

Especificação de fluidos e lubrificantes

Motores a gás e grupos geradores a gás

Motor a gás BR4000 – Aplicação marítima

Motor a gás BR4000 – Aplicação de gerador e grupo gerador

Motor a gás BR400 – Grupo gerador

A001072/01P

© 2018 MTU Onsite Energy GmbH, Augsburg

A publicação original foi elaborada no idioma alemão.

Esta publicação e todas as suas partes têm os direitos autorais protegidos. Qualquer utilização requer autorização prévia por escrito de MTU Onsite Energy GmbH. Isso é válido principalmente para a obtenção de cópias, divulgação, elaboração, tradução, microfilmagem e o armazenamento eletrônico ou processamento em sistemas eletrônicos, incluindo banco de dados ou serviços on-line.

Todas as informações desta publicação representam a respectiva versão mais atual no momento da publicação. MTU Onsite Energy GmbH reserva o direito de efetuar, se necessário, alterações, exclusões ou complementações nas informações ou nos dados disponibilizados.

Conteúdo

1	Prefácio	
1.1	Geral	5
2	Lubrificantes	
2.1	Generalidades	7
2.1.1	Óleo do motor	7
2.1.2	Intervalos de troca do óleo do motor	8
2.1.3	Compostos de silício no gás combustível	10
2.1.4	Corantes fluorescentes para o reconhecimento de vazamentos no circuito de óleo lubrificante	11
2.1.5	Graxas	12
2.1.6	Graxas para aplicações gerais	13
2.2	Motor a gás BR4000 - Aplicação de gerador e grupo gerador - Aplicação marítima	14
2.2.1	Óleos de motor aprovados	14
2.2.2	Graxas para geradores	16
2.2.3	Óleos para transmissão	17
2.3	Motor a gás BR400 - Grupo gerador	18
2.3.1	Óleos de motor aprovados	18
2.3.2	Intervalos de troca do óleo do motor	21
2.3.3	Graxas para geradores	23
3	Líquido de arrefecimento	
3.1	Generalidades	24
3.1.1	Definição de líquido de arrefecimento	24
3.1.2	Controle operacional / preparação do líquido de arrefecimento	26
3.1.3	Estabilidade ao armazenamento dos concentrados de líquido de arrefecimento	30
3.1.4	Aditivos corantes para a identificação de vazamentos no circuito do líquido de arrefecimento	31
3.1.5	Prevenção de danos ao sistema de arrefecimento	32
3.1.6	Materiais inadequados no circuito do líquido de arrefecimento	33
3.1.7	Requisitos da água potável BR4000	34
3.1.8	Requisitos da água potável BR400	35
3.2	Motor a gás BR4000 - Aplicação marítima	36
3.2.1	Líquido de arrefecimento - Generalidades	36
3.2.2	Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante - Concentrados para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves	37
3.2.3	Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante - Misturas prontas para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves	39
3.2.4	Agente de proteção anticongelante - Concentrados para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves	40
3.2.5	Agente de proteção anticongelante - Concentrados para aplicações especiais	42
3.2.6	Agente de proteção anticongelante - Misturas prontas para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves	43
3.3	Motor a gás BR4000 - Aplicação de gerador e grupo gerador	45
3.3.1	Líquido de arrefecimento - Generalidades	45
3.3.2	Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante - Concentrados para sistemas de arrefecimento contendo metais leves	46
3.3.3	Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante - Misturas prontas para sistemas de arrefecimento contendo metais leves	47
3.3.4	Agente de proteção anticongelante - Concentrados para sistemas de arrefecimento contendo metais leves	48
3.3.5	Agente de proteção anticongelante - Concentrados para aplicações especiais	51
3.3.6	Agente de proteção anticongelante - Misturas prontas para sistemas de arrefecimento contendo metais leves	52
3.4	Motor a gás BR400 - Grupo gerador	54
3.4.1	Líquidos de arrefecimento autorizados	54
4	Combustíveis	
4.1	Generalidades	55
4.1.1	Utilização dos combustíveis	55
4.1.2	Componentes principais do gás natural e dos gases combustíveis de origem biogênica	56
4.1.3	Liquid Natural Gas (LNG)	58
4.1.4	Compostos de silício e enxofre no gás combustível	59
4.2	Motor a gás BR4000 - Aplicação marítima	60
4.2.1	Generalidades	60
4.2.2	Requisitos do gás combustível	61
4.2.3	Especificação para o meio no espaço do invólucro da tubulação de gás em aplicação marítima	64
4.3	Motor a gás BR4000 - Aplicação de gerador e grupo gerador	66
4.3.1	Generalidades	66
4.3.2	Gás natural - requisitos do gás combustível	67
4.3.3	Biogás - Requisitos do gás combustível	70
4.4	Motor a gás BR400 - Grupo gerador	75
4.4.1	Gás natural - Valores do combustível	75

4.4.2	Biogás - Valores do combustível	76	7	Ar de alimentação e ar de combustão	
4.4.3	Impurezas interferentes	77	7.1	Generalidades	89
5	Sistema de tratamento posterior dos gases de escape		8	Água de aquecimento	
5.1	Generalidades	79	8.1	Generalidades	90
5.2	Agente redutor de NOx AUS 32 para sistemas de pós-tratamento dos gases de escape SCR	80	8.2	Requisitos da água de aquecimento	91
5.3	Condensado de gases de escape	82	9	Confirmação dos lubrificantes e fluidos	
6	Prescrição de enxague e limpeza para circuitos do líquido de arrefecimento do motor		9.1	Confirmação por parte do operador das unidades de gerador	93
6.1	Generalidades	83	10	Anexo A	
6.2	Agentes de limpeza autorizados	84	10.1	Índice de abreviaturas	94
6.3	Enxágue dos circuitos do agente de refrigeração do motor	85	10.2	Tabela de conversão de unidades SI	95
6.4	Limpar os circuitos de líquido de arrefecimento do motor	86	10.3	MTU Onsite Energy - Pessoas de contato/oficinas autorizadas	96
6.5	Limpar os grupos construtivos	87	11	Anexo B	
6.6	Circuitos de refrigeração com ataque de bactérias, leveduras e fungos	88	11.1	Índice	97

1 Prefácio

1.1 Geral

Símbolos utilizados e meios de representação

As seguintes instruções destacadas no texto devem ser obedecidas:

Importante

Este campo apresenta informações importantes ou úteis sobre o produto para o usuário. Indica instruções, trabalhos e atividades que devem ser seguidas para evitar danificar ou destruir o material.

Nota:

Uma nota informa quando algo específico deve ser observado durante a execução de um trabalho.

Lubrificantes e fluidos

A vida útil, a segurança operacional e o funcionamento das unidades propulsoras dependem, em grande parte, dos lubrificantes e fluidos utilizados. A escolha correta e o tratamento correto dos lubrificantes e fluidos são, desta forma, extremamente importantes. Os lubrificantes e fluidos utilizados estão definidos nestas especificações.

Norma de teste	Designação
DIN	Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemão de Normalização)
EN	Normalização europeia
ISO	Norma internacional
ASTM	American Society for Testing and Materials
IP	Institute of Petroleum
DVGW	Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e.V.

Tabela 1: Normas de teste para lubrificantes e fluidos

Importante

Os lubrificantes e fluidos autorizados não devem ser misturados.

Importante

O cliente deve atentar para as fichas de dados de segurança dos respectivos fabricantes.

Atualidade do presente impresso

As especificações para lubrificantes e fluidos serão modificadas ou complementadas quando necessário. Antes da utilização, assegurar que a versão atualizada esteja disponível. A versão atualizada poderá ser encontrada em:

- <http://www.mtu-online.com/mtu/technische-info/index.de.html>
- <http://www.mtuonsiteenergy.com/technische-infos/tools-und-downloads/index.de.htm>

Em caso de dúvida, a pessoa de contato da MTU Onsite Energy terá grande prazer em prestar a ajuda necessária.

Garantia

A utilização dos lubrificantes e fluidos autorizados, seja conforme designação nominal, seja correspondendo às especificações citadas, é parte integrante das condições da garantia.

O fornecedor dos lubrificantes e fluidos é responsável, a nível global, pela qualidade uniforme dos produtos mencionados.

Importante

Os lubrificantes e fluidos para as unidades propulsoras podem ser substâncias perigosas. Determinados regulamentos devem ser respeitados durante o manuseio, armazenamento e descarte dessas substâncias.

Estes regulamentos resultam dos dados dos fabricantes, das determinações legais e dos regulamentos técnicos válidos para o respectivo país. Visto que podem existir diferenças sensíveis entre um país e outro, é impossível fornecer informações de validade geral sobre os regulamentos a serem respeitados no âmbito das presentes especificações para lubrificantes e fluidos.

Consequentemente, os usuários dos produtos aqui citados têm a obrigação de informar-se sobre os regulamentos vigentes. A MTU Onsite Energy não assume nenhuma responsabilidade pelo uso indevido e ilegal dos lubrificantes e fluidos por ela aprovados.

As "Regras para a proteção do meio ambiente" (consultar as instruções de operação, capítulo sobre a segurança, desmontagem e descarte) devem ser respeitadas ao manusear os lubrificantes e fluidos, pois estes são nocivos para a saúde e inflamáveis.

O uso inadequado dos lubrificantes e fluidos resulta na contaminação do meio ambiente:

- Os lubrificantes e fluidos não devem penetrar no solo ou sistema de esgoto.
- Os lubrificantes e fluidos usados devem ser encaminhados para a reciclagem de óleo usado ou descarte de resíduos perigosos.
- Os elementos e cartuchos de filtro usados devem ser encaminhados para o descarte de resíduos perigosos.

Importante

O cliente/operador é responsável pela observância dos valores do combustível.

Conservação

Todas as informações sobre a conservação, conservação posterior e remoção da conservação, incluindo os materiais de conservação aprovados, podem ser consultadas nos regulamentos de conservação e conservação posterior da MTU. A versão atualizada poderá ser encontrada em:

<http://www.mtu-online.com/mtu/technische-info/index.de.html>

2 Lubrificantes

2.1 Generalidades

2.1.1 Óleo do motor

Na escolha de um óleo para motor a gás, é de extrema importância conhecer o tipo de gás com o qual o motor será operado. O motor a gás somente poderá ser operado com o óleo para motor autorizado.

Os óleos para motor autorizados são especificados nos capítulos a seguir:

- Para BR4000 (→ Página 14)
- Para BR400 (→ Página 18)

A proporção de impurezas interferentes no gás combustível é um fator essencial. Isto pressupõe análises periódicas do gás por parte de quem explora o equipamento economicamente. Os óleos a serem utilizados para motores a gás são caracterizados por teores de cinza os mais reduzidos possíveis. Isto evita as sedimentações de cinzas que podem levar a uma diminuição do rendimento do catalisador, ou combustão com pré-ignição.

Na operação com biogás, o óleo do motor pode ser contaminado por impurezas corrosivas que são produzidas durante a combustão dos poluentes contidos (compostos de cloro, flúor e enxofre). Estes componentes corrosivos só podem ser neutralizados de forma limitada, mesmo usando aditivos especiais no óleo do motor.

Os danos causados pela corrosão nos componentes lubrificados pelo óleo do motor só podem ser evitados por meio de trocas de óleo frequentes. Para poder compensar melhor os picos de concentração durante a exposição a impurezas corrosivas, recomenda-se de modo imperativo um maior volume de óleo no motor.

Importante

Descartar os lubrificantes e fluidos usados de acordo com a legislação em vigor no local de utilização.

Importante

É prescrita a classe de viscosidade SAE 40 para os motores a gás.
Óleos multiviscosos não são permitidos.

Importante

Por princípio, a mistura de óleos para motores não é permitida.

Importante

Por ocasião de uma troca de óleo do motor, a mudança de tipo de óleo é possível em determinadas condições. Para tal, entrar em contato com o serviço MTU.

Importante

Nas aplicações com biogás, gás de esgoto ou gás de aterro, a quantidade de óleo no cárter não é suficiente. É necessário um volume de óleo maior.

2.1.2 Intervalos de troca do óleo do motor

Tempo de operação do óleo para motores a gás

O período de operação do óleo para motores é influenciado por sua qualidade, conservação, bem como as condições de operação e o combustível empregado.

Por esta razão, dependendo do volume de óleo do motor, do tipo de gás e da série, é necessário retirar uma amostra do óleo e comparar a análise do óleo com os valores limite constantes na tabela (→ Tabela 2). As amostras de óleo deverão ser sempre retiradas sob as mesmas condições gerais (motor com aquecimento operacional) e no local previsto para este fim (bocal de saída na carcaça do filtro de óleo).

Quando os valores limite conforme a tabela (→ Tabela 2) forem atingidos ou ultrapassados, é necessário executar uma troca de óleo imediatamente.

Em caso de utilização de um volume maior de óleo, os valores limite para os elementos de desgaste devem ser reduzidos de maneira inversamente proporcional em relação ao aumento do volume. A redução máxima permitida dos valores limite para os elementos de desgaste corresponde a 50% do valor limite conforme a tabela (→ Tabela 2).

Intervalos de troca fixos sem análises do óleo são permitidos após consulta junta a MTU Onsite Energy.

Valores limite para óleos de motor a gás usados SAE 40

	Método de teste	Valores limite BR4000	Valores limite BR400
Viscosidade a 100 °C (mm ² /s)	ASTM D445 DIN 51562	máx. 17,5 mín. 11,5	Valor para óleo novo +30 % **
Basicidade total TBN (mgKOH/g)	ASTM D2896 ISO 3771	min. 2,5 e TBN > TAN	Valor para óleo novo -60 % **
Índice de acidez TAN (mgKOH/g)	ASTM D664	Valor para óleo novo +2,5	Mediante consulta à fábrica
Valor iph	ASTM D7946	mín. 4	mín. 4
Água (% vol.)	ASTM D6304 EN 12937 ISO 6296	máx. 0,2	máx. 0,2
Glicol (mg/kg)	ASTM D2982	máx. 100	Mediante consulta à fábrica
Oxidação (A/cm)	DIN 51453	máx. 20	máx. 30
Nitração (A/cm)	Processo IR	máx. 20	máx. 30
Elementos de desgaste (mg/kg):	DIN 51399-1/-2		
Ferro (Fe)		máx. 30	máx. 50
Chumbo (Pb)		máx. 20	máx. 30
Alumínio (Al)		máx. 10	máx. 20
Cobre (Cu)		máx. 20 ***	máx. 50
Estanho (Sn)		máx. 5	máx. 15
Silício (Si)		máx. 15 *	máx. 10 *

* O valor limite para o elemento de desgaste Si se refere apenas a operação com gás natural.

** Valor do óleo novo conforme consulta à fábrica

*** Durante a 1ª troca de óleo (máx. 3000 horas de operação), o valor limite é de 50 ppm.

Tabela 2: Valores limite para óleos de motor a gás usados SAE 40

Análise do óleo usado

Os resultados das análises do óleo devem ser arquivados.

Os métodos de teste e valores limites (→ Tabela 2) especificados indicam quando o resultado de uma análise individual da amostra de óleo deve ser considerado como anormal. Um resultado anormal (por exemplo, maior desgaste do óleo) requer uma investigação imediata e correção da condição de operação irregular determinada (por exemplo, verificação da preparação do gás ou análise de amostras de gás).

Os valores limite dizem respeito às amostras individuais de óleo. Quando os valores limite forem atingidos ou ultrapassados, é necessário executar uma troca de óleo imediatamente. Os resultados da análise de óleo não necessariamente permitem uma conclusão quanto ao desgaste de determinadas peças e componentes.

Além dos valores limite analíticos, para uma troca do óleo também são considerados o estado de conservação e o estado operacional do motor, bem como eventuais falhas no motor e nos periféricos do sistema.

2.1.3 Compostos de silício no gás combustível

Os compostos de silício no gás dão origem a depósitos e promovem o desgaste. Isto também provoca a desativação de catalisadores. Não é assumida nenhuma prestação de garantia por danos causados em razão de compostos de silício.

Valor de operação de silício Si_B

Na operação com gases contendo silício deverá ser explicitamente atentado para o aumento do teor de silício no óleo. Para tal, deverá ser calculado o valor de operação de silício Si_B com o auxílio da fórmula a seguir.

$$Si_B = \text{Delta Si análise de óleo B - A [ppm]} \times \frac{(\text{volume de abastecimento de óleo} + \text{volume de reabastecimento}) [\text{litros}]}{\text{trabalho elétrico gerado [kWh]}}$$

A observância do Si_B deverá ser comprovada pelo operador de forma contínua com o auxílio de análises de óleo.

Valor limite de operação de silício Si_{BG}

No que se refere aos valores limite de operação de silício Si_{BG} é feita a distinção entre a operação com e sem depuração catalítica dos gases de escape.

Funcionamento	Si_{BG}
Com depuração catalítica dos gases de escape	0
Sem depuração catalítica dos gases de escape	< 0,01 (BR4000)
Sem depuração catalítica dos gases de escape	< 0,02 (BR400)

Para o uso requerido de catalisadores de oxidação, a experiência mostrou que é necessária a não detectabilidade ($Si_B = 0$).

No entanto, em razão da alta sensibilidade do catalisador, pode ocorrer perda prematura de atividade, especialmente no caso da conversão de formaldeído.

Importante

A MTU Onsite Energy exclui os danos no motor e no catalisador causados pelo silício da prestação de garantia.

Exemplo para o cálculo do valor de operação de silício Si_B

Exemplo de dados para o cálculo do valor de operação de silício Si_B		
Delta Si entre as análises de óleo A e B	20	ppm (mg/kg)
Volume de abastecimento de óleo em circulação	800	dm ³
Volume de óleo reabastecido	200	dm ³
Trabalho elétrico gerado entre as análises de óleo A e B	2000000	kWh

$$Si_B = 20 \text{ [ppm]} \times \frac{(800 + 200) \text{ [dm}^3\text{]}}{2000000 \text{ [kWh]}} = 0,01$$

2.1.4 Corantes fluorescentes para o reconhecimento de vazamentos no circuito de óleo lubrificante

Os corantes fluorescentes listados a seguir estão liberados para o reconhecimento de vazamentos no circuito de óleo lubrificante.

Fabricante	Denominação do produto	Concentração de aplicação	Número do material	Tamanho da embalagem	Estabilidade ao armazenamento ¹⁾
Chromatech Europe B.V.	D51000A Chromatint Fluorescent Yellow 175	0,04 % - 0,07 %	X00067084	16 kg	2 anos
Cimcool, Cincinnati	Producto YFD-100	0,5% - 1,0 %		5 galões: 55 galões (barril)	6 meses

Tabela 3:

¹⁾ = a partir do fornecimento de fábrica referente ao fardo original e hermeticamente fechado em armazenamento livre de geada (> 5 °C).

A fluorescência (tom amarelo claro) de ambos os corantes é visível com uma lâmpada UV (365 nm).

2.1.5 Graxas

As condições da MTU para a aprovação de graxas constam na norma MTL 5050 da MTU e estão disponíveis sob este número.

A MTU confirma ao correspondente fabricante, por escrito, a aprovação de uma determinada graxa.

Graxas para aplicações gerais

Usar graxas de sabão de lítio em todos os pontos de lubrificação.

As exceções são:

- Bypass do compressor, instalado entre o turboalimentador e o radiador do ar de sobrealimentação
- Centragens internas de acoplamentos

Graxas para utilizações em temperaturas elevadas

Para os bypass de compressor, instalados entre o turboalimentador e o radiador do ar de sobrealimentação, deve-se utilizar graxa resistente a altas temperaturas (até 250°C):

- Aero Shell Grease 15
- Optimol Inertox Medium

Para os bypass de compressor, instaladas antes do turboalimentador ou após o radiador do ar de sobrealimentação, são suficientes as graxas para utilização geral.

Graxas para centragens internas de acoplamentos

Graxas para centragens internas:

- Esso Unirex N 3 (resistente a alta temperatura até aprox. 160°C)

Lubrificantes para aplicações especiais (somente BR4000)

Óleos para turboalimentadores

De modo geral, os turboalimentadores com alimentação de óleo integrada estão conectados no circuito de óleo de lubrificação do motor.

