

MOTOR ELÉTRICO DE INDUÇÃO

Especificação

Esta Norma substitui e cancela a sua revisão anterior.

Toda esta Norma foi alterada em relação à revisão anterior.

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos itens da mesma.

Requisito Mandatório: Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não segui-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada (não-mandatória): Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o aprimoramento da mesma, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

"A presente norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."

CONTEC
Comissão de Normas
Técnicas

SC - 06
Eletricidade

Apresentação

As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho – GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelos Representantes Locais (representantes das Unidades Industriais, Empreendimentos de Engenharia, Divisões Técnicas e Subsidiárias), são aprovadas pelas Subcomissões Autoras – SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando os Órgãos da Companhia e as Subsidiárias) e aprovadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Superintendências dos Órgãos da Companhia e das suas Subsidiárias, usuários das normas). Uma norma técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 (cinco) anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as normas técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

PÁGINA EM BRANCO

SUMÁRIO

1 OBJETIVO	5
2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES	5
2.1 Referências Normativas	5
2.2 Quadro de Equivalência das Normas	7
3 DEFINIÇÕES	7
3.1 Classe de Temperatura	7
3.2 Grau de Proteção	7
3.3 Grau de Proteção - Designação	7
3.4 Temperatura Limite	8
3.5 Tempo t_E	8
3.6 Tipo de Proteção	8
3.7 Tipo de Proteção - Designação (Ex)	8
3.8 Especificação Técnica	9
3.9 OCC – Organismo de Certificação Credenciado	9
4 CONDIÇÕES GERAIS	9
5 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS	10
5.1 Características de Operação	10
5.2 Características de Partida e de Isolação	11
5.3 Motor de Alta Eficiência	12
5.4 Sensores e Instrumentos	13
5.5 Requisitos Adicionais para Motor Acionado por Conversor de Frequência	13
6 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS	15
6.1 Requisitos Construtivos Gerais	15
6.2 Grau de Proteção	16
6.3 Método de Resfriamento	17
6.4 Ventilação	17
6.5 Nível de Ruído	17
6.6 Caixas de Ligação	17
6.7 Aquecedores	19
6.8 Terminais e Conectores	19
6.9 Placa de Identificação	20
6.10 Vibração	21
6.11 Tipo de mancal	21
6.12 Lubrificação dos Mancais	22

6.13 Tipo de Proteção	23
6.14 Trocador de Calor Ar-Água.....	24
7 INSPEÇÃO	24
8 ARMAZENAMENTO OU PARADA DE OPERAÇÃO	25
9 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA.....	26
9.1 Com a Proposta.....	26
9.2 Após AFM.....	27
9.3 Manuais	29
9.3.1 Seção 1 - Instalação	29
9.3.2 Seção 2 - Operação	30
9.3.3 Seção 3 - Instruções de Desmontagem e Montagem.....	30
9.3.4 Seção 4 - Desenhos Certificados	30
9.3.5 Seção 5 - Ensaios	31
9.3.6 Seção 6 - Diversos	31
ÍNDICE REMISSIVO	32

FIGURAS

FIGURA 1 - MOTOR INSTALADO EM ÁREA CLASSIFICADA, ACIONADO POR CONVERSOR DE FREQUÊNCIA.....	15
FIGURA 2 - DETALHE ESQUEMÁTICO DE CAIXA DE LIGAÇÃO DE MOTOR	18
FIGURA 3 - CIRCUITOS PARA AQUECIMENTO DE MOTORES QUE NÃO POSSUEM RESISTOR DE AQUECIMENTO	25

TABELAS

TABELA 1 - RENDIMENTOS MÍNIMOS ACEITÁVEIS PARA MOTORES DE ALTA EFICIÊNCIA	12
TABELA 2 - LIMITES DE FOLGAS AXIAIS PARA ROTORES COM MANCAIS HIDRODINÂMICOS.....	21
TABELA 3 - CRITÉRIOS DE SELEÇÃO DE MOTOR INSTALADO EM ÁREA CLASSIFICADA.....	23

/OBJETIVO

1 OBJETIVO

1.1 Esta Norma fixa os requisitos para a aquisição de motor elétrico de indução para uso nas instalações da PETROBRAS.

1.2 Esta Norma somente se aplica a trabalhos iniciados a partir da data da sua edição.

1.3 Esta Norma contém requisitos mandatórios e práticas recomendadas.

2 DOCUMENTOS COMPLEMENTARES

Os documentos relacionados a seguir são citados no texto e contém prescrições válidas para a presente Norma.

