Produção e Transporte de Energia 2

-

Definição de Condições de Ligação à Rede

J. A. Peças Lopes

Universidade do Porto
FEUP Faculdade de Engenharia

Introdução

- **Grande Aumento da Produção Distribuída (PRE):**
  - A ligar fundamentalmente nas redes de distribuição e sub-transmissão (MT e AT);
- **Aparecimento de Grandes Instalações de Produção Eólica (PRE)**

Necessidade de definição e harmonização de ***Regras e Procedimentos e CondiçõesTécnicas*** *para permitir a ligação às redes da PRE*

Principais Características da PRE

- **Actualmente é encarada como:**
  - Não despachável;
  - Não controlável;
  - Diferentes tecnologias de conversão energética;
  - A rede é obrigada a receber toda a produção;
  - Remunerada por tarifas especiais.

- **Necessidade de introduzir novos conceitos:**
  - Controlabilidade:
    - **Não controlável;**
    - **Pouco controlável;**
    - **Controlável.**
  - Possibilidade de participação no mercado.

Política de Investimento nas Redes face à PRE

Grande incentivo à PRE

- **As empresas concessionárias das redes de transporte e suportam grande parte dos custos com necessidade de reforços nas infra-estruturas das redes (infra-estruturas partilhadas);**

  → *Aprovação de Planos de Investimento das Redes*

- **Os promotores suportam custos de investimento em elementos de uso exclusivo (ou antecipações de investimento);**

Menor incentivo à PRE

- **Os promotores suportam custos com infra-estruturas de uso exclusivo e reforço das redes.**

Definição de Condições Técnicas

- **Necessidade de definir de forma objectiva e transparente *regras, procedimentos e condições técnicas* que permitam integrar a PRE nas redes eléctricas;**

- **Explorar as redes de forma eficiente e segura, garantido qualidade de serviço, e evitando atrasos nas decisões relativas às autorizações de ligação dos produtores às redes.**
- **Permitir o estabelecimento de uma relação de confiança entre os produtores e as concessionárias das redes**

Impactos previsíveis nas redes

- **Variações rápidas e lentas das tensões no sistema, relativamente ao seu valor nominal;**
- **Congestionamento de ramos da rede e de subestações;**
- **Aumentos dos níveis de potência de curto-circuito;**
- **Qualidade da Onda:**
  - Níveis de *flicker*;
  - Nível de distorção harmónica.
- **Pré-despacho e despacho das unidades convencionais:**

Mercado Despacho centralizado

Variações de tensão em regime estacionário

A variação da tensão *e*(%) no ponto de ligação pode ser avaliada através da seguinte relação:

$$e(\%) \cong 100\frac{S_n}{S_k}\cos(y_k + j) = \frac{100}{R}\cos(y_k + j) \leq \lim e(\%)$$

onde:

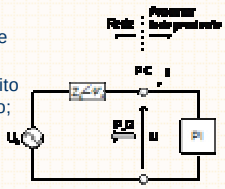
Sn é a potência aparente nominal da instalação de produção;

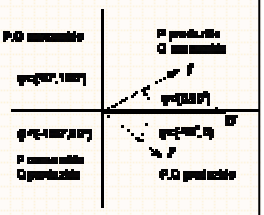
Sk é a potência de curto-circuito no ponto de ligação à rede;

?k é o ângulo da impedância de curto-circuito vista para montante do ponto de ligação;

f é o esfasamento da corrente injectada na rede pela instalação de produção (ou seja o ângulo do factor de potência);

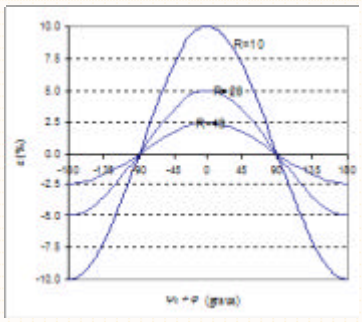
R é a relação entre a potência de curto-circuito e a potência aparente nominal da máquina.

