

DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS COM DIFERENTES ACUMULADORES ELETROQUÍMICOS DE ENERGIA

Comparative study of different batteries technology for photovoltaic systems

DIAS JR., Luiz Eduardo Ferreira
automação@facmaxplanck.edu.br
Faculdades Max Planck

Resumo: Os sistemas de geração de energia elétrica com painéis fotovoltaicos (FV) têm se mostrado uma alternativa viável para diversas aplicações. Uma das possibilidades que é bem atendida por suas características é a geração em sistemas isolados. Atualmente, por volta de 60% das células FV fabricadas no mundo tem essa aplicação [1]. No entanto, para um fornecimento contínuo de energia, esses sistemas (que atuam desconectados da rede) precisam de sistema de armazenamento da energia. O armazenamento da energia gerada pelos painéis FV, se faz necessário por diversos motivos: sazonalidade da fonte, não equivalência entre a potência gerada e a potência da carga, dimensionamento da autonomia, etc. Nesse trabalho, dentre as tecnologias disponíveis, foi analisada a solução que utiliza baterias. O sistema mais usual, com aplicação de baterias chumbo – ácido, foi comparado com baterias alcalinas (NiMH) e Li – íon. O dimensionamento de um sistema FV com diferentes tecnologias foi realizado a fim de se conhecer quais as vantagens que podem ser obtidas. Como conclusão, o trabalho apresenta aspectos técnicos que foram considerados na escolha do tipo de bateria e painel FV, mostrando que a tecnologia usual de baterias chumbo-ácida ainda é a opção mais viável, mesmo com a redução de painéis FV que são um item de alto custo no sistema como um todo.

Palavras-chave: Baterias de lítio-íon, energia fotovoltaica, armazenamento de energia

Abstract: The PV systems have showed a feasible way to generate electric energy in a wide numbers of applications. One of the important possibilities that have been very well accepted is the stand alone systems. Now, around 60 % of

all PV systems in the world are made to be applied in this case [1]. However, in order to offer a continuous energy supply, the PV systems need an energy store system. This requirement is compulsory in stand alone applications for an all sort of reasons: seasons of the year, clouds days, generated power can be different of the load, autonomy of the energy supply, etc. In this paper, within the available storage technologies, we focused in systems with batteries. A description of different PV technologies will be made; different technologies of batteries will be describing as well. As a conclusion, the work shows that no significant advantage was obtained with the using of NiMH or Lí – íon technologies.

Keewords: lithium-ion battery, photovoltaic energy, energy storage

1 Introdução

A geração de energia fotovoltaica (FV) tem apresentado uma rápida evolução ao longo dos últimos anos. Seja por suas características técnicas interessantes, por questões ambientais ou mesmo pela necessidade de busca por novas fontes de energia.

Os painéis fotovoltaicos receberam significativos investimentos em pesquisa na última década, o que gerou uma queda de preços nos painéis. No entanto, se o sistema for isolado, há a necessidade de sistemas de armazenamento de energia, que não acompanhou o mesmo ritmo de redução de preços.

Apesar do desenvolvimento alcançado, os sistemas FV ainda apresentam problemas na sua utilização. Custo elevado, degradação dos painéis, baixa eficiência na conversão fotoelétrica e armazenamento da energia são alguns destes que merecem ser citados. Portanto para uma utilização eficiente e tecnicamente apropriada, o correto dimensionamento do projeto com geração FV deve receber atenção prioritária.

Dentre os aspectos mais relevantes estão a escolha das tecnologias de painéis FV e das baterias, estas que farão o armazenamento da energia em momentos que os painéis não tem como fornecer a energia requerida pela carga. Exatamente visando o fornecimento contínuo de energia elétrica, é que os seguintes aspectos também devem ser considerados: autonomia requerida, carga que será ligada, horas de insolação e energia produzida.

2 Requisitos do sistema

Como hipóteses, as seguintes perguntas devem ser respondidas para se obter as características do sistema:

2.1 Características da insolação

Para efeito de estudo a região que será considerada é a Região Metropolitana de Campinas, no Estado de São Paulo. Essa escolha foi feita por ser tratar de uma região de interesse elevado econômico, pela sua abundante quantidade de horas de sol e pela disponibilidade de dados. Os dados já tratados foram obtidos na referência [2] e foi considerado o período com a menor radiação média diária (no caso, o mês de junho com $3,42 \text{ kWhm}^{-2}\text{dia}^{-1}$). Com um fator de correção para superfícies inclinadas em 25° (o que otimiza o sistema) temos o valor de $4,62 \text{ kWhm}^{-2}\text{dia}^{-1}$.

2.2 Carga requerida

No trabalho foi considerado o atendimento de uma residência com um consumo médio de 65 kWh/mês o que se dividido por 30 dias fornece uma carga diária de 2100 Wh. Esse valor foi estabelecido a partir de [2] e não é necessariamente a realidade de consumo da região em estudo. Foi apenas adotado por se tratar de um consumo típico das residências no Brasil [2].

2.3 Autonomia requerida

Levando-se em consideração o consumo mensal de energia já citado, o valor de autonomia aceito para esse tipo de aplicação (não crítica) é de 5 dias [3]. O número de baterias será calculado de acordo com as diferentes características apresentadas por cada tecnologia. Para o cálculo do número de baterias a seguinte expressão é utilizada:

$$N_b = C_d \times \text{Autonomia} / C_n \times \text{DoD} \quad (3.1)$$

Onde C_d é o consumo diário (que varia durante as horas do dia) dado em Ah, autonomia é dada em dias, C_n é a capacidade nominal dado em Ah e DoD é a profundidade da descarga (que varia entre as tecnologias de baterias, em Inglês, *Deep of Discharge*).

