

RESTABELECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CONTEXTO DE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES

Tiane Do Nascimento Vargas ¹

Ana Paula Carboni De Mello ²

Resumo:

O desenvolvimento tecnológico ocasionou na modernização dos equipamentos de distribuição principalmente equipamentos telecomandos que permitem a comunicação a distância. E foi a partir desse desenvolvimento que surgiu as redes inteligentes (smart grids) as quais vêm desempenhando um papel importante na renovação das redes de distribuição. Um dos mais importante conceitos oriundos das smart grids é o conceito de self-healing (auto-recuperável). Um sistema auto-recuperável no contexto das smart grids pode ser entendido como aquele capaz de identificar e restabelecer energia elétrica de forma automática na ocorrência de uma contingência. Existem diferentes estratégias self-healing das quais pode-se destacar as baseadas no conceito de análise multicriterial esse conceito é importante para auxiliar na tomada de decisão quando existe mais de opção conflitante. Um dos métodos baseado nesse conceito amplamente utilizado é o Analytic Hierarchy Process (AHP). Em face do exposto, neste documento será realizado o estudo bibliográfico apresentando as principais estratégias de self-healing. Também será apresentado como exemplo uma rede de distribuição hipotética com o objetivo demonstrar as possíveis manobras para a transferência de carga quando ocorre uma falta. Sendo que nesse exemplo será aplicado estratégias self healing baseada na análise multicriterial utilizando o método AHP estando esse processo em fase de desenvolvimento.

Palavras-chave: Restabelecimento de energia elétrica, self-healing, smart grids, AHP

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

RESTABELECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CONTEXTO DE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES

¹ Aluno de graduação. tiane.donascimentovargas@gmail.com. Autor principal

² Docente. anamello@unipampa.edu.br. Orientador

RESTABELECIMENTO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CONTEXTO DE REDES ELÉTRICAS INTELIGENTES

1 INTRODUÇÃO

Disponibilizar energia elétrica aos consumidores com qualidade e sem interrupções tem se tornado prioridade para as empresas responsáveis pelo fornecimento de energia elétrica. Sendo de fundamental importância que o restabelecimento de energia elétrica em decorrência de uma falta de forma rápida para evitar maiores transtornos aos consumidores. Com a evolução da tecnologia os equipamentos de distribuição, principalmente equipamentos telecomandos, surgiu o conceito de *self-healing* oriundo das redes inteligentes (*smart grids*).

O conceito de *Self-Healing* pode ser entendido como um sistema que apresenta a capacidade de se recuperar de uma falta de maneira rápida e de forma automática, por meio de equipamentos. O estudo e a aplicação de estratégias de *self-healing* é de suma importância para o desenvolvimento das redes inteligentes. Essas estratégias são ferramentas importantes para se obter um sistema com maior confiabilidade. Na tabela 1 é apresentado um levantamento bibliográfico sobre as principais estratégias aplicadas a juntamente com as respectivas funções objetivos.

Tabela 1 – Comparativo entre os métodos empregados pela literatura.

Autores	Técnica/algoritmo	Função Objetivo
(QUIANG, HAINBIN, XUGANG e ZENZHI, 2016)	Algoritmo de colônia de formiga-ACA	Min perdas elétricas
(JI, JIAN, YAN e HUI, 2016)	Agente Multi-imuni - <i>Multi Agent immune algorithm</i>	Min perdas / Máx qualidade de serviço
(LÓPEZ, RIDER e CALVALCANTE et.al, 2017)	Busca Tabu - <i>Tabu Search</i>	Min perdas elétricas
(ERIKSSON e ARMENDARIZ, 2015)	Sistema Multi-agente -MAS	Máx qualidade do serviço
(ZIDAN, SAADANY e CHAAR, 2011)	Sistema Multi-agente (MAS)	Min perdas elétricas
(TIMOSSI, 2016)	Multicritério PROMETHEE	Min perdas elétricas
(SILVA, 2011)	AHP-Analytic Hierarchy Process	Máx nº clientes restabelecidos

Fonte: do autor, 2018.

Como pode ser observado há uma tendência em buscar a minimização das perdas elétricas podendo se destacar os métodos: Busca Tabu, MAS e ACA. Dentre eles o Busca Tabu foi aplicado na Companhia Paulista de Força e Luz (CPFL) e demonstra a influência do local de instalação das chaves de manobras para a minimização das perdas elétricas. Em contrapartida em (JI, 2016) assim como (ERIKSSON, 2016) os autores utilizam o conceito de sistemas multi-agentes, contudo apresentam funções objetivos distintas nesse caso maximizar a qualidade do serviço. Por fim, pode-se destacar (TIMOSSI, 2016) e (SILVA, 2011) que utilizam um método de tomada de decisão multicritério quando existem diferentes objetivos que

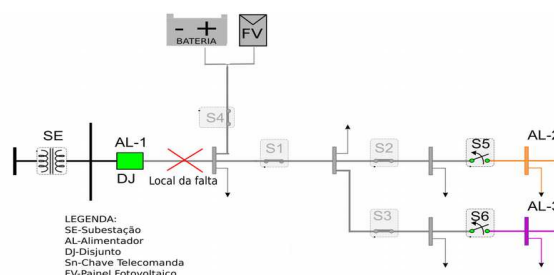
devem ser alcançados de forma simultânea Nesse sentido, um dos métodos mais conhecidos é *Analytic Hierarchy Process (AHP)* apresentado em (SILVA,2011).

