

**PART E II REGRAS PARA CONSTRUÇÃO E
CLASSIFICAÇÃO DE NAVIOS DE
MADEIRA**

**TÍTULO 11 PARTES COMUNS A TODOS
NAVIOS**

SEÇÃO 5 MOTORES E MECÂNICA

CAPÍTULOS

- A ABORDAGEM
- B DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA
- C MATERIAIS E MÃO DE OBRA
- D PRINCÍPIOS DE INSTALAÇÃO
- E MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA
- F OUTRAS MAQUINARIAS
- G LINHAS DE EIXOS DE TRANSMISSÃO
- H CAIXAS REDUTORAS / REVERSORAS E
ACOPLAMENTOS
- I PROPULSORES
- T TESTES

CONTEÚDO

CAPÍTULO A	5
ABORDAGEM	5
A1. CAMPO DE APLICAÇÃO	5
100. Enquadramento nas Regras	5
200. Normas	5
300. Requisitos estatutários	5
CAPÍTULO B	5
DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA	5
B1. ESCOPO DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS	5
100. Apresentação	5
B2. DOCUMENTOS A FORNECER	5
100. Lista de documentos	5
200. Outros documentos a fornecer	6
CAPÍTULO C	6
MATERIAIS E MÃO DE OBRA	6
C1. MATERIAIS PARA MAQUINARIA	6
100. Aços fundidos e ligas de aço	6
200. Ferros fundidos cinzentos	6
300. Ferros fundidos nodulares	6
400. Aços forjados	6
500. Barras de aço laminadas a quente	6
C2. MATERIAIS PARA EIXOS E LINHAS DE EIXOS	7
100. Aços forjados ou fundidos	7
200. Bronze fundido	7
300. Barras quadradas e redondas laminadas	7
C3. MATERIAIS PARA HÉLICES	7
100. Bronze manganês e outras ligas de bronze	7
200. Ferro fundido	7
300. Aço fundido	7
CAPÍTULO D	7
PRINCÍPIOS DE INSTALAÇÃO	7
D1. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS	7
100. Instalações marinheiras	7
200. Inclinação	7
300. Temperaturas de projeto	7
400. Combustíveis	8
D2. DISPOSIÇÃO DA MAQUINARIA	8
100. Arranjo geral	8
200. Ventilação	8
300. Acessos	8
400. Iluminação	8
500. Esgotamento de fundo de praça de máquinas	8
600. Isolamento térmico	8
700. Equipamentos de proteção - medidas preventivas	8
D3. TRANSMISSÃO DE ORDENS	9
100. Comunicação interna	9
D4. IDENTIFICAÇÃO DA MAQUINARIA	9
100. Plaquetas e cores	9
CAPÍTULO E	9
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA	9
E1. ABORDAGEM	9

100. Aplicação	9
E2. DESEMPENHO	9
100. Potência	9
200. Combustível	9
E3. DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS	10
100. Manivela	10
200. Cambotas de árvores de manivelas forjadas	10
300. Cambotas de árvores de manivelas fabricadas por partes	10
E4. SISTEMAS DE PARTIDA	10
100. Condições	10
E5. SISTEMAS DE TUBULAÇÕES INTERNAS NOS MOTORES	10
100. Sistemas de resfriamento, lubrificação e alimentação de combustível	10
200. Sistema de gases de exaustão	10
E6. INSTRUMENTAÇÃO DOS MOTORES	11
100. Instrumentos	11
200. Para motores propulsores	11
300. Para motores auxiliares	11
E7. DISPOSITIVOS DE CONTROLE E DE SEGURANÇA	11
100. Controle da velocidade e proteção contra sobre-velocidade	11
200. Válvulas de segurança	12
300. Proteção do sistema de ar de partida	12
400. Proteção do bloco	12
500. Válvulas de alívio	12
600. Dispositivo de alarme	12
700. Comando remoto e comunicação oral	13
CAPÍTULO F	13
OUTRAS MAQUINARIAS	13
F1. TURBINAS E OUTROS ACIONAMENTOS	13
100. Aplicação	13
F2. MAQUINARIAS AUXILIARES	13
100. Aplicação	13
CAPÍTULO G	13
LINHAS DE EIXOS DE TRANSMISSÃO	13
G1. ABORDAGEM	13
100. Aplicação	13
G2. INSTALAÇÃO DE EIXOS	13
100. Alinhamento	13
200. Proteção contra corrosão	14
G3. DIMENSÕES DOS EIXOS DE PROPULSÃO E TENSÕES DE VIBRAÇÃO TORCIONAL ADMISSÍVEIS	14
100. Abrangência	14
200. Métodos de cálculo alternativos	14
300. Limitações de materiais	14
400. Diâmetro dos eixos	15
500. Tensões de vibração torsional admissível	15
600. Requisitos para eixos em conformidade com a Parte II, Título 11, Seção 5, Capítulo G	17
700. Explicação de k e c_K	17
800. Fator de concentração de rasgos	17
G4. MANCAIS	19
100. Configuração de mancais	19

200. Camisas	19
300. Arranjo do tubo telescópio e do mancal do tubo telescópio	19
400. Buchas	20
G5. ACOPLAMENTOS	20
100. Flanges	20
200. Parafusos de acoplamento	20
300. Chavetas	20
400. Conicidade e extremidade roscada	20
CAPÍTULO H	21
CAIXAS REDUTORAS/REVERSORAS E	21
ACOPLAMENTOS	21
H1. ABORDAGEM	21
100. Aplicação	21
H2. ENGRENAGENS	21
100. Eixos	21
200. Dentes	21
300. Carcaça	21
400. Balanceamento	21
500. Acessórios	21
H3. ACOPLAMENTOS	21
100. Acoplamentos dentados	21
200. Acoplamentos flexíveis	22
CAPÍTULO I	22
PROPULSORES	22
I1. ABORDAGEM	22
100. Aplicação	22
I2. DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DE HÉLICES COMUNS	22
100. Espessura de pás	22
200. Chaveta do hélice	22
300. Ajustagem ao eixo	22
I3. HÉLICE DE PÁS REMOVÍVEIS	22
100. Montagem	22
I4. HÉLICE DE PASSO CONTROLÁVEL	22
100. Definição de características	22
200. Sistema hidráulico de controle de passo	22
300. Indicadores	23
400. Controle do passo em emergência	23
I5. BALANCEAMENTO	23
100. Controle	23
I6. PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO	23
100. Contato hélice x eixo	23
CAPÍTULO T	23
TESTES	23
T1. MOTORES E OUTROS EQUIPAMENTOS DE MÁQUINAS	23
100. Provas de cais e de mar	23
200. Temperatura dos compartimentos de máquinas	24
300. Folgas e tolerâncias	24
T2. ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO	24
100. Mancais, camisas e buchas para mancais	24
T3. TESTE DE MOTORES DE LINHA NOS FABRICANTES	24
100. Aplicação	24
200. Aprovação de fabricantes de motores de linha	24

300. Documentos para a aprovação	25
400. Garantia da qualidade no processo de fabricação de motores de linha	25
500. Testes para o modelo a aprovar	25
600. Validade da aprovação do fabricante	26
700. Teste de motores de linha na fábrica	26
T4. TESTES DO SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO COMUNS A TODAS AS MENÇÕES	29
100. Qualificação dos componentes	29
200. Testes de pressão	29
300. Testes elétricos	29
400. Testes de oficina e certificações	29
500. Provas de cais e mar	30
T5. TESTES ADICIONAIS PARA SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO COM MENÇÃO AUT-F E AUT-F INT	30
100. Verificações e simulações adicionais	30

CAPÍTULO A ABORDAGEM

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

A1. CAMPO DE APLICAÇÃO

A1. CAMPO DE APLICAÇÃO

100. Enquadramento nas Regras

101. As Regras aqui constantes aplicam-se às instalações de motores de propulsão e auxiliares e instalações mecânicas das embarcações do escopo das presentes Regras.

102. Os materiais destinados à fabricação de equipamentos em geral, motores de combustão interna, vasos de pressão, caldeiras, tubos e acessórios devem satisfazer às exigências constantes destas Regras.

103. Projetos que fogem das regras aqui estabelecidas e materiais com características diferentes daquelas aqui indicadas podem ser aprovados, desde que sua equivalência e adequação sejam reconhecidas pelo RBNA. Para tanto, este pode requerer a submissão de documentos adicionais, bem como a realização de testes e provas especiais.

104. O RBNA pode fazer exigências, além daquelas aqui constantes, para todos os tipos de maquinaria, onde estas se tornem indispensáveis, baseadas em novas pesquisas ou experiências operacionais.

200. Normas

201. As instalações de propulsão e todos os equipamentos e acessórios empregados nas embarcações cobertas por essas Regras devem ser projetados, construídos e ensaiados conforme as últimas revisões das normas aplicáveis do INMETRO e, na falta destas, das seguintes organizações:

- a. ASTM - American Society for Testing and Materials;
- b. ANSI - American Society Standard Institute;
- c. ASME - American Society of Mechanical Engineers.

300. Requisitos estatutários

301. Devem ser atendidos os requisitos da NORMAM 02, item 0335 e seu anexo 3-O.

CAPÍTULO B DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

B1. ESCOPO DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS

B2. DOCUMENTOS A FORNECER

B1. ESCOPO DOS DOCUMENTOS TÉCNICOS

100. Apresentação

101. Os desenhos devem conter todos os detalhes necessários para perfeita compreensão do projeto.

102. Onde necessário, memória de cálculo das partes componentes, bem como descrição da maquinaria devem também ser apresentadas.

103. Qualquer modificação realizada no projeto ou na utilização de qualquer parte componente de equipamento ou arranjo já aprovado fica sujeita a nova apresentação ao RBNA antes de sua construção.

B2. DOCUMENTOS A FORNECER

100. Lista de documentos

101. Os seguintes documentos devem ser fornecidos para aprovação do RBNA em no mínimo 3 cópias:

- a. Arranjo geral da praça de máquinas e de cada espaço de máquinas;
- b. Arranjo geral da linha de eixo, com características dos eixos propulsores, intermediários e de escora, detalhes de sistema de passo variável, quando for o caso, acoplamentos e embreagens, mancais, tubos telescópicos e propulsores (incluindo propulsores sobressalentes, caso existam), onde serão indicados os materiais empregados, a potência máxima contínua da instalação, o número de rotações por minuto e a velocidade crítica;
- c. características de motores de combustão interna, compreendendo no mínimo:
 - i. características gerais
 - ii. seções longitudinal e transversal
 - iii. arranjo estrutural do bloco do motor com detalhes de projeto das juntas soldadas, eletrodos usados, sequência de solda, tratamentos utilizados e arranjo feito para testes não destrutivos para controle das juntas soldadas

- iv. árvore de manivelas;
- v. biela;
- vi. parafusos e calços de fixação de motores de propulsão;
- d. Cálculo das vibrações torcionais conforme indicado no item G6.;
- e. Características de caixas redutoras/reversoras, compreendendo no mínimo:

- i. características gerais;
- ii. diagrama da carga do mancal;
- iii. montagem das seções;
- iv. detalhes da construção soldada de rodas de engrenagem;
- v. tolerância para ajustagem a quente de aros e cubos;
- vi. desenho esquemático da forma básica do conjunto dos dentes;
- vii. acoplamentos;
- viii. parafusos de acoplamentos;
- ix. arranjos de lubrificação e borribo de óleo.

200. Outros documentos a fornecer

201. Também serão apresentados ao RBNA uma cópia dos manuais para operação e manutenção dos motores principais e das máquinas auxiliares mais importantes como compressores, bombas e outras.

