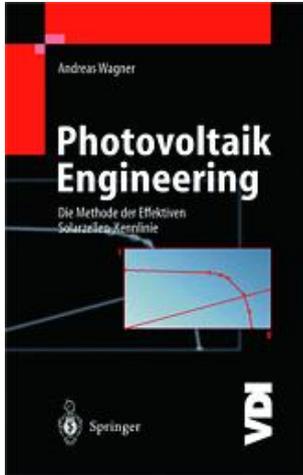


PHOTON 5-98

Leserbrief S. 68, Musterlösung

Vorgeschichte



Wagner, A., Dortmund

Photovoltaik Engineering

Die Methode der Effektiven Solarzellen-Kennlinie

Springer Verlag 1999. XVI, 230 S. 86 Abb.

ISBN 3-540-66256-1

Die folgende Leserbriefaufgabe wurde von Prof. Andreas Wagner in der Ausgabe 5-98 des Solarstrom-Magazins PHOTON gestellt, um etwas über den Bekanntheitsgrad der expliziten Solarzellen-Kennlinien-Berechnung zu erfahren. Deshalb wurde die scherzhafte Vermutung geäußert, dass keine drei Leser der Photon diese Rechenaufgabe mit den zugelassenen Hilfsmitteln (die gesamte Fachliteratur und ein Taschenrechner) lösen könnten (ausgenommen die Studenten von Prof. Wagner).

Von der Resonanz auf diesen Leserbrief veranlasst bot Prof. Wagner dem Springer-Verlag Berlin, Heidelberg die Veröffentlichung der Methode der Effektiven Solarzellenkennlinie als Fachbuch für Ingenieure an. Im Herbst 1999 erschien das Buch

Wagner A.: *Photovoltaik Engineering. Die Methode der Effektiven Solarzellen-Kennlinie.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1999.

Leserbrief-Aufgabenstellung

Ein Solargenerator mit den momentanen Kennwerten

$$I_{sc} := 3.65 \cdot A$$

$$U_{oc} := 21.7 \cdot V$$

$$I_{pmax} := 3.15 \cdot A$$

$$U_{pmax} := 17.5 \cdot V$$

(alles Zahlenwerte des ersten Solarmoduls in der hervorragenden PHOTON-Marktübersicht) soll so belastet werden, dass ein Strom von 2A fließt. Welcher Widerstand muss gewählt werden, welche Spannung stellt sich ein? 1% Genauigkeit genügt. Zugelassene Hilfsmittel: Die gesamte Fachliteratur und ein Taschenrechner.

Die Methode der Effektiven Solarzellenkennlinie

0) Messergebnisse

Das Datenblatt eines Solarzellenmoduls enthält folgende Angaben zur Kennlinie unter Standard-Prüfbedingungen (STC)

$$I_{sc} = 3.65 \text{ A}$$

$$U_{oc} = 21.7 \text{ V}$$

$$I_{pmax} = 3.15 \text{ A}$$

$$U_{pmax} = 17.5 \text{ V}$$

Um einen Überblick über den Kennlinienverlauf zu erhalten, sollen die folgenden Berechnungen durchgeführt und ein maßstäbliches Diagramm gezeichnet werden.

- Berechnung der effektiven Gleichungsparameter R_{pv} , U_T , I_0 , I_{ph} .
- Grafische Darstellung der Kennlinie maßstäblich mit 7 Stützpunkten.
- Zur Funktionsprüfung soll ein Widerstand angeschlossen werden. Es soll ein Strom von 2 A fließen. Was für ein Widerstand muß angeschlossen werden?

a) Die Effektive Solarzellenkennlinie

Zunächst: Berechnung der Hilfsgröße Steigung M im Leerlaufpunkt

$$M := \frac{U_{oc}}{I_{sc}} \cdot \left(-5.411 \cdot \frac{I_{pmax} \cdot U_{pmax}}{I_{sc} \cdot U_{oc}} + 6.45 \cdot \frac{U_{pmax}}{U_{oc}} + 3.417 \cdot \frac{I_{pmax}}{I_{sc}} - 4.422 \right)$$

$$M = -0.222 \cdot \frac{\text{V}}{\text{A}}$$

Es folgen die Effektiven Gleichungsparameter

$$R_{pv} := -M \cdot \frac{I_{sc}}{I_{pmax}} + \frac{U_{pmax}}{I_{pmax}} \cdot \left(1 - \frac{I_{sc}}{I_{pmax}} \right) \quad R_{pv} = -0.624 \Omega$$

$$U_T := -(M + R_{pv}) \cdot I_{sc} \quad U_T = 3.09 \text{ V}$$

$$I_0 := I_{sc} \cdot e^{-\frac{U_{oc}}{U_T}} \quad I_0 = 3.253 \times 10^{-3} \text{ A}$$

