

Condicionamento da Energia Solar Fotovoltaica para Sistemas Interligados à Rede Elétrica

Autor: Pedro Machado de Almeida

O aproveitamento da energia gerada pelo sol, considerada inesgotável na escala de tempo terrestre, vem se tornando uma das mais promissoras alternativas para suprir a grande e crescente demanda energética mundial.

Uma das maneiras de se utilizar essa energia se dá através do efeito fotovoltaico, em que a energia é obtida através da conversão direta da luz em eletricidade. Esse efeito, relatado por Edmond Becquerel, em 1839, é o aparecimento de uma diferença de potencial nos extremos de uma estrutura de material semiconductor (célula fotovoltaica), produzida pela incidência de luz. Na Figura 1 é ilustrado o efeito fotovoltaico em uma estrutura simplificada de uma célula fotovoltaica (PV).

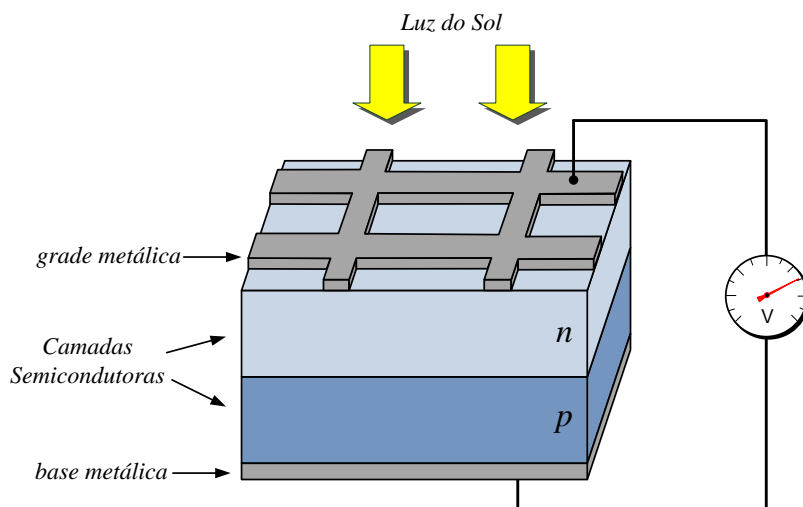


Figura 1: Estrutura física simplificada de uma célula fotovoltaica e efeito fotovoltaico.

Apesar de historicamente a energia solar fotovoltaica ser indicada somente para alimentação de cargas isoladas, a redução dos custos de fabricação dos painéis solares fotovoltaicos tem incentivado a utilização desses sistemas conectados em paralelo com a rede elétrica. O objetivo é permitir que parte ou toda energia convertida pelos painéis fotovoltaicos seja injetada na rede em corrente alternada (CA) aumentando a oferta de energia elétrica.

Além da redução dos custos, outros fatores responsáveis pelo crescente interesse nas aplicações comerciais dos sistemas de geração baseados em painéis PV conectados à rede

elétrica são: (i) baixas perdas por transmissão, já que os sistemas de geração PV podem ser instalados próximos aos centros de cargas; (ii) baixa necessidade de manutenção, devido a robustez dos painéis PV e ausência de partes mecânicas giratórias e (iii) o fato dos painéis PV gerarem uma energia limpa, sem a emissão de gases ou poluição sonora. Na Figura 2 é ilustrado o crescimento da potência instalada dos sistemas fotovoltaicos no mundo, ressaltando, pela característica exponencial o interesse global por essa tecnologia.