CAPÍTULO C MATERIAIS E MÃO DE OBRA

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- C1. MATERIAIS PARA MAQUINARIA
- C2. MATERIAIS PARA EIXOS E LINHAS DE EIXOS
- C3. MATERIAIS PARA HÉLICES

C1. MATERIAIS PARA MAQUINARIA

100. Aços fundidos e ligas de aço

101. O limite de resistência a tração mínimo é 412 N/mm² (42 kgf/mm²), correspondendo à classe 1 da norma ABNT P-EB 392.

200. Ferros fundidos cinzentos

201. O limite de resistência a tração mínimo é 150 N/mm² (15,3 kgf/mm²), correspondendo à classe FC 150 da norma NBR 6589.

202. Quando for proposto o uso de ferro fundido de alta resistência, sua especificação deve ser submetida a aprovação junto com o projeto ao qual o material se destina.

300. Ferros fundidos nodulares

301. O limite de resistência a tração mínimo é 420 N/mm² (42,8 kgf/mm²), correspondendo à classe FE 42012 da norma EB 585 - Parte 1/79.

400. Aços forjados

401. O limite de resistência a tração mínimo é 412 N/mm² (42 kgf/mm²), correspondendo à classe 1 da norma EB 391.

500. Barras de aço laminadas a quente

501. As barras de aço laminadas a quente e de diâmetro até 230 mm podem ser utilizadas em substituição a peças forjadas de aço carbono, que deve ser totalmente acalmado.

502. As propriedades de tração devem satisfazer os requisitos do item C1.100. Quando o diâmetro da barra for superior a 230 mm, sua aplicação fica sujeita a verificação.

C2. MATERIAIS PARA EIXOS E LINHAS DE EIXOS

100. Aços forjados ou fundidos

101. O limite de resistência a tração mínimo é 402 N/mm² (41 kgf/mm²), mas não deve ultrapassar 600 N/mm².

102. Ver Parte III, Título 62., Subcapítulo C1. destas Regras.

200. Bronze fundido

201. Pode ser utilizado para eixos de diâmetro até 80 mm. O limite de resistência a tração mínimo é 206 N/mm² (21 kgf/mm²).

300. Barras quadradas e redondas laminadas

301. Para eixos com diâmetro até 300 mm será permitida a substituição do aço forjado por barras laminadas, desde que este apresente as mesmas características de resistência requeridas para o aço forjado apresentadas na Parte III, Título 62, Subcapítulo C1., Tabelas T.C1.110.1. e T.C1.110.2.

302. O aço deve ser acalmado e ser submetido aos s tratamentos térmicos apresentados na Parte III, Título 62, Subcapítulo C1, Sub-parágrafos 105. a-d.

303. A área da seção transversal da barra final não usinada não deve exceder um sexto da área transversal do lingote.

304. Adicionalmente, barras laminadas utilizadas em lugar de forjadas em eixos de propulsão devem ser submetidas a exames não destrutivos de superfície tais como: partícula magnética, líquido penetrante ou outro método. As irregularidades devem ser removidas a critério do vistoriador.

305. Eixos com diâmetro superior a 450 mm devem ser submetidos a inspeção por ultrassom. O RBNA, no entanto, poderá requerer, a seu critério, inspeção por ultrassom para eixos com diâmetro inferior a 450.

C3. MATERIAIS PARA HÉLICES

100. Bronze manganês e outras ligas de bronze

101. A composição química destas ligas fica sujeita a aprovação do RBNA.

102. O limite de resistência a tração mínimo é:

a. 451 N/mm² (46 kgf/mm²), quando o corpo de prova provém de apêndice fundido separadamente;

b. 412 N/mm² (42 kgf/mm²), quando o corpo de prova provém de apêndice fundido com a peça.

200. Ferro fundido

201. Características conforme Parágrafo C1.200.

300. Aço fundido

301. Características conforme Parágrafo C1.100.

CAPÍTULO D PRINCÍPIOS DE INSTALAÇÃO

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- D1. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS
- D2. DISPOSIÇÃO DA MAQUINARIA
- D3. TRANSMISSÃO DE ORDENS
- D4. IDENTIFICAÇÃO DA MAQUINARIA

D1. CONDIÇÕES ESPECÍFICAS

100. Instalações marinheiras

101. Todos os componentes devem ser capazes de resistir às condições particulares de serviço a bordo, isto é, movimento da embarcação, vibrações, corrosão etc. e serão dimensionados conforme os critérios aqui estabelecidos ou, na falta destes, de acordo com práticas usuais e aceitáveis de engenharia, aprovadas pelo RBNA.

200. Inclinação

201. Toda a maquinaria (principal e auxiliar) deve ser projetada para operar de modo seguro com as seguintes inclinações permanentes, simultâneas:

a. banda: 10°;

b. trim por popa ou proa: 5°.

300. Temperaturas de projeto

301. O projeto das instalações de máquinas e equipamentos auxiliares deve ser baseado numa temperatura de 45° C na praça de máquinas e numa temperatura de 32° C para a água bruta aspirada (interior ou mar).

302. A temperatura mais baixa da água deve ser considerada 5° C, sendo que no rio Amazonas, ela pode ser considerada 10° C.

303. A temperatura do ar ambiente nos compartimentos de máquinas não deve ultrapassar 45° C.

400. Combustíveis

401. Estas Regras aplicam-se aos combustíveis líquidos, para operação de máquinas e caldeiras, com ponto de fulgor acima de 60° C. Quando for menor, haverá análise especial do RBNA. Ver Seção 6 desta Parte II das Regras.

D2. DISPOSIÇÃO DA MAQUINARIA

100. Arranjo geral

101. Os espaços de máquinas devem ter dimensões suficientes para permitir que a operação e manutenção da maquinaria sejam realizadas facilmente, particularmente das máquinas propulsoras e da linha de eixo.

102. Os instrumentos e os controles dos equipamentos devem ser instalados em locais onde possam ser observados e arranjados de modo a facilitar a operação na praça de máquinas.

103. Tanto quanto possível os equipamentos de monitoramento e operação devem ser centralizados e o controle de todas as partes importantes da instalação deve ser facilmente acessível.

104. Para maquinaria e equipamentos deve ser assegurado, no mínimo:

- a. proteção contra umidade e acúmulo de poeira;
- b. fácil acesso;
- c. ventilação suficiente.

200. Ventilação

201. Os espaços de máquinas e de bombas de carga devem ter ventilação suficiente mesmo com os acessos fechados, e deve ser evitado, tanto quanto praticável, qualquer acúmulo de gases tóxicos, inflamáveis ou asfixiantes. Ver Parte III, Título 11, Seção 6, Sub capítulo F6. das presentes Regras.

202. Os ventiladores terão meios de parada, a partir de local facilmente acessível, situado fora do espaço por eles ventilado. Ver Parte II, Seção 5 das presentes Regras.

300. Acessos

301. Os acessos aos espaços de máquinas devem ser localizados de forma a permitir a saída rápida do pessoal em caso de acidentes e a retirada de equipamentos para reparos.

400. Iluminação

401. Todos os locais de trabalho devem ser providos de iluminação suficiente conforme NB-0151 (Cálculo de Níveis de Iluminamento em Navios).

500. Esgotamento de fundo de praça de máquinas

501. Todos os pocetos de esgoto devem ser acessíveis e de fácil limpeza. Águas acumuladas não devem inundar equipamentos elétricos quaisquer que sejam os movimentos e inclinações que ocorram durante a operação.

502. Deve ser atendida a Regulamentação quanto ao esgotamento de águas oleosas.

600. Isolamento térmico

601. Tubulação contendo vapor ou líquido quente, tubulações de saída dos compressores de ar e equipamentos cuja superfície em operação atinja temperatura acima de 60° C devem ser efetivamente isoladas.

602. Tubulações de gases de exaustão devem ser isoladas e instaladas de forma que nenhum material inflamável possa entrar em ignição na instalação.

603. Os materiais de isolamento devem ser não-inflamáveis. Onde vazamentos de óleo ou umidade possam atingir o isolamento, este deve ser adequadamente protegido por chapas metálicas.

700. Equipamentos de proteção - medidas preventivas

701. A maquinaria deve ser arranjada e fixada de modo a restringir ao mínimo a possibilidade de acidentes. Além dos regulamentos nacionais, os seguintes itens devem ser observados,

- a. partes móveis, volantes, transmissões por correias e polias, flanges de eixos e outras partes que possam vir a ser fontes de acidentes para os operadores, devem ser equipadas com dispositivos de proteção como tampas;
- b. as descargas de válvulas de alívio e segurança e dispositivos de drenagem devem ser encaminhados para locais seguros;
- c. as máquinas e equipamentos devem ser fixados em seus jazentes, bem como os sobressalentes de grandes dimensões;
- d. os jazentes das máquinas devem ser de construção robusta e adequadamente fixados ao casco, de modo que não haja qualquer deslocamento devido aos movimentos da embarcação; eles devem ser projetados e arranjados de modo a resistir aos vários esforços a que estejam sujeitos e distribuí-los ao casco, sem que transmitam deformações às

máquinas que eles suportam. Como orientação, ver Parte 2II, Título 11, Seção 2, Capítulo I, Parágrafo I1.201;

e. no arranjo do jazente do mancal de escora e de sua fixação ao casco devem ser tomados cuidados especiais;

f. devem ser providos meios efetivos para evitar o afrouxamento de parafusos e porcas das partes;

g. os pisos em locais de operação e as escadas da praça de máquinas devem ser do tipo anti-derrapante;

h. escadas e plataformas de serviço, laterais de motores e de equipamentos e passagens devem ser protegidas por balaustradas/corrimãos;

i. as passagens normais e de emergência, locais de serviços e dispositivos devem ser iluminados.

D3. TRANSMISSÃO DE ORDENS

100. Comunicação interna

101. Deve haver sistema de transmissão de ordens de serviço entre passadiço e praça de máquinas, em ambas os sentidos. Ver Parte II, Título 11, Seção 8, Subcapítulo E4, das presentes Regras.

D4. IDENTIFICAÇÃO DA MAQUINARIA

100. Plaquetas e cores

101. Os equipamentos, acessórios de tubulação e a própria tubulação devem ser facilmente identificados. Para tanto, plaquetas indicativas devem ser afixadas em cada equipamento ou acessório e a tubulação e seus acessórios devem ser pintados em cores codificadas.

CAPÍTULO E MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- E1. ABORDAGEM
- E2. DESEMPENHO
- E3. DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS
- E4. SISTEMAS DE PARTIDA
- E5. SISTEMAS DE TUBULAÇÕES INTERNAS NOS MOTORES
- E6. INSTRUMENTAÇÃO DOS MOTORES
- E7. DISPOSITIVOS DE CONTROLE E DE SEGURANÇA

E1. ABORDAGEM

100. Aplicação

101. As Regras contidas nesta Seção aplicam-se a motores de combustão interna usados como motores principais de propulsão e como motores das máquinas auxiliares mais importantes (ex.: grupos Diesel-geradores).

102. Motores de fabricação em série, de potência máxima contínua até 140 kW (190 CV) e desempenho já comprovado, podem ser aprovados mediante o acompanhamento pelo RBNA do teste de bancada de uma unidade.

E2. DESEMPENHO

100. Potência

101. Quando o motor estiver operando em sua potência máxima contínua ele deve suportar uma sobrecarga de 10% durante 30 minutos a cada 6 horas de funcionamento.

