

10 Berechnungen aus der Elektrotechnik

10.1 Temperaturverhalten metallischer Widerstände

Der elektrische Widerstand aller Materialien ist mehr oder weniger stark von seiner Temperatur abhängig. Bei den meisten metallischen Leitern steigt der Widerstand mit zunehmender Temperatur parabelförmig nach der Beziehung

$$R = R_0 \cdot \left(1 + \alpha_0 \cdot (T - T_0) + \beta_0 \cdot (T - T_0)^2 \right) \quad (10.1)$$

Die Temperaturkoeffizienten ergeben sich nach dem entsprechenden Material aus Tabellen bezogen auf eine Referenztemperatur, hier 20° C.

Tabelle 10-1 Widerstandstemperaturkoeffizienten für verschiedene Metalle

Werkstoff	$\alpha_{20} \left[\frac{10^{-3}}{K} \right]$	$\beta_{20} \left[\frac{10^{-6}}{K} \right]$
Aluminium	4,50	1,30
Eisen	5,00	6,00
Gold	4,00	0,50
Kupfer	4,00	0,60
Silber	3,80	0,70
Wolfram	4,10	1,00
Konstantan	0,01	0,00

Eine Tabelle soll nun die häufig benutzen Werkstoffe verwalten (Tabelle 10-1) und durch Angabe eines Widerstandswertes dessen Verlauf in Abhängigkeit von der Temperatur im Temperaturbereich von -100 bis 600° C bestimmen

Tabelle 10-1 Widerstandsänderung metallischer Werkstoffe unter Temperatureinfluss

Eingabe R_0	
T = -100, 100, 600	
Über alle vorhandenen Werkstoffe i	
$\alpha_{20,i} = \text{Zelle}(i,2)$	
$\beta_{20,i} = \text{Zelle}(i,3)$	
$R = R_0 \cdot \left(1 + \alpha_0 \cdot (T - T_0) + \beta_0 \cdot (T - T_0)^2 \right)$	

Codeliste 10.1 Widerstandsänderung metallischer Werkstoffe unter Temperatureinfluss

```
Option Explicit

Private Sub Widerstandsänderung()
    Dim R, Rx, T, a, b As Double
    Dim i, j As Integer

    R = Cells(2, 3)
    i = 0
    Do
        i = i + 1
        a = Cells(5, i + 2)
        b = Cells(6, i + 2)
        If Not a = 0 Then
            j = 8
            Do
                j = j + 1
                T = Cells(j, 1)
                If Not Cells(j, 1) = "" Then
                    Rx = R * (1 + a / 1000 * (T - 20) + _
                        b / 1000000 * (T - 20) * (T - 20))
                    Cells(j, i + 2) = Rx
                End If
            Loop While Not Cells(j, 1) = ""
        End If
    Loop While Not a = 0
End Sub
```

Die Tabelle ist so aufgebaut, dass weitere Werkstoffe mit ihren Daten hinzugefügt werden können. Auch können vorhandene Werkstoffe entfernt werden.

Auch der Temperaturbereich kann durch andere Zahlen ersetzt werden. Ebenso kann der Temperaturbereich verkleinert oder vergrößert werden.

