



Oscar Cuaresma Zevallos

**Perda e Inadequação do Controle de Tensão
na Avaliação das Condições de Estabilidade
de Tensão**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Elétrica da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Ricardo Bernardo Prada

Rio de Janeiro
Abril de 2014



Oscar Cuaresma Zevallos

**Perda e Inadequação do Controle de Tensão na
Avaliação das Condições de Estabilidade de Tensão**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Ricardo Bernardo Prada

Orientador

Departamento de Engenharia Elétrica – PUC-Rio

Prof. Carlos Enrique Portugal Poma

UFMT

Prof. Carlos Aparecido Ferreira

Eletrobras – Centrais Elétricas Brasileiras

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico

Rio de Janeiro, 25 de abril de 2014

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

Oscar Cuaresma Zevallos

Graduado em Engenharia Elétrica pela Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), em 2010.

Ficha Catalográfica

Cuaresma Zevallos, Oscar

Perda e inadequação do controle de tensão na avaliação das condições de estabilidade de tensão / Oscar Cuaresma Zevallos; orientador: Ricardo Bernardo Prada. – Rio de Janeiro: PUC, Departamento de Engenharia Elétrica, 2014.

v., 146 f.: il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Elétrica, 2014.

Inclui referências bibliográficas.

1. Engenharia elétrica – Teses. 2. Estabilidade de tensão. 3. Controle de tensão. 4. Adequação do controle de tensão. 5. Colapso de tensão. 6. Segurança de tensão. 7. Mudança no perfil de tensão. I. Prada, Ricardo Bernardo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Elétrica. III. Título.

CDD: 621.3

A Nelly, minha mãe
Por toda uma vida de infinito amor, compreensão e dedicação
A Amarilis, minha irmã
Por seu amor, compreensão e apoio incondicional nos momentos mais difíceis
A Deus, por me mostrar o caminho certo nesta etapa da minha vida

Agradecimentos

Ao Professor Ricardo Prada, pela dedicação, apoio incondicional e pela disposição para encaminhar as ideias e resolução das dúvidas durante desenvolvimento desta Dissertação.

À CAPES e à PUC-Rio, pelos auxílios financeiros concedidos.

Aos membros da Comissão da Pós-Graduação do DEE, pela oportunidade proporcionada de estudar meu Mestrado na PUC-Rio, no Brasil, e aos funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica, por toda atenção prestada.

Ao Professor Delberis Lima, pelo incentivo prestado durante o estágio de docência.

À Javier Ortega, pelos bons conselhos e apoio constante.

A todos meus amigos do Laboratório de Sistemas de Energia, muito especialmente a Laura Paniagua, Erika Telles, Juan Vargas e Vanessa Gonzalez pelas alegrias prestadas no decorrer do curso.

À meu amigo e irmão Julio Córdova, pelo apoio incondicional e que esteve sempre torcendo pelo meu sucesso.

Resumo

Zevallos, Oscar Cuaresma; Prada, Ricardo Bernardo. **Perda e Inadequação do Controle de Tensão na Avaliação das Condições de Estabilidade de Tensão**. Rio de Janeiro, 2014. 146p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Esta pesquisa está relacionada à avaliação das condições de estabilidade de tensão em pontos de operação do sistema elétrico. A modelagem de geradores / compensadores síncronos e compensadores estáticos são analisadas. Estabeleceram-se os melhores modelos com controle de tensão ativo e com perda do controle. A questão da adequação do controle de tensão foi tratada através da análise dos elementos da matriz de sensibilidade entre as grandezas controladoras e as tensões controladas. Os índices de estabilidade de tensão foram calculados. Em todos os casos, a perda de controle de tensão tem impacto negativo sobre as condições de estabilidade de tensão. Nos casos com ação de controle inadequada, independe da relação inversa entre grandeza controladora e tensão controlada, um aumento da tensão na barra controlada teve um impacto positivo sobre as condições de estabilidade de tensão, e uma diminuição da tensão na barra controlada teve impacto negativo sobre as condições de estabilidade de tensão. Esse é o resultado esperado também quando a ação de controle é adequada.

Palavras – chave

Estabilidade de tensão; controle de tensão; adequação do controle de tensão; colapso de tensão; segurança de tensão; mudança no perfil de tensão.