200. Combustível

201. Os requisitos para o combustível são aqueles constantes no Parágrafo D1.401.

E3. DIMENSIONAMENTO DE ELEMENTOS CONSTRUTIVOS

100. Manivela

101. No dimensionamento do eixo de manivelas será considerada a utilização de material com características conforme o Sub-parágrafo C2. A utilização de outros materiais será especialmente considerada pelo RBNA.

102. Em motores em linha, os diâmetros dos pinos e moentes da manivela não devem ser menores que o diâmetro obtido pela seguinte fórmula:

$$d = \sqrt{M + \sqrt{M^2 + T^2}}$$

$$M = 18,25 p D^2 L$$

Onde:

$$T = \frac{5,56P}{N} \times 10^9$$

- D: diâmetro interno dos cilindros em mm;
p: pressão máxima de combustão em N/cm²;
L: distância entre centros de dois mancais consecutivos;
P: potência do freio em kW;
N: número de rotações por minuto.

103. Em motores em V, os diâmetros dos pinos e moentes, para árvores de manivela com bielas conectadas lado a lado, não devem ser menores que o diâmetro obtido acima, sendo:

$$M = 0,002(pL_1 + p_2L_2\cos V)$$

Onde:

- p₂: pressão de um cilindro que atua em um pino quando a pressão de outro cilindro atua no mesmo pino;
L₁ e L₂: distância respectiva do mancal adjacente à linha de centro de cada biela;
V: ângulo entre os eixos dos cilindros.

200. Cambotas de árvores de manivelas forjadas

201. A espessura *e* e a largura *l* de cambotas de árvores de manivela forjadas devem ser tais que:

$$e \geq 0,38d^3$$

Onde:

d: diâmetro mínimo dos pinos e moentes.

300. Cambotas de árvores de manivelas fabricadas por partes

301. As dimensões de cambotas fabricadas por partes serão especialmente consideradas pelo RBNA.

302. As cambotas devem ser ajustadas por contração ou forçadas no eixo e no pino de manivela. Se forem cavilhadas ou enchavetadas ao eixo, este deve ter seu diâmetro aumentado na região da cambota.

E4. SISTEMAS DE PARTIDA

100. Condições

101. Os equipamentos para partida dos motores principais e auxiliares para serviços essenciais devem operar com segurança e sem risco para os operadores e devem permitir que os motores partam da condição desligados utilizando apenas meios próprios da embarcação.

102. Quando a partida se faz por meio de ar comprimido devem ser observadas as regras estabelecidas na Seção 6, Parte II, para tubulações, equipamentos e número de partidas.

103. Quando a partida for elétrica devem ser observadas as regras estabelecidas na Parte II, Seção 7.

E5. SISTEMAS DE TUBULAÇÕES INTERNAS NOS MOTORES

100. Sistemas de resfriamento, lubrificação e alimentação de combustível

101. Devem ser observadas as recomendações quanto a equipamentos e tubulações estabelecidas na Parte II, Seção 6, destas Regras, para estes sistemas.

102. A descarga de ar de resfriamento de motores equipados com radiador será localizada de modo que não haja excessivo aquecimento nos locais onde os motores estão instalados.

103. Quando necessário, o ar poderá ser lançado na atmosfera por meios de dutos.

104. Se o ar de resfriamento for aspirado da praça de máquinas sua vazão deve ser somada àquela destinada à ventilação da praça de máquinas.

200. Sistema de gases de exaustão

201. O arranjo da tubulação e dos silenciosos deve satisfazer as recomendações na Seção 6, Parte II destas Regras, para estes sistemas.

E6. INSTRUMENTAÇÃO DOS MOTORES

100. Instrumentos

101. Devem ser instalados indicadores de pressão e de temperatura e tacômetros para os motores conforme indicado no que se segue.

102. Os manômetros devem ser marcados em vermelho com as pressões permissíveis e os tacômetros com a faixa de velocidade crítica.

200. Para motores propulsores

201. São exigidos no mínimo os seguintes instrumentos, que devem ser montados num painel instalado no motor, em local facilmente visível, ou instalados na sala de controle da praça de máquinas:

a. manômetros:

- i. óleo lubrificante;
- ii. água doce de resfriamento;
- iii. ar de partida (quando for o caso);
- iv. ar de controle (quando for o caso);

b. termômetros:

- i. óleo lubrificante;
- ii. água doce de resfriamento;
- iii. água bruta de resfriamento (quando for o caso);

c. tacômetro;

d. horímetro;

e. amperímetro.

202. Quando o motor de propulsão for previsto para operação totalmente remota, deve ser provido de instrumentação suficiente, a fim de permitir a sua perfeita operação.

203. O número de rotações e o sentido de rotação do eixo propulsor devem ser indicados na casa de comando e, se a instalação propulsora é operada da praça de máquinas, também nesta última.

204. Alarmes visuais e sonoros devem ser instalados para:

- a. baixa pressão de óleo lubrificante;
- b. alta temperatura da água doce de resfriamento.

205. Se a pressão cair abaixo do mínimo especificado pelo fabricante, que implique em parada imediata do motor, deve atuar um alarme sonoro e visual, diferente dos demais alarmes.

300. Para motores auxiliares

301. São exigidos no mínimo os seguintes instrumentos, que devem ser montados num painel instalado no motor, em local facilmente visível:

a. manômetros:

- i. óleo lubrificante;
- ii. água doce de resfriamento;
- iii. ar de partida (quando for o caso);
- iv. ar de controle (quando for o caso);

b. termômetros:

- i. óleo lubrificante;
- ii. água doce de resfriamento;
- iii. água bruta de resfriamento (quando for o caso);

c. alarmes sonoros para:

- i. baixa pressão de óleo lubrificante;
- ii. alta temperatura da água doce de resfriamento;

d. tacômetro ou instrumento equivalente;

e. horímetro;

f. amperímetro.

302. Alarmes visuais e sonoros devem ser instalados quando o motor tiver potência maior que 37 kW (50 BHP) para:

- a. baixa pressão de óleo lubrificante;
- b. alta temperatura da água doce de resfriamento.

E7. DISPOSITIVOS DE CONTROLE E DE SEGURANÇA

100. Controle da velocidade e proteção contra sobre velocidade

101. Os motores principais devem ser providos de um regulador de velocidade capaz de não permitir que a velocidade exceda em 15% à velocidade máxima de serviço.

102. Os motores principais com potência máxima contínua igual ou maior que 224 kW (300 BHP), ou que acionem hélices de passo variável, devem ter mais um dispositivo limitando a velocidade, que atue na falha do primeiro, com o qual a velocidade não exceda em 20% a velocidade máxima de serviço.

103. Motores que acionam geradores elétricos devem ser providos de dispositivos para regular a velocidade, que satisfaçam às exigências da Seção 7, Parte II.

104. Motores que acionam geradores elétricos, com potência máxima contínua igual ou maior que 224 kW (300 BHP) devem ter mais um dispositivo para limitar a velocidade, que atue na falha do primeiro, a partir do qual a velocidade não exceda em 15% a velocidade máxima de serviço.

200. Válvulas de segurança

201. Nos cilindros dos motores principais, cujos diâmetros excedam 230 mm, deve ser instalada uma válvula de segurança ajustada para atuar quando a pressão no cilindro atingir 140% da pressão máxima de combustão para a potência máxima de serviço.

202. Nas máquinas auxiliares poderá ser permitida a substituição desta válvula por um dispositivo de alarme de sobre-pressão no cilindro, de tipo aprovado.

300. Proteção do sistema de ar de partida

301. Na linha de ar de partida de cada motor deve ser instalada uma válvula de retenção ou dispositivo equivalente.

302. Para motores cujo diâmetro do cilindro seja igual ou maior que 230 mm um dispositivo contra chamas ou uma placa de ruptura deve ser instalado conforme segue:

- a. junto de cada válvula de partida em motores reversíveis;
- b. na linha principal de ar de partida nos motores não reversíveis.

400. Proteção do bloco

401. Os blocos serão de construção reforçada e as portas de inspeção, bem como seus acessórios, serão dimensionados de forma que não sofram deformações permanentes devido à considerável sobre-pressão dentro do bloco.

402. Os blocos devem ser projetados de modo a eliminar qualquer fluxo importante de ar.

403. As aberturas para limpeza não devem ser maiores que o necessário, a fim de evitar a entrada de ar externo.

404. Quando alguma sucção mecânica for instalada, esta não deve exceder a 0,245 N/cm² (25 mm CA).

405. É recomendada a instalação de alarmes indicando a presença de mistura de óleo dentro do bloco ou superaquecimento das partes móveis.

406. Será permitida a combinação de tubos de suspiro de dois ou mais motores em um só.

407. Na sala de controle, ou de preferência próximo a uma porta do bloco, de cada lado do motor, deve ser instalada uma placa indicando que as portas do bloco não devem ser abertas antes de um tempo suficiente para permitir o adequado resfriamento do motor. Esse tempo, normalmente, não deve ser inferior a 10 minutos após a parada do motor.

500. Válvulas de alívio

501. É exigida a instalação de válvulas de alívio em blocos fechados de motores de cilindro com diâmetro superior a 200 mm ou cujo bloco tenha um volume total superior a 0,6 m³.

502. As válvulas de alívio devem ser do tipo de retorno à rede, com baixa inércia, e devem descarregar prontamente a sobre-pressão não maior do que 0,2 bar (0,2 kgf/cm²), fechando-se rapidamente após a passagem da onda de explosão, de modo a evitar a entrada brusca de ar. A disposição e localização das válvulas devem ser feitas considerando a possibilidade de minimizar os perigos resultantes da saída de chama.

503. Os motores devem ter no mínimo as seguintes válvulas de alívio, sendo d o diâmetro do cilindro em mm:

- a. motores com $200 < d \leq 250$: uma válvula nas proximidades de cada extremidade e, se o motor tiver mais que 8 manivelas, mais uma nas proximidades do meio do motor;
- b. motores com $250 < d \leq 300$: uma válvula correspondendo a cada manivela alternada, mais, pelo menos, 2 válvulas;
- c. motores com $d > 300$: uma válvula correspondendo a cada manivela.

504. A área livre de cada válvula de alívio será no mínimo 45 cm² e a área total de todas as válvulas de alívio não deve ser inferior a 115 cm² para cada 1 m³ de volume total bruto do bloco. Na estimativa do volume bruto do bloco, o volume das partes fixas pode ser reduzido.

505. Em motores de dois tempos com diâmetro do cilindro maior que 230 mm devem ser instaladas válvulas de alívio nos compartimentos de ar de lavagem, se estes tiverem conexão aberta com os cilindros.

600. Dispositivo de alarme

601. Deve ser instalado um sistema de alarme da maquinaria para as temperaturas e pressões acima

indicadas, exceto para pressão de ar de turbo carregador, de ar de controle e temperatura de gás de descarga. Este alarme deve ter também indicação no passadiço.

602. Deve haver indicação no passadiço e na praça de máquinas de que o alarme está operativo.

700. Comando remoto e comunicação oral

701. Todos os sistemas controlados remotamente devem ser previstos também para operação manual.

702. Se houver maquinaria controlada da praça de máquinas e o arranjo permitir comunicação direta entre o passadiço e a praça de máquinas, deve ser previsto meio de comunicação entre estes dois locais.

CAPÍTULO F OUTRAS MAQUINARIAS

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

F1. TURBINAS E OUTROS ACIONAMENTOS

F2. MAQUINARIAS AUXILIARES

F1. TURBINAS E OUTROS ACIONAMENTOS

100. Aplicação

101. A instalação de turbinas e outros motores que não os de combustão interna será objeto de exame especial pelo RBNA.

F2. MAQUINARIAS AUXILIARES

100. Aplicação

101. As instalações de maquinarias auxiliares que digam respeito à classificação terão a supervisão do RBNA e seguirão as prescrições pertinentes das Regras.

