

TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERLIN
Fakultät IV - Institut für Energie- und Automatisierungstechnik
Fachgebiet Energieversorgungsnetze und Integration
Erneuerbarer Energien

LABORVERSUCH ORTSKURVE 1. Labortermin

Protokoll zum Praktikum "elektrische Netzwerke"

vorgelegt von:	Robert Focke
Matrikelnummer:	369264
Betreuer:	Michael Smirnov
Labortermin:	Mittwoch 14:00-16:00
eingereicht am:	20. Mai 2016

Eidesstattliche Erklärung

Ich, Robert Focke, versichere hiermit an Eides statt, dass ich mein Protokoll zum Praktikum "elektrische Netzwerke" mit dem Thema

LABORVERSUCH ORTSKURVE - 1. *Labortermin*

selbständig und eigenhändig angefertigt und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.

Berlin, den 20. Mai 2016

ROBERT FOCKE

Inhaltsverzeichnis

1	Theorie	1
1.1	Das Ohmsche Gesetz für Wechselgrößen	1
1.2	Real- und Imaginärteil von komplexen Zahlen	1
1.3	Impedanz und Admittanz	1
1.4	Ortskurve	2
2	Durchführung	2
3	Messergebnisse	3
4	Simulationsergebnisse	3
5	Interpretation	4
	Literatur	5

1 Theorie

1.1 Das Ohmsche Gesetz für Wechselgrößen

Mit der Einführung von Wechselgrößen, werden auch komplexe Zahlen benutzt da zum Teil auch komplexe Teilen von Größen bestehen.

Für Wechselgrößen reicht zum Beispiel Widerstand alleine nicht für die Beschreibung von Schaltungen, da bei Wechselgrößen auch eine komplexe Größe (Reaktanz) besteht. Aus diesem Grund führt man den Begriff Impedanz ein.

$$\underline{Z} = R + jX$$

In der obigen Gleichung beschreibt \underline{Z} die Impedanz, R den Widerstand und X die Reaktanz. j ist die imaginäre Einheit.

Das Ohmsche Gesetz für Wechselgrößen benutzt also die Impedanz und nicht Widerstand und lautet deshalb:

$$\underline{u} = i\underline{Z}$$

1.2 Real- und Imaginärteil von komplexen Zahlen

Da bei Wechselgrößen komplexe Zahlen benutzt werden, ist es hilfreich (vor allem bei) zu wissen wie man den Real- und Imaginärteil bestimmen kann. Sei eine komplexe Zahl $Z = |Z|e^{i\varphi}$ gegeben.

Der Realteil lässt sich als Produkt aus den Betrag der komplexen Zahl und cosinus von der Phasenverschiebung beschreiben.

$$Re(Z) = |Z|\cos(\varphi)$$

Analog dazu lässt sich den Imaginärteil als Produkt aus den Betrag der komplexen Zahl und sinus von der Phasenverschiebung beschreiben.

$$Im(Z) = |Z|\sin(\varphi)$$

1.3 Impedanz und Admittanz

Die Impedanz beschreibt ähnlich zu dem Widerstand das Verhältnis von der Spannung zur Stromstärke an einem Verbraucher.

$$\underline{Z} = R + \frac{1}{jC\omega}$$

wobei $Re(\underline{Z}) = R$
und $Im(\underline{Z}) = \frac{-1}{C\omega}$

Der Kehrwert von der Impedanz ist die Admittanz.

$$\underline{Y} = \frac{1}{\underline{Z}} = \frac{R}{R^2 + X^2} + j \frac{-X}{R^2 + X^2}$$

wobei $Re(\underline{Y}) = \frac{R}{R^2 + X^2}$
und $Im(\underline{Y}) = \frac{-X}{R^2 + X^2}$

1.4 Ortskurve

Unter den Begriff Ortskurve versteht man einer von einem reellen Parameter abhängigen komplexen Systemgröße. Ortskurven werden benutzt in der Analyse von Wechselgrößen, wie zum Beispiel Admittanz und Impedanz.

