

XII SEPOPE
May 20-23rd , 2012 – Rio de Janeiro

Simulador de Redes de Distribuição Ativas com Modelagem Monofásica/Trifásica

*“A Simulation Tool for Active Distribution Network
Using a Hybrid Three-phase Single-phase Formulation”*

G. N. Taranto, J. M. T. Marinho, D. M. Falcão
T. M. L. Assis, S. L. Escalante, J. I. R. Rodriguez

C. E. V. Pontes



Summary

- Introduction
- Motivation
- The simulation tool developed
- Exploiting the MonoTri formulation
- Conclusions

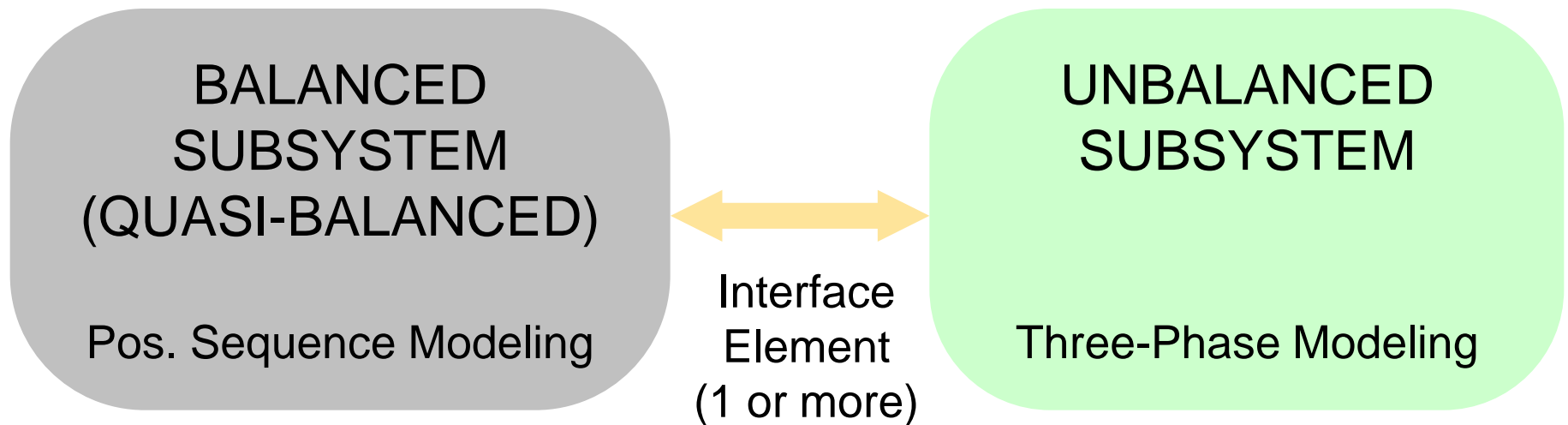
Introduction

- There is a visible increase in the penetration of distributed generation at the subtransmission and the distribution networks.
- There is an urgent need to empower the existing power system computation analysis tools to handle this structural change.
- Becomes more important the following aspects:
 - Three-phase representation
 - Simulation of multiple electrical islands
 - Comprehensive protection system modeling
 - Modeling of VSI-connected generation for electromechanical and steady-state analysis
 - etc

Introduction

Objective

- To develop a formulation for the **Power Flow** problem (presented at the XI SEPOPE) and for the **Transient Stability** problem (presented in this paper) that limits the three-phase representation of a subset of buses, where the unbalance is significant and of interest.



Motivation

- The “boom” of generating sources connected to the distribution network due to the 2001 generation shortage
- The need to analyze the impact of those generators in the distribution network in the following aspects:
 - Protection
 - Stability
 - Control



The Simulation Tool Developed

1º Contract
2001/2002

**Simulador para Análise das Dinâmicas
de Curto e Longo Prazo em Redes de
Subtransmissão e Distribuição com
Geração Distribuída**

2º Contract
2005/2006

**Desempenho Dinâmico da Geração
Distribuída Frente a Perturbações
no SIN e de Manobras na Rede de
Distribuição**

3º Contract
2008/2009

**Pesquisa e Implementação de
Simulação Dinâmica Trifásica
nas Redes de Distribuição com
Geração Distribuída**

4º Contract (in negotiation)
2011/2012

**Customização do Simulight para
análise e modelagem de Redes
de Distribuição Inteligentes
(*Smart Grids*)**

The Simulation Tool Developed

*1º Contract
2001/2002*

**Simulador para Análise das Dinâmicas
de Curto e Longo Prazo em Redes de
Subtransmissão e Distribuição com**

*2º Contract
2005/2006*

**Desempenho Dinâmico da Geração
Distribuída Frente a Perturbações
no SIN e de Manobras na Rede de**

**> 10 Years of
Development**

**Pesquisa e Implementação de
Simulação Dinâmica Trifásica
nas Redes de Distribuição com
Geração Distribuída**

**Customização do Simulight para
análise e modelagem de Redes
de Distribuição Inteligentes
(*Smart Grids*)**

Financing History

Simulador para Análise das Dinâmicas de Curto e Longo Prazo em Redes de Subtransmissão e Distribuição com Geração Distribuída

Desempenho Dinâmico da Geração Distribuída Frente a Perturbações no SIN e de Manobras na Rede de Distribuição

Pesquisa e Implementação de Simulação Dinâmica Trifásica nas Redes de Distribuição com Geração Distribuída

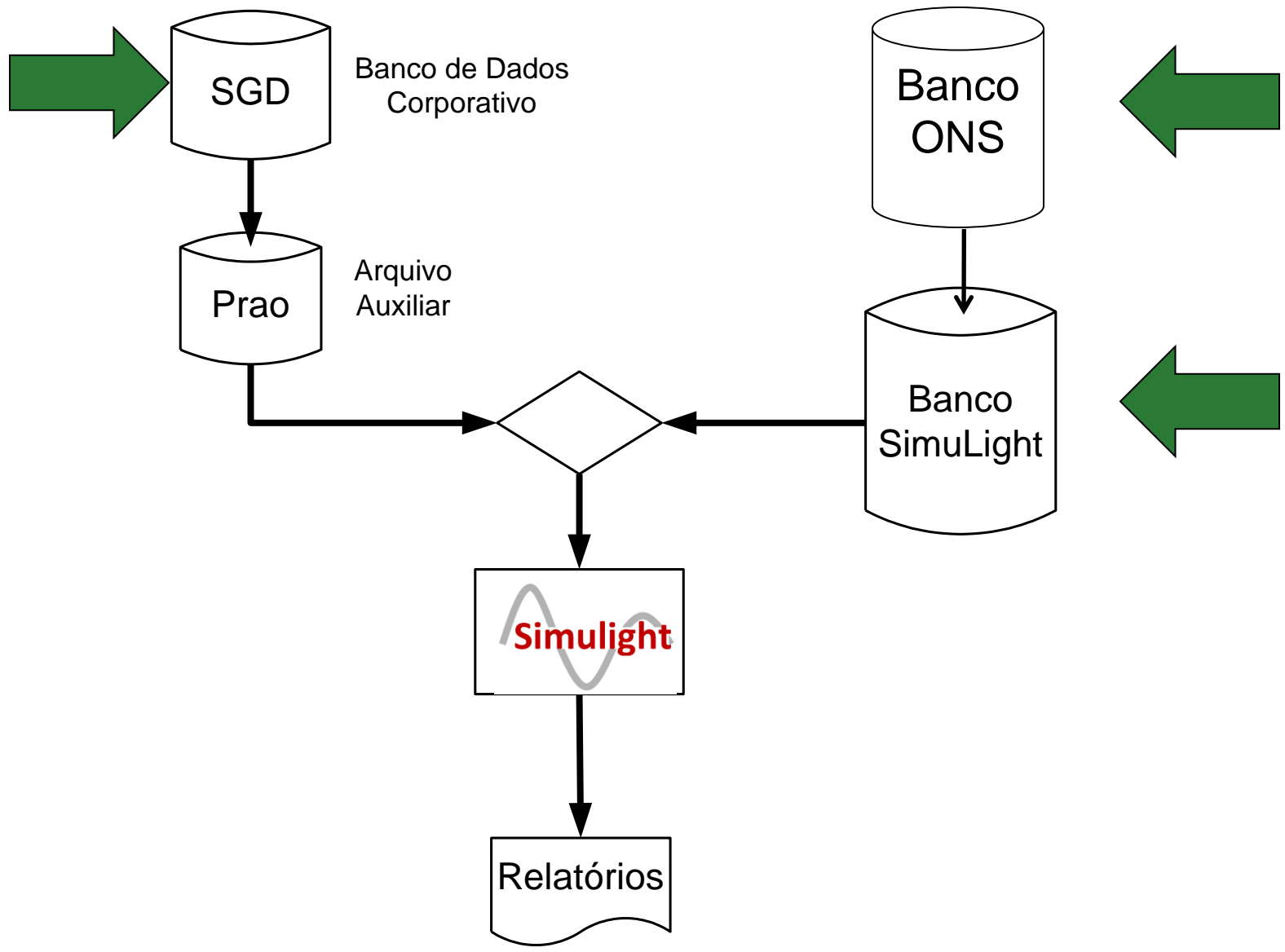
Customização do Simulight para análise e modelagem de Redes de Distribuição Inteligentes (*Smart Grids*)