Abstract

Zevallos, Oscar Cuaresma; Prada, Ricardo Bernardo (Advisor). **Loss of Control and Inadequate Voltage Control Action in the Evaluation of Voltage Stability Conditions**. Rio de Janeiro, 2014. 146p. MSc. Dissertation –Departamento de Engenharia Elétrica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This research is related to the evaluation of voltage stability conditions of operating points of the power system. It has been studied the modelling of synchronous generators/synchronous compensators and static var compensators. The best models were established with active voltage control and with loss of control. The issue of voltage control was treated through analysis of the matrix sensitivity elements between the controlling variables and voltages at controlled buses. The voltage stability indexes were evaluated. In all cases, control loss proved to have a negative impact on voltage stability conditions. In cases with inadequate control action, results are non-dependent of the opposed relation between the controlling variable and voltage at controlling bus, an increase on voltage at controlled busbar proved to have a positive impact on voltage stability conditions, and a decrease on voltage at controlled busbar proved to have a negative impact on voltage stability conditions. This is also expected when the control action is appropriate.

Keywords

Voltage stability; voltage control; voltage control sensitivity; voltage collapse; voltage profile change.

Sumário

1	Introdução	21
1.1.	Considerações Gerais	21
1.2.	Objetivos	22
1.3.	Estrutura do Trabalho	22
2	Caracterização do Fenômeno e Avaliação das Condições de Estabilidade de Tensão	24
2.1.	Introdução	24
2.2.	Caracterização do Fenômeno de Estabilidade de Tensão	24
2.2.1.	Curva P e Q Constante	27
2.2.2.	Curva ϕ Constante	29
2.2.3.	Impedância de Carga no Máximo Carregamento	30
2.3.	Avaliação das Condições de Estabilidade de Tensão	35
2.3.1.	Modulo da Determinante da Matriz D'	36
2.3.2.	Sinal do Determinante da Matriz [D']	39
2.3.3.	Interpretação dos Índices	41
2.3.4.	Aplicação em Sistema-Teste de 5 Barras	44
3	Modelagem de Geradores / Compensadores Síncronos e de Compensadores Estáticos após Perda do Controle de Tensão	47
3.1.	Modelagem de Geradores / Compensadores Síncronos	47
3.1.1.	Modelo Clássico do Gerador no Problema de Fluxo de Carga	47
3.1.2.	Modelo Novo do Gerador no Problema de Fluxo de Carga	52
3.1.3.	Perda de Controle de Tensão no Problema de Fluxo de Carga	61
3.1.3.1.	Modelo Clássico do Gerador	62
3.1.3.2.	Modelo Novo do Gerador	64
3.1.4.	Análise de Estabilidade de Tensão Com Controle de Tensão	67
3.1.5.	Análise de Estabilidade de Tensão Sem Controle de Tensão	68
3.1.6.	Modelagem do Gerador Swing	68
3.1.7.	Cálculo dos Índices no Sistema-Teste de 5 Barras	74

3.1.7.1. Índices Com Controle Local de Tensão no Modelo Clássico e Novo Modelo do Gerador	74
3.1.7.2. Índices Sem Controle Local de Tensão no Modelo Clássico e Novo Modelo do Gerador	78
3.1.7.3. Comparação dos Índices Com e Sem Controle de Tensão	83
3.2. Modelagem de Compensadores Estáticos (SVC)	85
3.2.1. Modelo do Compensador Estático no Problema de Fluxo de Carga	88
3.2.1.1. Regiões Capacitiva e Indutiva	89
3.2.1.2. Região Linear	91
3.2.1.3. Aplicação em Sistema-Teste de 14 Barras	92
3.2.2. Modelo da Susceptância Total e do Ângulo de Disparo do SVC no Problema de Fluxo de carga	95
3.2.2.1. Modelo da Susceptância Total do SVC	96
3.2.2.2. Modelo do Ângulo de Disparo do SVC	97
3.2.2.3. Controle do Módulo de Tensão por SVC	98
3.2.2.4. Aplicação em Sistema-Teste de 14 Barras	98
3.2.3. Sistema de Equações para o Cálculo dos Índices de Estabilidade de Tensão	99
3.2.3.1. Cálculo dos Índices de Estabilidade de Tensão sem Perda de Controle de Tensão	100
3.2.3.2. Cálculo dos Índices de Estabilidade de Tensão com Perda de Controle de Tensão	101
3.2.4. Comparação dos Resultados dos Índices de Estabilidade de Tensão Obtidos Sem e Com Perda de Controle de Tensão	102
4 Avaliação das Condições de Estabilidade de Tensão Após Atuação Inversa dos Equipamentos de Controle	103
4.1. Introdução	103
4.2. Matriz [VCS] dos Equipamentos de Controle	103
4.2.1. Análise da Matriz [VCS]	105
4.3. Índices de Estabilidade de Tensão em Pontos de Operação com Inadequação do Controle de Tensão	106
4.3.1. Sistema-Teste de 5 Barras	106

