

Neste trabalho descrevem-se e caracterizam-se, de forma sintética, os desafios que os sistemas eléctricos de energia enfrentam como resultado da introdução do conceito de produção distribuída, da necessidade de exploração intensiva de recursos energéticos renováveis e da introdução de conceitos de mercado na gestão técnica e comercial do sistema.

JOÃO A. PEÇAS LOPES

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto e
INESC Porto - Instituto de Engenharia de Sistemas e
Computadores do Porto

Rua Dr. Roberto Frias

4200-465 Porto

jpl@fe.up.pt

OFERTA E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM SISTEMAS ELÉCTRICOS

Os aspectos principais que caracterizam a actual situação do sector eléctrico nos países desenvolvidos são:

- a) o crescimento sustentado do consumo de electricidade (por vezes com taxas de crescimento significativas, como é o caso de Portugal);
- b) a preocupação pela segurança de abastecimento e pela qualidade do serviço;
- c) a necessidade da redução das emissões de CO₂ na produção de electricidade;
- d) a integração de conceitos de mercado na gestão técnica e comercial do sistema eléctrico de energia.

Dada a importância económica do sector da electricidade, o desenvolvimento deste está intimamente ligado à prossecução de políticas de desenvolvimento sustentado. Este cenário tem vindo a exigir ao sistema eléctrico de energia medidas técnicas e económicas com diversos objectivos:

- Aumentar a eficiência de exploração do sistema eléctrico;
- Aumentar a integração de fontes de energia renovável (caracterizadas por uma forte intermitência);
- Monitorizar previsionalmente e em tempo real as condições de operação do sistema.

EFICIÊNCIA M TRICOS

com uma grande produção distribuída, situada ao nível das redes de distribuição, que coexiste com grandes unidades de produção, formando um sistema activo e integrado em todos níveis de exploração. A Fig. 1 descreve comparativamente as estruturas dos sistemas eléctricos do passado e do futuro. No novo modelo, é necessário recorrer a armazenamento de energia (com diferentes escalas temporais de utilização) para compensar os desvios de produção que ocorrem devido às características de intermitência de algumas fontes de energia, como é o caso da energia eólica.

No novo modelo há uma forte componente de produção distribuída que permite aumentar a eficiência da cadeia energética, pelo facto de aproximar a produção dos consumidores, diminuindo as perdas na rede eléctrica e reduzindo a necessidade de investimentos nas infra-estruturas de rede. As soluções com viabilidade técnico-económica para a produção distribuída incluem:

- A energia solar fotovoltaica;
- A energia eólica;
- A cogeração (incluindo futuramente microturbinas e células de combustível);
- A mini-hídrica.

Tal tem conduzido ao desenvolvimento de novos paradigmas de operação, que actualmente começam a afirmar-se, e que envolvem o abandono da concepção da produção centralizada de electricidade seguida do transporte e distribuição até aos consumidores, para adoptar um modelo

Sob o ponto de vista económico, note-se que os custos de produção de electricidade variam tipicamente entre os 2 cêntimos de euro por quilowatt-hora (c€/kWh) e os 6 c€/kWh enquanto a sua venda aos consumidores varia entre os 3 c€/kWh e os 8 c€/kWh na distribuição em alta e média tensão, enquanto que na baixa tensão estes valores

