
ESTABILIDADE EM SISTEMAS ELÉTRICOS DE POTÊNCIA

Trabalho 4

Alunos(as):

Denise Ribeiro Machado
Vitor Caetano de Souza Torres
Lydiane Lais da Silva Ferreira
Renan Silveira Sena

Sumário



- Introdução
- Procedimentos de Rede
- Diretrizes de Simulação
- Desenvolvimento
- Conclusão
- Referências

Introdução



- **Objetivo:** Analisar a estabilidade de um sistema 14 barras. Essa análise será feita utilizando os Softwares Anarede, Anatem e PlotCepele.



- Serão analisadas as seguintes contingências aplicadas ao sistema:
 - Curto circuito nas linhas;
 - Retirada dos trafos;

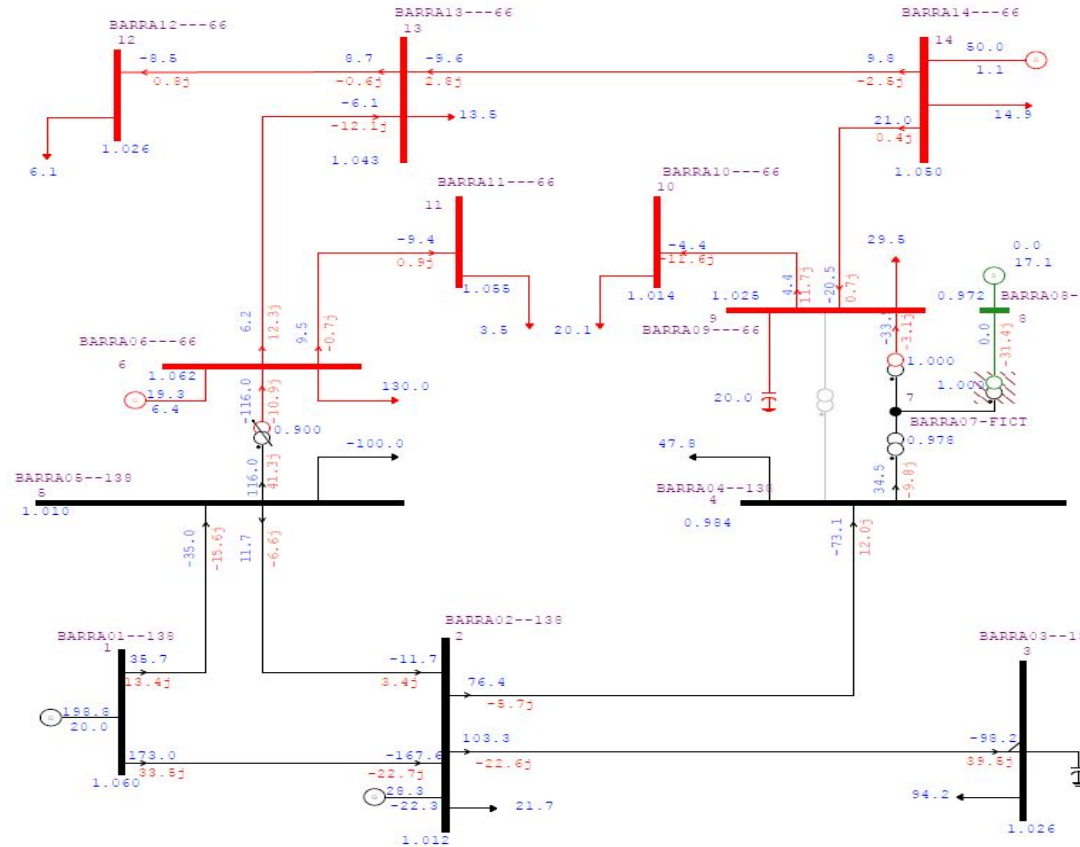
Introdução



O número máximo de geradores por usinas é mostrado na Tabela 1 abaixo:

Barra	Número de Máquinas
1	4
2	2
6	2
8	2
14	2

Introdução



Procedimento de Rede



Para as definições das contingências e das análises, foram usadas as recomendações expostas no Submódulo 23.3 dos Procedimentos de Rede do ONS. Em especial, destacam-se os itens:

- 5.2.8: Devem ser simuladas contingências simples, ou seja, a perda de um único elemento do sistema elétrico, seja linha de transmissão, transformador, banco de transformadores, unidade geradora, elo de corrente contínua (CC) ou equipamento de controle de tensão, tal como reator, capacitor, compensador síncrono ou compensador estático.

Procedimento de Rede



Para as definições das contingências e das análises, foram usadas as recomendações expostas no Submódulo 23.3 dos Procedimentos de Rede do ONS. Em especial, destacam-se os itens:

- 8.3.1: Em qualquer condição de carga, o sistema deve permanecer estável para aberturas intempestivas com ou sem a aplicação de curtos-circuitos monofásicos, sem religamento, ainda que haja perda de algum dos elementos do sistema de transmissão, até mesmo de transformadores.

- 8.3.1.1: O curto monofásico é usado por ser, entre os defeitos, o de mais alta probabilidade.

Procedimento de Rede



Para as definições das contingências e das análises, foram usadas as recomendações expostas no Submódulo 23.3 dos Procedimentos de Rede do ONS. Em especial, destacam-se os itens:

○8.3.3: Para avaliação da estabilidade eletromecânica, devem ser considerados os seguintes critérios:

a)A tensão mínima para situação pós distúrbio no SIN, na primeira oscilação, não pode ser inferior a 60% da tensão nominal de operação, e nas demais oscilações deve ser superior a 80% da tensão nominal de operação.

b)A máxima variação de tensão admitida entre o instante inicial e o final da simulação dinâmica deve ser de 10% da tensão nominal de operação.

c)A amplitude máxima de oscilações de tensão eficaz pico a pico deve ser de 2%, em valor absoluto, 10 segundos após a eliminação do distúrbio.

Diretrizes de Simulação



Utilizando o ANATEM, foram simulados curtos-circuitos monofásicos de 1000 Mvar em barra, seguido da abertura da linha de transmissão adjacente.

O tempo de eliminação de falta empregado varia conforme o nível de tensão, como consta no item 8.2.12 do Procedimento de Rede do ONS.

Tabela 2 – Tempos indicativos de eliminação de defeitos

Tensão nominal de operação ⁽¹⁾ (kV)	Tempo de eliminação (milissegundos) (operação dos relés + abertura do disjuntor)	
	Sem falha do disjuntor	Com falha do disjuntor
765	80	200
525 e 500	100	250
440	100	250
345	100	400
230	150	500
138	150	500
138 ⁽²⁾	450	750
88 ⁽²⁾	450	750

Desenvolvimento



Na simulação do caso base, foram inicializados o dados das máquinas nos arquivos .blt e .stb

```

034  DMAQ
035  ( Nb)  Gr (P) (Q) Und ( Mg ) ( Mt )u( Mv )u( Me )u(Xvd)(Nbc)
036  (..... Barra 1
037      01  10          3    202    102    101
038  (..... Barra 2
039      02  10          1    201    102    101
040  (..... Barra 6
041      06  10          1    201    102    101
042  (..... Barra 8
043      08  10          1    201    101
044  (..... Barra 14
045      14  10          1    202    1201    101
046  999999

