

Das Ohmsche Gesetz



Zielsetzung :

Wir bestimmen die Beziehung zwischen der Spannung an einem keramischen Widerstand und dem Strom, der durch einen Stromkreis, bestehend aus Spannungsquelle und diesem Widerstand, fließt. Wir wählen einen Niederfrequenz-Funktionsgenerator mit bipolaren Ausgabesignalen. Strom- und Spannungsmessungen werden mit drei verschiedenen Widerständen und dreieck- und sinusförmigen Wechselspannungen durchgeführt.

Materialien:

- TI-89 oder TI-92 Grafikrechner
- 2 Strom/Spannungsmesser
- CBL2 oder LabPro- Schnittstelle
- keramischer Widerstand
- Funktionsgenerator

THEORETISCHES MODELL

Üblicherweise wird das Ohmsche Gesetz so dargestellt:

$$U = RI$$

Wobei die sich Konstante R auf die Spannung U zu dem Strom I *bezieht*, der *Widerstand* hängt von den Eigenschaften des Leiters ab.

Dieses Gesetz definiert die Messung der Widerstandseinheit:

$$1 \text{ Ohm} = \frac{1 \text{ Volt}}{1 \text{ Ampere}}$$

Sie hat die Einheit Ohm .

Diese Definition gilt nur, wenn die Beziehung zwischen Spannung und Strom nicht von der Stromrichtung oder von der Frequenz - im Falle des Wechselstroms- abhängt.

Der Widerstand hängt von der Art des Materials und der Leitergeometrie ab.

Besonders wenn der Leiter einen konstanten Querschnitt hat, z.B. bei Kabeln, ist R direkt proportional zu seiner Länge l und umgekehrt proportional zu seinem Querschnitt A .

$$R = r \times l/A$$

Diese Beziehung führt zu der Definition der *Widerstandsgröße* r oder auch *spezifischen Widerstand* des Materials, abhängig von der Temperatur.

Die Widerstandsgröße wird im internationalen System in $\Omega \text{ m}$ gemessen; manchmal wird die nicht standardisierte Einheit $\Omega \text{ cm}$ benutzt. Der Umrechnungsfaktor ist: $1 \Omega \text{ m} = 100 \Omega \text{ cm}$.

Eine alternative, nicht standardisierte, Einheit ist $R = \rho \times l/A$, mit der Einheit für $\rho = [\Omega \text{ mm}^2/\text{m}]$.

Versuchsaufbau und -durchführung (TI89)

MATERIALIEN:

- 1 CBL2 oder LabPro-Schnittstelle
- 1 TI-89 oder TI-92 Grafikrechner
- 2 Strom/Spannungssensoren
- 1 Funktionsgenerator
- 1 Widerstandshalter
- 3 Widerstände (Nominalwerte: 100 Ω , 220 Ω , 470 Ω)
- 5 Leitungen

Der Stromkreis wird in Abbildung 1 dargestellt.

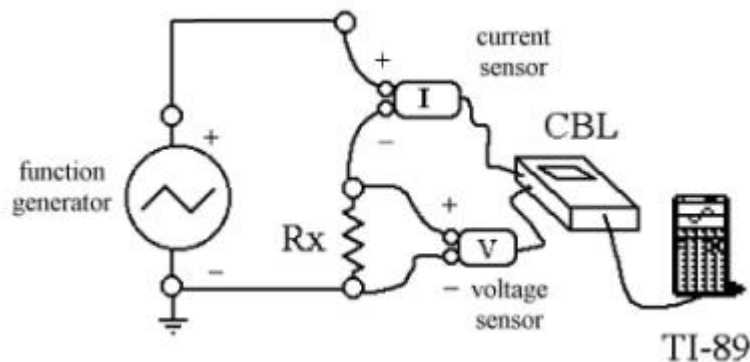


Abb. 1

SONDEN INSTALLATION

Im Grafikrechner muss die Software **science** für die Datenerfassung und Handhabung installiert sein.