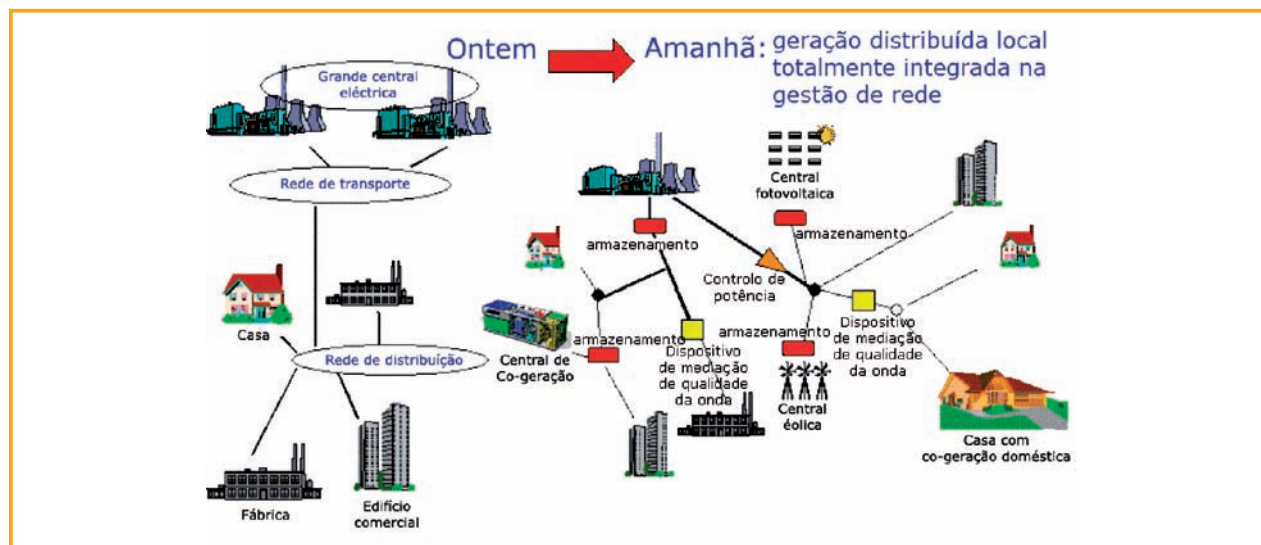


Fig. 1 - Comparação entre estruturas do sistema eléctrico de energia (em *New Era for Electricity in Europe*, European Commission Edition, 2003).

estão compreendidos entre os 9 e os 12 c€/kWh. Daqui se percebe o interesse económico em produzir electricidade junto dos consumidores (remunerando-a a valores economicamente interessantes), evitando parte dos custos com o uso das redes de transporte e distribuição.

DESENVOLVIMENTO DE NOVOS CONCEITOS E ESTRATÉGIAS

O desenvolvimento e a concretização destes conceitos exige um maior esforço de controlo e gestão da rede eléctrica, envolvendo a necessidade de novos conceitos técnicos como o da gestão hierarquizada do sistema, conforme se descreve a seguir.

De referir que, durante o arranque da implementação da produção distribuída, esta era (e ainda é) não despachável, injectando no sistema toda a electricidade que produzia. Tal situação não é admissível em cenários em que há grande penetração deste tipo de produção de electricidade, exigindo novos conceitos de gestão técnica e comercial para controlar este tipo de produção.

Além disso, a geração eólica não é, na maior parte dos casos, produção distribuída, por se apresentar em grandes parques eólicos, sendo recomendável a extensão destes conceitos de gestão também a este tipo de produção.

Gestão hierarquizada da produção

Num sistema em que o volume de produção distribuída é significativo, é necessário então criar estruturas de gestão hierarquizada da produção, como a que se descreve na Fig. 2 para o caso da gestão da energia eólica. Com efeito, pretende-se que os geradores individuais sejam agrupados em grupos, que por sua vez são agrupados em *clusters*, formando centrais virtuais que são despachadas e controladas na perspectiva da gestão global da sua produção, exigindo a instalação de uma estrutura de comunicações eficiente e fiável para monitorizar e controlar os equipamentos de produção ligados às redes (eventualmente em diferentes níveis de tensão) [1]. Dado o grau de dispersão destes equipamentos de produção seria tecnicamente muito complexo e oneroso desenvolver estruturas de gestão desta produção a partir de um único centro de controlo e despacho.

Para permitir a gestão global da produção e o equilíbrio comercial entre a oferta e a procura é necessário, neste cenário, dispor de funcionalidades de previsão da produção para as centrais que exploram fontes de energia com características de intermitência, para horizontes temporais de pelo menos 48 horas. Tal significa o desenvolvimento de metodologias que exploram os resultados da previsão meteorológica. Estas soluções estão presentemente em investigação e teste em países da Europa onde o recurso à produção eólica tem já um peso significativo.

