ÍNDICE DE REVISÕES

REV.	DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS
0	EMISSÃO ORIGINAL, PARA APROVAÇÃO
A	REVISÃO DOS ITENS 10 (CARACTERÍSTICAS DO MOTOR DE INDUÇÃO) E 15 (SOBRESSALENTES), ALÉM DA INCLUSÃO DO ITEM 18.
B	REVISÃO DOS ITENS 3 E 4, PELA CONTRATEC ENGENHARIA LTDA., CONTRATO Nº 5900.0133135.25.2, RESPONSÁVEL TÉCNICO: THIAGO TERENCIO DE MENEZES SANTOS, CREA-PE Nº 045.316/D.

	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C	REV. D	REV. E	REV. F	REV. G	REV. H
DATA	29/09/2025	03/07/2026	13/08/2026						
PROJETO	REPAR	REPAR	REPAR						
EXECUÇÃO	AIB6	AIB6	AIB6						
VERIFICAÇÃO	URQ2	URQ2	ADOV						
APROVAÇÃO	URQ2	URQ2	ADOV						

AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.

INTERNA

1 OBJETIVO

O objetivo deste documento é especificar as mínimas condições necessárias ao fornecimento de inversores de frequência em média tensão, para aplicação em motores elétricos de indução.

2 DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

Para complemento deste documento é necessário acessar demais informações e comentários contidos nos arquivos relacionados abaixo:
FD-5295.00-2114-712-PDG-007 / FD-295-RE-2100-70-00128
RM-5295.00-2114-712-PDG-003 / RM-295-RE-2100-70-00012

3 NORMAS E RECOMENDAÇÕES

Todos os componentes, do inversor de frequência em média tensão, devem ser projetados, fabricados e testados de acordo com as normas e códigos abaixo relacionados:

ABNT NBR IEC 62271-200 - Painéis de Média Tensão.
ABNT NBR IEC 60529 - Grau de Proteção.
IEEE – Institute of electrical & electronic engineers;
IEEE Std 519-1992, IEEE Recommended practice and requirements for harmonic control in electrical power systems;
NEMA Standards publication nº ICS 7-2000, industrial control and systems adjustable-speed drives;
IEC 60034 – Rotating electrical machines;
IEC 60076 – Power transformers;
IEC 60146 – Semiconductor convertors - General requirements and line commutated convertors;
IEC 61800-3 – Adjustable speed electrical power drive systems – Part 3: EMC product standard including specific test methods;
IEC 61800-4 – Adjustable speed electrical power drive systems – Part 4: General requirements – Rating specifications for a.c. power drive systems above 1000 V a.c. and not exceeding 35 kV;
IEC 60726 – Dry type power transformers;
IEC 61378-1 - Convertor transformers – Part 1: Transformers for industrial applications;
IEC 60551 – Determination of transformer and reactor sound levels;
IEC 60905 – Loading guide for dry-type power transformers;
API Standard 673 – Driven machines for petroleum, chemical and gas for industry services - Second edition;
API Standard 617 – Centrifugal compressors for petroleum, chemical and gas service industries;
IEC 61800-5 – International electrotechnical comission;
N-2919 – Motores elétricos trifásicos de indução ou síncronos;
N-2547 – Conversor de frequência para controle de rotação e motor elétrico.

4 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS PARA PROJETO

Temperatura ambiente de projeto: mínima 0ºC, média 30ºC e máxima 50ºC
Umidade relativa do ar sem condensação entre: 15% e 90%
Altitude: < 1000m
Proximidade do mar: Não
Unidade marítima de produção: Não
Armazenagem de transporte entre: -25ºC e 55ºC
Tipo de fábrica: Indústria Petroquímica
Classificação de local de instalação: Conforme IEC 60721-3-3

5 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA ELÉTRICO

Tensão nominal de alimentação do inversor: 2400V +10% / -15%
Frequência nominal: 60HZ +- 5%
Tensão nominal do motor elétrico alimentado: 2300V
Faixa de operação contínua: mínima 80% e máxima 110%
Faixa de operação transitória: mínima 60% e máxima 120%, tempo 10s
Tensão auxiliar externa: Não
Aterramento do neutro do sistema elétrico: Alta resistência

6 CARACTERISTICAS TÉCNICA DO INVERSOR

6.1 Eficiência e Fator de Potência

O inversor MT e seus componentes associados devem ter alto rendimento e alto fator de potência. Deverão ser informados na proposta os valores de eficiência e fator de potência nas seguintes condições:

Carga	Eficiência	Fator de Potência*
100%	97,2%	> 0.96
75%	96,5%	> 0.96
50%	95,1%	> 0.96
25%	91,2%	

*O fator de potência é praticamente unitário para a faixa de 30% a 100% da velocidade nominal

6.2 Proteções do Inversor

As mínimas proteções a serem previstas para o inversor MT para a proteção da carga são:

- Desligamento do conversor de frequência por defeito interno;
- Sobrecarga do conversor de frequência;
- Falta de fase na saída do conversor de frequência;
- Supervisão de temperatura dos estágios semicondutores de potência, com sinalização de alarme e de "trip";
- Sobretensão;

- Subtensão;
- Proteção térmica de sobrecarga do motor;
- Salta à terra a jusante do conversor de frequência;
- Curto-circuito a jusante do conversor de frequência.

As mínimas funções de proteção do inversor são:

- Falha do CPU;
- Sobretensão do Link DC;
- Perda de referência de velocidade;
- Perda de refrigeração;
- Sobre velocidade do motor.

6.3 Controle e Automação

O sistema de controle deve apresentar as seguintes características:

- Controle Vetorial
- Sistema de autodiagnóstico microprocessado;
- Controle microprocessado;
- Funções de controle de automação de processo para liga, desliga, status, falha e alarmes, intertravamentos;
- Revisão de UPS interno, em configuração de dupla conversão online, para a fonte do sistema de controle;

As seguintes características para a automação e controle externo devem ser atendidas:

- Portas de comunicação: RS 485, Profibus e Modbus RTU/Ethernet;
- Entrada e saídas analógicas: 4 a 20mA (com Burn Out);
- Alarme de perda de comunicação;
- Mínimos sinais de entrada e saídas do Inversor:
  - Liga inversor;
  - Desliga inversor;
  - Desligamento de emergência externo;
  - Pronto para partir;
  - Inversor ligado;
  - Inversor desligado;
  - Falha interna do Inversor (alarme e trip);
  - Falta externa (alarme e trip);
  - Entrada de referência de frequência;
  - Temperatura do enrolamento do transformador isolador (se aplicável);
  - Temperatura do enrolamento do motor;
  - Rotação do motor;
  - Frequência de saída do inversor;
  - Tensão de saída do inversor;
  - Corrente de saída do inversor;
  - Potência de saída do inversor.

6.4 Interface de Operação (IHM)

Para a interface de operação do inversor devem ser previstos os seguintes componentes:

- Teclado de programação;
- Display com indicações de tensão, corrente, frequência, rotação, potência, alarmes e falhas;
- Memória de eventos para trip e alarmes;

Comandos;

- Parada de emergência.

6.5 Características Elétricas

- Potência nominal: > 110% Potência nominal do motor
- Tensão de alimentação: 2400V
- Frequência de alimentação: 60HZ
- Máxima distorção harmônica: Conforme N-2547 Rev.A / 2017
- Faixa de ajuste mínima de frequência de saída:
- Número mínimo de pulsos (tipo de retificador): ≥12 (ativo/regenerativo).
- Filtro ativo incorporado ao retificador
- Sistema de refrigeração:
- Tipo do inversor: Não regenerativo;
- Ruído: < 85dB(A) a 1m
- Instalação: Interna abrigada
- Tensão auxiliar: 480Vca, 120V (fonte externa);
- Regime de operação: Serviço Normal (10% de sobrecarga durante 01 minuto a cada 10 minutos);
- Transformador defasador: Sim;
- Tipo de chaveamento: P.W.M;

7 DISTORÇÃO DE TENSÃO E CORRENTE

Todas as componentes harmônicas deverão ser consideradas no cálculo, e não apenas os múltiplos inteiros da frequência fundamental. Devem ser avaliados os harmônicos característicos e não característicos, incluindo aqueles decorrentes do filtro do link CC, o qual é necessário para evitar a modulação da corrente e/ou tensão em corrente contínua causada pelo chaveamento do conversor.

7.1 THD DE TENSÃO

A distorção harmônica total (THD) da tensão em operação normal medida no painel PN-2101 (que alimenta o transformador do conversor) deve ser limitada em 5%, e a amplitude relativa de cada harmônico individual não deve ultrapassar 3% da componente fundamental (de acordo com a IEEE Std 519-1992).