```

```

( MODELOS DE GERADORES TIPO CLASSICO
(=====
DMDG MD01
(Nb) (L'd)(Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
0101 ( barra infinita )
999999
(
(=====
( MODELOS DE GERADORES COM POLOS SALIENTES
(=====
DMDG MD02
(
(..... Modelo 201
(Nb) (CS) (Ld )(Lq )(L'd) (L''d)(L1 )(T'd) (T''d)(T''q)
0201 1 100.3 59.9 35.7 28.3 19.8 7.28 .050 .100
(Nb) (Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
0201 2.474 50.
(
(..... Modelo 202
(Nb) (CS) (Ld )(Lq )(L'd) (L''d)(L1 )(T'd) (T''d)(T''q)
0202 2 94.6 62.1 31.0 27.4 20.2 8.13 .048 .140
(Nb) (Ra )( H )( D )(MVA)Fr C
0202 3.588 72.
999999

```

Desenvolvimento



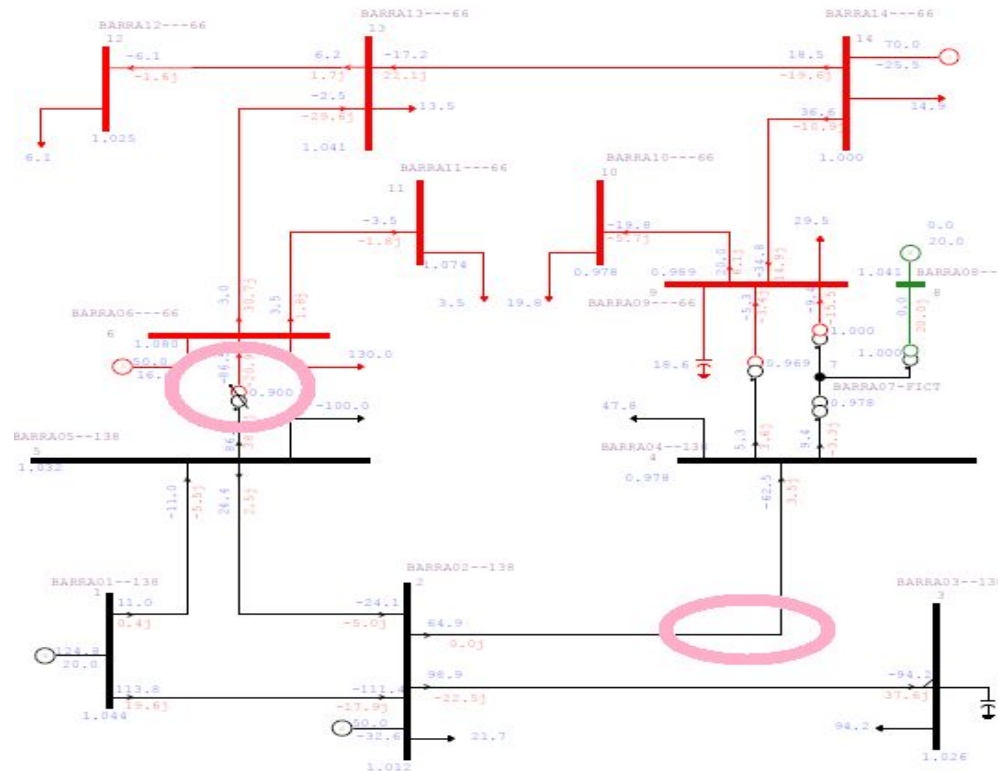
Foram analisados 24 casos diferentes de contingências, em que:

- 22 casos correspondem a um curto circuito em determinada barra, seguido da abertura da linha.
- 2 casos correspondem a retirada de trafo fazendo a retirada da linha correspondente.