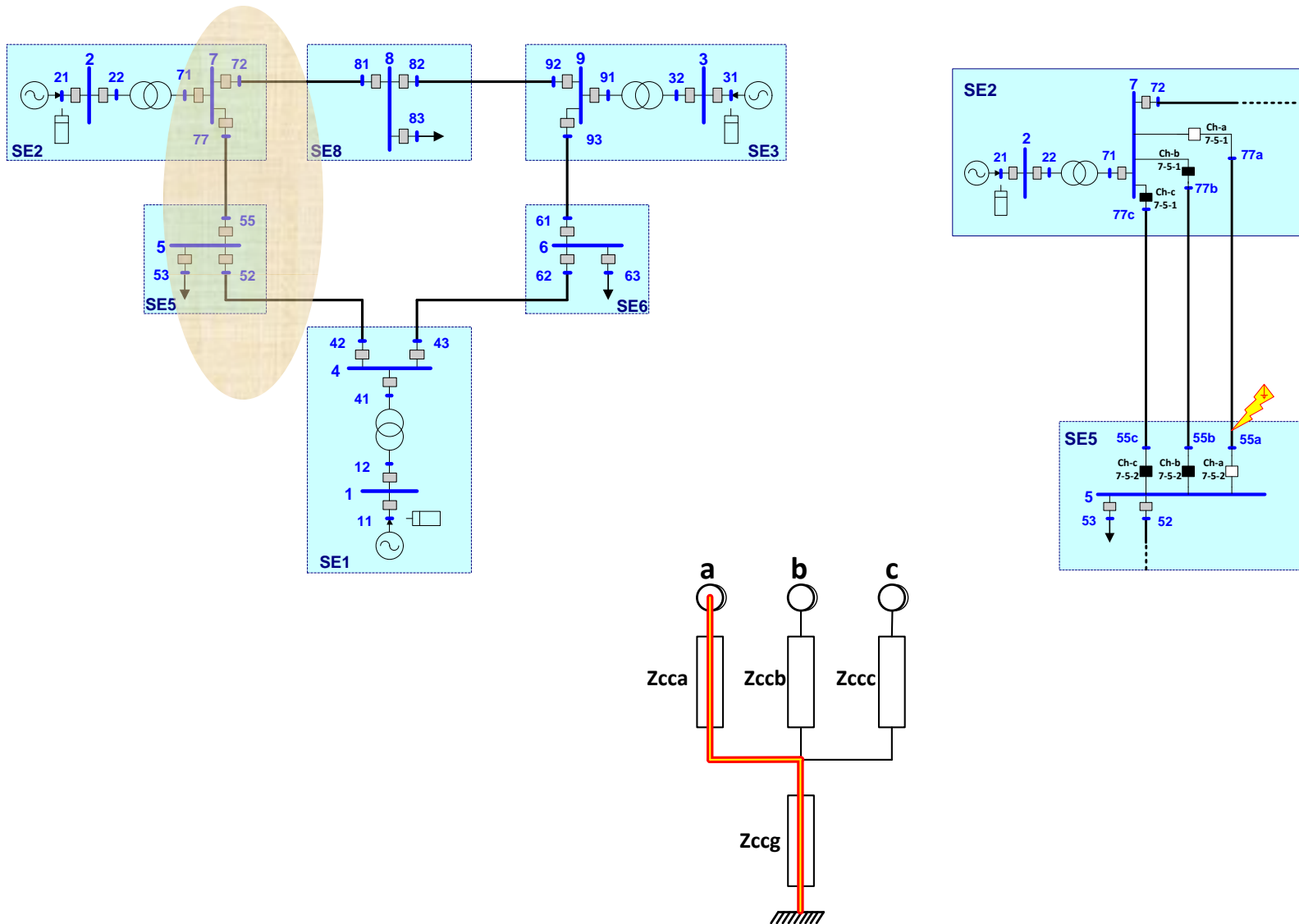
Planejamento e Operação de Microrredes Formadas pelo Elevado Grau de Penetração da Geração Distribuída (GD): Análise Estática e Dinâmica

(under development)