Para turboalimentadores ABB, que não estejam conectados ao circuito de óleo de lubrificação do motor, deve-se utilizar óleo para turbinas com base em óleo mineral da classe de viscosidade ISO-VG 68.

Lubrificantes para acoplamentos dentados curvos

Conforme cada caso, para a lubrificação de acoplamentos dentados curvos, os seguintes lubrificantes estão aprovados:

- Empresa Klüber: Structovis BHD MF (óleo lubrificante pseudoplástico)
- Empresa Klüber: Klüberplex GE 1 1-680 (lubrificante adesivo para transmissão)

A utilização do respectivo agente lubrificante, ou o tempo de vida útil do mesmo, está descrito nas Instruções de operação ou nos esquemas de manutenção correspondentes.

2.1.6 Graxas para aplicações gerais

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Graxas" (→ Página 7)

Fabricante	Nome da marca	Observações
Aral AG	Graxa de múltiplo uso Arallub HL2	
BP p.l.c.	Energrease LS2	
Castrol Ltd.	Spheerol AP2	
Chevron	Multifak EP2	
SRS Schmierstoff Vertrieb GmbH	SRS Wiolub LFK2	
Shell Deutschland GmbH	Shell Gadus S2 V220 2	
Total	Total Multis EP2	
Veedol International	Multipurpose	

Tabela 4:

2.2 Motor a gás BR4000 - Aplicação de gerador e grupo gerador - Aplicação marítima

2.2.1 Óleos de motor aprovados

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Generalidades" (→ Página 7).

Óleos MTU para motores a gás BR4000

Fabricante	Nome da marca	Classe de viscosidade SAE	Modelo						Observação / número de material
			4000L61 / L62 / L63	4000L64 / L64FNER	4000L32 / L33	4000L32FB	4000L62FB	4000Mx5xN	
MTU Friedrichshafen GmbH	GEO BG Power B2L	40				X	X		Embalagem de 20 l: X00072870 Embalagem de 205 l: X00072871 IBC: X00072872
	GEO NG Power X2L	40	X						Embalagem de 20 l: X00072874 Embalagem de 205 l: X00072875 IBC: X00072876
	GEO NG Power X3L	40	X	X	X			X	Embalagem de 20 l: X00072877 Embalagem de 205 l: X00072878 IBC: X00072879

X = liberação para modelo

Tabela 5: Óleos MTU para motores a gás BR4000

Importante

Para a determinação dos intervalos de troca do óleo, amostras de óleo devem ser retiradas e analisadas a cada 250 Bh. Os valores limite devem ser respeitados (→ Página 8).

TIM-ID: 000007948 - 002

Óleos alternativos para motores a gás BR4000

Fabricante	Nome da marca	Classe de viscosidade SAE	Modelo					
			4000L61 / L62 / L63	4000L64 / L64FNER	4000L32/L33	4000L32FB	4000L62FB	4000Mx5xN
Addinol	MG 40 Extra LA	40				X	X	
	MG 40 Extra Plus	40					X	
BayWa AG	Tectrol MethaFlexx HC Premium	40				X	X	
Castrol Ltd.	Castrol Duratec L	40	X		X *			
Chevron (Texaco)	Geotex LA 40	40	X		X *			
	HDAX 7200	40	X	X	X			
Exxon Mobil Corporation	Mobil Pegasus 705	40	X		X *			
	Mobil Pegasus 805 (55 galões: 23538056)	40	X		X *			
	Mobil Pegasus 1005	40	X	X				X
Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH	Titan Ganymet Ultra	40				X	X	
	Titan Ganymet LA	40	X					
NILS S.p.A.	Burian	40					X	
Shell International Petroleum Company	Shell Mysella S3 N 40	40	X		X *			
	Shell Mysella S5 N 40	40	X	X	X			
SRS Schmierstoff Vertrieb GmbH	SRS Mihagrün LA 40	40	X		X *			
Total	Nateria MH 40	40	X		X *			
	Nateria MJ 40	40					X	
	Nateria MP 40	40	X	X	X	X	X	X
Pedro-Canada	Sentron CG 40	40				X	X	
	Sentron LD 5000	40	X					
	Sentron LD 8000	40	X	X	X			X

X = liberação para modelo
 * Na utilização destes óleos para motor, a vida útil é reduzida.

Tabela 6: Óleos alternativos para motores a gás BR4000

Importante

Para a determinação dos intervalos de troca do óleo, amostras de óleo devem ser retiradas e analisadas a cada 250 Bh. Os valores limite devem ser respeitados (→ Página 8).

2.2.2 Graxas para geradores

Os rolamentos são pré-lubrificadas de fábrica pelos fabricantes de geradores.

Por ocasião da colocação em serviço, deve ser introduzido outro lubrificante.

Importante

A especificação diretamente no gerador é sempre decisiva.
Atentar para os dados do fabricante na plaqueta de identificação do gerador.

As informações a seguir são colocadas nos geradores por parte do fabricante:

- Graxa a ser utilizada
- Quantidade de lubrificação
- Intervalo de lubrificação

É necessário respeitar o cronograma de manutenção válido.

Mais informações devem ser consultadas nos documentos do fabricante.

Importante

A temperatura dos rolamentos deve ser monitorada durante as primeiras horas de serviço do gerador.

Importante

Uma lubrificação insuficiente pode resultar em temperatura excessiva e danos nos rolamentos.

Graxas para geradores em BR4000 a gás

Fabricante do gerador	Graxa (número de material MTU)
Leroy-Somer	Shell Gadus S3 V220C2 (X00067217) *
	Mobil Polyrex™ EM: grade NLGI 2 (X00071899) *
Cummins	KLUEBER ASONIC GHY72 (09110145007)
Hitzinger	LUKOIL SIGNUM EPX2 (X00071900)

* De acordo com o fabricante, a operação mista com ambas as graxas não é possível e, portanto, não permitida. Atentar para os dados do fabricante na plaqueta de identificação do gerador.

2.2.3 Óleos para transmissão

Óleos lubrificantes autorizados

Aplica-se somente para aplicações de 60 Hz.

Fabricante / fornecedor	Designação	SAE Classe de viscosidade	Observação
Mobil	Mobilgear SHC XMP320	40	S
Mobil	SHC 632	40	S
Klüber	GEM4-320N	40	S
Total	Carter SH320	40	S

S = óleo lubrificante sintético

Tabela 7: Óleos lubrificantes autorizados

Importante
Só são permitidos os tipos de óleo para transmissão sintéticos.

Volumes de abastecimento

Tipo de transmissão	Motor	litros
GU 320	8V4000Lx 12V4000Lx	65
GU 395	16V4000Lx 20V4000Lx	92

Tabela 8: Volumes de abastecimento

A sequencia de testes é realizada na MTU-Onsite Energy com Mobil SHC 632.

Número de material MTU:

- 09110149525 – óleo para transmissão MOBIL SHC 632 (tambor)
- 09110149555 – óleo para transmissão MOBIL SHC 632(bidão)

Intervalos de troca de óleo:

- Consulte também o cronograma de manutenção MTU-Onsite Energy e as instruções de operação do fabricante da transmissão
- Primeira troca de óleo: 300 ... 5000 horas de serviço
- A troca de óleo seguinte após 4000 horas de serviço ou após 24 meses
- Análise do óleo (amostra de óleo > 1 litro) a cada 2000 horas de serviço

Abastecer o óleo para transmissão no estado frio exatamente até o meio do visor de vidro. Durante a operação, o nível do óleo primeiro irá abaixar no visor de vidro, mas também poderá se elevar acima deste último em razão da dilatação térmica. A ventilação se realiza através de uma junta de labirinto nos eixos.

2.3 Motor a gás BR400 - Grupo gerador

2.3.1 Óleos de motor aprovados

Óleos MTU para motores aspirados BR400

Fabricante / fornecedor	Nome da marca	Classe de viscosidade SAE	Observação	
MTU Friedrichshafen GmbH	GEO NG POWER X2L ²⁾	40 ¹⁾	M	E, P

Tabela 9: Óleos MTU para motores aspirados BR400

1) Certificação limitada à temperatura ambiente do motor > +10°C

2) Embalagem de 20 l: X00072874 / embalagem de 205 l: X00072875 / IBC: X00072876

M Óleo mineral para motor

E Gás natural

P Gás propano

Óleos alternativos para motores aspirados BR400

Fabricante / fornecedor	Nome da marca	Classe de viscosidade SAE	Observação	
Addinol Lube Oil GmbH	ECO GAS 4000 XD	40 ¹⁾	M	E, P
	MG 40 Extra LA	40 ¹⁾	M	E, P
AUTOL	ELA 40	40 ¹⁾	M	E, P
AVIA Mineralöl AG	LA 40	40 ¹⁾	M	E, P
	LA Plus 40	40 ¹⁾	M	E, P
Castrol	Duratec HPL 40	40 ¹⁾	M	E, P
	Duratec XPL	40 ¹⁾	S	E, P
Chevron Texaco	HDAX 7200	40 ¹⁾	M	E, P
BayWa AG	TECTROL Methaflexx HC Premium	40 ¹⁾	M	E, P
	TECTROL Methaflexx NG	40 ¹⁾	M	E, P
ExxonMobil	SHC Pegasus	40 ¹⁾	S	E, P
	Pegasus 605	40 ¹⁾	M	E, P
	Pegasus 705	40 ¹⁾	M	E, P
	Pegasus 805	40 ¹⁾	M	E, P
	Pegasus 1005	40 ¹⁾	M	E, P
Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH	Titan Ganymet LA	40 ¹⁾	M	E, P
	Titan Ganymet Ultra	40 ¹⁾	M	E, P
Kuwait Petroleum	Q8 Mahler MA	40 ¹⁾	M	E, P
Petro Canada Europe	Sentron LD 5000	40 ¹⁾	M	E, P
Shell International Petroleum Company	Shell Mysella S5 N 40	40 ¹⁾	M	E, P
Total Deutschland	Nateria MP40	40 ¹⁾	M	E, P
WIPA Chemicals International	Ecosyn GE 4004	40 ¹⁾	S	E, P

Tabela 10: Óleos alternativos para motores aspirados BR400

- 1) Certificação limitada à temperatura ambiente do motor > +10°C
 S Óleo sintético para motor
 M Óleo mineral para motor
 E Gás natural
 P Gás propano

Óleos MTU para motores turbo BR400

Fabricante / fornecedor	Nome da marca	Classe de viscosidade SAE	Observação		
MTU Friedrichshafen GmbH	GEO NG POWER X2L ²⁾	40 ¹⁾	M	E, P	K
	GEO BG POWER B2L ³⁾	40 ¹⁾	M	B	K

Tabela 11: Óleos MTU para motores turbo BR400

- 1) Certificação limitada à temperatura ambiente do motor > +10°C
 2) Embalagem de 20 l: X00072874 / embalagem de 205 l: X00072876 / IBC: X00072875
 3) Embalagem de 20 l: X00072870 / embalagem de 205 l: X00072872 / IBC: X00072871
 M Óleo mineral para motor
 E Gás natural
 P Gás propano
 B Biogás
 K adequado para catalisador

Óleos alternativos para motores turbo BR400

Fabricante / fornecedor	Nome da marca	Classe de viscosidade SAE	Observação		
AUTOL	BGJ 40	40 ¹⁾	M	B	K
	ELA 40	40 ¹⁾	M	E, P	K
AVIA Mineralöl AG	HA 40	40 ¹⁾	M	B	K
	LA 40	40 ¹⁾	M	E, P	K
	LA Plus 40	40 ¹⁾	M	E, P	K
Addinol Lube Oil GmbH	ECO GAS 4000 XD	40 ¹⁾	M	E, P	K
	MG 40 Extra Plus	40 ¹⁾	M	B	K
	MG 40 Extra LA	40 ¹⁾	M	E, P	K
NILS	Burian	40 ¹⁾	M	B	K
BayWA AG	TECTROL Methaflexx D	40 ¹⁾	M	B	K
	TECTROL Methaflexx HC Plus	40 ¹⁾	M	B	K
	TECTROL Methaflexx HC Premium	40 ¹⁾	M	E, P	K
	TECTROL Methaflexx HC Premium	40	M	B	SRK
	TECTROL Methaflexx NG	40 ¹⁾	M	E, P	K
Castrol	Duratec HPL	40 ¹⁾	M	E, P	K
	Duratec XPL	40 ¹⁾	S	E, P	K
Chevron Texaco	Geotex LA 40	40 ¹⁾	M	E, P	K
	Geotex LF 40	40 ¹⁾	M	B	K
	HDAX 7200	40 ¹⁾	M	E, P	K

Fabricante / fornecedor	Nome da marca	Classe de viscosidade SAE	Observação		
ExxonMobil	SHC Pegasus	40 ¹⁾	S	E, P	K
	Pegasus 605	40 ¹⁾	M	E, P	K
	Pegasus 610	40 ¹⁾	M	B	K
	Pegasus 705	40 ¹⁾	M	E, P	K
	Pegasus 710	40 ¹⁾	M	B	K
	Pegasus 805	40 ¹⁾	M	E, P	K
Fuchs Europe Schmierstoffe GmbH	Titan Ganymet	40 ¹⁾	M	B	K
	Titan Ganymet LA	40 ¹⁾	M	E, P	K
	Titan Ganymet Plus	40 ¹⁾	M	B	K
	Titan Ganymet Ultra	40 ¹⁾	M	E, P	K
	Titan Ganymet Ultra	40 ¹⁾	M	B	SRK
Hessol Lubrication GmbH	Hessol Gasmotorenöl	40 ¹⁾	M	B	K
Kuwait Petroleum	Q8 Mahler HA	40 ¹⁾	M	B	K
	Q8 Mahler MA	40 ¹⁾	M	E, P	K
Petro Canada Europe	Sentron CG 40	40 ¹⁾	M	B	K
	Sentron LD 5000	40 ¹⁾	M	E, P	K
Shell International Petroleum Company	Shell Mysella S5 N 40	40 ¹⁾	M	E, P	K
Total Deutschland	Nateria MP 40	40 ¹⁾	M	E, P	K
WIPA Chemicals International	Ecosyn GE 4004	40 ¹⁾	S	E, P	K

Tabela 12: Óleos alternativos para motores turbo BR400

- 1) Certificação limitada à temperatura ambiente do motor > +10°C
S Óleo sintético para motor
M Óleo mineral para motor
E Gás natural
P Gás propano
B Biogás
K adequado para catalisador
SRK Catalisador resistente ao enxofre

2.3.2 Intervalos de troca do óleo do motor

Óleo mineral – Sistema de óleo do motor com lubrificação por pulverização de óleo e volume complementar

Quando o volume complementar, como por exemplo, 800 l para E3066Dx é aumentado, o intervalo de troca de óleo também aumenta 4 vezes em relação à especificação para o volume complementar de 200 l.

Nestes casos, também são necessárias análises regulares do óleo.

Designação	Sistema de óleo do motor com lubrificação por pulverização de óleo e volume complementar	
	Módulos/agregados com tipo de motor	Troca do óleo após horas de serviço
E3066D1-D3	2500	200 l
E3066D4	3000	200 l
E3066Lx/Zx	1000	120 l
E3042D1-D3	1250	200 l
E3042D4	1500	200 l
E3042Lx/Zx	1000	200 l
E3042Lx/Zx	5000 (ou análise do óleo)	1000 l
B3066Lx/Zx	1000	200 l
B3042Lx/Zx	1000	300 l

Tabela 13: Óleo mineral – Sistema de óleo do motor com lubrificação por pulverização de óleo e volume complementar

Óleo mineral – Sistema de óleo do motor somente com reabastecimento de óleo novo (sem lubrificação por pulverização de óleo)

Designação	Sistema de óleo do motor somente com reabastecimento de óleo novo (sem lubrificação por pulverização de óleo)	
	Módulos/agregados com tipo de motor	Troca do óleo após horas de serviço
E3066D1-D3	600	60 l
E3066Lx/Zx	300	60 l
E3042D1-D3	600	60 l
E3042Lx/Zx	300	60 l

Tabela 14: Óleo mineral – Sistema de óleo do motor somente com reabastecimento de óleo novo (sem lubrificação por pulverização de óleo)

Óleo sintético – Sistema de óleo do motor com lubrificação por pulverização de óleo e volume complementar

Quando o volume complementar, como por exemplo, 800 l para E3066Dx é aumentado, o intervalo de troca de óleo também aumenta 4 vezes em relação à especificação para o volume complementar de 200 l.

Nestes casos, também são necessárias análises regulares do óleo.

Designação	Sistema de óleo do motor com lubrificação por pulverização de óleo e volume complementar	
Módulos/agregados com tipo de motor	Troca do óleo após horas de serviço	Tamanho mín. do volume complementar
E3066Lx/Zx	2000	200 l
E3042Lx/Zx	1000	160 l
E3042Lx/Zx	8000 (ou análise do óleo)	1000 l

Tabela 15: Óleo sintético – Sistema de óleo do motor com lubrificação por pulverização de óleo e volume complementar

Óleo sintético – Sistema de óleo do motor somente com reabastecimento de óleo novo (sem lubrificação por pulverização de óleo)

Designação	Sistema de óleo do motor somente com reabastecimento de óleo novo (sem lubrificação por pulverização de óleo)	
Módulos/agregados com tipo de motor	Troca do óleo após horas de serviço	Tamanho recomendado do reservatório de óleo novo
E3066D1-D3	1250	50 l
E3066D4	1500	50 l
E3066Lx/Zx	600	50 l
E3042D1-D3	1250	100 l
E3042D4	1500	100 l
E3042Lx/Zx	600	100 l

Tabela 16: Óleo sintético – Sistema de óleo do motor somente com reabastecimento de óleo novo (sem lubrificação por pulverização de óleo)

2.3.3 Graxas para geradores

Graxas para geradores BR400

Fabricante do gerador	Graxa
Leroy-Somer	Vida útil lubrificado

Importante

Atentar para os dados do fabricante na plaqueta de identificação do gerador.

3 Líquido de arrefecimento

3.1 Generalidades

3.1.1 Definição de líquido de arrefecimento

Importante

Garantir que os lubrificantes e fluidos sejam coletados em recipientes coletores de tamanho suficiente. Atentar para as fichas de dados de segurança e descartar os lubrificantes e fluidos conforme as regulamentações específicas do país.

Líquido de arrefecimento =

aditivo de líquido de arrefecimento (concentrado) + água potável na proporção de mistura especificada

- pronto para utilização no motor

Agente anticongelante =

inibidor de corrosão + glicol + aditivos + água

- Nas versões anteriores das especificações para lubrificantes e fluidos da MTU era utilizado o termo "agente anticorrosivo anticongelante". Para uma melhor compreensão, será utilizado o termo "agente anticongelante".

A proteção anticongelante é necessária para os motores em regiões de utilização nas quais possam ocorrer temperaturas abaixo do ponto de congelamento.

A respectiva faixa de concentração de utilização está indicada na seção "Controle operacional".

Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante =

inibidor de corrosão + aditivos + água

- Nas versões anteriores das especificações para lubrificantes e fluidos da MTU era utilizado o termo "agente anticorrosivo solúvel em água". Co vigência imediata, esta designação será substituída pelo termo "líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante".

Os líquidos de arrefecimento autorizados pela MTU possuem um bom efeito de proteção contra corrosão desde que utilizados em concentração suficiente. A respectiva faixa de concentração de utilização está indicada na seção "Controle operacional".

Os aditivos de líquido de arrefecimento autorizados são especificados nos capítulos a seguir:

- Para motor a gás BR4000 – Aplicação marítima (→ Página 37)
- Para motor a gás BR4000 – Aplicação de gerador e grupo gerador (→ Página 46)
- Para motor a gás BR400 – Grupo gerador (→ Página 54)

Os acordos especiais existentes continuarão em vigor.

Importante

Em conjunto com radiadores com teor de latão não deverão ser utilizados aditivos de líquidos de arrefecimento contendo nitrito.

Importante

Deve ser realizado um ciclo de lavagem com água a cada troca do líquido de arrefecimento por outro produto. Com relação às especificações de lavagem e limpeza dos circuitos de líquido de arrefecimento do motor, consulte (→ Página 83).

