PEA5918 – Redes Elétricas Inteligentes e Microrredes (*Smart Grids* e *Microgrids*)

Sensoreamento e Medição

Giovanni Manassero Junior

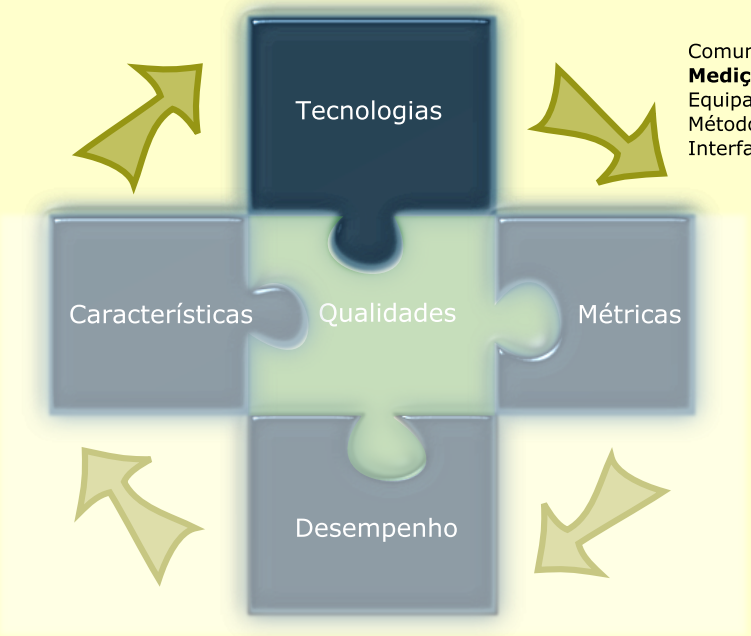
Depto. de Engenharia de Energia e Automação Elétricas
Escola Politécnica da USP

6 de junho de 2017

Tecnologias

Viabilização das características

- As tecnologias chave, capazes de implementar as características básicas das redes elétricas inteligentes estão ilustradas a seguir.



Comunicações
Medição e sensoreamento
Equipamentos/componentes avançados
Métodos de controle avançados
Interfaces e ferramentas avançadas

Sensoreamento e medição

Sistemas e equipamentos de sensoreamento e medição

- Tecnologias avançadas de sensoreamento e medição devem ser capazes de registrar os dados de interesse, transformando-os em informações;
- Como resultado, essas informações podem ser utilizadas de modo a melhorar seu desempenho global. Os sistemas que podem utilizar essas informações são:
  - Operação: conhecimento adequado sobre o estado operativo das redes elétricas pode auxiliar na tomada de decisões;
  - Tarifação: melhorias nos sistemas de tarifação implicam a redução nos custos com leituristas e a consequente redução nos erros de leitura;

Sensoreamento e medição

Sistemas e equipamentos de sensoreamento e medição

- Como resultado, essas informações podem ser utilizadas de modo a melhorar seu desempenho global. Os sistemas que podem utilizar essas informações são:
  - Engenharia: informações acerca das condições operativas dos sistemas podem ser úteis nos projetos de ampliação das redes elétricas; e
  - Manutenção: o conhecimento sobre o estado dos ativos em “tempo real” pode auxiliar nas tarefas de manutenção.

Sensoreamento e medição

Estado atual

- O aumento da aplicação da tecnologia digital nos diversos setores produtivos da sociedade resultou na redução dos custos dos dispositivos baseados nessa tecnologia;
- Essa é uma das razões pela qual a indústria de energia elétrica vem modernizado seus dispositivos há algum tempo;
- Pode-se dizer que a digitalização da distribuição está mais atrasada que digitalização da transmissão e geração;
- Sistemas de proteção, monitoramento, automação e controle baseados em IED's, PMU's e sensores são utilizados com sucesso nos sistemas de geração e transmissão;

Sensoreamento e medição

Estado atual

- A utilização de medidores digitais nos consumidores comerciais e industriais é prática comum, atualmente;
- Porém, a utilização de medidores digitais nos consumidores residenciais ainda é bastante modesta (algumas implantações em pequena escala de AMR e AMI).

