PLATAFORMA INTELIGENTE DE MONITORAMENTO PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUIÇÃO UTILIZANDO A TECNOLOGIA LORAWAN

RESUMO EXPANDIDO - Disciplina de TCC290009

Marcone Augusto de Paula Louzada
Estudante do Curso de Engenharia de Telecomunicações

Mario de Noronha Neto
Professor orientador

Semestre 2020-1

Resumo- *O mercado de produção e distribuição de energia, vêm enfrentando ao longo dos anos, um aumento de demanda constante pelos seus clientes, além disso, as empresas desse mercado são submetidas a rigorosos parâmetros de qualidade através dos órgãos regulamentadores. Para suprir essa demanda e atender os requisitos necessários, as empresas devem extrair o máximo da capacidade de seu sistema instalado, operando com os seus equipamentos próximos da sua capacidade pela maior parte do tempo. Dessa maneira, evitar transtornos e perdas com a falha de um transformador ou até mesmo o seu desligamento para uma manutenção sem conhecer a real necessidade passa a ter grande importância. Sendo assim, conhecer as características de operação dos transformadores de distribuição em tempo real se torna necessário, possibilitando o direcionamento assertivo das intervenções para manutenção, implicando diretamente no aumento da durabilidade, preservação do equipamento e redução do consumo de recursos humanos e financeiros. O surgimento de conceitos como a Internet of Things (IoT) vai de encontro com essas necessidades, visando o desenvolvimento de dispositivos inteligentes que podem ser usados para monitoramento de equipamentos. Esse trabalho tem como foco principal o desenvolvimento de uma plataforma de monitoramento on-line para transformadores de distribuição de energia.*

Palavras-chave: Transformadores de distribuição, Monitoramento on-line. IoT. LoRaWan.

1 Introdução

Matriz elétrica é o nome dado ao conjunto formado pelas fontes utilizadas para geração de energia elétrica, de uma determinada localidade ou país (EPE, 2020). Normalmente essa matriz é dividida em três etapas, sendo elas produção, transmissão e distribuição. No Brasil, a produção através de usinas hidroelétricas é predominante. Elas geralmente operam na faixa nominal de 60 Hz, gerando uma tensão de saída que varia entre 6 e 25 kV (EPE, 2020).

Após a produção, a energia é transportada até as subestações de energia elétrica, que ocorre na etapa de transmissão, a tensão de saída deve ser elevada a níveis mais altos para viabilizar a transmissão em médias e longas distâncias, devido as dimensões continentais do Brasil. A Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), define que para essa transmissão devem ser utilizados níveis de tensão que variam de 13,8 a 750 kV (ANEEL, 2011).

A etapa de distribuição compreende a rede que interliga as subestações aos pontos de consumo, sendo dividida em duas etapas, primária e secundária. Para a distribuição primária, utilizada na fase de distribuição urbana de energia, deve ser adotado um nível de tensão de 13,8 ou 34,5 kV, enquanto a secundária, que é destinada aos consumidores finais, deve ser adotados níveis de tensão entre 127 e 440 V (ANEEL, 2011).

Todas as transformações necessárias durante a produção, transmissão e distribuição de energia, seja para o aumento ou redução da tensão, são realizadas através de transformadores. Esses equipamentos são definidos como dispositivos estáticos, utilizados para transferir energia por indução eletromagnética entre circuitos de mesma frequência de operação, geralmente, com valores de corrente e tensão alterados (WINDERS, 2002).

Transformadores de distribuição são o ponto de conexão entre a concessionária e o cliente, fazendo parte da distribuição secundária. Ao longo dos anos, a construção e tecnologia dos transformadores foram evoluindo, proporcionando principalmente um melhor rendimento durante a sua utilização. Os primeiros transformadores utilizados tinham baixo rendimento e apresentavam perdas elevadas (SOUZA, 2008). A Figura 1, apresenta um exemplo de transformador de distribuição moderno, de modelo nacional, produzido pela empresa WEG.

Este tipo de transformador é conhecido como transformador de distribuição imerso em óleo e se tratando do modelo mais utilizado na distribuição de energia. O óleo tem papel fundamental na construção do transformador, atuando como dielétrico, além disso, ele também é importante na refrigeração do sistema (SOUZA, 2008).

