



Seminário Nacional de Produção e
Transmissão de Energia Elétrica

ANÁLISE DA COORDENAÇÃO ESTÁTICA E DINÂMICA ENTRE OS LIMITADORES DO REGULADOR DE TENSÃO E AS PROTEÇÕES DE MÁQUINAS SÍNCRONAS

GPC-26

Rafael Bertolini de Paiva
Paulo Márcio da Silveira

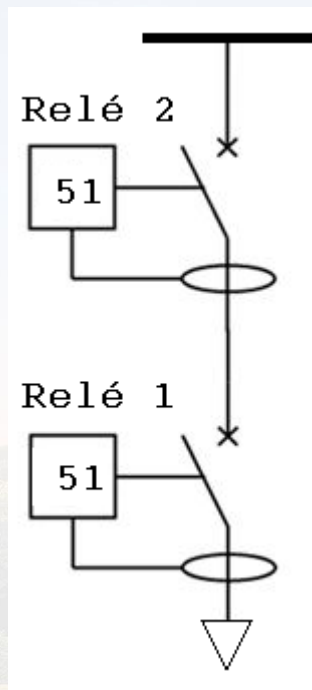
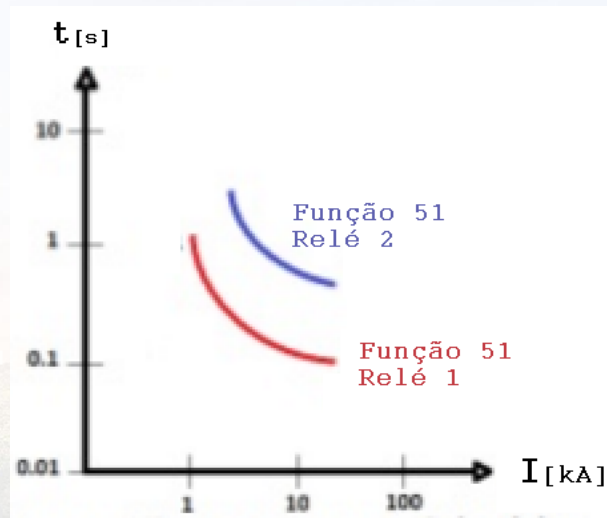


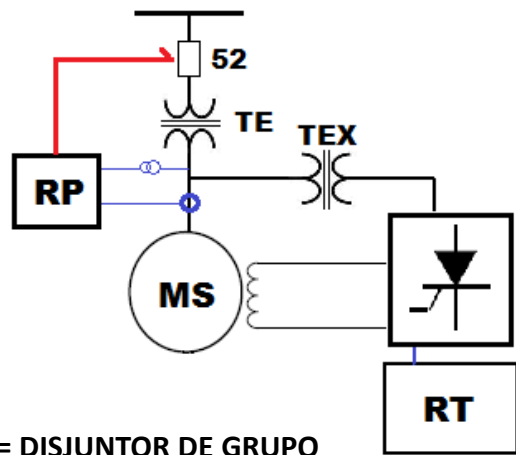
Coordenação entre Relés:

Ato ou efeito de dispor dois ou mais dispositivos de proteção em série, de forma a atuarem em uma sequência de operação preestabelecida, garantindo a seletividade da proteção.

Consequência de uma boa coordenação:

Desligamento do disjuntor mais próximo do defeito.





RP = RELÉ DE PROTEÇÃO

- Limitadores x 24, 40, 49, 50/51(TEX)
- RT e PSS x 68, 78, 27, 59, 51V
- RV x 32 e 81

Aplicada **somente** para análise da coordenação **limitadores do RT** X **determinada proteção**;
É a “folga” (intervalo de coordenação) entre o pickup do limitador com o pickup da proteção equivalente.