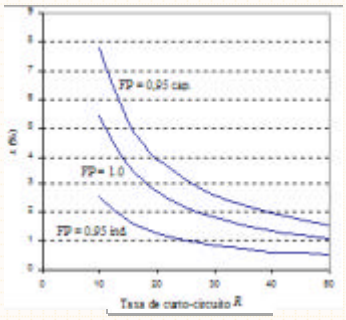




Variações de tensão em regime estacionário

- **Alguns resultados**





O valor de lim*e(%)*) tem variado de país para país:
Alemanha - 3% [5]; Grécia - de 8%.
Limitações semelhantes em Portugal e Espanha, através da definição de limites na relação 1/R. (*Por exemplo: em Portugal, em 1987, limite de 5% a 1/R, tendo este valor sido alargado para 8% em 1999)*

Definição da tg_f das instalações de PRE

- **Em Portugal:**
  - *Imposição de tgf > 0,4 (capacitivo) nas horas fora de vazio;*
  - *Imposição de tgf < 0 (indutivo) nas horas de vazio.*

  - *Interesse em passar para os PRE investimentos em compensação de potência reactiva;*
  - *Problemas para as tensões da rede em algumas situações*

Variações de tensão em regime estacionário

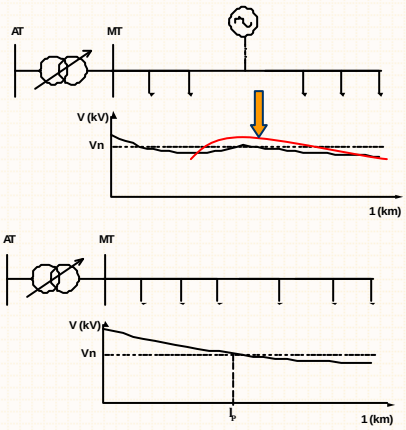
- **No caso de existirem vários geradores a ligar a uma mesma rede, a análise necessita de ser mais complexa.**

Resolução do trânsito de potências nos seguintes cenários:

- **<u>Cenário A</u> - Consumo mínimo na rede (situação de vazio), com produção nos mínimos técnicos por parte dos PRE, funcionando com factor de potência unitário;**
- **<u>Cenário B</u> - Consumo mínimo na rede (situação de vazio), com produção máxima por parte dos PRE, funcionando com factor de potência unitário;**
- **<u>Cenário C</u> - Consumo máximo na rede (situação de ponta), com produção nos mínimos técnicos por parte dos PRE, funcionando com factor de potência capacitivo, no valor que vier a ser definido;**
- **<u>Cenário D</u> - Consumo máximo na rede (situação de ponta), com produção máxima por parte dos PRE, funcionando com factor de potência capacitivo, no valor que vier a ser definido.**

Variações de tensão em regime estacionário

- ***feeders*** **diferentes apresentam diferentes perfis de tensão**



Esquemas de *compoundage* não são recomendados

Congestionamentos

- **A identificação de congestionamentos pode resultar de saturações nas redes de distribuição e ou rede de transporte.**

  Necessidade de separar esta análise em duas etapas para um horizonte temporal de planeamento, correspondente à data previsível de entrada em serviço da instalação de produção independente:
  - Verificação de congestionamentos na rede de transporte;
  - Verificação de congestionamentos nas redes de sub-transmissão e distribuição;

Congestionamentos

- **Para a avaliação dos congestionamentos na rede de transporte devem ser simulados cenários de exploração considerando:**
  - Regimes de carga nos nós de consumo (pontas e vazios);
  - Previsão das injecções máximas de PRE por zona de rede, considerando os projectos em curso com condições de acesso definidas;
  - Situações típicas de despacho da produção convencional, relativas a cada um dos cenários de consumo, considerando as variações resultantes da integração prevista de PRE;
  - Situações típicas de configuração de exploração da rede.

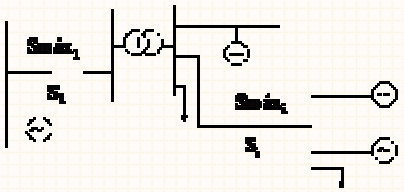
Congestionamentos

- **No que concerne às redes de sub-transmissão e redes de distribuição a avaliação dos congestionamentos deve passar pela simulação de vários cenários de exploração, considerando:**
  - Regimes de carga nos nós de consumo (pontas e vazios);
  - Previsão das injecções máximas de PRE por nó de rede, considerando os projectos em curso com condições de acesso definidas;
  - Situações associadas a configuração de exploração normais e de recurso das redes.