4.3.1.1. Cálculo da Matriz [VCS]	106
4.3.1.2. Índices de Estabilidade de Tensão	111
4.3.2. Sistema-Teste de 14 Barras	112
4.3.2.1. Cálculo da Matriz [VCS]	112
4.3.2.2. Índices de Estabilidade de Tensão	118
4.4. Obtenção do Ponto de Operação Através da Matriz [VCS]	121
4.4.1. Sistema-Teste de 5 Barras	124
4.4.2. Sistema-Teste de 14 Barras	130
5 Conclusões e Trabalhos Futuros	142
5.1. Conclusões	142
5.2. Trabalhos Futuros	143
6 Referência Bibliográficas	145

Lista de figuras

Figura 2.1. - Circuito de Duas Barras	26
Figura 2.2. - Curvas de V_1 Constante no Plano $\theta_1 P_1$	26
Figura 2.3. - Curvas PD_1 e QD_1 Constantes no Plano $\theta_1 V_1$	27
Figura 2.4. - Curvas PD_1 e QD_1 Constantes no Plano $\theta_1 V_1$ com Mesmo Fator de Potência	28
Figura 2.5. - Curvas Com ϕ Constante no Plano $\theta_1 V_1$	30
Figura 2.6. - Circuito de Duas Barras com Impedâncias de Linha e de Carga	31
Figura 2.7. - Limite de Estabilidade de Tensão Sobre as Curvas de ϕ Constante no Plano $S_1 V_1$	34
Figura 2.8. - Localização dos Vetores Gradiente ∇P_i e ∇Q_i no Plano V_θ	41
Figura 2.9. - Curvas de ϕ Constante no Plano $S_1 V_1$	43
Figura 2.10. - Sistema-Teste de 5 Barras	44
Figura 3.1. - Modelo clássico do Gerador com Controle Local	47
Figura 3.2. - Sistema-Teste de 5 Barras – Modelo Clássico com Controle Local	48
Figura 3.3. - Modelo Clássico do Gerador com Controle Remoto	51
Figura 3.4. - Sistema-Teste de 5 Barras – Modelo Clássico com Controle Remoto	51
Figura 3.5. - Modelo Novo do Gerador com Controle Local	53
Figura 3.6. - Sistema de 5 Barras – Modelo Novo do Gerador com Controle Local	55
Figura 3.7. - Modelo Novo do Gerador com Controle Remoto	57
Figura 3.8. - Sistema de 5 Barras – Modelo Novo do Gerador com Controle Remoto	59
Figura 3.9. - Ponto de Operação Estável com Limite Atingido	62
Figura 3.10.- Ponto de Operação Instável com Limite Atingido	63
Figura 3.11. - Curva de Atuação do Regulador Automático de Tensão	68