2 Durchführung

Im ersten Teil des Labors wurde eine RC-Schaltung, die aus einem 680 nF Kondensator, einem 470 Ω Widerstand und eine Quelle besteht, auf einem Steckbrett aufgebaut.

Die benutzte Quelle war ein Funktionsgenerator. Die Quelle lieferte eine sinusförmige Funktion mit einer Amplitude von 7 V.

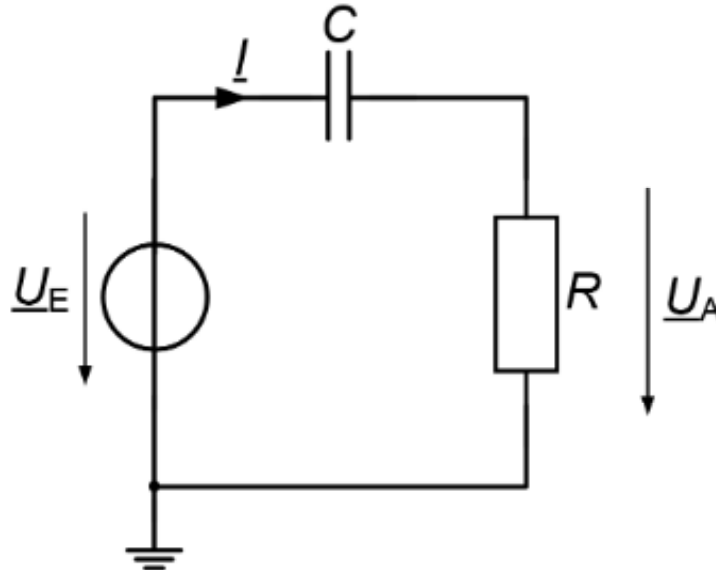


Abbildung 1: Die im Labor gebaute Schaltung [1]

Danach wurde die Frequenz variiert und die resultierenden Messergebnisse (Phasenverschiebung, Eingangsspannung und Spannung am Widerstand) notiert.

Im zweiten Teil wurde die Schaltung in LTSpice simuliert und die dazugehörigen Impedanz- und Admittanzortskurven dargestellt.

3 Messergebnisse

Die Messergebnisse vom Labor sind in der unterliegenden Tabelle dargestellt.

Tabelle 1: Messergebnisse

Frequenz f	Spannung $U_{E,pp}$	Spannung $U_{A,pp}$	Phasenversch. Δt	Strom I
200 Hz	7,2 V	2,68 V	900 μ s	5,70 nA
300 Hz	7,04 V	3,6 V	540 μ s	7,65 nA
400 Hz	6,96 V	4,32 V	360 μ s	9,20 nA
500 Hz	6,8 V	4,8 V	245 μ s	10,21 nA
600 Hz	6,72 V	5,16 V	180 μ s	10,98 nA
700 Hz	6,64 V	5,4 V	140 μ s	11,14 nA
800 Hz	6,64 V	5,6 V	110 μ s	11,49 nA
900 Hz	6,64 V	5,76 V	90 μ s	12,26 nA
1000 Hz	6,64 V	5,84 V	76 μ s	12,42 nA
1100 Hz	6,64 V	5,92 V	62 μ s	12,60 nA

4 Simulationsergebnisse

Bei der Simulation wurden einige Werte anders eingestellt, nämlich wurde die Phasenverschiebung auf 0 s gesetzt und die Spannung auf 10 V. Die Frequenz wurde auch von 100 Hz bis 100 kHz variiert mit 100 Schritten pro Decade. Die resultierende Ortskurven würden dann mithilfe von LTSpice dargestellt.