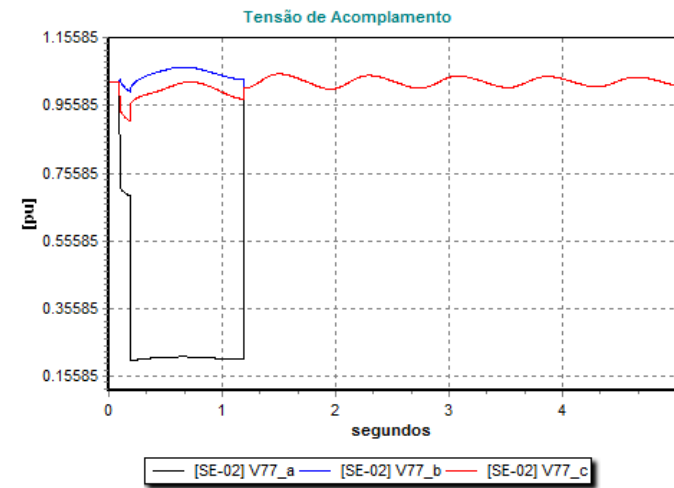
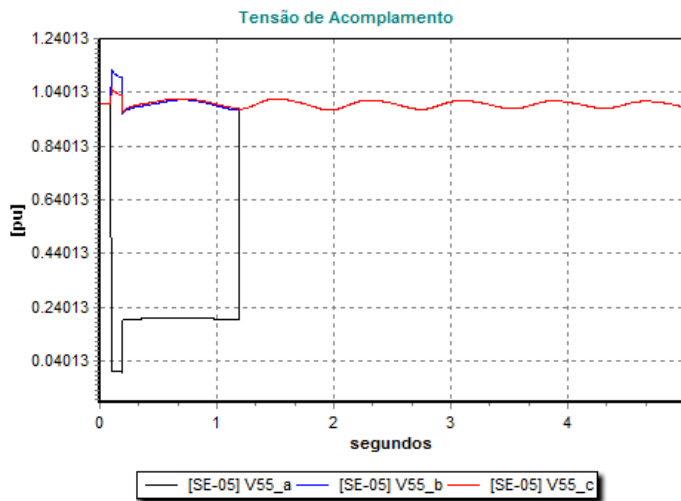
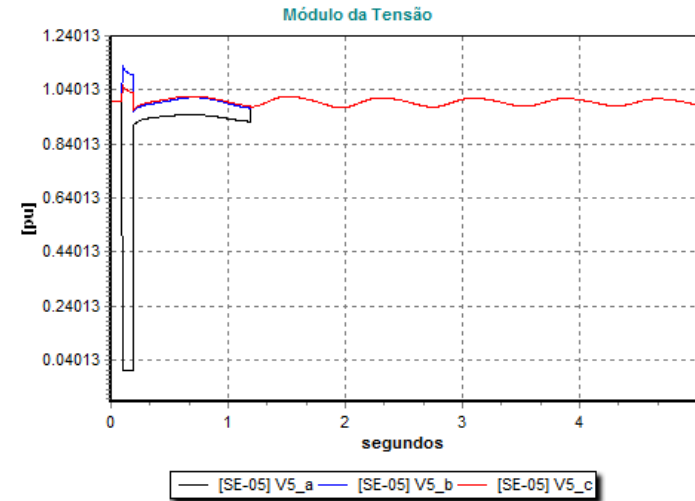
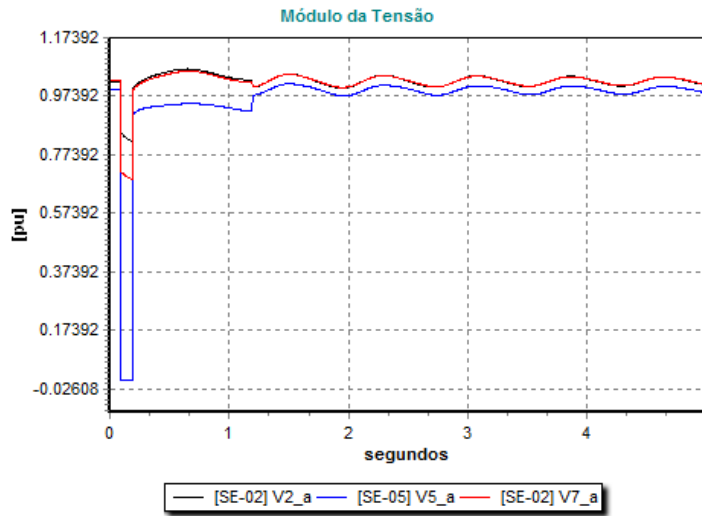