Importante

Em muitas áreas de aplicação é especificado o uso de agentes de proteção anticongelante com base em propilenoglicol. Esses produtos apresentam condutibilidade térmica mais baixa do que os produtos de etilenoglicol usuais. Em razão disto, o motor apresenta um nível de temperatura mais elevado. Para o uso em temperaturas extremamente baixas (< -40 °C), encontra-se disponível o produto BASF G206.

O efeito anticorrosivo do líquido de arrefecimento somente será assegurado com o circuito de arrefecimento totalmente abastecido.

Somente os agentes anticorrosivos autorizados para a conservação interna do circuito de arrefecimento proporcionam proteção anticorrosiva suficiente mesmo com o meio drenado. Isto significa que, após o escoamento drenagem do líquido de arrefecimento, deverá ser realizada a conservação do circuito de arrefecimento quando não ocorrer o reabastecimento do líquido de arrefecimento. O procedimento está descrito na prescrição de conservação MTU A001070/...

Para o abastecimento de líquido de arrefecimento deve ser preparada uma mistura apropriada de água potável e aditivo de líquido de arrefecimento autorizado pela MTU. A preparação do líquido de arrefecimento deve ser realizada fora do motor.

Importante

As misturas de aditivos de líquido de arrefecimento diferentes, bem como de aditivos suplementares (também nos filtros da água de arrefecimento e nos filtros após os componentes do sistema), não são permitidas.

Importante

Em misturas prontas, a proporção de aditivo de líquido de arrefecimento (concentrado) sempre é citada em primeiro lugar.

Exemplo: Coolant AH 40/60 Antifreeze Premix = 40 % em vol. de aditivo de líquido de arrefecimento / 60 % em volume de água potável

3.1.2 Controle operacional / preparação do líquido de arrefecimento

O exame preliminar da água potável e o controle do líquido de arrefecimento são essenciais para o perfeito funcionamento do motor. O exame do líquido de arrefecimento deve ser realizado, no mínimo, uma vez por ano ou a cada abastecimento e pode ser executado com a maleta de teste MTU. Esta maleta contém toda a aparelhagem necessária, as substâncias químicas e as instruções de uso para tal.

As seguintes verificações podem ser realizadas com a maleta de teste MTU:

- Determinação da dureza total (°d)
- Determinação do valor de pH
- Determinação do teor em cloreto no caso de água potável
- Determinação da concentração do agente de proteção anticongelante
- Determinação da concentração de líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante

O exame da água potável e do líquido de arrefecimento pode ser encomendado junto à MTU. É necessário enviar, no mínimo, 0,25 l.

Concentrações permitidas dos agentes anticongelantes

	Mínimo			Máximo
Agente de proteção anticongelante com base em etilenoglicol	35% em volume	40% em volume	45% em volume	50% em volume
Com proteção anticongelante até*	-20 °C	-25 °C	-31 °C	-37 °C
BASF G206	65% em volume para aplicação em temperaturas externas até -65 °C em regiões árticas			
* = indicações da proteção anticongelante determinadas conforme a ASTM D 1177				

Tabela 17: Concentrações permitidas dos agentes anticongelantes

Importante
Após a lavagem do circuito de água de arrefecimento do motor, a concentração do agente anticongelante não ficar abaixo de 35 % em volume.

Os agentes anticongelantes são misturados na água potável em uma concentração de, no mínimo, 35 % em volume, sempre que uma proteção anticongelante até -20°C seja suficiente. Quando forem esperadas temperaturas ambiente mais baixas, a concentração deve ser aumentada de modo correspondente. Não deve ser formada uma concentração maior que 50 % em volume.

As misturas nas quais a proporção de agente anticongelante é inferior a 35 % em volume não garantem uma proteção suficiente contra corrosão

Usar a água preparada para operação de verão e operação de inverno. As perdas de líquido de arrefecimento devem ser compensadas de um modo que a concentração de agente congelantes permaneça mantida.

Concentrações permitidas – Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante para todas as aplicações

Faixa de concentração admissível	Fabricante	Nome da marca	Valor de leitura no refractômetro manual ¹⁾ a 20 °C (= grau Brix) % em volume					
			7	8	9	10	11	12
9 a 11% em volume	MTU Friedrichshafen	Coolant CS 100 Corrosion Inhibitor Concentrate	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
		Coolant CS 10/90 Corrosion Inhibitor Premix	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	MTU América	Power Cool® Plus 6000	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	Arteco	Freecor NBI	Utilize o kit de teste do fabricante					
	BASF SE	Glysacorr G93 green	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	BP Lubricants	Castrol Extended Life Corrosion Inhibitor	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	CCI Corporation	A 216	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	CCI Manufacturing IL Corporation	A 216	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	Chevron	Texcool A -200	Utilize o kit de teste do fabricante					
	Detroit Diesel Corporation	Power Cool Plus 6000	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	Drew Marine	Drewgard XTA	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	Ginouves	York 719	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	Old World Industries Inc.	Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A 216)	4,9	5,6	6,3	7,0	7,7	8,4
	Valvoline	Zerex G-93	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0

¹⁾ = determinação da concentração por intermédio de um refractômetro manual apropriado

Tabela 18: Concentrações permitidas – Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante para todas as aplicações

O refractômetro manual deve ser calibrado com água límpida à temperatura do líquido de arrefecimento. A temperatura do líquido de arrefecimento deve ser de 20°C. Devem ser observadas as especificações do fabricante.

Importante

Após a lavagem do circuito de água de arrefecimento do motor, a concentração do agente de proteção contra corrosão não ficar abaixo de 9 % em volume.

Concentrações permitidas – líquidos de arrefecimento adicionais sem proteção anticongelante exclusivamente para marítimo (livre de metais leves)

Faixa de concentração admissível	Fabricante	Nome da marca	Valor de leitura no refractômetro manual ¹⁾ a 20 °C (= grau Brix) % em volume					
			7	8	9	10	11	12
7 a 11% em volume	Arteco	Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor XLI [EU 32765]	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,4
	Nalco	Alfloc (Maxitreat) 3443	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
		Alfloc (Maxitreat) 3477	1,75	2,0	2,25	2,5	2,75	3,0
	PrixMax Austrália Pty. Ltd.	PrixMax RCP	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,4
	Total	WT Supra	2,6	3,0	3,4	3,7	4,1	4,4
5 a 6% em volume	Fleetguard	DCA-4L	Utilize o kit de teste do fabricante					
3 a 4% em volume	Detroit Diesel Corporation	Power Cool 2000	Utilize o kit de teste do fabricante					
	Nalco	Alfloc 2000						
		Nalco 2000						
		Nalcool 2000						
		Trac 102						
Penray	Pencool 2000							

¹⁾ = determinação da concentração por intermédio de um refractômetro manual apropriado

Tabela 19: Concentrações permitidas – líquidos de arrefecimento adicionais sem proteção anticongelante exclusivamente para marítimo (livre de metais leves)

O refractômetro manual deve ser calibrado com água límpida à temperatura do líquido de arrefecimento. A temperatura do líquido de arrefecimento deve ser de 20°C. Devem ser observadas as especificações do fabricante.

Concentrações permitidas – Agente anticongelante com base em etilenoglicol

A determinação da concentração se realiza por intermédio de um refractômetro apropriado para glicol e leitura direta do valor de escala em % em volume.

Tabela de aferição para agente de proteção anticongelante para aplicações especiais

Valor de leitura no refractômetro manual a 20 °C (= grau Brix)		
I. Agente de proteção anticongelante de propilenoglicol	II. BASF G206	Corresponde a uma concentração de
26,3	24,8	35% em volume
26,9	25,5	36% em volume
27,5	26,1	37% em volume
28,2	26,7	38% em volume
28,8	27,4	39% em volume
29,5	28,0	40% em volume

Valor de leitura no refractômetro manual a 20 °C (= grau Brix)		Corresponde a uma concentração de
I. Agente de proteção anticongelante de propileno-glicol	II. BASF G206	
30,1	28,6	41% em volume
30,8	29,2	42% em volume
31,3	29,8	43% em volume
31,9	30,4	44% em volume
32,5	30,9	45% em volume
33,1	31,5	46% em volume
33,7	32,1	47% em volume
34,2	32,6	48% em volume
34,8	33,2	49% em volume
35,3	33,8	50% em volume
	34,4	51% em volume
	34,9	52% em volume
	35,5	53% em volume
	36,1	54% em volume
	36,7	55% em volume
	37,2	56% em volume
	37,8	57% em volume
	38,3	58% em volume
	38,9	59% em volume
	39,4	60% em volume
	39,9	61% em volume
	40,5	62% em volume
	41,0	63% em volume
	41,5	64% em volume
	42,0	65% em volume

Tabela 20: Tabela de aferição para agente de proteção anticongelante para aplicações especiais

Valores limite para o líquido de arrefecimento

Valor de pH quando do uso de		
- agente de proteção anticongelante	mín. 7,5	máx. 9,0
- líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante para motores com proporções de metais leves	mín. 7,5	máx. 9,0
- líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante para motores sem proporções de metais leves	mín. 7,5	máx. 11,0
Silício (válido para líquido de arrefecimento contendo Si)	mín. 25 mg/l	

Importante

Para a avaliação completa da funcionalidade de um líquido de arrefecimento, além dos valores limite citados acima, também deverão ser considerados os dados característicos específicos dos respectivos líquidos de arrefecimento, assim como a qualidade da água potável utilizada.

3.1.3 Estabilidade ao armazenamento dos concentrados de líquido de arrefecimento

A especificação da estabilidade no armazenamento é baseada em embalagens originalmente fechadas e hermeticamente fechadas, a uma temperatura de armazenamento até o máximo de 30 °C.

Respeitar as indicações do fabricante.

Concentrado de líquido de arrefecimento	Valor limite	Nome da marca / observações
Agente de proteção anticongelante	aprox. 3 anos	Atentar para as informações do fabricante
produtos contendo propilenoglicol	3 anos	BASF G206
Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante	6 meses	Nalco Trac 102
	2 anos	Arteco Freecor NBI Chevron Texcool A-200 Detroit Diesel Corp. Power Cool 2000 Nalco Alfloc 2000 Nalco Nalcool 2000 Nalco Nalco 2000 Penray Pencool 2000 PrixMax RCP
	3 anos	BASF Glyscorr G93 green Drew MarineDrewgard XTA Ginouves York 719 MTU Friedrichshafen Coolant CS100 MTU America Power Cool® Plus 6000 Nalco Alfloc (Maxitreat) 3477 Valvoline ZEREX G-93
	5 anos	Arteco Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor XLI [EU 032765] BP Castrol Extended Life Corrosion Inhibitor CCI Corporation A216 CCI Manufacturing IL A216 Chevron Texaco Extended Life Corrosion Inhibitor Nitrite Free [US 236514] Detroit Diesel Corp. Power Cool Plus 6000 ExxonMobil Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor Fleetguard DCA-4L Old World Industries Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A216) Total WT Supra

Tabela 21: Estabilidade ao armazenamento dos concentrados de líquido de arrefecimento

Importante
<ul style="list-style-type: none"> • Por motivos de proteção contra corrosão, o armazenamento não deve ser realizado em recipientes galvanizados. Isto deve ser considerado em quaisquer condições de transferência de líquidos. • Os recipientes devem ser armazenados hermeticamente fechados em um local fresco e seco. No inverno deverá ser observada a proteção anticongelante. • Outras informações devem ser consultadas nas fichas de dados do produto e de segurança dos líquidos de arrefecimento individuais.

3.1.4 Aditivos corantes para a identificação de vazamentos no circuito do líquido de arrefecimento

O corante fluorescente listado a seguir é autorizado como suplemento para líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante e sem agente de proteção anticongelante com a finalidade de identificar vazamentos.

Fabricante	Denominação do produto	Número do material	Tamanho da embalagem	Estabilidade ao armazenamento ¹⁾
Chromatech Inc. Chromatech Europe B.V.	D11014 Chromatint Uranine Conc	X00066947	20 kg	2 anos

Tabela 22: Aditivos corantes autorizados

¹⁾ = refere-se a embalagens originais e hermeticamente fechadas em armazenamento livre de congelamento (> 5 °C)

Aplicação:

Devem ser adicionadas aprox. 40 g de corante para 180 l de líquido de arrefecimento.

Esta quantidade de corante foi dimensionado de forma generosa e não deve ser excedida.

A fluorescência (tom amarelo) é de fácil visualização com luz do dia. Em locais escuros, poderá ser utilizada luz UV com um comprimento de onda de 365 nm.

3.1.5 Prevenção de danos ao sistema de arrefecimento

- No reabastecimento (após perda de líquido de arrefecimento), deve ser observado o reabastecimento não só com água, mas também com o concentrado. A proteção anticongelante ou anticorrosiva especificada deve ser atingida.
- Não usar mais do que 50% em volume Utilizar agente anticongelante. Caso contrário, a característica anticongelante será diminuída e a dissipação do calor será prejudicada. Única exceção: BASF G206 (aplicação especial)
- O líquido de arrefecimento não pode apresentar resíduos de óleo ou cobre (na forma sólida ou diluída).
- Todos os agentes anticorrosivos autorizados atualmente para a conservação interna do circuito de arrefecimento têm predominantemente base aquosa e não oferecem proteção contra congelamento. Como após escoar o meio ainda permanece um volume residual no motor, deve ser observado que motores conservados sejam armazenados em ambientes protegidos contra congelamento.
- Normalmente, um circuito de líquido de arrefecimento não pode ser esvaziado completamente; significa que resíduos de líquido usado de arrefecimento ou restos de água fresca de um procedimento de lavagem permanecem no motor. Esses volumes restantes podem provocar um efeito de diluição no líquido de arrefecimento a ser abastecido (mistura de concentrado ou utilização de uma mistura pronta). Esse efeito de diluição se tornará cada vez maior quanto mais componentes se encontrarem no motor. Deverá ser observada uma verificação e, caso necessário, adequação da concentração de líquido de arrefecimento no circuito do líquido de arrefecimento.

Importante

De modo geral, todos os líquidos de arrefecimento autorizados nesta especificação para lubrificantes e fluidos se referem somente a circuitos de líquido de arrefecimento dos motores/sistemas MTU. Em unidades propulsoras completas deverá ser adicionalmente observada a liberação de lubrificantes e fluidos do fabricante dos componentes.

Importante

Por motivos de proteção contra corrosão não é permitido colocar um motor em operação com água pura, sem adição de um inibidor de proteção contra corrosão autorizado.

3.1.6 Materiais inadequados no circuito do líquido de arrefecimento

Componentes de cobre, zinco e latão

Se alguns pré-requisitos não forem respeitados, os componentes de cobre, zinco e latão, ou com superfícies galvanizadas, no circuito do líquido de arrefecimento (inclusive entradas e saídas) podem dar origem a uma reação eletroquímica em combinação com metais comuns (por exemplo, alumínio). Em consequência, os componentes de metais comuns serão atacados pela corrosão ou até corrosão puntiforme. O circuito do líquido de arrefecimento se tornará não estanque nesses locais.

Materiais não metálicos

- Não usar elastômeros de silicone e EPDM se forem utilizados óleos de proteção contra corrosão emulsificáveis ou outros óleos forem adicionados ao circuito do líquido de arrefecimento.

Filtro da água de arrefecimento / filtro após os componentes do sistema

- Se esses filtros forem usados, somente os produtos que não contenham aditivos podem ser usados. Os aditivos suplementares, tais como silicatos, nitratos etc., podem reduzir o efeito de proteção e a vida útil de um líquido de arrefecimento e, eventualmente, dar origem a um ataque aos materiais instalados no circuito da água de arrefecimento.

Informação:

Em caso de dúvidas relacionadas à utilização de materiais no motor e peças agregadas/componentes em circuitos de líquido de arrefecimento, é necessário entrar em contato com o respectivo departamento técnico da MTU.

3.1.7 Requisitos da água potável BR4000

Para a preparação do líquido de arrefecimento com ou sem proteção anticongelante só deve ser usada água limpa e clara com os valores de acordo com as tabelas a seguir. Se os valores limite para a água forem excedidos, é permitido adicionar água dessalinizada para reduzir a dureza ou o teor de sal.

Parâmetro	Mínimo	Máximo
Soma das terras alcalinas *) (dureza da água)	0 mmol/l 0°d	2,7 mmol/l 15°d
Valor pH a 20 °C	5,5	8,0
Íons de cloreto		100 mg/l
Íons de sulfato		100 mg/l
Soma dos ânions		200 mg/l
Bactérias		10 ³ KBE (unidade formando colônia)/ml
Fungos, leveduras	não são admissíveis	

Tabela 23: Requisitos da água potável BR4000

*) Denominações usuais para a dureza da água em diferentes países:

1 mmol/l = 5,6°d = 100 mg/kg CaCO₃

- 1°d = 17,9 mg/kg CaCO₃, dureza EUA
- 1°d = 1,79° dureza francesa
- 1°d = 1,25° dureza inglesa

3.1.8 Requisitos da água potável BR400

O líquido de arrefecimento deve ser preparado apenas com água potável límpida que tenha os valores conforme as tabelas seguintes. Se os valores limite para a água forem excedidos, é permitido adicionar água dessalinizada para reduzir a dureza ou o teor de sal.

Requisitos gerais	Clara, incolor e livre de substâncias não dissolvidas	
Valor pH (25°C)	7,4 a 8,5	
Condutividade elétrica (25°C)	< 300	µS/cm
Soma dos alcalinos terrosos	0,9 a 1,3 5 a 7	mmol/l °dH
Cloretos	< 80	mg/l
Sulfatos	< 70	mg/l
Ferro	< 0,2	mg/l
Bactérias	< 10 ³	KBE (unidade formando colônia)/ml
Fungos, leveduras	não são admissíveis	

Tabela 24: Requisitos da água potável BR400

3.2 Motor a gás BR4000 - Aplicação marítima

3.2.1 Líquido de arrefecimento - Generalidades

Importante

A troca do líquido de arrefecimento depende do tempo de funcionamento (horas/ano) do motor, dependendo do tempo de funcionamento que é atingido primeiro.

Horas de funcionamento = tempo de pré-aquecimento + tempo de funcionamento do motor

Importante

Todas as informações se referem ao circuito do líquido de arrefecimento do lado do motor, peças agregadas externas não são consideradas.

Importante

Em circuito de líquido de arrefecimento do motor não contendo metais leves, mas com peças agregadas contendo metais leves (por exemplo, sistema externo de arrefecimento), são recomendadas as autorizações de líquidos de arrefecimento para sistemas de arrefecimento contendo metais leves. Em caso de dúvidas relacionadas à utilização de líquidos de arrefecimento, entre em contato com a MTU.

Importante

O uso de produtos divergentes irá anular a garantia.

Detalhes e particularidades, consulte os capítulos "Generalidades" (→ Página 24) e "Materiais inadequados no circuito do líquido de arrefecimento" (→ Página 33).

Eventualmente, acordos divergentes existentes entre o cliente e a MTU-Friedrichshafen GmbH continuarão em vigor.