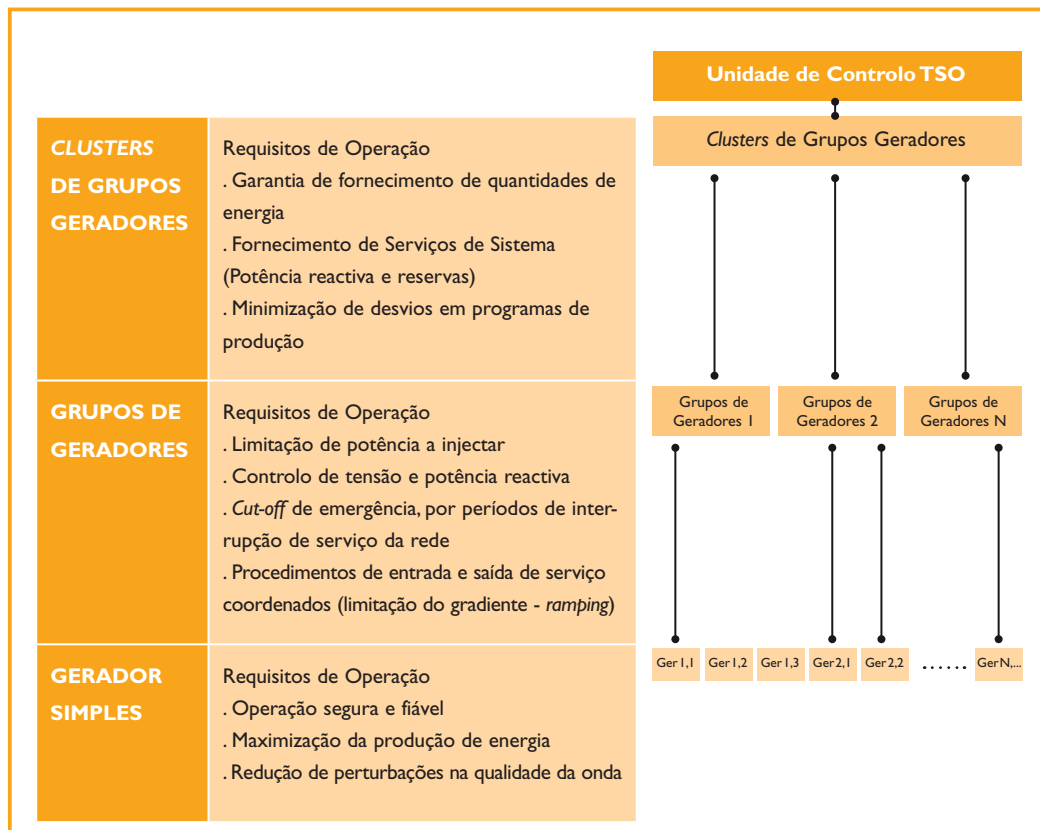


Fig. 2 - Estrutura hierarquizada de operação e gestão do sistema.

O conceito de microrrede

A extensão da produção distribuída às redes de baixa tensão, recorrendo a microgeradores que exploram várias tecnologias e fontes de energia será uma realidade num futuro próximo, conduzindo ao desenvolvimento de um novo conceito - a microrrede, cuja arquitectura a Fig. 3 [2,3] descreve de forma esquemática.

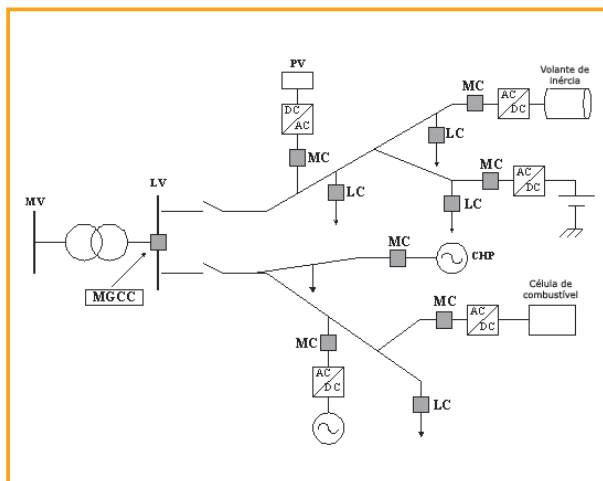


Fig. 3 - Arquitectura da microrrede.

Uma microrrede corresponde a uma rede de distribuição de baixa tensão onde são ligados sistemas de microgeração muito próximos das cargas. Uma microrrede pode ser constituída a partir de uma rede de distribuição de uma zona urbana, de uma rede de um centro comercial ou de uma unidade fabril.

Usando as tecnologias actualmente disponíveis, os sistemas de micro-geração podem incluir diversos tipos de pilhas de combustível, microturbinas a gás, sistemas eólicos e solar fotovoltaicos (PV), juntamente com dispositivos de armazenamento de energia (volantes de inércia, super-condensadores, baterias de acumuladores). Uma das tecnologias mais promissoras a utilizar nestas microrredes corresponde à utilização de sistemas que permitam a produção combinada de calor e electricidade (CHP), estando associados a caldeiras utilizadas para o aquecimento de águas sanitárias ou aquecimento ambiente, em condomínios e instalações domésticas.

Para além dos dispositivos atrás mencionados, uma microrrede inclui ainda um sistema de controlo hierárquico suportado por um sistema de comunicações a instalar para o efeito. Esse sistema de comunicação pode ser realizado recorrendo a tecnologia PLC (*Power Line Carrier*) (solução técnica economicamente interessante) ou a tecnologia de comunicações sem fios (*wireless*).

