

Proteção e Automação de Sistemas Elétricos de Potência I

Proteção digital

Giovanni Manassero Junior

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

20 de outubro de 2017

Vantagens da proteção digital

- Melhora na confiabilidade global do sistema de proteção: os relés digitais possuem um maior número de componentes, entretanto, possuem recursos de auto-teste altamente desenvolvidos;
- Recursos de comunicação: os relés digitais podem fornecer informações em tempo real sobre seu status, sobre o status das funções de proteção, registro de eventos, ajustes, etc.;
- Maior flexibilidade: toda a “inteligência” se encontra no *firmware* implementado no relé, desta forma os ajustes, curvas e funções de proteção são facilmente modificáveis. Além disso, estes relés possuem funções secundárias tais como oscilografia, registro de eventos, proteção de falha do disjuntor, etc.;

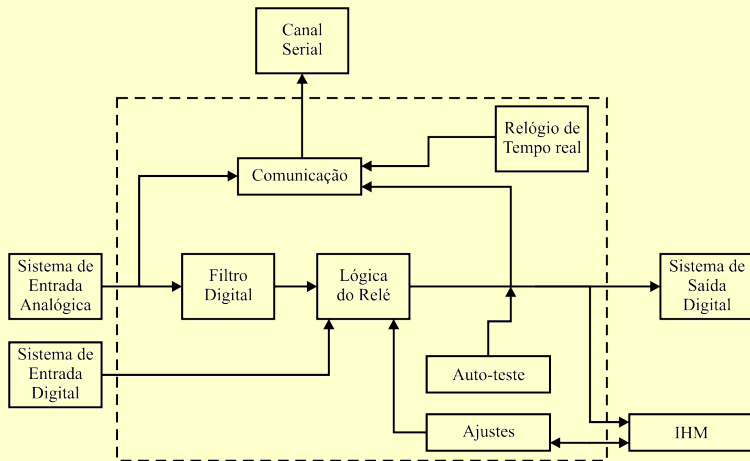
Vantagens da proteção digital

- Maior facilidade de manutenção: há uma tendência de padronização do *hardware* do equipamento, desta forma há uma maior flexibilidade de manutenção;
- Facilidade de integração com novas tecnologias: integração com o sistema de supervisão e controle da subestação utilizando os mais diversos protocolos de comunicação, bem como integração com outros equipamentos (TC's e TP's ópticos, fibras ópticas para transmissão de sinais, etc.);

Vantagens da proteção digital

- Melhor estabilidade a longo prazo: o equipamento digital possui poucos pontos de ajuste, além disso, seu desempenho é pouco afetado pelo envelhecimento dos componentes;
- Melhor desempenho da proteção: pode-se implementar no *firmware* do equipamento algoritmos sofisticados de proteção.

Principais componentes dos Relés Digitais



Sistema de entrada de dados analógicos

- Blindagem e proteção contra surtos: proporciona proteção contra as interferências eletromagnéticas conduzidas pelos cabos de sinais (utilização de TP's e TC's auxiliares e varistores);
- Acondicionamento do sinal de entrada: transformação dos sinais de saída dos TC's e TP's em sinais convenientes para a entrada do A/D;;
- Filtragem analógica do sinal: possui a função de compatibilizar o espectro de freqüência do sinal com a taxa de amostragem adotada (filtro *anti-aliasing* para respeitar o Critério de Nyquist);
- Digitalização do sinal: a digitalização consiste na amostragem, quantização e codificação.

Sistema de entrada/saída digital

- É responsável pela interface entre os sinais do microprocessador e os sinais digitais externos;
- Assim como o sistema de entrada de dados analógicos, o sistema de entrada/saída digital também fornece blindagem e proteção contra surtos.

Filtragem digital

- No relé digital o sinal monitorado é amostrado continuamente com uma certa frequência de amostragem;
- Após o processo de digitalização, estas amostras são armazenadas em uma fila de tamanho determinado, que sempre contém as últimas M amostras (janela de dados de M amostras);
- Sempre que uma nova amostra é adicionada à janela, a amostra mais antiga é perdida. A cada atualização, a janela de dados é processada numericamente, em tempo real, por um algoritmo;

Lógica do relé

- A lógica do relé é a parcela do *firmware* que determina as características funcionais do relé;
- Num relé de impedância, por exemplo, essa função deveria consistir no cálculo da impedância “vista” pelo relé a partir dos sinais de tensões e correntes filtrados pelo filtro digital;

Auto-teste

- Ao contrário dos relés convencionais, o relé digital está sempre ativo. Isto permite que ele fique testando continuamente suas partes vitais (*hardware e firmware*);
- Qualquer defeito pode ser rapidamente identificado;
- O auto-teste pode monitorar:
 - Sistema de aquisição de dados;
 - Fonte de alimentação;
 - Integridade do *firmware* armazenado;
 - Integridade dos ajustes;
 - Funcionamento da CPU.

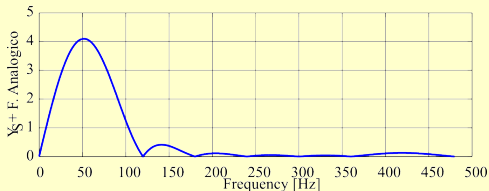
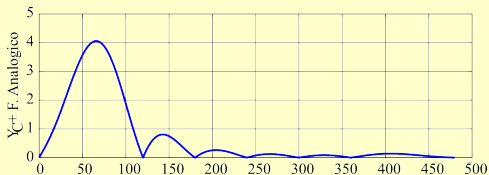
Funções de proteção

- Os relés digitais podem utilizados para implementar quaisquer funções, uma vez que basta alterar o *firmware* do dispositivo (caso o *hardware* seja padrão):
 - Detetores de nível (p. ex. sobrecorrente);
 - Proteção diferencial (amperimétrica e percentual);
 - Comparação de ângulo de fase (Direcional);
 - Proteção de distância;
 - Relés de frequência, etc.

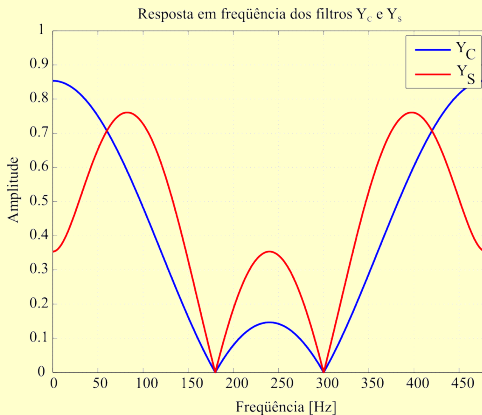
Funções de proteção

- Os relés digitais implementam as funções de proteção a partir de duas metodologias distintas:
 - Método fasorial (Fourier de 1 ciclo, Fourier de 1/2 ciclo, etc.);
 - Método da equação diferencial.
- A metodologia fasorial utiliza filtros digitais para o cálculo dos fasores das grandezas de interesse;
- A metodologia diferencial utiliza as equações diferenciais que representam o fenômeno físico.

Algoritmo de Fourier com janela de 1 ciclo – Resposta em frequência



Algoritmo de Fourier com janela de 1/2 ciclo – Resposta em freqüência



Relé de distância do tipo Mho

- Os relés digitais podem utilizados para implementar qualquer tipo de proteção de distância. No caso do relé do tipo Mho;
- Elementos de fase:
 - AN;
 - BN;
 - CN.
- Elementos de linha:
 - AB;
 - BC;
 - CA.