MARINHA DO BRASIL CENTRO DE INSTRUÇÃO ALMIRANTE GRAÇA ARANHA CURSO DE APERFEIÇOAMENTO PARA OFICIAL DE MÁQUINAS - APMA.1/2019

RENATO AFONSO RIBEIRO JUNIOR

MOTORES MARÍTIMOS DE PROPULSÃO CONTROLADOS ELETRÔNICAMENTE

RIO DE JANEIRO

RENATO AFONSO RIBEIRO JUNIOR

MOTORES MARÍTIMOS DE PROPULSÃO CONTROLADOS ELETRÔNICAMENTE

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

Orientador: Ramessés Cesar da Silva Ramos

RIO DE JANEIRO

RENATO AFONSO RIBEIRO JUNIOR

MOTORES MARÍTIMOS DE PROPULSÃO CONTROLADOS ELETRÔNICAMENTE

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

Data da Aprovação: ____/___/

Orientador: (nome completo com titulação)

Assinatura do Orientador

NOTA FINAL:_____

Assinatura do Aluno

Dedico este trabalho inicialmente ao meu pai, pois mesmo não estando mais neste plano, ele com certeza olha por mim a todo momento. A minha família e a minha esposa, por me apoiar, suportar minhas ausências e sempre acreditar no meu sucesso.

RESUMO

A indústria marítima mundial é dinâmica e exige constantemente sistemas de propulsão mais competitivos, buscando uma alta potência nos seus motores e menor consumo de combustível e óleo lubrificante. Ao mesmo tempo, para se adequar às regras de emissões da IMO, lançam mão de uma maior flexibilidade em relação de ajuste de parâmetros. Isso que requereu uma avaliação dos padrões de design, layout e principalmente dos controles utilizados anteriormente nos motores marítimos. Esta mudança tem acontecido de forma muito rápida, os fabricantes têm corrido incansavelmente buscando soluções para a poluição do ambiente marinho, que tem sido uma preocupação mundial nos dias atuais. Ao mesmo tempo os projetistas vêm procurando uma maior eficiência dos motores sem abrir mão de potência e confiabilidade. Isso fez com que os sistemas de propulsão tenham evoluído de maneira exponencial num prazo de algumas décadas. Cabe ao trabalhador marítimo, ao Oficial e aos Praticantes de Máquinas, estarem sempre em busca de atualizações para se adequar às novas tecnologias e consigam encarar o trabalho em um navio moderno sem medos. O objetivo deste trabalho é trazer uma pequena parcela desta tecnologia embarcada para acesso aos estudantes do CIAGA. Será abordado o histórico dos motores diesel, histórico dos motores marítimos, as novas tecnologias e os motores marítimos eletronicamente controlados.

Palavras-chave: Motores. Motor Diesel. MAN B&W. Marinha Mercante. Tecnologia.

ABSTRACT

The shipping industry is dynamic and requires constantly new competitive propulsion systems, looking for a high engine power with a low fuel and lubricant oil consumption. In the same way, they are looking for adapting to new IMO emission rules, look for a flexibility and engine parameters adjustment. This required a new research for design, layout and control systems utilized previously on the maritime engines. It is changing quickly and the manufacturers are looking for a higher engine 's efficiency without forget power and reliability. This thing maked the maritime engine evolution exponentially rise up in a little space of time. It's important for engineer and engineer cadet always stay looking for updates, to learn these new technologies and be able to develop a good job in the ship, without fear. The purpose of this paper is showing a little piece of this new technologies to CIAGA's students access. It will abord the diesel engine's historic, the maritime engine's historic, and the electronic controlled engines on the ships

Keywords: Engines. Diesel Engine. MAN B&W. Merchant Navy. Technology.

LISTA DE FIGURAS/ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Primeiro motor Diesel	15
Figura 2 - Motor marítimo moderno	18
Figura 3 - Fluxo de óleo hidráulico	21
Figura 4 - Hydraulic power Supply	22
Figura 5 - Unidade de filtros	23
Figura 6 - Bombas hidráulicas acionadas eletricamente	24
Figura 7 - Bombas hidráulicas acopladas	26
Figura 8 - Bloco de segurança e acumuladores	27
Figura 9 - Seção de rede de alta pressão	29
Figura 10 - Sensores de vazamento	29
Figura 11 - Hydraulic cylinder unit	
Figura 12 - Bloco de distribuição	31
Figura 13 - Válvulas do bloco de distribuição	
Figura 14 - Válvula FIVA	
Figura 15 - Injeção de óleo combustível	34
Figura 16 - Abertura da válvula de descarga	
Figura 17 - Sistema de lubrificação de cilindros	
Figura 18 - Entradas e saídas de uma MPC	43
Figura 19 - Multi purpose controller	44
Figura 20 – Diagrama do sistema de controle	45
Figura 21 - Tela exemplo de alarmes	49
Figura 22 - Tela de operação do motor	53
Figura 23 - Tela Status	66
Figura 24 - Process adjustment	70
Figura 25 - Cylinder lubrication	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Legenda dos símbolos e cores de alarmes	.48
Tabela 2 - Símbolos de alarme da tela do MOP	.49
Tabela 3 - Estados do controle de RPM	.57
Tabela 4 - Limitadores de injeção de combustível	.59
Tabela 5 - Simbologia do modo de testes	.83
Tabela 6 – Causas e efeitos no supervisório	.87

SUMÁRIO	10
1 INTRODUÇAU	10
2 MOTORES	12
2.1 História do motor diesel	12
2.2 O Primeiro motor Diesel	13
2.3 Motor Diesel na marinha mercante	16
3 MOTORES ELETRONICAMENTE CONTROLADOS	19
3.1 Motores Eletrônicos da MAN	20
4 HPS – HYDRAULIC POWER SUPPLY	21
4.1 Unidade de filtros	22
4.2 Bombas hidráulicas com acionamento elétrico	23
4.3 Bombas hidráulicas acopladas, acionadas pelo motor	25
4.4 Bloco de segurança e de acumuladores	26
4.5 Redes de alta pressão	
4.6 Bandejas e sensor de vazamento	29
5 HCU – HYDRAULIC CYLINDER UNIT	
5.1 Bloco de distribuição	31
5.2 Válvula <i>FIVA</i>	32
5.3 Injeção de óleo combustível	33
5.4 Abertura da válvula de descarga	35
5.4 Lubrificação dos cilindros	
6 SISTEMA DE CONTROLE ELETRÔNICO	
6.1 ECS – Engine Control System	
6.2 Sequência de trabalho normal	
6.3 Placas eletrônicas multipropósito (MPC)	42
6.4 Diagrama do sistema de controle	45
7 SISTEMA SUPERVISÓRIO	46

7.1 Gerenciamento de alarmes	46
7.1.1 Alarm List	46
7.1.2 Event Log	50
7.1.3 Manual Cut-Out list	50
7.1.4 Channel list	51
7.2 Tela Engine	51
7.2.1 Tela operation	52
7.2.1 Tela status	61
7.2.2 Tela Process Information	66
7.2.3 Process adjustment	67
7.3 Auxiliaries	70
7.3.1 Hydraulic System	71
7.3.2 Scavenge Air	73
7.3.3 Cyinder lubrication	75
7.4 Maintenance	78
7.4.1 System view I/O test	79
7.4.2 Network status	80
7.4.3 Function test	81
7.4.4 Troubleshooting	85
7.5 Failure mode and effect analysis	86
8 CONSIDERAÇÕES FINAIS	89
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

1 INTRODUÇÃO

O principal meio de propulsão dos navios mercantes há mais de um século tem sido principalmente o motor diesel marítimo, que hoje em dia é predominantemente de baixa velocidade, de dois tempos, com cruzeta, reversível, turbo alimentado e eletronicamente controlado. Os motores de baixa velocidade são, devido ao seu tamanho, máquinas mais eficientes termicamente, e devido à quantidade de cilindros e de partes móveis são suficientemente confiáveis para serem empregados num navio mercante.

O ciclo de dois tempos, mais utilizado nos dias atuais, é aplicado para maximizar a relação potência-peso, minimizar o tamanho do motor e para aplicabilidade da reversão.

Devido a baixa velocidade requerida no hélice e velocidade finita máxima alcançável do pistão, o motor apresenta na sua concepção uma relação muito alta entre curso e diâmetro, que por sua vez, se tornou a principal razão para o design e conceito de cruzeta. Sendo um motor dois tempos e tipicamente de curso longo do pistão, o motor marítimo é invariavelmente instalado com turbo compressores. Finalmente, a demanda pela flexibilidade de ajuste do motor, otimizando-o em toda faixa de carga, da mais baixa à mais alta, dita o uso do controle eletrônico do mesmo.

Os requisitos de mercado para um motor diesel marítimo de dois tempos são profundamente diferentes de outros segmentos, como por exemplo a indústria automotiva. O projetista do motor é obrigado a selecionar a potência exata na velocidade correta, já que o motor está diretamente conectado ao hélice do navio, sem uma caixa de engrenagens. Esta característica dos motores marítimos, aliado à baixa demanda e volumes de produção (característicos do mercado de construção naval mundial), torna o motor de baixa velocidade um produto altamente personalizado, feito sob medida para cada aplicação.

Requisitos igualmente importantes são compartilhados com outras indústrias de motores e incluem emissões de gases (aderindo a regulamentos), consumo de

combustível e óleo lubrificante, confiabilidade, facilidade de manutenção e custo de fabricação. Durante a fase de desenvolvimento, o projetista dos motores tenta equilibrar esses requisitos, otimizando uma coisa em detrimento de outras, como confiabilidade versus custo de fabricação, consumo de combustível versus emissões de gases, simplicidade e facilidade de serviço versus modernidade, sofisticação e tecnologia flexível.

Partindo da complexidade dos meios de propulsão atuais, objetivo deste trabalho é apresentar uma visão geral do desenvolvimento tecnológico dos motores Diesel, principalmente os motores marítimos de dois tempos de baixa rotação, com a finalidade final de apresentar os motores diesel eletronicamente controlados. Terão ênfase os motores do fabricante MAN B&W da linha ME, pois, por se tratar de um trabalho descritivo, pretendo explanar sobre os manuais do produto, acrescidos da experiência que tive ao trabalhar com esse tipo de motor. Espero que este trabalho sirva como uma pequena introdução para os alunos da EFOMM, de quão modernos serão os motores que eles poderão vir a trabalhar à bordo.

2 MOTORES

O motor de combustão interna é um conjunto de componentes que se combinam entre si, com a finalidade de transformar a energia calorífica da combustão da mistura de ar e combustível, em energia mecânica capaz de efetuar trabalho.

O combustível misturado com o ar inflama dentro da câmara de combustão que fica no cabeçote, movimentando os êmbolos dentro dos cilindros no bloco do motor. O movimento gerado nos êmbolos é o que proporcionará a força para acionar as rodas e movimentar o veículo. A combustão é o processo químico da ignição de uma mistura de ar e combustível.

Para aplicações navais, basicamente são usados somente um tipo de motor de combustão interna: operado pelo ciclo Diesel. Umas das principais diferenças entre este tipo de motor e os demais é que no motor Diesel a mistura de ar e combustível é feita dentro do cilindro

O trabalho gerado pelos motores à bordo não servem só para mover o navio, como também para acionar geradores, que alimentam eletricamente todo o navio. Através da eletricidade podemos realimentar os sistemas de suporte do motor Diesel: sistema de lubrificação, arrefecimento, óleo combustível e etc.

2.1 História do motor diesel

Rudolf Diesel, é o pai do motor diesel (que leva o seu nome como homenagem), filho de uma governanta professora de línguas e de um artista, nasceu em Paris no ano de 1858. Após ser deportado junto de sua família, por razão da Guerra Franco-Prussiana, Rudolf foi tentar a vida em Londres. Após alguns anos, retorna à cidade natal de seu pai, Augsburg, em que começa a estudar na Royal County Trade School. Posteriormente, ganha uma bolsa de estudos na Technische Hochschule of Munich, e acaba se tornando um aluno brilhante, conhecendo Carl von Linde, que era um dos inventores pioneiros no assunto da refrigeração, que o toma como seu protegido.

Na Suíça, se torna um maquinista e designer, assim como também se aproximou das áreas da arte e da política, aprendendo e se aperfeiçoando na área da refrigeração, o que sem sombra de dúvidas irá lhe ajudar a desenvolver o primeiro motor a diesel.

O primeiro motor a diesel foi criado em 1893, com uma tecnologia pouco complexa, mas que representava um grande avanço para a época. As intenções de Rudolf, o seu criador, eram as de levar seu motor para ser utilizado na indústria naval da Inglaterra. Neste primeiro motor a diesel, o combustível utilizado para alimentá-lo foi o óleo vegetal, mas atualmente, o combustível utilizado é o óleo diesel, que nada mais é do que um hidrocarboneto resultante da destilação do petróleo exposto à temperaturas de 250°C e 350°C.

A evolução do motor a diesel teve início no final do século XIX, após o primeiro protótipo ter sido inventado, perpetuando-se pelo século XX, quando, aos poucos, o óleo vegetal foi sendo substituído por um novo composto, derivado do petróleo, que foi chamado de óleo diesel. Nos anos 1970, por causa do aumento no preço do petróleo devido a conflitos mundiais, as pesquisas para retomar o óleo vegetal para ser usado nos motores a diesel voltam a ganhar força.

Nos anos 1980, novamente há um declínio do interesse pelos óleos vegetais, que voltariam com força novamente por questões ambientais nos anos 1990 e nos dias atuais.

