

MARINHA DO BRASIL
CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA – CIAGA
PARA OFICIAIS DE CURSO DE APERFEIÇOAMENTO MÁQUINAS – APMA

PAULO DE TÁSSIS SABADINE

OPERAÇÃO DE POSICIONAMENTO DINÂMICO NÍVEL 2

RIO DE JANEIRO

2014

PAULO DE TÁSSIS SABADINE

OPERAÇÃO DE POSICIONAMENTO DINÂMICO NÍVEL 2

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instrução Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Orientador: Primeiro-Tenente (RM2-T) **Raquel da Costa Apolaro.**

RIO DE JANEIRO

2014

PAULO DE TÁSSIS SABADINE

OPERAÇÕES DE POSICIONAMENTO DINÂMICO NIVEL 2

Monografia apresentada ao Curso de Aperfeiçoamento para Oficiais de Máquinas do Centro de Instruções Almirante Graça Aranha como parte dos requisitos para obtenção de Certificado de Competência Regra III/2 de acordo com a Convenção STCW 78 Emendada.

Data da Aprovação: _____ / _____ / _____

Orientadora: Primeiro-Tenente (RM2-T) **Raquel** da Costa **Apolaro**

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL: _____

Dedico este trabalho a meus pais,
“inmemorian” José Antônio Sabadine Filho
e Idalina do Rosário Sabadine.

AGRADECIMENTO

Agradeço ao Grande Arquiteto do Universo pela dádiva da vida, aos Mestres que me proporcionaram suas Luzes de conhecimento e aos meus Irmãos do Mar que são a base de minha existência.

RESUMO

Desde o desenvolvimento da navegação por satélite é possível manter plataformas de perfuração e navios em posição usando dinamicamente seus próprios sistemas de propulsão. As unidades de hélice-direção acionadas por motores elétricos são, frequentemente, as mais utilizadas. Neste trabalho é apresentado o desenvolvimento de um sistema de posicionamento dinâmico para embarcações supridoras de plataformas classe DP 2. Foram investigadas as técnicas, normas regulamentadoras, a capacitação e definição das responsabilidades dos profissionais envolvidos nas operações. Para este trabalho especificamente será usado como modelo uma embarcação Supridora de Plataforma projeto PSV 4500 com propulsão diesel elétrica / azimutal 7600 BHP amplamente utilizada no apoio marítimo offshore. A embarcação estará classificada com a notação LRS DP AA, equivalente a classe de DP 2 da IMO. De acordo com a IMO, para equipamentos classe DP 2, uma perda de posição não deve ocorrer como consequência de uma falha singular em qualquer componente ou sistema ativo. O critério de falha singular inclui: qualquer componente ou sistema ativo (geradores, thrusters, quadros elétricos, válvulas controladas remotamente, etc); qualquer componente normalmente estático (cabeamento, tubulações, válvulas manuais, etc) que não se apresente propriamente documentado em relação à proteção e confiabilidade. A IMO ainda aponta que um ato singular inadvertido também deve ser considerado como uma falha singular, caso seja provável. Para a notação de DP AA, o LRS requer que os sistemas de energia, controle e thrusters, bem como outros sistemas necessários para, ou que possam afetar, o correto funcionamento do sistema de DP devem ser providos e configurados de tal forma que uma falha em qualquer componente ou sistema ativo, não venha a resultar em uma perda de posição.

Palavras-chave: Posicionamento dinâmico. FMEA. Sistema de Propulsão. PSV. Sistema de energia.

ABSTRACT

Since the development of satellite navigation is possible to retain drilling rigs and ships in position dynamically using their own propulsion systems. Units toward propeller-driven by electric motors are often the most used. This paper presents the development of a dynamic positioning system to supply vessels platforms DP class 2 techniques were investigated, regulatory standards, training and defining the responsibilities of professionals involved in the operations. Specifically for this work will be used as a vessel model. Supplier of PSV 4500 platform design with electric / diesel propulsion azimuth 7600 BHP widely used in the offshore marine support. The vessel will be classed with LRS notation DP AA, equivalent to class 2 DP IMO. According to the IMO, for DP equipment class 2, a loss of position should not occur as a result of a natural fault in any active component or system. The single failure criterion includes: any active component or system (generators, thrusters, switchboards, remote controlled valves, etc.); any normally static component (cabling, pipes, manual valves, etc.) that do not submit properly documented for the protection and reliability. The IMO also shows that an inadvertent singular act should also be considered as a singular failure, if it is probable. For notation DP AA, the LRS requires that systems of power, control and thrusters, as well as other needed to, or that may affect the proper operation of the DP system systems should be provided and configured such that a failure in any active component or system does not result in a loss position.

Keywords: Dinamic Position. FMEA. Propulsion System. PSV. Power System.

ABREVIATURAS

ABS	American Bureau of Shipping
BB	Bombordo
BE	Boreste
DG	Diesel Gerador
DP	Dynamic Positioning (Posicionamento Dinâmico)
DPO	Dynamic Positioning Operator (Operador de Posicionamento Dinâmico)
DGPS	Differential Global Positioning System
DNV	Det Norsk Veritas
FMEA	Análise de Modo de Falhas e seus Efeitos
GE	Gerador de Emergência
IAS	Integrated Automation System
IMCA	International Marine Contractors Association
IMO	International Maritime Organization
ISM	International Safety Management Code
LRS	Lloyd's Register of Shipping
MRU	Motion Reference Unit
MTS	Maritime Technology Society
NI	The Nautical Institute
OS	Operator Station
PSV	Platform Supply Vessel
SGS	Sistema de Gerenciamento de Segurança
UPS	Uninterruptable Power Supply
VFD	Variable Frequency Drive
STCW	Standards of Training, Certification and Watchkeeping for Seafarers

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Seis graus de liberdade	13
Figura 2 -	Diagrama de Bloco de DP	14
Figura 3 -	Diagrama de Controle de DP	15
Figura 4 -	Sistemas de <i>thrusters</i>	17
Figura 5 -	Arranjo de Thrusters	17
Figura 6 -	Sistema de Controle de DP	18
Figura 7 -	Diagrama Organizacional do Pessoal Chave de DP	20
Figura 8 -	Fluxograma de Treinamento	23
Figura 9 -	Estado de Alerta de DP	27

