

MODELAGEM A VAZIO DO SISTEMA TESTE DE DISTRIBUIÇÃO DE 34 NÓS IEEE PELO SOFTWARE *SIMULINK* EM AMBIENTE *MATLAB*TM

Tallita Lisboa Vieira e Valceres V. R. Silva.

Universidade Federal de São João del-Rei

Praça Frei Orlando, 170, São João del-Rei

Minas Gerais, Brazil

¹tallitalisboa@yahoo.com.br

²vvrsilva@ufsj.edu.br

RESUMO - Este trabalho propõe um modelo em simulink/MatLab para o sistema teste de distribuição de 34 nós IEEE operando a vazio. É usado para testar e comparar os programas computacionais existentes para análise de alimentadores de distribuição radial. Os resultados mostram que, apesar de instáveis, os níveis de tensão para ambos, as secções trifásicas e monofásicas, estão dentro dos valores esperados, considerando a resistência e reatância das linhas, e também a regulação não e não condições de carga. O modelo criado neste trabalho destina-se a estudos de sistemas.

PALAVRAS-CHAVES - Sistema de distribuição de 34 nós da IEEE; MatLabTM; simulação.

MODEL FOR THE IEEE 34 RADIAL DISTRIBUTION TEST FEEDER WITH NO LOAD CONDITION

ABSTRACT – This work proposes a Simulink/MATLAB model for the IEEE 34 radial distribution test feeder with no load condition. It is useful to test and compare computer programs for analysis of radial distribution feeders. The results show that, although unstable, the voltage levels for both, the three phase and single phase line

sections, are within the expected values, considering the lines resistance and reactance, and also no regulation and no load conditions. The model created in this work is intended for systems studies.

KEY WORDS – IEEE 34 radial distribution test feeder; MatLab™; simulation.

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de distribuição de energia elétrica estão sendo submetidos a uma série de modificações devidas principalmente às políticas de melhoramento da qualidade da energia fornecida aos usuários finais. Dentre estas políticas encontra-se o melhoramento do nível da tensão, diminuição das perdas nas linhas, correção do fator de potência, diminuição das horas de interrupção do serviço, etc.

No Brasil o órgão regulador ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) estabeleceu recentemente uma resolução específica para tratar da qualidade de fornecimento em termos de nível de tensão: a resolução 505 [3]. Nesta resolução são definidos valores de tensões classificados como adequados, precários e críticos, para todos os segmentos desde tensões de transmissão até a baixa tensão em 127 V.

É fundamental que as empresas de distribuição possam avaliar com antecedência as probabilidades de ocorrência de fornecimento fora da faixa adequada de tensão, por meio de simulações.

Nos últimos anos muitos softwares têm sido desenvolvidos para auxiliar na análise de sistemas de distribuição trifásicos desbalanceados. Estes programas usam uma variedade de técnicas iterativas que vão desde muito simples, assumindo muitas simplificações feitas com modelos de linhas e cargas, até os mais sofisticados com pouca ou nenhuma simplificação. Diante deste cenário, existe a necessidade de se criar sistemas de distribuição de teste para que estes vários softwares possam ser aplicados com o fim de serem testados e comparados [3] [7].

Devido à complexidade dos sistemas elétricos de potência, muitas técnicas aplicadas à análise e projeto de sistemas de controle com aplicação a sistemas de potência têm sido baseadas no modelo destes sistemas. Neste trabalho, é proposto um modelo na plataforma Simulink do Software MatLab™ para o sistema teste de

distribuição de 34 nós da IEEE proposto por Kersting (1991), usado para fins de teste. Este modelo simula todas as ligações físicas e comportamentos das resistências, indutâncias e capacitâncias das linhas.

2. O SISTEMA TESTE DE DISTRIBUIÇÃO DE 34 NÓS IEEE

Os sistemas de distribuição aéreos são tipicamente radiais, isto é, existe só um caminho para o fluxo de potência entre a subestação de distribuição e o consumidor. Um sistema de distribuição típico pode ser composto de uma ou mais subestações e de um ou mais alimentadores [9].

Um problema típico com alimentadores radiais é a baixa confiabilidade. Além disso, na distribuição, praticamente não existem transposições devido ao comprimento das linhas serem geralmente menores que 50 Km. Isto gera quedas de tensões porque as cargas acopladas as fases são desequilibradas [5].