2 METODOLOGIA

Quando ocorrida uma contingência o primeiro passo é identificar o local onde essa aconteceu. Após identificada a localização da mesma é necessário verificar as possibilidades de manobras para isolar a falta e realizar assim o processo de transferência de carga que atendam as funções objetivas estabelecidas.

Com o objetivo de exemplificar a metodologia e os procedimentos de manobras a jusante da falta utilizando o conceito *self-healing* é apresentado modelo hipotético com seis chaves telecomandadas e recursos energéticos renováveis (painel fotovoltaico e bateria).

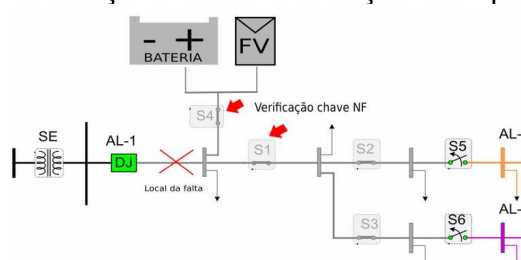
Figura 1- Rede de distribuição com falta localizada entre o disjuntor DJ e as chaves telecomandadas S1 e S4.



Fonte: Adaptado de BERNARDON et.al,2015

Etapa 1: Realize-se a verificação dos equipamentos telecomandados do tipo normalmente fechados (NF), que estão a jusante do defeito nesse caso S4 e S1. Como observa-se na Figura 2. Após a verificação das chaves NF segue-se para o procedimento dois, caso negativo segue-se para o procedimento sete.

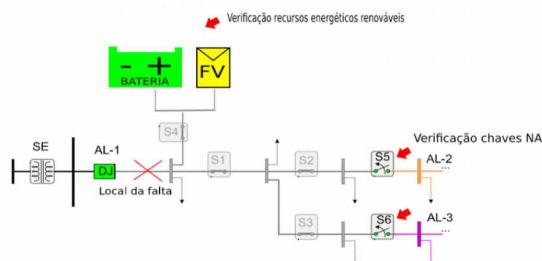
Figura 2- Rede de distribuição com a identificação dos equipamentos NF.



Fonte: Adaptado de BERNARDON et.al,2015

Etapa 2: Nesse passo será realizado a verificação dos equipamentos telecomandados do tipo normalmente abertos (NA) chaves S5 e S6, além de ser realizada a verificação dos recursos energéticos renováveis ambos a jusante dos equipamentos NF verificados anteriormente. Como pode ser observado na Figura 3. Após a verificação segue-se para etapa três, caso negativo segue-se para o procedimento sete.

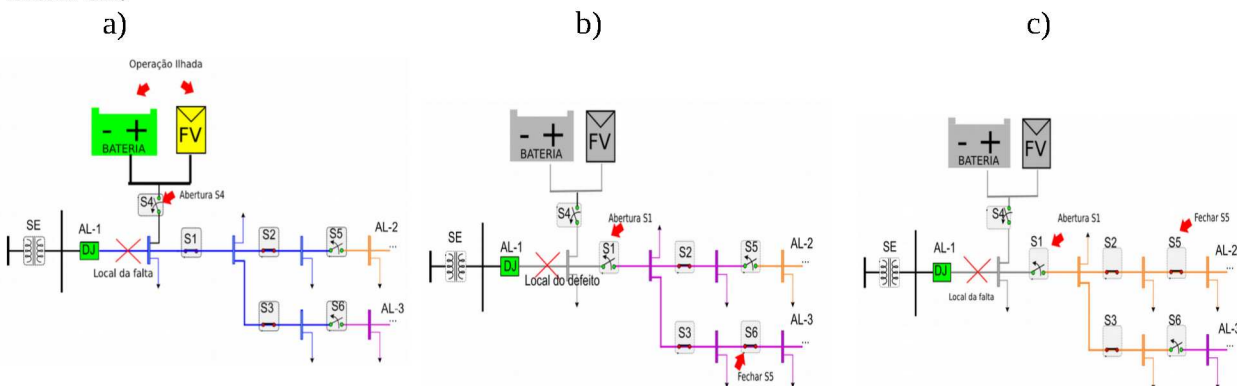
Figura 3- : Rede de distribuição com a identificação dos equipamentos NA e os recursos energéticos renováveis .



