



ANÁLISE PARA A APLICAÇÃO DE MOTORES ELÉTRICOS PARA O ACIONAMENTO DE EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NA INDÚSTRIA QUÍMICA

K. M. BORGES*², D. F. A. FREITAS², A. M. B. SILVA^{1,2}

*e-mail: kamylla5141182@edu.uniube.br

¹ Universidade de Uberaba, Departamento de Engenharia Elétrica

² Universidade de Uberaba, Programa de pós-graduação – mestrado em engenharia química

RESUMO - A indústria química abrange o processamento ou alteração de matérias-primas obtidas por mineração, agricultura, dentre outras fontes de abastecimento, formando materiais e substâncias que são utilizados diretamente por indústrias ou por consumidores finais. Por ser uma área que tem uma demanda muito grande de energia mecânica, conseqüentemente utiliza-se os motores elétricos em várias aplicações. Sendo assim, é necessário realizar análise para se aplicar os diversos tipos de motores elétricos adequados para cada modelo de atividade e cada equipamento utilizado na indústria.

PALAVRAS-CHAVE: Motores de indução. Indústria química. Aplicação de motores elétricos.

INTRODUÇÃO

A indústria química é um conjunto de atividades técnicas e econômicas, que tem por finalidade a exploração e manipulação de matérias primas, e fontes de energia, visando a transformação delas em bens de produção e bens de consumo. Ela também abrange as empresas que produzem produtos químicos industriais, como os agroquímicos, petroquímicos, polímeros, tintas, dentre outros, como os produtos farmacêuticos.

Portanto, seguindo o raciocínio anterior, existe uma vasta gama de equipamentos utilizados nos parques fabris da indústria química. Estes equipamentos se encaixam dentro de diferentes finalidades que são: deslocamento de fluídos, processamento de materiais e manipulação de cargas (Fillippo Filho, 2002). Entre os equipamentos com a finalidade de deslocamento de fluídos estão as bombas, os compressores, os ventiladores, os sopradores, as estações de saneamento. Na finalidade processamento de materiais estão os

misturadores, os moedores, os moinhos, os discos de cortes. E na finalidade manipulação de cargas estão as talhas, guinchos e guindastes, as correias transportadoras, as peneiras e vibradores industriais. E a maioria desses equipamentos necessitam de força mecânica para funcionar desempenhando sua operação, e por isso, geralmente são acionados por motores elétricos.

E onde quer que haja progresso, a presença do motor elétrico é imprescindível, e desempenhando um importante papel para a sociedade, os motores são os corações das máquinas modernas, sendo, por essa razão, necessário conhecer sua definição e seus princípios fundamentais de funcionamento, desde a construção até as aplicações (WEG, 2021). Em consonância com essas premissas o presente trabalho busca apresentar a indústria química e suas atividades bem como a necessidade de acionamento de equipamentos empregados nessa indústria e expor uma análise para a aplicação motores elétricos que lhes forneçam força motriz.

METODOLOGIA

O projeto englobou e se iniciou com uma pesquisa bibliográfica teórica para possibilitar conhecer, entender e compreender os conceitos e fundamentos da indústria química e a necessidade de acionamento mecânico por meio de máquinas elétricas. Em sequência, a pesquisa centra-se em estudos dos aspectos construtivos, fundamentos do funcionamento e características de desempenho de motores elétricos de indução utilizados em sistemas industriais. Desta maneira, o trabalho é realizado utilizando-se de recursos como a biblioteca e sites para acesso a literatura necessária.

A análise para aplicação de motores elétricos na indústria química trata-se de um estudo para aplicar, no sentido de escolher adequados motores entre seus diversos tipos para uma dada aplicação dentro da indústria química. São muitos os equipamentos que são acionados por motores elétricos, dentro da indústria química em suas finalidades de deslocamento de fluidos, processamento de materiais e manipulação de cargas. E entre outros itens, para aplicação do motor deve-se observar, por exemplo, como a carga se comporta no momento da partida, para assim se certificar, se o motor consegue acelerar a carga, posto que elas apresentam diferentes tipos de torque e potência.