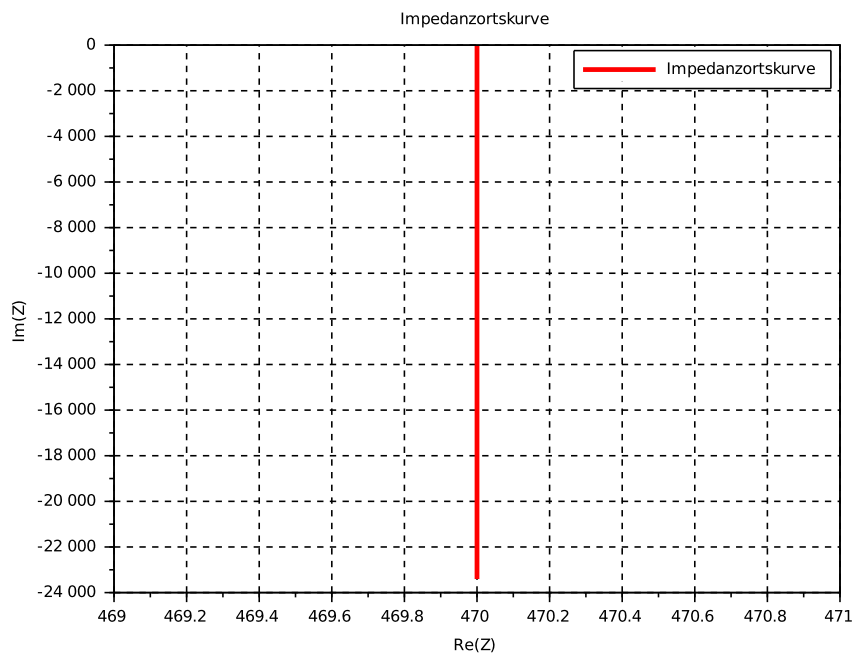


Abbildung 2: Die simulierte Impedanzortskurve

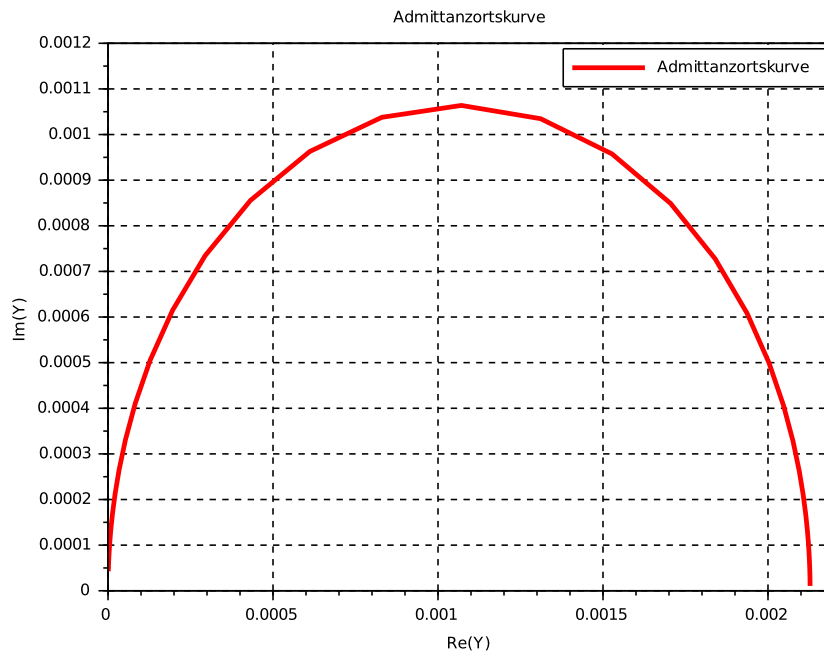


Abbildung 3: Die simulierte Admittanzortskurve

5 Interpretation

Die simulierte Ergebnisse entsprechen die ideale Werte von Admittanz und Impedanz für die Schaltung laut Theorie. In der Realität treten Fehler in den Bauteilen und Messgeräte auf und diese Fehler führen zu ungenaue Messungen.

