Disciplina: Eletrotécnica e Instalações Elétricas (DQF 06196; DQF 13993)
Depto de Química e Física - DQF/CCENS/UFES

Aula Prática 8

Energia Solar Fotovoltaica
Interpretação de especificações técnicas e traçado de curvas IxV e PxV

Introdução:

Esta aula visa proporcionar ao aluno um entendimento básico sobre módulos fotovoltaicos, com ênfase na caracterização e interpretação de especificações técnicas dos mesmos. Para o traçado da curva IxV, duas estratégias são possíveis, uma baseada em resistores e voltímetros e a outra que faz uso de um capacitor e osciloscópio digital. O módulo pode ser iluminado com uma lâmpada incandescente ou diretamente pelo sol, se possível.

Cuidados Especiais:

- Após alguns minutos, o refletor fica aquecido. Cuidado para não tocar nas partes quentes. **Manter o refletor desligado após a leitura das informações de interesse**.
- Resistores utilizados durante as medidas também aquecem. Manipule-os com cuidado, preferencialmente pelos *leads* (“pernas”);
- Não aproximar qualquer tipo de lâmpada a uma distância menor que 20 cm do painel fotovoltaico. O calor das lâmpadas pode danificar o painel.
- A polaridade dos capacitores, quando utilizados, deve ser respeitada.
- Resistores possuem limite de potência e deve-se cuidar para que a intensidade luminosa da fonte não exceda a potência dos resistores utilizados..

Objetivos:

- Familiarização com a conversão direta de energia solar por intermédio de paineis fotovoltaicos.
- Exposição dos princípios de funcionamento das tecnologias térmica e fotovoltaica.
- Geração de energia elétrica com um painel fotovoltaico.
- Traçado de curva IxV e PxV de um painel fotovoltaico.

Material:

- Placa de montagem
- Resistores (valores na tabela a seguir)
- Cabos banana-banana
- Capacitor(es)
- Resistor shunt
- Interruptor

Equipamentos

- Painel fotovoltaico 5 Watts (ver especificação anexa)
- Multímetro digital (2)
- Refletor com lâmpada halógena 150W/220 Volts
- Osciloscópio digital
- Solarímetro (opcional)
- Sensor de temperatura ambiente e do módulo (opcionais)

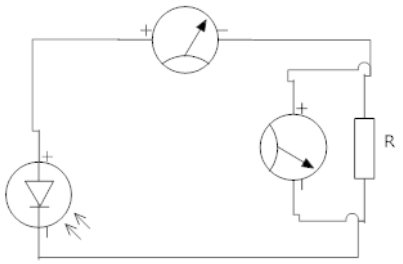
Parte 1. Familiarização com a geração de energia solar através de células fotovoltaicas

- Montar um circuito composto pelo refletor e um interruptor de forma a iluminar o módulo fotovoltaico.
- Para medir a tensão que o painel solar está gerando, basta ligar um multímetro ao painel através dos bornes vermelho e preto. Para isto, configure um multímetro para medir tensão contínua, ligue as pontas de prova nos bornes preto e vermelho e observe que tensão ele está apresentando.
- Notar que a variação da intensidade luminosa incidente sobre o painel está diretamente relacionada com o valor lido no multímetro.

Parte 2. Elaboração de curvas IxV e PxV

Procedimento 1 (Voltímetro, Amperímetro e Resistores, com REFLETOR[1])

- Fazendo uso da placa de montagem, montar o circuito abaixo.



- Ajustar a posição do refletor de forma a maximizar a tensão lida no voltímetro. Desligar o refletor. Manter as posições do refletor e do painel inalteradas a partir deste momento. Caso contrário, os próximos passos terão que ser refeitos.
- Para cada valor de resistência da tabela a seguir anotar as leituras do voltímetro e do amperímetro. Notar que alguns valores da tabela não são comerciais. Neste caso deve-se associar os resistores disponíveis para se obter o valor desejado.
- Manter a lâmpada acesa apenas durante a execução das leituras pois o aquecimento do módulo altera os valores medidos.

Resistência (Ω)	**Corrente (mA)**	**ΔI (mA)**	**Tensão (V)**	**ΔV (V)**	**Potência (W)**	**ΔP (W)**
∞						
100k						
10k						
4,7k						
1000						
500						
220						
100						
56						
33						
22						
11						
0						

Procedimento 2 (Capacitor, Resistor Shunt e Osciloscópio com Iluminação natural ou refletor)

O osciloscópio será ajustado e os sinais de corrente e tensão serão salvos e fornecidos aos alunos para análise posterior.

- Ajustes do osciloscópio deverão ser feitos em função das características do módulo fotovoltaico e irradiância.
- As ondas de tensão e corrente serão gravadas para análise posterior pelos grupos.
- Combinações série e paralelo também podem ser exploradas, lembrando-se, no entanto, do limite de tensão dos capacitores (10000µF/50V).
- Um dos canais deve ler a tensão nos terminais do módulo fotovoltaico enquanto o outro deve ler a diferença de potencial sobre o resistor shunt (6,8Ω), valor que é proporcional à corrente que o módulo está gerando.

---

1 Caso este procedimento seja feito com o módulo exposto à luz natural, deve-se utilizar resistores de potência compatível (5W).