Os motores de indução encontram um amplo campo de aplicação, mormente nos setores de papel e celulose, agroquímico e petroquímico, cimento e saneamento. E em função das exigências desses setores, tornou-se cada vez mais importante a escolher o tipo adequado para cada aplicação. A escolha do tipo apropriado de motor deve ser realizada justamente com respeito: ao conjugado, a potência exigida pela carga, ao rendimento, ao fator de potência, a tensão a ser aplicada aos seus terminais e ao grau de proteção de sua carcaça. Esses parâmetros retratam as necessidades e condições encontradas dentro da indústria química.

RESULTADOS

Conforme planejado, foram realizadas pesquisas sobre a aplicação de motores elétricos na indústria química e este estudo está apresentado nos 4 tópicos.

A indústria química e suas atividades

A indústria química pode ser descrita como uma indústria de processos que utiliza reações químicas para produzir substâncias e/ou produtos, a partir de outras fontes de materiais ou matérias primas, formando materiais e substâncias com uso imediato para consumo final ou que são utilizados como matéria prima para outras indústrias. Ela está presente em praticamente todos os outros setores industriais, desde a agricultura, provendo defensivos agrícolas e fertilizantes, até os setores têxtil, farmacêutica e medicinal.

Para o desenvolvimento de todas essas atividades a necessidade de energia é forte. Em consonância com esse raciocínio e de acordo com o Procel (2022), o setor industrial é o maior consumidor de energia elétrica, consumindo em torno de 40% da energia do país. Sendo assim, dentro do setor industrial, onde há maior demanda de energia mecânica, os motores são responsáveis por aproximadamente 55% deste consumo como mostrado no Gráfico 1. Ou seja, a participação deles, só dentro do setor industrial, pode ser estimada em aproximadamente 22% da energia elétrica de todo o país. Com isso, é de extrema importância que os motores utilizados sejam especificados de forma correta, para que se tenha motores com os melhores rendimentos possíveis.

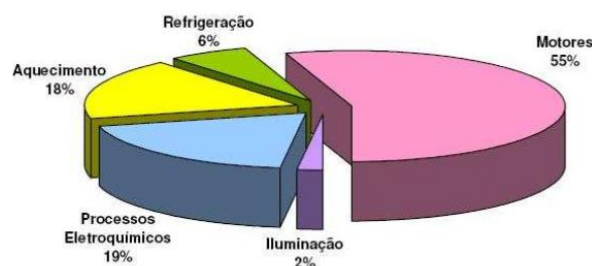


Gráfico 1 – Consumo de energia elétrica no setor industrial.

Fonte: Procel (2022).

As atividades desenvolvidas dentro da indústria química que necessitam de acionamento por motores elétricos são diversas. O estudo e análise dessas atividades auxilia um melhor entendimento para que se possa aplicar motores elétricos para cada atividade de maneira mais sucinta. Essas atividades envolvem, na maioria das indústrias químicas, a limpeza da matéria prima, secagem, corte mecanizado, moagem e/ou trituração, transporte, separação de resíduos, empacotamento e envasamento.

Equipamentos utilizados na indústria química e a necessidade de acionamento por motores elétricos

Também pode-se definir a indústria química como um conjunto de equipamentos, escolhidos por suas funções específicas e interligados de modo que possibilitam a transformação de uma matéria prima, em um produto em escala comercial de forma segura. A maioria desses equipamentos necessitam de força eletromotriz, e para melhor análise dos resultados, esses equipamentos foram divididos em três grupos, que são apresentados na Tabela 1.

Deslocamento de fluido	Processamento de materiais	Manipulação de cargas
Bombas	Misturadores	Esteiras
Compressores	Moendas	Elevadores
Ventiladores	Trituradores	Pontes rolantes
Sopradores	Discos de corte	Guinchos
Exaustores	Facas rotativas	Guindastes

Tabela 1: Equipamentos com acionamento por motores elétricos.

Fonte: os autores (2022).

Para o grupo de deslocamento de fluido, como mostra a Figura 2, tem-se motores monofásicos ou trifásicos e por serem equipamentos que trabalham de forma contínua, o foco são a confiabilidade,

produtividade e baixo nível de ruídos. São motores que operam em baixa tensão, variando de 220V a 690V, e são construídos de forma específica para operações ao ar livre, com presença de poeiras, umidade e vapores. Para o acionamento desses motores, pode-se utilizar a solução de partida suave.

