

Estudo e Desenvolvimento de Filtros Activos de Potência do Tipo Série com Sistema de Controlo Implementado em Computador Pessoal

Departamento de Electrónica Industrial - Universidade do Minho

M. J. Sepúlveda Freitas, João L. Afonso, Júlio S. Martins

mjs@dei.uminho.pt, jla@dei.uminho.pt, jmartins@dei.uminho.pt

A presença de harmónicos nas linhas eléctricas causa não só maiores perdas no sistema de distribuição de energia, como também problemas de interferências nos sistemas de comunicações, operação indevida de sistemas de protecção, e por vezes, deficiências no funcionamento de equipamentos electrónicos. Os efeitos a longo prazo são basicamente, sobreaquecimento e envelhecimento prematuro dos dispositivos eléctricos e a fadiga mecânica das máquinas eléctricas.

Os filtros activos são dispositivos electrónicos de potência que não apresentam as desvantagens dos filtros passivos, podendo compensar alguns problemas relacionados com a tensão e a corrente, nomeadamente: falhas de curta duração, distorção da corrente ou tensão causada por harmónicos, desequilíbrio de correntes ou tensões em sistemas trifásicos, flutuação (subharmónicos), sobretensões e subtensões momentâneas e correcção do factor de potência.

O objectivo principal deste trabalho de doutoramento consistiu no estudo, simulação, desenvolvimento, e teste de um filtro activo série com sistema de controlo implementado num computador pessoal (PC) munido de uma placa de aquisição de dados genérica para o barramento PCI. Esta opção justifica-se devido ao baixo custo, elevada capacidade de processamento, versatilidade e pelas inúmeras possibilidades oferecidas por um sistema de controlo em PC.

Introdução

As cargas não lineares (figura 1) consomem uma corrente que não é sinusoidal, mesmo que a tensão que lhes está aplicada o seja. A corrente que consomem é constituída por uma componente fundamental e por harmónicos cujas amplitudes e frequências dependem da própria carga.



Fig. 1: Exemplos de cargas não lineares

As lâmpadas de descarga, que têm um rendimento energético muito superior às de incandescência, são de natureza não linear; os balastos electrónicos, que permitem variar a intensidade luminosa de lâmpadas fluorescentes, também. Os equipamentos electrónicos são também cada vez mais utilizados e consomem, em geral, diversos harmónicos de corrente, como por exemplo os variadores de velocidade para motores de indução, os televisores, os computadores pessoais, e todo um infindável conjunto de equipamentos de escritório e industriais.

A maioria dos equipamentos electrónicos funcionam com corrente contínua e destinam-se a ser alimentados em corrente alternada. O circuito de entrada desses equipamentos é habitualmente constituído por um rectificador com condensador de filtragem, podendo ou não existir um transformador. Estes equipamentos consomem uma corrente altamente distorcida, possuindo harmónicos de elevada amplitude a frequências próximas da fundamental.

O consumo de corrente distorcida reflecte-se também numa distorção da tensão, tal como o exemplificado na figura 2. Partindo do princípio que o gerador fornece uma tensão sem distorção e introduzindo uma carga não linear, esta consome uma corrente não sinusoidal. As linhas eléctricas possuem impedância, logo, a corrente distorcida vai provocar uma queda de tensão também distorcida nas linhas. Ao ligar-se uma carga linear nas proximidades, esta vai ser alimentada com uma tensão que não é sinusoidal, se a carga não linear for de potência considerável.

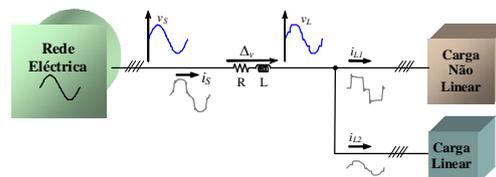


Fig. 2: Influência de uma carga não linear ligada nas proximidades de uma linear

Filtro Activo Série

O filtro activo série é um equipamento electrónico de potência destinado a compensar as tensões de um sistema eléctrico, quando estas

são distorcidas. O seu esquema básico, para compensação de tensão encontra-se na figura 3.

Supõe-se que a rede eléctrica fornece um sistema de tensões distorcido. As tensões simples são v_{sa} , v_{sb} e v_{sc} . Pretende-se que a tensão aos terminais da carga seja puramente sinusoidal.

O controlador mede as tensões na fonte (v_{sa} , v_{sb} e v_{sc}) e as correntes nas linhas (i_a , i_b e i_c). Seguidamente são calculadas as tensões de referência (v_{ca}^* , v_{cb}^* e v_{cc}^*) a sintetizar pelo andar de potência.

