



CERPRO

<p>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</p>
<p>Tipo: NTC-D-10 Norma Técnica e Padronização</p>

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

LIGAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS DE INDUÇÃO NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO DA CERPRO

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 2 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	--------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Partida com chave compensadora	55
Figura 2 - Partida com chave série-paralela	55
Figura 3 - Motor de rotor gaiola partida a plena tensão.....	56
Figura 4 - Partida com tensão reduzida - Motores trifásicos - Partida com chave compensadora	56
Figura 5 - Partida com tensão reduzida - Motores trifásicos - Partida estrela-triângulo.....	57
Figura 6 -Partida com tensão reduzida - Motores trifásicos - Partida série-paralela	57
Figura 7 - Partida com tensão reduzida - Motores trifásicos - Partida com resistência no estator	58
Figura 8 - Curvas conjugado x velocidade típicas para motores de indução	59
Figura 9 - Limites admissíveis de flutuação de tensão	60

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 3 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	--------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Códigos de partida de motores – kVA/cv	41
Tabela 2 - Temperatura máxima permitida para classes de isolamento	41
Tabela 3 - Impedância de transformadores de distribuição	41
Tabela 4 - Características típicas – motores de indução trifásicos rotor gaiola.....	42
Tabela 5 - Características típicas – motores de indução trifásicos rotor gaiola.....	43
Tabela 6 - Características típicas – motores de indução trifásicos rotor gaiola.....	44
Tabela 7 - Características típicas – motores de indução trifásicos rotor gaiola.....	45
Tabela 8 - Características típicas - motores de indução monofásicos	46
Tabela 9 - Dispositivos para redução da corrente de partida de motores trifásicos	47
Tabela 10 - Valor do fator de atenuação (k) das chaves de partida.....	47
Tabela 11 - Aplicação e características das chaves de partida.....	48
Tabela 12 - Coeficiente de queda de tensão rede secundária – Cabo de alumínio CA	49
Tabela 13 - Coeficiente de queda de tensão rede secundária – Cabo de cobre (mm ²).....	50
Tabela 14 - Coeficiente de queda de tensão rede secundária – Cabo de cobre (AWG-MCM)	51
Tabela 15 - Coeficiente de queda de tensão rede secundária – Cabo multiplexado 0,6/1kV	51
Tabela 16 - Rede primária - Características dos condutores para cruzeta de 2,00m	52
Tabela 17 - Rede primária - Características dos condutores para cruzeta de 2,40m	53
Tabela 18 - Rede protegida compacta – Características dos cabos cobertos classe 15kV e 35kV	53
Tabela 19 - Limites aceitáveis de flutuação de tensão.....	54

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 4 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	--------------------

 CERPRO	<i>Tipo: Norma Técnica e Padronização</i>	NTC-D-10
	<i>Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária</i>	Versão: 02/23
	<i>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</i>	 CERPRO

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	7
2 CAMPO DE APLICAÇÃO	8
3 OBJETIVO.....	9
4 REFERÊNCIAS NORMATIVAS.....	10
5 RIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS	11
6 TERMOS E DEFINIÇÕES.....	12
6.1 Barra	12
6.2 Barramento infinito	12
6.3 Tensão de alimentação	12
6.4 Potência Nominal Pn.....	12
6.5 Queda de tensão.....	12
6.6 Flutuação de tensão.....	12
6.7 Flicker.....	12
6.8 Tensão nominal (Vn).....	13
6.9 Velocidade nominal (Nn).....	13
6.10 Conjugado mecânico	13
6.11 Conjugado nominal (Cn).....	13
6.12 conjugado de partida (Cp)	13
6.13 conjugado básico (CB)	13
6.14 conjugado máximo (Cmáx)	13
6.15 Conjugado mínimo (Cmín).....	14
6.16 Conjugado de aceleração (CA)	14
6.17 Velocidade síncrona (Ns).....	14
6.18 Escorregamento (S).....	14
6.19 Carga	14
6.20 Funcionamento em vazio	14
6.21 Partida.....	14
6.22 Arranque	15
6.23 Aceleração	15
7 CONDIÇÕES GERAIS	16
7.1 Considerações iniciais	16
7.2 Flutuações rápidas de tensão	17
8 MOTORES ELÉTRICOS.....	18
8.1 Motor monofásico	18
8.2 Motor trifásico.....	19
8.3 Características de partida.....	20
8.3.1 Partida de motor monofásico.....	20
8.3.1.1 Chave compensadora de partida:	20

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 5 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	--------------------

 CERPRO	<i>Tipo: Norma Técnica e Padronização</i>	NTC-D-10
	<i>Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária</i>	Versão: 02/23
	<i>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</i>	 CERPRO

8.3.1.2 Chave série – paralela:	20
8.3.2 Partida de motores trifásicos	20
8.3.2.1 Chave estrela-triângulo	21
8.3.2.2 Chave compensadora	22
8.3.2.3 Chave série – paralela	23
8.3.2.4 Partida com resistência - Reator	23
9 CONDIÇÕES E ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS	24
9.1 Limitações de atendimento.....	24
9.2 Limites de flutuações de tensão	24
9.2.1 Impedâncias dos elementos da rede	25
9.2.2 Transformador de distribuição	25
9.2.3 Redes primárias e secundárias	25
9.2.4 Fator de potência.....	25
10 PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DA PARTIDA DO MOTOR	26
10.1 Levantamento de dados.....	26
10.1.1 Dados do motor	26
10.1.2 Dados da rede primária	27
10.2 Metodologia para análise de partida	28
10.3 Rede Primária	31
10.4 Atendimento a mais de um motor.....	38
10.5 Medidas preventivas e/ou corretivas	39
TABELAS.....	41
ANEXOS	55

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 6 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	--------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

1 APRESENTAÇÃO

A Federação das Cooperativas de Eletrificação Rural do Estado de São Paulo e Rio de Janeiro – FECOERESP, em sua área de atuação, tem como objetivo propiciar condições técnicas e econômicas para que a energia elétrica seja elemento impulsionador do desenvolvimento social dos Estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

As normas técnicas e procedimentos de segurança tem por objetivo apresentar os princípios básicos que norteiam os trabalhos em eletricidade executados pela CERPRO, buscando padronizar os serviços prestados. Aprimoramentos e adequações à realidade dos trabalhos poderão ocorrer em versões futuras, buscando assim, refletir o mais verdadeiramente possível, a realização de trabalho seguro no dia-a-dia da distribuidora.

As exigências aqui apresentadas estão em consonância com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, recomendações do Comitê de Distribuição - CODI, Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica – ABRADDE e Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL.

Esta Norma poderá sofrer alterações no todo ou em parte, por razões de ordem técnica, para melhor atendimento às necessidades do sistema, motivo pelo qual os interessados deverão consultar periodicamente a FECOERESP quanto a eventuais alterações.

A presente Norma não invalida qualquer outra da ABNT ou de outros órgãos competentes, mesmo a partir da data em que a mesma estiver em vigor. Todavia, em qualquer ponto onde surgirem divergências entre esta Norma Técnica e as normas dos órgãos citados, prevalecerão as exigências mínimas aqui estabelecidas.

Quaisquer críticas e/ou sugestões para o aprimoramento desta Norma serão analisadas e, caso sejam válidas, incluídas ou excluídas deste texto.

As sugestões deverão ser enviadas à FEDERAÇÃO DAS COOPERATIVAS DE ELETRIFICAÇÃO RURAL DO ESTADO DE SÃO PAULO E RIO DE JANEIRO – FECOERESP:

Departamento Técnico FECOERESP
Grupo Revisor: Edição Março/2023
Endereço: Rua Major Arthur Esteves, 276 – CENTRO
Cidade: Cerqueira Cesar
Estado: São Paulo
CEP: 18.760-000
Fone Fax: (14) 3714-2326
Contato e-mail: fecoeresp@gmail.com

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 7 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	--------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

2 CAMPO DE APLICAÇÃO

Esta norma aplica-se aos estudos e análises técnicas de viabilidade de ligação de motores elétricos de indução nas redes de distribuição urbanas e rurais, nas tensões secundárias padronizadas pela CERPRO e também no atendimento em tensão primária com uso de transformadores.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 8 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	--------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

3 OBJETIVO

A presente Norma Técnica tem como finalidade estabelecer os requisitos mínimos necessários para elaboração do estudo de viabilidade de ligação de motores elétricos de indução, nas redes de distribuição da CERPRO, bem como as medidas preventivas e corretivas que podem ser implementadas, a fim de minimizar as perturbações e preservar a qualidade do funcionamento de energia elétrica aos demais consumidores em baixa tensão (BT) e em média tensão (MT).

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 9 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	--------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

4 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Este documento está embasado nos seguintes ordenamentos legais e normas concernentes:

1. ABNT NBR 5410 - Instalações elétricas de baixa tensão;
2. ABNT NBR 14039 - Instalações elétricas de média tensão de 1,0 kV à 36,2 kV;
3. ABNT NBR 5457 - Terminologia para máquinas elétricas girantes;
4. ABNT NBR 7094 - Máquinas elétricas girantes - motores de indução – Especificação;
5. ABNT NBR 9884 - Máquinas elétricas girantes – graus de proteção proporcionados pelos invólucros;
6. NTC-D-01 - Rede de Distribuição de energia elétrica aérea com condutores nus - Estruturas (Convencional);
7. NTC-D-03 - Fornecimento de energia elétrica em tensão primária de distribuição;
8. NTC-D-04 - Fornecimento de energia elétrica em tensão secundária;
9. Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST 8 – Qualidade de Energia Elétrica – ANEEL.

Esta Norma será regida e interpretada, em todos os seus aspectos, de acordo com as Resoluções da ANEEL, com as leis brasileiras, e estará sujeita a toda legislação superveniente que afetar o objeto da mesma.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 10 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

5 OBRIGAÇÕES E COMPETÊNCIAS

Compete aos órgãos de planejamento, engenharia, patrimônio, suprimentos, elaboração de projetos, construção, ligação, manutenção e operação do sistema elétrico cumprir e fazer cumprir este instrumento normativo.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 11 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	<i>Tipo: Norma Técnica e Padronização</i>	NTC-D-10
	<i>Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária</i>	Versão: 02/23
	<i>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</i>	 CERPRO

6 TERMOS E DEFINIÇÕES

6.1 Barra

Qualquer ponto significativo do sistema em que se queira destacar qualquer grandeza elétrica.

6.2 Barramento infinito

É uma barra do sistema que possui potência de curto-circuito infinita, na qual não existem variações de tensão ou de frequência.

6.3 Tensão de alimentação

É a tensão efetivamente recebida pelo consumidor, no ponto de entrega de energia, em condições normais de operação do sistema.

6.4 Potência nominal P_n

É a potência que o motor pode fornecer, dentro de suas características nominais, em regime contínuo.

6.5 Queda de tensão

Qualquer redução verificada no nível de tensão produzida pela ligação de cargas no sistema.

6.6 Flutuação de tensão

É uma variação aleatória, repetitiva ou esporádica do valor eficaz da tensão.

6.7 Flicker

É a impressão visual de uma variação na luminosidade, regular ou não, podendo, dependendo do grau, causar irritações à visão do ser humano.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 12 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	<i>Tipo: Norma Técnica e Padronização</i>	NTC-D-10
	<i>Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária</i>	Versão: 02/23
	<i>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</i>	 CERPRO

6.8 Tensão nominal (Vn)

É a tensão da rede para qual o motor foi projetado. Por norma o motor deve ser capaz de funcionar satisfatoriamente quando alimentado com tensões de 10% acima ou abaixo de sua tensão nominal, desde que sua frequência seja a nominal.

6.9 Velocidade nominal (Nn)

É a velocidade que o motor atinge em regime permanente à potência nominal, sob tensão e frequência nominais.

6.10 Conjugado mecânico

Conhecido também como torque, esta grandeza traduz o esforço que o motor deve ter para movimentar seu eixo, e varia com a velocidade, contendo instantes distintos desde a partida até o regime.

6.11 Conjugado nominal (Cn)

É aquele que o motor desenvolve, à potência nominal, quando submetido à tensão e frequência nominais.

6.12 Conjugado de partida (Cp)

Conhecido também como conjugado de arranque ou de rotor bloqueado é aquele desenvolvido pelo motor durante a partida, sob condições nominais de tensão e frequência.

6.13 Conjugado básico (CB)

É aquele conjugado quando a máquina aciona carga nominal a velocidade nominal (Nn).

6.14 Conjugado máximo (Cmáx)

É o conjugado de maior valor produzido pelo motor, nas condições nominais de tensão e frequência, sem variações bruscas de velocidade e deve ter um valor elevado, capaz de assimilar satisfatoriamente os eventuais picos de carga, e também, manter a velocidade angular num valor razoável, quando da ocorrência de quedas de tensão no sistema de suprimento.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 13 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	<i>Tipo: Norma Técnica e Padronização</i>	NTC-D-10
	<i>Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária</i>	Versão: 02/23
	<i>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</i>	 CERPRO

6.15 Conjugado mínimo ($C_{mín}$)

É o menor valor de conjugado desenvolvido pelo motor, desde a velocidade zero até a velocidade correspondente ao conjugado máximo sendo que na partida, este valor não pode ser muito pequeno, senão a mesma será mais demorada, sobreaquecendo o motor, especialmente nos casos de alta inércia, ou partida com tensão reduzida.

6.16 Conjugado de aceleração (CA)

É aquele que o motor desenvolve desde a velocidade zero, até a velocidade em regime.

6.17 Velocidade síncrona (N_s)

É a velocidade de rotação do campo magnético girante.

6.18 Escorregamento (S)

É a diferença entre a velocidade síncrona (N_s) e a velocidade real do motor, expressa em porcentagem da velocidade síncrona.

6.19 Carga

Conjunto dos valores das grandezas elétricas e mecânicas que caracterizam as solicitações impostas a uma máquina, em dado instante, por um circuito elétrico ou um dispositivo mecânico.

6.20 Funcionamento em vazio

Estado de funcionamento de uma máquina girando à velocidade nominal e sob condições nominais, mas sem fornecer potência.

6.21 Partida

Passagem de uma máquina do estado de repouso à velocidade de regime, incluindo energização, arranque, aceleração e, se necessário, a sincronização com a fonte de alimentação.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 14 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

6.22 Arranque

Estado de funcionamento de uma máquina, no instante em que ela passa do estado de repouso ao de movimento.

6.23 Aceleração

Estado de funcionamento de uma máquina compreendido entre o arranque e a velocidade de regime.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 15 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

7 CONDIÇÕES GERAIS

7.1 Considerações iniciais

Tendo em vista a análise do atendimento ao uso de motores elétricos na rede de distribuição, deve ser avaliado qual o efeito deste tipo de carga adicional em relação à disponibilidade da rede primária ou secundária, ao transformador de distribuição e aos níveis de tensão envolvidos.

Os motores elétricos podem ser utilizados para diversos fins, sendo que quanto maior a potência, mais elevadas serão as correntes de partida, que atingem em muitos casos, valores bem superiores a corrente de carga das linhas de distribuição onde estão instalados.

Cumpra-se ressaltar que mesmo com a aplicação de dispositivos redutores da corrente de partida, em muitos casos ainda há necessidade de serem realizadas obras de adequação da rede para esse tipo de carga.