2.1 Referências Normativas

PETROBRAS N-1219	- Cores para Uso na PETROBRAS;
PETROBRAS N-1496	- Motor Elétrico de Indução - Folha de Dados;
ABNT NBR 5031	- Máquina Elétrica Girante - Classificação das Formas Construtivas e Montagens;
ABNT NBR 5110	- Máquina Elétrica Girante - Classificação dos Métodos de Resfriamento;
ABNT NBR 5363	- Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas Invólucros à Prova de Explosão - Tipo de Proteção "d";
ABNT NBR 5418	- Instalações Elétricas em Ambientes com Líquidos Gases ou Vapores Inflamáveis;
ABNT NBR 5420	- Recomendações e Medidas de Proteção para Projeto, Construção e Utilização de Equipamentos Elétricos em Ambientes com Atmosferas Explosivas - Tipo de Proteção "p";
ABNT NBR 5432	- Máquina Elétrica Girante - Dimensões e Potências Nominais;
ABNT NBR 5597	- Eletroduto Rígido de Aço Carbono, com Revestimento Protetor, com Rosca ANSI;
ABNT NBR 7094	- Máquinas Elétricas Girantes - Motores de Indução ;
ABNT NBR 8368	- Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas - Temperatura Máxima de Superfície;
ABNT NBR 9518	- Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas - Requisitos Gerais;
ABNT NBR 9883	- Equipamentos Elétricos para Atmosferas Explosivas - Segurança Aumentada - Tipo de Proteção "e";
ABNT NBR 9884	- Máquinas Elétricas Girantes - Graus de Proteção Proporcionados pelos Invólucros;

IEC 34-1	- Rotating Electrical Machines - Part 1 - Rating and Performance;
IEC 34-5	- Rotating Electrical Machines - Part 5 - Classification of Degrees of Protection Provided by Enclosures for Rotating Machines;
IEC 34-6	- Rotating Electrical Machines - Part 6 - Methods of Cooling Rotating Machinery;
IEC 34-7	- Rotating Electrical Machines - Part 7 - Symbols for Types of Construction and Mounting Arrangements of Rotating Electrical Machines;
IEC 34-9	- Rotating Electrical Machines - Part 9 - Noise Limits;
IEC 34-12	- Starting Performance of Single-Speed Three-Phase Cage Induction Motors for Voltage up to and Including 660 V;
IEC 34-14	- Rotating Electrical Machines - Part 14 - Mechanical Vibration of Certain Machines with Shaft Heights 56 mm and Higher - Measurement, Evaluation and Limits of the Vibration Severity.
IEC 72-1	- Dimensions and Output Series for Rotating Electrical Machines - Part 1 - Frame Numbers 56 to 400 and Flange Numbers 55 to 1080;
IEC 72-2	- Dimensions and Output Series for Rotating Electrical Machines - Part 2 - Frame Numbers 355 to 1000 and Flange Numbers 1180 to 2360;
IEC 79-0	- Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres - General Requirements;
IEC 79-1	- Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres - Construction and Verification Test of Flameproof Enclosures of Electrical Apparatus;
IEC 79-2	- Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres - Type of Protection "p";
IEC 79-7	- Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres - Construction and Test of Electrical Apparatus - Type of Protection "e";
IEC 79-8	- Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres - Classification of Maximum Surface Temperatures;
IEC 79-14	- Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres - Electrical Installations in Explosive Gas Atmospheres (other than mines);
IEC 79-15	- Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres - Type of Protection "n";
IEC 892	- Effects of Unbalanced Voltages on the Performance of Three-Phase Cage Induction Motors;
ISO 281	- Rolling Bearings - Dynamic Load Ratings and Rating Life;
ISO 1680-1	- Acoustics - Test Code for the Measurement of Airborne Noise Emitted by Rotating Electrical Machinery-Part 1: Engineering Method for Free-Field Conditions over a Reflecting Plane First Edition

ISO 10816-1 - Mechanical Vibration – Evaluation of Machine Vibration by Measurements on Non-Rotating Parts – Part 1: General Guidelines;
ANSI/ASME B 1.20.1 - Pipe Threads, General Purpose.

