

1

Introdução

A demanda crescente por energia elétrica somada às restrições ambientais e regulatórias mais rígidas desafiam as empresas do setor elétrico a buscarem novas soluções para manter o equilíbrio entre o consumo e a produção de energia elétrica.

Entre os aliados das empresas do setor nessa batalha destacam-se os avanços tecnológicos, principalmente nas telecomunicações, na capacidade de processamento e no uso de fontes de energia renováveis. Entretanto, a maior contribuição não se nota nestes aspectos individualmente e sim no conjunto formado por eles.

Essa unificação se dá através das redes de dados, que também são conhecidas por “redes inteligentes”. Esse elemento, que até bem pouco tempo era considerado um elemento secundário, está presente em todos os sistemas de gerenciamento usados no ambiente elétrico, seja na área de geração, transmissão, distribuição, industrial, comercial ou residencial.

Seu uso mais intenso e racional tem permitido um avanço sem precedentes nas rotinas das empresas, permitindo que seus negócios sejam mais eficientes, seus ativos tenham maior rentabilidade e seus portfólios de serviços sejam ampliados.

As redes inteligentes estão presentes em vários outros setores da economia como: água, gás, petróleo, transportes, segurança etc. Essa dissertação irá abordar o tema de redes inteligentes sob o ponto de vista do setor elétrico industrial, mais precisamente através da alocação inteligente dos quadros de distribuição e seus circuitos ao longo das plantas industriais.

1.1.

Motivação

Em instalações elétricas de porte médio e grande o custo dos cabos elétricos representa uma parcela considerável do valor total do investimento.

Dependendo das características geográficas do local e da natureza das cargas a serem atendidas, esse custo pode representar entre 10% e 30% do total da obra.

Cabos elétricos são usados em qualquer empreendimento elétrico, independente de sua destinação, nível de tensão ou potência. Nos projetos em tensões superiores a 69kV, o alumínio é a matéria prima que predomina nos cabos elétricos. Já nos projetos com tensões inferiores a 69kV, e principalmente nos projetos de baixa tensão (até 1000V, segundo a NBR5410), o cobre é o metal usado na fabricação dos cabos elétricos.

No segmento industrial os projetos em baixa tensão assumem grandes proporções se tornando muitas vezes o principal elemento da indústria e adquirindo uma relevância enorme no valor do seu investimento.

Nesses projetos predomina o uso de cabos de cobre isolados em polietileno reticulado (XLPE) ou borracha sintética de etileno-propileno (EPR). A especificação desses cabos no Brasil é guiada pela norma brasileira NBR5410 de 2004, revisada em 2008, que estabelece as margens de segurança e os fatores de utilização a serem adotados no dimensionamento dos circuitos elétricos em baixa tensão.

As restrições de posicionamento, que são muito severas para os circuitos de alta tensão, não se repetem nos circuitos de baixa tensão, permitindo que seu posicionamento varie com muito mais liberdade ao longo da área da instalação a procura de um melhor posicionamento. A infraestrutura para condução, condicionamento e proteção dos cabos elétricos em baixa tensão varia pouco em função da espessura dos cabos e mesmo assim, quando existe, essa variação tem impacto econômico muito reduzido se comparada ao custo dos cabos elétricos. Isso significa que alterações no dimensionamento dos cabos de uma instalação não provocam aumentos significativos de custo de outros itens da obra.

Por outro lado, o cobre, matéria prima mais utilizada atualmente nos cabos elétricos de baixa tensão, é um metal escasso, sendo o Chile o maior produtor e um dos poucos exportadores mundiais em larga escala; outros países com produção de cobre significativa são Peru, EUA e China. Em função disso, o cobre é caro e seu valor na bolsa de mercadorias muito volátil, sendo função da situação político-econômica dos países produtores e da demanda do mercado internacional pelo produto.

Para se ter uma ideia dessa volatilidade, em dezembro de 2008 a libra do cobre no mercado internacional custava US\$1,394 (dólares americanos), houve escassez do metal no mercado internacional devido a elevada demanda do

mercado chinês pelo produto e doze meses depois, em dezembro de 2009, a libra do cobre estava cotada a US\$3,311 e no ano de 2010 chegou a custar US\$4,427, representando uma variação de aproximadamente 215% em 24 meses. A figura 1 mostra a curva do preço da libra do cobre no mercado internacional entre 03/2003 e 06/2015 em dólares americanos, mostrando a variação da cotação no primeiro pregão de cada mês, indicando em verde os pregões onde o preço subiu e em vermelho os pregões onde o preço desceu (br.investing.com, 2015).

