

SINUS - Tecnologia para Monitorização da Qualidade de Energia, Compensação Dinâmica de Harmónicos, Factor de Potência e Desequilíbrios e para Interface de Fontes Renováveis

**João L. Afonso, R. Pregitzer, J. G. Pinto, Luís Monteiro, Pedro Neves, R. Alves, D. Gonçalves
José Cunha, José Batista, Júlio S. Martins, M. J. S. Freitas, Eduardo Pinto, Renato Morgado**

Departamento de Electrónica Industrial, Universidade do Minho
Campus de Azurém, 4800-058 Guimarães, Portugal
sinus@dei.uminho.pt

Resumo

Este artigo descreve o Projecto SINUS – Tecnologia para Compensação Dinâmica de Harmónicos, Factor de Potência e Desequilíbrios – DEMTEC/020/1/03. Este projecto trata do desenvolvimento de protótipos de equipamentos a serem demonstrados em funcionamento em 4 diferentes instalações (uma Indústria Têxtil, uma Indústria Farmacêutica, um Hospital e uma Universidade). Os equipamentos terão a função de monitorizar os consumos e a Qualidade de Energia Eléctrica, de compensar dinamicamente os harmónicos e os desequilíbrios de corrente, bem como de corrigir dinamicamente o factor de potência. Numa das instalações o equipamento funcionará simultaneamente como interface de fontes de energia renovável com a rede eléctrica.

Palavras-chave: Monitorização de Qualidade de Energia Eléctrica, Filtro Activo Paralelo, Compensação de Harmónicos, Correção de Factor de Potência, Interface com Energias Renováveis.

1. Introdução

A Energia Eléctrica é um suporte fundamental para toda a actividade económica. Nos últimos anos tem-se assistido a uma preocupação crescente com aspectos relacionados com a sua qualidade, uma vez que a proliferação de conversores de potência electrónicos, sobretudo na indústria, mas também pelos consumidores em geral, tem provocado um aumento das distorções nas correntes e tensões da rede eléctrica. Este facto origina problemas graves, com custos económicos elevados, que têm a ver principalmente com o mau funcionamento dos equipamentos ligados à rede eléctrica. Isto se deve ao facto desses equipamentos incluírem sistemas de controlo baseados em microelectrónica, que trabalham com níveis de energia muito baixos, e que por isso são muito sensíveis às distorções das formas de onda do sistema de alimentação e a problemas de interferência electromagnética. Desta forma, a Qualidade da Energia Eléctrica é um assunto de grande importância, que envolve as empresas produtoras e distribuidoras de energia, os consumidores e os fabricantes de equipamentos [1]. Cabe salientar que a eficiência dos sistemas de produção, transporte e distribuição está directamente relacionado com a qualidade no consumo da energia eléctrica. De acordo com um estudo efectuado pelo *European COPPER Institute* o custo total dos problemas de Qualidade de Energia na Europa é estimado num valor entre 13 e 20 mil milhões de euros por ano [2].

A importância da utilização de fontes não poluentes de energia renovável é actualmente maior do que nunca, devido aos problemas ambientais, e ao custo crescente dos combustíveis fósseis, que comprometem as economias dos países importadores. Para Portugal, as fontes de energia renovável assumem um papel de suma importância, uma vez que o país está comprometido pelo Protocolo de Kyoto em produzir energia a partir de fontes não poluentes, e também porque Portugal apresenta uma enorme dependência energética do exterior, importando quase 90% do total da energia que consome. Por outro lado, Portugal é um importante mercado para equipamentos de energia renovável baseados no sol e no vento, uma vez que possui estes recursos em quantidade apreciável. Além disso, Portugal tem fortes laços com muitos países ainda em desenvolvimento, que pertencem aos PALOP (Países Africanos de Língua Oficial Portuguesa), que precisam desenvolver fontes de energia eléctrica a baixo custo. Dessa forma, o desenvolvimento de tecnologias relacionadas com a produção de energia a partir de fontes renováveis, assume uma enorme importância para o país.