Desenvolvimento



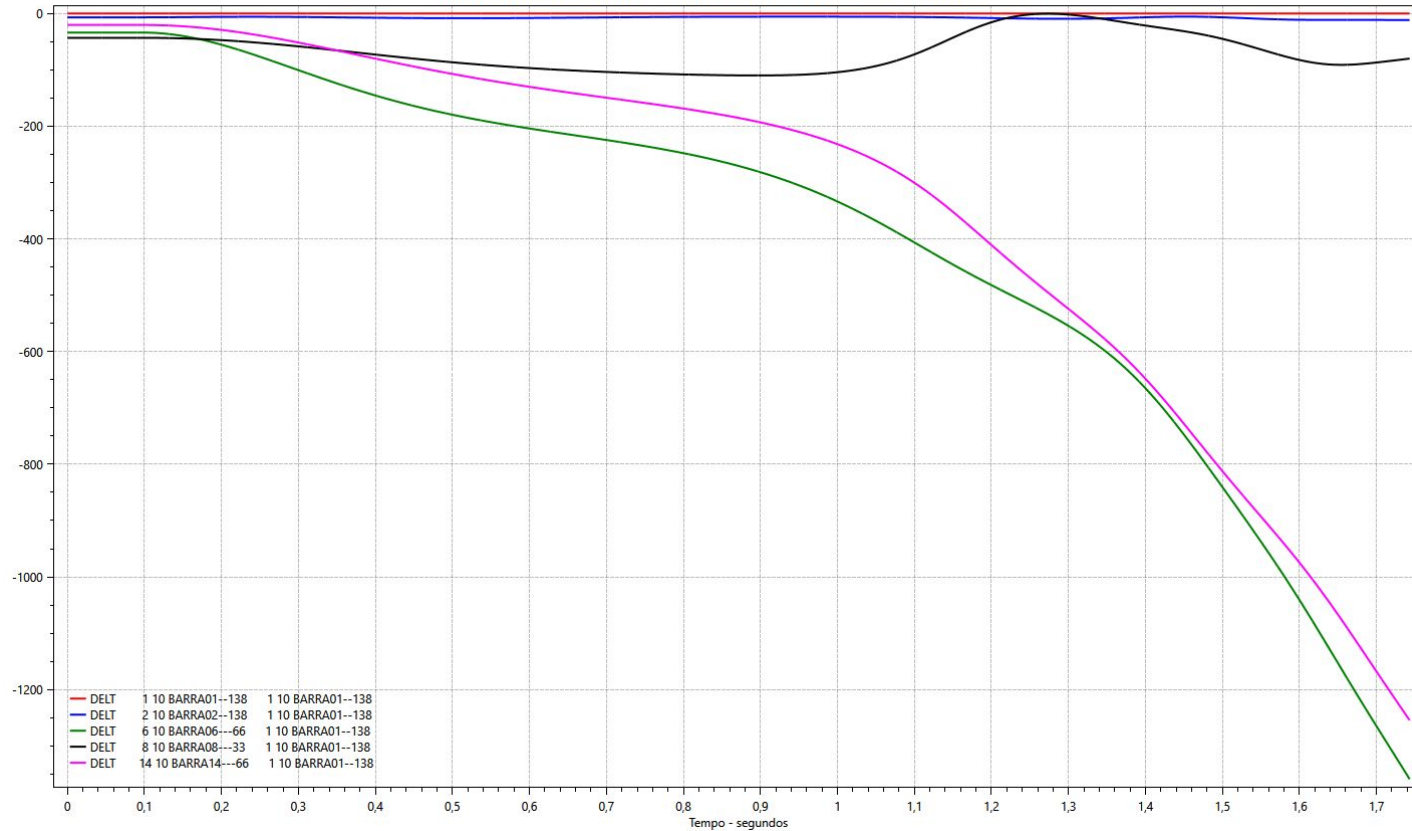
Casos Críticos



Desenvolvimento



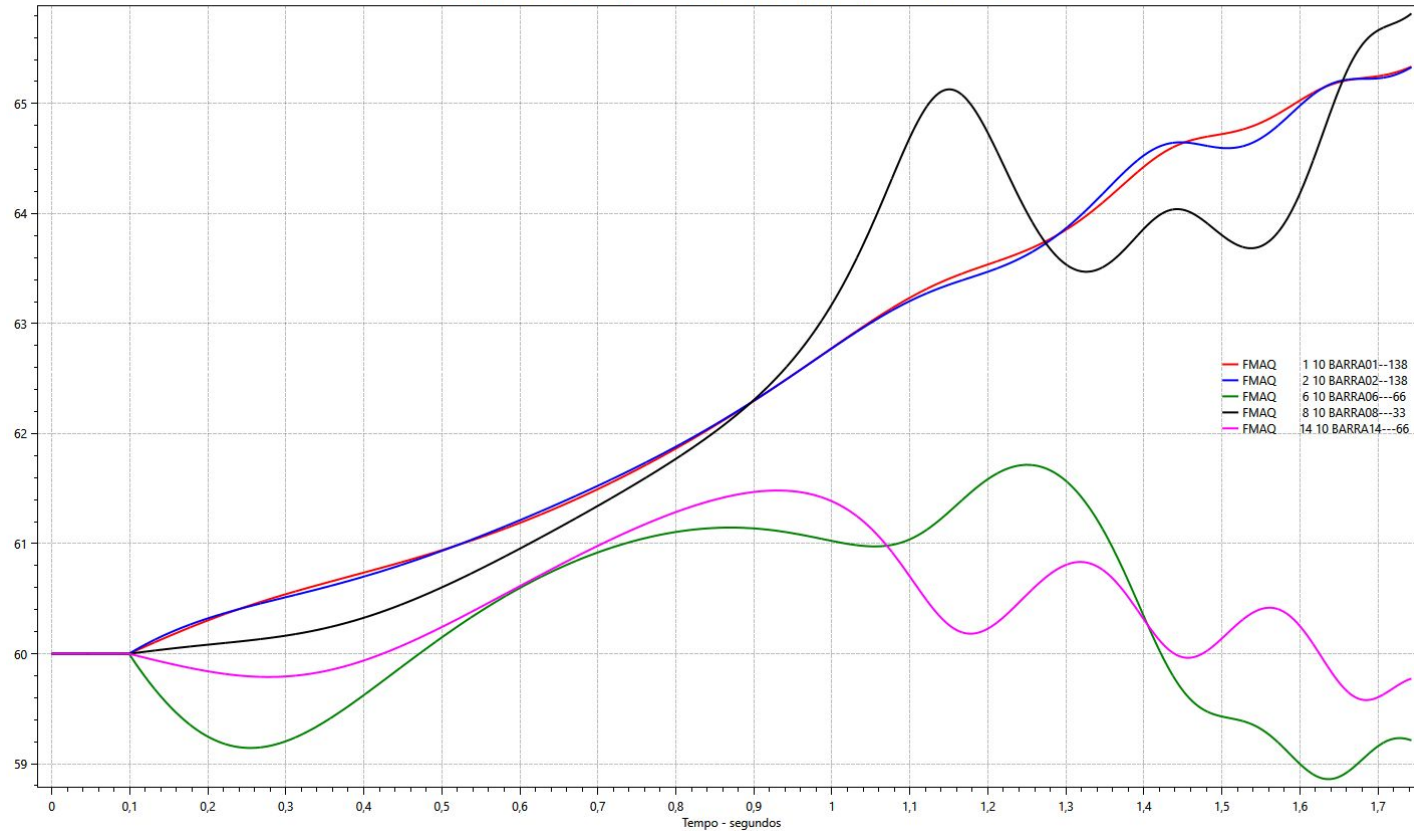
Retirada do Trafo conectado entre as barras 5 e 6



Desenvolvimento



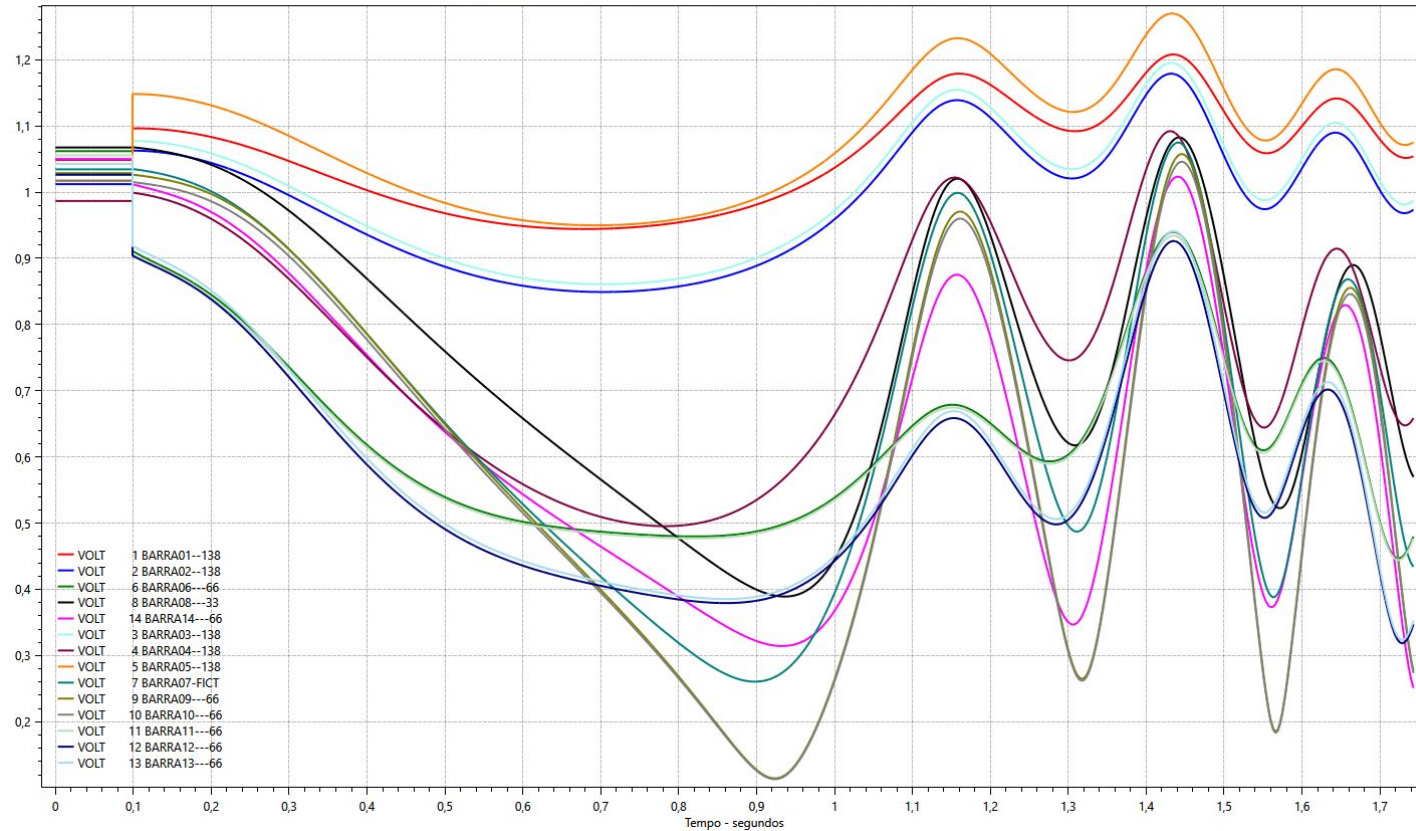
Retirada do Trafo conectado entre as barras 5 e 6