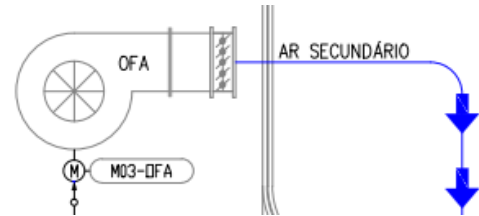


Figura 2: Ventilador

Diferente do grupo de deslocamento de fluido, os motores utilizados no processamento de materiais, como ilustrado na Figura 3, são, em sua maioria, motores trifásicos, tendo como objetivos o alto desempenho e confiabilidade durante a operação. Esses motores podem ter potências de até 50MW e operar com tensões de até 13,8kV, e devem possuir tecnologias modernas a serem utilizadas durante seu acionamento, permitindo assim, o controle do torque e a facilidade de visualização e alteração de parâmetros. Duas configurações bastantes utilizadas no processamento de materiais são os motores de indução de rotor em gaiola e os motores de rotor bobinado.

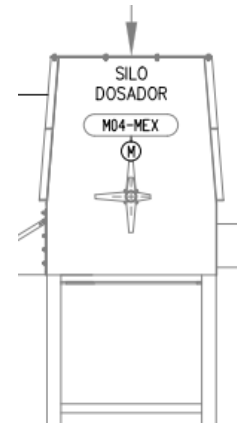


Figura 3 – Misturador silo

No último grupo de equipamentos, que envolve a manipulação de cargas, como mostrado na Figura 4, se apresentam motores de indução trifásicos, por se tratarem de sistemas que necessitam de grande quantidade de energia. O modelo mais utilizado é o de rotor de gaiola. O foco para este grupo de motores é a máxima produtividade e

manutenção mínima, possuindo motores mais robustos que garantem alta durabilidade e resistência. Podendo ter potências de até 50MW e tensões de 220V a 13,8kV, os motores deste grupo contam com o acionamento por meio de inversores de frequência para melhor controle de velocidade.

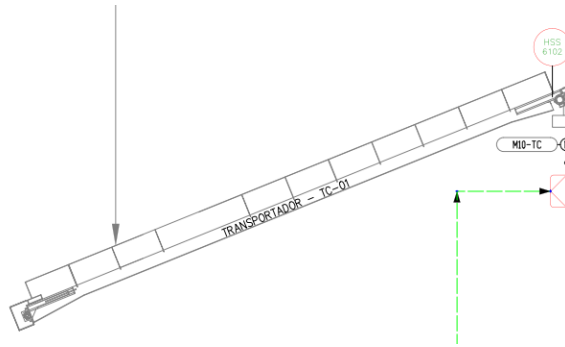


Figura 4 – ponte rolante

Motores de indução trifásico na indústria química

O motor de indução trifásico é um motor elétrico de corrente alternada e para o seu funcionamento, aplica-se tensões alternadas aos terminais de seu enrolamento de armadura, instalado em seu estator. As correntes alternadas resultantes produzem um fluxo magnético girante que induz tensões alternadas no enrolamento do rotor. Dessa forma, no rotor circulam correntes que produzem o fluxo magnético associado a elas e é da interação entre esses campos magnéticos que ocorre o giro do motor.

O princípio de funcionamento do motor de indução trifásico pode ser explicado através das leis de Lenz e Faraday. Sendo assim o estator é formado por um conjunto de três enrolamentos, colocados de forma que, entre eles exista um ângulo de 120° , ao serem percorridos por uma corrente proveniente da rede de alimentação, esses enrolamentos criam um campo magnético girante. Este campo magnético, ao atravessar o rotor, produz uma variação de fluxo nos condutores que, de acordo com a lei de Faraday, produz uma força eletromotriz induzida (fem), fazendo com que correntes induzidas sejam percorridas nos condutores e de acordo com a lei de Lenz, essas correntes produzem um campo magnético oposto à variação do fluxo magnético que lhe

deu origem, ou seja, no rotor será gerado um campo magnético oposto ao campo magnético do estator, sabendo que o campo do estator é girante e que polos opostos se atraem, o rotor entra em movimento tentando acompanhar o campo girante do estator.