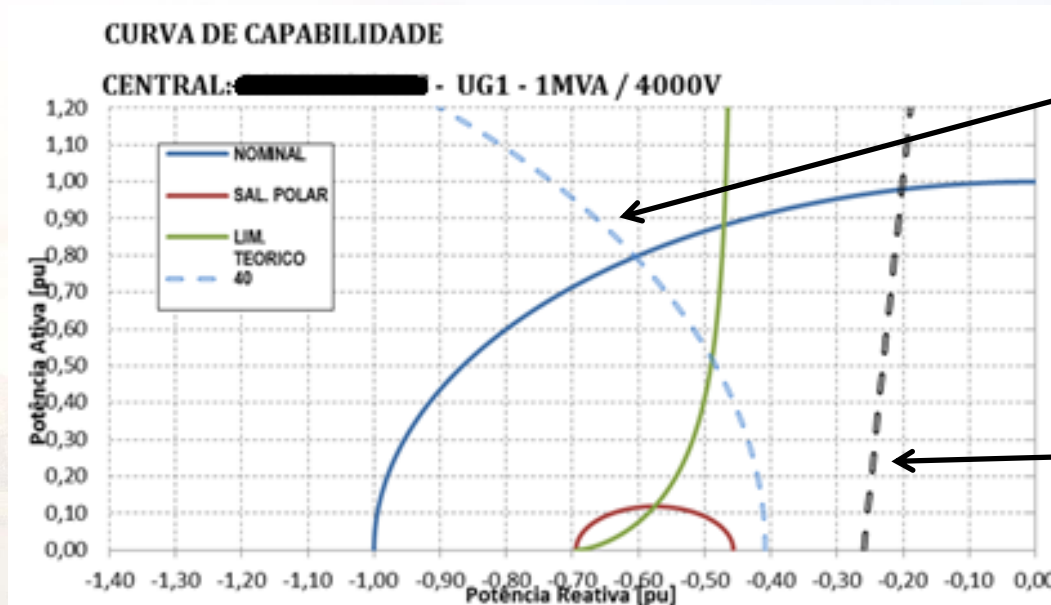
RT		RP		Folga
Limitador	Pickup	Função	Pickup	
VHZ	$V/Hz = 1,05 \text{ pu} / \text{pu}$	24	$V/Hz = 1,08 \text{ pu/pu}$	3%
SCL	$I_t = 1,0 \text{ pu}$	49	$I_t = 1,05 \text{ pu}$	5%
OEL (térn.)	$I_f = 1,0 \text{ pu}$	51 (TEX)	$I_f = 1,25 \text{ pu}$	25%
UEL	$Q = -0,8 \text{ pu}^*$	40	$Q = -0,9 \text{ pu}^{**}$	10%

*Ponto Q da tabela PQ do UEL para ($P=0$ e $V_t=1\text{pu}$)

**Ponto Q tal que $Q = -1/(x_d+x'_d/2)$

O limitador e a proteção estão estaticamente coordenados, mas dinamicamente não.

