

# ***ESTUDO DE ESTABILIDADE TRANSITÓRIA PARA AJUSTE DAS FUNÇÕES DE ANTI-ILHAMENTO***

<b>ÍNDICE</b>
---------------

1. Introdução .....	3
2. Proteções de Anti-ilhamento .....	4
3. Premissas para Estudo.....	5
4. Resultados Esperados.....	7
5. Bibliografia .....	10

## 1. Introdução

A operação ilhada no sistema de energia elétrica da CELESC Distribuição, de forma não controlada, é vedada. Além disso, segundo o item 5.2.2 da Seção 3.2 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), o acessante que conecta suas instalações ao sistema de distribuição não pode reduzir a flexibilidade de recomposição do mesmo, em função de limitações dos equipamentos ou por tempo de recomposição. Ainda com relação ao PRODIST, segundo o item 5.2.6 da Seção 3.2 do Módulo 3, o acessante deve ajustar suas proteções de maneira a desfazer o paralelismo caso ocorra desligamento, antes da subsequente tentativa de religamento.

Tal como previsto pelo PRODIST, a CELESC Distribuição não bloqueará o religamento automático de seus alimentadores ou deixará de realizar qualquer outro tipo manobra em função da presença de unidades geradoras nas redes de distribuição. Para tanto, a CELESC Distribuição exige que os acessantes possuam em suas instalações arranjos de proteção que identifiquem a condição de ilhamento e que atuem no desligamento de todas as unidades geradores da instalação.

Dentre as funções de proteção de anti-ilhamento, destacam-se as funções ANSI 78 (salto de vetor) e ANSI 81 ROCOF (taxa de variação de frequência), pois, por serem técnicas passivas de detecção de ilhamento, possuem custo de implantação relativamente baixo. Para o ajuste destas funções de proteção é necessário a elaboração de um estudo de estabilidade transitória, considerando todas as dinâmicas associadas, de modo que o tempo de atuação das funções de proteção possa ser avaliado.

O objetivo do presente relatório é fornecer as diretrizes básicas para a elaboração do estudo de estabilidade transitória no formato sugerido pela CELESC Distribuição.

## 2. Proteções de Anti-ilhamento

As funções ANSI 78 (salto de vetor) e ANSI 81 ROCOF (taxa de variação de frequência) são técnicas passivas de detecção de ilhamento. Estes métodos são capazes de detectar a operação ilhada de forma muito mais rápida do que os limites de tensão e frequência, que são técnicas básicas de detecção de ilhamento. Em contrapartida, estas funções de proteção também são sensíveis para distúrbios como curto circuitos.

Para minimizar a ocorrência de atuações indevidas, bloqueios por subtensão são utilizados. Nesse sentido há um compromisso entre falhas de atuação e atuações indevidas que deve ser avaliado de forma criteriosa.

Durante a operação ilhada, a frequência da ilha varia com o desequilíbrio entre a potência ativa gerada ( $P_g$ ) e a potência consumida ( $P_c$ ), tal como descrita pela Equação (1):

$$\frac{df}{dt} = \frac{f_0}{2H} (P_g - P_c) \quad (1)$$

Sendo que  $f_0$  é a frequência do sistema de energia elétrica e  $H$  a constante de inércia da ilha. A taxa com a qual a frequência da ilha varia é o parâmetro de avaliação para a proteção ANSI 81 ROCOF. Caso a taxa supere o valor de ajuste, esta função de proteção atua no sentido de desconectar as unidades de geração. Esta técnica é sensível para detectar ilhamentos quando a variação da frequência é relativamente lenta, o que ocorre quando desbalanço de potência ativa gerada e consumida é pequena.

Por sua vez, a função de proteção ANSI 78 monitora o deslocamento de fase (graus elétricos) de tensão, que é aferido como a diferença entre ciclos consecutivos. Embora exista uma correlação entre as duas técnicas, a atuação de uma destas funções de proteção não implica necessariamente na atuação da outra função. Por exemplo, para valores de taxa de variação de frequência incapazes de sensibilizar a função de proteção ANSI 81 ROCOF, o deslocamento de fase resultante pode ser suficiente para sensibilizar a função de proteção ANSI 78.