Como a ligação de motores podem envolver a realização de serviços na rede, com a participação do consumidor, torna-se necessária, a fim de conciliar os interesses mútuos, delinear as responsabilidades das partes envolvidas.

Ao consumidor interessado na ligação de um motor elétrico compete:

- Dimensionar a sua rede interna de distribuição em conformidade com as Normas Técnicas Brasileiras (ABNT) e da CERPRO relacionadas no capítulo 4 desta norma, a fim de que as instalações projetadas tenham capacidade adequada e atendam aos parâmetros de segurança requeridos;
- Dotar o motor elétrico de proteções previstas nas Normas Brasileiras da ABNT;
- Dimensionar a potência do motor e definir o dispositivo de partida requerido pelo equipamento;
- Fornecer todas as informações necessárias para que a CERPRO possa efetuar a análise técnica do fornecimento (o regime de funcionamento do motor, catálogo, etc.);
- Respeitar os critérios e exigências técnicas constantes das Normas da CERPRO, para o atendimento;
- Apresentar Anotação de Responsabilidade Técnica - ART do CREA do(s) Engenheiro ou Empresa responsável pelo projeto elétrico do padrão de entrada, de acordo com os requisitos da NTC-D-04 e NTC-D-03 da CERPRO se o consumidor for atendido em tensão secundário ou primária respectivamente;

Além dos aspectos anteriormente relacionados é sempre recomendável, sob o aspecto técnico que o consumidor observe os requisitos expostos a seguir:

- evitar partidas simultâneas dos motores, se houver;
- a partida do motor seja efetuada, sempre que possível, a vazio;

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 16 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

- realizar consulta prévia à CERPRO sempre que houver motor com potência maior que os limites definidos na NTC-D-04.

7.2 Flutuações rápidas de tensão

Durante a partida de motores elétricos, a corrente do mesmo pode atingir valores que variam de cinco a oito vezes a corrente nominal do motor. Isso pode provocar perturbações em equipamentos instalados ao longo da rede de distribuição. Estas correntes de partida podem provocar flutuações de tensão durante o seu acionamento ou mesmo durante seu regime normal de operação. Esta flutuação da tensão pode provocar flicker nas cargas de iluminação, desligamento de lâmpadas de vapor de mercúrio, desligamento ou não acionamento dos contadores de partida do próprio motor, entre outras falhas no sistema elétrico.

As flutuações de tensão, dependendo de sua intensidade, podem ocasionar perturbações às instalações elétricas dos consumidores ligados na mesma rede de distribuição, afetando o funcionamento de equipamentos eletrônicos, iluminação etc.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 17 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

8 MOTORES ELÉTRICOS

Motor elétrico é a máquina destinada a transformar energia elétrica em energia mecânica. O motor de indução é o mais usado de todos os tipos de motores, pois combina as vantagens da utilização de energia elétrica - baixo custo, facilidade de transporte, limpeza e simplicidade de comando - com sua construção simples, custo reduzido, grande versatilidade de adaptação às cargas dos mais diversos tipos e melhores rendimentos.

O motor de indução funciona normalmente com uma velocidade constante, que varia ligeiramente com a carga mecânica aplicada ao eixo. Atualmente é possível controlarmos a velocidade dos motores de indução com o auxílio de inversores de frequência.

Temos hoje disponíveis motores de indução monofásicos e trifásicos, sendo que se dividem em:

8.1 Motor monofásico

Os tipos mais comuns de motores monofásicos são:

a) Motor de fase dividida - Partida a resistência

Esse motor apresenta baixo conjugado de partida e corrente de partida elevada, que cai rapidamente com a aceleração do motor. São fabricados normalmente para potências inferiores a 1cv.

b) Motor de fase dividida - Partida com capacitor

Esse motor apresenta um conjugado de partida elevado com corrente de partida atenuada, decorrente da instalação do capacitor no enrolamento auxiliar. Sua potência é de até 10cv, normalmente.

c) Motor de polo sombreado ou fendido

São fabricados para potências inferiores a 1cv e possui rendimentos muito baixos.

d) Motor universal

A velocidade é regulada através de um reostato em série ao enrolamento do estator. São fabricados normalmente para potências de até 3/4cv. Muito utilizados em eletrodomésticos.

Motores monofásicos universais caracterizam-se por apresentar conjugados elevados de partida e corrente de partida normal. A inclusão de um reostato em série ao enrolamento

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 18 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

do estator, além de possibilitar o controle da velocidade e partidas suaves, atenua a corrente de partida.

Motores monofásicos com rotor gaiola solicitam na partida uma corrente da ordem de 6 a 8 vezes a nominal do mesmo. Apesar de solicitar uma corrente de tal intensidade na partida, os motores monofásicos de fase dividida (partida com resistência) e os de polo sombreado ou fendido, por serem de baixas potências, normalmente não ocasionam flutuações de tensão fora dos valores permissíveis.

Os motores monofásicos de fase dividida (partida com capacitor), com potências de até 10cv, são os que requerem maiores cuidados na partida. Portanto, em função das suas características de operação e a fim de evitar flutuações excessivas de tensão, a sua ligação diretamente às redes secundárias de distribuição, estão limitadas as seguintes potências:

- fase – neutro: até 1cv;
- fase – fase: até 3cv.

Considerando que os motores monofásicos com partida com capacitor geralmente são fabricados com duas tensões, 110/220 V para potências de até 3cv e para potências maiores nas tensões de 220/440 V ou 254/508 V, para minimizar os efeitos da partida é sempre recomendável que os motores de potência a partir de 1cv, inclusive, sejam ligados à rede entre fases (220 V).

Para os motores de potências superiores, para reduzir a elevada corrente inicial e a perturbação na rede elétrica, devem ser aplicados dispositivos de partida.

Os dispositivos para limitar a corrente de partida, nos motores monofásicos são:

- chave série-paralela;
- chave compensadora de partida.

8.2 Motor trifásico

O tipo de motor mais utilizado para o acionamento de cargas em geral é o de indução assíncrono trifásico com rotor gaiola. Este motor solicita na partida uma corrente da ordem de 5 a 8 vezes a nominal do mesmo, que podem ocasionar flutuações de tensão indesejáveis na rede.

Para motores de indução trifásicos com rotor em gaiola de potência de até 5cv, a partida direta a plena tensão pode ser utilizada, desde que seja feita uma análise técnica da rede, a fim de verificar se as flutuações de tensão não superam os valores admissíveis.

Para minimizar este problema, geralmente o acionamento desse tipo de motor deve ser realizado por meio de um dos dispositivos abaixo relacionados, que limitam a corrente de partida do mesmo;

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 19 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

- chave estrela-triângulo;
- chave compensadora;
- chave série-paralela;
- Soft Start e Inversores de Frequência.

As características de cada um dos dispositivos utilizados para a redução da corrente e partida, desse tipo de motor, são apresentadas a seguir.

8.3 Características de partida

8.3.1 Partida de motor monofásico

Nos motores monofásicos, os dispositivos usuais para a redução da corrente de partida são:

8.3.1.1 Chave compensadora de partida:

A redução da corrente de partida, afeta também os conjugados, que são proporcionais ao quadrado da relação de transformação do autotransformador.

No Anexo A apresentamos o esquema de ligação da chave compensadora de partida, aplicada aos motores monofásicos.

8.3.1.2 Chave série – paralela:

Esse dispositivo só deve ser aplicado se a tensão da rede for igual à metade das tensões do motor e a partida for efetuada praticamente em vazio, em virtude dos conjugados e a corrente ficarem reduzidos a 1/4 do seu valor. O esquema de ligação deste dispositivo de partida é apresentado no Anexo A.

Observamos que os motores monofásicos de potências superiores a 1cv, quando comparados com os trifásicos de igual potência apresentam desempenho técnico inferior e custos iniciais e operacionais superiores. Consequentemente, o consumidor na escolha do tipo de motor deve avaliar os aspectos técnico-econômicos.

8.3.2 Partida de motores trifásicos

Para motores de indução trifásicos com rotor em gaiola de potência maiores que 5cv, a partida direta a plena tensão deve ser evitada a fim de minimizar as flutuações de tensão da rede. É necessária uma análise técnica da rede, a fim de verificar se as flutuações de tensão não superam os valores admissíveis.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 20 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

	<i>Tipo: Norma Técnica e Padronização</i>	NTC-D-10
	<i>Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária</i>	Versão: 02/23
	<i>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</i>	

Para diminuir esta corrente, normalmente utiliza-se dispositivo para reduzir a tensão nos enrolamentos do motor no instante de partida.

Para o funcionamento adequado dos dispositivos de partida dos motores, deve-se atentar para os seguintes aspectos:

- Quando houver conjugado resistente de carga durante a partida, o mesmo deve ser menor que o conjugado de partida do motor de forma que a aceleração, até a uma rotação próxima a nominal, ocorra em tempo suficiente para não prejudicar a vida útil do motor;
- O tempo de comutação da chave de partida, da tensão reduzida para tensão de rede, deve ser dimensionado para permitir a aceleração do motor até a aproximadamente 90% da rotação nominal;
- O tempo de comutação deve ser de até 10 s.

Ressaltamos que não podemos diminuir muito a tensão de partida, uma vez que o conjugado de partida do motor é proporcional ao quadrado da tensão aplicada.

$$C_p = k \cdot V^2$$

Sendo:

C_p conjugado de partida;

k constante;

V tensão aplicada ao motor.

Os equipamentos para partida de motores utilizados com maior frequência, para esta finalidade são:

- chave estrela-triângulo;
- chave compensadora de partida;
- chave série-paralela;
- partida com resistência.
- Partidas com Soft-start e Inversores de frequência

8.3.2.1 Chave estrela-triângulo

Para utilização da partida com chave estrela-triângulo é necessário que o motor tenha possibilidade de ligação em dupla tensão, ou seja, 220/380 V, 380/660 V ou 440/760 V, e ter no mínimo seis bornes de ligações acessíveis. As tensões indicadas na placa do motor devem ter uma relação de $\sqrt{3}$, onde o menor valor deve coincidir com a tensão da rede, e com a tensão em triângulo do motor.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 21 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	<i>Tipo: Norma Técnica e Padronização</i>	NTC-D-10
	<i>Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária</i>	Versão: 02/23
	<i>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</i>	 CERPRO

Na ligação estrela, a corrente da linha fica reduzida a 1/3 em relação à ligação triângulo, ou seja, aproximadamente 33%. A curva do conjugado do motor também é reduzida na mesma proporção, portanto a partida estrela-triângulo pode ser usada quando a curva de conjugado é suficientemente elevada para garantir a aceleração do motor, portanto com o conjugado resistente da carga menor que o conjugado de partida do motor.

A chave estrela-triângulo, em geral, só pode ser empregada em partidas com a máquina em vazio. Somente após ter atingido a rotação nominal, a carga pode ser aplicada. Se o motor não atingir pelo menos 90% de sua velocidade nominal, o pico de corrente na comutação de estrela para triângulo é quase como se fosse uma partida direta, o que danifica os contadores e causa perturbação na rede elétrica.

No Anexo B é apresentado o diagrama de ligações de um motor com partida através de uma chave estrela-triângulo. Na Tabela 9 são indicados até que potências de motor, esse dispositivo de partida é recomendado, quando o atendimento é efetuado em tensão secundária, bem como as suas características técnicas. Observamos que a utilização de chaves estrela-triângulo não se limita às potências constantes da Tabela 9, podendo, de acordo com o fabricante, acionar motores de até 500cv ou superiores, desde que especificadas corretamente.

Na Tabela 11 estão apresentadas as principais características e aplicações dos dispositivos para partida de motores com tensão reduzida usual.

8.3.2.2 Chave compensadora

As chaves compensadoras são geralmente utilizadas em partidas de motores com cargas de conjugado resistente até 50% do conjugado em regime normal. Os tap's mais comuns são os de 65% e 80% da tensão nominal, possibilitando a partida do motor satisfatoriamente com a redução de 42% e 64% da corrente e do conjugado de partida, respectivamente.

Nas chaves compensadoras automáticas o segundo pico é bem reduzido visto que o autotransformador se torna uma reatância em série por um curto tempo, durante a comutação de tap, acrescentando-se ainda que neste intervalo o motor não é desligado da rede.

No Anexo B é apresentado o diagrama de ligações de um motor trifásico com partida por chave compensadora. Na Tabela 9 são indicadas até que potência do motor trifásico esse dispositivo de partida é recomendado, bem como as suas características técnicas.

Observamos que a utilização de chaves compensadoras de partida não se limita às potências constantes da Tabela 9, podendo, de acordo com catálogos de fabricantes, acionarem motores de até 500cv ou superiores, desde que especificadas corretamente.

Na Tabela 11 estão apresentadas as principais características e aplicações dos dispositivos para partida de motores com tensão reduzida usuais.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 22 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	<i>Tipo: Norma Técnica e Padronização</i>	NTC-D-10
	<i>Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária</i>	Versão: 02/23
	<i>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</i>	 CERPRO

Nas chaves compensadoras manuais, normalmente na comutação da tensão reduzida para a tensão de rede, o motor é desligado por curto espaço de tempo, proporcional a habilidade do operador.

8.3.2.3 Chave série – paralela

Para utilização das chaves série - paralela é imprescindível que os motores tenham a possibilidade de ligação nas quatro tensões, normalmente em 220/380/440/760 V, portanto com 12 terminais acessíveis e as suas tensões em regime normal de serviço devem ser iguais às tensões de rede.

Na partida, a corrente e o conjugado ficam reduzidos à aproximadamente 25% dos valores atingidos em partida direta, portanto devem ser acoplados às máquinas que partem praticamente a vazio.

No Anexo B é apresentado os diagramas de ligações de um motor trifásico com partida através de uma chave série-paralela. Na Tabela 9 são indicados até que potência de motor esse dispositivo de partida é recomendado quando o atendimento é efetuado em tensão secundária, bem como as suas características técnicas.

Ressaltamos que a utilização de chaves série-paralela não se limita as potências constantes da Tabela 9, podendo, de acordo com catálogos de fabricantes acionarem motores de até 500cv, desde que especificadas corretamente.

Na Tabela 11 estão apresentadas as principais características e aplicações dos dispositivos para partida de motores com tensão reduzida usuais.

8.3.2.4 Partida com resistência - Reator

Esse dispositivo de partida é indicado para cargas de elevada inércia e que necessitam de uma aceleração suave.

Ligado em série com o motor (estator) uma resistência ou reator de forma a obter uma queda de tensão pela redução da tensão nos terminais da máquina. Normalmente a queda de tensão na resistência varia entre 15 e 30% da tensão nominal.

A corrente de partida é reduzida para 70% a 85% da que circularia se o motor fosse ligado diretamente à rede e o conjugado conseqüentemente reduz-se para 49% a 72%.

Para grandes motores devem ser utilizados reatores, que reduz as perdas e elevação de temperatura durante a partida.

No Anexo B é apresentado o diagrama de ligações de um motor, cujo dispositivo de partida são resistência-reator, e na Tabela 9 são indicadas até que potência de motor esse dispositivo é recomendado quando o atendimento é efetuado em tensão secundária, bem como as suas características técnicas.

Na Tabela 11 estão apresentadas as principais características e aplicações dos dispositivos para partida de motores com tensão reduzida usuais.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 23 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

9 CONDIÇÕES E ORIENTAÇÕES ESPECÍFICAS

9.1 Limitações de atendimento

Em relação aos motores de indução trifásicos com rotor gaiola, as limitações são função da tensão de alimentação dos mesmos, que devem ser definidas em conformidade com as tensões padronizadas conforme as Normas NTC-D-01 e NTC-D-04 da CERPRO, que definem as tensões secundárias padronizadas para uso do consumidor.