A planta modelada neste trabalho é o sistema de distribuição de 34 nós utilizado para testar novas tecnologias e faz parte da rede de abastecimento de energia do estado do Arizona, Estados Unidos da América [7] (FIGURA 1).

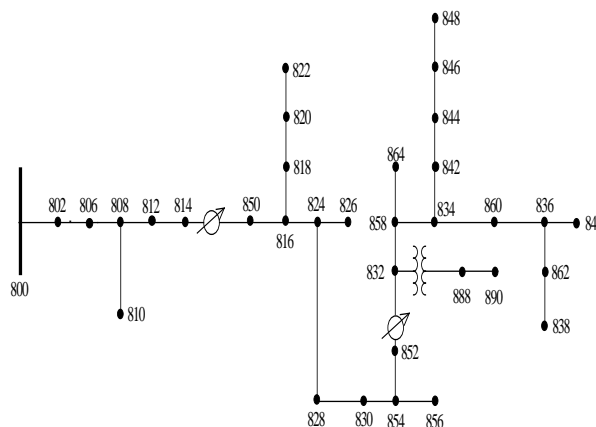


Figura 1: Sistema teste de distribuição de 34 nós IEEE

A tensão nominal deste alimentador é 24,9KV e possui as seguintes características:

- é um sistema grande e muito carregado,

- possui dois reguladores de linha para manter o perfil de tensão,
- possui um transformador de linha que reduz a tensão a 4,16 KV,
- alimenta cargas desequilibradas concentradas e distribuídas,
- possui capacitores *shunt* instalados.

3. SOFTWARE PARA CRIAÇÃO DO MODELO

Os estudos para a simulação foram desenvolvidos utilizando o “SimPowerSystems” e o “Control System Blockset” do MatLabTM/Simulink.

O MatLab é um programa de desenvolvimento de sistemas que combina em um ambiente integrado de fácil utilização recursos avançados de computação numérica, visualização de dados e linguagem de programação de alto nível baseada em matrizes.

Construído no ambiente MatLab, o Simulink é uma ferramenta interativa para desenvolvimento, simulação e análise de sistemas dinâmicos através da criação de modelos baseados em diagramas de blocos.

O “SimPowerSystems” e o “Control System Blockset” são Toolboxes. Esses pacotes apresentam um conjunto de programas em linguagem fonte, que podem ser editados e modificados conforme necessidade do usuário. O conjunto de bibliotecas do “SimPowerSystems” contém diversos componentes de sistemas de potência, os quais podem ser usados em conjunto com modelos existentes no Simulink e modelos desenvolvidos pelo usuário [6].

4. MODELAGEM COMPUTACIONAL

De acordo com os dados do sistema e conhecimento das diferentes configurações das linhas, foi possível realizar a modelagem do sistema teste utilizando o *Software* Simulink em ambiente MatLabTM.

A subestação é composta de uma fonte de tensão trifásica de 69 KV e um transformador abaixador 2500 KVA de 69 KV-D/24,9 KV-GrW. Assim o sistema foi alimentado com 24,9 KV. O modelo também conta com um transformador de linha (XFM-1) 150 kVA de 24,9KV-GrW/4,16 KV-GrW que alimenta uma parte do sistema com a tensão de 4,16 KV.

Os parâmetros de distribuição da linha como resistência, indutância e capacitância foram modelados de acordo com o espaçamento dos cabos, número de fases, comprimento da linha [10]. Na TABELA I são fornecidos as configurações e o comprimento das linhas.

Tabela I – Configuração e comprimento das linhas

Nó A	Nó B	Comprimento(Km)	Configuração
800	802	0,77	301
802	806	0,52	301
806	808	9,67	301
808	810	1,74	303
808	812	11,25	301
812	814	8,92	301
814	850	0,003	301
816	818	0,51	302
816	824	3,06	301
818	820	14,45	302
820	822	4,12	302
824	826	0,91	303
824	828	0,25	301
828	830	6,13	301
830	854	0,16	301
832	858	1,47	301
832	888	0	XFM-1
834	860	0,61	301
834	842	0,08	301
836	840	0,26	301
836	862	0,08	301
842	844	0,41	301
844	846	1,09	301
846	848	0,16	301
850	816	0,09	301
852	832	0,003	301
854	856	7,0	303
854	852	11,05	301
858	864	0,49	303
858	834	1,75	301
860	836	0,81	301
862	838	1,46	304
888	890	3,17	300

A TABELA II mostra o espaçamento aéreo das linhas de acordo com suas configurações dadas na tabela I.