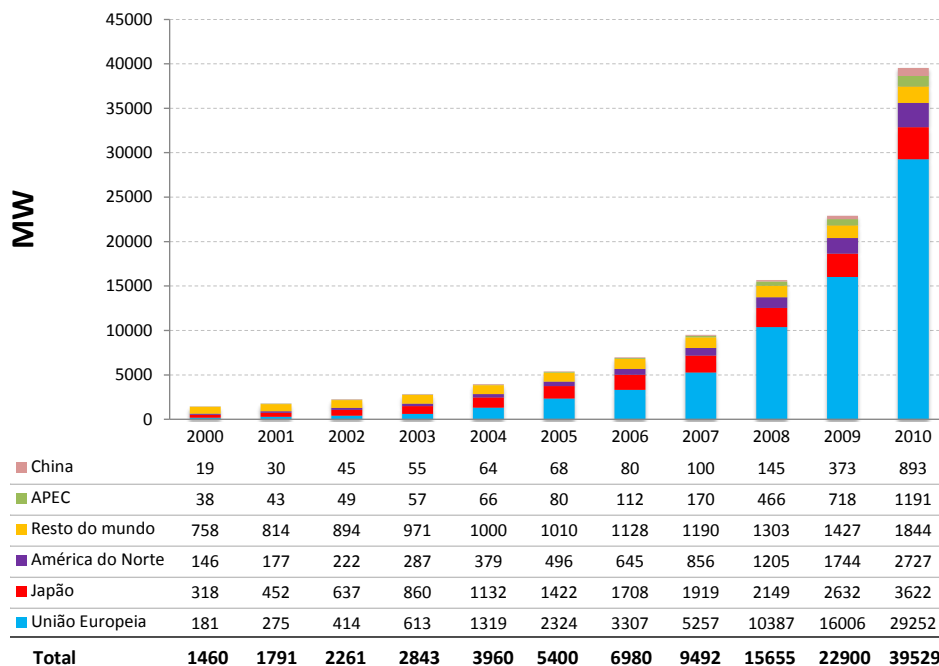


Figura 2: Evolução da potência cumulativa instalada de sistemas PV no mundo, 2000-2010 (Fonte: EPIA - Global Market Outlook Photovoltaics Until 2015).

Devido à natureza unidirecional (corrente contínua - CC) da energia elétrica gerada nos painéis solares fotovoltaicos é necessário o uso de conversores eletrônicos de potência (conversores estáticos) para condicionar a energia elétrica antes de esta ser disponibilizada para consumo na rede CA, alimentando cargas residenciais, comerciais e industriais.

O equipamento utilizado para processar essa energia é denominado conversor CC-CA, ou também comercialmente chamado de “inversor”. Este dispositivo eletrônico é composto por interruptores semicondutores de potência. Na Figura 3 é mostrada uma topologia básica de conversor CC-CA, trifásico, fonte de tensão (*Voltage Source Converter - VSC*), de dois níveis, composto por seis chaves semicondutoras IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) que permitem o controle dos instantes de início de condução e corte através de sinais eletrônicos aplicados em seus terminais de gatilho.

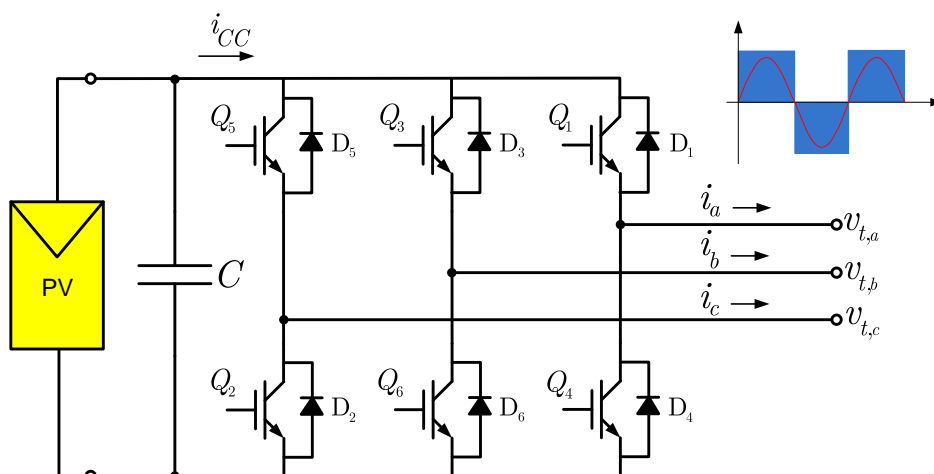


Figura 3: Topologia básica de um conversor CC-CA trifásico com uma célula solar fotovoltaica conectada em seus terminais CC.

A conexão de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica, normalmente referenciados como sistemas de geração dispersos ou distribuídos (SGD), dá origem aos chamados sistemas de distribuição ativos, mudando a concepção estrutural do sistema de potência tradicional, uma vez que o fluxo de potência se torna bidirecional. Desta forma, apesar dos SGD aumentarem a oferta de energia, os mesmos podem causar instabilidades no sistema elétrico de potência devido às suas características dinâmicas que diferem drasticamente das características dos grandes geradores presentes no sistema de geração tradicional. Neste contexto, os algoritmos de controle empregados aos conversores são de fundamental importância na operação correta do sistema fotovoltaico.

Outro ponto crítico em relação à operação de sistemas de geração dispersos é a possibilidade de ocorrência de ilhamentos não intencionais. O fenômeno do ilhamento acontece quando parte de um sistema elétrico de abastecimento de energia, que contém cargas e sistemas de geração, é isolada do restante do sistema após a detecção de um defeito na rede elétrica básica, e continua operando. Esta situação pode causar diversos problemas como: grandes excursões de tensão e frequência, problemas relacionados ao religamento, e um problema muito sério que está ligado à segurança de trabalhadores do sistema elétrico e aos consumidores a ele conectados. Mesmo que o sistema de geração disperso ilhado seja capaz de alimentar parte do sistema, sem interferir na qualidade da energia fornecida, ele tem que ter sua operação cessada, pois ela ainda não é permitida pelas normas. Com base no exposto anteriormente algoritmos de anti-ilhamento são de suma importância para a operação segura da planta solar fotovoltaica e devem ser incorporados ao sistema de controle do conversor CC-CA.