2.2 O Primeiro motor Diesel

Diesel procurou empresas e fábricas que construíssem seu motor. Com a ajuda de Moritz Schröter e Max Friedrich Gutermuth, ele conseguiu convencer tanto a Krupp em Essen quanto a Maschinenfabrik Augsburg. Os contratos foram assinados em abril de 1893, e no início do verão de 1893, o primeiro protótipo do

motor Diesel foi construído em Augsburg. Em 10 de agosto de 1893, ocorreu a primeira ignição, o combustível usado era gasolina. No inverno de 1893/1894, a Diesel redesenhou o motor, que resultou no segundo protótipo. Em 17 de fevereiro de 1894, o motor reprojetado funcionou por 88 revoluções - um minuto; com essa notícia, as ações da Maschinefabrik Augsburg aumentaram em 30%, indicando as tremendas demandas antecipadas por um motor mais eficiente. Em 26 de junho de 1895, o motor alcançou uma eficiência efetiva de 16,6% e teve um consumo de combustível de 519 g \cdot kW⁻¹ \cdot h⁻¹. No entanto, apesar de provar o conceito, o motor causou problemas e Diesel não conseguiu obter progressos substanciais. Portanto, Krupp considerou a rescisão do contrato que eles fizeram com a Diesel. Diesel foi forçado a melhorar o design de seu motor e correu para construir um terceiro protótipo de motor. Entre 8 de novembro e 20 de dezembro de 1895, o segundo protótipo havia coberto com sucesso mais de 111 horas na bancada de testes. No relatório de janeiro de 1896, isso foi considerado um sucesso.

Em fevereiro de 1896, Diesel considerou a sobrecarga do terceiro protótipo. Imanuel Lauster, que foi ordenado a desenhar o terceiro protótipo, havia terminado os desenhos em 30 de abril de 1896. Durante o verão daquele ano, o motor foi construído e concluído em 6 de outubro de 1896. Os testes foram conduzidos até o início de 1897. Primeiros testes públicos começaram em 1º de fevereiro de 1897. O teste de Moritz Schröter em 17 de fevereiro de 1897 foi o principal teste do motor de Diesel. O motor foi avaliado em 13,1 kW com um consumo específico de combustível de 324 g \cdot kW⁻¹ \cdot h⁻¹, resultando em uma eficiência efetiva de 26,2%. Em 1898, Diesel havia se tornado milionário.

Abaixo segue a foto do primeiro motor Diesel (1897)





Fonte: https://www.uniquecarsandparts.com.au/history_diesel.php (Acesso: 06/05/19)

2.3 Motor Diesel na marinha mercante

O motor diesel dominou o segmento dos navios mercantes desde os primeiros navios a motor (1912 - o navio cargueiro e de passageiros "Selenadia" tinha a propulsão composta por dois motores "Burmeister & Wain" com 8 cilindros de 530mm de diâmetro e curso de 730mm, cada um entregando uma potência de 920kW a 140 r.p.m.)

O navio mais antigo movido a motores foi o "Romanga" construído em 1910 pela "Cantieri Naval Riuniti" possuía na sua propulsão 2 hélices, dois motores de 4 cilindros, fabricados pela Sulzer, que já possuíam janela de admissão na camisa. Cada motor entregava a potência de 280kW a 250rpm, com diâmetro de 310mm e 460mm de curso. O navio-tanque Anglo-saxão "Vulcanos" de 1189 DWT, com um único hélice, alimentado por um motor de 6 cilindros de quatro tempos que entregava 370kW (400mm de diâmetro e 600mm de curso) foi colocado em serviço em 1910. Este foi o primeiro navio a motor que recebeu a aprovação da Lloyd Register Of Classification.

Entre as duas guerras mundiais, o uso de motores de combustão na frota oceânica expandiu de 1,3% para 25%. Em 1939, uma taxa estimada de 60% de navios recém construídos nos estaleiros do mundo, eram embarcações a motor, em comparação com apenas 4% em 1920.

No final de 1920, os maiores motores eram os modelos de 5 cilindros da Sulzer com diâmetro de 900 mm (80 kW a 3429 rpm) construído sob licença por John Brown no Reino Unido. Estes motores S90 eram específicos para os três navios da classe "Rangitiki", desde 1929.

A adoção do ciclo de dois tempos pela Sulzer em 1905 aumentou consideravelmente a potência do motor. A lavagem "Scavenging" introduzida em 1910 eliminou a necessidade de válvulas de troca de gás no cabeçote para criar um conceito simples, sem válvulas, que se manteve como característica dos motores Sulzer de dois tempos durante 70 anos (A mudança para ar de lavagem de sentido único veio apenas com os motores da série RTA em 1982 devido ao grande curso

do pistão - foi necessário para obter uma alta eficiência na propulsão em baixas rotações - com isso, o modelo anterior se tornou inadequado sem válvulas).

A tecnologia de testes em motores tipo protótipos teve um papel muito importante explorando o potencial de eficiência térmica e concentração de potência.

Um fator importante para aumentar a força e reduzir o tamanho e peso dos motores foi a adoção dos turbocompressores. O aumento da pressão em vários sentidos foi adotado pela maioria dos fabricantes de motores durante os anos 1920 a 1930 para assegurar a eliminação e lavagem adequadas: compressores de ar acionadas pelo eixo de cames, compressores de ar laterais acionados de maneiras diversas, sopradores auxiliares do tipo conectado ou independentes.

Em 1950/1951 MAN foi a pioneira no teste e introdução do turbocompressor de alta pressão para motores de velocidade média, com isso a pressão para lavagem foi aumentada consideravelmente. A crescente eficiência dos turbocompressores e o desenvolvimento de equipamentos auxiliares em meados da década de 1950, tornaram possível a introdução de superturbinas para os fabricantes de motores de dois tempos de grande porte.

A partir de então os fabricantes exploraram a configuração básica comum: motores de dois tempos, com cruzetas, com lavagem de sentido único usando uma única válvula de descarga no cabeçote, operada hidraulicamente, sobrealimentação de pressão constante explorando cada vez mais a razão curso/diâmetro (acima de 4,4:1) e baixas velocidades de operação, acoplados diretamente ao hélice, diâmetros variando entre 260mm a 1080mm, com um número possível de 4 a 14 cilindros e velocidades nominais entre 55rpm e 250rpm.

Abaixo a imagem da seção transversal de um motor MAN S50ME-B.



Figura 2 - Motor marítimo moderno

Fonte: MAN B&W Instruction Book 'Operation' for 50-108ME/ME-C Engines Volume I

3 MOTORES ELETRONICAMENTE CONTROLADOS

O conceito de motor ME diz respeito principalmente ao uso de um sistema hidráulico mecânico para a atuação das bombas de injeção de combustível e das válvulas de exaustão, controlado eletronicamente por um sistema de controle baseado em computador. O sistema de ar de partida também é controlado eletronicamente pelo sistema de controle ME.

O atuador da injeção de combustível e o acionamento da válvula de de escape requerem um sistema hidráulico como fonte de alimentação, projetada com toda a funcionalidade necessária. O sistema hidráulico usado no motor ME é o HPS (Hydraulic Power Supply).

Com referência a esse sistema, o layout do circuito de óleo é explicado a mais a frente.

O óleo lubrificante do sistema (principal) é também usado como óleo hidráulico. O óleo é filtrado pela unidade de filtro adequada para uso em um sistema hidráulico. O óleo é depois pressurizado pelas Bombas Acionadas pelo Motor, quando o motor está girando, ou pelas Bombas Elétricas, quando o motor estiver parado. No bloco de segurança há acumuladores, que garantem um suprimento de óleo estável às unidades do cilindro hidráulico (*HCU – Hydraulic Cylinder Unit*).

Cada cilindro possui uma *HCU*. A *HCU* compreende um bloco de distribuição, que contém o impulsionador de pressão do óleo combustível ativado hidraulicamente e o atuador da válvula de descarga. Nele também estão as válvulas de controle (válvula *FIVA – Fuel Injection & Valve Actuator*) e os acumuladores. O bloco conecta o suprimento de óleo de alta pressão para o sistema de injeção de óleo combustível e sistema de atuação da válvula.

O sistema de injeção de óleo combustível consiste na bomba *booster* de óleo combustível atuada hidraulicamente, as redes de alta pressão e os bicos injetores.

O sistema de atuação da válvula de escape consiste em um atuador de válvula de escape associado à uma válvula de controle, as barras de pressão de óleo (tubo de alta pressão), e finalmente a válvula de descarga em si.

Os bicos injetores e as válvulas de descarga hidraulicamente atuadas são semelhantes às a dos motores MC.

3.1 Motores Eletrônicos da MAN

A MAN Diesel desenvolveu tanto o hardware quanto o software aplicado em seus motores, a fim de obter uma solução integrada para o sistema de controle do motor.

O "booster" de óleo combustível do motor consiste em um simples êmbolo acionado por um pistão hidráulico ativado pela pressão de óleo. A pressão de óleo é controlada por uma válvula direcional eletronicamente comandada.

As válvulas de descarga são abertas hidraulicamente por meio do atuador de dois estágios ativado pelo óleo de alta pressão vindo de uma válvula proporcional eletronicamente controlada. As válvulas de descarga são fechadas pelo "ar de mola".

O óleo utilizado no sistema hidráulico para acionamento das partes é o mesmo óleo lubrificante. Ele é filtrado e pressurizado através de uma unidade chamada HPS (Hydraulic Power Supply Unit), que é montada no motor ou na praça de máquinas.

As válvulas de ar de partida são abertas pneumaticamente através de válvulas "On/Off" controladas eletronicamente, que tornou possível dispensar o distribuidor mecânico de ar de partida.

Através do controle eletrônico da injeção de óleo combustível e controle das válvulas de descarga, de acordo com o a posição instantânea e constantemente medida no virabrequim o ECS (Engine control System) consegue ajustar totalmente o processo de combustão.

A flexibilidade do sistema é obtida por meios de diferentes "modos de funcionamento" que podem ser selecionados automaticamente ou dependendo das condições de operação, manualmente de acordo com os objetivos do operador. O modo de funcionamento básico é "economia de combustível" para cumprir com as limitações de emissões de NOx da IMO.

Durante o desenvolvimento da monografia, será descrito e demonstrado os sitemas que compõem esta nova tecnologia

4 HPS – HYDRAULIC POWER SUPPLY

A função da unidade HPS (*Hydraulic Power Supply*) é entregar a pressão de trabalho e fluxo de óleo hidráulico para o sistema de injeção de óleo combustível e o sistema de atuação da válvula de descarga, esteja o motor em *stand-by* ou em funcionamento.

O fluxo do óleo hidráulico segue o seguinte diagrama



Figura 3 - Fluxo de óleo hidráulico

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 06/05/2019)

A HPS é formada pelos elementos:

- a) Unidade de filtragem
- b) Bombas hidráulicas de partida eletronicamente acionadas ou bombas de back-up
- c) Bombas hidráulicas acopladas
- d) Bloco de segurança e de acumuladores
- e) Tubulação de alta pressão
- f) Bandejas e sensor de vazamento.



Figura 4 - Hydraulic power Supply

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 06/05/2019)

4.1 Unidade de filtros

O filtro principal da unidade *HPS* deve ser do tipo com multi-cartucho e autolimpante, além de possuir retrolavagem automática dos cartuchos. O *back-flushing* é realizado com ar comprimido. É efetuado regularmente em um intervalo pré determinado de tempo ou então se a queda a pressão entre a entrada e saída exceda um nível pré definido.

Um filtro redundante é instalado em paralelo com o filtro principal e é utilizado quando se está fazendo manutenção no filtro principal. O método de troca é feito de maneira em que se colocar um filtro ou outro na linha, não seja interrompido o fluxo de óleo para as bombas hidráulicas

O filtro da unidade hidráulica tem uma malha de 6 mícrons (nos modelos de motores anteriores era utilizado 10 microns). O filtro redundante tem malha de 25 microns. Já os filtros de óleo lubrificante convencionais, utilizados nos motores de navios mercantes têm malha de 34 a 48 mícrons.

O filtro ME é equipado com um indicador de pressão diferencial, que pode acionar uma saída de sinal para ativar um alarme se a queda de pressão se tornar anormalmente grande.





Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 06/05/2019)

4.2 Bombas hidráulicas com acionamento elétrico

O sistema de alimentação de óleo hidráulico é dividido em dois tipos

Uma versão é a clássica, onde a pressão hidráulica é gerada por bombas acionadas por motor, e a pressão de partida é criada por bombas acionadas por motores elétricos. A capacidade das bombas de arranque (elétricas) é suficiente apenas para gerar a pressão inicial para partida. O motor não consegue funcionar com as bombas acopladas fora de operação.

A segunda versão é semelhante à versão um, mas as bombas de partida, com acionamento via motor elétrico têm capacidade suficiente para suprir ao menos

15% da requerida pelo motor (potência de *backup* ou combinada). Neste caso o consumo de energia elétrica deve ser levada em consideração para dimensionamento das máquinas auxiliares.

A finalidade das bombas acionadas eletricamente é garantir uma pressão hidráulica adequada em situações em que o motor principal não está girando, e portanto, não está acionando as bombas acopladas. As bombas hidráulicas acionadas eletricamente operam quando não há consumo de pressão hidráulica. Portanto, é necessária uma capacidade pequena, portanto elas são relativamente pequenas em comparação com as bombas acionadas pelo motor. As bombas de acionamento elétrico são de débito fixo ou variável.

Após uma situação em que o sistema tenha sido despressurizado, por exemplo quando o motor para, ou quando há um *black-out*, as bombas elétricas devem funcionar por um período para subir a pressão num nível mínimo para ligar o motor. A duração desse período é determinada pela capacidade do acumulador no sistema e vazão produzida pelas bombas elétricas.

As válvulas de alívio de pressão instaladas no circuito limitam a pressão máxima e encaminham o excesso de óleo novamente para aspiração das bombas. A operação das bombas de alta pressão é supervisionada por meio de transdutores de pressão.



Figura 6 - Bombas hidráulicas acionadas eletricamente

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 08/05/2019)

4.3 Bombas hidráulicas acopladas, acionadas pelo motor

Todas as bombas acopladas, acionadas pelo motor principal são de débito variável e de mesmo tamanho. O débito das bombas é eletronicamente controlado pelo ECS (Engine Control System) através de uma válvula de controle construída nas bombas.

As bombas funcionam quando o motor está girando, já que elas são mecanicamente acionadas por uma engrenagem que está permanentemente conectada ao virabrequim. Seu fluxo é determinado pelo deslocamento atual e velocidade de rotação.