Em relação aos motores monofásicos, face às características de partida dos mesmos, que podem ocasionar perturbações de tensão, a sua ligação diretamente à rede de distribuição, estão limitadas as seguintes potências:

- 1cv entre fase - neutro (127 V);
- 3cv entre fases (220 V).

Conforme exposto em 8.1 é sempre recomendável que os motores monofásicos de potências a partir de 1cv inclusive, sejam ligados na rede entre fases (220 V).

9.2 Limites de flutuações de tensão

Tendo em vista a dificuldade em definirmos um único valor de flutuação de tensão, uma vez que em cada linha o número de motores é variável, apresentamos a seguir os valores de flutuação percentual em função das frequências de partidas em um intervalo de tempo:

- Para 24 partidas/dia 7,42%
- Para 12 partidas/dia 9%
- Para 6 partidas/dia 12%

Os valores acima devem ser considerados como orientativos e foram obtidos através da extrapolação de valores do gráfico do Anexo D.

Caso o consumidor não informe o número de partidas devem ser utilizados os seguintes limites de flutuações de tensão:

- Para os motores trifásicos e monofásicos com potências superiores 5cv e 3cv respectivamente, deve ser aplicada a frequência média de 1 partida por hora que equivale a um limite de flutuação de tensão de 7,42% (Tabela 19);
- Para os motores trifásicos com potências até 5cv inclusive e os monofásicos até 3cv (fase - neutro e fase - fase) é utilizado o limite de flutuação de tensão de 10%.

Estes valores estão sendo adotados em função do menor porte dos motores e das considerações constantes em 7.2.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 24 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

9.2.1 Impedâncias dos elementos da rede

Na avaliação da viabilidade de ligação dos motores, os parâmetros normalmente considerados são os transformadores de distribuição e as redes primárias e secundárias, que são representados através de suas respectivas impedâncias.

9.2.2 Transformador de distribuição

A impedância do transformador de distribuição, identificada pela letra “Z” e expressa em porcentagem (%), é obtida dos dados de placa.

Como referência, apresentamos na Tabela 3 os valores normalizados das impedâncias dos transformadores de distribuição das classes 15 kV e 36,2 kV.

9.2.3 Redes primárias e secundárias

Para análise da viabilidade de ligação de motores, deve ser verificada a queda de tensão nos circuitos primários e secundários da rede de distribuição.

Para o cálculo da queda de tensão na rede primária devem ser utilizados os valores das resistências e reatâncias dos condutores, em Ω/km , apresentados nas Tabelas 16 a 19, que levam em consideração a configuração e a modalidade da rede.

Já para o cálculo da queda de tensão nas redes secundárias, leva-se em consideração a bitola dos cabos, número de fases e fator de potência, representado pelo coeficiente de queda de tensão ($\%/kVA \times 100m$), apresentado nas tabelas 12 a 15.

9.2.4 Fator de potência

Os motores de indução com o rotor gaiola, em função de suas características construtivas, apresentam na partida valores muito baixos de fator de potência.

À medida que é adicionada carga ao motor, o valor do fator de potência vai se elevando até atingir o seu valor máximo, ou seja, quando este atinge as suas condições nominais.

Nos estudos de viabilidade de ligação de motores, devem ser utilizados nos cálculos, os seguintes valores de fator de potência:

- na partida: 0,20 a 0,30 indutivo;
- em regime: os valores práticos constantes são encontrados na Tabela 4 a Tabela 8, para as condições nominais dos motores trifásicos e monofásicos, respectivamente.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 25 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	<i>Tipo: Norma Técnica e Padronização</i>	NTC-D-10
	<i>Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária</i>	Versão: 02/23
	<i>Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO</i>	 CERPRO

10 PROCEDIMENTO PARA ANÁLISE DA PARTIDA DO MOTOR

10.1 Levantamento de dados

10.1.1 Dados do motor

As principais informações sobre o motor que devem ser levadas para análise da CERPRO, com o intuito de obter as condições de partida, são as seguintes:

- fabricante;
- número de fases;
- frequência nominal;
- potência nominal;
- tensão nominal;
- tipo motor (rotor em gaiola, rotor bobinado, corrente contínua, síncrono, etc.);
- velocidade síncrona ou número de polos;
- regime tipo;
- classe de temperatura da isolação do motor;
- rotação nominal (rpm);
- corrente nominal (A);
- corrente de partida (A) ou relação I_p/I_n ;
- código de partida
- categoria
- corrente com rotor bloqueado;
- fator de potência em regime;
- rendimento nominal (%);
- fator de potência na partida;
- número de partidas por unidade de tempo (dia, hora ou minuto);
- dispositivo de redução da corrente de partida – fabricante, identificar tipo e ajuste (se aplicável).

Caso o consumidor seja atendido em tensão primária de distribuição, deve informar ainda:

- potência do transformador do consumidor (kVA);
- impedância do transformador do consumidor ($Z(\%)$).

Sempre que possível, anexar catálogo do fabricante do equipamento.

No caso de mais de um motor, o consumidor deve informar os dados solicitados para cada uma das unidades separadamente.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 26 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Junto com as informações do motor, devem ser fornecidos os dados de localização do consumidor e do responsável pelo levantamento.

Observamos que o número de partidas do motor é uma informação muito importante, uma vez que está diretamente ligada ao limite da flutuação de tensão permissível. Esta informação é função direta do regime de operação do motor que somente o consumidor tem condições de prestar.

10.1.2 Dados da rede secundária

Para a análise da viabilidade do atendimento a um consumidor com motor(es), pela rede secundária, devem ser obtidos os seguintes dados:

- Planta da rede secundária, atualizada contendo:
 - Configuração do setor de transformador;
 - Bitola dos condutores da rede secundária existente;
 - Localização do consumidor com os equipamentos de motores;
 - Ponto de abertura do circuito.

- Transformador de distribuição:
 - potência nominal, em kVA;
 - impedância em porcentagem (Z%) extraída dos dados de placa do equipamento.

- Localização da rede primária mais próxima do consumidor com o motor.

10.1.3 Dados da rede primária

Para a análise das condições de partida do motor são necessários os seguintes dados da rede primária:

Plantas atualizadas da rede, contendo:

- Bitola dos condutores e respectivas extensões da rede;
- Configuração do alimentador, identificando os pontos de manobra com outros circuitos;
- Localização do consumidor que deseja atendimento com motor(es) e principais consumidores ligados na rede;
- Equipamentos de regulação de tensão e proteção existentes;
- Pontos de saídas dos principais ramais rurais.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 27 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Dados do consumidor:

- Localização;
- Cronograma de demandas;
- Transformador particular para o qual deve ser informada a potência nominal, tensões primária e secundária, Impedância porcentual (Z(%)), tap de ligações, tipo de ligação e chave de proteção.

Dados da subestação que supre a rede a qual será ligado o motor:

- Potência de curto-circuito na barra de 13,8 kV ou 34,5 kV.

Se ao invés da potência de curto-circuito na barra de distribuição for fornecida a potência de curto-circuito da barra de transmissão (69 kV, 88 kV ou 138 kV), devem ser obtidos os seguintes dados adicionais:

- Potência nominal do(s) transformador(es) de força, em MVA;
- Impedância porcentual (Z(%) dos transformadores de força;
- Tipo de ligação.

10.2 Metodologia para análise de partida

Na análise do atendimento aos consumidores com motor com rotor gaiola, é desprezada a impedância do sistema até o transformador de distribuição, em virtude de seu valor ser muito pequeno, quando comparado aos valores das impedâncias dos transformadores de distribuição e da rede secundária.

Basicamente, a análise do atendimento consistirá em uma avaliação da flutuação total de tensão provocada por esse tipo de equipamento, que deve levar em conta a queda de tensão da rede secundária e a queda de tensão interna do transformador de distribuição.

As etapas a serem observadas na análise do atendimento são as seguintes:

- Determinação da potência de partida do motor com rotor gaiola absorvida da rede.

A potência absorvida pelo motor da rede, na partida, pode ser obtida por uma das seguintes expressões:

$$S_{mp} = \frac{P_n}{F_p} * \left(\frac{I_p}{I_n} \right) * k$$

Sendo:

S_{mp} – potência de partida do motor, em kVA;

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 28 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

P_n – potência nominal do motor, em kW. A conversão da potência do motor de cv (cavalo-vapor) para kW (quilowatt) pode ser obtido aplicando o fator 0,736 ou diretamente;

F_p – fator de potência nominal do motor, cujo valor pode ser obtido na Tabela 4 a Tabela 8 para condição de 100%;

$\frac{I_p}{I_n}$ – Relação entre a corrente de partida e a nominal do motor obtida na Tabela 4 a Tabela 4;

K – Fator devido ao tipo de dispositivo de partida aplicado ao motor que pode assumir os seguintes valores:

- Partida a plena tensão - $k = 1$;
- Chave estrela triângulo - $k = 0,333$
- Chave compensadora de partida;
- 50% - $k = 0,250$;
- 65% - $k = 0,423$;
- 80% - $k = 0,640$;
- Chave série-paralela - $k = 0,25$;
- Partida com resistência-reator - $k = 0,70$ a $0,85$.

A potência de partida pode ser calculada também pela seguinte expressão:

$$S_{mp} = P_n * \left(\frac{kVA}{cv} \right) . k$$

Sendo:

P_n – Potência nominal do motor, em cv (cavalo vapor);

$\frac{kVA}{cv}$ – É o fator relacionado ao código de partida, cuja indicação padronizada é através de uma letra informada nos dados da placa do motor. Os valores do código de partida são apresentados na Tabela 1.

S_{mp} – Potência de partida do motor com rotor gaiola, em kVA;

É importante utilizar, sempre que possível os dados reais, constantes de catálogos e manuais fornecidos pelos fabricantes, a fim de que a potência de partida calculada para o motor seja um valor representativo.

b) Cálculo da queda de tensão interna no transformador

A queda de tensão interna porcentual nos transformadores de distribuição trifásico, provocado(s) pela partida do motor com rotor gaiola, pode ser calculada por:

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 29 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

$$QT_{\text{trafo}}(\%) = Z(\%) * \left(\frac{S_{\text{mp}}}{S_{\text{trafo}}} \right) \text{ para equipamentos trifásicos}$$

$$QT_{\text{trafo}}(\%) = 2 * Z(\%) * \left(\frac{S_{\text{mp}}}{S_{\text{trafo}}} \right) \text{ para equipamentos bifásicos (fase-fase)}$$

$$QT_{\text{trafo}}(\%) = 6 * Z(\%) * \left(\frac{S_{\text{mp}}}{S_{\text{trafo}}} \right) \text{ para equipamentos monofásicos (fase-neutro)}$$

Sendo:

$QT_{\text{trafo}}(\%)$ - a queda de tensão no transformador devido a partida do motor com rotor gaiola;
 $Z(\%)$ - impedância porcentual do transformador de distribuição, que pode ser obtido dos dados de placa do equipamento;

S_{mp} - potência absorvida da rede na partida no motor, em kVA;

S_{trafo} - potência nominal do transformador de distribuição, em kVA;

d) Cálculo da queda de tensão na rede secundária

A queda de tensão causada na rede secundária pela ligação do motor com rotor gaiola deve ser calculada pela seguinte expressão:

$$QT_{\text{rede}}(\%) = k * \left(\frac{L}{100} \right) * S_{\text{mp}}$$

Sendo:

K - coeficiente de queda de tensão (%/kVA × 100 m) apresentado respectivamente na Tabela 12 a Tabela 15. No cálculo da queda de tensão deve ser utilizado o fator de potência e os coeficientes compatíveis com o número de fases do motor com rotor gaiola;

L - distância, em metros, do transformador de distribuição ao ponto da rede onde está localizado o motor;

S_{mp} - potência de partida do motor absorvida efetivamente da rede, em kVA.

Ressaltamos que na avaliação da flutuação de tensão da rede, não devem ser consideradas as demais cargas ligadas na rede secundária, apenas a do motor com rotor gaiola que no cálculo é representada pela potência de partida que absorve da rede (S_{mp}).

e) Comparação da queda de tensão na rede secundária e no transformador de distribuição com o valor máximo de flutuação permissível:

$$- \text{ se } QT_{\text{trafo}}(\%) + QT_{\text{rede}}(\%) \leq QT_{\text{flutuação}}(\%)$$

O motor com rotor pode ser liberado sem a necessidade de implementar medidas corretivas e/ou preventivas na rede de distribuição.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 30 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

- se $QT_{trafo}(\%) + QT_{rede}(\%) + QT(\%) > QT_{flutuação}(\%)$

Analisar e simular as alternativas visando minimizar as perturbações na rede.

f) Avaliar sob o aspecto técnico-econômico as alternativas de medidas corretivas, viáveis de serem implementadas à rede, (ver 10.5), para adequar a queda de tensão secundária (rede + transformador de distribuição) em relação à máxima flutuação permissível. Deve ser adotada a alternativa que atende aos aspectos técnicos e de menor custo de implantação.

g) Deve ser verificado também, se em condições normais de operação da rede, o aumento de carga decorrente da ligação do consumidor com o motor com rotor gaiola, não implicará em obras de melhoria, em função da necessidade de adequação da queda de tensão e/ou carregamento do transformador de distribuição.

h) Observamos que nos cálculos para a avaliação das condições da rede, em regime normal, deve ser utilizada a potência que o motor efetivamente absorve da rede, que adicionada às demais cargas existentes no consumidor (iluminação, etc.) subsidiarão a determinação da demanda do mesmo.

10.3 Rede Primária

Na presente norma não é apresentado um método para calcular diretamente as perturbações provocadas pelo motor com rotor gaiola (flicker) e sim um que calcule a variação de tensão decorrente da ligação desse tipo de equipamento.

Para verificar se o motor com rotor gaiola causará ou não flutuação de tensão indesejável, compara-se o valor de queda de tensão instantânea com o valor admissível.

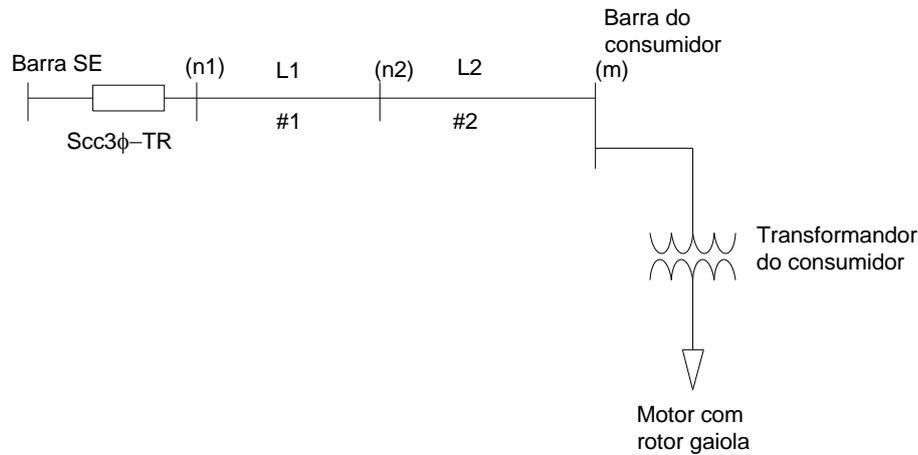
Observamos que o método é aproximado, e no cálculo da queda de tensão instantânea, são desprezadas as cargas existentes ao longo do alimentador e as do próprio consumidor onde está instalado esse tipo de equipamento.