3.2.2 Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante - Concentrados para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24)

Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante – Concentrados

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nítrito	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant CS100 Corrosion Inhibitor Concentrate		X				6000 / 2	X00057233 (20 l) X00057232 (210 l) X00070455 (1000 l) também disponível através da MTU Ásia
MTU America Inc.	Power Cool®Plus 6000 Concentrate		X				6000 / 2	colorido em verde 23533526 (1 galão) 23533527 (5 galões) disponível através da MTU América
Arteco NV	Freecor NBI		X				6000 / 2	
	Havoline Extended Life Corrosion Inhibitor [EU Code 32765] (XLI)	X					6000 / 2	
BASF SE	Glyscorr G93 green		X				6000 / 2	X00054105 (tambor) X00058062 (galão)
BP Lubricants	Castrol Extended Life Corrosion Inhibitor	X				X	6000 / 2	
CCI Corporation	A 216	X				X	6000 / 2	
CCI Manufacturing IL Corporation	A 216	X				X	6000 / 2	X00051509 (208 l)
Chevron Corp.	Texcool A - 200		X				6000 / 2	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus 2000		X	X			6000 / 2	
	Power Cool Plus 6000	X				X	6000 / 2	colorido em vermelho
Drew Marine	Drewgard XTA		X				6000 / 2	
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor	X				X	6000 / 2	
Fleetguard	DCA-4L		X	X	X		2000 / 1	
Nalco	Alfloc (Maxitreat) 3477	X					6000 / 2	
	Alfloc 2000		X	X			6000 / 2	
	Nalco 2000		X	X			6000 / 2	
	Nalcool 2000		X	X			6000 / 2	
	Trac 102		X	X			6000 / 2	
Old World Industries Inc.	Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A 216)	X				X	6000 / 2	
Penray	Pencool 2000		X	X			6000 / 2	

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
PrixMax Austrália Pty. Ltd.	PrixMax RCP	X					6000 / 2	
Total	Total WT Supra	X					6000 / 2	
Valvoline	Zerex G-93		X				6000 / 2	
YORK SAS	York 719		X				6000 / 2	

Tabela 25:

3.2.3 Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante – Misturas prontas para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24)

Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante – Misturas prontas

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nítrito	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant CS 10/90 Corrosion Inhibitor Premix		X				6000 / 2	X00069385 (20 l) X00069386 (210 l) X00069387 (1000 l) (Região de distribuição: Itália)
Nalco	Alfloc (Maxitreat) 3443 (7 %)	X					6000 / 2	

Tabela 26:

3.2.4 Agente de proteção anticongelante – Concentrados para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24).

Importante
Nos motores de embarcações, o uso de agentes anticongelantes é permitido apenas com temperaturas da água do mar de, no máximo, 25°C. Isto se aplica a todos os motores que são arrefecidos por água do mar.

Agente de proteção anticongelante – Concentrados para sistemas de arrefecimento contendo metais leves

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant AH100 Antifreeze Concentrate	X	X				9000 / 5	X00057231 (20 l) X00057230 (210 l) X00068202 (1000 l) também disponível através da MTU Ásia
Avia Mineralöl AG	Antifreeze APN	X	X				9000 / 5	
	Antifreeze APN-S	X					9000 / 3	
BASF SE	Glysantin G48 bue green	X	X				9000 / 5	X00058054 (25 l) X00058053 (210 l)
	Glysantin G30 pink	X					9000 / 3	X00058072 (galão) X00058071 (tambor)
BayWa AG	Tectrol Coolprotect	X	X				9000 / 5	
BP Lubricants	ARAL Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
	Castrol Heavy Duty Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
Bucher AG Langenthal	Motorex Coolant G48	X	X				9000 / 5	
Castrol	Castrol Radicool NF	X	X				9000 / 5	
CCI Corporation	L415	X				X	9000 / 3	
CCI Manufacturing IL Corporation	C521	X				X	9000 / 3	
Classic Schmierstoff GmbH + Co. KG	Classic Kolda UE G48	X	X				9000 / 5	
Comma Oil & Chemicals Ltd.	Comma Xstream® G30® Antifreeze Coolant Concentrate	X					9000 / 3	
	Comma Xstream® G48® Antifreeze Coolant Concentrate	X	X				9000 / 5	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus Coolant	X				X	9000 / 3	

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
	Mobil Antifreeze Advanced	X					9000 / 3	
	Mobil Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
	Esso Antifreeze Advanced	X					9000 / 3	
	Esso Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
Finke Mineralölwerk GmbH	AVIATICON Finkofreeze F30	X					9000 / 3	
	AVIATICON Finkofreeze F48	X	X				9000 / 5	
Fuchs Petrolub SE	Maintain Fricofin	X	X				9000 / 5	
	Maintain Fricofin G12 Plus	X					9000 / 3	X00058074 (galão) X00058073 (tambor)
Gaszpromneft Lubricants Ltd.	BELAZ G-Profi Antifreeze Red	X					9000 / 3	X00058075 (barril)
Kuttenkeuler	Kuttenkeuler Antifreeze ANF KK48	X	X				9000 / 5	
	Glyostar® ST48	X	X				9000 / 5	
INA Maziva Ltd.	INA Antifriz AI Super	X	X				9000 / 5	
Mitan Mineralöl GmbH	Alpine C48	X	X				9000 / 5	
Nalco Australia	Nalcool NF 48 C	X	X				9000 / 5	
Old World Industries Inc.	Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
	Final Charge Global Extended Life Coolant Antifreeze	X				X	9000 / 3	
OMV	OMV Coolant Plus	X	X				9000 / 5	
	OMV Coolant SF	X					9000 / 3	
Panolin AG	Panolin Anti-Frost MT-325	X	X				9000 / 5	
Raloy Lubricantes	Antifreeze Long Life NF-300 Concentrate	X	X				9000 / 5	
SMB - Sotragal / Mont Blanc	Antigel Power Cooling Concentrate	X	X				9000 / 5	
Total	Glacelf MDX	X	X				9000 / 5	
Valvoline	Zerex G-48	X	X				9000 / 3	
	Zerex G-30	X					9000 / 5	
YORK SAS	York 716	X	X				9000 / 5	
ZAO Obninskorgsintez	Lukoil Antifreeze HD G12 K	X					9000 / 3	

Tabela 27:

3.2.5 Agente de proteção anticongelante – Concentrados para aplicações especiais

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24)

Concentrados para aplicações especiais

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
BASF SE	G206	X	X				9000 / 3	Para utilização em regiões árticas (< -40 °C)

Tabela 28:

3.2.6 Agente de proteção anticongelante – Misturas prontas para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves

Agente de proteção anticongelante – Misturas prontas

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24).

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nítrito	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant AH 35/65 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00069382 (20 l) X00069383 (210 l) X00069384 (1000 l) (Região de distribuição: Itália)
	Coolant AH 40/60 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00070533 (20 l) X00070531 (210 l) X00070532 (1000 l) (Região de distribuição: Inglaterra, Espanha)
	Coolant AH 50/50 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00070528 (20 l) X00070530 (210 l) X00070527 (1000 l) (Região de distribuição: Inglaterra)
	Coolant RM 30 (40 %)	X					9000 / 3	X00073922 (20 l) X00073916 (205 l) X00073923 (1000 l)
MTU America Inc.	Power Cool® Universal 35/65 mix	X	X				9000 / 5	800085 (5 galões) 800086 (55 galões)
	Power Cool® Universal 50/50 mix	X	X				9000 / 5	800071 (5 galões) 800084 (55 galões)
Bantleon	Avilub Antifreeze Mix (50 %)	X	X				9000 / 5	X00049213 (210 l)
BayWa AG	Tectrol Coolprotect Mix 3000	X					9000 / 3	Proteção anticongelante até -24 °C
BP Lubricants	Castrol Heavy Duty Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
Bucher AG Langenthal	Motorex Coolant G48 ready to use (50/50)	X	X				9000 / 5	
Castrol	Castrol Radicool NF Premix (45 %)	X	X				9000 / 5	
CCI Corporation	L 415 (50 %)	X				X	9000 / 3	
CCI Manufacturing IL Corporation	C 521 (50 %)	X				X	9000 / 3	
Cepsa Comercial Petróleo S.A.U	Xtar Super Coolant Hybrid NF 50 %	X	X				9000 / 5	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
Finke Mineralölwerk GmbH	AVIATICON Finkofreeze F30 RM 40:60 +	X					9000 / 3	
	AVIATICON Finkofreeze F48 RM 50:50	X	X				9000 / 5	
Old World Industries Inc.	Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
	Final Charge Global Extended Life Prediluted Coolant / Antifreeze (50/50)	X				X	9000 / 3	
Raloy Lubricantes	Antifreeze Long Life NF-300 Ready-to-Use (50/50)	X	X				9000 / 5	
SMB - Sotragal / Mont Blanc	L.R.-30 Power Cooling (44 %)	X	X				9000 / 5	
	L.R.-38 Power Cooling (52 %)	X	X				9000 / 5	
Total	Coolelf MDX (-26 °C)	X	X				9000 / 5	
Tosol-Sinzez	Glystantin Alu Protect/G30 Ready Mix	X					9000 / 3	
	Glystantin Protect Plus/G48 Ready Mix	X	X				9000 / 5	
Valentin Energie GmbH	Valentin Coolant Plus -25 °C Ready	X					9000 / 3	
ZAO Obninskorgsintez	Lukoil Antifreeze HD G12 (50 %)	X					9000 / 3	

Tabela 29:

3.3 Motor a gás BR4000 – Aplicação de gerador e grupo gerador

3.3.1 Líquido de arrefecimento - Generalidades

Importante

A troca do líquido de arrefecimento depende do tempo de funcionamento (horas/ano) do motor, dependendo do tempo de funcionamento que é atingido primeiro.

Horas de funcionamento = tempo de pré-aquecimento + tempo de funcionamento do motor

Importante

Todas as informações se referem ao circuito do líquido de arrefecimento do lado do motor, peças agregadas externas não são consideradas.

Importante

Em circuito de líquido de arrefecimento do motor não contendo metais leves, mas com peças agregadas contendo metais leves (por exemplo, sistema externo de arrefecimento), são recomendadas as autorizações de líquidos de arrefecimento para sistemas de arrefecimento contendo metais leves. Em caso de dúvidas relacionadas à utilização de líquidos de arrefecimento, entre em contato com a MTU.

Importante

O uso de produtos divergentes irá anular a garantia.

Detalhes e particularidades, consulte os capítulos "Generalidades" (→ Página 24) e "Materiais inadequados no circuito do líquido de arrefecimento" (→ Página 33).

Eventualmente, acordos divergentes existentes entre o cliente e a MTU-Friedrichshafen GmbH continuarão em vigor.

3.3.2 Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante – Concentrados para sistemas de arrefecimento contendo metais leves

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24).

Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante – Concentrados

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant CS100 Corrosion Inhibitor Concentrate		X				6000 / 2	X00057233 (20 l) X00057232 (210 l) X00070455 (1000 l) também disponível através da MTU Ásia
MTU America Inc.	Power Cool® Plus 6000 Concentrate		X				6000 / 2	colorido em verde 23533526 (1 galão) 23533527 (5 galões) disponível através da MTU América
Arteco NV	Freecor NBI		X				6000 / 2	
BASF SE	Glysacorr G93 green		X				6000 / 2	X00054105 (tambor) X00058062 (galão)
BP Lubricants	Castrol Extended Life Corrosion Inhibitor	X				X	6000 / 2	
CCI Corporation	A 216	X				X	6000 / 2	
CCI Manufacturing IL Corporation	A 216	X				X	6000 / 2	X00051509 (208 l)
Chevron Corp.	Texcool A - 200		X				6000 / 2	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus 6000	X				X	6000 / 2	colorido em vermelho
Drew Marine	Drewgard XTA		X				6000 / 2	
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Corrosion Inhibitor	X				X	6000 / 2	
Old World Industries Inc.	Final Charge Extended Life Corrosion Inhibitor (A 216)	X				X	6000 / 2	
Valvoline	Zerex G-93		X				6000 / 2	
YORK SAS	York 719		X				6000 / 2	

Tabela 30:

3.3.3 Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante – Misturas prontas para sistemas de arrefecimento contendo metais leves

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24).

Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante – Misturas prontas

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nítrito	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant CS10/90 Corrosion Inhibitor Premix		X				6000 / 2	X00069385 (20 l) X00069386 (210 l) X00069387 (1000 l) (Região de distribuição: Itália)

Tabela 31:

3.3.4 Agente de proteção anticongelante – Concentrados para sistemas de arrefecimento contendo metais leves

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24).

Agente de proteção anticongelante – Concentrados para sistemas de arrefecimento contendo metais leves

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant AH100 Antifreeze Concentrate	X	X				9000 / 5	X00057231 (20 l) X00057230 (210 l) X00068202 (1000 l) também disponível através da MTU Ásia
Avia Mineralöl AG	Antifreeze APN	X	X				9000 / 5	
	Antifreeze APN-S	X					9000 / 3	
BASF SE	Glysantin G05		X	X			9000 / 5	
	Glysantin G48 bue green	X	X				9000 / 5	X00058054 (25 l) X00058053 (210 l)
	Glysantin G30 pink	X					9000 / 3	X00058072 (galão) X00058071 (tambor)
	Glysantin G40 pink (Konzentrat)	X	X				9000 / 3	X00066724 (20 l) X00066725 (210 l) Concentração de aplicação de 40 a 50 % em volume
BayWa AG	Tectrol Coolprotect	X	X				9000 / 5	
BP Lubricants	ARAL Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
	Castrol Heavy Duty Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
Bucher AG Langenthal	Motorex Coolant G48	X	X				9000 / 5	
	Motorex Coolant M 4,0 Concentrate	X	X				9000 / 3	Concentração de aplicação de 40 a 50 % em volume
Castrol	Castrol Radicool NF	X	X				9000 / 5	
CCI Corporation	L415	X				X	9000 / 3	
CCI Manufacturing IL Corporation	C521	X				X	9000 / 3	
Clariant	Genantin Super		X	X			9000 / 3	
Classic Schmierstoff GmbH + Co. KG	Classic Kolda UE G48	X	X				9000 / 5	
Comma Oil & Chemicals Ltd.	Comma Xstream® G30® Antifreeze Coolant Concentrate	X					9000 / 3	
	Comma Xstream® G48® Antifreeze Coolant Concentrate	X	X				9000 / 5	

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Antifreeze		X	X			9000 / 3	
	Power Cool Plus Coolant	X				X	9000 / 3	
	Power Cool Diesel Engine Coolant		X	X			9000 / 3	
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
	Mobil Antifreeze Advanced	X					9000 / 3	
	Mobil Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
	Mobil Antifreeze Special		X	X			9000 / 5	
	Mobil Heavy Duty Coolant		X	X			9000 / 3	
	Mobil Mining Coolant		X	X			9000 / 3	
	Esso Antifreeze Advanced	X					9000 / 3	
	Esso Antifreeze Extra	X	X				9000 / 5	
Finke Mineralölwerke GmbH	AVIATICON Fincofreeze F30	X					9000 / 3	
	AVIATICON Fincofreeze F48	X	X				9000 / 5	
Fuchs Petrolub SE	Maintain Fricofin	X	X				9000 / 5	
	Maintain Fricofin G12 Plus	X					9000 / 3	X00058074 (galão) X00058073 (tambor)
Gazpromneft Lubricants Ltd.	Belaz G-Profi Antifreeze Red	X					9000 / 3	
Krafft S.L.U	Refrigerante ACU 2300		X	X			9000 / 3	X00058075 (barril)
Kuttenkeuler	Kuttenkeuler Antifreeze ANF KK48	X	X				9000 / 5	
	Glyostar® ST48	X	X				9000 / 5	
INA Maziva Ltd.	INA Antifriz AI Super	X	X				9000 / 5	
Mitan Mineralöl GmbH	Alpine C48	X	X				9000 / 5	
Nalco	Nalcool 5990	X	X				9000 / 3	
Nalco Australia	Nalcool NF 48 C	X	X				9000 / 5	
Old World Industries Inc.	Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Coolant	X				X	9000 / 3	
	Fleetcharge SCA Precharged Coolant/ Antifreeze		X	X			9000 / 3	
	Final Charge Global Extended Life Coolant Antifreeze	X				X	9000 / 3	
OMV	OMV Coolant Plus	X	X				9000 / 5	
	OMV Coolant SF	X					9000 / 3	
Panolin AG	Panolin Anti-Frost MT-325	X	X				9000 / 5	
Penske Power Systems	Power Cool - HB500 Coolant Concentrate	X	X				9000 / 3	

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrito	Fosfato	Molibdato		
Raloy Lubricantes	Antifreeze Long Life NF-300 Concentrate	X	X				9000 / 3	
Recochem Inc.	R542	X	X				9000 / 3	
SMB - Sotragal / Mont Blanc	Antigel Power Cooling Concentrate	X	X				9000 / 5	
Total	Glacelf MDX	X	X				9000 / 5	
Valvoline	Zerex G-05		X	X			9000 / 5	
	Zerex G-48	X	X				9000 / 3	
	Zerex G-30	X					9000 / 5	
	Zerex G-40	X	X				9000 / 3	Concentração de aplicação de 40 a 50 % em volume Número do artigo: 800 180
YORK SAS	York 716	X	X				9000 / 5	
ZAO Obninskorgsintez	Lukoil Antifreeze HD G12 K	X					9000 / 3	

Tabela 32:

3.3.5 Agente de proteção anticongelante – Concentrados para aplicações especiais

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24)

Concentrados para aplicações especiais

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nítrito	Fosfato	Molibdato		
BASF SE	G206	X	X				9000 / 3	Para utilização em regiões árticas (< -40 °C)

Tabela 33:

3.3.6 Agente de proteção anticongelante – Misturas prontas para sistemas de arrefecimento contendo metais leves

Detalhes e particularidades, consulte capítulo "Líquido de arrefecimento" (→ Página 24).

Agente de proteção anticongelante – Misturas prontas

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nítrito	Fosfato	Molibdato		
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant AH 35/65 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00069382 (20 l) X00069383 (210 l) X00069384 (1000 l) (Região de distribuição: Itália)
	Coolant AH 40/60 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00070533 (20 l) X00070531 (210 l) X00070532 (1000 l) (Região de distribuição: Inglaterra, Espanha)
	Coolant AH 50/50 Antifreeze Premix	X	X				9000 / 5	X00070528 (20 l) X00070530 (210 l) X00070527 (1000 l) (Região de distribuição: Inglaterra)
	Coolant RM30 (40%)	X					9000 / 3	X00073922 (20 l) X00073916 (205 l) X00073923 (1000 l)
MTU America Inc.	Power Cool® Universal 35/65 mix	X	X				9000 / 5	800085 (5 galões) 800086 (55 galões)
	Power Cool® Universal 50/50 mix	X	X				9000 / 5	800071 (5 galões) 800084 (55 galões)
	Power Cool® Off-Highway Coolant 50/50 Premix		X	X			9000 / 5	23533531 (5 galões) 23533532 (55 galões)
Bantleon	Avilub Antifreeze Mix (50 %)	X	X				9000 / 5	X00049213 (210 l)
BayWa AG	Tectrol Coolprotect Mix 3000	X					9000 / 3	Proteção anticongelante até -24 °C
BP Lubricants	Castrol Heavy Duty Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
Bucher AG Langenthal	Motorex Coolant G48 ready to use (50/50)	X	X				9000 / 5	
	Motorex Coolant M 4,0 ready to use	X	X				9000 / 3	Proteção anticongelante até -38 °C
Castrol	Castrol Radicool NF Premix (45 %)	X	X				9000 / 5	
CCI Corporation	L 415 (50 %)	X				X	9000 / 3	
CCI Manufacturing IL Corporation	C 521 (50 %)	X				X	9000 / 3	

Fabricante	Nome da marca	Inibidores					Tempo de funcionamento Horas/ano	Observações / Número do material
		Orgânico	Silício	Nitrato	Fosfato	Molibdato		
Cespa Comercial Petróleo S.A.U.	Xtar Super Coolant Hybrid NF 50%	X	X				9000 / 5	
Detroit Diesel Corp.	Power Cool Plus Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
	Power Cool Prediluted (50/50) Diesel Engine Coolant		X	X			9000 / 3	
ExxonMobil	Mobil Delvac Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
Finke Mineralölwerk GmbH	AVIATICON Finkofreeze F30 RM 40:60 +	X					9000 / 3	
	AVIATICON Finkofreeze F48 RM 50:50	X	X				9000 / 5	
Old World Industries Inc.	Blue Mountain Heavy Duty Extended Life Prediluted Coolant (50/50)	X				X	9000 / 3	
	Final Charge Global Extended Life Prediluted Coolant / Antifreeze (50/50)	X				X	9000 / 3	
	Fleet Charge SCA Precharged 50/50 Prediluted Coolant		X	X			9000 / 3	
Penske Power Systems	Power Cool - HB500 Premix 50/50	X	X				9000 / 3	
Raloy Lubricantes	Antifreeze Long Life NF-300 Ready-to-Use (50/50)	X	X				9000 / 5	
SMB - Sotragal / Mont Blanc	L.R.-30 Power Cooling (44 %)	X	X				9000 / 5	
	L.R.-38 Power Cooling (52 %)	X	X				9000 / 5	
Tosol-Sintez	Glysantin Alu Protect/G30 Ready Mix	X					9000 / 3	
	Glysantin Protect Plus/G48 Ready Mix	X	X				9000 / 5	
Total	Coolelf MDX (-26 °C)	X	X				9000 / 5	
Valentin Energie GmbH	Valentin Coolant Plus -25 °C Ready	X					9000 / 3	
Valvoline	Zerex G-05 50/50 Mix		X	X			9000 / 5	
ZAO Obninskorgsintez	Lukoil Antifreeze HD G12 (50 %)	X					9000 / 3	

Tabela 34:

3.4 Motor a gás BR400 - Grupo gerador

3.4.1 Líquidos de arrefecimento autorizados

Importante
O uso de produtos divergentes irá anular a garantia.