3 Visão Geral sobre painéis FV

Basicamente, painéis FV produzem energia elétrica a partir da exposição a uma fonte luminosa. Fótons (pacotes de energia) deslocam elétrons da junção *p-n*, para produzir uma corrente elétrica de natureza contínua (C.C.), que é proporcional a intensidade da luz incidente [2]. A energia diária produzida pelos painéis FV é medida pela expressão:

$$E_d = H_p \cdot I_p \cdot V_p \quad (4.1)$$

Onde E_d representa a energia diária produzida, I_p e V_p são respectivamente a corrente e tensão de pico gerados pelos painéis e H_p são as horas de pico de insolação. Para o cálculo do número de painéis FV é utilizada a seguinte fórmula:

$$N_p = C_{\text{diário}} / E_d \times E_c \quad (4.2)$$

Onde C diário é o consumo diário em Ah, E_d é a Energia diária produzida em Wh e E_c é a eficiência de carga das baterias.

As eficiências dos painéis FV estão descritas pela Tabela 1 abaixo:

Tabela 1 - Eficiências das tecnologias de células solares. Fonte: [2].

Tecnologia	Eficiências	
	Célula (%)	Módulo (%)
Silício cristalino	27	10-17
Silício policristalino	18	9-12
Filme fino silício policristalino	17	8
Filme fino de cobre e índio	19	12
Material monocristalino	10	-
Filme fino de telureto de Cd	16	9

O modelo de painel FV adotado foi um Solarex MSX – 56, tensão padrão de 12 V, corrente de 3,35 A e potência de 56 W, da tecnologia de silício policristalino. Este modelo foi adotado por dois motivos: facilidade de ser encontrado no mercado e por já ter sido aplicado em outros projetos tornando suas características conhecidas pelo autor.

4 Visão geral da tecnologia das baterias

As tecnologias de baterias que serão avaliadas nesse artigo levam em conta a sua disponibilidade comercial e aplicação estacionária. Uma breve descrição de suas características é apresentada na Tabela 2 abaixo:

Tabela 2 - Tecnologias e modelos de baterias. Fonte [4] e Elaboração Própria.

Tecnologia	DOD [5]	Fabricante / Modelo	Capacidade Nominal	Energia Específica [1]	Eficiência[5]
Chumbo - Ácida	70 %	Enersys/Power Safe SBS	190 Ah	25-35 Wh/kg	80 %
Níquel Metal - Hidreto	80 %	Saft/NHE 200	200 Ah	65-75 Wh/kg	66 %
Lítio – íon	90 %	Enersys/ Redion	360 Ah	100-150 Wh/kg	95 %

5 Dimensionamento do sistema

A energia diária gerada por módulo (utilizando-se a Equação 4.1) será então para 6 horas de pico [2]:

$$E_d = 4,62 \times 12 \times 3,35 = 185,73 \text{ Wh.}$$

Com a utilização das Equações 3.1 e 4.2, a Tabela 3 apresenta os resultados para as diferentes tecnologias de baterias:

Tabela 3 - Número de baterias e painéis FV

Tecnologia	Número de baterias	Número de painéis
Chumbo - Ácida	7	14
Níquel Metal - Hidreto	6	17
Lítio – íon	3	12

6 Conclusão

Como conclusão do trabalho os seguintes aspectos merecem atenção: o dimensionamento com duas tecnologias que não são usuais para sistemas FV isolados (NiMH e Lí-íon) não possibilitou vantagens técnicas expressivas (redução no número de baterias para NiMH e número de painéis para Lí-íon).

Uma estimativa de custo (4 a 5 vezes o valor das baterias Pb-Ácida) já mostra que dificilmente há vantagem econômica também.

As perdas com inversores e controladores de carga não foram consideradas, o que é um fator de desvantagem para as tecnologias não usuais.

A título de exemplificação, entre as tecnologias Pb-Ácido e Li-íon, tivemos uma redução de 4 baterias (57,1%) no sistema de lítio, mas uma redução de 2 painéis (14,3%) no dimensionamento do sistema. Ou seja, mesmo com uma razão de redução de 4 vezes entre baterias/painéis FV a razão de 5 vezes de aumento nos custos destas baterias não justifica a troca.

Um estudo que leve em conta vida-útil dos componentes talvez possa apresentar vantagens em longo prazo para as outras tecnologias.

Referências

- [1] Jossen, A., Garche, J., Sauer, D.U., *Operation conditions of batteries in PV applications, 2004*, Solar Energy vol. 76, 759 – 769.
- [2] Camargo, J.C. *Medidas do potencial fotovoltaico na região das bacias dos Rios Piracicaba e Capivari*, Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica – FEM/ UNICAMP, 2000.
- [3] Furlan, A.L., *Análise comparativa de sistemas de armazenamento de energia elétrica fotovoltaica por meio de baterias e hidrogênio em comunidades isoladas da região Amazônica*, Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Mecânica – FEM/UNICAMP, 2008.
- [4] Broussely M., *Industrial applications of batteries. From cars to aerospace and Energy Storage – Chapter 4:Traction batteries. EV and HEV*. Broussely M. e Pistoia G. Eds. Elsevier B.V, 2007.