

Condicionadores Ativos de Potência para Mitigação de Problemas de Qualidade de Energia Elétrica em Instalações Industriais

J.G. Pinto, Henrique Gonçalves, João L. Afonso

Centro Algoritmi – Universidade do Minho – Guimarães, Portugal

gabriel.pinto@algoritmi.uminho.pt, henrique.goncalves@algoritmi.uminho.pt, joao.l.afonso@algoritmi.uminho.pt

www.gepe.dei.uminho.pt

Nota Introdutória

Os condicionadores ativos são equipamentos baseados em eletrónica de potência que permitem mitigar de forma dinâmica diversos problemas nas tensões e nas correntes do sistema elétrico, contribuindo efetivamente para a melhoria da produtividade das indústrias, reduzindo os prejuízos provocados pelos problemas de Qualidade de Energia Elétrica.

Introdução

Os avanços na área das microtecnologias verificados nas últimas décadas permitiram o desenvolvimento de semicondutores de potência mais rápidos e com menores perdas de operação. A utilização destes componentes eletrónicos possibilitou a otimização de processos produtivos ao nível do rendimento, controlabilidade e custo, permitindo inclusive a execução de tarefas anteriormente inimagináveis. Com a massificação da produção, os preços baixaram, e a proliferação destes componentes eletrónicos foi de tal forma acentuada que atualmente estão presentes na grande maioria dos equipamentos elétricos. Contudo esta evolução tecnológica não acarretou só vantagens, uma vez que os dispositivos baseados em semicondutores de potência são responsáveis por provocar diversos problemas nos sistemas elétricos.

A preocupação com o bom funcionamento dos sistemas elétricos esteve na origem do termo *Power Quality*, usualmente traduzido para português como Qualidade de Energia Elétrica. Existem diversas definições para o que são os problemas de Qualidade de Energia Elétrica, de entre as quais pode-se destacar: “Qualquer problema manifestado na tensão, corrente ou variação da frequência que resulte numa falha ou mau funcionamento em equipamentos do utilizador”.

Estudos realizados por organizações internacionais corroboram que a qualidade da energia elétrica é um fator fundamental para o aumento da produtividade das empresas, sendo isto tão mais verdadeiro quanto maior o grau de utilização de novas tecnologias nos processos produtivos. Segundo o EPRI (*Electric Power Research Institute*) os problemas relacionados com a qualidade de energia e

interrupções de fornecimento custam à economia dos Estados Unidos mais de 100 mil milhões de euros por ano. De acordo com o *European COPPER Institute - Leonardo Energy Initiative*, o custo dos problemas de qualidade de energia elétrica na Europa é estimado em mais de 150 mil milhões de euros por ano.

Os condicionadores ativos de potência são equipamentos eletrônicos que permitem compensar de forma dinâmica o fator de potência das instalações e simultaneamente mitigar diversos problemas de qualidade de energia nas tensões e nas correntes do sistema elétrico, nomeadamente, cavas (subtensões de curta duração), subtensões, sobretensões, harmónicas, e desequilíbrios, contribuindo ativamente para um ambiente favorável à laboração das empresas, e para a redução dos prejuízos provocados por este tipo de problemas.

Filtro Ativo Paralelo

Um Filtro Ativo Paralelo (FAP) é usualmente aplicado nas instalações elétricas do consumidor com o objetivo de compensar as harmónicas de corrente, os desequilíbrios de corrente e o fator de potência de uma carga ou conjunto de cargas. Existem topologias de FAP a quatro fios destinadas a sistemas com neutro, que para além das características anteriores, permitem também eliminar a corrente de neutro a montante da instalação. Como resultado da operação do FAP, ao compensar as harmónicas de corrente, a distorção da tensão na rede elétrica também diminui, ao mesmo tempo que se reduzem as perdas nos condutores de alimentação. Na Figura 1 apresenta-se o diagrama de blocos de um filtro ativo paralelo. Estes equipamentos funcionam como uma fonte de corrente controlada, fornecendo à rede elétrica a potência reativa e as harmónicas de corrente consumidas pela carga, compensando também os desequilíbrios de corrente nas fases.

