

# Messtechnik LU

376.046 *Wintersemester 2018*

## **Gruppe 20**

PATRICK MAYR - 01526681

KATHARINA KRALICEK - 01611844

OSKAR FÜRNHAMMER - 01329133

Studienkennzahl 033 235



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>U/I/R-Messung und Messwerke</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Statistik und Leistungsmessung</b>	<b>2</b>
2.1	Einleitung . . . . .	2
2.2	Strommessung . . . . .	3
2.3	Widerstandsmessung . . . . .	3
2.4	Impedanzmessung . . . . .	4
2.5	Fehlerforpflanzung . . . . .	5
2.6	Impedanzmessung mit LCR-Meter . . . . .	5
2.7	5/8-Methode . . . . .	6
2.8	Leistungsmessung . . . . .	6
<b>3</b>	<b>Messbrücken und Messverstärker</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>Signalübertragung</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Abtastung und automatisierte Messsysteme</b>	<b>9</b>
5.1	Einleitung . . . . .	9
5.2	Spannungsmessung . . . . .	9
5.3	Umwandlung von singleended auf differentielle Signale . . . . .	9
5.4	Automatisierte Messsysteme . . . . .	9
<b>6</b>	<b>Sensoren und frequenzselektive Messverfahren</b>	<b>10</b>
<b>A</b>	<b>Eigentumserklärung</b>	<b>11</b>

# Abbildungsverzeichnis

# U/I/R-Messung und Messwerke

[1] [2]

# Statistik und Leistungsmessung

## 2.1 Einleitung

Teilübung	Statistik und Leistungsmessung
Teilübungsnr.	2
Datum	28.11.2018
Messplatzbez.	CA

Tabelle 2.1: Grundlegende Information der 2. Laborübung

Im Rahmen der 2. Laborübung sollten fünf unterschiedliche Impedanzen ( $Z1$  -  $Z5$ ) vermessen werden. Dabei war lediglich deren Struktur (siehe Tabelle 2.5!) im Vorhinein bekannt. Es wurde zuerst ein passender Strommessshunt ausgewählt und die Schaltung konzipiert. Um aus den erhaltenen Spannungswerten den dazugehörigen Strom bestimmen zu können ist natürlich die genau Kenntnis über den Widerstandswert unabdingbar, weshalb dieser zu Beginn mehrmals und mit unterschiedlichen Methoden bestimmt worden ist. Die eigentliche Impedanzmessung wurde darauf hin mit einem analogen Oszilloskop durchgeführt. Alle dabei verwendeten Messgeräte sind in Tabelle 2.2 aufgelistet.

Gerät	Bezeichnung
Handmultimeter	Agilent U1232A
Handmultimeter	Mastech MS8221C
Handmultimeter	Neumann 9140
Desktopmultimeter	Agilent 34461A
Analoges Oszilloskop	XXXX—-XXX DS-6612
LCR-Meter	XXXX—-
Digitales Speicheroszilloskop	XXXX—

Tabelle 2.2: Verwendete Messgeräte

## Eigentumsbestätigung

Hermit bestätigen die Studierenden der Gruppe 20, alle Messungen selbst durchgeführt und für die Berechnungen ausschließlich diese Messergebnisse herangezogen zu haben.

Patrick Mayr	Katharina Kralicek	Oskar Fürnhammer
01526681	01611844	01329133

## 2.2 Strommessung

Um den Strom durch einen bestimmten Strang zu messen musste zuerst eine passende Schaltung entworfen bzw. in weiterer Folge ein passender Messshunt ausgewählt werden. Unter der Bedingung, dass bei einer Eingangsspannung von  $U = 10 V_{pp}$  ein maximaler Strom von  $I_{max} = 5 \text{ mA}$  nicht überschritten werden soll, ergibt sich mit dem Ohm'schen Gesetz direkt

$$R_{i,min} = \frac{\hat{U}}{I_{max}} = \frac{5 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = 1 \text{ k}\Omega \quad (2.1)$$

## 2.3 Widerstandsmessung

Da Damit ergibt sich der Mittelwert zu

Messung	Widerstandswert $R_i [\Omega]$
M1 - Agilent U1232A	986
M2 - Mastech MS8221C	984
M3 - Neumann 9140	988
DM - Agilent 34461A	987

Tabelle 2.3: Gemessene Widerstandswerte

$$\overline{R_i} = \frac{1}{N} \sum_{j=0}^N R_{i,j} = 986.25 \Omega \quad (2.2)$$