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	PRINCÍPIOS BÁSICOS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO	12
2.1	Os seis graus de liberdade	12
2.2	Princípios de funcionamento	14
3	CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA	16
3.1	Sistema de thrusters	17
3.2	Arranjo dos sistemas de thrusters	17
3.3	Sistema de controle de posicionamento dinâmico	18
4	A ANÁLISE DE TIPO E EFEITO DO MODO DE FALHA (FMEA) DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINÂMICO	19
5	ORGANIZAÇÃO, RESPONSABILIDADE E TREINAMENTO	20
5.1	Pessoal chave	20
5.2	Comandante	20
5.3	Oficial de Náutica	21
5.4	Operador de Posicionamento Dinâmico	21
5.5	Programa de treinamento de DPO do <i>Nautical Institute</i>	23
5.6	Chefe de Máquinas	24
5.7	Oficial de Máquinas	24
6	PLANEJAMENTO OPERACIONAL	26
6.1	Reunião pré-tarefa	26
6.2	Operações críticas	26
7	ESTADO DE ALERTA DE DP	27
7.1	Resposta aos níveis de alerta de DP	28
7.1.1	Normal	28
7.1.2	Degradado	28
7.1.3	Emergência	29
8	SITUAÇÃO DEGRADADAS E DE EMERGÊNCIA	30
8.1	Desvios de aproamento	30
8.2	Desvios entre comando e <i>feedback</i>	30
8.3	Perda de redundância	30
8.4	Perda de referência	31
8.5	Blackout	31
8.5.1	Blackout parcial	31
8.5.2	Blackout total	32
8.6	Drive off	32
8.7	Drift off	32
8.8	Emergência da embarcação	33
8.9	Recuperação e restabelecimento de equipamento após falha	33
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	35

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo principal apresentar as instruções e orientações que auxiliam no planejamento, na preparação e na condução das operações de posicionamento dinâmico. Para introduzir faremos a conceituação de embarcação de posicionamento dinâmico, sistema de posicionamento dinâmico, manutenção da posição, sistema de energia, sistema de propulsão, sistema de controle de posicionamento dinâmico, redundância e falha singular.

Embarcação de Posicionamento Dinâmico é aquela capaz de, automaticamente manter sua posição e aproamento dentro de limites estabelecidos através do uso de sensores ambientais, sistemas de referencia e sistemas de *thrusters*.

Sistema de Posicionamento Dinâmico é a completa instalação necessária para efetuar o posicionamento dinâmico da embarcação, consistindo dos seguintes subsistemas: sistema de energia; sistema de propulsão e sistema de controle de Posicionamento Dinâmico.

Manutenção da posição significa manter a posição requerida dentro de desvios aceitáveis do sistema de controle e das condições de tempo limite determinadas.

Sistema de Energia abrange todos os componentes e sistemas necessários para suprir o sistema de posicionamento dinâmico com energia. O sistema de energia inclui: máquinas motrizes e seus sistemas auxiliares, incluindo as redes; geradores; quadros elétricos e sistemas de distribuição de energia.

Sistema de Propulsão ou de *Thrusters* abrange todos os componentes e sistemas necessários para suprir o sistema de posicionamento dinâmico com força e direção de empuxo. O sistema de propulsão inclui: *thrusters* (túneis ou azimutais) com suas unidades motrizes e seus sistemas auxiliares, incluindo as redes; propulsores principais e lemes; controladores eletrônicos dos *thrusters*, propulsores e lemes; controles manuais e cabeamentos e eletrodutos associados.

Sistemas de Controle de Posicionamento Dinâmico abrange todos os componentes e sistemas, hardware e software necessários para posicionar dinamicamente a embarcação, consistindo do seguinte:

- a) Sistemas de processamento de controle;
- b) Sistemas de Joystick;

- c) Sensores ambientais;
- d) Consoles (Estações de Operação);
- e) Sistemas de Referência;
- f) Cabeamento e eletrodutos associados.

Redundância é a habilidade de um componente ou sistema de manter ou restaurar sua funcionalidade, na ocorrência de uma falha singular. A redundância pode ser obtida através da instalação de componentes ou sistemas múltiplos ou medidas alternativas para desempenhar uma função.

Falha singular é a falha de um equipamento ou sistema, causada por um único evento. O pior Caso de Falha Singular é a falha singular com o efeito mais significativo no sistema em relação à perda de capacidade do mesmo. Numa embarcação com classes DP 2 ou 3, o pior caso de falha singular não deve proporcionar a perda de posição da embarcação, dentro de seus limites operacionais. A instalação *Offshore* é toda plataforma, estrutura, balsa, barça ou embarcação onde seja realizadas operações de suprimento, perfuração, produção, etc, em mar aberto.

No capítulo 2 serão apresentados os princípios básicos de posicionamento dinâmico; no capítulo 3 temos configuração do sistema. Ainda no capítulo 4 demonstramos uma análise de tipo e efeito do modo de falha (FMEA) do sistema de posicionamento dinâmico; No capítulo 5 temos a organização, responsabilidade e treinamento. Apresentam-se, no capítulo 6 as fases do planejamento operacional. Já no capítulo 7 demonstra-se o estado de alerta de DP; já no capítulo 8 demonstra-se a situação degradadas e de emergência e por fim, as considerações finais.

2 PRINCÍPIOS BÁSICOS DE POSICIONAMENTO DINÂMICO

O mar é um ambiente é um ambiente dinâmico, onde as embarcações não permanecem estáticas. Neste ambiente, as forças variáveis responsáveis por desviar uma embarcação de sua posição são:

- a) as forças da natureza: ventos, ondas e correntes;
- b) as forças externas, como a tensão de um sistema de *risers* ou de uma linha submarina sendo lançada.

O sistema de posicionamento dinâmico, através do controle ativo do sistema de *thrusters*, reage às forças da natureza e/ou a outras forças externas, com a finalidade de manter a posição e o aproamento de uma embarcação dentro dos limites estabelecidos.

Para realizar sua função primária, o sistema de controle de DP necessita do seguinte:

- a) mensurar a posição da embarcação;
- b) mensurar o aproamento da embarcação;
- c) mensurar as forças externas;
- d) calcular a força de reação necessária;
- e) prover as forças de reação;
- f) ter uma interface homem/máquina.