Figura 3.12. - Sistema de 2 Barras – Modelo Clássico do Gerador Swing	69
Figura 3.13. - Sistema de 2 Barras – Modelo Novo do Gerador Swing	70
Figura 3.14. - Estrutura do SVC	85
Figura 3.15. - Impedância Equivalente do SVC em Função do Ângulo de Disparo	86
Figura 3.16. - Susceptância Equivalente do SVC em Função do Ângulo de Disparo	87
Figura 3.17. - Regiões de Operação do Equipamento (SVC)	90
Figura 3.18. - Sistema-Teste de 14 Barras	92
Figura 3.19. - Modelo do SVC como Susceptância Shunt Variável	96
Figura 4.1. - Sistema-Teste de 14 Barras	113
Figura 4.2. - Relação Usual entre a Grandeza Controladora e a Tensão Controlada	121
Figura 4.3. - Relação Não Usual entre a Grandeza Controladora e a Tensão Controlada	122
Figura 4.4. - Relação com Transição de Região de Operação Entre a Grandeza Controladora e a Tensão Controlada	123
Figura 4.5. - Sistema-Teste de 5 Barras	125
Figura 4.6. - Relação Entre a Tensão Interna e a Tensão Terminal do Gerador 1	127
Figura 4.7. - Relação Entre a Tensão Interna e a Tensão Terminal do Gerador 2	128
Figura 4.8. - Relação entre a Tensão Interna e a Tensão Terminal do Gerador 1	135
Figura 4.9. - Relação entre a Tensão Interna e a Tensão Terminal do Gerador 2	135
Figura 4.10. - Relação entre a Tensão Interna e a Tensão Terminal do Gerador 3	136
Figura 4.11. - Relação entre a Tensão Interna e a Tensão Terminal do Gerador 4	137
Figura 4.12. - Relação entre a Tensão Interna e a Tensão Terminal do Gerador 5	138

Figura 4.13. - Relação entre o Ângulo de Disparo e a Tensão
Controlada da Barra 14

138

Lista de tabelas

Tabela 2.1. - Dados do Circuito de Duas Barras	25
Tabela 2.2. - Dados de Barra do Sistema-Teste de 5 Barras	44
Tabela 2.3. - Dados de Linha do Sistema-Teste de 5 Barras	44
Tabela 2.4. - Resultado do Fluxo de Carga do Sistema-Teste de 5 Barras	45
Tabela 2.5. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema-Teste de 5 Barras	45
Tabela 3.1. - Dados de Barra do Sistema de 5 Barras – Controle Local	48
Tabela 3.2. - Dados de Linha do Sistema de 5 Barras – Controle Local	48
Tabela 3.3. - Resultado do Fluxo de Carga do Sistema de 5 Barras – Controle Local	49
Tabela 3.4. - Dados de Barra do Sistema de 5 Barras – Controle Remoto	51
Tabela 3.5. - Dados de Linha do Sistema de 5 Barras – Controle Remoto	51
Tabela 3.6. - Resultado do Fluxo de Carga do Sistema de 5 Barras Controle Remoto	52
Tabela 3.7. - Dados do Sistema de 5 Barras – Modelo Novo com Controle Local	55
Tabela 3.8. - Dados de Linha do Sistema de 5 Barras Modelo Novo com Controle Local	55
Tabela 3.9. - Resultado do Fluxo de Carga do Sistema de 5 Barras Modelo Novo com Controle Local	56
Tabela 3.10. - Dados do Sistema de 5 Barras – Modelo Novo com Controle Remoto	59
Tabela 3.11. - Dados de Linha do Sistema de 5 Barras – Modelo Novo com Controle Remoto	59
Tabela 3.12. - Resultado do Fluxo de Carga do Sistema de 5 Barras Modelo Novo com Controle Remoto	60
Tabela 3.13. - Dados de barra e de linha do sistema de 2 barras Modelo Clássico do gerador Swing	69

Tabela 3.14. - Dados de Barra e de Linha do Sistema de 2 Barras Modelo Novo do Gerador Swing	69
Tabela 3.15. - Resultados de Fluxo de Carga e dos Índices da Barra 2 no Modelo Clássico e Novo Modelo do Gerador – Caso 1	70
Tabela 3.16. - Resultados de Fluxo de Carga e dos Índices da Barra 2 no Modelo Clássico e Novo Modelo do Gerador – Caso 2	70
Tabela 3.17. - Resultados de Fluxo de Carga e dos Índices da Barra 2 no Modelo Clássico e Novo Modelo do Gerador – Caso 3	70
Tabela 3.18. - Resultados de Fluxo de Carga e dos Índices da Barra 2 no Modelo Clássico e Novo Modelo do Gerador – Caso 4	71
Tabela 3.19. - Matriz D e Matriz D' da Barra 2 com o Modelo Clássico no Gerador Swing	71
Tabela 3.20. - Sub-Matrizes D, C, A, B e Matriz D' da Barra 2 com o Novo Modelo no Gerador Swing	71
Tabela 3.21. - Matriz D e Matriz D' da Barra 2 com o Modelo Clássico no Gerador Swing	72
Tabela 3.22. - Sub-Matrizes D, C, A, B e Matriz D' da Barra 2 com o Novo Modelo no Gerador Swing	72
Tabela 3.23. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema de 5 Barras Modelo Clássico	74
Tabela 3.24. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema de 5 Barras Modelo Novo com Controle de Tensão de Excitação	75
Tabela 3.25. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema de 5 Barras Modelo Novo com Controle de Potência Reativa Gerada	75
Tabela 3.26. - Sub-Matrizes D, C, A, B e Matriz D' da Barra 3 no Modelo Clássico	76
Tabela 3.27. - Sub-Matrizes D, C, A, B e Matriz D' da Barra 3 no Modelo Novo	76
Tabela 3.28. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema de 5 Barras Modelo Clássico com Perda de Controle	78
Tabela 3.29. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema de 5 Barras Modelo Novo com Perda de Controle	79
Tabela 3.30. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema de 5 Barras Modelo Novo com Perda de Controle	79