Agente anticongelante – Misturas prontas (sem silicato)

Fabricante / fornecedor	Designação
MTU Friedrichshafen GmbH	Coolant RM 30*
BayWa AG	Tectrol Coolprotect MIX3000*
Montana	Kühlerfrostschutz BHKW -25°*
Valentin Energie GmbH	Coolant Plus -25° Ready*
* É possível vida útil mais longa	

Tabela 35:

Agente de proteção anticongelante – Concentrados para sistemas de arrefecimento contendo metais leves

Fabricante / fornecedor	Designação
BASF	Glysantin G30
Aral	Antifreeze Silikatfrei

Tabela 36:

Nota sobre a garantia

O uso de misturas prontas de agente anticongelante para o circuito de arrefecimento do motor é altamente recomendado.

Usando as misturas prontas deste tipo, será garantido o seguinte:

- A proporção entre água e agente anticongelante estará ajustada corretamente
- A água (potável) utilizada irá corresponder às especificações dos "Requisitos para a água de arrefecimento do motor".

O uso de água que atenda às especificações é fundamental para a garantia da vida útil dos componentes. Caso contrário, há um risco de formação de depósitos em muitos componentes, o que pode resultar na redução da transferência de calor e, conseqüentemente, em uma funcionalidade menor (trocadores de calor) ou um superaquecimento dos componentes.

Em caso de "mistura própria" do líquido de arrefecimento, é necessário observar:

- Usar apenas os agentes anticongelantes autorizados, sem silicato, na proporção especificada em relação à água
- Deve ser assinado um formulário de confirmação, informando que a água utilizada atende aos requisitos conforme as especificações para lubrificantes e fluidos.

A concentração deve ser verificada conforme o cronograma de manutenção em intervalos regulares. A verificação do líquido de arrefecimento deve ser realizada pelo menos uma vez por ano ou a cada abastecimento. O abastecimento de líquido de arrefecimento deve ser trocado após 25.000 horas de serviço ou o mais tardar após 3 anos em razão do envelhecimento.

4 Combustíveis

4.1 Generalidades

4.1.1 Utilização dos combustíveis

Importante

Os valores limite especificados referentes à umidade no combustível devem ser respeitados para que não ocorra a anulação da garantia.

Importante

Nenhum composto corrosivo (por exemplo, siloxanos, compostos de fósforo, arsênico, metal pesado, enxofre, amônia, cloro, flúor, bromo ou iodo) deve estar presente no combustível.
Os valores limite especificados devem ser respeitados para que não ocorra a anulação da garantia.

Os motores a gás só podem ser operados exclusivamente com os gases aprovados para o respectivo tipo de motor a gás.

No caso da operação com gás natural a partir da rede pública, o mais tardar antes da entrada em serviço do motor, o seguinte deve ser confirmado pela empresa responsável pelo fornecimento de gás:

- Se o índice mínimo de metano e a faixa de valor calorífico especificados na respectiva ficha de dados são respeitados
- Se mistura ar-butano ou ar-propano é adicionada em caráter temporário
- Se também é possível alimentar o biogás na rede de gás natural (coordenação sobre a consulta da fábrica). Deve existir a análise do gás.

A possibilidade de usar os tipos de gás liberados deve ser verificada pelo menos a cada seis meses por meio da análise do gás. Isto permite detectar as seguintes alterações e introduzir as medidas necessárias:

- Composição do gás
- Componentes nocivos no gás

A utilização de combustíveis restringe-se a combustíveis gasosos em toda a gama de aplicações e de funcionamento do motor. Os combustíveis líquidos não são permitidos.

O combustível deve estar tecnicamente livre de névoa, pó e líquido. A condensação no sistema de gás deve ser evitada por meio de medidas apropriadas (desumidificação, proteção contra resfriamento, aquecimento etc.). Os componentes corrosivos só podem estar contidos nas concentrações citadas abaixo (→ Página 56).

Em caso de qualidade do gás bruto acima do valor limite de enxofre especificado, deve ser instalada uma dessulfuração de gás que seja dimensionada conforme a qualidade do gás no sistema.

4.1.2 Componentes principais do gás natural e dos gases combustíveis de origem biogênica

Limites com vigência geral para os componentes principais do gás natural e dos gases combustíveis de origem biogênica

Os componentes relevantes para motores a gás encontram-se indicados nas tabelas a seguir:

- Limites com vigência geral para os componentes principais do gás natural (→ Tabela 37)
- Limites com vigência geral para os componentes principais dos gases combustíveis de origem biogênica (→ Tabela 38)

Componentes principais do gás natural

Componente	Unidade	Faixa de valores (valor máximo)
CH ₄	% em volume	80 a 100
C ₂ H ₆ (ou soma C ₂ H _x)	% em volume	< 12
C ₃ H ₈ (ou soma C ₃ H _x)	% em volume	< 9
C ₄ H ₁₀ (ou soma C ₄ H _x)	% em volume	< 2
C ₅ H ₁₂	% em volume	< 0,3
Hidrocarbonetos C5+	% em volume	< 0,1
CO ₂	% em volume	< 10
N ₂	% em volume	< 15
Soma CO ₂ + N ₂	% em volume	< 15
O ₂	% em volume	< 3
H ₂	% em volume	< 2
CO	% em volume	< 0,2

Tabela 37:

Os componentes listados acima valem para composições de gás natural. Componentes diferentes daqueles citados acima (além de vestígios) não são comuns para as composições de gás natural.

Se os componentes do gás natural ultrapassarem os valores máximos citados, deve ser realizada uma consulta junto à MTU Onsite Energy antes da utilização deste gás natural.

Componentes principais de gases combustíveis de origem biogênica especialmente dos processos de fermentação (os valores são indicados sem ar)

Componente	Unidade	Faixa de valores (valor máximo)
CH ₄	% em volume	40 a 85
CO ₂	% em volume	20 a 55
N ₂	% em volume	< 10
O ₂	% em volume	< 3
H ₂	% em volume	< 2
CO	% em volume	< 0,2

Tabela 38:

Os componentes listados acima valem para gases combustíveis de origem biogênica. Componentes diferentes daqueles citados acima (além de vestígios) não são comuns para estes gases combustíveis.

Se os componentes do gás combustível ultrapassarem os valores máximos citados, deve ser realizada uma consulta junto à MTU Onsite Energy antes da sua utilização.

4.1.3 Liquid Natural Gas (LNG)

Observações sobre o Liquid Natural Gas (LNG)

Deve-se atentar para o fato de que a LNG-Bunker-Delivery-Note no Código IGF identifica as proporções dos componentes em porcentagem de massa. Esta representação é muito diferente das representações habituais em Mol ou porcentagem de volume.

Os reservatório de GNL só podem ser preenchidos em até 90% do volume do tanque com GNL. Qualquer alimentação de calor no reservatório causa a evaporação de pequenas quantidade de GNL líquido, que então se acumula na forma de gás na fase "Boil Off". A composição do gás "Boil-Off" depende da composição da fase líquida. A proporção de N₂ na fase "Boil-Off" pode ser 20 vezes maior do que o teor de nitrogênio na fase líquida. De modo geral, o gás "Boil-Off" pode conter 20 % em volume de nitrogênio e 80 % volume de metano, bem como traços de etano.

O GNL conforme a EN 1160 é limitado a um limite inferior de metano de 75% de proporção de massa e a um limite superior de nitrogênio de 5% de proporção de massa.

Para evitar efeitos "Rollover", é recomendado o uso de GNL com teores de nitrogênio <1 % em Ma.

"Rollover" designa o desenvolvimento de vapor e o conseqüente aumento da pressão devido à rápida mistura de camadas de líquido quando o líquido das camadas inferiores no tanque é superaquecido em relação à pressão no espaço de gás superior do reservatório.

No GNL não há ou há apenas vestígios de CO₂, pois o CO₂ está na forma sólida a temperaturas inferiores a -56°C e pressões normais do reservatório de 5,2 bar. Em condições normais de pressão, o CO₂ sublima a -78,5°C.

4.1.4 Compostos de silício e enxofre no gás combustível

Os compostos de silício no gás dão origem a depósitos e promovem o desgaste. Isto também provoca a desativação de catalisadores. Não é assumida nenhuma prestação de garantia por danos causados em razão de compostos de silício-enxofre.

Com relação à determinação da concentração de Si no óleo lubrificante e o respectivo valor limite, consulte o capítulo "Lubrificantes" (→ Página 10).

Determinação da proporção de silício e do teor de enxofre no gás combustível por meio de análise do gás

As concentrações medidas ou o teor de enxofre dos compostos individuais são multiplicados pela proporção de massa de Si, S e é determinado o teor de silício ou de enxofre.

O resultado é referido ao valor calorífico do gás combustível e normalizada a 10 kWh de capacidade de energia (corresponde a 1 m³ i.N. CH₄).

Proporção de silício medida a partir da análise do gás (ou concentração de enxofre)

Concentração de silício no gás de esgoto	K Si	5,1 mg/m ³ i.N.
Teor de CH ₄ do gás de esgoto	K CH ₄	65% em volume
Valor calorífico do gás de esgoto	Hi _n	6,5 kWh/m ³ i.N.

Exemplo: Concentração calculada de silício limitada a Hi_n = 10 kWh/m³i.N.

$$K_{Si} \text{ 10 (kW/m}^3\text{i.N.)} = K_{Si \text{ medido}} \times \frac{Hi_n \text{ medido}}{10 \text{ (kWh/m}^3\text{i.N.)}} =$$

$$5,1 \text{ (mg Si/m}^3 \text{ i.N.)} \times \frac{6,5}{10} = 3,3 \text{ (mg Si/m}^3 \text{ i.N.)}$$

4.2 Motor a gás BR4000 - Aplicação marítima

4.2.1 Generalidades

Importante

A MTU não se responsabiliza por prejuízos e/ou danos (corrosão, impurezas etc.) decorrentes de gases ou substâncias, cuja presença não era conhecida ou concordada no momento da celebração do contrato.

4.2.2 Requisitos do gás combustível

Requisitos e condições gerais para motores a gás MTU em aplicação marítima

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Tipo de gás		Gás natural	Aplica-se ao gás natural H, outros gases não estão aprovados no momento.
Índice de metano IM	–	≥ 70	Podem ser necessários ajustes dependendo do modelo, potência e consumo de combustível. Atentar para o manual de operação (dados técnicos). Em caso de valores mais baixos, são necessárias uma consulta ao fabricante e uma análise do gás. Redução da potência do motor em razão de monitoramento da pré-ignição. Índice de metano calculado conforme a DIN EN 16726.
Valor calorífico $H_{i,n}$	kWh/m ³ n	$9,2 < H_{i,n} < 11,5$	Em caso de valores limite menores ou maiores é necessário consultar o fabricante.
Índice de Wobbe $W_{I,i,n}^{1), 2)}$	kWh/m ³ n	$11,77 < W_{I,i,n} < 14,18$	O índice de Wobbe está associado ao valor calorífico. O índice de Wobbe não deve ser excedido nem ficar abaixo do valor especificado.
Velocidade de alteração permitida do valor calorífico ¹⁾	kWh/m ³ _n /min	0,067	É necessária alteração linear constante com uma frequência de alteração de 1/h
Densidade do gás ²⁾	kg/m ³ n	0,73 a 0,84	A densidade do gás pode variar dependendo da composição, ela é constante para um tipo de gás específico. Em caso de utilização de gases provenientes de diferentes regiões de fornecimento de gás, podem ocorrer alterações na densidade.
Valor mínimo para a pressão do gás antes do sistema de controle do gás	bar(g)	0,5	Relevante para a marcha lenta e carga leve. Atentar para a especificação do sistema de controle do gás do projeto/ tipo de motor correspondente.
Faixa permitida para a pressão do gás antes do sistema de controle do gás para a potência total do motor e capacidade plena de aceleração.	bar(g)	6,0...10,0	Atentar para a especificação do sistema de controle do gás do projeto/ tipo de motor correspondente.

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Desvio da pressão do gás em relação ao valor de ajuste	bar	±0,5	O valor de ajuste para a pressão do gás antes do sistema de controle do gás não deve ficar abaixo do valor especificado.
Velocidade de alteração permitida da pressão do gás antes do sistema de controle do gás	bar/s	0,3	É necessária alteração constante, vale para os estados dinâmico e de inércia do motor.
Temperatura do gás	°C	10...40	Condensação de vapor de água a <10°C, envelhecimento térmico dos materiais de NBR (vedações, diafragmas) e influência do comportamento de elasticidade em temperaturas elevadas. As temperaturas mínimas também valem para o procedimento de partida. Atentar para a especificação do sistema de controle do gás do projeto/tipo de motor correspondente. Em caso de temperaturas mais baixas ou mais elevada, é necessário consultar o fabricante.
Velocidade de alteração permitida da temperatura do gás	K/min	10	
Água: Temperatura de ponto de orvalho	°C	0	Na pressão de funcionamento. Sem condensação de vapor de água nas faixas de pressão e temperatura. Deve ser prevista uma secagem do gás em caso de valores mais elevados. Válido para toda a faixa de temperatura do gás.
Vapores de óleo (HC com número de átomos de carbono > 5)	mg/m ³ _n	< 10	Sem condensação nas linhas condutoras de gás combustível e de mistura de gás combustível-ar, nem formação de névoa de óleo condensável. Sem formação de névoa de óleo condensável.
Vapores de solventes HC	mg/m ³ _n	0	É necessário consultar o fabricante e realizar análise
Silício organicamente ligado (por exemplo, silanos, siloxanos, silicones)	mg/m ³ _n CH ₄	< 1,0	É necessário consultar o fabricante e realizar análise
Silício inorganicamente ligado	mg/m ³ _n	< 5	Com Si >5 mg/m ³ N referidos a 100% CH ₄ de teor em gás combustível, devem ser observados produtos de desgaste na análise do óleo.
Poeira 3-10 µm	mg/m ³ _n	< 5	Ficha de trabalho G260 da DVGW
Poeira < 3 µm	mg/m ³ _n	Análise	É necessário realizar análise

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Sulfeto de hidrogênio	mg/kg	7	DIN 51624
Enxofre total	mg/kg	10	DIN 51624
Cloro	mg/m ³ _n	10 ³⁾	Em caso de valores mais elevados, é necessário consultar o fabricante e realizar análise
Flúor	mg/m ³ _n	5 ³⁾	Em caso de valores mais elevados, é necessário consultar o fabricante e realizar análise
Cloro + flúor	mg/m ³ _n	10 ³⁾	Em caso de valores mais elevados, é necessário consultar o fabricante e realizar análise
NH ₃	ppm	70 ³⁾	Em caso de valores mais elevados, é necessário consultar o fabricante e realizar análise

Tabela 39:

1) = Valor calorífico

A quantidade de calor que seria liberada no ar após a combustão completa de uma dada quantidade de gás, sendo que a pressão p na qual a reação se realiza se mantém constante e todos os produtos de combustão são retornados à mesma temperatura t dos parceiros da reação. Todos os produtos da combustão estão presentes na forma gasosa.

A entalpia padrão do valor calorífico e o índice de Wobbe estão relacionados a uma temperatura de 25°C. Deve-se notar que a literatura americana refere-se a temperaturas de referência de 15°C.

As conversões para temperaturas de referência diferentes podem ser realizadas com a EN ISO 6976 ou com a EN ISO 14912.

2) = As dimensões volumétricas são baseadas em estado normalizado de acordo com a DIN 1343. O estado normalizado é aquele estado de referência que é definido pela temperatura normalizada $T_n = 273,15 \text{ K}$ ou $t_n = 0^\circ\text{C}$ e a pressão normalizada $p_n = 101325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar}$.

Deve-se notar que na literatura americana e nas normas recentes, tais como a DIN EN16726, a referência à entalpia padrão para os valores caloríficos e de combustão e o índice de Wobbe se baseiam em 15°C e as dimensões volumétricas são definidas pela temperatura normalizada $T_0 = 288,15 \text{ K}$ ou $t_0 = 15^\circ\text{C}$ e a pressão normalizada $p_n = 101325 \text{ Pa} = 1,01325 \text{ bar}$.

3) = Um valor de referência não vinculativo ao utilizar catalisadores de oxidação. São necessárias análise e consulta junta à MTU.

Os valores limite referem-se a um valor calorífico de 10 kWh/m³_n. Isso corresponde a uma referência a combustíveis com 100% em volume de metano ou, no caso de existirem outros componentes no combustível, um equivalente energético e, assim, a uma carga poluente equivalente.

4.2.3 Especificação para o meio no espaço do invólucro da tubulação de gás em aplicação marítima

Conceitos básicos

De acordo com a IGF 5.5.2, todas as tubulações de transporte de gás combustível, que são conduzidas em uma sala de máquinas apresentando conformidade com o "safe machinery concept", devem possuir paredes duplas. Este espaço de invólucro em torno da tubulação de gás combustível deve permitir a detecção de um vazamento de gás combustível com a ajuda de um meio e da técnica de medição correspondente. O Código IGF fornece basicamente duas opções:

1. Lavagem/ventilação do espaço de invólucro com ar
2. Estabelecimento de um nível de pressão mais elevado, do que aquele do gás combustível, no invólucro em torno da tubulação de combustível com um gás inerte.

O sistema de gás do motor marítimo da MTU é dimensionado para poder operar com ambas estas variantes. O sistema de controle de gás só pode ser utilizado com o conceito de lavagem por ar. Os meios no espaço de invólucro em torno da tubulação de gás são especificados como segue:

1. Conceito de lavagem por ar

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Tipo de meio		Ar	Aspiração através de duto de ar em separado a partir do lado externo da embarcação
Temperatura do meio na entrada do motor	°C	0-50	
Umidade do ar (abs)	g _{Água} /kg _{Ar seco}	37,7	
Teor de sal do ar aspirado	ppm	50	
corrente volumétrica	m ³ /h	11,5 - 30	O valor limite inferior é baseado no volume máx. incluindo o sistema de controle de gás e linha de alimentação. O valor limite inferior garante a troca de ar mínima/hora. O valor limite superior não deve ser excedido de modo a evitar altas perdas de pressão.

Tabela 40:

2. Conceito de sobrepressão de gás inerte

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Tipo de meio		Nitrogênio	Nitrogênio proveniente de um gerador ou de cilindros
Temperatura do meio na entrada do motor	°C	0-80	
Teor em água	% em volume	≤ 50	Valor para o nitrogênio 2,8
Pureza do nitrogênio	% em volume	≥ 99,8	Valor para o nitrogênio 2,8
Teor de oxigênio	% em volume	≤ 100	Valor para o nitrogênio 2,8

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Faixa de pressão do meio	bar (abs)	< 11	
Volume do invólucro no motor (sem sistema de controle de gás) (paredes duplas)	m ³ _N	0,079 - 0,095	
Fugas	g _{Nitrogênio} /h	1 - 1,5	Para o dimensionamento do volume de reabastecimento/intervalos

Tabela 41:

Os detalhes referentes à integração no sistema de gás e as sugestões de execução para o monitoramento e disposição dos componentes individuais estão documentados no conceito Safety, nos desenhos de esquema e nas especificações de instalação.