Congestionamentos

- **As condições a verificar são de jusante para montante, até a um barramento da rede de transporte, e para as condições mais desfavoráveis em termos de carga, as seguintes:**

$$S_1 < S_{máx1} \ldots \wedge \ldots S_j < S_{máxj}$$



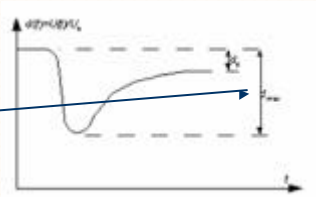
Potência instalada e potência injectada

- **A potência injectada é a grandeza que efectivamente determina as variações de tensão no sistema.**

- **Os limites à PRE devem ser impostos à potência injectada e não à potência aparente:**
  - Situação particularmente interessante para a produção eólica;
  - Implica a instalação de sistema de gestão da produção, recorrendo a gestão de interruptibilidade ou controlo de produção.

Qualidade da onda

- **Sendo as unidades de produção das instalações de PRE emissores de perturbações, é necessário verificar:**
  - Perturbações nos níveis de flicker, devidas a variações rápidas de produção (ligação, desligação, etc):
    - **Pst**
    - **Plt**



$$d_{\max}(\%) = 100 \cdot k \cdot \frac{S_n}{S_k} = \frac{100}{R} \cdot k$$

  - Perturbações devidas a harmónicos:
    - **Os conversores sãos fontes de corrente para determinados harmónicos**

Realizar estudos de trânsitos de harmónicos, verificando se as distorções de tensão ficam dentro dos limites admissíveis.

Definição de condições técnicas de exploração

- **Futuramente pode pensar-se em incluir os seguintes aspectos:**
  - Controlo de factor de potência:
    - **Flexibilizar a produção de potência reactiva, fazendo os PRE participar na gestão e controlo do sistema, com o objectivo de optimizar as condições de exploração,**
      - Ex: ***minimização de perdas na rede***

$$\begin{aligned} &\textit{Minimizar} && \Im\ (u, x) \\ &\textit{Sujeito} && j\ (u, x, p) = 0 \\ & && f\ (u, x, p) \leq 0 \end{aligned}$$

$V_{max} < V_i < V_{min}$

$S_{ij}\ max < S_{ij}$

$Qgmax_i < Qg_i < Qgmin_i$ Considerando o tipo de gerador

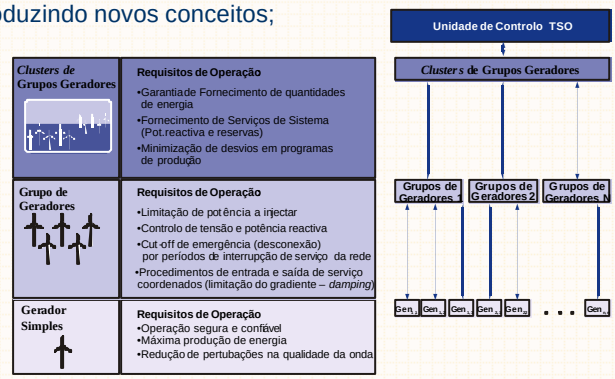
$Qimpor\ max < Qimpor$

Limites das tomadas dos transformadores AT/MT

Variáveis de controlo: Qg, escalões das baterias de condensadores e tomadas dos transformadores

Definição de condições técnicas de exploração

- **Incluir os seguintes aspectos:**
  - Admissão da possibilidade de recorrer ao controlo de potência activa ou interruptibilidade total ou parcial da produção, introduzindo novos conceitos;



Definição de condições técnicas de exploração

- **Incluir os seguintes aspectos:**
  - Definição de procedimentos e condições de ligação à rede

Tabela – Condições para ligação à rede dos geradores síncronos

	Potência do Gerador	
Grandezas	Até 500 kVA	Maior que 500 kVA
Tensão (tensão da rede 1 p.u.)	0,9 p.u. a 1,1 p.u.	0,92 p.u. a 1,08 p.u.
Desvio de frequência da rede	±0,3 Hz	±0,2 Hz
Fase (em relação à tensão da rede)	±20 °	±10 °

  - **Ligação dos geradores assíncronos** – No caso de ligação directa à rede, a ligação dos geradores à rede deverá ser feita depois de atingidos 90% da velocidade síncrona, no caso de a potência do gerador não exceder 500 kVA. Para potências superiores a 500 kVA, a ligação só deverá ser feita depois de atingidos 95 % da velocidade síncrona;
  - Por forma limitar as quedas de tensão transitórias na rede aquando da ligação dos **geradores assíncronos** à rede podem ser utilizados equipamentos auxiliares adequados tipo *soft-starting*. O número de ligações de aerogeradores assíncronos a uma rede não deve exceder uma por minuto.
  - Reposição de serviço 3 min após o restabelecimento da tensão, com temporizações > 15 s na ligação de geradores individuais.