CAPÍTULO G LINHAS DE EIXOS DE TRANSMISSÃO

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

G1. ABORDAGEM

G2. INSTALAÇÃO DE EIXOS

G3. DIMENSIONAMENTO DOS EIXOS E TENSÕES DE VIBRAÇÃO TORCIONAL ADMISSÍVEIS

G4. MANCAIS

G5. ACOPLAMENTOS

G1. ABORDAGEM

100. Aplicação

101. Estas Regras se aplicam às linhas de eixo de propulsão do tipo convencional. Quando a forma dos componentes da linha de eixo for tal que não possa ser dimensionada pelos critérios estabelecidos a seguir, devem ser fornecidos ao RBNA dados suficientes para verificação do dimensionamento utilizado.

G2. INSTALAÇÃO DE EIXOS

100. Alinhamento

101. Os eixos devem seus alinhamentos controlados, com registro de medidas na presença de vistoriador do RBNA.

102. Os cálculos do alinhamento do eixo devem ser realizados para a rotação máxima de operação do eixo propulsor, incluindo a redução devido a utilização de caixa redutora quando não for utilizada instalação de acoplamento direto.

103. O procedimento para o alinhamento do eixo deve ser apresentados ao RBNA com as seguintes informações:

- as forças devido carregamento nos mancais para as condições de deslocamento leve ou máximo carregado ou outras condições normais de operação da embarcação;
- força de carregamento máxima admissível utilizada no projeto dos mancais;
- espaçamento de projeto e deflexão;
- locais e carregamentos para os suportes temporários do eixo;

e. carregamento proposto do mancal técnicas de medida e de estimada ocorrida; e

f. tipo de alinhamento proposto e critério de aceitabilidade, incluindo tolerâncias;

104. Para as instalações principais, o alinhamento do eixo deve ser informado para todas as condições de carregamento e operação da maquinaria.

105. O projeto e instalação do eixo deve prever posicionamento dos mancais e construção do assentamento dos mesmos de modo a minimizar os efeitos da deflexão do casco sob qualquer condição de operação.

200. Proteção contra corrosão

201. A aplicação de revestimento de resina reforçada com fibra de vidro é permitida, desde que o procedimento de aplicação e a execução do serviço sejam aprovados pelo RBNA. A fibra deve ser aplicada trançada.

202. Nos eixos propulsores com diâmetro até 150 mm o revestimento a ser aplicado deve ser, no mínimo, de duas capas de tela de 330 g/cm² e/ou um tecido normal e uma esteira “roving” de 330 g/cm² e/ou um “mat” de 450 g/cm².

203. Para eixos propulsores com diâmetro acima de 150 mm o revestimento deve consistir, no mínimo, de três capas de tela e/ou tecido normal de 330 g/cm² e uma ou mais esteiras “roving” de 300 g/cm².

204. Para proteção na região de acoplamento a hélices ver Capítulo H, nesta Seção.

G3. DIMENSÕES DOS EIXOS DE PROPULSÃO E TENSÕES DE VIBRAÇÃO TORCIONAL ADMISSÍVEIS

100. Abrangência

101. Este subcapítulo G3 aplica-se a eixos de propulsão tais como eixos propulsores e intermediários de projeto forjado tradicional e que são accionados por máquinas rotativas tais como motores diesel, turbinas ou motores eléctricos.

102. No que se refere aos eixos que fazem parte integrante de equipamentos, como por exemplo, caixas redutoras, propulsores tipo “pod”, motores eléctricos e / ou geradores, propulsores, turbinas e que, em geral, incorporam características de concepção específicas, devem ser tomados em consideração critérios adicionais em relação a dimensões aceitáveis. Para os eixos desses equipamentos, os requisitos deste subcapítulo só podem ser aplicados para eixos sujeitos principalmente a torção e com características de projeto tradicionais. Outras

limitações, tais como a rigidez, a alta temperatura etc. devem ser tratados por Regras específicas do RBNA.

103. As seguintes aplicações não são cobertas por este Subcapítulo:

a. reforço adicional para eixos em embarcações classificados para navegação em gelo

b. eixos de engrenagem;

c. eixos de motores eléctricos;

d. eixos do rotor de gerador;

e. eixos de rotor de turbina;

f. motores a diesel (ver capítulo J abaixo);

g. eixos desprotegidos expostos à água do mar.

200. Métodos de cálculo alternativos

201. Métodos de cálculo alternativos podem ser aceites pelo RBNA após análise. Qualquer método de cálculo alternativo deve incluir todas as cargas relevantes no sistema de transmissão dinâmico completo em todas as condições de funcionamento admissíveis. Devem ser consideradas as dimensões e arranjo de todas as conexões dos eixos.

202. Além disso, um método de cálculo alternativo deve levar em conta critérios de concepção para as cargas de funcionamento contínuas e transitórias (dimensionamento para a resistência à fadiga) e para as cargas máximas de funcionamento (dimensionamento da resistência ao escoamento). A análise da resistência à fadiga pode ser realizada separadamente para diferentes pressupostos de carga.

300. Limitações de materiais

301. Nos casos em que os eixos possam experimentar tensões vibratórias próximas das tensões admissíveis para o funcionamento transiente, os materiais devem ter uma resistência à tracção mínima especificada (σ_B) de 500 N/mm². Caso contrário, podem ser utilizados materiais com uma resistência à tracção mínima especificada (σ_B) de 400 N/mm².

302. Para utilização nas fórmulas seguintes deste Subcapítulo, σ_B é limitado da seguinte forma:

a. para os aços de carbono e de manganês-carbono, uma resistência à tracção mínima especificada não superior a 600 N / mm² para utilização em G3.500 abaixo e não superior a 760 N / mm² em G3.400 a seguir.;

b. para aços-liga, uma resistência à tracção mínima especificada não superior a 800 N/mm².;

c. para os eixos propulsores, em geral, uma resistência à tração mínima especificada não superior a 600 N / mm² (para ligas carbono, carbono-manganês e os aços-liga).

303. Onde forem utilizados materiais com tensões especificadas ou reais maiores que as limitações acima, reduções nas dimensões do eixo ou tensões de vibração mais altas não são aceitáveis quando calculadas pelas fórmulas deste Subcapítulo.

400. Diâmetro dos eixos

401. Os diâmetros dos eixos não devem ser inferiores aos determinados pela seguinte fórmula:

$$d = F \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n_o} \cdot \frac{1}{1 - \frac{d_i^4}{d_o^4}} \cdot \frac{560}{\sigma_B + 160}}$$

onde:

d = diâmetro mínimo requerido em mm

d_i = diâmetro existente do furo do eixo em mm

d_o = diâmetro externo do eixo, em mm.

caso o furo do eixo seja menor ou igual que 0,40 d_o, a expressão abaixo:

$$1 - \frac{d_i^4}{d_o^4}$$

pode ser tomada como 1,0

F = fator referente ao tipo de propulsão instalada

= 95 para eixos intermediários em instalações de turbine, motores diesel com acoplamento hidráulico, instalações de propulsão elétricas.

= 100 para todas as outras instalações diesel e todos os eixos propulsores.

k = fator para características específicas de projeto, ver o Tópico G3.700. abaixo

n_o = rotação (rpm) por minuto do eixo na potência nominal.

p = potência nominal em kW transmitida através do eixo (perdas nas caixas redutoras e mancais são desprezadas).

σ_B = resistência a tração mínima em N/mm² do material do eixo, ver Tópico G3.300. acima.

402. O diâmetro do eixo propulsor localizado a vante do telescópico interno poderá ser gradualmente reduzido até o diâmetro correspondente requerido para o eixo intermediário utilizando a tensão de tração mínima especificada para o eixo na fórmula e levando em conta as limitações dadas no Tópico G3.300. acima.

500. Tensões de vibração torsional admissível

501. Esforços torcionais para os propósitos destas Regras são os esforços adicionais devido a vibrações torcionais em motores principais ou auxiliares.

502. O cálculo das vibrações torcionais, cobrindo toda a faixa de velocidades e condições esperadas, será exigido para instalações onde a potência transmitida por eixo exceder a 373 kW (500 BHP).

503. Nestes cálculos devem estar contidos:

a. dados básicos usados para estabelecer tais cálculos e mais particularmente as características dinâmicas do sistema equivalente da instalação, ou seja, motores, eixos, hélices, caixas redutoras, etc.;

b. tabelas das frequências naturais;

c. soma vetorial das amplitudes devidas aos impulsos do motor para cada modo de vibração e para os vários harmônicos que possam produzir velocidades críticas perigosas;

d. ordem de combustão;

e. características dos amortecedores de vibrações torsionais, quando existirem, e dados que permitam a verificação de sua eficiência.

504. Os cálculos de vibração torcional devem incluir operação normal e operação com qualquer um dos cilindros falhando (isto é, sem injeção, mas sem compressão) dando origem a mais alta tensão de vibração torcional na linha de eixos. Os cálculos de vibração torcional devem incluir operação normal e operação com qualquer um dos cilindros com compressão, mas sem injeção, dando origem às mais altas tensões de vibração no eixo.

505. Na prova de mar deve ser efetuada a medição das vibrações torcionais da instalação propulsora cobrindo toda sua faixa de velocidades de serviço. Os valores obtidos serão submetidos ao RBNA

506. O RBNA poderá dispensar a medição das vibrações torcionais durante a prova de mar quando for apresentado o resultado desta medição em instalação propulsora idêntica ou quando a instalação propulsora transmitir por eixo uma potência menor que 149 kW (200 BHP).

507. Quando os resultados dos cálculos ou as medições das vibrações torcionais mostram velocidades críticas para as quais os esforços adicionais são excessivos, estas faixas de velocidades serão proibidas para serviço contínuo.

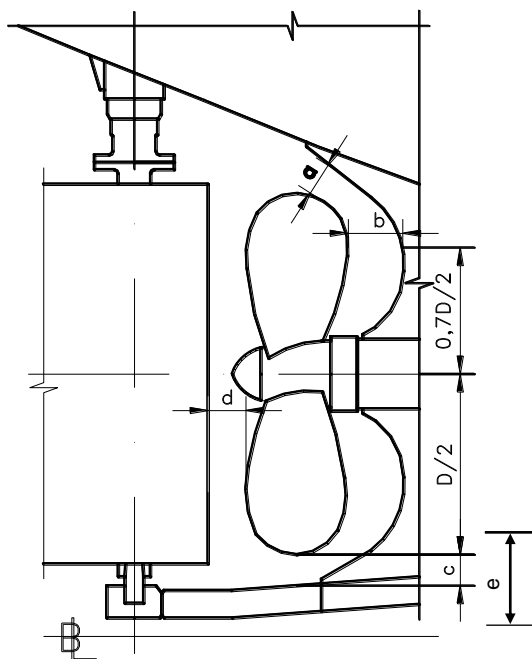
508. Estas faixas de velocidades críticas devem ser marcadas em vermelho no indicador de rotações e deve ser

fixada uma placa próximo ao local de controle do motor com instruções indicando as velocidades proibidas.

509. São também faixas de velocidades proibidas ao serviço contínuo aquelas para as quais as vibrações torcionais, mesmo não acarretando acréscimo nos esforços torcionais, possam causar danos a algumas partes da instalação, tais como: dentes de engrenagens redutoras, acoplamentos etc.