Single-Phase Fault

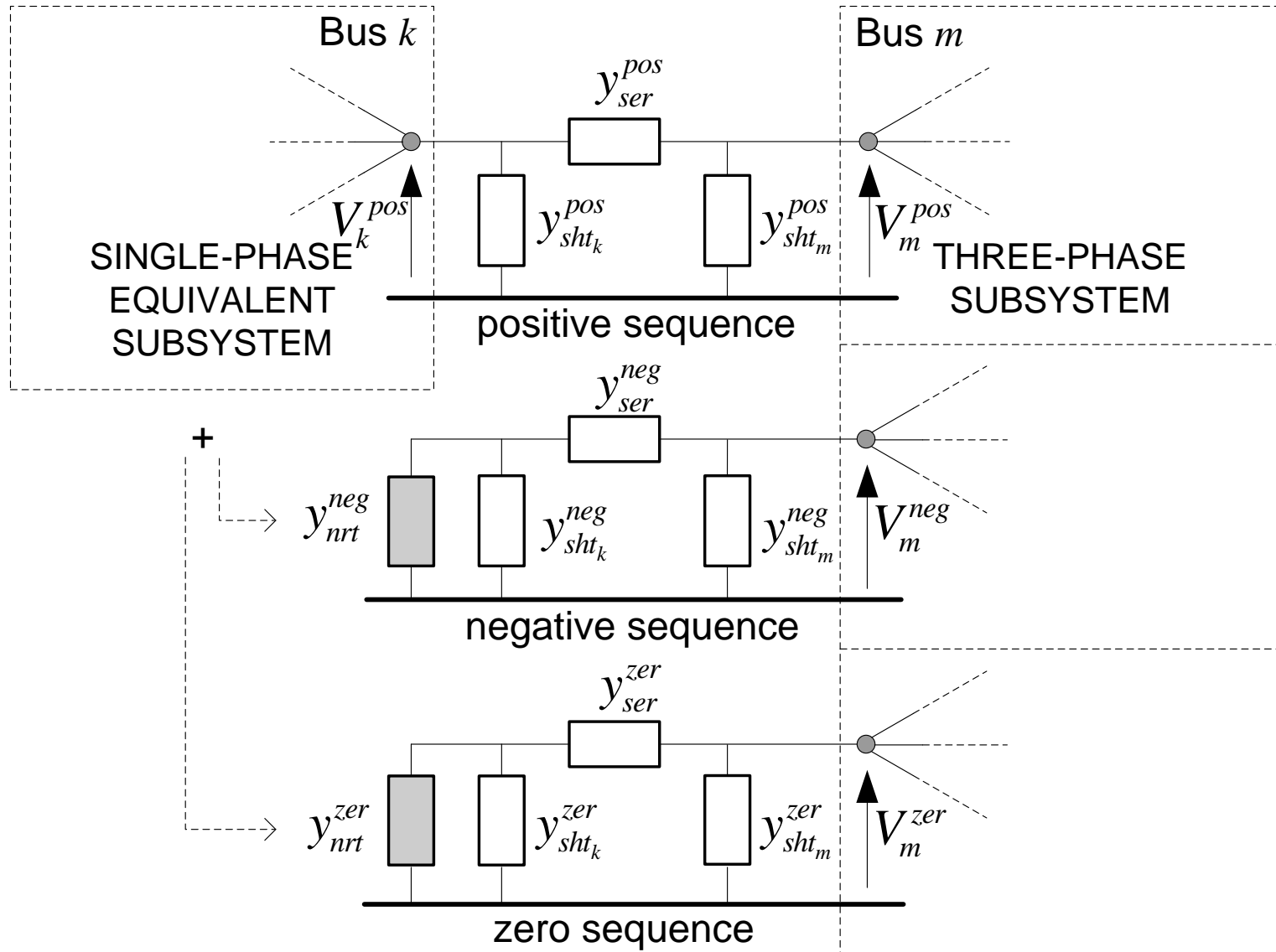


Voltage Plots



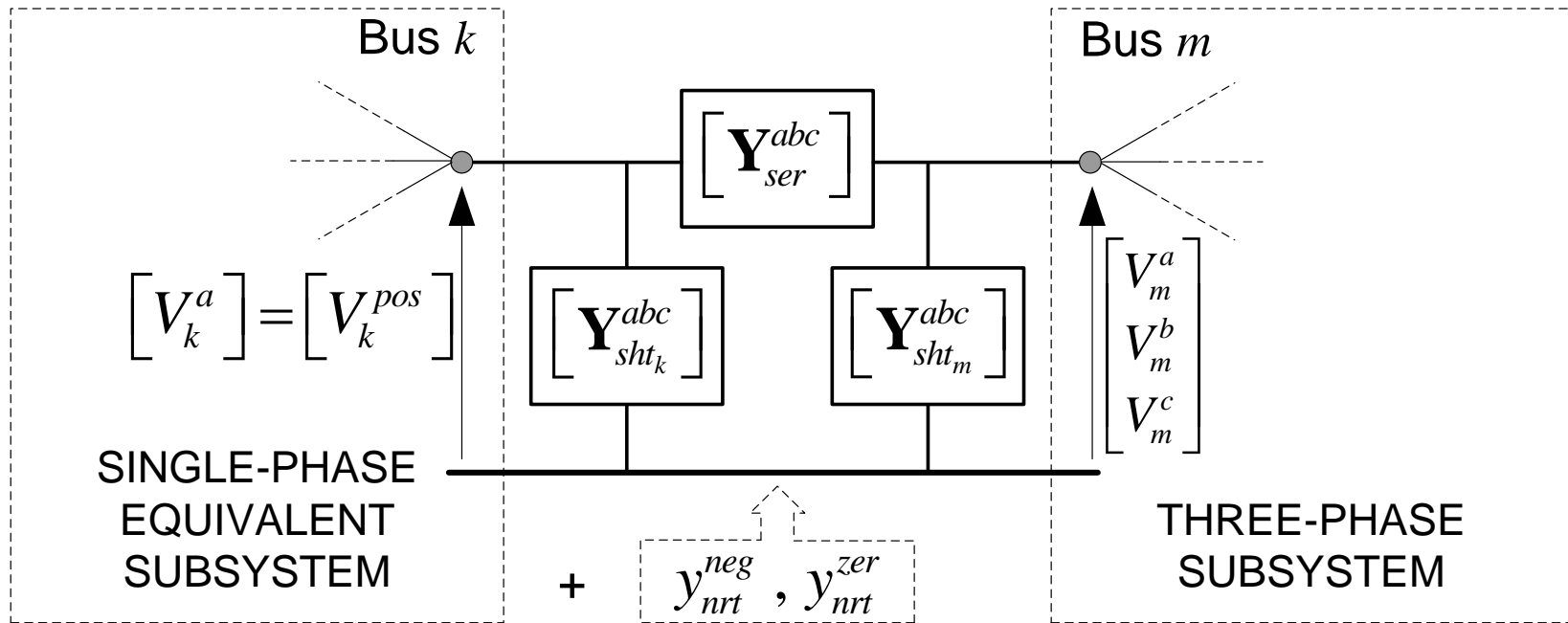
Exploiting the MonoTri Formulation

Network Interface in Sequence Components



Network Interface in Phase Components

Current Injections and Rectangular Coordinates

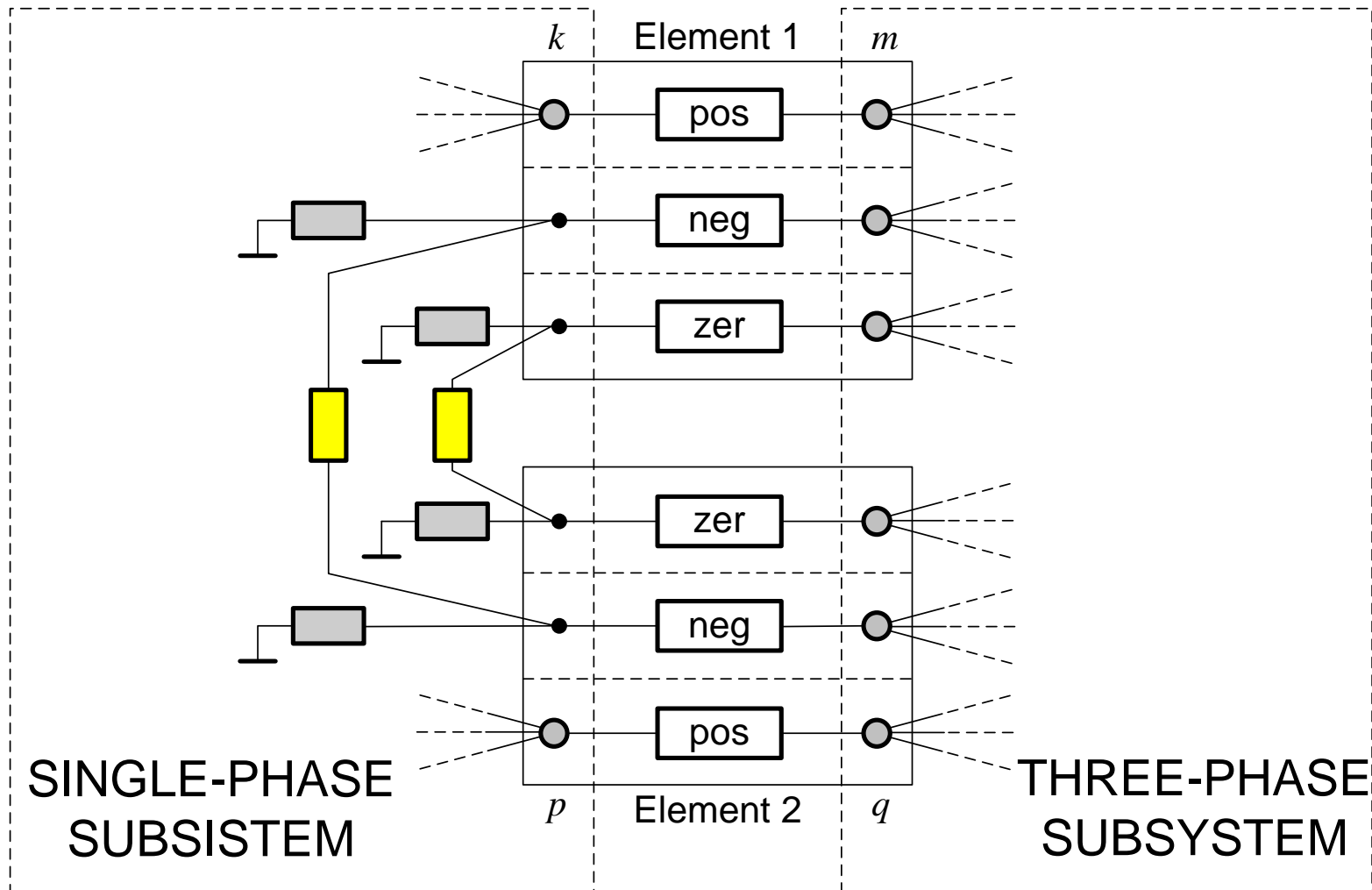


$$\mathbf{I}_k^{abc} = \left(\mathbf{Y}_{sht_k}^{abc} + \mathbf{Y}_{ser}^{abc} \right) \mathbf{V}_k^{abc} + \left(-\mathbf{Y}_{ser}^{abc} \right) \mathbf{V}_m^{abc}$$

$$\mathbf{I}_m^{abc} = \left(-\mathbf{Y}_{ser}^{abc} \right) \mathbf{V}_k^{abc} + \left(\mathbf{Y}_{sht_m}^{abc} + \mathbf{Y}_{ser}^{abc} \right) \mathbf{V}_m^{abc}$$

