição é calculada levando-se em consideração o tempo entre a transmissão e recepção do sinal pelas antenas.

6. – *Differential Absolute and Relative Positioning System (DARPS)*

O DARPS (Differential Absolute and Relative Positioning System) é um sistema de referência de posição relativo baseado no sistema GPS. É utilizado quando há necessidade de manter duas embarcações com mesma posição relativa. O sistema fornece a posição absoluta da embarcação e informações de velocidade com controle de qualidade integrado. Um exemplo de utilização é na operação entre um navio aliviador e uma FPSO.

5.5 - Sistema de alocação de força de empuxo.

O sistema de alocação de força de empuxo é um algoritmo instalado no subsistema de controle, e é responsável por fazer com que o conjunto de propulsores mantenha a embarcação em uma determinada posição no maior tempo possível com o menor consumo de energia possível. O subsistema não só gera uma economia no combustível, como evita a saturação dos propulsores e compensa as forças em caso de mau funcionamento de um deles.

Para o cálculo da distribuição de forças, o subsistema deve levar em consideração algumas restrições funcionais como a interação entre o casco e o propulsor, a saturação de cada um dos *thrusters* e a interação entre eles.

5.6- Sistema de estima ou observação da posição do navio.

O sistema de estima ou observação da posição do navio é responsável por filtrar o desvio da embarcação e reconstruir estados não medidos do sistema. Comparando os dados obtidos e os estimados através de modelos matemáticos, o sistema obtém resultados que serão submetidos à análise.

CAPÍTULO VI

MODOS OPERACIONAIS DO SISTEMA DP

Além de manter a posição e o aproamento, o sistema DP pode ser usado com a finalidade de se efetuar mudanças automáticas de posição ou aproamento, permitir à embarcação navegar sobre uma derrota pré-determinada entre outras ações, com o auxílio dos modos operacionais do SPD. A seguir serão mostrados alguns desses modos operacionais utilizados nos sistemas desenvolvidos pelos fabricantes KONGSBERG e ALSTON.

6.1- *Joystick Manual Heading (JSMH).*

No modo manual, o operador possui total controle da embarcação utilizando um *joystick*. O operador consegue movimentá-la no sentido longitudinal e transversal e ainda controla o aproamento da embarcação.

As funções disponíveis no modo manual são:

- Seleção de ganho do *joystick*.
- Compensação de forças ambientais.
- Rotação da proa e da popa.

Neste modo, também é possível selecionar o controle automático do movimento transversal ou longitudinal, que combinado com o controle automático do aproamento, permite que o operador tenha que se preocupar somente com um eixo de movimento do navio.



Figura 16. JSMH DP

6.2- *Joystick Auto Heading (JSAH).*

O modo de posição automática controla o aproamento e a posição. No controle de aproamento, o operador dispõe das funções que permite estabelecer o rumo da proa de acordo como rumo atual, inserir um valor desejado (que acarretará no giro da embarcação até o valor determinado) e o controle da proa com utilização mínima de energia. Também é possível estabelecer a velocidade de giro e o alarme de aproamento.

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

Esse modo de operação é muito utilizado em manobras de aproximação de plataformas onde a referência visual também é importante. Apesar da proa fixa, o movimento de vante, ré, bombordo e boreste funcionam como no modo JSMH.

6.3- *Auto area position mode.*

Este modo permite que a embarcação permaneça em uma determinada área com o consumo mínimo de energia. Geralmente usado quando a embarcação precisa ficar em espera em uma determinada região. O modo não mantém a embarcação necessariamente no centro da área, permitindo certo desvio. Os propulsores e/ou impelidores são acionados apenas quando o navio ultrapassa certos limites, utilizando o mínimo de energia possível.

6.4- *Auto track mode.*

Nesse modo operacional a posição da embarcação é mantida automaticamente ao longo de uma trajetória, em uma velocidade baixa e fixa, entre dois ou mais pontos pré-determinados *waypoints* com controle automático do aproamento. Faz ainda as correções no abatimento e caimento. O controle é feito tanto em baixas como em altas velocidades, utilizando estratégias de controle diferentes para cada uma delas. O

sistema pode trocar automaticamente a estratégia de controle, ou a mudança pode ser feita manualmente pelo operador.

Em baixas velocidades, o controle de posição e aproamento são aplicados em todos os três eixos de movimento. A velocidade pode ser de poucos centímetros por segundo até três nós, acima disso o efeito lateral dos *thusters* é reduzido e, portanto, o sistema fica menos preciso.

Em altas velocidades, a embarcação pode manter-se na derrota estipulada pelo operador até sua velocidade mais alta. Este controle é feito pela manutenção do rumo da embarcação, que é calculado continuamente pelo sistema, de acordo com a velocidade do navio e a grandeza das forças ambientais.