Die empirische Standardabweichung wurde wiederum folgendermaßen berechnet:

$$s(\overline{R_i}) = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{j=0}^N (R_{i,j} - \overline{R_i})^2} = \quad (2.3)$$

Das Desktopmultimeter bietet die Funktion diverse statistische Größen direkt zu berechnen. Es hat sich gezeigt, dass mit zunehmender Aperaturbreite die Werte annähernd gaußverteilt erscheinen. Auch der Effekt der PLC (Power Line Cycles) wurde untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass der Widerstandswert, höchst wahrscheinlich auf Grund der Temperaturabhängigkeit, bei langen Messzeiten stark zu driftten beginnt. Die erhaltenen Messdaten sind in Tabelle 2.4 zusammengefasst.

PLC	Samples	Mittelwert [ $\Omega$ ]	Standardabweichung [ $\text{m}\Omega$ ]
0.02	15k	987.44	20
0.2	15k	987.421	12
1	273	987.442	3
1	1017	987.416	2
1	5456	987.401	13

Tabelle 2.4: Widerstandsmessung mit dem Desktopmultimeter

## 2.4 Impedanzmessung

Um die unbekannten Impedanzen zu bestimmen wurden Spannung und Strom (über den Spannungsabfall an  $R_i$ ) mit einem analogen Kathodenstrahloszilloskop gemessen. Dazu wurde mittels Funktionsgenerator ein Sinus mit einer Amplitude von 5 V angelegt. Durch die Phasenverschiebung und Amplitude des Stroms bei verschiedenen Frequenzen kann auf die Struktur sowie die Größe der Impedanz geschlossen werden.

Der Vollständigkeit halber wurden zusätzlich zu den berechneten, auch die tatsächlich gemessenen Werte in Tabelle 2.5 angegeben. Hierbei stehen  $u_i$  für

Strang	f [kHz]	$u_i$ [V]	$\Delta t$ [ $\mu\text{s}$ ]	u [V]	i [mA]	$\underline{Z}$ [ $\Omega$ ]	Struktur
S1	1	4	15.8	1	4.056	•	L
	15	1.1	4.4	3.9	1.115	•	L
S2	1	4.6	0.4	0.4	4.664	•	L
	15	4.6	0.4	0.4	4.664	•	L
S3	1	1.2	20	3.8	1.217	•	C
	15	1.3	0.12	3.7	1.318	•	C
S4	1	2.6	50	2.4	2.636	•	C
	15	4.6	0.4	0.4	4.664	•	C
S5	1	0.52	0	4.48	5.274	•	R
	15	0.52	0	4.48	5.274	•	R

Tabelle 2.5: Impedanzen der Stränge S1-S5

die Spannung, welche am Messshunt abfällt,  $\Delta t$  für die gemessene Zeitverschiebung,  $\Delta\varphi$  für die daraus resultierende Phasenverschiebung und  $u$  bzw.  $i$  für die Spannung bzw. den Strom an der jeweiligen, zu messenden Impedanz.

Die Eingangsspannung  $u_e$  betrug, wie bereits erwähnt, konstant 5 V (Amplitude), womit sich für die Spannung  $u$  direkt

$$u = u_e - u_i \quad (2.4)$$

ergibt. Für den Strom durch den gesamten Zweig und damit auch durch die Impedanz ergibt sich

$$i = \frac{u}{R_i} \quad (2.5)$$

wobei zur Berechnung der Mittelwert  $\overline{R_i}$  aus Gleichung 2.2 verwendet worden ist. Um aus der zeitlichen Verschiebung der beiden Spannungs- und Stromverläufe auf den Phasenwinkel zu kommen wurde Gleichung 2.6 mit der Periodendauer  $T = \frac{1}{f}$  verwendet.

$$\Delta\varphi = \frac{\Delta}{T} 2\pi \quad (2.6)$$

Anmerkung: In Tabelle 2.5 wurden aus Gründen der Übersichtlichkeit lediglich die Beträge von  $\Delta t$  notiert. Es ist aber natürlich von Relevanz ob der Strom der Spannung nacheilt, oder umgekehrt. Dieser Umstand wurde bei der Berechnung der Impedanz natürlich berücksichtigt. Mit den bereits berechneten Größen folgt die gesuchte Impedanz unmittelbar zu

$$\underline{Z} = \frac{\underline{U}}{\underline{I}} = \frac{u}{i} e^{j\Delta\varphi}. \quad (2.7)$$

Nun muss aber noch beachtet werden, dass der Strommesswiderstand natürlich einen Einfluss auf die Messung hat, welchen es herauszurechnen gilt. Dazu wurde  $\underline{Z}$  in Real- und Imaginärteil zerlegt und anschließend der bekannte, rein ohmsche Widerstand von besagtem Realteil abgezogen.