510. As folgas recomendadas para evitar vibrações são indicadas na Figura F.G3.509.1.

FIGURA F.G3.509.1.- FOLGAS DA CLARA DO HÉLICE



onde:

D: diâmetro do hélice

a: 0,1 D

b: 0,2 D

c: 1,5 a

d: 0,1 D

511. No caso de hélice sem soleira sob o hélice, recomenda-se deixar folga entre o hélice e o ponto mais baixo do casco da ordem de 0,15D a 0,2D.

e: 0,2 D

512. A amplitude da tensão torcional alternada é entendida como sendo $(\tau_{\max} - \tau_{\min})/2$ como pode ser medida em um eixo em condição relevante de um ciclo repetitivo.

513. Para operação contínua, as tensões admissíveis devidas a vibração torcional alternativa não devem exceder os valores dados pelas seguintes fórmulas:

$$\pm \tau_c = \frac{\sigma_B + 160}{18} \cdot c_K \cdot c_D \cdot (3 - 2 \cdot \lambda^2) \quad \text{para } \lambda < 0.9$$

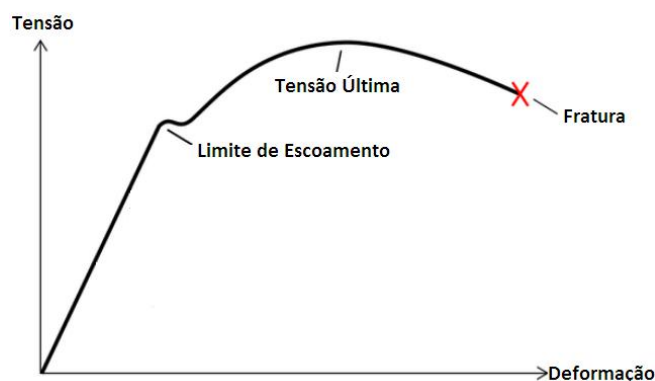
$$\pm \tau_c = \frac{\sigma_B + 160}{18} \cdot c_K \cdot c_D \cdot 1.38 \quad \text{para } 0.9 \leq \lambda \leq 1.05$$

onde:

τ_c = amplitude admissível da tensão em N/mm^2 devido vibração torsional para operação contínua

σ_B = Tensão última (*) em N/mm^2 do material o eixo, como definida na Figura F.G3.512.1. Veja também G3.300.

FIGURA F.G3.512.1 – TENSÃO ÚLTIMA



c_K = fator para características específicas de projeto de um eixo. Ver também G3.600.

$c_D = 0.35 + 0.93 d_o^{-0.2}$ - fator dimensional

d_o = diâmetro externo do eixo em mm

λ = razão de rotação = n/n_0

n = velocidade em consideração em rpm

n_0 = velocidade em rpm do eixo na potência nominal

514. Quando as amplitudes das tensões excederem os valores de para operação contínua, incluindo a condição de falha de τ_c um cilindro onde se pretenda operar de forma contínua nessa condição, devem ser impostas restrições quanto a faixas de velocidade as quais devem ser ultrapassadas rapidamente.

515. A restrição de faixas em condições normais de operação não será aceita acima de $\lambda = 0.8$.

516. A existência de faixa restrita de operação em condições contínuas de falha de um cilindro devem garantir a navegação segura. Os limites da faixa restrita de velocidade devem ser determinados como segue:

a. a faixa restrita de operação deve cobrir todas as velocidades onde o limite de velocidade (τ_c) for excedido. Para hélices de passo variável com a possibilidade de controle individual de passo e rotação, as condições de passo pleno e passo zero devem ser consideradas. Adicionalmente, a tolerância do tacômetro deve ser somada. O motor deve operar de forma estável em cada extremidade da faixa proibida de operação.

b. am geral e tendo em vista G3.507.(a) acima, a seguinte formula será aplicada, desde que as amplitudes das tensões nos limites da faixa proibida sejam menores que τ_c sob condições normais e estáveis de operação:

$$\frac{16 \bullet n_c}{18 - \lambda_c} \leq n \leq \frac{(18 - \lambda_c) \bullet n_c}{16}$$

onde:

n_c = velocidade crítica em rpm (velocidade de ressonância)

λ_c = razão de rotação = n_c / n_o

517. As vibrações torcionais para a transposição da faixa proibida de operação, numa condição estável não devem exceder o valor dado pela formula:

$$\pm \tau_T = 1.7 \bullet \tau_c / \sqrt{c_K}$$

onde:

τ_T - amplitude permissível em N/mm² devida à vibração torcional estável na faixa proibida.

600. Requisitos para eixos em conformidade com a Parte II, Título 11, Seção 5, Capítulo G.

601. Critério de ciclo de baixa fadiga (tipicamente < 104), isto é, os ciclos primários representados por carga zero até carga plena e de volta para zero, incluindo o torque de reversão se aplicável. São tratados na fórmula do Tópico G3.400. acima.

602. Critério de ciclo de alta fadiga (tipicamente >> 107), isto é, tensões admissíveis de vibração torcional permitidas para operação contínua bem como tensões de flexão na reversão. A influência das tensões de flexão na reversão é tratada pelas margens de segurança na fórmula do Tópico G3.400. acima.

603. A fadiga acumulada devido à vibração torcional quando atravessando a faixa proibida ou qualquer outra condição transitória com tensões associadas excedendo as permitidas para operação contínua é tratada pelo critério de tensões transitórias no Tópico G3.500 acima.

700. Explicação de k e c_K .

701. Os fatores k (para ciclo de baixa fadiga) e c_K (para ciclo de alta fadiga) levam em consideração a influência de:

a. fatores de concentração de tensões ("stress concentration fator-scf") relativos à concentração de tensões para uma flange com raio de filete de 0.08d_o (concentração de tensão geométrica de aproximadamente 1,45).

$$c_K \approx \frac{1.45}{scf} \quad \text{e} \quad k \approx \left[\frac{scf}{1.45} \right]^x$$

onde o expoente x considera sensibilidade de ciclo de baixa fadiga para o entalhe ("notch").;

b. sensibilidade do entalhe ("notch"): os valores escolhidos são principalmente representativos de aços "macios" ($\sigma_B < 600$), enquanto a influência de gradientes com alta inclinação em combinação com altas tensões pode ser subestimado.;

c. o fator dimensional c_D sendo função somente do diâmetro não representa puramente uma influência estatística de dimensão, mas antes uma combinação desse influência estatística e a sensibilidade do entalhe; os valores atuais de k e c_K devem ser arredondados.

800. Fator de concentração de rasgos

801. O fator de concentração ("scf") na extremidade de rasgos pode ser determinado por meio das seguintes formulas empíricas, utilizando os símbolos da nota de rodapé (6):

$$scf = \alpha_{t(hole)} + 0.57 \bullet \frac{(1 - e)/d}{\sqrt{\left(1 - \frac{d_i}{d}\right) \bullet \frac{e}{d}}}$$

802. Esta formula aplica-se a:

a. rasgos distantes 120 ou 180 ou 360 graus;

b. rasgos com extremidades semi-circulares; um rasgo com extremidade com ais que um raio pode reduzir as tensões locais, mas não está incluído nesta fórmula empírica.;

c. rasgos com extremidades não arredondadas (exceto chanfro), como qualquer arredondamento de extremidade aumenta levemente o scf.

803. $\alpha_{t(furo)}$ representa a concentração de furos radiais (no atual contexto e - diâmetro do furo) e podem ser determinados como:

$$\alpha_{t(hole)} = 2.3 - 3 \cdot \frac{e}{d} + 15 \cdot \left(\frac{e}{d}\right)^2 + 10 \cdot \left(\frac{e}{d}\right)^2 \cdot \left(\frac{d_i}{d}\right)^2$$

ou simplificados para $\alpha_{t(hole)} = 2.3$

onde

e : largura do rasgo (ver tabela T.G3.701.1, nota 6, alínea III)

.

TABELA T.G3.701.1. – “k” e “c_k” FATORES PARA DIFERENTES FEIÇÕES DE PROJETOS (ver Tópico G3.700. acima) [IACS UR M68.6]

Eixos intermeidiários com						Eixos propulsores externos aos motores		Eixos de hélice		
Flange integral de acoplamento ¹⁾ w seções retas	Acoplamento por interferência ²⁾	Chaveta e cônico ³⁾⁴⁾	Chaveta, conexão cilíndrica ³⁾⁴⁾	Furo radial ⁵⁾	Rasgo longitudinal ⁶⁾	Ambos os lados do anel de empuxo ¹⁾	Na região do mancal quando um mancal de rolamento for empregado	Hélice montada por cônico sem chaveta ⁸⁾	Hélice com chaveta ⁸⁾	Entre a extremidade de vante do mancal mais a ré o selo de vane do telescópico
k=1.0	1.0	1.10	1.10	1.10	1.20	1.10	1.10	1.22	1.26	1.15
c _k =1.0	1.0	0.60	0.45	0.45	0.30 ⁷⁾	0.85	0.85	0.55	0.55	0.80

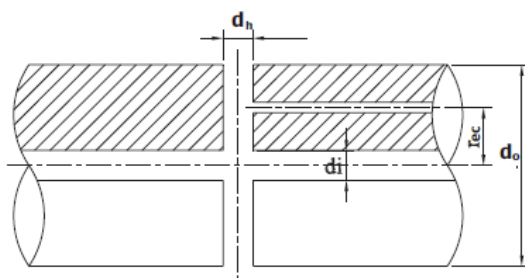
1) O raio do filete deve ser menor que 0.08d.

2) k e c_k referem-se somente à seção plana do eixo. Quando os eixos podem experimentar tensões vibratórias próximas do máximo permitido para operação contínua, um aumento no diâmetro em relação ao diâmetro de interferência deve ser providenciado, por exemplo, aumento de diâmetro de 1% a 2% e raio de concordância como descrito na nota da Tabela.

3) O diâmetro do eixo poderá ser reduzido ao diâmetro calculado com k = 1,0 a uma distância maior que 0,2 d_o a partir da extremidade do rasgo da chaveta.

4) Rasgos de chaveta em geral não devem ser empregados em instalações com faixas de operação proibidas.

5) O diâmetro do furo radial (d_h) não deve exceder 0,3 d_o. A intersecção entre um furo radial e um furo excêntrico (ver abaixo) não é coberta por este Subcapítulo.



6) Sujeito a limitações quanto ao comprimento do rasgo:

(I) diâmetro externo < 0,8;

(II) diâmetro interno (d_i)/(diâmetro externo) , 0,7;

(III) largura do rasgo (e)/diâmetro externo . 0,15.

(IV) O arredondamento da extremidade do rasgo não deve ser menor que e/2. O arredondamento da extremidade deve ser evitado pois aumenta ligeiramente a concentração de tensões.

Os valores de k e c_k são válidos para 1, 2 e 3 rasgos, isto é, com rasgos a 360 graus com respeito a 180, e respectivamente separados por 120 graus.

7) c_k = 0.3 é uma aproximação segura das limitações do item 6) acima. Caso as dimensões do rasgo estejam for a das limitações acima, ou se o emprego de outro c_k for desejado, o fator atual de concentração (scf) deve ser documentado ou

determinado por G3.800 acima. Em tal caso: $c_k = \frac{1,45}{sfc}$, note que scf é definido como a razão entre a tensão principal máxima local e $\sqrt{3}$ vezes a tensão torcional nominal (determinada para eixo furado sem rasgos).

8) Aplicável à porção do hélice entre a extremidade de vante do mancal mais a ré e a face de vante do cônico do hélice (ou flange do eixo), mas não menos que 2,5 vezes o diâmetro requerido.

