

RESTAURAÇÃO DE REDES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA ATRAVÉS DE TÉCNICAS HEURÍSTICAS CONSTRUTIVAS. Matheus Bernardo Menossi, José Roberto Sanches Mantovani, Rodrigo A.F. Pereira. – Inter-áreas – Engenharia Elétrica – Departamento de Engenharia Elétrica – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – Campus de Ilha Solteira.

Os sistemas aéreos de distribuição de energia elétrica possuem topologia radial caracterizada por apresentar um fluxo de potência que percorre sempre um mesmo sentido, do gerador para a carga. Tais redes apresentam possibilidades de alteração da topologia através da abertura/fechamento de dispositivos de manobras (ex: chaves seccionadoras, disjuntores, religadores) localizados em pontos estratégicos para realizar as operações de reconfiguração, permitindo controlar as interrupções do fornecimento de energia, para a execução de obras de expansão, intervenções de manutenção preventiva em componentes da rede, ou então, pela atuação de um dispositivo de proteção em decorrência de um defeito, de forma a restringir ao mínimo a área a ser desenergizada.

Os dispositivos de controle existentes na rede têm por objetivo aumentar os níveis de confiabilidade do sistema, isto é, na ocorrência de faltas permanentes ou da necessidade de manutenção permitem isolar as áreas problemáticas e remanejar cargas de áreas vizinhas à região de defeito, para mantê-las em serviço. A condição de alteração da topologia do sistema está relacionada com a confiabilidade da rede, que é a restauração do serviço de fornecimento de energia a um custo mínimo sob condições de anormalidade (ex.: curtos-circuitos, sobrecargas, faltas). Quando o suprimento de energia elétrica é interrompido por uma anomalia, é importante restabelecer o sistema de distribuição de energia elétrica o mais rápido e da melhor maneira possível, através de alterações nas configurações do sistema (abrir/fechar chaves).

Como ilustração do problema de restauração de redes de distribuição, a figura a seguir (Figura 1) representa as chaves de manobras e as seções definidas por estas chaves. As seções são definidas como sendo todos os consumidores e/ou cargas instaladas delimitadas por chaves de manobras, facilitando a identificação do conjunto de cargas a ser remanejado quando ocorre a abertura e/ou fechamento de um dispositivo de manobras.

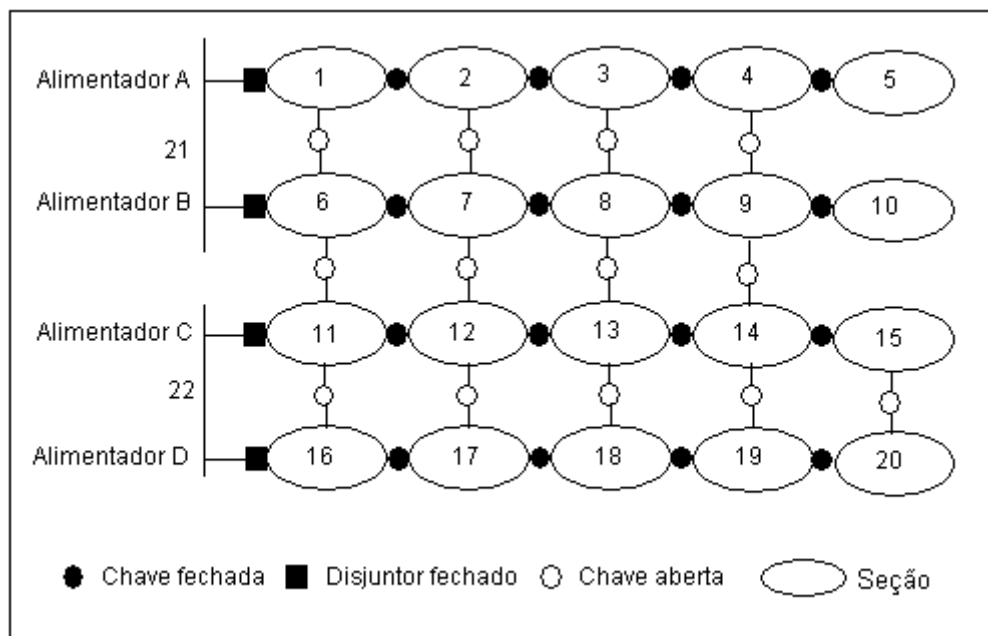


Figura 1: Sistema de distribuição ilustrativo.

Neste trabalho, o problema de restauração de redes aéreas de distribuição de energia elétrica é modelado como um problema de programação não linear inteiro misto (*PNLIM*) multiobjetivo, que gera grandes espaços de busca, em que a exigência de radialidade é uma dificuldade adicional. É um problema de planejamento de curto prazo que deve ser resolvido num tempo computacional adequado, para atender as necessidades das empresas distribuidoras de energia de atingir os índices de

continuidades de serviços imposto pela agência reguladora (ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica).