4.3 Motor a gás BR4000 – Aplicação de gerador e grupo gerador

4.3.1 Generalidades

Importante

A MTU não se responsabiliza por prejuízos e/ou danos (corrosão, impurezas etc.) decorrentes de gases ou substâncias, cuja presença não era conhecida ou concordada no momento da celebração do contrato.

4.3.2 Gás natural – requisitos do gás combustível

Requisitos do gás combustível

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Tipo de gás		Gás natural	Aplica-se para gás natural H, L e gás metano de mantos carboníferos oriundo de depósitos não explorados (pre mining Coal Bed Methane). Outros gases não estão aprovados no momento.
Alteração do índice de metano	-/min.	5	Alteração linear constante com uma frequência de, no máximo, 1/h
Valor calorífico $H_{i,n}$	kWh/m ³ i.N.	$8,0 < H_{i,n} < 11,0$	Para valores mais baixos e mais altos será necessário consultar a fábrica
Oscilação do valor calorífico em relação ao valor de ajuste	%	± 5	Para valores mais altos será necessário consultar a fábrica
Velocidade de alteração permitida do valor calorífico em relação ao valor de ajuste	%/min.	1,0	Alteração linear constante necessária com uma frequência máxima de 1/h
Densidade do gás	kg/m ³ i.N.	0,73 a 0,84	A densidade do gás pode variar em função da composição, sendo constante para um determinado tipo de gás. Em caso de utilização de gases provenientes de diferentes regiões de fornecimento de gás, podem ocorrer alterações na densidade. Em caso de troca do fornecedor de gás, é necessário efetuar uma análise do gás e, eventualmente, uma adaptação da regulação da mistura.
Oscilações da pressão do gás em relação ao valor de ajuste	%	± 5	
Velocidade de alteração permitida da pressão do gás	mbar/min.	1	É necessária alteração constante

*** = valores limite mais baixos poderão ser válidos para motores com pós-tratamento dos gases de escape e/ou aproveitamento do calor dos gases de escape. Em caso de uso de catalisadores de oxidação são necessárias análise e consulta com a MTU.**

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Temperatura do gás	°C	5 < T < 45	Em caso de perigo do valor ficar abaixo do ponto de orvalho, a temperatura do gás deverá ser elevada. Com temperaturas divergentes, existe o risco de envelhecimento térmico dos materiais NBR (vedações, diafragmas), bem como influência no comportamento de elasticidade. Algumas combinações de pressão e valor calorífico podem limitar a zona T. Isto pode ser compensado por meio de um ajuste da pressão, para que a operação em carga nominal seja garantida para toda a zona T. Em instalações com operação LNG, a faixa de temperatura admissível deverá ser ajustada de acordo com o projeto específico. Para tal, a execução da evaporação do gás deverá ser avaliada pela MTU.
Gás natural da rede pública de fornecimento de gás		15 < T < 45	
Gás natural de instalações locais de evaporação LNG			
Oscilação da temperatura do gás em relação ao valor de ajuste	°C	± 9	
Velocidade de alteração permitida da temperatura do gás	K/min.	0,3	
Umidade relativa do gás nas faixas de temperatura e pressão permitidas	%	< 80	Não é permitida a formação de condensação em todo o sistema de gás e mistura. Sem condensação de vapor de água nas faixas de pressão e temperatura. Não é permitida nenhuma condensação nas linhas condutoras e reservatórios de gás combustível e de mistura gás combustível-ar.
Umidade máx. do gás, absoluta	g/kg	< 20	
Óleos/vapores de óleo (HC com número de átomos de carbono >8)	mg/m³ i.N.	< 0,4	Sem condensação nas linhas condutoras de gás combustível e de mistura de gás combustível-ar, nem formação de névoa de óleo condensável
Hidrocarbonetos de cadeia longa (C ₆ - C _n)	mol %	K.A.	É necessária a consulta junto à MTU
Vapores de solventes HC	mg/m³ i.N.	0	Será necessário consultar a fábrica e realizar análise
Silício ligado organicamente	mg/m³ i.N.	< 1,0	
* = valores limite mais baixos poderão ser válidos para motores com pós-tratamento dos gases de escape e/ou aproveitamento do calor dos gases de escape. Em caso de uso de catalisadores de oxidação são necessárias análise e consulta com a MTU.			

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Silício ligado inorganicamente	mg/m ³ i.N.	< 6	Com Si > 5 mg/m ³ i.N. referidos a 100 % CH ₄ de teor em gás combustível, devem ser observados produtos de desgaste na análise do óleo
Poeira 3 a 10 µm	mg/m ³ i.N.	5	Ficha de trabalho G260 da DVGW A poeira deverá ser removida de forma que a operação de aparelhos e equipamentos a gás possa ser assegurada isenta de falhas, de acordo com a norma ou construção usual.
Poeira < 3 µm	mg/m ³ i.N.	Liberado tecnicamente	A poeira <3 µm deverá ser avaliada através de uma análise técnica. Caso necessário, deverão ser utilizados filtros especiais.
Enxofre total	mg/m ³ i.N.	30	Ficha de trabalho G260 da DVGW
Enxofre mercaptano	mg/m ³ i.N.	6	Ficha de trabalho G260 da DVGW
Sulfeto de hidrogênio H ₂ S	mg/m ³ i.N.	5	Ficha de trabalho G260 da DVGW
Cloro	mg/m ³ i.N.	10*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise
Flúor	mg/m ³ i.N.	5*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise
Cloro + flúor	mg/m ³ i.N.	10*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise
NH ₃	ppm	70*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise

* = valores limite mais baixos poderão ser válidos para motores com pós-tratamento dos gases de escape e/ou aproveitamento do calor dos gases de escape. Em caso de uso de catalisadores de oxidação são necessárias análise e consulta com a MTU.

Tabela 42: Requisitos e condições limite para o gás natural combustível e a correspondente alimentação de combustível

Todos os valores limite citados de poluentes (em ppm e mg/m³) referem-se a um valor calorífico de 10 kWh/m³ i.N. Isso corresponde a uma referência a combustíveis com 100% em volume de metano ou, no caso de existirem outros componentes no combustível, um equivalente energético e, assim, a uma carga poluente equivalente.

Exemplo:

- É usado gás natural russo com valor calorífico de 10 kWh/m³ i.N. Assim, o valor limite permitido de enxofre total no gás corresponde exatamente ao valor limite indicado na tabela.
- Em caso de uso de um gás (por exemplo, East Hannover) com Hi,n = 8,15 kWh/m³ i.N., o valor máximo permitido para o enxofre total é calculado da seguinte forma:
Teor total permitido de enxofre = 30 mg/m³ i.N. · (8,15 kWh/m³i.N. : 10,0 kWh/m³ i.N.) = 24,5 mg/m³ i.N.

4.3.3 Biogás – Requisitos do gás combustível

Requisitos do biogás combustível

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Tipo de gás		Gases biogênicos dos processos de fermentação	
Índice de metano IM	–	≥ 115	Caso o valor fique abaixo do especificado, há o perigo de combustão com pré-ignição. São necessárias análise do gás e consulta junto à fábrica
Valor calorífico $H_{i,n}$	kWh/m ³ i.N.	4,5 < $H_{i,n}$ < 8,0	Para valores mais baixos e mais altos será necessário consultar a fábrica
Oscilação do valor calorífico em relação ao valor de ajuste	%	± 20	Para valores mais altos será necessário consultar a fábrica
Velocidade máxima de alteração do valor calorífico em relação ao valor de ajuste durante a operação	%/min.	1	<1/ h, permitido Em operação normal
Alteração rápida do valor calorífico na partida - e processos de arranque	%/min.	< 10,0	Permitido com uma frequência <1/ h
Densidade do gás	kg/m ³ i.N.	0,93 a 1,40	A densidade do gás pode variar em função da composição. Em alterações do substrato principal e/ou alterações significativas na relação de mistura dos substratos será necessária uma análise do gás e um eventual ajuste na regulagem da mistura.
Oscilação da pressão do gás em relação ao valor de ajuste	%	± 10	Vale para a entrada de gás na válvula dosadora de gás no lado do motor
Velocidade de alteração permitida da pressão do gás	mbar/min.	1	Vale para a entrada de gás na válvula dosadora de gás no lado do motor

* = estes são valores de referência não vinculativos para motores da série 4000; para unidades com pós-tratamento dos gases de escape, podem valer valores limite mais baixos.

** = no motor 20V4000L32FB são válidos valores mais baixos. É necessário consultar a fábrica.

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Temperatura do gás	°C	$5 < t < 45$	Não são admissíveis transições de fases na mistura gás combustível-ar durante a operação do motor. Em caso de perigo do valor ficar abaixo do ponto de orvalho, a temperatura do gás deverá ser elevada. Com temperaturas divergentes, existe o risco de envelhecimento térmico dos materiais NBR (vedações, diafragmas), bem como influência no comportamento de elasticidade em temperaturas mais elevadas. Os valores limite valem para a entrada de gás na válvula dosadora de gás no lado do motor
Oscilação da temperatura do gás em relação ao valor de ajuste	°C	± 15	Vale para a entrada de gás na válvula dosadora de gás no lado do motor
Velocidade de alteração permitida da Temperatura do gás	K/min.	0,3	Vale para a entrada de gás na válvula dosadora de gás no lado do motor
Umidade relativa do gás nas faixas de temperatura e pressão permitidas	%	< 80	Não é permitida a formação de condensação em todo o sistema de gás e mistura Sem condensação de vapor de água nas faixas de pressão e temperatura.
Umidade máx. do gás, absoluta	g/kg	< 28	Não é permitida nenhuma condensação no gás combustível, nas linhas condutoras de mistura gás combustível-ar e nos reservatórios. Deve ser prevista uma secagem do gás em caso de valores mais elevados ou risco de condensação na faixa de operação da pressão e temperatura. Sem transições de fase na mistura de gás combustível/ar durante o funcionamento do motor nas faixas de pressão e temperatura, deve ser prevista uma secagem do gás em caso de valores mais elevados.
Óleos/vapores de óleo	mg/m ³ i.N.	< 0,4	Sem condensação no gás combustível e nas linhas condutoras de mistura de gás combustível-ar, nem formação de névoa de óleo condensável.
Vapores de solventes HC	mg/m ³ i.N.	0	
Silício de ligações orgânicas	mg/m ³ i.N.	<4*	Com Si > 2 mg/m ³ i.N. referidos a 100 % CH ₄ de teor em gás combustível, deve ser atentado para produtos de desgaste na análise do óleo.
Silício inorganicamente ligado	mg/m ³ i.N.	<2*	

* = estes são valores de referência não vinculativos para motores da série 4000; para unidades com pós-tratamento dos gases de escape, podem valer valores limite mais baixos.

** = no motor 20V4000L32FB são válidos valores mais baixos. É necessário consultar a fábrica.

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Poeira 3 a 10 µm	mg/m ³ i.N.	5	Ficha de trabalho G260 da DVGW A poeira deverá ser removida de forma que a operação de aparelhos e equipamentos a gás possa ser assegurada isenta de falhas, de acordo com a norma ou construção usual. A poeira < 3 µm deverá ser avaliada através de uma análise técnica. Caso necessário, deverão ser utilizados filtros especiais.
Poeira < 3 µm	mg/m ³ i.N.	Liberado tecnicamente	
Silício de ligações orgânicas e inorgânicas	mg/m ³ i.N.	6*	
Enxofre total	mg/m ³ i.N.	800* / **	
Enxofre mercaptano	mg/m ³ i.N.	4*	
Sulfeto de hidrogênio H ₂ S	mg/m ³ i.N.	850*	
Soma de todas as ligações de cloro e flúor	mg/m ³ i.N.	≤40*	
Cloro	mg/m ³ i.N.	≤40*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise
Flúor		≤20*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise
NH ₃	ppm	70*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise

* = estes são valores de referência não vinculativos para motores da série 4000; para unidades com pós-tratamento dos gases de escape, podem valer valores limite mais baixos.

** = no motor 20V4000L32FB são válidos valores mais baixos. É necessário consultar a fábrica.

Tabela 43: Requisitos e condições limite para o biogás combustível e a correspondente alimentação de combustível

Em caso de utilização da série 4000 em agregados, com ou sem acoplamento de calor de gases de escape e/ou sistemas de pós-tratamento dos gases de escape, devem ser observadas as especificações do fabricante do agregado.

Requisitos do "biogás de baixa carga" combustível

Os valores limite a seguir definem o "biogás de baixa carga". Todos os demais valores limite para o "biogás de baixa carga" correspondem aos valores limite gerais para o biogás (→ Tabela 43).

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Silício de ligações orgânicas	mg/m ³ i.N.	<1*	Com Si > 2 mg/m ³ i.N. referidos a 100 % CH ₄ de teor em gás combustível, deve ser atentado para produtos de desgaste na análise do óleo.
Silício inorganicamente ligado	mg/ ³ i.N.	<0,5*	
Silício de ligações orgânicas e inorgânicas	mg/m ³ i.N.	1,5*	

* = estes são valores de referência não vinculativos para motores da série 4000; para unidades com pós-tratamento dos gases de escape, podem valer valores limite mais baixos (→ Tabela 45).

Designação	Unidade	Valor limite	Observação
Enxofre total	mg/m ³ i.N.	140*	
Enxofre mercaptano	mg/m ³ i.N.	1*	
Sulfeto de hidrogênio H ₂ S	mg/m ³ i.N.	150*	
Soma de todas as ligações de cloro e flúor	mg/m ³ i.N.	≤8*	
Cloro	mg/m ³ i.N.	≤8*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise
Flúor		≤4*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise
NH ₃	ppm	14*	No caso de valores mais altos, será necessário consultar a fábrica e realizar análise

* = estes são valores de referência não vinculativos para motores da série 4000; para unidades com pós-tratamento dos gases de escape, podem valer valores limite mais baixos (→ Tabela 45).

Tabela 44: Requisitos e condições limite para o "biogás de baixa carga" combustível e a correspondente alimentação de combustível

Todos os valores limite citados de poluentes (em ppm e mg/m³) referem-se a um valor calorífico de 10 kWh/m³ i.N. Isso corresponde a uma referência a combustíveis com 100% em volume de metano ou, no caso de existirem outros componentes no combustível, um equivalente energético e, assim, a uma carga poluente equivalente.

Exemplo:

- É usado gás natural russo com valor calorífico de 10 kWh/m³ i.N. Assim, o valor limite permitido de enxofre total no gás corresponde exatamente ao valor limite indicado na tabela.
- Em caso de uso de um gás (por exemplo, East Hannover) com Hi,n = 8,15 kWh/m³ i.N., o valor máximo permitido para o enxofre total é calculado da seguinte forma:
Teor total permitido de enxofre = 30 mg/m³ i.N. · (8,15 kWh/m³i.N. : 10,0 kWh/m³ i.N.) = 24,5 mg/m³ i.N.

Concentrações de poluentes no combustível (em caso de pós-tratamentos dos gases de escape/aproveitamento do calor dos gases de escape)

De acordo com a aplicação, as seguintes concentrações máximas permitidas de poluentes devem ser respeitadas no combustível:

Designação	Unidade	Catalisador de oxidação / aproveitamento do calor dos gases de escape		
		Sem* / 180°C / sem	Com / 120°C / 180°C	Com / Sem
Soma de todos os compostos de enxofre (calculado como S)	mg/m ³ i.N.	800	20	200
Sulfeto de hidrogênio (H ₂ S)	ppm	550	7	70
Soma de todos os compostos de cloro (calculado como Cl)	mg /m ³ i.N.	40	0,5	0,5
Soma de todos os compostos de flúor (calculado como F)	mg /m ³ i.N.	40	0,5	0,5
Soma de todos os compostos de silício (calculado como Si)	mg /m ³ i.N.	5	0	0

*= para o "biogás de baixa carga" aplicam-se valores correspondentemente mais baixos (→ Tabela 44).

Designação	Unidade	Catalisador de oxidação / aproveitamento do calor dos gases de escape		
		Sem* / 180°C / sem	Com / 120°C / 180°C	Com / Sem
Amônia (NH ₃)	ppm	30	30	30
Metais pesados (Pb, Hg, As, Sb, Cd)	µg/m ³ i.N.	Sob consulta	10	10

* = para o "biogás de baixa carga" aplicam-se valores correspondentemente mais baixos (→ Tabela 44).

Tabela 45: Concentrações de poluentes no combustível

4.4 Motor a gás BR400 - Grupo gerador

4.4.1 Gás natural – Valores do combustível

Valores do combustível a serem respeitados

Os valores de combustível a seguir devem ser respeitados na entrada do sistema de controle do gás (escopo de fornecimento da MTU Onsite Energy):

Designação	Unidade	Valor limite
Índice mínimo de metano	Consulte a descrição técnica	
Valor calorífico mínimo	Consulte a descrição técnica	
Velocidade de alteração do valor calorífico	% por min	< 1
Velocidade de alteração do índice de metano	MZ por min	< 5
Pressão mínima do fluxo de gás (sobrepessão)	mbar	< 20
Pressão máxima do fluxo de gás (sobrepessão)	mbar	< 50
Variações máx. da pressão do gás (variação de controle por curto período de tempo)	mbar	±5
Velocidade máx. de alteração da pressão do gás	mbar/s	< 1
Temperatura do gás	°C	5 a 45
Teor máx. de vapor de água	% em volume	< 0,5
Partículas de poeira > 3 µm	mg/m ³ i.N	< 5
Elementos oleosos	mg/m ³ i.N	< 0,4

Tabela 46: Valores do combustível a serem respeitados

Elementos corrosivos, com exceção de um teor máx. total de enxofre de 30 mg/m³i.N., por curto período de tempo 150 mg/m³i.N., não devem estar contidos (análogo a DVGW folha G 260).

Atenção: O filtro de gás (50 µm) fornecido na entrada do sistema de controle de gás não garante o valor limite de poeira citado acima e serve somente para a proteção das conexões de gás.

4.4.2 Biogás – Valores do combustível

Não é possível evitar as variações na qualidade do biogás, gás de esgoto ou gás de aterro, bem como a presença de impurezas interferentes.

Para possibilitar uma operação sem falhas e evitar danos, no entanto, é necessário respeitar valores limite definidos.

Se, durante a colocação em serviço, for determinado que o combustível disponibilizado não apresenta a qualidade necessária, a MTU Onsite Energy GmbH se reserva o direito de realizar um cálculo da colocação em serviço cancelada.

A conformidade com os dados de emissões e consumo citados na ficha de dados só é válida para as composições de gás de referência especificadas para biogás, gás de esgoto e gás de aterro. A relação de volume $\text{CO}_2 / \text{CH}_4$ é importante.

Importante

Os componentes/valores limite listados são relevantes para os motores a biogás. Não são permitidos outros componentes/valores limite.

Valores do combustível a serem respeitados

Os valores de combustível a seguir devem ser respeitados na entrada do sistema de controle do gás (escopo de fornecimento da MTU Onsite Energy):

Designação	Unidade	Valor limite
Índice mínimo de metano	Consulte a descrição técnica	
Valor calorífico mínimo	Consulte a descrição técnica	
Velocidade de alteração do valor calorífico	% por min	1
Velocidade de alteração do índice de metano	MZ por min	5
Relação de volume $\text{CO}_2 / \text{CH}_4$	-	$\leq 0,65$
Teor de metano, úmido	% em volume	Consulte os dados técnicos
Pressão mínima do fluxo de gás (sobrepessão)	mbar	30
Pressão máxima do fluxo de gás (sobrepessão)	mbar	50
Variações máx. da pressão do gás (variação de controle por curto período de tempo)	mbar	± 5
Velocidade máx. de alteração da pressão do gás	mbar/s	1
Temperatura máx. do gás (sem redução dos valores especificados)	$^{\circ}\text{C}$	35
Teor máx. de oxigênio	% em volume	2
Teor máx. de vapor de água	% em volume	3,1
Resfriamento do gás a, no mínimo	$^{\circ}\text{C}$	< 25
Partículas de poeira $> 3 \mu\text{m}$	$\text{mg}/\text{m}^3\text{i.N}$	5
Elementos oleosos	$\text{mg}/\text{m}^3\text{i.N}$	0,4

Tabela 47: Valores do combustível a serem respeitados

ATENÇÃO: O filtro de gás ($50 \mu\text{m}$) fornecido na entrada do sistema de controle de gás não garante o valor limite de poeira citado acima e serve somente para a proteção das conexões de gás.