Nota: Diâmetros de transição devem ser projetados com cônico liso ou com raio de concordância. Como guia, um raio de concordância igual à mudança de diâmetro é recomendado.

G4. MANCAIS

100. Configuração de mancais

101. O comprimento do mancal de apoio do hélice de metal patente, lubrificado a óleo, com vedação efetiva, não deve ser menor que 2 (duas) vezes o diâmetro requerido para o eixo propulsor. Em outros casos o comprimento deve ser no mínimo igual a 4 vezes o diâmetro requerido para o eixo propulsor.

102. A distância entre centros de mancais não deve ser maior que a fornecida pela fórmula.

$$L = 0,7 \left(1 + \sqrt{\frac{d}{10}} \right)$$

Onde:

L: distância entre centro de mancais (m)

d: diâmetro de eixo (mm)

200. Camisas

201. A espessura e (em mm) das camisas de bronze instaladas no eixo propulsor ou no eixo de tubo telescópico, na região dos mancais, não deve ser menor que a fornecida pela fórmula:

$$e = 0,04 (d_p + 130)$$

202. Camisas de outros materiais serão sujeitas à consideração especial.

203. Fora da região dos mancais a camisa contínua de bronze poderá ter espessura reduzida para 75% de e .

204. Todas as camisas devem ser ajustadas por contração ou forçadas sobre o eixo, sob pressão, e não devem ser travadas por pinos ou outros dispositivos similares.

205. Quando a camisa na região entre os mancais se ajustar com folga, o espaço deve ser preenchido, sob pressão, com um material insolúvel em água e não corrosivo.

300. Arranjo do tubo telescópico e do mancal do tubo telescópico

301. Nos locais onde for utilizado tubo telescópico e mancal do tubo telescópico e for utilizada resina esta deve

ser do tipo aprovada, os seguintes requisitos devem ser conhecidos:

a. o intervalo mínimo radial ocupado pela resina não deve ser menor que 6 mm em qualquer ponto com a espessura nominal da resina de 12 mm.;

b. em caso de mancal do tubo telescópico lubrificado com óleo lubrificante, o arranjo dos canais para óleo lubrificante deve ser de maneira a promover uma circulação positiva do óleo lubrificante no tubo telescópico.

302. O comprimento do mancal próximo ao final do suporte do propulsor deve ser o seguinte:

a. para mancais lubrificados a água que são forradas com borracha ou madeira ou material plástico aprovado, o comprimento não deve ser menor que quatro vezes o diâmetro requerido do eixo propulsor sobre a camisa do eixo propulsor;

b. camisas dos mancais lubrificadas a água com dois ou mais setores circunferencialmente espaçadas ou materiais plásticos aprovados, em que pode ser mostrado que os setores operam sobre princípios hidrodinâmicos, o comprimento do mancal deve ser tal que a pressão nominal não irá exceder 0,55 N/mm². O comprimento do mancal deve ser não menor que duas vezes o diâmetro;

c. para mancais lubrificados por óleo sintético o fluido óleo lubrificante deve ser especificado de forma que sob condições normais de operação, não pode ocorrer superaquecimento. A pressão nominal aceitável no mancal poderá ser considerada em aplicação e deve ser baseada por resultados do programa de teste. Em geral, o comprimento do mancal não deve ser menor que 2,0 vezes o diâmetro de regra do eixo no caminho do mancal;

d. para mancais que são de metal branco, a lubrificação a óleo deve ser provida de um tipo aprovado de bucha de vedação. O comprimento do mancal deve ser aproximadamente duas vezes o diâmetro requerido para o eixo propulsor e deve ser de maneira que a pressão nominal no mancal não possa exceder 0,8 N/mm². O comprimento do mancal deve ser não menor que 1,5 vezes o diâmetro do eixo propulsor.;

e. para mancais de ferro fundido e bronze que são lubrificadas a óleo e fixos com selo de vedação do óleo aprovado, o comprimento do mancal, em geral, não deve ser menor que quatro vezes o diâmetro requerido para o eixo propulsor.;

f. Para mancais que são lubrificados com graxa, o comprimento do mancal não deve ser menor que quatro vezes o diâmetro requerido para o eixo propulsor.

303. Todos os mancais do eixo propulsor para sistemas de lubrificação forçados a água devem ser providos de selos de borracha ou plásticos. O suprimento de água pode vir de uma bomba de circulação ou fonte de pressão. Devem ser providos com indicadores do escoamento com um alarme no passadiço para mancais de borracha ou plástico.

304. Para sistema de lubrificação forçada com água deve ser provido um alarme no passadiço para caso de falha da bomba.

400. Buchas

401. A espessura das buchas depende do material a ser empregado e será examinada pelo RBNA.

G5. ACOPLAMENTOS

100. Flanges

101. A espessura dos flanges de acoplamento fundidos integralmente com eixos, para projetos convencionais de linha de eixo, deve ser no mínimo igual a 25% do diâmetro calculado para o eixo correspondente.

102. Quando os acoplamentos não forem por meio de flanges fundidos integralmente com os eixos, estes devem ser ajustados e dimensionados de forma a resistir às forças tangenciais e à força de propulsão em marcha a ré.

103. O raio dos flanges de acoplamento integralmente forjados deve ser pelo menos 0,08d.

200. Parafusos de acoplamento

201. O diâmetro d_{pa} (em mm) dos parafusos de acoplamento de flanges fundidos integralmente com os eixos não deve ser menor que o fornecido pela fórmula:

$$d_{na} = \sqrt{\frac{ds^3}{3 \times n \times r}} \quad (mm)$$

onde:

ds: maior diâmetro dos eixos acoplados, em mm;

n : número de parafusos do acoplamento;

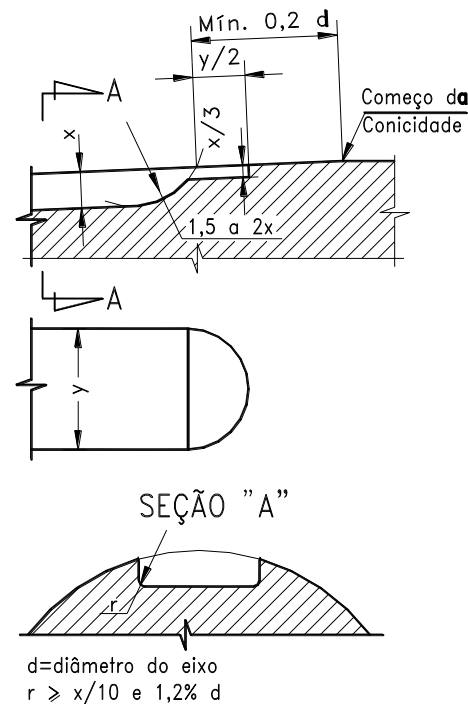
r : raio da circunferência do passo, em mm.

300. Chavetas

301. Na transmissão por chaveta, as concentrações de tensões devem ser reduzidas por arredondamento dos cantos de seu alojamento. Ver Figura F.G5.301.1. como exemplo. Os raios dos cantos do rasgo não devem ser menores que 1,2% do diâmetro do eixo.

302. Os furos roscados para fixação de chavetas não devem estar locados a menos de 1,5 vezes a largura da chaveta, a partir da extremidade de vante do rasgo.

FIGURA F.G5.301.1. – CHAVETAS



303. A chaveta é dimensionada para transmitir o torque máximo do eixo "T", com áreas obedecendo aos valores abaixo:

a. área tangencial:

$$at = \frac{1,4 \times T}{r} \times \frac{2\sqrt{3}}{\sigma_y} \times 10^3$$

b. área lateral (meia altura da chaveta):

$$al = \frac{1,4 \times T}{r} \times \frac{2}{\sigma_y} \times 10^3$$

onde:

r: raio do eixo no local, em mm.

T: torque em kgf×m (daN×m), que pode ser calculado por:

$$T = 716,2 \times \frac{P}{RPM}$$

onde:

P: é a potência transmitida em cv.

σ_y = limite de escoamento do material, em N/mm²

400. Conicidade e extremidade roscada

401. A conicidade dos acoplamentos deve estar de acordo com a Tabela que segue.

flange de acoplamento e eixo	entre 1:10 e 1:20
hélice e eixo propulsor	entre 1:10 e 1:15
hélice e eixo propulsor (montagem c/óleo)	entre 1:15 e 1:20

402. O diâmetro externo do filete de rosca de extremidade de eixo não deve ser menor do que 60% do maior diâmetro do cone.

CAPÍTULO H CAIXAS REDUTORAS/REVERSORAS E ACOPLAMENTOS

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

H1. ABORDAGEM

H2. ENGRENAGENS

H3. ACOPLAMENTOS

NOTA: para o dimensionamento das caixas redutoras, ver Regras para Navegação Interior ou Mar Aberto Parte II Título 11 Seção 5 Capítulo H.

H1. ABORDAGEM

100. Aplicação

101. Estas Regras se aplicam a engrenagens redutoras e acoplamentos de motores de propulsão principais cuja potência transmitida exceda 373 kW (500 BHP).

102. Engrenagens redutoras e acoplamentos das máquinas auxiliares mais importantes devem ter seu tipo aprovado pelo RBNA.

103. Caixas de redução e reversão de fabricação em série para potência máxima contínua de até 140 kW (190 CV), com desempenho já comprovado, podem ser aprovadas mediante apresentação das características e desenhos gerais e serão homologadas mediante o acompanhamento pelo RBNA do teste de bancada de uma unidade.

H2. ENGRENAGENS

100. Eixos

101. O diâmetro do eixo das engrenagens na região dos mancais não deve ser menor que o diâmetro requerido para o eixo intermediário acrescido de:

a. 10% onde a coroa é acionada por dois pinhões aproximadamente a 180°;

b. 15% onde a coroa é acionada por apenas um pinhão ou por dois pinhões aproximadamente a 120°.

200. Dentes

201. Os dentes devem ser projetados para suportar uma carga linear correspondente ao torque máximo transmitido pela caixa redutora quando em serviço contínuo.

202. A dureza dos dentes do pinhão deve ser no mínimo 20% maior que a dureza dos dentes da engrenagem correspondente.

300. Carcaça

301. As carcaças das caixas redutoras devem ter construção robusta a fim de minimizar as deflexões elásticas e manter a precisão da montagem das engrenagens. Devem ser projetadas para suportar em operação, sem apresentar deflexões prejudiciais:

a. cargas elásticas;

b. forças geradas pela energia transmitida;

c. efeitos de inércia das engrenagens dentro da carcaça, devido às forças dinâmicas da embarcação.

400. Balanceamento

401. As caixas redutoras devem ter seus eixos, engrenagens e pinhões balanceados estática e dinamicamente.

402. Para caixas redutoras onde a rotação não ultrapasse 150 RPM será exigido só balanceamento estático.

500. Acessórios

501. As caixas redutoras devem ser providas de instrumentos adequados para verificação de:

a. nível de óleo;

b. temperatura do óleo;

c. pressão do óleo.

502. As bombas de óleo lubrificante, quando acopladas à caixa redutora, devem ter fácil acesso para comando e manutenção.

H3. ACOPLAMENTOS

100. Acoplamentos dentados

101. Os dentes devem ser efetivamente lubrificados. Pequenos acoplamentos poderão ser lubrificados por salpicos.

102. Para grandes acoplamentos ou acoplamentos do motor principal de propulsão deve ser utilizada lubrificação forçada.

200. Acoplamentos flexíveis

201. Os acoplamentos flexíveis devem ser adequadamente dimensionados, de forma que seu momento estático de ruptura seja igual ou maior que oito vezes o momento nos elementos acoplados.