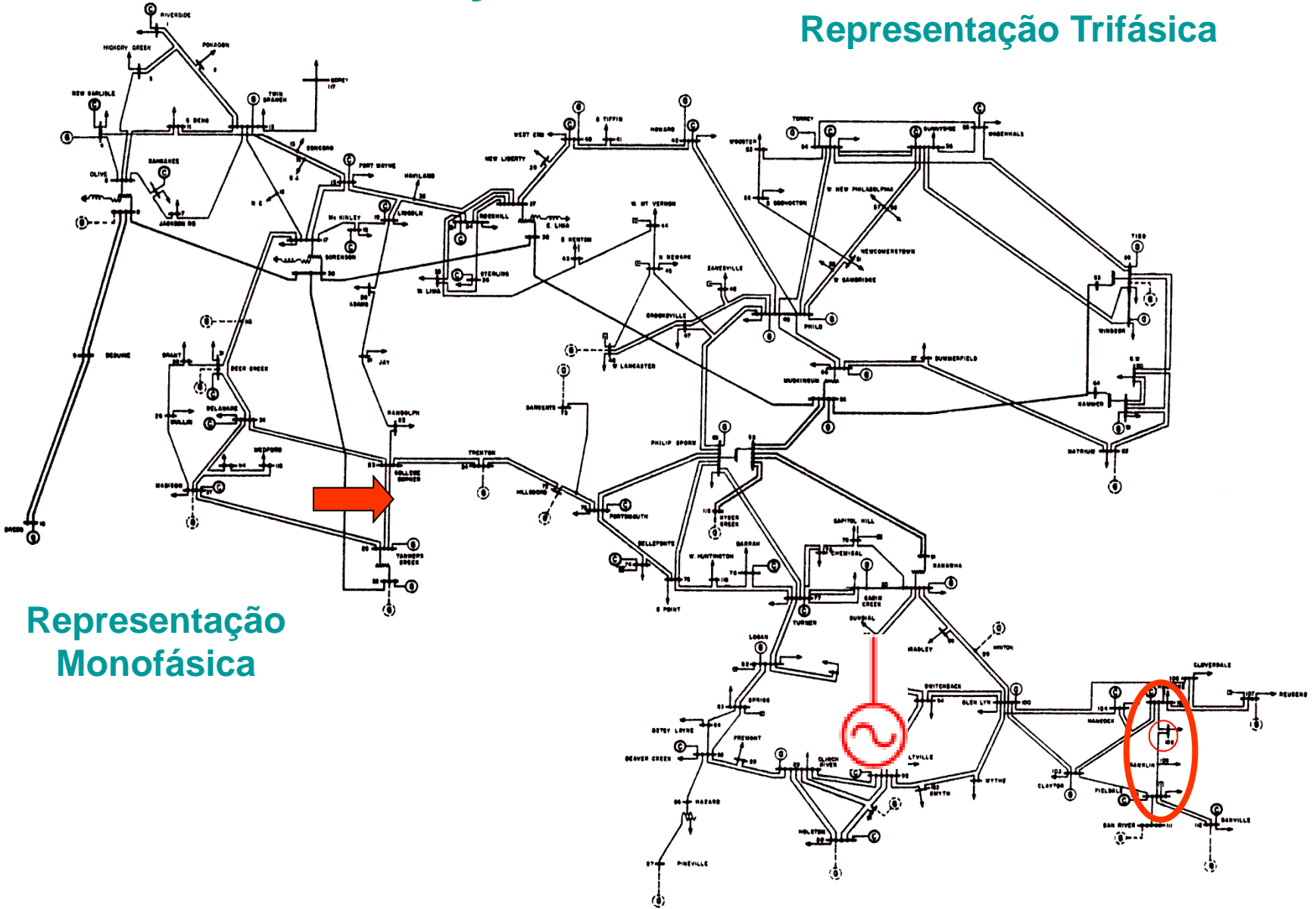
$$\begin{bmatrix} \dots & & & \dots \\ & k & & m \\ & \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_{sht_k}^{abc} + \mathbf{Y}_{ser}^{abc} \end{bmatrix}_{3 \times 3} & \dots & \begin{bmatrix} -\mathbf{Y}_{ser}^{abc} \end{bmatrix}_{3 \times 3} \\ & \vdots & \ddots & \vdots \\ m & \begin{bmatrix} -\mathbf{Y}_{ser}^{abc} \end{bmatrix}_{3 \times 3} & \dots & \begin{bmatrix} \mathbf{Y}_{sht_m}^{abc} + \mathbf{Y}_{ser}^{abc} \end{bmatrix}_{3 \times 3} \\ & \dots & & \dots \end{bmatrix}$$