2.1 Os seis graus de liberdade

Sob a ação das forças ambientais, toda embarcação possui seis graus de liberdade, estando sujeita a movimentos translacionais e rotacionais, sendo:

a) Translacionais:

- Arfagem (Heave): movimento linear da embarcação na direção do seu eixo vertical.
- Descaimento (Surge): movimento linear da embarcação na direção do seu eixo longitudinal (vante / ré).
- Reabatimento (Sway): movimento linear da embarcação na direção do seu eixo transversal (bombordo / boreste).

b) Rotacionais:

- Balanço (*Roll*): movimento angular da embarcação em torno do seu eixo longitudinal.
- Cabeceio (*Yaw*): movimento angular da embarcação em torno do seu eixo vertical.
- Caturro (*Pitch*): movimento angular da embarcação em torno do seu eixo transversal.

Destes movimentos, o descaimento, o reabatimento e o cabeceio, são controlados pelo sistema de DP.

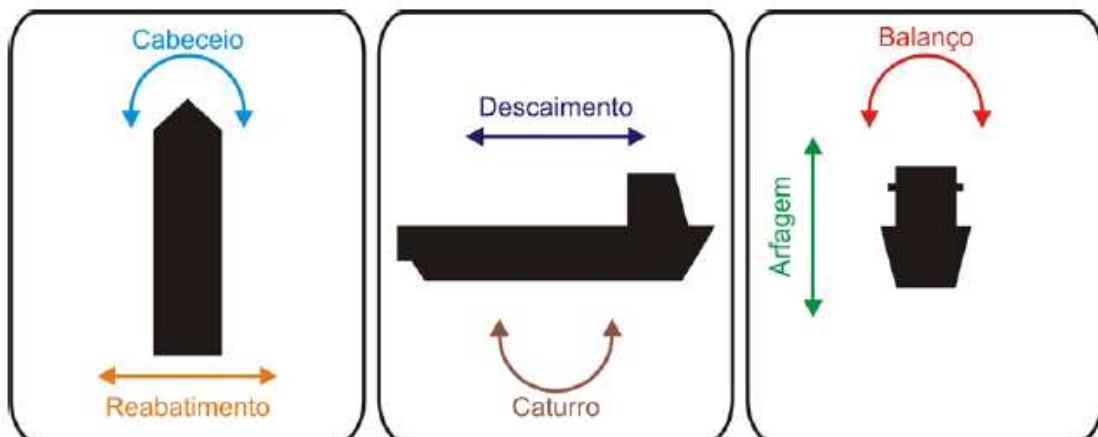
O descaimento e o reabatimento são medidos através dos sistemas de referencias.

A agulha giroscópica mede o movimento de cabeceio.

A MRU é responsável pela medição dos movimentos de balanço, caturro e arfagem.

O sistema de DP utiliza o balanço e o caturro na correção dos dados de posicionamento dos sistemas de referencia.

Figura 1 – Seis graus de liberdade



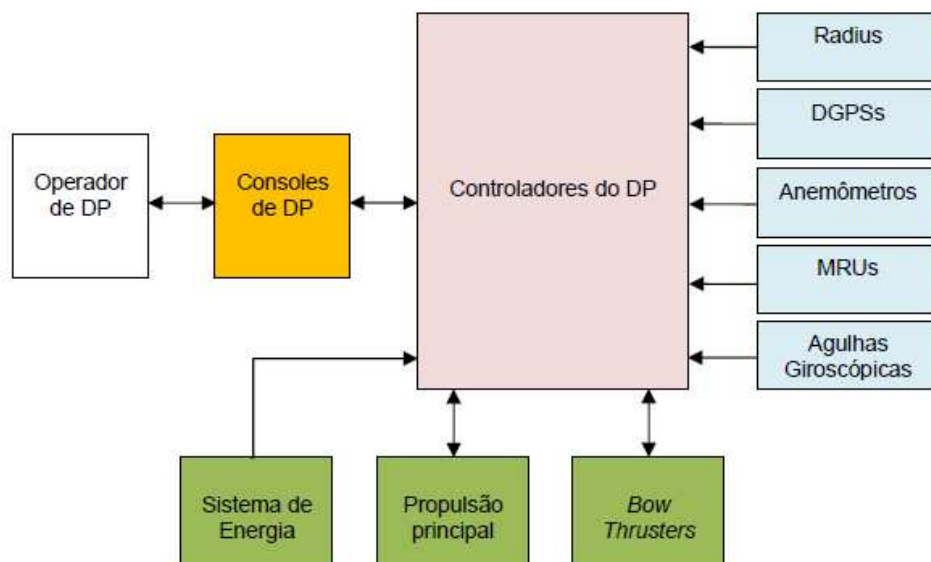
Fonte: Manual de operações de posicionamento dinâmico. LLA MARINE.

2.2 Princípios de Funcionamento

O console de DP é apenas a interface entre o operador e o sistema de DP. Em um sistema dotado de dois consoles de DP, o mesmo na eventualidade de perda de ambos os consoles, a embarcação continuara mantendo sua posição, não será possível o monitoramento ou controle do sistema.

O diagrama de bloco abaixo mostra a interligação dos componentes do sistema de DP.

Figura 2 - Diagrama de bloco



Fonte: Manual de operações de posicionamento dinâmico. LLA MARINE.

O coração do sistema de DP e o sistema de controle, que usa o Filtro Kalman Estendido para estimar o aproamento, o posicionamento e a velocidade nos três graus de liberdade controlados pelo sistema: cabeceio, reabatimento e descaimento. Além disso, também estão incorporados algoritmos que simulam o efeito da corrente e vento.

O modelo matemático da embarcação nunca é uma representação com 100% de acurácia da embarcação real, porém este é atualizado constantemente através do Filtro Kalman Estendido.