Tabela 3.31. - Sub-Matrizes D, C, A, B e Matriz D' da Barra 3 no Modelo Clássico	80
Tabela 3.32. - Sub-Matrizes D, C, A, B e Matriz D' da Barra 3 no Modelo Novo sem Controle de Tensão pela Tensão de Excitação	80
Tabela 3.33. - Sub-Matrizes D, C, A, B e Matriz D' da Barra 3 no Modelo Novo sem Controle de Tensão pela Potência Reativa Gerada	81
Tabela 3.34. - Dados de Barra do Sistema de 14 Barras	93
Tabela 3.35. - Dados de Linha do Sistema de 14 Barras	93
Tabela 3.36. - Dados do SVC do Sistema de 14 Barras	93
Tabela 3.37. - Resultado de Fluxo de Carga do Sistema de 14 Barras	94
Tabela 3.38. - Tensões Máximas e Mínimas do SVC	94
Tabela 3.39. - Resultados do Ângulo, Susceptância e Potência Reativa Gerada do SVC Após Convergência	95
Tabela 3.40. - Resultado de Fluxo de Carga do Sistema de 14 Barras	98
Tabela 3.41. - Resultados da Susceptância Equivalente nos Dois Modelos	99
Tabela 3.42. - Índices do Sistema de 14 Barras Sem Perda de Controle de Tensão	101
Tabela 3.43. - Dados do Equipamento (SVC) do Sistema de 14 Barras	101
Tabela 3.44. - Índices do Sistema de 14 Barras Com Perda de Controle	102
Tabela 4.1. - Ponto de Operação e Dados de Linha do Sistema-Teste de 5 Barras	107
Tabela 4.2. - Variação de Tensão na Barra Interna Após Aumento em 0,01 p.u. nas Barras Terminais dos Geradores 1 e 2	109
Tabela 4.3. - Ponto de Operação e Dados de Linha do Sistema-Teste de 5 Barras	110
Tabela 4.4. - Variação de Tensão na Barra Interna Após Aumento em 0,01 p.u. nas Barras Terminais dos Geradores 1 e 2	111
Tabela 4.5. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema-Teste de 5 Barras – Caso-Base	111

Tabela 4.6. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema-Teste de 5 Barras – Após Aumento em 0,01 p.u. nas Barras Terminais dos Geradores	112
Tabela 4.7. - Dados de Reatância dos Geradores/Compensadores Síncronos do Sistema-Teste de 14 Barras	113
Tabela 4.8. - Resultado de Fluxo de Carga do Sistema-Teste de 14 Barras	114
Tabela 4.9. - Variação de Tensão da Barra Interna e do Ângulo de Disparo Após Diminuição de Tensão nas Barras Controladas 8 e 14	115
Tabela 4.10. - Variação de Tensão da Barra Interna e Ângulo de Disparo Após Diminuição de Tensão na Barra 8 e Incremento de Tensão na Barra 14	116
Tabela 4.11. - Variação de Tensão da Barra Interna Após Diminuição de Tensão na Barra Controlada 8	117
Tabela 4.12. - Variação de Tensão da Barra Interna Após Incremento de Tensão na Barra Controlada 14	117
Tabela 4.13. - Variações das Tensões Internas e do Ângulo de Disparo à Ação Conjunta das Ações de Controle	118
Tabela 4.14. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema-Teste de 14 Barras - Caso-Base	119
Tabela 4.15. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema-Teste de 14 Barras Após Diminuição de Tensão nas Barras Controladas 8 e 14	119
Tabela 4.16. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema-Teste de 14 Barras Após Diminuição de Tensão da Barra Controlada 8 e Aumento de Tensão da Barra Controlada 14	120
Tabela 4.17. - Dados de Barra do Sistema de 5 Barras	124
Tabela 4.18. - Dados de Linha do Sistema de 5 Barras	124
Tabela 4.19. - Resultado do Fluxo de Carga do Sistema de 5 Barras Caso-Base	125
Tabela 4.20. - Mudança do Perfil de Tensão nas barras 1 e 2 do Sistema-Teste de 5 Barras	125
Tabela 4.21. - Matriz [VCS] e Variação da Tensão Interna para Cada Passo	126