As etapas a serem observadas na análise do atendimento são as seguintes:

a) Elaboração do diagrama unifilar do alimentador mostrando a localização da subestação, rede primária, barra da rede onde vai ser ligado o motor com rotor gaiola, outras barras notáveis da rede com consumidores susceptíveis ao flicker; distâncias e bitolas dos condutores entre barras, potência de curto-circuito na barra de distribuição do sistema e dados do transformador do consumidor (tensões, potência nominal e impedância porcentual (Z%) e tipo de ligação);

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 31 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO



Sendo:

n1, n2 ... barras sensíveis ao flicker;

m barra onde está ligado o transformador do consumidor com motor rotor gaiola;

#1, #2... bitolas dos cabos entre barras;

L1, L2... distância entre barras, em quilômetros (km);

Scc3Ø - TR potência de curto-circuito do sistema na barra de 13,8 kV ou 34,5 kV, em MVA.

b) Definição dos valores de base

Como os cálculos serão realizados em pu (por unidade) há necessidade de definirmos os valores de base, ou seja:

Vbase – Tensão de base, que deve ser expressa pela tensão primária do transformador do consumidor, em kV;

Sbase – Potência de base, que deve ser expressa pela potência de partida do motor com rotor gaiola, em MVA, e cujo valor deve estar compatível com a existência ou não de dispositivo de partida;

Zbase – Impedância de base, em ohms (Ω), que pode ser obtida através da expressão:

$$Z_{base} = \frac{(V_{base})^2}{S_{base}} (\Omega)$$

Ibase – Corrente de base, em ampères (A), que pode ser obtida da expressão:

$$I_{base} = \frac{S_{base}}{\sqrt{3} \cdot V_{base}} (A)$$

c) Cálculo da impedância do sistema xs, em pu, que pode ser calculada através da seguinte expressão:

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 32 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

$$x_s = j \frac{S_{mp}}{S_{cc3\phi_{TR}}} \text{ (pu)}$$

Observamos que em função da componente resistiva da impedância do sistema ser muito menor que a reativa, será desprezada nos cálculos de flutuação de tensão.

d) Cálculo da impedância do alimentador

z_1, z_2 ... impedância do alimentador, em pu;

$$z_1 = \frac{R1.L1 + jX1.L1}{Z_{base}} = r_1 + jx_1 \text{ (pu)}$$

$$z_2 = \frac{R2.L2 + jX2.L2}{Z_{base}} = r_2 + jx_2 \text{ (pu)}$$

Sendo:

R_1, R_2 ... resistência do cabo do alimentador, cujos valores são apresentadas na Tabela 16 a Tabela 18, em Ω/km .

X_1, X_2 ... reatância do cabo do alimentador, cujos valores são apresentadas na Tabela 16 a Tabela 18, em Ω/km .

L_1, L_2 ... extensão dos trechos entre barras, em km.

e) Cálculo da impedância do transformador do consumidor

x_{trafo} = impedância do transformador, em pu, que é representada pela reatância da mesma pode ser calculada através da seguinte equação:

$$x_{trafo} = j \frac{Z(\%)}{100} * \frac{S_{mp}}{S_{trafo}} \text{ (pu)}$$

Sendo:

$Z\%$ - Impedância porcentual do transformador do consumidor;

S_{trafo} - potência nominal do transformador do consumidor, em MVA.

f) Cálculo da impedância da carga

$$z_{carga} = \frac{v_{carga}}{i_{carga}} \text{ (pu)}$$

Sendo:

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 33 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

v_{carga} – Tensão aplicada ao motor com rotor gaiola, que é igual ao próprio V_{base} , logo v_{carga} 1,0 pu.

i_{carga} – Corrente absorvida da rede pelo motor na partida, em pu, cujo módulo é igual a corrente de base, e vale portanto 1,0 pu.

No caso da corrente, temos que considerar o fator de potência do equipamento que provoca uma defasagem angular em relação à tensão ($\cos\varphi$)

Assim:

$$Z_{carga} = r_{carga} + jx_{carga} = 1 * (\cos\varphi + j\text{sen}\varphi) \text{ (pu)}$$

Sendo:

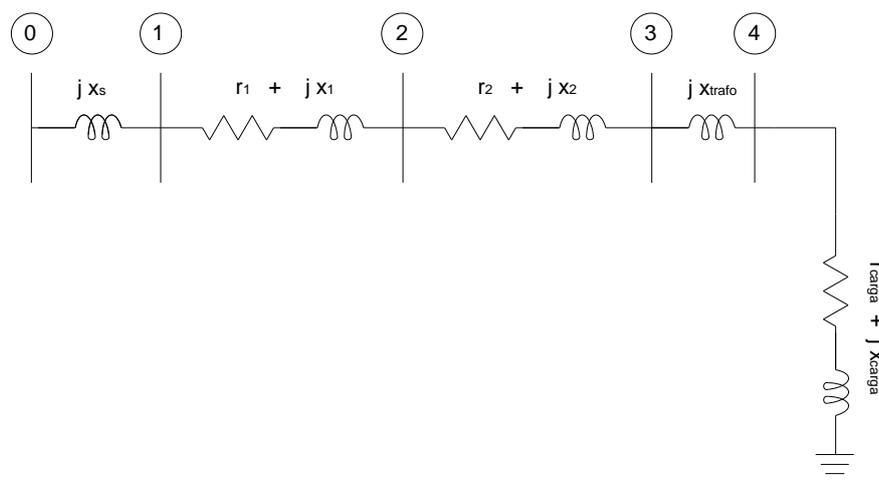
$\cos\varphi$ - fator de potência de partida do motor, cujo valor a ser utilizado deve ser o informado pelo consumidor ou o constante em 8.4;

$\text{sen}\varphi$ - pode ser obtido através da seguinte expressão trigonométrica:

$$\sin\varphi = \sqrt{1 - \cos^2\varphi}$$

g) Diagrama de impedância

Para a avaliação da variação de tensão na rede primária, há necessidade de ser elaborado um diagrama, no qual são lançadas desde a impedância do sistema, até a impedância do motor.



Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 34 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

h) Cálculo da flutuação de tensão

A flutuação de tensão decorrente da partida do motor com rotor de gaiola, referenciada à rede primária, pode ser calculada através da aplicação da técnica do divisor de tensão no diagrama de impedâncias constante no item g.

h1) Cálculo da flutuação na carga, ou seja, na barra 4:

$$v_4 = \frac{r_{carga} + jx_{carga}}{jx_s + (r_1 + jx_1) + (r_2 + jx_2) + jx_{trafo} + (r_{carga} + jx_{carga})}$$

$$|v_4| = \frac{|Z_{carga}| \left| \varphi_{carga} \right.}{|Z_{eq}| \left| \theta_{eq} \right.}$$

$|v_4|$ - Módulo de tensão da barra 4;

$|Z_{carga}|$ - Módulo da impedância da carga obtida pela expressão

Sendo:

$$|Z_{carga}| = \sqrt{(r_{carga})^2 + (x_{carga})^2}$$

$$\varphi_{carga} = \tan^{-1} \frac{x_{carga}}{r_{carga}} \text{ (em graus)}$$

$$|Z_{eq}| = \sqrt{(r_{eq})^2 + (x_{eq})^2}$$

$$\theta_{eq} = \tan^{-1} \frac{x_{eq}}{r_{eq}} \text{ (em graus)}$$

$$\Delta V_4(\%) = (1 - |v_4|) * 100$$

h2) Cálculo da flutuação na barra 3:

$$v_3 = \frac{r_{carga} + j(x_{carga} + x_{trafo})}{jx_s + (r_1 + jx_1) + (r_2 + jx_2) + jx_{trafo} + (r_{carga} + jx_{carga})}$$

$$|v_3| = \frac{|Z_{carga+trafo}| \left| \theta_3 \right.}{|Z_{eq}| \left| \theta_{eq} \right.}$$

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 35 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

$|v_3|$ - Módulo de tensão da barra 3;

$|Z_{carga+trafo}|$ - Módulo da impedância da carga obtida pela expressão

Sendo:

$$|Z_{carga+trafo}| = \sqrt{(r_{carga})^2 + (x_{carga} + x_{trafo})^2}$$

$$\theta_3 = \tan^{-1} \frac{x_{carga+trafo}}{r_{carga}} \text{ (em graus)}$$

$$\Delta V_3(\%) = (1 - |v_3|) * 100$$

h3) Cálculo da flutuação na barra 2:

$$v_2 = \frac{(r_{carga} + r_2) + j(x_{carga} + x_{trafo} + x_2)}{jx_s + (r_1 + jx_1) + (r_2 + jx_2) + jx_{trafo} + (r_{carga} + jx_{carga})}$$

$$|v_2| = \frac{|Z_{carga+trafo} + z_2| |\theta_2}{|Z_{eq}| |\theta_{eq}|}$$

$|v_2|$ - Módulo de tensão da barra 2;

$|Z_{carga+trafo} + z_2|$ - Módulo da impedância da carga obtida pela expressão

Sendo:

$$|Z_{carga+trafo} + z_2| = \sqrt{(r_{carga} + r_2)^2 + (x_{carga} + x_{trafo} + x_2)^2}$$

$$\theta_2 = \tan^{-1} \frac{(x_{carga} + x_{trafo} + x_2)}{(r_{carga} + r_2)} \text{ (em graus)}$$

$$\Delta V_2(\%) = (1 - |v_2|) * 100$$

h4) Cálculo da flutuação na barra 1:

$$v_1 = \frac{(r_{carga} + r_2 + r_1) + j(x_{carga} + x_{trafo} + x_2 + x_1)}{jx_s + (r_1 + jx_1) + (r_2 + jx_2) + jx_{trafo} + (r_{carga} + jx_{carga})}$$

$$|v_1| = \frac{|Z_{carga+trafo} + z_2 + z_1| |\theta_1}{|Z_{eq}| |\theta_{eq}|}$$

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 36 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

$|v_1|$ - Módulo de tensão da barra 2;

$|Z_{carga+trafo} + z_2 + z_1|$ - Módulo da impedância da carga obtida pela expressão

Sendo:

$$|Z_{carga+trafo} + z_2 + z_1| = \sqrt{(r_{carga} + r_2 + r_1)^2 + (x_{carga} + x_{trafo} + x_2 + x_1)^2}$$

$$\theta_1 = \tan^{-1} \frac{(x_{carga} + x_{trafo} + x_2 + x_1)}{(r_{carga} + r_2 + r_1)} \text{ (em graus)}$$

$$\Delta V_1(\%) = (1 - |v_1|) * 100$$

i) Ajuste na tensão calculada no secundário do transformador:

Tendo em vista que a tensão de fornecimento nem sempre é igual ao valor da tensão nominal do motor, faremos um ajuste na tensão calculada no secundário do trato do consumidor considerando a tensão no primário do transformador antes da partida e o tap ligado, da seguinte forma:

$$V'_4 = \frac{V_{TRP}}{V_{TAP}} * V_m * v_4$$

$$\Delta V'_4(\%) = \frac{V_m - V'_4}{V_m} * 100$$

Sendo:

V'_4 – Tensão no secundário do transformador no instante da partida, com valor ajustado, em V;

V;

$\Delta V'_4$ – Queda de tensão percentual em relação à nominal no secundário do transformador, após o ajuste;

V_{TRP} – Tensão no primário do transformador, antes da partida do motor, em kV;

V_{TAP} – Tap primário do transformador do consumidor, em kV;

V_m – Tensão nominal do motor, em V;

v_4 – Tensão no secundário do transformador, em pu, calculado no item i1).

j) Análise dos resultados

Os valores de quedas de tensão obtidos em cada barra devem ser comparados com os limites permissíveis, definidos em 9.2.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 37 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Além disso, deve ser comparado a queda de tensão obtida no primário do transformador do consumidor (barra 3) com os limites de flutuações de tensão constantes também em 9.2, que é função do número de motores existentes na rede de distribuição.

Se os valores calculados forem inferiores aos permissíveis, a ligação do motor com rotor gaiola pode ser liberada, sendo necessário apenas o estudo do atendimento.

Caso os valores calculados sejam superiores aos limites permissíveis, principalmente nas barras da rede, devem ser tomadas as seguintes providências:

- se o acionamento previsto para o motor for a plena tensão, efetuar nova simulação considerada a instalação de uma chave que reduz a corrente de partida do mesmo e comparar os resultados com os limites admissíveis;

- se a partida do motor for realizada com dispositivo redutor da corrente, analisar as alternativas técnicas passíveis de serem implementadas na rede primária para minimizar as perturbações.

I) Alternativas

Analisar e simular todas as alternativas viáveis com base no exposto em 10.5, devendo ser adotada a que melhor atenda aos aspectos técnico-econômicos.

10.4 Atendimento a mais de um motor

A ligação de um ou mais motores, de indução com rotor gaiola requer uma análise de atendimento que avalie duas situações de funcionamento:

- no instante da partida;
- em regime normal de funcionamento

a) Na partida

Para a análise da rede de distribuição no instante da partida, não consideramos a existência de simultaneidade de dois ou mais motores, pelo fato de ser pequena a probabilidade de coincidência em função do intervalo de tempo de duração da partida (máximo 10 a 15 segundos).

Assim, para o cálculo da flutuação deve-se considerar somente a potência de partida do maior motor.

Havendo dois ou mais motores que obrigatoriamente partam simultaneamente, mesmo sendo os maiores, deve-se somar as suas potências e considerá-las como um único motor.

Com relação à flutuação de tensão, deve-se considerar sempre o limite admissível para o motor de maior potência.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 38 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

b) Em regime normal de funcionamento

Devem ser aplicados os seguintes fatores de demanda sobre as potências dos motores:

- 1,00 para o maior motor;
- 0,50 para os demais.

Se houver dois ou mais motores de igual potência, considerar apenas um deles como o de maior e o(s) outro(s) como os de menor potência.

10.5 Medidas preventivas e/ou corretivas

Para viabilizar a ligação de consumidores, com motor(es) de indução com rotor gaiola, devem ser minimizadas as perturbações ocasionadas por este tipo de equipamento de partida.

Apesar das redes primárias serem menos susceptíveis às perturbações devido à partida do motor, para viabilizar o atendimento, pode ser necessária a implementação de uma ou mais das medidas relacionadas a seguir, que visam basicamente reduzir a impedância do sistema, ou seja:

- Aumentar a capacidade nominal do transformador de distribuição;

Geralmente, a impedância interna dos transformadores de distribuição é inversamente proporcional à sua potência nominal. Portanto, quanto maior a potência nominal do transformador, menor a queda de tensão interna apresenta.

- Aumentar a bitola dos condutores da rede secundária;

Esta alternativa apresenta bons resultados apenas nos casos onde a distância entre o transformador e os motores não seja superior a 60 m, mesmo para as maiores bitolas padronizadas para as redes secundárias.

- Reduzir o comprimento da rede secundária de alimentação;

O deslocamento do transformador de distribuição para as proximidades do ponto de instalação do(s) motor(es) oferece bons resultados, mas esse deslocamento pode tirar o transformador do centro de carga ou do planejamento, criando transtornos futuros.