A posição e o aproamento da embarcação são mensurados pelos sistemas de referência e sensores. Os dados são comparados com a informação estimada pelo modelo matemático e atualizados para atualizar o modelo da embarcação,

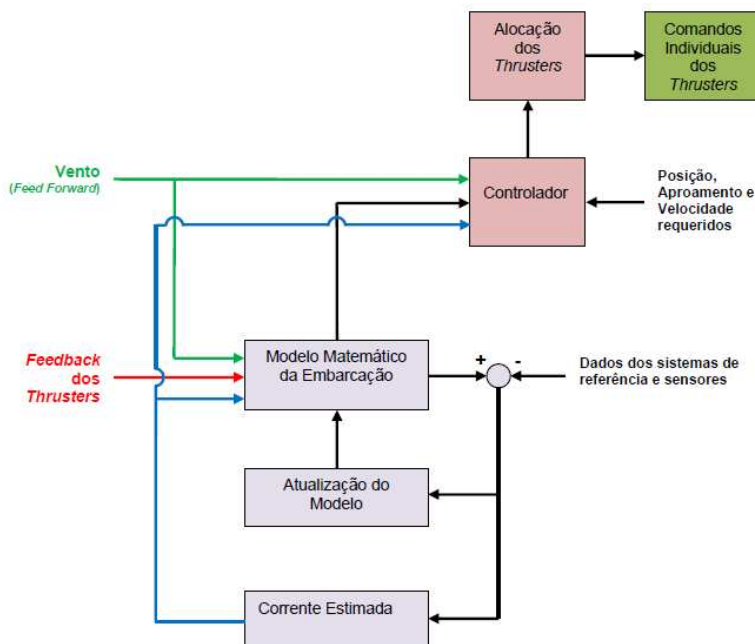
produzindo comandos para o sistema de propulsão, que agem contra os desvios de posicionamento e aproamento.

Através das informações recebidas dos anemômetros, e da função *feed forward*, o sistema de controle oferece uma força de reação compensatória imediata aplicada de acordo com a direção e intensidade do vento. Distúrbios significativos podem ser causados no posicionamento no caso dos anemômetros não estarem selecionados ou se encontrarem em áreas de sombra. As informações sobre o vento também alimentam o modelo matemático.

A diferença entre o empuxo calculado pelo modelo e a velocidade e intensidade do vento determina a força indicada como corrente do DP. Esta corrente e na verdade, o somatório de todas as forças desconhecidas e erros do modelo matemático. A lógica de alocação dos *thrusters* adapta a configuração do sistema de propulsão, que converte a resultante de força requerida pelo sistema, nas forças individuais de cada *thruster*, através de valores de comando (*setpoints*) enviados aos controladores dos *thrusters*, dando direção e velocidade para os propulsores principais e passo para os *bow tunnel thrusters*.

O diagrama abaixo mostra a lógica do sistema de DP.

Figura 3 - Diagrama de controle de DP



Fonte: Manual de operações de posicionamento dinâmico. LLA MARINE

3 CONFIGURAÇÃO DO SISTEMA

Conforme estabelecido na FMEA do sistema de DP da embarcação, durante operações de DP em classe 2, a embarcação deve estar com a seguinte configuração:

- a) Todos os geradores conectados;
- b) Disjuntor de interligação (BT 1) dos barramentos de 690 V aberto;
- c) Disjuntor de interligação (BT 2) dos barramentos de 440 V aberto;
- d) Barramento de 220 V alimentado pelo barramento de 690 V BE;
- e) Função de parada dos geradores por baixa carga automática desabilitada;
- f) Sistemas de combustível de serviço segregado entre BE e BB;
- g) Todos os equipamentos e subsistemas auxiliares operacionais;
- h) 2 x Bow Tunnel Thrusters (T1 e T2) operacionais e selecionados;
- i) 2 x Propulsores Azimutais (T3 e T4) operacionais e selecionados;
- j) 2 x Consoles de DP (OS1 e OS 2) operacionais;
- k) 2 x Controladores de DP (A e B) operacionais;
- l) 2 x DGPSs operacionais e selecionados;
- m) RADius operacional e selecionado;
- n) 3 x Agulhas giroscópicas operacionais e selecionadas;
- o) 2x Anemômetros operacionais selecionados;
- p) 2 x MRUs operacionais e selecionadas;
- q) Consequence Analysys no modo Classe 2;
- r) Joystick Independente disponível.

3.1 Sistemas de *thrusters*

Na figura 4 demonstramos os sistemas de *thrusters* de propulsão azimutal e os *bow thrusters* laterais.

Figura 4 – Sistemas de *thrusters*

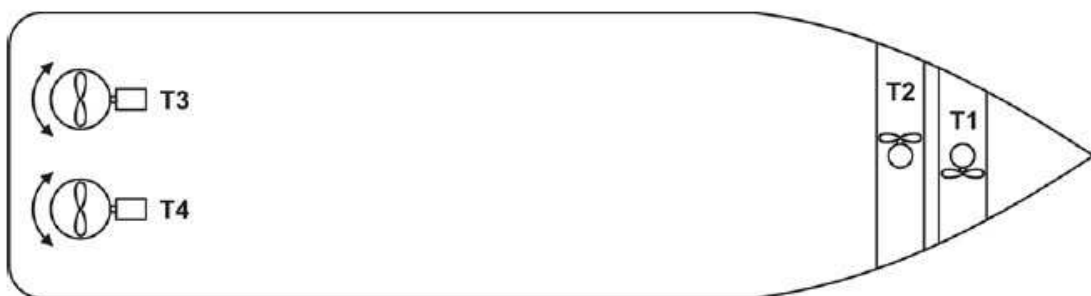
	Tipo	Localização	Passo	Velocidade	Acionamento
T1	Túnel	A vante	Controlável	Fixa	Motor elétrico AC de 600 kW
T2	Túnel	A vante	Controlável	Fixa	Motor elétrico AC de 600 kW
T3	Azimutal	A ré por BB	Fixo	Controlável	Motor elétrico AC de 1.500 kW
T4	Azimutal	A ré por BE	Fixo	Controlável	Motor elétrico AC de 1.500 kW

Fonte: Manual de operações de posicionamento dinâmico. LLA MARINE

3.2 Arranjo dos Sistemas de *Thrusters*

Podemos observar, na figura 5, o arranjo de *thrusters*, sendo os *thrusters* laterais e os *thrusters* de propulsão.

Figura 5 - Arranjo de *thrusters*



Fonte: Manual de operações de posicionamento dinâmico. LLA MARINE

3.3 Sistema de controle de Posicionamento Dinâmico

Na figura 6, são apresentados os sistemas de controle de DP, sistemas de referências, sensores ambientais e sistema de *joystick* independente.

Figura 6 - Sistema de Controle de DP

Sistema de Controle de DP	Kongsberg K-Pos DP-2			
Sistemas de Referência	Princípio	Satélite (DGPS)		Microondas
	Tipo	Absoluta		Relativa
	Modelo	Seatex DPS-200		Seatex RADIUS 1000
	Quantidade	2		1
Sensores Ambientais	Tipo	Agulha Giroscópica	Anemômetro	MRU
	Modelo	Anschutz STD 22	Observator OMC-118	Seatex MRU-D
	Quantidade	3	2	2
Sistema de Joystick Independente	Kongsberg cJoy			

Fonte: Manual de operações de posicionamento dinâmico. LLA MARINE.