Problemas no comportamento dinâmico do sistema

- **Desvios de frequência;**
- **Excursões no valor das tensões;**
- **Modificações nos trânsitos de potência inter-área contratualizados;**

Novos requisitos de AGC

a) Avaliação do comportamento global do sistema.

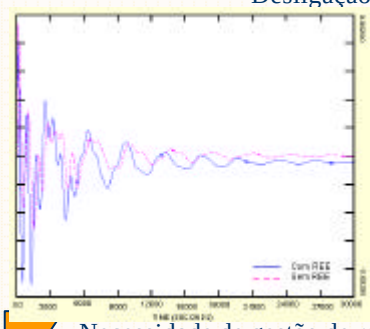
b) Análise em áreas específicas do sistema.

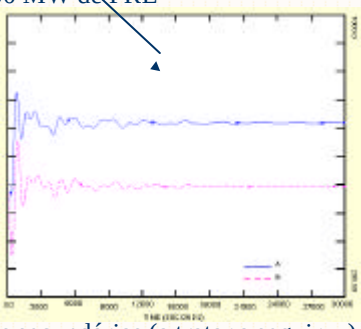
c) Coordenação das protecções.

Problemas no comportamento dinâmico do sistema

- **Trânsito de potências nas interligações**
- **Desvios de frequência**

Curto-circuito na rede de transporte seguido da Desligação de 500 MW de PRE





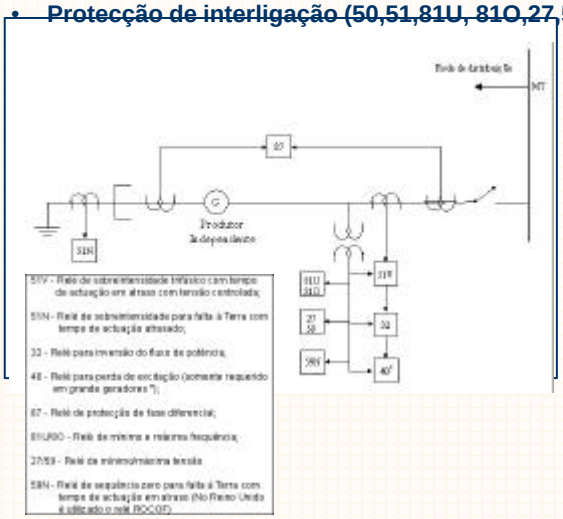
Necessidade de gestão de reservas secundárias (a tratar a seguir…)

Lista de estudos de impacto a efectuar

- **Estudos de trânsitos de potências para os cenários críticos, com o objectivo de proceder a:**
  - Avaliação das variações dos perfis de tensão das redes;
  - Avaliação dos níveis de congestionamento nos ramos da rede;
- **Estudos de curto-circuitos com o objectivo de avaliar as variações nos níveis das potências de curto-circuito nos nós das redes;**
- **Estudos de avaliação da variação dos níveis de *flicker*;**
- **Estudos de avaliação da variação dos níveis de distorção harmónica;**
- **Estudos de avaliação do comportamento dinâmico do sistema perante as seguintes perturbações:**
  - Súbita saída de serviço da instalação de PRE em condições de operação correspondentes à potência máxima injectada na rede receptora;
  - Variações importantes dos níveis de produção da instalações produtora, nomeadamente no caso de parques eólicos;
  - Curto-circuitos em nós relevantes da rede de sub-transmisão e Rede de Transporte, por forma a verificar o impacto da eventual saída de serviço das instalações de PRE, na sequência da operação das suas protecções.
- **Avaliação do comportamento do sistema face ao risco do colapso de tensão, tendo em conta que a presença de geradores assíncronos directamente ligados à rede, pode, em algumas situações, acelerar os processos de deslocação do sistema para situações de colapso.**

Protecções

- **Protecção de interligação (50,51,81U, 81O,27 59N)**



50 – MI instantânea
51 – MI temporizada
81U, 81O – min e máx freq.
27 – Máx tensão;
59N – Máx tensão homopolar

Conclusões

- **A integração da PRE provoca impactos significativos na operação do sistema (redes de distribuição, transporte e sistema produtor);**

- **Necessidade de definir regras simples, transparentes para permitir a integração na rede desta produção:**
  - Condições de aceitação;
  - Condições de exploração.