As bombas são projetadas para ter a mesma direção de fluxo nos dois sentidos de rotação. Isso se torna necessário pois a grande maioria dos motores principais são reversíveis. Na reversão do motor, o controle de débito do *ECS* deve alterar o prato oscilante para a direção oposta de fluxo.

As bombas acopladas são os principais fornecedores de pressão hidráulica quando o motor está girando. Em caso de falha de uma bomba, as outras remanescentes são dimensionadas para serem capaz de fornecer óleo hidráulico suficiente para a carga de 100% do motor principal.

No caso em que o sinal elétrico para a válvula de de controle de débito é perdido, a bomba irá mecanicamente de forma automática para o deslocamento máximo na direção a vante. As válvulas de retenção estão instaladas para permitir que uma bomba acoplada com defeito, aspire do lado de sucção e descarregue na sucção novamente.



Figura 7 - Bombas hidráulicas acopladas

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 08/05/2019)

4.4 Bloco de segurança e de acumuladores

Os acumuladores pré-carregados do Bloco de Segurança e Acumulador (em alguns motores mais recentes, os acumuladores são montados diretamente nas bombas acionadas pelo motor) são parcialmente preenchidos com um óleo de alta pressão, garantindo um fornecimento estável, sem flutuação, às unidades do cilindro.

O bloco contém válvulas de alívio de pressão, que protegem o sistema de alta pressão contra pressão excessiva.

As válvulas de alívio protegem as bombas acionadas eletricamente e controlam a pressão máxima no sistema durante o aumento de pressão antes de iniciar. Isso é feito quando operando em plantas que exigem reforço contínuo do tirante do óleo de escape (ativação da válvula de escape). A válvula 310 do sistema, protege as bombas acionadas pelo motor contra uma pressão muito alta. Ele é controlado eletricamente pelo *ECS* e pode ser aberta em diferentes situações, para alimentar o óleo hidráulico de volta para o lado de sucção das bombas acionadas pelo motor.

A válvula 311, é a válvula de alívio de pressão do sistema principal que protege todo o sistema. Esta válvula tem a configuração de pressão mais alta das válvulas de alívio (310, 311 e 312)

As válvulas de retenção (304 e 305) são instaladas na saída de óleo hidráulico das bombas acionadas pelo motor e acionadas eletricamente, para evitar o fluxo inverso em qualquer bomba inativa.

Os transdutores de pressão são usados pelo ECS para controlar as bombas acionadas pelo motor e acionadas eletricamente.

As válvulas de alívio de pressão (310, 311 e 312) possuem funções de segurança conforme descrito acima. A atuação elétrica das válvulas 310 é duplicado, para permitir o controle redundante no *ECS*.



Figura 8 - Bloco de segurança e acumuladores

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 06/05/2019)

4.5 Redes de alta pressão

As redes de alta pressão entre a *HPS* e as *HCUs* empregam tubos ou mangueiras (em navios mais novos) com parede dupla. O sistema de parede dupla também é utilizado para comunicação entre as *HCUs*. Os orifícios interno e externo da tubulação dupla são conectados por linhas separadas nos blocos de distribuição

Os orifícios interno e externo da tubulação dupla são conectados por linhas separadas nos blocos de distribuição (não mostrados no diagrama).

O espaço entre os tubos interno e externo é conectado a uma linha de vazamento, na qual uma restrição e uma válvula controlada por pressão são instaladas. No caso de um pequeno vazamento do tubo interno, o transmissor de fluxo (indicador de vazamento) (pos. 355) soará um alarme.

No caso de um vazamento grave, a restrição causa uma perda de pressão do sistema e um aumento da pressão na linha de vazamento e no tubo externo. Este aumento de pressão fecha a válvula de pressão controlada e a pressão do sistema é agora contida pelo tubo externo. O transdutor de pressão emite um alarme indicando que o tubo externo está agora pressurizado - o serviço sem restrições é permitido até que o reparo seja possível.

O HPS e sua tubulação interna são todos protegidos por um contentor montado ao redor do HPS. Esta blindagem é projetada para conter um fluxo de vazamento e levá-lo à bandeja.

A rede de paredes duplas, como descrito acima, foi projetada para garantir a segurança da tripulação e também para que uma única falha que leve a um vazamento do tubo interno, não afete a operação do motor.

Figura 9 - Seção de rede de alta pressão



Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 10/05/2019)

4.6 Bandejas e sensor de vazamento

Uma bandeja de vazamentos está localizada logo abaixo da unidade de fornecimento de pressão hidráulica (*HPS*) para coletar vazamento de óleo e levá-lo ao dreno. No coletor das bandejas, dois sensores de nível de detecção de vazamentos são instalados.

Um pequeno, mas significativo, vazamento do *HPS* irá, devido à restrição na saída, fazer com que o nível no coletor suba e seja detectado pelo interruptor de nível inferior. Esta situação irá ativar um alarme. Caso ocorra um vazamento gravem também será ativado o sensor superior e fará com que o *ECS* desligue o motor.



Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 12/05/2019)

5 HCU – HYDRAULIC CYLINDER UNIT

A *HCU* consiste em um bloco de distribuição de óleo hidráulico, um sistema de injeção de óleo combustível eletronicamente controlado, e um sistema de atuação da válvula de descarga eletronicamente controlado. Cada cilindro possui a sua própria *HCU*. O bloco de distribuição serve como suporte mecânico para o *"booster"* de óleo combustível, que é ativado hidraulicamente, e para o atuador da válvula de descarga, podendo ser cada um com a sua válvula de controle, ou uma válvula integrada para ambos (*FIVA*).



Figura 11 - Hydraulic cylinder unit

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 16/05/2019)

5.1 Bloco de distribuição

A função do bloco de distribuição, como seu nome indica, é alimentar e distribuir o óleo hidráulico para as válvulas *FIVA* montadas neste bloco, posteriormente para atuação na injeção de óleo combustível ou para abertura da válvula de descarga.

Acumuladores hidráulicos pré-carregados com nitrogênio são instalados no bloco de distribuição. Eles têm como função garantir o fluxo máximo de óleo hidráulico esteja disponível para injeção de óleo combustível e para acionamento da válvula de descarga



Figura 12 - Bloco de distribuição

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 16/05/2019) No bloco, próximo às válvulas *FIVA* existem algumas válvulas que são operadas manualmente. Duas delas são principais, uma válvula é a de entrada de alta pressão de óleo hidráulico para a *HCU* (válvula 420) e a outra, serve para o dreno da *HCU* (válvula 421)

Estas válvulas são operadas para isolar a HCU durante uma manutenção.



Figura 13 - Válvulas do bloco de distribuição

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 18/05/2019)

5.2 Válvula FIVA

As válvulas *FIVA (Fuel Injection-Valve Actuation*) são montadas nas *HCUs* de cada cilindro, no bloco de distribuição do mesmo. Ela é uma peça muito importante no navio, pois tem como funções o controle do tempo e quantidade de injeção de óleo combustível, assim como o tempo de abertura das válvulas de descarga, para com isso, otimizar a injeção de óleo combustível e a atuação da válvula de descarga em qualquer carga do motor principal.

Devido à essa maleabilidade nos tempos de injeção e abertura da válvula de descarga, conseguimos garantir uma queima mais eficiente, ou um aumento de

potência do motor. Por esse motivo a válvula *FIVA* tem atraído cada vez mais atenção, pois as legislações ambientais mundiais estão se tornando cada vez mais rígidas.



Figura 14 - Válvula FIVA

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 16/05/2019)

5.3 Injeção de óleo combustível

Nestes motores o sistema de injeção de óleo combustível é controlado eletronicamente, conforme dito anteriormente, e consiste no "impulsionador" *(booster)* ativado hidraulicamente, sua válvula *FIVA*, tubos de alta pressão e os injetores no cabeçote.

A válvula *FIVA* (controlada pela *ECS*) é capaz de controlar com rapidez e precisão para acionamento do *booster*. Este fluxo de óleo empurra o pistão hidráulico da bomba e o junço de injeção de óleo combustível, gerando a pressão de injeção, e, portanto, a injeção.

Após a injeção ter terminado, o pistão hidráulico e o junço retornam a sua posição inicial, conectando o pistão a um dreno e acionando o junço de volta devido a pressão das bombas de alimentação e circulação de óleo combustível. Com isso, o *booster* é completado novamente, ficando pronto para a próxima injeção.

O princípio de *design* dos tubos de alta pressão e dos bicos injetores é semelhante aos motores mecânicos. O sistema de combustível permite a circulação continua do óleo combustível pesado através das bombas e injetores, aquecido através dos sistemas de circulação do navio, para manter o sistema aquecido durante a parada do motor e para que esteja pronto para partida quando necessário.

Como nos motores mecânicos, os tubos de alta pressão de óleo combustível são, para segurança do navio e tripulantes, protegidos por malhas de aço.



Figura 15 - Injeção de óleo combustível

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 08/05/2019)

5.4 Abertura da válvula de descarga

O conceito da válvula de descarga ativada hidraulicamente é semelhante às válvulas dos motores mecânicos, isto é, a válvula é aberta hidraulicamente e fechada por ar comprimido, denominado *"air spring"*.

O sistema de atuação da válvula instalado em cada *HCU* consiste na válvula *FIVA* e no pistão de dois estágios do atuador da válvula. A válvula *FIVA* é responsável por direcionar o fluxo de óleo para o atuador hidráulico de dois estágios.

No primeiro estágio o pistão do atuador é acionado pela pressão hidráulica que atua no próprio pistão e no pistão hidráulico. O primeiro estágio realiza a abertura inicial da válvula, contra a pressão no interior do cilindro. No segundo estágio o movimento do pistão hidráulico é parado e o pistão do atuador realiza o segundo estágio, necessitando de menos força e cumprindo o curso principal da válvula de descarga.

A válvula de descarga é fechada quando a válvula *FIVA* conecta o pistão hidráulico a um dreno, com isso o ar de mola da válvula de descarga realiza o seu trabalho e coloca a válvula na posição fechada. Este movimento também direciona o óleo da haste novamente para o atuador, ficando pronto para a próxima abertura.

O projeto das *HCUs* garante que, no caso de falha em alguma delas, ela possa ser "desconectada" do sistema de alta pressão através de válvulas manuais, deste modo permite assim o trabalho de reparo enquanto o motor funciona com as *HCUs* restantes.

No caso de falha de sinal na válvula *FIVA* (sistema pressurizado ou sem pressão), a mola de controle irá posicionar a válvula de modo que o óleo abaixo do atuador hidráulico retorne para o sistema.

Esta é a de segurança em caso de falhas, onde a bobina principal da *FIVA* é movida para posição de segurança.


Figura 16 - Abertura da válvula de descarga

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 08/05/2019)

5.4 Lubrificação dos cilindros

Uma unidade de lubrificação tem a quantidade de embolos correspondente à quantidade de piteiras que há na camisa correspondente. Tais êmbolos são acionados por somente um pistão hidráulico, este alimentado pelo sistema de óleo hidráulico do motor.

A pressão hidráulica é comandada por uma válvula solenoide que acionada, faz com que atue diretamente o pistão, empurrando óleo para o cilindro desejado.

Este movimento do pistão hidráulico é monitorado por um sensor de *feedback* e também um sensor de posição para confirmar que a lubrificação está sendo feita de maneira correta.

O controle é feito pelo sistema eletrônico do motor, pelo *decoder* possuímos o ângulo de rotação do motor indicando assim a posição do cilindro a ser lubrificado. De acordo com a rotação e os dados do combustível inseridos no *MOP* o volume de lubrificação é ajustado.

O momento para iniciar a ação de lubrificação é imediatamente antes que o primeiro anel de segmento passe através do óleo. Dentro de um curto período até o quarto anel passar, o óleo é alimentado ao cilindro com o maior volume possível.

Como resultado, o volume de óleo em um ciclo aumenta, mas dessa maneira o óleo não é alimentado a cada revolução. Com isso temos uma lubrificação intermitente. O número de ciclos de lubrificação é controlado pelo computador para fornecer o volume projetado como o total.



Figura 17 - Sistema de lubrificação de cilindros

Fonte: https://pt.scribd.com/document/345733328/ME-Engine-Training-Course-MAN-B-W-Diesel-pdf (Acesso 10/05/2019)

6 SISTEMA DE CONTROLE ELETRÔNICO

O sistema de controle do motor ME é projetado com o princípio de que uma falha única de qualquer componente não torne o motor inoperante. Portanto, todos os computadores essenciais operam com um modo de espera, prontos para assumir o controle imediatamente quando ocorre uma falha no sistema "em uso".

Todos os computadores no sistema (EICU, ECU, CCU e ACU) usam o mesmo tipo de placa eletrônica ou Controlador Multipropósito (MPC), que pode ser rapidamente trocado entre sistemas. A placa é configurada para cada unidade de controle com o uso de uma chave de ID (*dongle*) que dá a ela uma nova identidade.

O LOP, que tem a mais alta prioridade em uma emergência e pode ser usado para assumir o comando a qualquer momento (controle forçado), possui dois computadores separados e independentes.

Em operação normal, a ECU-A estará em operação executando seus

equipamentos. Se ocorrer uma falha da ECU-A, a ECU-B deverá assumir o controle e funcionar com o equipamento associado.

O cabeamento entre as unidades de controle e o cabeamento do motor para os sistemas de operação e de espera são executados separadamente, quando possível, para garantir redundância máxima no caso de danos no cabo. Os cabos críticos do sistema são continuamente supervisionados e os alarmes informam os oficiais de máquinas do navio se ocorrer uma falha no sinal.

6.1 ECS – Engine Control System

O sistema de controle do motor (*ECS* em inglês), consiste em um conjunto de controladores que têm como funções resumidamente explicadas:

- a) EICU Engine Interface Control Units Manipulam a interface para sistemas externos
- b) ECU Engine Control Units Executam as funções de controle do motor: Velocidade, modos de funcionamento e sequencia de partida.