A proposta deste trabalho é resolver o problema de restauração de redes de distribuição através de heurísticas construtivas elaboradas com base no conhecimento do comportamento físico dos sistemas de distribuição de energia elétrica. Desta forma, utilizada-se uma heurística construtiva em que se verifica a capacidade de reserva de cada alimentador vizinho utilizando um coeficiente de desempenho. É denominado alimentador vizinho de uma seção aquele alimentador que possui possibilidade de energizar determinada seção pelo fechamento de uma chave de manobra normalmente aberta. Com essa técnica, remanejam-se as cargas das seções fora de serviço para os alimentadores vizinhos menos carregados. Isso é efetuado até que todas as seções fora de serviço sejam restauradas, se possível. Este algoritmo construtivo é composto dos seguintes passos:

i: Selecionar uma seção que ainda não foi restaurada, para ser energizada;

ii: Determinar qual alimentador vizinho tem disponibilidade de suprir esta seção, através do cálculo do coeficiente de desempenho P_{con} :

$$P_{con\ jm} = \frac{SC_j + Cp_j}{2.Cp_j} . (P_{max\ j} - P_{min\ jm}) + P_{min\ jm}$$

$$P_{max\ j} = \frac{SC_j}{Cp_j} \quad ; \quad P_{min\ jm} = \frac{L}{Cp_j}$$

$$j \in \Omega_m$$

Em que:

m : Número de seções fora de serviço;

L : Carga total da seção que está fora de serviço;

Cp_j : Capacidade limite de transferência de potência do alimentador j ;

SC_j : Capacidade reserva do alimentador vizinho j ;

$P_{max\ j}$,
 $P_{min\ jm}$: Coeficientes de desempenho máximo e mínimo de transferência de carga suportada pelo alimentador j , para a seção m com carga total L sob análise;

Ω_m : Conjunto de alimentadores vizinhos da seção m .

O alimentador com o maior índice P_{con} , que esteja entre os valores limites P_{max} e P_{min} , é escolhido para alimentar a carga L que está fora de serviço.

iii: Se todas as m seções fora de serviço já foram analisadas, sair. Caso contrário, voltar para o passo *i*.

A partir da configuração obtida, calculam-se as perdas e as tensões dessa configuração utilizando o fluxo de potência. Com os dados obtidos através do fluxo de potência, avaliam-se os termos da função multiobjetivo sob análise e as restrições do problema. Havendo sobrecargas em alimentadores, utiliza-se um procedimento de retirada de carga que consiste em retirar a seção de

menor prioridade e menor quantidade de cargas dos alimentadores sobrecarregados até que os mesmos deixem o estado de sobrecarga. Esse processo visa manter energizadas a maior quantidade de cargas dando maior prioridade para as cargas mais importantes. Esta heurística gera uma configuração sub-ótima.

Para um desempenho eficiente da técnica heurística aplicada, é necessária a implementação de um algoritmo rápido e eficiente de cálculo de fluxo de potência para redes radiais de distribuição de energia elétrica.

O programa computacional esta sendo desenvolvido em linguagem C++ e os testes preliminares apresentados são para um sistema de distribuição teste não real com 1068 barras, ilustrado na Fig.1. O numero de barras que este sistema teste possui permite a verificação das respostas do programa em uma aplicação real.