Exemplo de um caso Real: Relé 40 x UEL



Relé 40

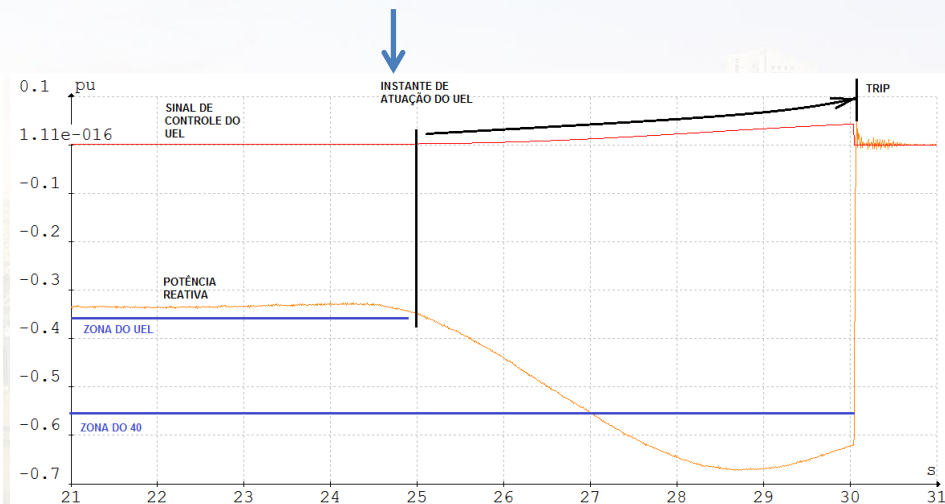
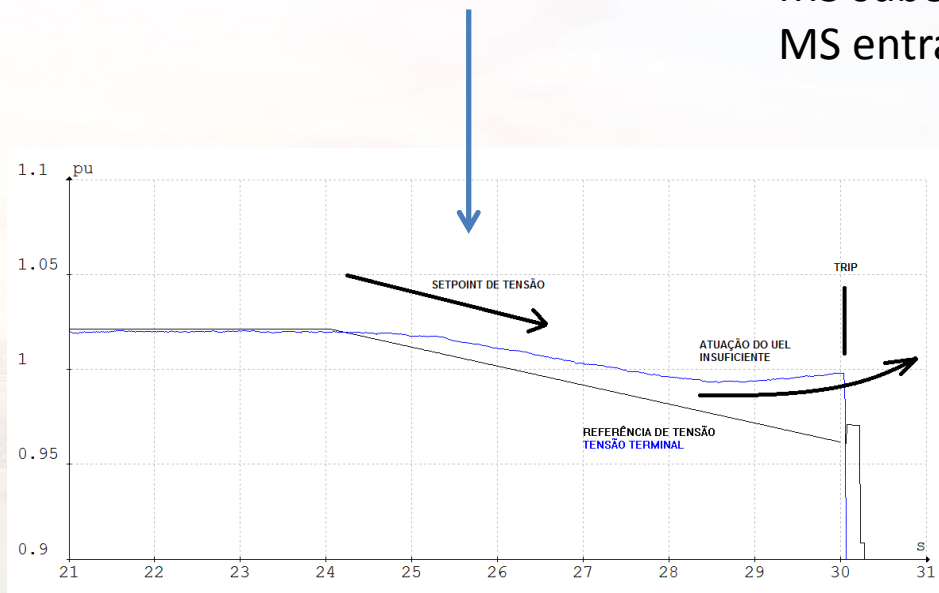
Coordenados Estaticamente

UEL

O limitador e a proteção estão estaticamente coordenados, mas dinamicamente não.
Exemplo de um caso Real: Relé 40 x UEL

Setpoint de tensão terminal;

MS subexcita entrando na região do UEL -> atuação lenta
MS entra na região do 40 -> TRIP em 3s pela Zona 2



É a garantia de que o controle e a proteção estão devidamente coordenados.

Essa análise dinâmica não se restringe somente aos limitadores, mas ao sistema de controle de tensão e velocidade como um todo, com as demais funções de proteção da MS.

Problema: como analisar a coordenação dinâmica?

Metodologia 1 - Através de testes de campo :

Prós:

- Facilidade de realização através de ensaios do tipo degrau de tensão;

Contras:

- Análise limitada. Distúrbios mais severos não são factíveis de serem realizados;
- O ponto real da operação de um limitador de subexcitação ou sobre-excitação pode não ser atingidos durante os testes.

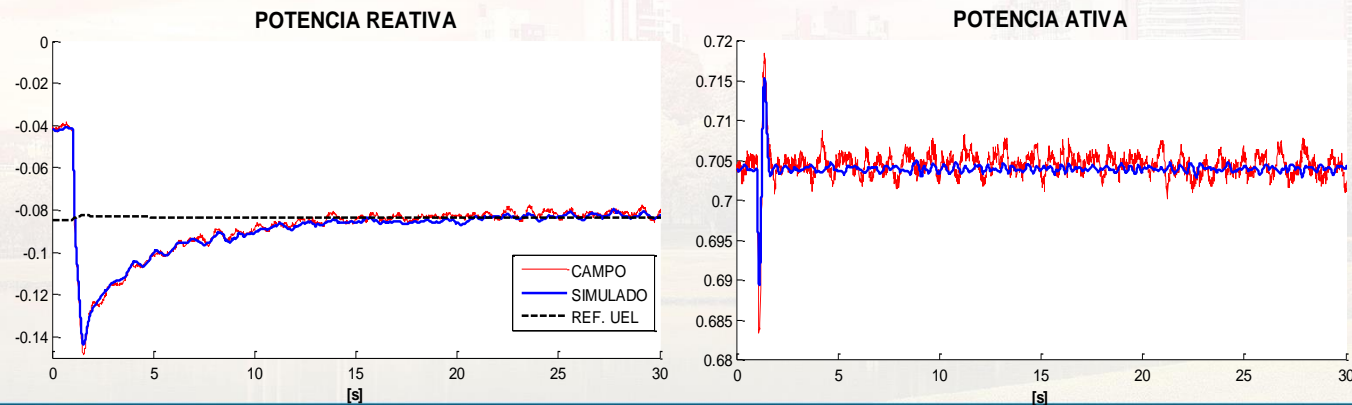
Metodologia 2: Através de Estudos de Transitórios Eletromecânicos:

Prós:

- Possível analisar os eventos mais severos através de simulações para confirmar que os dispositivos de controle e proteção estão devidamente coordenados.

Contras:

- Complexidade: toda a modelagem matemática da unidade que está sendo analisada deve ser resultado de um modelo validado com curvas de campo.



Devido a essa restrição, esse tipo de estudo só deve ser realizado no pós operacional da unidade!

Estudo de seletividade para:

- Ajustar a função 40 e recomendação da curva do UEL.

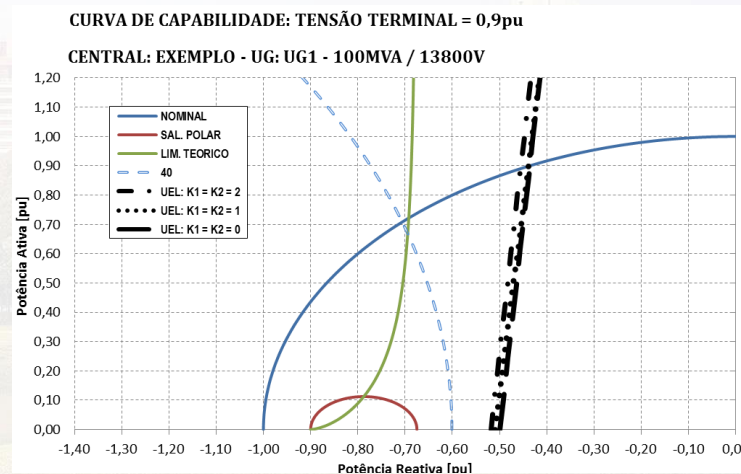
Estudo da Coordenação Dinâmica -> Pós-Operação:

Após a validação matemática dos controladores (RT e RV) e do processo (MS, turbina, atuadores, etc.) realiza-se um estudo de transitórios eletromecânicos para:

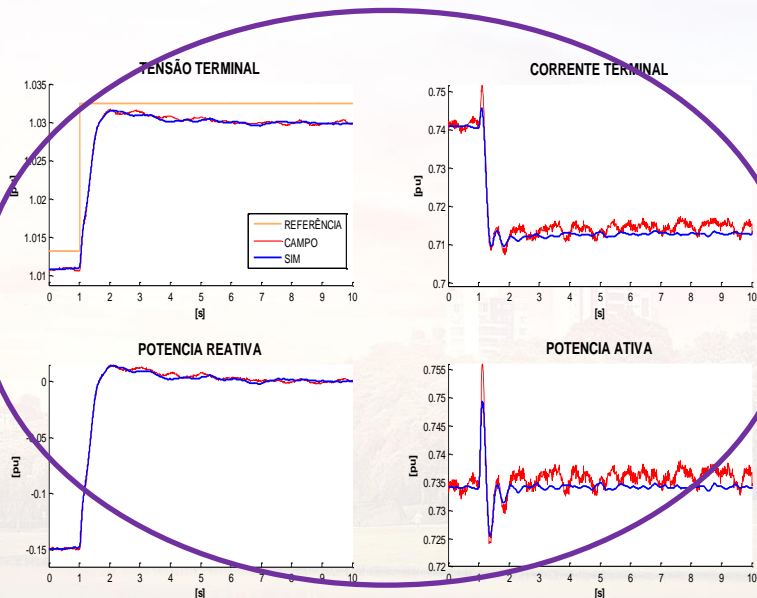
- Confirmar que os ajustes do controlador PID do UEL estão adequados;
- Confirmar que a coordenação estática é suficiente;
- Confirmar que a temporização do relé 40 é suficiente.