Das System sollte in den vorgeschlagenen Schritten eingerichtet werden:

- Verbinden Sie den Funktionsgenerator mit dem Stromnetz und wählen Sie eine Dreiecksspannung mit einem Spitzenwert von 10 V.
- Verbinden Sie die Sonden mit der CBL: d.h. verbinden Sie die Spannungs-sonde (misst die Spannung am Widerstand) mit Kanal 1 und den Stromsensor mit Kanal 2; überprüfen Sie die Sondenpolarität.
- Starten Sie die Software **science()** auf dem Grafikrechner und gehen Sie ins Hauptmenü.
- Im Hauptmenü wählen Sie **1:SETUP PROBES** ; Sondennummer **2:TWO** . Wählen Sie \pm 10V für den Spannungs- und den Stromsensor.
- Kalibrieren Sie die Sonden gemäß der Nullpunktrückstellung, siehe Nullpunktrückstellung
- Um das Resultat der Nullpunktrückstellung zu überprüfen, wählen Sie im Hauptmenü **2:ACQUISITION** , und **1:MONITOR** . Wenn das erfolgreich war, drücken Sie +, um das Menü zu verlassen und gehen zurück ins Hauptmenü, um mit der Datenerfassung fortzufahren.

DATENERFASSUNG (TI89)

- Im Haupt-Menü wählen Sie **2:ACQUISITION**, und **2: TIME GRAPH**
- Bestimmen Sie 0,01 s als Zeit zwischen zwei Messpunkten und die Anzahl der Messpunkte
- Bestätigen Sie, indem Sie dreimal **ENTER** drücken, bis "system ready" erscheint.
- Schalten sie den Funktionsgenerator ein, indem Sie den Knopf D ungefähr bis zur Hälfte drehen (grünes LED ist an)
- Drücken Sie **ENTER**, um mit der Datenerfassung zu beginnen.

Während der Messung blinkt die grüne LED auf der CBL. Am Schluss werden Ihnen die Variablen angezeigt die benutzt wurden, um die aufgenommenen Daten zu speichern.

Musterdaten

Wenn Ihnen die Geäte für den Versuchsaufbau nicht zur Verfügung stehen, können Sie das Datenset (formatiert für den TI-89) auch von unserer Website herunter laden:

- 100 Ω Widerstand mit Sinusspannung : sin100
- 100 Ω Widerstand mit Dreieckspannung : tri100
- 220 Ω Widerstand mit Sinusspannung : sin220
- 480 Ω Widerstand mit Sinusspannung : sin480
- oder im Excel-Format: data-resistance.xls

Die in Excel verarbeiteten Daten sind in der Datei resistance.xls gespeichert.

DATENANALYSE (TI89)

Die dargestellte Analyse betrifft Daten, die mit einem keramischen Widerstand mit dem Nominalwert $R = 100 \Omega$ (5% Toleranz), genommen wurden.

Die Musterdaten für den Grafikrechner sind in den Dateien:

- sin100.89c für Sinusspannung;
- tri100.89c für Dreieckspannung;
- Die Musterdaten, die mit einem 220 Ω Widerstand aufgenommen wurden sind in der Datei: sin220.89c
- Die Musterdaten, die mit einem 480 Ω Widerstand aufgenommen wurden sind in der Datei: sin480.89c

Die erste Spalte (C1) speichert die Zeitwerte; die zweite Spalte (C2) speichert die Spannungswerte und die dritte Spalte (C3) speichert die aktuellen Werte.

Grafikanzeige

Wir benutzen die Sinusspannung und wählen **1:CHANNEL**

1 zeichnen wir $V(t)$ (Abb. 1), wählen wir 2: CHANNEL 2 zeichnen wir $I(t)$ (Abb. 2).

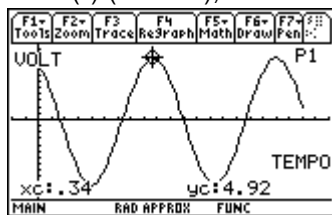


Abb. 1 - $V(t)$

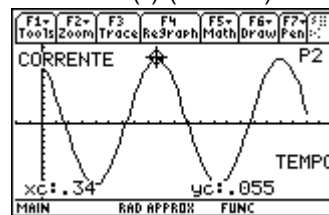


Abb. 2 - $I(t)$

Wenn wir die Dreiecksspannung benutzen, werden die Graphen $V(t)$ (Abb. 1) und $I(t)$ in den Abbildungen 3 und 4 gezeigt.