4.4.3 Impurezas interferentes

De acordo com a aplicação, as seguintes concentrações máximas permitidas de impurezas devem ser respeitadas no combustível:

Designação	Unidade	Catalisador de oxidação / aproveitamento do calor dos gases de escape					
		Sem / 180°C / sem		Com EMK* / 120°C / 180°C	Com EMK* / Sem	Com SRK** / 180 °C	Com SRK** / Sem
		Biogás	Biogás de baixa carga	20 mg/m ³ i.N. HCHO		30 mg/m ³ i.N. HCHO	
Soma de todos os compostos de enxofre (S)	mg/m ³ i.N.	1200	140	20	200	70	140
corresponde a sulfeto de hidrogênio (H ₂ S)	ppm	840	50	14	140	50	100
Soma de todos os compostos de cloro (Cl)	mg/m ³ i.N.	100	8	0,5	0,5	0,5	0,5
Soma de todos os compostos de flúor (F)	mg/m ³ i.N.	50	8	0,5	0,5	0,5	0,5
Soma de todos os compostos de silício (Si)	mg/m ³ i.N.	5	4	0	0	0	0
Amônia (NH ₃)	ppm	60	14	60	60	60	60
Metais pesados (Pb, Hg, As, Sb, Cd)	µg/m ³ i.N.	sob consulta	sob consulta	10	10	10	10

* EMK = catalisador de metal nobre
 ** SRK = catalisador resistente ao enxofre

Tabela 48: Concentrações de poluentes no combustível

Todos os valores limite citados de poluentes (em ppm e mg/m³) referem-se a um valor calorífico de 10 kWh/m³ i.N. Isso corresponde a uma referência a combustíveis com 100% em volume de metano ou, no caso de existirem outros componentes no combustível, um equivalente energético e, assim, a uma carga poluente equivalente.

Exemplo:

- É usado gás natural russo com valor calorífico de 10 kWh/m³ i.N. Assim, o valor limite permitido de enxofre total no gás corresponde exatamente ao valor limite indicado na tabela.
- Em caso de uso de um gás (por exemplo, East Hannover) com Hi,n = 8,15 kWh/m³ i.N., o valor máximo permitido para o enxofre total é calculado da seguinte forma:
 Teor total permitido de enxofre = 30 mg/m³ i.N. · (8,15 kWh/m³i.N. : 10,0 kWh/m³ i.N.) = 24,5 mg/m³ i.N.

Em caso de qualidade do gás bruto acima do valor limite de enxofre, deve ser instalada uma dessulfuração de gás que seja dimensionada conforme a qualidade do gás no sistema.

Com o catalisador de oxidação especial MTU resistente ao enxofre, a operação sem dessulfuração fina é permitida, com a observância dos valores limite de enxofre especificados no combustível.

Se estes valores limite forem excedidos durante a operação, há uma maior formação de depósitos corrosivos em caso de aproveitamento do calor dos gases de escape. Estes depósitos podem causar danos que irão resultar na falha total dos componentes. Portanto, é necessária uma limpeza precoce do trocador de calor dos gases de escape.

Em razão da possível margem de variação do teor de enxofre, na prática, a MTU pode dar nenhuma garantia em relação aos intervalos de limpeza.

Na operação com catalisador de oxidação sem aproveitamento do calor dos gases de escape, a temperatura dos gases de escape na saída da chaminé certamente será superior a 300°C. Se necessário, a tubulação dos gases de escape deverá ser isolada.

5 Sistema de tratamento posterior dos gases de escape

5.1 Generalidades

Para reduzir as emissões dos gases de escape nos motores operados estequiometricamente ($\lambda = 1$, sem excesso de ar) são utilizados catalisadores de 3 vias.

Para reduzir as emissões dos gases de escape associadas a produtos de combustão queimados de modo incompleto são utilizados catalisadores de oxidação em motores operados com mistura pobre (operação com excesso de ar).

Para a redução adicional das emissões de NOx em motores operados com mistura pobre, podem ser utilizados catalisadores SCR (Selective Catalytic Reduction). Estes, com o auxílio de um redutor (solução de ureia com 32,5 % de ureia) reduzem a emissão de nitrogênio.

Para poder garantir a funcionalidade dos catalisadores durante um certo período de funcionamento, todos os requisitos da especificação para lubrificantes e fluidos (no que diz respeito aos combustíveis, ar de admissão, óleos lubrificantes) devem ser respeitados.

5.2 Agente redutor de NOx AUS 32 para sistemas de pós-tratamento dos gases de escape SCR

Para a segurança da eficiência do equipamento de pós-tratamento dos gases de escape, é indispensável que o redutor corresponda às exigências de qualidade da DIN 70070 / ISO 222 41-1.

Na Europa, esse agente redutor geralmente é conhecido pelo seu nome comercial "AdBlue".

Os métodos de teste para determinar a qualidade e a característica do agente redutor estão descritos nas normas DIN 70071 / ISO 222 41-2. (→ Tabela 49) A tabela seguinte mostra as características de qualidade e o método correspondente de teste do redutor (extrato da norma ISO 222 41-1).

Importante
Via de regra, os sistemas SCR da MTU são dimensionados para uma concentração de 32,5% de ureia. A utilização de agentes redutores NOx com outras concentrações de ureia (AUS 40, AUS 48) necessitará de um outro dimensionamento dos sistemas de dosagem. Sistemas que estão correspondentemente dimensionados deverão ser conduzidos com a concentração correspondente ajustada. Os requisitos de pureza com relação ao redutor correspondem então as normas para AUS 32
Importante
A utilização de aditivos anticongelantes para AUS 32, ou a chamada ureia de inverno, não tem aprovação geral.

Características de qualidade e métodos de teste do redutor

	Unidade	Método de teste ISO	Valores limite
Teor de ureia	% em peso	22241-2 Anexo B	31,8 a 33,2
Densidade a 20°C	kg/m ³	3675 12185	1087,0 a 1092,0
Índice de refração a 20°C		22241-2 Anexo C	1,3817 a 1,3840
Alcalinidade como NH ₃	% em peso	22241-2 Anexo D	máx. 0,2
Teor de biureto	% em peso	22241-2 Anexo E	máx. 0,3
Teor de aldeído	mg/kg	22241-2 Anexo F	máx. 5
Componentes insolúveis	mg/kg	22241-2 Anexo G	máx. 20
Teor de fosfato como PO ₄	mg/kg	22241-2 Anexo B	máx. 0,5
Teores de metais		22241-2 Anexo I	
Cálcio	mg/kg		máx. 0,5
Ferro	mg/kg		máx. 0,5
Cobre	mg/kg		máx. 0,2
Zinco	mg/kg		máx. 0,2
Cromo	mg/kg		máx. 0,2
Níquel	mg/kg		máx. 0,2
Alumínio	mg/kg		máx. 0,5
Magnésio	mg/kg		máx. 0,5
Sódio	mg/kg		máx. 0,5
Potássio	mg/kg		máx. 0,5
Identidade			Idêntico à amostra comparativa

Tabela 49: Características de qualidade e métodos de teste do redutor

Armazenamento de agentes redutores

As notas sobre o armazenamento/embalagem/transporte, bem como sobre materiais adequados/inadequados no circuito de agente redutor estão descritas na norma ISO 222 41-3. Atentar também para as informações do fabricante.

Evitar a radiação solar direta, pois esta favorece o surgimento de microrganismos e a decomposição do agente redutor.

Sempre que possível, armazenar e transportar o agente redutor AUS 32 entre -5 e +25°C para evitar prejuízos para a qualidade. O armazenamento prolongado em temperaturas superiores a 25°C pode causar a decomposição do agente redutor.

Temperatura máx. de armazenamento constante [°C]	Durabilidade mín. [meses]
≤ 10	36
≤ 25	18
≤ 30	12
≤ 35	6
>35	Controlar cada um dos lotes antes de utilização

Tabela 50: Temperatura de armazenamento do agente redutor

Importante
O redutor cristaliza a -11 °C.

5.3 Condensado de gases de escape

Importante

Garantir que os lubrificantes e fluidos sejam coletados em recipientes coletores de tamanho suficiente. Atentar para as fichas de dados de segurança e descartar os lubrificantes e fluidos conforme as regulamentações específicas do país. Não queimar o óleo usado ou descartá-lo no reservatório de combustível.

Por ocasião da queima do combustível no motor, são originados, além de dióxido de carbono e vapor de água, também óxidos de nitrogênio NOx. Nos componentes a seguir, estes se convertem em ácido nitroso na presença de água condensada. Outros ácidos inorgânicos e orgânicos, como por exemplo, ácido sulfúrico ou ácido sulfuroso, também podem ser originados dependendo da composição do combustível. Portanto, as amostras de condensado apresentam um odor levemente penetrante e ferro dissolvido como produto de corrosão. A concentração de íons hidrogênio, ou seja, o valor do pH de tais amostras de condensado geralmente se situa na faixa forte a fracamente ácida em $\text{pH} = \text{aprox. } 0,5 \text{ a } 4$.

O ponto de orvalho da água dos gases de escape depende da composição do gás combustível utilizado, bem como da proporção de ar com a qual o motor é operado. O ponto de orvalho da água é de aprox. 50°C (motores operados com mistura pobre) até 80°C ($\text{Lambda} = 1$). Dependendo do componente de formação de ácido, a formação de condensado se inicia em temperaturas dos gases de escape abaixo de aprox. 170°C (ponto de orvalho do ácido).

Teoricamente, a partir de $1 \text{ m}^3 \text{ i.N.}$ de gás natural podem se formar $1,5 \text{ kg}$ de condensado. Quando os gases de escape esfriam a temperaturas de aprox. 100°C , quantidades consideráveis de condensado só ocorrem durante os processos de partida. À medida que as temperaturas dos gases de escape continuam a abaixar (abaixo de $T = \text{aprox. } 80^\circ\text{C}$), o condensado começa a se precipitar continuamente.

Para manter a acumulação de condensado (no trocador de calor dos gases de escape ou no silencioso de gases de escape posterior) limitada às menores quantidades possíveis, o seguinte deve ser garantido em unidades com arrefecimento dos gases de escape:

- No trocador de calor dos gases de escape, as temperaturas dos gases de escape não devem ser reduzidas para abaixo de 110°C
- As tubulações dos gases de escape devem ser isoladas de modo adequado
- A relação entre o número de partidas da máquina e as horas de funcionamento deve ser a mais baixa possível (são recomendados valores médios menores que "uma partida" por quatro horas de funcionamento).

Se possível, não reunir as tubulações de condensado provenientes de componentes diferentes antes do sifão (ou "selo de água"); caso contrário, durante a operação, o condensado irá se precipitar continuamente no circuito devido à circulação na tubulação de condensado.

Para o condensado, deve ser previsto um escoamento livre através de um sifão (ou "selo de água") com uma altura de, no mínimo, 400 mm . Em todos os casos, o escoamento deve se encontrar a mais de 100 mm de coluna de água acima da correspondente contrapressão máxima permitida dos gases de escape da máquina. Isto impede que os gases de escape saiam pela tubulação de condensado. O condensado dos gases de escape deve ser neutralizado em um sistema de neutralização antes da descarga na rede de esgoto. Além disso, é necessário um separador de óleo.

O escoamento de condensado deve ser regularmente verificado durante a operação e protegido contra congelamento no inverno.

O condensado de gases de escape só pode ser descarregado no sistema de esgoto sem tratamento após consulta junto à autoridade local de águas residuais, mas nunca para o ar livre. Os municípios da Alemanha, ou as agências por eles designadas, são obrigados a coletar as águas residuais, o que também inclui o condensado. Também é possível a classificação do condensado na categoria "resíduos perigosos".

6 Prescrição de enxague e limpeza para circuitos do líquido de arrefecimento do motor

6.1 Generalidades

É possível formar depósitos de lama nos circuitos do líquido de arrefecimento no decorrer do tempo, devido ao envelhecimento do aditivo do líquido de arrefecimento. As consequências podem ser: menor rendimento de refrigeração, entupimento das tubulações de ventilação, além de sujeira nos locais de drenagem de água e nos vidros dos visores do nível da água.

Quando a qualidade da água for inadequada, ou quando o tratamento for deficiente, o circuito de refrigeração pode ficar fortemente sujo.

Caso tais falhas apareçam, o circuito do líquido de arrefecimento deve ser lavado com água potável repetidas vezes.

Se esses procedimentos de enxague forem pouco efetivos, ou se o circuito do líquido de arrefecimento estiver muito sujo, é necessário limpar o circuito do líquido de arrefecimento e os outros componentes relacionados.

Para o enxague, é utilizada, exclusivamente, água potável (não água fluvial ou marítima).

Para limpeza somente devem ser usados os produtos aprovados pela MTU ou produtos equivalentes na concentração de aplicação especificada, consulte (→ Página 84). Deve ser obedecido o procedimento prescrito.

Após a lavagem ou limpeza, os circuitos de líquido de arrefecimento devem ser sempre imediatamente abastecidos com líquido de arrefecimento preparado de acordo com as especificações vigentes para lubrificantes e fluidos da MTU. Caso contrário, existe o risco de corrosão!

Importante

Os lubrificantes e fluidos (líquido de arrefecimento preparado), a água de enxague utilizada, o produto de limpeza e as soluções de limpeza podem ser substâncias perigosas. Determinados regulamentos devem ser respeitados durante o manuseio, armazenamento e descarte dessas substâncias.

Estes regulamentos se originam dos dados dos fabricantes, das determinações legais e dos regulamentos técnicos válidos para o respectivo país. Visto que podem existir grandes diferenças entre um país e outro, é impossível fornecer informações de validade geral sobre os regulamentos a serem respeitados no âmbito das presentes especificações de enxague e limpeza.

Consequentemente, os usuários dos produtos aqui citados têm a obrigação de informar-se sobre os regulamentos vigentes. A MTU não assume nenhuma responsabilidade pelo uso indevido ou ilegal dos lubrificantes e fluidos, bem como produtos de limpeza por ela aprovados.

Importante

Trocadores de calor de óleo de motores com corrosão dos mancais ou com corrosão/fricção dos êmbolos devem ser sucateados.

Aparelhos de teste, materiais auxiliares e lubrificantes e fluidos

Maleta de ensaios MTU ou medidor elétrico do valor de pH

Meios auxiliares necessários:

- Ar comprimido
- Vapor sobreaquecido

Lubrificantes e fluidos necessários:

- Água potável
- Líquido de arrefecimento preparado

6.2 Agentes de limpeza autorizados

Fabricante	Denominação do produto	Concentração de aplicação		Número de pedido
Para circuitos de líquido de arrefecimento:				
Kluthe	Hakutex 111 ^{1, 5)}	2% em volume	Líquido	X00065751
	Hakupur 50-706-3 ¹⁰⁾	2% em volume	Líquido	X00055629
Para grupos de montagem:				
Henkel	Bonderite C-AK FD ²⁾	1 a 10% em peso	Pó	⁷⁾
	Bonderite C-MC 11120 ³⁾	2 a 10% em peso	Pó	⁷⁾
Kluthe	Hakutex 60 MTU	100% em volume	Líquido	X00070585 (25 kg)
Para circuitos de arrefecimento com ataques de bactérias, leveduras e fungos (os assim denominados limpadores de sistema):				
Schülke & Mayr GmbH	Grotan WS Plus ⁵⁾	0,15% em volume	Líquido	X00065326 (10 kg)
	Grotanol SR2 ⁶⁾	0,5% em volume	Líquido	X00069827 (10 kg)
Para o lado do ar de radiadores externos:				
Kluthe	Hakupur 50 K ⁹⁾	0,5 a 5% em volume	Líquido	X00070940 ⁷⁾
Para superfícies pintadas, sujas:				
Kluthe	Hakupur 449 ⁹⁾	1% em volume	Líquido	X00071179 ⁷⁾

Tabela 51:

- | | |
|---|---|
| ¹⁾ com leve depósito de calcário, corrosão leve | ⁶⁾ ataque de bactérias > 10 ⁴ , ataque de fungos e leveduras |
| ²⁾ em caso de depósitos de calcário mais concentrados | ⁷⁾ a MTU não mantém estoque |
| ³⁾ preferencialmente em caso de intensos depósitos de calcário | ⁸⁾ em caso de corrosão acentuada; não autorizado para materiais de alumínio |
| ⁴⁾ em caso de depósitos de calcário intensos | ⁹⁾ produto para limpeza com equipamento de jato pressurizado (parâmetro: pressão: 15 bar, jato de lavagem suave, temperatura do produto de limpeza: 80 °C) |
| ⁵⁾ ataque de bactérias até 10 ⁴ | ¹⁰⁾ não adequado para superfícies galvanizadas |

Importante

Devem ser respeitadas as fichas de dados técnicos e as fichas de dados de segurança dos produtos!

6.3 Enxágue dos circuitos do agente de refrigeração do motor

1. Drenar o agente de refrigeração do motor.
2. Medir o valor de pH da água potável através da maleta de ensaios MTU ou medidor elétrico do valor de pH.
3. Colocar água potável no circuito do agente de refrigeração.

Importante

Nunca colocar água fria em um motor quente!

4. Preaquecer o motor, dar partida e amaciá-lo.
5. Operar o motor com rotação elevada por aprox. 30 min.
6. Retirar uma amostra da água de lavagem no ponto de coleta de amostras do líquido de arrefecimento do motor.
7. Desligar o motor.
8. Drenas a água de enxague.
9. Medir o valor do pH da amostra de água de lavagem usando a maleta de teste MTU ou medidor elétrico de valor pH e compará-lo com o valor do pH da água potável.
 - a) Diferença do valor de pH < 1: Abastecer o líquido de arrefecimento preparado e colocar o motor em funcionamento.
 - b) Diferença do valor de pH > 1: Abastecer com água potável de enxague e repetir o ciclo de enxague.
 - c) Se a diferença do valor do pH mesmo após 4 ou 5 enxagues ainda estiver > 1: o circuito do líquido de arrefecimento deverá ser limpo, consulte (→ Página 86). Os grupos construtivos eventualmente também deverão ser limpos, consulte(→ Página 87).

Importante

Informações complementares podem ser consultadas nas instruções de operação do motor.

6.4 Limpar os circuitos de líquido de arrefecimento do motor

1. Os agentes de limpeza para os circuitos de líquido de arrefecimento são preparados na forma de solução preliminar concentrada em água potável quente, consulte (→ Página 84).
2. Em caso de produtos em pó, misturar até que o agente de limpeza seja completamente dissolvido e não haja mais sedimentos no fundo do recipiente.
3. Abastecer a solução preliminar junto com a água potável no circuito de líquido de arrefecimento.
4. Dar partida no motor e aquecê-lo.
5. Selecionar a temperatura e a duração do tempo de atuação conforme as especificações contidas nas fichas de dados do fabricante.
6. Desligar o motor.
7. Escoar o agente de limpeza e lavar o circuito de líquido de arrefecimento do motor com água potável.
8. Retirar uma amostra da água de lavagem no ponto de coleta de amostras do líquido de arrefecimento do motor.
9. Medir o valor do pH da amostra de água de lavagem usando a maleta de teste MTU ou medidor elétrico de valor pH e compará-lo com o valor do pH da água potável.
 - a) Diferença do valor de pH < 1: Abastecer o líquido de arrefecimento preparado e colocar o motor em funcionamento.
 - b) Diferença do valor de pH > 1: Limpar os grupos de montagem, consulte (→ Página 87).

Importante

Informações complementares podem ser consultadas nas instruções de operação do motor.

