

Praktikum Elektrizitätslehre

Versuch 1.4

Nichtlineare Zweipole (empirische Kennlinienmodelle)

Kommentar: Messbericht bei M. Schlup
Note: 6

Rot = Notizen/Kommentare von M. Schlup

Zusammenfassung

Eine Silizium-Diode, Typ 1N4007 beginnt bei ca. 700 mV zu leiten an. Bei einem Metalloxyd-Varistor, Typ SIOV-S10K17 liegt diese Schwellenspannung bei etwa 22V.

Als Annäherungsfunktion für die Diode kann die Funktion

$$I = I_s \cdot (-1 + e^{\frac{U}{U_T}})$$

mit den Parametern $I_s = 10^{-7}$ mA und $U_T = 38.2$ V verwendet werden.

Kommentar: Schreibfehler

Für den Varistor eignet sich die Funktion

$$U = U_0 \cdot \left(\frac{I}{I_0} \right)^\alpha$$

mit den Parametern $U_0 = 30,4$ V, $I_0 = 1000$ mA und $\alpha = 0,06$

für den Bereich von 26 V bis 30 V

und die Parameter $U_0 = 25$ V, $I_0 = 50$ mA und $\alpha = 0,11$

für den Bereich von 20 V bis 26 V.

Versuchsleiter: G. Ruinelli

Assistent: M. Bürgi

Klasse: ET1a

Datum: 07. Januar 2004

Hinweis:

Dieser Messbericht darf frei verwendet werden. Einzige Bedingung ist, dass Du mir ein Email schreibst, falls Du ihn verwenden willst.

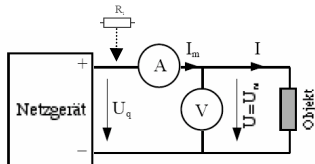
Email: george@ruinelli.ch

www: <http://www.ruinelli.ch>

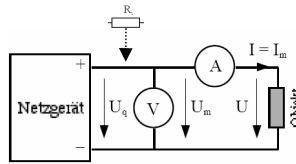
Aufgabenstellung und Zielsetzung

Es sollen die I-U-Kennlinien einer Silizium-Diode und eines Metalloxyd-Varistors gemessen werden. Dazu sollen Annäherungsfunktionen für die Kennlinien im leitenden Bereich gesucht werden.

Messschaltung



Figur 1, Spannungsrichtiges Messen



Figur 2, Stromrichtiges Messen

Bemerkungen

Da der statische Widerstand der Diode bzw. des Varistors stark variieren kann, muss mehrmals überprüft werden, ob der systematische Fehler vernachlässigbar ist. Unter Umständen muss dann die Messschaltung gewechselt werden. Ebenfalls ist auf die maximale Verlustleistung der Messobjekte zu achten.

Vorgehen

Bei den Messungen soll mit einem kleinen Spannungswert begonnen und dieser dann sukzessive erhöht werden. Da bei der Messung der Diode die gewünschte Spannung kleiner als 500 mV nicht direkt mit dem Speisungsgerät eingestellt werden kann, wird noch ein Vorwiderstand R_i von 100 Ω in Serie geschaltet. Für grössere Spannungen ist dieser Widerstand nicht notwendig und kann daher weggelassen werden.

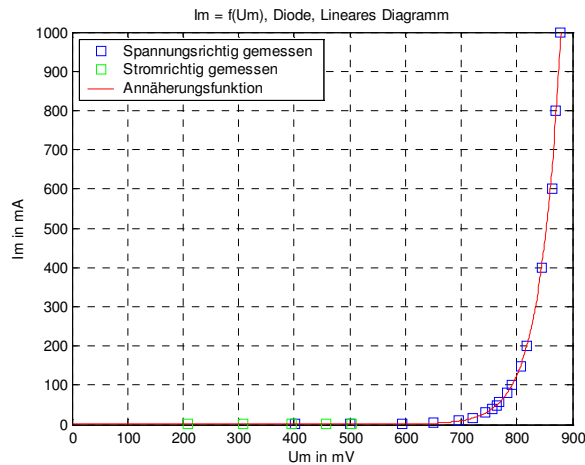
Kommentar: Man könnte auch die Strombegrenzung des Netzgerätes benutzen!

Ergebnis

Diode

Die Diode wurde zuerst Stromrichtig gemessen (grün). Ab etwa 450 mV wird der systematische Fehler nicht mehr vernachlässigbar (Figur 4). Es wurde daher zur Spannungsrichtigen Messschaltung gewechselt (blau).

Ab etwa 700 mV beginnt die Diode zu leiten.