Sensoreamento e medição

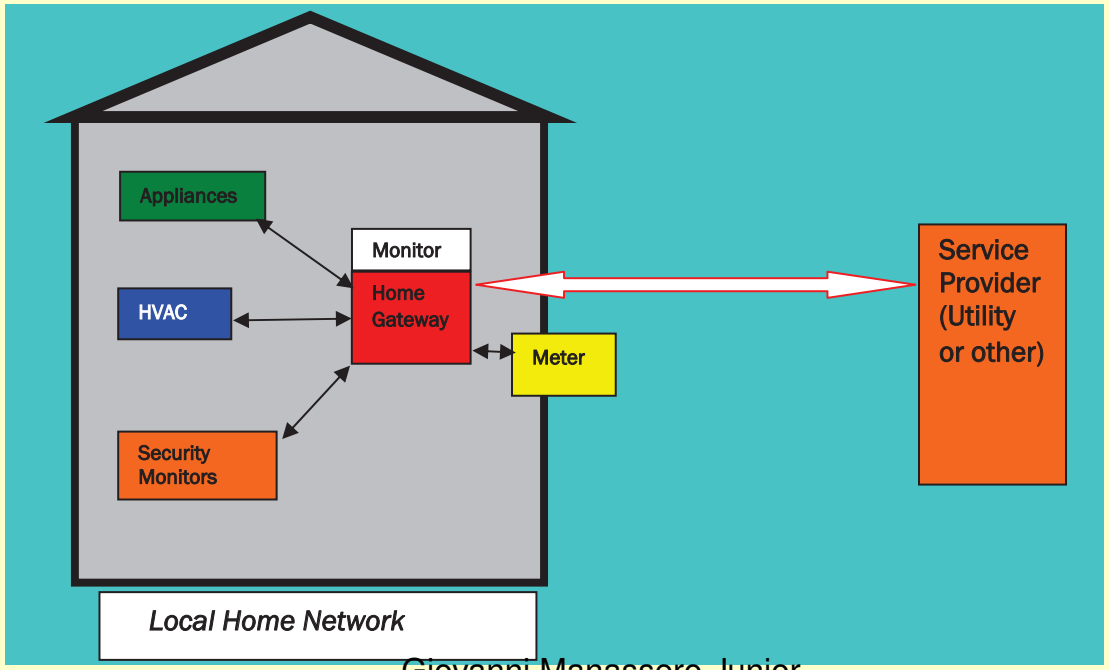
Estado atual

- Atualmente existem iniciativas de medição e sensoreamento tanto para o lado da demanda quanto para o lado da oferta de energia elétrica;
- Essas iniciativas fazem parte de projetos piloto ou já foram implantadas em pequena escala;
- Do ponto de vista do lado da demanda (consumidores residenciais, comerciais e industriais) há iniciativas quanto à medição digital de energia elétrica;
- Do ponto de vista do lado da oferta (geração, transmissão e distribuição de energia elétrica) há uma ampla gama de sensores que estão sendo utilizados e/ou desenvolvidos.

Sensoreamento e medição

Alternativas para o lado da demanda

- Atualmente a infraestrutura para medição digital é composta por três elementos: o *gateway* do consumidor, a rede local do consumidor, e o medidor avançado;
- Essa estrutura está ilustrada a seguir.



Sensoreamento e medição

Alternativas para o lado da demanda

- De um modo geral, o *gateway* do consumidor permite:
  - Comunicação bidirecional entre o cliente e a concessionária;
  - AMR – *Advanced meter reading*;
  - Precificação dinâmica (TOU, CPP ou RTP);
  - Controle das cargas;
  - Identificação e notificação de interrupções no fornecimento de energia elétrica;
  - Integração de DER;
  - Monitoramento de eventos de qualidade de energia elétrica;
  - Funções adicionais (p. ex. sistemas de gerenciamento de energia para edificações).