- c) ACU Auxiliary Control Units Controlam as bombas hidráulicas, e os sopradores auxiliares.
- d) CCU Cylinder Control Units Controlam as válvulas FIVA, as válvulas de ar de partida e os lubrificadores de cilindro.
- e) MOP Main Operation Panel Interface de operação do motor pelos Oficiais de Máquinas

6.2 Sequência de trabalho normal

A seguir, um exemplo de como as unidades de controle do ECS trabalham juntas durante a operação normal.

a) Engine interface control unit (EICU)

As *EICUs* recebem entradas de navegação das estações de controle e selecionam a estação ativa com base nos sinais dados pelo sistema de controle remoto.

O principal comando de navegação é o ponto de ajuste de velocidade (velocidade e sentido de rotação do motor).

Nas *EICUs*, o ponto de ajuste da velocidade bruta é processado por uma série de algoritmos de proteção. Isso garante que o ponto de ajuste de velocidade a partir do qual o motor é controlado nunca seja prejudicial ao motor. Um exemplo de tal algoritmo é o "intervalo de rotação crítica".

A partir de então, o *set point* da velocidade e a solicitação do modo de operação do motor estão disponíveis através da rede de controle para ser usada pelas *ECUs* como referência para o controle de velocidade e o controle do modo de operação do motor. As duas unidades *EICU* são redundantes e operam em paralelo.

b) Engine control unit (ECU)

O controle de velocidade do motor requer que a quantidade de combustível seja calculada para cada queima no cilindro.

O cálculo feito pelo controlador de velocidade (*ECU*) é iniciado de acordo com a posição atual do virabrequim, para que assim a execução seja iniciada justamente na hora de efetuar a injeção de combustível. Isso é controlado pela função tacho.

A saída do controlador de velocidade é uma "solicitação de quantidade de combustível" a ser injetada para a próxima combustão. Esta solicitação é executada através de diferentes algoritmos de proteção - os limitadores de combustível - e a "quantidade resultante de comando de combustível" é produzida.

Com base na seleção do algoritmo do modo de funcionamento do motor, o perfil de injeção é selecionado, os parâmetros de tempo para a injeção de combustível e tempo de abertura da válvula de descarga são calculados e o ponto de ajuste de pressão para a fonte de alimentação hidráulica é produzido.

Com base na entrada do usuário de teor de enxofre no combustível, taxa de avanço mínima, etc., a taxa de vazão da lubrificação do cilindro para cada unidade de cilindro é calculada.

A quantidade resultante de comando de combustível, o perfil de injeção de combustível solicitado, os parâmetros de tempo e a quantidade resultante da taxa de alimentação da lubrificação do cilindro são enviados para a *CCU* do cilindro em questão através da rede de controle. Da mesma forma, o ponto de ajuste da pressão hidráulica é enviado para todas as *ACUs*.

Para fins de redundância, o sistema de controle compreende duas ECUs operando em paralelo e realizando a mesma tarefa, sendo uma delas uma reserva quente para a outra. Se uma das ECU falhar, a outra unidade assumirá o controle sem qualquer interrupção.

c) Cylinder control unit (CCU)

No momento apropriado para a próxima injeção, a CCU garante que recebeu novos dados válidos. Para injeção, o ângulo inicial é lido pelo sistema usando o tacômetro. No ângulo correto, a injeção é iniciada e é controlada de acordo com o comando de quantidade de combustível e o comando do perfil de injeção.

Quando a injeção é concluída, os ângulos de abertura e fechamento da válvula de descarga são e o sinal de controle da válvula de descarga é então ativado nos ângulos do eixo de manivela apropriados.

O lubrificador do cilindro é ativado de acordo com a quantidade de taxa de alimentação recebida da *ECU*.

Todas as *CCUs* são idênticas e, em caso de falha da *CCU* para um cilindro, somente esse cilindro será automaticamente desativado.

d) Auxiliary control unit (ACU)

As ACUs controlam a pressão do sistema hidráulico e as bombas elétricas de partida usando o *set point* de pressão fornecido pelas ECUs como referência. Além disso, a partida e parada dos sopradores auxiliares são controlados de acordo com a pressão do ar de lavagem

O controle dos equipamentos auxiliares no motor é normalmente dividido entre três ou quatro) *ACU*s para que, em caso de falha de uma unidade, haja redundância suficiente para permitir a operação contínua do motor.

e) Main operation pannel (MOP)

O Painel Operacional Principal (*MOP*) é a principal interface de informações para o Oficial de Máquinas que opera o motor. O *MOP* se comunica com os controladores do *ECS* pela Rede de Controle. No entanto, o funcionamento do motor não depende do *MOP*, pois todos os comandos das estações de controle locais são comunicados diretamente ao *EICU / ECS*.

O MOP está localizado na sala de controle do motor. É um PC com tela sensível ao toque, bem como um mouse de onde o engenheiro pode executar

comandos do motor, ajustar os parâmetros do motor, selecionar os modos de operação e observar o status do sistema de controle. Um *MOP* de back-up também é colocado na sala de controle do motor

f) Local operation pannel (LOP)

O painel de operação local *(LOP),* fica ao lado do motor principal e apesar de ser bem simples, possui prioridade em relação aos outros controles do motor.

No painel estão disponíveis funções básicas de comando como partida do motor, controle de velocidade, parada, reversão e são mostrados no painel os dados mais importantes do motor.

Para comandar o motor através do *LOP* algumas condições precisam ser atendidas que incluem ativação do controle local, que geralmente é feito via solicitação/reconhecimento no sistema de controle do motor, porém é possível puxar o comando através do botão *"Forced Take Command"*.

Para partida no local o motor irá inicialmente preparar a partida, ligando as bombas hidráulicas eletricamente controladas do motor e também ligará os sopradores auxiliares. A partir de então o motor poderá partir normalmente.

6.3 Placas eletrônicas multipropósito (MPC)

O MPC é uma unidade de computador que não possui interface de usuário, como tela ou teclado, mas possui uma ampla variedade de entradas / saídas (I / O) para interface com sensores e atuadores do motor.

· Entradas para sinais tacho, padrão (0) 4-20mA transdutores, sinais de \pm 10V, interruptores e sinais binários de 24V

 Saídas como sinais (0) 4-20mA e ± 10V, contatos e chaves de semicondutores de alta velocidade para ativação da válvula de descarga do motor principal, por exemplo · Rede de Controle Duplicada para segurança

 Controlador de comunicação serial para uma comunicação remota de entrada/saída ou serial.

· Canal de serviço a ser conectado a um laptop para fins de serviço



Figura 18 - Entradas e saídas de uma MPC

Fonte: MAN B&W Diesel 50-108ME/ME-C Volume I – Operation Manual – Edition 0003/2016

O processador principal do *Multi Purpose Controller* é um Motorola 68332, que é um processador de 32 bits "emprestado" da indústria automotiva. Inclui um coprocessador de sincronização no chip para sincronização com a rotação e medição da velocidade do virabrequim.

Para facilitar a produção do Controlador Multipropósito, todos os componentes são programáveis em circuito, o que também permite a atualização de campo do controlador por meio de ferramentas relativamente simples. O *MPC* não contém nenhum disco rígido ou outros componentes mecânicos sensíveis, e o software é armazenado em um Flash-PROM não volátil.

A memória PROM, isto é, o software de aplicação pode ser enviado e programado no Controlador Multipropósito através da rede e, assim, restaurar a funcionalidade depois de o Controlador ter sido trocado com uma unidade sobressalente do estoque.

O *MPC* é, como mostrado na imagem abaixo, equipado com uma bateria. Esta bateria é usada para o backup de energia para o relógio - auxiliar ao MPC no caso de a alimentação de 24 V ser desligada. Todos os relógios de todos os *MPC* são sincronizados através da rede.





Fonte: MAN B&W Diesel 50-108ME/ME-C Volume I – Operation Manual – Edition 0003/2016

A sincronização é feita regularmente e sempre depois que a energia é ligada após um possível desligamento.

Quando um novo *MPC* é montado no gabinete, o dongle no gabinete é montado no plug-in do dongle, após a reconexão de todos os fios. O dongle informa ao "novo" MPC em qual gabinete ele está montado e, desse modo, qual software e

parâmetros ele deve carregar do disco rígido do *MOP* (por exemplo, *CCU1*, *ACU* 3 ou *EICU1*).

O *MPC* também é equipado com um diodo de luz, capaz de mostrar luz verde, amarela ou vermelha. Esta luz diz ao oficial de máquinas qual é o estado do *MPC*.

Durante o funcionamento normal, o diodo fica verde.

Quando o diodo está amarelo, o MPC está carregando os parâmetros de funcionamento do motor do disco rígido no MOP. Normalmente, isso leva alguns minutos.

Quando o diodo está vermelho, o MPC não está disponível

6.4 Diagrama do sistema de controle





Fonte: MAN B&W Diesel 50-108ME/ME-C Volume I – Operation Manual – Edition 0003/2016

7 SISTEMA SUPERVISÓRIO

O sistema supervisório dos motores MAN é composto por dois computadores *touchscreen*, os MOPs, sendo um *master* e outro *slave*. Os MOPs são responsáveis por apresentar os dados do funcionamento do motor para o oficial de máquinas na ECCM.

O software do MOP é composto por cinco abas principais: Alarms, Engine, Auxiliaries, Maintenance e Admin

A ultima aba "Admin" é somente para que o Oficial de Máquinas faça o login no sistema como "Operator Level" ou "Chief level", a diferença entre os dois níveis é que o operador não pode alterar parâmetros do motor, serve somente para monitoramento e operação normal. Portanto não será apresentado nenhum detalhe desta tela neste capítulo.

7.1 Gerenciamento de alarmes

O gerenciamento dos alarmes do motor é realizado através de quatro telas: Alarm List, Event log, Manual Cut-out list, Channel list.

Essas quatro telas da seção de alarmes podem ser acessadas a qualquer momento através do botão *"alarm"* no navegador principal. Ao pressionar este botão, a ultima tela de alarmes selecionada será mostrada na tela. Se nenhuma delas tiver sido selecionada, a lista de alarmes será exibida. A tela poderá então ser alterada através do menu secundário.

7.1.1 Alarm List

A lista de alarmes contém a centralização do manuseio de alarmes, permitindo a exibição, reconhecimento e desativação dos alarmes gerados. A explicação detalhada do alarme pode ser acessada para cada uma das ocorrências de alarme. Os Alarmes podem ser agrupados para simplificar a visão geral da lista de alarmes e são exibidos em ordem cronológica, com o alarme mais recente no topo. O grupo pode ser expandido selecionando um grupo e pressionando o botão - / + na barra de ferramentas. Porém nem todos os alarmes estão agrupados.

Se houver muitos alarmes a serem exibidos ao mesmo tempo na tela, os alarmes restantes poderão ser acessados pressionando os botões Page-up / Page-down na barra de ferramentas.

Os alarmes apresentados na lista de alarmes podem ser encontrados em três estados:

1. Alarme não reconhecido

2. Alarme reconhecido

3. Normal não reconhecido

Um alarme só pode aparecer na lista de alarmes como uma linha. Um alarme reconhecido normalizado ou um alarme alterado para o normal sendo reconhecido, é imediatamente removido da lista.

O reconhecimento de um ou todos os alarmes é permitido em ambos os níveis (operador ou chefe) nos botões "*Ack / Ack All*" na barra de ferramentas na parte inferior da tela.

Para ver os detalhes do alarme é somente selecionar o alarme, pressionando sobre ele, em seguido apertar o botão INFO na barra de ferramentas, em seguida aparecerá uma tela com as seguintes informações: descrição, possíveis causas, efeitos e quais as possíveis ações que o oficial de máquinas poderá ter naquele momento.

Para facilitar a visualização e aprimorar a experiência na utilização do software, a MAN colocou na lista de alarmes uma simbologia que já te diz a situação atual do alarme sem a necessidade de ir até ele ver seu status.

Cada linha de alarme é dividida nos seguintes campos:

Ack. O campo de status de confirmação de alarmes não reconhecidos contém um ícone alternando entre dois estados, alertando o operador de um alarme não reconhecido.

O status do alarme também pode ser identificado pela cor do plano de fundo, bem como pela identificação gráfica no campo "acknowledgement" na Tela, conforme tabela:

(!)	Alarme não reconhecido, em condição de alarme
(!)	Alarme não reconhecido, em estado normal
Ζ	Alarme não reconhecido, em condição de alarme, esperando pelo reconhecimento
\bigcirc	Alarme reconhecido, em condição de alarme
(\mathbf{x})	Alarme não reconhecido, inibido pelo operador
?	Alarme anteriormente não reconhecido em estado normal, porém indisponível agora
(n.a.)	Alarme anteriormente não reconhecido em estado alarme, porém indisponível agora
X	Alarme em condição normal, esperando pelo reconhecimento
\checkmark	Alarme reconhecido em estado normal e em um grupo de alarmes

Tabela 1 - Legenda dos símbolos e cores de alarmes

No canto superior direito da tela do supervisório, quatro pequenos ícones sempre são exibidos para chamar atenção do oficial de máquinas (da esquerda para a direita):

\bigcirc	Número de alarmes não reconhecidos
\bigcirc	Número de alarmes ativos
	Número de alarmes inibidos
	Número de canais inválidos

Tabela 2 - Símbolos de alarme da tela do MOP

Através da caixa de ferramentas na parte inferior da lista de alarmes é possível inibi-los. Há também nela mais quatro campos: description, que mostra o texto do alarme, *Status,* que diz a situação atual do alarme, *ID,* que diz qual é o endereço eletrônico do alarme e *Time* que mostra o horário da primeira ocorrência do alarme.