O motor de indução trifásico, exemplo, Figura 5, é composto basicamente de duas partes: rotor e o estator.

O estator é composto pelos seguintes componentes: (1) Carcaça: é a estrutura suporte do motor, construída de forma robusta em ferro fundido, alumínio ou aço. (2) Núcleo: é construído em chapas de aço magnético. (8) Enrolamento trifásico: é um conjunto de três bobinas iguais que formam o sistema trifásico e será alimentado pela rede de alimentação trifásica.

E o rotor pelos seguintes componente:

(7) Eixo: ele transmite a potência mecânica gerada pelo motor.

(3) Núcleo: assim como o núcleo do estator, o núcleo do rotor é construído de chapas em aço magnético.

(12) Barras e anéis de curto-circuito: são construídos em alumínio e injetado sob pressão para se tornar uma única peça.

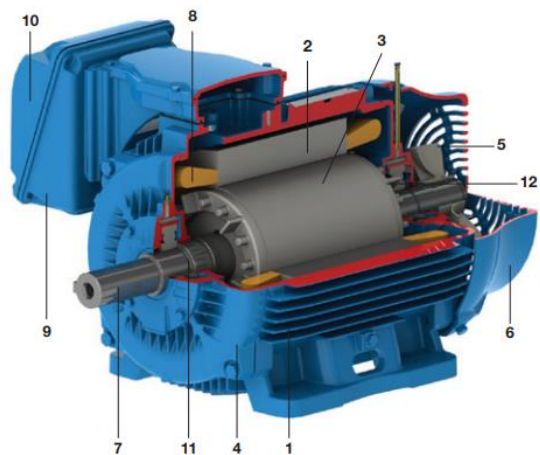


Figura 5 – Motor de indução trifásico

Fonte: Weg (2022)

Os demais componentes do motor que pode-se observar na Figura 2 são: (4) tampa, (5) ventilador, (6) tampa defletora, (9) caixa de ligação, (10) terminais e (11) rolamentos.

Os motores de indução trifásicos são os mais utilizados, principalmente na área

industrial, são motores robustos e de acordo com Mohan (2015), os motores tipo gaiola de esquilo são considerados os cavalos da indústria por possuírem baixo custo de manutenção, montagem e fabricação. O rotor do tipo gaiola de esquilo, mostrado na Figura 6, não necessita de escovas, sendo assim, não possui conexões elétricas externas, pois os condutores estão fundidos internamente ao núcleo, fazendo dos motores com este tipo de rotor, robustos e de baixa manutenção.

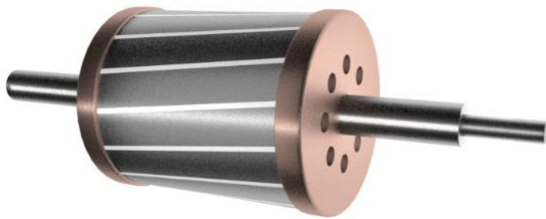


Figura 6 – Rotor do tipo gaiola
Fonte: IMD (2022)

Variação de velocidade em motores de indução

Em determinadas aplicações, o controle de velocidade do motor é essencial, como por exemplo, controlar a velocidade de uma bomba centrífuga com a intenção de reduzir o consumo de energia. De maneira geral, dispositivos para controle de velocidade são utilizados com os seguintes objetivos:

- Ajustar a velocidade do motor visando à rapidez do processo;
- Redução do consumo de energia;
- Aumento da eficiência do processo;
- Ajustar o torque do motor de acordo com as necessidades do processo.

Para alcançar tais metas tem-se a possibilidade de variação de velocidade por meio de dispositivos mecânicos e utilizando a eletrônica de potência.

Os primeiros variadores de velocidade eram mecânicos devido a sua simplicidade e baixo custo. A variação de velocidade por intermédio desses dispositivos acontece com o acoplamento do dispositivo entre o motor e a carga por meio de um conjunto de engrenagens ou polias. Esses dispositivos possuem um eixo de entrada e um eixo de saída, o motor é acoplado ao eixo de entrada e considerando

que as engrenagens possuem tamanhos diferentes entre si, a rotação do eixo de saída é menor, tornando possível a redução da velocidade do motor indiretamente.