A gestão técnica e económica da microrrede é efectuada, de forma centralizada, por uma unidade designada de *MicroGrid Central Controller* (MGCC), a instalar no posto de transformação de onde deriva a microrrede, conforme mostra a Fig. 3. Para esse efeito, o MGCC pode incluir diversas funcionalidades, como sejam a previsão de cargas, o despacho económico óptimo, a avaliação de segurança dinâmica, etc. Admitindo o funcionamento em rede isolada para esta rede, o MGCC assume ainda as funções de um sistema de controlo secundário de frequência, semelhante ao de um controlo automático de geração das redes convencionais. O MGCC é ainda responsável pela gestão da estratégia de reposição de serviço (*black-start*), o que constitui uma vantagem decisiva para a microrrede, tendo em consideração o interesse na redução dos tempos de reposição de serviço aos consumidores. Num nível hierárquico inferior, cada carga (ou grupo de cargas) e unidade de microgeração dispõem de um controlador local, designado por *load controller* (LC) e de um *microgenerator controller* (MC). Com base em informação recebida a partir do MGCC, estes sistemas controlam as cargas (utilizando o conceito de interruptibilidade das cargas) e as unidades de microgeração (controlo local de potência activa e de tensão).

Esta microrrede, pelo facto de possuir capacidade de geração e de controlo da produção e controlo das cargas, admite o funcionamento em rede isolada, o que é altamente inovador atendendo a que os sistemas de microgeração são ligados à rede através de interfaces electrónicas, não apresentando inércia. Tal implica conceitos inovadores para o controlo dos inversores de interface e a utilização de elementos com capacidade de armazenamento de energia como os volantes de inércia (designados na literatura anglo saxónica por *flywheels*).

A Fig. 4 apresenta as evoluções temporais das potências eléctricas injectadas pelas microfuentes na rede e a frequência deste sistema numa situação de rede isolada, sendo patente a capacidade de o sistema, no seu conjunto, efectuar o seguimento da variação dos consumos da microrrede neste cenário de operação [3].

A OFERTA DE NOVOS SERVIÇOS

O desenvolvimento do novo modelo do sistema de eléctrico de energia conduziu assim a um novo conjunto de serviços, que resultam em parte da nova conceptualização das operações técnicas e comerciais do sistema. Entre estes serviços estão os seguintes:

- Produção de electricidade (com diferentes níveis de concentração);
- Serviços de sistema:

- Compensação e balanço, envolvendo o recurso a reservas para diferentes horizontes temporais;
- Controlo de tensão e potência reactiva;
- Reposição de serviço (*black start*), envolvendo a possibilidade de funcionamento das redes de distribuição em rede isolada;
- Comercialização de electricidade.

Estes serviços passaram a ser geridos numa perspectiva de mercado, havendo diferentes tipos de mercados ou de contratualização consoante o serviço a utilizar e sendo os preços definidos pelo de encontro entre a oferta e a procura - o fecho do mercado.

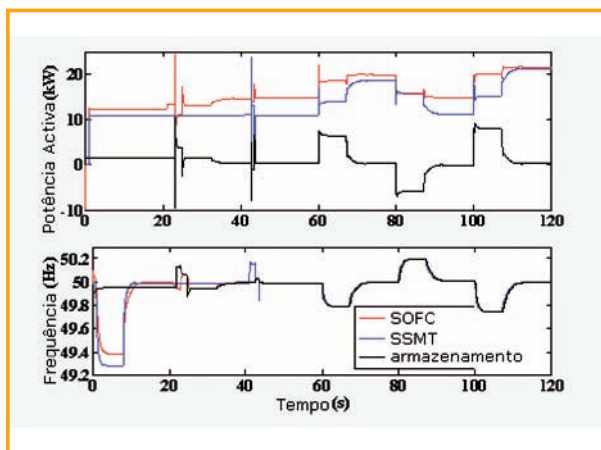


Fig. 4 - Comportamento de grandezas eléctricas das microfones e da microrrede.

CONCLUSÕES

Descreveram-se de forma breve algumas das principais mudanças que têm vindo a ocorrer e que se irão consolidar nos próximos anos no que concerne ao funcionamento dos sistemas eléctricos de energia, numa perspectiva de oferta de novos produtos e de melhoria da eficiência global do sistema.

A concretização dos novos conceitos implica o desenvolvimento de novas soluções tecnológicas para a produção de electricidade, para o controlo e a gestão do sistema eléctrico, abrindo novas oportunidades para a indústria do sector eléctrico. O desenvolvimento destas soluções requer o aprofundamento da colaboração entre a indústria e as instituições do sistema científico e tecnológico.

REFERÊNCIAS

- [1] J. A. Peças Lopes, "Procedimentos de Operação e Arquitecturas de Gestão dos Sistemas Eléctricos para Acomodar com Segurança Níveis Elevados de Produção Eólica", *Actas do ENER'05*, Figueira da Foz, Maio 2005.
- [2] J. A. Peças Lopes *et al.*, "Management of Microgrids", *Actas do JIEEC2003*, Bilbao, Espanha, 28-29 Outubro de 2003.
- [3] J. A. Peças Lopes, Carlos Moreira e Fernanda Resende, "Microgrids Islanding Operation and Contribution for Black Start", *Actas do 16th PSCC*, Liège, Bélgica, Agosto de 2005.