

Proposição de indicadores para avaliar e mensurar a eficiência das subestações de um Microgrid

R F Calili¹, G F Morabito²

¹Programa de Pós-graduação em Metrologia, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-Rio.

²Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro PUC-Rio.

E-mail: calili@puc-rio.br

Resumo: O Objetivo deste trabalho é propor um conjunto de indicadores e métricas para avaliar e mensurar a eficiência energética das subestações de um *microgrid*. No conceito institucional o qual a pesquisa se insere, considera-se que o esforço proporcionará a empresa em questão avaliar a eficiência e inteligência das suas subestações em seu *microgrid*. Assim, serão utilizados dois métodos multicritério à decisão: AHP (*Analytic Hierarchy Process*) para definição dos pesos e a técnica TOPSIS (*Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution*) para hierarquização das subestações. Destacam-se como resultados: a ferramenta de seleção e um conjunto consistente de indicadores.

Palavras-chave: Eficiência Energética, Redes Elétricas Inteligentes, *Microgrid*, Indicadores, AHP-TOPSIS.

Abstract: The aim of this article is to propose a set of indicators to evaluate and measure the efficiency and intelligence on microgrid electric substations. It was used a methodology to establish indicators for evaluating the energy efficiency combined with two decision support methods: AHP (Analytic Hierarchy Process) for definition the importance of criteria selected, and TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal of Solution) to classify the most efficiency and intelligent substation. As a result, it is expected to obtain the improvement of efficiency of power substations of a microgrid and follow the process of continuous improvement.

Keywords: Energy Efficiency, Smart Grid, Microgrid, Indicators, AHP-TOPSIS.

1. INTRODUÇÃO

A relação cada vez maior de dependência de energia elétrica imprime uma preocupação no

que diz respeito a atual disposição e capacidade de produção em acompanhar o ritmo crescente e acelerado de demanda de energia [1]. Assim, a importância em se adotar medidas de eficiência

energética diversificadas, através da busca por fontes de energias alternativas aos atuais padrões adotados no mundo inteiro.

A dormência nas metodologias atuais de suprimento de energia, baseada em combustíveis fósseis, acarretará em danos irreparáveis ao meio ambiente, gerando grandes alterações climáticas [2]. Assim, surge a necessidade de aplicar um modelo inovador de gestão energética capaz de responder aos desafios de atender aos novos padrões de consumo, aliando aspectos ambientais, sociais e econômicos.

Surge então o modelo de *Smart Grids* (SG) ou Redes Elétricas Inteligentes (REI), capaz de incorporar tecnologia de informação e comunicação em todos os aspectos da geração de eletricidade, permitindo a entrada de novos fornecedores na rede energética (incluindo energias renováveis), gerando uma melhor gestão de distribuição e consumo, otimizando a eficiência e minimizando custos e impactos ambientais.

Pensando em planejamento empresarial, a implementação das REI, com diversas alternativas de entrada de energia aplicáveis, propicia uma melhor gestão e um aproveitamento otimizado de cada modal. A partir deste problema, surge a necessidade de uma ferramenta que auxilie o gestor a administrar a rede de distribuição de energia de maneira mais eficiente possível. Na realidade, neste trabalho será elaborado um modelo de apoio à tomada de decisão, que embasará matematicamente a tomada de decisão na gestão energética de um modelo de REI aplicado em um estúdio de televisão de grande porte, que pode ser considerado um *microgrid*.

O objetivo deste trabalho é propor indicadores e respectivas métricas para redução de perdas por meio da verificação da qualidade de energia, eficiência energética e inteligência da rede em subestações de um *microgrid*.

1.1. Eficiência Energética

É crescente a demanda dos diversos setores da economia em busca de uma maior eficiência energética, com intuito de suprir as adversidades para redução de custos e desperdícios de energia elétrica, que ser oriundas de diversas fontes. Além de economizar com os gastos da produção, minimizam as emissões dos gases do efeito estufa, acarretando, assim, em benefícios ambientais e econômicos [3].