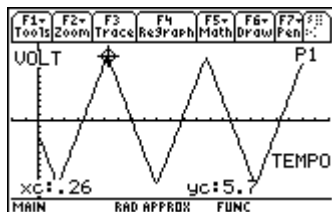


Abb. 3 - $V(t)$

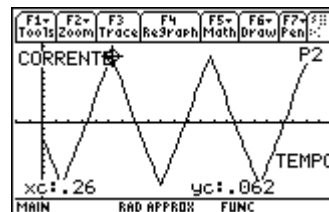


Abb. 4 - $I(t)$

Die Strom- und die Spannungssignale sind in Übereinstimmung.

Wir suchen nach einer Beziehung zwischen dem Strom und der Spannung

Im Hauptmenü wählen wir 3:ANALYSIS, dann 1:PLOT/FIT, dann 2:FIT. Auf der horizontalen Achse tragen wir den Strom ein, daher wählen wir 3:channel 2. Auf der vertikalen Achse tragen wir die Spannung ein: 2: channel 1.

Als PLOT OPTIONS (Grafikoptionen) wählen wir 1:POINTS, als Darstellungstyp wählen wir 1:LINEAR. Die resultierenden passenden Parameter werden in Abbildung 5 gezeigt. Die Trendlinie zusammen mit den gemessenen Strom-Spannungswerten wird in der Abbildung 6 dargestellt.

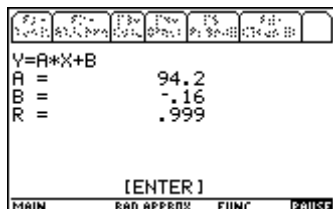


Abb. 5 - passendsten Parameter

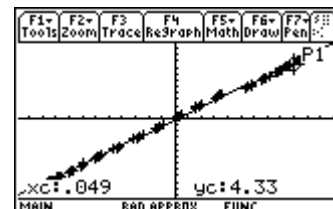


Abb. 6 - Trendlinie $V(I)$

Das gewählte lineare Modell stimmt gut mit dem experimentellen Verhalten überein. Der Wert des Achsenabschnitts kann vernachlässigt werden, so dass die Proportionalität gut dargestellt werden kann; der konstante Quotient V/I (gleich der Steigung DV/DI) ergibt den Wert des Widerstandes $V/I = \Omega$.

Der resultierende Wert $R = 94 \Omega$ ist innerhalb von 6% in Übereinstimmung mit dem Nominalwert $R = 100 \Omega$.

Ähnliche Ergebnisse erhalten wir mit den zweiten Musterdaten, die mit der Dreiecksspannung ermittelt wurden.

Wenn wir mit dem 220Ω Widerstand (Datei sin220.89c) arbeiten, erhalten wir für die Steigung: $R = 224 \Omega$, und mit dem 480Ω Widerstand (Datei sin480.89c) erhalten wir: $R = 475 \Omega$. Wir könnten daraus schließen, dass alle benutzten Komponenten dem Ohmschen Gesetz folgen: Wenn wir alle drei Datensets in einem Graphen eintragen, sehen wir, dass die verschiedenen Steigungen den verschiedenen Widerstandswerten entsprechen (Abbildung 7).