And the second	13:10:44	Suprv. Ch35,8601-A,Scavenge Air	Pre Alarm		-		2 2 15 0
Alarms Alarm Lis	t		2006-09)-18 13 :	:15:12		Alarms 🕨
ID	Time	Description	Status	Limit	Current	Ack	Alarm List
ECUB_8601-B04	13:10:44	Suprv. Ch35,8601-B,Scavenge Air P	re Normal	+			
ECUA_8601-A04	13:10:44	Suprv. Ch35,8601-A,Scavenge Air P	re Alarm	-	-		Event Log
CCU1_0227	13:10:24	HCU Oil Leakage	Alarm	-	-		
							Manual Cut-Out List
							Channel List
							Engine
							Auxiliaries
							Auxiliaries Maintenance.
Info							Auxiliaries Maintenance. Admin
Info Description: Cause: Effect:	Leakage has b A leakage is de High pressure	een detected at the specified HCU. tected in the high pressure fuel pipe. uel is in the outer pipe. A leakage in the ou	ter pipe will result in fuel s	pray onto			Auxiliaries Maintenance. Admin
Info Description: Cause: Effect: Suggested Action:	Leakage has b A leakage is de High pressure engine compor by MAN B&W) If automatic fue	een detected at the specified HCU. tected in the high pressure fuel pipe. uel is in the outer pipe. A leakage in the ou rents and maybe even on personnel. The c for stopping fuel injections on the specific out out is not performed by ECS, manual	ter pipe will result in fuel s ontrol system provides a cylinder during this situati y cut of fuel to that speci	pray onto n option (: on. îc cylindei	set		Auxiliaries Maintenance Admin

Figura 21 - Tela exemplo de alarmes

Fonte: Arquivo pessoal

7.1.2 Event Log

O event log, por exemplo, é usado para visualizar o histórico de eventos e para oferecer suporte ao oficial de máquinas na solução de problemas. Os eventos permanecem no log mesmo depois de terem sido reconhecidos e não estão mais ativos. Os alarmes são registrados com três eventos no log de eventos. Os eventos são Alarme, Normal e Reconhecido. Pode haver até 1 milhão de eventos registrados no log.

Os eventos são armazenados em um banco de dados no disco rígido do MOP com anexo de hora locais e UTC. Se mais de 1 milhão de eventos forem registrados, os eventos mais antigos serão descartados. Cada evento (com o evento mais recente no topo) é mostrado como uma única linha e cada linha do evento é dividida nos seguintes campos: ID, data, hora, descrição, status, inibido manualmente, inibido automaticamente, reconhecido.

ID – Este campo mostra a identificação única do evento

Data – Mostra a data que ocorreu o evento

Hora – Mostra a hora que ocorreu o evento em horas, minutos, segundos e 1/100 segundos

Descrição - Contém o texto do alarme que ocorreu

Status – Mostra se o alarme ainda está ativo

Inibido manualmente – Mostra se o alarme está inibido pelo operador ou não

Inibido automaticamente – Mostra se foi inibido pelo sistema

Reconhecido – O alarme já foi reconhecido.

7.1.3 Manual Cut-Out list

A lista de alarmes inibidos manualmente pode ser usado, por exemplo, se o oficial de máquinas observou uma falha de um sensor que não foi detectado automaticamente pelo sistema ou se, por exemplo, um sensor do tacômetro está falhando (o motor rodando no sistema Tacho redundante) e está dando

continuamente um alarme e não pode ser substituído imediatamente. (Os alarmes também podem ser cortados automaticamente. O corte automático pode ser usado para inibir alarmes que não são importantes em estados específicos, por exemplo quando o motor está parado ou quando um sensor for detectado como defeituoso).

Os alarmes inibidos manualmente são mostrados em uma lista separada, que pode ser acessada a partir da barra de navegação. A tela está na funcionalidade equivalente à tela da lista de alarmes. Um alarme pode ser cortado manualmente a partir das telas Lista de alarmes, Lista de interrupções manual ou Lista de canais.

Todos os canais de alarme que possuem o status "Manual cut-out" são mostrados na tela de desconexão manual.

Remover ("A*ctivating*") uma entrada da lista de interrupções manual é feita selecionando o (s) alarme (s) envolvido (s) na tela e depois pressionando o botão "*Reactivate*" na barra de ferramentas.

7.1.4 Channel list

A tela dos canais de alarme (*Channel List*) contém informações de status de todos os canais de alarmes dentro do ECS, independentemente do status que o canal de alarme individual se encontra.

Por padrão, os canais de alarme são listados em ordem alfabética de nome de tag. Na tela do canal de alarme, é possível cortar (e ativar) os canais de alarme.

7.2 Tela Engine

A operação e o ajuste do motor são realizados em uma das cinco telas a seguir:

-Operation -Status -Process Information -Process adjustment -Chief limiters

As telas *Operation* e *status* e*stão* relacionadas aos preparativos de partida do motor e à operação diária, e *process information, process adjustment* e *Chief limiters* referem-se aos ajustes do motor.

O operador pode acessar essas cinco telas de operação e ajuste através do navegador secundário, pressionando o botão Engine no navegador principal.

Na tela, as exibições que podem ser ativadas são mostradas em gráficos 3-D e as exibições inativas são em gráfico 2-D. Uma vez ativado, o display é destacado com uma linha azul na circunferência externa.

7.2.1 Tela operation

Operation é a tela principal para controle do motor durante a viagem. Esta tela está ativa a maior parte do tempo entre "*Engine ready*" e *FWE (Finished With Engine).*

Nesta tela, "*prepare start*" e "*slow turn*" podem ser executados para preparação do motor antes da partida.

Esta tela possui vários campos importantes que serão detalhados um por um.

EICUA_SN0-CCU9 10:	54:26 Net A not connected	to CCU9	Normal	69 13 57 3
Engine Operation			2008-04-10 08:31:18	Alarms
Main State	Command [RPM]	Speed [RPM]	Fuel Index [%]	
Standby		Speed Modifier	Index limiter	Engine
	ECR 15.4			Operation
	LOP	Set Point Actual	Limiter Actual	
Running Mode	Governor Mode	0.0 0.0	0 0	Status
Economy	RPM Control			
Start Air Inlet Oil	Hyd. Oil Scav. Air	120 -		Process
22.5 Bar 3.2 B	ar 🛛 199 Bar 🛛 1.81 Bar	100 -	100	Information
30 4 -	- 250 4	- 08 -		Cylinder
3-	- 225 3	60 - - //	80	Load
20	000	20 1		Cylinder
10	- 200 2	0	60	Pressure
1-	- 175 1	-20 -		Auxiliaries
0 - 0 -	- 150 0	-40 - 8	40	
HPS Lubrica	tor Auxiliary Blowers	-60 -		Maintenance
Auto Stopp	ed Auto Starting	-80 -	20	
PTO		-100 -		Admin
Off		- //	0	
Engine Start				Access
Start Status				Chief
Stopped		Start Slow 1	Furn Auto Air Run	

Figura 22 - Tela de operação do motor

Fonte: Arquivo pessoal

Main State

O campo *Main State* contém 3 locais de status, indicando os estados de comando do sub-telégrafo, e o atual estado do motor. As cores no fundo dos campos indicam que:

Azul – Normal Amarelo – Alerta Vermelho – Alarme Cinza – Não está em uso O campo superior da tela indica o estado do sub-telégrafo, que pode ser: *FWE (Finished with engine) Standby*

At Sea

O campo do meio indica o estado da máquina:

-(em branco) – Motor está pronto para operar ou inoperante de acordo com o comando do sub-telégrafo

-Engine not blocked – com fundo amarelo: o campo superior está na condição
 FWE

-Engine not ready – com fundo amarelo: campo superior está em Standby ou At Sea

As causas do estado "*engine not blocked*" e "*engine not ready*" podem ser visualizadas na tela Status, no campo de condições de partida do motor.

Por fim, o campo inferior indica via avisos vermelhos ou amarelos porque o motor não está pronto.

-(em branco) – Motor Pronto para partida

-Increased Limiter – (amarelo) é mostrado quando o aumento do limite está ativo e o estado do motor não é FWE, além de também estar ativos o start blocked e shut down. O Increased limiter é uma condição de aviso ao operador.

-Start blocked – (vermelho) é mostrado quando o bloqueio de partida está ativo e o motor não está na condição FWE ou Shut Down. O bloqueio de partida é uma condição de alarme.

-Shut Down – (vermelho) é mostrado quando a parada do motor está ativada. O shut down é uma condição de alarme.

• Command (RPM)

O botão indicador de comando do motor contém seis ou oito campos de status. Dois campos destacados, indicando a estação de controle ativa (Passadiço, ECCM ou Painel local) e a configuração do comando de velocidade para cada uma das estações de controle. A estação de controle real selecionada é indicada por azul escuro (seleção normal) ou amarela (comando take).

As estações do passadiço e ECCM fazem parte do RCS (*Remote Control System*). Apenas uma estação de controle pode estar ativa para acionar o motor. A

seleção da estação de controle é geralmente através do sistema de confirmação da solicitação RCS.

No entanto, a seleção pode ser cancelada do ECCM ou painel local pelos botões *"take command*", que são conectados diretamente ao ECS (Engine Control System) e localizados nos painéis da estação de controle.

Se a seleção da estação de controle ativa for inconsistente, o ECS manterá a última estação de controle ativa válida como a estação ativa, até que uma nova seleção válida esteja disponível (possivelmente um "comando take").

No caso de os sinais *"take command"* do ECCM e do painel local serem selecionados simultaneamente, o LOP tem prioridade e é ativado.

RPM fine adjustment

Ao pressionar o botão Comando [RPM], uma barra de ferramentas "*RPM Fine Adjust*" é exibida. Este controle permite que o setpoint de RPM seja ajustado no nível desejado e com precisão. Por exemplo. se o ponto de ajuste do comando de velocidade for 83,8 RPM, ele pode ser ajustado com precisão para 84 RPM. Mover o telégrafo desativará o modo de ajuste fino. O ajuste fino de rotação só pode ser executado no modo de comando da ECCM.

Running Mode and Governor Mode

Os botões do *"running mode*" e do *"governor mode*" do motor contêm, cada um, um campo de status que indica os modos ativos atuais.

Pode-se mudar o modo de funcionamento do motor, para isso pressiona-se o botão de modo de execução. Isso traz uma barra de ferramentas. Na barra de ferramentas, o modo de execução atual é selecionado.

Os modos de execução são tipicamente Economia e Emissão. No entanto, modos adicionais (*TC Cut Out e Custom*) podem estar disponíveis. Se somente o modo Economy estiver disponível, a seleção de modo não é utilizável no motor.

O modo do regulador pode ser Controle de RPM (rpm constante), Controle de Torque (torque constante) ou Controle de Índice (*index* das bombas de combustível constantes). Alterar o modo do regulador é feito de forma semelhante à mudança do modo de execução.

• Pressure indicators

Os indicadores de pressão da tela principal consistem em gráficos de barra e um campo de status. Ambos indicam a pressão atual dos sistemas e pode indicar a pressão média também.

Auxiliary System Status Indicators

Os indicadores de status do sistema exibem informações da situação e modo de operação dos sistemas auxiliares controlados pelo *ECS*. Eles são somente indicadores e não permitem alterar o modo ou status. O controle para os sistemas é feito nos painéis dedicados a cada. Os indicadores são:

-HPS (Hydraulic Power Supply): Manual, Auto

-Lubricator – Running, stopped, Prelub, LCD (Load change dependent), On

-PTO (Power take off) – *Off, permit, request* – Opcional, somente se o motor possui PTO.

-*Auxiliary Blowers* – Os sopradores auxiliaries são represntados por dois campos de status, um indica o modo de operação (manual ou auto) o outro indica o atual status dos mesmos (*Running, stopped, starting* ou *falha*)

-Var. XBP (Variable exhaust gas by-pass) – Indicador de abertura em porcentagem – Opcional

-On/Off XBP (exhaust gas by-pass) – Open ou closed – Opcional

• Start Status Indicator

O *start status indicator* consiste em um único display que tem a função de mostrar o estado de uma tentativa de partida do motor. Nele pode estar escrito as seguintes situações: *Stopped, running, repeat start* (amarelo), *slow turning failed* (vermelho), *start failed* (Vermelho)

• Speed [RPM]

O indicador de velocidade consiste em um gráfico de barras. O gráfico de barras tem o centro em zero, sendo positivo e negativo é para cima e para baixo, respectivamente.

O ponto de ajuste e a velocidade real de funcionamento do motor são mostrados nos dois displays acima do gráfico.

A tela superior é o modificador de comando de velocidade. O modificador de velocidade é uma função que pode anular o comando de velocidade real e controlar *setpoint* do sistema de velocidade do motor. Quando a função está ativa ela é mostrada no indicador de velocidade.

Os estados disponíveis são:

Stabilizing	Define um ponto de ajuste de velocidade que garante a partida do motor.
Stop	Ajusta velocidade para zero.
Minimum	Define um ponto de ajuste de velocidade mínima durante a
speed	operação do motor.
Maximum	Define um ponto de ajuste de velocidade máxima durante a
speed	operação do motor.
Fixed speed	Ativado quando executando no modo de backup de pitch do
set	passadiço (opção para sistemas de passo controlável).
Shut down	
Slow down	

Tabela 3 - Estados do controle de RPM

РТО	A velocidade é mantida maior do que a ordenada para
	manter o gerador de eixo conectado durante a partida dos
	motores auxiliares.
Speed ramp	O aumento da velocidade é limitado pela rampa e o Load
	program
Load program	O atuador do controle de carga define um ponto de ajuste
	de velocidade máxima, que garante que o limite máximo de
	índice de injeção das bombas de óleo combustível não seja
	excedido.
Barred speed	Indica que o modificador alterou a predefinição de dentro de
range	uma faixa de rotação barrada para o limite inferior ou
	superior da rampa. O motor pode ter 0-2 de faixa de
	velocidade barrada(s).
RPM fine	A velocidade está sendo modificada de acordo com o
adjust	configuração inserida na barra de ferramentas Ajuste fino
	de RPM na tela de operação.
Run up/down	Quando o operador aumenta ou diminui a velocidade
program	significativamente, a velocidade do motor segue curvas
	predefinidas.
Chief max	Se o usuário for Chief level consegue-se definir uma
speed	velocidade máxima para o motor.
TC cut out	Se a opção TC Cut Out estiver instalada, a velocidade será
	limitada quando o motor estiver funcionando no modo TC
	Cut Out.

• Pitch indicator

Disponível para navios que possuem o sistema de hélice de passo controlável.

O indicador de pitch consiste em um campo de texto e um gráfico de barras, indicando a configuração atual do pitch. A etiqueta usa + (mais) ou - (menos) para indicar inclinação positiva (para frente) ou negativa (para trás). O gráfico de barras é centrado em 0 e positivo e negativo é para cima e para baixo, respectivamente.