O uso eficiente e racional da energia em processos produtivos, objetiva elevar o grau de competitividade e atender às normas de proteção ambiental. As empresas, de forma geral, precisam de um programa de eficiência energética, sobretudo no âmbito organizacional, independente do seu nível empresarial e de desenvolvimento, mas que gerem resultados positivos e, principalmente, duráveis.

O uso de indicadores aplicados à análise de eficiência energética tem se elevado no Brasil e no mundo, sendo de grande importância em organizações.

1.2. Redes Elétricas Inteligentes

A origem do termo *Smart Grid* é controversa. Uma linha de autores apontam que termo foi usado pela primeira vez em 2003, no artigo “*Reliability demands will drive automation investments*”, visando a redução de pontos fracos do sistema elétrico, tais como: ineficiência e falhas operacionais, por meio da capacidade de transmitir dados e sistemas de controle a rede.

A transformação da rede de energia elétrica atual para a SG deverá adicionar novas tecnologias de automação, computação e comunicações às partes da rede elétrica, formando-se bolsões de sub-redes com as particularidades da SG [5].

Uma rede elétrica de menor porte e que esteja dentro de site industrial ou comercial pode ser

denominada de *microgrid*. O *microgrid* inteligente tem soluções de comunicação, que possibilitam o controle autônomo e comunicação remota com os dispositivos. Estes são utilizados em sistemas que, geralmente, possuem módulos de comunicação e processamento, fornecendo uma área de comunicação e possibilitando a adição de inteligência aos dispositivos e, por conseguinte, a todo o sistema.

2. METODOLOGIA

Os indicadores são formas quantificáveis de se representar características de produtos e processos, consentindo avaliar resultados positivos e negativos, além de servirem de base para uma decisão. Os indicadores devem ser bem definidos, acompanhados sistematicamente para tomada de decisão e consistiu a primeira fase deste trabalho. Em seguida, utilizou-se métodos multicritério de apoio à decisão, para fins de opção daqueles a serem adotados na fase de pesquisa aplicada, sobretudo na definição de pesos dos critérios para classificar, hierarquização e monitorar a eficiência energética e inteligência de subestações de um *microgrid*.

A partir de uma visão comparativa de alguns métodos, o AHP, desenvolvido por Thomas A. Saaty, em 1977 [6], e a ferramenta TOPSIS, proposta por Hwang e Yoon, em 1981 [7], mostraram-se os mais apropriados para aplicação nas referidas etapas da fase de pesquisa aplicada deste trabalho, uma vez que diversos indicadores foram selecionados. O método adotado, na etapa de definição dos pesos dos critérios classificatórios para hierarquização final dos indicadores, será o AHP, ferramenta difundida na literatura, em que o avaliador compara par a par os elementos de uma camada ou nível de hierarquia à luz de cada um dos elementos em conexão em uma camada superior da hierarquia. A técnica TOPSIS, por outro lado, será aplicada para a hierarquização final dos indicadores.

Devido à restrição de espaço do artigo, a descrição matemática destes dois métodos não será apresentada.

3. RESULTADOS

O primeiro passo da metodologia adotada foi avaliar o objetivo e os resultados esperados com a implementação de uma rede eficiente e inteligente. Em seguida os indicadores foram categorizados em eliminatórios e classificatórios. Os critérios eliminatórios foram definidos como os de qualidade do fornecimento de energia da distribuidora, pois de maneira nenhuma um estúdio de TV pode ficar sem luz. Já o total de sete indicadores classificatórios escolhidos foram divididos em dois grupos, quais sejam: Eficiência Energética (fator de potência; fator de carga; e demanda contratada); Inteligência da Rede (digitalização; autonomia; coordenação; e *self-healing*). Os pesos dos critérios/indicadores (Tabela 1) selecionados foram definidos pelo julgamento de especialistas com o auxílio da ferramenta AHP.