2.2 Quadro de Equivalência das Normas

ABNT NBR 5031 ⇔ IEC 34-7	ABNT NBR 5597 ⇔ ANSI/ASME B 1.20.1
ABNT NBR 5110 ⇔ IEC 34-6	ABNT NBR 7094 ⇔ IEC 34-1, IEC 34-12 e IEC 892
ABNT NBR 5363 ⇔ IEC 79-1	ABNT NBR 8368 ⇔ IEC 79-8
ABNT NBR 5418 ⇔ IEC 79-14	ABNT NBR 9518 ⇔ IEC 79-0
ABNT NBR 5420 ⇔ IEC 79-2	ABNT NBR 9883 ⇔ IEC 79-7
ABNT NBR 5432 ⇔ IEC 72-1 e IEC 72-2	ABNT NBR 9884 ⇔ IEC 34-5

3 DEFINIÇÕES

Para os efeitos desta Norma são adotadas as definições dos itens a seguir.

3.1 Classe de Temperatura

Qualquer uma das classes de temperatura (T1, T2, T3, T4, T5 ou T6), estabelecidas para equipamentos elétricos em função de sua temperatura máxima de superfície (norma ABNT NBR 8368 / IEC 79-8).

3.2 Grau de Proteção

Conjunto de requisitos construtivos que a carcaça do motor e seus acessórios devem atender no que se refere a:

- a) proteção contra a penetração de corpos sólidos estranhos;
- b) proteção contra os efeitos prejudiciais da penetração de água.

3.3 Grau de Proteção - Designação

Conjunto das letras "IP", seguidas ou não de "W", e de dois algarismos significativos, especificados na norma ABNT NBR 9884 / IEC 34-5.

3.4 Temperatura Limite

Temperatura máxima permissível em operação, para o motor ou parte dele, dentre a menor das temperaturas assim determinadas:

- a) pela máxima temperatura de superfície (risco de ignição da atmosfera explosiva que o envolve); ou
- b) pela estabilidade térmica dos materiais utilizados na sua construção.

3.5 Tempo t_E

Tempo necessário para que um enrolamento de corrente alternada atinja, quando percorrido pela sua corrente de arranque, a temperatura limite, partindo da temperatura de equilíbrio em regime nominal e à temperatura ambiente máxima.

3.6 Tipo de Proteção

Conjunto de medidas específicas aplicadas num equipamento elétrico para evitar que ele cause a ignição da atmosfera explosiva ao seu redor.

3.7 Tipo de Proteção - Designação (Ex)

Conjunto das letras Ex, seguidas de uma ou mais letras minúsculas, especificadas pela norma ABNT NBR 9518 / IEC 79-0, indicando o tipo de proteção adotado.

3.7.1 Tipo de Proteção - Designação Ex d

Tipo de proteção "à prova de explosão" (norma ABNT NBR 5363 / IEC 79-1).

3.7.2 Tipo de Proteção - Designação Ex e

Tipo de proteção "segurança aumentada" (norma ABNT NBR 9883 / IEC 79-7).

3.7.3 Tipo de Proteção - Designação Ex p

Tipo de proteção "invólucro com pressurização" (norma ABNT NBR 5420 / IEC 79-2).

3.7.4 Tipo de Proteção - Designação Ex n

Tipo de proteção "não acendível" (norma IEC 79-15).

3.8 Especificação Técnica

Categoria de documento emitido pela PETROBRAS para execução de uma determinada atividade técnica. Possui codificação e numeração específicas para caracterizar que a sua aplicação é válida apenas num determinado projeto ou serviço.

3.9 OCC – Organismo de Certificação Credenciado

Organismo credenciado pelo INMETRO responsável pela emissão dos certificados de conformidade e pelo acompanhamento dos produtos certificados (aplicável a motor com tipo de proteção Ex).

4 CONDIÇÕES GERAIS

4.1 Os requisitos desta Norma estão baseados nas normas da International Electrotechnical Commission - IEC - citadas no item 2.1. A equivalência entre as normalizações brasileira (ABNT) e internacional (IEC) encontra-se definida no item 2.2.

4.2 Devem ser relacionadas na folha de dados, pelo fornecedor, as normas técnicas aplicadas à fabricação e aos ensaios do motor, que complementam a relação do item 2 desta Norma (ver 9.1.9).

4.3 As folhas de dados recebem identificação específica para cada motor. São preenchidas parcialmente pela PETROBRAS, devendo o fabricante completar integralmente o seu preenchimento. O formulário (em branco) destas folhas de dados é padronizado pela norma PETROBRAS [N-1496](#).

4.4 Os campos da folha de dados, preenchidos pelo fabricante são considerados como "valores garantidos", admitindo-se unicamente as tolerâncias previstas nas normas ABNT-NBR 7094 e IEC 34-1. Quando houver divergências entre estas normas, prevalecem os valores estabelecidos na norma IEC 34-1.