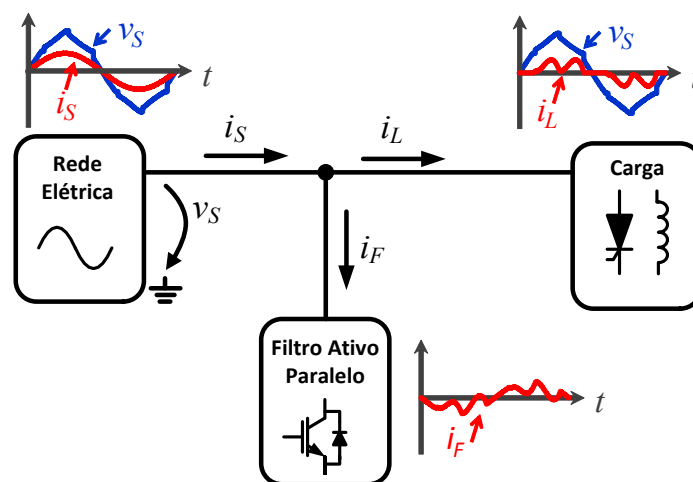


Figura 1 – Diagrama de blocos de um Filtro Ativo Paralelo.

Pela ação do filtro ativo paralelo as correntes a montante do ponto de instalação passam a ser equilibradas, sinusoidais e em fase com as tensões. Saliente-se que as correntes a jusante do ponto de instalação continuam distorcidas e desequilibradas, e por esse motivo o filtro ativo paralelo deve ser instalado o mais próximo possível das cargas problemáticas, confinando os problemas a uma zona restrita, salvaguardando a restante instalação. Existem diversas topologias de condicionadores baseados na operação conjunta de filtros ativos do tipo paralelo com filtros passivos. Essa combinação é utilizada normalmente para reduzir a potência dos inversores de potência dos filtros ativos, com vista à minimização de perdas de operação e à redução do custo final da solução.

Filtro Ativo Série

Um Filtro Ativo Série (FAS) funciona como uma fonte de tensão controlada, ligada em série com a tensão da rede elétrica. Um FAS permite compensar harmónicas de tensão, cavas, sobretensões transitórias, flutuações de tensão e desequilíbrios de tensão nas fases. Na Figura 2 apresenta-se o diagrama de blocos de um FAS.

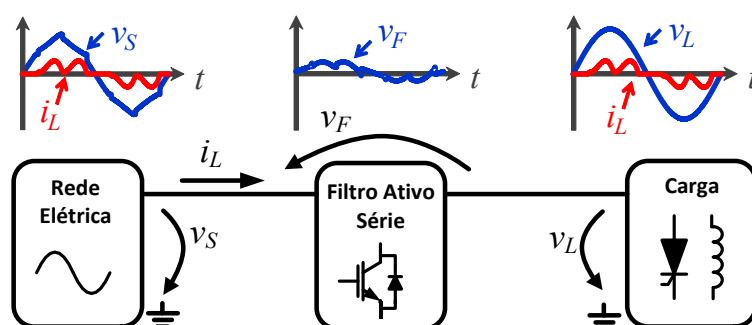


Figura 2 – Diagrama de blocos de um Filtro Ativo Série.