Desenvolvimento



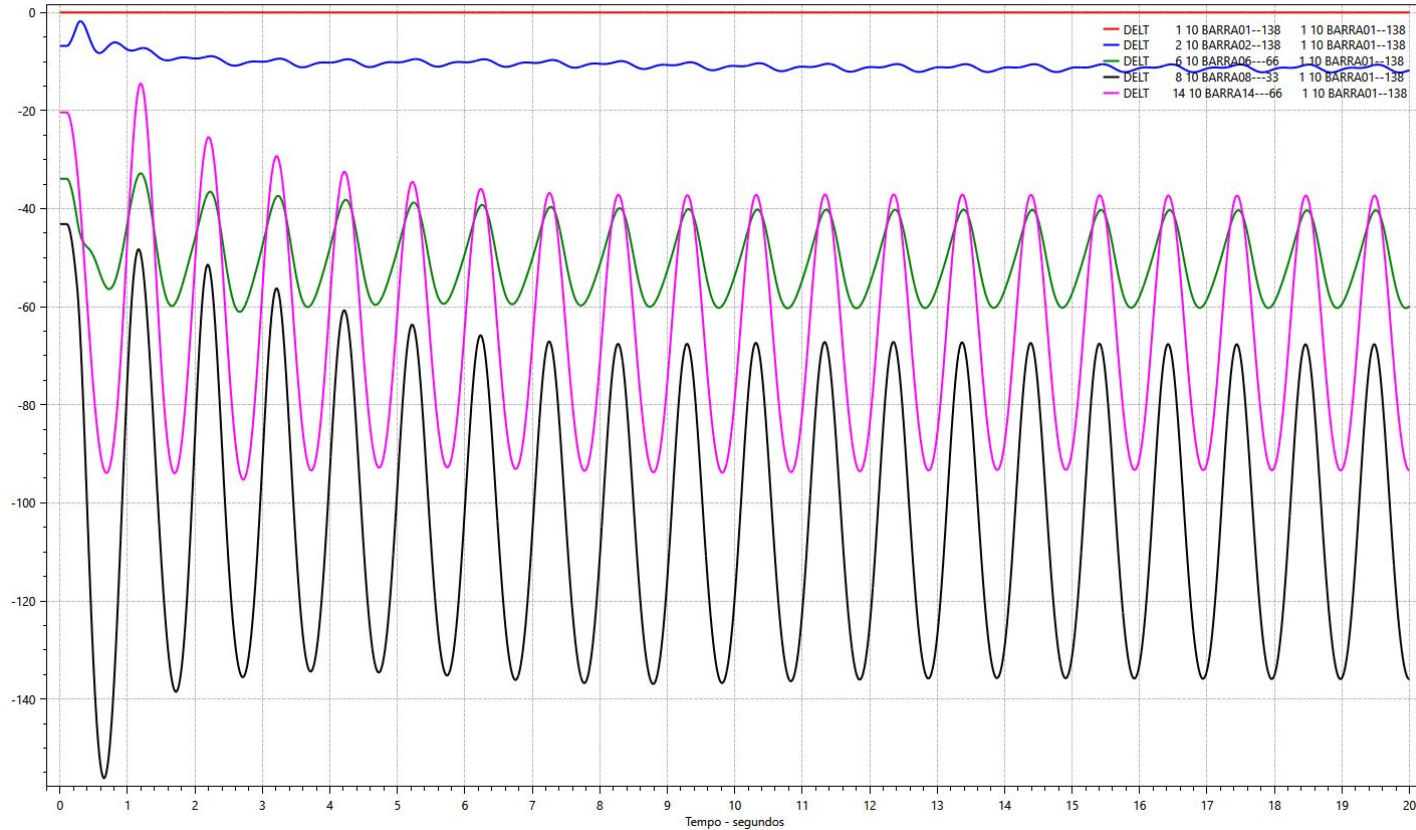
Retirada do Trafo conectado entre as barras 5 e 6



Desenvolvimento



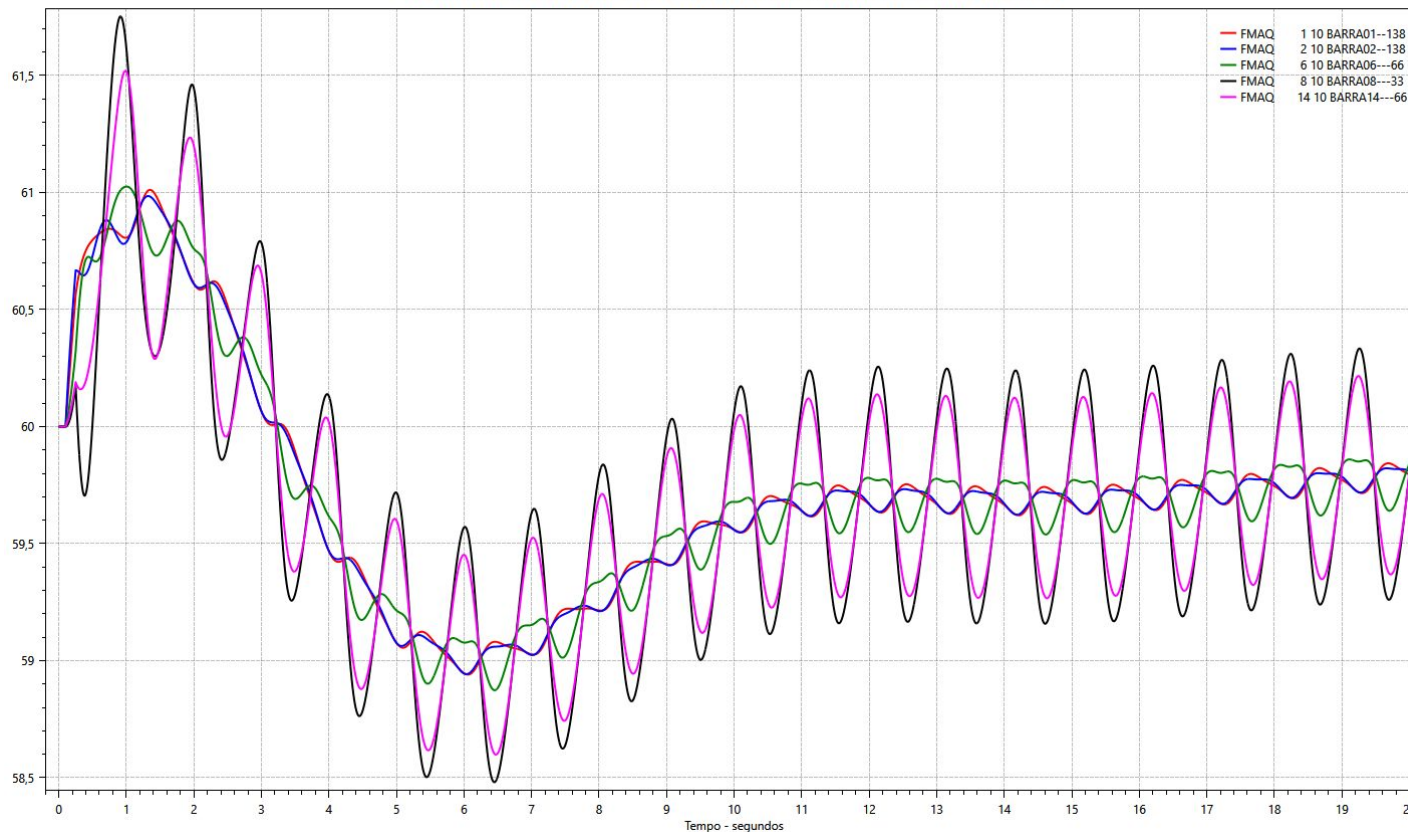
Retirada da Linha de Transmissão entre as barras 2 e 4