$$I_{ph} := I_{sc} \quad I_{ph} = 3.65 \text{ A}$$

Kennlinien-Gleichung

$$U(I) := U_T \cdot \ln \left(\frac{I_{ph} - I + I_0}{I_0} \right) - I \cdot R_{pv}$$

b) Grafische Darstellung

Berechnung einer Wertetabelle für ausgewählte Kennlinienpunkte

Startindex für Matrix-Darstellungen: ORIGIN := 1

$$I_s := \begin{bmatrix} 0 \cdot A \\ \frac{I_{pmax}}{3} \\ 2 \cdot \frac{I_{pmax}}{3} \\ I_{pmax} \\ I_{pmax} + \frac{(I_{sc} - I_{pmax})}{3} \\ I_{pmax} + 2 \cdot \frac{(I_{sc} - I_{pmax})}{3} \\ I_{sc} \end{bmatrix} \quad I_s = \begin{pmatrix} 0 \\ 1.05 \\ 2.1 \\ 3.15 \\ 3.32 \\ 3.48 \\ 3.65 \end{pmatrix} A \quad U_s := \begin{pmatrix} U_{oc} \\ U(I_{s_2}) \\ U(I_{s_3}) \\ U_{pmax} \\ U(I_{s_5}) \\ U(I_{s_6}) \\ 0 \cdot V \end{pmatrix} \quad U_s = \begin{pmatrix} 21.7 \\ 21.31 \\ 20.37 \\ 17.5 \\ 16.4 \\ 14.4 \\ 0 \end{pmatrix} V$$

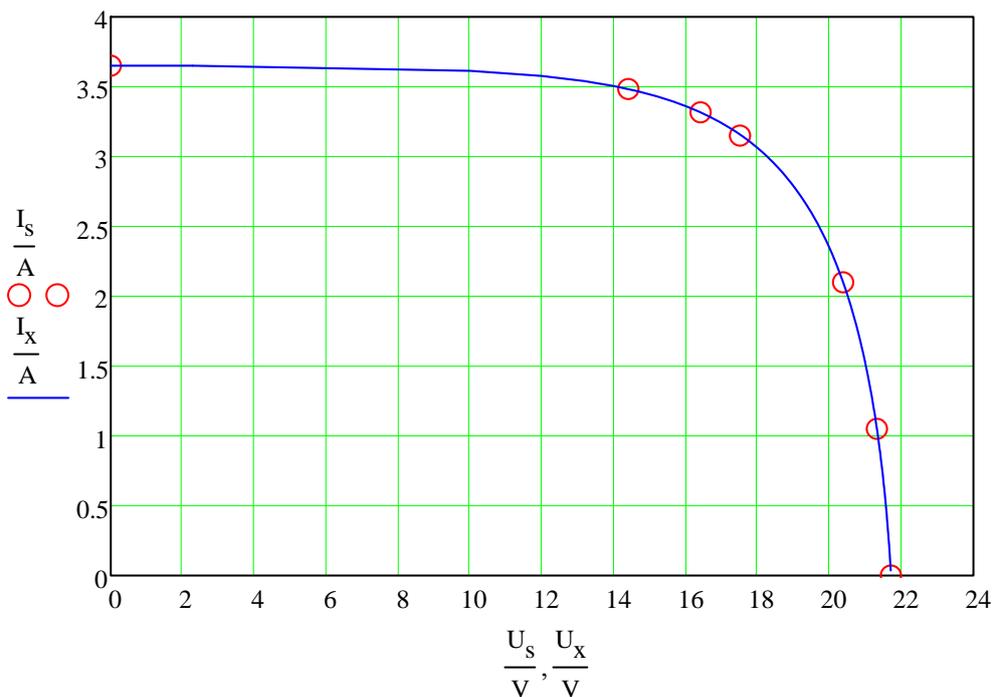
Strombereich zur Darstellung der Kennlinie mit mehr Kennlinienpunkten

$$k_{max} := 100 \quad k := 1 .. k_{max}$$

$$I_{x_k} := \frac{k}{k_{max}} \cdot I_{sc} \quad U_{x_k} := U(I_{x_k})$$

Genauer Kurzschlusspunkt

$$I_{x_{k_{max}+1}} := I_{sc} \quad U_{x_{k_{max}+1}} := 0 \cdot V$$



c) Funktionsprüfung

Mit den Kennlinienparametern und dem geforderten Laststrom I_L

$$I_L := 2 \cdot A$$

folgt aus der Kennliniengleichung die Spannung U_L

$$U_L := U(I_L) \quad U_L = 20.5 \text{ V}$$

Für den Lastwiderstand folgt somit $R_L := \frac{U_L}{I_L} \quad R_L = 10.25 \Omega$

Grafische Darstellung mit Widerstandskennlinie

$$I_R := 0 \cdot A, 1 \cdot A .. I_{SC}$$

$$U_R(I) := I \cdot R_L$$