O modo operacional '*Auto Track*' só será usado em operações marítimas, não deverá ser usado para propósitos de navegação.

6.5 - *Autopilot mode*.

O modo piloto automático faz com que a embarcação navegue em uma rota pré-definida automaticamente, controlando com precisão os rumos da embarcação. Este modo utiliza os propulsores e o leme ou os azimutais, e compensa a força do vento que age sobre o navio.

Esta função do sistema poderia ser usada para substituir o piloto automático convencional das embarcações, pois garante uma precisão muito maior. Muitas embarcações *off-shore* a utilizam para pequenas parradas entre as plataformas ou ainda para viagens de volta para o porto. Porém, o consumo de combustível do piloto automático do sistema DP é muito maior do que o consumo do piloto automático convencional, tornando-o inviável em viagens mais longas.

6.6 - *Follow target mode*.

O modo de acompanhamento de alvo, certamente o modo mais complexo, permite que a embarcação acompanhe um alvo em movimento, mantendo-se uma distância relativa entre eles. Para que isto seja possível, é necessário que o alvo esteja equipado com um transponder para que o sistema DP possa monitorar sua posição. Tem utilidade crucial nos barcos ROV. A posição do navio se mantém constante em relação ao ROV, unidade robótica submersa em movimento ou parada.

O operador define um círculo de operação em que o alvo pode se movimentar sem fazer com que a embarcação também se movimente. O navio somente ira se movimentar caso o alvo ultrapasse o limite deste círculo. Esta função é chamada de “raio de reação”.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho objetivou apresentar o histórico dos sistemas de posicionamento dinâmico e seu desenvolvimento ao longo dos últimos anos. Expôs, também, informações sobre os princípios básicos do seu funcionamento, propósitos, suas aplicações, componentes principais e os modos operacionais encontrados nos modelos dos principais fabricantes.

Durante a fase de pesquisa e seleção de material uma nova marinha mercante me fora lentamente sendo apresentada. Esta extremamente tecnológica, sem espaços para os mínimos erros e que põe a prova, cedo ou tarde, todos os marinheiros.

Os sistemas DP vêm se tornando mais sofisticados e complexos, porém também mais robustos e confiáveis. A informática se desenvolveu rapidamente e algumas embarcações estão sendo aprimoradas com novos sistemas de controle. Os sistemas de referência de posição e os outros periféricos também vêm sendo aprimorados, e hoje a redundância é a palavra chave que garante confiabilidade e eficiência na execução de operações de alto risco, seja para as pessoas, para equipamentos ou para o meio-ambiente.

O número de embarcações que utilizam sistema de posicionamento dinâmico está em crescente expansão. É interessante notar a diversidade de tipos e funções das embarcações DP e a maneira pela qual, nos últimos vinte anos, o sistema englobou muitas funções que não eram originalmente relacionadas à indústria *offshore* de óleo e gás.

Espero que este material contribua de forma ímpar para o aprendizado e formação profissional daqueles que virão após mim. Lembremos sempre as palavras do grande mestre CLC Sidnei Esteves: “Tem aqueles que sabem como navegam, outros navegam como sabem, alguns só Deus sabe como navegam e tem aqueles que nem Deus sabe como...” e nos esforcemos para por em prática seus ensinamentos para que venhamos a estar no primeiro grupo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRAVIN, Tiago Turibio, **Implementação de Sistema de Posicionamento Dinâmico em Simulador de Sistemas Oceânicos (DYNASIM)**, Produção em Iniciação Científica, Escola Politécnica da USP, São Paulo, 2002.
2. KONGSBERG SIMRAD A.S.. **Operator manual Kongsberg Simrad SDP**. London, 2005.
3. ABERDEEN COLLEGE. **Dynamic Positioning Induction Course**. London, 1999.
4. IMO. International Maritime Organization. **IMO resolution 645 - Guidelines for vessels with dynamic positioning systems**. London: IMO, 1994. 16p.
5. ALSTON. **Dynamic Position System: Induction Course**.
6. RAPPINI, Sandro G. [et al] **Fundamentos de posicionamento dinâmico**. Rio de Janeiro: BR Petrobrás, E&P-BC / GEMPO / GSC / DP-PS, 1996. 103p. il.
7. SMS. Ship Manoeuvring Simulator Centre AS. **Dp operator training manual - Induction Course**. Trondheim: SMS, s.d.. p. irreg. il.
 1. TANNURI, Eduardo Aoun. **Desenvolvimento de metodologia de projeto de sistema de posicionamento dinâmico aplicado a operações em alto-mar**. 273 f. Tese (Doutor) - Escola Politécnica da USP, Sao Paulo, 2002.
 2. 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: 29 maio 2007.