4 A ANÁLISE DE TIPO E EFEITO DO MODO DE FALHA (FMEA) DO SISTEMA DE POSICIONAMENTO DINAMICO

A redundância nos sistemas e equipamentos ativos do sistema de posicionamento dinâmico é uma necessidade para todas as embarcações de DP Classe 2.

A sociedade classificadora da embarcação requer que todas as embarcações com notação de classe DP AA sejam dotadas de uma FMEA do sistema de posicionamento dinâmico de maneira a demonstrar o nível adequado de redundância do sistema.

A Análise de Tipo e Efeito do Modo de Falha (FMEA) descreve os modos de falha principais da embarcação, essencialmente:

- a) identificando os modos de operação dos equipamentos e sistemas;
- b) identificando os modos de falha potenciais e suas causas;
- c) avaliando os efeitos no sistema de cada modo de falha;
- d) identificando o pior caso de falha singular.

Nenhuma falha singular, incluindo o pior caso de falha singular deverá causar uma perda de posição ou aproamento, uma vez que a embarcação esteja corretamente configurada, mantida e dentro dos seus limites operacionais pré-estabelecidos.

Toda vez que ocorrerem mudanças significativas no projeto do sistema de DP, análises devem ser realizadas de acordo com a FMEA vigente.

Independentemente de modificações no sistema, uma revisão crítica da FMEA do sistema de DP deve ser realizada em períodos não superiores a 5 anos.

Os testes probatórios (DP FMEA *proving trials*) são realizados normalmente após a prova de mar e os testes de aceitação do cliente dos sistemas da embarcação. Em geral este é o ultimo estágio do comissionamento da embarcação. O propósito destes testes é de verificar os resultados da FMEA em relação aos modos de falha do sistema de posicionamento dinâmico. Os testes probatórios da FMEA devem ser mantidos a bordo, sendo uma via no passadiço e outra na sala de controle de máquinas.

5 ORGANIZAÇÃO, RESPONSABILIDADE E TREINAMENTO

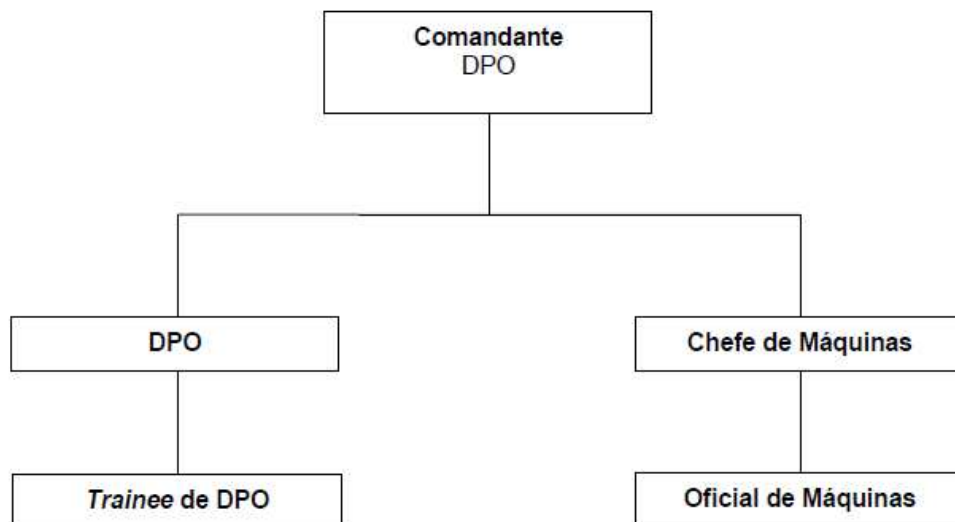
5.1 Pessoal chave

Uma operação eficiente e segura do sistema de posicionamento dinâmico depende de uma comunicação eficiente e de um trabalho em equipe. Em geral a tripulação chave de uma embarcação de apoio *offshore* e a seguinte:

- a) Comandante / DPO;
- b) DPO Oficial de Náutica;
- c) Trainee de DPO;
- d) Chefe de Máquinas;
- e) Oficial de Máquinas.

A estrutura organizacional da embarcação está representada abaixo:

Figura 7 - Diagrama organizacional



Fonte: Manual de operações de posicionamento dinâmico. LLA MARINE.

5.2 Comandante

O Comandante deve deter um certificado de competência de acordo com o STCW, emitido, endossado ou reconhecido pela Autoridade Marítima Brasileira e em conformidade com os requisitos do cartão de tripulação de segurança. Deve atender

também aos requisitos de treinamento e conhecimento do DPO e do oficial de náutica (ver seções 5.3 e 5.4).

Durante as operações o posicionamento dinâmico o Comandante deve estar apto atender a um quarto de serviço. Conduzir testes anuais de DP, liderar exercícios de DP, treinar e avaliar o nível de experiência do pessoal. O conhecimento do Comandante deve incluir capacidade de avaliação, configuração, funcionalidade, modos de falha e uso dos equipamentos e subsistemas integrantes, assim como os procedimentos e ações de emergência que possam afetar as operações de DP.

5.3 Oficial de náutica

Oficial de náutica e o oficial integrante do quarto de serviço de posicionamento dinâmico no passadiço, podendo ser este o comandante, o imediato ou oficial de quarto. Deve possuir um certificado de competência de acordo com STCW, emitido, endossado ou reconhecido pela Autoridade Marítima Brasileira, e em conformidade com os requisitos do cartão de tripulação de segurança. Deve atender ao programa de treinamento completo de operador de posicionamento dinâmico do *Nautical Institute* (seção 5.6). Ter conhecimento das características de governo, manobra e do comportamento de embarcações dotadas de vários arranjos de propulsão. Ser capaz de operar a embarcação na proximidade de instalações *offshore* outras embarcações.

5.4 Operador de posicionamento dinâmico

O DPO deve ser um oficial de náutica conforme a seção 5.3, que tenha atendido ao programa de treinamento completo do N I.