2. Projecto SINUS

Baseado em trabalhos de investigação e desenvolvimento tecnológico realizados no Departamento de Electrónica Industrial da Universidade do Minho, o Projecto SINUS tem como objectivo a validação de tecnologia para a compensação dinâmica de harmónicos, factor de potência e desequilíbrios, para a monitorização de Qualidade de Energia, e para a interface de fontes de energia renovável com a rede eléctrica, de forma a demonstrar ao público especializado, e em situação real, as suas vantagens técnicas e económicas. Assim pretende-se implementar equipamentos-piloto que venham a comprovar em instalações industriais e de serviços os resultados relativos ao desenvolvimento integrado de: Sistemas de Monitorização de Qualidade de Energia Eléctrica, Filtros Activos de Potência Paralelos e Sistemas de Interface de Fontes Alternativas de Energia com a Rede Eléctrica. Com este projecto almeja-se ainda contribuir para sensibilizar o sector especializado da Engenharia Electrotécnica em Portugal para as questões da Qualidade de Energia Eléctrica e para os problemas práticos enfrentados pelo sector eléctrico nacional.

Cabe enfatizar que o Projecto SINUS se insere na “Política Energética Nacional”, uma vez que 6 dos objectivos declarados nessa política são directamente abrangidos por este projecto: redução da intensidade energética no produto; redução da factura energética; melhoria na qualidade de serviço; diversificação das fontes e aproveitamento dos recursos endógenos; minimização do impacto ambiental; contribuição para o reforço da competitividade e da economia nacional.

2.1 Sistemas de Monitorização de Qualidade de Energia Eléctrica

Estão a ser desenvolvidos sistemas de monitorização independentes para realização de estudos de Qualidade de Energia Eléctrica (Fig. 1), e sistemas para serem integrados em equipamentos demonstradores com os Filtros Activos de Potência. A aquisição dos sinais de tensão e de corrente é feita por sensores conectados a uma placa de aquisição de dados. As aplicações de *software* foram desenvolvidas em *LabVIEW™* e funcionam no sistema operativo *Windows* num PC comum. Basicamente o sistema permite monitorizar e analisar diversos parâmetros relacionados com a qualidade da energia eléctrica, calcular potências e energias consumidas, mostrar gráficos e calcular grandezas eléctricas baseadas em valores *True RMS*, efectuar análise harmónica, registar dados e produzir relatórios. O sistema adquire dados continuamente, e armazena

em ficheiros os eventos que resultaram das anomalias detectadas no sistema eléctrico onde é feita a monitorização. Diversos parâmetros relacionados com a qualidade da energia e a gestão das potências podem ser analisadas em 6 aplicações diferentes. Os relatórios podem ser produzidos no formato *HTML* e *Word*, e podem ser disponibilizados para visualização na Internet, usando um *web browser* [3, 4]. Ao término do período estipulado para a monitorização, o equipamento envia uma mensagem por correio electrónico ao endereço previamente indicado, avisando que a monitorização foi concluída e indica o número de eventos registrados.