Pela ação do FAS as tensões na carga passam a ser sinusoidais e equilibradas, mesmo com as tensões da rede elétrica distorcidas e desequilibradas. Desta forma um FAS de potência elevada deve ser instalado na entrada da instalação para melhorar a qualidade da tensão de alimentação de todas as cargas. Em alternativa, unidades de potência menor podem ser instaladas em pontos específicos para melhorar a qualidade da tensão de alimentação de uma carga ou conjunto de cargas mais sensíveis. É importante salientar que um filtro ativo série não possui elementos armazenadores de energia (como possui uma UPS), e como tal não consegue proteger as cargas contra subtensões prolongadas e falhas de energia. Não obstante poder funcionar isoladamente, a utilização do FAS aparece quase sempre associada com filtros passivos do tipo paralelo. A combinação do FAS com filtros passivos permite não só melhorar o desempenho do FAS, mas também reduzir ou eliminar os problemas de ressonância, adjacentes à utilização de filtros passivos.

Condicionador Unificado de Qualidade de Energia (UPQC)

Um condicionador unificado de qualidade de energia (Unified Power Quality Conditioner - UPQC) resulta da operação combinada de um condicionador ativo do tipo série com um condicionador ativo do tipo paralelo. Este tipo de condicionador permite combinar num único equipamento as características de compensação de corrente de um filtro ativo paralelo e as características de compensação de tensão de um filtro ativo série. Na Figura 3 apresenta-se o diagrama de blocos de um UPQC.

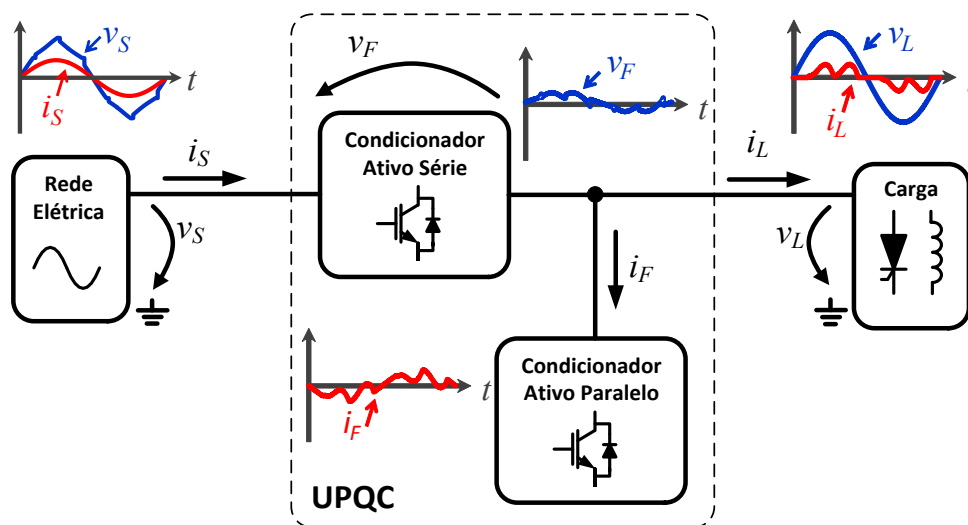


Figura 3 – Diagrama de blocos de um Condicionador Unificado de Qualidade de Energia (UPQC).

Pela ação do UPQC as correntes a montante do ponto de instalação passam a ser sinusoidais, em fase com as tensões e equilibradas pelas 3 fases. As tensões da carga passam a ser sinusoidais, equilibradas e com a amplitude pretendida. Apesar do UPQC não utilizar elementos armazenadores de energia, permite compensar subtensões e sobretensões em regime permanente. Para compensar as subtensões o condicionador paralelo absorve da rede elétrica a potência ativa injetada pelo condicionador série. Para compensar sobretensões, o condicionador série absorve potência ativa que deverá ser devolvida à rede pelo condicionador ativo paralelo.