Os conhecimentos e a experiência do DPO devem incluir:

- a) Manobrar a embarcação utilizando o joystick e controles manuais;
- b) Princípios de planejamento da operação;
- c) Mudança de comando entre os diferentes modos de controle (manual, joystick independente e DP);
- d) Sistemas de propulsão, de energia e auxiliares associados;
- e) Sensores ambientais;

f) Plotagem de capacidade do DP;

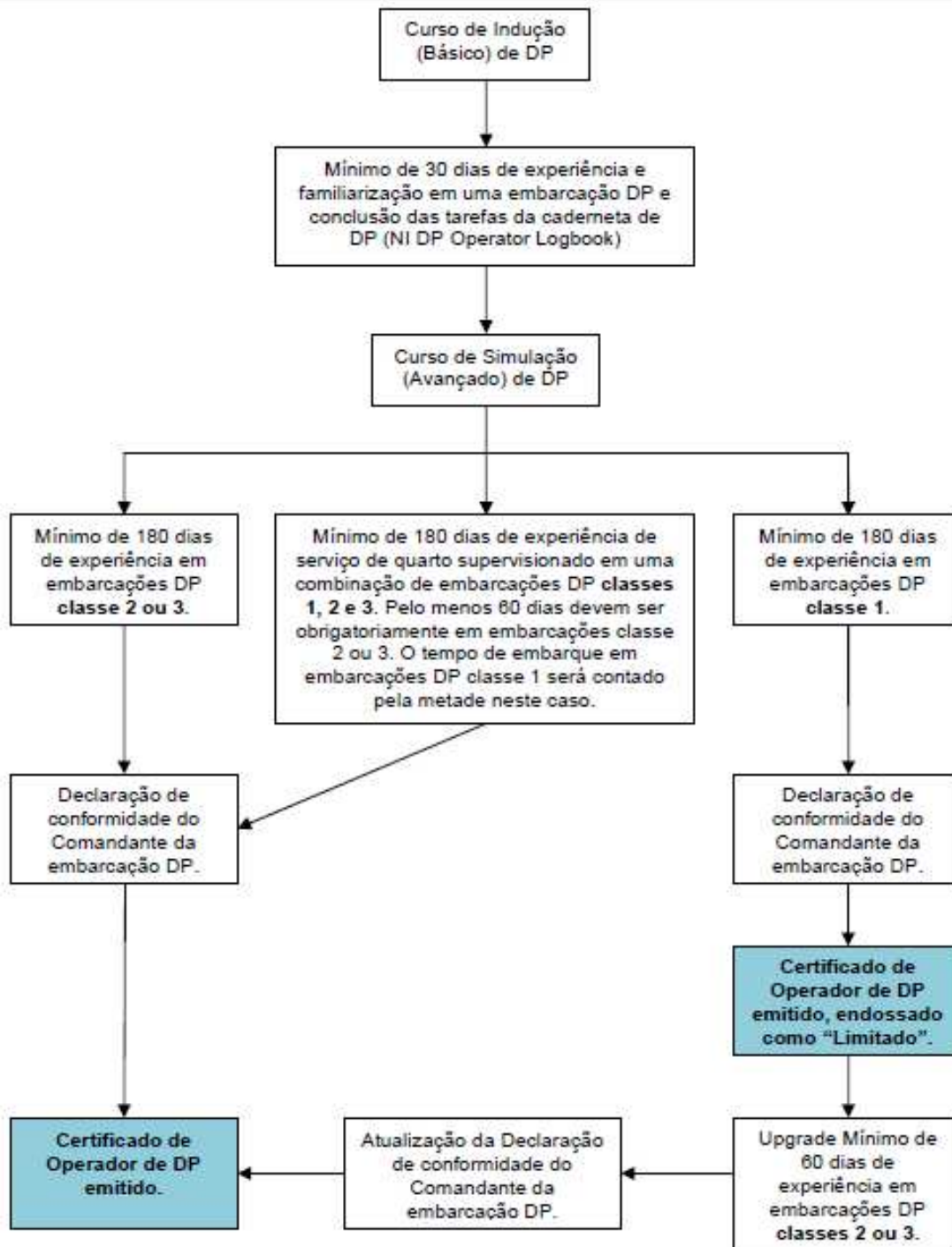
g) Procedimento de emergência e ações para as falhas no sistema de DP, incluindo, porém não limitadas a:

- Sistema de energia, geradores, thrusters;
- Sensores ambientais, sistemas de referencia;
- Controladores, consoles e feedbck;
- Estados de alerta de DP;
- Conceito de redundância do sistema de DP;
- FMEA do sistema de DP e a implicação dos modos de falha identificados;
- Testes Probatórios e Testes Anuais;
- Livro de Registro de Falhas de DP.

5.5 Programa de treinamento de DPO do *Nautical Institute*

No Programa de treinamento de DPO do *Nautical Institute* apresenta-se todo o processo para a certificação de DP Full, conforme apresentado na figura 8:

Figura 8 - Fluxograma de treinamento



Fonte: Manual de operações de posicionamento dinâmico. LLA MARINE.

5.6 Chefe de máquinas

O chefe de máquinas deve deter um certificado de competência de acordo com a Autoridade Marítima Brasileira e em conformidade com os requisitos do cartão de tripulação de segurança. Deve atender aos requisitos de treinamento e conhecimento do oficial de máquinas (seções 4.10 e 4.11).

O chefe de máquinas é o encarregado e responsável pelo departamento de máquinas que incluem os equipamentos mecânicos, elétricos e eletrônicos.

Durante as operações de posicionamento dinâmico ele deve estar apto a atender a um quarto de serviço na praça de máquinas. Deve ser capaz de executar os testes anuais de DP, de liderar, planejar e executar os exercícios de DP, treinar o pessoal novo e avaliar o nível de experiência do pessoal novo existente.

5.7 Oficial de Máquinas

O oficial de máquinas é integrante do quarto de serviço de posicionamento dinâmico na praça de máquinas, podendo ser este o chefe de máquinas, subchefe ou oficial de quarto.

Deve deter um certificado de competência de acordo com o STCW, emitido, endossado ou reconhecido pela Autoridade Marítima Brasileira e em conformidade com os requisitos do cartão de segurança da tripulação.

Devido à natureza das operações de DP, o oficial de máquinas deve estar apto a tomar decisões críticas na ausência do chefe de máquinas.

Deve estar apto a configurar e a manter os equipamentos e sistemas da praça de máquinas de acordo com os critérios de redundância e segurança necessários durante as operações de DP.

A recuperação de um possível blackout da embarcação é de responsabilidade do oficial de serviço na praça de máquinas.