Passo 4: verificação da coordenação estática do UEL e o relé 40 no plano PxQ (folga=10%)

- Observa-se os três tipos de curvas do UEL para $k_2 = 0, 1$ e $2 \times \text{Relé } 40$
- Análise em $V_t=1\text{pu}$
- Análise em $V_t=0,9\text{pu}$: Mínima tensão de operação



Passo 1: A partir dos modelos validados, montar o cenário para estudo da coordenação dinâmica:



Validação dos Modelos

```

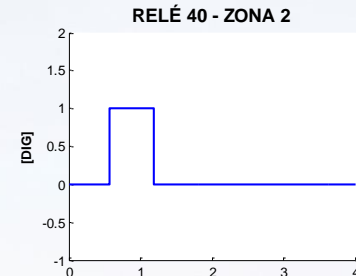
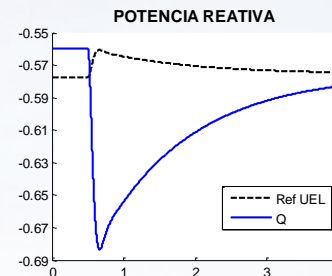
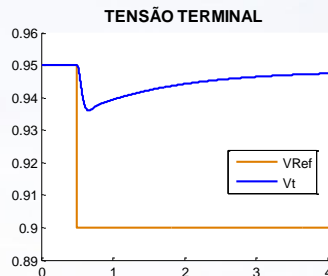
=====
(.Elaborado pelo Núcleo de Estudos da REIVAX - 02/2017
(.Lucas Mano da Silva, Rafael Bertolini de Paiva
(.lucas.mano@reivax.com , rafael.paiva@reivax.com)
(.REIVAX: (48)3027-3700
=====
(.CTS BRASIL
(.UHE TAQUARUCU
(.UG#5
DMDG MD02
(.UHE TAQUARUCU - UG#5
(No) (CS) (Xd) (Xq) (X'd) (X'q') (T'd) (T'q')
0001.....001 121 90 35 30 17.5 4.60 .100 .220
(No) (Ra) (R) (D) (MVA) Ex C
0001.....5.9 3.100 0.1 112.0
9999999
(.
=====
(.CURVAS DE SATURACAO DE GERADOR
DOST
(
(..... UHE TAQUARUCU - UG#5
(No) T (T1) (T2) (X1)
0001.....2 0.067175 5.961691 0.8
9999999
(.
=====
(.CONTROLORES DEFINIDOS PELO USUARIO
DOST
DOST IMPE
(.RT - REGULADOR DE TENSÃO: REIVAX G2
(noda) (nome odu)
00001 RT_TAQUA_UG5
=====
    
```

Funções de Prot.:
24,32,40,81,etc..

Modelagem para Estudos Trans.
Eletromecânicos

Passo 2: Simulação de distúrbios

- Degrau de tensão
- Variação de X_e
- Variação de tensão na Barra



Passo 3: Se detectado algum caso de descoordenação, analisar as ações corretivas:

Ação 1 – Aumentar a temporização do relé 40 Zona 2

Ação 2 – Aumentar a folga da curva do UEL

Ação 3 – Aumentar o ganho do controlador do UEL

Ação 4 – Operacional visando os eventos programados

Ação 5 – Alterar a topologia do UEL Somador para Seletor

- A coordenação entre proteção e controle não está restrita somente aos limitadores do RT;
- A coordenação estática dos limitadores é o ponto de partida em estudos pré-operacionais;
- A coordenação dinâmica garante que o controle está coordenado com as proteções;
- A análise da coordenação dinâmica através de estudos de transitórios eletromecânicos só é possível através de modelos devidamente validados;
- Devido à validação do modelo, os estudos dinâmicos ficam restritos para uma etapa pós-operacional da unidade;
- Esses estudos pós-operacionais darão subsídios para refinar as proteções e o controle da MS, evitando-se desligamento.

RAFAEL BERTOLINI DE PAIVA

 (48) 3027-3784

 rafael.paiva@reivax.com

 www.reivax.com