Critérios	Subcritérios	Pesos
Eficiência	Fator de potência	0,45
	Fator de carga	0,17
	Demanda	0,04
Inteligência	Digitalização	0,01
	Autonomia	0,03
	Coordenação	0,09
	<i>Self-healing</i>	0,19

Tabela 1. Resultados pesos dos indicadores

Foram levantados dados de 4 subestações conectadas ao barramento de 13,8 kV do *microgrid*, cujo critério de escolha foi por estas serem mais modernas que as demais, permitindo assim a ligação dos medidores sem o desligamento de equipamentos, além de possuírem medidores que viabilizavam o estudo proposto neste artigo. As respectivas subestações

1, 2, 3 e 4 têm os seguintes transformadores: 2x500kVA; 1x300kVA; 1x1.000kVA; e 2x500kVA. A Tabela 2 compila os resultados da hierarquização e classificação das subestações por meio da determinação da proximidade relativa "ξ" definida pelo método TOPSIS, que define a melhor alternativa sendo aquela mais próxima da solução ideal positiva e mais distante da solução ideal negativa.

Alternativas	Proximidade Relativa	Ranking
SE1	0,26	2°
SE2	0,10	3°
SE3	0,01	4°
SE4	1,00	1°

Tabela 2. Resultado final do método AHP-TOPSIS

A subestação 4 (SE4), que obteve a melhor posição no ranking final, é aquela que tem atende a todos os critérios de forma ampla. Além disso, a esta era considerada pelos engenheiros e especialistas a mais eficiente e inteligente.

4. CONCLUSÕES

A presente pesquisa contribuiu para o avanço do conhecimento sobre ferramentas de avaliação de eficiência energética e inteligência da rede. Os resultados obtidos ao longo da pesquisa aqui relatada permitiram que o seu objetivo fosse alcançado. Foi possível, com uso da matriz quantitativa de indicadores e de dois métodos multicritério de apoio à decisão, propor indicadores e respectivas métricas para o monitoramento e avaliação da rede avaliada. Pelos aspectos descritos e resultados gerados na fase aplicada da pesquisa, considera-se que eles propiciarão aos responsáveis pelo Microgrid, bem como aos diversos atores envolvidos na gestão de energia e custos da empresa, o ferramental adequado para o monitoramento e avaliação de seus resultados.

Finalmente, acredita-se que a ferramenta de seleção e hierarquização adotada, com suporte dos métodos AHP e TOPSIS, bem como os indicadores e métricas resultantes de sua aplicação, poderão beneficiar as partes interessadas no processo de avaliação da eficiência e inteligência de uma rede elétrica.

REFERÊNCIAS

- [1] Silva, V. P. da. [et al] (2012). A convergência entre eficiência energética e a produção mais limpa em uma indústria têxtil da Paraíba. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXXII, 2012. Bento Gonçalves.
- [2] Geller, H. & Shaeffer, R. (2004). *Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil*. Energy Policy 32.
- [3] Gama Neto, A. de S. (2011). Análise de um projeto de eficiência energética em um posto de combustíveis com base metodológica no Protocolo Internacional de Medição e Verificação de Performance (PIMVP). *Persp. online: exatas & engenharia*, v. 2, n. 1, p. 54-73.
- [4] Caneppele, F. de L. (2007). Desenvolvimento de um modelo *fuzzy* para otimização da energia gerada por um sistema híbrido (solar-fotovoltaico e eólico). 103 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho". Botucatu, 2011.
- [5] Falcão, D. M. (2012). Redes elétricas inteligentes *Smart grid*. Seminário: Inserção de novas fontes renováveis e redes inteligentes no planejamento energético nacional. Setembro, COPPE: UFRJ.
- [6] Saaty, T. L. (2000). *Decision making for leaders*. Pittsburg: RWS Publications.
- [7] Hwang, C. L. & Yoon, K. (1981). *Multiple attributes decision making methods and applications*. Berlin: Springer.