• Fuel Index Indicator [%]

O indicador de índice de combustível consiste em um gráfico de barras e um conjunto de campos de status. O campo de status superior indica o atual limitador efetivo ou mais próximo. O regulador de velocidade eletrônico limitará o comando do índice de combustível de acordo com as condições reais de operação do motor. Se nenhum limitador estiver ativo no momento, o limitador mais próximo será exibido em um fundo azul claro. Quando um limitador está ativo, ele é exibido em um fundo azul claro.

Limitadores disponíveis são:

Start	O limitador de partida define uma quantidade fixa de
	combustível a ser usada nas primeiras injeções durante a
	partida.
Chief	O limitador principal define uma quantidade máxima de
	combustível a ser injetada de acordo com as configurações
	feitas pelo operador na tela Cylinder Load
Scavenge air	O limitador de pressão do ar de lavagem define a quantidade
pressure	máxima de combustível a ser injetada com base na pressão
	real de ar de lavagem, para não sobrecarregar o motor.

Tabela 4 - Limitadores de injeção de combustível

Torque	O limitador de torque define uma quantidade máxima de combustível a ser injetada de acordo com a velocidade real do motor. Isso é para garantir que o torque do motor não ultrapasse os níveis recomendados. O limite é definido no programa de carga.
Hydraulic	O limitador de pressão da fonte de alimentação hidráulica
power supply	define uma quantidade máxima de óleo combustível a ser
	injetado de acordo com os requisitos reais de suprimento de
	energia hidráulica, a fim de garantir que a pressão da fonte
	de alimentação hidráulica não caia abaixo de uma operação
	mínima limite. Este limitador está ativo somente em caso de
	mau funcionamento do HPS.
TC cut out	Se a opção TC Cut Out estiver instalada, o índice de combustível será limitado, quando o motor estiver funcionando no TC Cut Modo de saída

• Prepare Start Button

A função de preparação inicial deve ser ativada antes da partida se o motor tiver parado por algum tempo. Pressionar o botão iniciará a pré-lubrificação do cilindro e partirá os sopradores auxiliares (se estiverem parados). Quando pressionado, o botão ficará inativo até que o procedimento seja concluído. O comando está disponível apenas quando o mecanismo está parado e o procedimento de início de preparação não está em execução.

Slow turning button

O giro lento manual é usado durante os preparativos antes da partida do motor e normalmente é usado com o rubinete aberto. O giro lento é usado para inspeção visual do sopro da câmara de combustão para fora. Quando pressionado, o motor é vira no ar de partida através da válvula de giro lento enquanto a alavanca de controle estiver ativada.

Auto button

O botão auto é pressionado quando as preparações de partida são concluídas e o motor deve ser ligado. Quando selecionado, o motor executará um início automático normal.

Air Run

A função do botão Air run está disponível apenas no nivel Chief.

O botão air run pode ser usado nas seguintes situações:

Ao verificar o sistema Tacho (teste), iniciar o teste da válvula de ar e após a manutenção (e após verificar com a engrenagem de rotação) para verificar a função e o movimento.

A função de air run é semelhante ao giro lento, exceto que a válvula de partida principal está aberta e o motor está funcionando mais rápido (ainda sem injeção de combustível).

Slow Turn e Air Run são ativados quando o telégrafo está na posição "run". Isso irá girar o motor até que a alavanca esteja ajustada para *»stop«* (ou o motor é iniciado ao pressionar o botão Auto).

7.2.1 Tela status

A tela status do supervisório fornece informações estendidas do motor, especificamente ao alterar o status do motor, ou seja, no processo de FWE para estado de standby ou vice-versa. Main state

O campo *main state* mostra exatamente as mesmas informações do *main state* da tela *operation*.

Start conditions

A tela start conditions é uma lista de status, mostrando se o motor está pronto para iniciar ou não. As condições mostradas com uma marca de verificação verde devem estar presentes antes da partida do motor.

Se uma condição for mostrada com um fundo vermelho e um ponto de exclamação branco ou um ponto de exclamação em um plano de fundo amarelo, o motor não estará pronto para partida.

Se a condição não for relevante, o fundo ficará esmaecido, mas uma marca de seleção ou um ponto de exclamação ainda indicarão o status da condição.

As possíveis indicações de status de cada campo estão listadas abaixo:

-Main start valve in service position (stand by ou at sea)

Amarelo: quando a válvula não está na posição de serviço.

Verde: quando a válvula está na posição de serviço.

-Main start valve blocked (FWE)

Amarelo: quando a válvula não está bloqueada.

Verde: quando a válvula está bloqueada.

-Starting air distribution system in servisse (Stand by ou at sea)

Vermelho: quando o sistema de ar de partida está bloqueado.

Amarelo: quando o sistema de ar de partida não está em uso.

Verde: quando o sistema de ar de partida está em uso.

-Starting air distribution system blocked (FWE)

Amarelo: quando o distribuidor de ar de partida não está bloqueado.

Verde: quando o distribuidor de ar de partida está bloqueado.

-Starting air pressure (Standby ou at sea)

Vermelho: quando o sistema de ar de partida não está pronto para uso (pressão baixa e controle pelo passadiço)

Verde: quando o sistema está pronto para uso.

-Control air presure (Standby ou at sea)

Vermelho: quando o sistema de ar de controle está sem pressão.

Amarelo: quando a pressão de ar de partida está baixa.

Verde: quando a pressão de ar de partida está normal.

-Control air vented (FWE)

Amarelo: quando o ar de controle ainda possui pressão.

Verde: quando o sistema está sem pressão.

-Turnin gear disengaged (Standby ou at sea)

Vermelho: quando a catraca não está desengrazada.

Verde: quando a catraca está desengrazada.

-Auxiliary blowers (Standby ou at sea)

Vermelho: quando os sopradores auxiliares não estão operacionais.

Verde: quando os sopradores auxiliares estão operacionais.

-Hydraulic power supply (*Standby* ou *at sea*) (*Start up pumps*)

Amarelo: quando HPS não está normal.

Verde: quando HPS está normal.

-Hydraulic pressure (Standby ou at sea)

Vermelho: quando a pressão está baixa.

Verde: quando a pressão está normal.

-Zero pitch before starting (Standby ou at sea) (Somente para navios com CPP)

Vermelho: quando o passo do hélice não é zero antes da partida.

Verde: quando o passo do hélice é zero antes da partida.

-Auxiliary systems (Standby ou at sea) (opcional)

Amarelo: quando os sistemas auxiliares estão normais.

Verde: quando os sistemas auxiliares estão normais.

• Start air

O indicador de pressão de ar de partida mostra continuadamente o valor da pressão de ar de partida para o motor.

• Turning gear

Mostra se a catraca está engrazada ou desengrazada.

• Control air pressure

O indicador de pressão de ar de controle mostra continuadamente o valor da pressão de ar de controle no motor.

• Blowers

Indica o estado atual dos sopradores auxiliares que podem ser: parados, rodando, partindo, falha.

• Hydraulic oil

O indicador de pressão de óleo hidráulico mostra continuadamente o valor da pressão de óleo hidráulico para o motor.

• Crankshaft

Indica a posição atual do motor quando se está girando o mesmo através da catraca (para fins de manutenção), ainda permite checar a posição do motor quando há falhas nas válvulas de ar de partida. Quando o motor está virando, o campo mostra a rpm atual do motor.

• Pitch start block indicator

Neste indicador é possível cancelar o bloqueio de partida (isso pode ser usado quando o motor for parado com o passo do hélice na posição a vante ou a ré e devido a falha, não foi possível retornar à posição de *pitch* zero)

• Start status indicator

Este indicador consiste em um campo único contendo informação do estado atual do sistema de partida. Três tentativas de partida sucessivas, ou falha no sistema de *slow turning* irá levar ao bloqueio da partida, no campo pode estar apresentado os seguintes estados: Parado, rodando, preparando para partida, falha no *slow turning*, falha na partida.

• Details

Pressionar este botão faz com que seja apresentado as leituras do ar de partida, ar de controle e leitura da posição do virabrequim.

• Pneumatic diagram

Além de todas informações descritas acima, a tela contém um diagrama do sistema de ar de partida e ar de controle. O diagrama destina-se a indicar a funcionalidade do sistema. Para um motor específico, mais detalhes podem ser encontrados nos desenhos de instalação da instalação fornecidos pelo fabricante do motor.

As válvulas piloto A, B e *slow turning*, podem e devem ser ativadas para testar se a válvula de partida principal e a válvula de giro lento estão abertas e a estanqueidade das válvulas de ar de partida nos cilindros. (Esse teste é realizado regularmente com o motor parado).

Pressionar o campo, circundando as válvulas piloto, abre uma barra de ferramentas a partir da qual a ativação das válvulas piloto é possível.



Figura 23 - Tela Status

Fonte: Arquivo pessoal

7.2.2 Tela Process Information

Esta tela dá ao usuário uma visão geral dos possíveis limitadores / reguladores usados. A tela sempre mostra os valores que estão em uso no momento.

• Running mode

Este campo é o mesmo descrito no item 7.2.1, na tela que se opera o motor.

Um modo de funcionamento do motor é baseado em um algoritmo que determina continuamente os parâmetros de injeção de combustível e descarga, que influenciam o processo da queima no cilindro. Ao controlar o processo do cilindro (pressão máxima do cilindro, taxa de compressão e retorno), a eficiência do combustível e as emissões podem ser controladas até certo ponto.

Para o mecanismo ME, vários modos de funcionamento podem existir. Estes contêm algoritmos diferentes e fornecem várias características de eficiência e emissão de combustível. Os modos de funcionamento são configurados para cada tipo de motor pela MAN Diesel

• Speed control

Este campo é o mesmo descrito no item 7.2.1, na tela que se opera o motor, ao mesmo tempo que o limitador da injeção das bombas também é o mesmo da tela *Engine*.

7.2.3 Process adjustment

Com a senha do chefe no software, o operador consegue ajustar os parâmetros do motor relacionados a pressão e ao combustível utilizado.

• Autotunning (requires PMI

O sistema PMI Autotuning é uma função opcional e foi projetado para ajudar a obter um controle equilibrado do motor com a pressão máxima desejada (Pmax), taxa de compressão Pcomp e pressão média indicada (PI) de acordo com o mecanismo ME ECS e carga do motor solicitados. O ajuste correto dos valores médios proporcionará uma economia de combustível melhor, enquanto o ajuste do equilíbrio pode reduzir os custos de manutenção.

• Index stable

O índice deve ser estável. Medições de alta qualidade só são retiradas em condições estáveis.

Sufficient Index

O índice deve normalmente ser maior que 70% para fazer a leitura corretamente com os parâmetros envolvidos.

Sensor Values

Se vermelho, verificar o status do sistema de rede do PMI, verificar se uma ação de ajuste está em andamento ou não e se os parâmetros do último ajuste foram confirmados com êxito.

• P Max Mean

Quando a Média é ativada, o ajuste da Pmax média pode ser realizada pressionando o botão Pmax na barra de ferramentas.

• P Max Deviation

Este campo mostra o desvio real de cada cilindro e é usado para equilibrar o motor.

• Pcomp Mean

Como P Max Mean, mas para Pcomp

• Pcomp Deviation / PI Deviation

Como P Max Deviation mas para Pcomp ou PI

• Cylinder load

Com a senha do chefe, o Oficial de Máquinas pode ajustar o limite de carga em um ou mais cilindros, ajustar o equilíbrio de carga do cilindro e também isolar uma ou mais unidades do cilindro. Antes de retirar um cilindro fora de operação, as restrições do manual devem ser levadas em consideração. É possível ajustar as configurações em cada cilindro individualmente

• Cylinder pressure

As configurações do Índice de Pressão Máxima, Taxa de Compressão e tempo de abertura da válvula de descarga são combinadas em uma visualização de tela única, chamada *Cylinder Pressure* Na senha do chefe, os intervalos de ajuste são:

-Pmax: +/- 20 Bar

-Compressão: relação +/- 2

-Tempo da válvula: de 0 a -2 °, mais cedo do que o valor solicitado do modo do motor.

• Fuel quality

Nesta tela está disponível uma função para aumentar ou diminuir a injeção de combustível para todos os cilindros (*FQA = Fuel Quality Adjustment*), por exemplo em caso de má qualidade do combustível.

O valor de poder calorífico específico e a densidade do óleo combustível devem ser verificados na especificação real de óleo combustível fornecida com as amostras de combustível no *bunkering*.

• Chief limites

Essa tela oferece ao oficial de máquinas a oportunidade de definir os seguintes parâmetros:

- 1. Velocidade Máxima do Motor.
- 2. Limitação manual do índice em todos os cilindros.
- 3. Isolamento de um ou mais cilindros.

4. Ver o status de todas as HCUs, e é capaz de resetar uma HCU em caso de falha.

Em Chief Index Limit [%], pressione o gráfico de barras do cilindro envolvido. Uma barra de ferramentas na parte inferior da tela permite que o operador limite a injeção de combustível no cilindro escolhido. Quando o cilindro deve ser reabilitado, o gráfico de barras do cilindro envolvido é pressionado e a injeção de combustível é elevada para o valor anterior usando as setas na barra de ferramentas, seguidas de [aplicar].



Figura 24 - Process adjustment

Fonte: Arquivo pessoal

7.3 Auxiliaries

O Sistema Hidráulico, o Ar de Lavagem, o Bypass dos gases de descarga (se instalado), e a Lubrificação do Cilindro são monitorados no navegador principal do *Auxiliares*.

De cada menu, o operador pode controlar e monitorar esses sistemas.

As telas são:

- Sistema Hidráulico
- Ar de exaustão (desvio de gás de descarga)
- Lubrificação do Cilindro

7.3.1 Hydraulic System

Esta tela mostra um desenho esquemático simples do sistema hidráulico. A tela mostra de três a cinco bombas acionadas pelo motor (dependendo do layout do motor) e duas bombas acionadas eletricamente.