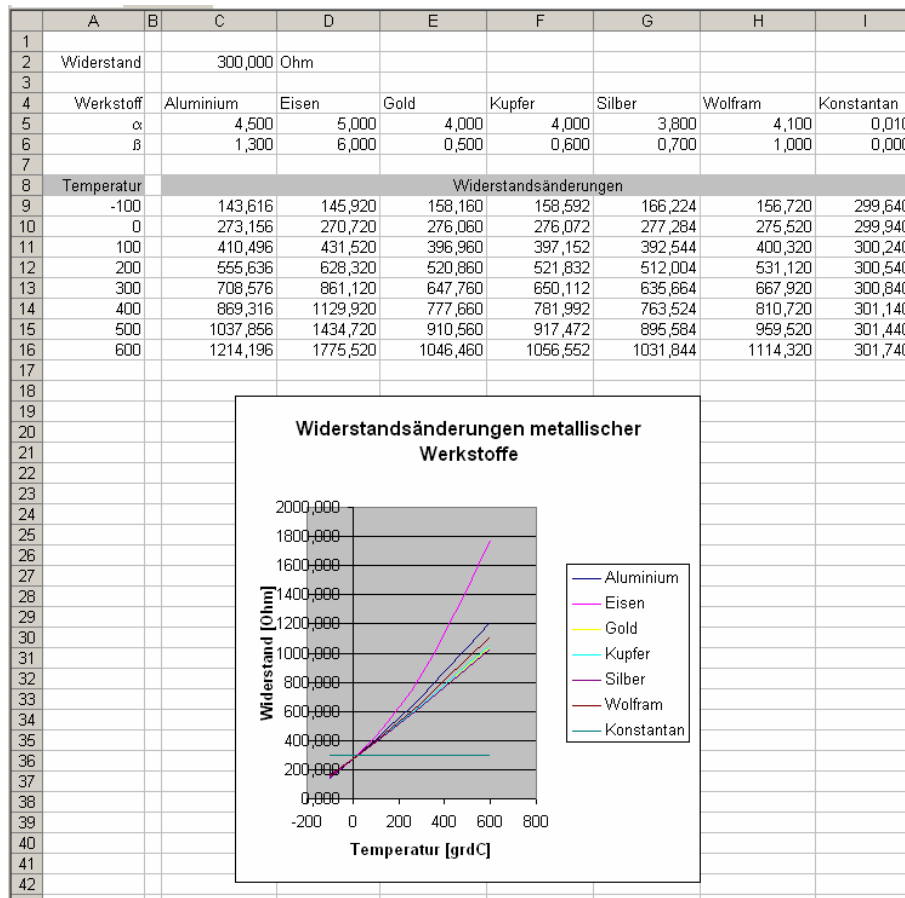


Bild 10-1 Widerstandsänderung der Werkstoffe in Tabelle 10-1

10.2 Darstellung komplexer Zahlen in geometrischer Form

Neben der Darstellung der komplexen Zahlen in algebraischer Form, gibt es noch die Darstellung in trigonometrischer Form (Bild 10-1)

$$z = r(\cos \varphi + i \sin \varphi). \quad (10.2)$$

In der Gaußschen Zahlenebene wird die komplexe Zahl z durch einen Zeiger der Länge r und seinen Richtungswinkel φ eindeutig beschrieben.

Soll nun eine komplexe Zahl in der Normalform

$$z = a + bj, \quad (10.3)$$

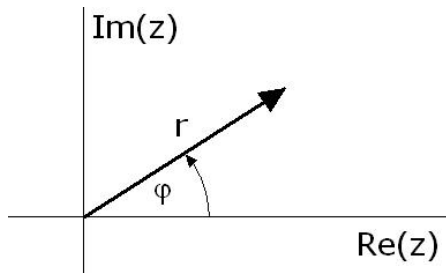


Bild 10-1
Trigonometrische Form einer komplexen Zahl

umgewandelt werden in die trigonometrische Form, so erhält man die Größe r aus dem Satz des Pythagoras mit

$$r^2 = a^2 + b^2 \quad (10.4)$$

zu

$$r = \sqrt{a^2 + b^2} = |z|. \quad (10.5)$$

Den Betrag von z deshalb, weil auch bei einer negativen komplexen Zahl die Größe r positiv bleibt.

Für den Richtungswinkel gilt

$$\tan \varphi = \frac{b}{a} \quad (10.6)$$

und

$$\varphi = \arctan\left(\frac{b}{a}\right). \quad (10.7)$$

Vorausgesetzt a ist ungleich Null.

Für die Umwandlung in die andere Richtung folgt

$$a = r \cdot \cos \varphi \quad (10.8)$$

und

$$b = r \cdot \sin \varphi. \quad (10.9)$$

Tabelle 10-2 Umwandlung algebraische in geometrische Formen

Eingabe a, b
$r = \sqrt{a^2 + b^2}$
$\varphi = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$
Ausgabe r, φ

Tabelle 10-3 Umwandlung geometrische in algebraische Formen

Eingabe r, φ
$a = r \cdot \cos \varphi$
$b = r \cdot \sin \varphi$
Ausgabe a, b

Mit einer einfachen Aufteilung des Formblatts nach Bild 10-2

	A	B	C	D
1	a	b	r	φ
2	23,00	45,00	50,54	125,86

Bild 10-2
Umrechnungseinteilung

und den nachfolgenden Prozeduren sind alle Elemente gegeben.

Codeliste 10.2 Umrechnungsprozeduren

```
Option Explicit

Private Sub Norm2Geo()
    Dim a, b As Double
    Dim r, p As Double

    a = Cells(2, 1)
    b = Cells(2, 2)

    r = Sqr(a * a + b * b)
    p = Atn(b / a)

    Cells(2, 3) = r
    Cells(2, 4) = p * 90 / Atn(1)
End Sub

Private Sub Geo2Norm()
    Dim r, p As Double
    Dim a, b As Double

    r = Cells(2, 3)
    p = Cells(2, 4)

    a = r * Cos(p / 90 * Atn(1))
    b = r * Sin(p / 90 * Atn(1))
End Sub
```

```

Cells(2, 1) = a
Cells(2, 2) = b
End Sub

```

10.3 Der Schwingkreis

Eine Reihenschaltung von ohmschen, kapazitiven und induktiven Widerständen bezeichnet man als Schwingkreis.