Ainda para reduzir o comprimento da rede secundária, pode-se optar pelo desmembramento do setor, locando o novo transformador, de preferência, seguindo o

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 39 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

planejamento proposto para a área, mais próximo do(s) motor(es). Neste caso, haverá necessidade de recalcular o carregamento dos transformadores envolvidos e, se for o caso, substituir o existente.

- Isolar o consumidor;

Se as flutuações de tensão e as interferências causadas forem de difícil solução, como é o caso das provocadas pelo(s) motor(es) com conversor de frequência, a única alternativa é atender o consumidor com transformador exclusivo da empresa.

- Atender o consumidor em tensão primária de distribuição;

Ainda de acordo com o item anterior, dependendo das condições, pode ser solicitado ao consumidor providenciar seu próprio transformador.

Cumpra-se ressaltar que a implementação de uma ou mais das medidas acima, não exige o consumidor de instalar a chave para a redução da corrente de partida do motor.

Além disso, devem ser avaliadas as diversas alternativas de medidas corretivas e/ou preventivas viáveis e adotadas a que melhor atender aos aspectos técnico-econômicos.

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 40 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

TABELAS

Tabela 1 - Códigos de partida de motores – kVA/cv

Código	kVA/cv	Código	kVA/cv
A	0,00 a 3,14	L	9,00 A 9,99
B	3,15 a 3,54	M	10,00 A 11,19
C	3,55 a 3,99	N	11,20 a 12,49
D	4,00 a 4,49	P	12,50 a 13,99
E	4,50 a 4,99	R	14,00 a 15,99
F	5,00 a 5,59	S	16,00 a 17,99
G	6,60 a 6,29	T	18,00 a 19,99
H	6,30 a 7,09	U	20,00 a 22,39
J	7,10 a 7,99	V	22,40 ou mais
K	8,00 a 8,99		

Tabela 2 - Temperatura máxima permitida para classes de isolamento

Classe de Isolação térmica	Temperatura máxima °C
A	105
E	120
B	130
F	155
H	180

Tabela 3 - Impedância de transformadores de distribuição

Tipo	Potência	Impedância Z %	
		13,8 kV	34,5 kV
Trifásico	≤150	3,5	4,0
	150 a 300	4,5	5,0
	> 300	4,5	5,0
Monofásico	Até 37,5	2,5	3,0

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 41 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

Tabela 4 - Características típicas – motores de indução trifásicos rotor gaiola

Potência		Carça ABNT	Rotação rpm	Corrente nominal em 220 V	I_d/h	Conjugado nominal (C_n) kgfm	C_p/C_n	$C_{m\max}/C_n$	Rendimento η			Fator de serviço (FS)	Momento de inércia (J) kgm ²	Tempo com rotor bloq. a quente s	Nível médio de proteção sonora dB
									% da potência nominal						
									50	75	100				
0,16	0,12	63	3380	0,76	5,30	0,03	4,0	4,3	45,0	53,0	58,1	0,57	0,70	0,70	56
0,25	0,18	63	3380	1,04	4,70	0,05	3,0	3,4	52,0	58,0	61,9	0,60	0,68	0,75	56
0,33	0,25	63	3390	1,30	5,00	0,06	3,2	3,0	54,2	59,0	62,9	0,64	0,72	0,78	56
0,5	0,37	63	3380	1,70	5,50	0,10	3,2	3,2	55,2	65,5	68,4	0,52	0,73	0,83	56
0,75	0,55	71	3430	2,40	6,20	0,15	2,9	3,1	63,2	68,5	71,0	0,64	0,79	0,85	60
1	0,75	71	3450	3,20	7,10	0,20	3,4	3,5	65,2	71,0	72,7	0,62	0,75	0,83	60
1,5	1,10	80	3420	4,40	7,00	0,31	2,9	2,8	70,0	74,5	75,7	0,78	0,85	0,87	62
2	1,50	80	3400	5,70	6,60	0,42	3,0	2,8	73,5	75,5	76,1	0,80	0,86	0,89	62
3	2,20	90 S	3460	8,90	6,70	0,62	2,7	2,7	77,9	79,0	79,4	0,70	0,79	0,82	67
4	3,00	90 L	3460	10,80	7,60	0,82	2,9	3,1	80,0	82,6	83,2	0,70	0,80	0,86	67
5	3,70	100L	3500	13,80	8,30	1,02	2,7	2,6	78,5	82,0	83,8	0,72	0,80	0,85	71
6	4,50	112M	3480	15,80	7,10	1,23	2,2	2,9	82,8	84,2	84,3	0,76	0,84	0,87	69
7,5	5,50	112M	3490	20,00	7,50	1,54	2,4	3,4	83,0	85,1	85,2	0,73	0,80	0,85	69
10	7,50	132S	3510	25,00	7,50	2,04	2,1	2,7	84,5	85,8	85,8	0,82	0,88	0,90	71
12,5	9,20	132M	3510	30,00	8,60	2,55	2,2	3,0	85,8	87,5	87,5	0,82	0,86	0,89	71
15	11,00	132M	3500	36,00	9,10	3,07	2,6	3,5	88,2	89,3	89,4	0,84	0,88	0,90	71
20	15,00	160M	3510	47,00	7,50	4,08	2,3	2,9	86,5	89,0	89,3	0,86	0,90	0,92	75
25	18,50	160M	3520	58,00	9,20	5,09	2,7	3,0	89,0	90,2	90,4	0,88	0,90	0,92	75
30	22,00	160L	3520	70,00	9,20	6,10	3,0	3,0	88,3	90,0	90,9	0,86	0,89	0,91	75
40	30,00	200M	3560	97,00	7,80	8,04	3,4	3,0	87,0	90,0	91,0	0,82	0,85	0,88	82
50	37,00	200L	3560	118,00	7,60	10,10	2,9	2,5	89,0	91,1	92,2	0,80	0,85	0,87	82
60	45,00	200L	3560	140,00	7,50	12,10	2,6	3,0	86,5	90,0	91,0	0,84	0,89	0,91	82
60	45,00	225S/M	3555	140,00	7,20	12,10	3,0	2,8	90,3	91,4	92,0	0,86	0,88	0,90	84
75	55,00	225S/M	3555	174,00	8,10	15,10	2,5	2,7	89,0	91,3	92,5	0,85	0,88	0,90	84
100	75,00	280S/M	3560	228,00	8,30	20,10	3,1	3,3	90,0	92,1	93,1	0,85	0,90	0,91	84
125	90,00	280S/M	3570	300,00	7,50	25,10	2,5	2,7	86,2	89,5	91,4	0,80	0,85	0,88	89
150	110,00	280S/M	3570	355,00	7,50	30,10	2,5	2,7	89,0	91,2	92,7	0,82	0,86	0,88	89
175	130,00	315S/M	3565	418,00	7,90	35,10	2,5	2,6	89,2	91,6	92,9	0,84	0,86	0,87	90
200	150,00	315S/M	3575	460,00	8,20	40,10	2,7	2,8	90,0	92,4	93,3	0,84	0,87	0,90	90
250	185,00	315S/M	3570	580,00	8,10	50,10	2,9	2,7	90,0	91,0	92,5	0,89	0,89	0,90	90

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

Tabela 5 - Características típicas – motores de indução trifásicos rotor gaiola

Potência		Carga ABNT	Rotação rpm	Corrente nominal em 220 V	I_p/I_n	Conjugado nominal (C_n) kgfm	C_p/C_n	C_{max}/C_n	Rendimento η				Fator de potência			Fator de serviço (FS)	Momento de inércia (J) kgm ²	Tempo com rotor bloq. a quente s	Nível médio de proteção sonora dB	Peso aprox. kg			
									(% da potência nominal)				75								100		
									50	75	100	100	50	75	100						50	75	100
0,16	0,12	63	1730	0,90	4,80	0,06	3,2	3,5	40,0	47,5	53,6	0,50	0,58	0,64	1,35	0,00050	9	49	7,0				
0,25	0,18	63	1725	1,26	4,50	0,10	2,8	3,0	40,0	50,5	58,0	0,47	0,57	0,65	1,35	0,00050	9	49	7,5				
0,33	0,25	63	1720	1,56	5,20	0,13	3,0	2,9	47,0	56,1	61,9	0,48	0,57	0,66	1,35	0,00060	8	49	8,0				
0,5	0,37	63	1730	2,25	5,00	0,20	2,7	3,0	50,0	60,0	66,0	0,47	0,56	0,65	1,25	0,00060	12	46	10,0				
0,75	0,55	71	1715	3,00	5,50	0,31	3,0	3,2	55,3	65,5	69,0	0,47	0,60	0,70	1,25	0,00090	6	46	11,0				
1	0,75	71	1730	3,60	6,10	0,41	2,4	2,9	56,1	65,7	70,6	0,51	0,66	0,76	1,15	0,00230	8	47	15,0				
1,5	1,10	80	1700	4,80	5,40	0,63	2,4	2,6	69,0	72,0	72,7	0,63	0,76	0,83	1,15	0,00270	6	47	16,0				
2	1,50	80	1715	6,00	6,50	0,83	3,2	3,2	75,0	77,5	77,6	0,65	0,77	0,83	1,15	0,00450	6	52	19,0				
3	2,20	90S	1710	8,59	6,80	1,26	3,3	3,0	78,0	79,0	79,3	0,70	0,80	0,85	1,15	0,00580	6	52	23,0				
4	3,00	90L	1730	11,40	7,40	1,66	2,8	3,5	76,8	80,0	80,7	0,64	0,77	0,84	1,15	0,00850	6	54	31,0				
5	3,70	100L	1730	13,60	7,50	2,07	3,1	3,0	80,5	82,3	83,5	0,68	0,79	0,85	1,15	0,00910	6	54	33,0				
6	4,50	112M	1730	16,00	7,40	2,48	2,3	2,7	83,2	84,0	83,3	0,72	0,81	0,86	1,15	0,01460	6	56	41,0				
7,5	5,50	112M	1730	20,00	7,50	3,10	3,0	3,2	85,0	86,2	86,2	0,72	0,80	0,84	1,15	0,01730	6	56	46,0				
10	7,50	132S	1760	27,00	8,00	4,07	2,3	3,0	83,3	85,0	85,2	0,70	0,80	0,84	1,15	0,01770	6	61	58,0				
12,5	9,20	132M	1755	32,00	8,30	5,10	2,5	2,9	85,8	87,5	87,7	0,73	0,81	0,86	1,15	0,04070	6	61	66,0				
15	11,00	132M	1755	38,00	8,30	6,12	2,3	2,8	86,8	88,2	88,3	0,70	0,81	0,88	1,15	0,04650	5	61	70,0				
20	15,00	160M	1760	50,00	8,30	8,13	2,2	2,7	88,0	89,3	89,8	0,76	0,84	0,86	1,15	0,05220	6	66	111,0				
25	18,50	160M	1760	63,00	8,60	10,20	2,5	3,2	88,2	89,7	90,1	0,74	0,82	0,85	1,15	0,07220	6	66	121				
30	22,00	160L	1765	74,00	7,60	12,20	3,0	2,6	89,0	90,4	91,0	0,75	0,83	0,86	1,15	0,08320	6	71	150				
40	30,00	200M	1775	100,00	7,60	16,10	2,3	2,5	89,0	90,2	90,2	0,74	0,82	0,85	1,15	0,17730	8	74	211				
50	37,00	200L	1775	123,00	7,60	20,20	2,4	2,4	90,0	91,8	92,3	0,76	0,83	0,85	1,15	0,25320	8	74	244				
60	45,00	200L	1775	145,00	7,80	24,20	2,3	2,5	89,0	90,3	90,8	0,79	0,85	0,88	1,00	0,29360	8	74	270				
60	45,00	225S/M	1775	140,00	8,00	24,20	2,9	3,0	88,5	90,7	91,6	0,83	0,87	0,90	1,00	0,34500	8	81	345				
75	55,00	225S/M	1770	175,00	7,40	30,30	2,7	2,7	90,3	91,7	91,9	0,84	0,88	0,90	1,00	0,67590	8	81	379				
100	75,00	250S/M	1775	240,00	8,80	40,30	3,2	3,2	90,0	92,0	92,5	0,76	0,84	0,87	1,00	0,78660	6	81	442				
125	90,00	280S/M	1780	302,00	7,30	50,30	2,2	2,5	89,3	91,0	91,8	0,80	0,85	0,87	1,00	0,98430	12	81	638				
150	110,00	280S/M	1785	354,00	8,00	60,20	2,7	2,8	89,0	91,3	92,0	0,82	0,87	0,89	1,00	1,84950	11	85	725				
175	130,00	315S/M	1780	424,00	8,00	70,40	2,5	2,5	90,4	92,0	92,7	0,80	0,83	0,85	1,00	2,23060	11	85	841				
200	150,00	315S/M	1785	470,00	7,50	80,20	2,6	2,6	90,5	92,5	93,4	0,81	0,85	0,88	1,00	2,40970	15	85	868				
250	185,00	315S/M	1785	580,00	8,00	100,00	3,0	2,8	90,8	93,0	93,5	0,80	0,85	0,89	1,00	3,35360	13	85	1005				

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Tabela 6 - Características típicas – motores de indução trifásicos rotor gaiola