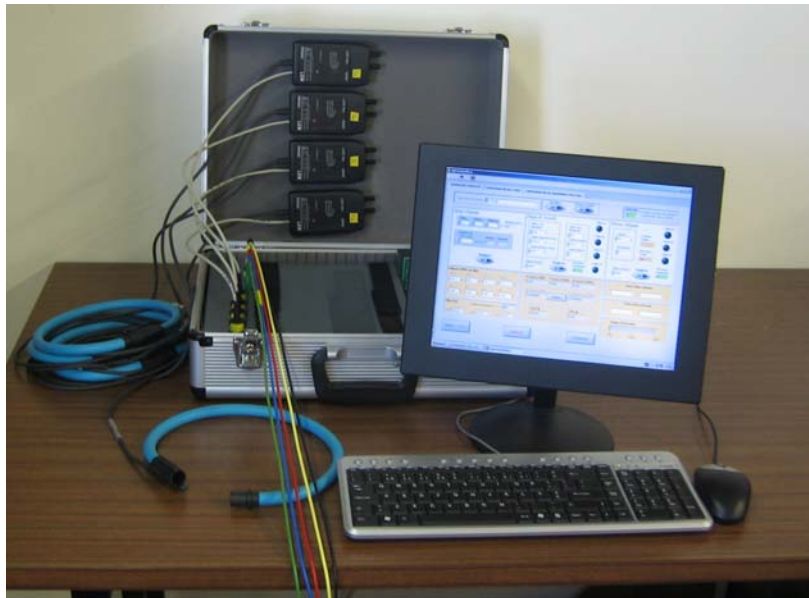


Fig.1 – Monitorizadores de Qualidade de Energia desenvolvidos e sensores de corrente.

2.2 Filtros Activos de Potência do Tipo Paralelo

Estão a ser desenvolvidos Filtros Activos de Potência Paralelos para sistemas trifásicos a 4 fios e para sistemas monofásicos. Os filtros activos apresentam sistemas de controlo digitais, em tempo real, baseados na teoria da potência instantânea (Teoria p-q) [6]. O andar de potência dos filtros activos é constituído por um inversor a IGBTs, que utiliza condensadores no lado CC, e indutâncias de filtragem no lado CA. Os Filtros Activos Paralelos permitem, de forma dinâmica, compensar os harmónicos das correntes nas cargas e a potência reactiva (corrigindo o factor de potência). O filtro activo para sistemas trifásicos permite ainda compensar a componente de sequência zero da corrente, equilibrando as correntes nas três fases, e eliminando a corrente no neutro. Ou seja, a rede eléctrica passa a ver o conjunto constituído pelo filtro activo e pelas cargas como se tratasse de um receptor trifásico que pode consumir correntes sinusoidais e equilibradas, ou então energia activa constante. Conforme se mostra no diagrama unifilar da Fig. 2, como resultado da actuação do Filtro Activo Paralelo, a corrente nas linhas torna-se sinusoidal, e a sua amplitude diminui, reduzindo o aquecimento (as perdas) dos condutores, e evitando distorções nas tensões de alimentação dos receptores [5, 6].

As fotos apresentadas nas Fig. 3 e Fig. 4 estão a ilustrar os protótipos laboratoriais dos filtros activos monofásico e trifásico. Com o objectivo de minimizar os custos para possível implementação destes equipamentos estão a ser desenvolvidos inversores de potência para aplicação em condicionadores activos, conforme é mostrado na Fig. 5.

A Fig. 6 ilustra uma operação combinada do filtro activo paralelo trifásico com o sistema de monitorização. A operação combinada permite a compensação dinâmica das componentes harmónicas e desequilibradas das correntes da carga, além de indicar os distúrbios presentes no sistema eléctrico em questão.

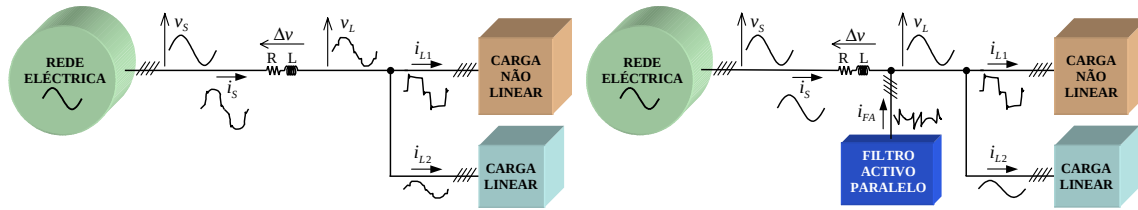


Fig. 2 - Sistema eléctrico com carga não linear sem e com Filtro Activo Paralelo.