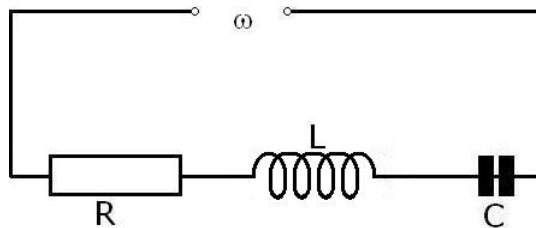


Bild 10-3
RLC-Schwingkreis

Die Gesamtimpedanz dieses Wechselstromkreises berechnet sich nach den Kirchhoffschen Regeln durch die Addition der Impedanzen der drei Bauteile

$$\underline{Z} = R + i \cdot \omega \cdot L + \frac{1}{i \cdot \omega \cdot C} = R + i \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right). \quad (10.10)$$

Daraus folgt dann

$$|z| = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}. \quad (10.11)$$

Tabelle 10.4 Struktogramm für die Berechnung der Impedanz eines Schwingkreises

Eingabe von R, C, L
von $\omega=0$ bis $\omega=\omega_{\max}$ um $\Delta\omega$
$ z = \sqrt{R^2 + \left(\omega \cdot L - \frac{1}{\omega \cdot C} \right)^2}$
Ausgabe ω und $ Z $

Codeliste 10.3 Prozedur Schwingkreis

```
Option Explicit

Sub Schwingkreis_Auswertung()
    Dim R, C, L, w, Z1, Z2, Z3, Z As Double
    Dim n As Integer
    R = Cells(1, 2)
    C = Cells(2, 2)
    L = Cells(3, 2)
    n = 1
    For w = 0 To 1000 Step 10
        Z1 = w * L
        Z2 = 1 / (w * C)
        Z = Sqr(Z1 ^ 2 + Z2 ^ 2)
        n = n + 1
        Cells(n, 4) = w
        Cells(n, 5) = Z
    Next w
End Sub
```

10.4 Farbcodes von Widerständen

Die nachfolgende Tabelle dient zur Bestimmung von Widerstandswerten nach Farbcodes.

Codeliste 10.4 Widerstandsbestimmung nach Farbcodes

```
Option Explicit

Private Sub Worksheet_SelectionChange(ByVal Target As Range)
    Dim z, s As Integer
    Dim i, f As Integer

    z = ActiveCell.Row
    s = ActiveCell.Column

    If s = 1 Then
        If z = 18 Then
            Range("A18:H19").Clear
            Cells(18, 1) = 1
        Else
            Select Case z
                Case 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
```

```

i = Cells(18, 1)
f = ActiveCell.Interior.ColorIndex
Cells(18, i + 2).Select
ActiveCell.Interior.ColorIndex = f
Cells(19, i + 2) = Cells(z, i + 2)
Cells(18, 1) = Cells(18, 1) + 1
End Select
End If
End If
End Sub

```

Die Zelle A18 ist die Zelle für den Steuerungsablauf. Ein Klick auf diese setzt die Auswertung zurück. Mit jedem Klick auf eine Farbe wird eine neue Widerstands-Farbkennzeichnung in der Zeile 18 erstellt. Die zugehörigen Werte stehen darunter.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Widerstands-Farbcodetabelle							
2								
3	Farbe		1. Ring 1. Ziffer	2. Ring 2. Ziffer	3. Ring 3. Ziffer	3./4. Ring Multiplikator	4./5. Ring Toleranz	5./6. Ring Betriebs- spannung [Volt]
4		Schwarz	0	0	0		1	
5		Braun	1	1	1	10	1,00%	100
6		Rot	2	2	2	100	2,00%	200
7		Orange	3	3	3	1.000		300
8		Gelb	4	4	4	10.000		400
9		Grün	5	5	5	100.000		500
10		Blau	6	6	6	1.000.000		600
11		Violett	7	7	7	10.000.000		700
12		Grau	8	8	8	100.000.000		800
13		Weiß	9	9	9			900
14		Gold				0,10	5,00%	1000
15		Silber				0,01	10,00%	2000
16		Ohne					20,00%	500
17								
18	7							
19			2	0	6	100000	0,05	2000

Bild 10-4 Widerstands-Farbcodetabelle