Multiple Interface Elements



Simulação MonoTri

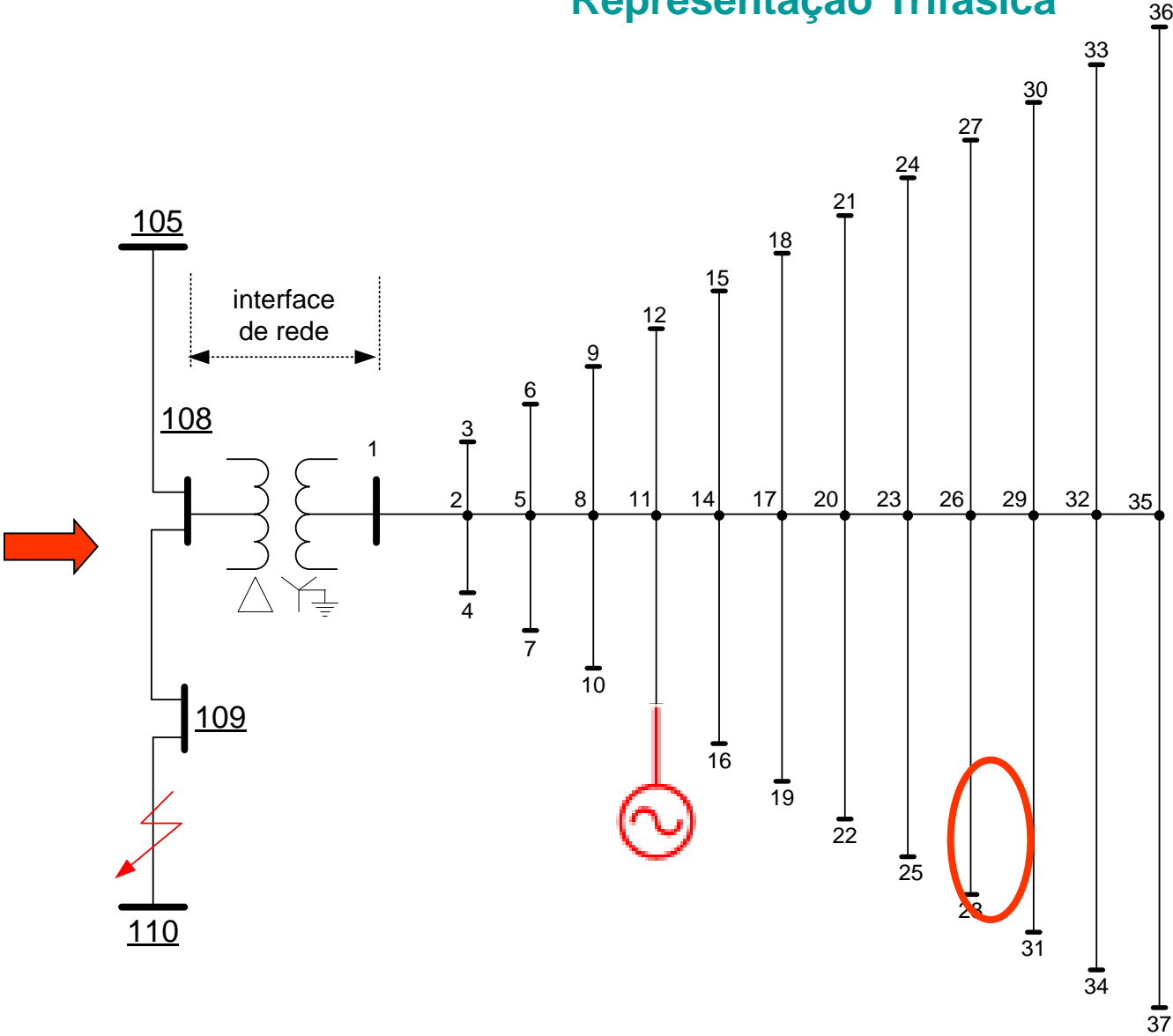
Representação Trifásica



Representação Monofásica

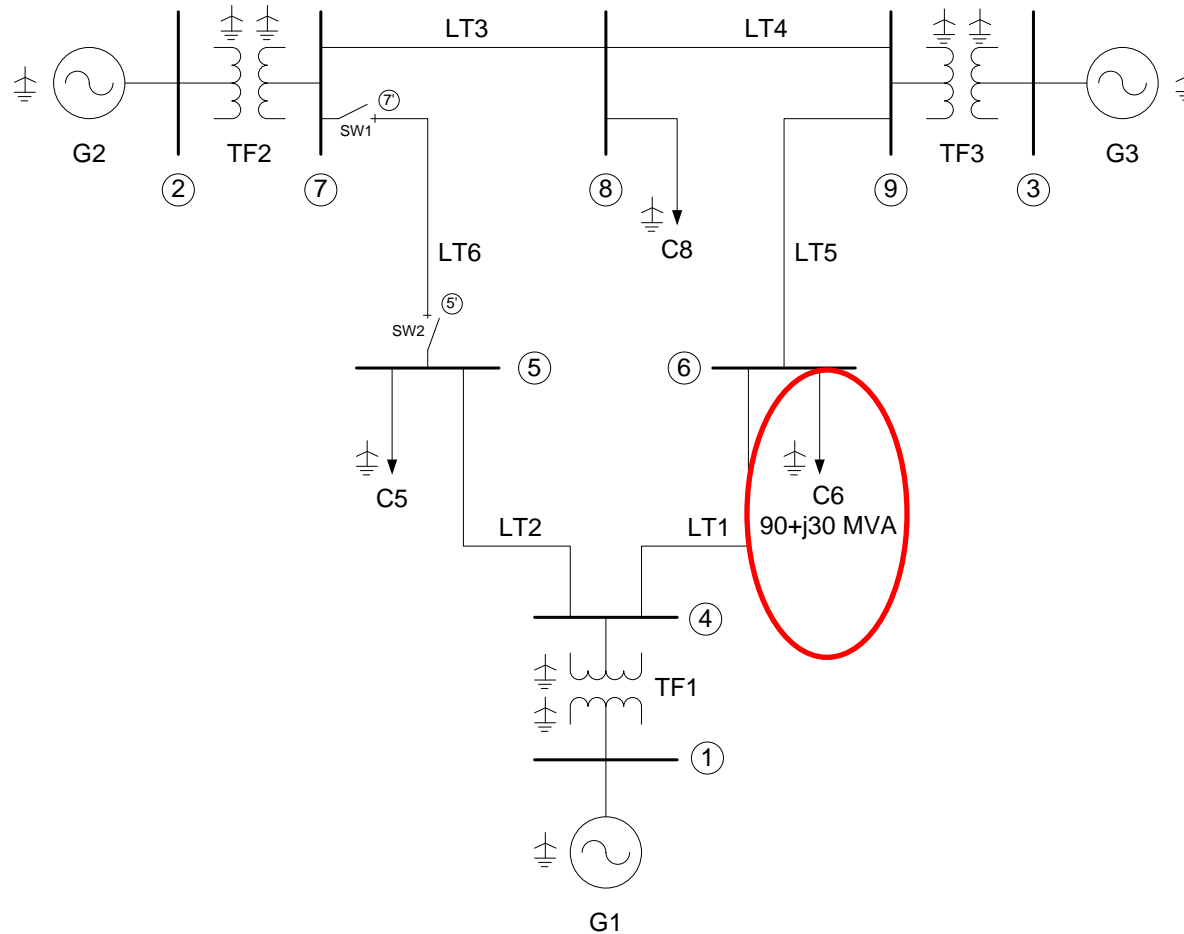
Simulação MonoTri

Representação Trifásica

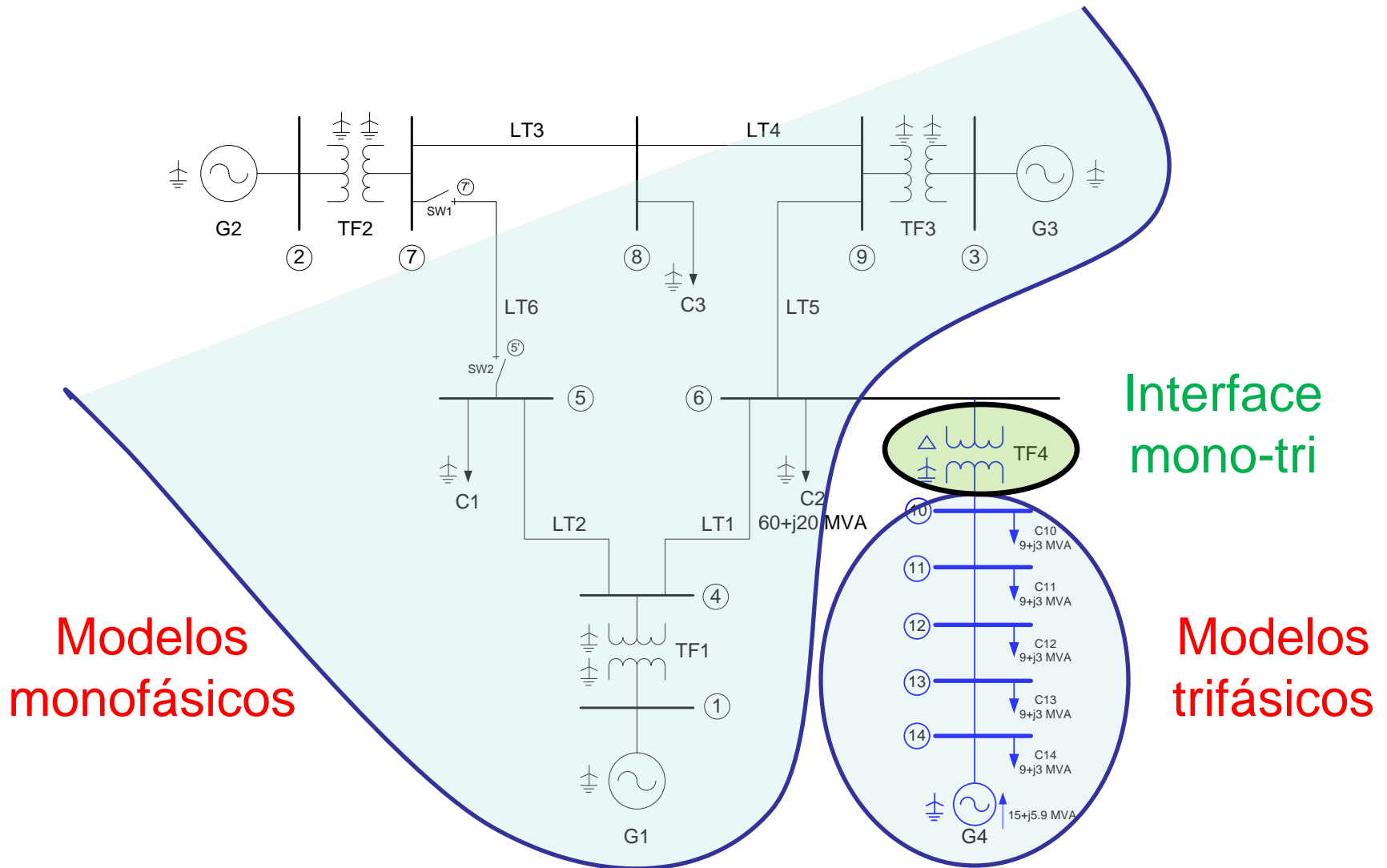


Representação Monofásica

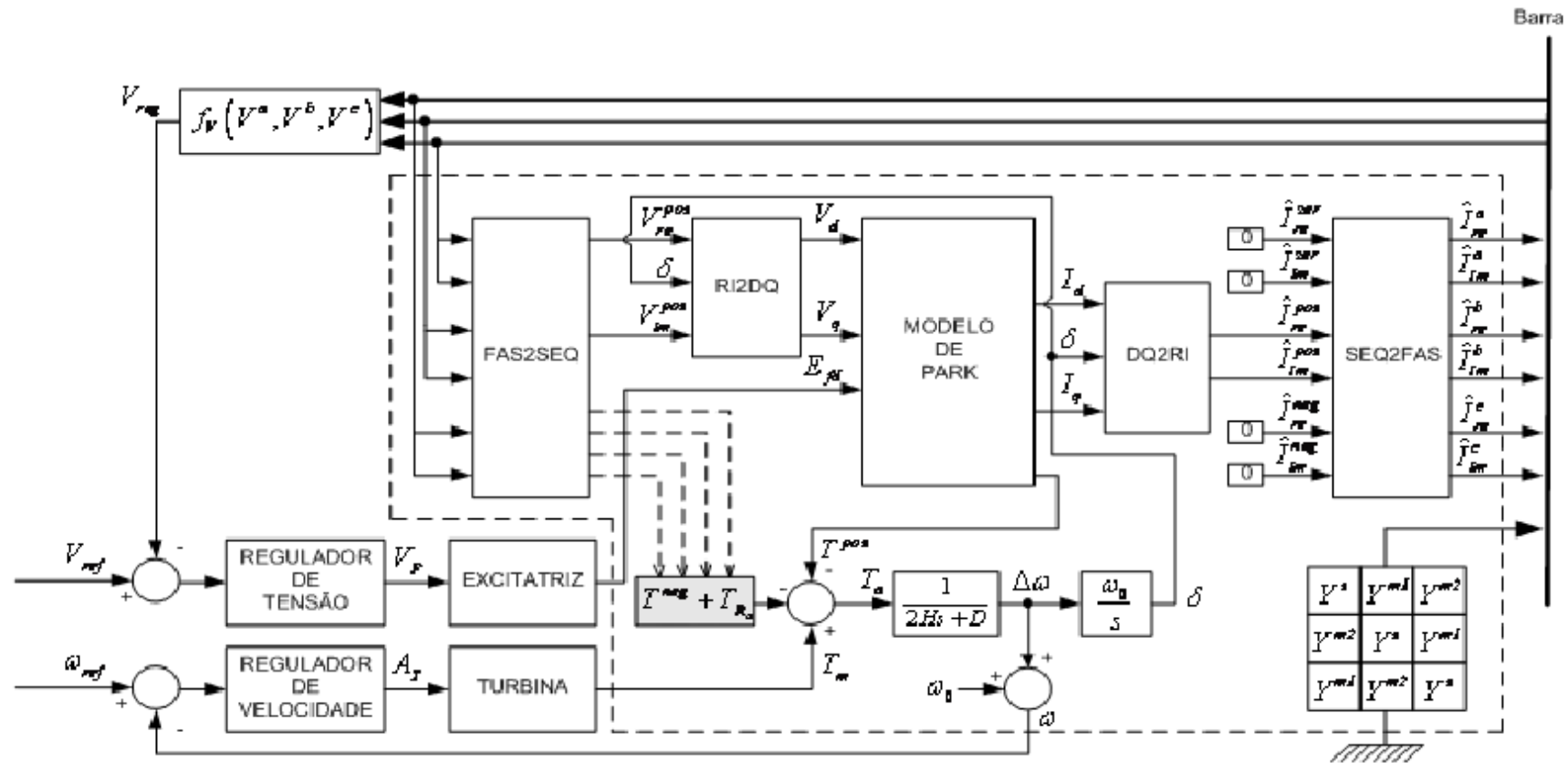
Sistema 9 Barras x 3 Máquinas



Sistema 14 Barras x 4 Máquinas



Three-phase representation – Synchronous Generator



Hybrid Power Flow Solution

Relatório por Subestação

Por Ilha | Por Subestação | Por Área | Por Empresa | Salvar como Texto | Salvar como Tabela | Fechar

Dados de Barra | Dados de Linha

Subestação.: SE-06

Geração (MW): 15.000 Carga (MW): 105.000 Outros (MW): 0.000
 Geração (Mvar): 5.935 Carga (Mvar): 35.000 Outros (Mvar): 0.000

Barra	Nome	Subestação	Tensão (pu)	Tensão (graus)	Geração (MW)	Geração (Mvar)	Carga (MW)	Carga (Mvar)	Outros (MW)	Outros (Mvar)
6	B-06	SE-06	1.0124	-3.69	0.000	0.000	60.000	20.000	0.000	0.000
10	B-10	SE-06	1.0026	24.62	0.000	0.000	9.000	3.000	0.000	0.000
	Fase a		1.0026	24.62	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase b		1.0026	-95.38	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase c		1.0026	144.62	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Seq. +		1.0026	24.62						
	Seq. -		0.0000	62.49						
	Seq. 0		0.0000	0.00						
11	B-11	SE-06	1.0001	24.14	0.000	0.000	9.000	3.000	0.000	0.000