Sensoreamento e medição

Alternativas para o lado da demanda

- A rede local do consumidor permite:
  - Efetuar a leitura do consumo no medidor e se comunicar com a concessionária de energia elétrica;
  - O monitoramento de outros recursos, como por exemplo o consumo de água e gás;
  - Que os consumidores efetuem a configuração do controle das cargas locais, pelo medidor eletrônico inteligente, a partir da rede local.

Sensoreamento e medição

Alternativas para o lado da demanda

- O medidor eletrônico inteligente:
  - Utiliza tecnologia digital para efetuar o registro dos sinais necessários para a tarifação;
  - Possui portas de comunicação para troca de informações com o centro de operação e com as cargas do consumidor;
  - Fornece dados sobre o consumo ao consumidor, além de fornecer à concessionária;
  - Pode atuar sobre cargas específicas, comandando sua energização ou desligamento a partir de informações fornecidas pelo consumidor ou pela concessionária.

Sensoreamento e medição

Alternativas para o lado da oferta

- Atualmente algumas das alternativas de sensoreamento para o lado da oferta, que estão sendo desenvolvidas ou estão em fase de testes, são:
  - *WAMPAC's*;
  - Capacidade de transmissão dinâmica;
  - Sensor para estimação de correntes de fuga em isoladores;
  - Tecnologia de rádio por retroespalhamento (*backscatter radio technology*);
  - Transformadores de instrumentação eletrônicos;
  - Outros sistemas de monitoramento.

Alternativas para o lado da oferta

WAMPAC's

- Essa alternativa é baseada no uso de unidades de medição fasorial, sincronizadas por GPS (PMU's);
- Fornece um panorama dinâmico do estado das redes elétricas, alertando quando limites de tensão e corrente são ultrapassados e podem colocar em risco a integridade do sistema;
- Fornece uma visão global das ocorrências nas redes elétricas, bem como seus impactos no restante do sistema;
- A combinação dos dados fornecidos por esse sistema, com os dados coletados pelo SCADA podem fornecer subsídios para estimações de estado.

Alternativas para o lado da oferta

Capacidade de transmissão dinâmica

- Os métodos de estimação dinâmica da capacidade de transmissão fornecem subsídios para a determinação da corrente que pode circular pelas linhas de transmissão;
- Existem diversos métodos propostos na literatura e alguns deles foram implantados em caráter experimental.

Alternativas para o lado da oferta

Sensor para estimação de correntes de fuga em isoladores

- São sensores desenvolvidos com o objetivo de efetuar o monitoramento do estado das cadeias de isoladores, para minimizar a ocorrência de *flashovers*;
- Esses sensores são posicionados sobre os isoladores e medem a corrente de fuga decorrente da contaminação desses isoladores;
- Normalmente não utilizam baterias e a comunicação é efetuada via redes *wireless*.

Alternativas para o lado da oferta

Backscatter radio technology

- É uma tecnologia utilizada para eliminar a necessidade de unidades de armazenamento de energia em sensores, com o objetivo de reduzir seu custo e as despesas de manutenção;
- De um modo bastante simplificado, o equipamento que faz a leitura dos dados dos sensores irradia ondas de rádio e essas ondas são captadas pelo sensor;
- Parte da energia das ondas é empregada para manter o sensor funcionando e parte é empregada na transmissão dos dados do sensor para o equipamento de leitura.

Alternativas para o lado da oferta

Transformadores de instrumentação ópticos

- A utilização de TP's e TC's ópticos ao invés dos TP's e TC's eletromecânicos pode reduzir os erros de medição decorrentes da não linearidade dos núcleos ferromagnéticos;
- Atualmente, existem algumas empresas que fabricam esse tipo de equipamento e esse número tende a aumentar;
- O emprego da norma IEC 61850 na automação de subestações e o consequente uso do barramento de processo pode viabilizar a proliferação dessa tecnologia.