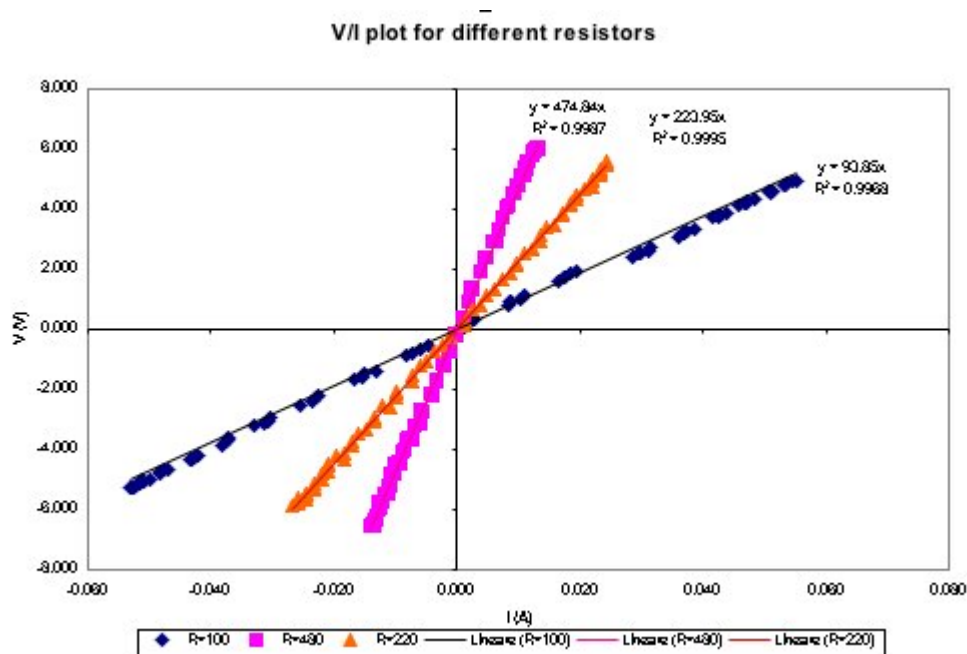


Abb. 7 - Graph V(I)

DATENANALYSE (MS-Excel)

Hinweis: Die Screenshots sind der englischen Version von MS-Excel entnommen.

Die vorliegende Analyse wurde aus Daten mit einem keramischen Widerstand erstellt; mit dem Nominalwert $R = 100$ Ohm (5% Toleranz). Die Originaldaten, die vom Grafikrechner importiert wurden, befinden sich in der Datei sin100.89c.

Die erste Spalte (Bezeichnung: A) speichert die Zeitwerte, die zweite Spalte (Bezeichnung: B) speichert die Spannungswerte und die dritte Spalte (Bezeichnung: C) speichert die Stromwerte.

Zeitgrafik

Zuerst können Sie den Spannungs-Zeit-Graphen erstellen, Abb.1 und den Strom-Zeit-Graphen, Abb.2.

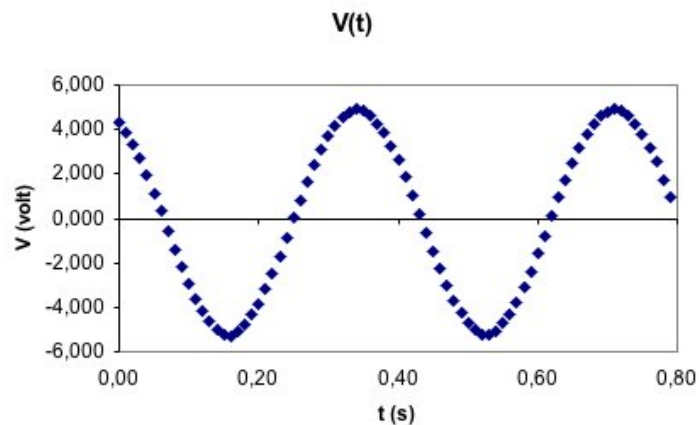


Abb. 1 - V(t)

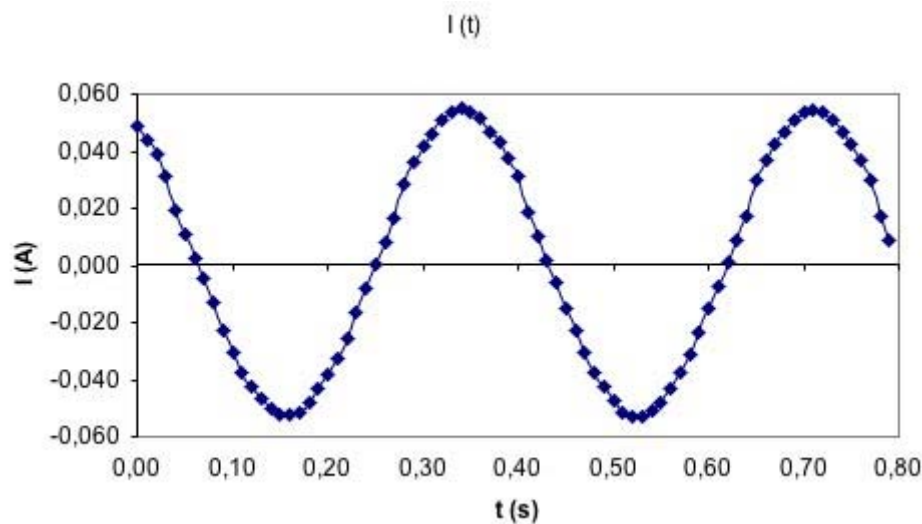


Abb. 2 - $I(t)$

Wir suchen nach einer Beziehung zwischen Strom und Spannung

Um ein mathematisches Modell für die Beziehung zwischen Spannung und Strom zu suchen, müssen wir zuerst eine Grafik mit dem Strom (Spalte C) als Abzisse und der Spannung (Spalte B) als Ordinate erstellen.