Uma válvula de bypass do lado da pressão da bomba para o lado da sucção também é mostrada.

Os seguintes botões também podem ser ativados diretamente da tela no nível Chefe:

- Modo HPS (fonte de alimentação hidráulica)

- Limitador de Torque da Bomba

- Ponto de ajuste

- Ignorar

HPS Mode

Pressionar o botão *HPS Mode* ativa uma barra de ferramentas na parte inferior da tela. No nível Chief, é possível alternar entre os modos Auto e Manual.

No modo Auto, é possível executar os seguintes comandos (nível Operador e Chefe)

- Selecione uma das bombas acionadas eletricamente como mestre.

- Selecione uma das bombas acionadas pelo motor como bomba de controle de pressão.

No modo Manual (nível principal), os recursos de comando adicionais são:

- Ajuste do atual setpoint da pressão hidráulica.

 Operar a válvula de by-pass das bombas acionadas pelo motor usando ACU1 ou ACU3 (válvula de bypass a ser testada quanto ao movimento a cada 6 meses, com o motor parado)
- Partida / parada das bombas de arranque eléctricas.

Se, por algum motivo, o controle automático de uma bomba acionada pelo motor não puder ser mantido, a placa oscilante (de pressão) da bomba será desviada para 100% somente na direção frontal.

• Pump torque limiter

Neste campo, é possível cancelar o limitador de torque da bomba. (Nível chefe)

O limitador de torque tem duas funções:

 O torque total para as bombas acionadas pelo motor não deve exceder um nível que possa danificar a engrenagem e a corrente. Portanto, para proteger a engrenagem e a corrente, a soma das posições da placa de oscilação não deve exceder um valor predefinido. (Engine específico).

- Para proteger as bombas individuais de avaria ou danos.

Ao pressionar o campo Limitador de Torque da Bomba, uma barra de ferramentas aparecerá, onde o limitador pode ser ativado ou cancelado. (O cancelamento do limitador acionará um alarme no *MOP*).

Quando o limitador é cancelado, as placas oscilantes eletricamente controladas nas bombas podem desviar para a limitação mecânica, se houver necessidade. (Quando o limitador está ativo, eles só podem desviar para uma posição máxima controlada eletricamente).

• Set point and Hydraulic oil

O ajuste do ponto de ajuste da pressão do óleo pode ser feito a partir do display de Set Point, onde o ponto de ajuste real é sempre mostrado. O motor deve estar funcionando. A pressão real do óleo é mostrada no display como "Hyd.Oil"

Por padrão, a pressão de operação normal está na faixa de 200 a 300 bar e é ajustada no comissionamento. O nível de alarme e parada do motor é de aproximadamente 140 a 180 bar, também definido no comissionamento do motor. Tanto a pressão de operação quanto a pressão de parada dependem do motor.

O setpoint de pressão só é relevante para as bombas de prato oscilante acionadas pelo motor, pois a pressão das bombas de partida é limitada por meio de válvulas limitadoras de pressão ajustadas mecanicamente. As bombas de partida são automaticamente paradas no funcionamento normal do motor.

• Double pipe (engine dependent)

Este visor mostra a pressão nos tubos externos dos tubos duplos de alta pressão. Normalmente, essa pressão deve estar na faixa de 0 a 10 bar, dependendo do layout específico do motor

By-Pass

Na linha de pressão principal das bombas acionadas pelo motor, um bypass é instalado. No funcionamento normal com o modo *HPS* em "Auto", o bypass abrirá no caso parada do motor. Isso garante que o óleo retorne ao lado de sucção das bombas, evitando assim a cavitação e o desgaste não intencional nas peças da bomba.

Além disso, se o desligamento for devido a um vazamento no lado de alta pressão e o motor continuar girando devido ao movimento do hélice, a quantidade de óleo derramado poderá ser reduzida, levando o óleo de volta ao lado de sucção.

Ao verificar manualmente a válvula, você tem certeza de que a válvula está funcionando corretamente. (A válvula deve ser verificada manualmente a cada 6 meses).

A válvula de derivação é testada no motor ainda em *standby*, no nível chefe e no modo HPS no manual. Por razões de redundância, a válvula bypass é controlada tanto por ACU1 como por ACU3

7.3.2 Scavenge Air

A tela de ar de lavagem contém informações e controles para monitorar e operar os sopradores auxiliares, o bypass do gás de descarga e o sistema VT. (dependente do motor).

Os ventiladores estão operando normalmente no modo Auto. Condições de funcionamento são:

Os ventiladores são iniciados quando

- o botão "preparar partida" é pressionado (tela de operação)

- a alavanca de manobra é movida para a posição inicial (a partida do motor é atrasada até que os ventiladores estejam funcionando e a pressão esteja correta

 - o motor está funcionando, mas a pressão do ar de limpeza está abaixo de um certo valor (por exemplo, durante manobras)

Os sopradores são parados quando

- o motor está desligado

- o estado atual do comando telégrafo é movido para a posição FWE

- 10 minutos após o motor ter parado (ajustável)

 o motor está em funcionamento e a pressão do ar de lavagem está acima de um nível especificado

Se a operação manual for necessária, ela é feita pressionando o botão (Modo de Ventilação). Ao pressionar o visor 3D individual do soprador no nível principal e no modo manual, é possível iniciar ou parar o soprador individualmente.

A tela contém de 2 a 5 ventiladores, dependendo do layout do motor. O estado de cada soprador é mostrado. O status é parado, iniciado, funcionando ou com falha

Exhaust gas by-pass and VT system

A monitoração dos sistemas de bypass de gás de descarga e do sistema VT é realizada a partir da tela Scavenge Air.

As posições e configurações reais do by / off bypass, as válvulas de bypass controladas por variáveis e o sistema VT são sempre mostradas na tela.

Ao pressionar o botão Bypass Mode (nível principal), os modos da válvula de bypass podem ser alterados entre automático e manual.

No modo manual (nível chefe), a válvula de derivação controlada pode ser aberta / fechada ou ajustada para o ângulo desejado.

No modo manual (nível principal), o bypass on / off pode ser aberto ou fechado. Para uma descrição detalhada do Sistema VT e do Sistema de Derivação de Exaustão, veja os manuais separados.

Ao pressionar o botão Detalhes, a indicação da pressão do ar de limpeza atual é mostrada para cada sensor de ar de limpeza individual.

7.3.3 Cyinder lubrication

O Sistema de Controle de Lubrificante ME fornece o monitoramento e controle operacional da planta de lubrificação de cilindros, lubrifica os cilindros no motor do tipo ME.

As seguintes variáveis podem ser monitoradas:

-Fluxo (l / h)

-Taxa Básica de Alimentação (g / kwh)

-Taxa de Avanço Real (g / kWh)

• Flow

O display de fluxo mostra a quantidade de óleo lubrificante demandada em litros / hora.

Basic feed rate

A Taxa básica de consumo de óleo lubrificante é uma taxa calculada para o sistema completo de lubrificação em g / kWh mostrada com dois (2) decimais. A fórmula para calcular a taxa básica de alimentação é = S% x (*Feed rate factor*).

Actual feed rate

Os gráficos de barra são individuais para cada cilindro e mostram a taxa real de alimentação por cilindro, após a influência de limitadores, controle de carga, etc. Se a taxa de avanço devido a carga baixa exceder a capacidade máxima de exibição (1, 45 g / kWh), a barra é barrada e a tela superior no gráfico de barras mostra "Carga baixa".

Os seguintes displays podem ser operados no nível Chief.

- Total
- Pré lubrificação
- LCD
- S% (teor de enxofre)
- Fator de Taxa de Alimentação
- min. Taxa de Alimentação (g / kWh)
- Fator de ajuste da taxa de alimentação
- Corrida em (g / kWh)
- Sequência do Teste do Lubrificador
 - Total

O display Total mostra a quantidade total de óleo lubrificante usado desde a última energização da ECU envolvida.

Ambos os valores Flow e Total são baseados nos números contados de cursos de lubrificação e a quantidade injetada por curso.

• Prelube

Quando o botão "Prelube" é pressionado, uma barra de ferramentas é mostrada na tela. Pressionando o botão "ON", um pré-lubrificante é ativado em todos os cilindros e é avaliado o feedback dos lubrificadores. Por padrão, cada lubrificador é ativado 20 vezes na velocidade mais rápida possível. • LCD (Load change dependent)

O visor LCD mostra se a lubrificação do LCD (dependente de mudança de carga) está ativada ou desativada.

• %S (Sulphur)

Ativar a exibição S% permite o ajuste do conteúdo de Enxofre igual ao teor de enxofre no HFO usado. O princípio de como ajustar a taxa de alimentação de acordo com o teor de enxofre é explicado na seção de ajuste de combustível.

O intervalo está entre 0,00 a 5,00 S% e não é ajustável fora deste intervalo

• Feed rate fator

Ativar o *feed rate factor* do display permite o ajuste da taxa de alimentação para todos os cilindros. O display mostra a taxa de alimentação com 2 casas decimais e é "g / kWh% S".

• Min. feed rate

O display minimum feed rate permite o ajuste da taxa de avanço mínima para todos os cilindros. O valor é exibido em g / kWh e é normalmente definido para 60% da taxa de alimentação básica recomendada

Feed Rate Adjust Factor

Ativando o display O fator de ajuste da taxa de alimentação permite o ajuste da taxa de alimentação para cada cilindro separadamente.

• Running in g/kWh

Quando um único cilindro está sendo inserido, a taxa de alimentação é ajustada neste visor.

Lubricator Test Sequence

Pressionando a Sequência de Teste do Lubrificador inicia-se uma ativação contínua do lubrificador na taxa de injeção normal (diferente do "Prelube", onde a injeção de óleo é feita 20 vezes na velocidade mais rápida possível).

Esse recurso é usado após reparos, etc. no (s) lubrificador (es), permitindo que o oficial de máquinas verifique manualmente o lubrificador quanto a vazamentos e injeção.

Se um único botão (cilindro 1, 2, 3, etc.) for pressionado, uma barra de ferramentas será mostrada na tela. A barra de ferramentas permite que o engenheiro inicie a lubrificação no cilindro em questão ou em todos os lubrificadores.



Figura 25 - Cylinder lubrication

Fonte: Arquivo pessoal

7.4 Maintenance

As telas de manutenção fornecem uma visão geral do status do sistema ECS nas três telas a seguir.

- System View I / O Test
- Entradas Invalidadas
- Status da Rede
- Teste de Função

- Resolução de Problemas

As cinco telas de manutenção acima mencionados podem ser acedissadas através do navegador secundário, apertando o botão "*Maintenance*" no navegador principal. Elas são usadas principalmente no comissionamento do motor, durante a detecção de falhas no cabeamento / canais de entrada e saída e nas conexões externas aos sensores e durante a operação do motor. O uso dessas telas é, portanto, relevante para os oficiais de máquinas e eletricistas também.

7.4.1 System view I/O test

A ideia das telas de manutenção é ajudar o engenheiro a executar e monitorar o ECS do motor.

Os ícones mostrados nos controladores mostram o status de cada controlador, por exemplo, se está no modo:

Ativo

- Controlando

- Teste

- Configuração

- Bloqueado

Pressionando o único controlador (Chief Level) nesta tela, as entradas / saídas reais da placa selecionada são mostradas.

A tela mostra Info, ID, descrições e processa os valores de cada canal no MPC.

É possível ver cada canal no modo Normal e no modo de teste, mas para definir um canal de saída manualmente, o modo de teste deve ser escolhido.

Pressionando o número do canal à esquerda no canal individual, por exemplo, a tela selecionada na placa desejada é mostrada. Serão listados os canais de

⁻ Não acessível

comunicação. O status e os valores destes canais estarão listados nesta tela. A partir desta tela, os canais de entrada podem ser invalidados e validados novamente, no nível de acesso do chefe.

Pode ser relevante invalidar um canal de entrada em um MPC se o sensor vinculado ao canal, por algum motivo ou outro, ocasionalmente ou continuamente estiver emitindo alarme.

O motivo do alarme pode ser, por exemplo, um sensor defeituoso ou uma fiação solta do sensor para o MPC.

Se um canal for invalidado, o canal envolvido entrará em um estado de alarme contínuo. Ao mesmo tempo, o ECS continuará operando da melhor maneira possível, sem o valor do sensor de entrada invalidado.

Se um canal de entrada for invalidado, ele será listado na tela "Entradas Invalidadas". O número de identificação, o ID do sinal e uma breve descrição para facilitar a visão geral e reconhecer o (s) canal (ais) envolvido (s) são mostrados nesta tela.

A tela "Entradas Invalidadas" é uma "Visualização Rápida", ajudando o oficial de máquinas a verificar e controlar quais canais invalidar. Isso pode ser útil, por exemplo, após uma alteração no MPC.

7.4.2 Network status

Essa tela fornece ao oficial de máquinas uma visão geral e o status exato da Rede de Controle do ECS (em oposição às telas anteriores que mostram o status de cada MPC único).

A partir desta tela, é possível ver o status da rede usando os ícones abaixo:

- 0K

- This MOP

- No Reply Single Channel
- No Communication

- Not Accessible
- On-line But No Information
- Not Relevant
- Reference
- Cross Connection

Quando todos os campos são mostrados com um $\sqrt{}$ verde (marca de seleção), tudo está bem. O uso da tela se torna especialmente relevante quando as verificações manuais de falha à terra são realizadas.

7.4.3 Function test

A aba Teste de Função consiste em 3 itens (submenus),

- HCU para cada cilindro
- Tacômetro
- HPS para cada bomba

O principal objetivo dessas três telas é fornecer ao oficial de máquinas uma ferramenta para testar a função dos equipamentos HCU, HPS e do tacômetro e seus componentes relacionados. Também as telas de teste de função são usadas quando os componentes substituídos devem ser calibrados, por ex. em caso de substituição de um sensor de curso do "junço" da bomba de combustível.

As telas de teste de função são feitas passo-a-passo, guiando o pessoal do motor através dos testes. Cada teste começa com algumas etapas de preparação para garantir as condições corretas antes de iniciar o teste real. O MOP deve estar no nível de acesso ao CHEFE e, se não indicado de outra forma, o motor deve ser parado antes de iniciar o teste.