Os conhecimentos e a experiência do oficial de máquinas devem incluir:

- a) Sistemas de geração e distribuição de energia e sistemas auxiliares associados;
- b) Sistema de propulsão e auxiliares associados;
- c) Redes de comunicação dos sistemas associados ao sistema DP;
- d) Sistema integrado de automação (IAS) e sistema de gerenciamento de potência.

Dentro do escopo do departamento de máquinas:

- a) Estados de alerta de DP;
- b) Emergências, que possam afetar as operações de DP, associadas diretamente ou não ao sistema;
- c) Conceito de redundância do sistema DP;
- d) FMEA do sistema DP e a implicação dos modos de falha identificados;
- e) Testes probatórios e testes anuais;
- f) Solução de falhas do sistema DP e ações corretivas;
- g) Compreensão dos critérios de redundância aplicáveis as classes de sistema de DP pela IMO, LRS e IMCA. Podem também ser incluídos critérios de outras classificadoras como DNV e ABS.

6 PLANEJAMENTO OPERACIONAL

6.1 Reunião pré-tarefa

Antes das operações de DP, é essencial que todo o pessoal chave de DP e o pessoal de convés estejam cientes de todos os aspectos das operações, incluindo os perigos envolvidos a embarcação, pessoal e equipamento, assim como a interação com outras operações nas adjacências imediatas. Todo o pessoal envolvido na operação deve estar familiarizado com todos os meios de comunicação disponíveis antes do início das operações de DP.

6.2 Operações críticas

A seguir destaca-se uma lista de operações que, devido a sua severidade, estão sujeitas a ocorrência de avaliação como grau de risco médio ou alto:

- a) Transferência de pessoal *offshore*;
- b) Transferência de cargas radioativas ou explosivas;
- c) Transferência de cargas muito pesadas ou de grandes dimensões.- Durante operações simultâneas;
- d) Em condições degradadas do sistema DP;
- e) Operações com instalações *offshore* com posicionamento por meio de “turret”;
- f) Operações próximas a “risers” de hidrocarbonetos ativos.

7 ESTADO DE ALERTA DE DP

Existem três níveis de estado de alerta de DP: as condições normais, degradadas e de emergência.

A tabela abaixo mostra os três níveis de estado de alerta para operações de DP classe 2:

Figura 9 - Estado de alerta de DP

NORMAL (Verde)	<ul style="list-style-type: none"> • Desvios de posicionamento e aproamento estão dentro de limites aceitáveis, e • Carga de energia e propulsão dentro dos limites da capacidade da embarcação, e • Condições de tempo aceitáveis, e • Risco mínimo de perda de posição e/ou colisão/abalroamento, e • Redundância do sistema de DP intacta, e • Sistema de DP está operando de acordo com os limites do pior caso de falha singular.
DEGRADADO (Amarelo)	<ul style="list-style-type: none"> • Desvios de posicionamento e aproamento acima dos limites aceitáveis por mais que períodos curtos e isolados, ou • Carga de energia e propulsão acima dos limites da capacidade da embarcação por mais que períodos curtos e isolados, ou • Condições de tempo ou outras condições são consideradas inadequadas para continuar as operações de DP, ou • Falha em equipamentos de DP que resultam na perda de redundância e a embarcação operando fora do limite do pior caso de falha singular, ou • Risco elevado de perda de posição ou colisão/abalroamento.
EMERGÊNCIA (Vermelho)	<ul style="list-style-type: none"> • Incapaz de manter o posicionamento, ou • Ameaça iminente de colisão/abalroamento, ou • Qualquer outra situação de emergência.

Fonte: Manual de operações de posicionamento dinâmico. LLA MARINE.

7.1 Resposta aos Níveis de Alerta de DP

7.1.1 Normal

- a) Nenhuma ação.
- b) Operação em progresso.

7.1.2 Degradado

Ações a serem tomadas:

- a) DPO informar ao comandante, ao convés, a praça de máquinas e a instalação *offshore*.
- b) Oficial de máquinas informar o passadiço (para falhas de equipamentos da máquina).
- c) Dependendo das circunstâncias do estado degradado e da avaliação do pessoal chave de DP, suspender a operação e se afastar.
- d) Realizar uma análise de risco da situação para determinar se a operação poderá continuar ou ser abortada.

A continuidade da operação em estado degradado é considerada como uma operação em modo de DP classe 1 onde uma falha singular pode causar a perda da posição da embarcação.

Para a execução de uma operação em estado degradado deve ser considerada a aprovação da gerência operacional da empresa, do cliente e da instalação *offshore*.

Os seguintes itens podem ser considerados na mitigação destes riscos:

- a) Realocação da embarcação para o bordo favorável de operação;
- b) Aumentar a distância de separação da unidade marítima;
- c) Alterar o aproamento;
- d) Solicitar mudança de aproamento da unidade marítima.

7.1.3 Emergência

Ações a serem tomadas:

- a) Notificar imediatamente a situação de emergência ao convés, praça de máquinas e a instalação *offshore*;
- b) Abortar a operação imediatamente;
- c) Tomar as medidas necessárias para evitar uma colisão/abalroamento, danos ambientais e principalmente manter a segurança da embarcação e tripulação.

As ações de resposta a um alerta de emergência devem sempre evitar ou minimizar danos na seguinte prioridade:

- a) 1° Vida humana
- b) 2° Meio ambiente
- c) 3° Avarias a embarcação, equipamentos ou instalações *offshore*.

8 SITUAÇÕES DEGRADADAS E DE EMERGÊNCIA

8.1 Desvios de Posição e Aproamento

Na ocorrência de desvios de posição e aproamento acima dos limites, não sendo estes por períodos curtos e isolados, a embarcação é considerada como em estado degradado de DP.

Sendo estes desvios extremamente acentuados e estando a embarcação na iminência de ficar fora de controle, a embarcação é considerada como em estado de emergência.

8.2 Desvios entre comando e *feedback*

Desvios entre o comando e *feedback* do RPM/pitch ou azimute dos *thrusters* podem ocorrer durante as operações de DP. Estes desvios de comando/feedback dos *thrusters* podem levar a desvios de posição e demanda excessiva de carga do sistema de energia.

No evento de uma falha sinal de no comando ou *feedback* dos *thrusters*, a carga (KW) pode ser observada no IAS, no intuito de se estimar o feedback de passo ou velocidade dos *thrusters*. A perda de um *thruster* coloca a embarcação em estado degradado de DP.