Fonte: Adaptado de BERNARDON et.al,2015

Etapa 3: Realiza-se a transferência de carga ou o atendimento das cargas de modo ilhado, ou seja, verifica-se as funções objetivos e as restrições são atendidas. Se forem realiza-se a transferência de carga e segue-se para o quarto passo .Se não atendidas as funções objetivos e as restrições segue-se para a etapa cinco .Na Figura 4 observar-se as possíveis manobras .

Figura 4 : Rede de distribuição com manobra a jusante da falta :a)Abertura de S4 e operação ilhada dos recursos energéticos renováveis . b)Abre S1 e fecha S5. c)Abre S1 e fecha S6.

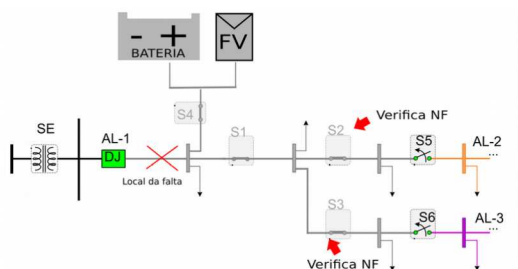


Fonte: Adaptado de BERNARDON et.al,2015

Etapa 4: Aplica-se o algoritmo de tomada de decisão quando há mais de uma opção para realizar a transferência de carga após aplicado o algoritmo a melhor opção é escolhida e segue-se para o passo sete.

Etapa 5: Verifica-se os equipamentos automatizados do tipo NF que estão a jusante dos verificados anteriormente (chaves S2 e S3) ilustrada na Figura 5.Após a verificação segue-se para a etapa seguinte,caso negativo vai para o procedimento sete .

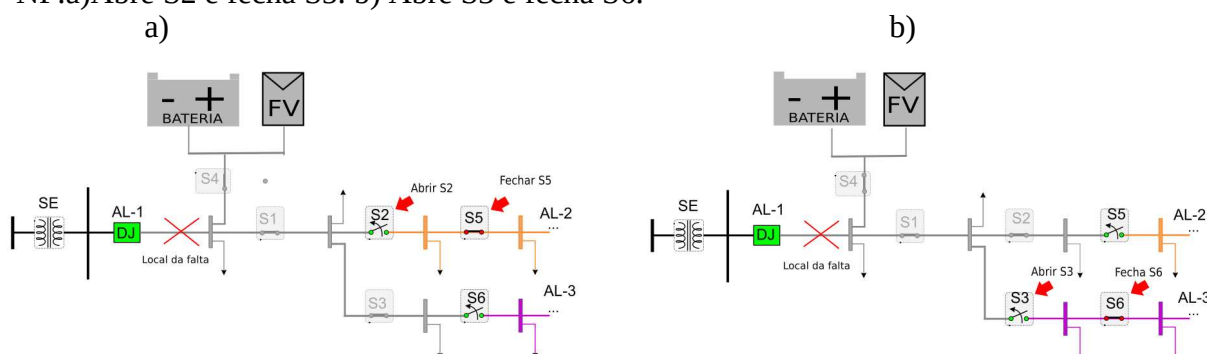
Figura 5- : Rede de distribuição com a identificação dos próximos equipamentos NF a jusante dos anteriores.



Fonte: Adaptado de BERNARDON et.al,2015

Etapa 6: Realiza-se as possíveis transferências cargas a partir dos equipamentos automatizados NF verificados na etapa 5. Verificando o atendimento das funções objetivos e das restrições. Se for possível realizar a transferência das cargas retorna-se para etapa quatro, se não retorna-se para etapa cinco. Na Figura 6 é apresentado as duas possibilidades manobras.

Figura 6 - Rede de distribuição manobras a partir dos próximos equipamentos NF: a) Abre S2 e fecha S5. b) Abre S3 e fecha S6.



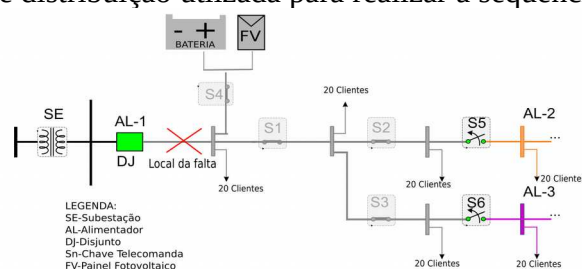
Fonte: Adaptado de BERNARDON et.al, 2015

Etapa 7: O processo é finalizado

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Considerando o sistema mostrado anteriormente realizou-se um caso hipotético como mostrado na figura 7 nesse caso será considerado a existência de 20 clientes para cada carga além disso, será considerando que os recursos energéticos renováveis tenham a capacidade fornecer 300 kW enquanto que os alimentadores AL-2 e AL-3 apresentam a capacidade de 600 kW e que as perdas são na ordem de 100 kW em cada trecho. As manobras realizadas em caso de contingência são as descritas anteriormente no procedimento 3 a partir disso será apresentado a tabela mostrando as possíveis perdas para cada uma dessas manobras.