HCU

Os testes da HCU estão concentrados na válvula FIVA. Dependendo da configuração, a lista contém três ou dois testes de função. Apenas as válvulas FIVA

com amplificador externo têm a opção de um teste de amplificador. A seguir, todos os três testes de função são explicados:

A. Preparation of HCU Test

Para iniciar a função de teste deve-se pressionar o botão *Start* e seguir os passos na tela.

B. Test of FIVA valve and calibration of Fuel Plunger

Se o CCU MPC não estiver no modo de teste quando o botão START for pressionado, o oficial de máquinas será solicitado a alternar para o modo de teste e reinicializar o MPC. Depois que o MPC for reinicializado, o teste de função continuará.

Para testar os componentes da injeção de combustível, a FIVA fará uma injeção de combustível.

Isso é verificado pelo assistente na parte superior do motor, sentindo a onda de choque no respectivo tubo de injeção de combustível.

Para testar os componentes da válvula de escape, a FIVA ativará a respetiva válvula de escape uma vez. Isto é verificado pelo assistente, ouvindo o som da válvula de escape abrir e fechar.

Os valores de teste listados no plano de fundo azul na coluna da extrema direita quando o teste de função estiver concluído e, em circunstâncias normais, estarão dentro da faixa de referência padrão listada ao lado da coluna do valor de teste.

Se, por algum motivo, o valor do teste for diferente do valor de referência, isso será mostrado em uma das seguintes formas

x.xV	Sinal e valores de feedback estão dentro da normalidade
	Sinal não está presente (checar se a placa está conectada à rede)
x.x mA	Valor de sinal fora do range de referência (Valor fora do range de trabalho ou possível falha no cabo)
x.xV	Valor de sinal fora do range de referencia (Sinal bom porém unidade mecanicamente fora do range)

Tabela 5 - Simbologia do modo de testes

Se o teste for concluído com sucesso, o usuário terá a opção de usar o botão SAVE para salvar os novos pontos de ajuste de calibração para os MPCs. Se esta operação falhar, outra tentativa deve ser feita após aproximadamente 30 segundos.

C. Cyclic Test of Exhaust Valve and/or fuel injections

Quando o botão START é pressionado, um conjunto de botões aparecerá na barra de ferramentas, o que permitirá ao oficial de máquinas iniciar um teste cíclico repetido da válvula de escape, ou seja, a válvula de escape continuará abrindo e fechando até que o botão STOP seja pressionado. Também para a bomba injetora de combustível é possível um teste de injeção único (ambos durante o teste cíclico e independente disso).

D. Reboot of CCU

Reinicialize o CCU MPC no modo de teste para continuar com os testes ou reinicialize para configurar o CCU MPC para o modo de operação normal (concluído com testes de função).

-Teste do amplificador (aplicável apenas às válvulas Curtis Wright FIVA)

Este teste de amplificador permite que o engenheiro teste o amplificador FIVA. Quando o botão START é pressionado, um conjunto de botões de ajuste aparecerá na barra de ferramentas.

A faixa de tensão de ajuste para o canal 70 situa-se entre -3,6V a + 3,6V. Se o campo do valor do sinal para o canal 70 ficar vermelho, isso indica que algo está errado com o MPC.

O campo do valor do sinal para o canal 33 tem os mesmos tipos diferentes de indicações de erro como mostrado acima. Se qualquer um destes é acionado, isso provavelmente indica que há algo errado com o amplificador ou com as conexões ao amplificador. Ao testar o amplificador com tensões no limite superior da faixa de tensão de ajuste, pode ocorrer o acionamento da bomba de combustível, resultando em injeção de combustível.

Tacho

O Tacho Test permite a variação dos ângulos dos Tacho Pick-Ups e o ajuste fino de certos parâmetros do Tacho Pick-Up.

A. Teste Pré-Início

Pressione START e siga as instruções na tela. Certifique-se de que um assistente está de prontidão para ativar a catraca de giro.

Durante o teste, o seguinte texto é exibido na tela:

-A: xx B: xx (fundo azul):

Se a manivela for girada para o ângulo prescrito, o valor estará correto. Continue para o próximo passo.

-A: xx B: xx (fundo amarelo):

Se a manivela for girada para o ângulo prescrito, o teste falhou. Continuação do teste não é possível. Verifique e ajuste o Tacho Pick-Ups.

OBS: O x no teste pode ser T ou F

B. Definição de parâmetros de ajuste fino

O mecanismo deve estar em execução para executar este teste.

Pressione Iniciar e siga as instruções na tela. Se um aviso de falha de ECU for exibido, verifique as conexões de rede com as ECUs.

No último passo, Trigger Offset Ahead deve ser dado a partir do diagrama PMI-O seguido de Enter.

7.4.4 Troubleshooting

Esta tela é usada para a realização de problemas na Unidade do Cilindro Hidráulico e no Sistema de Pressão Hidráulica. Os Eventos HCU e Eventos HPS são usados para mostrar os movimentos reais da válvula FIVA, posições do êmbolo, movimentos da válvula de escape e posições da placa oscilante como gráficos de tendência.

HCU

Nesta tela, a FIVA pode ser ativada para executar o movimento da bomba de combustível e da válvula de descarga para verificar se o sistema está funcionando corretamente.

A ativação da FIVA é realizada alterando o Modo MPC no Modo de Teste e ativando os botões exibidos na barra de ferramentas. O teste cíclico é apenas uma ativação da válvula de escape por algumas vezes repetida.

HPS

Nesta tela, a posição do prato oscilante de cada bomba pode ser regulada para verificar se o sistema está funcionando corretamente.

A alteração da posição do prato oscilante é feita alterando o Modo MPC no Modo Teste e ativando os botões exibidos na barra de ferramentas. A posição da placa oscilante pode ser vista na entrada "canal 34" e comparada com o *setpoint* desejado.

HCU and HPS events

Essas telas são uma ajuda para o oficial de máquinas e são usadas para monitorar os movimentos reais da HCU e da HPS ao longo do tempo. É usado para identificar problemas em caso de mau funcionamento dos componentes elétricos e mecânicos, por exemplo.

Uma lista de despejos pode ser encontrada na parte superior esquerda da lista. Para exibir o conteúdo, marque um elemento na lista e pressione "*Show Sequence*". Os dumps manuais e os dumps automáticos podem ser executados para falhas / alarmes especiais. O evento que causou o despejo é descrito no texto acima da área do gráfico.

A hora do alarme é mostrada como uma linha tracejada vertical. A exibição dos valores medidos pode ser ativada e desativada pressionando os botões no lado esquerdo da tela.

Além disso, as medições podem ser exibidas em função do tempo e do ângulo.

Ao clicar em segurar (o cursor se transforma em uma mão) na área à esquerda do eixo Y ou na área abaixo do eixo X, o gráfico pode ser movido vertical ou horizontalmente.

O zoom pode ser realizado desenhando um quadrado na área do gráfico enquanto a "exibição padrão" pode ser recuperada pressionando "Zoom para ajustar".

7.5 Failure mode and effect analysis

O modo de falha e a análise de efeitos (FMEA) pode se usados para obter uma visão geral do que esperar ao realizar a manutenção nos MPCs / MOPs do ECS ou o que acontece se um MPC ou MOP falhar inesperadamente.

O FMEA consiste em uma tabela incluindo os seguintes campos:

Componente com falha

O componente específico para o qual os campos subsequentes se aplicam.

Precaução

Descreve se os alarmes são ou não liberados (indicados por um sino), se ações manuais são necessárias (indicadas por uma mão) e o que o ECS faz automaticamente (indicado por um computador)

Efeito no motor

Uma visão geral de como uma falha de um único componente afeta a execução do mecanismo, incluindo o ECS.

Geralmente, qualquer ACU, CCU, ECU, MOP ou EICU pode sempre ser parado e reiniciado independentemente das outras unidades, também enquanto o motor estiver funcionando. No entanto, a tabela FMEA deve ser consultada para detalhes relativos ao MPC / PC específico.

Quando um MPC é iniciado, ele recebe automaticamente todas as informações necessárias das outras unidades (qualquer MOP disponível) antes de sua aplicação real (funcionalidade de controle) ser iniciada.

Tabela 6 – Causas e efeitos no supervisório

- Actions carried out automatically
- Actions requiring manual intervention
- 🕂 ECS Alarm

Component	Failure	Precaution	Effect
EICU	Active unit fails	 □ The hot standby unit takes over. ☆ An alarm is released 	Continuous operation with no load restriction.
	Hot Standby unit fails	沇 An alarm is released	Continuous operation with no load restriction.
ECU	Active unit fails	 □ The hot standby unit takes over. ☆ An alarm is released 	Continuous operation with no load restriction.
	Hot Standby unit fails	ﷺ An alarm is released	Continuous operation with no load restriction.
CCU	Unit fails	沪 An alarm is released	Malfunctioning of a CCU may in the worst case stop fuel injection and exhaust operation on that cylinder. Operation with a cylinder out of service is arranged in accordance with the Instruction Book.
ACU	Unit fails	An alarm is released. The corresponding engine driven supply pump shifts to maximum displacement. If the failing unit is the pressure controlling, this function is transferred to the other ACU's. If the failing ACU controls a set of electrical pumps, that set is disabled.	Continuous operation with no load restriction.

Component	Failure	Precaution	Effect
MOP	MOP panel fails	 □ The Backup PC is can be ready immediately for MOP use. ☆ An alarm is released. 	Continuous operation with no load restriction.
	Backup PC fail	斺 An alarm is released.	Continuous operation with no load restriction.
	Both MOP panel and backup PC fail	☆ Alarms are released.	Continuous operation with no load restriction. Limited possibilities for control system supervision.
Network and Network Repeater	One network segment fails or one network repeater fails	The duplicate network segment retains network communication ☆ An alarm is released.	Continuous operation with no load restriction.
Power Supply	One main power supply unit fails	□ The duplicate power supply unit retains power supply. ☆ An alarm is released.	Continuous operation with no load restriction.
	Over or under voltage	 □ Power supply disconnected. ☆ An alarm is released. 	None.
Complete System.	Isolation failure to ground.	近 An alarm is released.	None.
Crankshaft position sensors and Tacho Amplifier.	Failing set of sensors or one Tacho amplifier fails	 □ Each unit using the failed set of sensors shifts automatically to the other set. This does not interrupt engine operation. The sensor sets are powered individually from each of the two ECU's and hard wired individually to both the ECU's and the CCU's. In case of a failing sensor ☆ An alarm is released. 	Continuous operation with no load restriction.
External Communication	Failing 'Control Station selection signal', from RCS	 □ In case the signals indicate no control station selected the active control station is retained. In case two control stations are selected, the current active station is also retained. ☆ In both the above cases an alarm is released. ♡ The active control station can be forced to either the bridge or the local control station, by means of separate hard wired input from the two control stations. 	Continuous operation with no load restriction.
	Failing communication with the active control station.	 □ The command set is frozen with values as before the failure. ☆☆ An alarm is released. 	Continuous operation with no load restriction, after change over to another control station.
	Failing serial connection to RCS	 □ Change to other serial connection. ☆ An alarm is released. 	Continuous operation with no load restriction.
	Failing non redundant communication with external systems	Only non critical interface to other systems have non redundant communication.	Continuous running with no load restriction. Co-operation with the affected system is disabled.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Durante muitos anos a maior força motriz dos grandes navios da marinha mercante vem de motores Diesel, turboalimentados e de dois tempos acoplados ao hélice. Os fabricantes deste tipo de motor buscam constantemente inovações para melhoria de eficiência e para que seus motores se enquadrem nas novas normas ambientais, que têm se tornado cada dia mais rígidas.

A MAN B&W, conforme demonstrado neste trabalho, criou uma tecnologia de acionamento dos mais diversos elementos do motor através de uma força hidráulica. Com isso ficou possível ajustar o motor quando em funcionamento para buscar maior economia, mais rendimento sem abrir mão da proteção ao meio ambiente.

No Brasil este tipo de motor já é realidade. Embarcações recém construídas são na sua maioria equipadas com motores eletronicamente controlados. São estas embarcações que os futuros oficiais de máquinas da Escola de Formação de Oficiais da Marinha Mercante irão tripular durante sua praticagem e posteriormente como Oficiais de Máquinas.

O objetivo final do trabalho foi apresentar de maneira simples, o motor que muitos destes futuros oficiais encontrarão na sua vida profissional. Por se tratar de uma tecnologia relativamente nova, não dispomos de muita informação nos acervos dos centros de instrução, portanto este trabalho veio para reunir informação e despertar a curiosidade para esta nova tecnologia

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Máquinas de propulsão. Marítimo. Disponível em:

http://tempodefun.dominiotemporario.com/doc/Propulsao.pdf Acesso em: 04 de Maio de 2019

MAN B&W Instruction Book 'Operation' for 50-108ME/ME-C Engines Volume I Edition 0003 – 2006

MAN B&W CoCoS EDS Engine Diagnostic System User's Guide Version 1.7

MAN B&W. *ME Engine Control System.* MAN Diesel Course – PrimeServ Academy. Copenhagen, July 2009.

MAN B&W MOP Description 0905 50-98ME/ME-C Edition 0001

MAN B&W **Service Experience 2007**, MAN B&W Engines The ME/ME-C and MC/MC-C Series

MarineDots The first 50 years of turbocharged 2-stroke, crosshead, Marine diesel engines. Disponível em https://marinedots.blogspot.com/2014/03/the-first-50-years-of-turbocharged-2.html Acessado em 23 de Maio de 2019

MARINHA DO BRASIL. **Máquinas de Combustão Interna.** Ensino à distância CAD-CBMQ. Módulo 13. Diretoria de Portos e Costas. Ensino Profissional Marítimo, 1999.

ResearchGate *The construction types evolution of internal combustion marine engines*. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316101883 Acesso em: 15 de Maio de 2019

Unique Cars and Parts *The History of the Diesel Engine* Disponível em: < https://www.uniquecarsandparts.com.au/history_diesel.php> Acessado em: 06 de Maio de 2019