Alternativas para o lado da oferta

Outros sistemas de monitoramento

- Atualmente existem outros sistemas de monitoramento sendo empregados comercialmente ou experimentalmente. Alguns exemplos são apresentados a seguir:
  - Monitoramento de temperatura em transformadores;
  - Monitoramento da vida útil dos disjuntores (número de operações e intensidade de corrente nessas operações, nível do elemento isolante, estado do mecanismo de abertura, etc.);
  - Avaliação do estado de cabos subterrâneos, com o monitoramento da sua isolação (a injeção de impulsos no cabo para verificação da atenuação do sinal refletido pode dar indícios da capacitância do cabo).

Estado futuro
Introdução

- O desenvolvimento das tecnologias atuais e o desenvolvimento de novas tecnologias devem resultar em benefícios para o lado da demanda e da oferta;
  - Demanda: medidores eletromecânicos devem ser substituídos por medidores digitais;
  - Oferta: desenvolvimento de ferramentas para monitoramento do estado da rede e dos equipamentos que a compõem (fator de potência, qualidade de energia, perfis de tensão, consumo de energia, carregamento, vida útil, temperatura, etc.) e ferramentas para identificação e solução de interrupções (corte seletivo de cargas, localização de falta, etc.).

Estado futuro

Soluções para o lado da demanda

- As alternativas para o lado da demanda devem se concentrar no desenvolvimento dos medidores digitais e das soluções para a rede local e o *gateway* do consumidor;
- Tanto a rede local quanto a arquitetura do *gateway* devem ser similares às arquiteturas atualmente empregadas em sistemas computacionais;
- Os medidores digitais devem efetuar a medição de diversas grandezas analógicas ao longo do tempo, para que seja possível implantar a precificação dinâmica;
- Além disso, esses medidores devem ser configuráveis pelo consumidor de modo a responderem às sinalizações de preço, reduzindo automaticamente o consumo de energia elétrica.

Estado futuro

Soluções para o lado da oferta

- As soluções para o lado da oferta devem ser baseadas em ferramentas avançadas de sensoreamento e medição, que fornecem dados para os sistemas de operação, manutenção, engenharia e tarifação;
- Novas ferramentas de *software* devem coletar, armazenar, processar e analisar essa quantidade de dados, de forma a auxiliar na tomada de decisões;
- É de se esperar que o custo da implantação dessas tecnologias seja inferior aos benefícios decorrentes do seu uso (benefícios sociais e de segurança).

Benefícios

Medição digital

- Para o lado da demanda, os benefícios resultantes da substituição dos medidores convencionais pelos medidores digitais são:
  - Monitoramento real do consumo de energia elétrica;
  - Capacidade de redução no custo de energia elétrica;
  - Participação informada em programas de eficiência energética.
- Para o lado da oferta, são:
  - Melhor controle sobre as cargas do sistema;
  - Redução nos custos operacionais;
  - Redução no congestionamento das linhas de transmissão;
  - Redução das perdas não técnicas.

Benefícios

Coleta de dados

- Os benefícios decorrentes da utilização de novos dispositivos para medição e sensoreamento são:
  - Gestão otimizada dos ativos;
  - Percepção apurada sobre o estado dos ativos em operação e sua capacidade de geração e/ou transporte de energia elétrica;
  - Detecção antecipada de potenciais falhas nos ativos em operação, e tomada de decisões para minimização dessas falhas.

Barreiras

Sensoreamento e medição

- A principal barreira para a implantação de soluções de sensoreamento e medição é o desenvolvimento dessas soluções;
- Apesar dos programas de P&D existentes, há pouco interesse das concessionárias em investir no desenvolvimento de tecnologias de ponta, devido ao seu alto custo e retorno questionável.

Soluções

Medição e sensoreamento

- Tecnologias de medição e sensoreamento avançadas, que poderiam ter um grande impacto na modernização das redes elétricas, estão disponíveis atualmente. No entanto, a produção em larga escala, a instalação e os custos de manutenção, têm dificultado sua adoção;
- Nesse contexto, o papel das agências reguladoras é fundamental para viabilizar a recuperação do investimento nessas tecnologias e garantir o desenvolvimento de novas alternativas;
- Além disso, a viabilização dos sistemas de medição digital depende da regulamentação dos modelos de precificação dinâmica.