Tabela II - Espaçamento aéreo das linhas

Configuração	Fases	Fase	Neutro	Espaçamento
		ACSR	ACSR	ID
300	B A C N	1/0	1/0	500
301	B A C N	#2 6/1	#2 6/1	500
302	A N	#4 6/1	#4 6/1	510
303	B N	#4 6/1	#4 6/1	510
304	B N	#2 6/1	#2 6/1	510

Na TABELA III é mostrado que, de acordo com o espaçamento, pode-se definir a configuração de cada segmento de linha. Também é possível saber se a distribuição é trifásica ou monofásica.

Tabela III – Tipo de distribuição

Espaçamento	Tipo
500	Três-fases,4 fios
505	Duas-fases,3 fios
510	Uma-fase,2 fios

A TABELA IV traz as resistências, indutâncias e capacitâncias das linhas. As configurações 300 e 301 são trifásicas por isso a TABELA III apresenta os dados de sequência positiva e zero. Como as configurações 302, 303 e 304 são monofásicas os dados de sequência positiva são utilizados.

Tabela IV – Resistência, indutância e capacitância

Configurações	Resistências (Ω/Km)	Indutâncias (H/Km)	Capacitâncias (F/Km)
300	[2,1513 2,1304]	[0,0057 0,0058]	[0,0228 0,0218]* 10^{-6}
301	[3,1059 3,0829]	[0,0060 0,0061]	[0,0219 0,0209]* 10^{-6}
302	[4,5052]	[2.3906]	[0,1471]* 10^{-6}
303	[4,5052]	[0.0063]	[0,0180]* 10^{-6}
304	[3,0926]	[0,0061]	[0,0186]* 10^{-6}

Neste trabalho ainda não foram modelados os reguladores de tensão, nem as cargas, visto que é necessário conhecer primeiro o desempenho do sistema sem a presença destes, isto é, a vazio.

O sistema é representado por uma subestação (nó 800) que através de uma linha principal de alimentação trifásica (configurações 300 e 301 nas TABELAS I e II), alimenta outros trechos radiais do sistema com alimentação monofásica. Alimenta

também um transformador de linha que abaixa a tensão e alimenta uma outra seção deste sistema com a tensão de 4,16 KV.

O modelo criado simula as ligações físicas e comportamentais dos elementos básicos de um sistema elétrico de potência: transformadores, linhas de transmissão, geradores, etc. Permite calcular o fluxo de potência, fornecendo ao operador as tensões, correntes, potências ativa e reativa. Também pode ser simulada uma situação de falta no sistema.

5. RESULTADOS

O comportamento das tensões do sistema foi obtido para a condição “a vazio”, e sem regulação. As tensões de linha foram medidas considerando as resistências e reatâncias destas dadas pela tabela IV. Deve-se ressaltar que a tensão de alimentação é de 24,9 KV.

A TABELA V mostra as tensões nas três fases dos trechos de alimentação trifásicos, tomando como valor base a tensão de 24,9 KV e 4,16 KV.

Tabela V – Tensão de linha nos trechos trifásicos (valores em pu)

Barra	Fase A	Fase B	Fase C
800	0,67	0,41	0,63
802	0,63	0,32	0,57
806	0,6	0,25	0,53
808	0,4	0,91	0,54
812	0,91	1,46	1,16
814	0,91	1,03	1,04
816	0,91	1,02	1,03
824	0,65	0,72	0,71
828	0,63	0,7	0,68
830	0,02	0,07	0,09
832	1,04	1,22	1,3
834	1,2	1,4	1,46
836	1,22	1,42	1,48
840	1,22	1,42	1,48
842	1,2	1,4	1,47
844	1,2	1,41	1,47

846	1,21	1,42	1,48
848	1,21	1,42	1,48
850	0,04	1,03	1,04
852	1,04	1,22	1,3
854	0,03	0,08	0,11
858	1,13	1,32	1,38
860	1,21	1,42	1,47
888	1,06	1,25	1,3
890	1,06	1,25	1,3

A TABELA VI mostra as tensões nos trechos de alimentação monofásicos. Tendo como valor base da tensão 14,4 KV.