	Fase a		1.0001	24.14	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase b		1.0001	-95.86	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase c		1.0001	144.14	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Seq. +		1.0001	24.14						
	Seq. -		0.0000	81.31						
	Seq. 0		0.0000	0.00						
12	B-12	SE-06	0.9989	23.86	0.000	0.000	9.000	3.000	0.000	0.000
	Fase a		0.9989	23.86	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase b		0.9989	-96.14	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase c		0.9989	143.86	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Seq. +		0.9989	23.86						
	Seq. -		0.0000	74.48						
	Seq. 0		0.0000	-59.04						
13	B-13	SE-06	0.9988	23.80	0.000	0.000	9.000	3.000	0.000	0.000
	Fase a		0.9988	23.80	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase b		0.9988	-96.20	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase c		0.9988	143.80	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
	Seq. +		0.9988	23.80						
	Seq. -		0.0000	85.53						
	Seq. 0		0.0000	-63.43						
14	B-14	SE-06	1.0000	23.93	15.000	5.935	9.000	3.000	0.000	0.000
	Fase a		1.0000	23.93	5.000	1.978	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase b		1.0000	-96.07	5.000	1.978	3.000	1.000	0.000	0.000
	Fase c		1.0000	143.93	5.000	1.978	3.000	1.000	0.000	0.000
	Seq. +		1.0000	23.93						
	Seq. -		0.0000	85.53						
	Seq. 0		0.0000	-75.96						