7.2 THD DE CORRENTE (TDD)

A distorção harmônica total de corrente (THD), em operação normal, medida no painel PN-2101, deverá estar em conformidade com os requisitos estabelecidos no item 10.4 da norma IEEE Std 519-1992. A distorção de corrente de demanda (TDD) no painel PN-2101 não poderá exceder 5%, conforme definido na mesma norma. Adicionalmente, a TDD associada a harmônicos pares e a múltiplos não inteiros da frequência fundamental deverá ser limitada a 1%, devendo ser calculada pela mesma metodologia aplicada aos harmônicos convencionais, porém restrita a esses componentes específicos.

8 DUPLA ALIMENTAÇÃO DE FORÇA COM INTERTRAVAMENTO.

O painel deverá ser provido de dois disjuntores de potência, recebendo alimentação independentemente da Barra A e da Barra B do painel PN-2101.

Os disjuntores deverão possuir intertravamento mecânico e elétrico entre si, de modo a impedir o fechamento simultâneo e garantir a operação segura do sistema.

A transferência de alimentação entre barras deverá estar preparada para ocorrer de forma remota ou manual, conforme a necessidade operacional.

9 CARACTERÍSTICAS CONSTRUTIVAS DO PAINEL

9.1 Geral

O painel deverá ser do tipo Metal-Enclosed, projetado e construído em conformidade com as normas aplicáveis, com grau de proteção mínimo IP-42, conforme ABNT. Deverá ser autoportante, construído em chapas de aço carbono laminado a frio, e composto por seções verticais padronizadas, destinadas ao alojamento dos equipamentos. O painel deverá dispor de sistema de ventilação e/ou exaustão adequado à dissipação térmica dos inversores, considerando a temperatura máxima do ambiente definida neste documento, de modo a garantir que os limites de temperatura dos inversores e demais componentes não sejam ultrapassados. Deverá ser previsto colarinho de espera na parte superior do painel, destinado à conexão de duto flexível em tubo de alumínio de 200 mm de diâmetro, para instalação de exaustores responsáveis pela exaustão do ar quente proveniente do conversor de frequência. As partes de controle e de potência deverão ser montadas em gabinetes independentes, assegurando a segregação funcional e a segurança operacional.

9.2 Estrutura

O painel deverá ser construído em chapas e perfis de aço carbono, com espessura mínima equivalente a 14 USG, cortados e dobrados a frio, unidos por meio de solda e/ou parafusos, de forma a garantir um conjunto mecanicamente rígido. A base deverá ser formada por um requadro estrutural, no qual deverão ser previstos furos com diâmetro adequado para a fixação do painel ao piso, mediante o uso de chumbadores. O painel deverá ser provido de suportes para içamento, devidamente posicionados em pontos estruturalmente adequados, de modo a assegurar segurança e estabilidade durante a movimentação.

INTERNA

9.3 Barramentos

Todos os barramentos deverão ser confeccionados em cobre eletrolítico estanhado, de seção retangular com cantos arredondados, e identificados com pintura nas cores padrão da ABNT correspondentes a cada fase (CA). Os barramentos deverão ser dimensionados para conduzir, em regime permanente, a corrente nominal das cargas do painel, considerando temperatura de operação de até 50 ºC acima da temperatura ambiente de referência de 25 ºC. A fixação deverá ser realizada por meio de isoladores rígidos, não higroscópicos e não inflamáveis, exceto para o barramento de terra. Os barramentos deverão ser aptos a suportar os esforços térmicos e mecânicos decorrentes das correntes de curto-circuito instantâneo. Tanto os barramentos quanto suas conexões deverão ser estanhados eletroliticamente e identificados com pintura nas cores definidas pela ABNT.

9.4 Barramento de Terra

Na parte inferior do painel, ao longo de toda a sua extensão, deverá ser instalado um barramento de terra, ao qual deverão ser conectados todos os componentes metálicos do painel. O barramento de terra deverá ser constituído por barra retangular de cobre eletrolítico, dimensionada para conduzir, no mínimo, 80% da capacidade do barramento principal. A barra deverá ser rigidamente fixada à estrutura do painel por meio de parafusos, devidamente identificada e pintada na cor verde, conforme norma da ABNT. Todos os componentes e partes previstas para aterramento deverão ser conectados a este barramento de terra.

