

**OBJETIVO**  
Análise da influência de ligação paralela

**TAREFAS**

- Medição e análise da linha característica  $I-U$  e  $P-R$  de uma ligação em série de dois módulos fotovoltaicos.
- Medição e análise das linhas características com sombra parcial com e sem proteção de diodos de desvio.
- Comprovação da tensão reversa no módulo sombreado desprotegido.
- Determinação das perdas de potência por meio de sombreado parcial.

**RESUMO**

Em instalações fotovoltaicas, é hábito ligar vários módulos em série. Os módulos, por sua vez, são ligações em série de muitas células solares. Na prática, surgem sombras parciais. Elementos individuais da instalação, então, recebem irradiação com força menor e fornecem apenas pouca fotocorrente, o que limita a corrente por toda a ligação em série. Isto é evitado pelo uso de diodos de desvio. Na experiência, dois módulos com 18 células solares cada representam uma instalação fotovoltaica simples. Elas podem ligadas em série opcionalmente com ou sem diodos de desvio e iluminadas com uma lâmpada halógena.

**APARELHOS NECESSÁRIOS**

Número	Instrumentos	Artigo Nº
1	SED Energia solar (230 V, 50/60 Hz)	U8498301-230 ou
	SED Energia solar (115 V, 50/60 Hz)	U8498301-115

**FUNDAMENTOS GERAIS**

Em instalações fotovoltaicas, é hábito ligar vários módulos em série. Os módulos, por sua vez, são ligações em série de muitas células solares.

O cálculo de corrente e tensão em tal ligação em série cumpre as Leis de Kirchhoff em observância da característica de corrente-tensão das células solares. Por todos os módulos da ligação em série, corre a mesma corrente  $I$  e a tensão total

$$(1) \quad U = \sum_{i=1}^n U_i$$

$n$ : número de módulos

é a soma de todas as tensões  $U_i$  entre as conexões dos módulos individuais. A característica corrente-tensão de uma célula solar ou de um módulo pode ser explicada muito bem com auxílio de uma ligação substituta, que é construída como ligação antiparalela construída a partir de uma fonte constante fornecedora da fotocorrente e um "diodo semiconductor". Perdas ôhmicas que seurgem correspondem a uma resistência adicional ligada em paralelo (vide experiência UE8020100 e Fig. 1). A fotocorrente é proporcional à intensidade de iluminação da luz. Com igual intensidade de iluminação, todos os módulos se comportam de forma igual e formam a mesma tensão individual. Então a eq. 1 se torna:

$$(2) \quad U = n \cdot U_i$$

Na prática, entretanto, podem surgir sombreados parciais em uma instalação fotovoltaica. Módulos individuais da instalação, então, recebem irradiação com força menor e fornecem apenas pouca fotocorrente, o que limita a corrente por toda a ligação em série. Esta limitação da corrente faz com que diferentes tensões  $U_i$  se formem nos diferentes módulos.

Em casos extremos, as tensões dos módulos plenamente iluminados, mesmo em curto-circuito ( $U = 0$ ), alcançam valores até a tensão de circuito aberto, vide Fig. 2. A soma destas tensões está na direção reversa nos módulos sombreados. Isto pode causar aquecimento maciço e destruir a encapsulação ou até mesmo a própria célula solar. Para proteção, as instalações fotovoltaicas são equipadas com diodos de desvio, que podem fazer a corrente contornar o elemento sombreado.

Na experiência, dois módulos com 18 células solares cada representam uma instalação fotovoltaica simples. Elas podem ligadas em série opcionalmente com ou sem diodos de desvio e iluminadas com uma lâmpada halógena. Inicialmente, ambos os módulos são iluminados com igual intensidade e, posteriormente, um módulo é sombreado de forma que forneça apenas metade da fotocorrente.

Em todos os casos, as linhas características  $I-U$  do curto-circuito ao circuito aberto são registradas e comparadas. Além disso, as potências são calculadas como funções do resistor de carga, para determinar as perdas de potência por sombreado e pela influência dos diodos de desvio.

Para o caso do curto-circuito, além disso, a tensão no módulo sombreado é medida em separado. Ela atinge -9 V quando o módulo não é protegido por um diodo de desvio.

**AVALIAÇÃO**

Se um módulo fornecer, por exemplo, apenas a metade da fotocorrente, este determinará a corrente de curto-circuito da ligação em série quando não houver diodo de desvio.

Com o diodo de desvio, obtém-se que o módulo plenamente iluminado forneça sua corrente máxima, até que esta diminua por ter atingido a tensão de circuito aberto do módulo individual.

O modelo matemático para adaptação dos valores de medição nas Fig. 3 e 4 leva em consideração as Leis de Kirchhoff e utiliza a linha característica corrente-tensão determinada na experiência UE8020100 dos módulos individuais com os parâmetros  $I_s$ ,  $U_T$  e  $R_p$ . Para consideração dos diodos de desvio, suas linhas características são inseridas.