6 Registros

Hybrid Power Flow Solution

Relatório por Subestação

Dados de Barra | Dados de Linha

Subestação.: SE-06

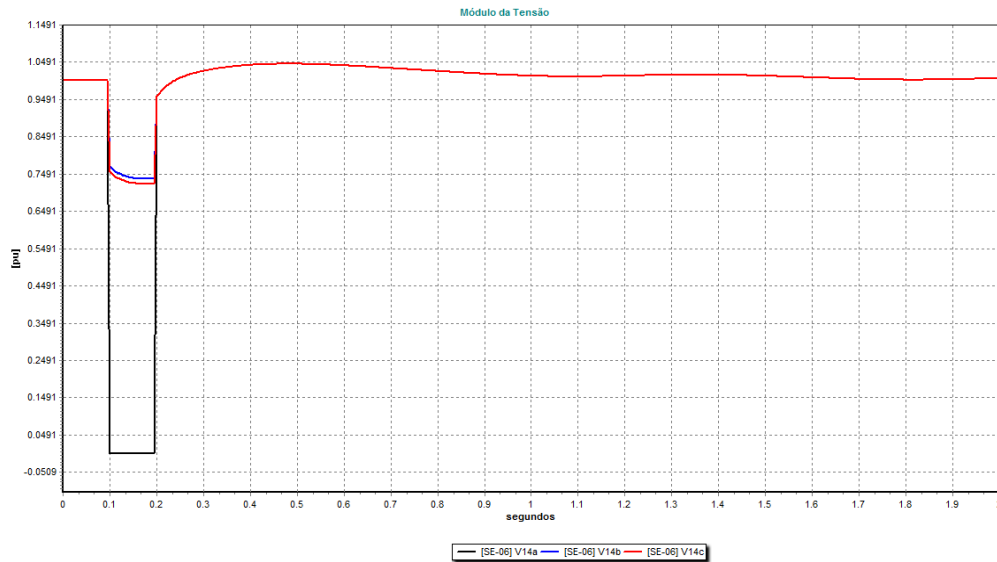
Geração (MW): 15.000 Carga (MW): 105.000 Outros (MW): 0.000
 Geração (Mvar): 5.935 Carga (Mvar): 35.000 Outros (Mvar): 0.000

Barra Nome Subestação Tensão (pu) Tensão (graus) Geração (MW) Geração (Mvar) Carga (MW) Carga (Mvar) Outros (MW) Outros (Mvar)

Barra	Nome	Subestação	Tensão (pu)	Tensão (graus)	Geração (MW)	Geração (Mvar)	Carga (MW)	Carga (Mvar)	Outros (MW)	Outros (Mvar)
6	B-06	SE-06	1.0124	-3.69	0.000	0.000	60.000	20.000		
10	B-10	SE-06	1.0026	24.62	0.000	0.000	9.000	3.000		
Fase a			1.0026	24.62	0.000	0.000	3.000	1.000		
Fase b			1.0026	-95.38	0.000	0.000	3.000	1.000		
Fase c			1.0026	144.62	0.000	0.000	3.000	1.000		
Seq. +			1.0026	24.62						
Seq. -			0.0000	62.49						
Seq. 0			0.0000	0.00						
11	B-11	SE-06	1.0001	24.14	0.000	0.000	9.000	3.000		
Seq. +			0.9989	23.86						
Seq. -			0.0000	74.48						
Seq. 0			0.0000	-59.04						
13	B-13	SE-06	0.9988	23.80	0.000	0.000	9.000	3.000	0.000	0.000
Fase a			0.9988	23.80	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
Fase b			0.9988	-96.20	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
Fase c			0.9988	143.80	0.000	0.000	3.000	1.000	0.000	0.000
Seq. +			0.9988	23.80						
Seq. -			0.0000	85.53						
Seq. 0			0.0000	-63.43						
14	B-14	SE-06	1.0000	23.93	15.000	5.935	9.000	3.000	0.000	0.000
Fase a			1.0000	23.93	5.000	1.978	3.000	1.000	0.000	0.000
Fase b			1.0000	-96.07	5.000	1.978	3.000	1.000	0.000	0.000
Fase c			1.0000	143.93	5.000	1.978	3.000	1.000	0.000	0.000
Seq. +			1.0000	23.93						
Seq. -			0.0000	85.53						
Seq. 0			0.0000	-75.96						

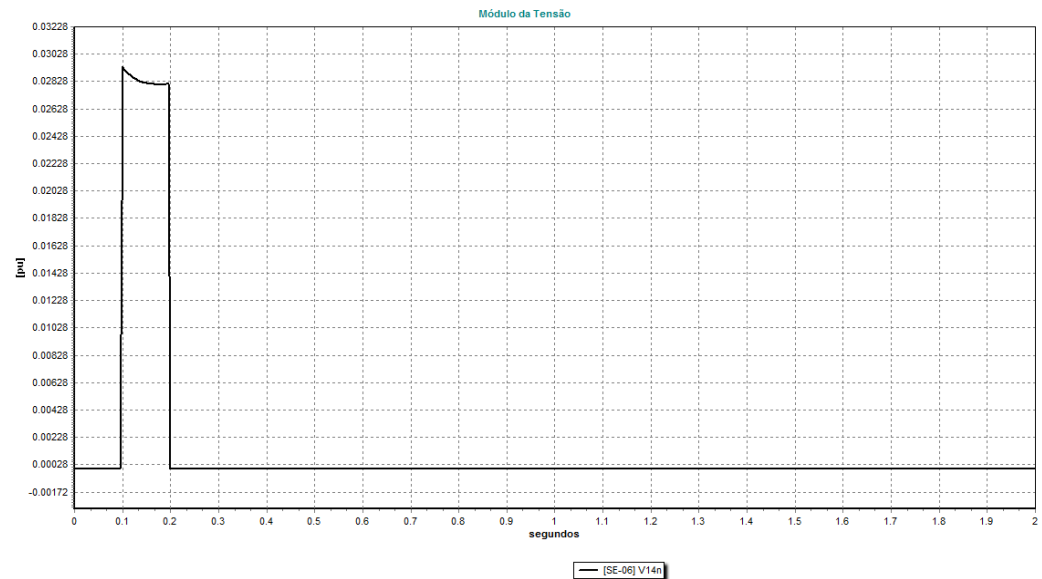
6 Registros

Transient Stability Simulation



Bus 14 Voltage
Phases a, b, c

Bus 14
Neutral Voltage



Conclusions

The formulation with partial three-phase modeling:

- **Reduces** the computation effort by a factor proportional to the fraction of the system with single-phase modeling.
- Preserves all the positive sequence admittance effects and nearly all dynamics effects.
- Can be an option for the analysis of distribution generation connected to distribution network.
- Is very convenient when the **database** of the bulk power system is available only in **positive sequence** modeling, and it is desirable to analyze how **major disturbances** in the bulk power system impact on **three-phase active feeders**.



OBRIGADO !

Baixe a versão acadêmica do Simulight em:
<http://www.coep.ufrj.br/~tarang/Simulight>