Desenvolvimento



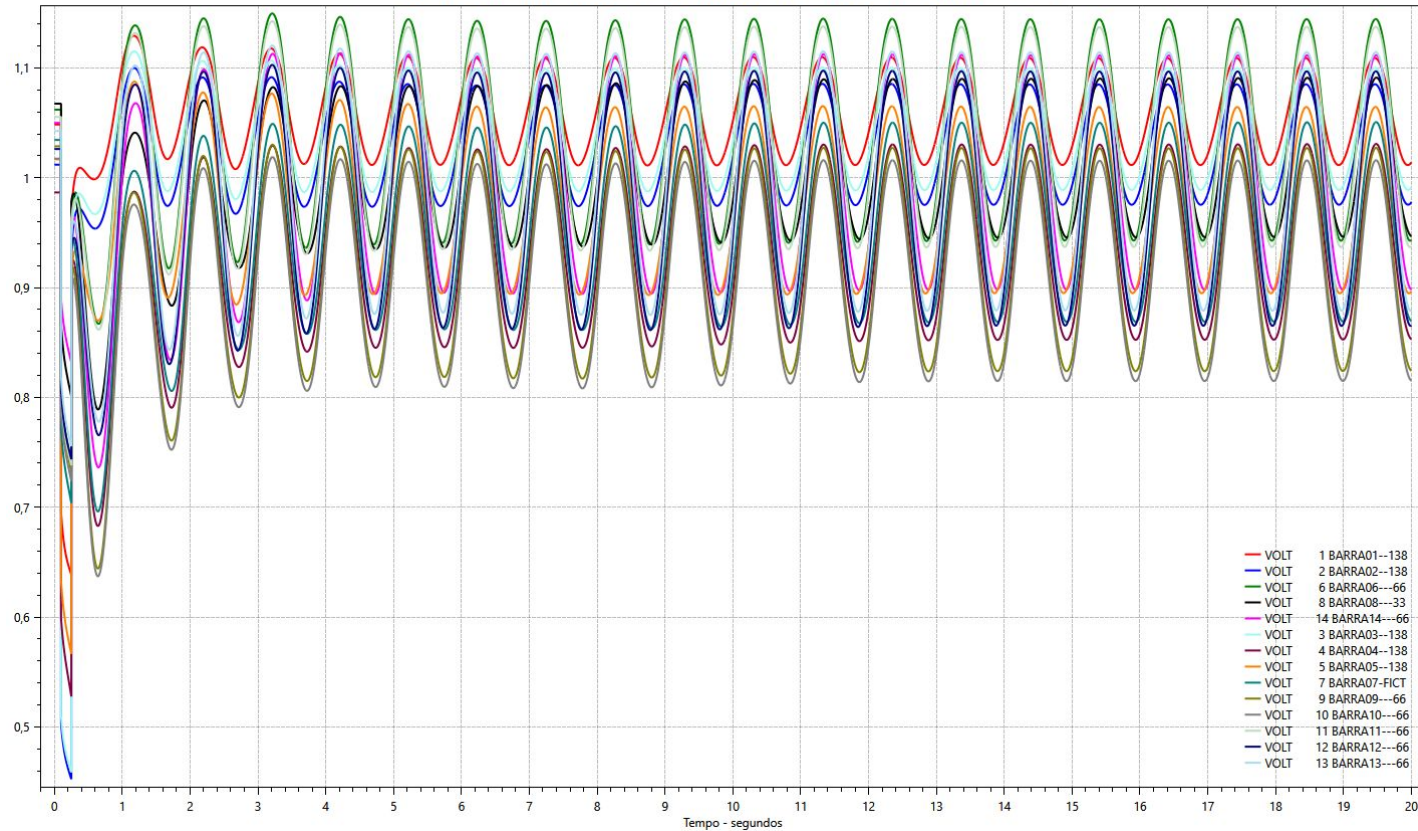
Retirada da Linha de Transmissão entre as barras 2 e 4



Desenvolvimento



Retirada da Linha de Transmissão entre as barras 2 e 4



Desenvolvimento



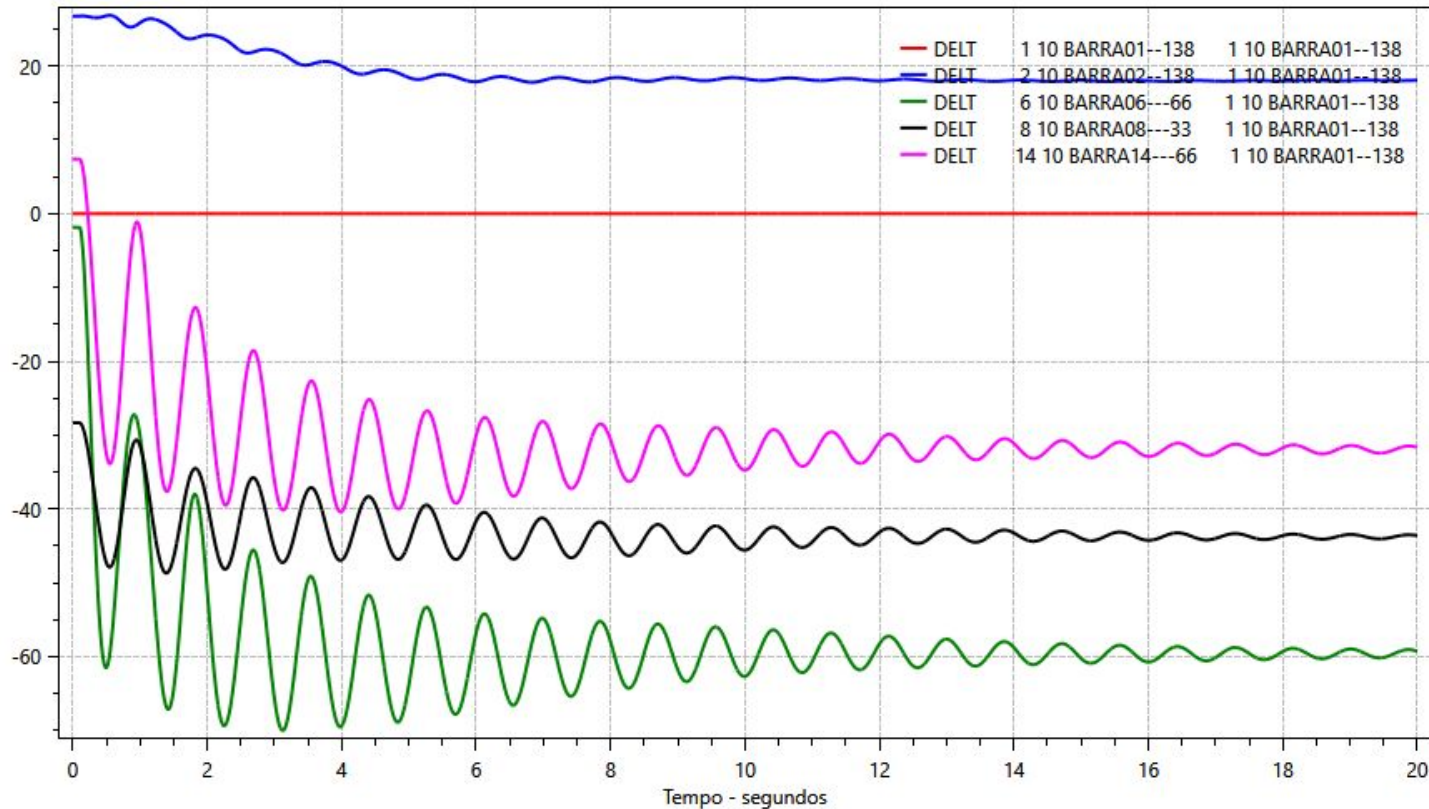
A solução que encontramos para o caso de instabilidade angular do trabalho em estudo é válida para os dois casos críticos mostrados anteriormente.