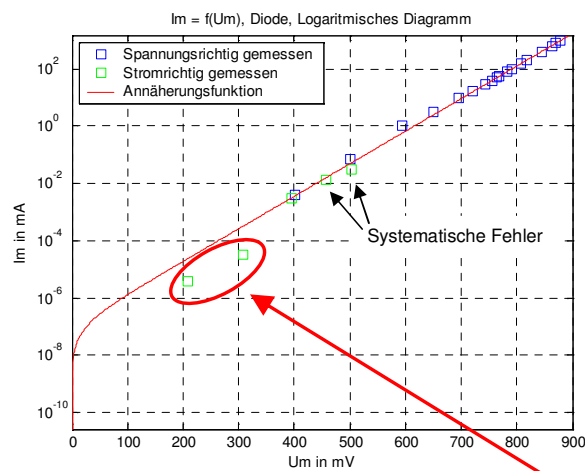
Figur 3, Lineare Darstellung der I-U-Kennlinie

Für die Annäherung im leitenden Bereich kann die Funktion

$$I = I_s \cdot (-1 + e^{\frac{U}{U_T}})$$

mit den Parametern $I_s = 10^{-7}$ mA und $U_T = 38.2$ V verwendet werden.

Es wird angenommen, dass die Abweichungen der beiden zu tief liegenden (grünen) Messpunkte bei 209 mV bzw. 309 mV auf Messfehler zurückzuführen sind. Eine erneute Messung in diesem Spannungs-Bereich würde darüber Klarheit schaffen.



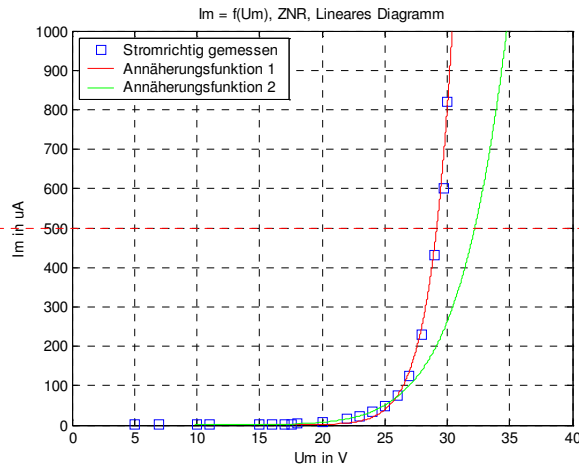
Figur 4, Halblogarithmische Darstellung der I-U-Kennlinie

Kommentar: Unschön...

Varistor

Beim Varistor konnte die ganze Messung Stromrichtig gemacht werden, ohne dass feststellbare systematische Fehler auftraten.

Die Kennlinie des Varistors ist ähnlich von derjenigen der Diode. Der Knick beim Übergang vom sperrenden in den leitenden Bereich ist weniger stark und beginnt etwa bei 20 V.



Kommentar: Es gibt keinen „Knick“!

Figur 5, Lineare Darstellung der I-U-Kennlinie

Für die Annäherung im leitenden Bereich (Annäherungsfunktion 1; 26 V bis 30 V) kann die Funktion

$$U = U_0 \cdot \left(\frac{I}{I_0} \right)^\alpha$$

mit den Parametern

$U_0 = 30,4 \text{ V}$, $I_0 = 1000 \text{ mA}$ und

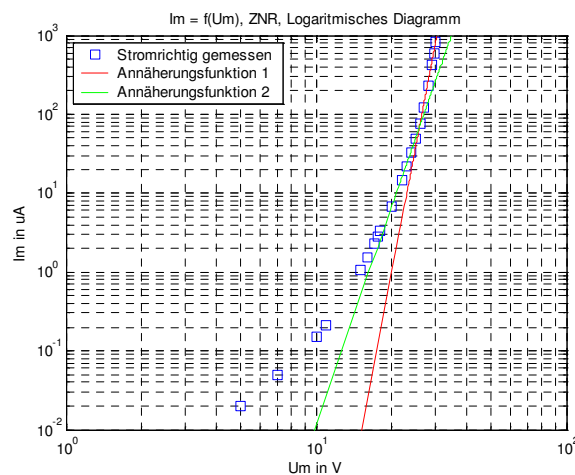
$\alpha = 0,06$

verwendet werden.

Für den Bereich 20 V bis 26 V (Annäherungsfunktion 2) sind die Parameter

$U_0 = 25 \text{ V}$, $I_0 = 50 \text{ mA}$ und

$\alpha = 0,11$ besser geeignet.