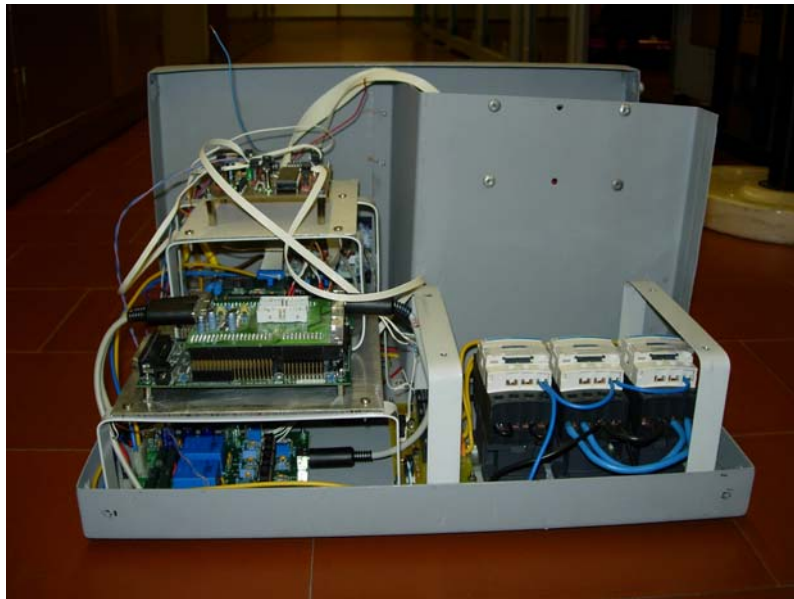


Fig. 3 – Protótipo laboratorial do Filtro Activo Paralelo Monofásico.

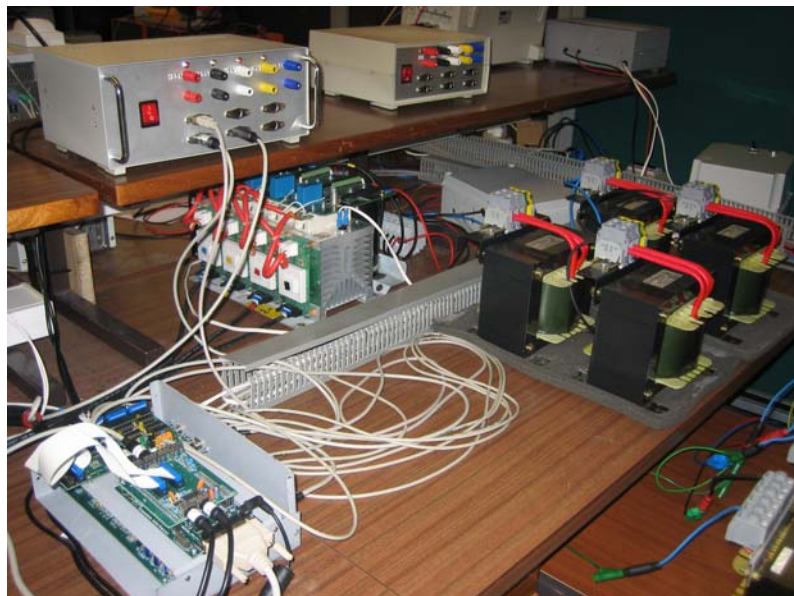


Fig. 4 – Protótipo laboratorial do Filtro Activo Paralelo Trifásico.