## 2.5 Fehlerfortpflanzung

In dieser Aufgabe soll die gesamte Unsicherheit der Wirkleistung  $P$  am RL-Strang berechnet werden. Die Messung soll dabei durch Messung von Spannung, Strom und Phasenwinkel erfolgen.

Die Wirkleistung  $P$  berechnet sich dabei wie folgt:

$$P = UI \cos(\varphi) \quad (2.8)$$

Wie man an Formel 2.8 unmittelbar erkennt, ist die Wirkleistung von mehreren Messgrößen abhängig, weshalb im Folgenden einige Vereinfachungen gemacht wurden.  $U$ , sowie  $R_i$  sind exakt bekannte Größen und weisen somit keine Unsicherheiten auf. Die gesamte Messunsicherheit von  $P$  reduziert sich somit auf die Unsicherheit von  $I$  und  $\varphi$ .

## 2.6 Impedanzmessung mit LCR-Meter

Um die in Abschnitt 2.4 gemessenen bzw. berechneten Werte zu verifizieren wurden die Stränge S1-S5 zusätzlich mit einem LCR-Meter vermessen. Der Strommesswiderstand wurde dabei logischerweise nicht mehr verwendet. TO DO

XX

XX

Resumee

XX

XX



Messung Nr.	$x_1 = I_{RMS}$ [V]	$x_2 = \Phi$ [rad]
1	•	•
2	•	•
3	•	•
4	•	•
5	•	•
6	•	•
$\overline{x_i}$	•	•
$s(\overline{x_i})$	•	•
$\frac{\partial P}{\partial x_i}$	•	•
$(\frac{\partial P}{\partial x_i})^2 s^2(\overline{x_i})$	•	•
Kovarianz	•	
$s(P)$	•	

Tabelle 2.6: •

Strang	C/L [nF/mH]	R [ $\Omega$ ]	Z [ $\Omega$ ]	Struktur
S1	47.84	13.57	300.9	LR
S2	1.1018	17.80	18.91	LR
S3	97.89	2.701e3	3.153e3	CR
S4	102	27.5	1.56e3	CR
S5		8.066	8.066e3	R

Tabelle 2.7: Impedanzen der Stränge S1-S5 (mit LCR-Meter gemessen)

## 2.7 5/8-Methode

Eine andere, effektive Möglichkeit zur Bestimmung von L- bzw C-Komponenten einer unbekannten Impedanz ist die so genannte 5/8-Methode. Dabei wird als Eingang ein Rechtecksignal niedriger Frequenz  $f$  ( $T = \frac{1}{f} \ll \tau$ ) verwendet und ein Single-Shot des Einschwingvorgangs auf etwas mehr als die gesamte Bildschirmgröße des Oszilloskops skaliert. Beim Schnittpunkt der 5. vertikalen Unterteilung hat das Signal 5/8 des Endwertes erreicht. Dies entspricht in etwa einer Zeitkonstante  $\tau$ .

Zu diesem Zwecke

## 2.8 Leistungsmessung

# Messbrücken und Messverstärker

# Signalübertragung

# Abtastung und automatisierte Messsysteme

## 5.1 Einleitung

### Eigentumsbestätigung

Hermit bestätigen die Studierenden der Gruppe 20, alle Messungen selbst durchgeführt und für die Berechnungen ausschließlich diese Messergebnisse herangezogen zu haben.

Patrick Mayr	Katharina Kralicek	Oskar Fürnhammer
01526681	01611844	01329133

Verwendete Messgeräte:

- A
- B

## 5.2 Spannungsmessung

## 5.3 Umwandlung von singleended auf differentielle Signale

## 5.4 Automatisierte Messsysteme

Teilübung	Statistik und Leistungsmessung
Teilübungsnr.	2
Datum	28.11.2018
Messplatzbez.	CA

Tabelle 5.1: Grundlegende Information der 2. Laborübung

# Sensoren und frequenzselektive Messverfahren

# Eigentumserklärung

Hiermit erklären wir, die xxx

# Literaturverzeichnis

- [1] G. Schitter, *Skriptum zur Messtechnik LU*. Institut für Automatisierungs- und Regelungstechnik, TU Wien, 2018.
- [2] E. Schrüfer, L. Reindl, and B. Zagar, *Elektrische Messtechnik*. Caarl Hanser Verlag, 2012.