Caso	De	Para
Geração da Barra 06	19,29 MW	50 MW
Geração da Barra 14	50 MW	70 MW
Geração da Barra 2	28,3 MW	50 MW
Geração da Barra 1	198,9 MW	124,8 MW
Tensão da barra 6	1,062 pu	1,08 pu

Desenvolvimento



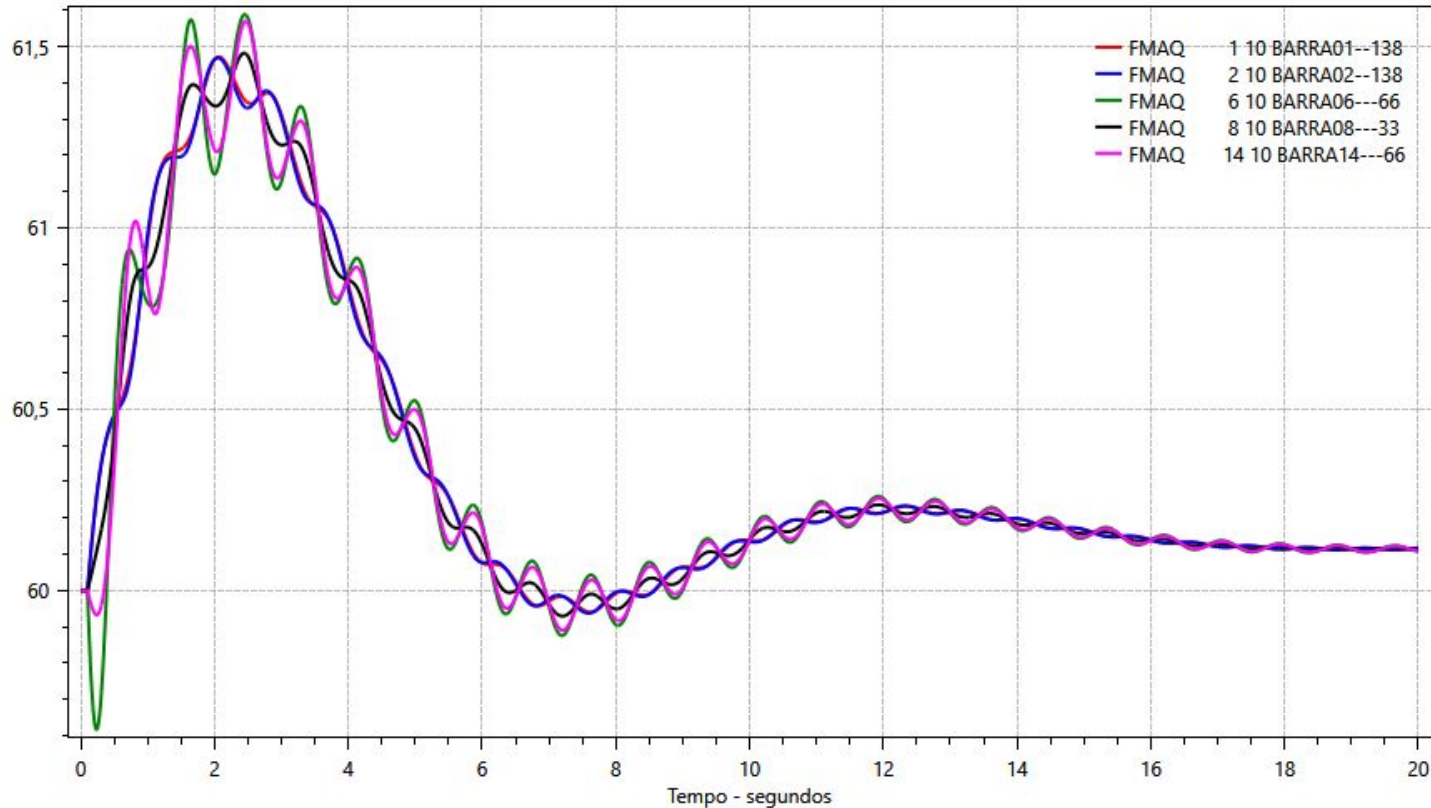
Retirada do Trafo conectado entre as barras 5 e 6