Tabela VI – Tensão de linha nos trechos monofásicos (valores em pu)

Barra	Fase A	Fase B	Fase C
810	-	0,73	-
818	0,86	-	-
820	0,86	-	-
822	0,86	-	-
826	-	0,71	-
838	-	1,26	-
856	-	0,021	-
862	-	1,25	-
864	1,12	-	-

Os resultados apresentados ilustram o comportamento do sistema a vazio e a necessidade de reguladores para que se possa manter o perfil de tensão desejado. A tensão de alimentação é de 24,9 KV o que não foi possível detectar em nenhuma barra. Considerando que a estabilidade de tensão refere-se à capacidade do sistema de manter aceitáveis os valores de tensão em regime permanente em todos os barramentos, e o equilíbrio entre as potências, constata-se assim um problema de estabilidade de tensão e a necessidade de regulação.

As FIGURAS 3-5 ilustram o perfil de tensão de linha em cada uma das três fases A, B e C respectivamente. Pode-se ver que as tensões estão desequilibradas, visto que o modelo opera a vazio e sem a presença de reguladores.

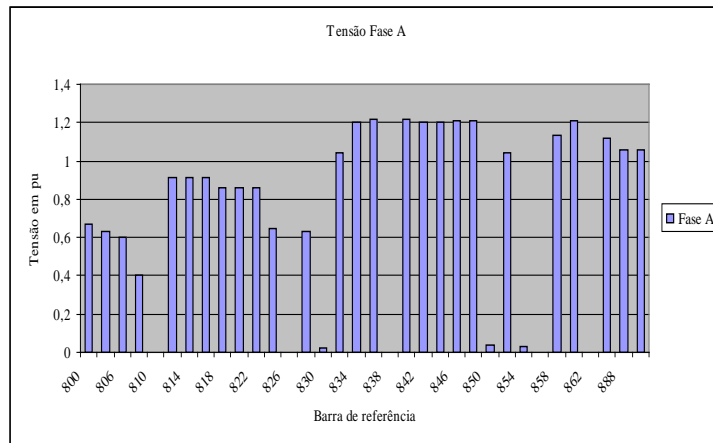


Figura 3 – Tensão na fase A

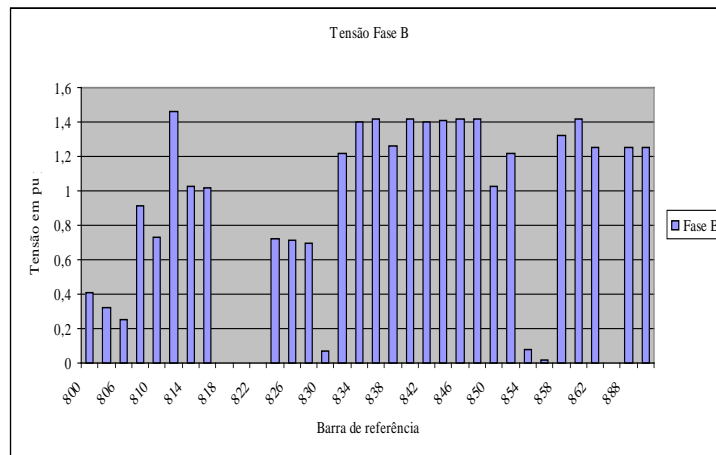


Figura 4 – Tensão na fase B

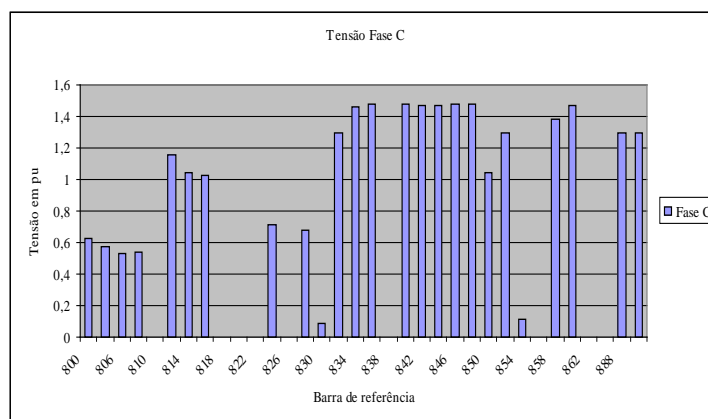


Figura 5 – Tensão na fase C

6. CONCLUSÃO

Foi apresentado o modelo de um sistema teste de distribuição de 34 nós, a vazio, utilizado em estudos de sistemas de distribuição, pelo *software* Simulink em ambiente MatLabTM. Este modelo assim representado por um *software* comercial de grande aplicação pelos diversos segmentos da comunidade científica, permitirá sua utilização na simulação e desenvolvimento de tecnologias que envolvam pesquisas na área de sistemas elétricos de potência.

Foram apresentados como resultados os níveis de tensão nas barras. Nota-se que, como o modelo ainda está sem carga e sem regulação, as características de resposta do sistema mostram a instabilidade e necessidade de regulação. Porém, como neste primeiro trabalho o objetivo foi a modelagem do sistema a vazio, pode-se ver que os níveis de tensão foram mantidos, considerando as perdas normais da linha.

A partir deste modelo a vazio, as cargas propostas para este sistema já estão sendo incorporados aos barramentos. Isto faz surgir a necessidade da regulação de tensão nas linhas e potência nas cargas.