A segunda opção é a utilização de inversores de frequência para a variação de velocidade de um motor de indução trifásico. A velocidade de um motor de indução trifásico é diretamente proporcional à frequência da rede de alimentação, matematicamente falando temos a equação 1:

$$N_s = \frac{120 \times f}{p} \quad (1)$$

Onde: N_s é a velocidade síncrona do motor (RPM), f é a frequência (Hz) e p é o número de polos do motor.

De acordo com a equação 1, a frequência fornecida pela rede elétrica de alimentação, ou seja, a frequência de entrada do motor de indução trifásico determina a velocidade síncrona do campo elétrico de trabalho do motor. O inversor de frequência é um dispositivo eletrônico capaz de modificar a frequência proveniente da rede elétrica de alimentação, sendo assim, é possível aumentar ou diminuir a velocidade do motor de indução trifásico, aumentando ou diminuindo a frequência de entrada no motor.

DISCUSSÃO

Os resultados mostram que a indústria química está presente em praticamente todos os setores, indo desde a agricultura até o setor medicinal. O setor industrial é responsável pelo consumo de aproximadamente 40% da energia elétrica de todo país, e 55% deste consumo é destinado aos motores elétricos. Partindo desta premissa, o estudo mais aprofundado das atividades e equipamentos da indústria química faz-se necessária, tendo em vista que a aplicação incorreta de um motor pode acarretar prejuízos e baixos rendimentos.

Como em diversos setores, um dos principais focos da indústria é a economia e alto rendimento. E em se tratando disso, o motor de indução com rotor em gaiola de esquilo é o mais indicado, por se tratar de um

motor mais resistente e, conseqüentemente, com baixa manutenção.

CONCLUSÃO

A indústria química pode ser definida por um sistema de equipamentos que, interligados entre si que possibilitam a transformação da matéria prima em produtos para comercialização. Como a demanda mecânica na indústria é grande, tem-se um amplo campo de aplicações de motores elétricos. As atividades desenvolvidas nas indústrias químicas que utilizam motores elétricos para o acionamento de equipamentos podem ser divididas em três categorias principais, deslocamento de fluidos, processamento de materiais e manipulação de cargas. Os motores elétricos de corrente alternada utilizados na indústria química podem ser monofásicos ou trifásicos, porém o mais utilizado é o motor de indução trifásico pois apresenta baixo custo de manutenção, montagem e fabricação, sobretudo o motor com rotor tipo gaiola de esquilo, pois se trata de um motor robusto e com necessidade de manutenções baixas. O presente estudo pode auxiliar em futuras pesquisas para a correta seleção e especificação de motores elétricos para a indústria química, levando em consideração cada tipo de atividade a ser realizada e seus respectivos equipamentos.

REFERÊNCIAS

- DEL TORO, V. Fundamentos de máquinas elétricas. Rio de Janeiro: PHB, 1990.
- FITZGERALD, A. E. Máquinas Elétricas. 6. ed., Porto Alegre: Bookman, 2006.
- KOSOW, I. L. Máquinas Elétricas e Transformadores. 15. ed., Rio de Janeiro: Globo, 2005.
- MOHAN, N. Máquinas elétricas e acionamentos. Rio de Janeiro: LTC, 2015.
- IMD. Motores elétricos assíncronos ligados a rede trifásica. Disponível em: <https://materialpublic.imd.ufrn.br/curso/disciplina/1/58/4/3>. Acesso em 10 abril 2022.
- PROCEL INFO. Indústria e Comércio. Disponível em:

<http://www.procelinfo.com.br/main.asp?TeamID=%7B74460477-DD43-4E04-8454-47260EAD3D01%7D>. Acesso em 10 abril 2022.

WEG. Guia de especificação motores elétricos. Disponível em: <https://static2.weg.net/medias/downloadcenter/h32/hc5/WEG-motores-eletricos-guia-de-especificacao-50032749-brochure-portuguese-web.pdf>. Acesso em 14 maio 2022.

FILLIPO FILHO, G. Motor de indução. São Paulo: Editora Érica, 2002.