Pode-se notar também que com a crise mundial de 2008, o preço do cobre no mercado internacional sofreu uma queda acentuada. Outra mostra de sua volatilidade.



Figura 1 - Preço do cobre no mercado internacional

Fonte: Mercado Internacional de Commodities, 2015.

O uso intensivo de cabos de cobre na indústria e a volatilidade de seus preços, explica a importância que esse item possui nos projetos elétricos de baixa e média tensão (tensões inferiores a 69kV) e fica fácil perceber que aperfeiçoar o uso dos cabos nessas instalações significa uma economia direta para a obra elétrica sem efeitos colaterais indesejados e aí reside a motivação principal desse trabalho.

Outro aspecto importante que motiva essa dissertação e que não pode ser relegado ao segundo plano é o da sustentabilidade, visto que a minimização do uso do cobre traz uma série de benefícios nesse aspecto. A diminuição da extensão dos cabos acarreta na redução das perdas elétricas provocadas pela resistência dos cabos durante a circulação da corrente elétrica, essa perda também conhecida como efeito Joule. Essa redução provoca uma menor geração de calor nos condutores e, portanto de aquecimento da instalação assim como permite que se reduza a demanda por energia elétrica. Por outro lado ao utilizar menores quantidades de cobre, reduzem-se também as emissões de CO₂ no ambiente provocadas pela fabricação e uso dos cabos elétricos.

Por essas razões entende-se que a alocação inteligente dos circuitos elétricos e, portanto de seus quadros de distribuição em uma planta industrial, é muito relevante e justifica o emprego de técnicas mais avançadas que as atuais visando à minimização do uso de cabos de cobre.

1.2.

Objetivo

O objetivo principal do trabalho é alcançar o posicionamento mais inteligente para os quadros de distribuição em uma planta industrial conhecendo onde as cargas a serem alimentadas estão posicionadas e visando minimizar o custo dos cabos elétricos. São analisados vários aspectos que interferem nesse processo tais como:

- Restrições ao posicionamento dos quadros de distribuição ao longo da planta;
- Restrições normativas e de instalação;
- Composição das cargas dos circuitos elétricos;
- Variação do preço do cobre no mercado.

Faz-se então uma comparação do custo dos cabos elétricos de uma instalação industrial real realizada da forma tradicional, com a mesma instalação

realizada através do posicionamento inteligente dos quadros de distribuição e nesse ponto vê-se que o potencial de redução pela utilização do posicionamento inteligente pode ser bastante significativo.

O objetivo secundário do trabalho é estimar a redução das perdas por efeito Joule e a redução das emissões de CO₂ que decorrem da alocação inteligente dos quadros de distribuição.

1.3.

Organização do trabalho

Esse trabalho será dividido em 5 partes:

Capítulo II – Redes Inteligentes: no qual se procura caracterizar a situação atual dos sistemas elétricos e apresentar o papel que as redes inteligentes terão nesse contexto. Também serão abordadas nesse capítulo as *Microgrid* e as possibilidades de aplicação das redes inteligentes no setor elétrico industrial enfatizando seus benefícios e, em especial, a possibilidade de um planejamento inteligente das redes de distribuição industriais em baixa tensão que é o tema principal desse trabalho.

Capítulo III – Análise do problema: nesse capítulo serão apresentados os aspectos relativos ao projeto elétrico das redes de distribuição em baixa tensão na indústria assim como os pontos das normas brasileiras que de alguma maneira impactam na alocação dos quadros e na definição dos circuitos de distribuição. Serão avaliados os aspectos construtivos e os vários tipos de restrição que são comuns durante a definição do posicionamento dos quadros de distribuição mostrando seu impacto na limitação do conjunto de soluções possíveis do problema.

Capítulo IV – Detalhamento da solução: nessa parte do trabalho será apresentado o método de otimização utilizado e as razões que levaram a sua escolha em detrimento de outras opções. Será apresentada a modelagem utilizada, explicando todos os seus aspectos mais relevantes. Também será apresentada a ferramenta de programação utilizada e suas características.

Capítulo V – Estudo de caso e resultados: serão apresentados os detalhes da instalação estudada mostrando todas as informações disponibilizadas para o trabalho e que são a base para os resultados obtidos. Também será apresentada a solução original de localização dos quadros de distribuição, definida sem o uso de qualquer método de otimização, e sua comparação com a

solução definitiva, após a otimização. Nesse capítulo os resultados obtidos serão avaliados e serão apresentadas as análises gráficas.

Capítulo VI – Conclusões e Trabalhos Futuros: no último capítulo são apresentadas algumas conclusões relevantes do conteúdo apresentado no trabalho e são lançados alguns tópicos que deveriam ser discutidos em maior profundidade no futuro.