4.5 Quando houver divergências entre a folha de dados e esta Norma, prevalecem as informações contidas na primeira.

4.6 Todos os ensaios de tipo, especiais ou de protótipo, quando solicitados na folha de dados, devem ser discriminados individualmente na proposta, com seus respectivos preços unitários em separado.

5 CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

5.1 Características de Operação

5.1.1 O motor deve operar satisfatoriamente, em carga nominal, dentro das faixas de variação de tensão e de frequência especificadas a seguir:

- a) $\pm 10\%$ da tensão nominal, mantendo-se invariável a frequência nominal;
- b) $\pm 5\%$ da frequência nominal, mantendo-se invariável a tensão nominal;
- c) 10% para uma variação simultânea de tensão e frequência nominais (soma dos valores absolutos percentuais das variações de cada grandeza).

Notas: 1) Para a alínea c) as variações máximas de frequência devem ser mantidas, todavia, em $\pm 5\%$ do seu valor nominal.
2) Veja também 5.2.1.

5.1.2 No caso de funcionamento contínuo do motor com variação da tensão de alimentação em $\pm 5\%$ da tensão nominal, os valores de temperatura estabelecidos pela "Tabela de Limites de Elevação de Temperatura para Máquinas Resfriadas a Ar" da norma IEC 34-1 podem ser excedidos de até:

- a) 10 K para motor com potência nominal igual ou inferior a 1000 kW;
- b) 5 K para motor com potência nominal superior a 1000 kW.

5.1.3 Motor com potência nominal igual ou inferior a 630 kW deve ter suas características de conjugado conforme requisitos estabelecidos pela norma IEC 34-12. A menos que especificado em contrário na folha de dados, o motor deve ser de categoria N.

5.1.4 Motor com potência nominal superior a 630 kW deve ter suas características de conjugado, no mínimo, conforme indicado a seguir:

- a) conjugado com rotor bloqueado 60% T_n ;
- b) conjugado mínimo 60% T_n ;
- c) conjugado máximo 175% T_n .

T_n = conjugado nominal.

5.1.5 O motor deve ser dimensionado para o acionamento da carga sem se considerar eventual acréscimo de potência devido ao fator de serviço, embora esta informação deva constar na placa de identificação.

5.2 Características de Partida e de Isolação

5.2.1 O motor deve ser dimensionado para partir com o valor de tensão mínima disponível, indicado na folha de dados, mesmo que este fique abaixo dos limites estabelecidos em 5.1.1.

5.2.2 O motor deve suportar, no mínimo, duas partidas consecutivas, partindo-se da situação "a frio", com o retorno ao repouso entre partidas, ou uma partida a quente após ter funcionado nas condições nominais. O motor deve, ainda, suportar uma partida suplementar se a temperatura do mesmo, antes da partida, não exceder a temperatura de equilíbrio térmico sob carga nominal.

5.2.3 A relação entre a potência aparente absorvida com rotor bloqueado ($kVA_{PARTIDA}$) e a potência nominal do motor ($kW_{NOMINAL}$) não deve exceder o valor especificado na folha de dados.

5.2.4 É recomendável que a corrente com rotor bloqueado à tensão nominal, não exceda a 6 vezes o valor da corrente nominal, exceto para motor de alta eficiência (ver 5.3) ou motor acionado por conversor de frequência. **[Prática Recomendada]**

5.2.5 Para motor de tensão nominal igual ou inferior a 660 V é recomendável que o tempo de aceleração em carga e com a tensão nominal especificada na folha de dados, seja no máximo igual a :

- a) 25% do tempo máximo permitido com rotor bloqueado, na temperatura de operação em regime e com tensão nominal; ou **[Prática Recomendada]**
- b) 25% do tempo t_E , no caso de motor com tipo de proteção Ex e. **[Prática Recomendada]**

Nota: Deve prevalecer o menor valor.

5.2.6 Para motor de tensão nominal superior a 660 V o tempo de aceleração em carga, na tensão mínima disponível para partida (especificada na folha de dados), deve ser, no máximo igual a:

- a) tempo máximo permitido com rotor bloqueado à temperatura de operação em regime e à tensão nominal menos 2 s ($t_{RB} - 2s$); ou
- b) tempo t_E menos 2s ($t_E - 2s$), no caso de motor com tipo de proteção Ex e.