Der entstandene Graph wird in Abbildung 3 gezeigt, wobei die Punkte auf einer Geraden liegen. Wir können daher eine Anpassung mit einer linearen Funktion ausprobieren.

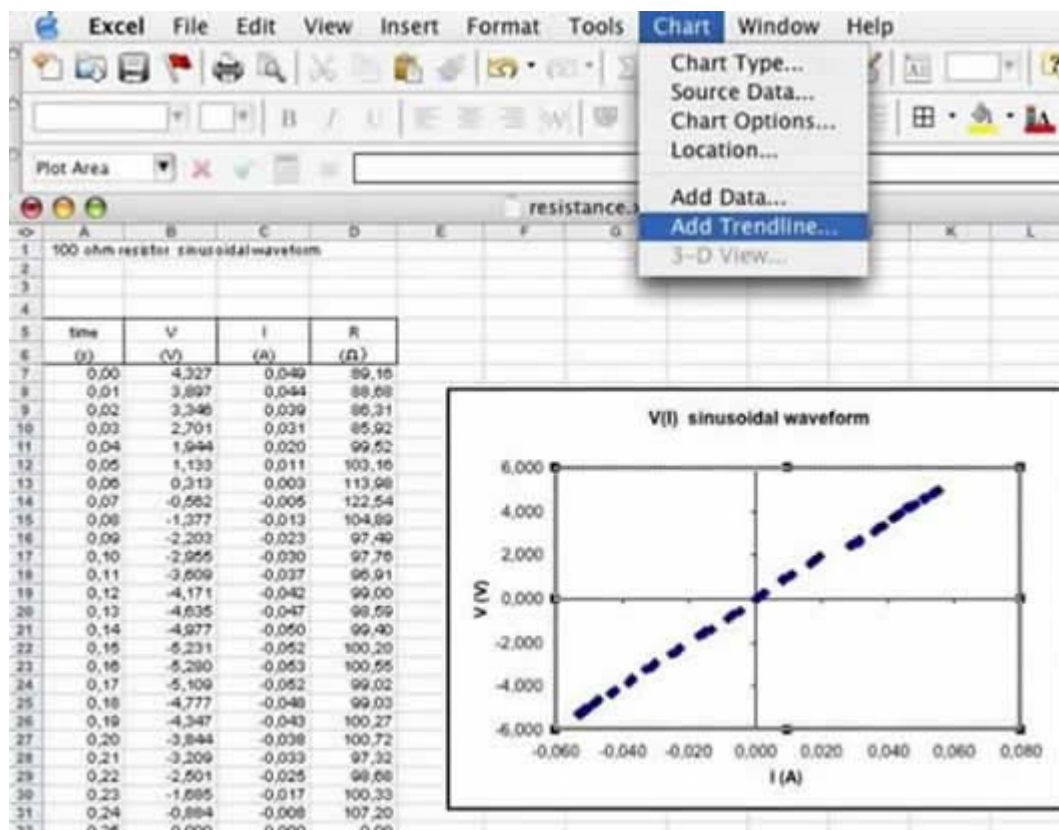


Abb. 3 - den Graphen konstruieren $V(I)$ und eine Trendlinie hinzufügen

Zuerst einen Datenpunkt auswählen, dann mit der rechten Maustaste auf diesen Punkt klicken: es erscheint ein Menü (Abb.3), in dem Sie "Trendlinie hinzufügen" wählen können. Im

nächsten Fenster, in der Kartei **Typ**, wählen Sie **linear**; wählen sie nun in der Kartei **Optionen** den Button "Schnittpunkt=0" ; und "Gleichung im Diagramm darstellen".