Os transformadores possuem uma expectativa de vida útil mínima de 180.000 horas, ou seja, acima de 20 anos de operação, quando a temperatura do ponto quente é de 110 °C com a sua carga nominal (IEEE STD C57.12.00^{TM}, 2015). Além disso os transformadores de potência estão entre os equipamentos mais caros e críticos nas plantas de distribuição de energia elétrica (ALMEIDA et al., 2007).

A manutenção realizada nos transformadores têm papel fundamental para alcançar e até superar a sua expectativa de vida útil. As concessionárias brasileiras são remuneradas de acordo com a disponibilidade dos equipamentos e linhas de transmissão, e

Figura 1 - Transformador de distribuição

Fonte: (WEG, 2020)

são penalizadas pelas indisponibilidades (CIGRE, 2013). A busca pela otimização dos processos de manutenção e diagnóstico, são necessárias devido ao apelo econômico, de aquisição, reparo e substituição, dos equipamentos podendo chegar a milhões de dolares (SOUZA, 2008). Os principais modelos de manutenção empregados nos transformadores são (CIGRE, 2013):

- Manutenção baseada no tempo: a intervenção é executada em intervalos de tempos pré-definidos, é uma politica muito utilizada devido a sua baixa complexidade.
- Manutenção baseada na condição: subentende a possibilidade de identificar um motivo ou necessidade de haver uma intervenção de manutenção.
- Manutenção corretiva: quando alguma intervenção se faz necessária para a continuidade da operação do equipamento.
- Monitoramento *on-line* contínuo: utilização de algum sistema para monitoramento *on-line* e contínuo de um transformador.

Uma das formas mais conhecidas e adotadas de manutenção é a denominada como manutenção baseada em tempo, ou seja, preventiva, baseando-se em intervenções periódicas de acordo com um cronograma ou horário de funcionamento. Apesar da eficiência garantida com este modelo, ele causa intervenções e desligamentos desnecessários, o que implica no desperdício de recursos, principalmente humanos e financeiros (HAN; SONG, 2003).

Com os estudos e aprimoramentos dos modelos de manutenção surgiu o conceito de manutenção preditiva, que vem de predizer, ou seja antecipar alguma ocorrência, ou prever alguma falha (SOUZA, 2008). Vale ressaltar que este tipo de manutenção não veio para substituir as manutenções corretiva e preventiva, e sim complementar. Isso pode ser alcançado por meio de monitoramento de parâmetros específicos durante a operação com a mínima interferência possível (JR; COSTA; OLIVAS, 2015).

A coleta destes dados empregados em uma análise probabilística, permitem a execução de intervenções em momentos oportunos , com uma maior assertividade e precisão

(JÚNIOR, 2014). Sendo assim, este sistema de manutenção deve ser capaz de indicar claramente as necessidades de manutenção, possibilitando principalmente a redução de gastos e recursos desnecessários (HAN; SONG, 2003). O monitoramento contínuo permite conhecer e definir os limites de operação e identificar quando eles estão próximos de serem alcançados, através de análises históricas e tendências.

Este trabalho visa desenvolver uma plataforma capaz de monitorar, em tempo real, o funcionamento de um transformador de distribuição, proporcionando assim, um melhor conhecimento das suas características de operação e possíveis anomalias. Para isso, será desenvolvido um sistema, dividido entre *hardware* e *software*. O *hardware* será acoplado ao transformador, sendo responsável pela coleta e envio dos seus dados de operação, enquanto o *software*, irá tratar esses dados e apresentá-los ao usuário. A solução busca custos acessíveis que possibilitem o seu desenvolvimento e aplicação, os objetivos são:

- Desenvolvimento de um *hardware* capaz de coletar as condições e variáveis de operação de um transformador de distribuição, ponderado ao custo necessário para esse monitoramento;
- Desenvolvimento de um *software* capaz de gerir e armazenar os dados recebidos;
- Desenvolver uma interface WEB, para apresentar os dados e permitir a gerência dos dispositivos.

2 Metodologia

Para atingir o objetivo proposto, este trabalho será dividido em quatro partes, sendo a primeira: fundamentação teórica, onde será estudado as características dos transformadores e as tecnologias empregadas para execução do trabalho. Segundo: definição e confecção do *hardware* necessário para o monitoramento de um transformador. Terceiro: definição e confecção do *software* que irá receber e processar os dados monitorados. Por fim, a integração do sistema como um todo, e execução de testes para validar o sistema.