### 3. Premissas para Estudo

O estudo de estabilidade transitória para o ajuste das funções de anti-ilhamento deverá ser realizado através do software ANATEM/ATP. Para a realização do estudo, as seguintes premissas devem ser adotadas:

1. As unidades geradoras deverão ser modeladas juntamente com os controles de demais equipamentos associados, por exemplo, os controles de tensão e velocidade e as turbinas. Os modelos dinâmicos destes componentes deverão ser apresentados na forma de diagrama de blocos e a parametrização na forma de tabela;
2. Caso exista mais de uma usina prevista ou em operação no mesmo alimentador, devem ser considerados cenários com e sem a operação das demais usinas;
3. Ambas as funções de proteção (ANSI 78 e ANSI 81 ROCOF) deverão ser ajustadas de modo a atuar em no máximo 3 segundos, considerando o tempo de abertura do disjuntor e o tempo de processamento do relé. Em função disso, o tempo máximo utilizado para a simulação dinâmica pós-distúrbio é 3 segundos;
4. Há grande diferenciação entre os diferentes métodos de detecção da função 78 nos diferentes relés comerciais, deve ser indicado para tanto o método de cálculo do relé e a sua modelagem para análise do estudo.
5. É vedada a temporização da função de proteção ANSI 78. A temporização da função de proteção ANSI 81 ROCOF é aceita mediante a justificativa técnica;
6. Conforme recomendação da IEEE1 1548, o valor de filtragem da grandeza para a ROCOF fica definido para pelo menos 100ms. Sem filtragem é praticamente impossível utilizar a grandeza de taxa de variação de janela de filtragem da grandeza.
7. Nos casos nos quais ambas as funções de proteção apresentam falhas de atuação (ou seja, deveria atuar mas não atuam), deverão ser evidenciadas as medidas corretivas que serão adotadas. Caso nenhuma medida corretiva seja adotada, esta informação também deverá ser evidenciada, indicando que o acessante está ciente destas condições e dos riscos associados;
8. A condição deilhamento espontâneo **deverá** ser avaliada nas condições de carregamento informadas pela CELESC Distribuição. Entende-se por ilhamento espontâneo a abertura de algum ponto da rede (também definido pela CELESC Distribuição) sem a ocorrência de um distúrbio. Desse modo as unidades geradoras passarão a operar de forma ilhada com uma porção de cargas da CELESC Distribuição. **Recomenda-se** a avaliação do desempenho das funções de proteções ANSI 78 e ANSI 81 ROCOF na condição de curtos-circuitos

monofásicos, monofásicos com impedância de  $40\Omega$  e trifásicos a fim de que atuações indevidas sejam evitadas.

## **4. Resultados Esperados**

Os resultados obtidos no estudo de estabilidade de anti-ilhamento deverão ser apresentados tal como indicado de forma ilustrativa na Tabela 1. Nesta Tabela, P1 e P2 descrevem de forma genérica os distúrbios a serem avaliados. Poderão ser avaliados quantos distúrbios os projetistas julgarem necessários, desde que oilhamento espontâneo seja avaliado. Os distúrbios avaliados deverão ser descritos de forma detalhada no memorial descritivo.

Os tempos de atuação das funções de proteção serão obtidos em função dos ajustes propostos pelo projetista, os quais deverão ser informados no memorial descritivo. Os ajustes mínimos a serem informados são o pickup da função de proteção ANSI 78, o pickup da função de proteção ANSI 81 ROCOF e o ajuste do bloqueio por subtensão.

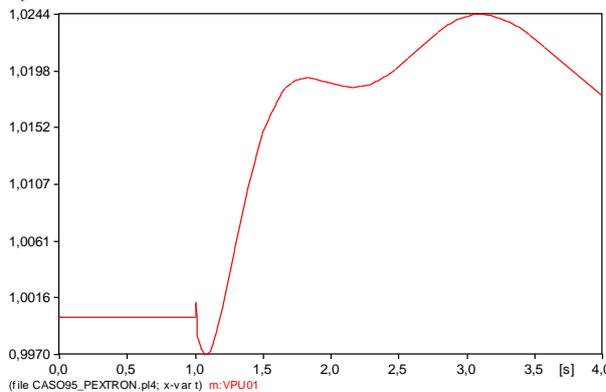
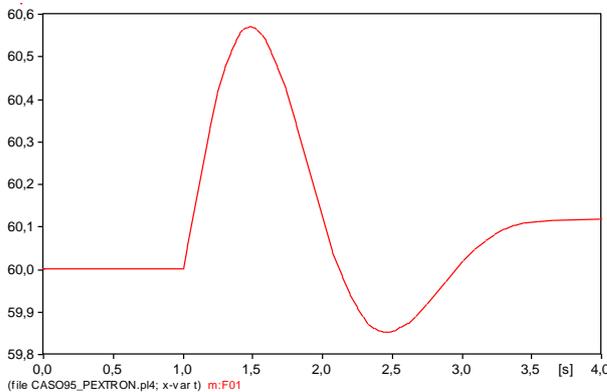
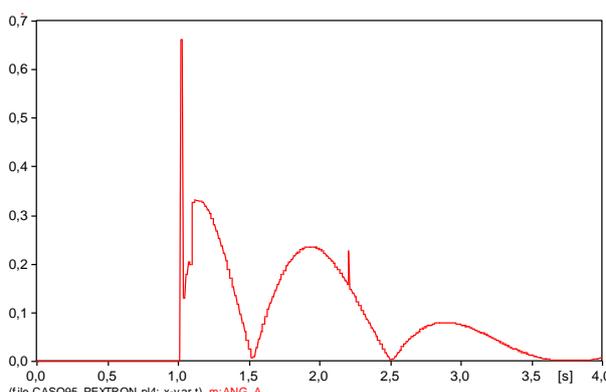
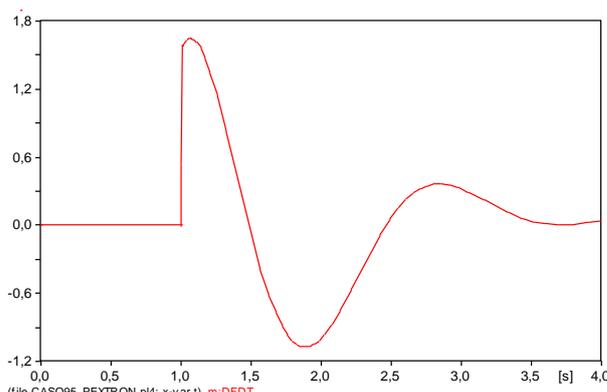
Na Tabela 1, a coluna “Tensão após evento [%]” deverá ser preenchida com a menor tensão observada pós-distúrbio em termos percentuais da tensão nominal do sistema. Por sua vez, as colunas “ $\Delta V$  (variação do vetor de tensão) [graus]” e “ $df/dt$  [Hz/s]” deverão ser preenchidas com os valores máximos observados pós-distúrbio. Para a apresentação dos resultados gráficos o padrão indicado no Quadro 1 deverá ser adotado.