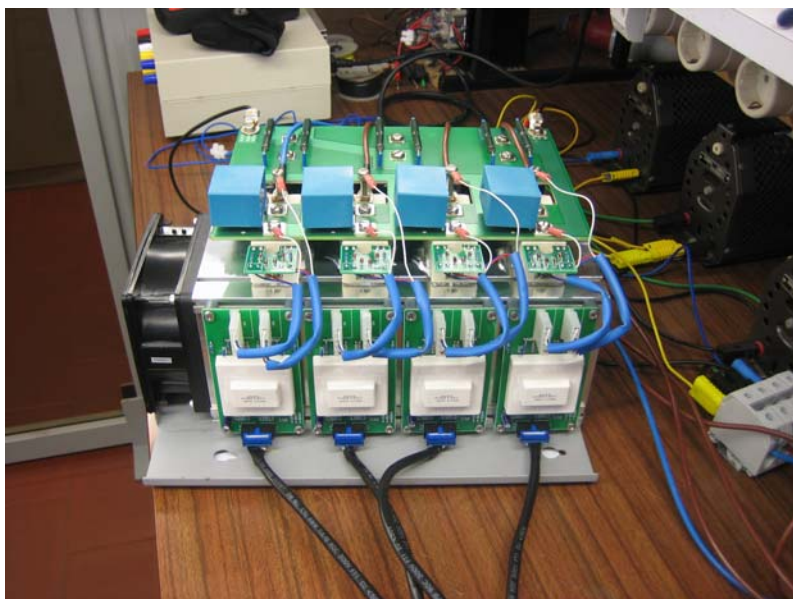


Fig. 5 – Protótipo laboratorial do inversor de potência desenvolvido.

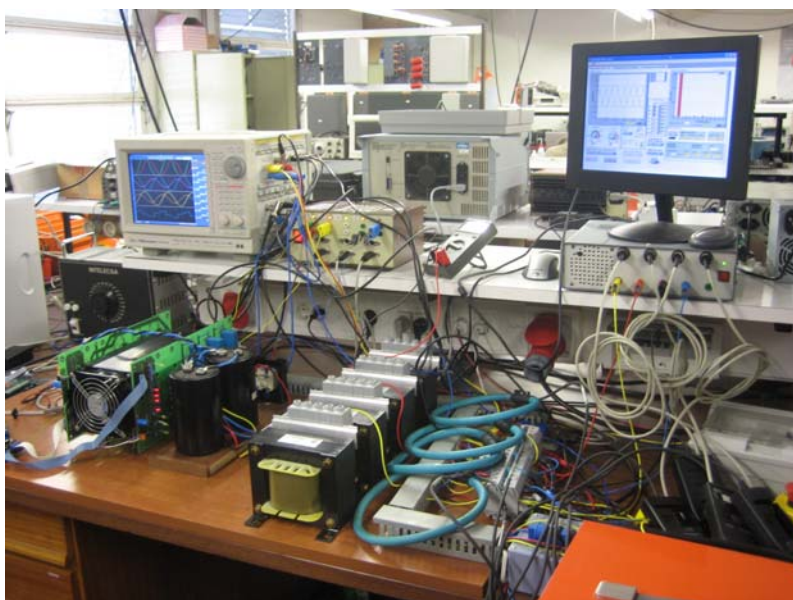


Fig. 6 – Protótipo laboratorial de um Filtro Activo Paralelo Trifásico com o Sistema de Monitorização.

2.3 Interface de Fontes Alternativas de Energia com a Rede Eléctrica

Os Filtros Activos Paralelos desenvolvidos permitem, simultaneamente com o trabalho de compensação de harmónicos, factor de potência e desequilíbrios, injectar na rede eléctrica energia proveniente de fontes alternativas [7]. Além disso, permitem injectar “energia” reactiva, satisfazendo dessa forma a alínea d) do artigo 22º do decreto-lei n.º 313/95 de 24 de Novembro, que estabelece que, fora dos horários de vazio, os produtores de energia eléctrica devem fornecer uma quantidade de “energia” reactiva que corresponde a pelo menos 40% da energia activa fornecida. Para que os filtros activos possam realizar essa acção de interface faz-se necessário adequar o nível da tensão produzida pelas fontes de energia alternativa à tensão do lado CC dos filtros activos. A Fig. 7 apresenta um diagrama de blocos que ilustra a topologia de um Filtro Activo Paralelo a 4 fios e sua ligação a fontes de energia renovável.