202. Se, em operação, um acoplamento flexível causar empuxo axial sobre os elementos acoplados, deve ser previsto meio para absorver este empuxo.

203. Acoplamentos flexíveis para grupos Diesel-geradores serão dimensionados para absorverem aumentos súbitos de torque causados por curto-circuito.

CAPÍTULO I PROPULSORES

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- I1. ABORDAGEM
- I2. DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DE HÉLICES COMUNS
- I3. HÉLICES DE PÁS REMOVÍVEIS
- I4. HÉLICE DE PASSO CONTROLÁVEL
- I5. BALANCEAMENTO
- I6. PROTEÇÃO CONTRA CORROSÃO

I1. ABORDAGEM

100. Aplicação

101. Estas Regras são explícitas para propulsores constituídos por hélices.

102. Outros tipos de propulsores terão análises especiais de seus projetos para aprovação.

103. Os dados e detalhes necessários para verificação do projeto de propulsores, bem como as características do material empregado na sua fabricação, devem ser submetidos à aprovação do RBNA.

104. A fabricação do hélice é supervisionada pelo RBNA.

I2. DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DE HÉLICES COMUNS

100. Espessura de pás

101. As espessuras das pás serão verificadas pelo RBNA.

102. Hélices de bronze manganês dimensionados pelas séries sistemáticas Troost, Kaplan e Schaffran, de modo geral, têm espessuras que atendem as presentes Regras.

103. As pás, o bosso e todas as superfícies externas do hélice devem ser bem acabadas e polidas.

200. Chaveta do hélice

201. A chaveta deve ter um ajuste preciso no bosso. Quando o hélice for instalado sem chaveta, devem ser apresentados para verificação do RBNA as instruções para ajuste e os cálculos detalhados das tensões.

300. Ajustagem ao eixo

301. Ver Parte 1, Título 02, Seção 2, Sub-Capítulo B3. destas Regras.

I3. HÉLICE DE PÁS REMOVÍVEIS

100. Montagem

101. A face do flange deve apoiar-se integralmente na do bosso, devendo ser reduzidas ao mínimo as folgas.

102. O dimensionamento da fixação, por parafusos ou outros meios, deve ser compatível com a resistência da raiz da pá no engastamento ao bosso.

I4. HÉLICE DE PASSO CONTROLÁVEL

100. Definição de características

101. As características do sistema de controle do passo variável devem ser apresentadas ao RBNA para aprovação.

200. Sistema hidráulico de controle de passo

201. Quando o mecanismo de ajuste do passo for operado hidráulicamente, devem ser instaladas duas bombas de acionamento por força motriz independente.

202. Para instalações de potência até 149 KW (200 BHP), uma das bombas pode ter acionamento manual, contanto que o tempo para movimentar as pás, da posição de vante para ré, seja da ordem de 10 (dez) segundos.

300. Indicadores

301. O sistema de passo variável deve ser dotado de indicador de posição das pás instalado na praça de máquinas e no local de controle.

302. O dimensionamento da fixação, por parafusos ou outros meios, deve ser compatível com a resistência da raiz da pá no engastamento ao bosso.

400. Controle do passo em emergência

401. Deve ser previsto um dispositivo para controle do passo em caso de emergência.

I5. BALANCEAMENTO

100. Controle

101. Os hélices devem ser balanceados estaticamente. O desbalanceamento residual deve ser tal que a força centrífuga resultante na rotação de serviço não ultrapasse 2 % do peso do hélice.

I6. PROTEÇÃO CONTRA A CORROSÃO

100. Contato hélice x eixo

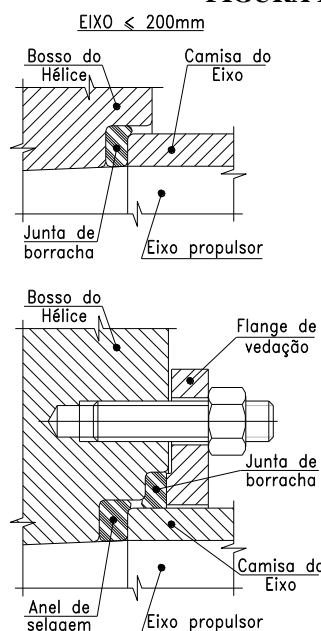
101. As partes de aço do eixo, desprotegidas, devem ter todos os espaços entre a proteção da porca, o bosso, o cubo do hélice e o eixo enchidos com sebo ou massa de zarcão ou outro material anti-corrosivo adequado, para evitar a entrada de água.

102. Deve ser evitado o contato do bronze com o aço em presença de água.

103. Um anel de borracha macia e bem ajustado deve ser instalado na extremidade de vante do hélice. Quando o anel de borracha for montado externamente, o rebaixo do bosso deve ser preenchido com material insolúvel em água e não corrosivo e as folgas devem ser as mínimas possíveis.

104. Quando o anel de borracha for montado internamente, deve ser mantida uma folga adequada entre a camisa e o bosso e o anel deve ter suas dimensões aumentadas, a fim de ser montado com aperto no espaço vazio, quando o hélice for apertado contra o eixo. Ver Figura F.I6.104.1.

FIGURA F.I6.104.1.



CAPÍTULO T TESTES

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

- T1. MOTORES E OUTROS EQUIPAMENTOS DE MÁQUINAS
- T2. ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO
- T3. TESTES DE MOTORES DE LINHA NOS FABRICANTES
- T4. TESTES DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO COMUNS A TODAS AS MENÇÕES
- T5. TESTES ADICIONAIS PARA SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO COM MENÇÃO AUT-F e AUT-F-Int

T1. MOTORES E OUTROS EQUIPAMENTOS DE MÁQUINAS

100. Provas de cais e de mar

101. Será preparado um Programa de Vistorias e Testes, a ser aprovado pelo RBNA, com provas de cais, para aferição de funcionamento antes de navegação, e com provas de mar, do qual resultará um Relatório de Vistorias e Testes, onde estarão registrados os índices e desempenho dos motores e equipamentos de máquinas.

102. A aferição de desempenho dos motores de propulsão compreende quatro horas de funcionamento ininterrupto na rotação de serviço.

200. Temperatura dos compartimentos de máquinas

201. Com os motores em regime normal de trabalho, após um mínimo de 1 (uma) hora, e aberturas, que não sejam de ventilação, fechadas, medir temperaturas do ar ambiente em vários locais dos compartimentos de máquinas. Não devem ultrapassar 45° C.

202. Durante a prova de mar deverão ser medidas as superfícies de superfícies tanto expostas como isoladas motores de combustão, caldeiras e suas redes de descarga para detecção de pontos com temperaturas acima de 220°C.

203. Os pontos mais críticos a serem examinados são os seguintes:

- a. “corpo” do motor;
- b. válvulas indicadoras ;
- c. capas dos cilindros;
- d. tubulação de descarga partindo de cada cilindro ;
- e. conexão com a rede principal de descarga de gases (“tie into exhaust manifold”);
- f. tubulação de descarga, em particular sobreposição entre placas metálicas e isolamento ;
- g. bases e suportes da rede de descarga;
- h. turboalimentadores, em particular as flanges dos mesmos ;
- i. saídas para sensores de temperatura, pressão etc. ;
- j. superfície de refletores de iluminação; e
- k. Pontos mais críticos que estatisticamente tem sido causa de incêndios.

300. Folgas e tolerâncias

301. São aferidas as tolerâncias de mancais e acoplamentos na prova de mar.

T2. ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO

100. Mancais, camisas e buchas para mancais

101. Além dos requisitos da Parte III das Regras, as camisas e mancais de bronze ou de outros materiais aprovados devem ser de composição rastreada, isentas de porosidades e/ou defeitos prejudiciais e com estanqueidade

testada hidrostaticamente na pressão de 20 N/mm² (2 Kgf/mm²).

102. As temperaturas dos mancais são aferidas na prova de mar.

T3. TESTE DE MOTORES DE LINHA NOS FABRICANTES

100. Aplicação

101. As Regras contidas neste Sub-capítulo aplicam-se a motores de combustão interna fabricados em linha de produção, para que façam jus ao “Certificado de Modelo Aprovado” (“Type approval”) do RBNA.

102. Nestas Regras estes motores são denominados motores de linha. Ocorrendo a citação motores em linha, ela se refere a motores com cilindros em linha.

103. Os motores de linha de fabricação são assim considerados quando:

- a. são produzidos em quantidade;
- b. têm materiais, componentes, sobressalentes e maquinaria de usinagem ou manufatura sob controle de qualidade do fabricante reconhecido em Certificado de Modelo Aprovado.

104. No caso de fornecimento de Sub-contratantes dos fabricantes, a eles também se aplica o parágrafo acima.

105. Estas Regras aplicam-se a motores com diâmetro de cilindros até 300 mm.

106. As condições para emissão de “Certificado de Modelo Aprovado” pressupõem também atendimento dos fabricantes ao Tópico T2.200. que segue.

107. “Certificados de Modelo Aprovado” de outra origem podem ser apresentados e analisados, a critério do RBNA. Quando ocorrer aceitação de origem, os documentos indicados no Subcapítulo B2. desta Seção das Regras devem ser apresentados com a aprovação ou visto da entidade certificadora.

108. Os testes dos motores de linha com “Certificado de Modelo Aprovado” são indicados no Sub-capítulo T2. desta Seção das Regras.

200. Aprovação de fabricantes de motores de linha

201. Os procedimentos para a emissão de Certificado de Modelo Aprovado compreendem a aprovação dos fabricantes às prescrições no que se segue.

202. A aprovação de um fabricante de motores de linha se refere a um modelo/série por solicitação do fabricante.

203. Para ser aprovado, os procedimentos internos de garantia da qualidade do fabricante e os processos de fabricação do motor devem ser aprovados pelo RBNA.

204. A fabricação de cada motor, individualmente, deve atender às exigências de qualidade reconhecidas pelo RBNA, e os testes estipulados pelo RBNA podem ser executados pelo fabricante do motor. Os certificados de teste de trabalho do motor são aceitos como componentes para o teste compulsório.

205. O teste do motor completo a ser classificado deve ser executado na presença de um vistoriador do RBNA antes que o mesmo seja entregue.

300. Documentos para a aprovação

301. Os documentos para aprovação encontram-se listados no Sub-capítulo B2. desta Seção.

400. Garantia da qualidade no processo de fabricação de motores de linha

401. São apresentados para aprovação:

a. os deveres, estrutura e organização do controle de qualidade ou procedimentos de garantia de qualidade definidos e disponíveis;

b. evidências;

c. resultados de controle da qualidade são guardados e podem a qualquer momento serem recrutados para avaliação;

d. os equipamentos para fabricação e testes devem ser frequentemente supervisionados pelo departamento de garantia da qualidade, e motores devem ser selecionados em intervalos regulares de fluxo da produção após um determinado período de experiência de trabalho, e inspecionados em condição parcialmente ou inteiramente desmontada;

402. Em intervalos de tempo regulares, o RBNA deve verificar se as condições para aprovação e garantia da qualidade continuam satisfatórias.

500. Testes para o modelo a aprovar

501. A escolha do motor para os testes deverá ser realizada dentro da produção atual em acordo com o vistoriador responsável do RBNA.

502. Os equipamentos necessários para realização dos testes devem estar de acordo com as regras prescritas pelo RBNA. Se o teste não puder ser realizado com todos os equipamentos necessários na bancada de teste, o equipamento que não for testado deverá ser apresentado e/ou testado em outro motor da série.