**Tabela 1 – Exemplo de Resultados Obtidos no Estudo de Estabilidade de Anti-ilhamento**

Caso	Número de Máquinas Acessante	Carga do sistema CELESC	Distúrbio avaliado	Tensão após evento [%]	ANSI 78		ANSI 81 ROCOF	
					$\Delta V$ (variação do vetor de tensão) [graus]	Tempo de atuação [ms]	df/dt [Hz/s]	Tempo de atuação [ms]
1	1	MÍNIMA	P1					
2	1	LEVE	P1					
3	1	MÉDIA	P1					
4	1	PESADA	P1					
5	1	IGUAL A GERAÇÃO DA USINA	P1					
6	2	MÍNIMA	P1					
7	2	LEVE	P1					
8	2	MÉDIA	P1					
9	2	PESADA	P1					
10	2	IGUAL A GERAÇÃO DA USINA	P1					
11	1	MÍNIMA	P2					
12	1	LEVE	P2					
13	1	MÉDIA	P2					
14	1	PESADA	P2					
15	1	IGUAL A GERAÇÃO DA USINA	P2					
16		MÍNIMA	P2					
17	2	LEVE	P2					
18	2	MÉDIA	P2					
19	2	PESADA	P2					
20	2	IGUAL A GERAÇÃO DA USINA	P2					

Obs: Nos casos de carga igual à geração da usina, deve ser considerado fluxo ativo e reativo igual a zero no ponto de ilhamento.

**Quadro 1 – Padrão para Apresentação dos Resultados Gráficos**

<b>CASO 1: Distúrbio P1 – 1 UG – Carga Leve</b>	
<b>Descrição do Caso:</b>	
<b>Tensão [p.u.]</b>	<b>Frequência [Hz]</b>
 <p>(file CASO95_PEXTRON.pl4; x-var t) m:VPU01</p>	 <p>(file CASO95_PEXTRON.pl4; x-var t) m:F01</p>
<b>Deslocamento Angular [graus]</b>	<b>Taxa de Variação da Frequência [Hz/s]</b>
 <p>(file CASO95_PEXTRON.pl4; x-var t) m:ANG_A_</p>	 <p>(file CASO95_PEXTRON.pl4; x-var t) m:DFDT</p>
<b>Resultados Obtidos:</b>	

## 5. Bibliografia

- a) PRODIST Módulo 3 – Acesso ao Sistema de Distribuição
- b) Instrução Normativa I-432-0004 - Requisitos Para a Conexão de Micro ou Minigeradores de Energia ao Sistema Elétrico da Celesc Distribuição.
- c) P. Kundur, Power System Stability and Control, McGraw-Hill, 1994.
- d) Instrução Normativa I-432-0003 - Requisitos Gerais Para Conexão de Autoprodutor e Produtor Independente de Energia à Rede da Celesc.
- e) W. Freitas, W. Xu, C. Affonso and Z. Huang, Comparative analysis between rocof and vector surge relays for distributed generation applications, IEEE Transactions on Power Delivery 20 (2005), pp. 1315–1324. doi:10.1109/TPWRD.2004.834869.
- f) Load representation for dynamic performance analysis (of power systems), IEEE Transactions on Power Systems 8 (1993), pp. 472–482. doi:10.1109/59.260837.