Caso Real de Aplicação de um Filtro Ativo Paralelo

No âmbito de um projeto demonstrador de tecnologia liderado pelo Grupo de Eletrónica de Potência e Energia (GEPE) da Universidade do Minho foram desenvolvidos e testados em ambiente real de operação filtros ativos do tipo paralelo. A tecnologia de filtros ativos paralelos desenvolvida pelo GEPE no âmbito do projeto SINUS, foi industrializada e está a ser comercializada pela Efacec Engenharia de Sistemas. Na Figura 4 apresentam-se as formas de onda das tensões e das correntes do

lado da fonte e do lado da carga, com respetivo espectro harmónico, registadas numa instalação industrial onde um filtro ativo paralelo foi instalado. Como se pode ver, as correntes do lado da carga apresentam uma distorção harmónica total (THD) na ordem dos 60%, destacando-se sobretudo as harmónicas de 5ª e 7ª ordem. Pela ação do filtro ativo paralelo as correntes do lado da fonte ficam praticamente sinusoidais e em fase com as tensões, apresentando um THD inferior a 3% nas 3 fases. O fator de potência total (TPF) da instalação foi corrigido de 0,82 para a unidade.

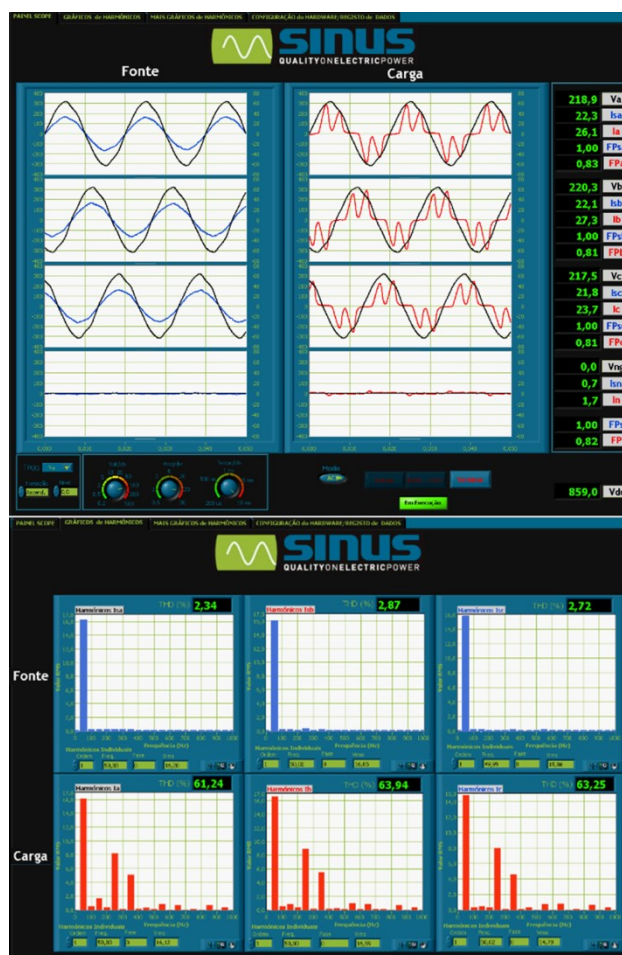


Figura 4 – Formas de onda das tensões e das correntes do lado da fonte e do lado da carga, com respetivo espectro harmónico, numa instalação industrial com filtro ativo paralelo.

Conclusões

A utilização de semicondutores de potência permitem melhorar a controlabilidade e eficiência dos sistemas produtivos, contudo a sua proliferação tem provocado a degradação das formas de onda das tensões e das correntes nos sistemas elétricos, originando uma série de problemas que se alastram desde o ponto de produção até ao ponto de consumo, afetando inclusivamente o próprio sistema de transporte e distribuição de energia. Os condicionadores ativos de potência apresentam-se como uma solução efetiva para mitigar grande parte destes problemas, contribuindo ativamente para a redução dos

prejuízos causados pelos mesmos. Contudo, é essencial uma aposta maior na investigação e divulgação destes equipamentos para que passem a ser adotados em grande escala, contribuindo para uma melhoria generalizada da Qualidade de Energia Elétrica.

Agradecimentos

Este trabalho é financiado por Fundos FEDER através do Programa Operacional Fatores de Competitividade – COMPETE e por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia no âmbito do projeto PTDC/EEA-EEL/104569/2008.