503. As condições para o teste descritas acima devem ser combinadas no ciclo de testes, que devem ser repetidos consistentemente durante todo o período especificado.

504. O programa de testes deve ser aprovado pelo RBNA. Para motores com várias aplicações envolvendo condições de deferimento de velocidade e potência, o programa do “Certificado de Modelo Aprovado” e os períodos de teste devem ser incrementados a fim de cobrir toda a saída e escala de velocidade do tipo de motor. Para motores de óleo pesado ou misturado, é requerida uma prova da capacidade de operação do óleo pesado.

505. O relatório do teste contendo os resultados deve ser analisado pelo RBNA para conclusão da aprovação. No relatório deve conter:

a. dados técnicos do motor;

b. condições as quais o teste foi submetido:

i. temperatura ambiente;

ii. pressão barométrica;

iii. umidade relativa do ar;

iv. características do combustível e óleo lubrificante;

v. temperatura de entrada da água de resfriamento externa;

c. parâmetros de operações, que devem ser medidos em intervalos regulares em vários pontos críticos:

i. rotação do motor;

ii. potência do motor;

iii. torque ou carga de ruptura;

iv. índice de escurecimento da fumaça de exaustão;

v. pressão máxima de combustão;

vi. temperatura e pressão do óleo lubrificante;

vii. temperatura e pressão da água de resfriamento;

viii. temperatura do gás de exaustão na exaustão do manifold e se possível, na saída de cada cilindro;

d. para motores com turbo alimentador:

i. rotação do turbo alimentador;

ii. temperatura e pressão do gás de exaustão na entrada e saída da turbina a gás;

iii. temperatura de entrada da água de resfriamento do ar de alimentação;

iv. temperatura e pressão do ar no turbo alimentador e na entrada e saída do resfriamento do ar de alimentação;

e. após o teste realizado, todas as maiores partes do motor devem ser desmontadas para inspeção.; as partes mais importantes devem ser fotografadas, e os resultados da inspeção devem ser inseridos no relatório.

600. Validade da aprovação do fabricante

601. A aprovação é baseada nos procedimentos de fabricação e de garantia da qualidade no momento do teste, e tem validade de 6 anos a partir da data em que foi editada.

602. A validade da aprovação pode ser renovada. O fabricante do motor deve notificar o RBNA quaisquer mudanças significativas de projeto ou funcionais, e mudanças de características operacionais do motor, cabendo ao RBNA decidir a necessidade de testes complementares para manutenção da aprovação.

603. Se as circunstâncias necessárias à aprovação forem transgredidas por deficiências no procedimento da garantia da qualidade de fabricação, ou por defeitos que afetam o motor, o RBNA pode restringir ou retirar a aprovação, e sob sua supervisão, requerer inspeção dos componentes individuais.

700. Teste de motores de linha na fábrica

701. Os motores de linha com aprovação emitida e que receberão suporte pela classe do RBNA, serão submetidos às exigências que seguem ao longo deste Sub-capítulo.

a. o fabricante deve testar e identificar as evidências do teste aplicado a todos os componentes sujeitos a inspeção compulsória sob as Regras do RBNA.; não são exigidos carimbos dos componentes individuais pelo RBNA.;

b. o fabricante do motor deve garantir que os sobressalentes e partes reservas sujeitos a inspeção compulsória sob as Regras do RBNA estão de acordo com as regras vigentes.; as peças devem ser marcadas para que possam ser reconhecidas como sobressalentes originais.; não são exigidos carimbos dos componentes individuais pelo RBNA.;

c. para testes dos materiais do eixo de manivelas e bielas, os Certificados do Teste de Aceitação, de acordo com a norma DIN 50 049 – 3.1.B, devem ser apresentados ao um vistoriador do RBNA para que sejam indicadas as exigências e valores reais das características mecânicas e composições químicas do material.; deve ser possível identificar os componentes por referência aos Certificados de Trabalhos.

702. Testes de bancada

a. cada motor ao receber suporte pela classe do RBNA está sujeito a testes de bancada sob supervisão do RBNA.;

b. os valores de operação devem ser medidos e gravados pelo fabricante do motor.; todos os resultados devem ser anexados a um protocolo de aceitação a ser emitido pelo fabricante do motor.;

c. em todos os casos, as medições devem ser realizadas em operação de estado estacionário. Para potência a 100% (potência nominal a rotação nominal) devem ser feitas 2 leituras em um intervalo de pelo menos 30 minutos.;

d. motores principais para propulsão direta:

- i. 110% de potência a 103,2% da rotação nominal - 45 minutos;
- ii. 100% de potência (potência nominal) a 100% da rotação (rotação nominal) - 1 hora;
- iii. 25%, 50%, 75%, 90% de potência, de acordo com a curva nominal do propulsor;
- iv. determinação da rotação mínima com carga;
- v. manobras de partida e reversão, testes do regulador, teste do dispositivo de proteção contra sobre-velocidade; após o funcionamento na bancada de teste, a potência é limitada à potência nominal (100%), para que não atinja a potência com sobrecarga em serviço;

e. motores principais para propulsão elétrica:

- i. após o teste, a potência do gerador do motor diesel deve ser ajustada para que seja conseguida a potência com sobre-carga (110%) em serviço após instalado a bordo, de modo que as características de governo, incluindo ativação do dispositivo de proteção do gerador possa ser cumpridas todas as vezes.;
- ii. 100% de potência (potência nominal) - 1 hora;
- iii. 110% de potência - 45 minutos;
- iv. 25%, 50% e 75% de potência bem como em marcha lenta;
- v. testes de partida e teste do regulador, teste do dispositivo de proteção contra sobre-velocidade;

f. os testes para motores auxiliares e acionadores principais de geradores elétricos estão descritos acima, com mesmo escopo dos testes para motores principais para propulsão elétrica;

g. o RBNA se reserva no direito de exigir um programa especial de teste de acordo com o caráter da instalação;

h. para motores principais e acionadores principais de geradores elétricos, a potência nominal deve ser verificada como a potência mínima.

703. Documentos do motor a serem apresentados pelo fabricante ao vistoriador do RBNA na ocasião do teste de bancada:

a. comprovação do fabricante do motor de que o motor apresentado para classificação encontra-se de acordo com

os requisitos de qualidade do fabricante do motor baseado na aprovação de motores de linha pelo RBNA.;

b. certificados de teste de trabalho para testes do material do eixo de manivelas, testes do material da haste de conexão para motores com cilindros de furos com diâmetros maiores que 150mm, acessórios importantes onde requeridos pelo vistoriador do RBNA.

704. O certificado do teste com o número da aprovação será emitido pelo RBNA para cada motor da linha, após a conclusão dos testes. Cada motor receberá um carimbo com o número da aprovação e data do teste, conforme a Figura que segue:

FIGURA F.T3.704.1. – CARIMBO

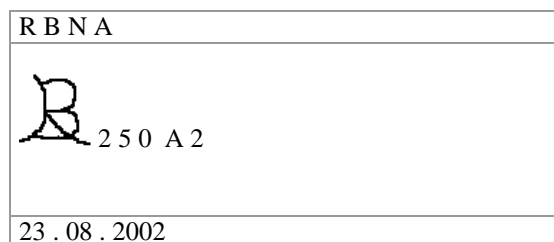


TABELA T.T3.703.1. – PROGRAMA DE TESTES
Ver Figura F.T3.702.1. - Diagrama Potência/ Rotação

PROGRAMA DE TESTES			
Potência nominal (contínua)	80 horas	Ponto 1	100% da potência
			100% do torque
			100% da rotação
Potência a 100%	1 hora	Ponto 2	100% da potência
			Rotação máxima permissível
Torque máximo permissível	8 horas	Ponto 3	100% do torque
			100% da rotação
		Ponto 3a	Potência máxima permissível (geralmente 110%)
			Rotação de acordo com a curva nominal do propulsor
Rotação mínima permissível para operação intermitente	0,5 hora	Ponto 4	100% do torque
	0,5 hora	Ponto 5	90% do torque
Operação com carga parcial	8 horas	Ponto 6	75% da potência nominal
			Rotação de acordo com a curva nominal do propulsor
		Ponto 7	50% da potência nominal
			Rotação de acordo com a curva nominal do propulsor
		Ponto 8	25% da potência nominal
			Rotação de acordo com a curva nominal do propulsor
		Pontos 9, 10 e 11	Partida de rotação nominal com as configurações do regulador constantes
Carga intermitente	-	-	100% da potência
			Sem carga
Teste funcional	-	-	Inverter manobras, quando aplicável
			Teste do regulador de velocidade
			Teste dos sistemas de segurança - Dispositivo contra rotação excessiva - Contra falha do sistema de óleo lubrificante
			Teste do motor com turbo alimentador inoperante
			Teste de velocidade mínima com carga para motores de propulsão principais e em marcha lenta para motores auxiliares

- b. realizar simulação de perda de alimentação;
- c. ter tensão da fonte elétrica com variação de $\pm 10\%$, e simultaneamente a frequência com variação de $\pm 5\%$;
- d. controles com operação satisfatoriamente dentro dessas variações.

404. Quando os componentes tiverem sido testados dentro desses parâmetros antes de sua montagem no painel, não será necessário retestá-los na montagem final.

405. Todos os circuitos elétricos de alimentação do servo-motores e atuadores com tensão nominal acima de 100 V devem ser submetidos a testes de resistência dielétrica, pela aplicação de tensão durante 60 segundos, como segue:

- a. para tensão nominal acima de 600 V: 2,5 vezes a tensão nominal mais 2000 V;
- b. para tensão nominal entre 35 e 600 V: duas vezes a tensão nominal mais 1000 V;
- c. para tensão nominal abaixo de 35 V: a uma tensão de 500 V.

406. Quando o teste for realizado em consoles, painéis ou sub-montagens envolvendo diversos componentes, o teste pode ser realizado a uma tensão 15% abaixo da tensão de teste mais baixa requerida para componentes individuais da montagem.

407. Em adição aos testes acima descritos, o primeiro console, sub-montagem ou componentes de um projeto de controle tais como: microprocessadores, controladores, etc. devem ser submetidos a um teste de vibração na presença de um vistoriador do RBNA, para demonstrar que estão em conformidade com o Parágrafo C1. 103. acima.

408. Caso o teste seja realizado sem energia, a montagem/componente deve ser submetida a um teste de desempenho após o teste de vibrações.

500. Provas de cais e mar

501. Após o término da instalação, o sistema de automação deve ser submetido a provas de cais e de mar para demonstrar que todo o sistema opera de forma satisfatória durante as condições de prontidão, manobras, operação contínua e transferência entre estações.

T5. TESTES ADICIONAIS PARA SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO COM MENÇÃO AUT-F e AUT-F Int

100. Verificações e simulações adicionais

101. Adicionalmente, realizar para sistemas AUT-F e AUT-F Int:

- a. verificação do sistema de detecção de incêndio;
- b. verificação da condição adequada de operação da detecção de incêndio em economizadores, caldeiras de gás de descarga dotadas de tubos aletados, etc.;
- c. verificação da condição operacional adequada dos sistemas integrados de computação utilizados para monitoramento, controle e segurança da maquinaria em particular;
- d. inspeção visual;
- e. operação funcional da estação de controle;
- f. transferência do controle entre estações;
- g. função de inibição de alarmes;
- h. procedimentos de reconhecimento de alarmes; e
- i. simulação de falhas internas e externas do sistema integrado, incluindo perda ou variação da fonte de alimentação.

Rgw18pt-p11t11s5-abcdefghit-00