Potência	Cv	Kw	Carga ABNT	Rotação rpm	Corrente nominal em 220 V	I _{ph} /I _n	Conjugado nominal (C _n) kgfm	C _p /C _n	C _{max} /C _n	1200 rpm - 60 Hz				Fator de potência nominal	Fator de serviço (FS)	Momento de inércia (J) kgm ²	Tempo com rotor bloqueado quente s	Nível médio de proteção sonora dB	Peso aprox. kg	
										Rendimento η (%)		% da potência nominal								
										50	75	100	75							50
0,16	0,12	63	1140	1,15	3,30	0,10	2,5	2,6	42,0	46,3	0,58	0,58	0,46	0,52	0,58	1,35	0,00060	16	46	7,5
0,25	0,18	71	1110	1,38	3,00	0,02	2,0	2,0	50,0	57,4	0,61	0,61	0,46	0,54	0,61	1,35	0,00060	35	47	9,0
0,33	0,25	71	1100	1,80	3,30	0,21	2,3	2,3	51,0	56,3	0,61	0,61	0,46	0,55	0,61	1,35	0,00090	23	47	11,0
0,5	0,37	80	1150	2,50	4,30	0,31	2,6	2,8	45,0	55,4	0,62	0,62	0,44	0,53	0,62	1,25	0,00100	7	48	14,0
0,75	0,55	80	1150	3,50	4,90	0,46	3,0	3,1	59,0	63,3	0,63	0,63	0,45	0,54	0,63	1,25	0,00320	8	48	15,0
1	0,75	90 S	140	3,70	5,30	0,62	2,9	2,8	68,0	72,0	0,64	0,64	0,53	0,64	0,72	1,15	0,00450	8	48	19,0
1,5	1,10	90 S	1130	5,50	5,30	0,95	2,6	2,6	69,1	72,2	0,66	0,66	0,52	0,66	0,72	1,15	0,00500	6	48	20,0
2	1,50	100L	1150	7,30	5,20	1,25	2,1	2,4	66,9	71,5	0,64	0,64	0,52	0,64	0,72	1,15	0,01030	6	50	27,0
3	2,20	100L	1150	10,50	5,50	1,87	2,4	2,7	70,0	73,8	0,64	0,64	0,54	0,64	0,72	1,15	0,01160	9	50	30,0
4	3,00	112M	1140	12,80	5,80	2,51	2,5	2,6	76,3	79,4	0,68	0,68	0,58	0,68	0,75	1,15	0,02340	6	53	44,0
5	3,70	132S	1160	15,60	6,20	3,09	2,0	2,6	79,5	81,9	0,68	0,68	0,58	0,68	0,75	1,15	0,03240	7	56	51,0
6	4,50	132S	1160	18,40	6,70	3,70	2,1	2,8	80,0	83,5	0,70	0,70	0,58	0,70	0,75	1,15	0,03820	7	56	55,0
7,5	5,50	132M	1160	22,00	7,00	4,63	2,2	2,5	82,9	84,2	0,73	0,73	0,62	0,73	0,78	1,15	0,04390	6	56	62,0
10	7,50	132M	1160	30,00	7,50	6,17	2,5	3,0	84,0	85,2	0,75	0,75	0,62	0,75	0,75	1,15	0,05260	6	56	72,0
12,5	9,20	160M	1160	35,00	6,40	7,72	2,0	2,1	85,0	86,4	0,75	0,75	0,65	0,75	0,79	1,15	0,07880	6	62	112,0
15	11,00	160M	1160	40,00	6,40	9,26	1,9	2,4	86,8	88,0	0,79	0,79	0,70	0,79	0,82	1,15	0,09700	5	62	120,0
20	15,00	160L	1160	54,00	7,00	12,30	2,5	2,9	87,2	88,8	0,80	0,80	0,67	0,76	0,80	1,15	0,10790	7	63	139,0
25	18,50	180L	1165	60,00	7,90	15,40	2,6	2,8	88,6	89,3	0,81	0,81	0,81	0,87	0,90	1,15	0,26960	8	62	180
30	22,00	200L	1180	73,00	7,80	18,20	2,3	2,6	88,7	90,0	0,82	0,82	0,82	0,86	0,88	1,00	0,35540	10	68	232
40	30,00	200L	1180	98,00	7,80	24,30	2,5	2,7	89,0	90,4	0,84	0,84	0,80	0,84	0,87	1,00	0,38210	10	68	244
50	37,00	225S/M	1180	126,00	8,40	30,30	3,2	3,3	87,8	90,0	0,84	0,84	0,74	0,91	0,87	1,00	0,96350	12	70	370
60	45,00	250S/M	1180	145,00	7,80	36,40	3,1	2,9	90,0	91,2	0,85	0,85	0,81	0,85	0,84	1,00	1,15600	12	70	425
75	55,00	250S/M	1185	185,00	7,60	45,30	3,0	3,0	90,0	91,5	0,85	0,85	0,70	0,80	0,85	1,00	1,26870	12	70	453
100	75,00	280S/M	1185	248,00	7,30	60,40	2,9	2,8	90,2	92,2	0,82	0,82	0,75	0,82	0,84	1,00	2,52900	16	76	648
125	90,00	280S/M	1185	308,00	7,60	75,50	2,8	2,7	90,1	92,0	0,82	0,82	0,77	0,82	0,85	1,00	2,90210	17	76	700
150	110,00	315S/M	1185	382,00	8,00	90,60	3,0	2,6	91,0	92,3	0,82	0,82	0,67	0,77	0,82	1,00	3,33640	13	76	820
175	130,00	315S/M	1185	440,00	8,00	106,00	3,0	2,6	91,5	92,5	0,82	0,82	0,70	0,77	0,82	1,00	4,62450	13	76	897
200	150,00	315S/M	1185	500,00	7,80	121,00	2,8	2,4	90,0	92,0	0,83	0,83	0,74	0,80	0,83	1,00	4,62450	14	76	987

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

Tabela 7 - Características típicas – motores de indução trifásicos rotor gaiola

900 rpm - 60 Hz																		
Potência	Carcaça ABNT	Rotação rpm	Corrente nominal em 220 V	I _p /I _n	Conjugado nominal (C _n) kgfm	C _p /C _n	C _{max} /C _n	Rendimento η				Fator de potência (fp)			Momento de inércia (I) kgm ²	Tempo com rotor bloq. a quente s	Nível médio de proteção sonora dB	Peso aprox. kg
								% da potência nominal				% da potência nominal						
∅	kW							50	75	100	50	75	100					
0,16	0,12	71	1,14	2,50	0,14	2,0	2,2	40,7	45,2	50,2	0,40	0,50	0,54	0,00080	20	36	10,0	
0,25	0,18	80	1,96	3,20	0,20	3,0	3,1	38,3	44,8	49,3	0,40	0,46	0,50	0,00230	16	42	14,0	
0,33	0,25	80	2,30	3,20	0,27	2,4	2,7	40,2	47,5	51,3	0,45	0,50	0,54	0,00270	14	42	16,0	
0,5	0,37	90 S	2,50	3,80	0,42	2,3	2,4	48,9	56,2	62,3	0,45	0,54	0,62	0,00450	18	46	19,0	
0,75	0,55	90 L	3,30	3,60	0,64	2,0	2,0	58,8	63,0	64,5	0,50	0,60	0,68	0,00540	16	46	22,0	
1	0,75	90 L	4,30	3,60	0,86	2,1	2,1	59,3	64,1	65,1	0,50	0,60	0,68	0,00540	14	46	22,0	
1,5	1,10	100 L	6,90	4,20	1,25	1,9	2,1	60,0	64,8	67,7	0,46	0,55	0,62	0,01160	15	53	30,0	
2	1,50	112 M	7,60	4,60	1,67	2,1	2,6	73,0	74,0	74,7	0,50	0,61	0,68	0,02290	13	50	43,0	
3	2,20	132 S	10,00	5,80	2,50	1,9	2,4	74,4	78,1	78,3	0,55	0,68	0,74	0,05400	10	50	53,0	
4	3,00	132 M	13,20	6,70	3,29	2,3	2,8	76,2	80,2	81,3	0,53	0,65	0,72	0,06580	10	50	69,0	
5	3,70	132 M	16,00	6,90	4,14	2,4	2,8	77,7	81,5	82,7	0,55	0,67	0,73	0,07370	10	50	65,0	
6	4,50	160 M	21,00	5,90	4,88	2,0	2,5	79,0	82,6	83,6	0,46	0,57	0,66	0,08610	8	55	119,0	
7,5	5,50	160 M	25,60	6,20	6,14	2,2	2,6	80,3	83,4	84,5	0,50	0,59	0,77	0,08610	12	55	120,0	
10	7,50	160 L	30,00	6,40	8,17	2,2	2,8	77,0	80,8	83,8	0,44	0,55	0,74	0,09700	7	57	127,0	
12,5	9,20	180 M	34,00	7,40	10,30	2,4	2,7	82,0	84,9	86,6	0,70	0,77	0,82	0,22670	10	60	150,0	
15	11,00	180 L	40,00	7,90	12,20	2,4	2,8	85,6	87,0	87,3	0,69	0,78	0,83	0,23740	8	60	163,0	
20	15,00	180 L	52,00	6,50	16,50	2,0	2,2	86,0	87,0	87,4	0,76	0,82	0,85	0,26960	6	60	177,0	
25	18,50	200 L	68,00	7,30	20,30	2,3	2,5	85,9	88,3	88,8	0,67	0,75	0,80	0,35540	12	68	235	
30	22,00	225 S/M	80,00	8,70	24,60	2,8	3,0	87,6	89,2	89,4	0,65	0,74	0,81	0,85380	9	64	330	
40	30,00	225 S/M	100,00	7,70	32,40	2,2	2,8	89,4	90,2	90,9	0,76	0,82	0,85	0,96700	9	64	360	
50	37,00	250 S/M	125,00	8,60	40,56	2,4	3,2	88,8	90,5	91,0	0,73	0,80	0,85	1,15840	9	64	425	
60	45,00	250 S/M	156,00	7,60	48,50	1,9	2,9	89,0	90,5	91,7	0,73	0,79	0,81	1,27210	9	64	449	
75	55,00	280 S/M	193,00	7,60	60,30	2,2	2,6	90,7	92,2	92,7	0,71	0,78	0,81	2,49200	12	64	644	
100	75,00	280 S/M	264,00	7,80	80,40	2,1	3,0	89,0	91,5	92,6	0,66	0,75	0,79	2,86250	11	64	689	
125	90,00	315 S/M	330,00	7,80	101,00	2,1	2,4	90,0	92,0	92,6	0,69	0,75	0,79	3,87620	13	64	888	
150	110,00	315 S/M	390,00	7,80	121,00	2,0	2,6	90,0	92,2	92,8	0,62	0,74	0,79	4,61250	12	64	988	

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

Tabela 8 - Características típicas - motores de indução monofásicos

3600 rpm - 60 Hz																		
Potência		Carga ABNT	Rotação rpm	Corrente nominal em 220 V	I _p /I _n	Conjugado nominal (C _n) kgfm	C _p /C _n	C _{máx} /C _n	Rendimento n (%)			Fator de potência (fp)			Fator de serviço (FS)	Momento de inércia (J) kgm ²	Tempo com rotor bloq. a quente s	Peso aprox. kg
CV	Kw								% da potência nominal									
									50	75	100	50	75	100				
1	0,75	90S	3520	7,00	7,0	0,21	2,7	2,5	62,0	79,0	81,0	0,56	0,64	0,70	1,15	0,0020	60	25
1,5	1,10	90S	3520	9,00	7,2	0,31	2,8	2,6	64,0	80,0	85,0	0,65	0,74	0,78	1,15	0,0024	60	27
2	1,50	90L	3510	11,00	7,5	0,41	2,6	2,8	78,0	85,0	88,0	0,70	0,75	0,78	1,15	0,0029	60	30
3	2,20	100L	3500	14,00	7,0	0,61	2,7	2,4	84,0	88,0	90,0	0,70	0,75	0,79	1,15	0,0067	60	37
4	3,00	112M	3520	18,00	7,0	0,81	2,8	2,4	88,0	90,0	92,0	0,70	0,74	0,80	1,15	0,0093	60	45
5	3,70	112M	3510	22,00	6,8	1,00	2,9	2,5	88,0	90,0	92,0	0,70	0,75	0,81	1,15	0,0107	60	50
6	4,50	132S	3500	27,00	7,0	1,20	2,6	2,6	89,0	91,0	93,0	0,68	0,75	0,80	1,15	0,0180	60	62
7,5	5,50	132S	3500	34,00	6,8	1,50	2,7	2,4	90,0	92,0	94,0	0,70	0,76	0,81	1,15	0,0220	60	67
10	7,50	132M	3500	42,00	7,0	2,00	2,6	2,5	90,0	92,0	94,0	0,74	0,80	0,83	1,15	0,0300	60	80

1800 rpm - 60 Hz																		
Potência		Carga ABNT	Rotação rpm	Corrente nominal em 220 V	I _p /I _n	Conjugado nominal (C _n) kgfm	C _p /C _n	C _{máx} /C _n	Rendimento n (%)			Fator de potência (fp)			Fator de serviço (FS)	Momento de inércia (J) kgm ²	Tempo com rotor bloq. a quente s	Peso aprox. kg
CV	Kw								% da potência nominal									
									50	75	100	50	75	100				
1	0,75	90S	1740	6,50	6,5	0,41	2,4	2,5	65,0	69,0	78,0	0,58	0,64	0,69	1,15	0,0040	60	28
1,5	1,10	90L	1745	9,00	6,8	0,61	2,4	2,5	70,0	75,0	79,0	0,60	0,69	0,73	1,15	0,0050	60	32
2	1,50	100L	1735	11,00	7,0	0,81	2,6	2,3	75,0	79,0	85,0	0,60	0,69	0,75	1,15	0,0090	60	40
3	2,20	112M	1740	14,00	7,0	1,20	2,8	2,4	77,0	85,0	88,0	0,68	0,74	0,78	1,15	0,0160	60	47
4	3,00	112M	1745	19,00	7,0	1,60	2,7	2,5	79,0	80,0	87,0	0,70	0,76	0,78	1,15	0,0200	60	52
5	3,70	132S	1750	24,00	6,5	2,00	2,8	2,5	80,0	84,0	87,0	0,72	0,77	0,71	1,15	0,0350	60	70
6	4,50	132S	1760	28,00	6,8	2,40	2,8	2,4	79,0	81,0	87,0	0,77	0,77	0,78	1,15	0,0400	60	74
7,5	5,50	132M	1750	34,00	6,8	3,10	2,7	2,4	78,0	84,0	87,0	0,76	0,80	0,73	1,15	0,0500	60	84
10	7,50	132M	1750	50,00	5,5	4,00	2,7	2,4	77,0	83,0	87,0	0,74	0,79	0,82	1,15	0,0590	60	90

3000 rpm - 50 Hz																		
Potência		Carga ABNT	Rotação rpm	Corrente nominal em 220 V	I _p /I _n	Conjugado nominal (C _n) kgfm	C _p /C _n	C _{máx} /C _n	Rendimento n (%)			Fator de potência (fp)			Fator de serviço (FS)	Momento de inércia (J) kgm ²	Tempo com rotor bloq. a quente s	Peso aprox. kg
CV	Kw								% da potência nominal									
									50	75	100	50	75	100				
1	0,75	90S	2900	7,00	6,5	0,25	2,5	2,2	60,0	75,0	77,0	0,53	0,63	0,68	1,00	0,0020	60	25
1,5	1,10	90S	2900	9,00	6,5	0,37	2,5	2,3	60,0	78,0	83,0	0,60	0,70	0,74	1,00	0,0024	60	27
2	1,50	90L	2870	11,00	6,8	0,49	2,4	2,3	75,0	80,0	83,0	0,65	0,72	0,75	1,00	0,0029	60	30
3	2,20	100L	2870	14,00	6,5	0,73	2,5	2,3	75,0	82,0	85,0	0,68	0,74	0,76	1,00	0,0067	60	37
4	3,00	112M	2880	18,00	6,7	0,87	2,6	2,5	80,0	85,0	85,0	0,68	0,74	0,77	1,00	0,0107	60	50
5	3,70	112M	2900	22,00	6,5	1,20	2,5	2,5	84,0	85,0	88,0	0,70	0,75	0,79	1,00	0,0180	60	62
6	4,50	132S	2890	27,00	6,0	1,45	2,4	2,4	85,0	88,0	88,0	0,70	0,75	0,80	1,00	0,0220	60	67
7,5	5,50	132S	2890	34,00	6,7	1,80	2,5	2,3	83,0	89,0	91,0	0,72	0,78	0,82	1,00	0,0300	60	80
10	7,50	132M	2900	42,00	6,8	2,50	2,3	2,3	85,0	89,0	91,0	0,70	0,75	0,79	1,00	0,0640	60	92