Em trabalhos futuros serão inseridos neste modelo dispositivos FACTS para manter a tensão dos barramentos num valor alvo, e para controlar o fluxo de potência na transmissão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Souza, Aloma Mota de. *Análise e Simulação de Sistema de Correção de Desequilíbrio de Correntes em Distribuição Secundária*. Universidade Federal do Espírito Santo, Projeto de Graduação, Junho/2008, Vitória.
- [2] Silva, C.; Braegger, R.; Silva, S.. *FACTS e a Estabilidade Dinâmica e Estabilidade de Sistemas Eléctricos*, Mestrado em Engenharia Electrotécnica e Computadores Sistemas de Energia, Maio 2005.
- [3] Chen, C.S., Hsu, C.T. e Yan, Y.H. *Optimal distribution feeder capacitors placement considering mutual coupling effect of conductors*. IEEE Transaction on Power Delivery, vol 10, nº2, pp.987-994

- [4] Watanabe, E. H.; Barbosa, P. G.; Almeida, K. C.; Taranto, G. N. *Tecnologia FACTS –Tutorial*, SBA Controle & Automação Vol. 9 no. 1 / Jan., Fev., Mar. e Abril de 1998.
- [5] Barbosa, F. M. *Estabilidade de Sistemas Eléctricos de Energia, FEUP – Universidade do Porto Faculdade de Engenharia*, Janeiro 2007.
- [6] IEEE Distribution Planning Working Group Report, *Radial distribution test feeders*, IEEE Trans. on Power Systems, vol. 6, no. 3, pp. 975-985, Ago. 1991.
- [7] Kersting, W.H. *Distribution System Modeling and Analysis*. CRC Press. 2002
- [8] Kersting, W.H. *Radial distribution test feeder*. Transactions on power Systems, vol. 6 , nº3, pp. 975-985.1991.
- [9] Gallego, L. A.; Feltrin, A. P. *Fluxo de Potência para Sistemas de Distribuição Considerando Incertezas na Demanda e nos Parâmetros de Redes*. Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos 2008, Belo Horizonte, 27 a 30 de abril.
- [10] Pizzali, L. F. O.; Feltrin, A. P. *Cálculo de Fluxo de Potência em Redes de Distribuição com Modelagem a Quatro Fios*, Dissertação de Mestrado, Ilha Solteira SP, Maio de 2003.
- [11] Sugimoto, J.,Silva, V.V.R e Yokoyama,R. *Tabu search used to allocate and tune SVR parameters of distributed generations case*. Anais do VIII Conferência Internacional de Aplicações Industriais, Poços de Caldas, Brasil, 1998.

AGRADECIMENTOS

As autoras agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG) o suporte financeiro dado a esta pesquisa.