O inversor é alimentado por uma fonte de corrente contínua (V_{dc}), que pode ser constituída por um condensador com tensão controlada. O inversor é comandado por modulação de largura de impulso, a uma frequência de comutação suficientemente elevada (10 kHz) para permitir que as tensões de referência sejam geradas com fidelidade. Aceita-se que o filtro é capaz de compensar harmónicos de tensão até uma frequência de 1/10 da frequência de comutação.

As tensões de compensação geradas pelo filtro (v_{ca} , v_{cb} , e v_{cc}) são de seguida introduzidas no sistema eléctrico através de transformadores de isolamento, tal como se pode ver na figura 3.

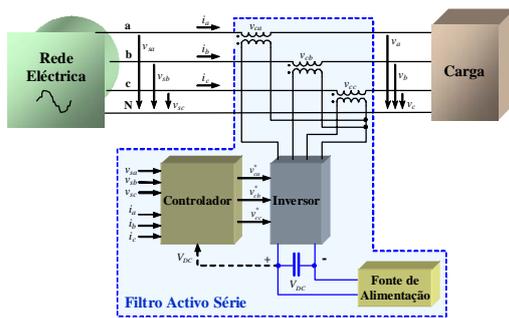


Fig. 3: Esquema básico do filtro activo série

Controlador em Computador Pessoal

A solução escolhida para efectuar o controlo do filtro activo série baseia-se no sistema operativo *Linux* munido do módulo de tempo real *RTAI* e do controlador de dispositivo *Comedi*. A figura 4 mostra uma foto do protótipo desenvolvido.



Fig. 4: Vista geral da bancada de trabalho, computador de controlo e osciloscópio digital

O algoritmo de controlo baseia-se no controlo por comparação: a tensão de referência é gerada no computador a partir de uma tabela de valores de função seno sincronizada com as tensões da rede. Isto exige a determinação das passagens por zero da tensão da rede. O sistema permite controlar filtros activos série monofásicos ou trifásicos, com uma taxa de amostragem de 10 kHz.

Resultados Experimentais

A rede eléctrica da universidade apresenta uma distorção da tensão que ronda os 2,5 % (figuras 5 e 6). O protótipo foi ensaiado para compensar essa distorção, conseguindo reduzir esse valor para 0,9 % (figura 7). Os testes foram efectuados com tensão reduzida (50 V).

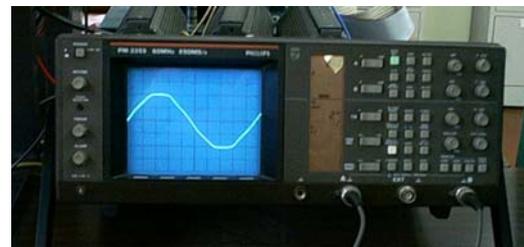


Fig. 5: Tensão distorcida da rede

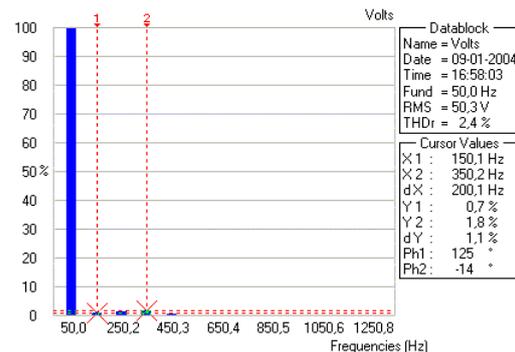


Fig. 6: Espectro da tensão da rede

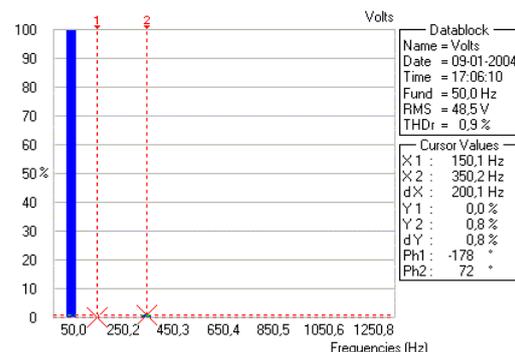


Fig. 7: Espectro da tensão compensada

Agradecimentos

Os autores agradecem aos colegas Adriano Tavares e Carlos Silva, pela sua colaboração e à FCT (Fundação para a Ciência e a Tecnologia), pelo financiamento concedido ao projecto POCTI/ESE/41170/2001.