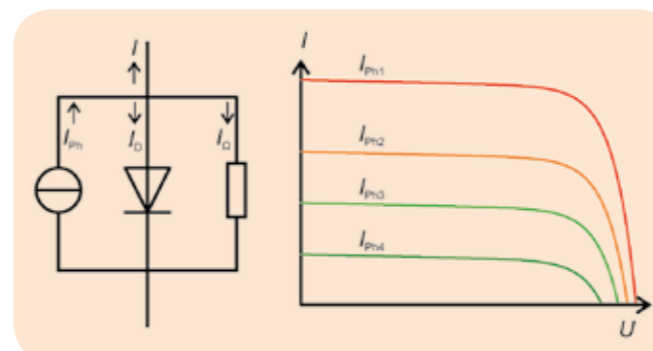


Fig. 1: Diagrama substituto e linhas características de uma célula solar

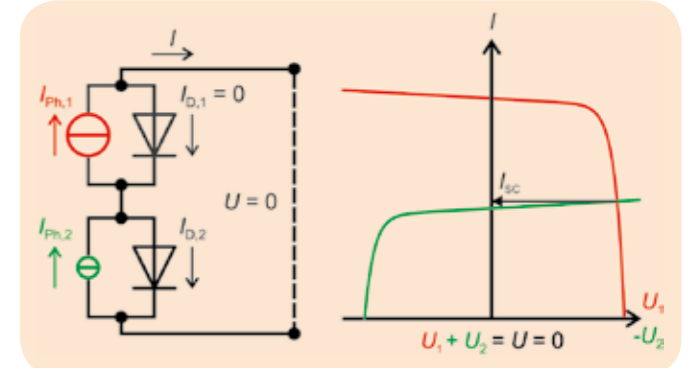


Fig. 2: Observação esquemática de um sombreado parcial da ligação em série de dois módulos sem desvio, em curto-circuito ( $U = 0$ ). A linha característica do módulo sombreado (verde) está representada de forma espelhada. Aqui, insere-se uma tensão  $U_2$  em direção reversa.

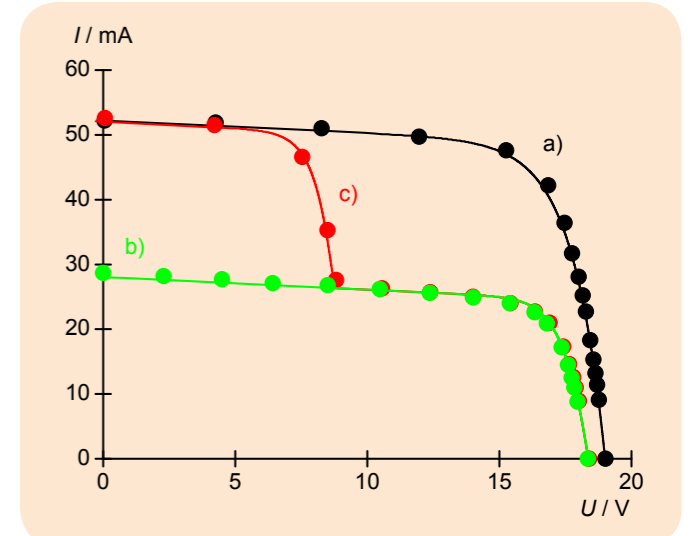


Fig. 3: Linha característica  $I-U$  da ligação em série de dois módulos. a) sem sombreado, b) sombreado parcial, sem desvio c) sombreado parcial, com desvio

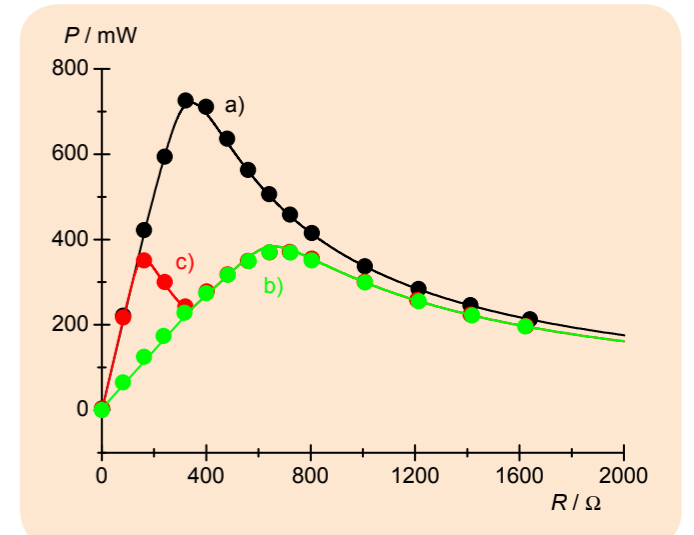


Fig. 4: Linha característica  $P-R$  da ligação em série de dois módulos. a) sem sombreado, b) sombreado parcial, sem desvio c) sombreado parcial, com desvio

Informações técnicas sobre os dispositivos, consulte 3bscientific.com