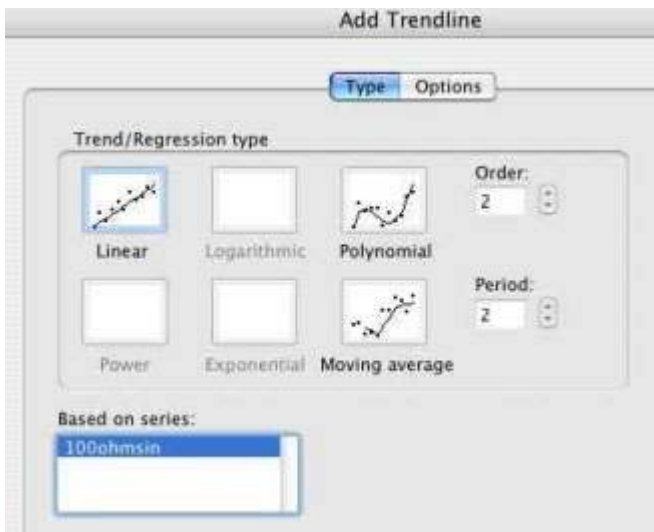


Abb. 4

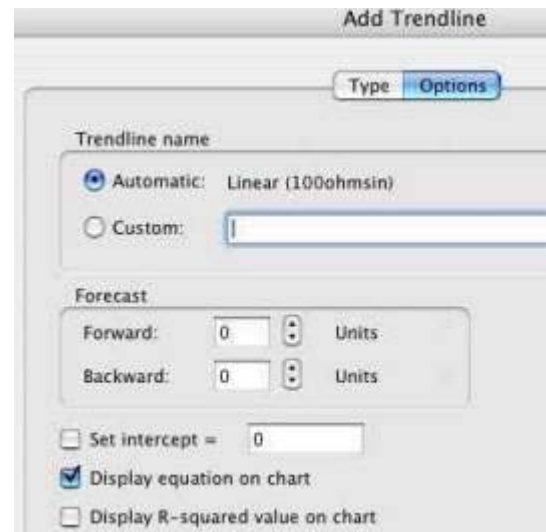


Abb. 5

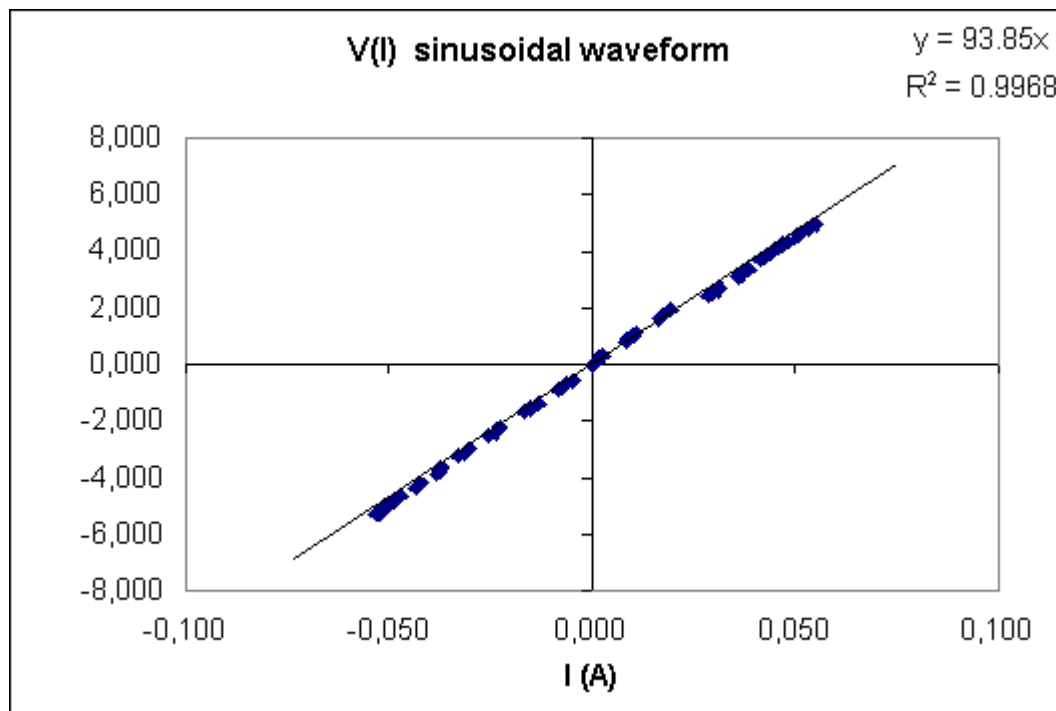


Abb. 6 - Graph $V(I)$ mit Trendlinie und Gleichung

Der R^2 -Wert, nah an der Eins, lässt erkennen, dass das lineare Modell angemessen ist, d.h. $V/I=R$.