- Arquivos .csv são gerados para cada eixo e para cada situação de interesse e utilizados posteriormente para o traçado das curvas IxV e PxV.
- Cada curva obtida reflete a irradiância incidente e a temperatura do módulo no momento do teste. Nas condições padrão a irradiância é fixada em 1000 W/m2 e a temperatura ambiente em 25oC. Portanto, não se esqueça de medir a irradiância e temperatura com o auxílio do solarímetro.
- Deve-se buscar períodos de irradiância estável e medida da mesma o mais próximo possível (em tempo) do momento em que os dados são coletados pelo osciloscópio e (no espaço) na localização do módulo fotovoltaico.

Relatório. O Relatório deve conter:

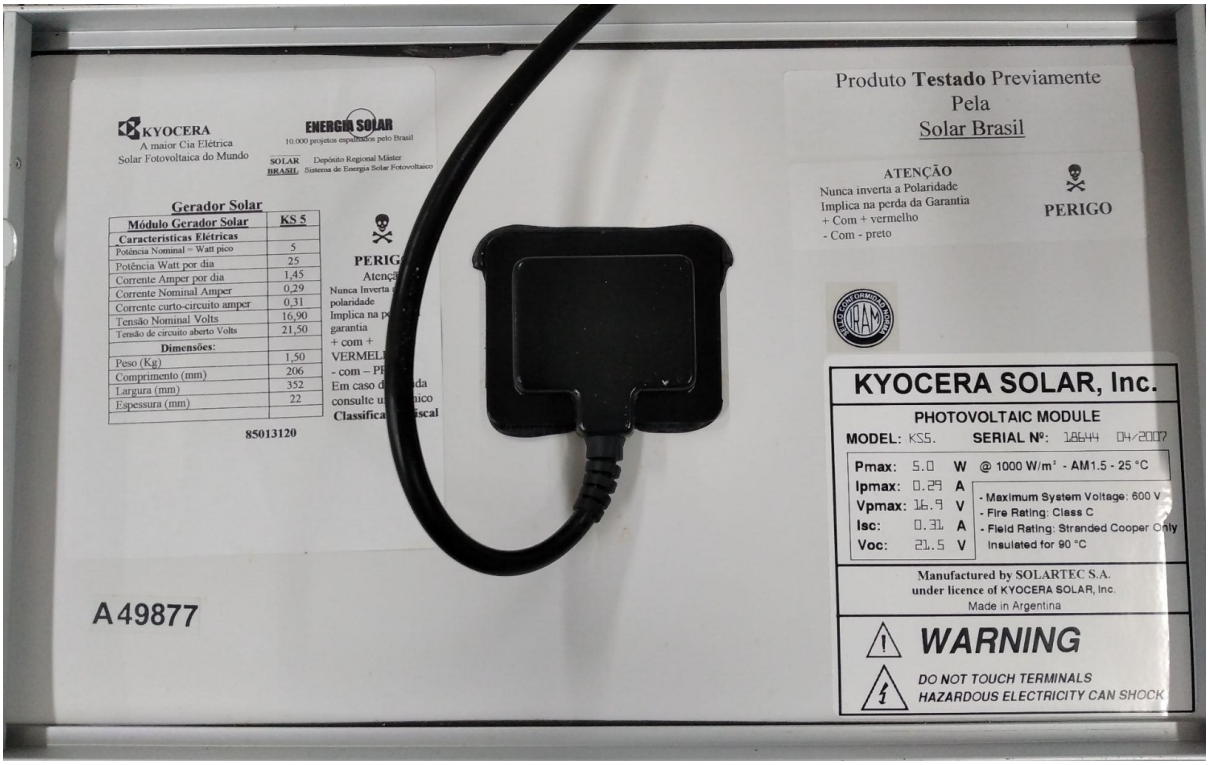
1. Curvas IxV e PxV do painel solar para as condições do ensaio.
2. Ponto de máxima potência (P, I e V). Uma opção para se calcular o valor máximo da potência é a partir da equação de uma função ajustada aos pontos do gráfico PxV. Outra alternativa é a interpolação a partir dos pontos da curva resultante.
3. Tensão de circuito aberto (Voc) e corrente de curto-circuito (Isc).

Nota: Como utilizar o potenciômetro do módulo fotovoltaico (OPCIONAL)

Para utilizar o potenciômetro do painel solar, mova a chave para esquerda e ligue o Disco de Newton, o carrinho, um multímetro, ou qualquer outro dispositivo que funcione em corrente contínua até um máximo de 16V nos bornes azul e preto do painel. Feita esta ligação é possível controlar a tensão fornecida pelo painel. Para isto basta girar o potenciômetro para direita para aumentar a tensão e para esquerda para diminuir a tensão.

Anexos

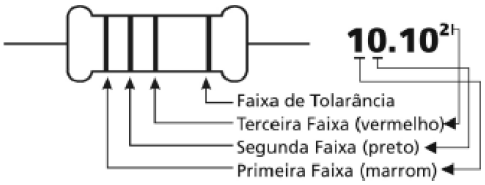
Foto da face traseira do módulo fotovoltaico (Kyocera KS5)



Código de Cores

cor	Valor	Tolerância
prata	-2	10%
ouro	-1	5%
preto	0	
marrom	1	1%
vermelho	2	2%
laranja	3	
amarelo	4	
verde	5	
azul	6	
violeta	7	
cinza	8	
branco	9	

Exemplo de como se utiliza o código de cores:



Informações Complementares:

Manuais dos equipamentos e informações complementares sobre propagação de incertezas podem ser encontrados no endereço http://www.fisica.alegre.ufes.br/ na aba associada ao Laboratório 2 de Física (Lab2).