Figur 6, Logarithmische Darstellung der I-U-Kennlinie

Anhang

Quellcode Matlab mit Messwerten (Versuch14_diode.m, Versuch14_znr.m)

Verwendete Geräte

1 Doppelnetzgerät HM 8142
2 Multimeter HM8011
1 Widerstandsleiste 100 Ω (5%, 5W)

Messobjekte

Silizium-Diode:

1N4007

$I_{\max}=1$ A

$P_{\max}=3$ W

Datenblatt: www.fairchildsemi.com/ds/1N/1N4001.pdf

Metalloxyd-Varistor:

SIOV-S10K17

Varistorspannung bei 1 A: 27 V

Dauerbelastung: 50 mW

Datum: 19.01.04

Unterschrift: *G. Ruinelli*

Matlab-Code:

Versuch14_diode.m:

```
% Fach: EL Praktikum
% Versuch: 1.4
% Thema: Nichtlineare Zweipole
% Dozent: spm
% Autor: G. Ruinelli
% Versuchsassistent: M. Bürgi
% Datum: 07.01.04
% *****

%Initialisierungsbefehle:
clear all, clc, format compact

x_raster=linspace(1, 1000,100);

%Messung 1 Kennlinie einer Silizium-Diode
%*****
%SPANNUNGSRICHTIG GEMESSEN:
Um_diode=[402      501      595      651      696      720      743      755      764      769      782      791      807      819      846
864      870      878];      %mV
Im_diode=[0.00402      0.0684      1.02      3.05      9.88      17.1      29.8      39.7      49.7      56.4      79.7      99.6      149      200      400
600      800      999];      %mA

%STROMRICHTIG GEMESSEN:
Um_2_diode=[ 209      308      396      457      503      ];      %mV
Im_2_diode=[ 0.000004      0.000032      0.00296      0.0130      0.0300];      %mA

%ANNÄHERUNGS-FUNKTION EINER: SILIZIUM-DIODE
%Werte festgelegt durch probieren:
Is=1e-7;      %in mA
Ut=38.2;      %in V
e=2.71828      %eulische Zahl

U=linspace(1e-2, 1e3, 1000);
I=Is.*(-1+e.^(U/Ut));

%Ausgabe
%*****
%AUSGABE LINEAR:
figure(1)
plot(Um_diode, Im_diode,'sb',Um_2_diode, Im_2_diode,'sg',U, I,'-r')
grid
axis([0 900 0 1000])
title ('Im = f(Um), Diode, Lineares Diagramm')
xlabel ('Um in mV')
ylabel ('Im in mA')
legend('Spannungsrichtig gemessen','Stromrichtig gemessen','Annäherungsfunktion',2)

%AUSGABE LOGARITMISCH:
figure(2)
semilogy(Um_diode, Im_diode,'sb',Um_2_diode, Im_2_diode,'sg',U, I,'-r')
grid
axis([0 900 0 1500])

title ('Im = f(Um), Diode, Logarithmisches Diagramm')
xlabel ('Um in mV')
ylabel ('Im in mA')
legend('Spannungsrichtig gemessen','Stromrichtig gemessen','Annäherungsfunktion',2)
```

Versuch14_znr.m:

```
% % Fach: EL Praktikum
% Versuch: 1.4
% Thema: Nichtlineare Zweipole
% Dozent: spm
% Autor: G. Ruinelli
% Versuchsassistent: M. Bürgi
% Datum: 07.01.04
% *****

%Initialisierungsbefehle:
clear all, clc, format compact

x_raster=linspace(1, 1000,100);

%Messung 1 Kennlinie eines ZNR
%*****

%STROMRICHTIG GEMESSEN: bis
Um_znr=[5.00 7.00 10.0 11.0 15.0 16.0 17.0 17.6 18.0 20.0 22.0 23.0 24.0 25.0 26.0 27.0
28.0 29.0 29.7 30.0 ]; %V
Im_znr=[0.02 0.05 0.15 0.21 1.05 1.55 2.31 2.85 3.33 6.72 14.7 21.8 32.3 49.5 75.0 123 230
430 600 820 ]; %uA

%ANNÄHERUNGS-FUNKTION EINES ZNR:
%Werte festgelegt durch probieren:
alpha=0.06; %Steigung
I0=1000; %in mA
U0=30.4; %in V
I=linspace(1e-2, 1e3, 1000);
U1=U0.*((I/I0).^alpha);

alpha=0.11; %Steigung
I0=50; %in mA
U0=25; %in V
I=linspace(1e-2, 1e3, 1000);
U2=U0.*((I/I0).^alpha);

%AUSGABE LINEAR
%*****
%AUSGABE LINEAR:
figure(1)
plot(Um_znr, Im_znr,'sb',U1, I,'-r',U2, I,'-g')
grid
axis([0 40 0 1000])
title ('Im = f(Um), ZNR, Lineares Diagramm')
xlabel ('Um in V')
ylabel ('Im in uA')
legend('Stromrichtig gemessen','Annäherungsfunktion 1','Annäherungsfunktion 2',2)

%AUSGABE LOGARITMISCH:
figure(2)
loglog(Um_znr, Im_znr,'sb',U1, I,'-r',U2, I,'-g')
grid
%axis([0 900 0 1000])

title ('Im = f(Um), ZNR, Logarithmisches Diagramm')
xlabel ('Um in V')
ylabel ('Im in uA')
legend('Stromrichtig gemessen','Annäherungsfunktion 1','Annäherungsfunktion 2',2)
```