8.3 Perda de redundância

A falha de qualquer subsistema ou equipamento do sistema de DP é considerada como uma perda de redundância, que é significativa e considerada como um estado degradado, quando uma falha subsequente pode causar a perda de posição, ou seja, excede o pior caso de falha singular.

Entre outros, são considerados perdas de redundância significativas (que causam um estado degradado);

- a) Perda de um *thruster*;
- b) Perda de uma rede do IAS/PMS ou do sistema de controle de DP;
- c) Perda de um controlador do sistema DP;
- d) Perda de um gerador.

São exemplos de perdas de redundância menores (que não causam direta ou imediatamente de um estado degradado).

- a) Perdas de uma bomba de arrefecimento de um sistema;
- b) Perda de um compressor de ar;
- c) Perda de um console de IAS da sala de controle de máquinas.

8.4 Perda de referências

A embarcação é dotada de três sistemas de referência: dois absolutos e um relativo. A perda permanente de qualquer uma referências coloca a embarcação em estado degradado de DP.

Mesmo dotada de dois DGPS, sendo este sistema baseado num mesmo princípio, uma perda simultânea dos dois sistemas pode ocorrer, principalmente durante períodos de cintilação.

Nem sempre ao se perder uma referência, o sistema de controle de DP desabilita a referência, podendo fazer somente a rejeição da referência. A perda de todas as referências é uma emergência de DP, podendo ocorrer ao operar a embarcação em estado degradado.

8.5 Blackout

8.5.1 Blackouts parciais

Blackouts parciais podem ocorrer durante as operações de DP e estão dentro do critério de falha singular da embarcação.

São considerados *blackout* parciais.

- a) Perda dos barramentos 690 V BB/BE;
- b) Perda dos barramentos 440 V BB/BE;
- c) Perda dos barramentos principal 230 V;
- d) Perda dos barramentos de emergência 440/230 V.

As consequências dos blackouts parciais devem estar detalhadas no FMEA.

As interligações dos barramentos de 690 V ou 440 V nunca devem ser fechadas durante as operações de DP, a intenção de se restabelecer um blackout

parcial, pois tal procedimento poderá transferir uma falha de um barramento para outro e causar um blackout total.

8.5.2 Blackout total

Mesmo o modo de operação normal da embarcação sendo com as interligações (*bus ties*) dos barramentos de 690 V abertos, blackout totais podem ocorrer devido as falhas humanas, erros de configurações e falhas na manutenção.

Quando a embarcação não é dotada de um sistema de recuperação automática de blackout, todos os oficiais de máquinas devem estar familiarizados com o procedimento e a condução de uma recuperação de blackout.

8.6 Drive Off

O *drive off* é uma falha do sistema caracterizada por uma força imprópria e indesejada sendo aplicada a um ou mais *thrusters*.

Os *drive offs* podem ser causados por falha de hardware ou software, mau funcionamento de sistemas de referências, mau funcionamento de sensores ou erro do operador (como não desabilitar um anemômetro durante um pouso de uma aeronave).

Durante um *drive off* o status de alerta de DP é de emergência.

8.7 Drift Off

O *drift off* é uma falha do sistema caracterizada por uma perda total ou parcial da propulsão deixando a embarcação à deriva.

Pode ser causada pela perda de um ou mais geradores, barramentos, *thrusters* ou uma falha do sistema de controle DP.

Nas falhas do sistema de controle, o comando pode ser passado pelo DPO para o joystick independente ou para o modo manual.

Durante um *drift off* o estado de alerta de DP é de emergência.

8.8 Emergência da Embarcação

No caso de emergência da embarcação durante as operações de DP, como um incêndio, a operação deve ser suspensa e a embarcação deve se afastar da instalação *offshore*.

As ações de resposta a emergência devem ser realizadas de acordo com os procedimentos de resposta a emergência do Sistema de Gerenciamento de Segurança da embarcação.

Caso necessário, a embarcação deve sair da zona de segurança de 500 metros da instalação *offshore*.

8.9 Recuperação e restabelecimento de equipamento após falha

Durante um estado de emergência todo o esforço deve ser feito pelo pessoal chave de DP para a recuperação ou reestabelecimento dos equipamentos de DP, no intuito de se manter a segurança da embarcação e da tripulação.

Durante a perda de redundância, as causas das falhas e seus status devem ser avaliados antes da recuperação ou restabelecimento dos equipamentos.

O reestabelecimento de equipamentos com falhas ativas pode causar a perda de outros equipamentos ou sistemas, podendo causar até uma perda de posição.

O equipamento reestabelecido só deve ser colocado novamente em operação após estar livre de alarmes/advertências e corretamente configurado.

Preferencialmente, porém conforme avaliação do DPO ou Oficial de Máquinas, a embarcação deve se afastar a uma distância segura da instalação *offshore* antes do reestabelecimento de um equipamento que falhou.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As operações de posicionamento dinâmico classe DP 2 ampliam os conceitos de segurança, assim como da redundância, que a habilidade de um componente ou sistema de manter ou restaurar sua funcionalidade, na ocorrência de uma falha singular.

Algumas instalações *offshore* já operam em posicionamento dinâmico em níveis bem superiores, porém as mais utilizadas pelas embarcações de apoio marítimo são a de DP 1 e 2, por isso a necessidade dos Oficiais de Máquinas e Náutica se familiarizarem com estes sistemas.

Este trabalho pretendeu mostrar a responsabilidade do pessoal chave envolvido nas operações e algumas situações de emergência e falhas que podem ocorrer durante elas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IMCA. M 117. Treinamento do pessoal chave de DP. Londres: 2008.

IMCA. M 103. Orientações para projeto e operação de embarcações com posicionamento dinâmico. Seção 1.5 – Operação, Treinamento de Documentação. Londres: 2007.

IMCA. M 178. Guia de Gerenciamento de FMEA. Londres: 2005.

LLA Marine. Manual de Operações de Posicionamento Dinâmico: 2012.

IMO. ISM CODE. International Safety Management Code. Seções 6, 7 e 10.3. Londres: 2010.

Marinha do Brasil. Diretoria de Portos e Costas. NORMAM 1. Embarcações empregadas na navegação de mar aberto. Rio de Janeiro: 2011.

Nautical Institute. The Nautical Institute Dynamic Positioning Operator's Certificate. Londres: 2012.