Desenvolvimento



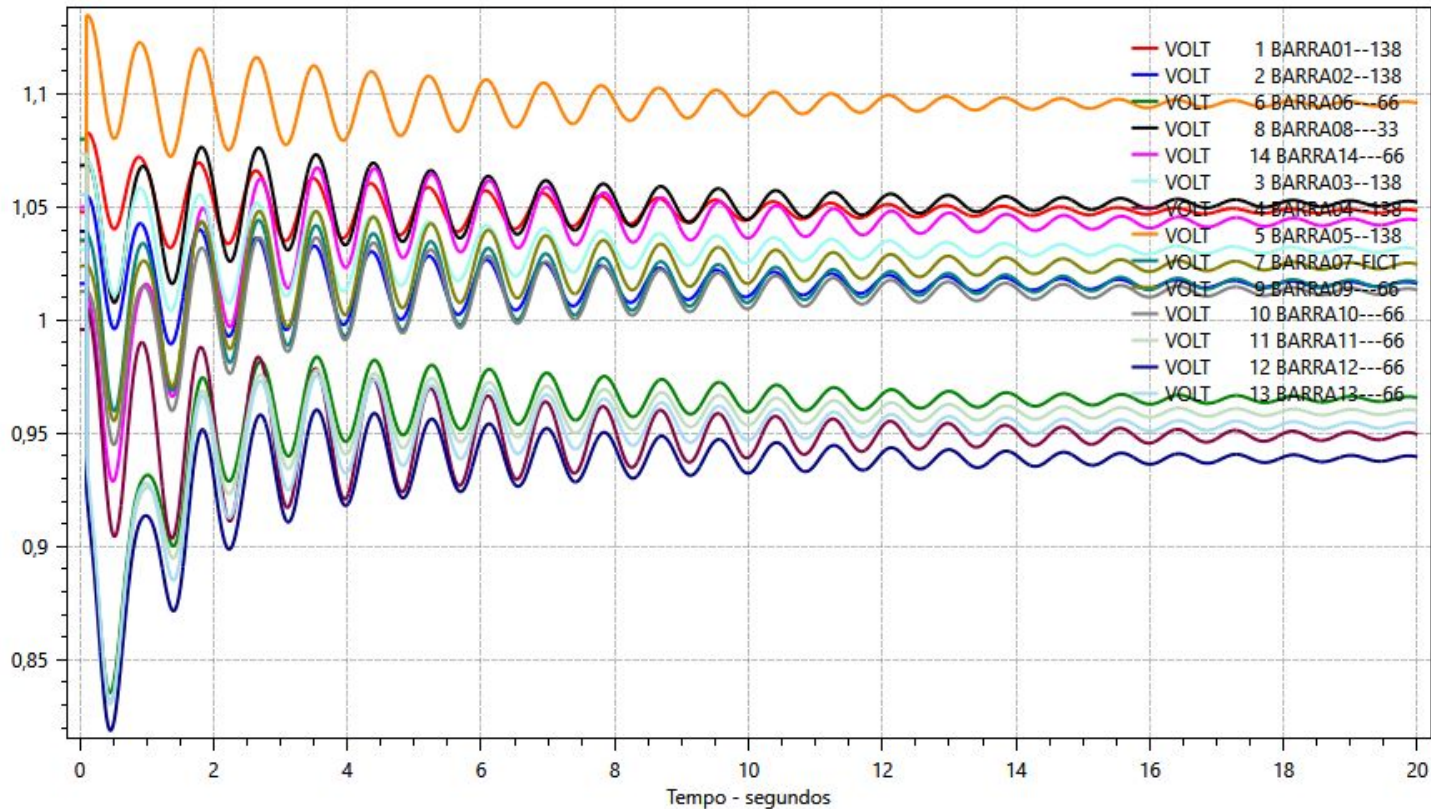
Retirada do Trafo conectado entre as barras 5 e 6



Desenvolvimento



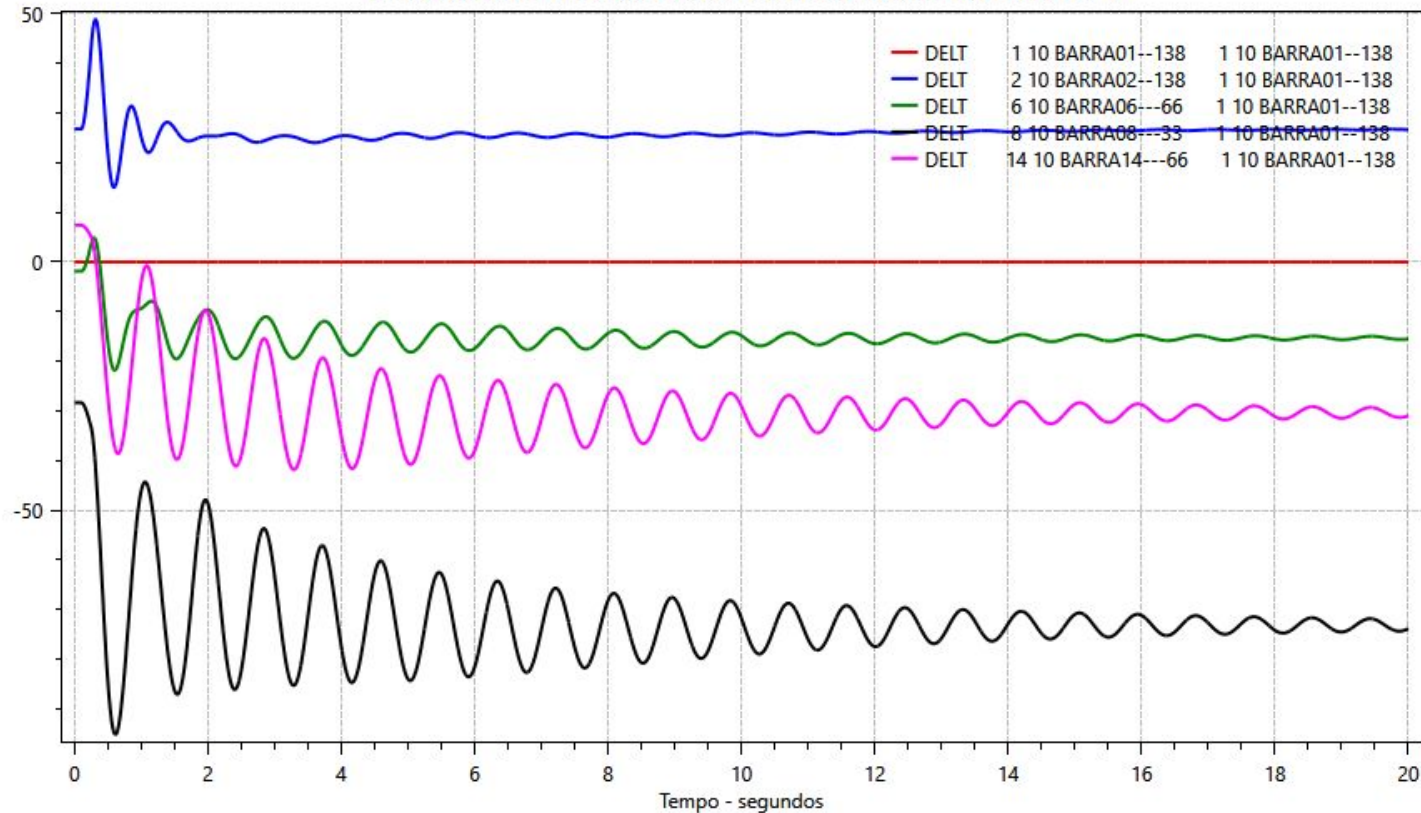
Retirada do Trafo conectado entre as barras 5 e 6