2.1 Fundamentação teórica

Esta etapa, é destinada ao estudo dos tipos de transformadores empregados na distribuição de energia elétrica, quais a suas particularidades, modelos de manutenção utilizados, características de funcionamento e as principais ocorrências de falhas e defeitos. Outra tecnologia estudada será a LoRaWAN, as suas características, crescimento e aplicabilidade. Além disso, serão avaliadas, as formas de tratamento dos dados com o emprego de tecnologias voltadas ao *Machine Learning* ou, no português, aprendizado de máquina.

2.2 Confecção do *hardware*

Para a confecção do *hardware*, duas características serão primordiais para o seu desenvolvimento, a primeira delas é com relação a capacidade de monitoramento, ou seja, conseguir realizar leituras de características importantes para o conhecimento do estado

de um transformador de distribuição, e a segunda é o custo necessário para realizar esse monitoramento, visando sempre o maior conhecimento da condição com o menor custo possível. Após a definição das características monitoradas, será construído um protótipo, para essa finalidade.

2.3 Confecção do *software*

A confecção do *software* também será dividida em duas etapas, a primeira delas, se trata do *software* embarcado no dispositivo *Internet of things* (IoT). A segunda será a parte responsável por concentrar os dados recebidos, processá-los e apresentá-los ao usuário, através de uma interface WEB, também será possível realizar as configurações necessárias para o funcionamento do sistema.

2.4 Integração do sistema e testes

Para realizar a integração do sistema e os testes para validar a ferramenta, o hardware deve ser instalado em um transformador de distribuição, para que sua condição seja monitorada em tempo real. Além disso, deve-se fazer as alterações de parâmetros de funcionamento visando o disparo de alarmes, identificando uma possível falha ou defeito.

3 Resultados e Discussão

A validação dos resultados obtidos nesse estudo, serão baseadas na realização de testes em campo da plataforma como um todo, avaliando o funcionamento do transformador de distribuição, coletando os seus dados de operação, com a possibilidade de detectar as suas características e desenvolver métodos para mitigar as suas possíveis falhas e defeitos.

4 Considerações Parciais/Finais

Espera-se obter com a conclusão deste projeto, uma plataforma capaz de realizar o monitoramento em tempo real de transformadores de distribuição, possibilitando a antecipação da detecção de falhas e defeitos, tendo como consequência, um melhor aproveitamento da vida útil dos equipamentos e direcionamento de recursos por parte da empresa.

Referências

ALMEIDA, O. et al. Monitoramento e diagnóstico de um transformador de potência: Análise de gases dissolvidos no Óleo e análise térmica. In: *Anais do IV CITENEL-Congresso de Inovação Tecnológica em Energia Elétrica 2007*. [S.l.: s.n.], 2007.

ANEEL. *Nota Técnica n° 0075/2011-SRD/ANEEL*. [S.l.]: Agência Nacional de Energia Elétrica, 2011.

CIGRE. *Guia de Manutenção para Transformadores de Potência*. [S.l.]: Comitê nacional brasileiro de transmissão de energia elétrica, 2013.

EPE. *Matriz Energética e Elétrica*. 2020. Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/abcdenergia/matriz-energetica-e-eletrica>. Acesso em: 30 mar. 2020.

HAN, Y.; SONG, Y. Condition monitoring techniques for electrical equipment-a literature survey. *IEEE Transactions on Power delivery*, IEEE, v. 18, n. 1, p. 4–13, 2003.

IEEE STD C57.12.00^{TM}. *IEEE Standard for General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers*. [S.l.], 2015.

JR, H. de F.; COSTA, J. G. S.; OLIVAS, J. L. M. A review of monitoring methods for predictive maintenance of electric power transformers based on dissolved gas analysis. *Renewable and sustainable energy reviews*, Elsevier, v. 46, p. 201–209, 2015.

JÚNIOR, R. C. d. L. *Análise de falhas e defeitos nos transformadores de potência e seus dispositivos*. Dissertação (B.S. thesis) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

SOUZA, D. C. P. *Falhas e defeitos ocorridos em transformadores de potência do sistema elétrico da Celg, nos últimos 28 anos: um estudo de caso*. 2008.

WEG. *Transformadores de Distribuição a Óleo*. 2020. Disponível em: <https://www.weg.net/institutional/BR/pt/>. Acesso em: 17 mai. 2020.

WINDERS, J. *Power Transformers. Principles and Applications*. [S.l.]: CRC Press, 2002.