6.5 Limpar os grupos construtivos

1. Remover, desmontar e limpar os grupos construtivos expostos à sedimentação severa de iodo, por ex., reservatórios compensadores, agregados de pré-aquecimento, trocadores de calor (radiadores de água regenerativos, trocadores de calor de óleo, radiadores de turbocompressores, pré-aquecedores de turbocompressores, pré-aquecedores de combustível, etc.) e tubulações profundas.
2. Antes da limpeza, examinar o grau de sujeira do lado da água.
3. Tratando-se de incrustações calcárias gordurosas, inicialmente desengordurar o lado da água.
4. Precipitações aderentes provocadas por névoa de óleo em radiadores do ar de sobrealimentação podem ser removidas com Kluthe Hakutex 60 .
5. As incrustações calcárias duras devem ser removidas por meio de um solvente para incrustações calcárias. Quando houver incrustações calcárias persistentes, caso necessário, uma solução inibida de ácido clorídrico de 10 % poderá ser usada com sucesso.
6. Os depósitos sobre e dentro dos elementos inseridos de trocadores de calor devem ser dissolvidos em um banho de limpeza aquecido. Utilizar somente agentes de limpeza liberados em concentração de utilização admissível e respeitar as informações do fabricante, consulte (→ Página 84)

Importante

Os depósitos no lado do óleo podem ser igualmente dissolvidos com um banho de querosene. O tempo de permanência no banho de limpeza depende do tipo e da espessura da sujeira, bem como da temperatura e da atividade do banho.

7. Os componentes individuais, tais como carcaças, tampas, tubulações, visores, elementos inseridos de trocadores de calor e peças semelhantes, devem ser limpos com vapor sobreaquecido, uma escova de nylon (escova macia) e um forte jato de água.

Importante

Para evitar danos:

Não utilizar ferramentas duras e de arestas vivas (escovas de arame de aço, raspadores entre outras ferramentas) (camada de oxidação protetora).

Não ajustar a pressão do jato de água de forma demasiadamente alta (danos, por ex., nas lamelas do radiador).

8. Depois da limpeza, os elementos inseridos dos trocadores de calor devem ser submetidos ao jato de vapor de baixa pressão, dirigido na direção inversa à do fluxo operacional. Em seguida, enxaguar com água límpida (até uma diferença do valor de pH de < 1), aplicar ar comprimido e fazer a secagem com ar quente.
9. Verificar todos os elementos construtivos quanto ao seu estado perfeito, consertá-los ou substituí-los.
10. Enxaguar os elementos inseridos dos trocadores de calor, tanto do lado do óleo, como do lado do agente de refrigeração do motor, com um óleo anticorrosivo. Esta etapa é dispensável quando o trocador de calor for montado imediatamente após a limpeza e colocado em funcionamento.
11. Após a instalação de todos os grupos construtivos enxaguar uma vez o circuito do líquido de arrefecimento do motor, consulte (→ Página 85).
12. Ao colocar o motor em funcionamento, verificar o circuito do agente de refrigeração quanto à estanqueidade.

Importante

Para indicações adicionais, consulte o Manual de Conservação e manutenção do motor.

6.6 Circuitos de refrigeração com ataque de bactérias, leveduras e fungos

Limpeza do sistema

O critério para uma limpeza eficiente e desinfecção do sistema do agente de refrigeração é que o sistema de refrigeração completo seja submetido ao fluxo com o limpador do sistema por um período suficientemente longo.

Antes da drenagem, será adicionado o volume prescrito do limpador do sistema que está aprovado ao líquido de arrefecimento com impurezas, consulte (→ Página 84). Deve ser assegurado que a mistura seja bombeada por mín. 24 horas, máx. 48 horas.

Enxágue

Quando o líquido de arrefecimento e o limpador de sistema tiverem sido despressurizados, o circuito de arrefecimento deve ser lavado com água fresca. Deve ser lavado até que não haja impurezas visíveis e a água de enxágue corresponda ao valor do pH da água fresca utilizada (diferença máxima de $\text{pH} < 1$).

Reabastecimento

Antes do reabastecimento, deve ser assegurado que o sistema de refrigeração esteja livre de impurezas.

Um reabastecimento deverá ocorrer imediatamente após o enxágue, caso contrário existe o perigo de corrosão!

7 Ar de alimentação e ar de combustão

7.1 Generalidades

Importante

Nenhum composto corrosivo deve penetrar no ar de admissão.
Os valores limite especificados devem ser respeitados para que não ocorra a anulação da garantia.

Em caso de operação em piscinas ou nas proximidades de equipamentos de refrigeração é necessário atentar que até mesmo pequenos vestígios de compostos de halogênio no ar de alimentação (ar de admissão) podem resultar na corrosão nos seguintes componentes:

- No motor
- Em componentes da periferia, por exemplo, em motores elétricos

Os produtos de limpeza também podem conter substâncias agressivas e promotoras de corrosão.

Consultar a MTU Onsite Energy em caso de dúvidas.

O ar de desorção ou gases "off" resultantes de processos termoquímicos não devem ser alimentados no ar de admissão sem uma consulta prévia junto a MTU Onsite Energy.

A faixa de temperatura permitida com especificação das temperaturas mínima e máxima encontra-se indicada da ficha técnica do motor/agregado.

Todos os motores a gás da MTU Onsite Energy podem ser operados com um ar de admissão abaixo de um ponto de orvalho de 20°C. A operação com um ar de admissão acima de um ponto de orvalho de 17,5°C deve ser limitada a < 200 horas de operação por ano. Uma temperatura de ponto de orvalho do ar de admissão acima de 21°C não é permitida. Em caso de valores divergentes ou temperaturas mais elevadas de ponto de orvalho do ar de admissão, é necessário realiza uma consulta à fabrica da MTU Onsite Energy.

Valores limite na mistura de gás

A mistura de gás é composta de ar e combustível. Os valores limite especificados para o combustível não devem ser excedidos na mistura de gás (→ Página 55).

Os valores limite na mistura de gás (em ppm) são significativamente menores do que os valores especificados para o combustível (via de regra, aprox. 20 vezes menor).

8 Água de aquecimento

8.1 Generalidades

Importante

As especificações da MTU Onsite Energy sobre a preparação / ventilação dos circuitos de água devem ser respeitadas.
Os valores limite especificados devem ser respeitados para que não ocorra a anulação da garantia.

Importante

Os requisitos para a qualidade da água de aquecimento acima de 100°C se aplicam quando os trocadores de calor dos gases de escape são instalados no circuito de arrefecimento do motor ou no circuito de aquecimento.

Importante

É proibida a adição de sulfito.
Como alternativa, é recomendado WBcon 2347 para o circuito de água de aquecimento.
É necessário atentar para o fato de que o produto contém boratos e hidróxido de sódio, que atacam materiais tais como alumínio ou latão.

Notas complementares

Com o caráter de precaução deve-se salientar que, de modo geral, os seguros contra avarias de máquinas não cobrem os custos associados a danos previsíveis, como por exemplo, água de qualidade inadequada.

O termo "Soma dos alcalinos terrosos" deve ser entendido como o teor de sais de cálcio e magnésio dissolvidos que formam a dureza. Para realizar a conversão na unidade de medida anteriormente habitual de "Dureza total" aplica-se:

- $1 \text{ mol/m}^3 = 5,6 \text{ dH}$
- O valor pH é uma medida para o grau de acidez ou alcalinidade de uma solução.
- $\text{pH} = 7$ neutro, < 7 ácido, > 7 alcalino.

Importante

Variação máxima permitida da temperatura de entrada da água de aquecimento: máx. 3 K / min.

8.2 Requisitos da água de aquecimento

Importante

Não é permitida a adição de sulfito de sódio como agente aglutinante para o oxigênio.

Importante

A escala de base deve ser feita com fosfato trissódico.

Requisitos da água de aquecimento até 100°C

A Diretiva VDI 2035 Folha 1 (dezembro de 2005) e folha 2 (setembro de 1998) é normativa. "Prevenção de danos por corrosão e formação de pedras em sistemas de aquecimento por água quente" com os seguintes valores de referência (consulte também as explicações correspondentes no original):

Requisitos gerais	Clara, incolor e livre de substâncias não dissolvidas	
Valor pH (25°C)	8,0 a 9,0	
Condutividade elétrica (25°C)	< 250	µS/cm
Soma dos alcalinos terrosos	Até 1,5 Até 8,4	mmol/l °dH
Cloretos	< 50	mg/l
Sulfatos	< 50	mg/l
Fosfatos	< 10	
Teor de oxigênio com a utilização de agentes aglutinantes de oxigênio	< 0,1	mg/l
Ferro	< 0,2	mg/l

Tabela 52: Requisitos da água de aquecimento até 100°C

Caso os valores limite citados acima não sejam respeitados, as seguintes medidas são necessárias:

- Contra a formação de pedras: Preparação da água (amolecimento, desmineralização total, osmose reversa) ou estabilização da dureza (produtos ST-DOS-H)
- Contra os processos de corrosão: Inibição ou ligação de oxigênio (produtos ST-DOS-H)

Requisitos da água de aquecimento acima de 100°C

A Diretiva VdTÜV TCh 1466 sobre a qualidade da água em sistemas de aquecimento, que operam com temperatura prévia superior a 100°C, é normativa. De acordo com esta, os seguintes valores de referência se aplicam à operação de baixo teor de sal:

Requisitos gerais	Clara, incolor e livre de substâncias não dissolvidas	
Valor pH (25°C)	8,0 a 9,0 *	
Condutividade elétrica (25°C)	10 a < 250	µS/cm
Soma dos alcalinos terrosos	< 0,02 < 0,10	mmol/l °dH
Cloretos	< 20	mg/l
Sulfatos	< 5 a 10	mg/l
Teor de oxigênio	< 0,05	mg/l

* Divergência em relação à TCh 1466 (TÜV)

Requisitos gerais	Clara, incolor e livre de substâncias não dissolvidas	
Fosfato	5 a 10	mg/l
Ferro	< 0,2	mg/l
* Divergência em relação à TCh 1466 (TÜV)		

Tabela 53: Requisitos da água de aquecimento acima de 100°C

Medidas contra a formação de pedras e processos de corrosão:

- Contra a formação de pedras: Preparação da água (amolecimento, desmineralização total, osmose reversa) ou estabilização da dureza (produtos ST-DOS-H)
- Contra os processos de corrosão: Inibição ou ligação de oxigênio (produtos ST-DOS-H)

9 Confirmação dos lubrificantes e fluidos

9.1 Confirmação por parte do operador das unidades de gerador

Importante

A colocação em serviço do equipamento não pode ser realizada sem esta confirmação.

Descrição do equipamento:

O equipamento é constituído de:

Fábrica / nº SAP:

Cliente:

Operador:

Gerente de projetos da MTU:

Por meio desta, confirmamos que a qualidade dos lubrificantes e fluidos (água de arrefecimento, gás, óleo lubrificante, água de aquecimento etc., se aplicável) corresponde à especificação sobre lubrificantes e fluidos da MTU Onsite Energy.

A MTU Onsite Energy não assume nenhuma garantia pelo danos originados em razão da divergência de qualidade dos lubrificantes e fluidos.

Local, data

Assinatura legalmente vinculativa (contratante)

10 Anexo A

10.1 Índice de abreviaturas

Abreviatura	Significado	Esclarecimento
ASTM	American Society for Testing and Materials	
Bh	Horas de funcionamento	
BR	Série	
BV	Especificações para materiais auxiliares	
DIN	Deutsches Institut für Normung e. V.	Ao mesmo tempo, designação para normas (norma da indústria alemã)
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.	
EN	Europäische Norm	Europäische Norm
IP	Institute of Petroleum	
ISO	International Organization for Standardization	Organização internacional para todos os institutos de normatização nacionais
MZ	Índice de metano	
OEG	Onsite Energy	MTU Onsite Energy
SAE	Society of Automotive Engineers	US-amerikanisches Normungsgremium
ST-DOS-H		Produtos
VDI	Diretiva	
VdTÜV	Diretiva	
Vol.	Volume	

10.2 Tabela de conversão de unidades SI

Unidade SI	Unidade US	Conversão
°C	°F	$^{\circ}\text{F} = ^{\circ}\text{C} \times 1,8 + 32$
kWh	BTU	1 BTU = 0,0002930711 kWh
kWh/m ³ i.N.	BTU/ft ³	1 BTU/ft ³ = 00,010349707 kWh/m ³
kW	kBTU/hr	1 kBTU/hr = 0,2928104 kW
kW	bhp	1 bhp = 0,7457 kW
l	gal	1 gal = 3,785412 litros
mm	polegada	1 polegada = 25,4 mm
m	ft	1 ft = 0,3048 m
m/s	ft/s	1 ft/s = 0,3048 m/s
m ³ i.N.	ft ³ i.N.	ft ³ = 0,02831685 m ³ i.N.
bar	psi	1 psi = 0,06894757 bar
kg	lb	1 lb = 0,4535924 kg

Tabela 54: Tabela de conversão

10.3 MTU Onsite Energy - Pessoas de contato/oficinas autorizadas

Assistência técnica

A rede de vendas em nível mundial com filiais, escritórios de vendas, representantes, e bases de apoio de assistência técnica, assegura uma assistência rápida e direta no local e a grande disponibilidade de nossos produtos.

Assistência no local

Especialistas experientes e competentes estão a sua disposição para transmitir seus conhecimentos a você.

Para nossa assistência no local, acesse o website MTU em:

- <http://www.mtuonsiteenergy.com/haendlersuche/index.de.html>

Hotline 24 h

Por meio de nossa Hotline 24 h e de nossa flexibilidade, somos seu representante em qualquer hora do dia na fase operacional, na manutenção preventiva, nos trabalhos corretivos em casos de falhas, em condições de uso alteradas e no suprimento de peças de reposição.

Para nossa assistência no local, acesse o website MTU em:

- <http://www.mtuonsiteenergy.com/haendlersuche/index.de.html>

Seu contato na central:

- info@cac-mtuonsiteenergy.com

Serviço de peças de reposição

Identificar de forma rápida, simples e correta a peça de reposição para sua instalação. A peça de reposição correta, no momento oportuno e no local correto.

Para esse objetivo oferecemos uma logística de peças de reposição com rede em nível mundial.

Seu contato na central:

Alemanha:

- Tel.: +49 821 74800
- Fax: +49 821 74802289
- E-mail: spareparts-oeg@mtu-online.com

Em todo o mundo:

- Tel.: +49 7541 908555
- Fax: +49 7541 908121
- E-mail: spare.parts@mtu-online.com

11 Anexo B

11.1 Índice

A

Adição de cor

- Circuito de óleo lubrificante 11
- Circuito do líquido de arrefecimento 31

Agente anticongelante

- BR400 54
- Para sistemas de arrefecimento contendo metais leves
 - Concentrados 48
 - Misturas prontas 52
- Para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves
 - Concentrados 40
 - Misturas prontas 43

Agente de limpeza 84

- Limpador de sistema 88

Agente redutor de NOx

- Generalidades 80

Água de aquecimento

- Generalidades 90
- Requisitos 91

Água potável

- Valores limite
 - BR400 35
 - BR4000 34

Análise do óleo usado 8

Ar de admissão 89

Ar de combustão 89

Armazenamento

- Líquido de arrefecimento 30

Atualidade do impresso 5

B

Biogás

- Componentes principais 56
- Requisitos
 - BR400 76
 - BR4000 70

C

Circuito de líquido de arrefecimento

- Impurezas 83

Circuito de líquido de arrefecimento do motor

- Impurezas 83

Circuito de óleo lubrificante

- Vazamento 11

Circuito do líquido de arrefecimento

- Agente de limpeza 84
- Limpar grupos construtivos 87
- Materiais 33
- Vazamento 31

Circuito do líquido de arrefecimento do motor

- Agente de limpeza 84
- Limpar grupos construtivos 87

Combustíveis 60, 66

- Biogás
 - BR400 76
 - BR4000 70
- BR400
 - Impurezas 77
- Gás natural
 - Aplicação marítima 61

Combustíveis

- Gás natural
 - BR400 75
 - BR4000 67

Combustível

- Teor de silício 10
- Utilização 55

Compostos de silício

- Gás combustível 59

Condensado de gases de escape 82

Confirmação

- Operador 93

Conservação do

- Motor 5

Controle de operação

- Líquido de arrefecimento 26

G

Gás combustível

- Aplicação de gerador e grupo gerador
 - BR400 75, 76
- Aplicação marítima 61
- Compostos de silício 59
- Teor de silício 10

Gás combustível

- Aplicação de gerador e grupo gerador
 - BR4000 67, 70

Gás natural

- Componentes principais 56
- Requisitos
 - Aplicação marítima 61

Gás natural

- Requisitos
 - BR400 75
 - BR4000 67

Graxa 12

- Aplicação geral 13
- Grupo gerador BR400 23
- Grupo gerador BR4000 16
- Para geradores 16, 23

I

Impurezas

- Combustíveis
 - BR400 77

Índice de abreviaturas 94

Intervalos de troca do óleo do motor

- Grupo gerador BR400 21
- Lubrificação por pulverização de óleo 21
- Valores limite 8

L

Lavar o

- Circuito do líquido de arrefecimento do motor 85

Limpar o

- Circuito do líquido de arrefecimento 86
- Circuito do líquido de arrefecimento do motor 86

Liquid Natural Gas (LNG) (gás natural liquefeito - GNL) 58

Líquido de arrefecimento

- Maleta de testes 83
 - Agente de proteção anticongelante
 - Concentrados para aplicações especiais 42, 51
 - Aplicação de gerador 36, 45
 - BR400 54
 - BR4000
 - Agente anticongelante para sistemas de arrefecimento contendo metais leves 48, 52
 - Agente anticongelante para sistemas de arrefecimento não contendo metais leves 40, 43
 - Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante para sistemas de arrefecimento contendo metais leves 46, 47
 - Concentrações permitidas 26
 - Controle operacional 26
 - Definição 24
 - Estabilidade de armazenamento 30
 - Grupo gerador
 - BR400 54
 - BR4000 36, 45
 - Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante
 - Concentrados para sistemas de arrefecimento sem metais leves 37
 - Misturas prontas para sistemas de arrefecimento sem metais leves 39
 - Maleta de teste 26
 - Preparação
 - BR400 35
 - BR4000 34
 - Requisito da água potável
 - BR400 35
 - BR4000 34
 - Valores limite 26
- ### Líquido de arrefecimento sem proteção anticongelante
- Para sistemas de arrefecimento contendo metais leves
 - Concentrados prontas 46
 - Misturas prontas 47

Lubrificação por pulverização de óleo 21

Lubrificante

- Aplicação especial 12
- ### Lubrificantes e fluidos autorizados
- Óleos de motor para BR400 18
 - Óleos de motor para BR4000 14

M

Maleta de testes

- Líquido de arrefecimento 83

Materiais

- Circuito do líquido de arrefecimento 33

Meio para o espaço do invólucro da tubulação de gás em aplicação marítima

- Combustíveis para motores a gás 64

Mistura de gás

- Valores limite 89

Motor

- Conservação 5

MTU Onsite Energy

- Oficinas autorizadas 96
- Pessoas de contato 96

N

Norma de lavagem

- Circuito do líquido de arrefecimento do motor 83, 85
- Circuitos de arrefecimento com ataques de bactérias, leveduras e fungos 88
- Grupos construtivos 87

Norma de limpeza

- Circuito do líquido de arrefecimento do motor 83, 86
- Limpador de sistema 88

Notas sobre a utilização 5

O

Oficinas autorizadas

- MTU Onsite Energy 96

Óleo do motor 7

Óleo lubrificante

- BR4000 14

Óleo para motor

- BR400 18
- BR4000 14

Óleos para transmissão 17

Operador

- Confirmação 93

P

Pessoas de contato

- MTU Onsite Energy 96

R

Requisito

- Circuito do líquido de arrefecimento 33

Requisitos

- Água de aquecimento 91

S

Sistema de arrefecimento

- Prevenção de danos 32

- Sistema de pós-tratamento dos gases de escape
 - Agente redutor de NOx 80
 - Condensado de gases de escape 82
- Sistema de pós-tratamentos dos gases de escape
 - Generalidades 79

T

- Teor de silício
 - Combustível 10
 - Gás combustível 10

V

- Valor de operação de silício 10
- Valor limite de operação de silício 10
- Valores limite
 - Óleos de motor usados 8
- Vazamento
 - Circuito de óleo lubrificante 11
 - Circuito do líquido de arrefecimento 31