Der resultierende Wert $R=93.85$ Ohm liegt innerhalb von 6% in Übereinstimmung mit dem Nominalwert $R=100$ Ohm.

Ähnliche Ergebnisse erhalten wir mit den zweiten Musterdaten, die mit der dreieckigen Wellenform berechnet wurden.

Wenn wir mit dem 220 Ohm Widerstand (Datei **sin220.89c**) arbeiten, erhalten wir für die Steigung: $R=224$ Ohm, und mit dem 480 Ohm Widerstand (Datei **sin220.89c**) erhalten wir : $R=475$ Ohm.

Wir könnten daraus schließen, dass alle benutzten Komponenten dem Ohmschen Gesetz folgen. Wenn wir alle drei Datensets in einen Graphen eintragen, sehen wir, dass die verschiedenen Steigungen den verschiedenen Widerstandswerten entsprechen.

Vergleich von Daten, die mit verschiedenen Widerständen gemessen wurden

Die gemessenen Werte sind für alle Widerstände mit den Nominalwerten - innerhalb der experimentellen Unsicherheiten - vergleichbar.

Wir können in einer Grafik den Spannungs-Strom-Graphen für die unterschiedlichen Widerstände zeichnen (Abb.7) und die Trendlinien mit verschiedenen Steigungen, entsprechend der unterschiedlichen Widerstände.

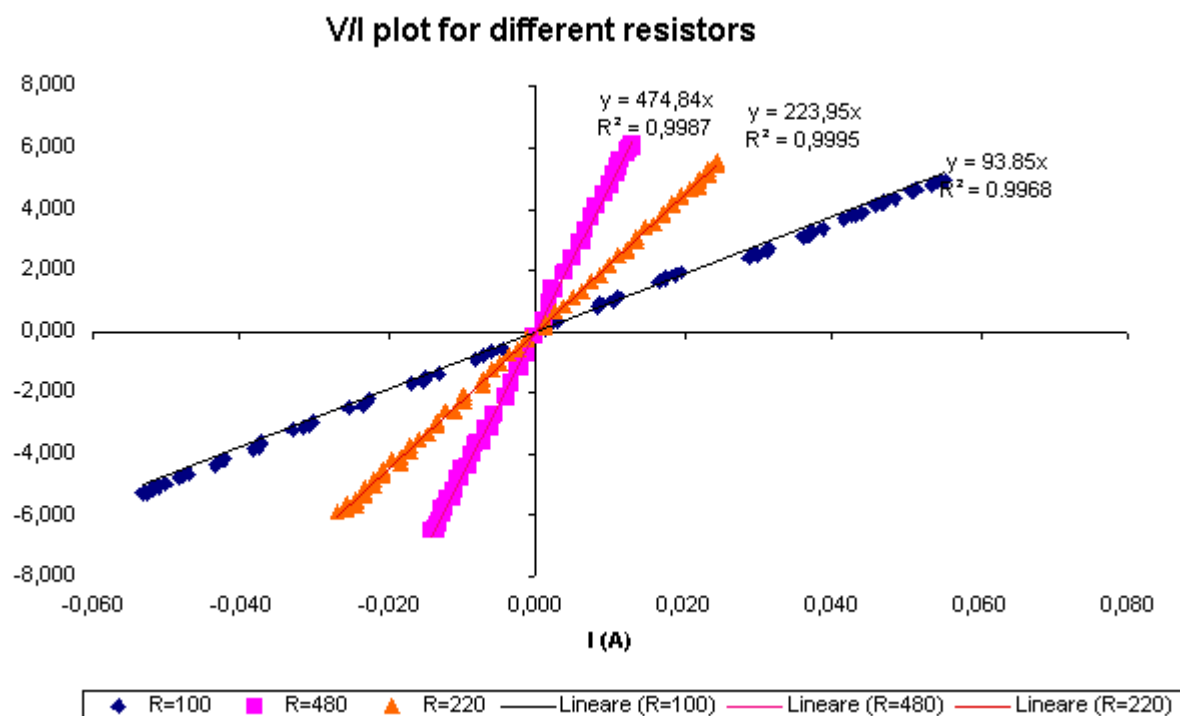


Fig. 7 - Graph V(I)