1500 rpm - 50 Hz																		
Potência		Carga ABNT	Rotação rpm	Corrente nominal em 220 V	I _p /I _n	Conjugado nominal (C _n) kgfm	C _p /C _n	C _{máx} /C _n	Rendimento n (%)			Fator de potência (fp)			Fator de serviço (FS)	Momento de inércia (J) kgm ²	Tempo com rotor bloq. a quente s	Peso aprox. kg
CV	Kw								% da potência nominal									
									50	75	100	50	75	100				
1	0,75	90S	1440	7,00	5,8	0,49	2,2	2,0	55,0	67,0	75,0	0,55	0,62	0,66	1,00	0,0040	60	28
1,5	1,10	90S	1450	9,00	6,0	0,73	2,2	2,0	65,0	70,0	77,0	0,58	0,65	0,69	1,00	0,0050	60	32
2	1,50	100L	1450	11,00	6,5	0,97	2,5	2,2	70,0	75,0	81,0	0,60	0,68	0,74	1,00	0,0090	60	40
3	2,20	112M	1450	14,00	6,5	1,45	2,7	2,4	72,0	77,0	84,0	0,66	0,72	0,78	1,00	0,0200	60	52
4	3,00	132S	1450	19,00	6,0	1,92	2,5	2,4	74,0	82,0	86,0	0,67	0,74	0,78	1,00	0,0350	60	70
5	3,70	132S	1450	21,00	6,0	2,40	2,6	2,5	74,0	81,0	85,0	0,69	0,75	0,80	1,00	0,0400	60	74
6	4,50	132M	1450	28,00	6,0	2,90	2,5	2,4	75,0	81,0	85,0	0,69	0,75	0,79	1,00	0,0500	60	84
7,5	5,50	132M	1450	34,00	6,1	3,70	2,5	2,4	77,0	82,0	85,0	0,70	0,75	0,80	1,00	0,0560	60	88

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Tabela 9 - Dispositivos para redução da corrente de partida de motores trifásicos

Tipo de partida	Tipo de chave	Potência do motor CV	Tipo do motor	Tipo do Rotor	Tensão da rede V	Tensão de placa do motor V	Número de terminais	TAP's %	TAP's de partida %
Direta	-	≤ 5	-	-	220 / 127 V	380 / <u>220</u> V (a)	6 Δ		
						220 V	3 Y ou 3 Δ		
		≤ 7,5	-	-	380 / 220 V	380 / <u>220</u> V (b)	6 Y		
					380 V	3 Y ou 3 Δ			
Indireta manual	Estrela-Triângulo	5 < P ≤ 15	Indução	Gaiola	220 / 127 V	380 / <u>220</u> V (c)	6 Y ou 6 Δ		
		7,5 < P ≤ 25			380 / 220 V	660 / <u>380</u> V	6 Y ou 6 Δ		
	Série-Paralela	5 < P ≤ 25	Indução	Gaiola	220 / 127 V	220 / 380 / 440 / 760 V	12 Δ ou 12 Δ//		
		7,5 < P ≤ 25			380 / 220 V	220 / 380 / 440 / 760 V	9 Y ou 9 Y// ou 12 Y ou 12 Y//		
	Chave Compensadora	5 < P ≤ 25	Indução	Gaiola	220 / 127 V	380 / <u>220</u> V	6 Y ou 6 Δ		
		7,5 < P ≤ 25			380 / 220 V	220 / 380 / 440 / 760 V	12 Δ// ou 12 Y//	50, 65 e 80	50
Resistência ou reatância de partida	Igual a chave série-paralelo desde que os valores em ohms das resistências sejam maiores que o valor obtido da relação $60 \div CV$ (220 / 127 V) e $180 \div CV$ (380 / 220 V)								
Indireta automática	Estrela-Triângulo	5 < P ≤ 40	As demais características são idênticas as chaves indiretas manuais						
		5 < P ≤ 40							
	Série-Paralela	5 < P ≤ 40							
		5 < P ≤ 40							
	Chave Compensadora	5 < P ≤ 40							
		5 < P ≤ 40							

NOTA 1 O número sublinhado é a tensão de funcionamento do motor

NOTA 2 Para potências acima de 40 CV o fornecimento deve ser feito em tensão primária de distribuição

Tabela 10 - Valor do fator de atenuação (k) das chaves de partida

Chave	Valores em relação a partida direta		
	Tensão no enrolamento %	Corrente e potência K(*) %	Conjugado %
Estrela-triângulo	58	33	33
Compensadora	50%	50	25
	65%	65	42
	80%	80	64
Série-paralelo	50	25	25
Resistência reatância	70% a 80%	70 a 85	70 a 85
Motor com rotor bobinado (resistência rotor)	100	100	100
(*) Fator de atenuação			

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 47 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Tabela 11 - Aplicação e características das chaves de partida

Aplicação		Característica
Estrela-triângulo	Conjugado resistente até 1/3 do nominal	Baixo custo Proporciona baixo conjugado de partida
Compensadora	Conjugado resistente até 1/2 do nominal	Médio custo Proporciona um conjugado de partida ajustável as necessidades
Série-paralelo	Motores que partem praticamente a vazio	Baixo custo Proporciona baixo conjugado de partida
Resistência reatância	Conjugado resistente maior que 1/3 do nominal Cargas de elevada inércia e que necessitam de aceleração suave	Médio custo sendo utilizada quando não for possível o uso da compensadoras
Resistência rotor (motor com rotor bobinado)	Conjugado resistente elevado, cargas com alta inércia e com necessidade de controle de velocidade	Alto custo Apresenta melhor fator de potência (entorno de 70%) Produz perdas e aquecimento na resistência rotórica

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 48 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Tabela 12 - Coeficiente de queda de tensão rede secundária – Cabo de alumínio CA

Queda de tensão percentual %/kVA x 100m			
Bitola AWG-MCM	FP=1,00	FP=0,92	FP=0,80
		3 Fases + Neutro espaçamento 0,252 m	
3 x 4 (4)	0,311	0,315	0,293
3 x 2 (2)	0,196	0,208	0,199
3 x 1/0 (2)	0,123	0,140	0,139
3 x 2/0 (2)	0,098	0,116	0,117
3 x 4/0 (2/0)	0,062	0,081	0,086
3 x 336,4 (2/0)	0,039	0,058	0,065
	2 fases (F-F) espaçamento 0,200 m		
Bitola AWG-MCM			
2 x 4	0,621	0,627	0,582
2 x 2	0,392	0,413	0,394
2 x 1/0	0,246	0,276	0,273
2 x 2/0	0,195	0,228	0,231
2 x 4/0	0,123	0,159	0,168
2 x 336,4)	0,078	0,113	0,127
	1 fase + neutro espaçamento 0,200 m		
Bitola AWG-MCM			
1 x 4 (4)	1,865	1,882	1,747
1 x 2 (2)	1,175	1,239	1,182
1 x 1/0 (2)	0,957	1,034	1,001
1 x 2/0 (2)	0,881	0,962	0,937
1 x 4/0 (2/0)	0,478	0,581	0,598
1 x 336,4 (2/0)	0,410	0,513	0,536
Coeficientes de queda de tensão são válidos para redes secundárias de 220/127 V			

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 49 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Tabela 13 - Coeficiente de queda de tensão rede secundária – Cabo de cobre (mm²)

Queda de tensão percentual %/kVA x 100m			
Seção mm²	FP=1,00	FP=0,92	FP=0,80
	3 Fases + Neutro espaçamento 0,252 m		
3 x 25 (25)	0,167	0,182	0,177
3 x 35 (25)	0,119	0,137	0,138
3 x 70 (35)	0,060	0,080	0,086
3 x 120 (70)	0,035	0,056	0,064
Seção mm²	2 fases (F-F) espaçamento 0,200 m		
2 x 25	0,333	0,361	0,351
2 x 35	0,238	0,272	0,271
2 x 70	0,119	0,157	0,168
2 x 120	0,069	0,109	0,124
Seção mm²	1 fase + neutro espaçamento 0,200 m		
1 x 25 (25)	1,000	1,085	1,052
1 x 35 (25)	0,857	0,950	0,932
1 x 70 (35)	0,536	0,643	0,659
1 x 120 (70)	0,283	0,399	0,439
Coeficientes de queda de tensão são válidos para redes secundárias de 220/127 V			

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 50 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Tabela 14 - Coeficiente de queda de tensão rede secundária – Cabo de cobre (AWG-MCM)

Queda de tensão percentual %/kVA x 100m			
Bitola AWG-MCM	FP=1,00	FP=0,92	FP=0,80
	3 Fases + Neutro espaçamento 0,252 m		
3 x 6 (6)	0,307	0,313	0,293
3 x 4 (4)	0,195	0,208	0,200
3 x 2 (4)	0,124	0,142	0,142
3 x 2/0 (2)	0,062	0,082	0,089
3 x 4/0 (2/0)	0,039	0,059	0,067
2 fases (F-F) espaçamento 0,200 m			
2 x 6	0,614	0,624	0,581
2 x 4	0,390	0,414	0,396
2 x 2	0,248	0,281	0,279
2 x 2/0	0,124	0,162	0,173
2 x 4/0	0,078	0,116	0,130
1 fase + neutro espaçamento 0,200 m			
1 x 6 (6)	1,841	1,871	1,744
1 x 4 (4)	1,170	1,242	1,190
1 x 2 (2)	0,956	1,042	1,013
1 x 2/0 (2)	0,557	0,664	0,678
1 x 4/0 (2/0)	0,302	0,417	0,454
Coeficientes de queda de tensão são válidos para redes secundárias de 220/127 V			

Tabela 15 - Coeficiente de queda de tensão rede secundária – Cabo multiplexado 0,6/1kV

Queda de tensão percentual %/kVA x 100m									
Formação mm ²	$\Delta V_{3\phi}(\%)$			$\Delta V_{2\phi}(\%)$			$\Delta V_{1\phi}(\%)$		
	FP=1,00	FP=0,92	FP=0,80	FP=1,00	FP=0,92	FP=0,80	FP=1,00	FP=0,92	FP=0,80
3x1x35+50	0,207	0,199	0,178	0,413	0,397	0,356	1,080	1,043	0,939
3x1x50+50	0,153	0,149	0,135	0,307	0,298	0,270	0,920	0,894	0,810
3x1x70+50	0,106	0,105	0,097	0,212	0,211	0,194	0,778	0,764	0,696
3x1x95+70	0,076	0,078	0,073	0,153	0,156	0,146	0,547	0,550	0,510
3x1x120+70	0,060	0,063	0,060	0,121	0,126	0,120	0,411	0,506	0,399
ΔV – Coeficiente de queda de tensão									
Coeficientes de queda de tensão são válidos para redes secundárias de 220/127 V									

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 51 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Tabela 16 - Rede primária - Características dos condutores para cruzeta de 2,00m

Condutor			
Tipo	mm ²	R(50°C) Ω/km	X _L (60 Hz) Ω/km
	AWG-MCM		
Cobre	25	0,890	0,469
	35	0,602	0,455
	70	0,317	0,430
	120	0,166	0,402
Alumínio CA	2	0,958	0,456
	2/0	0,479	0,429
	4/0	0,302	0,412
	336,4	0,190	0,390
	477,0	0,134	0,377
Alumínio CAA	4	1,597	0,508
	2	1,050	0,512
	2/0	0,556	0,497
	4/0	0,367	0,461
	336,4	0,189	0,378
	477,0	0,134	0,377
Espaçamento equivalente 1,133 m.			

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 52 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

Tabela 17 - Rede primária - Características dos condutores para cruzeta de 2,40m

Condutor		R(50°C) Ω/km	X _L (60 Hz) Ω/km
Tipo	mm ² AWG-MCM		
Cobre	6	1,485	0,506
	4	0,934	0,489
	2	0,593	0,465
	2/0	0,299	0,441
	4/0	0,188	0,423
Alumínio CA	2	0,958	0,467
	2/0	0,479	0,441
	4/0	0,302	0,424
	336,4	0,190	0,402
	477,0	0,134	0,389
Alumínio CAA	4	1,597	0,520
	2	1,050	0,524
	2/0	0,556	0,509
	4/0	0,367	0,471
	336,4	0,189	0,391
	477,0	0,134	0,378
Cobre	25	0,890	0,483
	35	0,602	0,468
	70	0,317	0,444
	120	0,166	0,415
Espaçamento equivalente 1,322 m.			

Tabela 18 - Rede protegida compacta – Características dos cabos cobertos classe 15kV e 35kV

Tensão kV	Seção nominal mm ²	Resistência elétrica R Ω/km	Reatância indutiva X _L Ω/km
13,8	50	0,8220	0,3154
	70	0,5682	0,3012
	120	0,3247	0,2795
	185	0,2108	0,2635
	240	0,1603	0,2440
34,5	70	0,5682	0,3334
	120	0,3247	0,3041
	240	0,2108	0,2953
Condições gerais de cálculo: Resistência elétrica para temperatura de 90 °C Reatância indutiva para espaçamento de 180 mm (13,8 kV) e 283 mm (34,5 kV)			

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 53 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

Tabela 19 - Limites aceitáveis de flutuação de tensão

Frequência das flutuações por segundo	Flutuação de tensão admissível %	Frequência das flutuações por minuto	Flutuação de tensão admissível %	Frequência das flutuações por minuto	Flutuação de tensão admissível %	Frequência das flutuações por hora	Flutuação de tensão admissível %
33,33	4,32	55	2,20	15	3,31	37	5,40
32	4,18	54	2,21	14	3,35	36	5,42
31	4,04	53	2,23	13	3,38	35	5,44
30	3,91	52	2,24	12	3,42	34	5,47
29	3,78	51	2,26	11	3,46	33	5,49
28	3,65	50	2,29	10	3,50	32	5,51
27	3,52	49	2,30	9	3,57	31	5,54
26	3,39	48	2,31	8	3,65	30	5,56
25	3,26	47	2,32	7	3,75	29	5,59
24	3,13	46	2,33	6	3,86	28	5,61
23	3,00	45	2,35	5	4,00	27	5,64
22	2,87	44	2,37	4	4,16	26	5,66
21	2,73	43	2,39	3	4,36	25	5,69
20	2,59	42	2,42	2	4,62	24	5,72
19	2,45	41	2,44	1	5,08	23	5,74
18	2,33	40	2,48	Flutuações por hora		22	5,77
17	2,20	39	2,50			21	5,79
16	2,06	38	2,52			20	5,82
15	1,93	37	2,53	59	5,08	19	5,86
14	1,78	36	2,55	58	5,09	18	5,91
13	1,64	35	2,57	57	5,09	17	5,95
12	1,50	34	2,60	56	5,10	16	6,00
11	1,36	33	2,63	55	5,10	15	6,04
10	1,22	32	2,66	54	5,12	14	6,08
9	1,11	31	2,70	53	5,13	13	6,13
8	1,05	30	2,73	52	5,14	12	6,17
7	1,05	29	2,77	51	5,16	11	6,22
6	1,06	28	2,81	50	5,17	10	6,26
5	1,16	27	2,85	49	5,19	9	6,30
4	1,21	26	2,89	48	5,20	8	6,35
3	1,36	25	2,92	47	5,22	7	6,42
2	1,62	24	2,96	46	5,23	6	6,50
1	2,15	23	3,00	45	5,25	5	6,60
Flutuações por minuto		22	3,04	44	5,27	4	6,74
		21	3,08	43	5,28	3	6,90
		20	3,12	42	5,30	2	7,11
59	2,16	19	3,15	41	5,31	1	7,42
58	2,17	18	3,19	40	5,33		
57	2,18	17	3,23	39	5,35		
56	2,19	16	3,27	38	5,38		

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 54 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

ANEXOS

ANEXO A - Diagrama de ligações – Partida com tensão reduzida - motores monofásicos