9.5 Fiação

A A fiação deverá ser executada com cabos de cobre recozidos, flexíveis, com isolamento termoplástico antichama. Todas as conexões entre equipamentos deverão ser realizadas por meio de terminais de cobre estanhado do tipo compressão não soldado, com proteção em PVC. Todos os fios deverão ser numerados conforme os diagramas funcionais. Os fios destinados a interligações externas deverão ser agrupados em blocos terminais devidamente identificados. Para a distribuição interna, os condutores deverão ser organizados em chicotes e dispostos em canaletas com tampa. Toda a fiação deverá sair pela parte inferior do painel. Os cabos de sinal deverão ser do tipo blindado, com condutores em cobre estanhado, a fim de assegurar maior imunidade a interferências eletromagnéticas. O dimensionamento dos condutores deverá atender à capacidade de corrente prevista em projeto, bem como às seções mínimas definidas para cada aplicação. Todas as fiações referentes a entradas e saídas analógicas e digitais deverão ser levadas obrigatoriamente aos bornes.

Bitola mínima dos cabos:

- Força..... 4,0mm^2
- Controle ..... 1,5mm^2
- Circuito de tensão (TP) .....1,5mm^2
- Circuito de corrente (TC)..... 2,5mm^2
- Saída transdutores..... 2x1,0mm^2 + Shield
- Circuitos de alarme .....1,5 mm^2
- Circuito de ventilação .....2,5mm^2
- Circuitos de aquecimento .....2,5mm^2

9.6 Blocos Terminais

Os blocos terminais dos condutores deverão ser instalados em local de fácil acesso, com espaço adequado para instalação, interligação e manutenção. Deverão ser devidamente identificados de acordo com os desenhos esquemáticos e possuir, no mínimo, 20% de terminais de reserva para futuras interligações. Os blocos terminais deverão ser apropriados para conexões com terminais tipo agulha.

9.7 Resistência de Aquecimento

Toda seção vertical do painel deverá ser provida de resistência de aquecimento, devidamente dimensionada, com a finalidade de evitar a condensação de umidade no interior do painel durante os períodos de parada ou manutenção.

9.8 Placas de Identificação

As placas de identificação do painel e de seus componentes deverão conter as mesmas designações constantes nos desenhos, de modo a permitir sua rápida e precisa identificação. As placas deverão ser confeccionadas em acrílico, com fundo preto e letras brancas, garantindo durabilidade e boa legibilidade.

9.9 Pintura

As superfícies a serem pintadas deverão receber tratamento prévio adequado ao processo de pintura, assegurando aderência, uniformidade e durabilidade do revestimento. O processo de pintura deverá atender integralmente à norma Petrobras N-1735, condição 2, devendo ser aprovado por inspetor de pintura Nível 2 e acompanhado por inspetor Nível 1, ambos qualificados conforme requisitos da Petrobras.

A pintura de acabamento deverá atender aos seguintes padrões de cor:

Externo..... Cinza Claro – Munsell N6,5
Interno..... Cinza Claro – Munsell N6,5
Placa de montagem ..... Branco - RAL9003

10 CARACTERÍSTICAS DO MOTOR DE INDUÇÃO

10.1 Ventilador Ar Forçado - FDF

- Quantidade ..... 01(um)
- Tipo ..... Indução Gaiola
- Potência..... 370KW
- Número de pólos..... 2
- Tensão de alimentação..... 2300Vca – 3 ϕ
- Frequência de trabalho ..... 20~60 Hz
- Corrente nominal ..... ~120A

11 ENSAIOS

O equipamento fornecido deverá ser submetido a testes de acordo com a última revisão das normas aplicáveis e dos métodos de ensaio correspondentes, a serem realizados nas instalações do fabricante. Deverá ser elaborado e encaminhado um Plano de Inspeção e Testes (PIT) para aprovação da CBC e do cliente final, previamente à execução dos ensaios.

A aceitação do equipamento estará condicionada à comprovação do atendimento integral aos requisitos de desempenho e qualidade especificados, devidamente verificados por meio dos testes realizados na presença de inspetor designado.

Durante o processo de fabricação, poderão ser realizados diligenciamentos e inspeções parciais. O representante da CBC ou do cliente final terá, a qualquer momento, direito de acesso às instalações do fabricante para verificação de quaisquer etapas de produção que considerar necessárias.

Deverão ser realizados, no mínimo, os seguintes ensaios:

- Medição da resistência do isolamento da parte de potência;
- Tensão aplicada no circuito de potência;
- Simulação de funcionamento e medição de frequência da saída;
- Verificação das sinalizações de defeito e operação;
- Verificação dos intertravamentos de segurança;
- Verificação visual externa e das placas eletrônicas;
- Teste de alimentação elétrica por meio da Barra A e da Barra B;
- Teste de intertravamento elétrico e mecânico da alimentação de força;
- Demais ensaios complementares que se fizerem necessários, de acordo com as normas aplicáveis e especificações do fabricante.