Tabela 4.22. - Resultado do Fluxo de Carga Após Mudança do Perfil de Tensão	129
Tabela 4.23. - Índices de Estabilidade de Tensão Caso-Base	129
Tabela 4.24. - Índices de Estabilidade de Tensão no Novo Ponto de Operação	129
Tabela 4.25. - Mudança do Perfil de Tensão nas barras 8 e 14 do Sistema-Teste de 14 Barras	130
Tabela 4.26. - Limites Operacionais nas Barras Internas 18 e 19 do Sistema-Teste de 14 Barras	130
Tabela 4.27. - Resultado de Fluxo de Carga do Novo Perfil de Tensão do Sistema-Teste de 14 Barras	139
Tabela 4.28. - Índices de Estabilidade de Tensão do Sistema-Teste de 14 Barras - Caso-Base	140
Tabela 4.29. - Índices de Estabilidade de Tensão Após Mudança do Perfil de Tensão	140

Lista de Abreviaturas e Siglas

CS	Compensador Síncrono
II	Índice de Influência
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
LTC	Load Tap Changing
LEEA	Limite de Estabilidade Estática Angular
LET	Limite de Estabilidade de Tensão
RAT	Regulador Automático de Tensão
SVC	Static Var Compensator
TCR	Thyristor Controlled Reactor
[VCS]	Matriz de Sensibilidade dos Equipamentos de Controle
M	Margem de Potência
M_o	Margem de Potência no Caso-Base
M_1	Margem de Potência Após o Evento em Análise
P	Potência Ativa
Q	Potência Reativa
θ	Ângulo da Tensão
V	Módulo da Tensão
E_g	Módulo da Tensão Interna do Gerador
ΔP	Resíduo da Potência Ativa
ΔQ	Resíduo da Potência Reativa
$\Delta\theta$	Varição Incremental do Ângulo da Tensão
ΔV	Varição Incremental do Módulo da Tensão
ΔE_g	Varição Incremental do Módulo da Tensão Interna do Gerador
[J]	Matriz Jacobiana
[A]	Submatriz da matriz Jacobiana expandida
[B]	Submatriz da matriz Jacobiana expandida
[C]	Submatriz da matriz Jacobiana expandida
[D]	Submatriz da matriz Jacobiana expandida
[D']	Matriz obtida de uma redução da matriz Jacobiana expandida

S_i	Injeção de Potência Aparente na Barra i
S_m	Injeção Máxima de Potência Aparente na Barra i
∇P	Gradiente do Fluxo de Potência Ativa
∇Q	Gradiente do Fluxo de Potência Reativa
β	Ângulo entre os Gradientes dos Fluxos de Potência Ativa e Reativa
Z	Módulo da Impedância
ϕ	Fator de Potência na Carga
\hat{I}_{01}	Fasor da Corrente de Saída do Gerador
\hat{V}_0	Fasor de Tensão em Terminais do Gerador
\hat{Z}_t	Fasor da Impedância da Linha de Transmissão
\hat{Z}_c	Fasor da Impedância da Carga
ε	Banda Morta do Compensador Estático
α	Ângulo de Disparo do Compensador Estático
B_{eq}	Susceptância Equivalente do Compensador Estático
X_C	Reatância Capacitiva do Compensador Estático
X_L	Reatância Indutiva do Compensador Estático
X_{sl}	Inclinação da Reta de Controle do Compensador Estático
X_s	Reatância Síncrona em Régime Permanente