Desenvolvimento



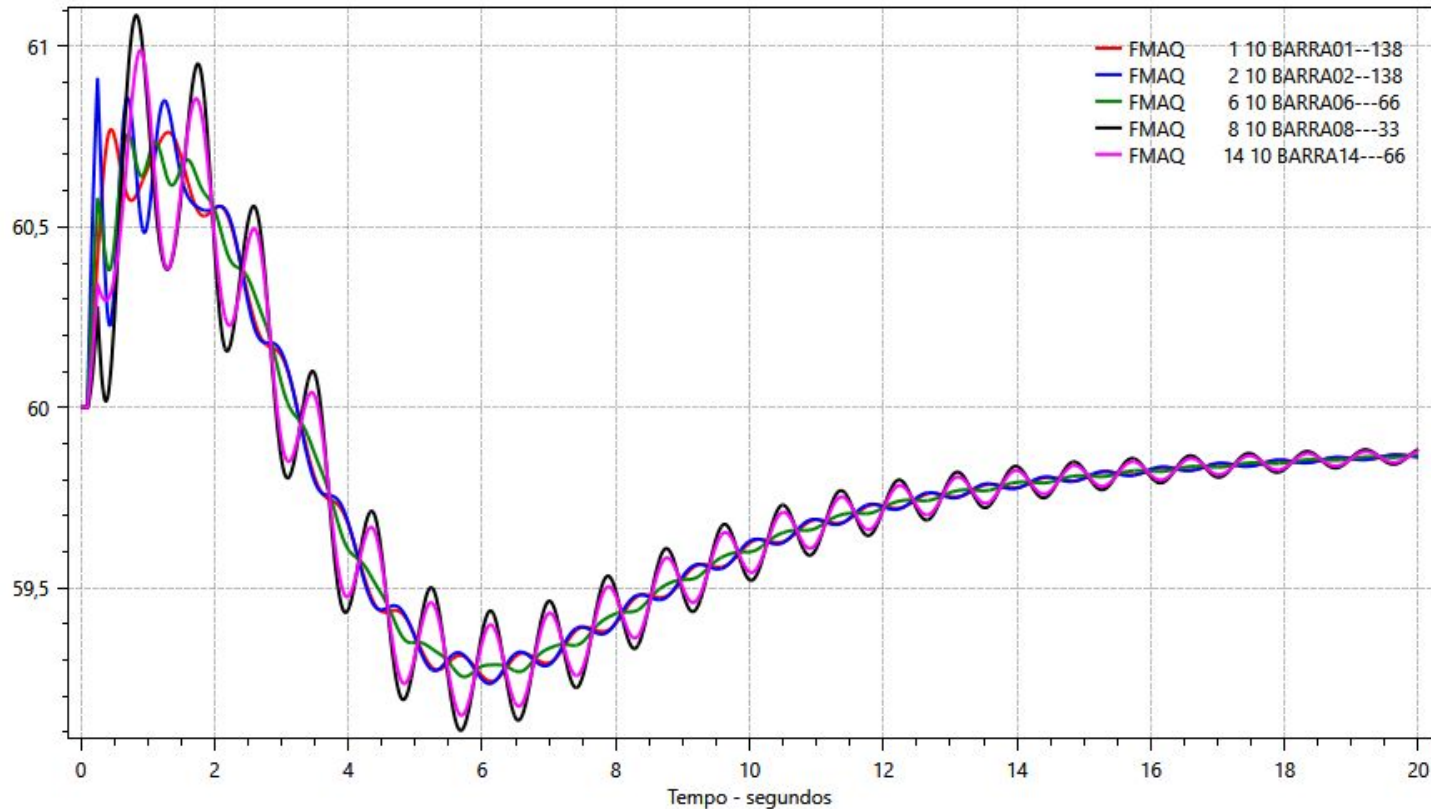
Retirada da Linha de Transmissão entre as barras 2 e 4



Desenvolvimento



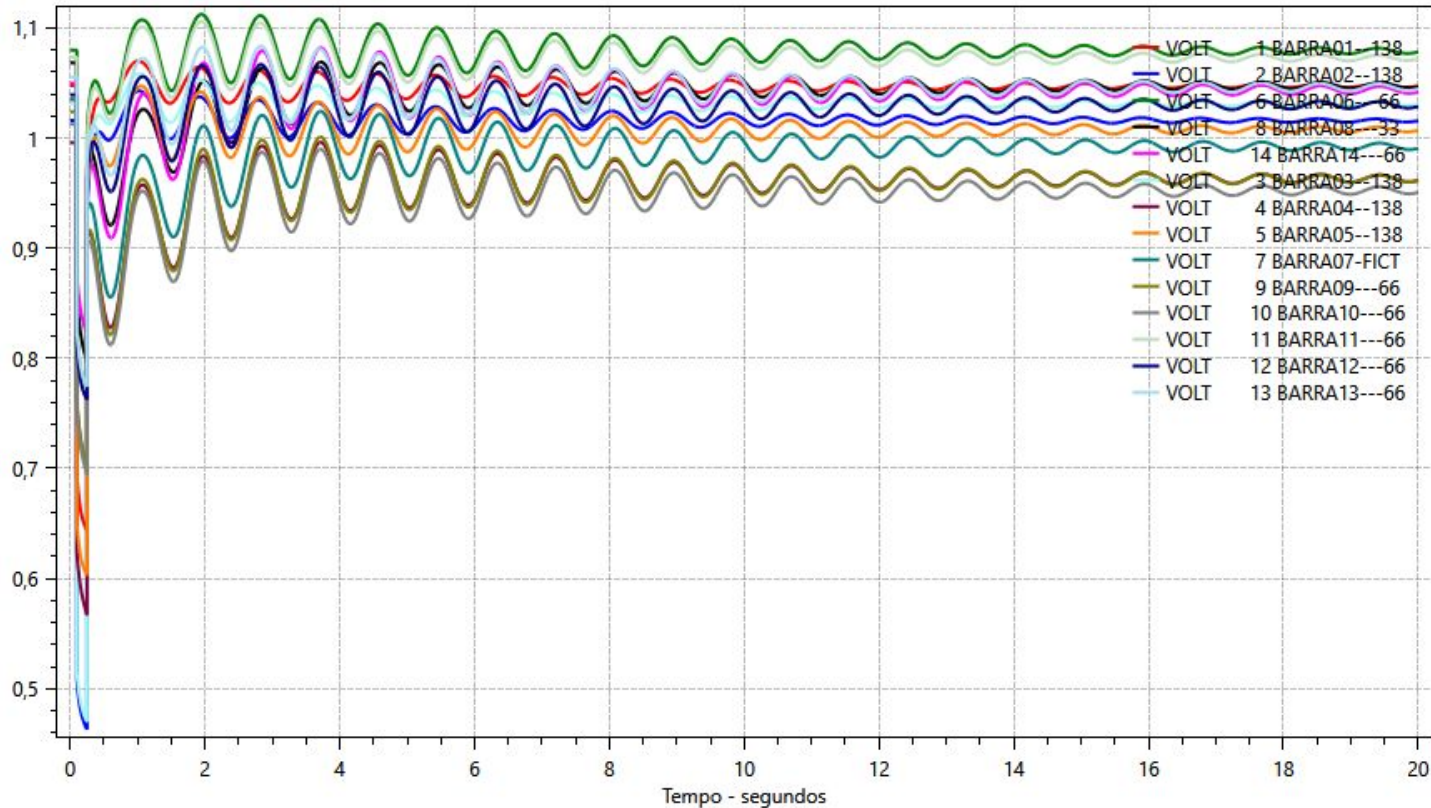
Retirada da Linha de Transmissão entre as barras 2 e 4



Desenvolvimento



Retirada da Linha de Transmissão entre as barras 2 e 4



Conclusão



- As técnicas empregadas foram eficientes para corrigir os problemas oriundos das contingências críticas observadas.
- A operação do sistema passou a respeitar os critérios de estabilidade expostos nos Procedimentos de Rede do ONS.

Referências



- Notas de aula da disciplina *Estabilidade de Sistemas Elétricos de Potência*, prof. Marcelo A. Tomim, UFJF, 2019.
- Submódulo 23.3: Diretrizes e Critérios para Estudos Elétricos. Procedimentos de Rede do ONS, 2018.