Na Figura 4 é mostrado um diagrama esquemático do Laboratório Solar Fotovol-

taico instalado na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). Essa planta tem o seguinte princípio de funcionamento: a energia proveniente da luz do sol é convertida em eletricidade pelos painéis solares fotovoltaicos que alimenta o barramento CC do inversor. Este, por sua vez, processa e condiciona a eletricidade gerada pelos painéis, ou seja, transforma tensões e correntes CC em tensões e correntes CA sincronizadas com as tensões da rede elétrica da concessionária. Além de monitorar os parâmetros de operação como tensão, frequência e o ilhamento, cessando a operação do conversor e isolando o SGD da rede elétrica se esses parâmetros estiverem fora dos limites normais de operação ou se ocorrer um ilhamento. As tensões de saída do conversor alimentam o lado de baixa do transformador (220V) que eleva a mesma aos níveis de tensão do sistema interno de distribuição da UFJF (6,6kV). Desta forma, a energia convertida pelos arranjos fotovoltaicos pode alimentar qualquer carga no interior da universidade, suprimindo parcialmente a demanda de energia elétrica do campus.

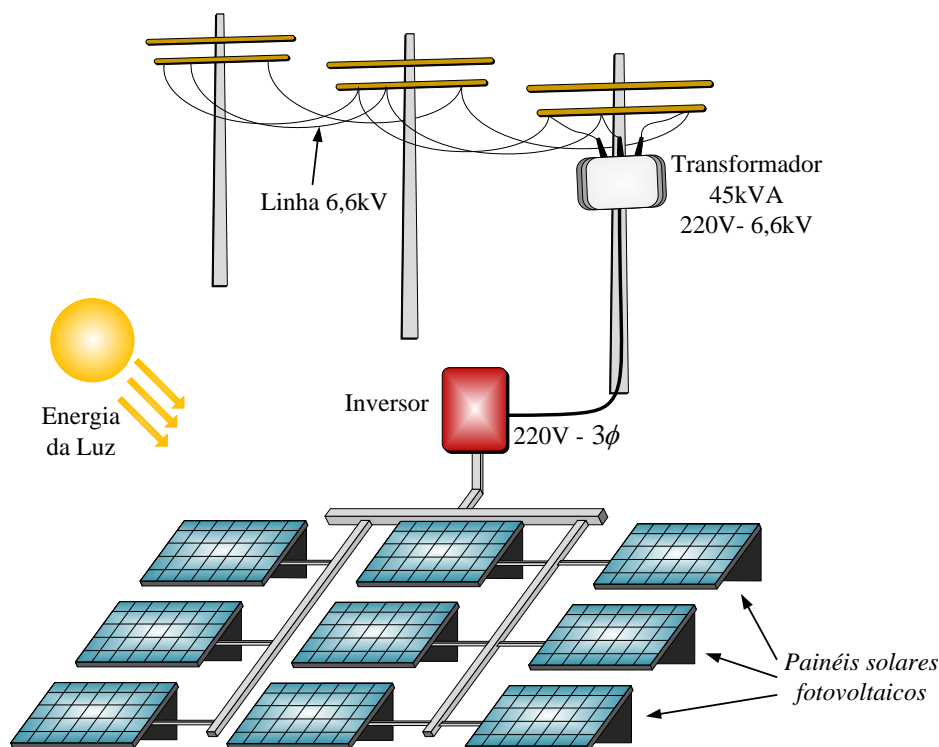


Figura 4: Diagrama esquemático do Laboratório Solar Fotovoltaico da UFJF.

Para mais informações

P. M. Almeida, “*Modelagem e controle de conversores estáticos fonte de tensão utilizados em sistemas de geração fotovoltaicos conectados à rede elétrica de distribuição*”. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica (PPEE), Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Abril 2011.

P. M. Almeida, F. C. Mattos, P. G. Barbosa, A. A. Ferreira, H. A. C. Braga, “*Desempenho de métodos ativos de detecção de ilhamento para sistemas de geração fotovoltaicos baseados em realimentação positiva da tensão e da frequência*”. Congresso Brasileiro de Automática (CBA), 2010, Bonito, Mato Grosso do Sul.

Grupo de Trabalho de Energia Solar (GTES), CEPEL – CRESESB, “*Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos*”, Rio de Janeiro, Agosto, 2008.

R. L. Carletti, L. C. G. Lopes and P. G. Barbosa, “*A dispersed generation system based on photovoltaic cells: Converter configuration and switching strategies*”, in Proceedings of COBEP’ 2003. 7th Brazilian Power Electronics Conference, Set. 2003, pp. 404 - 409.