Tabelle 2: Berechnete Real- und Imaginärteile von Impedanz und Admittanz

Frequenz f	Realteil \underline{Z}	Imaginärteil \underline{Z}	Realteil \underline{Y}	Imaginärteil \underline{Y}
200 Hz	537,63 Ω	−1142,51 Ω	0,34 mS	0,72 mS
300 Hz	482,69 Ω	−782,16 Ω	0,57 mS	0,93 mS
400 Hz	467,86 Ω	−595,40 Ω	0,81 mS	1,04 mS
500 Hz	478,15 Ω	−463,36 Ω	1,08 mS	1,05 mS
600 Hz	476,49 Ω	−384,21 Ω	1,27 mS	1,03 mS
700 Hz	471,78 Ω	−333,79 Ω	1,41 mS	0,99 mS
800 Hz	474,25 Ω	−292,67 Ω	1,53 mS	0,94 mS
900 Hz	473,14 Ω	−263,99 Ω	1,61 mS	0,90 mS
1000 Hz	474,61 Ω	−245,59 Ω	1,66 mS	0,86 mS
1100 Hz	479,50 Ω	−219,05 Ω	1,73 mS	0,79 mS

Für die Impedanz und Admittanz können die simulierte Ortskurven als Ausgleichsgeraden (oder Graphen) für die gemessene Werte bezeichnet werden, da diese Geraden in etwa die allgemeine Verlauf von den Werte entsprechen.

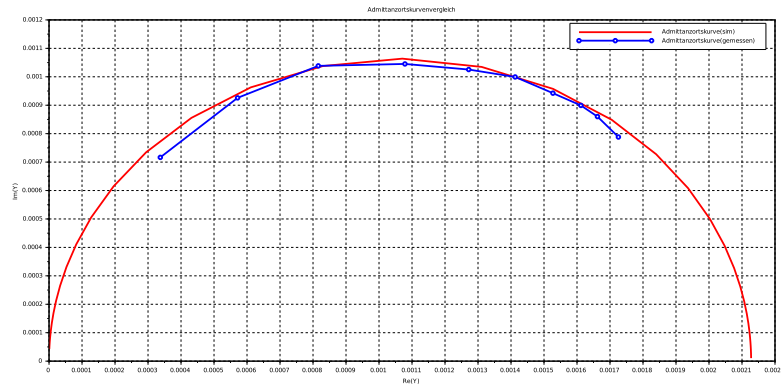


Abbildung 4: Vergleich zwischen gemessene und simulierte Admittanzortskurven

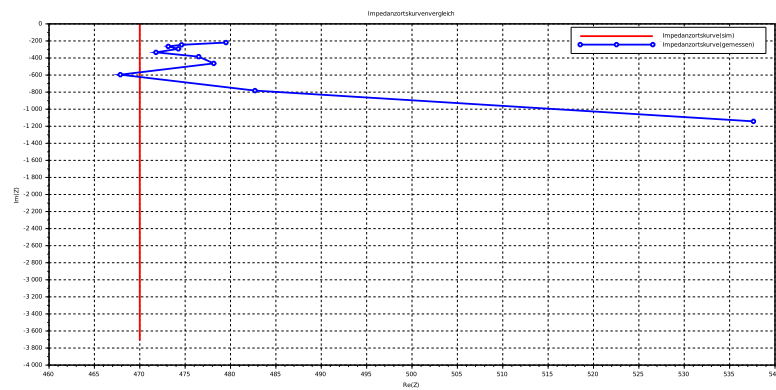


Abbildung 5: Vergleich zwischen gemessene und simulierte Impedanzortskurven

Literatur

- [1] Abbildung 1: Peter Teske, Christian Gornig, *Laborpraktikum 1: Ortskurven*, TU Berlin, 2016.
- [2] Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN, *DIN 1338:2011-03, Formelschreibweise und Formelsatz*, DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, 2011-03.
- [3] Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Impedanz>, am 17.5.2016 aufgerufen.
- [4] Wikipedia, <https://de.wikipedia.org/wiki/Admittanz>, am 17.5.2016 aufgerufen.