Figura 7- Rede de distribuição utilizada para realizar a sequencia de manobras



Fonte: Adaptado de BERNARDON et.al, 2015

As manobras realizadas correspondem a aplicação da metodologia, onde obtiveram-se os resultados apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 – Comparativo entre as manobras considerando número de clientes com interrupção de energia elétrica e número de clientes restabelecidos e perdas estimadas.

Manobra	Número de Clientes com interrupção	Número de Clientes Restabelecidos	Perdas estimadas(KW)
Operação Ilhada	60	60	200
Abre S1 e Fecha S5	20	100	500
Abre S1 e Fecha S6	20	100	500

Fonte: do autor, 2018.

Nesse caso observar-se a importância das do conceito de *self-healing*, pois caso não houvesse chaves telecomandadas não seria possível realizar as referidas manobras de maneira rápida o que atingiria um total de 80 clientes. Quando existe mais de uma possibilidade para a transferência de carga é necessário a aplicação de um algoritmo de tomada de decisão para avaliar qual manobra é a mais apropriada e que irá atender as funções objetivos. Um dos métodos multicriteriais é o AHP o qual é baseado no conceito de modelagem de preferência sendo que ele se baseia em uma função de utilidade (função objetivo) e a partir dessas funções são determinados critérios para o problema. O método converte os critérios em pesos, de modo que cada critério represente um determinado grau de relevância em uma escala numérica sugerida por (SAATY,1990).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos mais importantes conceitos oriundos das *smart grids* é o conceito de *self-healing* que visa a melhoria do desempenho das redes de distribuição. Dentre as técnicas *self-healing* pode-se destacar as baseadas na tomada de decisão multicriterial como o algoritmo AHP. O próximo passo deste trabalho é aplicar uma estratégia *self-healing* que realize de forma adequada o processo de avaliação dos objetivos e retorne a melhor alternativa para a transferência de carga de forma rápida e automática. Este processo ainda está em desenvolvimento e ocorrerá por meio da análise multicriterial utilizando o método do AHP.

REFERÊNCIAS

- ABOELSOOD ZIDAN, E. F. EL-SAADANY, L. EL CHAAR. A Cooperative Agent-Based Architecture for Self-Healing Distributed Power Systems. **International Conference on Innovations in Information Technology**, 2011.
- BERNARDON.D.P;PFITSCHER.L.L;CANHA.L.N;MELLO.A.P.C;ABAIDE.A;GARCIA.V;RAMOS.M.**Sistemas de distribuição no contexto das redes elétricas inteligentes-uma abordagem para reconfiguração de redes**.1 ed.Rio Grande do Sul.Santa Maria,2015.p112-151
- J. C. LÓPEZ; M. J.RIDES; P. L. CALVALCANTE; A. V. GARCIA; L. L. MARTINS; L. F. MIRANDA; L. F. SILVEIRA Smart Grids: Self-healing and Switch Allocation in a Real System .**The 12th Latin-American Congress on Electricity Generation and Transmission-CLAGTEE**, 2017.
- MARKUS ERIKSSON;MIKEL ARMENDARIZ ;OLEG O.VASILENKO;ARSHAD SALEEM. Multiagent-Based Distribution Automation Solution for Self-Healing Grids.**IEEE Transactions on industrial electronics**,vol 2.62,No.4,april,2015.
- SAATY,T.L.The Analytic Hierarchy Process for Decision in Complex World.2a ed.Pennsylvania State University,p.292,1990.
- SILVA.A **Metodologia para tomada de decisão multicriterial no processo de restabelecimento de energia elétrica** 2011.p.Trabalho de conclusão de curso Universidade Federal do Pampa.
- TIMOSSI,M. **Reconfiguração de redes de distribuição de energia considerando variáveis multiatributo no desenvolvimento de novas topologias** 2016.135f.Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produções)-Universidade Tecnológica Federal do Paraná ,Ponta Grossa,PR,2016.
- XIU JI;LIU JIAN;XUTING YAN;WANG HUI. Research on self healing technology of smart distribution network based on multi Agentsystem. **Chinese Control and Decision Conference (CCDC)**,2016
- XU QUIANG;GUA HAIBIN;FENG XUGANG;CHEN ZENZHI. Research on Self-Healing Strategy of Smart Distribution Grid Based on Improved Ant Colony Algorithm. **Chinese Control and Decision Conference (CCDC)**,2016 .