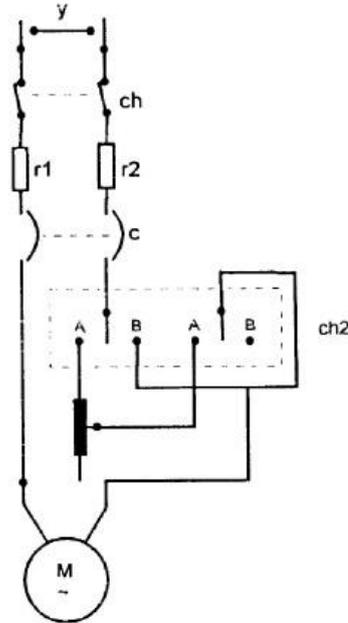


Figura 1 - Partida com chave compensadora

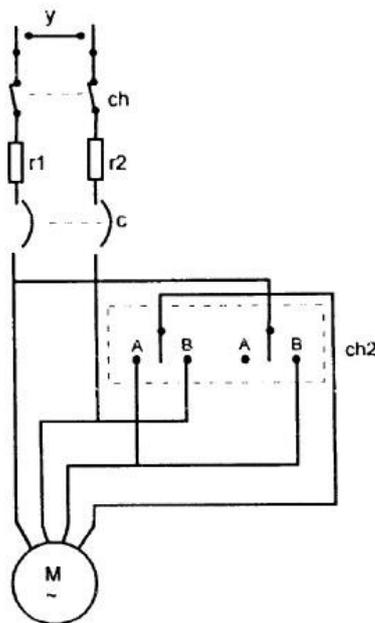


Figura 2 - Partida com chave série-paralela

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 55 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

ANEXO B - Diagrama de ligação – Motor de rotor gaiola partida a plena tensão

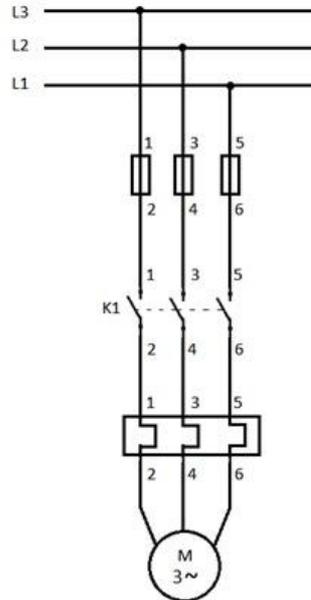


Figura 3 - Motor de rotor gaiola partida a plena tensão

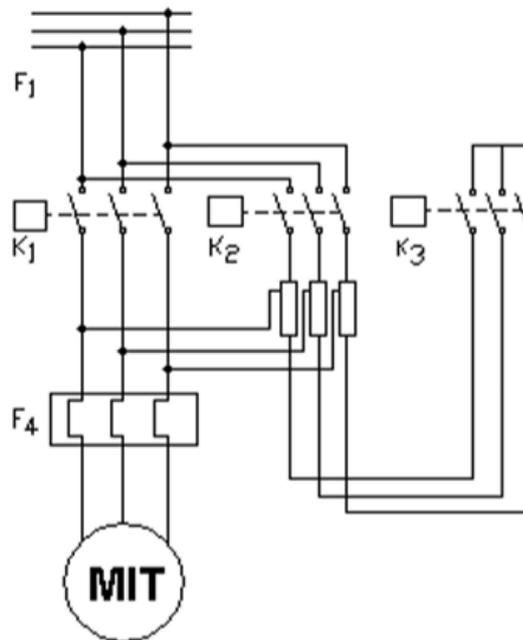


Figura 4 - Partida com tensão reduzida - Motores trifásicos - Partida com chave compensadora

	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	

Partida estrela-triângulo

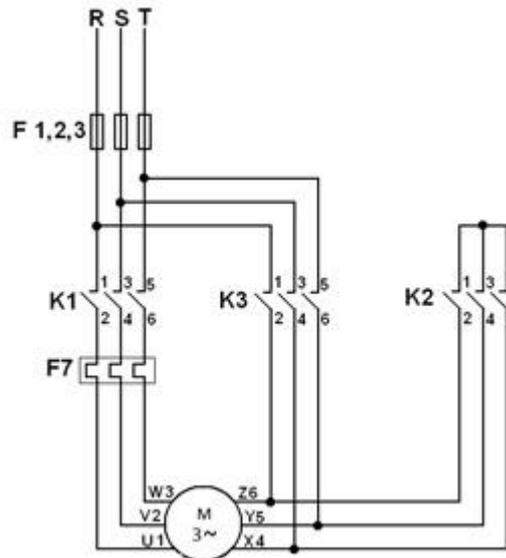


Figura 5 - Partida com tensão reduzida - Motores trifásicos - Partida estrela-triângulo

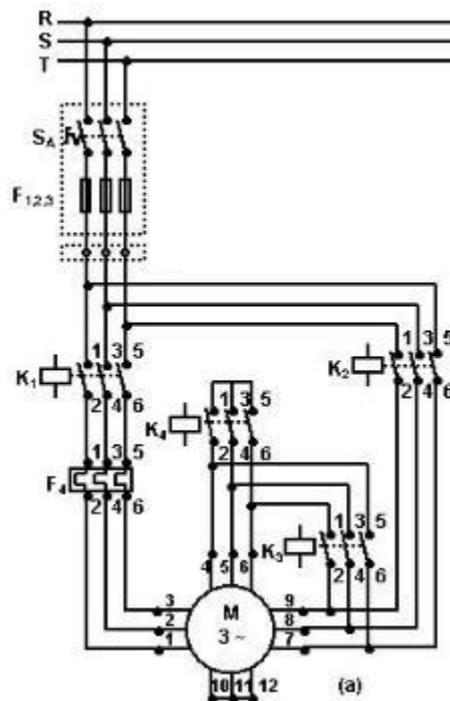


Figura 6 - Partida com tensão reduzida - Motores trifásicos - Partida série-paralela

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

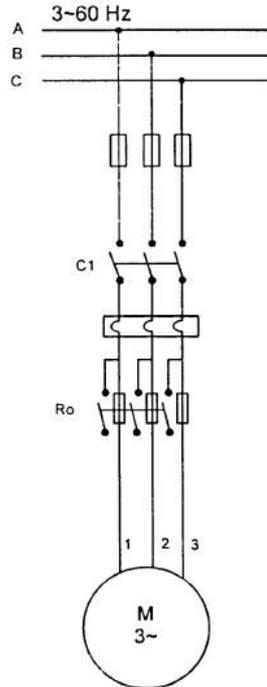


Figura 7 - Partida com tensão reduzida - Motores trifásicos - Partida com resistência no estator

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

ANEXO C - Curvas “conjugado x velocidade” típicas para motores de indução

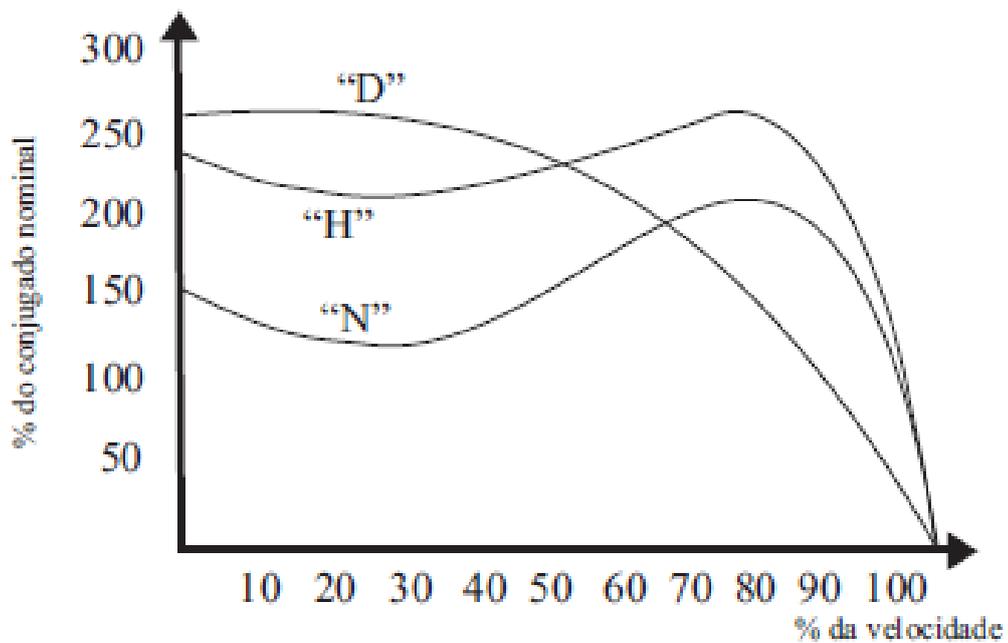
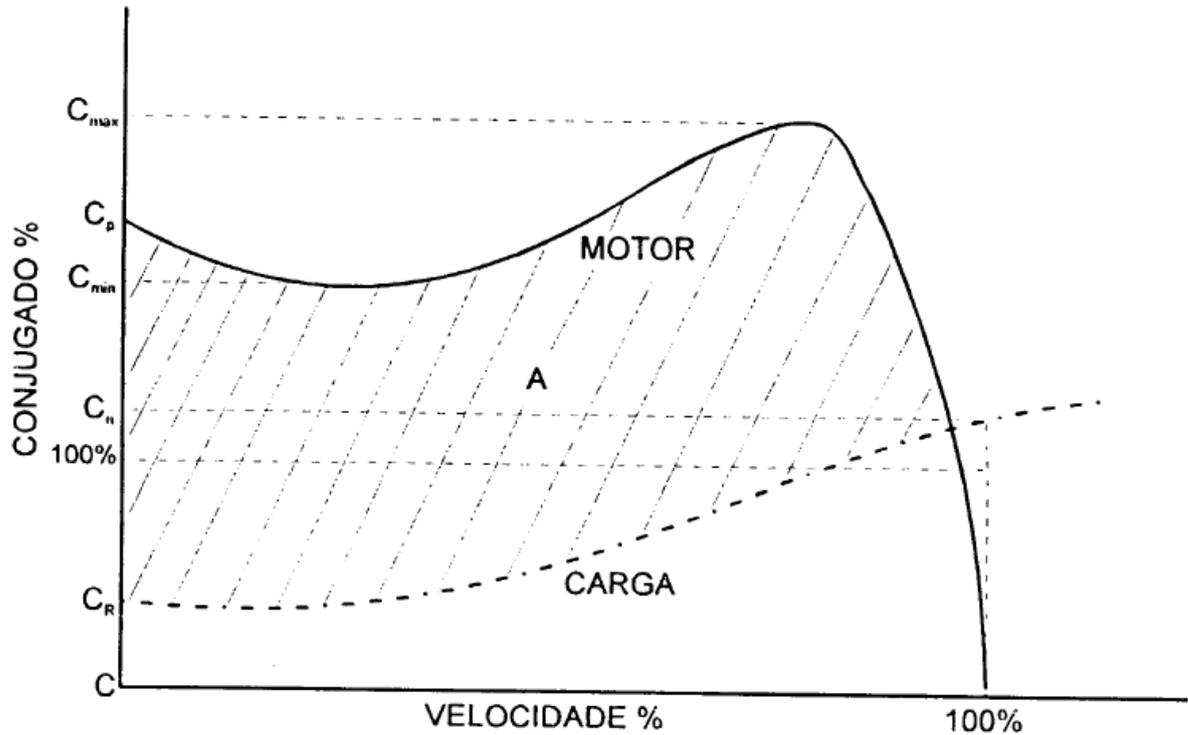


Figura 8 - Curvas conjugado x velocidade típicas para motores de indução

Elaborado por: FECOERESP	Aprovado por: Grupo Técnico de Padronização	Data de vigência: 01/03/2023	Página: 59 de 60
-----------------------------	--	---------------------------------	---------------------

 CERPRO	Tipo: Norma Técnica e Padronização	NTC-D-10
	Área de Aplicação: Distribuição Primária e Secundária	Versão: 02/23
	Título do Documento: Ligação de Motores Elétricos de Indução na Rede de Distribuição da CERPRO	 CERPRO

ANEXO D – Limites admissíveis de flutuação de tensão

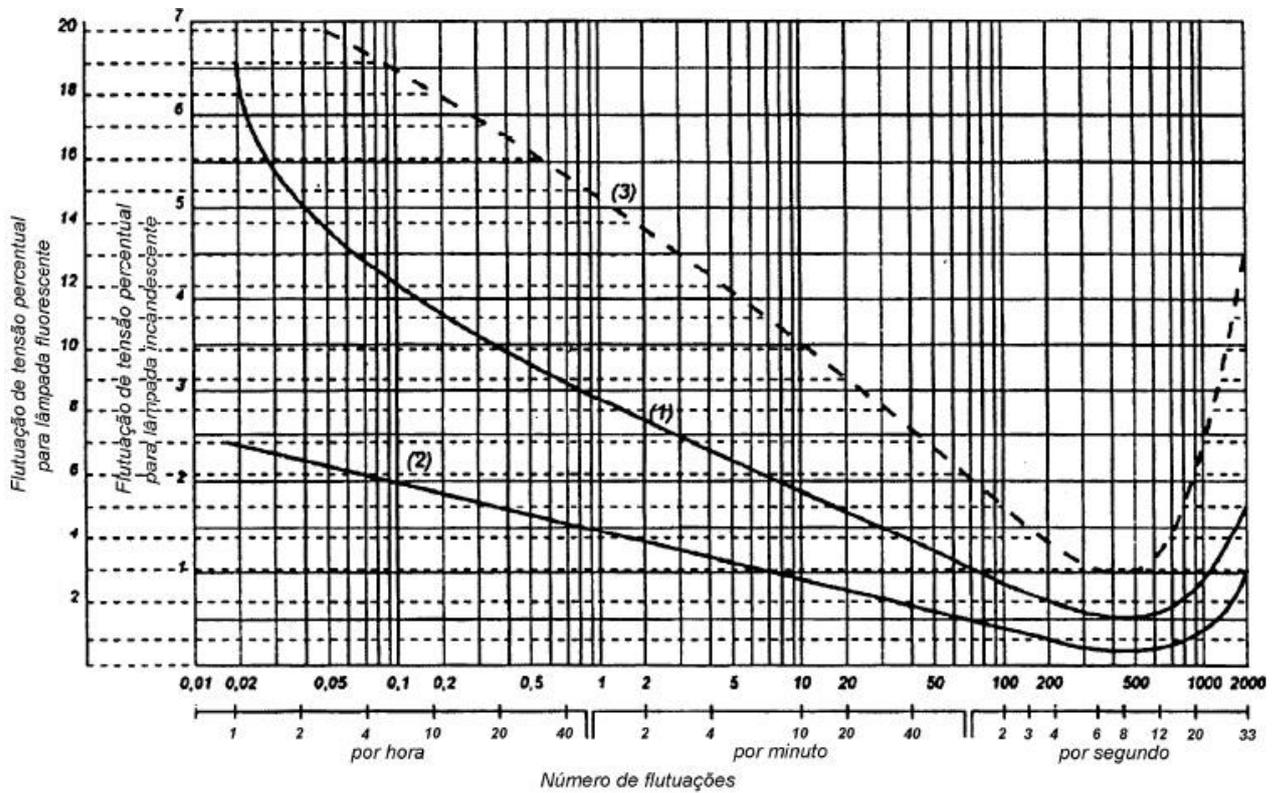


Figura 9 - Limites admissíveis de flutuação de tensão