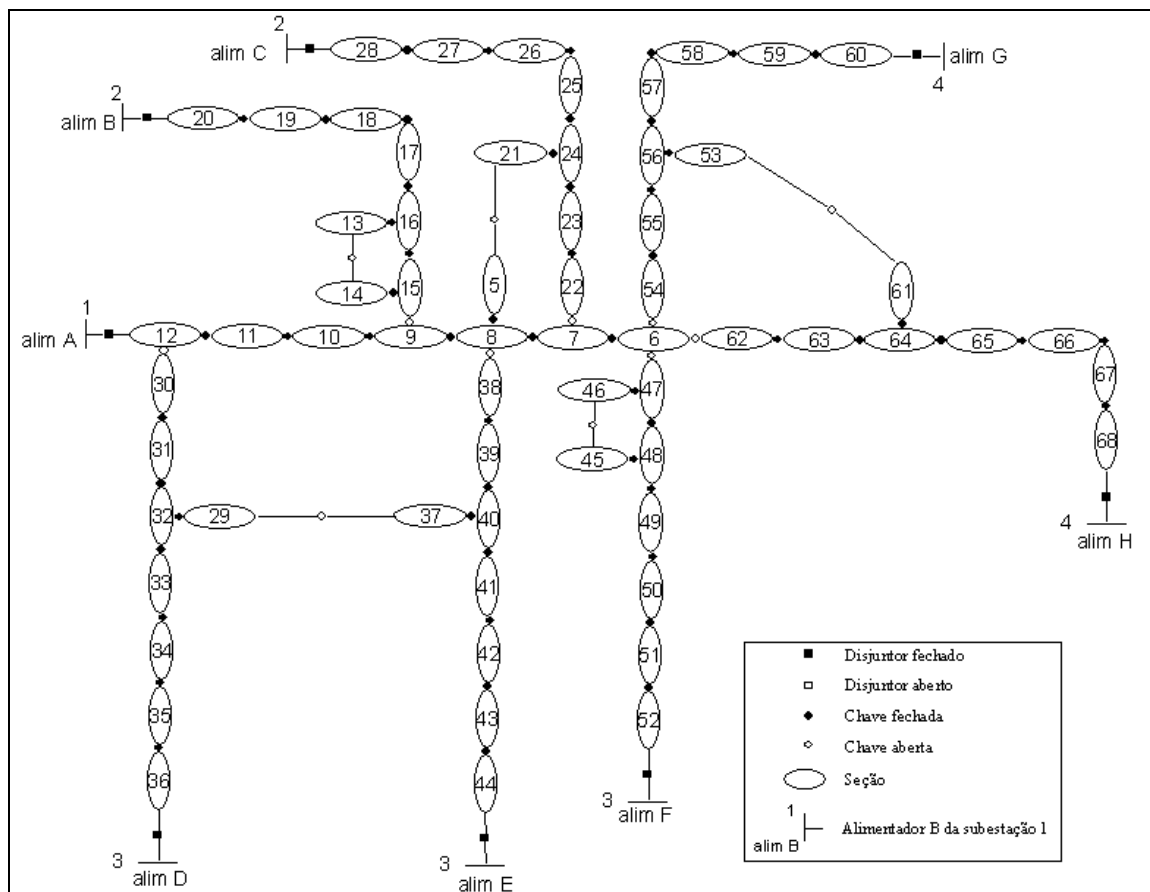


Figura 1: Configuração normal de operação do sistema utilizado nos testes.

Foram realizadas várias simulações de contingências. Ex: simulando a faltas nas seções 12 e 20, o programa fornece novas configurações com as características apresentadas na Tab. 1.

Tab. 1: Características físicas e operacionais das configurações selecionadas - Falta nas seções 12 e 20.

	Falta seção 12	Falta seção 20
	Config. 1	Config. 1
	CARGAS FORA DE SERVIÇO (MVA)	
CP ¹	24258.02929 (kVA)	24257.52628 (kVA)
CPN ²	59030.01416 (kVA)	59020.64336 (kVA)
Perdas	1552.8285 (kW)	1452.0263 (kW)
Alim.	Tensão (kV)	Tensão (kV)
A	13.51	13.42
B	13.46	13.54
C	13.52	13.52
D	13.44	13.50
E	13.13	13.13
F	13.36	13.36
G	13.18	13.26

CP¹ : Cargas prioritárias fora de serviço

CPN² : Cargas não prioritárias fora de serviço

Os testes realizados com o programa desenvolvido e os resultados obtidos com os sistemas testados mostram a eficiência, versatilidade e a qualidade da metodologia apresentada para solucionar os problemas de restauração de redes em tempo real. Para simular estas contingências que estão entre as mais severas para este sistema foi consumido um tempo de 11 segundos de CPU num Laptop com processador DuoCore 1.83, incluindo a leitura e laboração de relatórios de saída. Este modelo de restauração pode ser aplicado para sistemas automatizados ou para sistemas que operam manualmente.

Referências Bibliográficas

- [1] Morelato, A. L.; Monticelli, A. J., “Heuristic search approach to distribution system restoration”, IEEE Transactions on Power Delivery, Volume: 4 No 4, October 1989 Pp: 2235 – 2241.
- [2] Toune, S. et. al. “A Reactive Tabu Search for Service Restoration in Electric Power Distribution Systems”, IEEE International Conference on Evolutionary Computation, May 4-11, 1998, Anchorage, Alaska.
- [3] Toune, S. et. al. “Comparative Study of Modern Heuristic Algorithms to Service Restoration in Distribution Systems”, IEEE Transactions on Power Delivery, Volume: 17 No 1, Jan. 2002 Pp. 173-181.
- [4] R. Battiti, “The Reactive Tabu Search”, ORSA J. Computing, Vol. 6, No. 2, Pp. 126-140, 1994.
- [5] F. Glover, “Tabu Search: Part I” ORSA J. Computing, Vol. 1, No. 3, Summer 1989.

Bolsa: PET e CNPq/PIBIC