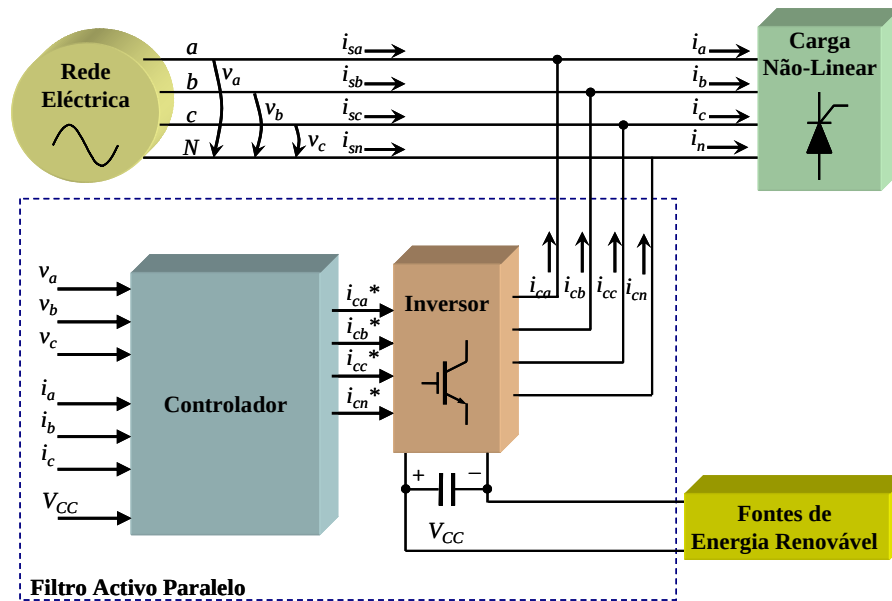


Fig. 7 - Sistema eléctrico com Filtro Activo Paralelo e Fontes de Energia Renovável.

5. Conclusões

Este sumário de artigo descreve a tecnologia para a compensação dinâmica de harmónicos, factor de potência e desequilíbrios, para a monitorização de Qualidade de Energia, e para a interface de fontes de energia renovável com a rede eléctrica do Projecto SINUS. Os equipamentos apresentados neste trabalho encontram-se em fase de testes, para então serem instalados, para fins de demonstração, em 4 diferentes instalações (uma Indústria Têxtil, uma Indústria Farmacêutica, um Hospital e uma Universidade).

Referencias

- [1] João L. Afonso, Júlio S. Martins, *A Qualidade da Energia Eléctrica na Indústria*, Ciclo de Seminários – As Oportunidades das Ameaças: A Qualidade da Energia Eléctrica, 2003, ISBN: 972-8063-15-6, pp. 1-35 – <http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/1499>
- [2] David Chapman, *The Cost of Poor Power Quality*, Power Quality Application Guide, Copper Development Association, Novembro 2001.
- [3] José Batista, Júlio S. Martins, João L. Afonso, *Low-Cost Power Quality Monitor Based on a PC*, ISIE'2003, Rio de Janeiro, Brasil, 9-11 Junho de 2003, ISBN: 0-7803-7912-8.
- [4] José Batista, Júlio S. Martins, João L. Afonso, *Sistema de Monitorização da Qualidade da Energia Eléctrica Baseado em PC*, 8º Congresso Luso-Espanhol de Engenharia Electrotécnica, pp. 4.53-4.58, Vilamoura, Algarve, Portugal, 3-5 Julho de 2003.
- [5] H. Akagi, Y. Kanazawa, A. Nabae, *Generalized Theory of the Instantaneous Reactive Power in Three-Phase Circuits*, IPEC'83, pp. 1375-1386, 1983, Tokyo, Japão.
- [6] João Afonso, Carlos Couto, Júlio Martins, *Active Filters with Control Based on the p-q Theory*, IEEE Industrial Electronics Society Newsletter, vol. 47, nº 3, Set. 2000, pp. 5-10.
- [7] Ricardo L. Pregitzer, Tiago N. Sousa, Júlio S. Martins, João L. Afonso, *Interface entre Fontes de Energia Renovável e a Rede Eléctrica*, ENER'05 – Conferência sobre Energias Renováveis e Ambiente, Figueira da Foz, Portugal, 5-7 de Maio de 2005, pp. 1.143-1.148.