12 DESVIOS

O fabricante deverá indicar de forma clara, em sua proposta, todas as eventuais discordâncias ou desvios em relação a esta especificação. Na ausência de apresentação de uma lista formal de desvios, será considerado que o fornecedor aceita integralmente todos os requisitos estabelecidos nesta especificação.

13 DOCUMENTAÇÃO

Deverão ser fornecidos no mínimo os seguintes documentos:

- Desenhos Dimensionais;
- Desenhos de Detalhes;
- Diagramas Trifilares/Funcionais/Blocos;
- Relatórios de Testes;
- Manuais de Manutenção, Operação e Instalação;
- Lista de Materiais;
- Espectro de Harmônicos;
- Outros que se fizerem necessários.

14 SERVIÇOS

Os serviços deverão contemplar:

- Supervisão da montagem e condicionamento em campo;
- Comissionamento e assistência à pré-operação (parametrização e testes);
- Assistência à operação assistida (partida);
- Treinamento.

A Proponente deve considerar que os serviços deve, obrigatoriamente, ser realizado por profissional técnico treinado, especializado e AUTORIZADO pelo próprio fabricante do inversor de frequência.

O cronograma estimado para execução das atividades encontra-se descrito a seguir e está sujeito a alterações.

EQUIPAMENTOS	DESCRIÇÃO DA ATIVIDADE	DURAÇÃO	DATA INÍCIO	DATA FIM
VV-M-B-2119A/B/C	SUPERVISÃO DE MONTAGEM E CONDICIONAMENTO NO CAMPO	20 DIAS ÚTEIS	07.08.2028	01.09.2028
VV-M-B-2119A/B/C	COMISSIONAMENTO / ASSISTÊNCIA A PRÉ-OPERAÇÃO	5 DIAS ÚTEIS	04.09.2028	08.09.2028
VV-M-B-2119A/B/C	ASSISTÊNCIA À OPERAÇÃO ASSISTIDA (PARTIDA)	5 DIAS ÚTEIS	13.11.2028	21.11.2028

As datas previstas para a Parada da U-2100 estão descritas abaixo e podem sofrer alterações;

PARADA U-2100 – DATA PREVISTA	
INÍCIO	02.10.2028
FIM	14.11.2028

15 SOBRESSALENTES

O fornecedor deverá incluir na proposta, o fornecimento de sobressalentes para dois anos de operação, conforme recomendação do fabricante, com preços unitários.
Adicionalmente, deverá apresentar relação detalhada de peças sobressalentes recomendadas para até cinco anos de operação normal, fornecida pelo fabricante, indicando quantidades, códigos, prazo de fornecimento e criticidade dos itens. Os sobressalentes deverão ser cotados separadamente na proposta comercial.
O fornecedor/fabricante deverá, ainda, garantir o fornecimento de peças por pelo menos 10 anos após a compra.

16 EMBALAGEM E ARMAZENAMENTO

Os métodos de embalagem deverão assegurar a proteção completa de todas as partes e peças do equipamento, prevenindo quaisquer danos durante as etapas de transporte, embarque e desembarque. A embalagem deverá estar em conformidade com os critérios estabelecidos no item 11 da norma Petrobras N-2547.

17 TREINAMENTO

O fornecedor deverá disponibilizar curso de treinamento do conversor em tecnologia, operação e manutenção, a ser ministrado para 20 (vinte) funcionários da PETROBRAS.

O curso deverá contemplar:

- Treinamento no software do conversor;
- Manutenção e operação
- Fornecimento de material didático;
- Treinamento prático nos aspectos essenciais, incluindo substituição de dispositivos semicondutores, configuração, procedimentos de troubleshooting e operação do keypad.

O material didático referente à operação, manutenção, start-up, comissionamento, transporte, armazenamento e demais temas pertinentes deverão ser entregue com antecedência mínima de 30 (trinta) dias em relação à realização do treinamento ou ao início do comissionamento, prevalecendo a data que ocorrer primeiro.

Esse material deverá ser fornecido em formato impresso e também em meio eletrônico compatível com Microsoft Windows.

18 CRITÉRIOS DE PAGAMENTO

O pagamento do pedido será realizado da seguinte forma:
90% referente ao material entregue pelo fornecedor na unidade.
10% após a conclusão da instalação, comissionamento e da assistência à pré-operação.

O pagamento da operação assistida e treinamentos serão de forma segregada mediante aprovação da fiscalização Petrobras.